

ТЕМА 8. ДИНАМІЧНІ МАКРОЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ

План

1. Загальна модель макроекономічної динаміки
2. Трисекторна модель економіки
3. Динамічні міжгалузеві балансові моделі
4. Макроеконометричні моделі

Література:

1. *Браверман Э. М.* Математические модели планирования и управления в экономических системах. — М.: Наука, 1976. — 368 с.
2. *Вітлінський В. В.* Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
3. *Гесць В., Скрипниченко М., Соколик М., Шумська С.* Секторальні макромоделі прогнозування економіки України // Економіст. — 1998. — № 5. — С. 58—67.
4. *Гранберг А. Г.* Математические модели социалистической экономики: Учеб. пособие для экон. вузов и фак. — М.: Экономика, 1978. — 351 с.
5. *Иванчиков Ю. П., Лотов А. М.* Математические модели в экономике. — М.: Наука, 1979. — 304 с.
6. *Колмаев В. А.* Математическая экономика: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 240 с.

1. Загальна модель макроекономічної динаміки

На відміну від статичних *динамічні* моделі описують не стан, а процес розвитку економіки, установлюючи безпосередній взаємозв'язок між попередніми та наступними його етапами і тим самим наближаючи аналітичні висновки на основі економіко-математичної моделі до реальних умов розвитку економічної системи.

Макроекономічна динаміка — це складний процес розвитку економіки в цілому, що розглядається як єдина система, що утворюється в результаті взаємодії виробників і споживачів, кредиторів і боржників на основних ринках — товарному, грошовому та ринку ресурсів.

Аналізуючи макроекономічну систему, виокремлюють два блоки: статичний, який формує параметри системи, та динамічний, що описує траєкторію її розвитку. Динаміка описується кількома рівняннями зі змінними, на значення яких впливають параметри управління та наявна структура системи. Отже, траєкторія розвитку системи формується під впливом параметрів, що їх задає статичний блок, а він, у свою чергу, складається з рівнянь, які описують стан рівноваги на основних макроекономічних ринках.

Розглянемо модель Сарджента—Тарновського [12], доволі компактно й порівняно нескладну, що дає змогу скласти цілісне уявлення про поведіння макроекономіки. Ця модель складається з рівнянь, що описують:

- ринок товарів і послуг;
- грошовий ринок;
- функції агрегованого попиту та пропозиції;
- фіскальну та монетарну політику;
- динаміку очікувань;
- нагромадження приватного капіталу.

Ринок товарів і послуг у цій моделі задається рівнянням збалансованості доходів та агрегованих витрат Y , приватних і державних. Сукупний попит складається з приватних $D(\cdot)$ та очікуваних державних витрат G , які в точці рівноваги дорівнюють виробленому продукту:

$$Y = D(Y^D, r - \pi, A) + G. \quad (8.1)$$

Характер реакції макроекономіки (приватного попиту) на зміни доходу, реальної процентної ставки та приватного багатства задають знаками перших похідних функції

приватного попиту $D(\cdot)$ за відповідними аргументами D_i , $i = 1, 2, 3$ (наприклад, $D_2 \equiv \frac{\partial D}{\partial(r - \pi)} < 0$). При цьому беруть $0 < D_1 < 1$, $D_2 < 0$, $D_3 > 0$.

Скажімо, підвищення доходу на одиницю тягне за собою зростання агрегованого приватного попиту менш як на одиницю, передбачаючи в загальному випадку збереження частки доходу. Із підвищенням реальної процентної ставки дорожчає кредит і скорочується приватний попит — звідси знак «мінус» похідної D_2 .

Дохід — це сума виробленого доходу Y , податків T , доходів від приватного багатства rb та інфляційного податку πA :

$$Y^D = Y - T + rb - \pi A. \quad (8.2)$$

У моделі вважають, що приватний сектор, оцінюючи розмір свого доходу, реагує на очікувану, а не на фактичну інфляцію. Приватне багатство A в реальному вимірі подається портфелем, що складається з двох активів: вартості грошей $m = M/P$, та державних облігацій $b = B/P$, дефльованих за індексом цін P . Отже, маємо:

$$A = m + b. \quad (8.3)$$

Рівновага на фінансовому ринку подається співвідношенням між попитом на гроші в реальному виразі $L(Y, r, A)$ та їх пропозицією $m = M/P$:

$$m = L(Y, r, A), \quad L_1 > 0, L_2 < 0, L_3 > 0. \quad (8.4)$$

Згідно зі стандартною моделлю грошового ринку пропозиція грошей в реальному вимірі є параметром управління, хоча її можна розглядати як деяку функцію від процентної ставки, або валютного курсу.

