

2. *Hamm, Steve* «Cloud computing's big bang for business», *Business Week*. — 2009. — June 15. — P. 42—44.

3. *Thomas L. Saaty*. How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process (AHP). Part 1. Examples and Applications // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2002. — № 1. — С. 95—108.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2012 р.

УДК 330:51(075) + 519.86

Ю.В. Коляда, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
А.О. Харламов, аспір. кафедри економ.-мат. моделювання,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

АДАПТИВНА МОДЕЛЬ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ

АНОТАЦІЯ. *Наявні в літературі математичні моделі економічної динаміки розподілено на 3 групи, дотримуючись принципу вкладених відрізків — кожна наступна охоплює попередню. Співставляються результати моделювання з використанням моделей кожної групи, аналіз яких сприяє формуванню нових вимог для дієвого прогнозування.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *банківський механізм, адаптивна точкова модель, нелінійна динаміка, комп'ютерне дослідження.*

АННОТАЦИЯ. *Имеющиеся в литературе математические модели экономической динамики распределены на 3 группы, придерживаясь принципа вложенных отрезков — каждая следующая охватывает предыдущую. В статье сопоставляются результаты моделирования с использованием моделей каждой группы, анализ которых способствует формированию новых требований для действенного прогнозирования.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *банковский механизм, адаптивная точечная модель, нелинейная динамика, компьютерное исследование.*

ANNOTATION. *In this paper, adaptive models (systems of first-order nonlinear ordinary differential equations) are proposed. Mathematical models of economic dynamics divided into 3 groups based on sequence of nested intervals. The results of computer simulation of each group are compared. The analysis of these results helps in creation of new requirements for effective forecasting.*

KEYWORDS: *banking mechanism, point model, nonlinear dynamics, computer analysis.*

Вступ. Основні проблеми діяльності комерційного банку як нелінійної динамічної системи розглянуто в працях [7, 8]. В них приділяється велика увага результатам математичного моделювання динаміки функціонування банку. Саме на цьому підґрунті будуються: а) сценарії розвитку подій з плином часу — має місце горизонт прогнозування для тих чи інших умов; б) фазові портрети, що відображають взаємозалежності між складовими елементами банківського механізму у числовому вимірі; в) структурний і параметричний портрети математичної моделі банку, які відображають графічно якісну поведінку складових банківського механізму залежно від коефіцієнтів моделі.

Для глибшого розуміння сутності банку необхідно систематизувати наявні моделі, здійснити різностороннє комп'ютерне їх дослідження.

Аксіомою адекватності моделювання є вимога адаптивного (гнучкого) використання наявних засобів та інструментарію, що вимагає побудови відповідних математичних моделей, досягаючи ефективних раціональних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно у дослідженні банківської діяльності превалюють методи економетричного моделювання [6]. Відома незначна кількість робіт, у яких увага приділяється проблемам математичного моделювання банку [2, 5]. Слід зауважити, що математичний опис функціонування банківського механізму й апріорне пізнання його можливостей є досить перспективним, могутнім засобом [9].

Серед відомих моделей, які описують діяльність банку є модель банку Р. Портера (R.C. Porter), в якій автор застосовує теорію фірми. Але модель має більше теоретичне значення, ніж практичне, для прийняття конкретних управлінських рішень банку. Розвитком моделі Портера і портфельної теорії Марковіца для банків можна вважати модель Кейна і Молкіла (Kane, Malkiel). І хоча модель має ряд переваг, вона не враховує структуру пасивів, управління власним капіталом та є статичною [10].

Модель, запропонована Сілі (C.W. Sealey), представляє собою математичне розв'язання моделі одночасного управління активами і пасивами банку з метою максимізації прибутку. Недоліком даної моделі є відсутність управління власним капіталом і спрощений підхід до розміру банку. Дана модель також є статичною.

Вимоги до комплексного підходу при моделюванні банку сформував Балтенспергер (E. Baltensperger): відношення та структура активів і пасивів; величина власного капіталу бан-

ку. Цим вимогам у більшій мірі відповідає модель російських спеціалістів Н. Єгорової і А. Смулової, в основу якої покладено принцип «позитивного зворотного зв'язку між поточними результатами діяльності банку і власним капіталом (ресурсами) наступного періоду». Але також модель має ряд недоліків, серед яких є залежність величини залучених коштів від процентної ставки, відсутність можливості керувати процентною ставкою і має переважно теоретичний характер, не враховуючи динаміки функціонування банківської установи в цілому [10].

