

УДК 330.131.7:336.71

Ребрик М.А.
кандидат економічних наук,
старший викладач кафедри фінансів і кредиту
Черкаського інституту банківської справи
Університету банківської справи Національного банку України

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ БАНКУ

A STRESS TESTING FRAMEWORK FOR BANK'S MARKET RISKS

АНОТАЦІЯ

У статті досліджено широкий спектр сучасних підходів до стрес-тестування ринкових ризиків банку. Удосконалено їх систематизацію за низкою критеріїв. Визначено функціональні переваги та недоліки різних методів стрес-тестування, розкрито механізм їх застосування, комбінування та інтегрування у систему ризик-менеджменту банку.

Ключові слова: стрес-тестування, комбіновані стрес-тести, сценарний аналіз, теорія екстремальних значень, девіаційні оцінки ризику, оцінки зниження, реверсійне стрес-тестування.

АННОТАЦИЯ

В статье исследован широкий спектр современных подходов к стресс-тестированию рыночных рисков банка. По ряду критериев усовершенствована их систематизация. Определены функциональные преимущества и недостатки различных методов стресс-тестирования, раскрыт механизм их применения, комбинирования и интеграции в систему риск-менеджмента банка.

Ключевые слова: стресс-тестирование, комбинированные стресс-тесты, сценарный анализ, теория экстремальных значений, девиационные оценки риска, оценки снижения, реверсивное стресс-тестирование.

ANNOTATION

The article investigates a wide range of modern approaches to stress testing banks' market risks, provides their improved systematization. Functional advantages and disadvantages of different methods of stress testing are defined, the mechanism of their implementation, combination and integration to risk management system of a bank is determined.

Keywords: stress testing, combined stress tests, scenario analysis, extreme value theory, deviation measures, drawdown measures, reverse stress testing.

Постановка проблеми. Точну дату появи стрес-тестування відстежити складно. Початкові згадки про нього зустрічаються в технічному звіті RiskMetrics від 1996 року. Починаючи з 1999 року, стрес-тестування почало широко застосовуватися Міжнародним валютним фондом і Світовим банком для оцінки уразливості банківських систем до світових фінансових криз. Акцент на необхідність застосування даного методу оцінки банківських ризиків зроблено Базельським комітетом з банківського нагляду: «банки, які використовують підхід, заснований використанні внутрішніх моделей виконання вимог щодо достатності капіталу на покриття ринкових ризиків, повинні здійснювати ретельне та всебічне стрес-тестування» [1].

Підкреслюючи значимість стрес-тестування, виконавчий директор Банку Англії з питань

фінансової стабільності Е.Г. Холдейн з появою даного методу оцінки ризиків пов'язує початок другої хвилі технологічної революції в галузі ризик-менеджменту [2].

Однак глибина і тривалість фінансової кризи поставили під питання дієвість тогочасних технологій стрес-тестування та їх адаптивність до динамічних змін бізнес-середовища. Наслідки кризових процесів виявилися набагато серйознішими у багатьох відношеннях, ніж було передбачено результатами стрес-тестування. Базельським комітетом з банківського нагляду було встановлено, що основні неточності в отриманих оцінках пов'язані, зокрема, з недосконалістю методології проведення стрес-тестування та підходів до вибору сценаріїв [3].

Виходячи з цього, пошук слабких місць у методології стрес-тестування та розробка напрямів її удосконалення набули суттєвої актуальності. Значимість даного завдання посилюється з поширенням стрес-тестування в усьому світі. Так, стрес-тести, розроблені Європейською банківською адміністрацією (European Banking Authority), регулярно проходять великі європейські банки, представники Федеральної резервної системи влаштовують щорічні перевірки фінансових установ США. У 2014 році Національний банк України в рамках співпраці з МВФ провів діагностичне стрес-тестування найбільших українських банків та банків II групи, а в даний час триває дискусія щодо проведення такого обстеження в малих і середніх банках.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню різноманітних методів стрес-тестування банків присвячені роботи відомих зарубіжних вчених Дж. Берковіца (J. Berkowitz), Т. Брьоера (T. Breuer), К. Дауда (K. Dowd), М. Дрехмана (M. Drehmann), Р. Ребонато (R. Rebonato), М. Чіхака (M. Cihak) та інших. Теоретичними дослідженнями і удосконаленням технік стрес-тестування займаються також українські науковці О.В. Дзюблюк, Р.С. Лисенко, А.В. Максимова, С.В. Науменкова, Ю.С. Ребрик та інші.

