

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Навчально-науковий інститут Економіки та менеджменту  
Кафедра економічної кібернетики

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до виконання курсової роботи з дисципліни  
«Моделювання економіки»  
для студентів денної форми навчання спеціальності  
6.050302 "Економічна кібернетика"

КИЇВ-2016

УДК 004.896:33(076.5)

ББК В183.16р

173

Укладач: Кудрицька Ж.В.

Затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики Навчально-науковий інститут Економіки та менеджменту НАУ (протокол №15 від 07 листопада 2016 р.), ухвалено Вченою радою ННІЕМ НАУ (протокол №3 від 14 листопада 2016 р.).

Моделювання економіки: Методичні вказівки до виконання курсової роботи / Уклад.: Ж.В. Кудрицька: - К.: НАУ, 2016. – 55с.

Методичні вказівки містять рекомендації до виконання курсової роботи з дисципліни «Моделювання економіки» для студентів денної форми навчання спеціальності 6.050302 «Економічна кібернетика».

## ЗМІСТ

1. Основні вимоги та рекомендації до написання курсової роботи.....	4
1.1. Загальні характеристики курсової роботи.....	5
1.2. Послідовність виконання курсової роботи.....	6
1.3. Підготовчий етап роботи над курсовою роботою .....	7
1.4. Робота над текстом курсової роботи.....	9
1.5. Заключний етап роботи над курсовою роботою.....	11
1.6. Підготовка студента до захисту курсової роботи.....	15
2. Економіка як об'єкт моделювання .....	15
2.1. Деякі аспекти характеристики економіки та її структури як об'єкта моделювання.....	15
2.2. Економічні колізії та моделювання економіки.....	31
2.3. Проблеми методології макроекономічного аналізу.....	35
2.4. Еволюційна економіка.....	37
2.5. Синергетична економіка.....	49
2.6. Економіка як складна система з внутрішньо притаманним ризиком.....	40
2.7. Системні властивості економічних рішень.....	46
3. Тематика курсових робіт .....	48
3.1 Теоретична частина.....	48
3.2. Практична частина.....	52
4. Література.....	54

## **1. Основні вимоги та рекомендації до написання курсової роботи**

Економіко-математичне моделювання застосовують для вивчення закономірностей розвитку соціально-економічних систем. Математичне моделювання є джерелом інформації про економічні об'єкти чи явища, оскільки відображає з певною точністю реальні процеси, які відбуваються у суспільстві. Без володіння економіко-математичними методами не можливо у сучасних умовах ринкової економіки здійснювати прогнозування і прийняття ефективних управлінських рішень, які спрямовані на оптимальне використання наявних трудових, фінансових, матеріальних та інформаційних ресурсів. Основним інструментом для вивчення економіки виступає метод моделювання, який на основі принципу аналогії дає можливість властивості об'єктів і процесів.

Засвоєння курсу «Моделювання економіки» студентами спеціальності «Економічна кібернетика» передбачає виконання курсової роботи.

Курсова робота складається з теоретичної та практичної частин. Тема теоретичної частини обирається з переліку тем за двома останніми цифрами залікової книжки студента. Номер варіанту практичної частини відповідає останній цифрі залікової книжки.

### ***1.1. Загальні характеристики курсової роботи***

У професійній підготовці спеціаліста економічного профілю значну роль відіграє написання студентом курсових робіт.

*Курсова робота* – це самостійне навчально-наукове дослідження студента, яке виконується з певного курсу або з окремих його розділів.

Згідно з Положенням про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах України, курсова робота виконується з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання, та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового

завдання.

Тематика курсових робіт має відповідати завданням навчальної дисципліни і тісно пов'язуватися з практичними потребами конкретного фаху. Вона затверджується на засіданні кафедри. Виконання курсових робіт визначається графіком.

Курсова робота допомагає студентові систематизувати отримані теоретичні знання з вивченої дисципліни, перевірити якість цих знань: оволодіти первинними навичками проведення сучасних досліджень. Уже на цій першій творчій спробі можна виявити здатність студента самостійно осмислити проблему, творчо, критично її дослідити; вміння збирати, аналізувати і систематизувати літературні (архівні) джерела; здатність застосувати отримані знання при вирішенні практичних завдань; формулювати висновки, пропозиції і рекомендації з предмета дослідження. Випадає й слухна можливість проконтролювати вміння студента правильно організувати свою дослідницьку роботу та оформити її результати.

Курсова робота як самостійне навчально-наукове дослідження має виявити рівень загальнонаукової та спеціальної підготовки студента, його здатність застосовувати одержані знання під час вирішення конкретних проблем, його схильність до аналізу та самостійного узагальнення матеріалу з теми дослідження. Студент вибирає тему курсової роботи згідно останньої цифри номеру залікової книжки з числі тем, визначених випускними кафедрами навчального закладу. Тематика курсових робіт щорічно коригується з урахуванням набутого на кафедрах досвіду.

Керівництво курсовими роботами здійснюється кваліфікованими викладачами. Організація і контроль за процесом підготовки й захисту курсових робіт покладається на завідуючих кафедрами.

Незалежно від теми, структура курсової роботи має бути такою: титульний аркуш; зміст; перелік умовних позначень (при необхідності); вступ; кілька розділів (підрозділів), що розкривають теорію питання та досвід практичної роботи; висновки; список використаної літератури; додатки.

Текст курсової роботи можна використати для наступного написання та оформлення доповіді, реферату, статті,

тез доповіді та ін.

### ***Послідовність виконання курсової роботи***

Курсова робота має свою специфіку, її деталі завжди потрібно узгоджувати з науковим керівником.

Раціональніше організувати роботу над курсовою роботою, правильно розподілити свій час, спланувати його, глибоко і своєчасно розробити вибрану тему допоможе *алгоритм написання курсової роботи*. Він дисциплінує виконавця, лімітує термін, відведений на вибір теми, підбір та аналіз літератури з теми дослідження, написання, оформлення і захист курсової роботи.

Курсову роботу доцільно виконувати в такій послідовності:

- 1) вибір теми, ознайомлення з нею, її обґрунтування;
- 2) виявлення та відбір літератури з теми;
- 3) з'ясування об'єкта, предмета, визначення мети та завдань дослідження;
- 4) виявлення і відбір літератури з теми, її вивчення;
- 5) складання попереднього плану, узгодження його з керівником;
- 6) викладання тексту роботи згідно з її структурою;
- 7) виклад теорії і методики;
- 8) формування висновків і рекомендацій;
- 9) написання вступу та огляду літератури з теми дослідження;
- 10) оформлення списку використаних джерел та додатків;
- 11) усунення зауважень, врахування рекомендацій наукового керівника;
- 12) доопрацювання роботи, остаточне редагування тексту, підготовка до захисту.

Потім здійснюється літературне й технічне оформлення роботи, її рецензування, підготовка до захисту і захист курсової роботи.

Виконання курсової роботи організується відповідно до графіка, затвердженого кафедрою та деканатом.

Процес роботи над дослідженням поділяється на три основні етапи:

- підготовчий;

- етап роботи над змістом;
- заключний етап.

### ***1.3. Підготовчий етап роботи над курсовою роботою***

Цей етап починається з *вибору теми* курсової роботи, її осмислення та обґрунтування. Разом із керівником необхідно визначити межі розкриття теми та перелік установ, досвід роботи яких буде висвітлюватись у дослідженні.

При з'ясуванні *об'єкта, предмета і мети* дослідження необхідно зважати на те, що між ними і темою курсової роботи є системні логічні зв'язки.

*Об'єктом дослідження* є вся сукупність відношень різних аспектів теорії і практики науки, яка слугує джерелом необхідної для дослідника інформації.

*Предмет дослідження* – це тільки ті суттєві зв'язки та відношення, які підлягають безпосередньому вивченню в даній роботі, є головними, визначальними для конкретного дослідження. Таким чином, предмет дослідження є вужчим, ніж об'єкт.

Визначаючи об'єкт, треба знайти відповідь на запитання: що розглядається? Разом з тим предмет визначає аспект розгляду, дає уявлення про зміст розгляду об'єкта дослідження, про те, які нові відношення, властивості, аспекти і функції об'єкта розкриваються. Іншими словами, об'єктом виступає те, що досліджується. А предметом – те, що в цьому об'єкті має наукове пояснення.

Правильне, науково обґрунтоване визначення об'єкта дослідження - це не формальна, а суттєва, змістова наукова акція, зорієнтована на виявлення місця і значення предмета дослідження в більш цілісному і широкому понятті дослідження. Треба знати, що *об'єкт дослідження* – це частина об'єктивної реальності, яка на даному етапі стає предметом практичної і теоретичної діяльності людини як соціальної істоти (суб'єкта). *Предмет дослідження* є таким його елементом, який включає сукупність властивостей і відношень об'єкта, опосередкованих людиною (суб'єктом) у процесі дослідження з певною метою в конкретних умовах.

*Мета дослідження* пов'язана з об'єктом і предметом

дослідження, а також з його кінцевим результатом і шляхом його досягнення. Кінцевий результат дослідження передбачає вирішення студентами проблемної ситуації, яка відображає суперечність між типовим станом об'єкта дослідження в реальній практиці і вимогами суспільства до його більш ефективного функціонування. Кінцевий результат відображає очікуваний від виконання позитивний ефект, який формулюється двоступенева: перша частина – у вигляді суспільної корисності; друга – у вигляді конкретної користі, віднесеної до основного предмета дослідження.

Наявність поставленої мети дослідження дозволяє визначити *завдання дослідження*, які можуть включати такі складові:

- вирішення певних теоретичних питань, які входять до загальної проблеми дослідження (наприклад, виявлення сутності понять, явищ, процесів, подальше вдосконалення їх вивчення, розробка ознак, рівнів функціонування, критеріїв ефективності, принципів та умов застосування тощо);
- всебічне (за необхідності й експериментальне) вивчення практики вирішення даної проблеми, виявлення її типового стану, недоліків і труднощів, їх причин, типових особливостей передового досвіду: таке вивчення дає змогу уточнити, перевірити дані, опубліковані в спеціальних неперіодичних і періодичних виданнях, підняти їх на рівень наукових фактів, обґрунтованих у процесі спеціального дослідження ;
- обґрунтування необхідної системи заходів щодо вирішення даної проблеми;
- експериментальна перевірка запропонованої системи заходів щодо відповідності її критеріям оптимальності, тобто досягнення максимально важливих у відповідних умовах результатів вирішення цієї проблеми при певних затратах часу і зусиль;
- розробка методичних рекомендації та пропозицій щодо використання результатів дослідження у практиці роботи відповідних установ (організацій).

Виконання завдань дослідження неможливе без *ознайомлення з основними літературними (а можливо, й*



*архівними*) джерелами з теми курсової роботи. З метою повного їх виявлення необхідно використовувати різні джерела пошуку: каталоги і картотеки кафедр та бібліотеки вищого навчального закладу, а також провідних наукових бібліотек міста, бібліотечні посібники, при книжні та при статейні списки літератури, виноски і посилання в підручниках, монографіях, словниках та ін., покажчики змісту річних комплектів спеціальних періодичних видань.

Підчас джерелознавчих пошуків необхідно з'ясувати *стан вивченості обраної теми* сучасною наукою, щоб не повторювати в роботі загальновідомих істин, конкретніше точніше визначити напрями та основні розподіли свого дослідження.

#### ***1.4. Робота над текстом курсової роботи***

Другий етап починається з вивчення літератури з теми курсової роботи. Вивчення літератури треба починати з праць, де проблема відображається в цілому, а потім перейти до вузких досліджень. Починати ознайомлення з виданням треба з титульного аркуша, з'ясувавши, де, ким, коли воно було видано. Треба переглянути зміст, який розкриває структуру видання, наповнення його розділів, звернутися до передмови, де розкрито призначення видання, завдання, поставлені в ньому автором.

Читаючи видання, треба уважно стежити за ходом авторської думки, вміти відрізнити головні положення від доказів й ілюстративного матеріалу. Часто статті з наукових збірків складні для сприйняття, тому необхідно їх читати кілька разів, намагаючись виділити головну ідею та аргументи, якими автор її доводить. З'ясовуючи це, треба виписати всі необхідні цитати, цифри, факти, умови, аргументи, якими оперує автор, доводячи основну ідею статті.

