



УДК 519.86+330.322

## МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЧОЮ ФУНКЦІЄЮ КОМПЛЕКСНОГО АРГУМЕНТУ

**Русинко Моріка Костянтинівна,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри економіки та інформаційних технологій  
Львівського навчально-наукового інституту  
ДВНЗ «Університет банківської справи»  
e-mail: morika.rusinko@gmail.com

**Костирко Тарас Мирославович,**  
аспірант  
ДВНЗ «Університет банківської справи»  
e-mail: taraskostyrka@gmail.com

**Анотація.** Розглянуто теоретичні і прикладні аспекти економіко-математичного моделювання виробничої функції комплексного аргументу для оцінки діяльності як окремого підприємства, так і економіки країни в цілому. Виробнича функція представлена лінійною моделлю з дійсними змінними, зв'язки між функцією і змінними описані за допомогою комплексних чисел, на відміну від класичної виробничої функції Кобба — Дугласа. Як змінні розглянуто чисельність зайнятого в економіці населення України і вартість основних засобів, виробнича функція представляє валовий внутрішній продукт. Використаний підхід дозволив провести оцінку впливу ресурсів на виробничу функцію з використанням даних для кожного спостереження, що зняло питання перевірки рядів даних на мультиколінеарність, гетероскедастичність та автокореляційні зв'язки. Проведене дослідження коефіцієнтів використання ресурсів праці і капіталу з 2005-го до 2016 рр. дало змогу оцінити стан економіки країни в цілому, підтвердило явище кризової динаміки у 2010—2014 роках. Починаючи з 2015 року, макроекономічні показники України характеризують повернення до капіталоекономічного процесу, який був притаманний економіці країни у період з 2005-го до 2009 рр. Показано, що застосування виробничої функції комплексного аргументу суттєво розширює можливості проведення економічного аналізу процесів, що відбуваються на виробництві.

**Ключові слова:** економіко-математичне моделювання, виробнича функція Кобба — Дугласа, виробнича функція комплексного аргументу, капіталоекономічний процес, трудоінтенсивний процес.

Формул: 9; рис.: 2; табл.: 2; бібл.: 11.

## MODELING THE STATE OF THE ECONOMIC SYSTEM THE PRODUCTION FUNCTION OF A COMPLEX ARGUMENT

**Rusinko Morika,**  
Ph. D. in Physics and Mathematics, Associate Professor,  
Associate Professor of Department of Economics and Information Technologies  
Lviv Educational-Scientific Institute  
of SHEI «Banking University»  
e-mail: morika.rusinko@gmail.com

**Kostyrko Taras,**  
Ph. D. student  
of SHEI «Banking University»  
e-mail: taraskostyrka@gmail.com

**Abstract.** The article deals with theoretical and applied aspects of the economic-mathematical modeling of the production function of a complex argument for assessing the activity both individual enterprise and the economy of Ukraine. The production function is represented by a linear model with real variables, the connections between the function and variables are described with the help of complex numbers, in contrast to the classical production function of Cobb-Douglas. The number of people employed in the economy of Ukraine and the cost of fixed assets are considered as variables. The production function represents the gross domestic product. The using approach made it possible to assess the impact of resources on the production function using data for each observation, which eliminated the issue of checking data series for multicollinearity, heteroscedasticity and autocorrelation bonds. The calculation of the applying resource intensity coefficients is not used the usual averaging, which is utilized in econometrics for



the classical Cobb-Douglas function. Therefore, it is possible to accurately track the change in the process from labor-intensive to capital-intensive, that is, to verify the results of the reengineering of production. Therefore, it is possible to accurately track the change in the process from labor-intensive to capital-intensive, that is, to verify the results of the reengineering of production. The study of coefficients of labor and capital utilization from 2005 to 2016 made it possible to assess the state of the Ukrainian economy as a whole. The phenomenon of crisis dynamics in 2010 — 2014 is confirmed. It characterizes an imbalance or structural restructuring of production, when one of the resources is used to a greater extent than the other, and the return on resources does not increase. Starting from 2015, Ukraine's macroeconomic indicators characterize the return to the capital-intensive process, which was inherent in the economy of the country from 2005 to 2009. It is shown that the application of the production function of a complex argument significantly expands the feasibility of carrying out an economic analysis of the processes taking place in the production.