У ринковій економіці пропозицію грошей регулюють, організовуючи дворівневу банківську систему, що складається з цен-трального та комерційних банків. Центральний банк, визначаючи обсяги своїх пасивів (готівки та обов'язкових резервів комерційних банків), безпосередньо регулює лише частину грошової пропозиції — грошову базу H , пов'язану з грошовою масою через грошовий мультиплікатор. Завдяки цьому забезпечується можливість управління грошовою масою.

Центральний банк, здійснюючи монетарну політику, використовує різноманітні інструменти: регулювання процентної ставки, валютного курсу й норми резервування, операції на ринку з державними боргами тощо. Ці інструменти дають змогу центральному банку регулювати пропозицію грошей.

Зауважимо, попит на гроші $L(Y, r, A)$, як функція від процентної ставки має принципово нелінійний характер. За високої ставки гроші та облігації практично не взаємозамінювані, причому попит на гроші порівняно невеликий і реакція грошового попиту на коливання процентної ставки незначна. Коли процентна ставка невисока гроші та облігації стають майже однаково привабливими засобами.

Функцію агрегованої пропозиції часто замінюють кривою Філіпса:

$$p = \pi + \alpha(Y - \bar{Y}), \quad \alpha > 0, \quad (8.5)$$

де p — фактична інфляція; π — інфляційні очікування; Y, \bar{Y} — рівень виробництва відповідно фактичний та потенційний; α — стала, що характеризує чутливість інфляції до змін обсягів виробництва. Отже, крива Філіпса визначає агреговану пропозицію.

У цій моделі вважається, що інфляційні очікування змінюються адаптивно:

$$\frac{d\pi}{dt} = a(p - \pi), \quad a > 0. \quad (8.6)$$

У кожний момент часу очікування змінюються пропорційно до відхилення реальної та очікуваної інфляції.

Реальну вартість активів у цій моделі розглядають як суму приростів реальної вартості грошей та державних облігацій:

$$A'_t = m'_t + b'_t. \quad (8.7)$$

Миттєві прирости реальної вартості грошей та облігацій подаються рівняннями:

$$m'_t = \frac{M'_t}{P} - pm, \quad b'_t = \frac{B'_t}{P} - pb, \quad (8.8)$$

де M'_t, B'_t, m', b'_t — перші похідні за часом, що характеризують темпи зміни грошової маси та державного боргу.

Держава фінансує свої реальні фактичні витрати G за рахунок податків T . Вона має профінансувати первинний дефіцит $P(G - T)$, а також обслуговувати за ринковою процентною ставкою r державні борги rB , нагромаджені до цього часу. Виконати ці завдання можна за допомогою грошової емісії M'_t та запозичень на вільному ринку B'_t . Отже, для кожного моменту часу має справджуватися рівняння фінансування бюджетного дефіциту:

$$P(G - T) + rB = M'_t + B'_t. \quad (8.9)$$

Аналогічне рівняння фінансування бюджетного дефіциту в реальному вимірі можна дістати підстановкою (8.8) у (8.9):

$$A'_t = m'_t + b'_t(G - T) + rb - pA. \quad (8.10)$$

Отже, модель являє собою систему, що складається з семи рівнянь (8.1)—(8.6) і (8.10) і містить сім невідомих. Ця модель дає змогу відстежувати реакцію макроекономіки на зміну параметрів системи, яка визначається знаками відповідних перших похідних (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

КОРОТКОСТРОКОВІ МАКРОЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ

Похідні	∂Y	∂r	∂p
∂G	> 0	> 0	> 0
∂m	?	< 0	?
$\partial \pi$	> 0	> 0	≥ 1
∂A	?	> 0	?

2. Трисекторна модель економіки

Агреговані моделі економіки використовують для аналізу основних тенденцій розвитку економіки протягом тривалого періоду часу: п'яти, десяти, двадцяти років. У таких моделях економіка описується за допомогою невеликої кількості показників. У разі дослідження довгострокових тенденцій розвитку економіки деталізувати модель не має особливого сенсу, оскільки деталізована модель ускладнюється, потребує прогнозування значень численних параметрів на довгострокову перспективу, що на практиці важко здійснити.

Справді, коли йдеться про опис економіки країни з урахуванням її багатогалузевої структури, доводиться прогнозувати можливості зміни технології виробництва та відповідні зміни у споживанні сировини й енергії. Тому, будуючи моделі довгострокового аналізу, намагаються використовувати в них щонайменше вихідної інформації.

