

## МЕХАНІЗМ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ВІДБОРУ ФІРМ ІЗ РІЗНОЮ СУСПІЛЬНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ

*Кобець В. М.  
Діордіца С. Г.*

В умовах швидко змінюваного турбулентного глобалізованого середовища, у якому функціонують мікроекономічні системи, постає проблема прогнозування динаміки їх пристосування до дій як конкурентів, так і ринкового середовища загалом.

Традиційний підхід у мікроекономіці досліджує рівноважний стан мікроекономічних систем, припускаючи досконалу раціональність, повну інформованість і миттєве пристосування фірм до зміни ринкових умов. Також, згідно із класичним підходом, метою функціонування фірм-егоїстів на ринку є максимізація власного прибутку.

Але реальна дійсність підтверджує, що переважну більшість часу учасники мікроекономічних систем перебувають у нерівноважному стані, реагуючи на зміну середовища та дії конкурентів із певною інерцією.

У запропонованій моделі мікроекономічної системи метою функціонування частини фірм-реципрокаторів є не максимізація прибутку, а отримання стабільного прибутку такими фірмами впродовж тривалого проміжку часу. Для цього в цільову функцію прибутку включено як прибуток фірми, так і надлишок споживачів.

Розроблено модель конкуренції між двома типами фірм (реципрокаторами та егоїстами), що дозволяє визначити, який із типів фірм стійкіший до конкуренції. Як механізм еволюційного відбору фірм виступає їх пристосованість до умов конкуренції за критерієм прибутку. Поширюється той тип суспільної відповідальності фірм (реципрокаторів або егоїстів), який отримує більший за розміром прибуток на цьому ринку.

Визначено умови, за яких фірми-реципрокатори виробляють більше продукції й отримують більший прибуток на ринку, ніж фірми-егоїсти. Змодельовано умови, за яких на ринку залишаються лише реципрокатори, та на основі індексу Херфіндаля – Хіршмана обчислено їх фіксований рівень ринкової влади.

Для побудованої дискретної динамічної моделі конкуренції між двома типами фірм визначено умови, за яких мікроекономічна система повертатиметься до рівноважного стану лише для дуже обмеженого діапазону суспільних уподобань. У решті випадків будь-який зовнішній вплив може назавжди вивести систему з рівноважного стану.

*Ключові слова:* мікроекономічна система, суспільна відповідальність, фірма-реципрокатор, еволюційна динаміка, кількісна конкуренція.

---

## МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИОННОГО ОТБОРА ФИРМ С РАЗНОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

*Кобец В. Н.  
Диордица С. Г.*

В условиях быстро изменяющейся турбулентной глобализированной среды, в которой функционируют микроэкономические системы, возникает проблема прогнозирования динамики их приспособления к действиям как конкурентов, так и рыночной среды в целом.

Традиционный подход в микроэкономике исследует равновесное состояние микроэкономических систем, предполагая совершенную рациональность, полную информированность и мгновенное приспособление фирм к изменению рыночных условий. Также, в соответствии с классическим подходом, целью функционирования фирм-эгоистов на рынке является максимизация собственной прибыли.

Но реальная действительность подтверждает, что большую часть времени участники микроэкономических систем пребывают в неравновесном состоянии, реагируя на изменение среды и действия конкурентов с определенной инерцией.

В предлагаемой модели микроэкономической системы целью функционирования части фирм-реципрокаторов является не максимизация прибыли, а получение стабильной прибыли такими фирмами на протяжении продолжительного периода времени. Для этого в целевую функцию прибыли включается как прибыль фирмы, так и излишек потребителей.

Разработана модель конкуренции между двумя типами фирм (реципрокаторами и эгоистами), позволяющая определить, какой из типов фирм более стойкий к конкуренции. В качестве механизма эволюционного отбора фирм выступает их приспособленность к условиям конкуренции по критерию прибыли. Распространяется тот тип общественной ответственности фирм (реципрокаторов или эгоистов), который получает большую по размеру прибыль на данном рынке.

Определены условия, при которых фирмы-реципрокаторы производят больше продукции и получают на рынке большую прибыль, чем фирмы-эгоисты. Смоделированы условия, при которых на рынке остаются только реципрокаторы, и на основании индекса Херфиндаля – Хиршмана вычислен фиксированный уровень их рыночной власти.

Для построения дискретной динамической модели конкуренции между двумя типами фирм определены условия, при которых микроэкономическая система возвращается в равновесное состояние только для очень ограниченного диапазона общественных предпочтений. В остальных случаях любое внешнее воздействие может навсегда вывести систему из равновесного состояния.

*Ключевые слова:* микроэкономическая система, общественная ответственность, фирма-реципрокатор, эволюционная динамика, количественная конкуренция.

.....

## THE MECHANISM OF EVOLUTIONARY SELECTION OF FIRMS WITH DIFFERENT SOCIAL RESPONSIBILITY

**V. Kobets**  
**S. Diorditsa**

Microeconomic systems operate in a rapidly changing turbulent globalized environment. It generates the problem of forecasting the dynamics of adjustment of such systems to the actions of both the rivals and the market environment as a whole.

The traditional approach in microeconomics examines the equilibrium state of microeconomic systems, assuming perfect rationality, complete knowledge and instantaneous adaptation of firms to changes in market conditions. Also, in accordance with the classical approach, the purpose of the selfish firms in the market is to maximize their own profits.

But the reality confirms that most of the time participants in microeconomic systems are in a non-equilibrium state and such systems react to the changes in the environment and actions of competitors with certain inertia.

In the proposed model of microeconomic system, the goal of firms-reciprocators is getting a stable profit over a long-run period rather than profit maximization. To achieve this, both the firm profit and consumer surplus are included in the profit function of reciprocators.

A model of competition between the two types of firms (reciprocators and selfish firms) has been developed to determine which of the firm types is more competitive. The mechanism of evolutionary selection of the firms is their adaptability to competitive conditions with profit taken as a criterion. The type of social responsibility of firms which gets larger profits in the market will expand.

The conditions have been determined under which firms-reciprocators produce more products and get higher profit in the market than the selfish ones. Conditions have been simulated under which only reciprocators remains in the market and a fixed level of their market power has been calculated by means of the Herfindahl – Hirschman index.

To construct a discrete dynamic model of competition between the two types of firms, the conditions have been determined under which the microeconomic system returns to equilibrium only for a very limited range of social preferences. In other cases, any external impact may unbalance the system forever.

**Keywords:** microeconomic system, social responsibility, firm-reciprocator, evolutionary dynamics, quantitative competition.

