УДК 313.42

Неустойчивость динамики цены при изменении экспортно-импортного баланса

Воронин А.В., Гунько О.В., Афанасьева Л.М.

Одной из наиболее важных проблем, интересующих всех представителей экономического сообщества, является уровень потребительских цен внутри страны с учетом внешнеэкономической деятельности. Традиционные монетаристы полагают, что объем денежной массы есть определяющий фактор под воздействием которого формируются цены. Характерной является цитата Ирвинга Фишера [1], относящаяся к существу указанной проблемы: «Взлеты и падения цен примерно соответствуют взлетам и падениям предложения денег. Так было на протяжении всей истории. Сам по себе этот факт достаточно очевиден, даже если нам не достает показателей для аккуратного измерения…».

В настоящее время существует предметное качественное описание структуры генезиса цен внутри страны на соответствующие виды продукции при реализации внешнеторговой деятельности. Наиболее важным при этом есть так называемый показатель торгового баланса, изменения в котором задают динамику цен. В работах [2-4] представлены формализованные динамические модели, учитывающие общепринятые в экономической теории гипотезы о механизме экспортно-импортного взаимодействия и базовое уравнение количественной теории денег (уравнение Фишера). Все модели, рассмотренные в вышеуказанных источниках, дают описание процесса эволюции цен при непрерывном изменении времени с учетом одного сосредоточенного запаздывания. Целью данного исследования является анализ динамики цен в дискретном времени при различного рода запаздываниях в динамической версии уравнения Фишера.

Основные предпосылки для формулирования математической модели для динамики цен состоит в следующем [2]:

1) предлагается конфигурация межстранового товарообмена, не зависящего от правительственного вмешательства;

2) величина национального дохода является фиксированной;

3) соотношение между различными валютными курсами считается неизменными и может быть приведено к единице;

4) всевозможные накладные и трансакционные издержки не подлежат учету;

5) любые отклонения на стороне предложения денег определяются дефицитом или избыточностью торгового баланса.

Далее полагаем, что функция объема экспорта $X = X(P)$ является убывающей по внутренней цене P:

$$X(P) = X_0 - X_1 \cdot P,$$

а объема импорта $X = X(P)$ есть возрастающая функция внутренней цены:

$$M(P) = M_0 + M_1 \cdot P$$

Здесь величины X_0, X_1, M_0, M_1 задаются как постоянные и положительные числа.

Введем в рассмотрение величину

$$N(P) = P \cdot X(P) - P_M \cdot M(P), \; P_M = const > 0,$$

которая характеризует сальдо торгового баланса. Условие $N(P) = 0$ означает равновесие при осуществлении экспортно-импортных операций. Здесь P_M есть внешняя цена.

Условие равновесия с учетом явного вида функций $X(P), M(P)$ и $N(P)$ запишется так:

$$X_1 \cdot P^2 - \left(X_0 - P_M \cdot M_1\right) \cdot P + P_M \cdot M_0 = 0 \quad (1)$$

Квадратное уравнение (1) для нахождения равновесных цен P^* имеет очевидное решение

$$P_{1,2}^* = \frac{X_0 - P_M \cdot M_1 \pm D}{2X_1}, \quad (2)$$

где $D^2 = \left(X_0 - P_M \cdot M_1\right)^2 - 4X_1 P_M M_0$, $P_2^* > P_1^*$.

Для существования положительных корней необходимо выполнение двух условий

$$X_0 > P_M \cdot M_1 \quad \text{и} \quad \left(X_0 - P_M \cdot M_1\right)^2 > 4X_1 P_M M_0$$

Случай кратных корней уравнения (1) оставим вне рассмотрения.

Базовое уравнение Фишера связывает между собой следующие величины: Q – объем предложения денежных средств; P – значение внутренней цены на товарную продукцию; V – скорость денежного обращения; Y – уровень национального дохода. Здесь и далее значения V и Y считаются постоянными величинами:

$$PY = QV \tag{3}$$

Будем полагать, что исследуемый экономический объект является динамическим с дискретным временем $k = 0,1,2,\ldots$ и при этом считаем отклонения от равновесного значения сальдо торгового баланса пропорциональным изменению объема предложения денежной массы:

$$\Delta Q_k = N\left(P_k\right) \tag{4}$$

где $\Delta Q_k = Q_{k+1} - Q_k$.

Из формулы (3) очевидно следует, что

$$\Delta Q_k = \frac{V}{Y}\Delta P_k$$

и, соответственно, получим

$$\Delta P_k = \frac{V}{Y} N\left(P_k\right) \tag{5}$$

Выражение (5) есть уравнение в конечных разностях для определения динамики внутренней цены P_k при реализации внешнеторговой деятельности.