З розвитком інформаційних технологій виникли імітаційні моделі діяльності банку, прикладом яких є стратегічна банківська ділова гра UBS-IV «Управління банком». Об'єктом моделювання виступає банк з повним асортиментом послуг. Модель може бути використана в якості тренажеру прийняття управлінських рішень при підготовці спеціалістів банку. Однак модель не має можливості інтеграції в інформаційну систему банку, тому експерименти на основі даних діючого банку неможливі, як і неможливе введення актуальних даних чи прогнозних макроекономічних показників зовнішнього середовища банку.

Також для моделювання банку використовуються моделі на основі нечіткої логіки, наприклад модель оптимізації чисельності працівників підрозділів комерційного банку [10, с. 30]. Модель дозволяє визначити завантаженість банківських співробітників. Недоліком даної моделі є вузьке її спрямування.

Таким чином, основу математичних моделей банку складають детерміновані, стохастичні моделі та моделі на основі теорії нечітких множин. Саме симбіоз підходів і врахування нелінійного характеру динаміки банку дозволить побудувати найбільш адекватну модель діяльності банківської установи.

Постановка проблеми. Усі відомі моделі діяльності банків не описують у повній мірі об'єкт моделювання. Кожна з них має вузьке спрямування та носить переважно теоретичний характер. Побудова максимально повної за типами операцій, функціями моделі, використання системного підходу до моделювання — основна задача математичного моделювання діяльності банків.

Метою статті є побудова сімейства нелінійних адаптивних динамічних моделей комерційного банку, виокремлення основних класів математичних моделей та їх якісне і кількісне дослідження.

Виклад основного матеріалу. Розглядаючи банківський механізм як нелінійну динамічну систему із змінними x_1 (описує обсяг кредитно-інвестиційного портфелю комерційного банку), x_2 (обсяг депозитного портфелю банку), x_3 (фінансовий результат банку), модель банку описується системою нелінійних звичайних диференціальних рівнянь:

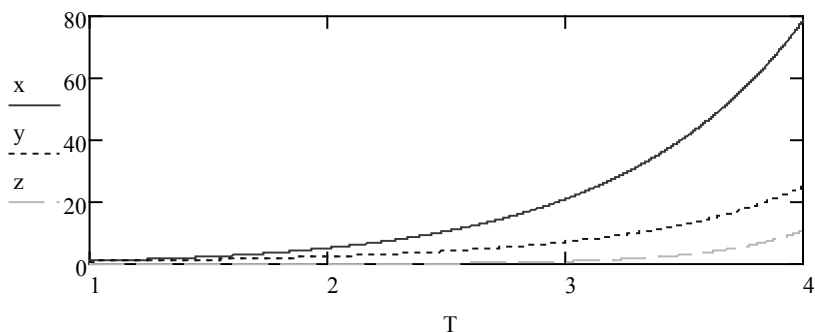
$$\frac{dx_j(t)}{dt} = f_j(x_1(t), x_2(t), x_3(t)), \quad j = \overline{1,3} \quad (1)$$

з початковими умовами $x_j(t_0) = x_{j0}$, тобто має місце задача Коші, де права частина $f_j(\cdot)$ відтворює взаємозв'язки і взаємовпливи між складовими банку.

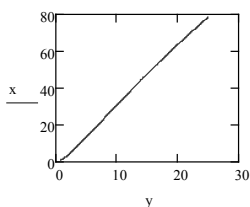
Сукупність відомих на сьогодні моделей банківського механізму розбивається на три групи. До *першої групи* відносяться математичні моделі з однією нелінійністю, наприклад:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_6x(t)y(t) \end{cases} \quad (2)$$

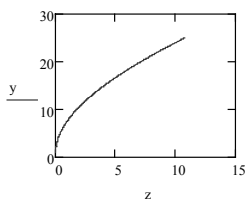
Графічне відображення результатів кількісного вивчення математичної моделі (2) приводиться на рис. 1, де а) — інтегральні криві, які засвідчують розвиток характеристик банківської діяльності з плином часу, б) — взаємозалежність між кредитно-інвестиційним і депозитним портфелем банку, в) — взаємозалежність між депозитним портфелем і фінансовим результатом, г) — взаємозалежність між кредитно-інвестиційним портфелем і фінансовим результатом банку.