**Keywords:** economic-mathematical modeling, Cobb — Douglas production function, production function of complex argument, capital intensive process, labor intensive process.

Formulas: 9; fig.: 2; tabl.: 2; bibl.: 11.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОГО АРГУМЕНТА

Русинко Морика Константиновна,  
кандидат физико-математических наук, доцент,  
доцент кафедры экономики и информационных технологий  
Львовского образовательного-научного института  
ГВУЗ «Университет банковского дела»  
e-mail: morika.rusinko@gmail.com

Костырко Тарас Мирославович,  
аспирант  
ГВУЗ «Университет банковского дела»  
e-mail: taraskostyrka@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрены теоретические и прикладные аспекты экономико-математического моделирования производственной функции комплексного аргумента для оценки производственной деятельности как отдельного предприятия, так и экономики страны в целом. Производственная функция представлена на линейной модели с действительными переменными, связи между функцией и переменными описаны с помощью комплексных чисел, в отличие от классической производственной функции Кобба — Дугласа. В качестве переменных рассмотрены численность занятого в экономике населения Украины и стоимость основных средств, производственная функция представляет валовой внутренний продукт. Подход позволил провести оценку влияния ресурсов на производственную функцию с использованием данных только для одномоментного наблюдения; таким образом, был снят вопрос проверки рядов данных на наличие мультиколлинеарности, гетероскедастичности и автокорреляционных связей. Проведенное исследование коэффициентов использования ресурсов труда и капитала с 2005 по 2016 годы позволило оценить состояние экономики страны в целом, подтвердило явление кризисной динамики в 2010—2014 годах. Начиная с 2015 года, макроэкономические показатели Украины характеризуются возвращением к капиталоемким процессам, которые были присущи экономике страны в период с 2005 по 2009 годы. Показано, что применение производственной функции комплексного аргумента существенно расширяет возможности проведения экономического анализа процессов, происходящих на производстве.

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, производственная функция Кобба — Дугласа, производственная функция комплексного аргумента, капиталоемкий процесс, трудоинтенсивный процесс.

Формул: 9; рис.: 2; табл.: 2; библи.: 11.

**Вступ.** Ефективне функціонування економіки України, темпи і масштаби її інвестиційної активності певною мірою залежать від стану і розвитку вітчизняних підприємств, які традиційно орієнтовані на досягнення високих кінцевих результатів за умови мінімально можливих витрат і раціонального використання ресурсів. Визначення пріоритетів у напрямі підвищення ефективності функціонування підприємства є неможливим без використання економіко-математичних моделей. При цьому для підприємства виробнича

функція є моделлю, яка в максимально сконцентрованій формі відображає співвідношення між кількістю ресурсів, що використовуються виробниками, і обсягом виробленої на цій основі продукції.

Поняття виробничої функції з'явилося у 30-х роках ХХ століття. Американські вчені Джордж Кобб і Пітер Дуглас на основі даних про функціонування обробної промисловості США побудували виробничу функцію, яка потім отримала назву «виробнича функція Кобба — Дугласа».

Вітчизняні і закордонні вчені присвятили багато робіт дослідженню виробничих функцій унаслідок їхнього широкого застосування. Слід відмітити вагомий внесок у теорію виробничих функцій учених Дж. Коба і П. Дугласа [1], П. Самуельсона [2], Дж. Шумпетера [3], Р. Солоу [4], В. Вітлінського [5], Г. Клейнера [6], С. Шумської [7], Б. Грабовецького [8], Н. Герасимчука [9], І. Светуцької [10].