Результатом наукового доробку дослідників є виникнення протягом відносно короткої історії розвитку стрес-тестування значної кількості

його різновидів і підходів до його проведення. Не зменшуючи значення та важливості існуючих та перспективних наукових пошуків, можна констатувати, що таке різноманіття підходів стоїть на заваді отриманню чіткого уявлення про варіативні можливості стрес-тестування як інструменту ризик-менеджменту.

Виходячи з цього, метою дослідження є систематизація на основі розгляду функціональних переваг і недоліків широкого спектра методів стрес-тестування, напрацьованих зарубіжними та вітчизняними науковцями та практиками, що слугуватиме теоретико-методичним підґрунтям для подальшого вдосконалення існуючої практики стрес-тестування в банках.

При цьому основну увагу в рамках даного дослідження буде приділено систематизації методів стрес-тестування саме ринкових ризиків, що слугують суттєвим джерелом загроз для стійкого та ефективного функціонування вітчизняних банків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Індивідуальність ризикових портфелів окремих банків унеможлиблює проектування уніфікованої технології проведення стрес-тестування та вимагає розробки експертами банку оригінальних вузькоспеціалізованих стрес-тестів. Ця задача може бути ефективно вирішена шля-

хом застосування різноманітних методів стрес-тестування та їх комбінацій з урахуванням переваг та недоліків різних підходів (рис. 1).

Базельським комітетом визначено загальні вимоги до стрес-тестів [1; 3], що також визнані НБУ [4]: жорсткість, правдоподібність, корисність. Отже, стрес-тести повинні орієнтуватися на дотримання балансу критеріїв екстремальності та ймовірності подій, щоб вище керівництво банку за результатами оцінки вважало за доцільне вжити заходів з раннього попередження кризових явищ.

Так, можливість реалізації *історичних сценаріїв*, заснованих на характерних змінах ризик-факторів, їх волатильностей та кореляцій, що спостерігалися під час історичних ринкових шоків та інших екстремальних подій (політичного, соціального, природного характеру), не викликає сумніву. Однак історично обумовлені стрес-тести не завжди дозволяють визначити найгірший сценарій ескалації ризику, оскільки не враховують:

а) можливості реалізації більш екстремальних за масштабами та тривалістю шоків, ніж ті, що спостерігалися в минулому;

б) можливості реалізації відмінних від історичних комбінацій шоківих змін ризик-факторів;

в) особливостей поточної структури ризикового портфелю банку.

Саме тому стрес-тестування на основі історичних сценаріїв доцільно доповнювати розробкою *гіпотетичних сценаріїв*, заснованих на можливих змінах ризик-факторів, їх волатильностей та кореляцій у результаті розгортання кризових явищ, які, хоча і не спостерігалися у минулому, але ймовірно можуть мати місце в майбутньому. Щоправда, питання визначення ймовірності реалізації гіпотетичних сценаріїв залишається складним і дискусійним.

Об'єктивна оцінка ймовірності настання екстремальних подій може бути визначена за допомогою *статистичних методів* (методи параметричної симуляції, метод Брюєра [5] тощо). Слід зазначити, що статистичні закономірності, на основі яких визначається ймовірність, значно деформуються під час кризи. Саме тому стрес-тестування за допомогою кількісних методів