Останнім часом в економіці відмовляються від припущення про досконалу раціональність. Неокласична "раціональна людина" не існує в реальності, оскільки індивіди діють за правилами, що склалися, не володіють повною інформацією і не максимізують корисність [1].

Для дослідження олігополістичних ринків застосовують такі припущення: (а) на ринку діє дві фірми; (б) фірми виробляють однорідну продукцію в обсягах  $x_1(t)$  і  $x_2(t)$ ; (с) кожна фірма не знає випуску конкурента; (д) фірми прагнуть спрогнозувати випуск конкурентів, використовуючи адаптивну схему.

Для визначення випуску в наступному періоді фірми розв'язують оптимізаційну задачу:  $Max\Pi_1(x_1; x_2^e(t+1))$ ,  $Max\Pi_2(x_1^e(t+1); x_2)$ , якщо  $x_1^e(t+1)$  – прогноз випуску конкурента  $i$  фірмою  $j$ , де  $i, j = 1, 2$ .

Ігнорування впливу дій конкурентів на власний випуск (локальна монополістична апроксимація LMA), наївні очікування (припущення про незмінну поведінку конкурентів протягом тривалого часу) є *прикладом* обмеженої раціональності фірм. Функції реагування олігополістів із обмеженою раціональністю також можуть збігатися до рівноваги Неша впродовж серії періодів за лінійної та ізоеластичної функції попиту, на відміну від одночасного досягнення рівноваги досконало раціональною фірмою. Якщо система має декілька рівноваг, повторювальна взаємодія стає механізмом відбору кращої рівноваги.

Під час порівняння "найкращої реакції" на дії повністю інформованого конкурента з поведінкою фірми, яка має обмежену раціональність, визначено, що чим меншою інформацією володіють фірми, тим вища стабільність галузі [2].

Для лінійних витрат досконало інформованих олігополістичних фірм траєкторії їх випуску можуть не збігатися до рівноваги Курно – Неша [3], тоді як для повторювальної взаємодії за обмеженої раціональності (LMA) та ізоеластичної функції попиту траєкторії завжди збігаються до рівноваги Неша (досягається вища стабільність). Збіжність до рівноваги сприяє кращому прогнозу очікуваної поведінки галузі.

Чим удосконалішим є процес прийняття рішень, тим витратнішим він буде, що не дозволяє витіснити обмежену раціональність у ході прийняття рішень фірмами. Тому часто обидва способи прийняття рішень (раціональний і обмежено раціональний) співіснують, доки один вид пристосування в поведінці фірм не витіснить інший, за умов його вигідності (наприклад, за критерієм прибутку) для всіх учасників.

"Оптимально недосконалі рішення" приймають шляхом простих і невитратних обчислень, добре пристосованих

до частих повторень. Більша кількість фірм веде до нестабільності (хаосу) на ринку, що звужує можливості прогнозування динаміки показників галузі з великою кількістю фірм.

У моделі кількісної конкуренції в олігополії застосовано механізм пристосування випуску за повторювальної взаємодії, коли фірми максимізують прибуток, використовуючи лінійне наближення для нелінійної функції попиту. Учасники не роблять витратних зусиль, щоб вивчити справжню (переважно, нелінійну) функцію попиту. Слід припустити, що фірмам доцільніше виконувати експерименти з обсягом, щоб оцінити обернену функцію попиту [3; 4].

Еволюційний підхід дозволяє розробити економічний механізм, який може пояснити, чому один тип фірм витісняє з ринку інший, чому стан економічної системи інколи стабільний, а в решті випадків – ні. [5; 6]. Еволюційний процес є аналогом суспільного навчання. Прикладами його застосування є нові механізми ціноутворення на аукціонах, що виникають за електронної комерції й торгівлі через Інтернет; вивчення нової поведінки ринкових структур, які виникають за торгівлі в агентських соціальних мережах [7].

Інститут соціальної відповідальності фірм перед суспільством може змінювати динаміку розвитку галузі загалом і траєкторії її основних показників. Соціальна (суспільна) відповідальність фірм передбачає, що вони мають не лише егоїстичні цілі збільшення власного прибутку, а й готові жертвувати частиною власного прибутку заради добробуту споживачів без прямої компенсації за це з боку держави [8 – 10]. Причиною таких цільових настанов фірм може виступати їх прагнення отримувати не *короткостроковий* максимальний прибуток, а *довгостроковий* стабільний прибуток.

Ураховуючи зміну пріоритетів соціально відповідальних фірм, постає питання, як це вплине на поведінку фірм-егоїстів і зміну ринкових показників мікроекономічної системи (виробники – споживачі – ринок). Адаптація фірм на ринку добре розглянуто теоретично [11] і тепер потребує практичного застосування.

Мета статті – розробити механізм еволюційного відбору фірм із різною суспільною відповідальністю для визначення конкурентоздатності різних типів фірм і перевірки стійкості рівноваги мікроекономічної системи.

Механізм еволюційного відбору фірм передбачає поширення фірм із таким типом суспільної відповідальності, який даватиме більший прибуток, ніж конкурентні типи. У такому разі один тип суспільної відповідальності буде витіснити інший. Для застосування запропонованого механізму слід побудувати модель конкуренції між двома типами фірм (реципрокаторами та егоїстами), що дозволить визначити,

який із типів фірм еволюційно стійкіший до конкуренції. Ця модель буде виступати математичним інструментом дослідження еволюційного механізму відбору фірм.

Необхідно розглянути лінійну функцію ринкового попиту на гомогенний продукт:  $P = b - c \cdot Q$ , де  $P = b - c \cdot$

$(q_1 + \dots + q_k + q_{k+1} + \dots + q_n)$  – ціна продукції, а  $Q = \sum_{j=1}^n q_j$  – суспільно відповідальні раціональні фірми галузевий випуск продукції.

Тоді на ринку, де діє  $n$  фірм, які випускають однорідну продукцію і ведуть кількісну конкуренцію, перші  $k$  суспільно відповідальних фірм (реципрокатори) мають такі функції прибутку (верхній індекс  $w$  позначає "суспільний добробут" як суму власного прибутку та споживчого надлишку):

$$\pi_i^w = \alpha_i \cdot (P - v) \cdot q_i + (1 - \alpha_i) \cdot CS \xrightarrow{q_i \geq 0} \max, \quad i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

де  $\alpha_i$  ( $0 < \alpha_i < 1$ ) показують вагу власних інтересів;  
 $1 - \alpha_i$  – вагу інтересів споживачів продукції фірми;  
 $v$  – собівартість продукції (припускається однаковою для всіх фірм із постійним ефектом масштабу);  
 $q_i$  – випуск продукції фірмою  $i$ ;  
 $CS$  – споживчий надлишок, що є різницею між резервними цінами споживачів і ціною, що встановилася на ринку продукції:  $CS = \frac{1}{2} \cdot (b - P) \cdot Q$ .