Располагая явной формой выражения для $N\left(P_k\right)$, перепишем разностное уравнение (5) в рекуррентной форме:

$$P_{k+1} = P_k - \frac{V}{Y}\left(X_1 \cdot P_k{}^2 - \left(X_0 - P_M \cdot M_1\right) \cdot P_k + P_M \cdot M_0\right) \tag{6}$$

Рассмотрим новую переменную $\overline{P}_k = P_k - P_1^*$, характеризующую отклонение цены от меньшего по величине равновесного значения. Из (6) сразу же получим:

$$\overline{P}_{k+1} = \left(1 + \frac{V}{Y}\left(X_0 - P_M \cdot M_1 - 2X_1 P_1^*\right)\right)\overline{P}_k - \frac{V}{Y} X_1 \cdot \overline{P}_k^{\,2} \qquad (7)$$

С учетом формулы (2) нетрудно заметить , что

$$X_0 - P_M \cdot M_1 - 2X_1 P_1^* = D \qquad (8)$$

Преобразуем выражение (8) к несколько иному виду, обозначив $X^* = X_0 - X_1 P_1^*$ и $M^* = M_0 + M_1 P_1^*$ как равновесные величины объёмов экспорта и импорта, соответственно, связь между которыми есть

$$P_1^* X^* = P_M M^* \qquad (9)$$

В таком случае при помощи (9) левая часть (8) преобразуется к виду

$$X_0 - P_M \cdot M_1 - 2X_1 P_1^* = X^*\left(1 - \eta_x - \eta_M\right),$$

где $\eta_X = \dfrac{P_1^* X_1}{X^*} > 0$, $\eta_M = \dfrac{P_1^* M_1}{M^*} > 0$ есть эластичности по цене функций объемов экспорта и импорта. Тогда из (8) вытекает, что

$$D = X^*\left(1 - \eta_x - \eta_M\right) \qquad (10)$$

Очевидно, что для существования $D > 0$ необходимо выполнение условия $\eta_x + \eta_M < 1$.

Замена переменной $\overline{P}_k = \dfrac{Y + DV}{VX_1} y_k$ приведет к новой форме рекуррентного уравнения (7).

$$y_{k+1} = (1 + \theta) y_k \left(1 - y_k\right), \qquad (11)$$

$$\theta = \frac{V}{Y} D = \frac{V}{Y} X^*\left(1 - \eta_x - \eta_M\right) \qquad (12)$$

Разностное уравнение (11) есть не что иное как квадратичное логистическое уравнение с положительном параметром θ . Решения (11) в зависимости от θ и произвольных начальных условий могут демонстрировать принципиально различные типы динамического поведения такие как рост, убывание или периодические режимы с произвольной частотой. Кроме того, здесь возможны траектории, в которых вообще не наблюдается никакой регулярности.

Отображение $f(y) = (1+\theta)y(1-y)$имеет две неподвижные точки $y_1 = 0$ и $y_2 = \dfrac{\theta}{1+\theta}$, которые соответствуют двум положениям равновесия рекуррентного уравнения (11). Данное отображение $f(y)$ преобразует отрезок $[0;1]$в отрезок $\left[0;\dfrac{1+\theta}{4}\right]$ и поэтому интересующее нас значение θ соответствует интервалу $0 \le \theta \le 3$.

Производная отображения есть $f'(y) = (1+\theta)(1-2y)$.

Для положения равновесия $y_1 = 0$ имеет место

$$f'(y) = 1+\theta,$$

что означает неустойчивость данной неподвижной точки, то есть $y_1 = 0$ всегда является отталкивающей точкой или репеллером.

С другой стороны, $y_2 = \dfrac{\theta}{1+\theta}$ дает $f'(y) = 1-\theta$. Из условия устойчивости $|1-\theta| < 1$ следует, что при $0 < \theta < 2$ точка является притягивающей (ат трактором), а при $2 < \theta < 3$ - отталкивающей (репеллером) В работах [5-7] представлены полностью топологические свойства уравнения (11).

1) каждое решение, начиная с точки $y_0 \in [0,1]$ будет сходиться монотонно к y_2 при $0 < \theta < 1$ и колебаться вокруг y_2 при $1 < \theta < 2$.

2) при $2 < \theta < \sqrt{6}$ обе неподвижные точки становятся отталкивающими и наблюдается притягивающий цикл периода 2, образованный двумя точками:

$$\bar{y}_{1,2} = \frac{1+\theta \pm \sqrt{\theta^2 - 4}}{2(1+\theta)}.$$

3) когда имеет место неравенство $\sqrt{6} < \theta < 2{,}569...$, то вышеуказанные точки $y_1, y_2, \bar{y}_1, \bar{y}_2$ являются отталкивающими, но появляется притягивающий цикл периода 4. Далее он меняет характер устойчивости и рождается притягивающий

цикл периода 8. Иначе говоря, наблюдается последовательное удвоение периода циклов с соответствующей бифуркацией. Предельным параметром удвоения периода служит значение $\theta \approx 2{,}569$.