Процес уточнення структури курсової роботи складений і може тривати протягом усього дослідження. *Попередній план роботи* треба обов'язково показати науковому керівникові, оскільки може статися, що потрібно буде переписувати текст роботи.

Готуючись до *викладання тексту курсової роботи*, доцільно ще раз уважно прочитати її назву, що містить

проблему, яка повинна бути розкрита. Проаналізований та систематизований матеріал викладається відповідно до змісту у вигляді окремих розділів і підрозділів (глав і параграфів). Кожний розділ (глава) висвітлює самостійне питання, а підрозділ (параграф) – окрему частину цього питання.

Тема має бути розкрита без пропуску логічних ланок, тому починаючи працювати над розділом, треба відмітити його головну ідею, а також тези кожного підрозділу. Тези необхідно підтверджувати фактами, думками різних авторів, результатами анкетування та експерименту, аналізом конкретного практичного досвіду. Треба уникати безсистемного викладення фактів без достатнього їх осмислення та узагальнення.

Думки мають бути пов'язані між собою логічно, увесь текст має бути підпорядкований одній головній ідеї. Один висновок не повинен суперечити іншому, а підкріплювати його. Якщо висновки не будуть пов'язані між собою, текст втратить свою єдність. Один доказ має впливати з іншого.

Щодо кожного розділу (глави) роботи необхідно зробити висновки, на основі яких формулюють висновки до всієї роботи в цілому.

Достовірність висновків загалом підтверджується *вивченням практичного досвіду роботи* конкретних установ, щодо яких проводиться дослідження. Оперативно і в повному обсязі зібрати практичний матеріал, узагальнюючи його та систематизувати допоможе оволодіння студентом основними *методами дослідження*: спостереженням, експериментом, бесідою, анкетуванням, інтерв'ю, математичними методами обробки кількісних даних, методом порівняльного аналізу та ін. найкращих результатів можна досягти при комплексному використанні цих методів, проте слід мати на увазі, що залежно від особливостей теми дослідження, специфіки предмета і конкретних умов окремі методи можуть набути переважного значення.

Накопичуючи та систематизуючи факти, треба вміти визначити їх достовірність і типовість, найсуттєвіші ознаки для наукової характеристики, аналізу, порівняння. Аналіз зібраних матеріалів слід проводити у сукупності, з урахуванням усіх сторін відповідної сфери діяльності (чи установи). Порівняльний аналіз допомагає виділити головне, типове в

питаннях, що розглядаються, простежити зміни, що сталися в роботі установ протягом останніх років, виявити закономірності, проаналізувати причини труднощів у їх функціонуванні, визначити тенденції та перспективи подальшого розвитку.

Кількісні дані, що ілюструють практичний досвід роботи, можна проаналізувати за методом ранжованого ряду, розподіливши матеріали за роками, звівши їх у статистичні таблиці, таблиці для порівняння та ін., що дозволить зробити конкретні висновки.

Таким чином, широке використання відомих у науці методів накопичення, вивчення, систематизації фактів та практичного досвіду в цілому дасть змогу виконати основне завдання курсового дослідження: поєднати різні роз'єднані знання в цілісну систему, вивести певні закономірності, визначити подальші тенденції розвитку теорії та практики відповідної сфери діяльності.

### ***1.5. Заключний етап роботи над курсовою роботою***

На цьому етапі передбачається написання студентом вступу та висновків до курсової роботи, оформлення списку літератури та додатків, редагування тексту, його доопрацювання з урахуванням зауважень наукового керівника, підготовка роботи до захисту.

Вступ доцільно писати після того, як написана основна частина курсової роботи. У вступі обґрунтовується актуальність теми, що вивчається, її практична значущість; визначаються, об'єкт, предмет, мета і завдання дослідження; розглядаються методи, за допомогою яких воно проводилось і розкривається структура роботи, її основний зміст. Якщо студент вирішив не торкатися деяких аспектів теми, він повинен зазначити про це у вступі.

Обов'язковою частиною вступу є огляд літератури з теми дослідження, в який включають найбільш цінні, актуальні роботи (10-15 джерел). Огляд має бути систематизованим аналізом теоретичної, методичної й практичної новизни, значущості, переваг та недоліків розглядуваних робіт, які доцільно згрупувати таким чином: роботи, що висвітлюють

історію розвитку проблеми, теоретичні роботи, які повністю присвячені темі, потім ті, що розкривають тему частково. В огляді не слід наводити повний бібліографічний опис публікацій, що аналізуються, достатньо назвати автора й назву, а поруч у квадратних дужках проставити порядковий номер бібліографічного запису цієї роботи в списку літератури. Закінчити огляд треба коротким висновком про ступінь висвітленості в літературі основних аспектів теми.

Логічним завершенням курсової роботи є *висновки*. Головна їх мета – підсумки проведеної роботи. Висновки подаються у вигляді окремих лаконічних положень, методичних рекомендацій. Дуже важливо, щоб вони відповідали поставленим завданням. У висновках необхідно зазначити не тільки те позитивне, що вдалося виявити в результаті вивчення теми, а й недоліки та проблеми, а також конкретні рекомендації щодо їх усунення. Основна вимога до заключної частини – не повторювати змісту вступу, основної частини роботи і висновків, зроблених у розділах.

Список використаної літератури складається на основі робочої картотеки і відображає обсяг використаних джерел та ступінь вивченості досліджуваної теми, є «візитною карткою» автора роботи, його професійним обличчям, свідчить про рівень володіння навичками роботи з науковою літературою. «Список...» повинен містити бібліографічний опис джерел, використаних студентом під час роботи над темою. Укладаючи його, необхідно додержуватися вимог державного стандарту. Кожний бібліографічний запис треба починати з нового рядка, літературу слід розташовувати в алфавітному порядку авторів та назв праць, спочатку видання українською мовою, потім – іноземними. Бібліографічні записи в «Списку...» повинні мати порядкову нумерацію. У тексті роботи слід давати у квадратних дужках посилання на номери списку. Якщо необхідно вказати номер сторінки, її ставлять через кому після номера видання.

Завершуючи написання курсової роботи, необхідно систематизувати ілюстративний матеріал. Ілюстрації можна подавати у тексті або оформляти у вигляді додатків. Усі *додатки* повинні мати порядкову нумерацію та назви, що відповідають їхньому змісту. Нумерація аркушів з додатками продовжує загальну нумерацію сторінок основного тексту

роботи. Обсяг курсової роботи має

Бути в межах 40 сторінок машинопису без урахування додатків і списку літератури.

Літературне оформлення курсової роботи є важливим елементом її використання і одним із багатьох чинників, на які зважає комісія при оцінюванні під час захисту. Передусім звертається увага на змістовний аспект викладу матеріалу (логічність і послідовність, повнота і репрезентативність, тобто широта використання наукових джерел, загальна грамотність та відповідність стандартам і (прийнятим правилам), а також на текст роботи, список літератури і додатки, на зовнішнє оформлення титульного аркуша.

Оформляючи текст роботи, треба знайти час для повторного перегляду першоджерел. Це допоможе побачити все цінне, що було пропущено на початку вивчення теми, наштовхне на цікаві думки, поглибить розуміння проблеми.

Доцільно відкласти текст і повернутися до цього через деякий час, щоб подивитися на роботу очима сторонньої особи. Весь цей час не слід читати щось із теми роботи, але постійно думати над нею. У цей період, коли тема вивчена та викладена, з'являються власні думки, власна оцінка та розуміння проблеми – неодмінна умова поліпшення структури і змісту роботи.

Під час редагування тексту бажано прочитати роботу вголос, що дозволить побачити можливу непереконливість доказів та уникнути цього. Не треба боятися скорочувати написане – від цього текст тільки виграє. Під час підготовки слід ретельно відредагувати кожне речення, звернути увагу на вибір необхідних формулювань. Як б просто і чітко, коротко й доступно виражали зміст викладених питань. Не варто послуговуватися складними синтаксичними конструкціями – вони часом слабо зв'язані між собою логічно, місять двозначні тлумачення тощо.

У курсовій роботі необхідно прагнути дотримуватися прийнятої термінології, позначень, умовних скорочень і символів, не рекомендується вживати слова і вирази-штампи, вести виклад від першої особи: «Я спостерігав», «Я вважаю», «Мені здається», «На мою думку», «Ми отримуємо», «Ми спостерігаємо». Слід уникати в тексті частих прізвищ (учених-дослідників, практиків) ініціали як правило, ставляться перед

прізвищем.

Завдання студента – в призначений термін подати курсову роботу керівникові для перевірки. Вважається нормою, коли курсова робота переробляється кілька разів. Навіть досвідчені автори неодноразово допрацьовують свої роботи.

До формувань заголовків (назв) розділів (глав) і підрозділів (параграфів) курсової роботи висуваються такі основні вимоги: стислість, чіткість і синтактична різноманітність у побудові речень, з переваженням простих, поширених, послідовне та точне відображення внутрішньої логіки змісту роботи.

Розділи і підрозділи прийнято нумерувати арабськими цифрами. Параграфи (підрозділи) нумерують окремо в кожному розділі. Позначення розділів (глав); параграфів і їхні порядкові номери пишуть в одному рядку з заголовком; причому в кінці крапка не ставиться.

Сторінки роботи повинні мати поля: ліве -30мм, зверху – 20мм, праве – 10мм, знизу – 25 мм. Таблиці, малюнки, схеми, графіки та інші ілюстративні матеріали як у тексті роботи, так і в додатках слід виконувати на стандартних аркушах (270x297мм) або наклеювати на стандартні білі і аркуші.

Усі сторінки роботи нумеруються від титульної до останньої без пропусків або літерних додатків. Першою сторінкою вважається титульний аркуш, на ній цифра 1 не ставиться, другою вважається сторінка, що містить «зміст», на ній цифра 2 не ставиться, на наступній сторінці проставляється цифра 3 і далі згідно х порядком. Порядковий номер сторінки проставляється посередині верхнього поля.

Курсова робота відкривається титульним аркушем. На ньому вказуються міністерство, назва навчального закладу, в якому виконувалася робота, назва кафедри, на який вона виконувалась, повна назва теми роботи, прізвище та ініціали студента, курс, група, факультет, де він навчається, прізвище, ініціали, вчене звання наукового керівника, рік, і місце виконання роботи.

На наступній сторінці розміщується зміст із позначенням сторінок, на яких кожний з елементів плану викладений у роботі. Всі розділи і підрозділи, що є у плані, мають бути виділені в тексті заголовками та підзаголовками.

## ***1.6. Підготовка студента до захисту курсової роботи***

Захист курсової роботи проводиться відповідно до графіка, затвердженого кафедрою, в присутності комісії у складі керівника та двох- трьох членів кафедри.

Процедура захисту включає:

- доповідь студента про зміст роботи;
- запитання до автора;
- відповіді студента на запитання членів комісії;
- заключне слово студента;
- рішення комісії про оцінку роботи.

Вступне слово необхідно підготувати заздалегідь у формі виступу, в якому доцільно висвітлити такі важливі питання: обґрунтування актуальності теми дослідження; мета, завдання, об'єкт, предмет дослідження, що вдалося встановити, виявити, довести; якими методами це досягнуто; елементи новизни у теоретичних положеннях та в практичних рекомендаціях; з якими труднощами довелося зіткнутися в процесі дослідження, які положення не знайшли підтвердження. У вступі мають міститися також відповіді на основні зауваження наукового керівника. Доповідь студента не повинна перевищувати за часом 10-15 хвилин. Під час захисту курсової роботи студент зобов'язаний дати вичерпні відповіді на всі зауваження.

Оцінка за курсову роботу заноситься до залікової книжки студента та в екзаменаційну відомість. При визначенні оцінки слід зважати на якість роботи, рівень наукової та практичної підготовки студента.

Захищені курсові роботи здаються на випускову кафедру і зберігаються на кафедрі протягом 1 року.

## **2. Економіка як об'єкт моделювання**

### ***2.1. Деякі аспекти характеристики економіки та її структури як об'єкта моделювання***

Основне призначення економіки — забезпечення

суспільства предметами споживання та послугами, котрі створюють умови для життя та безпеки людини, родини, суспільства, країни. У зв'язку з цим є сенс розглядати, досліджувати та моделювати соціально-економічні системи.

Зазначимо, що під соціально-економічною системою мають на увазі складну ймовірнісну динамічну систему, що охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу й споживання матеріальних та інших благ. Соціально-економічні системи належать до класу кібернетичних, тобто керованих, систем.

