

*Т.Г. Савченко, канд. екон. наук, доц., О.С. Качаєв,  
ДВНЗ “Українська академія банківської справи Національного банку України”*

## **КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОЇ РІВНОВАГИ**

*У статті узагальнено наукові підходи до формування моделей економічної рівноваги, проведено класифікацію даних моделей, визначено логіку їх генезису.*

*Ключові слова: економічна рівновага, модель економічної рівноваги, класифікація моделей.*

**Постановка проблеми.** Моделювання є основним методом дослідження економічної рівноваги. Необхідність використання певних моделей витікає із сутності рівноважних станів в економіці. Незважаючи на суттєві відмінності у наукових підходах до вивчення економічної рівноваги, у більшості наукових джерел її сутність зводиться до збалансованості та пропорційності економічних процесів (економічних відносин) у межах певної економічної системи [1, с. 645-646; 2, с. 265; 3, с. 319]. Таким чином, фактично ми досліджуємо різні стани деякої системи, що складається з суб'єктів, відносин між ними та об'єктів, стосовно яких дані відносини реалізуються. У свою чергу, економічну систему з метою подальшого її вивчення доцільно описувати із використанням різноманітних моделей: графічних, функціональних, статистичних і т. д.<sup>1</sup>

**Аналіз останніх досліджень.** Окремі моделі економічної рівноваги переважно розглядаються у процесі викладу матеріалу у вітчизняних та зарубіжних підручниках з макроекономіки. У даних підручниках моделі рівноваги виконують роль допоміжного матеріалу, що ілюструє певні макроекономічні теоретичні концепції та розглядаються без необхідної систематизації. Однак існує ряд робіт, у яких приділяється суттєва увага саме узагальненню знань щодо моделей економічної рівноваги. Зокрема, О.І. Пономаренко, М.О. Перестюк, В.М. Бурим наводять наступний розподіл моделей: модель “витрати-випуск” Леонтьєва, динамічні багатогалузеві моделі, оптимальні траєкторії динамічних моделей, моделювання процесів економічного зростання [4]. У підручнику “Математические методы в экономике” використовується наступна класифікація математичних моделей економічної рівноваги: макроекономічні та мікроекономічні; теоретичні та прикладні; оптимізаційні та рівноважні; статичні та динамічні, детерміновані та стохастичні [5, с. 17-19].

**Невирішені раніше аспекти проблеми.**

У науковій літературі відсутня всебічна класифікація моделей економічної рівноваги. Визначення класифікаційних ознак, які дають можливість систематизувати моделі економічної рівноваги у розрізі їх суттєвих властивостей, дозволить узагальнити наукові підходи до формування таких моделей, а також більш глибоко дослідити їх зміст та оцінити напрямки подальшого розвитку.

**Цілі статті** – систематизація наукових підходів до формування моделей економічної рівноваги та визначення логіки їх генезису.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо більш детально основні складові економічної системи, функціонування яких формалізується за допомогою моделей економічної рівноваги. Єдиним “активним” елементом будь-якої економічної системи, який визначає порядок функціонування інших складових, виступають суб'єкти економічних відносин. У кінцевому підсумку суб'єктами економічних відносин виступають окремі індивідууми та їх групи. Однак економічна діяльність індивідуумів часто опосередковується через певні інститути: юридичні особи різних видів, державні інститути, громадські організації і т.д. Зазначені інститути мають складну внутрішню структуру та специфічний механізм узгодження та реалізації економічних рішень. Складність прийняття та прогнозування

економічних рішень окремих суб'єктів враховується у сучасних моделях економічної рівноваги через застосування спеціальних інструментів: теорії раціональних очікувань, стохастичних математичних методів, теорії ігор.

У загальному вигляді об'єктами економічних відносин вважається широкий спектр економічних ресурсів: трудових, матеріальних, нематеріальних, фінансових і т.д. У більшості випадків зазначені економічні ресурси мають свою грошову вартість, яка у сфері обміну отримує форму ціни. Таким чином, спрощується процес формалізації об'єкта економічних відносин у моделях рівноваги: будь-який вид економічних ресурсів у загальному вигляді можна описати ціною та обсягом попиту на нього.

Види економічних відносин, які формалізуються у межах моделей економічної рівноваги, нічим не обмежуються. Економічна рівновага може досліджуватись як поза ринковим механізмом, так і у контексті ринкових відносин. Економічну рівновагу розглядають на різних рівнях (мікроекономічному, мезоекономічному та макроекономічному), а також у межах різних фаз суспільного відтворення (сфера виробництва, сфера розподілу, сфера обміну, сфера споживання). Таким чином, види економічних відносин, які формалізуються у межах моделей економічної рівноваги, визначаються метою, предметом та завданнями наукового дослідження.

