

Володимир Євгенович МОМОТ

доктор економічних наук, професор кафедри інноваційного менеджменту та міжнародної логістики, Університет імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро, Україна, e-mail: vmomot@duan.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-8979>

ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧИХ CES-ФУНКЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ЗАХОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Момот, В. Є. *Використання виробничих CES-функцій при розробці заходів технологічної політики вітчизняних підприємств*. Вісник соціально-економічних досліджень : зб. наук. праць / За ред. М. І. Зверякова (голов. ред.) та ін. Одеса : Одеський національний економічний університет. 2019. № 2-3 (70-71). С. 92–104.

Анотація. У статті на основі застосування методу продовження за параметром до примусово-однорідної та неоднорідної виробничої CES-функції у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена сформульовано рекомендації, що стосуються загальної технічної політики вітчизняних промислових підприємств на поточному етапі розвитку економіки. Виходячи з того, що вартість трудових ресурсів в нашій країні є майже найнижчою у світі, можна зробити висновок про те, що стратегічна політика у галузі основних фондів вітчизняних підприємств, котрі претендують на повноправну конкуренцію на світовому ринку, повинна бути сфокусованою на заміні морально застарілого обладнання, яке суттєво знижує їхню конкурентоспроможність. Використання методу продовження за параметром до примусово-однорідної виробничої CES-функції у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена вказує на можливість дуже оптимістичного інтенсивного сценарію розвитку промисловості, яка теоретично може зростати майже виключно за рахунок використання кваліфікованої праці, яка високо оплачується, при помірній інвестиційній активності у сфері основних виробничих фондів. Проведено ідентифікацію впливу нестационарних процесів в економіці на сценарій розвитку підприємства, завдяки чому встановлений ефект «запізнювання», коли тренд розвитку продовжує діяти певний час, незважаючи на те, що умови в економічному середовищі вже змінилися. Наведено інтерпретацію тези про зменшення відтворювального потенціалу національної економіки на основі математичного обґрунтування висновку про те, що фактори виробництва мають все менший внесок до сукупного продукту в міру прискорення інтенсивності їх використання у процесі виробництва. Здійснено аналіз теоретично можливих (граничних) випадків розвитку виробничої системи на основі співставлення змін параметрів виробничої функції. Надано рекомендації щодо технологічної політики вітчизняних підприємств на сучасному етапі розвитку.

Ключові слова: виробнича CES-функція у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена; метод продовження за параметром; еластичність взаємозаміни праці та капіталу; закон спадної продуктивності; закон випереджаючого росту продуктивності праці.

Владимир Евгеньевич МОМОТ

доктор экономических наук, профессор кафедры инновационного менеджмента и международной логистики, Университет имени Альфреда Нобеля, г. Днепр, Украина, e-mail: vmomot@duan.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-8979>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ CES-ФУНКЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Момот, В. Е. *Использование производственных CES-функций при разработке мероприятий технологической политики отечественных предприятий*. Вестник социально-экономических исследований : сб. науч. трудов / Под ред. М. И. Зверякова (глав. ред.) и др. Одесса : Одесский национальный экономический университет. 2019. № 2-3 (70-71). С. 92–104.

Аннотация. В статье на основе применения метода продолжения по параметру к принудительно-однородной и неоднородной производственной CES-функции в форме Кобба-Дугласа-Тинбергена сформулированы рекомендации, касающиеся общей технической политики отечественных промышленных предприятий на текущем этапе развития экономики. Исходя из того, что стоимость трудовых ресурсов в нашей стране является почти самой низкой в мире, можно сделать вывод, что стратегическая политика в области основных фондов отечественных предприятий, претендующих на полноправную конкуренцию на мировом рынке, должна быть сфокусирована на замене морально устаревшего оборудования, которое существенно снижает их конкурентоспособность. Использование метода продолжения по параметру к принудительно-однородной производственной CES-функции в форме Кобба-Дугласа-Тинбергена указывает на возможность