Економіка складається з елементів — господарських одиниць (підприємств, фірм, банків тощо). Надсистема економіки — природа та суспільство, дві її головні підсистеми — виробнича та фінансово-кредитна.

Об'єкт вивчення дисципліни «Моделювання економіки» — соціально-економічні системи, економіка та її підрозділи, окремі господарські одиниці, процеси, які в них відбуваються.

Предмет дисципліни — методологія та методика моделювання, математичні моделі реальних економічних (соціально-економічних) об'єктів та їх аналіз.

Методами, що їх використовують у моделюванні економіки (соціально-економічних систем), є синергетичний і системний аналіз економіки як складної нестабільної динамічної системи.

Центральним поняттям кібернетики є поняття «система». Єдиного означення цього поняття поки що не існує; можливим є таке формулювання: системою називають комплекс взаємопов'язаних елементів разом із відношеннями між цими елементами та між їхніми атрибутами, які спільно реалізують певні цілі.

Досліджувану множину елементів можна розглядати як систему, якщо вона характеризується такими ознаками:

1) цілісність системи, тобто принципова незведеність властивостей системи до суми властивостей окремих її елементів;

2) наявність цілей і критеріїв щодо дослідження даної множини елементів;

3) наявність більш загальної — зовнішньої стосовно до даної системи, котру називають «надсистемою», чи «середовищем».



4) можливість виокремлення в даній системі певних частин («підсистем»).

Основним інструментальним та ефективним методом дослідження систем є метод моделювання, тобто спосіб теоретичних і практичних дій, спрямованих на створення та використання моделей. А під моделлю можна розуміти образ реального об'єкта (процесу) в матеріальній чи ідеальній формі (тобто такий, який описано знаковими засобами певною мовою), що відображає суттєві властивості модельованого об'єкта (процесу) й заміщує його в ході дослідження й управління. Метод моделювання ґрунтується на принципі аналогії, тобто можливостях вивчення реального об'єкта не безпосередньо, а шляхом дослідження подібного йому й більш доступного цьому дослідженню об'єкта — його моделі. У подальшому йтиметься лише про економіко-математичне моделювання, тобто про опис соціально-економічних систем знаковими математичними засобами.

Практичними завданнями економіко-математичного моделювання є: по-перше, аналіз економічних об'єктів і процесів; по-друге, економічне прогнозування, передбачення розвитку економічних процесів; по-третє, вироблення управлінських рішень на всіх рівнях господарської ієрархії управління.

Зазначимо, що не в усіх випадках дані, отримані в результаті економіко-математичного моделювання, можуть використовуватися безпосередньо як готові управлінські рішення. Швидше всього вони можуть розглядатись як «консультуючі» засоби. Прийняття управлінських рішень залишається за людиною. Отже, економіко-математичне моделювання є лише однією з важливих компонент у людино-машинних системах аналізу, планування й управління економічними системами. Воно спрямоване на отримання нових знань про об'єкт дослідження.

Одним із важливих аспектів у економіко-математичному моделюванні, як і в інших концепціях моделювання, є поняття адекватності моделі, тобто відповідності моделі модельованому об'єктові чи процесові. Адекватність моделі — дещо умовне поняття, оскільки повної відповідності моделі реальному об'єктові не може бути. Це є характерним і для економіко-

математичного моделювання. Йдеться не просто про адекватність, а про відповідність тим властивостям, які вважаються суттєвими для дослідника, відповідають меті дослідження та усталеній системі гіпотез. Зазначимо, що перевірка адекватності економіко-математичних моделей не є простою. Вона обтяжена складністю вимірювання економічних величин. Але без такої перевірки застосування результатів моделювання в аналізі та управлінських рішеннях може не лише виявитися малокорисним, а й призвести до негативних наслідків.

Соціально-економічні системи належать, як правило, до так званих складних систем. Складним системам притаманна низка властивостей, які потрібно враховувати в їх моделюванні, інакше неможливо твердити про адекватність побудованої моделі. Серед цих властивостей зазначимо, зокрема, такі:

емерджентність як прояв у найяскравішій формі властивості цілісності системи, тобто наявність у економічній системі таких властивостей, які не є притаманними жодному з її елементів, котрий розглядається окремо, поза системою. Емерджентність — це результат виникнення між елементами системи так званих синергетичних зв'язків, які забезпечують збільшення загального ефекту до більших обсягів, ніж сума ефектів окремо взятих елементів системи, що діють (функціонують) незалежно. Тому соціально-економічні системи потрібно досліджувати й моделювати зважаючи на синергізм;

динамічність економічних процесів, що полягає в зміні у часі параметрів і структури економічних систем під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх чинників (навколишнього середовища);

невизначеність щодо розвитку економічних явищ (процесів). Економічні явища та процеси мають нелінійний, випадковий характер. Невизначеність іманентно притаманна економічним системам, тому для вивчення їх потрібно застосовувати економіко-математичні моделі на базі теорії ймовірностей і математичної статистики, а також на базі теорії нечітких (розпливчастих) множин тощо. Важливою також є розбудова ризикології (науки про економічний ризик) тощо;

неможливість ізолювати процеси, котрі здійснюються в економічних системах незалежно від процесів у навколишньому

середовищі, з тим щоб спостерігати та досліджувати їх окремо; активна реакція на нові чинники, що з'являються. Спроможність соціально-економічних систем до активних, не завжди передбачуваних дій залежно від ставлення суб'єктів управління та самої системи загалом до цих чинників, способів і методів їх впливу тощо.

Як зазначається в низці наукових праць, доцільно звернути увагу на такі дві особливості економіки як об'єкта моделювання:

В економіці неможливо використовувати моделі подібності, котрі широко застосовуються в техніці. Неможливо побудувати точну копію економічної системи в масштабі 1:1000 і на ній моделювати різні варіанти економічної політики.

В економіці можливості локальних економічних експериментів гранично обмежені, оскільки всі її складові тісно взаємопов'язані, а отже, «чистий» експеримент є практично неможливим.

Залишається спиратися на власний досвід, досвід інших країн, безпосередні експерименти зі всією економікою та на математичне моделювання.

Досвід як інших країн, так і власний важко переоцінити, але далеко не завжди він, як показав, зокрема, досвід країн СНД, може бути використаний в умовах конкретної економічної ситуації без адаптації.

Прямі експерименти з економікою, як свідчить історія, дуже дорого коштують, ми знаємо чи чули про колективізацію, індустріалізацію, гіперінфляцію, приватизацію тощо. Разом з тим неможливо безпосередньо передбачити середньо- та довготермінові наслідки окремих рішень. Це можна зробити лише на підставі концептуальних моделей розвитку економіки, що спираються на минулий досвід. У свою чергу концептуальні моделі, власне, і становлять фундамент математичних моделей.

Що ж до математичних моделей, то формування їх є досить тривалим процесом, який потребує знань і праці, але ще важче створити модель, досить адекватну щодо реальності. Отже, для опрацювання правильних економічних рішень необхідно аналізувати весь минулий досвід, результати, що отримані на підставі застосування концептуальних і математичних моделей, що є найбільш адекватними для даної

економічної ситуації.

Виконуючи своє призначення, економічна система забезпечує розміщення ресурсів, виробляє продукцію, розподіляє предмети споживання та здійснює накопичення (рис. 1.1).

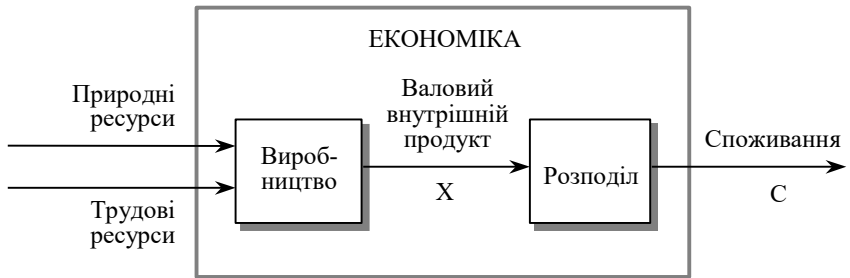


Рис. 1.1. Економіка як підсистема природи і суспільства

Економіка як складна система є підсистемою суспільства, але у свою чергу вона складається з виробничої і невиробничої сфер (господарських одиниць), які взаємодіють між собою. Сутність взаємодії між суспільством та економічною системою визначає двоїсту роль людини у суспільному виробництві — як агента виробничого процесу, тобто як об'єкта і як суб'єкта, заради котрого цей процес, власне, і здійснюється. Кожна особа виконує подвійну роль: з одного боку, як споживач, а з другого — як виробник. Окрім робочої сили (носія знань та вмінь) матеріальними ресурсами є природні ресурси (зокрема земля, енергія сонця) та засоби виробництва.

Створення теорії аналізу й управління економікою передбачає:

виявлення об'єктивних закономірностей взаємодії (взаємозв'язків) економічної системи із суспільством і біологічним середовищем та внутрішньої організації системи;

формалізацію опису цих взаємозв'язків у категоріях цілеспрямованої раціональної поведінки тощо.

Засоби виробництва поділяються на засоби праці, котрі беруть участь у кількох виробничих циклах, аж до заміни їх унаслідок морального старіння чи фізичного зношення, та предмети праці, які задіяні в одному виробничому циклі.

Особливе (двоїсте) місце серед засобів виробництва займає земля.

Накопичені засоби виробництва (виробничі фонди) складаються з основних виробничих і обігових фондів.

Основні виробничі фонди (ОВФ) протягом тривалого часу обслуговують процес виробництва, зберігаючи свою натуральну форму й зношуючись частково, беруть участь в утворенні вартості виробленого в поточному році продукту. Просте відтворення (відновлення) основних виробничих фондів здійснюється за рахунок амортизаційних відрахувань, розширене — за рахунок капітальних вкладень та, частково, амортизаційного фонду.

Оборотні фонди — предмети праці. Вони деталізуються як виробничі запаси та предмети праці, котрі, зокрема, входять до незавершеної продукції. У результаті функціонування економіки протягом року всі галузі матеріального виробництва створюють валовий внутрішній продукт (ВВП). У натурально-речовій формі ВВП поділяється на засоби праці та предмети споживання, а у вартісній — на фонд заміщення основних фондів (амортизаційний фонд) і новостворену вартість (національний дохід).

У процесі створення ВВП виробнича підсистема економіки виробляє та споживає проміжний продукт. За матеріально-речовим складом проміжний продукт — предмети праці — використовується в поточному виробничому споживанні, а його вартість переходить у вартість засобів праці чи предметів споживання, що входять до ВВП. На рис. 1.2 наведена схема процесів виробництва, розподілу, накопичення та споживання.

Проміжна продукція — це паливо, енергія, сировина, матеріали, комплектувальні вироби тощо. Зазначимо, що не існує абсолютно чіткої межі між проміжним продуктом і предметом споживання. Наприклад, цемент, проданий населенню, належить до предметів споживання, а цемент, закуплений будівельним підприємством, — до проміжної продукції.

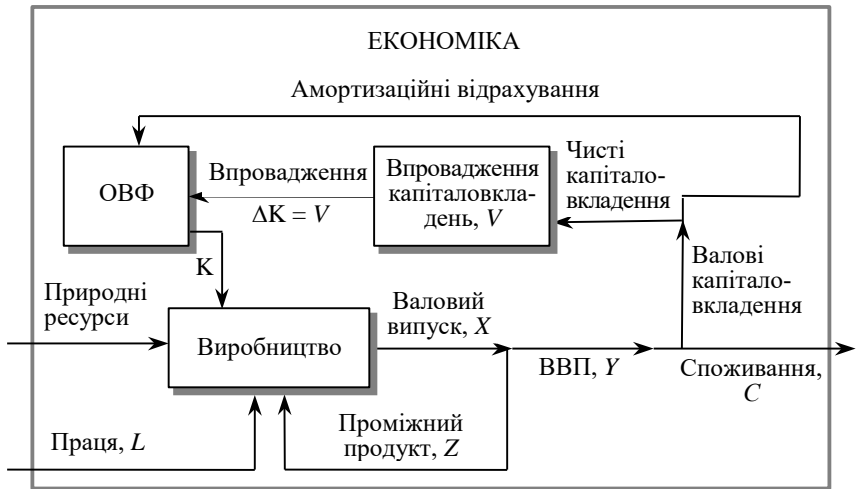


Рис. 1.2. Потоки продуктів і ресурсів в економіці

У сучасному суспільстві роль специфічного товару — загального товарного еквівалента — виконують гроші. Фінансово-кредитні установи (державні та комерційні банки, їхні філії, страхові компанії, різноманітні фонди тощо) спільно з фінансово-бухгалтерськими службами господарських комірок утворюють фінансово-кредитну підсистему економічної системи.