Розглянемо одну з найбільш агрегованих моделей — узагальнення моделі Солоу, а саме трисекторну модель, в якій виокремлюють [6]:

- нульовий сектор, що виробляє предмети праці;
- перший сектор, в якому створюються засоби праці;
- другий сектор, в якому виробляються споживчі товари.

До нульового матеріального сектору відносять такі галузі: добувну промисловість, електроенергетику, нафтопереробну галузь, металургію, промислову хімію тощо.

До *першого (виробничого) сектору* — машинобудівну галузь, металообробку, промислове будівництво.

До *другого (споживчого) сектору* — переробку сільськогосподарської продукції, легку та харчову промисловість, деревообробку, побутову хімію, пасажирський транспорт, торгівлю предметами споживання, громадський зв'язок тощо.

Виробничі можливості кожного із секторів задаються у вигляді неокласичних виробничих функцій:

$$Y_i = F_i(K_i, L_i), \quad i = 0, 1, 2,$$

де X, K, L — випуск, основні фонди та кількість зайнятих у відповідних секторах.

Стан економіки в моделі Солоу задається ендегенними змінними, до яких належать [6]: Y — валовий внутрішній продукт (ВВП); C — фонд невиробничого споживання; I_i — інвестиції; L_i — кількість зайнятих; K_i — фонди. Окрім цього в моделі застосовуються такі екзогенні змінні: v — річний темп приросту зайнятих ($-1 < v < 1$); μ_i — частка вибулих протягом року виробничих фондів ($0 < \mu < 1$); ρ — норма нагромадження (частка валових інвестицій у ВВП, $0 < \rho < 1$). Графічну модель трисекторної економіки наведено на рис. 8.1.

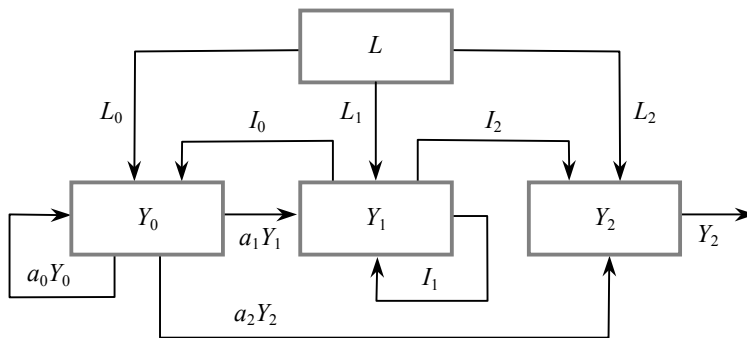


Рис. 8.1. Модель трисекторної економіки

Згідно зі сказаним, використовуючи основні передумови моделі Солоу, можна дістати трисекторну модель:

$$L = L(0)\exp(vt) \text{ (кількість зайнятих);}$$

$$L_0 + L_1 + L_2 = L \text{ (розподіл тих, хто працює за секторами);}$$

динаміка продукції:

$$Y_1 = I_0 + I_1 + I_2 \text{ (розподіл продукції першого сектору);}$$

$$Y_0 = a_0Y_0 + a_1Y_1 + a_2Y_2 \text{ (розподіл продукції матеріального сектору);}$$

де a_i — коефіцієнти повних матеріальних витрат за секторами.

У відносних показниках ця модель набирає вигляду:

$$\sum_{i=0}^2 \theta_i = 1, \quad \theta_i > 0,$$

$$\sum_{i=0}^2 s_i = 1, \quad s_i > 0,$$

$$\frac{dk_i}{dt} = \frac{\theta_i s_i}{\theta_i} f_i(k_i) - \lambda_i k_i, \quad k_i(0) = k_{i0}, \quad \lambda_i = v_i + \mu_i,$$

$$(1 - a_0)\theta_0 f_0(k_0) = a_1\theta_1 f_1(k_1) + a_2\theta_2 f_2(k_2),$$

де $\theta_i = L_i/L$ — частка зайнятих у відповідних секторах;
 $s_i = I_i/Y_i$ — частка інвестицій в i -й сектор у загальному обсязі

інвестицій; $f_i(k_i) = \frac{Y_i}{L_i} = F_i\left(\frac{K_i}{L_i}, 1\right)$ — продуктивність праці в i -му секторі.

