
Розділ 3. Інформаційні ресурси та системи

УДК 519.766.4

© П.І. Бідюк¹, д-р техн. наук, професор;
О.М. Трофимчук², д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН України;
Л.Д. Черниш¹, магістр

¹Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ», м. Київ;

²Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, м. Київ

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВАЛЮТНИХ РИЗИКІВ

Розглянуто три методи оцінювання міри ризику VaR банківського валютного портфеля: дельта-нормальний, метод історичного моделювання та метод імітаційного моделювання Монте-Карло. Модель на основі дельта-нормального методу виявилась неадекватною через невиконання припущення про нормальний розподіл доходності курсів валют. Метод історичного моделювання показав задовільний результат лише за умов стабільної ситуації на ринку. Він погано адаптується до різких коливань на ринку і тому в нинішніх умовах не може використовуватися на фінансовому ринку України. Крайні результати оцінювання отримано за методом імітаційного моделювання Монте-Карло, який гіпотетично враховує всі можливі зміни курсів валют на ринку. Похибки у прогнозах можливих втрат виникають лише за наявності непередбачуваних різких змін курсу, але модель на основі цього методу швидко пристосовується до змін на ринку.

Ключові слова: валютні ризики, методи оцінювання валютного ризику, волатильність курсу валют.

Вступ. Оскільки функціонування фінансових установ тісно пов'язане з виконанням значних обсягів валютних операцій, то природно виникає задача поглибленого аналізу і менеджменту можливих валютних ризиків. Валютний ризик – можливість втрати фінансових ресурсів внаслідок некоректно виконаних валютних операцій. З позицій ризик-менеджменту банківська діяльність зводиться, в основному, до прийняття ризиків і отримання за це відповідної економічної компенсації. Деякі види ризиків є ціною реалізації банківського бізнесу і уникнути повністю їх неможливо, тому у процесі менеджменту ризиків не ставиться задача повного усунення ризиків. Фінансова установа повинна забезпечити надійний обґрунтований взаємозв'язок між узагальненими параметрами можливих ризиків і капіталом, наявними фінансовими ресурсами та фінансовими надходженнями [1, 2].

Існують різні підходи до кількісного оцінювання можливих втрат; на сьогодні розроблено методи розрахунку валютного ризику, які широко використовуються у фінансових установах. Вибір того чи іншого методу для розрахунку визначається наявною інформацією, кваліфікацією персоналу, який займається задачами менеджменту ризиків, та наявністю комп'ютерного інструментарію – необхідного програмного забезпечення. Незважаючи на те, що на ринку програмних продуктів для аналізу фінансових ризиків існує досить широкий вибір таких інструментів, їх вартість та проблеми із використанням призводять до необхідності створення власних програмних продуктів. Такі системи для оцінювання ризиків можуть мати значно більше функціональних обмежень, ніж ті, що продаються на ринку, але їх цінність у можливості оперативного розширення функцій, вони надають можливість персоналу фінансової установи значно підвищувати свою кваліфікацію і покращувати методики розрахунків.

У роботі розглядається застосування методів обчислення можливих втрат *VaR* при розв'язанні задачі аналізу валютного ризику за допомогою власних програмних розробок.

Постановка завдання. Мета роботи: – виконати аналіз впливу коливань валютних курсів на доходність валютних операцій; – представити алгоритми розрахунку значень *VaR* за дельта-нормальним методом, а також методами історичного та імітаційного моделювання; – представити приклади застосування методів обчислення *VaR* на основі фактичних даних; – виконати порівняльний аналіз застосування вказаних методів оцінювання *VaR* і дати рекомендації стосовно можливостей їх застосування на українському фінансовому ринку.

Вплив коливань валютних курсів на доходність

Модель валютного метчингу. Незважаючи на те, що реалізація всіх фінансових ризиків тією чи іншою мірою відбивається на результатах діяльності банку, але функціональний зв'язок між ризиками існує не для усіх їх видів. Залежність між величиною прибутків (збитків), одержаних у результаті утримання банком відкритої валютної позиції, та ринковими змінами валютних курсів, описується *моделлю валютного метчингу* [3]:

$$\Delta P_v = VP(s_p - s), \quad (1)$$

де ΔP_v – прибуток (збиток), отриманий від переоцінювання валютних коштів у зв'язку із зміною валютного курсу; VP – валютна позиція банку; s_p , s – прогнозований і поточний курси валют, відповідно.

Валютна позиція – це індикатор валютного ризику банку, який визначається співвідношенням між сумою активів у певній іноземній валюті (A_v) та сумою зобов'язань (пасивів) у тій самій валюті (L_v):

$$VP = A_v - L_v. \quad (2)$$

Валютна позиція (ВП) банку може бути *відкритою* або *закритою* і розраховуватись окремо за кожною іноземною валютою, що входить до мультивалютного портфеля банку.

ВП вважається відкритою, якщо сума активів в іноземній валюті не збігається із сумою пасивів у тій самій валюті. Якщо сума активів в іноземній валюті урівноважена сумою пасивів у тій самій іноземній валюті ($A_v = L_v$), то така позиція називається *закритою* або позицією зведення чи відповідності. У такому випадку валютного ризику майже немає, адже зміна курсу однієї валюти стосовно іншої однаково позначиться на вартості активів і на вартості пасивів, а це не приведе ні до втрат, ні до появи доходів внаслідок зміни валютного курсу.

Оцінювання валютного ризику *VaR* за дельта-нормальним методом

Для того щоб продемонструвати недоліки і переваги дельта-нормального методу, розглянемо, як можна оцінити можливі майбутні зміни вартості портфеля валютних коштів.