Серед основних загальнонаукових методів, що використовуються у процесі моделювання економічної рівноваги, можна зазначити абстракцію та агрегування. Абстракція (абстрагування) – спрощення об'єкта, що досліджується, шляхом виключення з аналізу певного ряду його деталей [6, с. 368]. Агрегування – метод дослідження, сутність якого полягає в об'єднанні в єдине ціле на основі певних ознак множини економічних суб'єктів, явищ та процесів [7, с. 30].

На основі критичного опрацювання вітчизняної та зарубіжної наукової літератури, а також враховуючи власні висновки та узагальнення, нами запропонована наступна класифікація моделей економічної рівноваги (табл. 1).

Розглянемо особливості формування моделей економічної рівноваги у розрізі критеріїв класифікації, що наведені у таблиці 1.

*За сутністю* нами визначено три види моделей економічної рівноваги: ринкові, неринкові, проміжні. Дана ознака визначає предмет дослідження та загальні умови формування моделей економічної рівноваги. Враховуючи дану ознаку, можна уточнити елементи економічної системи (суб'єкти, об'єкти та економічні відносини), рівновага якої буде досліджуватись на основі побудови моделей.

Наступний критерій класифікації (*за методологічною основою*) дає можливість уточнити загальнонаукові та методологічні міркування, що використовуються при побудові моделі: кейнсіанські; неокласичні; неокейнсіанські, неокласичного синтезу та інші.

У кейнсіанській моделі провідна роль належить ефективному попиту, що формується на ринку благ та грошей, тобто в рамках IS-LM-моделі. Поведінка економічних суб'єктів і рівень розвитку техніки визначається наступними функціями: виробнича, заощаджень, податкових відрахувань, імпорту, інвестицій, попиту на гроші, вартості попиту на працю; а також екзогенними параметрами: ціна праці, номінальна пропозиція грошей, державних витрат, обсяг експорту [8, с. 227].

Кейнсіанці звертають увагу на наявність багатьох недоліків у функціонуванні ринкового механізму: влада монополій, адміністративне регулювання цін, здійснення угод на основі довгострокових договорів, невизначеність значень економічних параметрів, що визначають рішення економічних суб'єктів [9, с. 542]. У кейнсіанській моделі загальної економічної рівноваги розглядається питання: яка економічна кон'юнктура буде створена ринковим механізмом в короткостроковому періоді і чи необхідний в даному періоді вплив держави.

## Класифікація моделей економічної рівноваги

Критерій класифікації	Види моделей економічної рівноваги	Зміст
За сутністю	ринкові	основним параметром є рівноважна ціна як результат взаємодії попиту та пропозиції на ринку
	неринкові	використовуються параметри економічної системи, що не визначаються ринковим механізмом (моделі побудовані на засадах взаємодії окремих суб'єктів тощо)
	проміжні	використовуються параметри економічної системи, що опосередковано визначаються ринковим механізмом
За методологічною основою	неокласичні	основний принцип побудови: рівновага є глибинною внутрішньою властивістю ринкового механізму
	кейнсіанські (некейнсіанські)	основний принцип побудови: ринковий механізм не забезпечує автоматичного досягнення рівноваги
	неокласичного синтезу	ґрунтуються на врахуванні кейнсіанських розробок на неокласичній основі
	інші	врахування як методологічної основи підходів, відмінних від зазначених основних наукових течій
За відношенням до дійсності	ідеальні	абстрактна модель, що характеризує теоретичні взаємозв'язки між величинами (переважно в умовах досконалої конкуренції)
	реальні	повністю обумовлюється закономірностями, що притаманні фактичним економічним процесам (переважно в умовах недосконалої конкуренції)
	змішані	має ознаки ідеальної та реальної економічної рівноваги
За охопленням ринків	загальної рівноваги	рівновага розглядається на усіх ринках та рівнях агрегування даних
	сумісної рівноваги	будуються для визначення умов, за яких в рівноважний стан одночасно прийдуть два чи більше взаємопов'язані ринки
	часткової рівноваги	описують рівновагу на одному ринку
	неринкові	формалізується через параметри, що не визначаються ринковим механізмом
За врахуванням змінності економічних процесів	статичні	відображають стан рівноваги економіки в окремий момент часу, не враховуючи процес, що привів економіку в даний стан
	динамічні	характеризують процес встановлення рівноваги в економіці та потенційну можливість економічної системи вийти зі стану рівноваги під дією певних екзогенних факторів
За способом формалізації за допомогою математичного апарату	лінійні	формалізує найпростіші (лінійні) зв'язки між параметрами
	нелінійні	визначається більш складними (нелінійними) зв'язками між показниками
	матричні	формалізує зв'язки між масивами параметрів
	стохастичні	визначається досить складними зв'язками між показниками, що можуть мати імовірнісний характер
	спеціальний апарат (теорія ігор)	формалізує складні зв'язки між параметрами за допомогою окремого математичного апарату