Ураховуючи функцію попиту, надлишок споживачів буде мати такий вигляд:  $CS = \frac{1}{2} c \cdot Q^2$ .

Решта  $n - k$  фірм-егоїстів досягають максимізації лише власного прибутку, не враховуючи інтересів споживачів на цьому ринку:

$$\pi_j = (P - v) \cdot q_j \xrightarrow{q_j \geq 0} \max, \quad j = k + 1, \dots, n. \quad (2)$$

Ураховуючи  $k$  функцій прибутку реципрокаторів та  $n - k$  егоїстичних фірм і функції ринкового попиту, буде визначено таку систему  $n$  рівнянь:

$$\begin{cases} \pi_1^w = \alpha_1 \cdot (b - c \cdot (q_1 + Q_{-1}) - v) \cdot q_1 + (1 - \alpha_1) \cdot \frac{1}{2} c \cdot Q^2, \\ \dots \\ \pi_k^w = \alpha_k \cdot (b - c \cdot (q_k + Q_{-k}) - v) \cdot q_k + (1 - \alpha_k) \cdot \frac{1}{2} c \cdot Q^2, \\ \pi_{k+1} = (b - c \cdot (q_{k+1} + Q_{-(k+1)}) - v) \cdot q_{k+1}, \\ \dots \\ \pi_n = (b - c \cdot (q_n + Q_{-n}) - v) \cdot q_n, \end{cases} \quad (3)$$

де  $Q_{-i}$ ,  $i = 1, \dots, n$  показує випуск усіх фірм, окрім фірми  $i$ .

Після знаходження часткових похідних функцій системи (3) за відповідними випусками фірм і виконання тождесних алгебраїчних перетворень буде визначено систему з функцій реагування фірм галузі на випуск конкурентів:

$$\begin{cases} q_1^w = \frac{\alpha_1}{3\alpha_1 - 1} \cdot \frac{b - v}{c} - \frac{2\alpha_1 - 1}{3\alpha_1 - 1} \cdot Q_{-1}, \\ \dots \\ q_2^w = \frac{\alpha_k}{3\alpha_k - 1} \cdot \frac{b - v}{c} - \frac{2\alpha_k - 1}{3\alpha_k - 1} \cdot Q_{-k}, \\ q_{k+1} = \frac{b - v}{2c} - \frac{1}{2} \cdot Q_{-(k+1)}, \\ \dots \\ q_n = \frac{b - v}{2c} - \frac{1}{2} \cdot Q_{-n}. \end{cases} \quad (4)$$

**Пропозиція 1.** В умовах ринкової рівноваги за кількісної конкуренції між  $n$  фірмами, із яких  $k$  фірм є однаковою мірою суспільно відповідальними ( $\alpha_1 = \dots = \alpha_k = \alpha$ ), рівноважні випуски для суспільно відповідальних та егоїстичних фірм встановлено на відповідних рівнях:

$$\begin{cases} q_1^{w*} = \max \left\{ \frac{[1 - \alpha \cdot (n - k + 3)] \cdot M}{k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)}; 0 \right\}, \\ q_{k+1}^* = \max \left\{ \frac{\alpha \cdot (k - 1) \cdot M}{k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)}; 0 \right\}. \end{cases}$$

**Доведення.** Без утрати загальності висновків слід припустити, що  $\alpha_1 = \dots = \alpha_k = \alpha$  і, увівши позначення  $M = \frac{b - v}{c}$ , спростити систему (4):

$$\begin{cases} q_1^w + (k - 1) \cdot \frac{2\alpha - 1}{3\alpha - 1} \cdot q_1^w + (n - k) \cdot \frac{2\alpha - 1}{3\alpha - 1} \cdot q_{k+1} = M, \\ \frac{1}{2} k \cdot q_1^w + q_{k+1} + \frac{1}{2} (n - k - 1) \cdot q_{k+1} = \frac{M}{2}, \end{cases} \quad (5)$$

де  $q_1^w = \dots = q_k^w$  – випуски суспільно відповідальних фірм (реципрокаторів);  
 $q_{k+1} = \dots = q_n$  – випуски егоїстичних фірм.

Розв'язком системи (5) є наступні рівноважні випуски двох типів фірм:

$$\begin{cases} q_1^{w*} = \max \left\{ \frac{[1 - \alpha \cdot (n - k + 3)] \cdot M}{k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)}; 0 \right\}, \\ q_{k+1}^* = \max \left\{ \frac{\alpha \cdot (k - 1) \cdot M}{k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)}; 0 \right\}, \end{cases} \quad (6)$$

що і треба було довести.

**Пропозиція 2.** Суспільно відповідальна фірма (для  $k \geq 2$ ):

а) буде виробляти більше продукції на ринку, ніж егоїстична, якщо вага власних інтересів першої фірми належить проміжку:  $\alpha \in (0; \alpha_1) \cup (\alpha_2; 1)$ ;

б) буде випускати менше продукції на ринку, ніж егоїстична фірма, якщо вага власних інтересів першої фірми належить проміжку:  $\alpha \in (\alpha_1; \alpha_2)$ , де  $\alpha_1 = \frac{1}{n + 2}$ ,  $\alpha_2 = \frac{k}{n + k + 1}$ .

**Доведення.** Якщо порівняти рівноважні випуски двох типів фірм, буде визначено:  $q_1^{w*} - q_{k+1}^* = \frac{M}{k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)}$ .

$$[1 - \alpha \cdot (n - k + 3) - \alpha \cdot (k - 1)] > 0.$$

Ця умова рівнозначна такій нерівності:  $[1 - \alpha \cdot (n + 2)] \cdot [k \cdot (1 - \alpha) - \alpha \cdot (n + 1)] > 0$ .

Після алгебраїчних перетворень останньої нерівності щодо  $\alpha$  буде визначено таке:

$$(n + 2) \cdot (n + k + 1) \cdot \alpha^2 - (n \cdot (k + 1) + 3k + 1) \cdot \alpha + k > 0. \quad (7)$$

Розв'язком рівняння (7) є такі значення:  $\alpha_1 = \frac{1}{n + 2}$ ,  $\alpha_2 = \frac{k}{n + k + 1}$ . Для нерівності (7) це означає, що  $q_1^{w*} > q_{k+1}^*$ ,

якщо  $\alpha \in (0; \alpha_1) \cup (\alpha_2; 1)$ , і  $q_1^{ns} < q_{k+1}^*$ , якщо  $\alpha \in (\alpha_1; \alpha_2)$ , що і треба було довести.