Алгоритм розрахунку *VaR*. Вартість портфеля валютних коштів P_t у базовій валюті (валюті розрахунку), обчислюється за виразом:

$$P_t = \sum_{i=1}^N P_t^i = \sum_{i=1}^N k_t^i \cdot v_t^i, \quad (3)$$

де P_t – часовий ряд вартостей усього портфеля валютних коштів у базовій валюті на момент часу t ($t = \overline{0, T}$, де $T + 1$ – кількість значень часового ряду P_t); $P_t^i = k_t^i \cdot v_t^i$ – вартість компонента портфеля в i -й валюті у базовій валюті; k_t^i – обмінний курс i -ї валюти портфеля до базової валюти на дату t ($i = \overline{1, N}$, де N – кількість валют у портфелі); v_t^i – обсяги i -ї валюти у портфелі на дату t (розмір відкритої валютної позиції в одиницях валют). Розглянемо послідовність розрахунку ризикової вартості *VaR*, яка відображає можливі обсяги майбутньої зміни вартості портфеля валютних коштів P_t .

Етап 1. Розрахунок щоденної зміни валютних курсів. Значення щоденної зміни курсів валют портфеля розраховується за формулою геометричної доходності:

$$x_t^i = \ln\left(\frac{k_t^i}{k_{t-1}^i}\right), \quad (4)$$

де k_t^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату t , $t = \overline{1, T}$; k_{t-1}^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату $t-1$. Логарифм темпу зміни валютного курсу характеризує інтенсивність зміни валютного курсу і є випадковою величиною, розподіл якої близький до нормального із середнім значенням, близьким до нульового.

Етап 2. Розрахунок волатильності валют. Для розрахунку волатильностей кожної валюти окремо, без урахування її зв'язку з іншими валютами портфеля, необхідно обчислити для кожної валюти середнє значення та стандартне квадратичне відхилення часового ряду її доходностей $\{x_t^i\}$ за формулами:

$$\overline{X^i} = \frac{\sum_{t=1}^T x_t^i}{T}, \quad (5)$$

де $\overline{X^i}$ – очікуване (середнє) значення часового ряду змін $\{x_t^i\}$,

$$\sigma^i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (x_t^i - \overline{X^i})^2}{T-1}}, \quad (6)$$

де σ^i – середньоквадратичне відхилення часового ряду змін $\{x_t^i\}$.

Етап 3. Оцінювання можливих втрат за відкритою валютною позицією в i -й валюті VaR^i . Величина ризикової вартості VaR^i окремої відкритої позиції в i -й валюті обчислюється за формулою:

$$VaR^i = k_{1-\alpha} P_t^i \sigma^i. \quad (7)$$

Оскільки волатильність i -ї валюти за виразом (6) визначена на одинденному інтервалі, то й ризикова вартість VaR^i інтерпретується як максимально очікуваний обсяг зниження загальної вартості окремо взятого компонента валютного портфеля в i -ї валюті протягом одного дня з імовірністю (зазвичай 95% або 99%) залежно від значення квантилю $k_{1-\alpha}$ у формулі (7).

Етап 4. Розрахунок кореляційної матриці валют портфеля. Для врахування взаємної корельованості обмінних курсів валют портфеля при обчисленні оцінки VaR необхідно знайти кореляційну матрицю валют портфеля, для чого спочатку потрібно розрахувати коваріації C_{ij} можливих комбінацій рядів випадкових величин $\{x_t^i\}$ і $\{x_t^j\}$ за виразом:

$$C_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_t^i - \overline{X^i}) \cdot (x_t^j - \overline{X^j}). \quad (8)$$

А також коефіцієнти кореляції K_{ij} випадкових величин $\{x_t^i\}$ і $\{x_t^j\}$:

$$K_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}. \quad (9)$$

Квадратна матриця розмірністю $n \times n$, в якій на перетині i -го рядка та j -го стовпчика розташований елемент K_{ij} , є кореляційною матрицею обмінних курсів валют портфеля. Ця матриця симетрична: $K_{ij} = K_{ji}$, для всіх $i, j = \overline{1, N}$, а елементи головної діагоналі одиничні.

Етап 5. Розрахунок сукупної оцінки можливих втрат VaR загальної вартості валютного портфеля. Сукупна оцінка можливих втрат загальної вартості валютного портфеля

VaR розраховується на основі ризикових вартостей VaR^i окремих валют портфеля і кореляційної матриці обмінних курсів валют:

$$VaR = \sqrt{\overline{VaR} \cdot \mathbf{K} \cdot \overline{VaR}^T}, \quad (10)$$

де $\overline{VaR} = \left\| VaR^1 \quad VaR^2 \quad \dots \quad VaR^N \right\|$ – вектор-рядок окремих оцінок VaR^i складових портфеля в i -й валюті; \mathbf{K} – кореляційна матриця обмінних курсів валют портфеля до базової валюти. Ця методика припускає щоденне оновлення даних і розрахунок логарифмів темпів росту курсів, коваріаційної і кореляційної матриць, волатильностей, всіх оцінок VaR^i .

Оцінювання валютного банківського ризику VaR за методом історичного моделювання

Метод історичного моделювання – це непараметричний метод для оцінювання VaR . Послідовність застосування цього методу для оцінювання банківських валютних ризиків така. Спочатку необхідно вибрати період часу глибиною T (наприклад 250 робочих днів). За ці дні формується вибірка із щоденних змін курсів валют для всіх N складових валютного портфеля:

$$\Delta k_t^i = k_t^i - k_{t-1}^i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (11)$$

де k_t^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату t , $t = \overline{1, T}$; k_{t-1}^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату $t-1$. Для кожного із T сценаріїв змін курсу моделюється гіпотетичний курс k^* кожної валюти у майбутньому, як її поточний курс k_0 плюс приріст курсу, який відповідає вибраному сценарію:

$$k_t^{i*} = k_{i,0} + \Delta k_t^i. \quad (12)$$

Потім виконується повна переоцінка поточного портфеля валют за курсами, змодельованими на основі історичних сценаріїв, і для кожного сценарію обчислюється на скільки б змінилася вартість сьогоднішнього (поточного) портфеля валют (окремо за довгою і за короткою валютною позицією банку):

$$\Delta V_t = V_t^* - V_0, \quad t = \overline{1, T} \quad (13)$$

де $V_0 = \sum_{i=1}^N k_{i,0} \cdot v_{i,0}$ – поточна вартість валютного портфеля; $v_{i,0}$ – поточний обсяг i -ї валюти

у портфелі (вартість відкритої валютної позиції в одиницях валют); $V_t^* = \sum k_i^{t*} \cdot v_{i,0}$ – вартість валютного портфеля у базовій валюті згідно з t -им історичним сценарієм.

