

Проаналізовано кількість та склад коренів трансцендентного (алгебраїчного) рівняння в залежності в властивостей цієї функції. Розглянуто випадки зростаючої та спадної функцій, а також функції, що має один екстремум (максимум або мінімум) у внутрішній точці проміжка її визначення. Для кожного виду залежності між інвестиціями та капіталом визначено кількісний та якісний склад коренів вказаного трансцендентного (алгебраїчного) рівняння, а також знайдені власні функції системи диференціальних або інтегро-диференціальних рівнянь. Це дозволило записати загальний розв'язок цих систем у вигляді лінійних комбінацій власних функцій

Таким чином, одержаний результат свідчить про можливість використання моделі Харрода-Домара для розв'язання задач прогнозування реальних нестационарних економічних процесів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Малярец Л. М. Теоретические проблемы экономического роста / Л. М. Малярец, А. В. Воронин, О. В. Гунько // УСИМ. – 2016. – № 1. – С. 50–55.

**Келембет В. О., д. т. н. Яковенко О. Г.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Україна)*

### **МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТНО-ДЕПОЗИТНИХ ПОТОКІВ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ**

Одним з підходів до моделювання банківської діяльності є використання потокової моделі банку, де фінансовий потік являє собою певний об'єм коштів за одиницю часу.

Ціноутворення в банківській діяльності актуальна і складна для вирішення проблема через наявність великої кількості кредитних та депозитних продуктів банку із різними термінами та умовами. Одним із підходів до вирішення цієї задачі є використання математичних моделей банку, зокрема, розробленої авторами потокової моделі банку.

В роботі [1] було запропоновано розглядати банк з точки зору теорії керування, а в [2] було описано деякі вхідні та вихідні потоки банку. В роботі [3] було описано потокову модель з лінійними функціями кредитів та депозитів та

розглянуто задачі оптимального керування кредитною та депозитною ставкою за умови, що всі залучені депозити видаються як кредити.

Так як головну роль на українському фінансовому ринку відіграють комерційні банки, тому для покращення фінансового стану країни важливим є підвищення ефективності функціонування комерційних банків, а саме визначення оптимальних відсоткових ставок за кредитами та депозитами. Беручи за основу потокову модель будується оптимізаційна задача, метою якої є максимізація власного капіталу банку, достатнього для насичення кредитного ринку. Для цього моделюється депозитно-кредитні потоки, розмір яких залежить від корегування відсоткових ставок. Всі грошові потоки уявляють собою знеособлену масу, тобто залучені депозити та повернені кредити змішуються всередині банку і вже після цього загальна грошова маса використовується для подальших операцій. Грошовий потік являє собою певний об'єм коштів за одиницю часу.

Метою даної роботи є розробка моделі кредитно-депозитних потоків комерційного банку.

Нехай, банк проводить лише два види діяльності – депозитну та кредитну, тому його прибуток складається з процентного доходу від кредитної та депозитної діяльності [4]. Весь прибуток банку використовується для подальшого збільшення капіталу та представлено у вигляді співвідношення:

$$\dot{x}(t) = p(t, x),$$

де  $x(t)$  – капітал комерційного банку в момент часу  $t$ ;

$\dot{x}(t)$  – приріст капіталу банку в момент часу  $t$ ;

$p(t, x)$  – прибуток банку в момент часу  $t$ , який залежить від наявного капіталу.

Оскільки прибуток банку складається з процентного доходу від кредитної та депозитної діяльності, тоді основною роллю банку є залучення заощаджень населення у вигляді виданих депозитів, і використовуючи отримані кошти відбувається надання кредитів під встановлений відсоток, що дозволяє банку отримати прибуток, а особі, що отримала кредит – отримати додаткові кошти на заохочення власних потреб [5].

Припустимо, що прибуток банку має такий вигляд:

$$p(t, x) = a(t) * x^2 + b(t) * x + c(t),$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти.

