

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ОБЪЕДИНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННОГО ФАКТОРА

©2018 ДИЛЕНКО В. А., ГУЛЯЕВА Н. А., КОВТУН Е. О.

УДК 330.44

## Диленко В. А., Гуляева Н. А., Ковтун Е. О. Математическое моделирование формирования экономических эффектов объединения производственных систем с учетом инновационного фактора

Целью статьи является разработка экономико-математического инструментария для определения и анализа экономических эффектов объединения производственных систем с учетом инновационного фактора. В работе выделен комплекс основных и производных экономических эффектов, отражающих влияние на экономические результаты реализуемых интеграционных процессов как отдельных факторов различной природы (рациональных технологических взаимосвязей, инновационной деятельности, общего взаимодействия), так и их возможных комбинаций. Для определения указанных эффектов в терминах моделей «затраты-выпуск» сформулированы оптимизационные задачи, описывающие функционирование отдельных производственных подсистем с учетом возможности осуществления инновационной деятельности и их взаимодействия в рамках единой системы. Проведен численный анализ построенных моделей, который позволил выявить некоторые особенности формирования рассматриваемых экономических эффектов. Возможное направление дальнейших исследований по данной тематике может быть связано с разработкой математических моделей, отражающих различные формы (экономические механизмы) объединения производственных систем, и сравнительным анализом эффективности их реализации.

**Ключевые слова:** производственные системы, объединение, инновационный фактор, экономические эффекты, математические модели, экономико-математический анализ.

**Рис.:** 5. **Формул:** 27. **Библ.:** 9.

**Диленко Виктор Алексеевич** – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

**E-mail:** v.dilenko@gmail.com

**Гуляева Наталья Анатольевна** – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

**Ковтун Екатерина Олеговна** – магистрант кафедры прикладной математики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

**E-mail:** katja9663@gmail.com

УДК 330.44

## Діленко В. О., Гуляєва Н. А., Ковтун К. О. Математичне моделювання формування економічних ефектів об'єднання виробничих систем з урахуванням інноваційного фактора

Метою статті є розробка економіко-математичного інструментарію для визначення та аналізу економічних ефектів об'єднання виробничих систем з урахуванням інноваційного фактора. У роботі виділено комплекс основних і похідних економічних ефектів, що відображають вплив на економічні результати реалізованих інтеграційних процесів як окремих факторів різної природи (раціональних технологічних взаємозв'язків, інноваційної діяльності, спільної взаємодії), так і їх можливих комбінацій. Для визначення зазначених ефектів у термінах моделей «витрати-випуск» сформульовано оптимізаційні задачі, що описують функціонування окремих виробничих підсистем з урахуванням можливості здійснення інноваційної діяльності та їх взаємодії в рамках єдиної системи. Проведено чисельний аналіз побудованих моделей, який дозволив виявити деякі особливості формування розглянутих економічних ефектів. Можливий напрямок подальших досліджень з даної тематики може бути пов'язано з розробкою математичних моделей, що відображають різні форми (економічні механізми) об'єднання виробничих систем, і порівняльним аналізом ефективності їх реалізації.

**Ключові слова:** виробничі системи, об'єднання, інноваційний фактор, економічні ефекти, математичні моделі, економіко-математичний аналіз.

**Рис.:** 5. **Формул:** 27. **Бібл.:** 9.

**Діленко Віктор Олексійович** – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

**E-mail:** v.dilenko@gmail.com

**Гуляєва Наталія Анатоліївна** – старший викладач кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

**Ковтун Катерина Олегівна** – магистрант кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

**E-mail:** katja9663@gmail.com

UDC 330.44

## Dilenko V. O., Gulyaeva N. A., Kovtun K. O. The Mathematical Modeling of Formation of Economic Effects of Combining Production Systems Considering the Innovation Factor

The article is aimed at developing an economic-mathematical instrumentarium for defining and analyzing the economical effects of combining production systems considering the innovation factor. The publication allocates a complex of the basic and derivative economic effects reflecting influence of the implemented integration processes as separate factors of various nature (rational technological interrelations, innovation activity, aggregate interaction) and their possible combinations on economic results. In order to determine the specified effects in terms of the «costs-output» models, optimization tasks have been formulated that describe the functioning of individual production subsystems, taking attention of the possibility of conducting an innovation activity and their interaction within a single system. The numerical analysis of the built models was carried out that allowed to identify some specific features of formation of the discussed economic effects. Possible direction of further researches on the given subject can be connected with development of mathematical models reflecting various forms (economic mechanisms) of integration of production systems, and with comparative analysis of efficiency of their implementation.