В основі концепції неокласиків 70-х років (епоха “неокласичного відродження”) лежать роботи Р. Лукаса, Т. Сарджента, Н. Уоллеса [10, с. 432]. Основні припущення макроекономічних моделей нових класиків: досконала гнучкість відносних цін, раціональність очікувань економічних суб'єктів при їх неповній поінформованості про розвиток господарської кон'юнктури і економічних заходів уряду. Ґрунтуючись на наведених вище припущеннях, вважається: попит і пропозиція у вартісному вираженні завжди рівні; при відсутності державного регулювання національного господарства досягається повна зайнятість.

Стверджуючи негнучкість ціни в короткостроковому періоді, некейнсіанство досліджує нецінові (кількісні) пристосування попиту та пропозиції, в ході яких на ринках виникають стани надлишкового попиту чи пропозиції. Рівновага, що виникла в результаті такого пристосування при нерівноважних цінах та обсягах, називається квазірівновагою. На

відміну від класичної рівноваги, квазірівновага не є Парето-оптимальним станом економіки. Цей напрямок досліджень також називається теорією нерівноваги [8, с. 465, 500].

Наступним критерієм класифікації моделей економічної рівноваги є *відношення до дійсності*. Як правило, вибір між реальним та ідеальним моделюванням робиться відповідно до мети дослідження. У теоретичних дослідженнях (фундаментальних причинно-наслідкових зв'язків у соціально-економічних процесах) використовуються ідеальні моделі. Практичні дослідження, метою яких є отримання аналітичних даних для прийняття економічних рішень, тяжіють до реальних моделей. Теоретико-практичні дослідження, метою яких є удосконалення теоретичних знань та розробка практичних рекомендацій, використовують певний проміжний варіант моделей.

Типовим прикладом різниці між ідеальним та реальним моделюванням є клас Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) моделей, які на початку етапу нового неокласичного синтезу використовувалися в основному для теоретичного аналізу. Згодом була доведена їх спроможність пояснювати фактичну динаміку макроекономічних показників і давати достовірні прогнози. Розроблені на основі DSGE-підходу практичні моделі широко використовуються центральними банками різних країн. Умовно їх можна розділити на два класи: гібридні моделі та неповні DSGE.

Гібридні моделі будувалися в два етапи: першим етапом було знаходження рівноважних значень змінних, а інший стосувався побудови рівнянь поведінки змінних навколо їх рівноважного стану. Прикладом таких моделей є модель Європейського центрального банку, модель центрального банку Норвегії RIMINI та Economic Group Model Резервного банку Австралії.

Гібридні моделі були популярними в 80-90-х роках минулого століття, однак на той час висувалися аргументи, що економічна теорія, яка описує поведінку рівноважних величин, має також визначати динаміку наближення змінних до рівноваги. Тобто динаміка має базуватись на теорії, властивій для моделі, а не бути наслідком статистичних властивостей даних. Побудовані за таким принципом моделі отримали назву Incomplete DSGE (QPM Банку Канади, FPS Резервного банку Нової Зеландії). У науковій статті Петрика О. та Шоломоцького Ю. [11] наведено схему, яка ілюструє співвідношення між теоретичною та емпіричною повнотою моделей.

Економетричні моделі рівноваги, що використовувались наприкінці минулого століття для вироблення економічної політики та прогнозування, розглянуті у підручнику Р. Дорнбуша та С. Фишера [12, с. 437-441]. Автори наводять коротку характеристику наступних “великих” (мають значну кількість рівнянь та включають тисячі змінних) макроекономічних моделей: модель WEFA (Wharton Econometric Forecasting Associates, Inc.), яка розроблена комерційними структурами з метою продажу отриманих на її основі аналітичних та прогнозних даних; модель MPS, яка використовувалась Федеральним резервним управлінням у Вашингтоні; модель BEA (Bureau of Economic Analysis) використовується Міністерством торгівлі США. Зазначені моделі ґрунтуються на розширеному IS-LM-підході до опису попиту та пропозиції.