Отримані T змін портфеля ранжируються за спаданням (від самого найбільшого приросту до самого великого збитку) для довгої валютної позиції і навпаки для короткої. Проранжировані значення нумеруються від 1 до T . У відповідності з бажаним рівнем довіри величина VaR визначається, як такий максимальний збиток, що не перевищується в $(1-\alpha)T$ випадках, тобто дорівнює абсолютній величині зміни з номером, що дорівнює цілій частині числа $(1-\alpha)T$. Цей метод відносно легко реалізується, якщо існує щоденно оновлювана база даних за всіма валютами і складовими портфеля. Як правило, чим більша глибина ретроспективи, що використовується для моделювання курсів, то вища точність оцінок VaR , але одночасно і більша небезпека використання застарілих даних, які, як правило, менш інформативні, ніж нові тенденції ринку.

Метод імітаційного моделювання Монте-Карло для оцінювання банківських валютних ризиків VaR

Метод Монте-Карло для однієї складової валютного портфеля. Метод Монте-Карло для оцінювання валютного ризику полягає у моделюванні траєкторії руху курсу валют за вибраним стохастичним процесом. Надалі будемо дотримуватися припущення, що зміни ринкових курсів валют описуються геометричним броунівським рухом. Для розрахунку оцінки VaR^i вартості i -ї складової валютного портфеля (відкритої валютної позиції, $i = \overline{1, N}$) необхідно побудувати розподіл змодельованих вартостей для цієї складової. Для знаходження ряду змодельованих майбутніх вартостей i -ї валютної позиції необхідно змодельувати K майбутніх цін за траєкторією руху, яка обчислюється за n кроків. Числа K і n вибираються досить великими, залежно від обчислювальних потужностей (наприклад, 500×1000).

Процес оцінювання VaR^i можна представити так:

1. Згенерувати послідовність стандартно розподілених випадкових величин $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$.
2. За ретроспективними даними глибини L днів знайти значення щоденної доходності (зміни i -го курсу валют) за формулою:

$$x_l^i = \ln\left(\frac{k_l^i}{k_{l-1}^i}\right), l = \overline{1, L}. \quad (14)$$

Для отриманої вибірки доходностей для i -ї валюти обчислити середнє μ та середньоквадратичне відхилення σ .

3. Починаючи з поточного курсу i -ї валюти k_t^i розрахувати майбутні змодельовані ціни $k_{t+1}^i, k_{t+2}^i, \dots, k_{t+n}^i = k_T^i$ за формулами [2]:

$$\begin{aligned} k_{t+1}^i &= k_t^i + k_t^i (\mu \Delta t + \varepsilon_1 \sigma \sqrt{\Delta t}), \\ k_{t+2}^i &= k_{t+1}^i + k_{t+1}^i (\mu \Delta t + \varepsilon_2 \sigma \sqrt{\Delta t}), \\ &\dots \\ k_{t+n}^i &= k_{t+n-1}^i + k_{t+n-1}^i (\mu \Delta t + \varepsilon_n \sigma \sqrt{\Delta t}). \end{aligned} \quad (15)$$

4. Обчислити вартість i -ї валютної позиції у базовій валюті (складової валютного портфеля) для курсу k_T^i :

$$P_T^i = k_T^i \cdot v_t^i, \quad (16)$$

де v_t^i – поточний обсяг i -ї валютної позиції в одиницях валют.

5. Кроки 3-4 повторити стільки K разів (за кількістю змінних). В результаті отримуємо ряд значень:

$$P_T^{i1}, P_T^{i2}, \dots, P_T^{iK}.$$

6. Отримані K вартостей i -ї валютної позиції портфеля ранжуються аналогічно методу історичного моделювання.

Ранжирувані значення нумеруються від 1 до K . Позначимо через $P_T^{i\alpha}$ значення валютної позиції з цього ряду за номером, що дорівнює цілій частині числа $(1-\alpha)K$, тобто яке відповідає заданому рівню довіри $(1-\alpha)$.

7. Обчислити середнє змодельованих вартостей:

$$\overline{P_T^i} = \frac{\sum_{k=1}^K P_T^{ik}}{K}. \quad (17)$$

8. Обчислити можливі збитки за i -ю валютною позицією:

$$VaR^i = \overline{P_T^i} - P_T^{i\alpha}. \quad (18)$$

Обчислення VaR для портфеля валют за методом Монте-Карло

Оскільки валютні курси досить сильно корелюють один з одним, моделювання майбутніх валютних курсів для кожної валюти портфеля має відбуватися із урахуванням цієї кореляції. Для розв'язання цієї задачі використовується розклад Холецкого. Розклад Холецкого застосовують до симетричної кореляційної матриці валют $\|K\|$, яку можна представити у вигляді добутку трикутної матриці нижчого порядку з нулями у верхньому правому куті на таку ж транспоновану матрицю таким чином (розглянемо випадок портфеля з 2-х валют):

$$\|K\| = \begin{vmatrix} 1 & K_{12} \\ K_{12} & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{vmatrix} = T \cdot T^T \Rightarrow \text{знаходимо елемент матриці } T.$$

Тепер для отримання послідовності випадкових чисел ε_1 для моделювання курсу 1-ї валюти, і ε_2 – для моделювання курсу 2-ї валюти обчислюється вираз:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix} = \|T\| \cdot \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{pmatrix}, \quad (19)$$

де η_1 і η_2 – послідовності стандартно розподілених нормальних випадкових чисел. VaR для портфеля валют обчислюється за формулою:

$$VaR = \sum_{i=1}^N |Var_i|, \quad (20)$$

де VaR_i – прогнозна оцінка втрат за кожною валютною позицією, розрахована за методом Монте-Карло із урахуванням кореляції між валютами.

