

*О. П. Степаненко, канд. екон. наук, ДВНЗ “Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана”*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ**

*У статті розглядаються підходи до моделювання банківської діяльності, виділяються ключові процеси та фактори впливу на стан та розвиток банківської системи, подається модель банківської системи, що адекватно описує процеси її функціонування й дозволяє приймати ефективні рішення щодо управління процесами її діяльності й розвитку.*

*Ключові слова: модель, банківська система, банк, управління.*

**Постановка проблеми.** У сучасних економічних умовах зростає вплив досягнень наукової та практичної думки в усіх галузях економіки та бізнесу, про що свідчать численні публікації як в Україні, так і в усьому світі [15; 20; 21]. Не є винятком і банківський сектор, де в останні роки починають широко використовуватись економіко-математичні методи та моделі, які дозволяють систематизувати знання і досвід, накопичений аналітиками й практичними працівниками банківської сфери; досліджувати властивості об'єктів банківської системи; прогнозувати напрями розвитку окремих банків і банківської системи в цілому; підтримувати процеси прийняття рішень щодо управління банківською діяльністю тощо.

Так, на сьогодні достатньо ефективно розроблені підходи до вирішення таких проблем у банківській сфері: управління банківськими ризиками [5; 13; 14]; моделювання кризових явищ у банківській системі [9; 12]; моделювання процесів взаємодії банку з клієнтами [7; 11]; дослідження окремих процесів, що відбуваються в банківській сфері, за допомогою задач оптимізації окремих видів банківської діяльності [2; 6].

Можна побачити, що зазначені моделі та методи спрямовані на вирішення окремих задач банківської діяльності й не дозволяють розглянути банківську систему як цілісну систему, яка функціонує в глобальному середовищі, що динамічно змінюється, й на розвиток якої впливають багато як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. Тому виявляється актуальним побудувати модель банківської системи, що дозволить дослідити особливості її функціонування й розвитку, визначити фактори, що впливають на банківську систему, та встановити зв'язки між ними.

**Метою статті** є розроблення економіко-математичної моделі банківської системи України, що адекватно описує процеси її функціонування й дозволяє приймати ефективні рішення щодо управління процесами її діяльності й розвитку.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо більш детально підходи до моделювання банківської діяльності, що використовуються сучасними науковцями й дослідниками.

У прикладних моделях цілісної економіки банківський сектор не виділяється як окремий об'єкт дослідження, а його функції розподіляються між іншими агентами [6].

У макромоделях специфіка банківської діяльності найчастіше враховується за допомогою мультиплікаторів, які описують вплив монетарної політики на кредитно-грошову систему [4].

У [17] здійснюється опис фінансового сектору як окремого агента, поведінка якого подається за допомогою макроекономічної моделі IS-LM феноменологічними функціями попиту та пропозиції.

У [18] банки, як окремі агенти, розглядаються в моделі загальної економічної рівноваги, що є більш перспективним напрямом моделювання процесів функціонування та розвитку банківської системи, ніж попередні підходи. За цього підходу здійснюється математичний опис мети банківської діяльності, тобто формулюються задачі банку, а в опис інших, наявних у моделі агентів, вводяться додаткові інструменти типу кредитів і депозитів. Крім цього, в моделі може здійснюватись опис діяльності центрального банку. Більш детально даний підхід описується в моделях загальної рівноваги CGE [16]. Істотним недоліком цього підходу є припущення про існування рівноваги або дослідження його загальних властивостей.

Прикладна модель міжчасової рівноваги, де банк описується як самостійний агент, була запропонована в [3]. Але в цих роботах банк було описано достатньо схематично, тому траєкторія спостереження фінансових показників відтворювалась менш точно, ніж траєкторія показників реального сектору.

У роботі пропонується динамічна модель банківської системи, що визначає попит банківської системи на депозити, пропозиції щодо кредитів, залежно від поточного стану самої банківської системи, а також від зовнішніх факторів: поточних економічних задач держави, фази розвитку економіки, політичних факторів, впливу іноземного капіталу, міжбанківської конкуренції та інших.

