

7. Тельнова Ю. Ф. Проектирование экономических информационных систем. — М.: Финансы и статистика, 2001.

8. Чистов С. М., Никифоров А. С., Куценко Т. Ф. та ін. — Державне регулювання економіки: Навч. посібник — К.: КНЕУ, 2000. — 316 с.

9. Fradkov A.L., Pogromsky A. Yu. Introduction to control of oscillations and chaos. World Scientific, Singapore. 1998.

10. Holyst J. A., Urbanowicz K. Chaos control in economical model by time-delayed feedback method // Physica A. 2000. 287. P. 587–598.

Статтю подано до редакції 11.02.10 р.

УДК 519.866:336.77

А. Б. Кулик, канд. фіз.-мат. наук, доцент,
кафедра вищої математики ФУПМ,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ І СИНТЕЗ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Представлено економіко-математичну модель функціонування виробничих комплексів. Залежно від властивостей виробничих функцій досліджена динаміка змін економічних характеристик виробництва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: економіко-математична модель, виробнича функція, економічна система, диференціальне рівняння.

Представлена экономико-математическая модель функционирования производственного комплекса. В зависимости от свойств производственных функций исследована динамика изменений экономических характеристик производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономико-математическая модель, производственная функция, экономическая система, дифференциальное уравнение.

Economic and mathematical model of production complex functioning is presented. Depending on properties of production

functions the dynamics of changes production economic characteristics is investigated.

KEY WORDS: economic-mathematical model, production function, business system, differential equation.

Актуальність теми. До однієї з актуальних проблем сучасного розвитку української економіки відноситься стимулювання підприємницької активності, що забезпечує стабільні і прогнозовані показники підйому економіки. Одна з головних ланок у розв'язанні цієї проблеми — створення умов для інвестицій в економіку. Важливою ланкою в цьому процесі є аналіз і дослідження властивостей економічної системи [1, 2]. Доля підприємств в Україні у випуску продукції з 2000 року до 2009 року невпинно знижувалась [3], що свідчить про несприятливу динаміку розвитку вітчизняного бізнесу.

До числа основних факторів, що стримують розвиток української економіки, відноситься недостатність інвестиційної діяльності і чітке прогнозоване стимулювання бізнесу. Досвід країн з розвиненою ринковою економікою свідчить про те, що дослідження можливостей об'єкту (підприємство, галузь) істотно стимулює розвиток в них підприємництва.

Метою даної роботи є аналіз математичної моделі розвитку виробництва з врахуванням особливостей виробничих функцій.

Основи структурного аналізу і синтезу систем. Структурні перетворення моделей ґрунтуються на тому, що зображення розв'язку диференціального рівняння (ДР) в операторній формі має дробово-раціональний вигляд і може бути представлений як добуток або сума найпростіших дробів [4, 5]. Це дає можливість моделювати економічні системи у вигляді послідовно або паралельно з'єднаних ланок, описувати їх одним ДР або системами ДР, визначати поведінку кожної ланки і системи в цілому, як вільний або вимушений рух під дією різних екзогенних процесів.

Кожна ланка моделюється передавальною функцією, тобто оператором перетворення зовнішнього впливу на реакцію ланки. Вихід однієї ланки у сукупності з іншими зв'язками в системі може бути входом іншої ланки. Особливий інтерес викликають системи, що базуються на застосуванні сучасних комп'ютерних методів аналізу, в структурі яких є ланцюги ланок, що з'єднані в замкнене коло. Аналіз поведінки таких систем дозволяє підбира-

ти ланки керування таким чином, щоб була досягнута мета керування, тобто синтезувати системи комп'ютерного аналізу з наперед заданими динамічними властивостями.

Дослідження систем полягає в розв'язуванні відповідних ДР і знаходженні вихідних процесів. Ця задача істотно спрощується, якщо попередньо вивести передавальну функцію системи в цілому. Визначення передаточної функції системи будемо називати згортанням моделі. Обернені дії, напружені на встановлення структури моделі, назвемо розкладом моделі.

