

УДК 330.105+519.876.5

В.О. Капустян, М.Г. Чепелєв

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ, ЯКА САМОСТІЙНО РОЗВИВАЄТЬСЯ, ЗА УМОВИ ДИФУЗІЇ КЕРУЮЧИХ ПАРАМЕТРІВ І СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОВЕДІНКИ СИСТЕМИ

Вступ

Прогнозування поведінки економічної системи країни з досить високою точністю поки що залишається проблемою невирішеною. Свідченням цього є не передбачена заздалегідь, принаймні українськими аналітиками, економічна криза. Насамперед це було зумовлено відсутністю якісного методологічного апарату. Тому в останні роки традиційні стохастичні моделі макроекономічного прогнозування почали витіснятися альтернативним підходом до аналізу нелінійності, який базується на теорії динамічного хаосу [1]. Деякі економічні моделі, при аналізі яких виникає детерміністичний хаос, було розглянуто в праці [2]. Але, на нашу думку, модель розподіленої ринкової економіки найбільш адекватно відображає процеси, які відбуваються в реальній економіці країни [3, 4].

Постановка задачі

Метою статті є модернізація моделі, поданої в [3, 4], з використанням запропонованого Вайдліхом підходу до опису широкого спектра явищ через взаємодію двох змінних, що можуть впливати одна на одну кооперативно або антагоністично [5], а також стабілізація хаотичної поведінки системи.

Модернізація вихідної моделі

Запропонована М.О. Магницьким модель ринкової економіки, яка самостійно розвивається, описується системою

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= bx((1-\sigma)z - \delta y), \\ \dot{y}(t) &= x(1 - (1-\delta)y + \sigma z), \\ \dot{z}(t) &= a(y - dx), \end{aligned} \quad (1)$$

$$x = \frac{\beta\eta}{1+\theta+\eta} \tilde{K}, \quad y = \frac{\beta\eta(1+\gamma)}{\omega\theta} D, \quad z = \frac{1+\gamma}{\omega} u,$$

де $\gamma = \frac{K}{H}$ – органічна структура капіталу; $\theta = \frac{C_T}{M}$ – виробнича структура капіталу; $\eta = \frac{Y}{M}$ – товарна структура капіталу; $0 < \delta < 1$, $\sigma < 1 - \delta$, $\alpha, \beta, \omega, a, b, d = \text{const}$; $a = \frac{\alpha\theta}{\beta\eta}$, $b = \frac{\omega\theta}{(1+\theta+\eta)(1+\gamma)}$, $d = \frac{\theta+(\eta-1)(1+\gamma)}{\omega\theta}$.

Для описання основних характеристик економічної системи використано такі функції:

- $\tilde{K}(t, c)$ – щільність розподілу капіталу в момент t у просторі технологій;
- $C_T(t, c)$ – щільність розподілу виробничого (постійного $K(t, c)$ і змінного $H(t, c)$) капіталу підприємців;
- $Y(t, c)$ – щільність розподілу товарного капіталу підприємців;
- $M(t, c)$ – щільність розподілу грошового капіталу підприємців;
- $u(t, c)$ – розподіл норми прибутку в момент t у просторі технологій;
- δ, σ – керуючі параметри системи (1), якими характеризуються відповідно “тиск” з боку держави і “свобода” підприємців у прийнятті рішень щодо використання отриманого прибутку.

В реальній економіці керуючі параметри, як правило, змінюються.

Використаємо підхід, запропонований Вайдліхом, і розглянемо взаємодію керуючих параметрів системи (1) [5], називаючи змінну δ кооперативною відносно змінної σ , якщо δ буде збільшувати значення σ при великих власних значеннях та зменшувати – при малих. Якщо ж змінна δ подавлятиме змінну σ при великих власних значеннях і збільшуватиме при малих, то змінну δ називатимемо антагоністичною відносно змінної σ . Більше того, у моделях Вайдліха припускається, що змінні δ і σ такі, що самонасичуються, то тоді найбільш простим видом рівнянь, що задовольняють описані вище умови, є логістичні рівняння

$$\dot{\delta} = \delta[a(\sigma)s - \delta], \quad \dot{\sigma} = \sigma[b(\delta)s - \sigma], \quad (2)$$

де s – регульований параметр, яким характеризується ступінь взаємовпливу змінних; $a(\sigma)$, $b(\delta)$ – функції впливу, які зумовлюють антагоністичний або кооперативний характер взаємодії змінних. Функції впливу візьмемо у вигляді

$$a(\sigma) = \operatorname{arctg}(\sigma - \sigma_\delta), \quad b(\delta) = \operatorname{arctg}(\delta - \delta_\sigma), \quad (3)$$

де σ_δ , δ_σ – точки перемикання функцій впливу $a(\sigma)$, $b(\delta)$, при проході через які відбувається зміна характеру взаємодії змінних (з подавлення на підсилення, і навпаки). Припустимо, що параметр s залежить від норми прибутку (z), тобто чим більша норма прибутку підприємців, тим сильнішою стає взаємодія керуючих параметрів системи (1). За функцію, якою описується зміна параметра s , візьмемо таку:

$$s(z) = a_1 + a_2 \operatorname{th}(a_3 + a_4 z), \quad (4)$$

де $a_1, a_2, a_3, a_4 = \text{const}$; z – норма прибутку підприємців.