4) если $2{,}569 \le \theta < 2{,}83$, то все состояния равновесия и циклы являются неустойчивыми.

5) При $2{,}83 \le \theta < 3$ рождаются циклы с произвольным периодом. В частности наблюдается решение с периодом 3.

6) В случае $\theta = 3$ помимо неподвижных точек и циклов произвольного периода появляются нерегулярные, так называемые хаотические решения.

При $\theta = 3$ рекуррентное уравнение (11) имеет вид:

$$y_{n+1} = 4y_n(1 - y_n) \qquad (13)$$

и имеет явное решение в форме

$$y_n = \sin^2\left(2^n \cdot \arcsin\sqrt{y_0}\right)$$

На рис. 1 для различных начальных условий y_0 представлены соответствующие значения y_n.

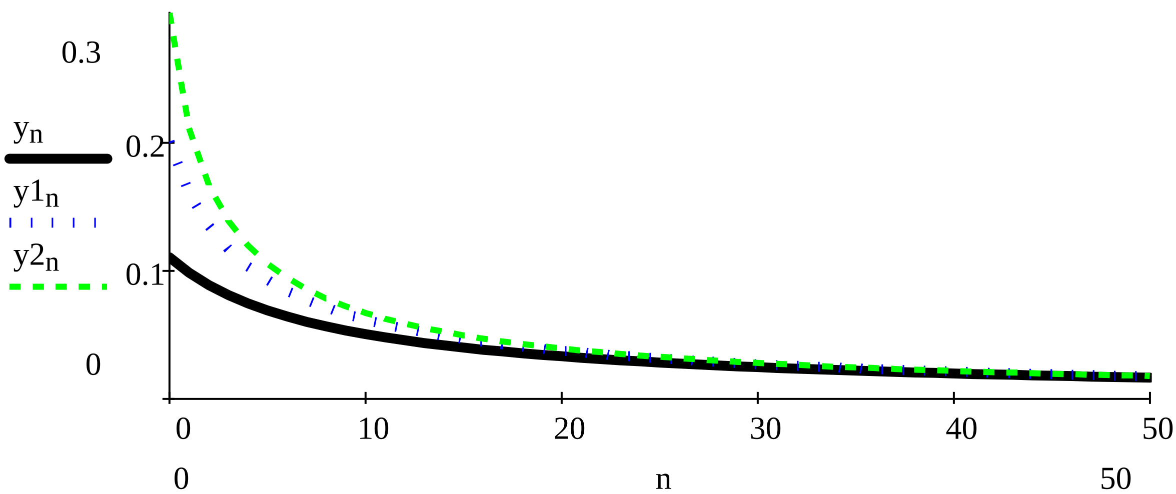

Рис. 1.а **Переходные процессы в уравнении (11) при** $\theta = 0$ **и начальных условиях** $y_0 = 0.1$, $y_0 = 0.2$, $y_0 = 0.3$

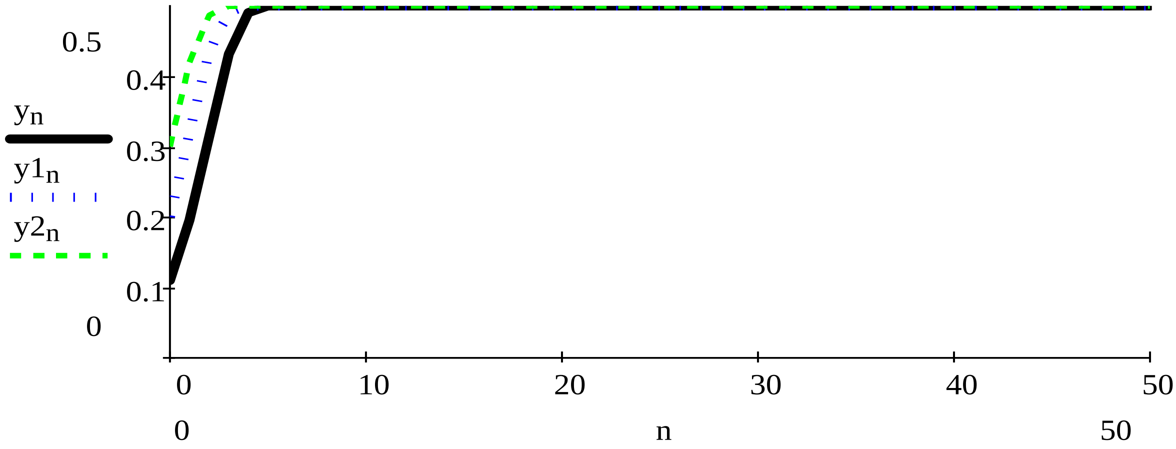

Рис. 1.б **Переходные процессы в уравнении (11) при** $\theta = 1$ **и начальных условиях** $y_0 = 0.1, y_0 = 0.2, y_0 = 0.3$