Розглянемо згортання моделі, яке складається з послідовно з'єднаних ланок.

Реакція кожної з ланок описується відповідними операторними формулами:

$$Y_1(p) = \Phi_1(p)X(p), \\ Y_2(p) = \Phi_2(p)Y_1(p), \dots, Y_n(p) = \Phi_n(p)Y_{n-1}(p).$$

Зробивши підстановки значень $Y_{i-1}, i = \overline{2, n}$ попередньої ланки у формулу, яка виражає реакцію наступної ланки $Y_i(p)$, отримаємо

$$Y_{z1}(p) = X(p) \prod_{i=1}^n \Phi_i(p).$$

Звідки передавальна функція системи в цілому обчислюється за формулою:

$$W_{z1}(p) = \frac{Y_{z1}(p)}{X(p)} = \prod_{i=1}^n \Phi_i(p). \quad (1)$$

Розклад моделі на елементарні ланки полягає в тому, що передавальна функція системи розділяється на ряд співмножників [2, 4]. У початковому стані передавальна функція системи є правильним раціональним дробом. Визначивши корені характеристичного рівняння, характеристичний поліном розкладають на прості множники. Після цього в деяких випадках передавальну функцію системи вдається виразити у вигляді співмножників $k, \frac{1}{p-\lambda}$ або $\frac{C(p-\alpha)+D}{(p-\alpha)^2+\omega^2}$ ($k, C, D, \alpha, \omega, \lambda$ — сталі величини). Кожний з виділених співмножників є передавальною функцією елементарної ланки системи.

Розглянемо системи з паралельним з'єднанням ланок.

Реакцію кожної ланки визначають за наступними операторними формулами:

$$Y_1(p) = \Phi_1(p)X(p),$$

$$Y_2(p) = \Phi_2(p)Y_1(p), \dots, Y_n(p) = \Phi_n(p)Y_{n-1}(p),$$

припускаючи, що на кожну ланку подається загальний вхідний вплив системи. Тоді загальний вихід системи дорівнює сумі реакцій усіх ланок:

$$Y_{s2}(p) = \sum_{i=1}^n Y_i(p).$$

Підставимо в цю формулу вирази $Y_i(p)$ із операторних рівнянь ланок і винесемо $X(p)$ за знак суми:

$$Y_{s2}(p) = \Phi_1(p)X(p) + \dots + \Phi_i(p)X(p) + \dots +$$

$$+ \Phi_{n1}(p)X(p) = X(p) \sum_{i=1}^n \Phi_i(p).$$

Звідси передавальна функція системи

$$W_{s2}(p) = \frac{Y_{s2}(p)}{X(p)} = \sum_{i=1}^n \Phi_i(p).$$

Варто зауважити, що отриманий розв'язок має сенс лише в тому випадку, коли $x(t)$ — інформаційний процес, значення якого в довільний момент часу однакове для всіх ланок і системи в цілому. Матеріальний (грошовий, енергетичний) вхідний потік системи буде розподілений між ланками, що потребує опису вхідного процесу кожної ланки окремо.

Розклад моделі системи на елементарні ланки можна зробити за допомогою розкладу передавальної функції.

Розглянемо, наприклад, систему, яка складається з двох послідовно з'єднаних ланок. Прикладом такої системи відносно галузі економіки є ланцюг із ланок фондоутворення і динамічної ланки основних виробничих фондів (ОВФ). Капіталовкладення на вході першої ланки перетворюються в потік вводу ОВФ. У другій ланці введені ОВФ нагромаджуються і після зносу вибувають з виробництва. В першій ланці нагромаджуються матеріальні одиниці незавершеного будівництва, в другій — основні виробничі фон-

ди. Якщо кожен частину системи представити як інерційну ланку першого порядку, то передавальну функцію системи можна записати у вигляді:

$$W_3(p) = \frac{\frac{1}{T}}{p + \frac{1}{T}} \cdot \frac{n}{p + n} = \frac{\frac{n}{T}}{p^2 + \frac{nT+1}{T}p + \frac{n}{T}},$$

де T — лаг фондоутворення (середній час від виділення капіталовкладень до введення ОВФ); n — частка вибуття ОВФ.