Вітчизняна банківська система є дворівневою й складається з Національного банку України та комерційних банків.

Для аналізу банківської системи будемо використовувати такі категорії об'єктів: Національний банк України ( $NBU$ ); кредитні комерційні організації-резиденти, або банки ( $B$ ); державні та некомерційні організації-резиденти ( $G$ ), юридичні особи-резиденти ( $J$ ); фізичні особи ( $F$ ); агенти-нерезиденти ( $NR$ ).

Кожен елемент банківської системи України має свої властивості, що можуть бути описані за допомогою параметрів, які пов'язані з основними напрямками їхньої діяльності. Відповідно до виділених об'єктів банківської системи можна визначити такі параметри, що визначають результати її діяльності.

*Активи:* обов'язкові резерви в НБУ ( $P_{NBU}$ ), кореспондентські рахунки в НБУ ( $KR_{NBU}$ ), депозити в НБУ ( $D_{NBU}$ ), вклади з цінних паперів ( $V$ ), державні

кредити ( $C_G$ ), міжбанківські кредити ( $IC$ ), кредити юридичним особам ( $C_J$ ), кредити фізичним особам ( $C_F$ ), кредити нерезидентам ( $C_{NR}$ ), закордонні кореспондентські рахунки ( $ZKR_{NR}$ ), готівкові кошти ( $M$ ).

*Пасиви:* позики в НБУ ( $L_{NBU}$ ), випущені облігації й векселі ( $OV$ ), державні розрахункові рахунки ( $R_G$ ), міжбанківські кредити ( $DC$ ), розрахункові рахунки юридичних осіб ( $R_J$ ), розрахункові рахунки фізичні осіб ( $R_F$ ), розрахункові рахунки нерезидентів ( $R_{NR}$ ), депозити юридичних осіб ( $D_J$ ), депозити фізичних осіб ( $D_F$ ), депозити нерезидентів ( $D_{NR}$ ), випущені акції ( $A$ ), власні кошти ( $O$ ).

Згідно з рішенням комісії НБУ з питань нагляду і регулювання діяльності банків від 30.12.2010 № 868 розподіл банків на групи відповідно до розміру активів банків на 2011 рік здійснюється таким чином. Група I – активи більше 14 000 млн. грн.; група II – активи більше 4 500 млн. грн.; група III – активи більше 2 000 млн. грн.; група IV – активи менше 2 000 млн. грн. За цим групуванням банків за розміром активів до першої групи належать 17 банків, до другої – 22, до третьої – 21, до четвертої – 115 [10].

В [1] показано, що банківська система діє як єдина цілісна система незалежно від її складу, а найбільший вплив на її поведінку здійснюють банки, що належать до першої групи згідно з розподілом банків за розмірами активів.

З метою моделювання діяльності банківської системи зведемо окремі з визначених показників банківської діяльності до таких інтегрованих показників: показник ліквідності  $L$  ( $L = M + KR_{NBU} + ZKR_{NR}$ ); розрахункові рахунки організацій  $R$  ( $R = R_G + R_J + R_F + R_{NR}$ ); позики  $C$  ( $C = C_J + C_F + C_{NR}$ ); депозити  $D$  ( $D = D_J + D_F + D_{NR}$ ); власний капітал  $K$  ( $K = O + A + OV - V - C_G + R_{NR} + L_{NBU} + DC - IC$ ).

