

УДК 658:33/330.4

В. М. Марченко,  
доктор економічних наук, професор кафедри економіки підприємництва,  
Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ АВІАБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*У статті досліджено особливості моделювання діяльності авіабудівних підприємств, запропоновано розробку наукомісткої виробничої авіабудівної системи. На прикладі представника галузі визначено оптимальну траєкторію його розвитку та охарактеризовано її особливості з точки зору розподілу інвестицій та витрат. Обґрунтувати доцільність використання запропонованої моделі у цілях управління витратами підприємств.*

*The peculiarities of the activity modeling of the aircraft building enterprises are studied in the article, the creation of the high-tech aircraft building system is proposed. The optimal trajectory of the aircraft building enterprise development is determined; its peculiarities in terms of the investments and expenses are described. Expediency of using the proposed model in order to control and manage the expenses is proved.*

**Ключові слова:** витрати, управління витратами, моделювання, наукомістка виробнича система, оптимальна траєкторія розвитку.

**ВСТУП.** На сучасному етапі розвитку підприємства авіабудівної галузі стикаються з необхідністю конкурувати з іноземними товаровиробниками на внутрішньому та зовнішньому ринках. При цьому конкурентною повинна бути не лише продукція, але і система управління, в тому числі і система управління витратами. За таких умов значно посилюється роль математичного моделювання, яке виступає міждисциплінарною категорією та дозволяє використовувати математичні методи не лише в природничих науках (наприклад, фізиці), але і в гуманітарних. Саме завдяки моделюванню підприємства отримують можливість прогнозувати поведінку витрат, більш чітко планувати собівартість виробництва літаків, оптимізувати свою діяльність залежно від результатів моделювання, комплексно управляти витратами.

**АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ.** Різні аспекти моделювання діяльності підприємств були розкриті у працях: Ашманов С., Джонстон Дж., Колемаєва Є., Лаврінського Г., Марюті А., Пшенишнюка О., Сергєєвої Л., Устенка С., Тихомиров В., Шарапова О. тощо. Однак, при всій важливості проведених досліджень потребують подальшого розвитку питання особливостей моделювання діяльності підприємств авіабудівної промисловості та можливостей використання отриманих моделей у цілях управління витратами. Незавершеність наукових розробок та істотна практична значущість цієї проблеми для розвитку авіабудівних підприємств підкреслює об'єктивний характер актуальності теми дослідження.

**ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.** Розглянути та проаналізувати існуючі підходи до моделювання діяльності підприємств. Виявити застосування яких із них є найбільш доцільним при моделюванні діяльності авіабудівних підприємств. Дослідити особливості розробки наукомісткої виробничої авіабудівної системи. На прикладі представника галузі визначити оптимальну траєкторію його розвитку та охарактеризувати її особливості з точки зору розподілу інвестицій та витрат. Обґрунтувати доцільність використання запропонованої моделі у цілях управління витратами підприємств.

**РЕЗУЛЬТАТИ.** У літературі з моделювання виробничих та економічних процесів діяльності підприємств, розглядаються малосекторні нелінійні динамічні моделі економічної системи та лінійні динамічні багатогалузеві моделі [1, 3, 4, 6]. Їх специфіка полягає в тому, що структура економіки розглядається через призму галузей (секторів).

Малосекторні моделі застосовуються для визначення довгострокових тенденцій і факторів росту економіки або окремого підприємства. Це, як правило, замкнуті моделі по типу авіабудівних: весь випуск продукції або споживається, або інвестується, а кожен сектор виробляє один агрегований продукт. Невелика кількість секторів дозволяє аналітично представити розвиток економіки в різних галузях виробництва за допомогою нелінійних залежностей між обсягами випуску секторів та ресурсами і, тим самим, одержати загальну картину економічного розвитку. Проте, для моделювання діяльності авіабудівних підприємств застосування малосекторних моделей є недоцільним, оскільки після завершення перехідного процесу вони набувають стаціонарного стану, тобто інвестиції витрачаються на заміну вибухливих засобів праці і, частково, на таке розширення основних виробничих засобів, яке забезпечує збереження фондоозброєності на постійному рівні. Відобразити в подібних моделях розширене відтворення не можливо, оскільки за таких умов вони стають неадекватними. Якщо економічна система складається з багатьох галузей, то доцільно використовувати лінійні динамічні багатогалузеві моделі. Однак, такі моделі є досить складними для сприйняття та побудови, оскільки розмір оптимізаційних задач постійно варіюється, що, в свою чергу, перешкоджає безпосередньому застосуванню відомих обчислювальних процедур рішення задач лінійного програмування [5].