У даному випадку системі відповідає диференціальне рівняння другого порядку наступного вигляду:

$$y''(t) + by'(t) + cy(t) = cx(t),$$

де $b = \frac{nT+1}{T}$, $c = \frac{n}{T}$ — постійні параметри моделі.

Графічна форма реакції різних інерційних систем змінюється з зростанням порядку ДР, наближаючись до вигляду, що характерний для дискретного запізнення. В макроекономічному моделюванні інерційною ланкою першого порядку є фондоутворення, серійне виробництво та інші об'єкти. Реакцію покупців із врахуванням психологічної інерції на зниження цін на товари моделюють диференціальним рівнянням другого порядку, а різні транспортні системи представляють моделями з дискретними запізненнями.

Разом з цим об'єкт, що моделюється ДР, можна представити у вигляді системи з двох паралельних ланок. Якщо корні характеристичного рівняння $p^2 + bp + c = 0$ дійсні і дорівнюють λ_1 та λ_2 , тоді передавальна функція розкладається на суму найпростіших дробів.

$$W_3(p) = \frac{k}{p^2 + bp + c} = k \frac{1}{p - \lambda_1} \cdot \frac{1}{p - \lambda_2} = k \left(\frac{A_1}{p - \lambda_1} + \frac{A_2}{p - \lambda_2} \right),$$

$$\text{де } \lambda_{1,2} = \frac{-b}{2} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4} - c}, \quad A_1 = -A_2 = -\frac{1}{\sqrt{b^2 - 4c}}.$$

Відповідно, об'єкт можна зобразити у вигляді двох паралельних ланок з передавальними функціями

$$W_1(p) = -\frac{k}{\sqrt{b^2 - 4c}} \cdot \frac{1}{p - \lambda_1}, \quad W_2(p) = \frac{k}{\sqrt{b^2 - 4c}} \cdot \frac{1}{p - \lambda_2}.$$

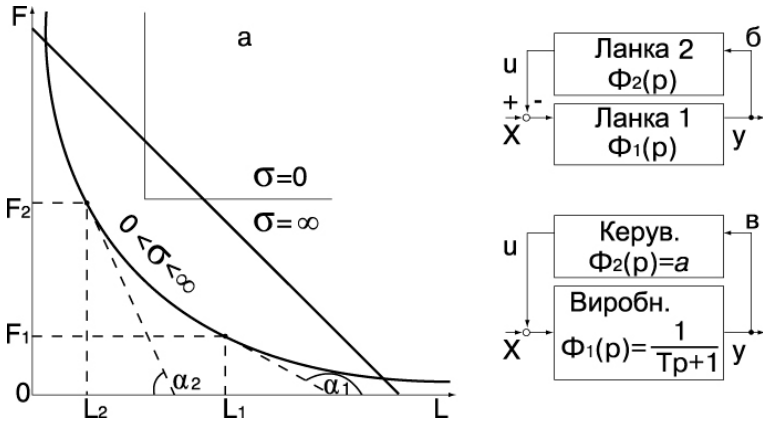


Рис. 1

Особливий інтерес представляють контурні структури. Контурна структура є характерною особливістю сучасних комп'ютерних систем. У такій системі можливий додатній або від'ємний обернений зв'язок (рис. 1,б). Обернений зв'язок полягає в тому, що вихід системи y , що представляє собою результат керування, діє на її вхід через ланку 2, збільшуючи або зменшуючи величину зовнішнього впливу x . Робота економічних систем за принципом додатного або від'ємного зв'язку організується спеціально. Створення таких систем має певну мету. Наприклад, збільшення об'єму виробництва продукції залежить від кількості основних виробничих фондів. Для збільшення кількості ОВФ робляться централізовані капіталовкладення за рахунок державного бюджету (зовнішній вплив). Разом з тим залежно від випуску продукції підприємство отримує прибуток і частину прибутку відраховує у фонд розвитку підприємства, додатково збільшуючи ОВФ (керований вплив). Таким чином досягається додатковий приріст виробництва продукції.