Відомо, що банки повинні вкладати певну частину залучених коштів в НБУ на безпроцентний рахунок фонду обов'язкових резервів  $P_{NBU}$ . Якщо домінують залучені кошти із зовнішніх джерел, частина з них вкладається у фонд обов'язкових резервів, а інша частина видається клієнтам у вигляді кредитів. За таких умов банківська система є відкритою системою й справедливим буде таке співвідношення:

$$C + D_{NBU} + P_{NBU} \cong D + R. \quad (1)$$

Якщо домінуючим є механізм кредитної емісії, тоді банки повинні заздалегідь накопичувати кошти для вкладень у фонд обов'язкових резервів. За таких умов банківська система є закритою системою й справедливим буде таке співвідношення:

$$C + D_{NBU} \cong D + R. \quad (2)$$

Зазначимо, що елементи наведених співвідношень (1), (2) складаються з нестационарних рядів, які змінюються з різними середніми темпами. Але різниці правих і лівих частин цих співвідношень виявляються стаціонарними, що підтверджується за допомогою тесту Дікі – Фуллера [19].

Позначимо через  $H(t)$  потоки виданих кредитів, через  $H\check{y}(t)$  – потоки повернення кредитів, через  $Y(t)$  – потоки залучених коштів, через  $Y\check{y}(t)$  – потоки вилучення депозитів. Тоді динаміка кредитів і депозитів може бути такими співвідношеннями:

$$C(t) = C(t-1) + H(t) - H\check{y}(t), \quad D(t) = D(t-1) + Y(t) - Y\check{y}(t). \quad (3)$$

Коли банк видає кредит, виникає потреба в ліквідних активах, оскільки клієнт буде витратити гроші, отримані в кредит, на свої потреби. Також потреба в ліквідних активах виникає, коли банк повертає кредит. Тоді потребу в ліквідних коштах можна описати таким чином:

$$L(t) = \alpha_c H(t) + \alpha_D Y\check{y}(t), \quad (4)$$

де  $\alpha_c$   $\alpha_D$  – позитивні змінні, що характеризують період обігу грошей у відповідному сегменті платіжної системи.

Потоки неповернення кредитів і депозитів можна оцінити як

$$H\check{y}(t) = \tau_c(t)C(t), \quad Y\check{y}(t) = \tau_D(t)D(t), \quad (5)$$

де  $\tau_c$   $\tau_D$  – середні значення обернених величин термінів, на які видаються кредити та залучаються депозити.

Якщо підставити (5) в (3), отримаємо:

$$L(t) = \alpha_c (C(t) - C(t-1) + \tau_c(t)C(t)) + \alpha_D \tau_D(t)D(t). \quad (6)$$

Отже, модель (6) являє собою модель динаміки ліквідних активів.

Оскільки вітчизняна банківська система є відкритою системою [9], будемо розглядати модель банківської системи як модель одного банку з багатьох.

Розглянемо банк, що на момент часу  $t$  залучив депозити  $D(t)$  і видав позики  $C(t)$ . Середні терміни, на які залучаються депозити й видаються кредити (дюрації), позначимо  $1/\tau_D(t)$  і  $1/\tau_c(t)$  відповідно.

Тоді процес зміни позик буде описуватися співвідношенням:

$$\frac{d}{dt} C(t) = H(t) - \tau_c C(t), \quad (7)$$

а процес зміни депозитів (залишків) співвідношенням:

$$\frac{d}{dt} D(t) = Y(t) - \tau_D D(t). \quad (8)$$

Нехай  $p_C(t)$  – ефективна відсоткова ставка за кредитами, а  $p_D(t)$  – ефективна відсоткова ставка за депозитами. Тоді за виданими кредитами банк отримує відсоткові платежі у розмірі  $p_C(t)C(t)$ , а за залучені кошти сплачує відсотки у розмірі  $p_D(t)D(t)$ .

Окрім депозитів,  $D(t)$  банк залучає кошти у вигляді безвідсоткових залишків  $R(t)$ . Для величини цих залишків немає такого регулятора величини, як відсоток, тому в цьому випадку банк повинен орієнтуватися на пропозиції з боку клієнтів. Тому цю величину будемо вважати заданою екзогенно, як відомому банку пропозицію за залишками розрахункових рахунків  $R_r(t)$ .

Залучені кошти  $(D(t) + R_r(t))$  банк повинен резервувати в НБУ. Нехай  $N(t)$  – норма резервування, тоді  $P_{NBU}(t) = N(t)(D(t) + R_r(t))$ .

