

Макаркіна Г.В.,

кандидат економічних наук,
завідувач кафедри економічної кібернетики
Донбаської державної машинобудівної академії,

Добридень К.М.,

аспірант кафедри економічної кібернетики
Донбаської державної машинобудівної академії

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ ІНДУСТРІАЛЬНОГО РЕГІОНУ

Обґрунтовано вибір ефективної траєкторії розвитку регіональної системи шляхом інвестування в енергозберігаючі технології з використанням динамічної моделі міжгалузевого балансу (МГБ). На підставі моделі МГБ Донецького регіону виконано оцінку ефективності його соціально-економічного розвитку за різних варіантів інвестування в енергозбереження.

The authors motivate the choice of efficient trajectory of development for regional systems through investing in the energy preservation technologies and utilizing the dynamic models of intersectoral balance. Basing on the above model for the Donets region, efficiency appraisal is made of its socio-economic development meaning different forms of energy preservation investment.

Стабільний розвиток національної економіки в нинішній ситуації значною мірою залежить від інтенсивного зростання промислового виробництва. Невелика віддача від виробничих ресурсів у цьому секторі економіки багато в чому зумовлена надмірною енергоємністю виробництва. Отже, для регіонів, у яких зосереджено максимальну частку національної промисловості, одним із ключових завдань підвищення виробничої ефективності є впровадження прогресивних, насамперед енергозберігаючих, технологій.

Слід зауважити, що зростання інвестицій в основний капітал, яке спостерігалось останніми роками, не сприяло підвищенню фінансового результату діяльності промислових підприємств, оскільки вони здебільшого не вкладалися в нові технології. Так, за даними Донецького обласного управління статистики¹ підприємства основної галузі промисловості регіону — металургійної (її внесок у регіональні обсяги виробництва — 46,6 %) — у 2005 році витратили на технологічні інновації 1213,9 млн грн (у 2004 році — 608,1 млн грн), що становить 62 % інноваційних витрат у промисловості. Водночас погіршилася робота щодо зниження енергоємності металургійного виробництва. В цілому по промисловості за рік освоєно 19 нових технологічних процесів із 90-та, серед яких маловідходних і ресурсозберігаючих — лише третина. Аналогічна ситуація спостерігається й у інших промислових галузях регіону. Таким чином, обґрунтування ефективних

¹ Економічна доповідь “Про чинники збереження металургійного комплексу як базової галузі економіки Донецької області”. — Донецьк: Обласне управління статистики, 2005. — 9 с.

варіантів інвестиційних вкладень у регіональне промислове виробництво з метою забезпечення його інтенсивного розвитку шляхом зниження енергоспоживання є актуальним науковим завданням.

При цьому вбачається важливою оцінка впливу інвестицій у енергозберігаючі технології окремих галузей на ефективність розвитку економічної системи в цілому. Як інструмент, що дає змогу здійснювати комплексну оцінку такого впливу з урахуванням структури технологічних зв'язків галузей, які беруть участь у створенні валового продукту, доцільно використовувати модель міжгалузевого балансу (МГБ). На рівні економіки країни цю проблему розв'язували в Інституті кібернетики М.В. Михалевич та у відділі міжгалузових балансів ЕНДІ Держплану України Л.Г. Лавров. Зокрема, у роботі² представлено статичну модель МГБ, яка дає змогу оптимізувати технологічні коефіцієнти галузей економіки, причому насамперед за рахунок скорочення питомих витрат електроенергії. На рівні регіону модель МГБ використовувалася при підготовці Стратегії соціально-економічного розвитку Харківської області³. Алгоритм розрахунку поданих у Стратегії варіантів розвитку пріоритетних галузей економіки Харківської області на основі безперервної динамічної моделі МГБ наведено у праці М.О. Кизима та К.Ю. Кононової⁴.

Відзначаючи наукове та практичне значення проведених досліджень, слідголосити, що їх подальший розвиток має бути спрямовано на кількісне обґрунтування впливу інвестицій на технологічну структуру економічної системи з певним тимчасовим лагом запізнювання. При цьому технологічна структура має відповідати чинній нині класифікації видів економічної діяльності, яка дає змогу істотно збільшити розмірність матриці технологічних коефіцієнтів, підвищуючи таким чином практичну значущість отриманих результатів. У зв'язку з цим доцільно використовувати дискретну динамічну модель МГБ.