Із врахуванням (2)–(4) модель (1) набуде вигляду

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= bx \left(\left(1 - \left(\frac{v}{\delta + \sigma} \right) \sigma \right) z - \left(\frac{v}{\delta + \sigma} \right) \delta y \right), \\ \dot{y}(t) &= x \left(1 - \left(1 - \left(\frac{v}{\delta + \sigma} \right) \delta \right) y + \left(\frac{v}{\delta + \sigma} \right) \sigma z \right), \\ \dot{z}(t) &= a(y - dx), \end{aligned} \quad (5)$$

$$\dot{\delta}(t) = \delta \left[\frac{2e}{\pi} \operatorname{arctg}(\sigma - \sigma_\delta) (a_1 + a_2 \operatorname{th}(a_3 + a_4 z)) - \delta \right],$$

$$\dot{\sigma}(t) = \sigma \left[\frac{2f}{\pi} \operatorname{arctg}(\delta - \delta_\sigma) (a_1 + a_2 \operatorname{th}(a_3 + a_4 z)) - \sigma \right],$$

де e , f – параметри, значення яких беруться з множини $[-1, 0) \cup (0, 1]$ залежно від виду та інтенсивності взаємодії керуючих параметрів системи (5); v – параметр, який дорівнює сумі нормалізованих значень δ і σ .

Результати дослідження

Проведемо дослідження поведінки моделі (5) при різноманітних варіантах взаємодії держави і підприємців та порівняємо результати з поведінкою моделі (1), розв'язки якої мають хаотичну поведінку. Покладемо, що $\gamma = 1$,

$$\theta = 12, \quad \eta = 2, \quad \beta = \frac{6\alpha}{7}, \quad \omega = 1, \quad a_1 = 10, \quad a_2 = 10, \quad a_3 = -1, 2, \quad a_4 = \frac{1}{27}.$$

Поведінку системи (5) будемо досліджувати залежно від зміни початкових значень керуючих параметрів δ і σ , а також значень точок перемикання σ_δ і δ_σ . Враховуючи те, що в перших двох рівняннях системи (5) параметри δ і σ нормуються та в сумі дорівнюють v , а також те, що поведінка системи розглядається при $\delta > 0$ і $\sigma > 0$, початкові значення (для зручності) також обиратимемо, виходячи з цих умов:

$$\delta + \sigma = v, \quad \delta > 0, \quad \sigma > 0. \quad (6)$$

Проаналізуємо поведінку моделі при значеннях $v = 0,9$ і $v = 0,7$. Чим більший показник v , тим більша частина коштів, отриманих підприємцями від продажу споживчих товарів, йде на формування платоспроможного попиту держави та підприємців.

Варіант 1. Розглянемо ситуацію, коли держава кооперативно ставиться до підприємців і підприємці до держави також ставляться кооперативно. Однак будемо вважати, що підприємці мають менший вплив на рішення держави, ніж держава на свободу дій підприємців, тому покладемо $e = 0,3$, $f = 1$.

Точки перемикання σ_δ і δ_σ встановлюють значення σ і δ , починаючи з яких ставлення підприємців до держави та держави до підприємців стають кооперативними. До цього ж моменту відповідні ставлення є антагоністичними. Припустимо, що $\sigma_\delta = 0,05$, а $\delta_\sigma = 0,3$, $v = 0,9$. Такі значення точок перемикання характеризують досить лояльне ставлення обох сторін одна до одної, тобто ставлення досить швидко стають кооперативними. За таких умов при значеннях δ , менших від 0,662, система з часом руйнується, а при $\delta \geq 0,662$ і $\sigma \leq 0,238$ формується стійка нерухома точка, оточена нестійким сідловим циклом (рис. 1, а).

При збільшенні параметра δ і зменшенні значення σ в системі більш швидко формується стійка нерухома точка, оточена нестійким сідловим циклом, тобто економічна система швидше набуває стану, в якому зміни параметрів незначні, а отже, коливання попиту та пропозиції менші, а також менша глибина рецесії економіки та тривалості економічних криз

(рис. 1, б). Така поведінка зумовлена тим, що при великих початкових значеннях δ держава вже має певний рівень платоспроможного попиту на товари підприємців і може, таким чином, забезпечити подальший розвиток економіки країни при низькому рівні рентабельності (σ).

При $\nu = 0,7$ значно розширюється діапазон значень, за яких розв'язки системи утворюють стійку нерухому точку (починаючи із значень $\delta = 0,291$ і $\sigma = 0,409$), оточену сітловим циклом, але при цьому рівень ВВП у країні на душу населення значно менший (рис. 2, а). При подальшому зростанні рівня оподаткування розмір ВВП не змінюється, але трохи зменшуються флуктуації в економіці держави. Слід зазначити, що навіть при значеннях $\delta = 0,69$ і $\sigma = 0,01$ вони досить значні (рис. 2, б), що негативно впливає на економічний розвиток загалом та добробут населення зокрема.