Останнє рівняння моделі можна подати в іншій формі:

$$(1 - a_0)y_0 = a_1y_1 + a_2y_2,$$

де $y_i = Y_i/L$ продуктивність i -го сектора, тобто випуск продукції i -го типу на одного зайнятого в економіці, причому $y_i = \theta_i f_i(k_i)$.

В цій моделі параметри $a_0, a_1, a_2, \mu_0, \mu_1, \mu_2$ ендogenous, що вважаються сталими, а параметри $\theta_0, \theta_1, \theta_2, s_0, s_1, s_2$ є управляючими.

3. Динамічні міжгалузеві балансові моделі

Розглянуті в попередній темі міжгалузеві балансові моделі є *статичними*, тобто такими, в яких усі залежності стосуються одного й того самого моменту часу. Ці моделі можуть розроблятися лише для окремо взятих періодів, причому в межах таких моделей не встановлюється зв'язок із попередніми чи наступними періодами. Економічна динаміка відображається, таким чином, поза рамками побудованих моделей, що, очевидно, вносить певне спрощення та звужує можливості аналізу.

До таких спрощень насамперед варто віднести те, що у статичних МГБ не аналізуються розподіл, використання та виробнича ефективність інвестицій. Інвестиції винесено зі сфери виробництва до сфери кінцевого використання разом із предметами споживання та невиробничих витрат, тобто включено до кінцевого продукту.

Розглянемо динамічну модель, побудовану як розвиток статичної МГБ, де виробничі капітальні вкладення виокремлюються зі складу кінцевої продукції, досліджується їхня структура і вплив на зростання обсягу виробництва [4, 5]. В основу побудови моделі у вигляді динамічної системи рівнянь покладено математичну залежність між обсягом капітальних вкладень і приростом продукції. Розв'язок системи, як і в разі статичної моделі, приводить до певних рівнів виробництва, але в динамічному варіанті на відміну від статичного ці шукані рівні залежать від обсягів виробництва в попередніх періодах.

Принципову схему квадрантів I і II динамічного міжгалузевого балансу ілюструє табл. 8.2.

Модель містить дві матриці міжгалузевих потоків. Матриця поточних виробничих витрат з елементами x_{ij} збігається з відповідною матрицею статичного балансу. Елементи другої матриці $\Delta\Phi_{ij}$ показують, яку кількість продукції i -ї галузі в поточному періоді j -та галузь спрямовує як виробничі капітальні вкладення у свої основні фонди. Матеріально це виражається у прирості обсягів виробничого устаткування, споруджень, виробничих площ, транспортних засобів тощо в галузях, що споживають відповідну продукцію.

Таблиця 8.2

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ДИНАМІЧНОГО БАЛАНСУ

Галузі, що виробляють продукцію	Галузі, що споживають продукцію				Міжгалузеві потоки капітальних вкладень				Кінцевий продукт	Валовий продукт
1	Φ_{11}	Φ_{12}		Φ_{1n}	Φ_{11}	Φ_{12}		Φ_{1n}	1	1
2	Φ_{21}	Φ_{22}		Φ_{2n}	Φ_{21}	Φ_{22}		Φ_{2n}	2	2
...
n	Φ_{n1}	Φ_{n2}		Φ_{nn}	Φ_{n1}	Φ_{n2}		Φ_{nn}	n	n

У статичному балансі потоки капіталовкладень не диференціюються за галузями-споживачами і подаються загальною величиною у складі кінцевої продукції Y_i кожної i -ї галузі. У динамічній схемі кінцевий продукт Y_i містить продукцію i -ї галузі, що йде на особисте та суспільне споживання, нагромадження невиробничої сфери, приріст оборотних фондів, незавершеного будівництва, на експорт тощо. Отже, сума потоків капіталовкладень і кінцевого продукту Y_i динамічної моделі дорівнює кінцевій продукції статичного балансу:

$$\sum_{j=1}^n \Delta \Phi_{ij} + Y_i' = Y_i, \quad i = \overline{1, n},$$

тому рівняння розподілу продукції в динамічному балансі набирає вигляду:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{j=1}^n \Delta \Phi_{ij} + Y_i', \quad i = \overline{1, n}.$$

Міжгалузеві потоки поточних витрат, як і у статичній моделі, можна подати через валову продукцію галузей за допомогою коефіцієнтів прямих матеріальних витрат: $x_{ij} = a_{ij} X_j$.