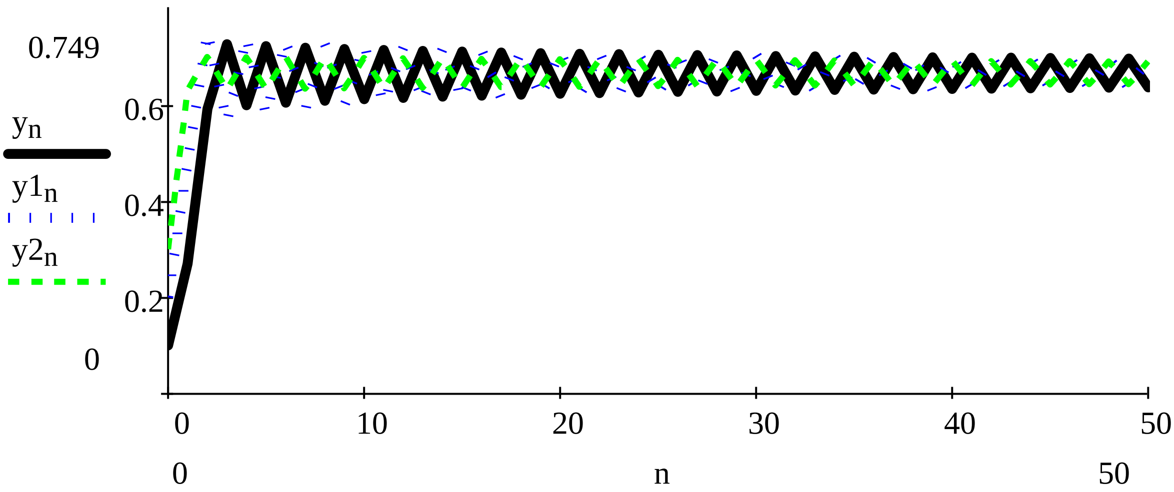

Рис. 1.в **Переходные процессы в уравнении (11) при** $\theta = 2$ **и начальных условиях** $y_0 = 0.1, y_0 = 0.2, y_0 = 0.3$

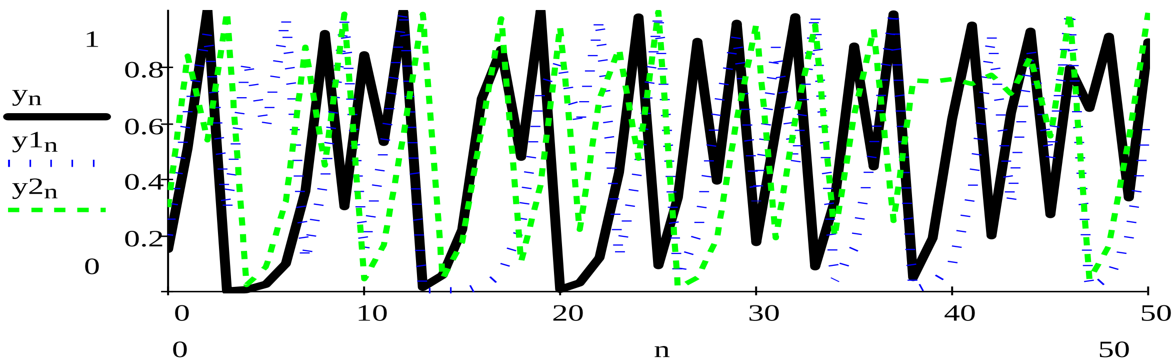

Рис. 1.г **Переходные процессы в уравнении (11) при** $\theta = 3$ **и начальных условиях** $y_0 = 0.15, y_0 = 0.2, y_0 = 0.3$

Из формулы (12) очевидна связь:

$$\eta_x + \eta_M = 1 - \frac{Y\theta}{VX^*} \tag{14}$$

Пусть $\xi = \dfrac{Y}{VX^*}$ и $\gamma = \eta_x + \eta_M$ считаются с содержательной точки зрения экономически значимыми параметрами. Тогда на плоскости ξ, γ можно построить семейство прямых

$$\gamma_i = 1 - \theta_i \ \xi, \quad i = \overline{1,7} \tag{15}$$

для значений

$$\theta_1 = 0, \quad \theta_2 = 1, \quad \theta_3 = 2, \quad \theta_4 = \sqrt{6}, \quad \theta_5 = 2{,}569, \quad \theta_6 = 2{,}83, \quad \theta_7 = 3.$$