Результат пропозиції 2 означає, що на суспільно відповідальні фірми (реципрокатори) буде припадати більша частка ринку, ніж на егоїстичні, якщо їх суспільна відповідальність або досить велика, або дуже мала. Егоїстична фірма буде мати більший випуск, ніж суспільно відповідальна, якщо пріоритет останньої щодо суспільної відповідальності середній.

Слід зазначити, що якщо на ринку буде лише одна суспільно відповідальна фірма ( $k=1$ ), то її випуск завжди буде більшим за випуск будь-якої з фірм-егоїстів:  $q_1^{ns} > q_{k+1}^*$ .

Залежно від кількості фірм на ринку, будуть витіснені або суспільно відповідальні, якщо на ринку незначна кількість фірм (рис. 1), або егоїстичні, якщо на ринку велика кількість фірм (рис. 2).

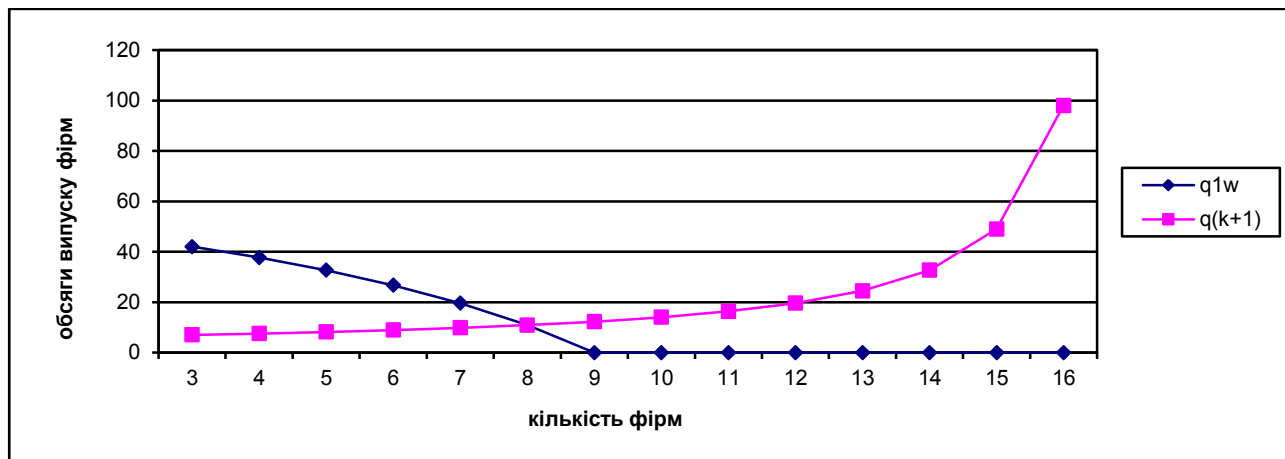


Рис. 1. Динаміка обсягу випуску двох типів фірм (для початкових умов  $M=98, \alpha=0.1, k=2$  за незначної кількості фірм на ринку егоїстичні фірми витіснять суспільно відповідальні фірми) [The dynamics of the output volume of two types of firms (under the initial conditions  $M=98, \alpha=0.1, k=2$  with a small number of firms in the market, selfish firms will force out socially responsible ones)]

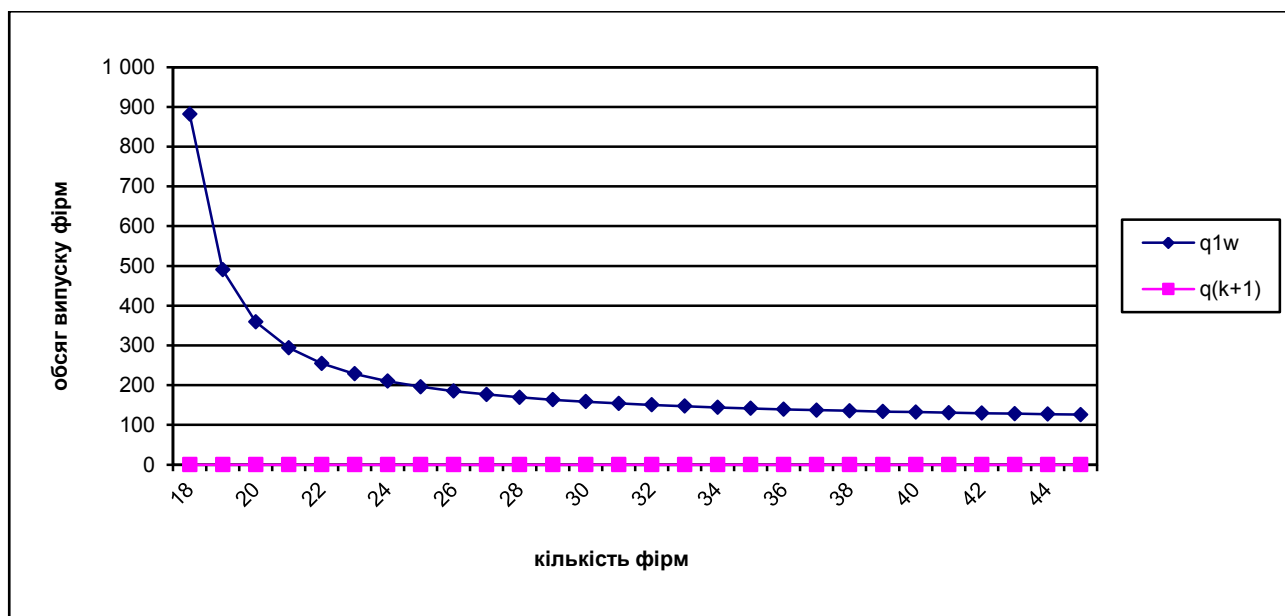


Рис. 2. Динаміка обсягу випуску двох типів фірм (для початкових умов  $M=98, \alpha=0.1, k=2$  за значної кількості фірм на ринку егоїстичні фірми буде витіснено суспільно відповідальними фірмами) [The dynamics of the output volume of two types of firms (under the initial conditions  $M=98, \alpha=0.1, k=2$  with a large number of firms in the market, selfish firms will be forced out by socially responsible ones)]

За наявності обох типів фірм на ринку збільшення їх загальної кількості буде зменшувати їх концентрацію і, відповідно, ринкову владу (рис. 3). Після витіснення

фірм-егоїстів суспільно відповідальними фірмами індекс Херфіндала – Хіршмана (ІНН) установиться на рівні 0,5 і перестане змінюватися (рис. 4).