Окрім обов'язкових резервів,  $P_{NBU}(t)$  банк вносить до НБУ кошти  $D_{NBU}(t)$  під відсоток  $p_C(t)$ ,  $D_{NBU}(t) > 0$ . Депозити в НБУ є короткостроковими, тому їх дюрацію враховувати недоцільно.

Розглядаючи власний капітал  $K$  як певне інституціональне обмеження на пропозицію позик, введемо в модель наступне обмеження на діяльність банку:

$$C(t) + D_{NBU}(t) + N(t)(D(t) + R_r(t)) < D(t) + R_r(t). \quad (9)$$

Ліквідні активи банку  $L(t)$  збільшуються при отриманні відсотків  $p_C(t)C(t)$ ,  $p_D(t)D_{NBU}(t)$ , вкладів  $Y(t)$ , приросту залишків  $R(t)$ , повернення позик  $\tau_c C(t)$ , а зменшуються при видачі кредитів  $H(t)$ , сплаті відсотків  $p_D(t)D(t)$ , поверненні депозитів  $\tau_D D(t)$ , вкладанні коштів у НБУ  $\frac{d}{dt}D_{NBU}(t)$ , а також за рахунок коштів  $Z(t)$ , що виводяться за межі власне банківської діяльності.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}L(t) = & p_C(t)C(t) + \tau_c C(t) - H(t) - p_D(t)D_{NBU}(t) - \tau_D D(t) + \\ & + \frac{d}{dt}R(t) - \frac{d}{dt}D_{NBU}(t) + p_D(t)D_{NBU}(t) - Z(t). \end{aligned} \quad (10)$$

Потік  $Z(t)$  складається з дивідендів власникам, податкових платежів, інвестицій в основні фонди, операційних витрат. Оскільки складові потоку  $Z(t)$  не пов'язані напряму з активами і пасивами банку, будемо розглядати потік  $Z(t)$  як прибуток від банківської діяльності, яку банк намагається максимізувати. При цьому обмеження потреби банку в ліквідності буде мати вигляд:

$$\frac{d}{dt}L(t) \downarrow \frac{L(t) - \alpha_D \tau_D D(t)}{\alpha_C}. \quad (11)$$

Змінні  $Z(t), D(t), C(t), L(t), H(t), Y(t), D_{NBU}(t)$  будуть визначати управлінські впливи на стан та розвиток банківської системи.

Згідно з принципом раціональних очікувань, що лежить в основі моделей міжчасової рівноваги, при плануванні управлінських змінних банк може розраховувати на точний прогноз інформаційних змінних:  $N(t), p_C(t), p_D(t), \tau_C(t), \tau_D(t), R_r(t)$ .

У результаті вибір планованих змінних банку буде залежати від пропозиції ним кредитів, а також від його попиту на залучені й ліквідні кошти як функції від поточних і майбутніх значень інформаційних змінних.

Отже, задача про раціональну поведінку банку матиме такий вигляд:

$$Z(t) \rightarrow \max, \quad (12)$$

за обмежень (7)–(11) на деякому інтервалі  $[t_0, t_1]$ , заданих у початковий момент значеннях фазових змінних  $D(t_0), C(t_0), L(t_0)$  і заданих траєкторіях зміни екзогенних величин  $N(t), p_C(t), p_D(t), \tau_C(t), \tau_D(t), R_r(t)$ .

Для того, щоб задача (12) мала розв'язок, обмеження (7)–(11) потрібно доповнити термінальними умовами, які, як показано в [8], можна задавати як умови зростання деякої лінійної форми фазових змінних:

$$\begin{aligned} & (a(C(t_0))C(t_0) + b(D(t_0))D(t_0) + L(t_0))e^{\Delta(t_1-t_0)} < \\ & < a(C(t_1))C(t_1) + b(D(t_1))D(t_1) + L(t_1), \end{aligned} \quad (13)$$

де коефіцієнти уточнюються в процесі розв'язання задачі.