Системи з від'ємним оберненим зв'язком призначаються для стабілізації вихідного процесу на заданому, нормативному рівні. Такі об'єкти називаються системами регулювання. Прикладом може слугувати система регулювання запасу деякого продукту. Запас забезпечує задоволення попиту, який можна розглядати як зовнішній вплив. За рівнем відхилення запасу від нормативу видаються замовлення постачальникам. Постачання здійснюються у відповідь на замовлення, і продукт, що надійшов, поповнює запас. У випадку зростання надлишку в запасі кількість замовленого продукту скорочується, а при зростанні дефіциту — збільшується. Тому обернений зв'язок — від'ємний.

При додатному оберненому зв'язку вхідний вплив на керовану ланку I дорівнює сумі зображень екзогенного та керованого процесів $X(p)+U(p)$, при від'ємному оберненому зв'язку — різниці $X(p)-U(p)$. Реакція ланки I визначається функцією:

$$Y(p) = \Phi_1(p)[X(p) \pm U(p)],$$

де $\Phi_1(p)$ — передавальна функція ланки I. Разом з тим, зображення керованого процесу дорівнює реакції ланки II на вхідну величину:

$$U(p) = \Phi_2(p)Y(p),$$

де $\Phi_2(p)$ — передавальна функція ланки II. Підставляючи цей вираз у попередню формулу і розв'язуючи отримане рівняння відносно $Y(p)$, отримаємо:

$$Y(p) = \frac{\Phi_1(p)}{1 \mp \Phi_1(p)\Phi_2(p)} X(p). \quad (2)$$

Звідси передавальна функція системи

$$W(p) = \frac{\Phi_1(p)}{1 \mp \Phi_1(p)\Phi_2(p)}. \quad (3)$$

Формула (2) отримала назву основного рівняння теорії регулювання.

В якості приклада системи з додатним оберненим зв'язком розглянемо процес виробництва продукції на серійному підприємстві, моделлю якого є інерційна ланка.

Виробництво отримує керований вплив у вигляді завдань, яке видає керована ланка (рис. 1, в). Задача дослідження полягає у визначенні виду процесу випуску продукції під дією керування. Припускається, що будь-яке завдання з об'єму виробництва може бути виконане. Для цього у випадку необхідності будуть збільшені виробничі потужності підприємства. Передавальна функція виробництва, як об'єкта, яким керують, має вигляд:

$$\Phi_1(p) = \frac{1}{1+Tp},$$

де T — середній час виробництва циклу.

Розглянемо найпростіший метод керування, який полягає в тому, що завдання на випуск продукції підвищують зі зростанням фактичного випуску. Це відбувається при поточному плануванні від досягнутого. Випадок систематичного збільшення виробничих завдань порівняно з фактичним випуском можна відобразити підсилювальною ланкою $\Phi_2(p) = a$. При плануванні від досягнутого завжди дотримуються умови, що $a > 1$. Якщо, наприклад, завдання видається на 3 % більше фактичного випуску, то покладають $a = 1,03$.