У загальному випадку динамічна модель МГБ може бути представлена у вигляді такої матричної системи рівнянь⁵:

$$X_t - A_t X_t - B_{t-1} (X_t - X_{t-1}) = Y_t, t = \overline{1, T}, \quad (1)$$

де X_t — вектор валового випуску продукції n галузей у році t ;

A_t — матриця технологічних коефіцієнтів (проміжних витрат) у році t ;

B_{t-1} — матриця коефіцієнтів приросту капіталомісткості в попередньому році;

Y_t — вектор кінцевого продукту n галузей у році t ;

T — горизонт планування.

² Сергиенко И.В. и др. Межотраслевая модель планирования структурно-технологических изменений / И.В. Сергиенко, М.В. Михалевич, П.И. Стецюк, Л.Б. Кошлай // Кибернетика и системный анализ. — 1998. — № 3. — С. 3—17.

³ Стратегія соціально-економічного розвитку Харківської області на період до 2011 року. — Х.: Видавничий дім "ІНЖЕК", 2003. — С. 167—171.

⁴ Кизим М.О., Кононова К.Ю. Моделирование стратегии инвестиционной деятельности Харьковского региона // Финансы Украины. — 2002. — № 10. — С. 22—28.

⁵ Леонтьев В.В. Экономические эссе. — М.: Политиздат, 1990. — С. 295.

Динаміку економічної системи задає матриця B , кожен елемент якої визначається як

$$b_{ij} = \frac{I_{ij}}{\Delta X_j}, \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де b_{ij} — коефіцієнт приросту капіталомісткості, який відображає потребу в інвестиційних товарах галузі i для одиниці приросту галузі j ;

I_{ij} — обсяги інвестиційних вкладень галузі i у галузь j ;

ΔX_j — приріст валового випуску продукції j -ї галузі.

Для оцінки впливу інвестицій у енергозберігаючі технології на регіональний розвиток із використанням динамічної моделі МГБ зробимо такі припущення:

1. Економіка регіону розглядається як замкнута система, що забезпечує власне зростання тільки за рахунок внутрішніх інвестицій, джерелом яких є кінцевий продукт.

2. Кінцевий продукт включає дві складові — інвестиційні та споживчі витрати:

$$Y_t = I_t + C_t, \quad t = \overline{1, T}. \quad (3)$$

де Y_t — кінцевий продукт у році t ;

I_t — інвестиційні витрати в році t ;

C_t — споживчі витрати в році t .

3. Значення кінцевого продукту в початковий момент часу $t = 0$ залежить тільки від вихідної величини валового випуску та структури проміжних витрат:

$$Y_0 = (I - A_0)X_0, \quad t = \overline{1, T}. \quad (4)$$

де Y_0 — кінцевий продукт у році $t = 0$;

I — одинична матриця;

A_0 — матриця технологічних коефіцієнтів у році $t = 0$;

X_0 — валовий випуск у році $t = 0$.

4. Для базового варіанта оцінки динаміки регіонального розвитку матриці A і B постійні; для оцінки розвитку з урахуванням енергозбереження елементи матриці A , які відображають енерговитрати галузей регіональної економіки, змінюються залежно від величини галузевих інвестицій у попередній момент часу:

$$a'_{ij} = f(I_j^{-1}), \quad t = \overline{1, T}. \quad (5)$$

де a'_{ij} — технологічний коефіцієнт, який характеризує витрати продукції i -ї галузі на виробництво одиниці продукції j -ї галузі в році t ;

I_j^{-1} — інвестиції в енергозберігаючу технологію j -ї галузі в році $t - 1$.

5. Значення валового випуску в будь-який момент часу зростають пропорційно частці кінцевого продукту, яка спрямовується на інвестиції, в попередній момент часу.

Припустимо, що в початковий момент часу відомі вектор валового випуску X_0 , а також матриці проміжних витрат A і капітальних витрат B . Визначивши з допомогою формули (4) вектор кінцевого продукту Y_0 , виокремимо з його складу

вектор інвестицій та оцінимо зростання валового випуску відповідно до припущення (5). Далі визначимо новий вектор кінцевого продукту Y_1 за формулою (1). Аналогічним чином розрахуємо всі наступні значення інвестицій, валового випуску й кінцевого продукту протягом заданого горизонту планування.