Покладемо $\sigma_{\delta} = 0,15$, $\delta_{\sigma} = 0,7$, $\nu = 0,9$, що можна інтерпретувати, як середній рівень рентабельності підприємців і досить жорстку та вимогливу позицію з боку держави щодо сплати податків, платежів та зборів. За таких умов економіка занепадає при початкових значеннях $\delta \leq 0,010$ і $\sigma \geq 0,890$. Якщо ж δ і σ не задовольняють ці умови, то економіка може існувати досить тривалий період у практично стаціонарному стані, не занепадаючи при цьому тривалий час. Аналогічна поведінка розв'язків системи спостерігається при значеннях $\delta \geq 0,012$ та $\sigma \leq 0,688$ і $\nu = 0,7$.

Початкове і досить тривале антагоністичне ставлення держави до підприємців досить швидко (враховуючи той факт, що держава володіє сильнішими важелями впливу на підприємців, ніж ті на державу ($e = 0,3$, $f = 1$)) підвищує податкове навантаження на підприємців і, як наслідок, зростає платоспроможний попит дер-

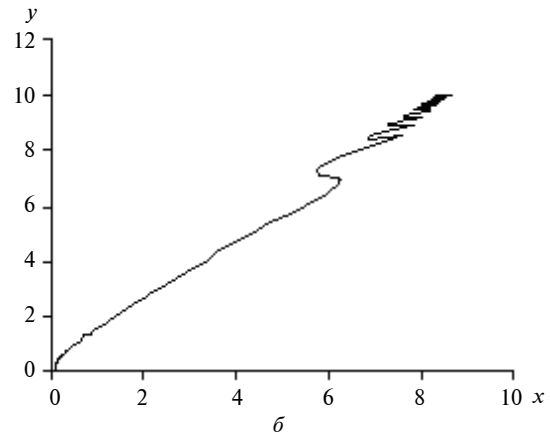
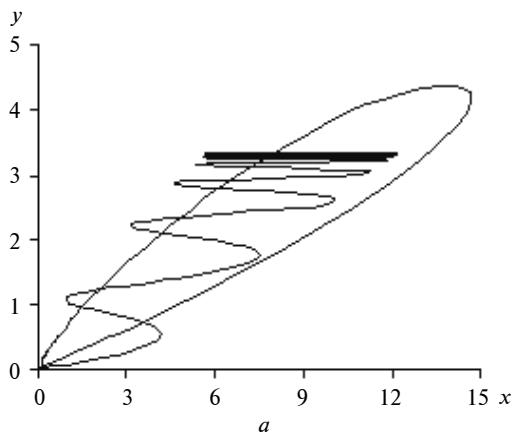


Рис. 1. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,662$, $\sigma = 0,238$ (а) і $\delta = 0,84$, $\sigma = 0,06$ (б) та $\sigma_{\delta} = 0,05$, $\delta_{\sigma} = 0,3$, $\nu = 0,9$

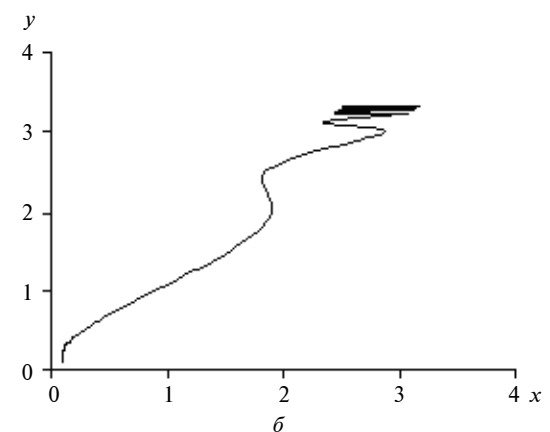
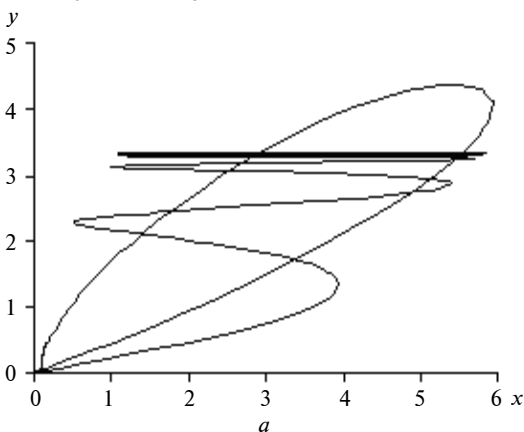


Рис. 2. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,291$, $\sigma = 0,409$ (а) і $\delta = 0,69$, $\sigma = 0,01$ (б) та $\sigma_{\delta} = 0,05$, $\delta_{\sigma} = 0,3$, $\nu = 0,7$

жави, знижується рівень рентабельності, після чого ставлення держави стає кооперативним, і влада дозволяє підприємцям функціонувати при досить невисокому рівні рентабельності.