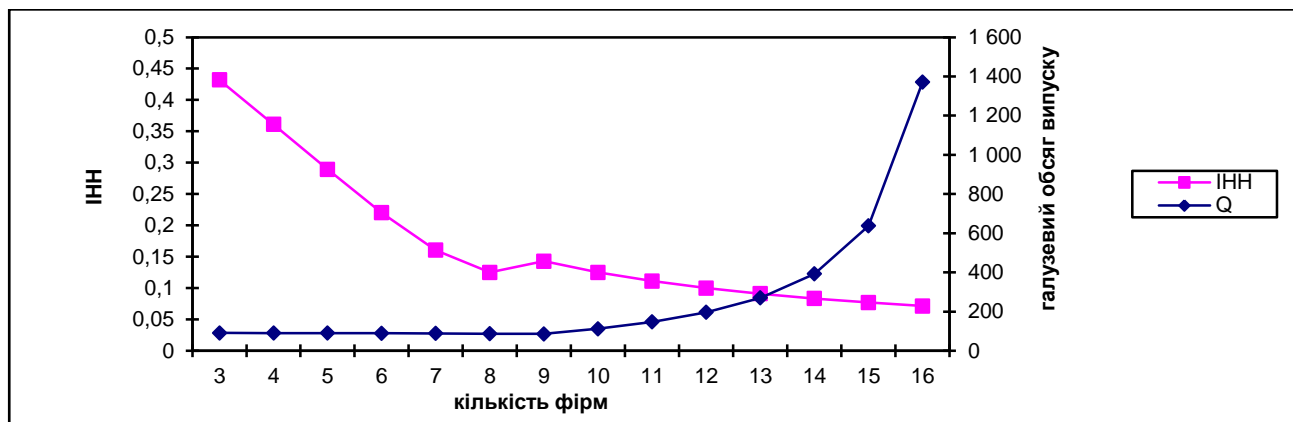


Рис. 3. Динаміка ІНН і галузевого випуску для обох типів фірм  
[The dynamics of the HHI and the industry output for both types of firms]

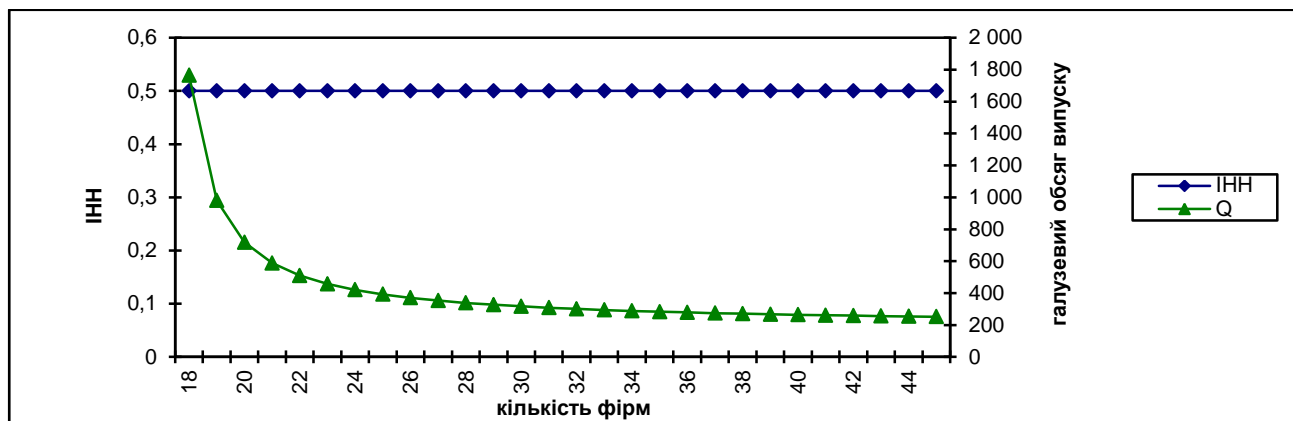


Рис. 4. Динаміка ІНН і галузевого випуску для суспільно відповідальних фірм  
[The dynamics of the HHI and the industry output for socially responsible firms]

Зі збільшенням ваги власних інтересів у суспільно відповідальних фірм від 0,1 (10 %) до 0,2 (20 %) рівноважний випуск суспільно відповідальних фірм перевищить випуск егоїстів, на проміжку від 0,21 (21 %) до 0,33 (33 %) ситуа-

ція змінюється на протилежну, а починаючи від 0,34 (34 %) суспільно відповідальні фірми взагалі витісняють егоїстів із ринку (рис. 5).

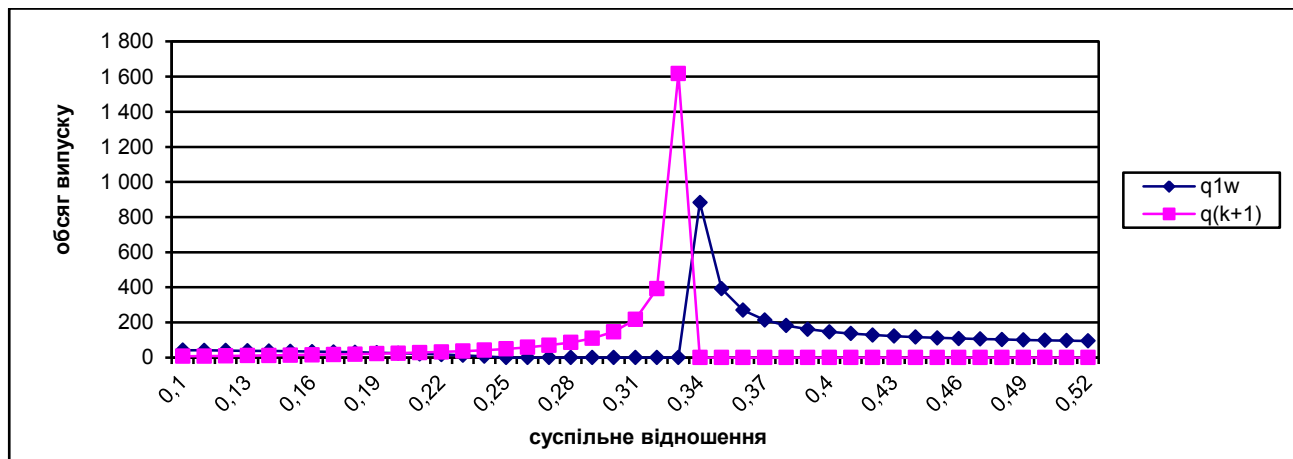


Рис. 5. Динаміка обсягу випусків для початкових умов  $M = 98, n = 3, k = 2$  за скорочення суспільної відповідальності фірм  $1 - \alpha$   
[The output dynamics under the initial conditions  $M = 98, n = 3, k = 2$  with decreasing social responsibilities of firms  $1 - \alpha$ ]

Оскільки питомий прибуток  $P-v$  для фірм обох типів однаковий, то більший прибуток отримає той тип фірм, який буде виробляти та продавати більше продукції на ринку. Це означає, що пропозиція 2 визначає не лише умови, за яких випуск продукції одного типу фірм більший за інший, але й умови, за яких **прибуток** фірм одного типу вищий за прибуток іншого типу.