Далі пропонуємо розглянути класифікацію моделей економічної рівноваги за критерієм *охоплення ринків*. Одними із перших загальноприйнятих моделей економічної рівноваги були розроблені А. Маршалом моделі часткової рівноваги на ринку окремого товару за умов досконалої конкуренції. Він запропонував універсальний підхід до дослідження процесу формування рівноважної ціни на окремих ринках (товарів, факторів виробництва, грошей). Сутність даного підходу полягала у врахуванні як функції попиту та факторів, що її визначають, так і функції пропозиції та чинників, що її обумовлюють. Зазначені функції наводились у вигляді графіків, на перетині яких визначалась рівноважна ціна та рівноважний обсяг.

Найбільш відомі моделі економічної рівноваги на ринку олігополії побудовані з використанням міркувань теорії ігор, що пояснюється невеликою кількістю діючих у

моделі суб'єктів, що давало можливість висувати гіпотези про можливі стратегії їх поведінки (моделі Курно, Бертрана, Штакельберга). Моделі часткової економічної рівноваги також можна розглядати у розрізі видів ринку: товарів, факторів виробництва (земля, робоча сила, капітал), грошей.

Класичний приклад моделі сумісної економічної рівноваги – “модель IS-LM”. Модель IS-LM досліджує механізм одночасного формування рівноваги на ринках благ, грошей та цінних паперів. Виходячи з міркувань, покладених в основу моделі, для визначення умов досягнення сумісної рівноваги необхідно поєднати дві множини: парних значень рівня національного доходу і ставки процента, що відповідають рівновазі на ринку благ (лінія IS) та ринку грошей (лінія LM). Ця модель вперше була запропонована Дж. Р. Хіксом у 1937 році як спосіб наочного відображення економічної концепції Кейнса.

Теоретичний аспект внутрішньої і зовнішньої рівноваги часто розглядається з використанням моделі IS-LM, модифікованої шляхом додавання кривої, що відображає рівновагу платіжного балансу. Відкрита економіка з абсолютною мобільністю капіталу може бути проаналізована за допомогою моделі Мандела-Флемінга [13, с. 389]. При цьому під внутрішньою рівновагою розуміється баланс попиту і пропозиції на рівні повної зайнятості при відсутності інфляції (або її стабільно низькому рівні). Зовнішня рівновага пов'язана з підтримкою нульового сальдо платіжного балансу за умови визначеного режиму валютного курсу.

Моделі загальної економічної рівноваги будуються з метою виявлення загальних закономірностей розвитку та дослідження умов функціонування усіх національних ринків. У сучасній економіці існує декілька альтернативних моделей загальної економічної рівноваги. Історично першою моделлю загальної економічної рівноваги є модель Вальраса. Відомі також кейнсіанська, неокласична модель та моделі неокласичного синтезу.

При проведенні порівняльного аналізу неокласичної та кейнсіанської моделей загальної економічної рівноваги виявляється, що їх автори роблять протилежні висновки за двома питаннями: чи нейтральні гроші та чи здатен ринок забезпечити Парето-оптимальний стан загальної рівноваги. Неокласики на обидва питання дають позитивну відповідь, кейнсіанці – негативну.

“Неокласичний синтез” як етап розвитку економічної думки дозволив виявити умови сумісності неокласичної та кейнсіанської концепцій та подолати деякі протиріччя у вихідних передумовах. В результаті доповнення IS-LM-моделі міркуваннями, що відображають можливі реакції ринку праці на зміну рівня цін, утворилася макроекономічна модель, що ілюструє процес досягнення економікою стану загальної рівноваги шляхом взаємного пристосування сукупного попиту та сукупної пропозиції. Така узагальнена кейнсіанська модель комплексно відображає економічні наслідки екзогенних імпульсів, що виникають при зміні умов виробництва [5, с. 257].

Наступним критерієм класифікації моделей економічної рівноваги є врахування *змінності економічних процесів*. Статика вивчає стан економічних об'єктів, що мають відношення до певного моменту або періоду часу, без врахування зміни цих параметрів у часі. У динамічних задачах відображається не тільки залежність змінних від часу, але і їх взаємозв'язки у часі. Наприклад, динаміка інвестицій впливає на динаміку величин основного капіталу, що в свою чергу є важливим фактором зміни обсягу випуску.

Час в економічній динаміці може розглядатися як неперервний або дискретний [7, с. 198]. Дискретні динамічні моделі використовують при моделюванні на основі статистичних даних (оскільки статистичні показники завжди прив'язані до конкретних моментів в часі), найчастіше в таких моделях використовується апарат рівнянь дискретного приросту. Використання безперервного часу можливе лише в моделях з функціональним зв'язком між змінними, дозволяє використовувати при аналізі моделі апарат диференціальних рівнянь. Більшість відомих динамічних моделей існує як в неперервному, так і в дискретному варіантах.