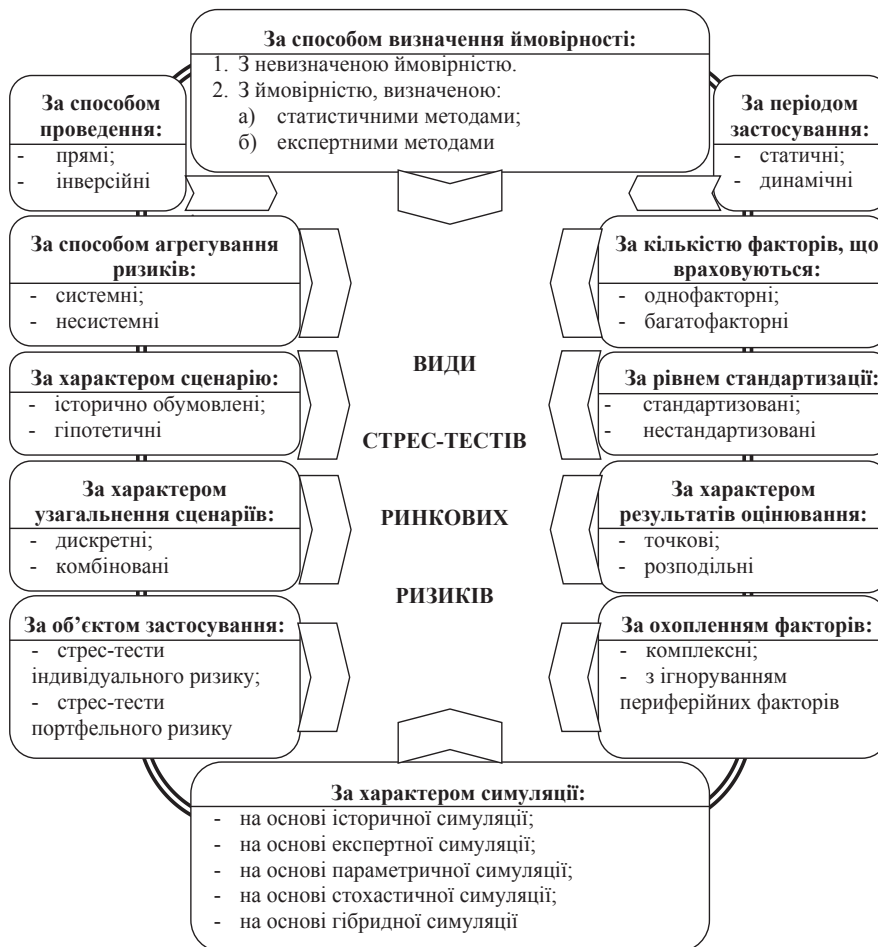


Рис. 1. Уточнена класифікація стрес-тестів ринкових ризиків банку

Джерело: розроблено автором

доповнювати експертною оцінкою можливості розгортання кризових сценаріїв, у тому числі таких, що не мають аналогів у ретроспективі.

З метою підвищення рівня правдоподібності стрес-тестування з використанням як історичних, так і гіпотетичних сценаріїв доцільно визначати різні ступені впливу ризик-факторів (помірного, середнього, значного) [4].

Розроблені сценарії можуть розглядатися окремо (*дискретний стрес-тест*) або бути інтегрованими у стохастичну модель оцінки ринкових ризиків, що використовується банком. Така інтеграція може відбуватися, зокрема, на основі зважування результатів, отриманих за різними сценаріями, за рівнем ймовірності, визначеної на основі кількісних або якісних методів (*комбіновані стрес-тести*) (табл. 1).

Інтеграція стрес-тестування у стохастичну модель дозволяє отримати багатомірний розподіл доходностей ризик-факторів (*розподільний стрес-тест*), а не єдину оцінку негативних наслідків реалізації екстремальних подій (*точковий стрес-тест*).

Стрес-тестування може проводитися у формі як однофакторного, так і багатфакторного аналізу й прогнозування впливу шоків змін ризик-факторів (внутрішніх та зовнішніх) на окрему відкриту позицію (*стрес-тести індивідуального ризику*) або ризиковий портфель банку в цілому (*стрес-тести портфельного ризику*).

Однофакторні стрес-тести (аналіз чутливості) застосовуються з метою швидкого отримання наблизених оцінок чутливості відкритої позиції/портфелю до змін визначеного ризик-фактора та виявлення концентрації ризиків. При цьому стрес-тестування може проводитися на основі як історично детермінованих, так і гіпотетичних сценаріїв. Гіпотетичні сценарії можуть бути *стандартизованими* (базуються на мінімальних критеріях ринкових шоків, визначених регуляторами) або *нестандартизованими* (міні-

мальні критерії ризикових шоків визначаються на основі параметричної, експертної, стохастичної симуляції або їх комбінацій).

Наприклад, найбільш поширеними мінімальними критеріями валютних шоків, визначених регуляторами, є:

– $\pm 8\%$ (Базельський комітет з банківського нагляду) [3];

– $\pm 10-50\%$ (Міжнародний валютний фонд та Світовий банк у рамках програми з оцінки фінансового сектору (FSAP)) [10];

– -25% для валют країн Східної Європи по відношенню до євро (Європейська банківська адміністрація) [11].

При проведенні стрес-тестування найбільших комерційних банків Національним банком України у 2014 році моделювалася девальвація гривні на 25-50% порівняно з курсом 8 гривень за долар США.