У загальному випадку передавальна функція системи, що розглядається, виражається формулою (2). Підставивши конкретні значення операторів ланок, отримаємо наступну передавальну функцію системи:

$$W(p) = \frac{\Phi_1(p)}{1 - \Phi_1(p)\Phi_2(p)} = \frac{\frac{1}{1+Tp}}{1 - \frac{a}{1+Tp}} = \frac{1}{(1-a) + Tp}.$$

Тоді зображення реакції системи на екзогенний вплив має операторний вигляд:

$$Y(p) = \frac{1}{(1-a) + Tp} X(p). \quad (4)$$

Це вимушена складова траєкторії системи. Для визначення сумарного процесу з врахуванням вільної складової модель необхідно доповнити початковими умовами. Для цього помножимо

операторний вираз керованого процесу (4) на характеристичний поліном і отримаємо:

$$(1 - a)Y(p) + TpY(p) = X(p),$$

де $pY(p)$ відповідає першій похідній процесу $y(t)$.

Тому з врахуванням початкових умов $y(0) = y_0$ потрібно записати:

$$(1 - a)Y(p) + T[pY(p) - y_0] = X(p).$$

Звідси зображення процесу $y(t)$ з розділенням на вимушену і вільну складову подається формулою:

$$Y(p) = \frac{1}{(1 - a) + Tp} X(p) + \frac{T y_0}{(1 - a) + Tp}. \quad (5)$$

Розгляд формули (5) при відсутності екзогенного впливу відповідає автономному функціонуванню виробничої системи з самостійним плануванням. У цьому випадку процес випуску продукції є траєкторією вільного руху, яку неважко визначити як оригінал другої складової:

$$Y_c(p) = \frac{T y_0}{(1 - a) + Tp} = \frac{y_0}{\frac{(1 - a)}{T} + p} \leftrightarrow y(t) = y_0 e^{-\frac{1-a}{T}t}.$$

Вимушений рух під впливом екзогенних процесів у вигляді імпульсивного поштовху $\delta(t)$ або сталої величини $c\eta(t)$ також має вигляд експоненціальної функції з показником степені $\frac{a-1}{T}t$.

Тому при дослідженні економічних систем за допомогою математичного моделювання з метою аналізу вигляду траєкторії і характерних особливостей керованого процесу достатньо скористатися однією вимушеною складовою.

Із зробленого конкретного дослідження при плануванні випливає, що характер змін об'єму виробництва при плануванні від досягнутого — монотонний, експоненціального вигляду з індексом зростання, що дорівнює $\frac{a-1}{T}$. Значення індексу зростання додатне, якщо $a > 1$, і від'ємне, якщо $a < 1$. При $a > 1$ об'єм вироб-

ництва зростає необмежено. З наведеного вище можна зробити висновок, що планування «від досягнутого» керування задоволення галузі економіки лише в тому випадку, коли попит на продукцію даного виробництва ніколи не буде задовільний, але стає неприпустимим при роботі в умовах нагромадження ринку продукції, що випускається.

Література

1. *Галабурда М. К., Кулик А. Б.* Проблеми оптимізації системи диференціального оподаткування в Україні // Стратегія економічного розвитку України. — КНЕУ, 2004. — Вип. № 15. — С. 44–49.
2. *Кулик А. Б.* Моделювання інвестиційної стратегії при взаємодії малих підприємств // Економіка: проблеми теорії та практики, ДНУ, 2009. — Вип. 251. — Т. II. — С. 373–378.
3. Статистичний щорічник України за 2007 рік. Державний комітет статистики України. — К., 2008.
4. *Каданэр Э. Д.* Динамическое моделирование экономических систем. — Уч. пос. — Пермь: ПГУ, 1990.
5. *Мартынченко В. С.* Операционное исчисление. — К.: Вища школа, 1990.

Статтю подано до редакції 30.12.09 р.

УДК 004:005:044.337

О. В. Корзаченко, аспірант
кафедри інформаційного менеджменту,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ПРОЦЕСНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ: ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Стаття присвячена процесному підходу до організації та управління господарською діяльністю підприємства. Розглянуто недоліки структурно-функціонального підходу та переваги процесного. Визначено основні перешкоди при переході на процесну парадигму управління. Проаналізовано стан впровадження процесного управління на підприємствах України.