

УДК 336.71:519.67

**В. Ю. ДУБНИЦЬКИЙ, А. М. КОБИЛІН**

*Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ, Україна*

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАНУВАННЯ НОРМАТИВІВ БАНКІВСЬКОЇ БЕЗПЕКИ ЗАСОБАМИ КЛАСИЧНОЇ ТА НЕСТАНДАРТНОЇ ІНТЕРВАЛЬНОЇ АРИФМЕТИКИ**

*Запропоновано для зменшення невизначеності в процесі планування нормативів банківської безпеки використовувати правила нестандартної інтервальної арифметики. Виконано приклади розрахунку показників згідно з правилами класичної та нестандартної інтервальної арифметики. Мірою ефективності розрахунків обрано ширину заключного результату обчислень. Показана ефективність запропонованої методики у порівнянні з аналогічними обчисленнями, виконаними на основі класичної інтервальної арифметики для визначення таких показників, як норматив регулятивного капіталу банку, норматив достатності (адекватності) регулятивного капіталу, норматив миттєвої ліквідності, норматив поточної ліквідності, норматив короткострокової ліквідності, норматив великих кредитних ризиків.*

**Ключові слова:** банківська безпека, нормативи банківської безпеки, інтервальні обчислення.

**Вступ**

В умовах мінливого зовнішнього та внутрішнього середовища країни, з посиленням інтеграційних та глобалізаційних процесів особливої актуальності набувають питання, пов'язані з безпекою банківського сектору. Планування її рівня на подальші періоди можна виконати використовуючи методи інтервальних обчислень.

**Постановка проблеми.** Сучасні методи інтервального аналізу мають достатньо розвинуті засоби для вирішення багатьох задач, але загальний недолік цих методів – широкі інтервали, в яких знаходяться оцінки результату обчислень, що несприятливе не тільки для проведення практичних розрахунків, але і для подальшого аналізу даної моделі. Тому постає завдання вибору схеми розрахунків, яка зменшує інтервал отриманого результату.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для виконання дій з інтервальними числами розроблена система аксіом, яка обґрунтована в роботах [2]. Інтервальне число  $A$  визначають таким чином:  $A = [a, \bar{a}]$ , де  $a$  – ліва границя інтервалу,  $\bar{a}$  – права границя інтервалу, за умови, що  $a < \bar{a}$ . Арифметичні дії з інтервальними числами виконують згідно з наступними правилами:

$$A + B = [a; \bar{a}] + [b; \bar{b}] = [a + b; \bar{a} + \bar{b}]; \quad (1)$$

$$A - B = [a; \bar{a}] + [b; \bar{b}] = [a - \bar{b}; \bar{a} - b]; \quad (2)$$

$$A * B = [a; \bar{a}] * [b; \bar{b}] = [\min\{a \cdot b, a \cdot \bar{b}, \bar{a} \cdot b, \bar{a} \cdot \bar{b}\}, \max\{a \cdot b, a \cdot \bar{b}, \bar{a} \cdot b, \bar{a} \cdot \bar{b}\}]; \quad (3)$$

$$A / B = [a; \bar{a}] / [b; \bar{b}] = [a, \bar{a}] * [1/\bar{b}, 1/b]; \quad 0 \notin b. \quad (4)$$

Система правил (1)...(4) отримала назву системи правил класичної інтервальної математики. Застосування цих правил для використання економічних розрахунків описано в роботах [3, 4]. На основі правил (1)...(4) створено лінійку спеціалізованих програмних калькуляторів, наприклад таких, як описаний в роботі [5].

В роботі [4] наведено структуру, яка отримала назву системи правил нестандартної інтервальної математики. Визначимо

$$M = (I(R), +, -, \times, /, +^-, -^-, \times^-, /^-),$$

де  $I(R) = \{[a^-, a^+] \mid a^- \leq a^+, a^-, a^+ \in R\}$  – множина дійсних інтервалів;  $(+, -, \times, /)$  і  $(+^-, -^-, \times^-, /^-)$  – стандартні і нестандартні інтервальні операції додавання і добутку відповідно дійсним інтервалам

$$A = [a^-, a^+], B = [b^-, b^+].$$

Для програмної реалізації представимо значення інтервальних чисел  $A$  і  $B$  в формі центр-радіуса  $A = \langle a, r_a \rangle$ ,  $B = \langle b, r_b \rangle$ , де

$$a = \frac{a^- + a^+}{2}, \quad r_a = \frac{a^+ - a^-}{2}, \quad b = \frac{b^- + b^+}{2}, \quad r_b = \frac{b^+ - b^-}{2} \quad (5)$$

– центри та радіуси відповідно інтервалів  $A$  і  $B$ .