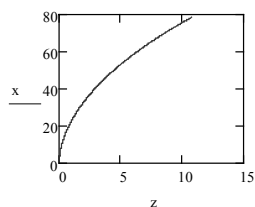
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Результати комп'ютерного моделювання моделі (2)

Зауваження. У всіх нелінійних моделях економічної динаміки використано білінійний закон взаємодії, хоча значно ймовірно, що він має бути більш нелінійним.

Графіки динаміки характеризують залежність зростання фінансових результатів банку від накопичення кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів банку. Ключову роль у зростанні фінансового результату грає кредитно-депозитна ефективність банку.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_7x(t)z(t) \end{cases} \quad (3)$$

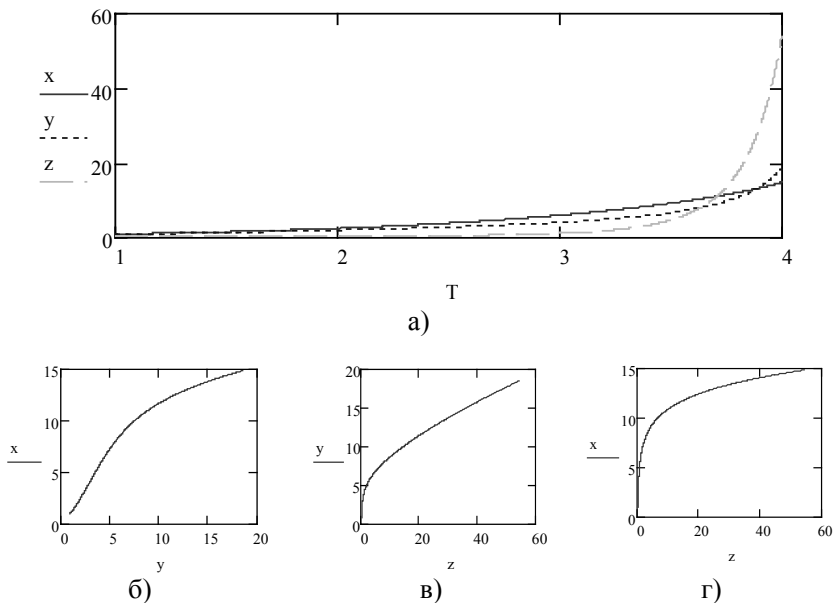
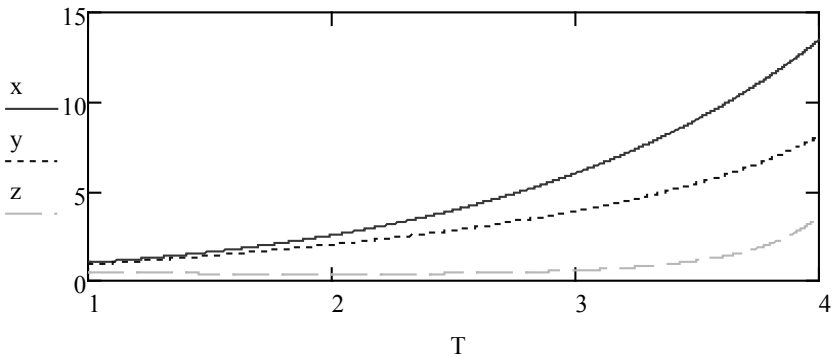


Рис. 2. Результати комп'ютерного моделювання моделі (3)

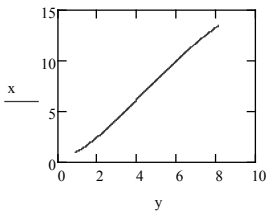
У математичній моделі (3) накопичення фінансового результату підсилено ефективністю кредитно-інвестиційного портфелю. Очевидним з рис. 2 є те, що фінансовий результат є більш чутливим до ефективності даного показника, ніж до кредитно-депозитного ефекту моделі (2). Інтегральні криві (рис. 2а) показують, що до певного моменту часу, накопичення кредитно-інвестиційного і депозитного портфелів не мають впливу на фінансовий результат, однак з моменту часу $t=3$ починається стрімке зростання результуючого показника банку.

Показник ефективності депозитного портфелю в моделі (4) має менший вплив на темпи накопичення фінансового результату ніж у моделях (2) та (3) (рис. 3).