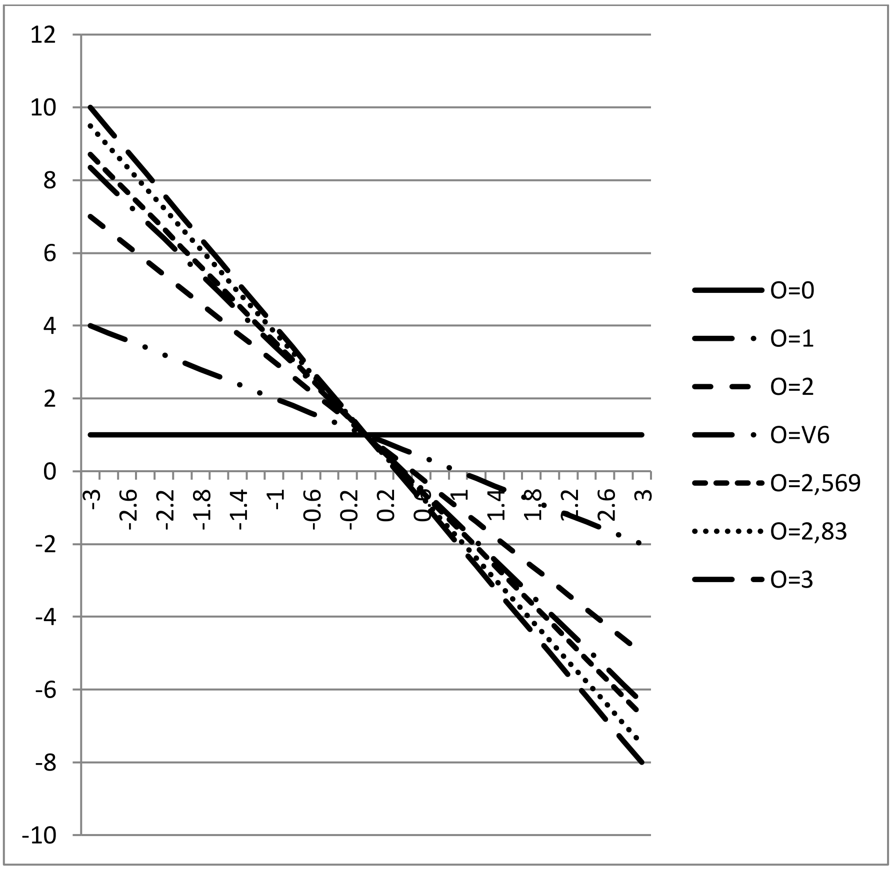

Рис.2. **Топологическая структура решений логистического уравнения** (11)

Данные прямые будут играть роль разделительных линий для вышеописанных динамических режимов, наблюдаемых при анализе качественного поведения решений рекуррентного логистического уравнения (11). Рис.2 есть графическое представление соотношения (15).

Абсолютно иное поведение при изменении цены наблюдается в системе $(3)-(5)$ при переходе от дискретного времени к непрерывному. В самом простом случае при замене конечной разности на производную уравнение (5) примет вид:

$$\frac{dP}{dt}=\frac{V}{Y}N\big(P(t)\big) \tag{16}$$

В развернутой форме (16), аналогично (6), получим явно представление

$$\frac{dP}{dt}=-\frac{V}{Y}\Big(X_1\cdot P^{\,2}-\big(X_0-P_M\cdot M_1\big)\cdot P\ +P_M\cdot M_0\Big) \tag{17}$$

Если же ввести новую переменную $\tilde{P}(t)=P(t)-\dfrac{X_0-P_M M_1}{X_1}$, то, соответственно, имеем дифференциальное уравнение для отклонения цены от равновесия $\tilde{P}(t)$:

$$\frac{d\tilde{P}(t)}{dt}=\frac{VX_1}{Y}\left(\frac{D}{4X_1^2}-\cdot\tilde{P}^2(t)\right), \tag{18}$$

Введём новую временную шкалу $\tau=\dfrac{Y}{VX_1}t$ и обозначим $\varepsilon=\dfrac{D}{4X_1^2}$. Тогда (18) перепишется так:

$$\frac{d\tilde{P}}{d\tau}=\varepsilon-\tilde{P}^2(t) \tag{19}$$

В зависимости от знака величины ε возможны три вида решений (19) при заданном начальном условии $\tilde{P}(0)=\tilde{p}_0$:

1) $\varepsilon<0,\quad \tilde{P}(t)=\sqrt{-\varepsilon}\cdot tg\left(arctg\dfrac{\tilde{P}_0}{\sqrt{-\varepsilon}}-\sqrt{-\varepsilon}\cdot t\right),$ (20.а)

2) $\varepsilon=0,\quad \tilde{P}(t)=\dfrac{\tilde{P}_0}{\tilde{P}_0\cdot t+1},$ (20.б)

3) $\varepsilon>0,\quad \tilde{P}(t)=\sqrt{\varepsilon}\cdot\tan\left(\arctan\dfrac{\tilde{P}_0}{\sqrt{\varepsilon}}-\sqrt{\varepsilon}\cdot t\right)$ (20.в)

Явный вид решений (20.а), (20.б), (20.в) вполне очевидным образом свидетельствует о существенной зависимости от знака величины ε, то есть от дискриминанта квадратного уравнения (1). Если предположить значение ε малой знакопеременной величиной, то легко наблюдать, как при небольших изменениях ε в малой окрестности нуля происходит принципиальное различие на качественном уровне в динамической структуре ценовых изменений $\widetilde{P}(t)$. Именно здесь на первую роль выходят методы качественного прогнозирования динамических систем, то есть методология разделения движения по траекториям, не опираясь на точное знание структурных параметров экономической системы [8].