Нематеріальним ресурсом поряд з фінансовим виступає соціально-інтелектуальний потенціал суспільства.

Основу економічної системи становлять виробничі комірки. Це заводи, фабрики, шахти, родовища, електростанції, сільськогосподарські та інші виробничі підприємства й фірми, наділені господарською самостійністю.

З організаційно-господарського погляду виробнича комірка — це самостійна господарська одиниця, котра наділена правом юридичної особи, функціонує за рахунок власних коштів (засобів), відносно самостійно розпоряджається своїми ресурсами (засобами виробництва, робочою силою та фінансовими засобами) і виробленою продукцією. Як самокерована система виробнича комірка складається з керованого об'єкта (робоча сила та виробничий апарат) та керуючої системи (дирекція, функціональні служби, наглядова

рада тощо). Коли окремі виробники в межах суспільства почали виготовляти різні предмети споживання та обмінюватися ними між собою, виник ринок. Отже, ринок — наслідок, результат поділу праці.

У сучасному світі не існує жодної країни, в якій держава не регулювала б (м'яко чи жорстко, прямо чи опосереднено) діяльність господарських комірок. М'яке, опосереднене регулювання за допомогою ринкових важелів свідчить про високий ступінь розвитку ринкової економіки в даній країні.

Виробничі комірки і виробничо-технологічні зв'язки між ними утворюють виробничо-технологічну структуру економічної системи. Ненадійність у виробничо-технологічній взаємодії виробничих комірок, конкуренція на ринках товарів, грошей та робочої сили — об'єктивна основа для утворення об'єднань господарських одиниць (асоціацій, концернів, корпорацій тощо). Утворення об'єднань потребує, у свою чергу, регулюючої функції держави, яка в інтересах споживачів повинна не допускати надмірного монополізму на ринках товарів і послуг, а також на ринках робочої сили та грошей.

Організаційно-господарська структура економічної системи — це сукупність господарських одиниць та організаційно-господарських зв'язків між ними. Якщо виробничо-технологічні зв'язки є горизонтальними, то організаційно-господарські — вертикальними. Її (цю структуру) можна уявити як багатоповерхову надбудову над виробничо-технологічною структурою.

Перший поверх — орган управління господарських одиниць і прямі вертикальні зв'язки кожного органу управління зі своєю керованою одиницею. Другий поверх — орган управління об'єднань і вертикальні зв'язки з органами управління відповідних комірок. Третій поверх — центральні органи управління економічною системою та вертикальні їх зв'язки з органами управління першого та другого поверхів.

Використовуючи системний підхід щодо дослідження економіки на підставі математичних моделей, виокремлюють, зокрема, макро- та мікроекономічні моделі. Перші відображають функціонування та розвиток усієї економічної системи чи її великих підсистем, другі — господарських комірок та їх об'єднань.

Маючи на увазі макромоделі, вважають, що господарські комірки є неподільними, але коли досліджуються мікромоделі, то господарська комірка, у свою чергу, може розглядатись як складна система.

До великих підсистем можна віднести: перший і другий підрозділи народного господарства, галузі народного господарства, міжгалузеві комплекси.

Під першим підрозділом мають на увазі сукупність господарських комірок, що виробляють засоби виробництва, під другим — предмети споживання.

Нерідко перший підрозділ деталізують на два сектори: нульовий, де виробляються паливо, енергія, сировина, матеріали (тобто предмети праці), та перший, у якому виробляються засоби праці. Часто під сектором розуміють виробничу підсистему економіки, що виробляє один агрегований продукт.

У галузь виокремлюють виробничі одиниці, що є відносно однорідними за використовуваною сировиною, технологією, вироблюваною продукцією, професійним складом виробничого персоналу. Стосовно до моделювання, то тут під галузю розуміють «чисту» галузь, що виробляє лише один продукт. Наприклад, галузь сільського господарства — виробництво збіжжя як одного продукту, хоча, як зрозуміло, збіжжя є узагальненим поняттям — це зерно і пшениці, і жита, і рису, ячменю, вівса, кукурудзи, проса, гречки, маку тощо. Галузь електроенергетики виробляє один продукт — електроенергію, хоча можна розрізнити: гідро-, тепло-, атомну тощо.

Окрім звичайних галузей, розглядаються також великі галузі народного господарства: промисловість, будівництво, транспорт, зв'язок, торгівля тощо.

Міжгалузевий народногосподарський комплекс — це сукупність галузей, підгалузей і виробництв, що перебувають у тісних виробничо-технологічних зв'язках і реалізують важливу національну мету (наприклад, паливно-енергетичний комплекс забезпечує суспільство й економіку паливом та енергією; агропромисловий комплекс — продовольством і сільськогосподарською сировиною).

Легко дійти висновку, що економіка належить до класу складних систем. Можливості, навіть кваліфікованого колективу фахівців, відтворити на вербально-логічному рівні картину



поведінки економічних об'єктів (об'єктів керування), що перебувають під впливом великої кількості внутрішніх та зовнішніх чинників, досить обмежені. Тому доводиться залучати на допомогу математичні моделі, котрі доповнюють логіко-описові уявлення щодо поведінки економічних об'єктів і процесів. Існує й відповідний досвід, що має свою досить тривалу (не одного століття) історію.

Як приклад економічної моделі розглянемо спрощений (ідеалізований) варіант так званої «павутиноподібної моделі», яка описує процес формування попиту і пропозиції певного товару чи виду послуг на конкурентному ринку (випадок досконалої конкуренції).

Ідеться про формалізацію економічного закону попиту та пропозиції, згідно з яким:

кількість товару, що його можна продати на ринку (тобто попит), змінюється у напрямку, протилежному зміні ціни товару;

кількість товару, який виробляють і доставляють на ринок (тобто пропозиція), змінюється у тому самому напрямку, що й ціна;

водночас реальна ринкова ціна формується на рівні, на якому попит і пропозиція наближено дорівнюють одне одному (приблизно збігаються з деякою заданою точністю), тобто перебувають у рівновазі.

Першим, хто спробував математично сформулювати цей закон, був французький учений А. Курно.

Подамо математичну формалізацію положень цього закону.

Нехай  $X_t$  — ціна товару в момент часу  $t$ , а  $D_t$  і  $S_t$  — кількість товару, купленого і пропонованого відповідно на ринку в той самий момент часу  $t$ . Тоді, з урахуванням одного інтервалу часу, необхідного виробникам-продавцям для того, щоб «зреагувати» на ціну  $X$ , можна математично сформулювати наведені закономірності:

$$S_t = f(X_{t-1}), D_t = g(X_t),$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(X_{t-1}) = \lim_{t \rightarrow \infty} g(X_t); \lim_{t \rightarrow \infty} X_t = \bar{X}_q,$$

де  $f(X)$  — деяка монотонно зростаюча і  $g(X)$  — монотонно спадна функції від аргумента  $X$  (тобто від ціни),

$\bar{X}_q$  — рівноважна ціна.

Математичні співвідношення, що відображають закон попиту і пропозиції, можуть бути проілюстровані.

Як бачимо на рис. 1.3, процес формування рівноважної ціни почався з призначення в перший (початковий) момент часу ціни на рівні  $X_1$ . Продовження цього процесу (індексовано стрілками) павутиноподібно прямує до точки перетину кривих  $g(X)$  і  $f(X)$ .

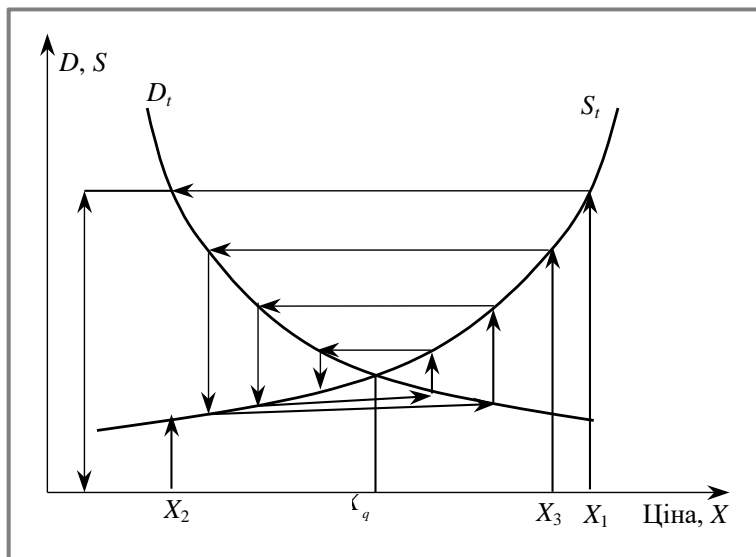


Рис. 1.3. Графік процесу формування попиту і пропозиції

Реальна модель закону попиту і пропозиції, звичайно, складніша. Зокрема,  $D$  і  $S$  залежать не лише від ціни  $X$ . Крім цього, зв'язок (наближений) між  $D$  і  $S$ , з одного боку, і ціною  $X$  — з другого, має не детермінований, а стохастичний характер.

Щоб описана вище модель з економічної перетворилася в економетричну, потрібно вести мову не взагалі про закон попиту і пропозиції, а про конкретну дію його в даному секторі економіки в певний час і стосовно конкретного товару (чи виду послуг). Відповідно, конкретизація виду функцій  $g(X)$  і  $f(X)$ , повинна проводитися на підставі статистичних даних щодо

значень  $X_t$ ,  $S_t$ ,  $D_t$ , де  $t \in \{1, \dots, T\}$ ,  $T$  — кількість періодів, протягом яких здійснювався моніторинг і отримані дані.



«Павутиноподібної моделі» фірми

Підприємець збирається вкласти кошти у створення фірми, яка випускатиме товар і реалізовуватиме його на ринку. Його цікавить, як буде поводити себе ціна товару за змін обсягів виробництва. Він розуміє, що при збільшенні обсягів виробництва ціна одиниці товару спадатиме. Йому важливо знати, за яких умов ціна буде стабільною.

У науковій літературі описано кілька варіантів відповідної моделі. У них приймається низка гіпотез, зазвичай припускається, що попит на деякий продукт упродовж певного (заданого) проміжку часу залежить від ціни (та інших чинників) на цьому проміжку. Що стосується пропозиції, то вона визначається цінами попереднього проміжку часу (тиждень, місяць, квартал тощо). Окрім цього, приймається гіпотеза, згідно з якою ринок перебуває в умовах локальної рівноваги. Як уже зазначалось, історично така модель отримала назву «павутиноподібної».

#### Аналіз і розв'язання

Існують як мінімум чотири варіанти відповідної моделі: детермінована, стохастична, модель з навчанням та модель із запасами. У детермінованій моделі відсутнє урахування випадкових чинників. У стохастичній моделі враховується вплив на попит непередбачуваних коливань уподобань і доходів споживачів,

а також інших випадкових чинників, які впливають на попит. Пропозиція на попередньому проміжку часу також вважається залежною від впливу випадкових чинників, усі вони відображають вплив коливань у технологічному процесі тощо. Умова локальної рівноваги означає збіг (незначну різницю) попиту і пропозиції з точністю до певної заданої величини.

У моделі з навчанням приймається гіпотеза, за якою постачальники (виробники), урахувуючи тенденцію зміни цін, планують випуск продукції на наступний проміжок часу. В останніх двох моделях ціни встановлюються на такому рівні, щоб забезпечити локальну рівновагу лише за рахунок поточного виробництва, і жодних запасів продукції не створюється

(зокрема, тому що продукція швидко псується).

У модель із запасами вводиться додаткова група учасників ринкового механізму, котрих можна назвати комерсантами. Вони тримають запаси та організують торгівлю.

Розгляньмо випадок стохастичної моделі.

Припустимо, що попит на  $t$ -му проміжку часу лінійно залежить від поточної ціни (це припущення не є обов'язковим). Навпаки, воно досить жорстке. У реальних процесах припускається, що така залежність буде нелінійною. Вид залежності визначається на підставі застосування економетричних методів і моделей).