Нестандартна інтервально-арифметична операція додавання визначається так:

$$A +^- B = \langle a + b, |r_a - r_b| \rangle. \quad (6)$$

Нестандартна інтервально-арифметична операція віднімання визначається так:

$$A -^- B = \langle a - b, |r_a - r_b| \rangle. \quad (7)$$

Нестандартна інтервально-арифметична операція добутку визначається так:

$$A \times^- B = \langle ab - \text{sgn}(ab)r_a r_b, |ar_b - \text{sgn}(ab)br_a| \rangle,$$

якщо

$$\frac{|a|}{r_a} \geq 1, \quad \frac{|b|}{r_b} \geq 1, \quad (8)$$

$$A \times^- B = \langle ab - \text{sgn}(b)ar_b, |br_a - \text{sgn}(b)r_a r_b| \rangle,$$

якщо

$$\frac{|a|}{r_a} < 1, \quad \frac{|a|}{r_a} < \frac{|b|}{r_b}, \quad (9)$$

$$A \times^- B = \langle ab - \text{sgn}(a)br_b, |ar_a - \text{sgn}(a)r_b r_b| \rangle,$$

якщо

$$\frac{b}{r_b} < 1, \quad \frac{|a|}{r_a} \geq \frac{|b|}{r_b}. \quad (10)$$

Нестандартна інтервально-арифметична операція ділення визначається так:

$$A /^- B = \frac{1}{b^2 - r_b^2} \langle ab - \text{sgn}(ab)r_a r_b, |ar_b - \text{sgn}(ab)br_a| \rangle,$$

якщо

$$\frac{|b|}{r_b} > 1, \quad \frac{|a|}{r_a} \geq 1, \quad (11)$$

$$A /^- B = \frac{1}{b^2 - r_b^2} \langle ab - \text{sgn}(b)ar_b, |br_a - \text{sgn}(b)r_a r_b| \rangle,$$

якщо

$$\frac{|b|}{r_b} > 1, \quad \frac{|a|}{r_a} < 1, \quad (12)$$

$$A /^- B = \frac{1}{b^2 - r_b^2} \langle ab - \text{sgn}(a)br_b, |ar_b - \text{sgn}(a)r_a r_b| \rangle,$$

якщо

$$\frac{|b|}{r_b} < 1, \quad \frac{|a|}{r_a} < 1. \quad (13)$$

Перелік показників, які необхідно контролювати, та способи їх визначення наведено в нормативних документах [1, 3].

Норматив регулятивного капіталу банку (Н1), не відкоригований на суму перевищення нормативів Н7 та Н9, розраховується за такою формулою:

$$PK1 = OK + DK - B, \quad (14)$$

де PK1 – регулятивний капітал банку, не відкоригований на суму перевищення нормативів Н7 та Н9;

OK – основний капітал (капітал 1-го рівня);

DK – додатковий капітал (капітал 2-го рівня);

B – відвернення.

Регулятивний капітал банку, відкоригований на суму перевищення нормативів Н7 та Н9, розраховується за такою формулою:

$$PK = PK1 - CпН7(6) - CпН9(7), \quad (15)$$

де PK – регулятивний капітал, береться до розрахунку таких нормативів: достатності (адекватності) регулятивного капіталу;

Норматив достатності (адекватності) регулятивного капіталу (Н2) розраховується за такою формулою:

$$H2 = \frac{PK}{A_p + C_{вп}} \cdot 100\%, \quad (16)$$

де  $A_p$  – активи, зменшені на суму створених відповідних резервів за активними операціями, на суму забезпечення (але не більше ніж сума основного боргу за окремою операцією), кредиту (вкладень у боргові цінні папери), безумовним зобов'язанням або грошовим покриттям у вигляді застави майнових прав;

$C_{вп}$  – сукупна сума відкритої валютної позиції банку за всіма іноземними валютами та банківськими металами.

Норматив (коефіцієнт) співвідношення регулятивного капіталу до сукупних активів (Н3) розраховується за такою формулою:

$$H3 = \frac{PK}{CA} \cdot 100\%, \quad (17)$$

де CA – сукупні активи.