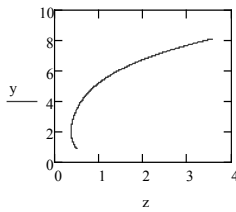
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_8y(t)z(t) \end{cases} \quad (4)$$



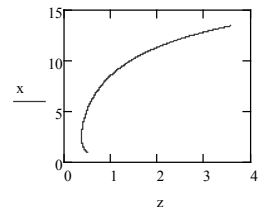
а)



б)



в)



г)

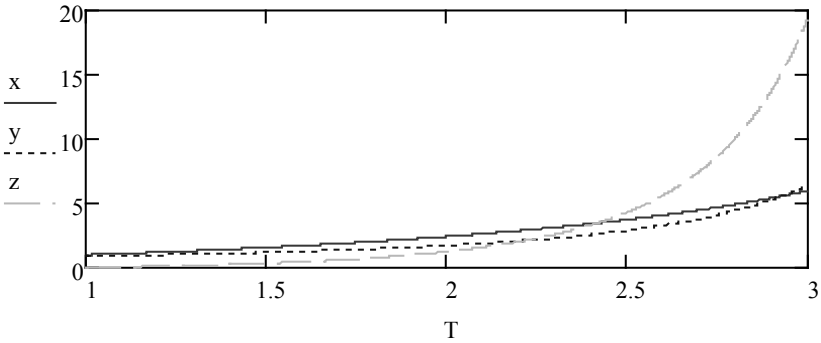
Рис. 3. Результати комп'ютерного моделювання моделі (4)

Друга група нелінійних динамічних моделей представляє система диференціальних рівнянь з двома нелінійностями:

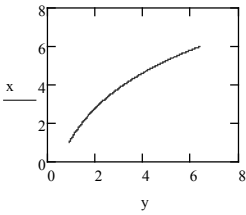
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_6x(t)y(t) + a_7x(t)z(t) \end{cases} \quad (5)$$

По відношенню до попередніх, модель (5) враховує показники ефективності кредитно-інвестиційного портфелю та кредитно-депозитного ефекту банку. Рис. 4 показує синергетичний вплив обох показників на фінансовий результат. Також необхідно звернути увагу на залежність між кредитно-інвестиційним і депозитним портфелем банку: на рис. 3б спостерігається лінійна залеж-

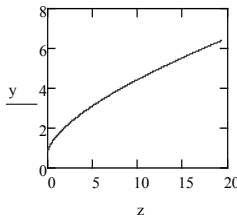
ність між змінними; в результаті розширення моделі (4), залежність стає нелінійною (рис. 4б).



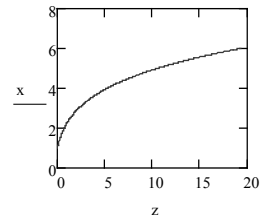
а)



б)



в)

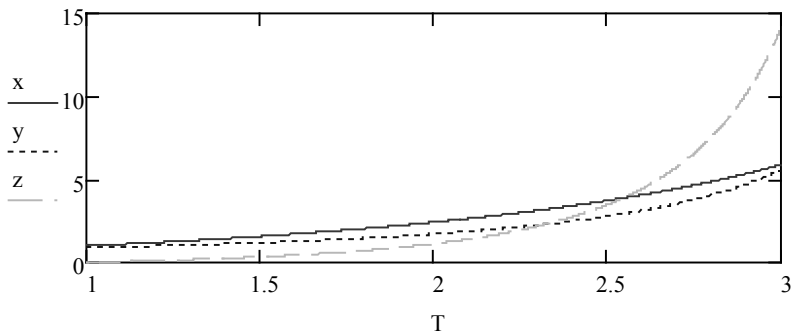


г)

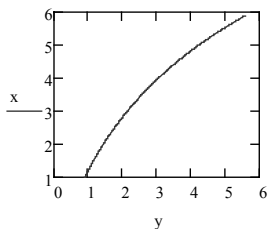
Рис. 4. Результати комп'ютерного моделювання моделі (5)

Наступна модель (6) цієї групи доповнена показником ефективності депозитного портфелю. Очевидним з рис. 5 є те, що депозитний портфель має менший ступінь впливу на фінансовий результат, ніж ефективність кредитно-інвестиційного портфелю.