**Keywords:** production systems, association, innovation factor, economic effects, mathematical models, economical and mathematical analysis.

**Fig.:** 5. **Formulae:** 27. **Bibl.:** 9.

**Dilenko Viktor O.** – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

**E-mail:** v.dilenko@gmail.com

**Gulyaeva Natalia A.** – Senior Lecturer of the Department of Applied Mathematics and Information Technology, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

**Kovtun Kateryna O.** – Graduate Student of the Department of Applied Mathematics and Information Technology, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

**E-mail:** katja9663@gmail.com

**Д**ля современной мировой экономики характерной особенностью является интенсификация процессов глобализации и активное развитие национальных инновационных систем. Данные факторы играют определяющую роль и для экономики Украины [8; 9]. Поэтому чрезвычайно актуальным представляется постановка и решение широкого круга теоретических и прикладных задач их экономико-математического анализа.

К настоящему времени математическому моделированию инновационной деятельности посвящено множество публикаций. Например, системное изложение различных вопросов экономико-математического моделирования внедрения инноваций представлено в монографиях [1; 4; 6]. В значительной меньшей степени в научной литературе рассматриваются математические подходы к исследованию интеграционных процессов в экономике. При этом основное внимание уделяется построению и исследованию математических моделей, позволяющих оценить экономические результаты объединения экономических систем [2; 3; 5]. Аналогичные задачи рассматриваются и в экономико-математическом моделировании инновационной деятельности [4, с. 197–242]. При этом инновационные и интеграционные процессы анализируются отдельно. Вместе с тем, очевидно, что только совместное исследование этих факторов позволит в полной мере оценить их влияние на процессы развития современной экономики. Поэтому целью настоящей работы является разработка и исследование математических моделей формирования комплекса экономических эффектов объединения производственных систем с учетом возможности реализации в этих системах инновационных процессов.

Будем полагать, что в результате объединения производственных систем с учетом действия инновационного фактора формируется некоторый интегральный экономический эффект  $\mathcal{E}_{ИИР}$  в котором можно выделить следующие основные составляющие:

- ✦ эффект рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_{РВ}$ , определяемый перестройкой исходных технологических связей в рамках объединенной системы;
- ✦ инновационный эффект  $\mathcal{E}_{ИР}$  связанный с реализацией инновационной деятельности в производственной системе;
- ✦ экономический эффект  $\mathcal{E}_O$ , являющийся следствием общего взаимодействия процессов перестройки технологических взаимосвязей и инновационного фактора.

Таким образом

$$\mathcal{E}_{ИИ} = \mathcal{E}_{РВ} + \mathcal{E}_{И} + \mathcal{E}_O \quad (1)$$

Эффекты  $\mathcal{E}_{ИИР}$ ,  $\mathcal{E}_{РВ}$ ,  $\mathcal{E}_{ИР}$ ,  $\mathcal{E}_O$  являются основными при объединении производственных систем. Однако, учитывая соотношение (1), могут быть определены и

некоторые производные экономические эффекты, отражающие различные комбинации базовых эффектов  $\mathcal{E}_{РВ}$ ,  $\mathcal{E}_{ИР}$ ,  $\mathcal{E}_O$ :

- ✦ экономический эффект совместного действия инновационного фактора и фактора рациональных взаимосвязей

$$\mathcal{E}_{РВИ} = \mathcal{E}_{РВ} + \mathcal{E}_{ИР}; \quad (2)$$

- ✦ экономический эффект совместного действия факторов рациональных взаимосвязей и взаимодействия

$$\mathcal{E}_{РВО} = \mathcal{E}_{РВ} + \mathcal{E}_O; \quad (3)$$

- ✦ экономический эффект совместного действия инновационного фактора и фактора взаимодействия

$$\mathcal{E}_{ИО} = \mathcal{E}_{И} + \mathcal{E}_O. \quad (4)$$

Для определения перечисленных эффектов на примере объединения двух производственных систем сформулируем три экономико-математические модели:

- ✦ модель (а) отражает исключительно действия инновационного фактора в каждой из рассматриваемых систем;
- ✦ модель (b) описывает только процессы объединения производственных систем;
- ✦ модель (с) представляет инновационную деятельность и процессы объединения систем во взаимодействии.