При малых значениях ε дифференциальное уравнение (19) является модельным для изучения седло-узловой бифуркации. При $\varepsilon > 0$ (19) обладает двумя положениями равновесия $\widetilde{P}^*_{1,2} = \pm\sqrt{\varepsilon}$ – одно из которых является устойчивым, а другое, соответственно, нет. При значении $\varepsilon = 0$ они стягиваются в так называемое полуустойчивое единственное состояние равновесия. Имеет место негрубая динамическая система, соответствующая решению (20.б) типа «гиперболический рост». В случае $\varepsilon < 0$ положения равновесия не существует. Если наблюдать за устойчивым равновесным состоянием, то нетрудно заметить в случае приближения ε к нулю, что область притяжения данного равновесия существенно уменьшается. Далее происходит срыв равновесия равновесия с катастрофической потерей устойчивости.

Данный вид катастрофы – «складка».

На рис. 3 приведены графические иллюстрации решений дифференциального уравнения (19), соответствующие явным функциям (20.а), (20.б),(20.в) в зависимости от значения параметра ε.

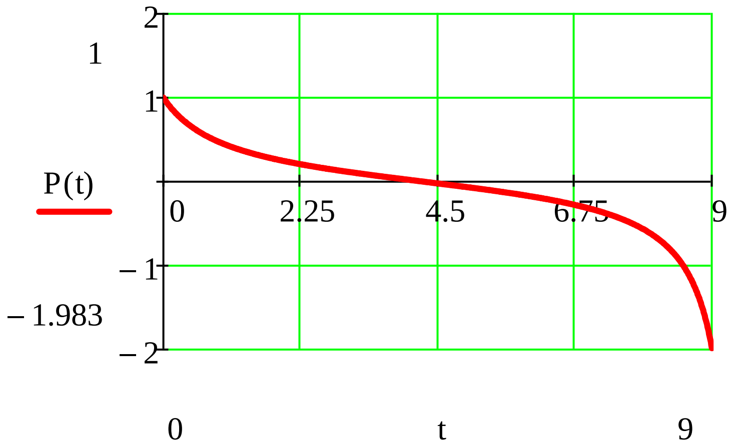

Рис. 3.а. **Динамика отклонения цены для** $\varepsilon = -0.09$ **(формула 20.а)**

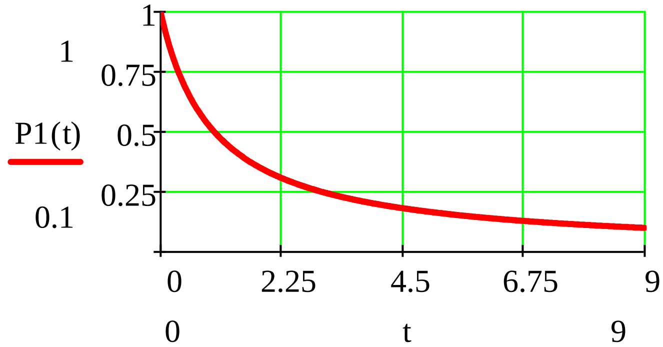

Рис. 3.б. **Динамика отклонения цены для** $\varepsilon = 0$ **(формула 20.б)**

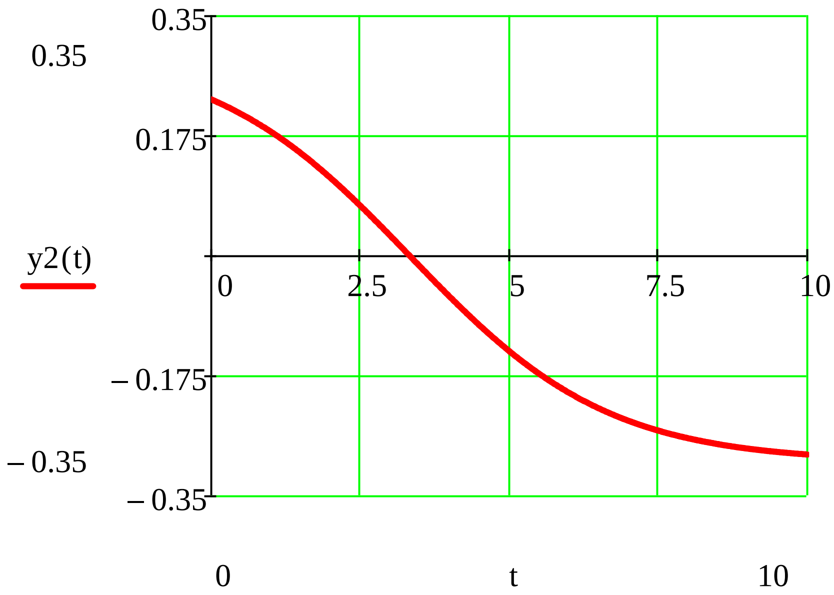

Рис. 3.в. **Динамика отклонения цены для** $\varepsilon = 0.09$ **(формула 20.в)**