Особливості верифікації моделі для оцінювання VaR валютного портфеля за історичними даними

Оцінка VaR валютного портфеля банку враховує збитки, які отримує банк в результаті коливання ринкових курсів валют. Проте на розмір відкритої валютної позиції банку, і відповідно на розмір валютного ризику, впливають також такі операції: (1) – купівля, продаж наявної і безготівкової іноземної валюти, у тому числі термінові операції, за якими виникають вимоги і зобов'язання в іноземних валютах, незалежно від способів і форм розрахунків за ними; (2) – нарахування, отримання, сплачення іноземної валюти у вигляді прибутків і витрат; (3) – надходження коштів в іноземній валюті до статутного капіталу; (4) – погашення банком безнадійної заборгованості в іноземній валюті; (5) – формування резервів в іноземній валюті за рахунок витрат; (6) – купівля-продаж основних коштів і товарно-матеріальних цінностей за іноземну валюту; (7) – інші обмінні операції з іноземною валютою [3, 5]. Тобто операції фізичної зміни структури валютної позиції. Для того щоб оцінити зміни структури валютної позиції банку, що не залежать від коливання обмінних курсів, використовують індекс Пааше.

Нехай загальна вартість валютного портфеля P_t у базовій валюті на момент часу t визначається формулою:

$$P_t = \sum_{i=1}^N k_t^i \cdot |v_t^i|, \quad (21)$$

де $P_t^i = k_t^i \cdot v_t^i$ – валютна позиція банку за i -ю валютою у базовій валюті. Індекс Пааше J_{vi} характеризує ступінь впливу структурних змін валютної позиції на загальний обсяг валютної позиції з урахуванням обмінних курсів на початок періоду, що аналізується $[t-1, t]$ [3]:

$$J_{vi} = \frac{k_{t-1}^i \cdot v_t^i}{k_{t-1}^i \cdot v_{t-1}^i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (22)$$

Процес верифікації моделі для оцінювання валютного ризику такий. Якщо на момент часу $t-1$ розраховане на період $[t-1, t]$ значення ризикової вартості VaR_t є прогнозним, то на момент часу t можна розрахувати значення фактичної зміни вартості портфеля Δ_t і порівняти його із значенням VaR_t . Особливість порівняння полягає у необхідності виключити з урахування фактор зміни фізичних обсягів валют портфеля, оскільки показник VaR не враховує зміни обсягу кожної валюти у портфелі.

З урахуванням цього перевірка адекватності VaR -моделі виконується у такій послідовності:

- Визначити Δ_t^i як збитки за i -ю валютною позицією за період часу $[t-1, t]$, як різницю між вартістю i -ї валютної позиції на момент часу t без урахування зміни фізичної структури, що відбулася на періоді $[t-1, t]$ і її вартістю на момент часу $t-1$ за формулою:

$$\Delta_t^i = \begin{cases} \left| \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i \right|, & \text{якщо } \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i < 0 \\ 0, & \text{якщо } \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i > 0 \end{cases}, \quad (23)$$

де J_{vi}^t розраховується за виразом (21) на момент часу t . Тоді на кожний момент часу t періоду виконання бек-тестування ($t = \overline{1, T}$) розраховується збиток від коливання валютних курсів для валютного портфеля у цілому:

$$\Delta V_t = \sum_{i=1}^N \Delta_t^i. \quad (24)$$

- Порівняння щоденних значень VaR_t і відповідних їм фактичних змін вартості портфеля ΔV_t . Випадок, коли виконується умова

$$\Delta V_t > VaR_t, \quad (25)$$

тобто зміна вартості від'ємна (збиток) і при цьому за абсолютною величиною перевершує VaR , вважається випадком перевищення прогнозованих втрат. Далі підраховується кількість перевищень L .

- Адекватність моделі перевіряється за виконання співвідношення:

$$\frac{L}{T} < \alpha. \quad (26)$$

Аналіз результатів оцінювання втрат *VaR*. Для оцінювання *VaR* використано банківський валютний портфель, який складається з трьох позицій у трьох валютах (долар США, євро і російський рубль). Для оцінювання *VaR* і виконання тестування моделей на історичних даних моделей використано такі дані: (1) – щоденні значення ринкових курсів долара США, євро і російського рубля з 01.01.2006 – 30.06.2010; (2) – щоденні дані банківських курсів з трьох валют за період з 01.06.2006 – 30.06.2010; (3) – щоденні значення відкритих валютних позицій банку у трьох вищезазначених валютах за період з 01.01.2006 – 30.06.2010. Для обчислення значення *VaR* використано історичні дані ринкового курсу валют і значення валютної позиції банку у гривневому еквіваленті.

Аналіз результатів оцінювання VAR за дельта-нормальним методом

На вхід моделі подаються ринкові значення курсів валют, банківські значення курсів валют та банківських валютних позицій у валютах портфелю. Визначення стандартного відхилення, яке є мірою волатильності курсу валют при використанні дельта-нормального методу, виконується за припущення про нормальний розподіл доходностей курсу валют. На рис. 1 і 2 зображено результати прогнозування втрат банку від зміни вартості валютного портфеля у результаті коливання курсів для різних довірчих рівнів (95% і 99%). Глибина ретроспективи для оцінювання стандартного відхилення складає 250 днів.