Типовим прикладом статичної моделі є загальна економічна рівновага Вальраса. Для ілюстрації принципової можливості встановлення рівноважної системи цін Вальрас використовував концепцію “Аукціоніста” як умовного агента, виголошував набір відносних цін та коригував їх структуру до моменту зрівноваження попиту та пропозиції [8, с. 473].

Основний недолік статичних моделей у тому, що вони не дають відповіді на питання про те, яким чином економіка приходять до стану рівноваги і в якому випадку може з нього вийти. Тому на зміну статичним моделям зазвичай розробляються динамічні аналоги, засновані на подібних міркуваннях, проте з урахуванням розвитку процесів у часі. Типовим прикладом такої еволюції є статична модель “витрати-випуск” Леонтєва. Для врахування в цій моделі фактору часу відбувалося поступове удосконалення апарату аналізу міжгалузевого балансу в напрямку диференціації галузей за ступенем впливу на динаміку розвитку економіки та часового лагу. Внаслідок цього з’явилися динамічна модель Леонтєва, модель динамічного багатогалузевого балансу (або  $\pi$ -модель), широковідома модель Неймана та модель Гейла як узагальнення моделі Неймана [4, с. 9, 43-45, 59].

Окремий клас динамічних моделей складають моделі економічної динаміки. Найбільш відомими та детально вивченими є моделі Харрода-Домара, Філіпса, Хікса, Самуельсона, Рамсея.

Останнім критерієм класифікації моделей економічної рівноваги, що розглядаються нами у межах даної роботи, є *спосіб формалізації за допомогою математичного апарату*. Даний критерій можна вважати основним, адже через підбір математичного інструментарію враховуються усі інші особливості моделювання економічної рівноваги, що розглядалися нами вище. Як видно із таблиці 1, нами виділено наступні види моделей економічної рівноваги за даним критерієм: лінійні, матричні, нелінійні, стохастичні, а також моделі теорії ігор. Наведені види моделей економічної рівноваги у певній мірі відображають загальну логіку еволюції їх змісту, яка обумовлюється розвитком (ускладненням) математичного апарату.

Найбільш простими є лінійні моделі, що мають вигляд системи лінійних рівнянь. Типові приклади лінійних моделей: модель загальної рівноваги Вальраса, павутиноподібна модель ринку окремого товару Маршала.

Сутність динамічної лінійної моделі рівноважного ціноутворення на окремому ринку найчастіше подається у вигляді одного лінійного рівняння (1) [7, с. 202; 12, с. 139]:

$$D_t(p_t) = S_t(p_{t-1}), \quad (1)$$

де  $D_t$  – величина попиту в період часу  $t$  за рівня ціни  $p_t$ ;

$S_t$  – величина пропозиції товару на ринку в період часу  $t$  за рівня ціни минулого часового інтервалу  $p_{t-1}$ .

На основі рівняння (1) різні автори проводять глибинні дослідження властивості моделі: в дискретному випадку – з використанням апарату кінцевих різниць та поняття еластичності попиту і пропозиції, у випадку неперервності функцій попиту та пропозиції – з використанням апарату диференціальних рівнянь. Головним питанням, що досліджується у даному випадку, виступають значення параметрів моделі, за яких ринок має точку стійкої рівноваги.

Лінійні моделі є найбільш простими з точки зору алгебраїчного розв’язку, складність якого підвищується тільки збільшенням кількості змінних та рівнянь. При побудові моделей спираються на принцип “пропорційності впливу” – зміна кожного фактора призводить до пропорційної зміни результуючого показника, при цьому рівень і напрямок такого впливу не залежить від інших змінних факторів моделі.

Основний недолік моделей даного класу – лінійне рівняння – не завжди достатньо адекватно відображає взаємозв'язок між факторами. Тому результати виявляються наближеними, часто носять тільки теоретичний характер. Лінійні моделі були характерні для етапу зародження теорій економічної рівноваги (XVIII-XIX століття), що обумовлювалось недостатністю статистичних даних, нерозвиненістю окремих математичних методів, відносною простотою взаємодій між економічними агентами.

В основі побудови матричних моделей покладено спеціальний апарат матричних перетворень. Типовими моделями матричного типу є моделі міжгалузевого балансу (Леонт'єва, Неймана, Гейла тощо). Оскільки моделюванню підлягають лінійні залежності, деякі автори відносять дані моделі до лінійних, однак ми виділяємо їх в окремий клас, бо більшість тверджень, лем, аналітичних процедур використовують спеціальні поняття та теореми матричного апарату.