Окрім цього, вважатимемо, що попит на ринку має випадковий розкид. Для формалізованого опису необхідно в наших припущеннях обчислити на підставі доступної інформації відповідно оцінки коефіцієнтів лінійного рівняння та похибку як випадкову величину, що має певний закон розподілу.

У результаті відповідних обчислень можна отримати, зокрема, такий вираз:

$$Dt = A - BXt + ut, \quad (1.1)$$

де  $Dt$  — попит на  $t$ -му проміжку часу;  $A$ ,  $B$  — коефіцієнти лінійної регресії ( $B > 0$ );  $Xt$  — ціна одиниці продукції на  $t$ -му проміжку часу;  $ut$  — випадкова величина, що має заданий закон розподілу.

Логічно припускати, що попит симетрично коливається відносно деякого середнього значення, котре визначається постійними коефіцієнтами лінійного рівняння (їхніми оцінками). Тому, зокрема, можна обрати нормальний закон розподілу з нульовим математичним сподіванням і заданим середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ .

Припустимо, що пропозиція впродовж поточного проміжку часу також лінійно (в середньому) залежить від ціни, але не поточної, а такої, що являє собою комбінацію цін на двох попередніх проміжках часу. У найпростішому випадку це може бути середнє значення цін протягом двох попередніх проміжків часу. Отже, для обчислень пропозиції можна (якщо для цього є підстави) використовувати таку залежність:

$$S_t = C + KX(\rho) + vt, \quad (1.2)$$

де  $S_t$  — пропозиція впродовж  $t$ -го проміжку часу;  $C$ ,  $K$  — коефіцієнти лінійної регресії ( $K > 0$ );  $X(\rho)$  — середнє (середньозважене) значення ціни на двох попередніх проміжках часу;  $vt$  — випадкова величина, що має заданий закон розподілу. Можна, зокрема, для спрощення обрати нормальний закон розподілу випадкової величини  $vt$  з нульовим математичним сподіванням і заданим середньоквадратичним відхиленням  $\sigma v$ .

Ціна  $X(\rho)$  може визначатися згідно з формулою:

$$X(\rho) = X_{t-1} - \rho(X_{t-1} - X_{t-2}), \quad (1.3)$$

де  $X_{t-1}$  — ціна на  $(t-1)$ -му проміжку часу;  $X_{t-2}$  — ціна на  $(t-2)$ -му проміжку часу;  $\rho$  — ваговий коефіцієнт, значення котрого задається в моделі в діапазоні ( $0 \leq \rho \leq 1$ ). Якщо  $\rho = 0$ , то середньозважена ціна  $X(\rho) = X_{t-1}$ . Це означає, що навчання в модель не закладене. Для другого граничного випадку ( $\rho = 1$ ) середньозважена ціна  $X(\rho) = X_{t-2}$ . Це також означає, що навчання у моделі відсутнє, але для визначення пропозиції використовується віддалене в часі значення ціни. За умови  $\rho = 0,5$  середньозважена ціна  $X(\rho)$  дорівнює середньоарифметичному значенню цін  $X_{t-1}$  та  $X_{t-2}$ .

До моделі треба ще долучити рівняння локальної рівноваги ринку:

$$S_t = D_t + wt, \quad (1.4)$$

де  $S_t$  — пропозиція на  $t$ -му проміжку часу;  $D_t$  — попит на  $t$ -му проміжку часу;  $wt$  — випадкова величина, котра має заданий закон розподілу.

Можна прийняти гіпотезу, що  $wt$  має нормальний закон розподілу з нульовим значенням величини математичного сподівання та із середньоквадратичним відхиленням —  $\sigma w$ .

Система рівнянь (1.1)—(1.4) після відповідних простих перетворень зводиться до такого виразу:

$$X_t = F(X_{t-1}, X_{t-2}), \quad (1.5)$$

де  $F(X_{t-1}, X_{t-2})$  — функція, що є оцінкою кореляційно-регресійного зв'язку між змінними  $X_t, X_{t-1}, X_{t-2}$ .

Спочатку необхідно якимось наближеним способом визначити ціну для перших двох проміжків часу. Після цього можна проводити обчислення згідно з виразом (1.5) певну кількість разів (ітерацій). Результати обчислень можуть бути подані також у графічному вигляді.

Задача аналізу полягає у дослідженні впливу параметрів системи на характер залежності ціни у часі (як функції часу), а також у знаходженні рівноважної ціни.

Завдання для лабораторної роботи

1. Розробити алгоритм «павутиноподібної моделі» та програму його реалізації на комп'ютері. Провести налагодження програми для усунення формальних помилок.

Умова збіжності:

$$|X_{t+1} - X_t| < |X_{t-1} - X_{t-2}|, \quad t \geq 3. \quad (1.6)$$

Ітеративний процес завершується за умови, коли

$$|X_t - X_{t-1}| < \varepsilon,$$

де  $\varepsilon$  — задане досить мале число.

2. Виявити збіжність процесу згідно із запропонованою схемою. Дослідити збіжність, коли:

а)  $K = B$  (наприклад  $K = 5$ );

б)  $K < B$  (наприклад  $K = 3$ );

в)  $K > B$  (наприклад  $K = 6$ ).

3. Здійснити пошук і аналіз рівноважної ціни за умови, коли кореляційно-регресійні залежності між попитом на продукцію та її ціною, а також між пропозицією та ціною подані нелінійними залежностями. Побудувати відповідний алгоритм, комп'ютерну програму та провести відповідні обчислення на підставі певних гіпотетичних даних щодо значень параметрів моделі.

## ***1.2. Економічні колізії та моделювання економіки***

Визнання об'єктивності ринку та ейфорія з приводу його всемогутності як творця загального щастя — речі різні.

Ще з часів Адама Сміта точаться суперечки, виникають колізії між економічними теоріями відносно доцільності втручання держави в економічні процеси. Звичайно, соціалістичне жорстке планування, як і лібералізм (усунення держави від регулювання економіки), — це крайнощі. Міра державного втручання залежить від конкретних обставин. Так, зокрема, у періоди системних трансформацій соціально-економічних процесів роль державного регулювання, на нашу думку, суттєво зростає.

Механізм ринкових відносин є ефективним у багатьох сферах економічного буття, але є й сфери, де ринковий механізм безсилий. Більше того, буквально використання ринкової логіки у цих сферах може призводити до критичної ситуації.

Деякі з цих сфер не є загадковими. Вони добре відомі як практикам, так і вченим. Ринкові механізми не можуть правильно зорієнтуватися в пошуках ефективних рішень у ситуаціях:

- 1) монополії чи олігополії;
- 2) значного розриву в часі між витратами й економічним ефектом (лаг — затримка реалізації значних за обсягом інвестицій);
- 3) зниження додаткових витрат на приріст виробництва продукції за спадаючих цін (ефект науково-технічного прогресу) тощо.

Головний «ворог» ринкових механізмів як механізмів організації ефективного функціонування економіки — це, звичайно, монополія.

Спробуймо описати математичною мовою колізії, що виникають у разі зіштовхування ринку, його механізмів, з монополією. Прийmemo гіпотезу, згідно з якою економічна система спрямована до максимізації сумарного економічного ефекту ( $\Pi_{\Sigma}$ ), тобто сумарного прибутку:

$$\Pi_{\Sigma} = \int_0^Q \frac{du}{dQ} dQ - \int_0^Q \frac{ds}{dQ} dQ \rightarrow \max, \quad (1.7)$$

де  $Q$  — випуск продукту;  $u(Q)$  — функція валового

економічного ефекту (корисності);  $\frac{du}{dQ}$  — приріст валового економічного ефекту (корисності) від кожної додаткової одиниці продукції;  $s$  — витрати на виробництво;  $\frac{ds}{dQ}$  — приріст витрат на виробництво додаткової одиниці продукції.

Перший елемент правої частини цього виразу характеризує валовий економічний ефект, другий — витрати на виробництво всього обсягу продукції, а вираз у цілому — сумарний економічний ефект (продукт).

Легко помітити, що розширення виробництва буде доцільним лише доти, доки додаткові витрати не зрівняються з додатковим валовим економічним ефектом від споживання. Математично це положення доводиться дослідженням наведеного вище виразу (1.7) на максимум. Якщо продиференціювати  $\Pi_{\Sigma}$  по  $Q$  і похідну прирівняти до нуля, то оптимальний обсяг виробництва, який забезпечує максимум

сумарного прибутку, відповідатиме точці  $Q$ , у якій  $\frac{du}{dQ} = \frac{ds}{dQ}$ , тобто додатковий валовий ефект споживання дорівнює додатковим витратам на виробництво одиниці продукції. Звичайно, тут повинні виконуватись умови:

$$\frac{d^2u}{dQ^2} < 0; \quad \frac{d^2s}{dQ^2} < 0.$$

Але в умовах ринкової економіки відбувається розподіл сумарного економічного ефекту між виробником продукції, її споживачем і бюджетом. Характер цього розподілу значною мірою визначає зацікавленість економічних суб'єктів у досягненні суспільної ефективності, тобто в русі виробництва до точки оптимуму.

У чому ж полягають економічні інтереси виробника (1) і споживача (с)? Очевидно, що виробник зацікавлений у максимізації різниці між обсягом реалізації по ціні  $p$  та витратами:



$$\Pi_l = Q \cdot p - \int_0^Q \frac{ds}{dQ} dQ \rightarrow \max,$$

де  $\Pi_l$  — прибуток виробника.

Споживачеві важливо максимізувати різницю між економічним ефектом від використання продукції та ціною за неї:

$$\Pi_c = \int_0^Q \frac{du}{dQ} dQ - Q \cdot p \rightarrow \max,$$

де  $\Pi_c$  — прибуток споживача.

Якщо виробник не є монополістом, тобто не в змозі вплинути на рівень цін (вільна конкуренція), то  $p$  — не залежить від  $Q$ , тобто максимум ефекту виробника буде досягнутий у точці, де похідна  $\Pi_l$  по  $Q$  дорівнюватиме нулеві, тобто коли:

$$p = \frac{ds}{dQ},$$

а максимум ефекту споживача — в точці, де:

$$p = \frac{du}{dQ}.$$

Максимум сумарного ефекту досягається за обсягів виробництва ( $Q_{opt}$ ), котрі характеризуються співвідношенням

$$\frac{du}{dQ} = \frac{ds}{dQ}.$$

Звідси можна зробити висновок, що виробник буде зацікавлений у виробленні оптимального, з погляду народного господарства, обсягу продукції ( $Q_{opt}$ ), а споживач — у повному використанні цієї продукції за умови, коли ціни встановлюються на рівні:

$$P_{opt} = \frac{du}{dQ} = \frac{ds}{dQ}.$$

Але якщо виробник контролює значну частку ринку (випуску продукції, галузі) і йому надається право впливати на визначення обсягів випуску продукції, то його інтереси розходяться з народногосподарськими інтересами. Формально цю суперечність можна показати таким чином. Якщо  $p = f(Q)$ , то

$$\frac{d\Pi_l}{dQ} = p + Q \frac{dp}{dQ} - \frac{ds}{dQ}.$$

Споживачі не в змозі вплинути на обсяги та ціну. Тобто максимум ефекту виробника буде досягнуто за умови:

$$p = \frac{ds}{dQ} - Q \frac{dp}{dQ}.$$

Отже, цей результат свідчить про те, що за можливості контролювати значну масу продукції з боку виробника точка його локального оптимуму не збігається з точкою народногосподарського оптимуму.

Раціональною є гіпотеза щодо від'ємної еластичності цін та обсягу виробництва (зі зростанням обсягів виробництва ціни

$$\frac{dp}{dQ} < 0$$

на продукцію знижуються), тобто

Виробник, прагнучи до максимізації свого локального критерію, буде здебільшого зацікавлений у заморожуванні виробництва на рівні, нижчому, ніж оптимальний

$$(Q_l < Q_{opt}),$$

і, відповідно, у завищенні цін

$$P_l > P_{opt}^*$$

оскільки

$$\left[ -Q \cdot \frac{dp}{dQ} \right] > 0.$$

За подібних умов державне регулювання економіки повинно забезпечити таку організаційну систему функціонування господарських об'єктів, яка використовувала б ефективні методи вилучення доходів у великих виробничих

об'єднань (монополій) або їх недопущення. Тобто державне регулювання економіки в даному випадку є необхідним.