Для построения указанных моделей, отражающих инновационные и интеграционные процессы, будем использовать аппарат экономико-математических моделей «затраты – выпуск» [3; 4; 7]. Тогда функционирование двух объединяемых производственных систем в отдельности может описываться следующими соотношениями

$$X_1^0 = A_1 X_1^0 + Y_1^0, X_2^0 = A_2 X_2^0 + Y_2^0. \quad (5)$$

Производственные затраты для этих систем определяются как

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 x_j^{01}, \Phi_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 x_j^{02}, \quad (6)$$

где  $a_{ij}^1$ ,  $x_j^{01}$ ,  $a_{ij}^2$ ,  $x_j^{02}$  – соответствующие элементы матриц  $A_1$ ,  $X_1^0$ ,  $A_2$ ,  $X_2^0$ , исчисленные в стоимостном выражении.

**Б**удем считать, что одноименные производители каждой из данных систем производят одинаковую продукцию, однако технологии их выпуска различаются в соответствии с матрицами коэффициентов прямых материальных затрат  $A_1$  и  $A_2$ .

Используя (5), (6), перейдем непосредственно к построению моделей (а) – (с). При этом будем полагать, что

- ✦ основной целью объединения экономических систем является максимизация суммарного

- объема производства ими конечной продукции;
- ★ реализация производственных и/или инновационных процессов при объединении систем осуществляется в пределах, задаваемых исходными величинами производственных затрат  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ;
- ★ в результате объединения производственных систем и/или реализации инновационных процессов выпуск конечной продукции не должен снижаться по каждой номенклатурной позиции.

Модель (а) оптимальной (с позиций максимизации суммарной величины конечной продукции) реализации инновационных процессов, например, для первой системы, по аналогии с [4, с. 245–262] может быть сформулирована следующим образом

$$F_{11} = \sum_{i=1}^n (x_i^1 - \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1) \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$x_i^1 - \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1 \geq y_i^{01}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n 3_{ij}^1 \Delta_{ij}^1 \leq \Phi_1, \quad (9)$$

$$x_j^1 \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

$$0 \leq \Delta_{ij}^1 \leq a_{ij}^1 - \underline{\Delta}_{ij}^1, \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n}, \quad (11)$$

где  $x_j^1$  и  $y_i^{01}$  – элементы векторов валовых выпусков  $X_1$  и конечной продукции  $Y_1^0$  соответственно;  $\Delta_{ij}^1$  – переменные, характеризующие снижение величины коэффициентов прямых материальных затрат за счет реализации инноваций;  $\underline{\Delta}_{ij}^1$  – минимально допустимые значения  $a_{ij}^1$  (например, в связи с особенностями производственных технологий);  $3_{ij}^1$  – удельные затраты на снижение величины коэффициентов прямых материальных затрат.

Ограничение (8) приведенной модели отвечает требованию производить каждого вида конечной продукции после реализации инновационных процессов в объемах, не меньших, чем до внедрения инноваций. Неравенство (9) отражает возможность за счет средств объемом  $\Phi_1$  осуществлять не только производственную, но и инновационную деятельность.

Практически идентичная модель с критерием  $F_{12}$  может быть сформулирована и для второй производственной системы.