З метою комплексної оцінки впливу одночасної екстремальної зміни декількох ризик-факторів доцільно використовувати *методи сценарного аналізу (багатофакторне стрес-тестування)*. При цьому переоцінка вартості позиції/портфеля банку може відбуватися з урахуванням об'єднаного впливу найбільш несприятливих змін усіх релевантних ризик-факторів (*комплексний стрес-тест*), або тільки основних ризик-факторів (визначених, наприклад, із застосуванням аналізу головних компонент) *без урахування зміни периферійних факторів*.

Сценарний аналіз може проводитися як без урахування взаємозалежності між змінами окремих ризик-факторів (*несистемне стрес-тестування*), так і з урахуванням ефектів кореляції між ризик факторами, коінтеграції та зараження (contagion) фінансових ринків (*системне стрес-тестування*).

Отже, сценарний аналіз передбачає вибір методу агрегування ризиків. Експерти Базельського комітету з банківського нагляду проран-

Таблиця 1

Коротка характеристика основних методів побудови комбінованих стрес-тестів

Метод	Характеристика
Метод Брюєра (Т. Breuer) [5]	Визначення ймовірності окремих сценаріїв відбувається на основі оцінки їх відмінностей від середнього сценарію за допомогою розрахунку відстані Махаланобіса, що враховує кореляції між ризик-факторами. Пошук найбільш негативного сценарію із встановленим рівнем ймовірності відбувається на основі застосування методів стохастичної симуляції.
Метод Берковіца (J. Berkowitz) [6]	Призначення ймовірності окремим історичним і гіпотетичним шоківим сценаріям з метою інтеграції стрес-тестування у VaR-модель.
Метод Дауда-Блейка (K. Dowd-D. Blake) [7]	Призначення ймовірності окремим сценаріям, отриманих внаслідок модифікації емпіричного розподілу за допомогою набору теоретичних функцій розподілу або їх сумішей (t-розподілу (Стюдента), гіперболічного, стрибково-дифузійного розподілу, суміші нормальних розподілів тощо) з метою отримання середнього або максимального значення когерентної стохастичної міри ризику (ETL, SRM або DRM).
Метод Арагонеса-Бланко-Дауда (J.R. Aragones-C. Blanco-K. Dowd) [8]	Призначення ймовірності окремим історичним і гіпотетичним шоківим сценаріям з метою інтеграції стрес-тестування у EVT-модель (засновану на використанні апарату теорії екстремальних значень).
Квятковські-Ребонато (J. Kwiatkowski-R. Rebonato) [9]	Агрегування результатів стрес-тестування відбувається на основі розробленої експертами несиметричної матриці умовних ймовірностей, що об'єднує окремі шоківі сценарії.

Джерело: узагальнено автором

жували найбільш поширені на практиці методи агрегування ризиків у порядку зростання складності так [12]:

1) підсумовування ризиків – просте підсумовування індивідуальних ризиків (дає консервативну оцінку портфельного ринкового ризику, оскільки ігнорує потенційну можливість диверсифікації, базується на припущенні, що всі фактори ризику демонструють абсолютну кореляцію);

2) метод сталої диверсифікації – підсумовування зважених індивідуальних ризиків. Зважування відбувається згідно з фіксованим рівнем диверсифікаційних ефектів, що генеруються окремими позиціями;

3) дисперсійно-коваріаційний підхід – визначення певного типу багатовимірного розподілу (наприклад, багатовимірного нормального, багатомірного t -розподілу тощо) із структурою взаємозалежності між рівнями ризику окремих позицій, яка моделюється дисперсійно-коваріаційною матрицею. Даний підхід може бути реалізований двома способами:

а) шляхом підсумовування індивідуальних ризиків окремих позицій з урахуванням кореляційних зв'язків;

б) шляхом визначення чутливості (еластичності) змін вартості портфеля по відношенню до змін факторів ризику.

4) метод копул – моделювання структури взаємозалежності між рівнями ризику окремих позицій за допомогою копул, які можуть бути виражені у вигляді функцій, що об'єднують граничні розподіли (marginal distribution) ймовірностей у спільний розподіл;

5) метод повної симуляції – визначення чутливості рівня ризику окремих відкритих позицій банку до широкого спектра спільних фундаментальних факторів ризику та моделювання спільного розподілу наслідків шляхом відстеження ефекту симуляції впливу цих факторів на усі позиції. При цьому в основному використовуються моделі множинної регресії, векторної авторегресії, векторні моделі корекції помилки тощо.