Отже, перевищення обсягу випуску реципрокаторів над випуском егоїстів означає, що прибуток фірм із суспільними вподобаннями буде перевищувати прибуток фірм-егоїстів. Це створює передумови для поширення реципрокності та витіснення фірм-егоїстів із ринку.

Тепер слід перейти до обчислення рівноважних значень прибутків для обох типів фірм. Спочатку необхідно обчислити галузевий випуск  $Q^* = k \cdot x^* + (n-k) \cdot y^*$ , де

$x = q_1^w$ ,  $y = q_{k+1}$ , ураховуючи випуски кожного типу фірм (6),

буде визначено:  $Q^* = \max \left\{ \frac{[\alpha n + (2\alpha - 1) \cdot k] \cdot M}{\alpha \cdot (n+1) - (1-\alpha) \cdot k}; 0 \right\}$ .

Далі визначити питомий прибуток кожної фірми  $P-v$ , що є однаковим для всіх фірм галузі через однорідність її продукції й постійний ефект масштабу:  $P^*-v =$

$$= \max \left\{ \frac{\alpha \cdot (1-k) \cdot B}{\alpha \cdot (n+1) - (1-\alpha) \cdot k}; 0 \right\}, \text{ де } B = b - v.$$

Умовою додатності ціни (а відповідно, і можливості отримання прибутку на цьому ринку) є така нерівність:  $0 < n < \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot k - 1$ . Ця нерівність буде виконуватися, переважно, за  $\alpha$ , що значно нижче від 50 %. Тож відповідні функції прибутку суспільно відповідального й егоїстичного типів фірм будуть мати такий вигляд:

$$\begin{aligned} \pi_x^* &= \frac{\alpha \cdot [\alpha \cdot (n-k+3) - 1] \cdot (1-k) \cdot B^2}{[\alpha \cdot (n+1) - (1-\alpha) \cdot k]^2 \cdot c}, \\ \pi_y^* &= \frac{\alpha^2 \cdot (1-k)^2 \cdot B^2}{[\alpha \cdot (n+1) - (1-\alpha) \cdot k]^2 \cdot c}. \end{aligned} \quad (8)$$

Попередня модель конкуренції суспільно відповідальних та егоїстичних фірм ґрунтувалася на їх досконалій раціональності. Кожна з фірм *миттєво* змінювала свій випуск у відповідь на зміну випуску конкурента. У реальній дійсності адаптація власного випуску фірми до випуску конкурента не є миттєвою, а потребує певного часу. Це зумовлює необхідність у розгляді прийняття рішень фірмами як дискретної динамічної системи.

Якщо увести такі позначення для випусків суспільно відповідальних та егоїстичних фірм, відповідно,  $x = q_1^w$ ,  $y = q_{k+1}$ , тоді функції реагування реципрокаторів та егоїстів, ураховуючи їх адаптацію одна до одної, буде мати такий вигляд:

$$\begin{cases} x^t = \xi \cdot x^{t-1} + (1-\xi) \cdot \left( M - \frac{2\alpha-1}{3\alpha-1} \cdot ((k-1) \cdot x^{t-1} + (n-k) \cdot y^{t-1}) \right), \\ y^t = \psi \cdot y^{t-1} + (1-\psi) \cdot \left( \frac{M}{2} - \frac{1}{2} \cdot (k \cdot x^{t-1} + (n-k-1) \cdot y^{t-1}) \right), \end{cases} \quad (9)$$

де  $Q_{-1}^x = (k-1) \cdot x^{t-1} + (n-k) \cdot y^{t-1}$  – галузевий випуск усіх фірм, окрім однієї фірми  $x$ ;

$Q_{-1}^y = k \cdot x^{t-1} + (n-k-1) \cdot y^{t-1}$  – галузевий випуск усіх фірм, окрім однієї фірми  $y$ .

**Теорема 1.** Динамічна система взаємодії двох типів фірм із реципрокними й егоїстичними вподобаннями за кількісної конкуренції має стійку рівновагу для суспільних уподобань  $\alpha \in (\alpha_1^{NS}; \alpha_1)$  тоді й тільки тоді, коли суспільно відповідальних фірм менше ніж 50 % ( $k < \frac{n+1}{2}$ ).

**Доведення.** Для перевірки на стійкість динамічної системи взаємодії двох типів фірм слід побудувати матрицю Якобі:

$$J = \begin{pmatrix} \xi - (1-\xi) \cdot \frac{2\alpha-1}{3\alpha-1} \cdot (k-1) & -(1-\xi) \cdot \frac{2\alpha-1}{3\alpha-1} \cdot (n-k) \\ -(1-\psi) \cdot \frac{k}{2} & \psi - (1-\psi) \cdot \frac{n-k-1}{2} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

де  $\xi$  показує інерцію в адаптації суспільно відповідальної фірми ( $0 \leq \xi \leq 1$ );

$\psi$  показує інерцію в адаптації егоїстичної фірми ( $0 \leq \psi \leq 1$ ).

Якщо  $\xi, \psi \rightarrow 0$ , це означає відсутність інерції та швидку адаптацію фірм до галузевого випуску. Якщо припустити, що обидва типи фірм швидко адаптуються до зміни галузевого випуску:  $\xi = \psi = 0$ , тоді матриця Якобі буде мати такий вигляд:

$$J = \begin{pmatrix} -\frac{2\alpha-1}{3\alpha-1} \cdot (k-1) & -\frac{2\alpha-1}{3\alpha-1} \cdot (n-k) \\ -\frac{k}{2} & -\frac{n-k-1}{2} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Необхідно скласти характеристичне рівняння для матриці (11):

$$\lambda^2 - \text{tr}(J) \cdot \lambda + \det(J) = 0, \quad (12)$$

де  $\text{tr}(J) = a_{11} + a_{22}$ ;

$\det(J) = a_{11} \cdot a_{22} - a_{21} \cdot a_{12}$ ;

$a_{ij}$  – елементи матриці Якобі (11).