Норматив (коефіцієнт) співвідношення регулятивного капіталу до зобов'язань банку (Н3-1) розраховується за такою формулою:

$$H3 - 1 = \frac{PK}{3} \cdot 100\%, \quad (18)$$

де 3 – зобов'язання банку без урахування: неамортизованих дисконтів та премій; доходів майбутніх періодів; резервів за виданими зобов'язаннями та за іншими операціями за позабалансовими рахунками; валютної позиції; розрахунків між відокремленими підрозділами банку;

Норматив миттєвої ліквідності (Н4) розраховується за такою формулою:

$$H4 = \frac{K_{кр} + K_a}{R_{п} + C_{к}} \cdot 100\%, \quad (19)$$

де  $K_{кр}$  – кошти на кореспондентському рахунку;

$K_a$  – кошти в касі;

$R_{п}$  – поточні рахунки для розрахунку нормативу миттєвої ліквідності;

$C_{к}$  – строкові кошти суб'єктів господарювання, фізичних осіб і небанківських установ, кінцевий строк погашення яких настав.

Норматив поточної ліквідності (Н5), (з кінцевим строком погашення до 31 дня) розраховується за такою формулою:

$$H5 = \frac{A}{Зп} \cdot 100\%, \quad (20)$$

де А – активи банку з кінцевим строком погашення до 31 дня для розрахунку нормативу поточної ліквідності;

Зп – зобов'язання банку з кінцевим строком погашення до 31 дня для розрахунку нормативу поточної ліквідності.

Норматив короткострокової ліквідності (Н6), (з кінцевим строком погашення до 1 року) розраховується за такою формулою:

$$H6 = \frac{Ал}{З1} \cdot 100\%, \quad (21)$$

де Ал – ліквідні активи з кінцевим строком погашення до одного року для розрахунку нормативу короткострокової ліквідності;

З1 – зобов'язання банку з кінцевим строком погашення до одного року для розрахунку нормативу короткострокової ліквідності.

Норматив максимального розміру кредитного ризику на одного контрагента (Н7) або групи пов'язаних контрагентів розраховується за такою формулою

$$H7 = \frac{Зс}{РК1} \cdot 100\%, \quad (22)$$

де Зс – сукупна заборгованість за строковими депозитами, кредитами, факторингом і фінансовим лізингом, векселями, борговими цінними паперами, акціями, дебіторською заборгованістю, простроченими нарахованими доходами, 100 відсотків від суми позабалансових зобов'язань, виданих що до одного контрагента (або групи пов'язаних контрагентів).

Норматив великих кредитних ризиків (Н8) розраховується за такою формулою:

$$H8 = \frac{Зв}{РК}, \quad (23)$$

де Зв – сукупна заборгованість за строковими депозитами, кредитами, факторингом і фінансовим лізингом, векселями, борговими цінними паперами, акціями, дебіторською заборгованістю, простроченими нарахованими доходами, 100 відсотків від суми позабалансових зобов'язань, що враховуються в банку за великими кредитами за всіма контрагентами (або групою пов'язаних контрагентів);

РК – регулятивний капітал банку.

Норматив максимального розміру кредитів, гарантій та поручительств, наданих одному інсайдеру (або групі пов'язаних інсайдерів), розраховується за такою формулою:

$$H9 = \frac{Зін}{СТ} \cdot 100\%, \quad (24)$$

де Зін – сукупна заборгованість за строковими депозитами, кредитами, факторингом та фінансовим лізингом, векселями, борговими цінними паперами, акціями, дебіторською заборгованістю, простроченими нарахованими доходами, 100 відсотків від суми позабалансових зобов'язань щодо одного інсайдера (або групи пов'язаних інсайдерів);

СТ – статутний капітал банку.

Норматив максимального сукупного розміру кредитів, гарантій та поручительств, наданих інсайдерам, розраховується за такою формулою:

$$H10 = \frac{СЗін}{СТ} \cdot 100\%, \quad (25)$$

де СЗін – сукупна заборгованість за строковими депозитами, кредитами, факторингом та фінансовим лізингом, векселями, борговими цінними паперами, акціями, дебіторською заборгованістю, простроченими нарахованими доходами, 100 відсотків від суми позабалансових зобов'язань щодо всіх інсайдерів;

Норматив інвестування в цінні папери окремо за кожною установою розраховується за такою формулою:

$$H11 = \frac{Кін}{СТ} \cdot 100\%, \quad (26)$$

де Кін – кошти банку, що інвестуються на придбання акцій (часток/паїв) окремо за кожною установою.