**Аналіз досліджень і постановка завдання.** Виробничі функції використовують при аналізі, плануванні і прогнозуванні мікро- і макропроцесів. На мікроекономічному рівні в ролі виробничої системи розглядають підприємства, галузі, міжгалузеві виробничі комплекси, на макроекономічному — господарську систему регіону або країни в цілому.

Відмітимо, що в даний час виробничі функції використовують в основному як інструмент для розрахунку конкретних показників, хоча їхній апарат є значно багатшими і недооціненими науковцями. При цьому в моделюванні, у переважній більшості випадків, використовують лише виробничу функцію Кобба — Дугласа, а також її різні модифікації, які ще далекі від досконалості. Тому завдання розвитку інструментарію виробничих функцій є важливим і актуальним.

*Метою статті* є розширення математичного апарату виробничої функції шляхом уведення комплексних змінних для більш якісного аналізу економічної діяльності підприємств.

**Результати дослідження.** Виробнича функція (функція виробництва) пов'язує незалежні змінні — величини ресурсів (факторів виробництва) із залежною змінною — величиною випуску продукції. Поняття випуску і чинників виробництва конкретизують залежно від характеру і масштабу даної виробничої одиниці, цілі дослідження, доступної інформації. Випуск може вимірюватися в натуральних або вартісних показниках, у реальних або потенційних величинах. Ресурси розглядають або як фактично витрачені, або як наявні на початок періоду виробництва.

Загалом виробничу функцію можна записати так:

$$y = f(x, a) = f(x_1, x_2, \dots, x_n, a_1, a_2, \dots, a_m), \quad (1)$$

де  $x$  — вектор ресурсів;

$a$  — вектор параметрів виробничої функції;

$n$  — кількість змінних за кількістю ресурсів;

$m$  — кількість параметрів виробничої функції

Відомо, що зі зростанням обсягу ресурсів обсяг випуску зростає, але приріст кожної додаткової одиниці ресурсу забезпечує все менший приріст обсягу продукції. Це фундаментальне положення економічної теорії підтверджено практикою.

Для аналізу виробничої функції економіки в цілому варто розглянути загальну картину процесів виробництва, розподілу, накопичення і споживання, (рис. 1).

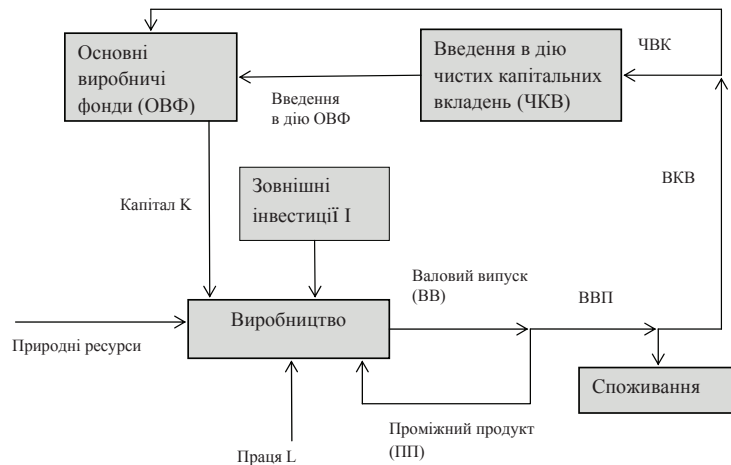


Рис. 1. Загальна схема процесів виробництва, розподілу, накопичення і споживання.

Примітки: ВВП — валовий внутрішній продукт, ВКВ — валові капітальні вкладення.

Джерело: [5].

У виробничій функції макроекономічного рівня через  $Y$  позначають або валовий випуск, або валовий внутрішній продукт, або національний дохід. Як ресурси найчастіше розглядають накопичену працю у формі виробничих фондів (капіталу) —  $K$  і працю людей —  $L$ .