Багатогалузеві моделі орієнтовані на галузеву специфіку виробництва та на випуск агрегованої продукції, тобто вони не можуть використовуватися для цілей планування, управління та оптимізації витрат на авіабудівних підприємствах. Цьому є декілька причин:

- 1) сектор розглядається як умовний об'єкт моделювання. Це означає, що він не прив'язаний до структури авіапідприємства і лише на функціональному рівні відбиває специфіку виробництва авіатехніки;
- 2) сектор не відображає структуру наукомісткого потенціалу авіабудівних підприємств, як джерела впровадження у виробництво нових технологій;
- 3) в моделях не враховується специфіка технології виробництва авіатехніки, менеджменту, ресурсного потенціалу та маркетингу;
- 4) багатогалузеві моделі не вирішують проблему вибору та призначення цільового функціоналу, що, в подальшому, не дає змогу змодельовати оптимальну траєкторію і динаміку розвитку авіабудівних підприємств.

Останнім часом розроблюються, також, концепції та досліджуються моделі виробничих систем, що ґрунтуються на синергетичній парадигмі [2, 7, 8, 9]. Згідно з ними, підприємства розглядаються як складні, принципово нелінійні динамічні системи, що знаходяться у нерівноважному стані та поведінка яких, є чутливою до початкових умов. У межах даних концепцій розроблено методологію та запропоновано низку потужних методів та моделей прогнозування і управління економічними об'єктами в умовах невизначеності та ризику, зокрема, ентропійний та вейвлет аналізи, які активно розробляються вітчизняними школами професорів Ю. Лисенка, Л. Сергєєвої, В. Соловйова, О. Шарапова [8, 9, 10]. Не зважаючи на те, що синергетичні моделі мають ряд переваг (комплексний аналіз діяльності підприємства; можливість виділення рівнів та визначення динаміки процесів), вони є дуже складними, та потребують залучення професійних математиків та програмістів для їх побудови та подальшого використання. Крім того, деякі з них (вейвлет аналіз) є абсолютною новими та не придатними для використання на

реально існуючому підприємстві.

З нашої точки зору, найбільш доцільним є моделювання діяльності авіапідприємств на основі екзогенних та ендогенних моделей, оскільки вони враховують структурні технологічні зміни та науково-технічний процес. На виробничу структуру авіабудівних підприємств, як і будь-якої економічної системи, впливають зміни у часі, які прийнято називати науково-технічним прогресом. Як правило, науково-технічний прогрес призводить до зміни виробничої функції. Якщо такі зміни є зовнішніми по відношенню до моделі, то вони є екзогенними. Однак, на авіапідприємствах технологічні зміни вводяться на певний заданий тривалий період, такий як час виготовлення принципово нового виду продукції. За таких умов, науково-технічний прогрес багато в чому буде визначатись у середині самої економічної системи підприємства. Результатом таких економічних змін буде задана технологічна структура, заданий портфель замовлень, задані маркетингові дослідження і т.д., тобто зовнішні фактори стають внутрішніми проблемами економічної системи підприємства. У даному випадку, ці зміни на певному проміжку часу стають ендогенними і враховуються в середині моделі.

Таким чином, економічну систему авіабудівного підприємства на певному проміжку часу можна вважати не відкритою, а замкнутою. Одним із шляхів розв'язання даної задачі є розробка багатомодульних наукомістких виробничих авіабудівних систем, в основі яких будуть використовуватися агреговані виробничі функції, які враховують структуру, специфіку і технологію розробки нової продукції. Переваги моделювання діяльності авіабудівних підприємств на основі розробки наукомісткої виробничої авіабудівної системи полягають в наступному:

- 1) модель описує процес функціонування підприємств у їх взаємодії із зовнішнім середовищем;
- 2) в моделі враховується перспективи подальшого розвитку підприємств;
- 3) модель дозволяє розв'язати задачу ефективного розподілу витрат, інвестицій, фінансових, трудових, матеріальних, первинних та вторинних ресурсів між функціональними підрозділами (модулями) інтеграційної виробничої авіабудівної системи підприємств;
- 4) результати моделювання значно спрощують процес прийняття та реалізації управлінських рішень;
- 5) модель дає змогу виявити єдину оптимальну стаціонарну траєкторію функціонування та розвитку авіабудівних підприємств.