Модель Леонт'єва являє собою деталізовану модель росту валового суспільного продукту та національного доходу. Базою для динамічної моделі Леонт'єва є статична модель міжгалузевого балансу в грошовому виразі, яка відображає виробництво і розподіл валового суспільного продукту в галузевому розрізі, міжгалузеві виробничі зв'язки, використання матеріальних і трудових ресурсів, створення та розподіл національного доходу [12, с. 131].

Таблиця “витрати-випуск” характеризує процеси відтворення в економіці за матеріально-речовим та вартісним складом щодо видів економічної діяльності, які ґрунтуються на основі чинних класифікаторів видів економічної діяльності. Таблиця складається з трьох основних складових, так званих квадрантів: проміжне споживання, кінцеве використання, валовий внутрішній продукт [11, с. 583]. У колонках таблиці відображено вартісний склад валового випуску за видами економічної діяльності, а в рядках – використання кожного виду товарів та послуг на проміжне споживання і кінцеве використання. Для кожного виду діяльності загальний обсяг випуску дорівнює обсягу використання.

В основу найсучасніших досліджень структури і динаміки економічних систем покладена статична модель таблиці “витрати-випуск” (ТВВ) у змістовній інтерпретації і математичній постановці. Саме ця модель протягом тривалого часу була і залишається базою для побудови більш “тонких” динамічних моделей ТВВ та вдосконалення методик системи національних рахунків. Особливості формування та застосування динамічних міжгалузевих моделей розглянуто у навчальному посібнику “Моделювання макроекономічної динаміки” [14, с. 145-230].

Класична постановка статичної моделі ТВВ полягає у побудові системи з  $n$  рівнянь з  $n$  невідомими показниками обсягів випуску видів продукції у будь-якій їх класифікації (2):

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i = x_i, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість видів продукції відповідно до видів економічної діяльності;

$i, j$  – поточні індекси видів продукції;

$x_j$  – валовий випуск продукції виду  $j$ ;

$y_i$  – кінцева продукція виду  $i$ ;

$a_{ij}$  – норматив питомих матеріальних витрат продукції виду  $i$  на випуск одиниці продукції виду  $j$ .

У матричній формі зазначену систему рівнянь можна представити у вигляді формули 3:

$$AX + Y = X, \quad (3)$$

де  $A = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$  – квадратна матриця коефіцієнтів прямих матеріальних витрат;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектор випуску валової продукції;

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  – вектор випуску кінцевої продукції.

Аналогічне за математичним апаратом є формування  $\pi$ -моделі динамічного міжгалузевого балансу, моделі Неймана та моделі Гейла.

Класичним прикладом рівняння з нелінійною залежністю змінних є виробнича функція Коба-Дугласа, яка використовується при моделюванні рівноважного економічного зростання (наприклад, у моделі Р. Солоу [15, с. 402]). Виробнича функція має вигляд формули 4 [16, с. 104]:

$$Y = F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (4)$$

де  $A$  – параметр, що вимірює продуктивність наявної технології;

$\alpha$  – стала від нуля до одиниці, що вимірює частку капіталу в доході;

$K, L$  – обсяг капіталу та праці, що задіяні у виробництві.

У рівняннях стохастичних моделей відсутня жорстка функціональна залежність між параметрами (змінними), або функціональний зв'язок враховує випадкові події. Появі стохастичних моделей сприяло нагромадження статистичних даних, що дало дослідникам можливість працювати не лише з абстрактними моделями, але й з реальними параметрами і результатами економічних процесів. З'явилась можливість не тільки корегувати теоретичні моделі, але й враховувати фактори, що мають випадковий характер.

Розглянемо перехід від функціонального рівняння до стохастичного на прикладі макроекономічної моделі неокласиків. Динамічна функція сукупного попиту має вигляд, представлений формулою 5 [8, с. 322]:

$$y_t = y_{t-1} + a\Delta A_t + c\Delta\pi_t^e + h\hat{M}_t - h\pi_t, \quad (5)$$

де  $y_t, y_{t-1}$  – обсяги сукупного попиту за поточний та минулий періоди відповідно;

$A_t$  – незалежний від реальної каси попит на блага, включаючи державні витрати;

$\pi_t$  – темп приросту цін у період  $t$ ;

$\pi_t^e$  – очікуваний темп приросту цін у період  $t$ ;

$\hat{M}_t \equiv (M_t - M_{t-1})/M_{t-1}$  – темп приросту грошової маси;

$a, c, h$  – коефіцієнти.

У моделі нових класиків припускається, що економічні суб'єкти приймають рішення про обсяги сукупного попиту та сукупної пропозиції на основі прогнозу цін у відповідності до концепції раціональних очікувань. В результаті модель стає стохастичною, оскільки в ній з'являється випадкова величина. Сукупний попит в моделі представлений стохастичною динамічною функцією (6):

$$y_t^D = A_t + h(\hat{M}_t - \pi_t) + U_t, \quad (6)$$

де  $U_t$  – стохастична змінна з нульовим очікуванням.

