

УДК658.016/.018

**ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ САМО-
СОГЛАСОВАННОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОДЕЛИ
СПРОС/ПРЕДЛОЖЕНИЕ****Ляшенко Я.А., к.ф.-м.н.****Люлёв А.В., к.э.н.****Чорток Ю.В., к.э.н.****Моргуненко Р.М.***Сумской государственной университет*

В роботі наведено та проаналізовано різні підходи до трактування категорії «розвиток». Виділено основні характеристики і особливості досліджуваної дефініції. Запропоновано модель, що дозволяє на якісному рівні описати самоузгоджену еволюційну поведінку попиту і пропозиції в економічних системах в залежності від ціни, яка встановлюється на товар. У стаціонарному випадку модель показує стандартний вигляд кривої попиту-пропозиції.

Ключові слова: розвиток, економічна система, підприємство, категорія, модель

Different approaches to the interpretation of the category «development» have been presented and evaluated in this article. The basic characteristics and particular qualities of investigated definition have been mentioned. The author of the article offers the model which allows describing qualitatively the self-consistent evolutionary action of supply and demand in economic systems, depending on the installed price of the goods. In the stationary case, the model shows the standard form of the curve of demand and supply.

Keywords: development, the economic system, the enterprise category, model

Актуальность проблемы. В условиях глобальных кризисных явлений и гипердинамических сдвигов характерных для рыночной среды, постоянно возникает потребность в быстром принятии научно обоснованных решений относительно повышения результативности деятельности субъектов хозяйствования. Радикальные изменения во внешней и внутренней среде функционирования предприятий, которые происходят в последние годы, требуют использования, рядом с традиционными, новых подходов и средств решения проблем обоснования хозяйственных решений для обеспечения устойчивого экономического развития. В результате, все более широкого распространения набирает концепция

синергетической экономики. По своей сути синергетика является наукой о самоорганизации открытых стационарных систем. Синергический подход в исследованиях экономических процессов предопределяет разработку действенных моделей выхода экономики из кризисного состояния, которое делает возможным поиск универсальных принципов самоорганизации и эволюции сложных экономических систем (формулировка законов самосохранения и эволюционного развития)

Анализ последних научных исследований. Термин «развитие» часто употребляется относительно объектов экономики различной степени агрегированности, например, стратегическое развитие компании, развитие отрасли, региона, национальной экономики, мирового хозяйства. Так, в XX в. понятие развития нашло значительное отражение в экономике, на макроуровне – в форме экономического роста в работах Дж.М. Кейнса, Дж. Мида, У. Ростоу [1; 2; 3], на микроуровне - в контексте организационной экологии М. Ханнан, Г. Кэрролла и Дж. Фримена [4; 5] и эволюционной экономики Р. Нельсона и С. Уинтера [6]. Однако, несмотря на существенный опыт отечественных и зарубежных ученых по-прежнему существует ряд нерешенных проблем, в частности, связанных с динамическим моделированием развития экономических систем.

Цель работы: исследование теоретических подходов к определению понятия «развитие» зарубежными и отечественными учеными; построение модели развития экономических систем, позволяющей на качественном уровне описать самосогласованное эволюционное поведение спроса и предложения в зависимости от устанавливаемой цены товара.

Изложение основного материала исследования. По мнению Й. Шумпетера, экономическое развитие - это переход экономической системы от одного стационарного состояния в другое качественно иное на основе новых способов комбинации эффективного использования имеющихся ограниченных ресурсов для производства капитальных и некапитальных благ [7, с. 157]. Таким образом, разрабатывая теорию экономического развития, Й. Шумпетер ставит в центр анализа внутренние факторы, которые вызывают экономическое развитие системы.

Украинский ученый А. М. Резник отмечает, что понятие развития должно ассоциироваться с необратимыми изменениями, которые становятся заметными лишь при длительном наблюдении динамической

системы, смыслом существования которой является выживание, сохранение в реальных условиях окружения [8]. Изменения, происходящие в течение длительного промежутка времени, являются необратимыми, и именно такие изменения связаны с процессами развития динамических систем.