Ці розрахунки здійснимо для різних варіантів регіонального розвитку: без використання енергозберігаючих технологій і з урахуванням застосування їх у різних галузях. Для побудови матриць A та B застосуємо дані статистичної звітності підприємств за формою № 1-підприємництво (річна) “Звіт про основні показники діяльності підприємства” Донецького обласного управління статистики⁶. Отримані матриці задовольняють необхідним математичним умовам, що дає змогу здійснювати коректні розрахунки з використанням динамічної моделі МГБ.

Функції залежності технологічних коефіцієнтів від обсягів інвестицій (див. формулу (5)) побудуємо для основних галузей промисловості Донецького регіону — металургійної та вуглевидобувної (їх сукупний внесок у регіональне промислове виробництво у 2005 році становив 57 %). Аналіз структури витрат цих галузей свідчить про те, що видобування вугілля супроводжується істотним споживанням електроенергії, а в металургійному виробництві нераціонально витрачається не тільки електроенергія, а й газ. На підставі інформації щодо енергозберігаючих інвестиційних проектів підприємств досліджуваних галузей знайдемо функціональні залежності відповідних технологічних коефіцієнтів від обсягів капіталовкладень. Ці функції повинні бути нелінійними згідно з економічним змістом модельованих коефіцієнтів. За результатами обробки вихідних даних у пакеті STATISTICA 6.0 отримано статистично значущі гіперболічні функції (дві з них зображені на рисунках 1, 2).

Далі, задаючи різні значення частки інвестицій у величині кінцевого продукту (10 %, 20 %..., 90 %), розрахуємо траєкторії розвитку економіки Донецького регіону, спираючись на матричні системи рівнянь (1) і задані спрощуючі припущення. Розрахунки виконаємо для трьох таких варіантів інвестування:

1. Галузеві інвестиції не спрямовуються на впровадження енергозберігаючих технологій (базовий варіант):

$$A = const.$$

2. Галузеві інвестиції спрямовуються на впровадження енергозберігаючих технологій у вугільній галузі:

$$A = f(I_u, t),$$

де I_u — інвестиції в технології, які заощаджують електроенергію, для вугільної галузі;
 t — час.

⁶ Статистична звітність підприємств Донецького регіону за формою № 1-підприємництво (річна) “Звіт про основні показники діяльності підприємства” / Обласне управління статистики. — Донецьк, 2001—2003; Додаток до форми № 1-підприємництво (річна) “Розшифровка матеріальних витрат та послуг сторонніх організацій” / Обласне управління статистики. — Донецьк, 2001—2003.

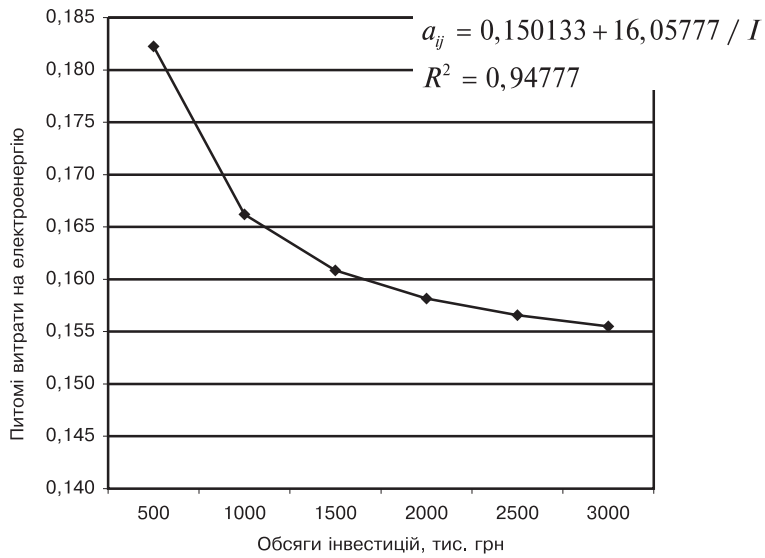


Рис. 1. Залежність технологічного коефіцієнта витрат на електроенергію від обсягів інвестицій у вуглевидобувну галузь