На відміну від потоків поточних витрат міжгалузеві потоки капітальних вкладень пов'язані не з усім обсягом випуску продукції, а лише з її приростом, який вони зумовлюють. При цьому в наведеній моделі передбачається, що приріст продукції поточного періоду зумовлюється вкладеннями, зробленими в цьому самому періоді. Якщо поточний період позначити через t , то приріст продукції ΔX_j дорівнює різниці абсолютних рівнів виробництва в період t і в попередній щодо нього $(t-1)$ -й період:

$$\Delta X_j = X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)}.$$

Вважаючи, що приріст продукції пропорційний до приросту виробничих фондів, дістаємо:

$$\Delta \Phi_{ij} = \varphi_{ij} \Delta X_j, \quad i, j = \overline{1, n}.$$

Розглянемо в останній рівності коефіцієнти пропорційності φ_{ij} . Оскільки

$$\varphi_{ij} = \frac{\Delta \Phi_{ij}}{\Delta X_j},$$

то економічний зміст цих коефіцієнтів полягає в тому, що вони показують, скільки продукції i -ї галузі потрібно вкласти в j -ту галузь, щоб збільшити виробничу потужність j -ї галузі на одиницю продукції. Передбачається, що виробничі потужності використовуються цілком і приріст продукції дорівнює приросту потужності. Коефіцієнти φ_{ij} називаються **коефіцієнтами вкладень**, або **коефіцієнтами прирісної фондомісткості**.

За допомогою коефіцієнтів прямих матеріальних витрат і коефіцієнтів вкладень φ_{ij} динамічну систему рівнянь можна подати в такому вигляді:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + \sum_{j=1}^n \varphi_{ij} \Delta X_j + Y_i', \quad i = \overline{1, n}.$$

Ця система являє собою систему лінійних різницевих рівнянь 1-го порядку. Її можна звести до звичайної системи лінійних рівнянь, урахувавши, що всі обсяги валової і кінцевої продукції належать деякому періоду t , а приріст валової продукції визначено порівняно з $(t-1)$ -м періодом:

$$X_i^{(t)} = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j^{(t)} + \sum_{j=1}^n \varphi_{ij} (X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)}) + Y_i'^{(t)}.$$

Звідси випливають такі співвідношення:

$$X_i^{(t)} = \sum_{j=1}^n (a_{ij} + \varphi_{ij}) X_j^{(t)} - \sum_{j=1}^n \varphi_{ij} X_j^{(t-1)} + Y_i'^{(t)}, \quad i, j = \overline{1, n}.$$

Нехай нам відомі обсяги валової продукції всіх галузей у попередньому періоді (величини $X_j^{(t-1)}$) і кінцевий продукт галузей у періоді t . Тоді останні співвідношення являють собою систему n лінійних рівнянь із n невідомими обсягами виробництва t -го періоду. Отже, розв'язок динамічної системи лінійних рівнянь дає змогу визначити випуск продукції в наступному періоді залежно від рівня, досягнутого в попередньому періоді. Зв'язок між періодами встановлюється через коефіцієнти вкладень ϕ_{ij} , що характеризують фондомісткість одиниці приросту продукції.

Переходячи від дискретного аналізу до неперервного, дістаємо:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{j=1}^n \frac{d\Phi_{ij}}{dt} + Y'_j.$$

Або, переходячи до границі, маємо:

$$\frac{d\Phi_{ij}}{dt} = \phi_{ij} \frac{dX_j}{dt}.$$

Остаточно для випадку неперервних змін дістаємо таку систему співвідношень:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + \sum_{j=1}^n \phi_{ij} \frac{dX_j}{dt} + Y'_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Здобуте співвідношення являє собою систему n лінійних диференціальних рівнянь 1-го порядку зі сталими коефіцієнтами. Для її розв'язання окрім матриць коефіцієнтів прямих матеріальних поточних витрат і коефіцієнтів капітальних витрат (вкладень) необхідно знати рівні валового випуску в початковий момент часу $t=0$ та закон зміни обсягу кінцевого продукту, тобто вид функцій $Y'_i(t)$. На підставі цих даних, розв'язавши відповідну задачу Коші для системи диференціальних рівнянь, теоретично знайдемо обсяги валового випуску для будь-якого моменту часу. Практично ж більш-менш достовірний опис валових і кінцевих обсягів випуску як функцій часу можна дістати лише для порівняно невеликих проміжків часу.