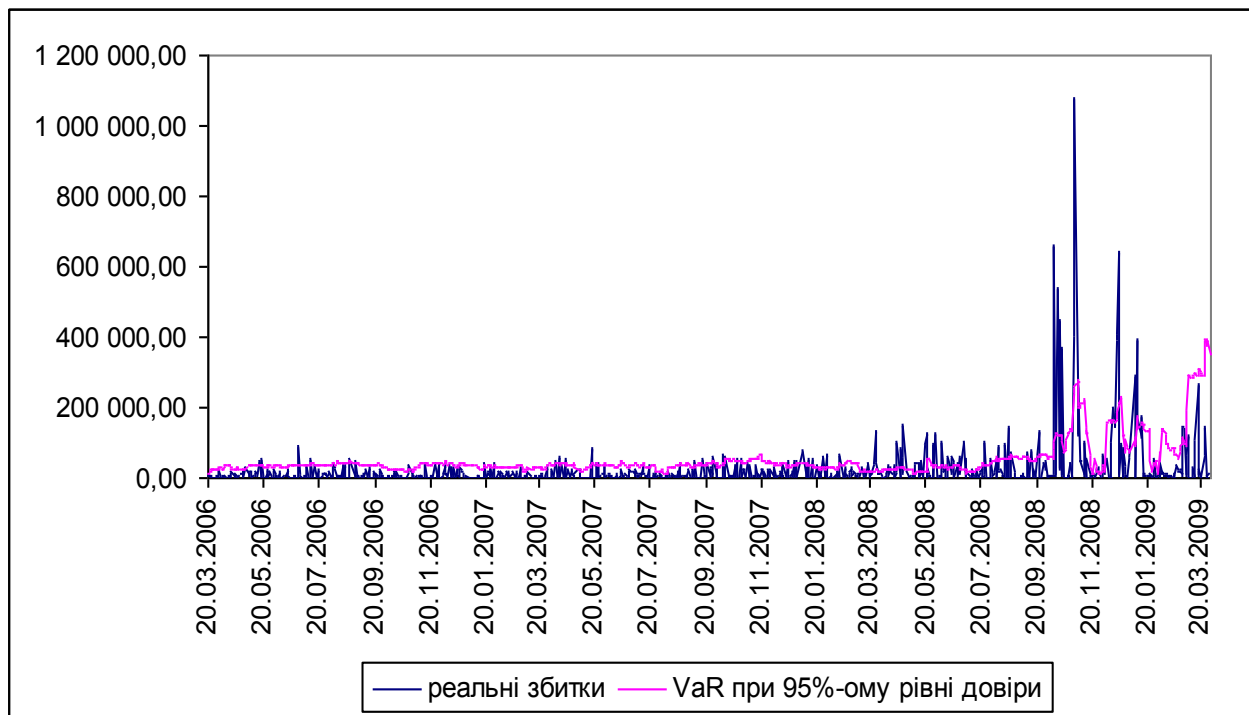


Рис. 1 – Реальні і прогнозовані за дельта-нормальним методом збитки банку від коливання курсів валют для рівня довіри 95%

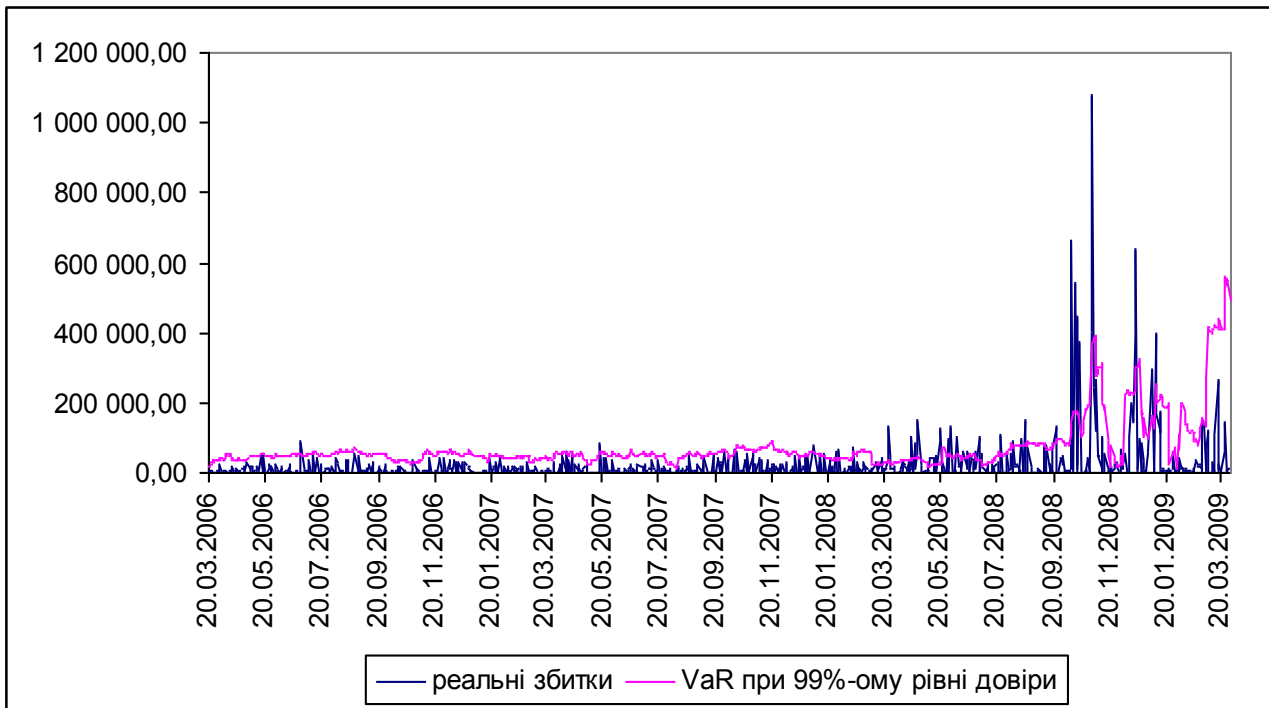


Рис. 2 – Реальні і прогнозовані за дельта-нормальним методом збитки банку від коливання курсів валют для рівня довіри 99%

Для перевірки адекватності моделі використано рекомендації Базельського комітету з банківського нагляду для різних рівнів довіри (95%, 99% та 97%). Кожних 3 місяці підраховується кількість помилок прогнозу на попередньому періоді у 250 днів, починаючи з 20.03.2006 року. Глибина ретроспективи для оцінювання *VAR* – також 250 днів. Результати верифікації зведені у табл. 1.

З табл. 1 видно, що модель для оцінювання *VaR* валютного портфеля за дельта-нормальним методом неадекватна. Для виявлення причин неадекватності моделі перевіряються ретроспективи, що використовувалися для знаходження оцінок *VaR*, на нормальний розподіл за критерієм Пірсона. Доходності для курсу долара США не мають нормального розподілу. Доходності для євро розподілені близько до нормального розподілу, а на деяких періодах мають нормальний розподіл.