Варіант 2. Розглянемо випадок, при якому ставлення держави до підприємців і підприємців до держави антагоністичне. Таке ставлення буде проявлятися з самого початку взаємодії сторін, а тому покладемо $\sigma_\delta = 0,01$ і $\delta_\sigma = 0,01$, як і раніше. Вважаємо, що держава має більший вплив на підприємців, тому $e = -0,3$ і $f = -1$. При початкових значеннях $\delta \leq 0,453$ і $\sigma \geq 0,457$ економіка занепадає майже відразу – досягає спочатку своїх максимальних показників, а потім швидко настає рецесія. При $\delta = 0,453$ і $\sigma = 0,447$ економіка робить один повний цикл, вона стрімко зростає і не менш стрімко занепадає. Якщо $\delta = 0,454$ і $\sigma = 0,446$, то система руйнується після багатьох повних циклів (рис. 3, а). При подальшому зростанні δ і σ , після великої кількості повних циклів, економіка на певний час набуває стану, в яко-

му незначною мірою змінюються значення капіталу і платоспроможного попиту та майже стабілізується, але згодом швидко руйнується (рис. 3, б, в).

Якщо покласти $\nu = 0,7$, то вже при значеннях $\delta = 0,351$ і $\sigma = 0,349$ економіка занепадає після одного повного циклу. При $\delta = 0,353$ і $\sigma = 0,347$ (рис. 4, а) економічна система робить вже два повних цикли, при $\delta = 0,354$ і $\sigma = 0,346$ – три, при $\delta = 0,357$ і $\sigma = 0,343$ – чотири.

При подальшому зростанні тиску держави і зменшенні свободи підприємців зростає час функціонування економіки до занепаду і збільшується кількість повних циклів (рис. 4, б).

Якщо надалі збільшувати δ і зменшувати σ , то система залишиться стійкою досить тривалий період, при цьому весь цей час розв'язки залишатимуться в рамках обмеженої фазової множини (рис. 4, в).

Отже, при будь-яких значеннях δ і σ , при $\nu = 0,9$ або $\nu = 0,7$ система не перебуває в ста-

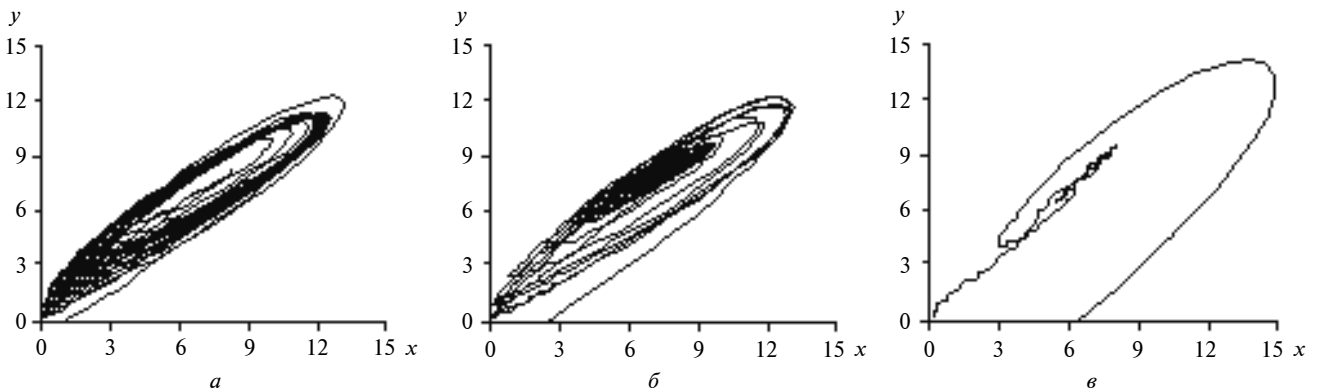


Рис. 3. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,455$, $\sigma = 0,445$ (а), $\delta = 0,456$, $\sigma = 0,444$ (б), $\delta = 0,7$, $\sigma = 0,2$ (в) і $\sigma_\delta = 0,01$, $\delta_\sigma = 0,01$, $\nu = 0,9$

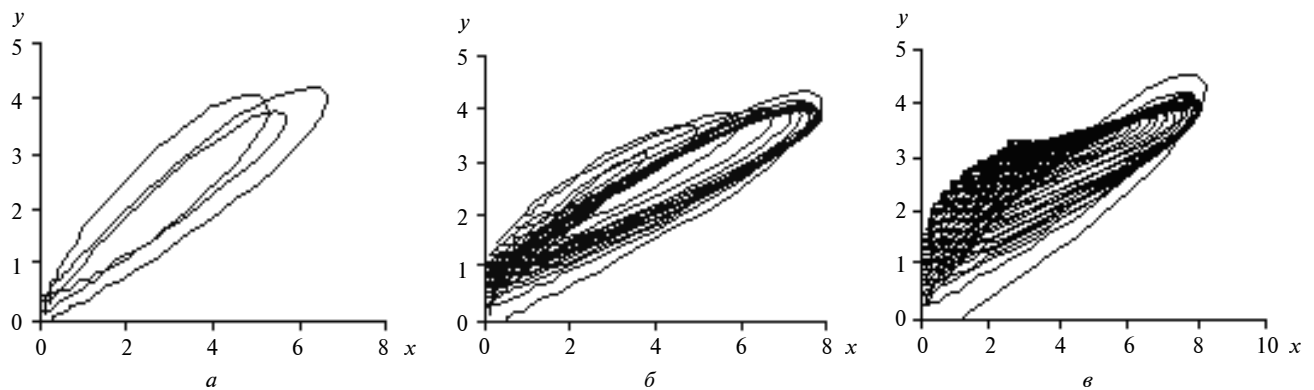


Рис. 4. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,353$, $\sigma = 0,347$ (а), $\delta = 0,435$, $\sigma = 0,265$ (б), $\delta = 0,696$, $\sigma = 0,004$ (в) і $\sigma_\delta = 0,01$, $\delta_\sigma = 0,01$, $\nu = 0,7$