очень оптимистичного интенсивного сценария развития промышленности, которая теоретически может расти почти исключительно за счет использования квалифицированного высокооплачиваемого труда при умеренной инвестиционной активности в сфере основных производственных фондов. Проведена идентификация влияния нестационарных процессов в экономике на сценарий развития предприятия, благодаря чему установлен эффект «запаздывания», когда тренд развития действует определенное время, несмотря на то, что условия в экономической среде уже изменились. Приведена интерпретация тезиса об уменьшении воспроизводственного потенциала национальной экономики на основе математического обоснования вывода о том, что факторы производства вносят все меньший вклад в совокупный продукт по мере ускорения интенсивности их использования в процессе производства. Осуществлен анализ теоретически возможных (предельных) случаев развития производственной системы на основе сопоставления изменений параметров производственной функции. Даны рекомендации по технологической политике отечественных предприятий на современном этапе развития.

Ключевые слова: производственная CES-функция в форме Кобба-Дугласа-Тинбергена; метод продолжения по параметру; эластичность взаимозаменяемости труда и капитала; закон убывающей производительности; закон опережающего роста производительности труда.

Volodymyr MOMOT

Doctor of Economics, Professor, Department of Innovation Management and International Logistics,
Alfred Nobel University, Dnipro, Ukraine, e-mail: vmomot@duan.edu.ua,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-8979>

USING OF PRODUCTION CES-FUNCTIONS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL POLICY MEASURES OF DOMESTIC ENTERPRISES

Momot, V. (2019). *Using of production CES-functions in the development of technological policy measures of domestic enterprises*. Ed.: M. Zveriyakov (ed.-in-ch.) and others [Vykorystannia vyrobnychykh CES-funktsii pid chas rozrobky zakhodiv tekhnolohichnoi polityky vitchyzniansnykh pidpriemstv; za red.: M. I. Zveriyakova (gol. red.) ta in.], Socio-economic research bulletin; Visnik social'no-ekonomichnih doslidzen' (ISSN 2313-4569), Odessa National Economic University, Odessa, No. 2-3 (70-71), pp. 92–104.

Abstract. The article formulates recommendations regarding the general technical policy of domestic industrial enterprises at the present stage of economic development, based on the application of the continuation method with respect to the parameter to a forced-homogeneous and heterogeneous production CES-function in the form of a Cobb-Douglas-Tinbergen. Based on the fact that the cost of labor resources in our country is almost the lowest in the world, we can conclude that the strategic policy in the field of fixed assets of domestic enterprises claiming on full competition in the world market should be focused on replacing obsolete equipment, which significantly reduces their competitiveness. The Cobb-Douglas-Tinbergen-shaped CES-function continuation method using with respect to the parameter to a forced homogeneous production indicates the possibility of an extremely optimistic intensive industry development scenario, which theoretically can grow almost exclusively through the use of skilled highly paid labor with moderate investment activity in the field of basic production funds. The influence of non-stationary processes in the economy on the enterprise development scenario has been identified, due to which the «lag» effect has been revealed when the development trend continues to operate for a certain time despite the fact that the conditions of the economic environment have already changed significantly. Thesis interpretation about decrease of reproductive potential of the national economy on the basis of a mathematical justification for the conclusion that production factors make an ever smaller contribution to the total product as they accelerate the intensity of their use in the production process, is given. Analysis of theoretically possible (limiting) cases of the production system development based on a comparison of changes in the parameters of production function is performed. Recommendations on the technological policy of domestic enterprises at the present stage are given.

Keywords: CES production function in the Cobb-Douglas-Tinbergen form; parameter continuation method; elasticity of the labor and capital interchangeability; the law of diminishing productivity; the law of outstripping growth of labor productivity.