Мельник Л.Г. определяет развитие как «необратимое, направленное, закономерное изменение системы на основе реализации внутренне присущих ей механизмов самоорганизации» [9].

По мнению российского экономиста Е.А. Ерохиной, законы экономического развития являются общественными законами, а развитие экономики предполагает одновременно развитие ее компонентов и элементов (воплощают в себе не только субъект, но и объект развития), связей, отношений, изменения механизма функционирования на всех уровнях (включая государство как часть экономики и как часть ее среды), а также типов и темпов экономического роста [10]. Согласно этому развитие - это качественное изменение состава связей (т.е. структуры) и функционирования системы, т.е. качественное изменение системы [11, с. 98].

Украинские ученые В.С. Пономаренко, А.М. Тридед, М.А. Кизим [12, с. 62] под развитием понимают процесс количественно-качественных изменений в системе, усложнение структуры и состава, в результате чего повышаются эффективность функционирования и устойчивость к дестабилизирующему воздействию внешней среды.

Центральным понятием, которое лежит в основе вышеизложенных направлений научного познания развития, является понятие системы. В широком смысле под системой можно понимать любую суть, концептуальную или физическую, которая состоит из взаимосвязанных частей [13, с. 145]. Наиболее содержательное и конструктивное определение системы данное Е. А. Ерохиной: «Система рассматривается как совокупность объектов и процессов, которые представляют собой компоненты, которые взаимосвязаны и взаимодействуют между собой и образуют единое целое и имеют свойства, не характерные составляющим его компонентам, взятыми в отдельности» [14].

Существенным аспектом раскрытия содержания понятия «система» является выделение различных типов систем. С современной точки зрения системы классифицируются на целостные и суммативные; ор-

ганические и механические; динамические и статические; открытые и закрытые; самоорганизованные и неорганизованные и др. [15, с. 55]. Так, в частности, в зависимости от изменения состояния системы во времени выделяют: статические (состояние со временем остается постоянным) и динамические (изменяет свое состояние во времени) системы [3, с. 173]. По характеру взаимодействия системы с внешней средой различают: закрытые и открытые [16, с. 236]. Основной отличительной чертой открытых систем является способность обмениваться с внешней средой массой, энергией и информацией, при этом под внешней средой понимается совокупность объектов, не являющихся элементами данной сложной системы, но взаимодействие с которыми учитывают при ее изучении. Таким образом, открытость означает, что система осуществляет метаболизм, то есть вещественно-энергетически-информационный обмен с внешней окружающей средой, что характерно для предприятий [9, с. 17; 17, с. 25-26]. Метаболизм является источником поступления в систему свободной энергии и удаления из системы отходов жизнедеятельности. Возможность, изображенная предприятием в виде сложной открытой системы, позволяет четко установить ее структурные составляющие, взаимосвязи и взаимодействия между элементами, организационную структуру, отделить воздействие на нее различных факторов и выделить среди них главные. Вследствие этого отдельное предприятие рассматривается как сложная открытая система, функционирующая в некоторой динамичной среде, сочетаая в себе экономические, социальные, политические черты.

Процесс развития открытых систем базируется на действии обратных связей, которые являются основой саморегулирования, приспособления к условиям существования, которые изменяются, а соответственно и к развитию. Так, положительная обратная связь сохраняет тенденции изменений того или иного выходного параметра, происходящих в системе. С одной стороны, положительная обратная связь приводит лишь к разрушению, к раскачке, к выходу системы из равновесия, к неустойчивости, однако, с другой стороны, неустойчивость далеко не всегда является негативным явлением. И. Пригожин [18] подчеркивает, что неустойчивость может быть условием стабильного и динамичного развития. Только системы, далекие от равновесия, в состоянии неустойчивости

способны спонтанно организовать себя и развиваться. Или, иначе говоря, неустойчивость тоже означает развитие, которое происходит через бифуркации. В точке бифуркации может происходить изменение целей, задач и структуры экономической системы. В ходе преобразований в системе могут произойти адаптация к новым условиям существования, изменение механизма функционирования экономической системы или система деградирует, т. е. не выходит на новый уровень и, как результат, - стагнация системы. Обратная отрицательная связь наоборот противодействует тенденциям изменения выходного параметра, то есть направлена на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра, а соответственно и состояния системы.