Таким чином, економіка в цілому може бути представлена моделлю як нелінійна виробнича функція

$$Y = F(K, L). \quad (2)$$

Розглянемо задачу, де виробничі ресурси  $K$  і  $L$  подано як комплексні змінні. Тоді виробнича функція буде такою:

$$Q = f(K + iL), \quad (3)$$

де  $K$ ,  $L$  і  $Q$  — додатні дійсні числа.

Віднесення  $K$  до дійсної частини, а  $L$  — до уявної — умовне і не має принципового значення.

За умови, що функція  $f$  — лінійна, розглянемо лінійну виробничу функцію комплексного аргументу, яка пов'язує витрати праці —  $L$  і капіталу —  $K$  із результатом виробництва —  $Q$  [10]:

$$Q = (a_0 - ia_1)(K + iL), \quad (4)$$

де  $a_0$  і  $a_1$  — дійсні числа.



У результаті алгебраїчних перетворень і групування дійсної та уявної частин у рівності (4), отримуємо:

$$Q = (a_0 K + a_1 L) + i(a_0 L - a_1 K) - \quad (5)$$

комплексне число, дійсна частина якого дорівнює  $Q$ , а всі уявні частини мають дорівнювати нулю в силу того, що в лівій частині рівності уявних частин немає. Отже, виробнича функція (5) являє собою адитивну модель:

$$\begin{cases} a_0 K_t + a_1 L_t = Q, \\ a_0 L - a_1 K = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язавши системи рівнянь (6), знайдемо значення шуканих коефіцієнтів  $a_0$  і  $a_1$ :

$$a_0 = \frac{QK}{K^2 + L^2}; \quad a_1 = \frac{QL}{K^2 + L^2}. \quad (7)$$

Формула (7) дозволяє не тільки знайти чисельні значення коефіцієнтів за відомими значеннями витрат та обсягів виробництва, а й дати економічну інтерпретацію значень кожного коефіцієнта.

Коефіцієнт  $a_1$  відображає зміну інтенсивності використання трудових ресурсів, а коефіцієнт  $a_0$  відо-

бражає зміну інтенсивності використання капітальних ресурсів. Тому ці коефіцієнти можна назвати коефіцієнтами використання ресурсів.

Якщо всі вихідні змінні дорівнюють одиниці, то коефіцієнти  $a_0$  і  $a_1$  дорівнюють одне одному й приймають значення 0,5. Тобто якщо з плином часу економічна система не розвивається, витрати ресурсів і результати залишаються незмінними, то і коефіцієнти залишаються незмінними і рівними 0,5.

З формули (7) випливає ще одна властивість коефіцієнтів, а саме:

$$\frac{a_1}{a_0} = \frac{L}{K}. \quad (8)$$

Розглянемо можливі межі зміни характеристики коефіцієнтів залежно від зміни ресурсів поведінки, яких вони відображають, тобто

$$a_0 = f(K_t) \text{ і } a_1 = f(L_t). \quad (9)$$

Проаналізувавши зазначені функції (інтервали зростання і спадання; точки екстремуму; інтервали опуклості та угнутості), отримуємо певні результати (табл. 1).

Таблиця 1

Інтерпретація варіантів значень коефіцієнтів  $a_0$  та  $a_1$ 

Характеристика варіанта	Економічна сутність процесу
Обидва коефіцієнти зростають і їхні значення перевищують початкову величину 0,5	Збалансована економіка зі стійким зростанням продуктивності праці і фондівіддачі
Обидва коефіцієнти зменшуються і стають менші за 0,5	Дисбаланс, структурна перебудова виробництва, коли один з ресурсів використовується більшою мірою, ніж інший, а віддача ресурсів не збільшується. Зона кризової динаміки
Значення коефіцієнта $a_0$ зменшуються, а значення коефіцієнта $a_1$ зростають і залишаються більшими ніж 0,5	Процес трудоінтенсивний зі зростаючою фондівіддачею. Зменшення продуктивності праці
Значення коефіцієнта $a_0$ зростають і залишаються більшими ніж 0,5, а значення коефіцієнта $a_1$ зменшуються	Фондовіддача зменшується, а продуктивність праці зростає. Капіталоінтенсивний процес

Примітка. Сформовано за [10].