У динамічній моделі особливу роль відіграють коефіцієнти прирісної фондомісткості ϕ_{ij} . Вони утворюють квадратну матрицю n -го порядку:

$$\Phi_{ij} = \begin{pmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1n} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n1} & \phi_{n2} & \dots & \phi_{nn} \end{pmatrix},$$

кожен стовпець якої характеризує для відповідної j -ї галузі розмір та структуру фондів, необхідних для збільшення на одиницю її виробничої потужності (випуску продукції). Матриця коефіцієнтів прирісної фондомісткості дає підстави для подальшого економічного аналізу та планування капітальних вкладень.

У розглянутій динамічній моделі МГБ передбачається, що приріст продукції поточного періоду зумовлений капіталовкладеннями, зробленими в цьому самому періоді. Для порівняно коротких періодів це припущення може виявитися нереальним, оскільки існують відомі, іноді доволі значні відставання в часі (так звані часові лаги) між вкладенням засобів у виробничі фонди і приростом випуску продукції. Моделі, що так чи інакше враховують лаги капітальних вкладень, утворюють особливу групу динамічних моделей міжгалузевого балансу. З-поміж теоретичних моделей цього типу варто виокремити насамперед лінійну динамічну МГБ Леонтьєва, в якій капітальні вкладення подаються у вигляді так званого **інвестиційного блока у формі Леонтьєва**. Математичним узагальненням цієї та низки інших динамічних моделей є динамічна модель у матричній формі Неймана, що ґрунтується на математичній теорії рівномірного пропорційного зростання економіки (магістральна теорія).

Модель Неймана. Раніше було розглянуто трисекторну нелінійну динамічну модель економіки. Коли йдеться про розгляд багатьох галузей, доводиться відмовлятися від нелінійності

через численні труднощі, що пов'язані з нею. Проте дослідження навіть лінійних динамічних багатогалузевих моделей також становить певні труднощі, хоча й приводить до змістовних економічних висновків.

Модель Неймана є узагальненою моделлю Леонтьєва, оскільки припускає виробництво одного продукту різними способами (у моделі Леонтьєва кожна галузь виробляє один продукт, і жодна інша галузь не може виробляти цей продукт).

У моделі подано n продуктів і m способів їх виробництва, кожний j -й спосіб задається вектором-стовпцем витрат a_j і вектором-стовпцем випусків b_j у розрахунку на одиницю інтенсивності процесу:

$$a_j = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{nj} \end{pmatrix}, \quad b_j = \begin{pmatrix} b_{1j} \\ b_{2j} \\ \vdots \\ b_{mj} \end{pmatrix}.$$

З векторів витрат і випуску утворюються матриці витрат і випуску:

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_m), \quad B = (b_1, b_2, \dots, b_m).$$

Коефіцієнти витрат a_{ij} і випуску b_{ij} невід'ємні. Природно припустити, що для реалізації будь-якого процесу необхідні витрати хоча б одного продукту, тобто для кожного j знайдеться хоча б одне i , таке що $a_{ij} > 0$, і кожен продукт може бути зроблений хоча б одним способом, тобто для кожного i існує деяке j , таке що $b_{ij} > 0$. З цієї умови випливає, що кожний стовпець матриці A та кожен рядок матриці B повинні мати принаймні один додатний елемент.

Інтенсивність процесів має бути також невід'ємною: $\bar{x}_j(t) \geq 0, j = 1, \dots, m$.

Позначимо через x_t вектор-стовпець інтенсивності виробництва:

$$x_t = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_m(t) \end{pmatrix},$$

а через p_t — вектор-рядок невід'ємних цін: $p_t = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t))$.

Вектор $y_t = Ax_t$ — це вектор витрат за заданого вектора інтенсивності процесів x_t , а вектор $z_t = Bx_t$ — вектор випусків.

Модель Неймана описує замкнену економіку в тому сенсі, що для виробництва продукції в наступному виробничому циклі (протягом року t витрачається продукція, виготовлена в попередньому виробничому циклі, тобто протягом року $(t - 1)$):

$$Ax_t \leq Bx_{t-1}, \quad x_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T,$$

при цьому передбачається, що задано початковий вектор запасів $Bx_0 \geq 0$. Це модель Неймана в натуральній формі.

У рамках моделі Неймана можна ставити і розв'язувати оптимізаційні економічні задачі. Найбільше оптимізаційна задача формулюється так: знайти оптимум лінійної функції стану наприкінці розглянутого періоду:

$$\begin{aligned} & \max cx_T \\ & Ax_t \leq Bx_{t-1}, \quad t = 1, 2, \dots, T. \end{aligned}$$

4. Макроеконометричні моделі

Головною метою макроекономічного моделювання є опис кількісних і якісних аспектів економічних явищ та процесів за допомогою системи економетричних рівнянь (стохастичних регресійних рівнянь, трендів, балансових співвідношень тощо), що дає змогу на основі ретроспективної інформації

аналітично або чисельно визначити фактори майбутнього економічного розвитку та з'ясувати наслідки проведення економічної політики.