Норматив інвестування в цінні папери окремо за кожною установою розраховується за такою формулою:

$$H11 = \frac{Кін}{СТ} \cdot 100\%, \quad (26)$$

де Кін – кошти банку, що інвестуються на придбання акцій (часток/паїв) окремо за кожною установою.

Норматив загальної суми інвестування (Н12) розраховується за такою формулою:

$$H12 = \frac{Кін1}{СТ} \cdot 100\%, \quad (27)$$

де Кін1 – кошти банку, що інвестуються з метою придбання акцій (часток/паїв) будь-яких юридичних осіб.

Співвідношення залишків за вкладками фізичних осіб до залишків пасивів банку розраховується за такою формулою:

$$Сп.б. = \frac{Вкл.ф.}{П}, \quad (28)$$

де Вкл.ф. – залишки за вкладками фізичних осіб;

П – пасиви банку без урахування розрахунків між філіями та іншими підвідомчими установами банку.

Співвідношення обсягу операцій довірного управління та сукупних активів банку розраховується за такою формулою:

$$C_d = \frac{C_{\text{дов}}}{CA} \cdot 100\%, \quad (29)$$

де  $C_{\text{дов}}$  – сукупний обсяг операцій довірчого управління банку;

$CA$  – сукупні активи (які включаються до розрахунку нормативу НЗ).

Згідно роботою [1] ширину інтервалу, який визначає число  $A = [\underline{a}, \bar{a}]$ , обчислюють за формулою:

$$\Delta A = \bar{a} - \underline{a}, \quad (30)$$

середину інтервалу визначимо за формулою:

$$m(A) = \frac{1}{2} (\bar{a} + \underline{a}), \quad (31)$$

тоді точність інтервалу визначимо таким чином:

$$\varepsilon_{\text{кл}} = \Delta A / m(A). \quad (32)$$

Для нестандартної інтервальної математики це буде відповідати умові:

$$\varepsilon_{\text{нст}} = r_a / a. \quad (33)$$

Ефективність  $ef$  запропонованого процесу будемо визначати мірою зменшення інтервалу заключного результату, визначеного з використанням нестандартної інтервальної математики у порівнянні з аналогічним, але визначеним з використанням класичної інтервальної математики :

$$ef = (1 - \frac{\varepsilon_{\text{нст}}}{\varepsilon_{\text{кл}}}) 100\%. \quad (34)$$

Наведені розрахунки показують, що використання нестандартної інтервальної математики істотно зужує інтервал існування результату обчислень, тобто ця система більш ефективна, ніж система, побудована на основі класичної інтервальної математики.

Таблиця

Порівняння обчислення нормативів банківської безпеки засобами класичної та нестандартної математики

Назва нормативу	Назва показників	Значення показників	Результати обчислення	
			Класична інтервальна математика	Нестандартна інтервальна математика
Норматив регулятивного капіталу банку (Н1)	ОК ДК В СпН7 СпН9	[123451, 123459] [3451, 3461] [103, 109] [0,4435, 0,44873] [2,777, 2,811]	[126798, 126915]  [126802, 126919]	[126799, 126903]  [126803, 126807]
Норматив достатності (адекватності) регулятивного капіталу (Н2)	РК Ар Свп	[126798, 126915] [571, 579] [652, 657]	[10258,7, 10377,35]	[10309, 10326]
Норматив (коефіцієнт) співвідношення регулятивного капіталу до сукупних активів (Н3)	Рк З	[126798, 126915] [12345, 12349]	[1026,8, 1028,1]	[1027,13, 1027,64]
Норматив миттєвої ліквідності (Н4)	Ккр Ка Рп Ск	[9678, 9699] [12151, 12168] [23788, 23851] [3494, 3499]	[79,813, 80,148]	[79,9, 80,06]
Норматив поточної ліквідності (Н5)	А Зп	[851, 871] [1051, 1072]	[79,384, 82,873]	[80,97, 81,25]
Норматив короткострокової ліквідності (Н6)	Ал З1	[9069, 9125] [10510, 10720]	[84,598, 86,812]	[85,12, 86,29]
Норматив максимального розміру кредитного ризику на одного контрагента (Н7)	Зс РК1	[563, 569] [126802, 126919]	[0,4435, 0,45873]	[0,44, 0,45]
Норматив великих кредитних ризиків (Н8)	Зв РК	[3485, 3492] [126798, 126915]	[0,02745, 0,02753]	[0,027485, 0,027517]
Норматив максимального розміру кредитів, гарантій та поручительств, наданих одному інсайдеру (Н9)	Зін СТ	[343, 347] [12345, 12349]	[2,777, 2,84]	[2,78, 2,83]
Норматив максимального сукупного розміру кредитів, гарантій та поручительств, наданих інсайдерам (Н10)	СЗін СТ	[3429, 3456] [123451, 123471]	[2,7771703, 2799491]	[2,78, 2,80]
Норматив інвестування в цінні папери окремо за кожною установою (Н11)	Кін СТ	[32457, 32489] [123451, 123471]	[26,2871, 26,317]	[26,29, 26,31]
Норматив загальної суми інвестування (Н12)	Кін1 СТ	[43895, 43916] [123451, 123471]	[32,892, 35,57]	[35,56, 35,57]