Наукомістка виробнича система будь-якого авіабудівного підприємства складається з окремих функціональних модулів, до складу яких входять науковий, виробничий, ресурсний, ремонтний, сервісний, маркетинговий та ін. Таким чином, можна стверджувати, що структура авіапідприємства – це багатомодульна технологічна структура виробничої системи, яка націлена на проектування, розробку та супровід конкурентноспроможної продукції (авіатехніки). Кожний модуль визначається конкретним типом виробничої функції, а вся система авіабудівного підприємства – агрегованою виробничою функцією, яка враховує структуру, специфіку, технологію розробки та ремонтно-сервісного обслуговування нової продукції. Проте, незалежно від типу виробничої функції, параметрами, які впливають на характер траєкторії розвитку підприємства, безпосередньо, виступають параметри окремих виробничих функцій кожного модуля виробничої системи:

- 1) виробнича програма випуску наукомісткої продукції  $y(t)$ ;
- 2) програма ремонтно-сервісного обслуговування  $y_0(t)$ ;
- 3) період розвитку системи;
- 4) ендогенні параметри моделі;
- 5) коефіцієнти амортизації та ін.

Після аналізу думок провідних авторів [2, 3, 11, 12], із даної проблематики, нами було виявлено, що, по-перше, існування єдиної оптимальної стаціонарної траєкторії, яка не залежить ні від початкових, ні від кінцевих даних, визначається лише структурою наукомісткої виробничої системи авіабудівного підприємства, а, по-друге, найважливішою властивістю оптимальних стаціонарних траєкторій є їхній магістральний характер.

З метою виявлення існування оптимальної стаціонарної траєкторії розглянемо наступну задачу [12]:

$$c(x, y, k, \alpha, T) = \int_0^T (1 - v(t)) \prod (k(t)) dt \rightarrow \max, \quad (2.1)$$

$$k_i = \alpha_i(t) \prod (k(t)) - \mu_i k_i(t),$$

$$f_0(k(t)) \geq y_0, k(0) = x, k(T) = y, v(t) = \sum_{i=1}^4 \alpha_i(t) \leq 1, \alpha_i(t) \geq 0,$$

де  $c$  – питома споживання;

$\alpha$  – вектор доль інвестицій;

$$\prod(k) = p_i f(k) - B \quad \text{прибуток};$$

$B$  – витрати;

$p_i$  – ціна одиниці наукомісткої продукції;

$\mu_i$  – коефіцієнти амортизації модулів;

$k$  – вектор фондоозброєності;

$f(k)$  – агрегована виробнича функція для ресурсного, наукового та виробничого модулів;

$f_0(k)$  – агрегована виробнича функція для ресурсного та ремонтно-сервісного модулів;

$y_0$  – мінімально-необхідний рівень ремонтно-сервісного обслуговування.

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i(t) = 1,$$

Вважається, що коли то чистого прибутку немає, тобто він весь витрачається на інвестиції:

$$c(t) = (1 - \sum_{i=1}^4 \alpha_i) \prod(k) = 0.$$

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i(t) < 1, c(t) > 0$$

При розпорядженні підприємства, після вирахування всіх витрат, включаючи інвестиційні, залишається чистий прибуток, тобто виробництво певного виду продукції є рентабельним.

Після проведення розрахунків з перетворення інтегралу, отримаємо наступну нерівність:

$$c(x, y, k(\cdot), \alpha(\cdot), T) \leq \Omega T - \sum_{i=1}^4 (y_i - x_i) \quad (2.2)$$

Очевидно, що метою задачі управління на будь-якому підприємстві, а, зокрема, на авіабудівному, є максимізація функції  $c$ . З нерівності 2.2 випливає, що, коли існує таке управління  $\alpha(t)$ , за якого у даній формулі виконується рівність, то воно й буде оптимальним. Відповідність управління обчислюється за формулою [12]:

$$\alpha_i^* = \frac{\mu_i k_i^*}{\sum \kappa_i^*} \quad (2.3)$$

У такому випадку, траєкторія  $k(t) = k^*$  є стаціонарною траєкторією відповідної динамічної системи підприємства з керуванням  $\alpha(t) = \alpha^*$ . На цій траєкторії розвитку підприємство може знаходитись як завгодно довго. При цьому, розподіл інвестицій та споживання є оптимальним з точки зору максимізації споживання. Іншим поняттям, не менш тісно пов'язаним із наукомісткими виробничими системами авіабудівних підприємств є магістралі, існування яких доводиться в теоремах про магістралі для різних моделей та динамічних систем [11]. За умови наявності магістралі, оптимальні траєкторії слід шукати серед тих, які зберігають приблизно постійними пропорції в інтенсивності використання різних виробничих процесів.

Таким чином, оптимальною траєкторією, у нашому випадку – для авіабудівних підприємств, слід вважати таку, яка забезпечує максимум функції мети задачі, тобто коли динамічна виробнича авіасистема отримує максимальний параметр споживання і відбувається розширене відтворення. Досі дискусійним залишається питання щодо вибору показника  $k_i$  для чисельного моделювання оптимальних траєкторій діяльності промислових підприємств. Більшість авторів [2, 3, 11] у якості цього показника пропонують використовувати показник фондоозброєності, який найбільш повно відображає ступінь технічної оснащеності кожного з модулів та здійснює прямий вплив на продуктивність праці. Визначення траєкторії розвитку наукомісткої системи розглянемо на прикладі ЗАТ «Лілієнталь» – одного з найбільших в Україні виробників надлегких літальних апаратів. Вихідні дані подано в табл. 1.

Таблиця 1.  
Вихідні дані для розрахунку точок моделювання ЗАТ «Лілієнталь»

Модулі	2009 рік		2010 рік		2011 рік	
	Основні засоби, млн.грн.	Персонал, чол.	Основні засоби, млн.грн.	Персонал, чол.	Основні засоби, млн.грн.	Персонал, чол.
P	0,930	8	1,100	8	1,270	8
HV	0,310	4	0,385	4	0,289	6
B	1,241	12	1,843	20	2,012	25
PC	0,956	8	0,388	8	0,454	8
$\Sigma$	3,437	40	3,716	40	4,025	47

Після проведення розрахунків було виявлено, що у 2009 році величина фондоозброєності для кожного з модулів складала відповідно 0,123 млн.грн./ос., 0,079 млн.грн./ос., 0,412 млн.грн./ос., 0,131 млн.грн./ос. Тепер перейдемо до розрахунку точок моделювання:

$$\alpha_z^* = \frac{\mu_z k_z}{\sum k_z}, \partial e \quad (2.4)$$

$\alpha_z^*$  – точка моделювання, яка відображає рівень відповідності (ефективності) управління кожним із модулів;

$\mu_z$  – коефіцієнт зносу основних засобів z-тих модулів;

$k_z$  – фондоозброєність z-тих модулів.

Коефіцієнт зносу z-тих модулів розраховується за формулою:

$$\mu_z = \frac{3z_{oz}}{\Pi z_{oz}}, \partial e \quad (2.5)$$

$3z_{oz}$  – загальний знос основних засобів за період, грн.;

$\Pi z_{oz}$  – первісна вартість основних засобів задіяних в роботі z-тих модулів на початку періоду, грн.