Перші два методи агрегування використовуються при проведенні несистемного, а інші – системного стрес-тестування. Переваги та недоліки зазначених методів наведено у таблиці 2.

Як зазначалося, розробка *нестандартизованих гіпотетичних сценаріїв* може базуватися на використанні *методів історичної, параметрич-*

Таблиця 2

Основні переваги та недоліки основних методів агрегування ризиків

Метод	Переваги	Недоліки
Підсумовування ризиків	1) простота розрахунків; 2) інтуїтивність та наочність результатів; 3) консервативність оцінок	1) не відбувається дискримінації окремих ризик-факторів за рахунок присвоювання однакових вагових коефіцієнтів; 2) не враховує взаємозалежності між ризик-факторами; 3) не враховує ефект диверсифікації
Метод сталої диверсифікації	1) простота у розрахунках; 2) інтуїтивність та наочність результатів; 3) часткове врахування ефекту диверсифікації	1) фіксований ефект диверсифікації є нечутливим до реальної взаємодії між факторами ризику; 2) суб'єктивність у виборі вагових коефіцієнтів
Дисперсійно-коваріаційний підхід	1) відносна простота розрахунків; 2) інтуїтивність та наочність результатів; 3) врахування ефекту диверсифікації	1) базується на концепції визначення кореляції як міри лінійної взаємозалежності між ризик-факторами; 2) недооцінює залежність у хвостах розподілу (гіпотеза про багатомірний нормальний розподіл); 3) не враховує нелінійну залежність; 4) вимагає значних обсягів емпіричних даних; 5) не враховує ефект мінливості кореляцій
Метод копул	1) гнучкість (не вимагає припущень щодо спільного розподілу ризик-факторів); 2) врахування нелінійної залежності між ризик-факторами; 3) врахування характеру залежності у хвостах розподілу; 4) врахування ефекту диверсифікації	1) складність розрахунків; 2) низька наочність та висока складність трактування отриманих результатів оцінки; 3) частковий суб'єктивізм у виборі параметрів моделі (може стимулювати виникнення внутрішньобанківських конфліктів); 4) висока чутливість до вибору параметрів моделі; 5) вимагає значних обсягів емпіричних даних; 6) низька наочність та висока складність трактування отриманих результатів оцінки
Метод повної симуляції	1) найбільша потенційна точність; 2) інтуїтивність та наочність результатів; 3) сумісність із методами різної складності, що використовуються для моделювання динаміки ризик-факторів та їх взаємодії	1) найбільш вибагливий до обсягів ретроспективних даних; 2) складність застосування (вимагає відповідного технічного оснащення, високої кваліфікації аналітиків, значних витрат часу тощо); 3) високий ризик неадекватності моделей; 4) складність відбору ризик-факторів та врахування їх взаємозалежності

Джерело: узагальнено автором на основі [12-14]

ної, експертної, стохастичної симуляції або їх комбінацій.

Відзначимо, що використання історично детермінованих сценаріїв відрізняється від історичної симуляції тим, що передбачає чітке відтворення історичної динаміки та взаємозалежностей між факторами ризику, тоді як за історичної симуляції можуть бути об'єднані екстремальні ретроспективні зміни ризик-факторів, що відбувалися у різні періоди. На даному принципі заснований так званий *метод «поштовху» факторів (factor push)* – кількісний стрес-тест, що передбачає одночасну максимальну зміну усіх релевантних ризик-факторів (без урахування взаємозв'язків між ними), що призводить до найбільших втрат. При цьому масштаби змін можуть моделюватися усіма зазначеними методами симуляції.

Моделі стохастичного аналізу (VaR, ETL, SRM, DRM-аналізу) можуть бути використані у стрес-тестуванні за умов нівелювання ряду їх суттєвих недоліків. Так, Г. Бакші (G. Bakshi) та Г. Панаятовим (G. Panayotov) [15] запропоновано оцінку ризику VaR-I (intra-horizon VaR), що пристосовує VaR, розраховану для визначеного часового горизонту, до коливань прибутків та збитків протягом цього періоду. Запропонований підхід базується на використанні стрибкових моделей (jump models) з різною стрибковою активністю.

З метою урахування ефектів мінливості (time-varying volatility) та кластеризації мінливості (volatility clustering), позитивної автокореляції дохідностей можна використовувати гібридні методи стохастичної симуляції та методи «з короткостроковою пам'яттю» для моделювання часових рядів.