ні рівноваги і, як результат, руйнується. З економічної точки зору відбувається так, що при антагоністичному ставленні з обох боків перемагає той, хто має більшу владу. За певного паритету початкових значень норми прибутку і податкового навантаження підприємці можуть деякий час чинити опір державі, але врешті-решт держава збільшуватиме ставки оподаткування, акцизні та місцеві збори, і підприємці не зможуть нормально функціонувати, в той же час платоспроможний попит держави також знизиться, бо підприємці не зможуть платити податки, платежі та збори, що становлять основну частину надходжень до державного бюджету. Зазначимо, що зменшення значення v до 0,7 призводить до того, що економіка повільніше проходить етапи утворення циклів, а циклічний розвиток починається при будь-яких значеннях δ і σ – на відміну від можливих варіантів розвитку при $v = 0,9$ (рис. 3, *в*). Але при більшому обмеженні платоспроможного попиту (держави і підприємців загалом) зменшується потенціал зростання економіки, а отже, й знизиться і рівень ВВП.

Варіант 3. Розглянемо антагоністичне ставлення з боку підприємців і кооперативне з боку держави ($e = -0,3$, $f = 1$). Покладемо $\sigma_\delta = 0,01$, а $\delta_\sigma = 0,3$, тобто коли відрахування до державного бюджету становить більше 30 % доходів підприємців, тоді держава починає підтримувати таких підприємців. За таких умов поведінка розв'язків схожа на варіант 1, і при $\delta \geq 0,674$ і $\sigma \leq 0,227$ формується стійка нерухома точка, оточена нестійким сідловим циклом, у решті ж випадків система руйнується. При збільшенні δ_σ до 0,4 область стабільного функціонування економіки значно збільшується. Так, нерухома точка, оточена стійким нерухомим циклом, формується вже при значеннях $\delta \geq 0,047$ і $\sigma \leq 0,853$. Система має аналогічну поведінку й при значенні $v = 0,7$. Якщо $\delta \geq 0,409$, $\sigma \leq 0,291$ і $\delta_\sigma = 0,3$, то формується стійка нерухома точка, оточена нестійким сідловим циклом. У протилежному випадку економіка зазнає краху. При більш жорсткій політиці держави та зростанні δ_σ до 0,4 сценарій поведінки розв'язків не змінюється, але збільшується область нормального функціонування системи. Останній момент можна інтерпретувати таким чином: при збільшенні області, в якій держава антагоністично ставиться до

підприємців, зростає й область, в якій держава захищає свої інтереси (щодо збільшення податкового навантаження), влада меншою мірою підтримує підприємців і швидко забезпечує державі високий рівень платоспроможного попиту, ставлення до підприємців змінюється на кооперативне, і підприємці підтримують невисокий рівень рентабельності, що змінюється в певних незначних межах, але забезпечує нормальне функціонування підприємств.

Варіант 4. Розглянемо кооперативне ставлення з боку підприємців і антагоністичне з боку держави ($e = 0,3$, $f = -1$, $\sigma_\delta = 0,1$, $\delta_\sigma = 0,01$, $v = 0,9$). При значному тиску з боку держави на підприємців економіка не здатна набути стану рівноваги, незважаючи на підтримку влади підприємцями. Зазначимо, що починаючи із значень $\delta = 0,454$ і $\sigma = 0,446$ система руйнується, роблячи спочатку один, а при зростанні δ і зменшенні σ – більше повних циклів та перебуваючи певний час у досить стабільному стані. Така поведінка розв'язків системи зумовлена тим, що держава має значні важелі впливу, протистояти яким підприємці не спроможні. Протидія ж політиці держави не приносить користі, а призводить до зниження до нуля платоспроможного попиту держави і прибутку підприємців.

При $v = 0,7$ початковий сценарій поведінки економічної системи також проходить етапи утворення циклів, починаючи з $\delta = 0,271$ і $\sigma = 0,429$, але на відміну від поведінки моделі при $v = 0,9$ циклічний характер розв'язків має місце при будь-яких значеннях $\delta \geq 0,271$. Зазначимо також, що руйнування системи при $v = 0,7$ відбувається не так стрімко, як при $v = 0,9$. Це може мати домінуючу роль при стабілізації економіки, а саме зменшенні негативних впливів флуктуацій, оскільки в економістів буде більше часу для прийняття рішень та визначення засобів впливу на економічну систему країни [6].