Экономико-математическая модель (b) оптимального объединения производственных систем (5) запишем в виде:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n (x_i^1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 x_j^1) + \quad (12)$$

$$+ \sum_{i=1}^n (x_i^2 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 x_j^2) \rightarrow \max,$$

$$x_i^1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 x_j^1 + x_i^2 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 x_j^2 \geq \quad (13)$$

$$\geq y_i^{01} + y_i^{02}, \quad i = \overline{1, n},$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 x_j^1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 x_j^2 \leq \Phi_1 + \Phi_2, \quad (14)$$

$$x_j^1, x_j^2 \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (15)$$

Объединение моделей (7) – (11) для двух производственных систем и модели (12) – (15) позволит получить математическое описание процессов оптимальной интеграции рассматриваемых систем с учетом инновационного фактора. Такая модель будет иметь вид:

$$F_3 = \sum_{i=1}^n (x_i^1 - \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1) + \quad (16)$$

$$+ \sum_{i=1}^n (x_i^2 - \sum_{j=1}^n (a_{ij}^2 - \Delta_{ij}^2)x_j^2) \rightarrow \max,$$

$$x_i^1 - \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1 + x_i^2 - \quad (17)$$

$$- \sum_{j=1}^n (a_{ij}^2 - \Delta_{ij}^2)x_j^2 \geq y_i^{01} + y_i^{02}, \quad i = \overline{1, n},$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}^1 - \Delta_{ij}^1)x_j^1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}^2 - \Delta_{ij}^2)x_j^2 \quad (18)$$

$$+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n 3_{ij}^1 \Delta_{ij}^1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n 3_{ij}^2 \Delta_{ij}^2 \leq \Phi_1 + \Phi_2,$$

$$x_j^1, x_j^2 \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad (19)$$

$$0 \leq \Delta_{ij}^1 \leq a_{ij}^1 - \underline{\Delta}_{ij}^1, \quad 0 \leq \Delta_{ij}^2 \leq a_{ij}^2 - \underline{\Delta}_{ij}^2, \quad (20)$$

$$i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n}.$$

Если  $F_{11}^*$ ,  $F_{12}^*$ ,  $F_2^*$  и  $F_3^*$  – оптимальные значения целевых функций задач (7) – (11), (12) – (15) и (16) – (20), то экономические эффекты, формирующиеся в результате объединения производственных систем и реализации ими инновационных процессов, могут определяться следующими соотношениями:

- ★ интегральный экономический эффект  $\mathcal{E}_{ИН}$ :

$$\mathcal{E}_{ИН} = F_3^* - \sum_{i=1}^n (y_i^{01} + y_i^{02}), \quad (21)$$

- ★ эффекты рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_{РВ}$ :

$$\mathcal{E}_{РВ} = F_2^* - \sum_{i=1}^n (y_i^{01} + y_i^{02}), \quad (22)$$

✦ инновационный эффект  $\mathcal{E}_I$ :

$$\mathcal{E}_I = F_{11}^* - \sum_{i=1}^n y_i^{01} + F_{12}^* - \sum_{i=1}^n y_i^{02}, \quad (23)$$

✦ экономический эффект взаимодействия  $\mathcal{E}_O$ :

$$\mathcal{E}_O = \mathcal{E}_{IH} - \mathcal{E}_{PB} - \mathcal{E}_I = F_3^* - F_2^* - F_{11}^* - F_{12}^* + \sum_{i=1}^n (y_i^{01} + y_i^{02}), \quad (24)$$

✦ эффект инноваций и рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_{PVI}$ :

$$\mathcal{E}_{PVI} = F_2^* + F_{11}^* + F_{12}^* - 2 \sum_{i=1}^n (y_i^{01} + y_i^{02}), \quad (25)$$

✦ экономический эффект рациональных взаимосвязей и взаимодействия  $\mathcal{E}_{PVO}$ :

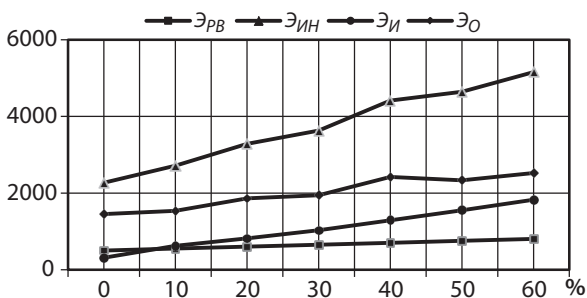
$$\mathcal{E}_{PVO} = F_3^* - F_{11}^* - F_{12}^*, \quad (26)$$

✦ эффект инноваций и взаимодействия  $\mathcal{E}_{IO}$ :

$$\mathcal{E}_{IO} = F_3^* - F_2^*. \quad (27)$$

С использованием условных данных проводилось решение оптимизационных задач (7) – (11), (12) – (15) и (16) – (20), результаты которого позволили продемонстрировать формирование выделенных экономических эффектов объединения производственных систем и проанализировать особенности их динамики при изменении исходной величины производственных затрат  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ .

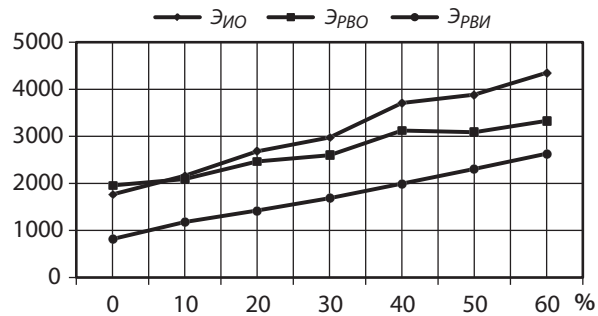
На графиках *рис. 1* и *рис. 2* приведены соответственно основные и производные экономические эффекты объединения рассматриваемых систем при различных значениях затрат  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  (в данном случае и далее по оси абсцисс на графиках отложен процент увеличения производственных затрат относительно их некоторых исходных значений).



**Рис. 1. Динамика основных экономических эффектов объединения систем при росте производственных затрат**

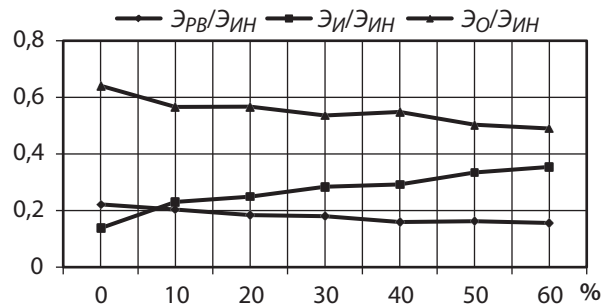
Как видно из графиков, с ростом производственных затрат увеличиваются и объемы экономических эффектов объединения производственных систем. Однако скорость роста для различных эффектов не одинакова. Например, скорость роста инновационного эффекта  $\mathcal{E}_I$  существенно превышает скорость роста эффекта рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_{PB}$  (см. *рис. 1*). Аналогичная картина и для производ-

ных экономических эффектов  $\mathcal{E}_{IO}$  и  $\mathcal{E}_{PVO}$  (см. *рис. 2*). В связи с этим можно предположить, что в данном случае инновационный фактор оказывает более существенное воздействие на экономические результаты объединения систем, чем перестройка производственных связей.

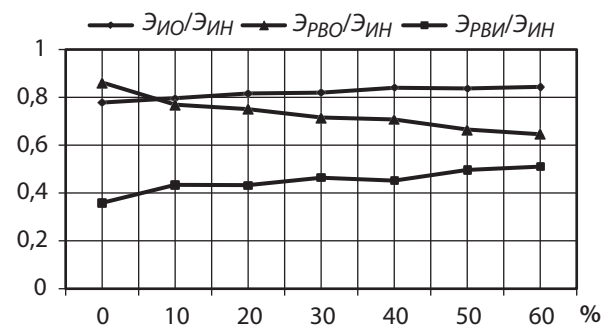


**Рис. 2. Динамика производных экономических эффектов объединения систем при росте производственных затрат**

При анализе процессов формирования экономических эффектов объединения производственных систем естественный интерес представляет изменение структуры интегрального эффекта при росте производственных затрат. Соответствующая информация представлена *рис. 3* и *рис. 4*. На графиках этих рисунков указаны доли основных и производных эффектов в интегральном экономическом эффекте.