З метою «подовження хвостів» нормального розподілу дохідностей, на якому базується стандартна параметрична модель розрахунку VaR, Базельським комітетом з банківського нагляду

запропоновано модифіковану модель – *стрес-VaR (stressed VaR)*. Дана оцінка ризику, як і у випадку стандартного підходу до розрахунку VaR, що рекомендується Базельським комітетом, заснована десятиденному горизонті, 99-му перцентилі, односторонньому довірчому інтервалі, однак вхідні дані моделі калібруються на основі безперервного 12-місячного періоду значного фінансового стресу, релевантного до банківського портфеля [16].

Більш складний підхід до моделювання ризику у періоди ринкових шоків вимагає застосування апарату *теорії екстремальних значень (EVT – extreme value theory)*, що дозволяє визначити частоту та масштаби екстремальних дохідностей.

Методи, що засновані на теорії екстремальних значень, на відміну від VaR, моделюють розподіл лише екстремальних спостережень («викидів», надзвичайних втрат), а не всієї сукупності спостережень.

Існують два найбільш розповсюджені методи відбору екстремальних дохідностей:

1) *метод максимального/мінімального групового значення (block maxima or minima)*, що базується на відборі максимальних/мінімальних спостережень у визначених періодах (блоках), наприклад протягом місяця, кварталу, року. Даний метод передбачає моделювання екстремальних спостережень на основі використання сімейства розподілів екстремальних значень. У практиці управління фінансовими ризиками найбільш широко використовуються розподіли Фреше (Fréchet) (до даного класу також входять t-розподіл (Стюдента) й розподіл Парето), Гумбеля (Gumbel) та Вейбулла (Weibull).

2) *метод перевищення порогу (peaks-over-threshold)*, що базується на відборі спостережень, які перевищують встановлене граничне значення. Даний метод базується на застосу-

Таблиця 3

Основні переваги та недоліки застосування теорії екстремальних значень

Переваги	Недоліки
1) дозволяє отримати коректні оцінки високих квантилей («товстих хвостів») розподілу; 2) не потребує припущень щодо розподілу усіх спостережень; 3) забезпечує уніфікацію оцінки різних видів ризику банку; 4) дає уявлення про ймовірність реалізації визначеного масштабу збитків (і навпаки – дозволяє визначити масштаб збитків на заданому рівні довіри); 5) використовується як доповнення стохастичного оцінювання ризику, базуючись на його результатах	1) значна чутливість до вибору параметрів моделі та відносна складність розрахунків; 2) не дає інформації щодо ядра (середньої частини) розподілу; 3) вимагає значних обсягів емпіричних даних; 4) складність моделювання екстремальних кореляцій; 5) складність застосування до багатомірних розподілів; 6) не враховує можливості реалізації більших шоків, ніж спостерігалися у минулому; 7) складність верифікації моделі (бектестингу (backtesting)); 8) дає інформацію про розмір збитків лише наприкінці горизонту планування, не враховуючи можливість появи поточних значних втрат (intra-horizon risk); 9) не враховує ефекти мінливості та кластеризації волатильності, позитивної автокореляції дохідностей, мінливості кореляцій; 10) у класичному вигляді не враховує ризик ендогенної та екзогенної ліквідності ринку (фінансового інструмента); 11) базується на припущенні, що позиція залишається незмінною протягом часового горизонту, у межах якого проводяться розрахунки; 12) не дає можливості адаптувати міру ризику безпосередньо до рівня толерантності банку до ризику

Джерело: узагальнено автором на основі [7; 13; 14]

ванні параметричних (використання узагальненого розподілу Парето (generalized Pareto distribution)) та напівпараметричних моделей (використання оцінок Хилла (Hill Estimator), Пікендса (Pickands' Estimator), Декера-Айнмаля-де Хаана (Deckers'-Einmahl-de-Naan Estimator)).

Застосування апарату теорії екстремальних значень у стрес-тестуванні ризику дозволяє значно удосконалити та доповнити методики VaR, ETL, SRM та DRM, однак вимагає урахування обмежень даного підходу (табл. 3).