Модель Магницького

Розглянемо поведінку системи (1) за умов (6), аналіз якої без накладання таких умов було проведено в [7]. Покладемо $v = 0,9$. У цьому випадку вже при значеннях $\delta = 0,632$ і $\sigma = 0,268$ формується сім повних циклів, але система руйнується, і при значеннях $\delta = 0,634$ і

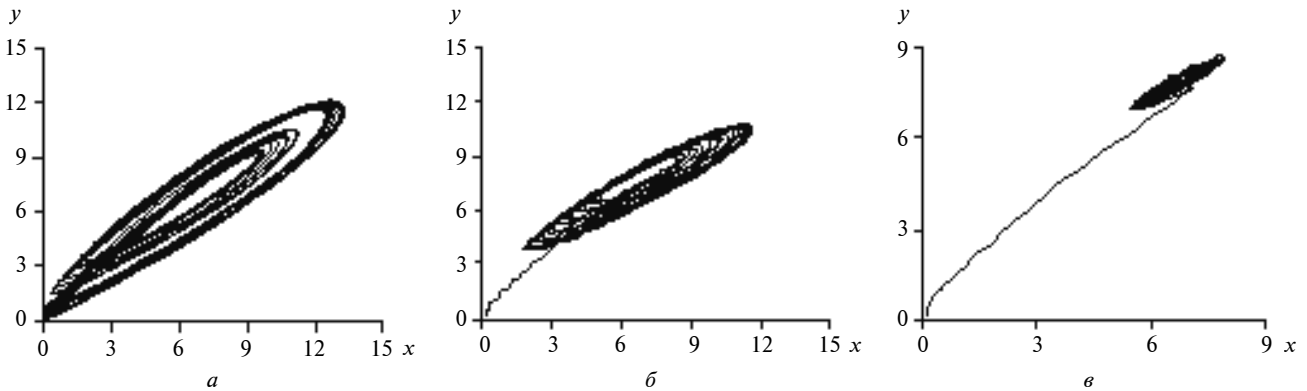


Рис. 5. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,634$, $\sigma = 0,268$ (а), $\delta = 0,67$, $\sigma = 0,23$ (б), $\delta = 0,682$, $\sigma = 0,218$ (в) та $\nu = 0,9$

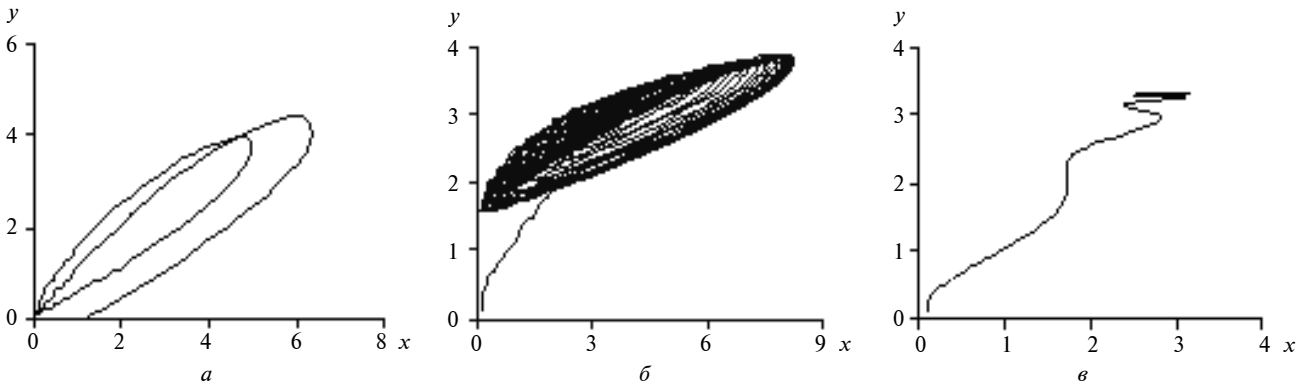


Рис. 6. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) при $\delta = 0,452$, $\sigma = 0,248$ (а), $\delta = 0,594$, $\sigma = 0,106$ (б), $\delta = 0,694$, $\sigma = 0,006$ (в) та $\nu = 0,7$

$\sigma = 0,266$ виникає цикл з періодом дванадцять (рис. 5, а), при $\delta = 0,67$ і $\sigma = 0,23$ формується фазова притягуюча множина (рис. 5, б), яка з часом стягується (рис. 5, в), утворюючи нерухому точку.

Якщо покласти $\nu = 0,7$, то поведінка моделі дещо зміниться. При значеннях $\delta = 0,452$ і $\sigma = 0,248$ система руйнується після одного повного циклу (рис. 6, а), причому така поведінка спостерігається на відрізку $\delta \in [0,452; 0,483]$, і лише при значеннях $\delta = 0,484$ і $\sigma = 0,216$ економіка занепадає після двох повних циклів. При подальшому зростанні δ система руйнується після певної кількості повних циклів, потім формується цикл з періодом n , на наступному етапі розв'язки системи спочатку перебувають в обмеженій, досить невеликій, фазовій множині, а далі, після декількох циклів, зміщуються в іншу фазову множину, значно більшу за розміром (рис. 6, б). Зазначимо також, що з часом у системі, при будь-яких значеннях керуючих параметрів δ і σ , розв'язки не утворюють стійкої нерухомої точки, як

при $\nu = 0,9$ (рис. 5, в), а лише попадають в обмежену фазову множину, в якій і знаходяться надалі (рис. 6, в).