Состояние открытой системы характеризуется множеством степеней свободы: бесконечное множество микроскопических степеней (предприятия, корпорации и т.п.) и небольшое количество макроскопических (государство, регионы). Согласно теории фазовых переходов в ходе развития коллективное поведение системы представляется единственной степенью свободы - гидродинамической модой, амплитуда которой сводится к параметру порядка системы, полностью определяя картину самоорганизации [19, с. 103].

Для моделирования развития социально-экономических систем используется синергетическая система Лоренца [20] которая позволяет избежать противоречий между детальным описанием всех макро- и микроэкономических процессов и структурно параметрической размерностью модели:

$$\tau_{\sigma} \dot{\sigma} = -\sigma + A_{\sigma} \varepsilon, \quad (1)$$

$$\tau_{\varepsilon} \dot{\varepsilon} = -\varepsilon + A_{\varepsilon} \sigma T, \quad (2)$$

$$\tau_T \dot{T} = (T_e - T) - A_T \sigma \varepsilon, \quad (3)$$

где σ – параметр порядка, характеризующий состояние системы, ε – сопряженное поле, T – управляющий параметр, τ_{σ} , τ_{ε} , τ_T – времена релаксации указанных величин, T_e – величина внешнего воздействия, A_{σ} , A_{ε} , A_T – константы связи. Система описывает самосогласованное поведение трех степеней свободы σ , ε , T , т.е. изменение одного параметра неизбежно влечет за собой изменение двух других.

Поскольку учет влияния всех факторов при моделировании развития экономических систем является сложным заданием, для упрощения вос-

пользуемся предположением, что основными факторами, которые определяют развитие экономических систем, являются: совокупный спрос h ; предложение товаров η ; цена данного вида товаров S_e . Предположим, что производитель сначала изучает рынок и определяет установившийся стационарный уровень спроса h , а затем согласно ему формирует предложение η и начальную цену S_e . То есть первой поступит информация о спросе, поэтому с этой точки зрения медленней всего будет изменяться предложение. Таким образом, в роли параметра порядка σ целесообразно выбрать предложение η . Связь между спросом и предложением задается через уровень цены. Положим, что в системе Лоренца роль управляющего параметра T играет цена S .

Далее удобно использовать безразмерные переменные, соотнося время t и параметры η , h , S к масштабам [21]:

$$\tau_\eta, \tau_c = (A_e A_T)^{-1/2}, \quad h_c = A_\sigma \sqrt{A_e A_T}, \quad S_c = (A_\sigma A_e)^{-1}. \quad (4)$$

С учетом этого система (1) – (3) запишется в более простом виде:

$$\dot{\eta} = -\eta + h^{-1}, \quad (5)$$

$$\theta \dot{h} = h(1 - \eta h S), \quad (6)$$

$$\delta \dot{S} = (S_e - S) - \eta h^{-1}, \quad (7)$$

где введены параметры $\theta = \frac{\tau_h}{\tau_\eta}$, $\delta = \frac{\tau_S}{\tau_c}$. Можно считать, что параметры выбраны оптимальным образом, т.к. с точки зрения предпринимателя следует устанавливать начальную цену S_e и анализируя эволюцию спроса h формировать предложение η . Далее рынок продиктует свои условия, и цена примет значение S . Однако от начальной цены также многое зависит. Следует ожидать, что при слишком высокой цене S_e предложенный товар будет не востребован, так как на него не будет спроса, т.е. автоматически $h \rightarrow \infty$, $\eta \rightarrow \infty$. Если же цена S_e изначально будет занижена, то весь товар мгновенно раскупят “за бесценок”, и предприятие потерпит убытки. Математически этот факт можно выразить в значениях $h \rightarrow \infty$, $\eta \rightarrow 0$.