При стрес-тестуванні необхідно враховувати можливість банку протистояти як одноденним шокам (*статичний стрес-тест*), так і тривалим періодам втрат (*динамічний стрес-тест*). Симуляція кризи ліквідності потребує генерації відмінних сценаріїв, ніж симуляція ринкової кризи (періоду підвищеної мінливості курсів валют, цінних паперів та процентних ставок). Так, при симуляції ринкової кризи часто використовується статичне стрес-тестування: розрахунок показників історичного максимуму/мінімуму одноденної зміни ризик-факторів.

При симуляції кризи ліквідності доцільно використовувати динамічне стрес-тестування: обирати сценарій з найбільш несприятливою зміною ризик факторів протягом періоду часу, еквівалентного тривалості кризи ліквідності, або періоду ліквідації ризикових позицій. У даному випадку можуть бути застосовані *девіаційні оцінки ризику (deviation measures) та оцінки зниження (drawdown measures)*.

Девіаційні оцінки (deviation measures) відображають зміну факторів ризику протягом визначеного періоду часу. Основними показниками, що можуть бути використані у практиці стрес-тестування, є показник максимальної девіації або показник середньої девіації, розраховані методом ковзного вікна (rolling window).

Оцінки зниження (drawdown measures) відображають негативну для банку зміну ризик-фактора від локального максимуму до локального мінімуму (maximum drawdown) або від локального максимуму/мінімуму до його кінцевого (поточного) значення протягом встановленого періоду. При цьому може бути використане як максимальне, так і середнє значення зниження, розраховане методом ковзного вікна.

При проведенні стрес-тестування з використанням стохастичних моделей показники доходності, що використовуються для побудови функції розподілу, доцільно замінювати девіаційними оцінками та оцінками зниження. Наприклад, аналогічно до показника VaR, показник *зниження-під-ризиком (drawdown-at-risk (DDaR))* може бути розрахований як, відповідно, квантиль розподілу зниження вартості позиції/портфеля з урахуванням визначеного рівня довіри. Різниця між зазначеними мірами ризику полягає у тому, що VaR відповідає визначеному фіксованому часовому горизонту, тоді як DDaR

розраховується відносно стохастичного часового горизонту [17].

Аналогічно до оцінки очікуваних «хвостових» втрат (ETL), показник *умовного зниження-під-ризиком (CDDaR – conditional drawdown-at-risk)* може бути розрахований як середнє значення зниження вартості позиції/портфеля банку, що перевищує пороговий рівень, заданий у вигляді рівня довіри або квантилю розподілу [18].

При системному стрес-тестуванні, окрім «шокування» волатильностей ризик-факторів, доцільно проводити й «шокування» взаємозалежностей між ними. Таке «шокування» можна проводити шляхом модифікації кореляційної матриці з метою симуляції порушення звичайних статистичних взаємозв'язків у кризових обставинах, виникнення структурних зрушень, що можуть мати місце у майбутньому (наприклад, перехід від фіксованого до плаваючого валютного курсу). При цьому цільова матриця отримується шляхом фіксації одних кореляцій у поточній кореляційній матриці та «шокуванні» інших з метою отримання різних стрес-сценаріїв [19-20].

Поряд із оцінкою потенційних наслідків розгортання змодельованих банком сценаріїв (*пряме стрес-тестування*) доцільно також визначати сценарії, що можуть завдати банку критичних та катастрофічних втрат (*реверсійне стрес-тестування*), і на цій основі виявити латентні ризики та взаємозв'язки між ними [3]. Даний підхід потребує використання алгоритмів автоматизованого (механічного) пошуку екстремумів функцій з метою визначення найгіршого сценарію (worst-case scenario) в області припустимих значень ймовірності його реалізації та оцінки його потенційних наслідків. Основними методами такого пошуку є «поштовх» факторів (factor push), оптимізація максимальних втрат (maximum loss optimisation), багатомірний симплекс-метод (multidimensional simplex method), багатомірний метод Пауелла (multidimensional Powell method), використання нейромережевих технологій та генетичних алгоритмів.