Умовами стійкості дискретної динамічної системи за кількісної конкуренції двох типів фірм (9) є така система рівнянь ( $\xi = \psi = 0$ ):

$$\begin{cases} 1 + \text{tr}(J) + \det(J) > 0, \\ 1 - \text{tr}(J) + \det(J) > 0, \\ 1 - \det(J) > 0. \end{cases} \quad (13)$$

Після підстановки значень  $\text{tr}(J)$  і  $\det(J)$  в (13) буде визначено рівнозначну систему нерівностей:

$$\begin{cases} \frac{(2-5\alpha) \cdot n + (1-\alpha) \cdot k + 15\alpha - 6}{2 \cdot (3\alpha-1)} > 0, \\ \frac{\alpha \cdot n - (1-\alpha) \cdot k + \alpha}{2 \cdot (3\alpha-1)} > 0, \\ \frac{(2\alpha-1) \cdot n + 4\alpha - 1}{2 \cdot (3\alpha-1)} > 0. \end{cases} \quad (14)$$

Одночасне виконання нерівностей системи (14) є необхідними й достатніми умовами досягнення стійкості дискретної економічної системи кількісної конкуренції між двома типами фірм (тобто в разі порушення її стану рівноваги

система буде здатна самостійно повернутися до рівноважного стану).

Перша нерівність системи (14) виконується на проміжку  $\alpha \in (\alpha_2; \alpha_1)$ , де  $\alpha_2 = \frac{1}{3}$ ,  $\alpha_1 = \frac{2n+k-6}{5n+k-15}$ .

Друга нерівність системи (14) справедлива на проміжку  $\alpha \in (0; \alpha_2^f) \cup (\alpha_1^f; 0)$ , якщо  $k > \frac{n+1}{2}$ , де  $\alpha_2^f = \frac{1}{3}$ ,

$\alpha_1^f = \frac{k}{n+k+1}$  або  $\alpha \in (0; \alpha_1^f) \cup (\alpha_2^f; 0)$ , якщо  $k < \frac{n+1}{2}$ .

Третя нерівність системи (14) виконується на проміжку  $\alpha \in (0; \alpha_2^{NS}) \cup (\alpha_1^{NS}; 0)$ , де  $\alpha_2^{NS} = \frac{1}{3}$ ,  $\alpha_1^{NS} = \frac{2n+k-6}{5n+k-15}$ .

Одночасного виконання всіх нерівностей системи (14) досягають для  $\alpha \in (\alpha_1^{NS}; \alpha_1)$ , якщо суспільно відповідальних фірм менше ніж 50 % ( $k < \frac{n+1}{2}$ ).

Це означає, що рівновага системи (9) є стабільною, що і треба було довести.

Наприклад, для початкових умов  $k=3$ ,  $n=8$  буде визначено, що  $\alpha \in (0,45; 0,4643)$ , тобто мікроекономічна система, у якій фірми-реципрокатори будуть мати суспільні вподобання на цьому проміжку, буде стійкою до зміни зовнішніх умов. У разі зміни функції попиту чи витрат фірм система буде здатна самостійно повернутися до рівноважного стану.

Застосування еволюційного відбору в мікроекономічних системах пояснює, чому фірми, які враховують не лише власні, а й суспільні інтереси, виграють конкуренцію на ринку й зможуть витіснити конкурентів із егоїстичними вподобаннями.

Еволюційний підхід допомагає спрогнозувати поведінку мікроекономічних систем і тривалість їх перебування в нерівноважних станах, а саме: динаміку співіснування двох типів фірм, доки один тип не витіснить інший і не встановиться рівноважний обсяг випуску й певний рівень ринкової влади, що буде впливати на добробут споживачів. Разом із цим, еволюційний підхід прогнозує, наскільки довго мікроекономічна система буде перебувати у стійкому рівноважному стані, залежно від рівня суспільних уподобань фірм-реципрокаторів.

На суспільно відповідальні фірми буде припадати більша частка ринку та вищий прибуток, ніж на егоїстичні, якщо їх суспільна відповідальність або досить велика, або дуже мала. Егоїстична фірма буде мати більший випуск і прибуток, ніж суспільно відповідальна, якщо пріоритет останньої щодо суспільної відповідальності середній.

Залежно від кількості фірм на ринку, механізм еволюційного відбору демонструє, що будуть витіснені або суспільно відповідальні, якщо на ринку незначна кількість фірм, або егоїстичні, якщо на ринку велика кількість фірм.

За наявності обох типів фірм на ринку збільшення їх загальної кількості буде зменшувати їх концентрацію і, відповідно, ринкову владу. Після витіснення фірм-егоїстів суспільно відповідальними фірмами індекс Херфіндала – Хіршмана встановиться на рівні 0,5 і перестане змінюватися.

Мікроекономічна система кількісної конкуренції із двома типами фірм (реципрокаторами та егоїстами) буде повертатися до рівноважного стану лише для дуже обмеженого діапазону суспільних уподобань.

Отже, у процесі аналізу конкуренції між різними типами фірм за допомогою механізму еволюційного відбору визначено умови, за яких традиційні припущення не виконуються, а еволюційно більш стійкою стає стратегія суспільної відповідальності фірм, а не максимізація виключно власного прибутку.

Надалі заплановано дослідити, за яких умов буде досягнуто біфуркацію мікроекономічної системи та які наслідки це буде мати для ринкових учасників.