### *1.3. Проблеми методології макроекономічного аналізу*

Сучасна макроекономічна теорія розвивається значною мірою на іншій методологічній основі порівняно з теоретичною базою підручників для вищих економічних навчальних закладів. І суть зовсім не в тому, що ці підручники погані чи застарілі: проблема полягає у значних семантичних розбіжностях між «канонічним» викладенням макроекономічних моделей і сучасним станом макроекономічного моделювання.

Композиція «канонічної» макроекономіки здебільшого є комбінацією (у певній пропорції) статичних моделей класичного та кейнсіанського типу. Ці моделі формуються (переважно) як апріорні конструкції, існування яких підтверджується емпірично або, принаймні, не відхиляється на підставі наявних даних. Для кейнсіанської моделі характерними є, наприклад, гіпотези щодо існування функції агрегованого споживання, котра постулюється поза поведінкою раціональних споживачів. Для класичної теорії характерними є гіпотези типу існування «простого рівняння кількості грошей», яке визначається поза мотиваціями власників грошових активів.

У сучасному макроекономічному моделюванні домінує підхід, що ґрунтується на динамічних моделях раціональної поведінки типового агента на ефективному ринку. Ця поведінка формує раціональні очікування в умовах невизначеності, ризику та відсутності арбітражу. Змістовно такі поняття визначаються у межах концепції рівноваги як для фазового простору, так і в часі. Моделювання макроекономічної поведінки у багатьох випадках уявляється як задача оптимального управління, зокрема, динамічного програмування Р. Беллмана, що формулюється для детермінованих чи стохастичних процесів.

У макроекономічному моделюванні вирішальну роль відіграє адекватне формулювання якісної гіпотези, що характеризує, зокрема, межі використання певної макроекономічної моделі.

Різні макроекономічні процеси, наприклад позики держави на вільному ринку, емісія грошей, інфляція тощо,

можуть бути змодельовані випадковими процесами, що описуються стохастичними диференційними рівняннями, розв'язок яких пояснює поведінку економічних агентів на відповідних ринках. Існує можливість використання в макроекономічному аналізі методології ціноутворення опціонів, що викладена у працях Р. Мертона, Ф. Блека та М. Шоулза, А. Бонесса, П. Самуельсона.

Однак паралельно стохастичній інтерпретації макроекономічних процесів останнім часом інтенсивно розвивається альтернативний, у певному розумінні, підхід до аналізу макроекономічної динаміки, котрий вбачає джерело і природу невизначеності в принциповій нелінійності економічних процесів.

У 1980-х роках отримано результати, які показали, що для простої дискретної моделі макроекономіки вже в одномірному випадку, за певних раціональних економічних гіпотез, процес може набувати хаотичного характеру. Виявлення множинності точок рівноваги, граничних циклів, біфуркацій і хаосу, асиметрії інформації змушує економістів по-новому аналізувати макроекономічні системи. Теорія сучасної нелінійної динаміки, наприклад методи обчислення розмірності фрактала, дозволяє обчислити для таких процесів, зокрема, автокореляцію, хоч природа таких залежностей, звичайно, зовсім інша, ніж для стохастичних процесів.

Відкриття в 1960-х роках таких об'єктів, як «дивні атрактори» і «фрактали», справило суттєвий вплив на методологічні основи макроекономіки. Кейнсіанська макроекономіка, яка розвивалась у багатьох аспектах поза принципами мікроекономіки і навіть протиставлялась їй, методологічно спиралася на загальну теорію систем. Квінтесенція цього підходу — «ціле є чимось більшим аніж сума частин, що його складають» — по суті, виражала загальнонаукове кредо кейнсіанської макроекономіки (цілого), поведінка котрого (цілого) якісно відмінна від поведінки його елементів — виробників і споживачів, які взаємодіють. Треба віддати належне цьому підходу: в його концептуальних положеннях вдається отримувати вишуканий розв'язок низки «парадоксів» макроекономіки. Але цілком зрозумілим є, наприклад, те, що, навіть беручи до уваги раціональну

поведінку кожного суб'єкта, їхня сукупна поведінка в умовах рецесії є ірраціональною, оскільки призводить до погіршення становища кожного з них.

#### *1.4. Еволюційна економіка*

Останнім часом динамічно розвивається новий підхід до пояснення постійних змін економічних процесів та явищ, який отримав назву «Еволюційна теорія економічних змін». Засновником еволюційної економіки як розділу економічної науки вважають австрійського економіста Йозефа Шумпетера. Існує думка, що підходи еволюційної економіки можуть бути плідними в побудові теорії економіки перехідного періоду. В перехідний період, коли процеси прискорюються, ламаються старі інституції, створюються нові, економічна рівновага не встигає ще встановитися, як умови знову змінюються. Головне — зрозуміти, яким чином відбувається процес змін.

Основний об'єкт еволюційної економіки — це множина (популяція) фірм у конкретному (ринковому) середовищі (галузі). Ця сукупність як певна популяція визначається такими трьома складовими:

- 1) правилами поведінки окремої фірми;
- 2) правилами взаємодії фірм поміж собою;
- 3) правилами появи на відповідному ринку нових фірм і, відповідно, правилами виходу з популяції (зникнення) окремих фірм.

Останнім часом у працях з економічної теорії як центральні проблеми постають: роль інформації, процес формування очікувань суб'єктами економіки, деталізований аналіз функціонування ринків в умовах різноманітних «недосконалостей». Значна увага приділяється неповноті інформації та недосконалості конкуренції, трансакційним витратам, неподільності, зростаючому ефектові масштабу, а також співвідношенням між цими чинниками. Той факт, що не все в діловій поведінці відбувається у відповідності з передбачуваними зразками, еволюційна теорія враховує, визначаючи наявність елементів невизначеності та породжуваного цим ризику як у процесі прийняття рішень, так і в наступних етапах їх реалізації.

Пошук і відбір є двома одночасно наявними та взаємодіючими компонентами еволюційного процесу. Ті самі процеси, котрі забезпечують зворотний зв'язок при відборі, впливають і на напрям пошуку та відбору фірми, розвиваються в часі. Згідно з цим ситуація в галузі в кожен період часу несе в собі лише зародки ситуації в ній щодо наступного періоду. Процес характеризується неоднозначністю переходу від одного періоду до наступного. Треба враховувати недетермінований характер даного процесу, зокрема елемент випадковості, притаманний результатам пошуку. Таким чином, те, що насправді визначає ситуація в галузі в даний період, — це насамперед розподіл ймовірностей ситуацій у цій галузі, що можуть реалізуватися у наступний період часу. Якщо додати до цього, що ситуація в галузі в період, що передують періоду  $t$ , несуттєво впливає на перехідні ймовірності між  $t$  і  $t + 1$ , то це означатиме, що зміна в часі ситуації в галузі (чи її «стану») є марківським процесом. Безумовно, у визначених вище широкіх межах теоретичної схеми можна побудувати величезну кількість часткових моделей. Кожна з цих моделей визначає часткові випадки марківського процесу, котрий можна аналізувати за допомогою математичних теорем, що стосуються марківських процесів загального виду. Однак для того щоб такий аналіз приводив до висновків, які мають прозорий економічний сенс, у моделі мають бути присутніми деякі специфічні з погляду економічного змісту (сенсу) особливості. Ідеться про клас марківських моделей еволюції галузі. Мета моделювання — в тому, щоб не просто описати систему, а щоб цей опис дозволяв глибше зрозуміти її поведінку (отримати нові знання). Ідеться й про те, що витлумачувати реальні події в економіці (постійні збурення) має така теорія, котра ґрунтується на принципі адаптивних змін і зазвичай на таких ключових припущеннях: напрямом адаптивної реакції збігається з напрямком максимізації прибутку (чи — ширше — зі зростанням ринкової вартості); адаптивні процеси збігаються до нового квазірівноважного стану.

Важливе місце в еволюційній економіці займають також моделі, пов'язані з інноваціями, з науково-технічним прогресом тощо.

### *1.5. Синергетична економіка*

Світ — це постійні зміни, розвиток, вічна нестійкість, а періоди стабілізації — лише короткі зупинки на цьому шляху. Ця точка зору все ширше використовується в економічній теорії. Сучасна методологія аналізу нелінійних динамічних систем сформувалася в новий науковий напрям синергетику — міждисциплінарну науку, яка має метою виявлення спільних принципів еволюції, самоорганізації та адаптації складних систем у різних галузях знань на підставі побудови та дослідження нелінійних динамічних математичних моделей. Важливим поняттям синергетики є «катастрофа», «біфуркація», «граничний цикл», «дивний атрактор», «дисипативна структура», «біжуча хвиля» тощо.

Синергетична економіка надає особливого значення, на відміну від лінійних, нелінійним аспектам економічного еволюційного процесу: не стійкості, а нестійкості, не неперервності, а розривам (дискретності), не постійності, а структурним змінам. Синергетична економіка трактує нелінійність і нестійкість як джерело розвитку різноманіття та складності економічної динаміки. Водночас треба враховувати ще й неповноту і невизначеність інформації.

У синергетичній економіці економічна еволюція тлумачиться як незворотний процес. Синергетична економіка все ж таки розвивається на підставі традиційної. Вона відхиляє деякі ідеї традиційної економіки і трактує її результати лише як часткові, а не загальні випадки.

Синергетична економіка ґрунтується на чітких послідовних стадіях економічного аналізу. У своїх «Основах економічного аналізу» Пауль А. Самуельсон поділяє розвиток аналітичної економіки на п'ять великих стадій. По-перше, у Вальраса можна побачити кульмінацію опису детермінованих рівноваг на статичному рівні. Паретто та інші вчені зробили наступний крок, який є основою теорії порівняльної статистики. Третій крок, що характеризує мінімізацію витрат у межах економічної одиниці, був зроблений Джонсоном, Слуцьким, Хіксом, Алленом та іншими економістами. Четверте досягнення — це відкриття принципу відповідності. Природним — п'ятим — кроком, котрий необхідно зробити після того, як досліджено

відгук системи на зміну заданих параметрів, полягає в тому, щоб дослідити поведінку системи як функцію часу. Далі Самуельсон наголошує: «Користь від будь-якої теоретичної побудови полягає в тім, що вона прояснює перебіг зміни економічних даних — змінних величин — чи параметрів, від яких вони залежать». Означене загальне положення є справедливим у сфері як динаміки, так і статички. Наступний логічний крок — перехід до створення теорії порівняльної динаміки, яка повинна включати в себе теорію порівняльної статички та кожен з попередніх п'яти кроків як часткові випадки і водночас бути значно ширшою. Цей крок здійснюється через відносно тривалий проміжок часу, бо лише в наш час математика забезпечила нас потужними аналітичними методами, необхідними для розуміння суті динамічної поведінки економічних систем.

Синергетика акцентує увагу передусім на тому, що економічні системи можуть проходити через ієрархію нестійкого розвитку, і в них (системах) розвиваються дедалі більш складні структури. Такі нестійкості викликані зміною зовнішніх параметрів і можуть привести до нової просторово-часової організації системи. Зокрема, це демонструється виникненням раптових (структурних) змін, існуванням граничних циклів і хаосу, роллю, яку відіграють стохастичні процеси в економічній еволюції, ефектами часових масштабів і швидкостей установалення відносної рівноваги в економічному аналізі тощо.

### ***1.6. Економіка як складна система з внутрішньо притаманним ризиком***

Один із персонажів твору Мольєра «Міщанин у дворянстві» — добродій Журден — з подивом дізнається, що він усе своє життя розмовляв прозою. Дещо схожа ситуація має місце в економічній науці та економічній кібернетиці. Економісти ще на зорі розвитку політичної економії вивчали проблеми, котрі згодом були означені як кібернетичні. Так, вони розглядали процеси управління і регулювання економічними системами як такі, що складаються з пов'язаних між собою елементів. Це було ще задовго до того, як ці питання були



систематизовані й чітко сформульовані у загальнотеоретичному плані кібернетикою.

Здатність до абстрагування властива людському розумові. Вона дозволяє йому надати відносно точної форми своєму мисленню, сформулювати принципи та інструментарій економіко-математичного моделювання і таким чином виробити методологію — систему знань, яка характеризується логічно взаємоузгодженими твердженнями і гармонійним взаємозв'язком окремих економічних дисциплін.