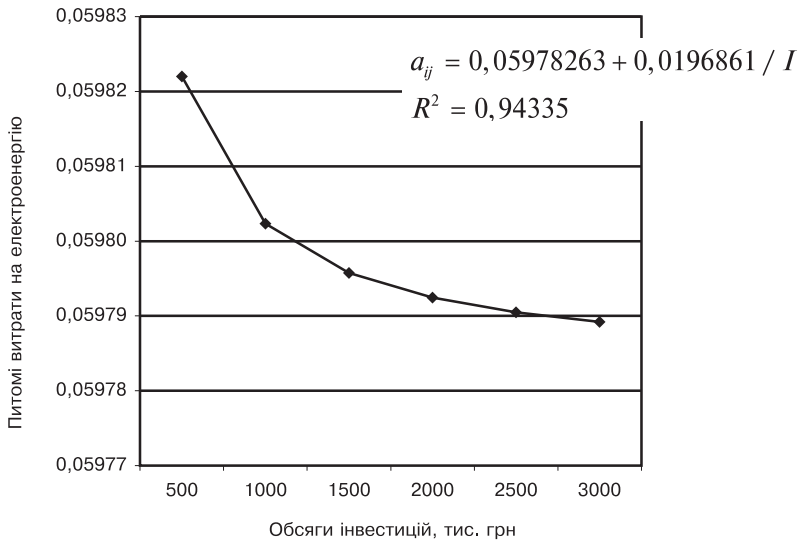


Рис. 2. Залежність технологічного коефіцієнта витрат на електроенергію від обсягів інвестицій у металургійну галузь

3. Галузеві інвестиції спрямовуються на впровадження енергозберігаючих технологій у вугільній та металургійній галузях:

$$A = f(I_u, I_m, t),$$

де I_m — інвестиції в технології, які заощаджують електроенергію та газ, для металургійної галузі.

Результати модельних розрахунків, виконаних у *Mathcad 13*, свідчать про те, що для кожного з трьох варіантів регіонального розвитку кінцевий продукт зростає в часі тим істотніше, чим вища частка інвестицій, яка виділяється на економічний розвиток. Для наочнішої інтерпретації результатів наводимо графіки абсолютних відхилень значень кінцевого продукту від першого, базового, варіанта у випадках 2 та 3 (рис. 3).

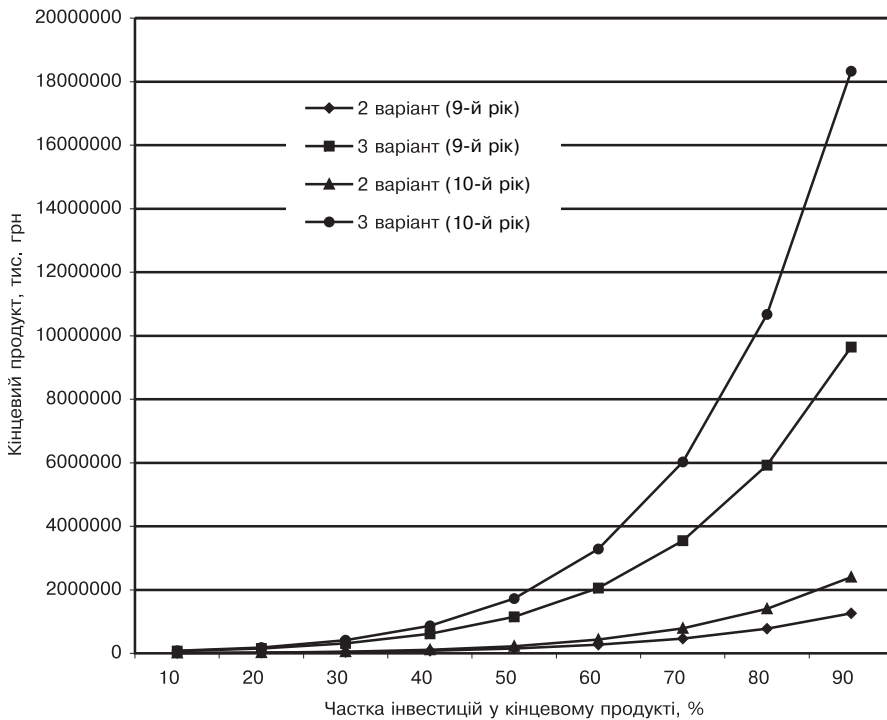


Рис. 3. Збільшення кінцевого продукту порівняно з базовим варіантом за різних варіантів інвестування в енергозбереження