**Література:** 1. Кузьмін О. С. Досягнення і проблеми еволюційної економіки / О. С. Кузьмін, Ю. І. Сидоров, В. В. Козик. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 252 с. 2. Bischi G. Oligopoly games with Local Monopolistic Approximation / G. Bischi, A. Naimzada, L. Sbragia // Journal of Economic Behavior & Organization. – 2007. – Vol. 62. – P. 371–388. 3. Puu T. Chaos in duopoly pricing / T. Puu // Chaos, Solitons & Fractals. – 1991. – Vol. 1. – P. 573–581. 4. Szidarovszky F. An Oligopoly model of commercial fishing / F. Szidarovszky, K. Okuguchi // Seoul Journal of Economics. – 1998. – Vol. 11. – P. 321–330. 5. Information, irrationality, and the evolution of trust / M. Manapat, L. Nowak, A. Martin et al. // Journal of Economic Behavior & Organization. – 2013. – Vol. 90. – P. 57–140. 6. Kobets V. Forming an Evolutionarily Stable Firm Strategy under Cournot Competition Using Social Preferences / V. Kobets, M. Poltoratskiy // Springer Verlag CCIS. – 2014. – Vol. 469. – P. 343–361. DOI: 10.1007/978-3-319-13206-8\_17. 7. Kobets V. Dynamic model of double electronic Vickrey auction / V. Kobets, V. Yatsenko, M. Poltoratskiy // CEUR-WS. – 2015. – Vol. 1356. – P. 236–251. 8. Alkemade F. Evolutionary agent-based economics / F. Alkemade. – Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2004. – 159 p. 9. Hurwicz L. Institutions as families of game forms / L. Hurwicz // The Japanese Economic Review. – 1996. – Vol. 47, No. 1. – P. 113–132. 10. Schotter A. The economic theory of social institutions / A. Schotter. – Cambridge : Cambridge University Press, 1981. – 177 p. 11. Найпак Д. В. Аналіз методів та моделей оцінювання рівня адаптації підприємства до організаційних змін в умовах стратегічного розвитку / Д. В. Найпак // Економіка розвитку. – 2014. – № 3 (71). – С. 112–117.

**References:** 1. Kuzmin O. Ye. Dosiahnennia i problemy evoliutsiinoi ekonomiky / O. Ye. Kuzmin, Yu. I. Sydorov, V. V. Kozyk. – Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2011. – 252 p. 2. Bischi G. Oligopoly games with Local Monopolistic Approximation / G. Bischi, A. Naimzada, L. Sbragia // Journal of Economic Behavior & Organization. – 2007. – Vol. 62. – P. 371–388. 3. Puu T. Chaos in duopoly pricing / T. Puu // Chaos, Solitons & Fractals. – 1991. – Vol. 1. – P. 573–581. 4. Szidarovszky F. An Oligopoly model of commercial fishing / F. Szidarovszky, K. Okuguchi // Seoul Journal of Economics. – 1998. – Vol. 11. – P. 321–330. 5. Information, irrationality, and the evolution of trust / M. Manapat, L. Nowak, A. Martin et al. // Journal of Economic Behavior & Organization. – 2013. – Vol. 90. – P. 57–140. 6. Kobets V. Forming an Evolutionarily Stable Firm Strategy under Cournot Competition Using Social Preferences / V. Kobets, M. Poltoratskiy // Springer Verlag CCIS. – 2014. – Vol. 469. – P. 343–361. DOI: 10.1007/978-3-319-13206-8\_17. 7. Kobets V. Dynamic model of double electronic Vickrey auction / V. Kobets, V. Yatsenko, M. Poltoratskiy // CEUR-WS. – 2015. – Vol. 1356. – P. 236–251. 8. Alkemade F. Evolutionary agent-based economics / F. Alkemade. – Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2004. – 159 p. 9. Hurwicz L. Institutions as families of game forms / L. Hurwicz // The Japanese Economic Review. – 1996. – Vol. 47, No. 1. – P. 113–132. 10. Schotter A. The economic theory of social institutions / A. Schotter. – Cambridge : Cambridge University Press, 1981. – 177 p. 11. Naipak D. V. Analiz metodiv ta modeli otsiniuvannia rinvia adaptatsii pidpriemstva do orhanizatsiinykh zmin v umovakh stratehichnoho rozvytku [Analysis of the methods and models of evaluation of company adaptation to organizational change under strategic development] / D. V. Naipak // Ekonomika rozvytku. – 2014. – No. 3 (71). – P. 112– 117.

#### Інформація про авторів

**Кобець Віталій Миколайович** – канд. екон. наук, доцент кафедри інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики Херсонського державного університету (вул. 40 років Жовтня, 27, м. Херсон, Україна, 73000, e-mail: vkobets@kse.org.ua).



**Діордіца Станіслав Григорович** – докт. екон. наук, професор кафедри економічної кібернетики Одеського національного економічного університету (вул. Преображенська, 8, м. Одеса, Україна, 65082, e-mail: diorditsa@gmail.com).

#### Информация об авторах

**Кобець Віталій Николаевич** – канд. екон. наук, доцент кафедри інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики Херсонського державного університету (вул. 40 лет Октября, 27, г. Херсон, Україна, 73000, e-mail: vkobets@kse.org.ua).

**Диордица Станислав Григорьевич** – докт. екон. наук, профессор кафедры экономической кибернетики Одесского

национального экономического университета (ул. Преображенская, 8, г. Одесса, Украина, 65082, e-mail: diorditsa@gmail.com).

#### Information about the authors

**V. Kobets** – PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Informatics, Software Engineering and Economic Cybernetics of Kherson State University (27, 40 rokov Zhovtnia St., Kherson, Ukraine, 73000, e-mail: vkobets@kse.org.ua).

**S. Diorditsa** – Doctor of Science in Economics, Professor of the Department of Economic Cybernetics of Odessa National Economic University (8 Preobrazhenska St., Odesa, Ukraine, 65082, e-mail: diorditsa@gmail.com).

*Стаття надійшла до ред.  
18.02.2016 р.*

УДК 621.31:519.876

JEL Classification: C10; L62; P28

## A METHODOICAL APPROACH TO THE EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY AT ENTERPRISES

**I. Gontareva**  
**O. Ivanenko**

Energy efficiency has become a top priority at the present stage of economic development for both governments and business. The interdependence of economic processes at all the levels of economy (national, regional and micro level) necessitates a holistic approach to the evaluation of how efficiently energy resources are used. In order to determine the most effective ways to increase energy efficiency, a comprehensive evaluation approach must be applied. It should consider peculiarities of the energy potential through all the levels of the economic system. A methodical approach to the evaluation of energy efficiency at machine-building enterprises has been presented. In the framework of the proposed methodical approach a comprehensive evaluation is provided, which comprises the following stages: assessing the national economy energy potential availability, and efficiency of energy utilization at industrial enterprises, including machine-building enterprises, and the result of energy utilization through the end product energy efficiency evaluation at machine-building enterprises. Apart from the comprehensive methodical approach to the evaluation of energy efficiency, appropriate analytical instruments for evaluation at each stage have been suggested. On the basis of this methodical approach, the energy efficiency at Ukrainian machine-building enterprises has been evaluated. The evaluation and further analysis have shown that a possible cause of low energy efficiency lies in the lack of organizational conditions for high energy efficiency at the domestic enterprises.

**Keywords:** energy efficiency evaluation, a methodical approach to the energy efficiency evaluation, energy potential utilization, energy efficiency of products, energy efficiency integral coefficient.