Професор філософії О. Г. Спіркін наголошує, що в наш час усі основні науки теоретико-економічного блоку (політекономія — як одна з найскладніших галузей людського знання, а також макро- та мікроекономіка) спираються на економіко-математичне моделювання, що надає цим наукам додаткової точності, строгості щодо систематизації та осмислення фактів, теоретичного витлумачення їх, орієнтованого на істинність та максимально можливе практичне втілення. А професор економіки Олег Гаврилишин пише про необхідність ширшого використання в економіці аналітичних підходів, зокрема теорії динамічних систем. Професор Ю. Козелецький, відомий учений у галузі психологічної теорії рішень в економіці, у своїй монографії широко використовує економіко-математичні методи і моделі, алгоритмічні стратегії, теорію ризику стосовно до теорії рішень як предмета наукового дослідження.

Можна говорити також про взаємопроникнення у застосуванні інструментарію різних гілок економічних наук та ширше використання ними принципів математичного моделювання як методологічної бази, а також про розвиток інструментарію математичного моделювання на підставі досягнень інших галузей науки. Це принципово важливо, бо у протилежному випадку занепадатимуть різні форми міждисциплінарного діалогу, збіднюватимуться економічна наука та освіта України.

Потрібно наголосити: це стосується кожного з нас, усе, що є об'єктом нашого пізнання, є часткою нашого життя. Заклик «Пізнай самого себе», накреслений на архітраві старовинного храму у Дельфах, — це свідчення фундаментальної істини, котру як елементарне правило доречно застосовувати до різних

гілок економічної науки й економічної кібернетики особливо.

З погляду теорії систем економіку слід віднести до класу динамічних, слабоструктурованих систем великої складності. Ця система складається з величезної кількості господарських комірок, які перебувають у тісній, неперервній взаємодії одна з одною. Окрім того, економіка має яскраво виражену ієрархічну, багаторівневу структуру, за якої вищий рівень ієрархії інтегрує за певними правилами (алгоритмами) інформаційні сигнали (поток) нижчих рівнів ієрархії та оперує інформаційними агрегатами.

Водночас сама економіка постає як підсистема стосовно до суспільства загалом; що ж до існування останнього, то його розвиток далеко не вичерпується суто економічними процесами. Суспільство з певною соціальною структурою, політичною системою, потенціалом культури, морально-етичними принципами, ментальністю являє собою зовнішнє середовище, з елементами якого економіка взаємодіє. Ця взаємодія не є детермінованою (однозначною). Вона відбувається за двома напрямками — від зовнішнього середовища та навпаки.

Економічна кібернетика розглядає економіку, її структурні та функціональні блоки як системи, в яких відбуваються процеси регулювання й управління, що реалізуються рухом і перетворенням інформації. Наголосимо, що інформація, з одного боку, є генератором розвитку соціально-економічної системи, і в той же час, з іншого — джерелом невизначеності та породженого цим ризику в економіці. Тут принципово важливим є інноваційний характер інформації, а вона за означенням не може бути повністю передбачуваною.

Дедалі більше вчених-економістів твердять, що оскільки соціально-економічна система не має об'єктивно заданого зовнішнього імпульсу розвитку, то вона може характеризуватися як така, що саморозвивається. «Пальним», що забезпечує розвиток цієї системи, є нова інформація. Академік Російської академії наук Микола Петраков детально аналізує різні аспекти генерування нової інформації у соціально-економічній системі: «...Навіть залишаючись у межах відносно простої схеми «потреби індивіда та механізми їх задоволення», ми зіштовхуємося з постійною і неповністю передбачуваною

пульсацією соціально-економічної системи. Особа, котра ще недавно перебувала в стані задоволення навколишнім соціально-економічним середовищем, «раптом» починає висувати нові вимоги культурного, соціального, естетичного характеру, виказує незадоволення умовами праці тощо. Ці вимоги створюють відповідний інформаційний «шум» у системі, вводять елемент непередбачуваності й випадковості. Власне, цей «шум» є будівельним матеріалом для генерування нової інформації у соціально-економічній системі. Ми маємо постійний фон випадкових збурень, на котрому й виникають «соціально-економічні мутації».

В економіці постійним стимулом генерування нової інформації є також конкуренція, котра автоматично відкриває дорогу науково-технічним винаходам. Можна вказати й на множинність цілей суб'єктів, які є джерелом невизначеності, тощо.

Спинімося на деяких питаннях щодо невизначеності в економіці. Невизначеність — це те, що не піддається однозначній оцінці, а для суб'єктів у галузі економіки і бізнесу треба враховувати й особистісний чинник, який впливає на аналіз ситуації та прийняття рішень. Невизначеність спричиняє ризик.

Отже, ризик внутрішньо притаманний економіці та бізнесу. Економічний ризик породжується невизначеністю (невідомістю, недостовірністю, неоднозначністю), конфліктністю. Наголосимо, що ризик виникає за умови наявності альтернатив рішень, планів, інвестиційних та інноваційних проєктів тощо. Якщо відсутні альтернативи, то відсутній і ризик, але й відсутня свобода вибору, що позбавляє людину основної з її характерних ознак (розум, вільна воля, здатність творити).

У наукових працях ідеться про принципи системного аналізу ризику в економічній сфері, згідно з якими будь-яку економічну систему є сенс трактувати як таку, про яку нам не все відомо і не все цілком зрозуміло, тобто яка містить елементи невизначеності та ризику. Це може бути система з недостатньо вираженою структурою, з не абсолютно точним передбаченням перебігу подій і процесів, з не повністю відомими зовнішніми впливами тощо. Частковим видом невизначеності постає

випадковість ситуації, коли вид (множина) подій є відомим, але окрема подія може як настати, так і не настати. Тобто можна ввести деяке поле подій (сценаріїв) — таку їх множину, один з елементів якої настає.

Оскільки здебільшого обраний показник ефективності (якості) господарських (фінансових) операцій (проектів) є недетермінованою величиною, то зазвичай припускається гіпотеза, за якою цю величину є сенс вважати випадковою чи розпливчастою (нечіткою).

В економіці та бізнесі у низці випадків з огляду на обрані цілі доводиться приймати рішення на підставі побудови системи гіпотез, зокрема, через відсутність вичерпної, достовірної інформації. А це призводить до ризику відхилення від цілей, до недоотримання очікуваних результатів, можливих збитків, які можуть виникнути через недостатню обґрунтованість (помилковість, неадекватність) тих чи інших гіпотез (припущень). Щоб урахувати ступінь ризику й хоча б частково уникнути можливих збитків, потрібно, якщо є така змога, перевіряти істинність гіпотез (припущень). Це можна здійснити, зокрема, за допомогою методів перевірки статистичних гіпотез, котрі мають універсальний характер, оскільки у вигляді гіпотез можна подати майже будь-яке припущення зі сфери економіки та бізнесу. Техніка перевірки статистичних гіпотез зводиться до обчислення фактичних значень спеціальних, адекватних цілям та ситуації, критеріїв і порівняння їх із табличними значеннями для певного, заданого рівня значущості (чи ризику).

Ступінь ризику залежить також від ставлення суб'єкта прийняття рішень (управлінської команди) до нього: схильності, несхильності, байдужості. Тому всі чинники невизначеності, конфліктності та зумовленого ними ризику поділяють на об'єктивні та суб'єктивні.

Отже, можна дати таке означення економічного ризику, що базується на принципах системного аналізу.

Ризик, яким обтяжена економічна діяльність, — це економічна категорія, що відбиває характерні особливості сприйняття заінтересованими суб'єктами економічних відносин об'єктивно існуючих невизначеності та конфліктності, іманентних процесам цілепокладання, управління, прийняття

рішень, оцінювання.

Наголосимо, що ризик має діалектичну об'єктивно-суб'єктивну структуру.

Оцінка ризику є багатовимірною величиною, що характеризує можливі відхилення від цілей, від бажаного (очікуваного) результату, можливу невдачу (збитки) з урахуванням впливу контрольованих (керованих) і неконтрольованих (некерованих) чинників, прямих і зворотних зв'язків.

Існує ціла система показників кількісної оцінки ступеня ризику. Але від жодного кількісного показника (кількісної оцінки) ступеня ризику не слід очікувати, що він показуватиме адекватні результати за будь-яких обставин. Іншими словами, встановлення певного єдиного показника як кількісної міри (ступеня) ризику є спробою подолати невизначеність, характеризуючи випадкову величину (ефективність, збитки) одним (єдиним) показником (числом). На нашу думку, кількісна оцінка ризику є багатовимірною величиною (вектором), компоненти якої відбивають різні грані ризику й формуються залежно від мети дослідження, взятої системи гіпотез, суб'єктивного чинника, який характеризує ставлення суб'єкта ризику (управлінської команди) до невизначеності та ризику, тощо.

Наголосимо, що актуальним є завдання побудови аксіоматичної теорії обрання підмножини кількісних показників ступеня ризику (з множини можливих) стосовно до об'єкта дослідження, обраної системи цілей, системи гіпотез, а також ставлення до нього суб'єкта ризику (управлінської команди), урахуовуючи те, що ризик є економічною категорією, має діалектичну об'єктивно-суб'єктивну структуру.

Однією з головних якостей сучасного керівника, економіста, підприємця, системного аналітика є вміння здійснювати правильний аналіз, робити вибір із множини альтернативних варіантів, здатність іти на ризик у розумних межах, навички раціонально працювати в умовах невизначеності, неповноти та асиметрії інформації, конфліктності. Чим складнішим і невизначенішим є соціально-економічне середовище, тим актуальнішим є необхідність урахування ризику, побудова й удосконалення адекватного

інструментарію його аналізу, моделювання та управління ризиком на засадах синергетичного та системного підходів.

Останнім часом теорія економічного ризику (ризикологія) бурхливо розвивається.

### *1.7. Системні властивості економічних рішень*

Невизначеність економічної інформації об'єктивно наявна завжди на стадії проектування та прийняття рішень. Основне джерело цієї невизначеності — неточність, неповнота інформації про мінерально-сировинну базу та інші природні ресурси, можливості й наслідки науково-технічного прогресу, тенденції можливих змін попиту та пропозиції тощо.

Оскільки невизначеність, неповнота інформації в економічній діяльності існують завжди, то економічні теорії, а особливо теорії прийняття рішень, планування, які цього не враховують, слід вважати лише першими наближеннями до реальної дійсності. В останні роки теорія оптимального стохастичного програмування, теорія нечіткої (розмитої) оптимізації, теорія гри, імітаційне моделювання тощо дають досить зручний апарат для переходу до другого наближення.

У ринковій економіці підвищуються вимоги до забезпечення прийнятного рівня ризику та надійності планів і економічних рішень. Адже за «ненадійність», недоцільний ризик доводиться розраховуватися власними коштами. Зокрема, якщо економічна система матиме низькі маневрені властивості, то це не дасть змоги швидко реагувати на зміни зовнішніх умов її функціонування та розвитку (зміни в номенклатурі та попиті, науково-технічному прогресі тощо).

Імовірно, що одним із основних напрямів урахування невизначеності, неповноти інформації в теорії оптимального планування є концепція адаптивності плану, його параметрів. Координація планів, адаптивність їх щодо додаткової інформації, яка надходить у процесі функціонування, є значним чинником підвищення ефективності економічних систем. Наприклад, у задачах багатоетапного стохастичного оптимального планування значення змінних та відповідних двоїстих оцінок залежить від умов реалізації плану, які постійно змінюються. Адаптуючи план, можна зменшити ризик і

одержати економічний ефект (порівняно з неадаптивними підходами). Зрозуміло, що міра адаптивності плану є величиною, яку можна оптимізувати. Надмірна надійність (малий ризик) тягне за собою певні додаткові витрати, що забезпечують мінімізацію ризику відхилень від плану, а це призводить до виникнення ризику невикористаних можливостей (надмірних витрат). Ці витрати пов'язані зі збільшенням запасів, необхідністю розробки певних заходів тощо.

Теорії планування, які виходять із детерміністських уявлень про наявність вичерпної інформації щодо майбутніх умов реалізації планів, очевидно, не здатні описати багато істотних моментів функціонування та розвитку економічних систем. У межах детерміністичного підходу неможливо описати процес адаптації планів до нової інформації, їхню гнучкість. Водночас за детерміністичного підходу відсутнє наукове обґрунтування для коригування та маневреності планів, для створення запасів тощо.

Системні властивості економічних планових рішень слід розглядати як урахування таких важливих характеристик планів, як ризик та надійність їх реалізації, еластичність, маневреність, гнучкість, інерційність, живучість, стійкість тощо.