Резюмируя, необходимо отметить, каким образом происходит саморегуляция ценообразования на внутреннем рынке при осуществлении экспортно-импортных операций. Формализм описания динамических процессов в классической модели Фишера предусматривает наличие контура обратной связи, которая может быть как положительной, так и отрицательной в зависимости от значений структурных параметров. Характерной чертой данной модели является факт присутствия нелинейных (квадратичных) членов, определяющих возможность появления неустойчивых равновесных положений генерирующих циклические процессы и хаоти ческие режимы.

Литература.

1) Дорнбуш Р. , Фишер С. Макроэкономика – М.: Изд-во МГУ ИНФРА-М, 1997 – 784 с.

2) Gondolfo G., 1996, Economic Dynamics, Berlin and New York, Springer-Verlag.

3) Великий Ю.М., Воронин А.В. Неустойчивость динамики цены в макроэкономическом уравнении Фишера// Великий Ю.М., Харків: БИЗНЕС ИНФОРМ – 2005. – № 7 8 с. 61– 65.

4) Воронин А.В. Циклы в задачах нелинейной макроэкономики. Х.: ВД «ИНЖЭК» , 2006. – 136 с.

5 Бобровски Д. Введение в теорию динамических систем с дискретным временем. М. Ижевск.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» Институт компьютерных исследований. – 2006. – 360 с.

6 Табор М. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. Пер. с англ. М.: Эдиториал УРСР, 2001. – 320 с.

7 Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. М.: Пост маркет 2000. – 352 с.

8 Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. – М.: Наука, 1985. – 184 с.

Аннотация

Настоящая работа посвящена проблеме анализа механизма ценообразования при реализации экспортно-импортных операций.
В качестве базовой модели предложена динамическая версия традиционного монетаристского баланса И. Фишера – основное соотношение количественной теории денег. Динамическая формализация модели имеет представление как в дискретной, так и в непрерывной временных формах. Особенностью исследуемой модели является линейный характер зависимости функций объемов экспорта и импорта от внутренней цены на товарную продукцию. Данная гипотеза генерирует структуру дискретной динамической модели в виде квадратичного (логистического) отображения. Выполнен предметный анализ устойчивости положений равновесия с указанием всех возможных типов динамического поведения, таких как, например, предельные циклы и хаотические режимы. Дана содержательная экономическая интерпретация основного бифуркационного параметра. Для непрерывной версии модели получены явные выражения для изменения цены во временной области и установлен факт наличия бифуркаций катастрофического типа «складка». Для анализа поведенческих свойств исследуемой модели использовалась методология описания самоорганизующихся экономических систем с учетом соответствующего синергетического эффекта.

Ключевые слова: международная торговля, бифуркация, хаос, баланс, ресурс, динамика, устойчивость, равновесие.

Анотація

Справжня робота присвячена проблемі аналізу механізму ціноутворення при реалізації експортно-імпортних операцій.

В якості базової моделі запропонована динамічна версія традиційного монетаристського балансу І. Фішера - основне співвідношення кількісної теорії грошей. Динамічна формалізація моделі має уявлення як в дискретної, так і в безперервній часових формах. Особливістю досліджуваної моделі є лінійний характер залежності функцій обсягів експорту та імпорту від внутрішньої ціни на товарну продукцію. Дана гіпотеза генерує структуру дискретної динамічної моделі у вигляді квадратичного (логістичного) відображення. Виконано предметний аналіз стійкості станів рівноваги із зазначенням всіх можливих типів динамічної поведінки, таких як, наприклад, граничні цикли і хаотичні режими. Дана змістовна економічна інтерпретація основного біфуркаційного параметру. Для безперервної версії моделі отримані явні вирази для зміни ціни в часовій області і встановлено факт наявності біфуркацій катастрофічного типу «складка». Для аналізу поведінкових властивостей досліджуваної моделі використовувалася методологія опису економічних систем, що самоорганізуються, з урахуванням відповідного синергетичного ефекту.

Ключові слова: міжнародна торгівля, біфуркація, хаос, баланс, ресурс, динаміка, стійкість, рівновага.

Відомості про авторів

Воронін Анатолій Вітальович – кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики й економіко-математичних методів Харківського національного економічного університету імені С. Кузнеця; 050-325-47-00.