На рисунку зображено залежність збільшення кінцевого продукту від частки інвестицій, що спрямовуються в енергозберігаючі технології, для двох останніх років при оцінці траєкторій розвитку регіональної системи на десятирічний період. Одразу видно, що інвестиції в енергозбереження двох ключових галузей досліджуваного регіону — вугільної та металургійної — призводять до значно більшого зростання кінцевого продукту в часі, ніж у разі інвестування

в енергозбереження лише однієї галузі, що, безумовно, свідчить про відповідність моделі економічним реаліям.

Аналогічна картина спостерігається і при аналізі варіантів динаміки інвестицій залежно від їх частки в кінцевому продукті. Найцікавішим є аналіз кінцевого споживання (рис. 4, 5).

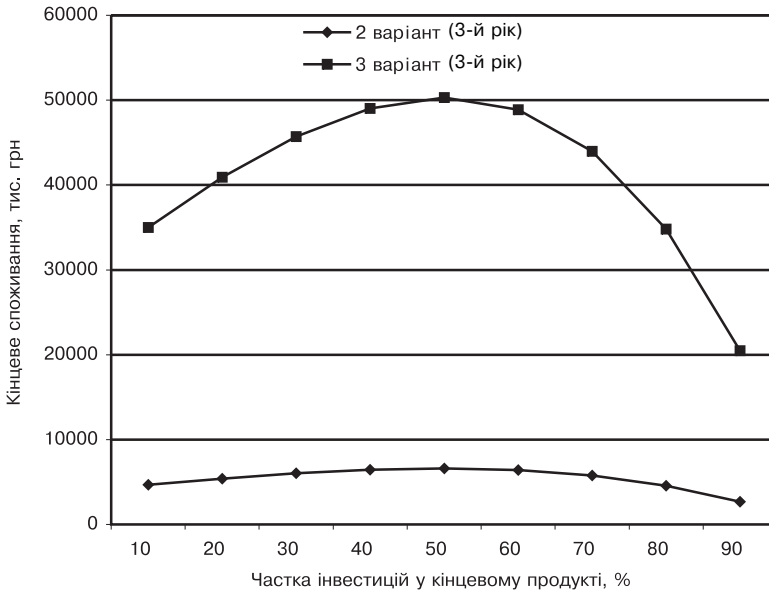


Рис. 4. Відхилення кінцевого споживання від базового варіанта за різних варіантів інвестування в енергозбереження для 3-го року планування

Як і у випадку з кінцевим продуктом та інвестиціями, найістотніше зростання споживання спостерігається для останнього, третього, варіанта інвестування. Однак при цьому максимальна величина споживання залежить не тільки від виділеної частки капіталовкладень, а й від заданого горизонту планування. Так, при плануванні на десятирічний період споживання сягає максимуму при 80-відсотковій частці кінцевого продукту, що спрямовується в інвестиції (рис. 5). А якщо плановий період скорочується до трьох років, споживання максимізується вже для 50-відсоткової частки інвестицій у кінцевому продукті (рис. 4).

Для порівняння ефективності того чи того варіанта інвестування в енергозбереження залежно від частки інвестицій у кінцевому продукті при заданому горизонті планування використаємо показник середньорічної величини кінцевого споживання на душу населення регіону:

$$E_{svk} = \frac{\bar{c}(r_s, v, T_k)}{\bar{L}}, s \in S, v \in V, k \in K, \quad (6)$$

де E_{svk} — ефективність соціально-економічного розвитку регіону;

\bar{L} — середньорічна чисельність населення регіону;