Висновки. Отже, науковцями та практиками розроблено широкий спектр методів стрес-тестування ринкових ризиків банків. Формування чіткого уявлення про варіативні можливості стрес-тестування, розуміння специфіки застосування, переваг та недоліків окремих методів та їх комбінацій дозволить ризик-менеджерам отримати комплексне уявлення про вразливість банку щодо виключних, але ймовірних подій. Слушними є рекомендації Базельського комітету з банківського нагляду, який радить банкам використовувати одночасно декілька методів стрес-тестування та їх комбінації, включаючи кількісні та якісні методи з варіацією від простого аналізу чутливості до більш складного комплексного стрес-тестування портфелів з урахуванням ефектів кореляції між ризик-факторами, коінтеграції та зараження фінансових ринків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks [Electronic resource] / Basel Committee on Banking Supervision. – Basel, November 2005. – Access mode : <http://www.bis.org/publ/bcbs119.pdf?noframes=1>.
2. Haldane, A.G. Why banks failed the stress test [Electronic resource] / A.G. Haldane. – Access mode : www.bis.org/review/r090219d.pdf.
3. Principles for sound stress testing practices and supervision [Electronic resource] / Basel Committee on Banking Supervision. – Basel, May 2009. – Access mode : <http://www.bis.org/publ/bcbs155.pdf>.
4. Щодо порядку проведення стрес-тестування в банках України [Електронний ресурс] : методичні рекомендації, схвалені постановою Правління НБУ від 06 серпня 2009 № 460. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=v0460500-09>.
5. Breuer, T. How to find plausible, severe and useful stress scenarios / T. Breuer, M. Jandacka, K. Rheinberger, M. Summer // International Journal of Central Banking. – September 2009. – P. 205-224.
6. Berkowitz, J. A coherent framework for stress-testing / J. Berkowitz // Journal of Risk. – 2000. – № 2. – P. 1-15.
7. Dowd, K. After VaR: the theory, estimation, and insurance applications of quantile-based risk measures / K. Dowd, D. Blake // Journal of Risk and Insurance. – June 2006. – Vol. 73, Issue 2. – P. 193-229.
8. Aragonés, J.R. Incorporating stress tests into market risk modeling / J. R. Aragonés, C. Blanco, K. Dowd // Derivatives Quarterly. – 2001. – Vol. 7, № 3. – P. 44-49.
9. Kwiatkowski, J. A coherent aggregation framework for stress testing and scenario analysis / J. Kwiatkowski, R. Rebonato // Applied Mathematical Finance. – 2010. – Vol. 18, Issue 2. – P. 139-154.
10. Analytical Tools of the FSAP [Electronic resource] / International Monetary Fund, World Bank. – February 24, 2003. – Access mode : <http://www.imf.org/external/np/fsap/2003/022403a.pdf>.
11. EU-wide Stress Test 2014 – Market Risk Scenarios [Electronic resource] / European Banking Authority. – London, April 2014. – Access mode : <https://www.eba.europa.eu/-/eba-publishes-common-methodology-and-scenario-for-2014-eu-banks-stress-test>.
12. Range of practices and issues in economic capital modelling [Electronic resource] / Basel Committee on Banking Supervision. – Basel, August 2008. – Access mode : <http://www.bis.org/publ/bcbs143.pdf>.
13. Saita, F. Value at Risk and Bank Capital Management / F. Saita. – Elsevier Inc., 2007. – 276 p.
14. Embrechts, P. Extreme Value Theory: Potential and Limitations as an Integrated Risk Management Tool Derivatives Use / P. Embrechts // Trading & Regulation. – 2000. – № 6. – P. 449-456
15. Bakshi, G. First-passage probability, jump models, and intra-horizon risk / G. Bakshi, G. Panayotov // Journal of Financial Economics. – 2010. – Vol. 95. – P. 20-40.
16. Revisions to the Basel II market risk framework [Electronic resource] / Basel Committee on Banking Supervision. – Basel, July 2009. – Access mode : <http://www.bis.org/publ/bcbs158.pdf>.
17. Brandi, V.R. Assessing Drawdown-at-Risk in Brazilian Real Foreign Exchange Rates / V.R. Brandi, B.V. de M. Mendes // Revista Brasileira de Finanças. – 2004. – Vol. 2, No. 2. – P. 207-223.
18. Chekhlov, A. Portfolio optimization with Drawdown constraints / A. Chekhlov, S. Uryasev, M. Zabaranin // Theory Probability Application. – 2003. – Vol. 44, No. 1. – P. 209-228.
19. Qi, H. Correlation Stress Testing for Value-at-Risk: An Unconstrained Convex Optimization Approach / H. Qi, D. Sun // Computational Optimization and Applications. – 2010. – № 45. – P. 427-462.
20. So, M. K. P. Stress Testing Correlation Matrices for Risk Management [Electronic resource] / M. K. P. So, J. Wong. – Access mode : http://keizai.soka.ac.jp/assets/pdf/dp/2010_03.pdf.