Урахування чинників, що визначають означені характеристики, дає змогу глибше проникнути в суть оптимізації процесів розвитку та функціонування економічних систем за невизначеності вхідної інформації. Зокрема, виникає можливість здійснити економіко-математичний аналіз рівня ризику та надійності планових рішень та обґрунтувати вимоги для забезпечення раціонального рівня цих показників на етапі прийняття рішень.

Серед характеристик господарських планів найважливішою є їх ефективність. У результаті зміни умов реалізації плану фактичний рівень ефективності може значно відхилитися від планового, що спричиняє нестабільність, нестійкість, підвищений ризик функціонування економічної системи. Припустимо, що внаслідок несприятливих погодних умов урожайність кормових культур знизилася на 25 %. Через відсутність запасів кормів це призведе до зниження надоїв молока більше ніж на 25 %, що негативно вплине на величину виручки, одержаної від реалізації продукції, на дохід і

рентабельність. Тому одним із важливих завдань планування є проблема стабільності, стійкості показників ефективності тощо.

Системні характеристики планів (ризик та надійність, надійність та еластичність, ризик та еластичність) взаємопов'язані. Наприклад, маневрені якості планів справляють значний вплив на еластичність, надійність, ризикованість.

Зауважимо, що маневреність, ризикованість, надійність та еластичність плану істотно залежать від його структури, складу й будови.

### 3. Тематика курсових робіт

#### 3.1. Теоретична частина

- 1) Функція корисності.
- 2) Моделювання економічних процесів розвитку
- 3) Функція споживання. Рівновага споживання.
- 4) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Виробництво в динаміці. Динамічна ефективність.
- 5) Моделювання процесів недосконалої конкуренції.
- 6) Трендові моделі, їх побудова та застосування.
- 7) Проблеми побудови моделі управління економічними об'єктами та процесами з урахуванням взаємодії із суспільством
- 8) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Рівновага в динаміці.
- 9) Проблеми формалізації інвестування соціально-економічної сфери. Інвестиції в освіту та науку та підходи до їх кількісного оцінювання.
- 10) Етапи, методи знаходження та критерії оцінок параметрів виробничих функцій.
- 11) Основні типи виробничих функцій: однорідні; двофакторні; багатфакторні.
- 12) Ринковий інтерес та суспільна доцільність. Аспекти їх концептуалізації та графічного подання.
- 13) Задача оптимізації корисності.
- 14) Основні класи задач економіки та види їх математичних моделей.
- 15) Прикладний динамічний міжгалузевий баланс.



- 16) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.  
Динаміка споживача.
- 17) Економіко-математичні моделі підприємства.
- 18) Математичний аналіз моделі міжгалузевого балансу.
- 19) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.
- 20) Застосування теорії ігор.
- 21) Мережеві моделі підприємства.
- 22) Моделювання мікроекономічних процесів. Задачі максимізації прибутків при фіксованих цінах.
- 23) Цикли відтворення та часові лаги. Лагові моделі.
- 24) Основні типи теоретичних структурних моделей.
- 25) Модель міжгалузевих матеріально-речових зв'язків.
- 26) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.  
Стационарний стан.
- 27) Оптимізаційні моделі міжгалузевого балансу.
- 28) Модель динамічного міжгалузевого балансу.
- 29) Оптимізаційні міжрегіональні міжгалузеві моделі та їх економіко-математичний аналіз.
- 30) Оптимізаційна модель Канторовича
- 31) Задачі мінімізації загальних затрат при фіксованому обсязі.
- 32) Оптимізаційна модель Неймана.
- 33) Прикладний динамічний міжгалузевий баланс.  
Динаміка сфери виробництва.
- 34) Етапи знаходження виробничих функцій; методи знаходження виробничих функцій; критерії оцінок параметрів виробничих функцій.
- 35) Динаміка сфери виробництва.
- 36) Конкуренція в економіці та її роль у генеруванні нової інформації.
- 37) Роль державного регулювання економіки та концептуальні моделі різних варіантів втручання держави у ринковий механізм.
- 38) Середні та граничні витрати ресурсів. Зв'язок функції виробничих затрат з виробничими функціями.
- 39) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.  
Оптимум пропорційного зростання.

- 40) Основна модель міжгалузевого балансу.
- 41) Двоїста монополія.
- 42) Модель міжгалузевих залежностей цін.
- 43) Міжгалузевий баланс грошового обігу.
- 44) Оптимум розподілу і ціни. Оптимізаційні моделі для підприємств.
- 45) Задача моделювання сфери попиту. Сумірність та взаємозамінність споживчих благ.
- 46) Функція споживання. Функції та коефіцієнти еластичності споживання.
- 47) Міжгалузеві моделі із зовнішніми зв'язками.
- 48) Міжрегіональні міжгалузеві баланси.
- 49) Економіко-математичний аналіз оптимізаційних моделей міжгалузевого балансу
- 50) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Пропорційне зростання.
- 51) Недосконала конкуренція. Застосування теорії ігор.
- 52) Класифікація і етапи побудови математичних моделей економіки.
- 53) Оптимізаційні міжрегіональні міжгалузеві моделі та їх економіко-математичний аналіз.
- 54) Факторні моделі: одно та багатофакторні.
- 55) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Динаміка виробника.
- 56) Основні типи економічних моделей, їх зв'язок з іншими типами математичних моделей.
- 57) Функція корисності.
- 58) Моделювання економічних процесів розвитку
- 59) Функція споживання. Рівновага споживання.
- 60) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Виробництво в динаміці. Динамічна ефективність.
- 61) Моделювання процесів недосконалої конкуренції.
- 62) Трендові моделі, їх побудова та застосування.
- 63) Проблеми побудови моделі управління економічними об'єктами та процесами з урахуванням взаємодії із суспільством
- 64) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.

Рівновага в динаміці.

65) Проблеми формалізації інвестування соціально-економічної сфери. Інвестиції в освіту та науку та підходи до їх кількісного оцінювання.

66) Етапи, методи знаходження та критерії оцінок параметрів виробничих функцій.

67) Основні типи виробничих функцій: однорідні; двофакторні; багатофакторні.

68) Ринковий інтерес та суспільна доцільність. Аспекти їх концептуалізації та графічного подання.

69) Задача оптимізації корисності.

70) Основні класи задач економіки та види їх математичних моделей.

71) Прикладний динамічний міжгалузевий баланс.

72) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.

Динаміка споживача.

73) Економіко-математичні моделі підприємства.

74) Математичний аналіз моделі міжгалузевого балансу.

75) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.

76) Застосування теорії ігор.

77) Мережеві моделі підприємства.

78) Моделювання мікроекономічних процесів. Задачі максимізації прибутків при фіксованих цінах.

79) Цикли відтворення та часові лаги. Лагові моделі.

80) Основні типи теоретичних структурних моделей.

81) Модель міжгалузевих матеріально-речових зв'язків.

82) Моделі динаміки мікроекономічних процесів.

Стационарний стан.

83) Оптимізаційні моделі міжгалузевого балансу.

84) Модель динамічного міжгалузевого балансу.

85) Оптимізаційні міжрегіональні міжгалузеві моделі та їх економіко-математичний аналіз.

86) Оптимізаційна модель Канторовича

87) Задачі мінімізації загальних затрат при фіксованому обсязі.

88) Оптимізаційна модель Неймана.

89) Прикладний динамічний міжгалузевий баланс.

Динаміка сфери виробництва.

90) Етапи знаходження виробничих функцій; методи знаходження виробничих функцій; критерії оцінок параметрів виробничих функцій.

91) Динаміка сфери виробництва.

92) Конкуренція в економіці та її роль у генеруванні нової інформації.

93) Роль державного регулювання економіки та концептуальні моделі різних варіантів втручання держави у ринковий механізм.

94) Середні та граничні витрати ресурсів. Зв'язок функції виробничих затрат з виробничими функціями.

95) Моделі динаміки мікроекономічних процесів. Оптимум пропорційного зростання.

96) Основна модель міжгалузевого балансу.

97) Двоїста монополія.

98) Модель міжгалузевих залежностей цін.

99) Міжгалузевий баланс грошового обігу.

100) Оптимум розподілу і ціни. Оптимізаційні моделі для підприємств.

### ***3.2 Практична частина***

**Задача.** Знайдіть такі значення загальної кількості одиниць продукції і значення кількості одиниць продукції з кожного виду товару окремо щоб при загальних витратах 2030 грн. підприємство випускало не більше 10000 одиниць продукції

**Таблиця 1**

	<b>Товар 1</b>	<b>Товар 2</b>	<b>Товар 3</b>	<b>Товар 4</b>	<b>Товар 5</b>
Норма прибутку, %	45	15	25	5	5

**Таблиця 2**

Товар	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
	витрати	штук	витрати	штук	витрати	штук	витрати	штук
Товар 1	260	26	260	25	260	27	260	22
Товар 2	68	42	68	45	68	50	68	52
Товар 3	52	35	52	38	52	44	52	42
Товар 4	1,3	6000	1,3	58000	1,3	6200	1,3	6150
Товар 5	5,8	2000	5,8	2400	5,8	2600	5,8	2500
Товар	Варіант 5		Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8	
	витрати	штук	витрати	штук	витрати	штук	витрати	штук
Товар 1	260	20	260	30	260	28	260	30
Товар 2	68	30	68	68	68	55	68	72
Товар 3	52	28	52	46	52	45	52	51
Товар 4	1,3	5200	1,3	6350	1,3	6300	1,3	6800
Товар 5	5,8	2100	5,8	2900	5,8	2700	5,8	3000
Товар	Варіант 9		Варіант 10					
	витрати	штук	витрати	штук				
Товар 1	260	24	260	19				
Товар 2	68	41	68	35				
Товар 3	52	36	52	27				
Товар 4	1,3	5600	1,3	5300				
Товар 5	5,8	2500	5,8	2200				

## 4. Література

### *Основна література*

1. Вітмінський В.В. Моделювання економіки. К.: КНЕУ, 2005.- 408 с.
2. Шелобаєв С.И. Математические методы и модели в экономике финансах, бизнесе. -М.: ЮНИТИ, 2000.-367с.
3. Шипин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические модели в управлении. – М.: Дело, 2000.- 440 с.
4. Бакаєв Е.В. та інші. Економіко-математичні моделі економічного зростання - К.: Наукова думка, 2005. – 189 с.
5. Машина Н.І. Математичні методи в економіці: Навч. Посібник.-К.: Центр навчальної літератури, 2003. – 148 с.
6. Моделювання макроекономічної динаміки: Навч. Посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2003 . – 236 с.
7. Федосеев В.В. Эриашвили Н.Д. Экономико – математические методы и модели в маркетинге: Учеб. Пособие. – 2 – е изд. перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 159 с.
8. Чураков Е.П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 240 с.
9. Негребецька Л.А., Колечкіна Л.М., Литвиненко Ю.О., Резніков Д.А., Економетрія: Навчальний посібник. – Полтава: РВВПУСКУ, 2003. – 71 с.
10. Нурсев Р.М. Экономика развития: модели становления рыночной экономики. – М.: ИНФРА, 2001.- 240 с.

### *Додаткова література*

1. Загородній Ю.В., Бойко А.Л. Математичні моделі в дослідженні вірусів рослин. – К.: ексбоб, 2001. – 152 с.
2. Пономаренко О.І. Основи математичної економіки. – К.: Техноцентр, 1995.
3. Загородній Ю.В., Войтенко В.В. Моделі та методи екологічного моделювання. – Житомир: вид-во ЖІТІ, 2000. – 110с.

- 4.Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. – К.: Вища школа, 1999. – 234с.
- 5.Клир Дж. Системология. Автоматизация системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. - 534с.
- 6.Багриновський К.А. Матюшок В.М. Экономико – математические методы и модели (микроэкономика): Учеб. Пособие. – М.:изд – во РУДН, 1999. – 183 с.
- 7.Замков О.О. и др.. Математические методы в экономике: Учебник / О. Замков, А. Толстопятенко, Ю. Черемных. – 4 – е изд., стереотип. – М.: Дело и Сервис, 2004. – 368 с.
- 8.Макаренко Т.І. Моделювання та прогнозування у маркетингу: Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 160 с.
- 9.Медведєв М.Г. Економетричні методи моделювання: Навч. Посібник. – К.: Вид – во Європ. Ун- ту, 2003. 140 с.