Генерація стохастичних регресійних рівнянь здійснюється на основі часових рядів за допомогою класичного методу найменших квадратів і автокореляційної функції першого порядку, поряд з іншими використовуються лагові та фіктивні зміни [17, с. 644]. Завдання стохастичної стійкості виникають в теорії управління при розгляді систем, на які впливають зовнішні неконтрольовані (випадкові) чинники. Якщо при цьому відома



бажана область роботи системи, то завдання оцінки ймовірності перебування у цій області є досить практичними [18, с. 83].

Останнім видом моделей економічної рівноваги, що розглядаються нами у межах даної роботи, є моделі, побудовані на основі використання спеціального апарату теорії ігор. Теорія ігор – математичний метод вивчення оптимальних стратегій в іграх. Під грою розуміється процес, в якому беруть участь дві і більше сторін, що ведуть боротьбу за реалізацію своїх інтересів. Кожна із сторін має свою мету і використовує деяку стратегію, яка може вести до виграшу чи програшу – в залежності від поведінки інших гравців. Теорія ігор допомагає обрати найкращі стратегії в залежності від уявлень про інших гравців, їх ресурси та можливі вчинки. Теорія ігор вважається розділом прикладної математики. Найчастіше методи теорії ігор використовуються в економіці, рідше – в інших суспільних науках. Нобелівськими лауреатами з економіки за результати у сфері теорії ігор були: Роберт Ауманн, Томас Шеллінг, Райнхард Зелтен, Джон Неш, Джон Харсаньї. Причому останні три науковці отримали нобелівську премію із наступним формулюванням: “за аналіз рівноваги в теорії некоаліційних ігор”.

Особливість застосування даного апарату проявляється вже у формулюванні задачі, яка описується шляхом визначення суб’єктного складу моделі (“гравців”) та умов взаємодії між ними. Найбільш суттєвими умовами при цьому є: сукупність можливих дій суб’єкта-гравця (“поле поведінки”), його мета (“умови виграшу”) та доступне інформаційне поле. Приклад “умови гри” в моделі рівноваги Бертрана:

- на ринку діють принаймні дві фірми, що виробляють однорідний продукт (суб’єктний склад гравців);
- фірми ведуть себе некооперативно і конкурують: встановлюють незалежно і одночасно ціну на свою продукцію (“поле поведінки”);
- функція попиту лінійна, граничні витрати фірм однакові та постійні (загальні умови дії агентів);
- кожна фірма намагається максимізувати свій прибуток (“умови виграшу”).

Задача з таким формулюванням вирішується шляхом пошуку “стратегії” максимально ефективних дій кожного “гравця” (наприклад, прикладні моделі теорії контрактів тощо), або шляхом визначення параметрів системи, за яких існує рівноважна сукупність стратегій всіх “гравців” (наприклад, теоретичні моделі рівноваги ринку олігополії).

У моделях теорії ігор також широко використовуються детерміновані стратегії певної групи суб’єктів, які виступають додатковими умовами моделі і визначають її загальноекономічну суть.

**Висновки.** Підходи до моделювання рівноваги еволюціонували у діалектичному взаємозв’язку із розвитком економічних відносин. По-перше, даний процес обумовлювався тим, що моделі, які формалізували взаємозв’язки в межах певної соціально-економічної парадигми, у нових соціально-економічних реаліях не могли достовірно описати стан економічної системи. По-друге, змінювались цілі та завдання досліджень, а також удосконалювався математичний апарат, що дозволяв вирішувати нові (більш складні) завдання.

Проаналізовані у статті приклади моделей економічної рівноваги дають змогу зробити висновок щодо циклічного розвитку моделей. У загальному вигляді логіка циклічного розвитку моделей рівноваги може бути представлена трьома етапами:

- 1) розробка ідеальної (або наближеної до ідеальної) моделі економічної рівноваги на основі нової теоретичної концепції;
- 2) роботи вчених щодо подальшого розвитку моделі за наступними напрямками: підтвердження статистичними даними; перехід до стохастичних рівнянь; врахування більшої кількості параметрів, факторів, змінних; розширення напрямків використання моделі;
- 3) зниження ефективності подальшого застосування моделі через її ускладнення, вимоги щодо наявності широкої статистичної бази показників та зміни соціально-економічних умов.