Розглянемо окремих випадок, який досліджено у роботі [1]. В окремому випадку прибуток банку складається з чотирьох основних складових, таких як:

$$p(t) = K_{in}(t) - K_{out}(t) + D_{in}(t) - D_{out}(t),$$

де  $K_{in}(t)$  – обсяг кредитів, повернених у банк в момент часу  $t$  з відсотками;

$K_{out}(t)$  – обсяг кредитів, виданих банком у момент часу  $t$ ;

$D_{in}(t)$  – обсяг залучених депозитів у момент часу  $t$ ;

$D_{out}(t)$  – обсяг виплачених депозитів у момент часу  $t$  з відсотками.

Залежність між обсягом виданих кредитів та кредитною ставкою обернена та лінійна. Вона має такий вигляд:

$$K_{out}(t) = K - b * u_k(t),$$

де  $K$  та  $b$  – лінійні коефіцієнти;

$u_k(t)$  – кредитна ставка в момент часу  $t$ .

Необхідно також врахувати припущення, що сума кредиту з відсотками повертається гарантовано вчасно і в повному обсязі. Беручи до уваги те, що кредити з відсотками повертаються в той же момент часу, що й видаються в повному обсязі, можемо записати формулу обсягу повернених кредитів з відсотками:

$$K_{in}(t) = K_{out}(t) * (1 + u_k(t)).$$

Обсяг залучених депозитів на поточний момент часу залежить від депозитної ставки та двох лінійних коефіцієнтів. Ця залежність є прямою. Депозитна ставка є невід’ємною, тобто вкладники не платять банку за вклади, – а навіть навпаки, банк платить вкладникам. Обсяг залучених депозитів невід’ємний, а тому може існувати більша від нуля мінімальна депозитна ставка. Врахуємо ще одне припущення про відсутність диференціації депозитних продуктів, тобто ставка за депозитами єдина. Таким чином, банк має лише один депозитний продукт. Оскільки залежність між обсягом залучених депозитів та депозитною ставкою пряма та лінійна, то вона має такий вигляд:

$$D_{in}(t) = D + a * u_D(t),$$

де  $D, a$  – лінійні коефіцієнти;

$u_D$  – депозитна ставка у момент часу  $t$ .

Депозити повертаються в повному обсязі, вчасно і з відсотками. Можливість дострокового зняття та пролонгації напряду не враховується, а ставка

є єдиною на всьому часовому проміжку. Отримаємо формулу для обсягу повернених депозитів з відсотками:

$$D_{out}(t) = D_{in}(t) * (1 + u_D(t)).$$

На основі всього вищезазначеного отримуємо оптимізаційну задачу, яка має такий вигляд:

$$\begin{aligned} p(t, x) &\rightarrow \max, \\ \dot{x}(t) &= p(t, x), \end{aligned}$$

Та набір обмежень:

$$\begin{aligned} \dot{x}(0) &= x_0, \\ u_k(t) &\geq 0, \\ 0 &\leq t \leq T. \end{aligned}$$

Описана модель є нелінійною і як окремий випадок включає в себе модель, що описана в роботі [4].

#### Список використаних джерел:

1. Постановка задачі оптимізації управління комерційним банком / Гришин А. Г., Козак Д. В., Умрик А. В., Іваненко В. І. // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – Х., 2001. – Ч.2. – С. 154–157.
2. Гришин О. Г. Стратегічне планування та керування діяльністю банківської установи на основі математичної моделі комерційного банку / О. Г. Гришин // Економіка та підприємництво. – К.: КНЕУ, 2004. – Вип. 12. – С. 261–266.
3. Осипенко Д. В. Динамічна модель комерційного банку / Д. В. Осипенко // Фінанси України. – 2005. – №11. – С. 87–92.
4. Дрозд А. О. Керування кредитною та депозитною ставками комерційного банку з капіталом достатнім для задоволення попиту на кредити / А. О. Дрозд, В. О. Капустян // Економічний вісник НТУУ «КПІ»: зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 11. – С. 548–563.
5. Дрозд А. О. Концептуальна потокова модель ціноутворення комерційного банку / А. О. Дрозд, О. Є. Сокульський // Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2016. – № 13. – С. 534–540.

**Кириленко Т. С., к. ф.-м. н. Огліх В. В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Україна)*

#### **ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА**

Ефективна організація виробничих процесів в багатьох сферах економічної діяльності неможлива без розв'язання задач оптимального керування. Зміст процесу керування передбачає визначення системи цілей діяльності, розподілення