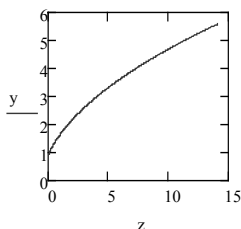
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_6x(t)y(t) + a_8y(t)z(t) \end{cases} \quad (6)$$



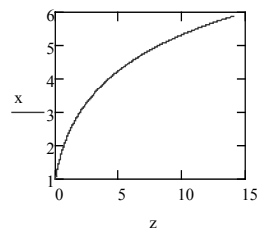
а)



б)



в)



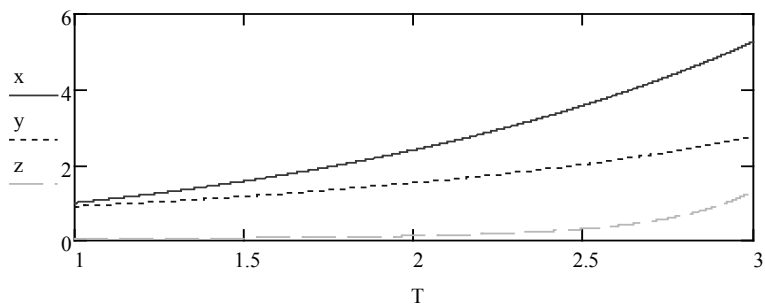
г)

Рис. 5. Результати комп'ютерного моделювання моделі (6)

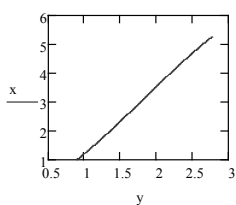
Динамічна модель (7) ураховує ефективність обох портфелів банку. Результати моделювання отримано для різних початкових умов параметрів моделі.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_7x(t)z(t) + a_8y(t)z(t) \end{cases} \quad (7)$$

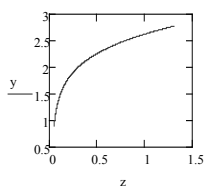
Наявність обох параметрів ефективності справляє гальмуючу дію на накопичення фінансових результатів банку. Еластичність кривої фінансових результатів банку залежить від величини початкових умов третього фактору (рис. 6, 7).



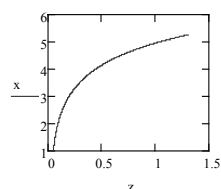
а)



б)

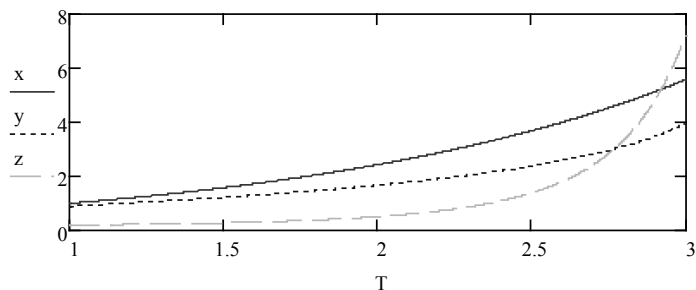


в)

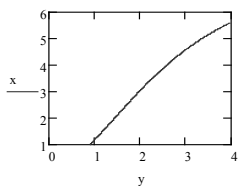


г)

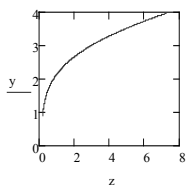
Рис. 6. Результати комп'ютерного моделювання моделі (7) при початкових умовах (1; 0,9; 0,05)



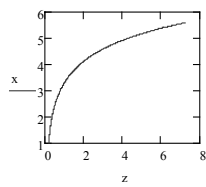
а)



б)



в)



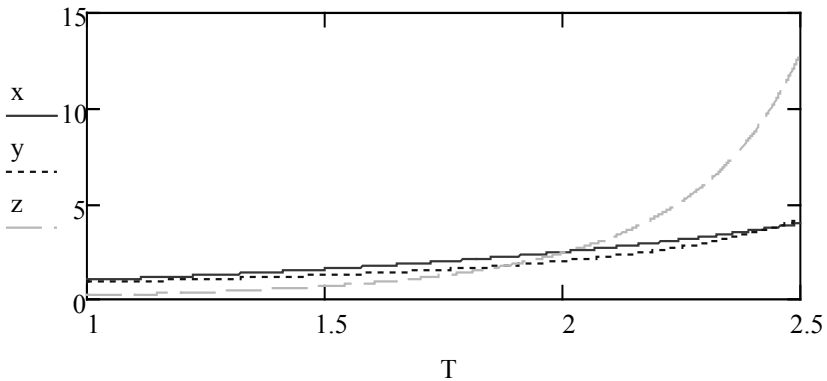
г)