Уравнения (5) – (7) определяют дискретную, параметрическую модель, которая описывает кинетическую картину качественных изменений в коллективном поведении экономической системы и которая по аналогии с теорией конденсируемой среды [22] описывает условия реализации

переходных явлений. При этом согласно синергическому подходу эволюция системы определяется самосогласованными уравнениями (5) – (7), которые связывают скорости изменения основных параметров h, η, S с их значениями, а первые слагаемые уравнений учитывают эффект диссипации, свойственный синергическим системам. Негативная обратная связь приводит к уменьшению управляющего параметра, препятствуя по принципу Ле-Шателье [19] самоорганизации, а положительная обратная связь, напротив, способствует росту самоорганизации. Решая систему уравнений (5) – (7) с помощью дифференциального уравнения Ландау-Халатникова [23, с.19] в рамках адиабатического приближения $\tau_\eta \gg \tau_h, \tau_S$ можно получить синергетический потенциал:

$$V = \frac{\eta^2}{2} - \frac{S_e}{2} \ln(1 + \eta^2). \tag{8}$$

Отметим, что потенциал (8) совпадает с аналогичным потенциалом для обычной системы Лоренца [23], поскольку он зависит только от величины предложения η . Зависимость $V(\eta)$ показана на рисунке 1.

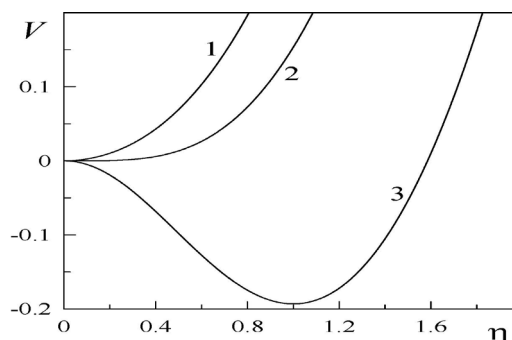


Рис. 1. Зависимость синергетического потенциала (8) от предложения η при $S_e = 0.5, 1.0, 2.0$ (кривые 1, 2, 3 соответственно).

Кривая 1 соответствует значению $S_e < 1$. При этом потенциал монотонно возрастает и имеет один минимум в точке $\eta=0$. Поэтому при $S_e < 1$ с течением времени устанавливается нулевое стационарное значение спроса. Кривая 2 построена при критическом значении $S_e = 1$, и здесь на зависимости $V(\eta)$ появляется плато. При параметрах третьей кривой ($S_e > 1$) реализуется ненулевое стационарное значение предложения η_0 , которое легко получить из условия минимальности потенциала (8) $dV/d\eta=0$:

$$\eta_0 = \sqrt{S_e - 1} \tag{9}$$

Комбинируя последнее выражение с (9), получим стационарные значения спроса и цены товара:

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{S_e - 1}}, \quad S_0 = 1, \quad (10)$$

согласно чему с ростом начальной цены S_e спрос уменьшается, а устанавливающаяся цена S не зависит от уровня спроса и предложения. Согласно (12) существует минимальная начальная цена $S_e = 1$, при которой возможно возникновение предложения. Это связано с тем, что производитель не будет выставлять на продажу товар по цене, ниже рентабельной. При $S_e < 1$ в системе реализуются следующие стационарные значения: $\eta_0 = 0$, $h_0 \rightarrow \infty$, $S_0 = S_e$. То есть в пределе времени $t \rightarrow \infty$ устанавливается следующая ситуация: предложение отсутствует ($\eta_0 = 0$), товар не покупается, но в связи с его отсутствием на рынке спрос на него постоянно растет ($h_0 \rightarrow \infty$), и потенциальные покупатели готовы покупать товар за любую установленную производителем цену $S_0 = S_e$.

На рисунке 2 приведены зависимости стационарных значений предложения и спроса от начальной цены.