У табл. 2 представлено результати ретроспективного тестування моделі при розрахунку *VaR* за кожною валютою. Якщо значення χ^2_{cn} за євро менше, ніж за долларом США, то розподіл доходностей курсу євро ближчий до нормального (нормальний на деяких періодах), ніж розподіл долару США – то метод дає меншу кількість помилок прогнозу за євро, ніж за долларом США. Тобто кількість помилок зростає, коли значення χ^2_{cn} збільшується і віддаляється від $\chi^2_{кр}$. Модель оцінювання *VaR* за дельта-нормальним методом для євро за нормального розподілу ретроспективи доходностей курсу є адекватною.

Розділ 3. Інформаційні ресурси та системи

Таблиця 1 – Результати проведення ретроспективного тестування розрахунку VaR за дельта-нормальним методом

Період	Результати бек-тестування					
	95%		97%		99%	
	кільк. перевищень	% правильних прогнозів	кільк. перевищень	% правильних прогнозів	кільк. перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06 по 21.03.07	13	94,80%	8	96,80%	3	98,80%
з 20.06.06 по 21.06.07	16	93,60%	7	97,20%	4	98,40%
з 22.09.06 по 21.09.07	16	93,60%	8	96,80%	6	97,60%
з 21.12.06 по 21.12.07	21	91,60%	9	96,40%	6	97,60%
з 23.03.07 по 21.03.08	30	88,00%	20	92,00%	15	94,00%
з 24.09.07 по 22.09.08	57	77,20%	51	79,60%	40	84,00%
з 24.12.07 по 22.12.08	65	74,00%	62	75,20%	49	80,40%
з 20.03.08 по 30.03.09	62	75,20%	58	76,80%	42	83,20%

Таблиця 2 – Результати ретроспективного тестування дельта-нормального методу оцінки VaR при 95%-ому рівні довіри у випадку оцінки VaR за кожною валютною позицією портфеля окремо

Період		Результати бек-тестування			
		Долар США		Євро	
		Кільк. перевищень	% правильних прогнозів	Кільк. перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06	по 21.03.07	18	92,80%	9	96,40%
з 20.06.06	по 21.06.07	14	94,40%	6	97,60%
з 22.09.06	по 21.09.07	17	93,20%	7	97,20%
з 21.12.06	по 21.12.07	15	94,00%	5	98,00%
з 23.03.07	по 21.03.08	37	85,20%	9	96,40%
з 22.06.07	по 23.06.08	53	78,80%	14	94,40%
з 24.09.07	по 22.09.08	61	75,60%	16	93,60%
з 24.12.07	по 22.12.08	63	74,80%	45	82,00%
з 20.03.08	по 30.03.09	58	76,80%	47	81,20%

Таблиця 3 – Результати проведення ретроспективного тестування розрахунку VaR за методом історичного моделювання

Період	Результати бек-тестування					
	95%		97%		99%	
	Кількість перевищень	% правильних прогнозів	Кількість перевищень	% правильних прогнозів	Кількість перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06 по 21.03.07	4	98,40%	2	99,20%	1	99,60%
з 20.06.06 по 21.06.07	5	98,00%	3	98,80%	1	99,60%
з 22.09.06 по 21.09.07	3	98,80%	2	99,20%	0	100,00%
з 21.12.06 по 21.12.07	5	98,00%	1	99,60%	0	100,00%
з 23.03.07 по 21.03.08	16	93,60%	3	98,80%	0	100,00%
з 22.06.07 по 23.06.08	35	86,00%	12	95,20%	2	99,20%
з 24.09.07 по 22.09.08	50	80,00%	17	93,20%	3	98,80%
з 24.12.07 по 22.12.08	74	70,40%	37	85,20%	9	96,40%
з 20.03.08 по 30.03.09	77	69,20%	46	81,60%	11	95,60%

З таблиці 3 видно, що збитки починають перевищувати оцінку *VaR* при 95% рівні довіри на періоді з березня 2008 року, коли почалися спостерігатися непередбачувані зміни курсу долара США і Євро. При 99% рівні довіри (якого вимагає Базельський комітет) кількість помилок прогнозу починає зростати з кінця вересня 2008 року. У період примусового зниження курсу долара США у другому-третьому кварталі 2008 року та на періоді 4-й квартал 2008 року – 1-й квартал 2009 року модель для оцінювання ризику *VaR* за методом історичного моделювання перестає бути адекватною.

При зменшенні глибини ретроспективи точність моделі зменшується; чим більша глибина прогнозу, тим вища точність прогнозу. Але при малій ретроспективі модель скоріше адаптується до змін ринку, і у період нестабільності модель дає менше помилок, ніж з великою ретроспективою. Наприклад, за період коливань на ринку на початку 2008 року при малих ретроспективах модель все ще залишається адекватною, а при великих – кількість помилок за цей період перевищує допустимий рівень.

Порівняння методів оцінювання *VAR*. Для застосування методології *VaR* на фінансовому ринку України використано три методи оцінювання: дельта-нормальний, історичного моделювання та імітаційного моделювання Монте-Карло. Для порівняння методів використано результати застосування методів при 95% рівні довіри і глибині ретроспективи у 250 днів.

На рис. 3 наведено результати прогнозування збитків банку для усіх трьох методів за стабільної ситуації на фінансовому ринку у період з березня 2006 року по січень 2008 року. На рис. 4 наведено результати застосування методів у період різких коливань курсів валют і кризових явищ на періоді з початку 2008 року по березень 2009 року. У табл. 4 представлено результати бек-тестування для кожної із моделей і підраховано кількість помилок за результатами роботи моделей на кількох періодах тривалістю 250 днів кожний.