Стабілізація поведінки

Покладемо $a_1 = 10$, $a_2 = 10$, $a_3 = -1,2$, $a_4 = \frac{1}{27}$, $\gamma = 1$, $\omega = 1$, $\beta = \frac{6\alpha}{7}$, $\eta = 2$, $\theta = 12$, $e = -0,3$, $f = 1$, $\sigma_\delta = 0,01$, $\delta_\sigma = 0,3$. Розглянемо поведінку системи за початкових умов $\delta = 0,615$ і $\sigma = 0,285$. При таких початкових значеннях керуючих параметрів система руйнується (рис. 7, а).

Для стабілізації поведінки моделі будемо впливати на платоспроможний попит держави протягом невеликого початкового проміжку часу функціонування економіки.

Функція впливу має такий вигляд:

$$h(t, x, y, z, \varepsilon, \mu) = \begin{cases} A, & \left(\frac{z}{(z + 7(y - 1,17x)\varepsilon)} \leq \mu \cup z \leq 0 \right) \cap t \leq 15, \\ 0, & t > 15, \end{cases} \quad (7)$$

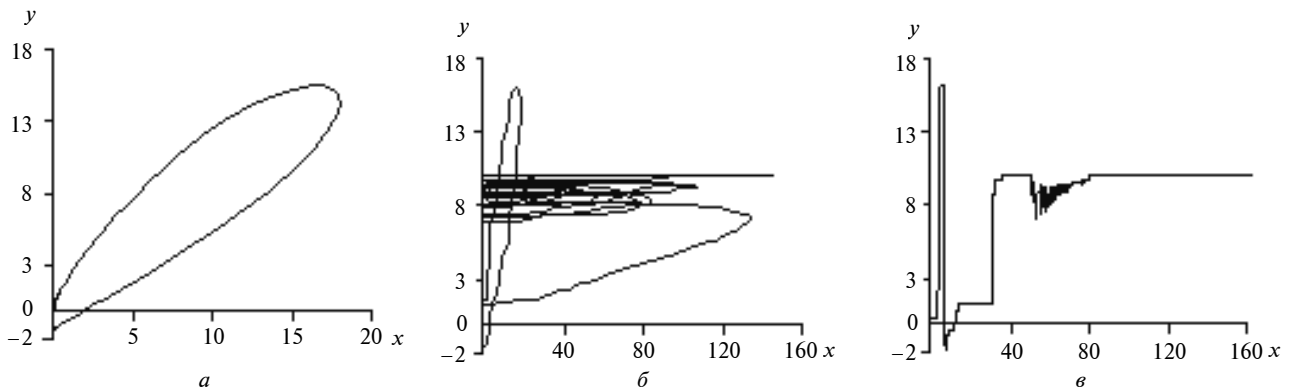


Рис. 7. Проекція на площину (x, y) (капітал, платоспроможний попит) до стабілізації (а), при $A = 0,35$ (б) та на площину (x, y) (час, платоспроможний попит) при $A = 0,35$ (в) і $\delta = 0,615$, $\sigma = 0,285$, $\nu = 0,9$

де A – розмір імпульсу, що забезпечує зростання платоспроможного попиту; ε – запізнення; μ – значення, при якому вплив на платоспроможний попит припиняється.

Кошти будуть залучені із зовнішнього джерела, а через деякий час гроші повернуться разом із відсотками за користування позикою

$$i(t) = \begin{cases} l + k(t_2 - t)u / (t_2 - t_1), & t_1 \leq t \leq t_2, \\ 0, & t \notin [t_1; t_2], \end{cases} \quad (8)$$

де l – частина тіла кредиту, що виплачується в певний момент часу; k – кількість виплат протягом одного циклу капіталу; t_1 – початок виплати тіла і відсотків за кредит; t_2 – кінець терміну погашення кредиту; u – відсоткова ставка.

Із врахуванням формули (7) і (8) модель (5) набуде вигляду

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= bx \left(\left(1 - \frac{\nu\sigma}{\delta + \sigma} \right) z - \frac{\nu\delta y}{\delta + \sigma} \right), \\ \dot{y}(t) &= h(t, x, y, z, \varepsilon, \mu) + \\ &+ x \left(1 - \left(1 - \frac{\nu\delta}{\delta + \sigma} \right) y + \frac{\nu\sigma z}{\delta + \sigma} \right) - i(t), \\ \dot{z}(t) &= a(y - dx), \\ \dot{\delta}(t) &= \\ &= \delta \left[\frac{2e}{\pi} \arctg(\sigma - \sigma_\delta)(a_1 + a_2 \text{th}(a_3 + a_4 z)) - \delta \right], \\ \dot{\sigma}(t) &= \\ &= \sigma \left[\frac{2f}{\pi} \arctg(\delta - \delta_\sigma)(a_1 + a_2 \text{th}(a_3 + a_4 z)) - \sigma \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Поклавши $\varepsilon = 0,5$, $\mu = 1,02$, $k = 10$, $t_1 = 50$, $t_2 = 80$, $u = 0,12$, підбором параметра A мож-

на стабілізувати економіку країни. В даному випадку починаючи із значення $A = 0,29$ економіка стабілізується (рис. 7, б). На рис. 7, в видно, що вже починаючи із значень $t = 5$ в економіці спостерігається деякий підйом, який з часом трохи затухає, а потім стрімко активізується, платоспроможний попит стабілізується на рівні $y = 10$. Під час виплати кредиту спостерігаються деякі коливання платоспроможного попиту, але економіка вже функціонує стабільно.