Отже, враховуючи, що величина загального зносу у 2009 році складала 0,881 млн.грн., визначимо коефіцієнт зносу для кожного з модулів:

$$\mu_p = \frac{0,745}{0,930} = 0,801 \quad \mu_{ne} = \frac{0,745}{0,310} = 2,403$$

$$\mu_e = \frac{0,745}{1,241} = 0,600 \quad \mu_{pc} = \frac{0,745}{0,956} = 0,779$$

В свою чергу, сума фондоозброєностей модулів складає:

$$\sum \phi = 0,28 + 0,54 + 0,07 + 0,29 = 0,352 (\text{млн. грн. / ос.})$$

Тепер підставимо отримані результати в формулу 2.4, та визначимо точки моделювання фондоозброєності ЗАТ «Лілієнталь» за 2009 рік.

$$\alpha_{p_1}^* = \frac{0,801 \times 0,123}{0,352} = 0,28 \quad \alpha_{ne_1}^* = \frac{2,403 \times 0,079}{0,352} = 0,54$$

$$\alpha_{e_1}^* = \frac{0,600 \times 0,412}{0,352} = 0,07 \quad \alpha_{pc_1}^* = \frac{0,779 \times 0,131}{0,352} = 0,29$$

Розрахунок показників для визначення точок моделювання відповідності управління для ЗАТ «Лілієнталь», з врахуванням обсягу введенного і виведеного з експлуатації обладнання для наступних років є аналогічною. При цьому, величина точок моделювання складає:

1) за 2010 рік:

$$\alpha_{p_1}^* = \frac{0,801 \times 0,138}{0,360} = 0,31 \quad \alpha_{ne_1}^* = \frac{2,288 \times 0,098}{0,360} = 0,62$$

$$\alpha_{e_1}^* = \frac{0,478 \times 0,070}{0,360} = 0,09 \quad \alpha_{pc_1}^* = \frac{2,271 \times 0,054}{0,360} = 0,34$$

2) за 2011 рік:

$$\alpha_{p_2}^* = \frac{0,885 \times 0,159}{0,371} = 0,38 \quad \alpha_{ne_2}^* = \frac{3,889 \times 0,068}{0,371} = 0,71$$

$$\alpha_{e_2}^* = \frac{0,558 \times 0,088}{0,371} = 0,13, \quad \alpha_{p_2}^* = \frac{2,476 \times 0,056}{0,371} = 0,37$$

Отже, графічно зобразимо точки моделювання та визначимо структуру оптимальної траєкторії для ЗАТ «Лілієнталь» (рис. 1).

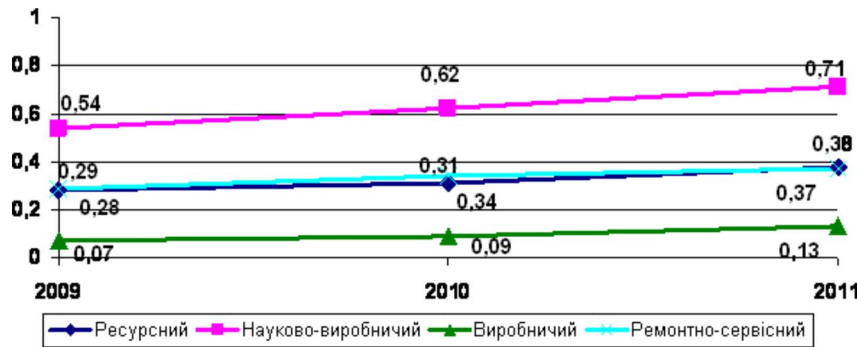


Рис. 1. Рівень відповідності управління на ЗАТ «Лілієнталь» за 2009-2011рр.

Було виявлено, що з 2009 року підприємство перебуває на початковій стадії розвитку. Для нього характерною є ситуація, коли за мінімальний час необхідно вийти на магістраль, при цьому, як правило, вкладаються найбільші інвестиції, споживання є мінімальним, а витрати значними. Прикладом може служити ситуація налагодження виробництва нового літка або лінійки літаків, коли підприємства вкладають значні кошти в конструкторські та експериментальні розробки, дослідження, випробування тощо, а прибуток або взагалі відсутній, або мінімальний. Так, справді, у 2009 році ЗАТ «Лілієнталь» частково подолавши негативні наслідки економічної кризи, розпочало роботу над новими розробками: легким багатоцільовим гвинтовим літаком Х-915-37, імітатором «Skaeton» для навчання пілотів літака, та, відповідно, Ан-32Б для комерційних перевезень. При цьому, в наступні роки простежується позитивна динаміка зростання показників по кожному з модулів досліджуваної авіабудівної системи, що, в свою чергу, свідчить про її постійний розвиток та перспективу виходу на стаціонарну магістраль розвитку майбутньому.