Зазначимо, що вибір границь інтервалу планування й вид термінальних умов (13) не впливають на вид розв'язку.

Задача (12) за обмежень (7)–(11), (13) належить до класу складних задач оптимального управління. Це нелінійна автономна задача зі змішаними обмеженнями. Підходи до розв'язання такого класу задач детально описані в [3; 8].

Отже, в результаті проведеного дослідження було побудовано динамічну модель банківської системи, що визначає попит банківської системи на депозити, пропозиції щодо кредитів, залежно від поточного стану самої банківської системи, а також від зовнішніх факторів: поточних економічних задач держави, фази розвитку економіки, політичних факторів, впливу іноземного капіталу, міжбанківської конкуренції та інших.

**Висновки.** Існуючі на сьогодні економіко-математичні методи та моделі певною мірою дозволяють досліджувати окремі проблеми та динаміку розвитку складних динамічних систем, забезпечують розгляд множини альтернативних рішень, кожне з яких описується достатньо великою кількістю змінних, дозволяє враховувати різноманітні ризики, приймати ефективні рішення за умов обмеженого часу й інших ресурсів. Розроблення повномасштабних і точних математичних моделей для такого класу систем

не завжди є можливим внаслідок складності й невизначеності поведінки об'єктів таких систем. Тому видається доцільним виділяти найбільш впливові фактори й на їх основі створювати моделі, які будуть відтворювати поведінку реальної системи із заданим ступенем точності.

У даній роботі було проаналізовано підходи щодо моделювання процесів управління та розвитку банківської системи; виділено ключові процеси та фактори впливу на стан та розвиток банківської системи; розроблено модель банківської системи, що адекватно описує процеси її функціонування й дозволяє приймати ефективні рішення щодо управління процесами її діяльності й розвитку.

Отримані в процесі дослідження результати сприятимуть отриманню найбільш імовірних і доцільних напрямів розвитку динамічних процесів, що відбуваються в банківській системі, їх стійкості та інших бажаних і небажаних властивостях щодо підтримки прийняття управлінських рішень і можуть бути рекомендовані до застосування практикам і аналітикам банківської сфери.

### **Список літератури**

1. Андреев, М. Ю. Моделирование деятельности современной российской банковской системы / М. Ю. Андреев, И. П. Пильник, И. Г. Поспелов // Электронный ресурс. – Режим доступа : [www.hse.ru/org/persons/65367](http://www.hse.ru/org/persons/65367).
2. Андреев, М. Ю. Модель управления ликвидностью банка при случайно колеблющихся ставках процентов / М. Ю. Андреев, И. Г. Поспелов // Электронный ресурс. – Режим доступа : <http://www.mathnet.ru/links/7199700d5816c666191f0005a5eb7d06/mm240.pdf>.
3. Андреев, М. Ю. Технология моделирования экономики и модель современной экономики России / М. Ю. Андреев, И. Г. Поспелов, И. И. Поспелова, М. А. Хохлов. – М. : МИФИ, 2007. – 262 с.
4. Замковой, С. В. Моделирование динамики банковской системы и финансовых рынков [Текст] / С. В. Замковой // Банковское дело. – М. –2002. – № 7.
5. Кишакевич, Б. Ю. Проблема вибору мір ризику в контексті світової фінансової кризи [Текст] / Б. Ю. Кишакевич // Науковий вісник національного лісотехнічного університету України : збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20(2). – С. 178–186.
6. Матвійчук, А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки [Текст] : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 206 с.
7. Митрохин, В. В. Качество банковских услуг как фактор повышения конкурентоспособности кредитной организации [Электронный ресурс] / В. В. Митрохин, О. П. Федоткина. – Режим доступа : [www.mgus.ru/files/electronic\\_journal/number22/10.doc](http://www.mgus.ru/files/electronic_journal/number22/10.doc).
8. Пильник, Н. П. О естественных терминальных условиях в моделях межвременного равновесия [Текст] / Н. П. Пильник, И. Г. Поспелов // Экономический журнал ВШЭ. – М. – 2007. – № 1. – Т. 11. – С. 3–33.
9. Рамазанов, С. К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами [Текст] / С. К. Рамазанов, Г. О. Надьон, Н. І. Кришталь, О. П. Степаненко та ін. ; під ред. проф. С. К. Рамазанова. – Луганськ ; Київ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
10. Рішення Комісії з питань нагляду та регулювання діяльності банків НБУ від 30.12.2010 № 868 “Про розподіл банків на групи” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=vr868500-100>.