**Рис. 3. Динамика показателей удельного веса основных экономических эффектов в интегральном эффекте объединения производственных систем**

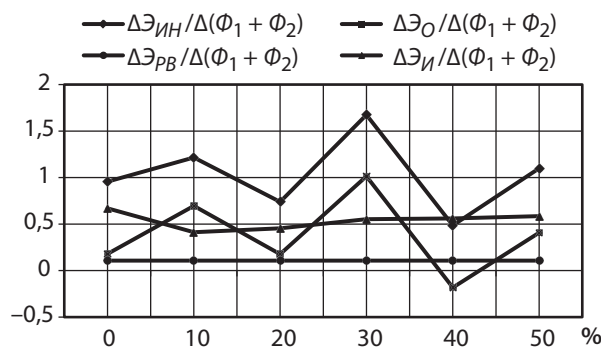


**Рис. 4. Динамика показателей удельного веса производных экономических эффектов в интегральном эффекте объединения производственных систем**



Графики рис. 3 показывают, что с увеличением производственных затрат доля инновационного эффекта  $\mathcal{E}_И$  в общем эффекте объединения систем  $\mathcal{E}_ИИ$  растет, а доля эффектов взаимодействия  $\mathcal{E}_О$  и рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_РВ$  снижается. Для производных экономических эффектов, как следует из рис. 4, картина несколько иная: удельный вес экономических эффектов  $\mathcal{E}_РВИ$ ,  $\mathcal{E}_ИО$  растет, а  $\mathcal{E}_РВО$  снижается. Таким образом, расчеты показателей  $\frac{\mathcal{E}_И}{\mathcal{E}_ИИ}$ ,  $\frac{\mathcal{E}_РВ}{\mathcal{E}_ИИ}$ ,  $\frac{\mathcal{E}_О}{\mathcal{E}_ИИ}$  и  $\frac{\mathcal{E}_РВИ}{\mathcal{E}_ИИ}$ ,  $\frac{\mathcal{E}_РВО}{\mathcal{E}_ИИ}$ ,  $\frac{\mathcal{E}_ИО}{\mathcal{E}_ИИ}$  также указывают на определяющую роль инновационной деятельности в формировании общего экономического эффекта объединения производственных систем.

Еще одним направлением исследования особенностей формирования экономических эффектов объединения производственных систем является определение и анализ динамики соотношения темпов изменения данных эффектов и производственных затрат. С этой целью для основных экономических эффектов рассчитывались показатели  $\frac{\Delta \mathcal{E}_ИИ}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ ,  $\frac{\Delta \mathcal{E}_И}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ ,  $\frac{\Delta \mathcal{E}_РВ}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ ,  $\frac{\Delta \mathcal{E}_О}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ , где  $\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)$  – темп прироста производственных затрат;  $\Delta \mathcal{E}_ИИ$ ,  $\Delta \mathcal{E}_И$ ,  $\Delta \mathcal{E}_РВ$ ,  $\Delta \mathcal{E}_О$  – соответствующие темпы прироста рассматриваемых эффектов. Результаты расчетов представлены на рис. 5.



**Рис. 5. Динамика показателей соотношения темпов изменения величины основных экономических эффектов и производственных затрат**

Графики рис. 5 демонстрируют значительные различия в характере динамики показателей соотношения темпов прироста эффектов и производственных затрат для экономических эффектов различного вида.

Для эффекта рациональных взаимосвязей  $\mathcal{E}_РВ$  указанный показатель остается неизменным на всем диапазоне изменения производственных затрат (модель (12) – (15) определения  $\mathcal{E}_РВ$  является линейной), а в случае инновационного эффекта  $\mathcal{E}_И$  после некото-

рого снижения наблюдается устойчивый рост показателя  $\frac{\Delta \mathcal{E}_И}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ . При этом темпы прироста данных показателей остаются ниже соответствующих темпов прироста производственных затрат.

В свою очередь, значения показателей  $\frac{\Delta \mathcal{E}_ИИ}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$ ,  $\frac{\Delta \mathcal{E}_О}{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2)}$  не позволяют выявить какие-либо тенденции их динамики. Причем темпы прироста экономических эффектов  $\mathcal{E}_ИИ$ ,  $\mathcal{E}_О$  при различных значениях производственных затрат могут быть больше или меньше соответствующих темпов прироста данных затрат.