Будуючи макроеконометричні моделі, намагаються подати основні співвідношення, що визначають розвиток економіки, у структурному вигляді з урахуванням жорстких природних обмежень, які накладаються низкою тотожних співвідношень та пов'язують одну з однією різні групи показників. Коефіцієнти моделей оцінюються за наявними історичними даними, далі рівняння моделей розв'язуються на підставі інформації за останній час (ретроспективний прогноз) і, можливо, згідно з певними припущеннями стосовно майбутньої економічної політики та поведінки деяких змінних, а потім розробляється, нарешті, низка прогнозів. Остаточний прогноз, як правило, являє собою компроміс між вихідними даними моделі, з одного боку, і рівнем інтуїції та досвіду дослідника — з другого.

Якщо досліджувані процеси мають доволі тривалу передісторію, характеризуючись певною інерційністю, і до того ж нагромаджено статистичний матеріал, який дає змогу встановлювати закономірності й тенденції їх розвитку, простежуючи взаємозв'язки з іншими явищами, то гіпотеза про майбутній розвиток таких процесів значною мірою може базуватись на аналізі минулого їх перебігу. Що ж до економіки, то їй притаманна певна інерційність розвитку, зумовлена дією таких тривалих факторів, як структура і стан основних фондів, обсяги інвестицій минулих періодів, ступінь стійкості технологічних зв'язків і т. ін. Наслідки грошово-кредитної, податкової, митної політики держави також позначаються на економічних тенденціях лише через деякий проміжок часу. Тому для дослідження економічних процесів, особливо в періоди сталого, повільного розвитку, цілком природно застосовувати статистичні, зокрема, економетричні методи.

Будуючи економетричні моделі, взаємозв'язки між змінними та рівняннями визначають на підставі інформації, що узгоджується з економічною теорією, практичним досвідом і має економічний сенс.

У разі побудови макромоделей економіку країни подають у вигляді сукупності взаємозв'язаних блоків або агрегатів (рис. 8.2). Блочний принцип побудови допомагає розкривати й моделювати взаємозв'язки між блоками, краще усвідомлюючи функціонування кожного з них.

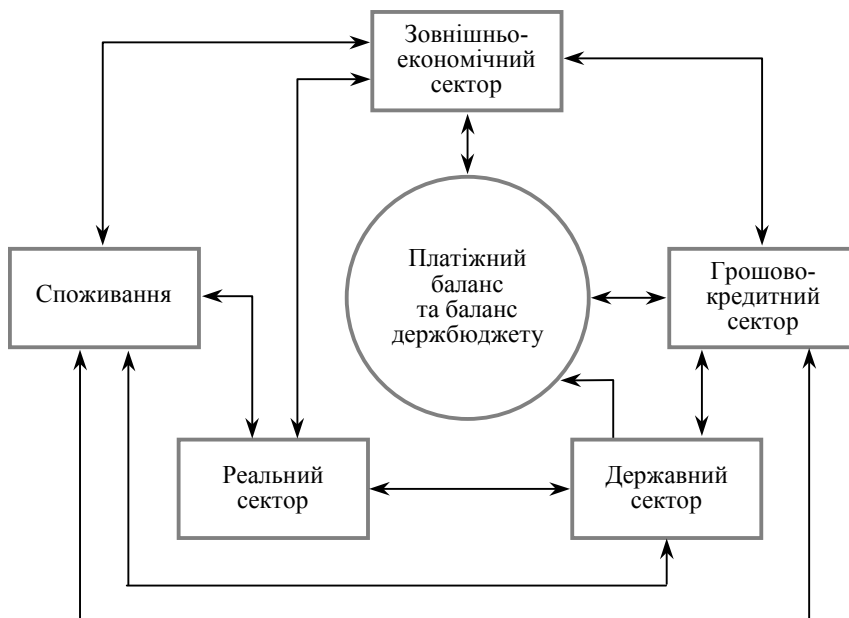


Рис. 8.2. Спрощена структурна схема макромоделі економічного прогнозування економіки України [3]

Кожний блок описує функціонування певного сектору економіки. При цьому економіку поділяють на монетарний (гроші та ціни) і реальний (виробничий) сектори. Часто виокремлюють блоки зовнішньоекономічної діяльності, формування бюджету, сектору ринку праці тощо [8].