11. Родченко, В. Б. Предпосылки совершенствования качества менеджмента банковских услуг путем стандартизации приемов работы с клиентами [Электронный ресурс] / В. Б. Родченко, С. С. Родченко. – Режим доступа : [http://eprints.kname.edu.ua/3613/1/151-157\\_РОДЧЕНКО\\_В.Б..pdf](http://eprints.kname.edu.ua/3613/1/151-157_РОДЧЕНКО_В.Б..pdf).
12. Степаненко, О. П. Антикризисне регулювання банківської системи України [Текст] / О. П. Степаненко // Науковий вісник Київського університету технологій та дизайну. – К. : КНУТД. – 2010. – Вип. 5(55). – С. 142–147.
13. Степаненко, О. П. Моделювання ризиків банківської системи на макроекономічному рівні [Текст] // Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. Фінансовий ринок. – Вид-во Університету банківської справи НБУ. – Львів : УАБС НБУ. – 2010. – Вип. 1(81). – С. 290–299.
14. Степаненко, О. П. Система управління ризиками в банківському секторі України [Текст] / О. П. Степаненко // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах. Труды Международной научной школы МА БР-2011. – СПб. : ГУАП, 2011. – С. 223–230.
15. Тосунян, Г. А. Банкизация России: право, экономика, политика [Текст] / Г. А. Тосунян. – М. : ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2008. – 400 с.
16. Diaz-Gimenez, J. Banking in Computable General Equilibrium Economies [Text] / J. Diaz-Gimenez. Federal Reserve Bank of Minneapolis. Research Department Staff Report 153, 1992.
17. Fair, R. C. The U.S. Macroeconometric Model / R. C. Fair [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://fairmodel.econ.yale.edu/wrkbook/wb.htm#0>.
18. Florenzano, M., Kanellopoulou, S., Vailakis, Y. Equilibrium of Incomplete Markets With Money and Intermediate Banking System. Centre d’Economie de la Sorbonne (CES), 2006 / M. Florenzano [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mse.univ-paris1.fr/Publicat.htm>.
19. Greene, W. H. Econometric Analysis [Text]. – 5th ed. Prentice Hall, 2003.
20. Stepanenko, O. P. Innowacyjne technologie zaradzania antykrzysowego / S. K. Ramazanow, L. W. Levasheva, O. P. Stepanenko, L. A. Tymaszowa, J. J. Zakrewski ; Pod red. prof. S. K. Ramazanowa. – Warszawa ; Lugansk ; Kijow : Reznikov V.S., 2011. – 368 s.
21. Stepanenko, O. Perspective Directions of the Banking System’s Stabilization [Text] / O. Stepanenko // Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami. – 2010. Materiały VI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Przemysl : Nauka I studia, 2010. – P. 20–23.

Отримано 13.12.2011

### *Summary*

The approaches to modeling of banking functioning are considered in the article; the banking system’s high-powered process and factors are allocated; the model of the banking system which adequately describes the process of its functioning and supporting the decision making of its control and development is given out.

Степаненко, О. П. Моделювання діяльності банківської системи [Текст] / О. П. Степаненко // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України : зб. наук. праць / Державний вищий навчальний заклад "Українська академія банківської справи Національного банку України". – Суми. - 2011. – Вип. 33. - С. 198-206.