

Perspektyvy innovatsiinoho rozvytku Ukrainy [Perspectives of innovation development of Ukraine]. Kyiv: Alterpres, 2002.

Pidkaminnyi, I. M., and Tsipurynda, V. S. "Systemni faktory vplyvu na innovatsiinyi rozvytok pidpriemstva" [Systemic factors influence the development of innovative enterprises]. <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=480>

Strelina, O. M. "Innovatsiinyi rozvytok ekonomiky Ukrainy: problemy ta perspektyvy" [Innovative development of economy of Ukraine: problems and prospects]. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2166>

Smirnov, E. A. *Osnovy teorii organizatsii* [Fundamentals of the theory of organization]. Moscow: YuNITI, 2000.

Shumpeter, I. A. *Kapitalizm, sotsializm i demokratsiia* [Capitalism, Socialism and Democracy]. Kyiv: Osnovy, 1995.

Tugan-Baranovskiy, M. I. *Promyshlennyye krizisy. Ocherk iz sotsialnoy istorii Anglii* [Industrial crises. Sketch of the social history of England]. Kyiv: Nauchnaia mysl, 2004.

Vasilenko, V. A. "Organizatsionno-tsiklicheskaia i strukturno-funktsionalnaia modeli razvitiia organizatsii" [Organizational-cyclical and structural-functional model of the organization]. *Kultura narodov Prichernomoria*, vol. 1, no. 56 (2004): 100-107.

Vdovychenko, A. M. *Finansovyi potentsial naseleennia: novi mozhlyvosti innovatsiinoho rozvytku ekonomiky Ukrainy* [The financial capacity of the population: new opportunities for innovation development of Ukraine]. Irpin: NUDPSU, 2012.

Yaremko, L. A. "«Nova ekonomika» ta innovatsiinyi rozvytok" ["New Economy" and innovative development]. *Marketynh i menedzhment innovatsii*, vol. 1, no. 3 (2011): 25-30.

УДК 331

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

© 2014 КУЗЬМЕНКО А. К.

УДК 331

Кузьменко А. К. Моделирование развития предприятия с использованием теории катастроф

Целью статьи является анализ элементарных потенциальных функций теории катастроф и формирование механизма построения модели развития предприятия, который будет адекватно отражать кризис социально-экономических процессов системы. В результате исследования были сформулированы основные предположения для использования теории катастроф. Выделены основные характерные признаки катастроф, рассмотрены и другие группы признаков существования катастрофы в системе. В статье представлены основные элементарные функции катастроф. Сформулировано условие существования катастрофы в социально-экономической системе. Сформирован и поэтапно проанализирован механизм моделирования развития предприятия с использованием теории катастроф. Предложена модель развития социально-экономической системы с использованием элементов теории катастроф. Перспектива дальнейшего исследования в данном направлении – реализация механизма и построение модели развития реальной социально-экономической системы.

Ключевые слова: предприятие, социально-экономическая система, модель, теория катастроф, потенциальная функция, развитие, устойчивое и неустойчивое развитие.

Рис.: 1. **Формул:** 3. **Библ.:** 9.

Кузьменко Александра Константиновна – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономической кибернетики, Полтавский университет экономики и торговли (ул. Ковалю, 3, Полтава, 36014, Украина)

E-mail: oldrakk@gmail.com

УДК 331

Кузьменко О. К. Моделювання розвитку підприємства з використанням теорії катастроф

Метою статті є аналіз елементарних потенційних функцій теорії катастроф і формування механізму побудови моделі розвитку підприємства, який адекватно відображатиме кризу соціально-економічних процесів системи. У результаті дослідження були сформувані основні припущення щодо використання теорії катастроф. Виділено основні характерні ознаки катастроф, розглянуто й інші групи ознак існування катастроф у системі. У статті представлено основні елементарні функції катастроф. Сформуовано умови існування катастрофи у соціально-економічній системі. Сформуовано та поетапно проаналізовано механізм моделювання розвитку підприємства при використанні теорії катастроф. Запропоновано модель розвитку соціально-економічної системи з використанням елементів функції катастроф. Перспектива подальшого дослідження в даному напрямку – реалізація запропонованого механізму та побудова моделі розвитку реальної соціально-економічної системи.

Ключові слова: підприємство, соціально-економічна система, модель, теорія катастроф, потенційна функція, розвиток, стійкий та нестійкий розвиток.