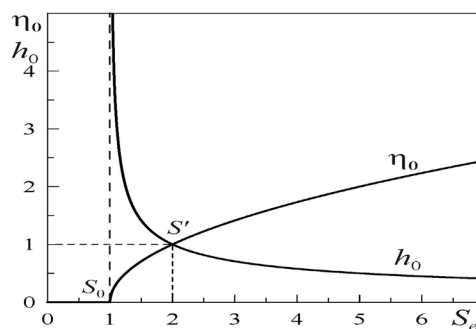


Рис. 2. Зависимость стационарных значений предложения η_0 и спроса h_0 от начальной цены S_e . Точки S_0, S' соответствуют значениям $S_e = 1, 2$ соответственно.

Согласно рисунку 2 до критического значения начальной цены $S_0 = S_e$ предложение отсутствует ($\eta_0 = 0$), т.е. предприятие не согласно по такой цене выставлять на рынок производимый товар. Спрос в этой области не определен. При $S_e > S_0$ появляется ненулевое значение предложения. Спрос в этой точке расходится ($h_0 \rightarrow \infty$), поскольку цена $S_0 = S_e$, выставленная предприятием, является минимально возможной для обеспечения предложения, и большое количество людей согласны брать товар за эту цену. При $S_0 < S_e < S'$ реализуется ситуация $h_0 > \eta_0$, т.е. предприятие в этой области не способно удовлетворить все потребности потребителя. При повышении цены до значения $S_e = S'$ спрос равен предложению ($h_0 = \eta_0 = 1$), и это самый оптимальный режим. С дальнейшим повышением цены происходит перепроизводство, так как предложение η_0 растет, а спрос h_0 падает. Отметим, что начальная цена S_e не совпадает с устанавливаю-

щейся ценой $s_0 = 1$. Рисунок 2 представляет стационарные значения, которые устанавливаются в рассматриваемой системе с течением времени, определяемым временами релаксации в уравнениях (5)–(7). В пределе $t \rightarrow \infty$ установится цена $s_0 = 1$, что соответствует минимально возможной цене на товар и не зависит от начальной цены s_e . Однако от начальной цены зависит уровень спроса и предложения. Объяснить это можно следующим образом. При изначально сильно завышенной цене $s_e \gg s'$ и последующим установлением гораздо меньшей $s_0 = 1$ у потребителя формируется недоверие к товару производителя, и соответственно, как следствие реализуется малая величина спроса. При изначально низкой цене $s_e < s_0$ производитель не выставляет на рынок товар, соответственно не формируется спрос, и цена $s_e = s_0$. В области $s_0 < s_e < s'$ товар предприятия имеет хорошее соотношение цена/качество по сравнению с аналогами, и соответственно в связи с изначально хорошей репутацией всегда будет реализовываться повышенный уровень спроса. Однако предприятие заинтересовано в ситуации, когда со временем устанавливается $h_0 = \eta_0$, так как эта ситуация обеспечивает наибольший доход. В рамках рассматриваемой модели для установления таких значений спроса и предложения необходимо изначально цену s_e устанавливать равной s' , что в 2 раза больше минимально возможной $s' = 2s_0$. Эти тенденции отчетливо прослеживаются на рынке электроники, когда начальная цена на товар довольно быстро снижается в несколько раз.

Выводы. На основе проведенного теоретического анализа категории «развитие» установлено, что при его определении используются такие понятия: «экономическая система», «ресурсы», «удовлетворения потребностей», «эффективность», «количественные и качественные изменения», «адаптация».

В предложенной работе построена модель, позволяющая описать эволюцию спроса и предложения в экономической системе в зависимости от начальной цены товара. Показано, что начальная цена влияет на конечную стационарную цену, и найден уровень начальной цены, оптимальный для продавца. Используемая система уравнений рассмотрена также в стационарном случае, что позволяет воспроизвести стандартный вид кривой спроса/предложения. Модель является качественной, и не претендует на описание точной количественной картины происходящих