Таблиця 4 – Порівняльний аналіз бек-тестування моделі оцінки ризику VaR за різними методами

Період		Результати бек-тестування при 95% рівні довіри					
		Дельта-нормальний метод		Метод історичного моделювання		Метод Монте-Карло	
		Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06	по 21.03.07	13	94,80%	4	98,40%	0	100,00%
з 20.06.06	по 21.06.07	16	93,60%	5	98,00%	0	100,00%
з 22.09.06	по 21.09.07	16	93,60%	3	98,80%	0	100,00%
з 21.12.06	по 21.12.07	21	91,60%	5	98,00%	0	100,00%
з 23.03.07	по 21.03.08	30	88,00%	16	93,60%	0	100,00%
з 22.06.07	по 23.06.08	47	81,20%	35	86,00%	3	98,80%
з 24.09.07	по 22.09.08	57	77,20%	50	80,00%	4	98,40%
з 24.12.07	по 22.12.08	65	74,00%	74	70,40%	7	97,20%
з 20.03.08	по 30.03.09	62	75,20%	77	69,20%	7	97,20%

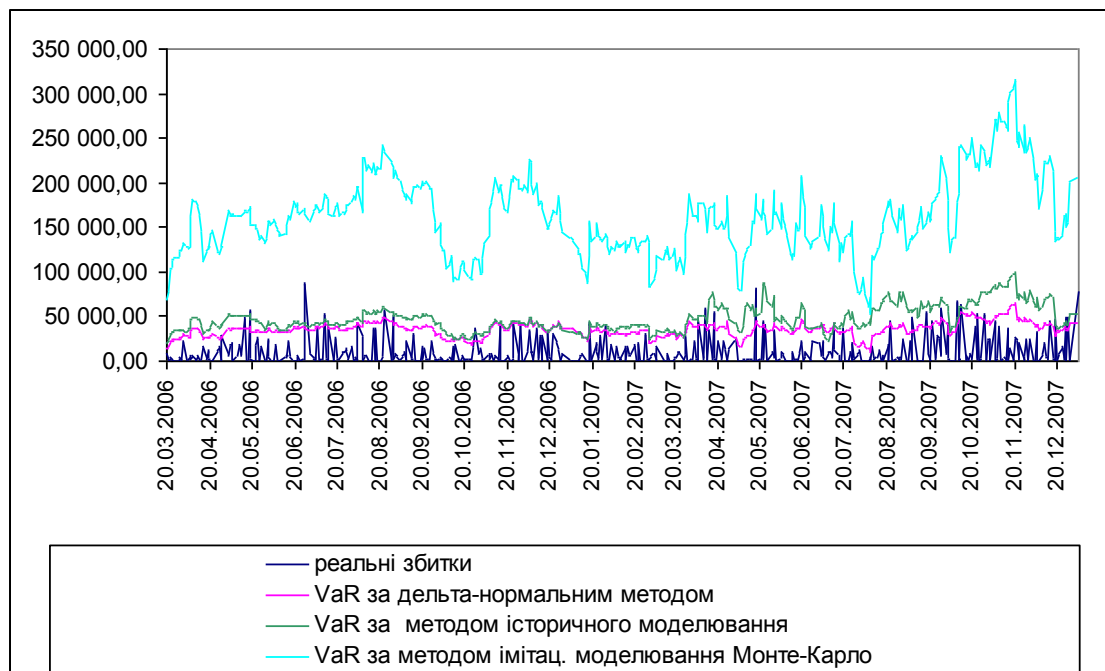


Рис. 3 – Результати роботи різних методів для оцінки VaR для стабільної ситуації на ринку

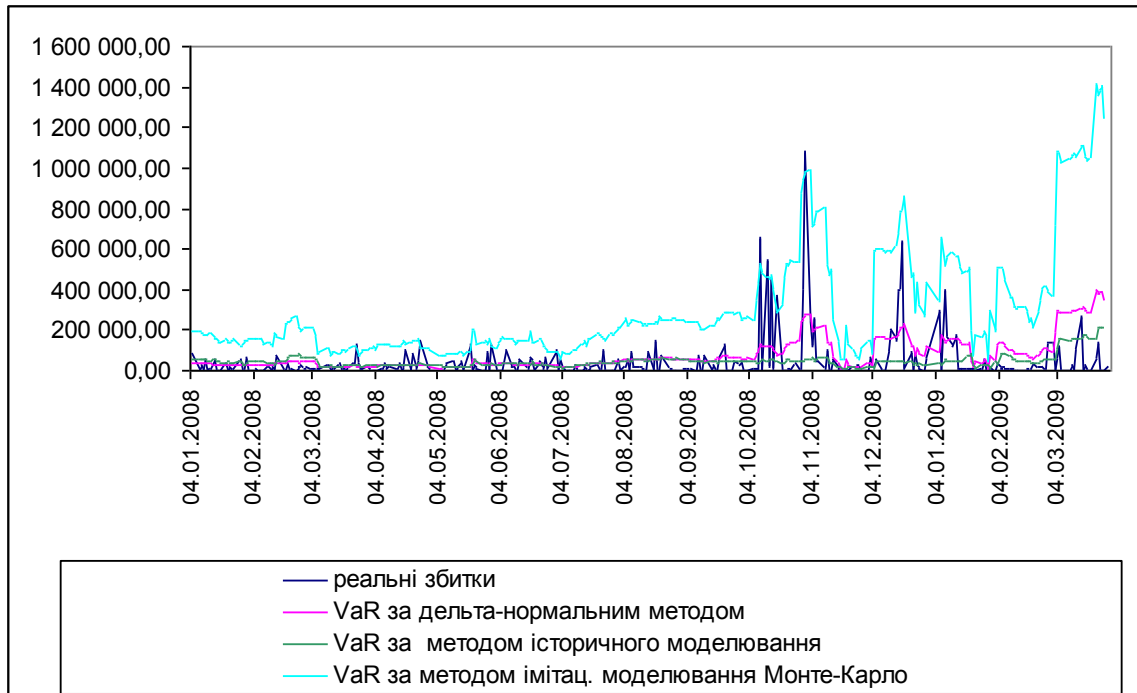


Рис. 4 – Результати застосування трьох методів оцінювання VaR при значних коливаннях ринку

Як показують графіки, у період стабільної ситуації на ринку валют, методи імітаційного моделювання Монте-Карло і історичного моделювання показують найкращі результати, прогнольні значення збитків покривають реальні у більшості випадків. Моделі є адекватними, проте точнішою є модель оцінювання VaR за методом історичного моделювання. Дельта-нормальний метод неадекватний для оцінювання ризику на українському ринку, як показують результати прогнозування. Це підтверджують результати виконання бек-тестування. Результати аналізу недоліків і переваг використаних методів для оцінювання VaR зведено у табл. 5.