### ВЫВОДЫ

При объединении производственных систем может быть выделен целый комплекс основных и производных экономических эффектов, отражающих влияние на экономические результаты реализуемых интеграционных процессов как отдельных факторов различной природы (рациональных технологических взаимосвязей, инновационной деятельности, общего взаимодействия), так и их возможных комбинаций. Построенные математические модели позволяют рассчитать количественные оценки, а их численный анализ – выявить некоторые особенности формирования рассматриваемых экономических эффектов. Таким образом, разработанный экономико-математический инструментарий может использоваться для теоретического (а в перспективе, возможно, и прикладного) исследования актуальных для современной экономики задач объединения производственных систем с учетом инновационного фактора. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Н. К. Математичні моделі інноваційного розвитку в аграрній економіці : монографія. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2007. 348 с.
2. Вдовиченко Е. А. Модель оценки эффективности интеграционных процессов экономических систем. *Современные технологии управления*. 2013. № 9. URL: <http://sovman.ru/article/3302/>
3. Диленко В. А., Сабодаш Е. Л. Математическое моделирование интеграции экономик. *Бизнес Информ*. 2014. № 8. С. 78–82.
4. Диленко В. А. Экономико-математическое моделирование инновационных процессов : монография. Одесса : Феникс, 2013. 348 с.
5. Кондрашова Н. А. Использование экономико-математических методов для оценки результатов функционирования консолидированных групп взаимосвязанных организаций. *Экономика, статистика и информатика*. 2015. № 2. С. 185–189.
6. Новиков Д. А., Иващенко А. А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы : монография. М. : КомКнига, 2006. 332 с.

**7. Рябошлик В.** Динамічна модель витрат-випуску з явним відображенням інноваційних технологій. *Економіст*. 2004. № 9. С. 49–53.

**8.** Структурні трансформації у світовій економіці: виклики для України : аналітична доповідь / В. Сіденко (керівник проекту) та ін. Київ : Заповіт, 2017. 182 с.

**9. Федулова Л. І.** Інноваційний фактор забезпечення сталого розвитку регіонів України. *Економічний вісник університету*. 2017. Вип. 33 (1). С. 62–71.

## REFERENCES

Dilenko, V. A. *Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye innovatsionnykh protsessov* [Economic and mathematical modeling of innovation processes]. Odessa: Feniks, 2013.

Dilenko, V. A., and Sabodash, Ye. L. "Matematicheskoye modelirovaniye integratsii ekonomik" [Mathematical modeling of integration of economies]. *Biznes Inform*, no. 8 (2014): 78-82.

Fedulova, L. I. "Innovatsiyniy faktor zabezpechennia staloho rozvytku rehioniv Ukrainy" [Innovative factor of sustainable development of regions of Ukraine]. *Ekonomichniy visnyk universytetu*, no. 33 (1) (2017): 62-71.

Kondrashova, N. A. "Ispolzovaniye ekonomiko-matematicheskikh metodov dlya otsenki rezultatov funktsionirovaniya konsolidirovannykh grupp vzaimosvyazannykh organizatsiy"

[Use of economic and mathematical methods for assessing the performance of consolidated groups of interrelated organizations]. *Ekonomika, statistika i informatika*, no. 2 (2015): 185-189.

Novikov, D. A., and Ivashchenko, A. A. *Modeli i metody organizatsionnogo upravleniya innovatsionnym razvitiyem firmy* [Models and methods of organizational management of innovative development of the firm]. Moscow: Kom-Kniga, 2006.

Riaboshlyk, V. "Dynamichna model vytrat-vypusku z yavnym vidobrazhenniam innovatsiinykh tekhnolohii" [Dynamic cost-release model with a clear reflection of innovative technology]. *Ekonomist*, no. 9 (2004): 49-53.

Sidenko, V. et al. *Strukturni transformatsii u svitovii ekonomitsi: vyklyky dlia Ukrainy : analitychna dopovid* [Structural Transformations in the World Economy: Challenges for Ukraine: An Analytical Report]. Kyiv: Zapovit, 2017.

Vasylieva, N. K. *Matematychni modeli innovatsiinoho rozvytku v ahrarnii ekonomitsi* [Mathematical Models of Innovation Development in the Agrarian Economy]. Dnipropetrovsk: RVV DDAU, 2007.

Vdovichenko, Ye. A. "Model otsenki effektivnosti integratsionnykh protsessov ekonomicheskikh sistem" [Model for assessing the effectiveness of integration processes of economic systems]. *Sovremennyye tekhnologii upravleniya*. 2013. <http://sovman.ru/article/3302/>