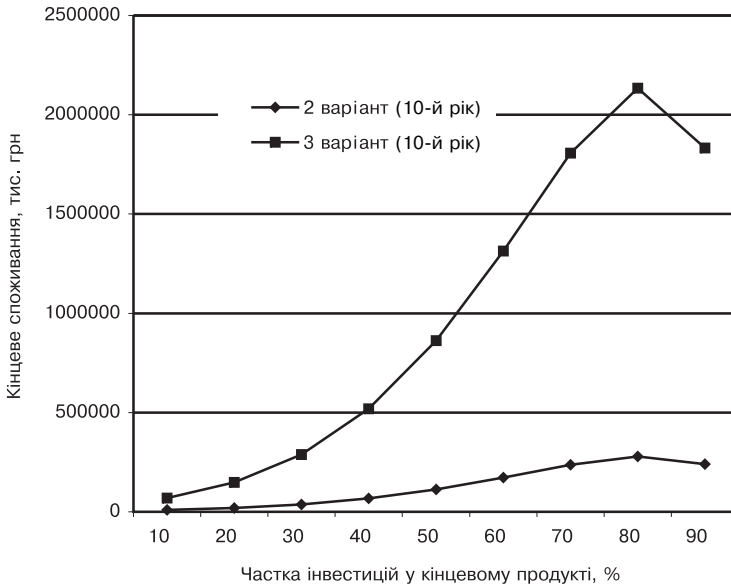


Рис. 5. Відхилення кінцевого споживання від базового варіанта за різних варіантів інвестування в енергозбереження для 10-го року планування

S — множина способів виділення інвестицій у складі кінцевого продукту;

V — множина варіантів інвестування;

K — множина планових періодів;

$\bar{c}(r_s, v, T_k)$ — середньорічна величина кінцевого споживання, яка визначається за формулою:

$$\bar{c}(r_s, v, T_k) = \frac{\sum_{t=1}^{T_k} c_t^v(r_s)}{T_k}, s \in S, v \in V, k \in K, \quad (7)$$

де c_t^v — кінцеве споживання в році t , визначене за варіантом інвестування v ;

r_s — частка інвестицій у кінцевому продукті;

T_k — заданий горизонт планування.

Розрахунок ефективності соціально-економічного розвитку Донецького регіону за різних варіантів інвестування наведено в таблиці для п'яти- та десятирічного горизонтів планування. Зокрема, для горизонту планування $T_1 = 5$ найефективнішою є 50-відсоткова частка інвестицій у кінцевому продукті. При цьому показник ефективності E_{svk} для другого варіанта перевищує базовий на 0,0454 %, а для третього — на 0,3464 %. Отже, можна визначити, наскільки істотна зміна галузевої інвестиційної політики у сфері енергозбереження вплине на ефективність регіонального розвитку в цілому.

Таким чином, представлена дискретна динамічна модель МГБ може використовуватися як інструмент вибору оптимальної траєкторії регіонального розвитку для заданого горизонту планування. При цьому модель дає змогу

Таблиця. Багатоваріантна оцінка ефективності соціально-економічного розвитку Донецького регіону за різних варіантів інвестування, грн/ос.

Частка інвестицій у кінцевому продукті, r_s	Горизонт планування $T_1 = 5$			Горизонт планування $T_2 = 10$		
	Варіант інвестування $v = 1$	Варіант інвестування $v = 2$	Варіант інвестування $v = 3$	Варіант інвестування $v = 1$	Варіант інвестування $v = 2$	Варіант інвестування $v = 3$
10 %	2985,49	2986,48	2992,92	3896,82	3898,12	3906,58
20 %	3234,78	3235,95	3243,68	5641,97	5644,02	5657,55
30 %	3439,62	3440,98	3449,92	8105,35	8108,55	8129,69
40 %	3568,57	3570,08	3580,10	11380,60	11385,42	11417,43
50 %	3582,97	3584,60	3595,38	15395,59	15402,58	15449,00
60 %	3436,37	3438,03	3449,07	19734,65	19744,21	19807,70
70 %	3073,81	3075,39	3085,89	23358,73	23370,76	23450,62
80 %	2431,21	2432,53	2441,33	24185,28	24198,47	24286,02
90 %	1434,71	1435,53	1441,01	18479,77	18490,40	18561,01

враховувати вплив структурно-технологічних змін, зокрема зумовлених застосуванням енергозберігаючих технологій, на ефективність соціально-економічного розвитку регіону.