Продемонструємо тепер можливість використання отриманих співвідношень на прикладі аналізу економіки України за останні роки [11]. У табл. 2 наведено

вихідні статистичні дані економіки України з 2005 до 2016 рр. (за 2017 рік немає даних для вартості основних засобів).

Таблиця 2

Вихідні дані для побудови виробничих функцій і розрахунків значення коефіцієнтів використання ресурсів

Рік	Валовий внутрішній продукт, $Q_t$		Вартість основних засобів, $K_t$		Чисельність зайнятого в економіці населення у віці 15–70 років, $L_t$		Коефіцієнти використання ресурсів	
	абсолютні значення, млрд грн	відносні значення	абсолютні значення, млрд грн	відносні значення	абсолютні значення, млн осіб	відносні значення	$a_0$	$a_1$
2005	441,452	1,000	1 276,2	1,000	20,680	1,000	0,500	0,500
2006	544,153	1,233	1 568,9	1,229	20,730	1,002	0,603	0,491
2007	720,731	1,633	2 047,4	1,604	20,904	1,011	0,729	0,459
2008	948,056	2,148	3 149,6	2,468	20,972	1,014	0,745	0,306
2009	913,345	2,069	3 903,7	3,059	20,191	0,976	0,614	0,196
2010	1 082,569	2,452	6 648,9	5,210	19,180	0,927	0,456	0,081
2011	1 316,600	2,982	7 397,0	5,796	19,231	0,930	0,502	0,080
2012	1 408,889	3,191	9 148,0	7,168	19,261	0,931	0,438	0,057
2013	1 454,931	3,296	10 401,3	8,150	19,314	0,934	0,399	0,046
2014	1 566,728	3,549	13 752,1	10,776	18,073	0,874	0,327	0,027
2015	1 979,458	4,484	7 641,4	5,988	16,443	0,795	0,736	0,098
2016	2 383,182	5,399	8 177,4	6,408	16,277	0,787	0,830	0,102

Примітка. Вихідні дані взято з [11].



Як результат виробництва  $Q_t$  розглянуто номінальний валовий внутрішній продукт (подано в цінах поточного року), трудових витрат  $L_t$  — чисельність зайнятого в економіці населення, капіталу  $K_t$  — інвестиції в основний капітал. У двох останніх стовпцях таблиці наведено результати розрахунку коефіцієнтів використання ресурсів, які обчислено за формулою (7).

Коефіцієнт використання капітальних ресурсів  $a_0$  за розглянутий період коливається в широких межах — спочатку зростає, а потім спадає. Тільки за 2015 рік спостерігається різке його зростання майже до рівня 2008-го.

Коефіцієнт використання трудових ресурсів  $a_1$  постійно зменшується. Це означає, згідно з *табл. 1*, що зростання виробництва в Україні з 2005-го до 2009 рр. можна охарактеризувати як капіталоінтенсивний процес. Фондовіддача зменшується, а продуктивність праці — зростає.

Починаючи з 2010-го до 2014 рр., значення коефіцієнтів використання ресурсів далі зменшується, що характеризує дисбаланс або структурну перебудову виробництва (один із ресурсів використовується більшою мірою, ніж інший, а віддача ресурсів не збільшується). Це — зона кризової динаміки. З 2015 року макроекономічні показники України характеризують повернення до капіталоінтенсивного процесу.

На *рис. 2* надано часову залежність коефіцієнтів  $a_0$  та  $a_1$ .