Нами проаналізовано залежність між строком кредитування та розміром вливань в економіку. За коефіцієнт ефективності було взято відношення національного доходу (за весь час аналізу економічної системи) до розміру отриманого кредиту. При цьому було виявлено, що найбільш доцільним з боку держави є зменшення періоду кредитування. Розмір кредиту слід обирати мінімально необхідний для стабілізації економіки, маючи на увазі, що при зростанні обсягу кредиту значення коефіцієнта ефективності знижується.

Висновки

У статті доповнено модель ринкової економіки, що самостійно розвивається, двома рівняннями, якими характеризується взаємодія держави і підприємців. Виявлено, що характер відносин взаємодіючих сторін значною мірою впливає на поведінку моделі. Зокрема з'ясовано, що антагоністична поведінка більш сильної сторони (держави) завжди призводить до занепаду економіки, яка, незважаючи на це, може деякий час існувати в майже рівноважному стані. При цьому кооперативне ставлення підприємців до держави не допомагає стабілізувати економіку. За інших варіантів взаємодії в

системі, починаючи з певних значень параметрів δ і σ , утворюється стійка нерухома точка, оточена нестійким сідловим циклом.

Доведено, що в деяких випадках, наприклад, коли ставлення держави до підприємств кооперативне, а підприємств до держави антагоністичне, владі, для стабільного функціонування економіки, необхідно бути більш жорсткою стосовно підприємств. Тоді значно розширюється діапазон початкових значень (майже на весь відрізок можливих початкових значень) характеристичних параметрів, за яких економіка з часом набуває стабільного функціонування. Зниження ефективності функціонування макроекономічної системи, а отже, й зменшення надходжень до державного бюджету та зниження обсягу платоспроможного попиту підприємств призводить до падіння обсягів випуску продукції, причому в значно більших масштабах, ніж зменшення платоспроможного по-

питу держави та підприємств. Це спричиняє зниження життєвого рівня населення, хоч в деяких випадках система стає менш волатильною та більш контрольованою, що дає можливість економістам виграти додатковий час для розробки заходів щодо стабілізації економіки країни.

Запропонований метод стабілізації поведінки моделі ринкової економіки також полегшує контроль над розвитком економічної системи. Згідно з розглянутою процедурою, нема необхідності впливати на економіку протягом всього періоду її розвитку, а лише необхідно надати невеликий поштовх на початку, що значно полегшить процедуру керування з точки зору економістів та політиків. Основне питання при цьому полягає в сумі кредиту (мінімально необхідному) та знаходженні часу кредитування, що прямо залежить від розміру траншу.

В.Е. Капустян, М.Г. Чепелев

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ САМОРАЗВИВАЮЩЕЙСЯ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ ПРИ УСЛОВИИ ДИФФУЗИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ

Рассматривается поведение динамической модели, для которой характерно хаотическое поведение, с использованием подхода Вайдлиха к взаимодействию управляющих параметров. Вводится функция управления системой с целью стабилизации экономики страны.

V.O. Kapustyan, M.G. Chepeliev

THE INVESTIGATION OF A MODEL OF SPONTANEOUS MARKET ECONOMY WITH DIFFUSION OF OPERATING PARAMETERS AND CONTROL FUNCTION

Using Weidlich's approach to the interaction of operating parameters, we study the behavior of a dynamical model with a chaotic behavior. Furthermore, we introduce the control function to stabilize national economy.

1. *Сергеева Л.Н.* Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса). – Запорожье: ЗГУ, 2002. – 228 с.
2. *Занг В.-Б.* Синергетическая экономика. Время и периоды в нелинейной экономической теории / Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 336 с.
3. *Магницкий Н.А.* Математическая модель саморазвивающейся рыночной экономики // Тр. ВНИИСИ АН СССР, 1991. – С. 16–22.
4. *Магницкий Н.А., Сидоров С.В.* Распределенная модель саморазвивающейся рыночной экономики // Нелинейная динамика и управление. Вып. 2 / Под ред. С.В. Емельянова, С.К. Коровина. – М.: Физматлит, 2002. – С. 243–262.
5. *Трубецков Д.И.* Введение в синергетику. Хаос и структуры / Предисловие Г.Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 240 с.
6. *Мэнкью Н.Г.* Принципы макроэкономики. 4-е изд. / Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2008. – 544 с.
7. *Магницкий Н.А., Сидоров С.В.* Новые методы хаотической динамики. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 320 с.