У випадку, коли точки моделювання оптимальної траєкторії розвитку у кожному році перевищують одиницю та постійно або зростають, або залишаються стабільними підприємство виходить на стаціонарну (магістральну) частину оптимальної траєкторії [11, 12]. Це відбувається за рахунок використання стратегії оптимального перерозподілу ресурсів: інвестиції, споживання та витрати є помірними, має місце розширене відтворення, тобто підприємство нормально функціонує, отримуючи прибуток, та вкладаючи кошти в нові розробки. Якщо ж точки моделювання оптимальної траєкторії розвитку є нижчими за одиницю і у кожному році знижуються, розвиток наукомісткої виробничої системи підприємства досягає виходу на кінцеву стадію розвитку [11, 12]. На цьому етапі здійснюються великі інвестиції, мають місце значні поточні витрати та мінімальне споживання. Така ситуація характерна для «списаних» літаків, які не здійснюють рейсів або більше не придатні для промислового використання. Продати їх авіапідприємство не в змозі, утилізувати також, тому вимушене витрачати значні суми коштів на їх обслуговування та зберігання, неефективно використовуючи робочі приміщення та ангари, сплачуючи додаткову заробітну плату обслуговуючому персоналу.

Отже, автором було розглянуто підприємство як багатомодульну наукомістку систему, яка є джерелом впровадження нових технологій, продуктів та інноваційних рішень. У результаті моделювання та детального аналізу фактичних показників модулів вітчизняного авіабудівного підприємства було визначено оптимальну траєкторію його розвитку та охарактеризовано її особливості. Крім того, було проведено аналіз ефективності розподілу та керування інвестиціями науково-виробничих систем та продемонстровано на яких етапах витрати є найбільшими, а прибутки найменшими, та навпаки.

**ВИСНОВКИ.** Таким чином, за допомогою моделювання діяльності можна не лише ефективно управляти витратами, аналізуючи їх рівень, але й значно підвищити ефективність фінансового управління на підприємстві в цілому. Крім того, оперуючи прогнозними величинами можна здійснювати моделювання діяльності авіапідприємств і на майбутні періоди. Запропонована модель може використовуватися на різних авіабудівних підприємствах, не залежно від їх розмірів та обсягів діяльності, оскільки принцип її дії залишається незмінним, уточнення потребують лише вихідні дані.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. – М.: Наука, 1994. – 198 с.
2. Джонстон Дж. Эконометрические методы. – М.: Статистика, 2000. – 344 с.
3. Економічна кібернетика / За заг. ред. Ю.Г. Лисенка; у 2-х т. – Донець: Юго-Восток, Лтд, 2005. – Т. 1. – 508 с.
4. Колемаев Е.А. Математическая экономика: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 240 с.
5. Марюта А.Н. Математические модели экономики / А.Н. Марюта, С.У. Екимов. – Днепрпетровск: Наука и образование, 2005. – 312 с.
6. Моделирование экономической динамики: навч. посіб. для студ. / Лаврінський Г.В., Пішенишнюк О.С., Устенко С.В., Шарпов О.Д. – К.: АТИКА, 2006. – 276 с.
7. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Понтрягин Л.С. – М.: Наука, 1976. – 392 с.
8. Сергеева Л.Н. Нелинейная экономика: модели и методы / Науч. ред. Ю.Г. Лысенко. Запорожский государственный университет. – Запорожье: полиграф, 2002. – 217 с.
9. Сергеева Л.Н. Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теория хаоса). Запорожский гос. Университет. – Запорожье: Полиграф, 2002. – 227 с.
10. Тихомиров В.М. Принцип Лагранжа и задачи оптимального управления / Тихомиров В.М. – М.: Моск. ун-т, 1982. – 107 с.
11. Устенко С.В. Багатомодульна модель функціонування наукомісткого підприємства / С.В. Устенко // Моделирование та інформаційні системи в економіці. – 2007. – Вип. 76. – С. 62-81.
12. Устенко С.В. Розвиток наукомістких підприємств України: методи і моделі / С.В. Устенко // Моделирование та інформаційні системи в економіці. – 2008. – Вип. 77. – С. 25-38.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2012 р.