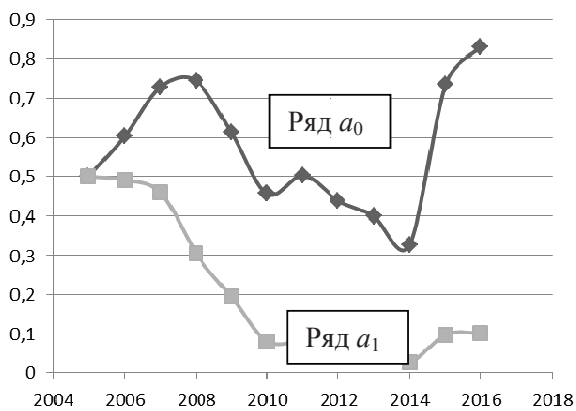


Рис. 2. Динаміка коефіцієнтів  $a_0$  і  $a_1$  в Україні з 2005 до 2016 рр.

Примітка. Власні розрахунки

Наведений вище приклад показує можливість використання запропонованої функції (9) до аналізу сутності виробничих процесів. Цілком можливо, що, застосовуючи цю функцію на статистичних даних більш довгих рядів, вдасться використовувати її і для цілей аналізу виробничих циклів.

**Висновки.** За допомогою виробничих функцій можна розв'язувати задачі прогнозування і виконувати аналіз роботи підприємства. Виробнича функція будується у припущенні, що відповідний об'єкт моделюється як єдине підприємство, яке функціонує за принципом «витрати ресурсів — випуск продукції» або «наявні ресурси — результати діяльності».

Основний інтерес представляє знаходження параметрів виробничої функції  $a_i$ , для розрахунку яких застосовують метод найменших квадратів. Але потрібно враховувати таке:

– по-перше, приведення виробничої функції до лінійної шляхом логарифмування призводить до накопичення похибок у моделі;

– по-друге, цей підхід вимагає дотримання жорстких припущень щодо характеру емпіричних даних (відсутності в моделі гетероскедастичності, автокореляції та мультиколінеарності),

– по-третє, неявно присутня ідея про незмінність характеру виробництва, орієнтованості його або на ресурс праці, або на інші фактори. Якщо внаслідок реінжинірингу виробництва воно змінює свій характер із фондомісткого на трудомістке, чи — навпаки, то принципово змінюється послідовність емпіричних даних, а усереднення проводиться за повним обсягом даних, що містять старі показники. Це призведе до зміщення оцінки параметрів виробничої функції, унаслідок чого можна отримати неадекватні значення параметрів  $a_i$ .

Запропонована модель виробничої функції комплексного аргументу позбавлена від цих недоліків. Формули, отримані для обчислення параметрів  $a_i$ , є простими і дають широкий простір для тлумачення економічних процесів.

Лінійна виробнича функція комплексного аргументу має низку цікавих властивостей, а її коефіцієнти мають простий економічний сенс. Показано, що її використання в економічному аналізі дає нові результати завдяки тому, що коефіцієнти цієї функції можуть бути знайдені для кожного спостереження і дозволяють аналізувати процеси, що відбуваються на виробництві.

#### Список використаної літератури

1. Cobb C. W. A Theory of Production / C. W. Cobb, P. H. Douglas // American Economic Review. — 1928. — December. — P. 139—165.
2. Samuelson P. A. Foundations of Economic Analysis / P. A. Samuelson. — Harvard : Harvard University Press ; Enlarged edition, 1983. — 604 p.
3. Schumpeter J. A. History of Economic Analysis / J. A. Schumpeter. — Oxford : Oxford University Press, Inc., 1986. — 1322 p.
4. Solow R. M. Growth Theory and After [Electronic resource] / R. M. Solow // Lecture to the memory of Alfred Nobel. — 1987. — December 8. — Available at : [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/1987/solow-lecture.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/1987/solow-lecture.html).
5. Вітлінський В. В. Математичні моделі та методи ринкової економіки : навч. посібник / В. В. Вітлінський, О. В. Піскунова ; МОН України. — Київ : Київ. нац. економ. університет ім. В. Гетьмана, 2010. — 531 с.
6. Клейнер Г. Б. Многофакторные производственные функции с постоянными эластичностями предель-