Рис.: 1. **Формул:** 3. **Бібл.:** 9.

Кузьменко Олександра Костянтинівна – кандидат економічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики, Полтавський університет економіки і торгівлі (вул. Ковалю, 3, Полтава, 36014, Україна)

E-mail: oldrakk@gmail.com

UDC 331

Kuzmenko O. K. Simulation of the Enterprise Development Using the Catastrophe Theory

The article is aimed at analysis of the elementary potential functions of the catastrophe theory and is concerned with the formation mechanism of enterprise development model that will appropriately reflect the crisis of socio-economic processes of the system. The study results led to forming of the basic assumptions for using of the catastrophe theory. The main characteristics of disasters were highlighted, other signs of the disaster in the system were reviewed. In the article the main elementary functions of catastrophes are described. A condition for the existence of catastrophe within a socio-economic system was formed. The mechanism for simulation of enterprise development using the theory of catastrophes was formed and has undergone a step-by-step analysis. The model of development of the socio-economic system with use of the elements of catastrophe theory is proposed. The prospect of further research in this direction is the implementation of the formed mechanism and building a model of development of the realistic socio-economic system.

Key words: enterprise, socio-economic system, model, catastrophe theory, potential function, development, sustainable and unsustainable development.

Pic.: 1. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 9.

Kuzmenko Oleksandra K. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Economic Cybernetics, Poltava University of Economics and Trade (vul. Kovalya, 3, Poltava, 36014, Ukraine)

E-mail: oldrakk@gmail.com

Проблема управления развитием современного предприятия в том, что уже сформированная методология, методы и способы адаптации себя исчерпали. Поэтому предприятиям необходим новый механизм перехода в новое состояние, которое позволит не адаптироваться, а изменить внешнюю среду в своих интересах. В связи с этим необходимо внедрять организационные и управленческие действия непосредственно в момент обострения кризисной ситуации и состояния неравновесия предприятия, если принять условие, что кризис предприятия – это возможность и стимул его качественных изменений.

При выполнении анализа показателей деятельности современного предприятий видно, что, в основном, по окончании одного финансового периода происходят скачкообразные изменения значений показателей, что свидетельствует о необходимости применения теории катастроф, которая на сегодня представляет собой самый рациональный вариант, дающий адекватное оценивание ситуации, построение прогнозной модели с наименьшей ошибкой.

Вопросами практического применения теории катастроф к анализу деятельности предприятий занимаются такие ученые, как М. А. Асаул, А. Б. Бушуева, Г. П. Бистрай, Т. С. Клебанова, А. В. Коваленко, Є. А. Нагаева, Н. С. Неделько, Н. В. Шаланова и другие. Но остаются нерешенными вопросы, связанные с механизмом применения теории катастроф для формирования путей развития предприятия.

Цель статьи – сформировать механизм построения модели развития предприятия, который будет адекватно отражать кризис социально-экономических процессов системы.

Теория катастроф представляет собой комплекс для изучения и прогнозирования неустойчивости систем [2, с. 10]; дает возможность оценить текущее состояние системы (экономического объекта) с позиции локальной или глобальной устойчивости в наглядно-графическом виде; определить точки равновесия на детерминированной ветке развития системы; исследовать временную деформацию потенциальных функций [6, с. 71]. Такое название она получила из-за того, что потеря устойчивости может быть катастрофичной, даже если это не приводит к разрушению всей системы, а лишь обуславливает переход к другому пути развития.

Основными предположениями для использования теории катастроф к моделированию сложных социально-экономических систем являются следующие [5, с. 5]:

- 1) система является динамической;
- 2) система всегда стремится сохранять свое состояние как можно дольше;
- 3) текущее состояние системы зависит от того, каким образом система пришла в это состояние;
- 4) траектории системы необратимы.

При этом катастрофа – это резкое изменение качественного характера поведения динамической системы в условиях плавных изменений ее параметров (управляющих переменных) [1].

Характерными признаками катастроф являются [2; 5, с. 4 – 5; 7; 8]:

- ✦ *модальность* – свойство объекта системы, когда при определенном значении управляющих параметров системы возможны несколько положений равновесия системы (несколько мод);
- ✦ *гистерезис и необратимость* – переход системы из одного состояния в другое и обратно при разных значениях управляющих параметров;
- ✦ *недостижимость* – когда в системе одно из положений равновесия не достигается и не наблюдается;
- ✦ *катастрофические скачки* – скачкообразный переход системы из одного положения равновесия в другое;
- ✦ *расходимость* – малое изменение пути в пространстве параметров системы приводит к качественно отличному конечному состоянию системы.

Если в ходе проведения исследования зафиксирован один из этих признаков, тогда можно судить о наличии в системе катастрофы и, изменив управляющие параметры системы, можно обнаружить и остальные признаки. Установление наличия и типа катастрофы, в случае неопределенности в описании системы, позволяет определить [5, с. 5]:

- ✦ упрощенную модель потенциальной функции, зависящей только от существенных переменных состояния и управляющих параметров;
- ✦ структурно устойчивую часть потенциальной функции, по которой можно предсказать, какой в действительности процесс имеет место;
- ✦ тип уравнения для системы;
- ✦ каким образом потенциальная функция входит в исследуемую систему.

Процесс прогнозирования катастрофы в социально-экономической системе происходит на основании данных об изменениях и связях переменных, которые характеризуют поведение системы. В этом случае переменные системы – это множество косвенных признаков, на основании которых судят о возможности или наличии катастрофы в системе.

Общий вид уравнения, описывающее поведение нелинейной динамической системы, имеет вид [9]:

$$X = F(X, U), \quad (1)$$

где X – переменные, характеризующие состояние динамической системы;

U – набор управляющих параметров;

$F(X, U)$ – нелинейная функция, определенная в некоторой области G – евклидовой плоскости.

Следующим обязательным условием является наличие в этой области непрерывных производных.

В теории катастроф используют три типа критических точек (для гладкой функции): локальный максимум, минимум и точки перегиба.

Решение X_j описывает состояние некоторой системы и называется переменным состоянием системы. При формировании математической модели развития динамической системы набор значений x_1, x_2, \dots, x_n – это показатели развития предприятия в определенный мо-

мент времени, этот набор еще рассматривается как координаты точки P в некотором пространстве состояний, который называется фазовым пространством динамической системы. При этом размерность фазового пространства определяется количеством переменных значений.

Уравнение состояния равновесия определяется по формуле (2):

$$\bar{x} = \nabla V(x; a), \quad (2)$$

где $V(x; a)$ – потенциальная функция;
 a – вектор параметров;
 x – вектор фазовых координат системы.

Поверхность катастроф (множество точек равновесия (поверхность равновесия)) определяется следующим соотношением:

$$M = \left\{ (x; a) \in R^n \otimes R^k : \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) = 0 \right\}.$$

Точки $(x; a)$ в пространстве переменных состояний и параметров функций системы, для которых

$\det \left(\frac{d^2 V}{dx_i dx_j} \right) = 0$, формируют множество сингулярностей, то есть

$$S = \left\{ (x; a) \in R^n \otimes R^k : \det \left(\frac{d^2 V}{dx_i dx_j} \right) = 0 \right\}.$$

Пускай $V_{xx} = \left(\frac{d^2 V}{dx_i dx_j} \right)$ (для матрицы устойчи-

вости динамической системы) – проекция множества сингулярностей в параметрическом пространстве будет бифуркационным множеством: $B = \{a \in R^k : V_{xx} = 0\}$.

Общий вид потенциальной функции имеет вид (3):

$$V(x; a) = Cat(l; k) + \sum_{j=l+1}^n I_j(c) y_j^2, \quad (3)$$

где $Cat(l; k)$ – функция катастрофы;

$$Cat(l; k) = CG(l) + Pert(l; k);$$

$CG(l)$ – росток катастрофы;

$Pert(l; k)$ – возмущение системы;

l – количество нулевых значений матрицы равновесия.

Таким образом, в социально-экономических системах самым распространенным признаком является аномальная дисперсия, или дисперсия случайных величин. То есть, признаком приближения катастрофы в системе является нарастание дисперсии или амплитуды колебаний величин, характеризующих систему.

При этом существуют и другие признаки, например [4, с. 29]:

– первая группа:

а) возможность существования более чем одной траектории устойчивого развития или равновесия;

б) скачкообразное, быстрое изменение характеристик;

в) большие изменения характеристик при малых управленческих воздействиях;

г) проявление эффекта гистерезиса, т. е. сравнительные трудности возврата системы к характеристикам предыдущего состояния;

– вторая группа:

а) различия в реакциях на одни и те же воздействия при неизменных условиях;

б) замедление затухания колебаний характеристик;

в) увеличение частоты колебаний.

При моделировании развития социально-экономической системы с использованием теории катастроф необходимо выполнить следующие этапы:

1) проанализировать показатели развития предприятия;

2) сформировать факторы управления предприятием;

3) определить соотношение между показателями развития системы с конкретными заданиями развития системы;

4) выбрать метод для построения модели;

5) построить потенциальную функцию развития предприятия относительно достижения целей;

6) определить критическую точку (точку бифуркации);

7) исследовать экономическую природу точек бифуркации;

8) определить возможности управления состоянием неравновесия предприятия;

9) сформировать управленческие решения в точку бифуркации [6, с. 72].

Алгоритм использования теории катастроф при моделировании развития социально-экономической системы сформирован на рис. 1.

Таким образом, для реализации предложенного механизма необходимо определить существенные факторы, которые влияют на результирующий показатель развития предприятия. При этом:

- ✦ установить факт связи между анализируемыми показателями развития системы;
- ✦ количественно оценить тесноту связи между ними;
- ✦ обнаружить и сравнить факторы, которые влияют на величину результирующего показателя;
- ✦ определить характер обнаруженных связей;
- ✦ количественно оценить влияние изменения фактора на смену результирующего показателя развития системы.

Для оценки параметров потенциальной функции необходимо определить количество и характер экстремумов. Чтобы уменьшить количество потенциальных функций, предлагаем систему дифференциальных уравнений дополнить принципом минимакса: увеличить количество фазовых координат системы при уменьшении рассматриваемых параметров.

На следующем этапе, при построении элементарной функции катастрофы предприятия, использовать комплекс моделей капсоидных катастроф [7]:

– складка: $y = x^3 + a \cdot x$;

– сборка: $y = x^4 + a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x$;

– ласточкин хвост: $y = x^5 + a_1 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x$;



Рис. 1. Етапи побудови моделі розвитку системи

– бабочка: $y = x^6 + a_1 \cdot x^4 + a_2 \cdot x^3 + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x$;
 – вигвам: $y = x^7 + a_1 \cdot x^5 + a_2 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^2 + a_5 \cdot x$,

які пов'язані з неустійчивістю взаємозв'язку однієї змінної (x) з усіма іншими, і омбілічних катастроф (еліптична, гіперболічна, параболічна, омбіліки) – з неустійчивістю зв'язку двох змінних (x_1) і (x_2) з усіма іншими.

При цьому, якщо значення коефіцієнта детермінації і статистичної значимості рівняння однієї з катастроф перевищує рівняння стійкого характеру, тоді необхідно вважати катастрофу можливою і зробити для неї прогноз.

Наступним кроком є прогнозування значень показників на наступний період і аналогічне побудову моделей стійкого і неустійчивого розвитку з наступним визначенням загрози настання катастрофи.

Далі необхідно визначити значення параметрів, які будуть при прогнозованих значеннях змінних. При порівнянні фактичних значень параметрів моделі з значеннями параметрів бифуркаційного множини визначити, чи знаходяться параметри в бифуркаційному множині і чи не перетинали його за прогнозований період. Якщо не знаходяться і не

перетинали, то загрози виникнення катастрофи в наступному періоді не очікується.

Таким чином, в результаті отримуємо сукупність прогнозних моделей можливих катастроф підприємства, використання яких дозволить отримати достовірні результати для якісного аналізу факторів стійкості розвитку підприємства з урахування різних часових інтервалів, визначаючих особливості розвитку системи.

Побудований комплекс моделей є ефективним інструментом дослідження кризових процесів в динаміці показників, оскільки дозволяє визначити і детально дослідити нелінійні циклічні процеси розвитку підприємства або окремих індикаторів системи, визначити характер протікання процесів, оцінити взаємозв'язок в поведінці траєкторій. Це і є підстава для формування комплексу превентивних стратегічних заходів на всіх рівнях ієрархії.

ВИВОДИ

Таким чином, теорія катастроф представляє собою методологічне підґрунтя для вивчення і прогнозування нестабільності системи.

Эта теория позволяет: оценить текущее состояние экономического объекта с позиции локальной или глобальной устойчивости в наглядно-графическом виде; определить точки равновесия на детерминированной ветке развития системы; исследовать временную деформацию потенциальных функций, при формализации на микроуровне задачи управления развитием предприятия. И главное – внедрение современного инструментария исследования динамики развития предприятия с использованием теории катастроф позволит руководителям определить стратегию стабилизации и пути дальнейшего развития.

Перспективы дальнейшего исследования в данном направлении – реализация механизма и построение модели развития реальной социально-экономической системы. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. **Арнольд В. И.** Теория катастроф / В. И. Арнольд. – 3-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.
2. **Алексеев Ю. К.** Введение в теорию катастроф / Ю. К. Алексеев. – М.: МГУ, 2000. – 204 с.
3. **Гилмор Р.** Прикладная теория катастроф: монография / Р. Гилмор. – В 2-х кн. Кн. 1 / Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 285 с.
4. Динамично-устойчивое развитие предприятий на базе оптимизации размеров, структуры и эффективности воспроизводства капитала / В. Г. Садков, Л. И. Старикова, И. О. Трубина, А. Е. Трубин. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – 337 с.,
5. **Клебанова Т. С.** Моделирование кризисной динамики показателей экономики Украины на основе теории катастроф / Т. С. Клебанова, Е. А. Сергиенко, Л. С. Гурьянова // Бизнес Информ. – 2011. – № 5(1). – С. 4 – 9.
6. **Кузьменко О. К.** Моделювання розвитку соціально-економічної системи на основі теорії катастроф / О. К. Кузьменко // Проблеми економічної кібернетики 2014: матеріали II Всеукр. наук.-метод. конф., 2 – 3 жовтня 2014 р., м. Полтава: тези доп. – Донецьк: Цифрова типографія, 2014. – 161 с. – С. 70 – 73.
7. Моделирование экономической динамики: учебное пособие / Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровина, О. Ю. Полякова и др. – Харьков: Изд. «ИНЖЭК», 2004. – 244 с.
8. **Неделько Н. С.** Использование теории катастроф к анализу поведения экономических систем / Н. С. Неделько // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13. – № 1. – С. 223 – 227.
9. **Холодник М.** Методы анализа нелинейных динамических моделей / М. Холодник, А. Клич, М. Кубическ, М. Марек. – М.: Наука, 1994, 287 с.

REFERENCES

- Arnold, V. I. *Teoriia katastrof* [Catastrophe theory]. Moscow: Nauka, 1990.
- Alekseev, Yu. K. *Vvedenie v teoriuu katastrof* [Introduction to the theory of catastrophes]. Moscow: MGU, 2000.
- Gilmor, R. *Prikladnaia teoriia katastrof* [Applied theory of catastrophes]. Moscow: Mir, 1984.
- Klebanova, T. S., Sergienko, E. A., and Gurianova, L. S. "Modelirovanie krizisnoy dinamiki pokazateley ekonomiki Ukrainy na osnove teorii katastrof" [Modeling the dynamics of the crisis of economy of Ukraine based on the theory of catastrophes]. *Biznes Inform*, no. 5 (1) (2011): 4-9.
- Kuzmenko, O. K. "Modeliuvannia rozvytku sotsialno-ekonomichnoi systemy na osnovi teorii katastrof" [The modeling of socio-economic system based on catastrophe theory]. *Problemy*

ekonomichnoi kibernetiky 2014. Donetsk: Tsyfrova typohrafiya, 2014.70-73.

Klebanova, T. S. et al. *Modelirovanie ekonomicheskoy dinamiki* [Modeling of economic dynamics]. Kharkiv: INZhEK, 2004.

Kholodnik, M. et al. *Metody analiza nelineynykh dinamicheskikh modeley* [Methods for analysis of nonlinear dynamical models]. Moscow: Nauka, 1994.

Nedelko, N. S. "Ispolzovanie teorii katastrof k analizu povedeniia ekonomicheskikh sistem" [Using catastrophe theory to the analysis of economic systems]. *Vestnik MGTU*, vol. 13, no. 1 (2010): 223-227.

Sadkov, V. G. et al. *Dinamichno-ustoychivoe razvitie predpriyatii na baze optimizatsii razmerov, struktury i effektivnosti vosproizvodstva kapitala* [Dynamic and sustainable development of enterprises on the basis of optimizing the size, structure and performance of the reproduction of capital]. Orel: OrelGTU, 2010.