Рис. 7. Результати комп'ютерного моделювання моделі (7) при початкових умовах (1; 0,9; 0,2)

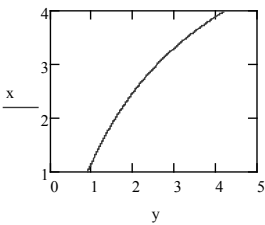
Нарешті, **третя група** моделей з трьома і більше нелінійностями має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_6x(t)y(t) + a_7x(t)z(t) + a_8y(t)z(t) \end{cases} \quad (8)$$

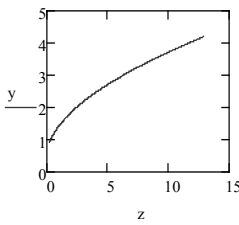
Ця математична модель (8) розширена двома показниками ефективності кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів, а також їх синергетичним ефектом на фінансовий результат банку.



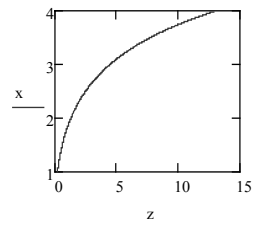
а)



б)



в)

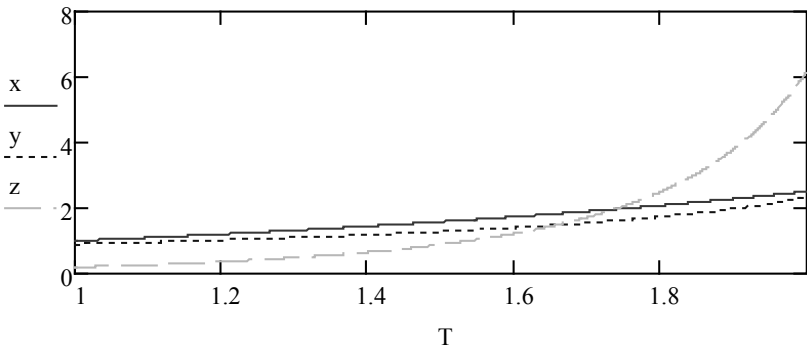


г)

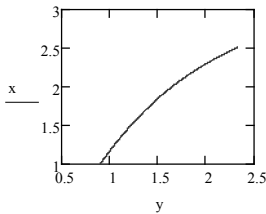
Рис. 8. Результати комп'ютерного моделювання моделі (8)

Динамічна нелінійна модель (9) розширена четвертим показником, який характеризує ефективність всього банку в цілому.

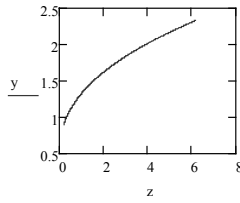
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a_1x(t) + a_2y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_3y(t) + a_4z(t) \\ \frac{dz}{dt} = -a_5z(t) + a_6x(t)y(t) + a_7x(t)z(t) + a_8y(t)z(t) + a_9x(t)y(t)z(t) \end{cases} \quad (9)$$



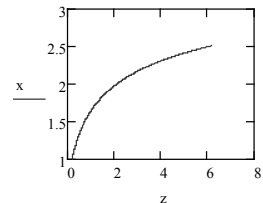
а)



б)



в)



г)

Рис. 9. Результати комп'ютерного моделювання моделі (9)

Результати моделювання показують, що з кожним кроком навантаження моделі додатковими показниками, модель стає дуже чутливою до будь-яких змін, що зменшує горизонт її прогнозування, так як модель дуже легко виходить зі стану рівноваги. Додаткові параметри також справляють гальмуючий вплив на накопичення основних ресурсів банку, в тому числі і фінансового результату (рис. 8, 9).

Таким чином, виокремлена роль синергетичного підходу у пізнанні реалій діяльності банку, згідно якого особлива увага приділяється вивченню топології взаємодії і ступеня зв'язків між елементами банківського механізму та кібернетичного підходу сприяють якомога кращому розумінню економічного розвитку банківської установи.