Voronin A.V.

voronin61@ ukr/net

Гунько Ольга Володимирівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики й економіко-математичних методів Харківського національного економічного університету імені С. Кузнеця; 050-303-60-62.

Воронин Анатолий Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики и экономико-математических методов Харьковского национального економического университета имени С. Кузнеца; 050-325-47-00.

Гунько Ольга Владимировна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и экономико-математических методов Харьковского национального экономического университета имени С. Кузнеца; 050-303-60-62.

Gunko O.V.

Афанасьева Лидия Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики и экономико-математических методов Харьковского национального економического университета имени С. Кузнеца; 057-343-50-16.

Afanasieva L.M.

Воронин А.В., Гунько О.В., Афанасьева Л.М.

Неустойчивость динамики цены при изменении экспортно-импортного баланса. БИЗНЕС-ИНФОРМ., №4, 2019, с. 205-211.
Настоящая работа посвящена проблеме анализа механизма ценообразования при реализации экспортно-импортных операций. В качестве базовой модели предложена динамическая версия традиционного монетаристского баланса И. Фишера – основное соотношение количественной теории денег. Динамическая формализация модели имеет представление как в дискретной, так и в непрерывной временных формах. Особенностью исследуемой модели является линейный характер зависимости функций объемов экспорта и импорта от внутренней цены на товарную продукцию. Данная гипотеза генерирует структуру дискретной динамической модели в виде квадратичного (логистического) отображения.
Выполнен предметный анализ устойчивости положений равновесия с указанием всех возможных типов динамического поведения, таких как, например, предельные циклы и хаотические режимы. Приведена содержательная экономическая интерпретация основного бифуркационного параметра. Для непрерывной версии модели получены явные выражения для изменения цены во временной области и установлен факт наличия бифуркаций катастрофического типа «складка». Для анализа поведенческих свойств исследуемой модели использовалась методология описания самоорганизующихся экономических систем с учетом соответствующего синергетического эффекта.
Ключевые слова: международная торговля, бифуркация, хаос, баланс, ресурс, динамика, устойчивость, равновесие.

Воронін А.В., Гунько О.В., Афанасьєва Л.М.

Нестійкість динаміки ціни при зміні експортно-імпортного балансу. БІЗНЕС-ІНФОРМ., №4, 2019, с. 205-211.

Справжня робота присвячена проблемі аналізу механізму ціноутворення при реалізації експортно-імпортних операцій. В якості базової моделі запропонована динамічна версія традиційного монетаристського балансу І. Фішера - основне співвідношення кількісної теорії грошей. Динамічна формалізація моделі має уявлення як в дискретної, так і в безперервній тимчасових формах. Особливістю досліджуваної моделі є лінійний характер залежності функцій обсягів експорту та імпорту від внутрішньої ціни на товарну продукцію. Дана гіпотеза генерує структуру дискретної динамічної моделі у вигляді квадратичного (логістичного) відображення. Виконано предметний аналіз стійкості положень рівноваги із зазначенням всіх можливих типів динамічної поведінки, таких як, наприклад, граничні цикли і хаотичні режими. Наведено змістовна економічна інтерпретація основного бифуркационного параметра. Для безперервної версії моделі отримані явні вирази для зміни ціни в тимчасовій області і встановлено факт наявності біфуркацій катастрофічного типу «складка». Для аналізу поведінкових властивостей досліджуваної моделі використовувалася методологія опису самоорганізованих економічних систем з урахуванням відповідного синергетичного ефекту.

Ключові слова: міжнародна торгівля, біфуркація, хаос, баланс, ресурс, динаміка, стійкість, рівновага.

Voronin A.V., Gunko OV, Afanasyeva L.M.

The volatility of price dynamics when changing the export-import balance.
BUSINESS INFO., №4, 2019, p. 205-211.

This paper is devoted to the problem of analyzing the pricing mechanism in the implementation of export-import operations. As a basic model, a dynamic version of the traditional monetarist balance of I. Fisher is proposed - the basic relation of the quantitative theory of money. Dynamic formalization of the model has an idea in both discrete and continuous temporal forms. A special feature of the model under study is the linear nature of the dependence of the functions of export and import volumes on the domestic price of marketable products. This hypothesis generates the structure of a discrete dynamic model in the form of a quadratic (logistic) map.
A substantive analysis of the stability of equilibrium positions with the indication of all possible types of dynamic behavior, such as limit cycles and chaotic modes, was performed. A substantive economic interpretation of the main bifurcation parameter is given. For the continuous version of the model, explicit expressions were obtained for the price change in the time domain and the fact of the presence of catastrophic bifurcation-like folds was established. To analyze the behavioral properties of the model under study, we used the methodology for describing self-organizing economic systems with the corresponding synergistic effect.

Keywords: international trade, bifurcation, chaos, balance, resource, dynamics, stability, equilibrium.