Результати розрахунків, виконаних згідно умов (30)...(34) показали, що правила нестандартної інтервальної математики мають ефективність на 12%–90% більше, ніж обчислення, виконані згідно з умовами класичною інтервальної математики.

### Висновки

1. Для зменшення інтервалу заключного результату виконання фінансових розрахунків запропоновано використовувати правила нестандартної інтервальної математики.

2. Показано, що правила нестандартної інтервальної математики надають можливість отримати заключний інтервал на 12 – 90 відсотків меншим, ніж аналогічний, але визначений згідно з правилами класичної інтервальної математики.

### Література

1. Про схвалення Змін до Методики розрахунку економічних нормативів регулювання діяльності банків в Україні [Текст]: Постанова Національного банку України від 30. 10. 2013 р. № 430.

2. Алефельд, Г. Введение в интервальные вычисления [Текст] : пер. с нем. / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. – М. : Мир, 1987. – 259 с.

3. Контроль: інспектування, аудит, банківський нагляд [Текст] : монографія / В. С. Стельмах, А. О. Єпіфанов, І. В. Сало, М. А. Єпіфанова. – Суми : ВТД "Університетська книга", 2006. – 432 с.

4. Жуковская, О. А. Исследование нестандартных интервальных арифметических операций [Текст] / О. А. Жуковская // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2005. – № 2. – С. 106-116.

*Надійшла до редакції 17.02.2014, розглянута на редколегії 24.03.2014*

**Рецензент:** д-р техн. наук., проф. В. О. Тимофеев, Харківський Національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЛАНИРОВАНИЯ НОРМАТИВОВ БАНКОВСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДСТВАМИ КЛАССИЧЕСКОЙ И НЕСТАНДАРТНОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ АРИФМЕТИКИ

*В. Ю. Дубницкий, А. М. Кобылин*

Предложено для уменьшения неопределенности в процессе планирования нормативов банковской безопасности использовать правила нестандартной интервальной арифметики. Выполнены примеры расчета показателей согласно правилам классической и нестандартной интервальной арифметики. Мерой эффективности расчетов избрана ширина заключительного результата вычислений. Показана эффективность предложенной методики в сравнении с аналогичными вычислениями, выполненными на основе классической интервальной арифметики для определения таких показателей, как норматив регулятивного капитала банка, норматив достаточности (адекватности) регулятивного капитала, норматив мгновенной ликвидности, норматив текущей ликвидности, норматив краткосрочной ликвидности, норматив больших кредитных рисков.

**Ключевые слова:** банковская безопасность, нормативы банковской безопасности, интервальные вычисления.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF RESULTS OF PLANNING OF NORMS OF BANK SAFETY BY FACILITIES OF CLASSIC AND NON-STANDARD INTERVAL ARITHMETIC

*V. Yu. Dubnickiy, A. M. Kobylin*

Application of rules of non-standard interval arithmetic suggested diminishing vagueness in the process of planning of bank safety norms. The width of final calculation results is chosen as calculation efficiency measure. Efficiency of the suggested method shown as compared to those performed on the basis classic interval arithmetic in determination of such indices as bank regulatory capital rate, regulatory capital sufficiency/adequacy rate, instant liquidity rate, current liquidity rate, short-term liquidity rate, high credit risk rate.

**Key words:** bank safety, norms of bank safety, interval calculations.

**Дубницький Валерій Юрійович** – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, завідувач науково-дослідної лабораторії, Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ, e-mail: valeriy\_dubn@mail.ru.

**Кобилін Анатолій Михайлович** – канд. техн. наук, доцент, Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ.