УДК 330.342.01

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТОЧКИ БІФУРКАЦІЇ В РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА

Касьянова Наталія Віталіївна

Проблема управління розвитком промислового підприємства в сучасних умовах полягає в тому, що можливості використання методів адаптивного управління майже вичерпані та не дозволяють ефективно функціонувати підприємствам в умовах нестабільного зовнішнього середовища. Реальною можливістю виживання промислового підприємства в умовах структурної та економічної кризи є перехід в якісно новий стан, що дозволяє не адаптуватися, а змінювати зовнішнього середовище в інтересах підприємства. Розглядаючи кризу підприємства як можливість та стимул для якісної зміни об'єкту господарювання, пропонується впроваджувати управлінські дій саме в момент загострення кризових явищ та стану нерівноваги підприємства. При цьому виникає проблема не лише прогнозування нестійкості підприємства, а й визначення чинників, за допомогою яких можливо управління розвитком підприємства в точці біфуркації.

Дослідженню проблематики еволюційних та біфуркаційних процесів присвячена значна кількість наукової літератури. Брюссельська школа І. Пригожина розробляє теорію дисипативних структур [1], школа Г. Хакена досліджує процеси самоорганізації в різних системах [2], теорія катастроф, яка вивчає стрибкоподібні зміни, розвивається в роботах В.І. Арнольда [3], Т. Постона та І. Стюарта [4]. Категорії та поняття теорії самоорганізації систем стають предметом все більш широкого філософського і наукового осмислення. Огляд літератури ясно показує, що сучасні уявлення про синергетику не отримали дотепер системної інтерпретації, адекватної для створення змістовних моделей біфуркаційних процесів в економіці. Найбільш нерозглянутою залишається задача визначення ключових моментів в розвитку економічної системи будь-якого рівня.

Метою статті є моделювання оцінки точок біфуркації в розвитку підприємства.

В безпосередній близькості від точок біфуркації у відповідній системі спостерігається значне число флуктуацій і система «коливається» перед вибором з можливих шляхів розвитку, – в цьому випадку «невелика флуктуація може послужити початком еволюції в абсолютно новому напрямі, який різко змінить всю поведінку макроскопічної системи» [1]. В цей переломний момент принципово неможливо передбачити, в якому напрямі відбуватиметься подальший розвиток: чи стане стан системи хаотичним або воно перейде на новий, більш диференційований і більш високий рівень впорядкованості.

Модель оцінки станів нерівноваги підприємства включає наступні етапи:

а) визначення показника розвитку підприємства який найбільш повно відображає флуктуації економічної системи;

б) визначення факторів управління підприємства, які впливають на показник розвитку системи та визначення законів його розподілу з визначенням конкретних значень;

в) формування потенційних функцій показника розвитку підприємства відносно досягнення цілей та визначення точок біфуркації;

г) дослідження економічної природи точок біфуркації;

д) визначення можливостей управління станом нерівноваги підприємства та розробка управлінських рішень в точці біфуркації.

У якості показника розвитку крупного промислового підприємства доцільно використовувати додану вартість, як показник який найбільш повно характеризує результати господарської діяльності підприємства [5].

Дослідження нестійкості стаціонарних станів системи ефективно здійснюється методами теорії катастроф [3], яка дозволяє дати оцінку поточного стану економічного об'єкту з погляду локальної або глобальної стійкості в наочному графічному вигляді, визначити точки рівноваги на детермінованій гілці розвитку і дослідити тимчасову деформацію потенційних функцій, що дозволяє формалізувати на мікрорівні задачі управління розвитком підприємства. Сімей-

ство функцій, що характеризують економічні процеси внутрішнього середовища підприємства, залежить від параметра, зміна якого приводить до відповідної структурно нестійкої критичної точки, яка придбаває цілком реальне значення. Більш того, саме ця точка входить до сімейства критичних точок і є найважливішою, оскільки з нею пов'язані якісні зміни в поведінці системи.

Для визначення математичної моделі динамічної системи з безперервним часом будемо використовувати набір величин $x_1,... x_n$, що представляють собою показник розвитку підприємства в кожний момент часу. Математично їх можна розглядати як координати точки P в деякому просторі станів, який називають фазовим простором динамічної системи. Розмірність фазового простору визначається кількістю змінних величин. Зміні стану динамічної системи в часі відповідає рух точки P у фазовому просторі по деякій фазовій траєкторії. Якщо фазовій траєкторії $P(t_i)$ в моменти часу t_i та t_{i+1} відповідають точки $P(t_i)$ та $P(t_{i+1})$, то $P(t_{i+1}) = g(a_1, a_2)*P(t_i)$, де $g(a_1, a_2)$ – гладка функція, параметри якої a_1 та a_2 є керуючими постійними динамічної системи. Результатом зміни a_1 та a_2 може бути зміна режиму функціонування системи, що, відповідно, відобразиться на виді фазових траєкторій. Сімейство фазових траєкторій при заданих параметрах μ і λ утворюють фазовий портрет системи, що дає якісне уявлення про її можливу поведінку.

Для моделювання зміни стану динамічної системи використовуються диференціальні рівняння. Теорія динамічних систем і теорія біфуркації дозволяють, не інтегруючи диференціальні рівняння, визначити основні особливості поведінки досліджуваної системи [6]. Задачею аналізу математичної моделі є пошук стаціонарних рішень – особливих точок і граничних циклів, дослідження їх стійкості, та визначення областей тяжіння стійких стаціонарних режимів у фазовому просторі. Особливе значення має визначення біфуркаціоних ситуацій та їх залежності від параметрів системи, при яких відбувається зміна стаціонарних режимів. Результатом цих змін може бути як підвищення ефективності роботи системи в зовнішніх умовах, що змінюються, так і її деградація. Якщо динамічна система, моделюється кінцевим числом звичайних диференціальних

рівнянь, то її називають зосередженою. Якщо систему рівнянь доповнити принципом мінімаксу, то можливо суттєво зменшити кількість потенційних функцій, які аналізуються [7]. Таким чином, система диференціальних рівнянь матиме вигляд:

$$\frac{dx_n}{dt} = F_n(x_n, a_1, a_2)$$
$$x_n \to \max$$
$$a_1, a_2 \to \min$$

Оцінку станів нерівноваги промислового підприємства доцільно розглядати за показниками x_n/a_1 (додана вартість яка припадає на гривню витрат на оплату праці – трудовіддача доданої вартості) та x_n/a_2 (додана вартість яка припадає на гривню витрат на експлуатацію виробничого обладнання – фондовіддача доданої вартості). Обробка експериментальних даних для кожної групи показників проводиться методом найменших квадратів у вигляді потенційних функцій, що використовуються в теорії біфуркації. Отримана поліноміальна залежність дає три критичні точки, дві з яких є стійкими та одна точка, яка може стати нестійкою [3]. Процес переходу від однієї точки рівноваги до іншої називається фазовим переходом, оскільки новий стан відрізнятиметься від колишнього структурою виробничих, економічних та інших відносин.

Апробацію моделі оцінки стану нерівноваги підприємства було проведено на прикладі аналізу господарської діяльності ВАТ «Старокраматорський машинобудівний завод» за 2002-2008 рр. (см табл.). Значення критичних точок потенційних функцій припадають на досить обмежені інтервали – $x_n/a_1 \in [0{,}9574; 1{,}097]$ та $x_n/a_2 \in [6{,}0365; 6{,}844]$.

Таблиця

Значення критичних точок для потенційних функціях

Потенційна функція	Критичні точки	
	x_n/a_1	x_n/a_2
Виручка від реалізації продукції	0,9577	6,3481
Повні витрати на виробництво продукції	0,9574	6,3816
Активи підприємства	1,0970	6,0365
Власний капітал	1,0828	6,8440

Отримані результати підтверджено побудовою трендових кривих з високим ступенем апроксимації, точки нерівноваги яких співпадають з критичними точками потенційних функцій.

Для того, щоб дана математична модель відповідала канонічній катастрофі типу збірки, необхідно певним чином вибрати одиниці вимірювань всіх змінних та забезпечити дотримання ряду досить жорстких умов, а саме:

1) динаміка підприємства повинна описуватися гладкою функцією, тобто бути функцією змінних і належати до градієнтного типу;

2) вектор параметрів системи повинен мати не більше п'яти компонентів;

3) положеннями рівноваги системи повинно бути тільки нерухомі крапки: система не повинна мати граничних циклів, аттракторів Лоренца та інших типів рівноважних станів. Іншими словами, в такій системі можливі тільки «елементарні катастрофи».

Якщо ці умови дотримані, то безліч всіх положень рівноваги підприємства утворюють поверхню типу збірки в просторі та площини, яка визначається управляючими змінними a_1 та a_2, можна вивести рівняння зв'язку між ними. За результатами розрахунків зв'язок між змінними a_1 та a_2 має вигляд:

$$a_2 = 5{,}67\, a_1^{2/3} \text{ або } 27a_1^2 - 4a_2^3 = 0$$

Ці рівняння виходять з рівняння канонічного потенціалу для збірки $f(x, a_1, a_2) = \frac{x^4}{4} + \frac{a_1}{2}x^2 + a_2 x$ на підставі умови, згідно якої уздовж лінії збірки повинні виконуватися рівняння $\frac{\partial f}{x} = 0, \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 0$.

За допомогою вказаних співвідношень можна отримати зазначений вище результат для a_1 та a_2.

Важко оцінити поведінку системи по всій безлічі можливих траєкторій на поверхні рівноваги. Тому розглянемо такий варіант значень змінних, при якому можна зробити висновок про близькість динаміки системи до точки біфуркації. Припустимо, що вектор початкових параметрів a описується наступними значеннями: додатковий попит з боку основних покупців, що проявляється у збі-

льшенні амортизаційних витрат на 7,5 % або $a_1=2,02$ відносних одиниць і частка витрат на оплату праці $a_2=-0,61$ відносні одиниці (у зв'язку зі скороченням штату працівників під час кризи). Таким чином, найближча до вектора a крапка на біфуркаційній кривій має координати $(6,44; 1,03)$ (середнє значення по кожному інтервалу). Вектор $v(a)$, спрямований на досягнення точки біфуркації, має вид $v(a) = (4,42; 1,64)$.

Вектор $v(a)$ є зміною значень параметрів a, необхідних для того, щоб перетнути біфуркаційну криву. Аналіз значень вектору $v(a)$ показує, що описана модель підприємства, володіє майже утричі більш високої адаптуємістю по відношенню до змін a_1 (тобто рівня завантаження обладнання), ніж до змін a_2 (тобто витрат, які спрямовані на оплату праці).

Далі постає проблема визначення факторів, які мають найсуттєвіший вплив на результуючі показники розвитку підприємства. В процесі вирішення цієї проблеми необхідно розв'язати декілька задач:

- встановлення самого факту зв'язку між аналізованими показниками;
- вимірювання тісноти зв'язку між ними;
- виявлення і порівняльний аналіз факторів, що впливають на величину результатного показника;
- визначення невипадкового характеру виявлених зв'язків;
- кількісна оцінка впливу зміни фактору на зміну результатного показника.

Основою вимірювання зв'язків між показниками виступає матриця парних коефіцієнтів кореляції. За цією матрицею можна судити про тісноту зв'язку факторів з результативною ознакою і між собою. Хоча всі ці показники відносяться до парних зв'язків, матриця парних коефіцієнтів кореляції може бути використана для попереднього відбору факторів для включення в рівняння регресії. Не рекомендується включати в рівняння фактори, які слабо пов'язані з результативними ознаками, але тісно пов'язані з іншими чинниками.

При моделюванні функціональних систем факторів основними вимогами є наступні:

1. Фактори, що включаються до моделі, повинні реально існувати і мати конкретне фізичне значення.

2. Фактори, які входять в систему аналізу фактору, повинні мати причинно-наслідковий зв'язок з показником, що вивчається.

3. Модель фактору повинна забезпечувати вимірювання впливу конкретного фактору на загальний результат.

Для аналізу доданої вартості найбільш підходять детерміновані методи моделювання систем факторів, оскільки модель доданої вартості легко представити у формалізованому вигляді. Мета факторного аналізу доданої вартості полягає в тому, щоб показати спочатку вплив складових її елементів на підсумкову величину, а потім – вплив самої доданої вартості на інші приростні показники.

За результатами такого аналізу будується дерево факторів управління розвитком підприємства, тобто встановлюється ключові фактори управліннядоданою вартістю. Після того, як ключові фактори обрані та встановлена їх сопідлеглість, доцільно встановити наскільки чутливий показник доданої вартості до зміни кожного фактора. В процесі аналізу чутливості всі фактори перебираються по черзі та досліджується ефект від їх щонайменшої зміни.

Практичне значення запропонованої моделі визначення критичних точок у розвитку промислового підприємства полягає у можливості визначення оптимального моменту щодо впровадження стратегії розвитку.

Література

1. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс; общ. ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климентовича, Ю.В. Сачкова. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
2. Хаккен Г. Синергетика / Г. Хаккен. – М.: Мир, 1980. – 400 с.
3. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд – 3-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.
4. Постон Т. Теория катастроф и ее приложения / Т. Постон, И. Стюарт. – М.: Мир, 1980, – 608 с.
5. Касьянова Н.В. Джерела розвитку машинобудівних підприємств України // Н.В. Касьянова. – Управління розвитком: Зб. наук. ст. – Харків: ХНЕУ, № 7, 2006. – с.96-98
6. Андронов А.А. Теория колебаний. / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин – 2-е изд., перераб. и дополн. Н.А.Железцовым. – М.: Физматгиз, 1959. – 915 с.
7. Быстрай Г.П. Неравновесные системы: целостность, эффективность, надежность / Г.П. Быстрай, Д.В. Пивоваров. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1989. – 192 с.