Адаптивне економіко-математичне моделювання банківського механізму надає уявлення, як можна ініціювати процеси прискореного і самостимулюючого економічного зростання, виступаючи як засіб системних досліджень функціонування банку та розв'язання прикладних проблем, які пов'язані з його діяльністю. Саме це виступає дуже важливим і вкрай необхідним інструментом у прийнятті належних управлінських рішень.

Висновки. Ефективність кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів банку, відіграють важливу роль у фінансовій стабільності банку в цілому. Інформація даних показників повинна враховуватися при формуванні політики розвитку банківської установи, тому що вона визначає загальну стійкість моделі банківського механізму. Причому роль кредитно-інвестиційного портфелю є більш вагомою для накопичення фінансових результатів банку, хоча обсяги депозитного портфелю мають більше опосередкований вплив на результуючий показник і прямий вплив на формування кредитно-інвестиційного портфелю.

Використання розглянутого в даній роботі сімейства нелінійних моделей економічної динаміки дозволяє підвищити ефективність функціонування банку, сприяючи створенню оптимальної структури кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів банку. Можливість адаптації математичних моделей до зовнішнього середовища і внутрішньої політики банку надає змогу використовувати моделі для надання рекомендацій щодо оптимізації кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів банку, а також для прогнозування розвитку банку в цілому.

Література

1. *Вітлінський В.В.* Моделювання економіки: навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2005. — 408 с.
2. *Добровольський О.А.* Розробка динамічної моделі банку та її використання в стратегічному плануванні і управлінні: автореферат. — Дніпропетровськ., 2002. — 18 с.
3. *Коляда Ю.В.* Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія/ Ю.В. Коляда. — К.: КНЕУ, 2011 — 297 с.

4. Концепції та інструментарій нелінійної економічної динаміки / В.В. Вітлінський, Ю.В. Коляда, А.Я. Махоткіна // Моделювання та інформаційні системи в економіці: зб. наук. праць. — К.: КНЕУ, 2011. — Вип. 84. — С. 29—35.

5. *Конноховский П.В.* Микроэкономическое моделирование банковской деятельности. — СПб.: Питер, 2001. — 224 с.

6. Моделювання економічної динаміки : навч. посібн. / Г.В. Лавінський, О.С. Пшенишнюк, С.В. Устенко, О.Д. Шарапов. — К. : Вид-во «Атіка», 2006. — 276 с.

7. Модифікації моделей нелінійної динаміки та сценарії розвитку банку / Ю.В. Коляда, А.О. Харламов, В.І. Трохановський // Моделювання та інформаційні системи в економіці: зб. наук. праць. — К.: КНЕУ, 2012. — Вип. 86. — С. 236—244.

8. Нелінійна динаміка процесу функціонування комерційного банку на підґрунті неперервної математичної моделі / В.В. Вітлінський, Ю.В. Коляда, А.О. Харламов // Бізнес-інформ: наук. журнал. — Х., 2012. — Вип. №3. — С. 29—34.

9. *Симо К.* Изучение динамических систем с использованием компьютера / К. Симо // Нелинейная динамика. — 2006. — Т. 2. — С. 243—254.

10. *Янковский И.* Генезис математических моделей банка // Банковский вестник. — Минск, 2008. — С. 27—30.

Стаття надійшла до редакції 17.12.2012 р.

УДК 621.039.7.001.2

О.В. Скляренко, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
О.В. Золотаренко,
ПВНЗ «Європейський університет»,
м. Київ

МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПІД ВПЛИВОМ ТЕПЛОЕНЕРГОЦЕНТРАЛІ

АНОТАЦІЯ. У даній статті досліджуються процеси забруднення довкілля від викидів ТЕЦ–5 м. Києва, розроблено стохастичні моделі для визначення допустимо можливих викидів оксидів вуглецю, азоту та сполук сірки в компонентах урбоєкосистеми, проведено розрахунки концентрацій забруднюючих речовин на сьогодні та наступні 5 років із застосуванням комп'ютерного прикладного пакету *Mathcad*, на основі яких зроблені висновки щодо впливу ТЕЦ на довкілля.

ANNOTATION. This article investigates the processes of pollution emissions from TEC-5, Kyiv, developed stochastic models to determine the permissible potential emissions of oxides of carbon, nitrogen and