в экономической системе процессов, поскольку построена из предположений о самоорганизации экономических параметров. Однако, при всем этом предложенные уравнения могут помочь установить основные закономерности протекания процессов в рассматриваемых системах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. История экономических учений (современный этап): учебник [Текст] / под общ. ред. А. Г. Худокормова. – М. : ИНФРА-М, 2002. – 720 с.
2. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег [Текст] / Дж. М. Кейнс. – М. :Прогресс, 1978. – 289 с.
3. Бурков В. Н. Модели и методы управления организационными системами [Текст] / В. Н. Бурков, В. А. Ириков. – М. : Наука, 1994. – 270 с.
4. Carroll G. R. Organizational Ecology / G. R. Carroll // Annual Review of Sociology. – 1984. – № 10. – P. 71–93.
5. Hannan M. T. Organizational Ecology / M. T. Hannan, J. Freeman. – Cambridge. MA : Harvard University Press, 1989. – 241 p.
6. Нельсон Р. Эволюционная теория экономических изменений [Текст] / Р. Нельсон, С. Уинтер. – М. :Финстатинформ, 2000. –474 с.
7. Шумпетер Й. Теория экономического развития (исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) [Текст] / Й. Шумпетер; пер. с нем.; общ.ред. А. Г. Милитковского. – М. :Прогресс, 1982. – 455 с.
8. Різник О. М. Загальна модель розвитку [Текст] / О. М. Різник // Математичні машини і системи. – 2005. – № 1. – С. 84–98
9. Мельник Л. Г. Экономика развития: монографія [Текст] / Л. Г. Мельник. – Сумы : ИТД «Университетская книга», 2006. – 662 с.
10. Ерохина Е. А. Развитие национальной экономики: системно-самоорганизационный подход: монография [Текст] / Е. А. Ерохина. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1999. – 160 с.
11. Крынская Л. И. Системный подход к построению модели развития регионов [Текст] / Л. И. Крынская // Культура народов Причерноморья. – 2004. – № 55, Т. 3. – С. 96–101.
12. Пономаренко В. С. Стратегія розвитку підприємства в умовах кризи: монографія [Текст] / В. С. Пономаренко, О. М. Тридід, М. О. Кизим. – Харків: ІНЖЕК, 2003. – 328 с.
13. Акофф Р. Л. Системы, организации и междисциплинарные исследования [Текст] / Р. Л. Акофф // Системные исследования. Ежегодник. – 1969. – С. 143–164.
14. Ерохина Е. А. Теория экономического развития: системно-синергетический под-

- ход [Электронный ресурс] / Е. А. Ерохина. – Режим доступа: <http://eklit.agava.ru/eroh/index.html>
15. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие [Текст] / Ю. П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 368 с.
 16. Скотаренко О. В. Экономическая система и ее чувствительность [Текст] / О. В. Скотаренко // Вестник МГТУ. – 2008. – Т. 11, № 2. – С. 236–240.
 17. Жариков О. Н. Системный подход к управлению: учеб. пособие для вузов [Текст] / О. Н. Жариков, В. И. Королевская, С. Н. Хохлов; под. ред. В. А. Персианова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 62 с.
 18. Князева Е. А. Основания синергетики. Синергетическое мировидение [Текст] / Е. А. Князева, С. П. Курдюмов. – М. : КомКнига, 2005. – 240 с.
 19. Ющенко О. В. Синергетическая картина непрерывного перехода между режимами коллективного движения активных частиц / О. В. Ющенко // Вісник СумДУ. Серія «Фізика, математика, механіка», 2008. – № 1. – С. 103–114
 20. Хакен Г. Синергетика [Текст] / Г. Хакен. – М. : Мир, 1980. – 404 с.
 21. Олемской О. І. Синергетична модель економічної структури суспільства / Олемской О. І., Ющенко О. В., Кохан С. В. // Журнал фізичних досліджень. – 2004. – Т. 8. – С. 268–278.
 22. Олемской А. И. Синергетика конденсированной среды [Текст] / А. И. Олемской, А. А. Кацнельсон. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 336 с.
 23. Олемской О. І. Самоорганізація складних систем: навч. посіб. [Текст] / О. І. Олемской, О. В. Ющенко. – Суми : Вид-во СумДУ, 2010. – 179 с.