- ной замены факторов / Г. Б. Клейнер, Д. И. Пионтковский // Экономика и математические методы. — 2000. — Т. 36 (1). — С. 90—114.
7. Шумська С. С. Інструмент виробничої функції у дослідженні української економіки / С. С. Шумська // Економіко-математичні методи і моделі. — 2007. — № 4. — С. 104—123.
  8. Грабовецький Б. Є. Виробнича функція як засіб вдосконалення економічних досліджень / Б. Є. Грабовецький, О. В. Мороз, Л. М. Савчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2006. — № 2. — С. 12—25.
  9. Герасимчук Н. А. Передумови і етапи формування підприємницького механізму ресурсозбереження: мікроекономічний аспект / Н. А. Герасимчук // Вісник КНУДТ. — 2016. — № 1 (95). — С. 15—22.
  10. Светуньков И. С. О возможности экономического прогнозирования с помощью степенной производственной функции комплексного переменного / И. С. Светуньков // Экономика региона. — 2016. — Т. 12 (3). — С. 966—976.
  11. Офіційний сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

## References

1. Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928, December). A Theory of Production. *American Economic Review*, 139—165.
2. Samuelson, P. A. (1983). *Foundations of Economic Analysis*. Harvard University Press; Enlarged edition.
3. Schumpeter, J. A. (1986). *History of Economic Analysis*. Oxford University Press, Inc.
4. Solow, R. M. (1987, December 8). *Growth Theory and After. Lecture to the memory of Alfred Nobel*. Retrieved from [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/1987/solow-lecture.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/1987/solow-lecture.html).
5. Vitlinskyi, V. V., & Piskunova, O. V. (2010). *Matematychni modeli ta metody rynkovoi ekonomiky: bakalavrskiy kurs [Mathematical models and methods of market economy: bachelor course]*. Kyiv: Kyiv. nats. ekon. un-t im. V. Hetmana [in Ukrainian].
6. Kleiner, G. B., & Pyontkovskiy, D. I. (2000). Mnohofaktornye proyzvodstvennyye funktsii s postoiannymy elastychnostyamy predelnoi normy zameny [Multi-factor production functions with constant elasticity of marginal rate of substitution]. *Ekonomyka i matematycheskiye metody — Economics and Mathematical Methods*, 36 (1), 90—114 [in Russian].
7. Shumska, S. S. (2007). Instrument vyrobnychoi funktsii v doslidzhenni ukrainskoi ekonomiky [The instrument of production function in the study of the Ukrainian economy]. *Ekonomiko-matematychni metody i modeli — Economics-Mathematical Methods and Models*, 4, 104—123 [in Ukrainian].
8. Hrabovetskyi, B. Ye., Moroz, O. V., & Savchuk, L. M. (2006). Vyrobnycha funktsiia yak zasib vdoskonalennia ekonomichnykh doslidzhen [Production function as a means of improving economic research]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu — Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, 2, 12—25 [in Ukrainian].
9. Herasymchuk, N. A. (2016). Peredumovy i etapy formuvannia pidpriemnytskoho mekhanizmu resursozberezhennia: mikroekonomichnyi aspekt [Prerequisites and stages of the formation of the entrepreneurial mechanism of resource conservation: the microeconomic aspect]. *Visnik KNUDT — Bulletin KNUDT*, 1 (95), 15—22 [in Ukrainian].
10. Svetunkov, I. S. (2016). O vozmozhnosti ekonomicheskogo prognozirovaniya s pomochshyu stepennoi proizvodstvennoi funktsii kompleksnogo peremennogo [On the possibility of economic forecasting using the power production function of complex variable]. *Ekonomika regiona — Economy of the region*, 12 (3), 966—976 [in Russian].
11. Ofitsiyniy sait Derzhavnogo komitetu statystyky Ukrainy [Official site of the State Statistics Committee of Ukraine]. (n. d.). [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua). Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].