Таблиця 5 – Порівняльний аналіз роботи різних методів для оцінки ризику VaR

Метод / Критерії	Дельта – нормальний	Історичного моделювання	Метод імітаційного моделювання Монте-Карло
Оцінювання	Локальне	Повне	Повне
Врахування історичного розподілу	Як оцінка нормального розподілу	Аналогічно тому, яке було у минулому	Повністю
Врахування «допустимої» волатильності	Можливе	Ні	Так
Припущення про нормальний розподіл доходностей	Так	Ні	Ні
Оцінка екстремальних подій	Погана	Погана	Можлива
Модельний ризик	Може бути значним	Допустимий	Високий
Об’єм ретроспектив	Середній	Дуже великий	Малий
Обчислювальна складність	Невисока	Висока	Дуже висока
Наглядність	Середня	Висока	Низька
Обчислювальні потужності	Низькі	Середні	Високі

Висновки

Міра *VaR* – загальноприйнята міра для оцінювання ринкових фінансових ризиків. Вона має недоліки і переваги, проте вона дає можливість оцінювати ризик уніфіковано для кожної країни і кожного банку. Застосування цієї методології для країн, що розвиваються, є проблематичним через нерозвиненість фінансових ринків, значну «тінізацію» економіки і прибутків, вплив на показники ринку з боку учасників ринку і держави. Для порівняння результатів застосування методології на українському валютному ринку представлено три методи оцінювання *VaR* банківського валютного портфеля: дельта-нормальний, метод історичного моделювання та метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Модель оцінювання ризиків на основі дельта-нормального методу виявилась неадекватною через невиконання припущення про нормальний розподіл доходностей курсів валют. Слід відзначити, що розподіл доходності курсу євро на деяких періодах близький до нормального, а тому модель оцінювання *VaR* валютної позиції по євро на цих періодах виявляється адекватною.

Метод історичного моделювання показав задовільний результат лише за умов стабільної ситуації на ринку. Він погано адаптується до різких коливань на ринку і тому в нинішніх умовах не може використовуватися на фінансовому ринку України.

Найкращі результати оцінювання можливих збитків отримано за методом імітаційного моделювання Монте-Карло, який гіпотетично враховує всі можливі зміни курсів валют на ринку. Помилки у прогнозах можливих втрат виникають лише за наявності непередбачуваних різких змін курсу, але модель на основі цього методу швидко пристосовується до змін на ринку. Для застосування цього методу в режимі он-лайн необхідно мати великі обчислювальні потужності, що для банків з незначним ринковим ризиком є марними витратами. Для цих банків рекомендується використовувати стандартний підхід на основі фіксованих коефіцієнтів для оцінювання фінансових ризиків. Для банків з великими ринковими ризиками найкращим є метод Монте-Карло. Для оцінювання малоймовірних різких коливань курсів (цін, котирувань) рекомендується використовувати стрес-тестування, що дає уявлення про розмір втрат за кризових явищ на ринку.

Список використаної літератури

1. Лобанов А.А., Чугунов А.В. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. – М.: Альпина Паблицер, 2003. – 786 с.
2. Jorion Ph. Financial risk-management: Second edition. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. – 708 p.
3. Управління банківськими ризиками: Навч. посібник / Примостка Л.О., Чуб П.М., Карчева Т.Г. та ін; За ред. Примостки О.Л. – Київ: КНЕУ, 2007. – 600 с.
4. Методичні вказівки з інспектування банків «Система оцінки ризиків» / Затв. постановою правління Національного банку України від 15.03.2004 № 104.– 2004 – 43 с.
5. Базельский комитет по банковскому надзору. Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: новые подходы. – Базель, 2004. – <http://www.cbr.ru>

6. Яблоков А.І. Методика оцінювання та управління валютним ризиком VaR // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем, 2007, № 13, с. 121-128.

7. Милосердов А.А., Герасимова Е.Б. Рыночные риски: формализация, моделирование, оценка качества моделей. – Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2004. – 116 с.

Стаття надійшла до редакції 06.02.14 українською мовою

© П.И. Бидюк, А.Н. Трофимчук, Л.Д. Черныш

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВАЛЮТНЫХ РИСКОВ

Рассмотрено три метода оценивания меры риска VaR банковского валютного портфеля: дельта-нормальный, метод исторического моделирования и метод имитационного моделирования Монте-Карло. Модель на основе дельта-нормального метода оказалась неадекватной вследствие невыполнения требования нормальности распределения доходностей валютных курсов. Метод исторического моделирования показал удовлетворительный результат только при условии стабильной ситуации на рынке. Он плохо адаптируется к резким колебаниям на рынке и поэтому не может использоваться на финансовом рынке Украины в нынешних условиях. Лучшие результаты оценивания получены с помощью метода имитационного моделирования Монте-Карло, который гипотетически учитывает все возможные изменения рыночного курса валют. Ошибки прогнозов возможных потерь обусловлены только непредвиденными резкими сменами курса валют, однако модель на основе этого метода быстро адаптируется к изменениям на рынке.

© P.I. Bidyuk, O.M. Trofimchyk, L.D. Chernysh

COMPARISON OF EVALUATION CURRENCY RISK

Three methods of VaR estimation for the exchange rate risk are considered in application to the bank portfolio: delta-normal, historical modeling method and Monte Carlo simulation technique. The delta-normal model turned out to be inadequate due to deviation of exchange rate data from normal distribution. The historical modeling method showed satisfactory results with condition of stable situation at the market. It showed bad adaptation characteristics to the abrupt changes of the market situations and that is why it cannot be used at the Ukrainian financial market. The best risk estimation results were achieved with the Monte Carlo simulation technique that hypothetically takes into account all possible changes of exchange rates at the market. The risk forecasting errors appear only due to non-predictable abrupt changes of exchange rates. However the model is adapting quickly to the changes.