Модель реального сектору містить базові макроекономічні тотожності, на основі яких формуються складові ВВП за різними методами обчислення. Модель складається з двох блоків: *блок пропозиції* та *блок агрегованого попиту*. Перший формує виробничу функцію (сума валового внутрішнього продукту й імпорту), що залежить від основних фондів, зайнятості та імпорту кінцевих товарів та послуг і лагових змінних. У блоці присутні функції зайнятості та основних фондів.

Другий відбиває використання ВВП і формує обсяги кінцевих споживчих витрат домашніх господарств, сектору загального державного управління, валового нагромадження основного капіталу, зміни запасів матеріальних оборотних коштів та експорту товарів і послуг. Обидва зазначені блоки моделі тісно пов'язані зі змінними грошово-кредитного, зовнішньоекономічного секторів, фінансів і споживання. Рівняння та тотожності моделі охоплюють основні макрогалузі національної економіки: промисловість за комплексами — паливно-енергетичним, металургійним, хімічним, будівельних матеріалів, легкої та харчової промисловості; сільське та лісове господарство; будівництво, транспорт та зв'язок, сферу обігу тощо.

Модель сектору споживання та доходів населення визначає функцію споживання, основні види доходів та витрат населення. Приватне споживання (кінцеве споживання домашніх господарств) характеризується динамікою його лагового значення, особистих доходів домашніх господарств, суми заощаджень та індексу інфляції. Розглядаються модельні оцінки адресних субсидій населенню (на оплату житла), особистих грошових доходів домашніх господарств до і після сплати податків, а також особисте споживання, платоспроможний попит, грошова оплата праці (у цілому), середньомісячна заробітна плата зайнятих у народному господарстві, оплата послуг населенням, купівля товарів, обов'язкові платежі та інші доходи та витрати населення.

Модель державного сектору відбиває функцію державного споживання (споживання сектору державного управління), основні види бюджетних надходжень та видатків, їх загальні суми та баланс бюджету. Прогнозування надходжень ґрунтується на наявності зворотних зв'язків між податковими ставками та податковими базами, на взаємозалежності всіх секторів економіки, а також на обчисленні доходів на основі функцій, які будуються для різних видів податків згідно з прогнозними оцінками відповідних баз оподаткування. Це означає, що сума окремих надходжень формується як функція від відповідної ставки податку, податкової бази та змінних, що характеризують ефективність функціонування податкової адміністрації.

Модель зовнішньоекономічного сектору визначає макрозмінні експорту, імпорту та їхніх складових відповідно до стандартів міжнародної класифікації: експорт та імпорт продовольства, сировини й матеріалів, проміжної та кінцевої продукції. Функція загального експорту залежить від динаміки вітчизняного й світового ВВП і паритету дефляторів ВВП та експорту. Загальний імпорт та його агрегатні складові — імпорт послуг, імпорт машин та обладнання, інший імпорт — моделюються під впливом динаміки реального ВВП і співвідношення відповідних дефляторів ВВП та визначених у моделі категорій імпорту.

Модель грошово-кредитного сектору базується на припущенні щодо рівності попиту та пропонування грошей. Вихідними змінними є прогноз грошових агрегатів $M1$ і $M3$, грошової бази НБУ залежно від поставлених цілей стосовно зростання ВВП, рівня інфляції та валютного курсу. У моделі виконуються також прогнозні розрахунки показників грошового ринку, за допомогою яких можна не тільки аналізувати поточну ситуацію та оцінювати можливість застосування тих чи інших інструментів монетарної політики, а й виокремлювати фактори, динаміка яких може вплинути на виконання цільового орієнтиру з економічного зростання: грошового мультиплікатора, швидкості обігу грошей, внутрішнього кредиту, зовнішніх активів тощо.

Оскільки розглянута щойно модель складається більш ніж зі ста рівнянь і тотожностей, то ми не наводимо її специфікації, а лише окреслюємо зміст головних її блоків. Загалом макроеконометричні моделі можуть містити сотні змінних і рівнянь, часто із взаємозалежними змінними, що ускладнює ідентифікацію таких систем.

Завершуючи огляд макроеконометричних моделей, зауважимо, що побудова, ідентифікування та оцінювання таких моделей є доволі складним завданням, до розв'язання якого залучаються цілі наукові організації та інститути (в Україні макроеконометричні моделі розробляють в Інституті економічного прогнозування, Інституті економіки НАН України, Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова тощо).