Підсумовуючи викладений матеріал, необхідно підкреслити, що економіко-математичні моделі, зокрема моделі економічної рівноваги, не можуть бути єдиним інструментом дослідження та прогнозування економічних процесів. Як справедливо зазначає у статті в

авторитетному виданні Financial Times Роберт Сکیدельський (Robert Skidelsky) [19], використовуючи різноманітні математичні моделі, вчені не змогли вчасно передбачити світову фінансову кризу та спрогнозувати її масштаби.

Основними причинами відсутності достовірних наукових передбачень фінансової кризи він вважає значну суб'єктивність процесу прийняття економічних рішень, яка ускладнює формалізацію економічних процесів на основі математичних моделей. Дане твердження стосується перш за все макроекономічного рівня, коли економічні тенденції складаються внаслідок впливу економічних рішень багатьох індивідумів.

Враховуючи зазначене вище, автор статті робить висновок, що для більш глибокого розуміння та прогнозування економічних процесів необхідно поєднувати використання (перш за все на мікрорівні) математичного апарату із знаннями, які ґрунтуються на вивченні суспільних (гуманітарних) наук: філософії, політології, соціології і т.д.

#### *Список літератури*

1. Экономическая энциклопедия / Науч.-ред. совет изд-ва “Экономика”; Ин-т экон. РАН; Гл. ред. Абалкин. – М. : ОАО “Издательство “Экономика”, 1999. – 1055 с.
2. Економічна енциклопедія : у трьох томах. Т. 3. – К. : Видавничий центр “Академія” 2002. – 952 с.
3. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь. – 4-е изд., перераб. и доп. / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 480 с.
4. Макроекономіка : навч. посіб. / О. І. Пономаренко, М. О. Перестюк, В. М. Бурим. – К. : Вища шк., 2004. – 207 с.
5. Замков О. О. Математические методы в экономике : учебник / О. О. Замков, А. В. Толстопятенко, Ю. Н. Черемных. – 2-е изд. – М. : Издательство “Дело и Сервис”, 1999. – 368 с.
6. Задоя А. А. Макроекономіка : ученик ; 3-е изд., перераб. и доп. / А. А. Задоя, Ю. Е. Петруня. – К. : Знання, КОО, 2008. – 381 с.
7. Базилевич В. Д. Макроекономіка : підручник / За ред. В. Д. Базилевича ; 4-те вид., перероб. і доп. / В. Д. Базилевич, К. С. Базилевич, Л. О. Баластрик. – К. : Знання, 2008. – 743 с.
8. Макроекономіка : учебник / общая редакция Л. С. Тарасевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 1997. – 719 с.
9. Ковальчук В. М. Історія економіки та економічної думки / В. М. Ковальчук, М. В. Лазарович, М. І. Сарай. – К. : Знання, 2008. – 647 с.
10. Корнійчук Л. Я. Історія економічних учень / за ред. Л. Я. Корнійчук, Н. О. Татаренко / Л. Я. Корнійчук. – К. : КНЕУ, 2001. – 564 с.
11. Петрик О. Динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги: сутність, досвід використання в центральних банках / О. Петрик, Ю. Шоломоцький // Банківська справа. – 2007. – № 4. – С. 43–49.
12. Дорнбуш Р. Макроекономіка ; пер. с англ. / Р. Дорнбуш, С. Фишер. – М. : Изд-во МГУ: ИНФРА-М, 1997. – 784 с.
13. Агапова Т. А. Макроекономіка : учебник / под общей редакцией профессора, д.э.н. А. В. Сидоровича / Т. А. Агапова, С. Ф. Серегина. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, Издательство “ДИС”, 1997. – 416 с.
14. Кочура Є. В. Моделювання макроекономічної динаміки / Є. В. Кочура, В. М. Косарів. – К. : Центр навчальної літератури, 2003. – 236 с.
15. Ивашовский С. Н. Макроекономіка : учебник – 2-е изд., испр., доп. / С. Н. Ивашовский. – М. : Дело, 2002. – 472 с.
16. Грегорі Манків Н. Макроекономіка ; пер. з англ. / Н. Грегорі Манків. – К. : Основи, 2002. – 588 с.
17. Мельник А. Ф. Макроекономіка та макроекономічна політика : навч. посіб. / А. Ф. Мельник. – К. : Знання, 2008. – 699 с.
18. Клебанова Т. С. Моделирование экономической динамики : учебное пособие / Клебанова Т. С. и др. – 2-е изд. – Х. : “Инжек”, 2005. – 244 с.
19. Robert Skidelsky. How to rebuild a newly shamed subject / Robert Skidelsky [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.ft.com](http://www.ft.com).

#### *Summary*

In the article generalized scientific approaches to forming of economic equilibrium models, classification of these models is conducted, logic of their genesis is certain.

Отримано 28.10.2009