JEL classification: C000; C010; D240

DOI: [https://doi.org/10.33987/vsed.2-3\(70-71\).2019.92-104](https://doi.org/10.33987/vsed.2-3(70-71).2019.92-104)

Постановка проблеми у загальному вигляді. Технологічна політика виробничих підприємств є основою забезпечення їхньої конкурентоспроможності, враховуючи той факт, що у сучасній світовій господарській системі інноваційна діяльність є найважливішим

інструментом конкурентного тиску. Фахівці у галузі стратегічного менеджменту вже давно розглядають застаріле обладнання як одну з найбільш загрозливих слабких сторін виробничого підприємства [1; 2]. Тобто формування підходів до управління основними фондами на підприємстві є одним з важливіших напрямків стратегічної діяльності. Зрозуміло, що сьогодні підприємства-лідери у багатьох сферах високотехнологічного бізнесу прагнуть позбавитися власної виробничої бази, використовуючи послуги зовнішніх виробників (third party manufacturers), які здатні забезпечити низьку вартість праці й промислових послуг, зосереджуючись суто на розробці інноваційних продуктів. Але для вітчизняних виробників цей підхід неприйнятний тому, що вартість трудових ресурсів в нашій країні і так є майже найнижчою у світі, тому конкурентні переваги ці підприємства повинні шукати саме у використанні власної виробничої бази. Тут і виникає питання відповідності цієї бази сучасним вимогам, що ставляться до виробничого обладнання.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Відтворення основних виробничих фондів на основі технологічної політики підприємств посідає провідне місце в сучасних наукових дослідженнях. Як зазначає В. Сазонов, у промислово розвинених країнах щорічно оновлюється приблизно 10% активної частини основних засобів [3, с. 8]. Тобто за 10 років відбувається повне оновлення основних засобів, що беруть безпосередню участь у виробничому процесі. За даними Державної служби статистики України у 2018 р. коефіцієнт оновлення основних засобів у промисловості склав 3,4%, а ступінь їхнього зносу – 62,0% [4].

С. Грибкова, І. Цинько, аналізуючи стан основних засобів на підприємствах України, роблять висновки, що «тільки один фізичний знос є одним з найголовніших факторів, що знижує загальний рівень конкурентоспроможності вітчизняної продукції» [5, с. 51]. При цьому йдеться не про моральний знос, рівень якого вже давно є більш критичним, ніж фізичного зносу. Проблема підвищення ефективності відтворення основних виробничих фондів є однією з головних у процесі їх використання. Як зазначає Є. Помилуйко, після здобуття незалежності виробничий потенціал вітчизняних підприємств оновлювався дуже повільно. Науковець пояснює це тим, що амортизаційна політика, яка є складовою загальнодержавної політики та важелем регулювання інвестиційної діяльності, здійснювалась недостатньо ефективно [6, с. 157].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Стратегічна політика у галузі основних фондів вітчизняних підприємств, котрі претендують на повноправну конкуренцію на світовому ринку, повинна бути сфокусованою на заміні морально застарілого обладнання, що суттєво знижує їхню конкурентоспроможність. Реалізація такої політики, у свою чергу, є ускладненою дефіцитом фінансових ресурсів. Вітчизняні підприємства повинні мати надійну аргументацію, що дозволяє приймати виважені рішення щодо модернізації основних фондів. Тому, на думку автора, потрібну аргументацію може забезпечити використання апарату виробничих функцій (ВФ) для визначення сценарію розвитку підприємства залежно від еластичності заміщення ресурсів, що застосовуються при виготовленні продукції підприємств.

Постановка завдання. Виходячи з вищенаведеного, до кола завдань даного дослідження варто віднести:

- ідентифікацію сценарію, за яким розвивається економічна система протягом визначеного проміжку часу;
- визначення впливу нестационарних процесів в економіці на сценарій розвитку підприємства;
- аналіз теоретично можливих (граничних) випадків розвитку виробничої системи на основі співставлення змін параметрів ВФ;
- розробку рекомендацій щодо вдосконалення технологічної політики вітчизняних підприємств на основі використання апарату виробничих CES-функцій.

У якості методології дослідження був використаний апарат виробничої CES-функції у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена [7; 8] для моделювання сценарію економічного розвитку підприємства, метод продовження за параметром для моделювання впливу нестационарних процесів на фондоозброєність та еластичність заміщення; системний аналіз при формуванні рекомендацій щодо технологічної політики вітчизняних підприємств на основі застосування виробничих CES-функцій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основним підходом до моделювання процесу було визначено ВФ з постійною еластичністю заміщення у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена, що має наступний загальний вигляд:

$$Y = AL^{\alpha}K^{\beta}e^{\omega t}, \quad (1)$$

де: Y – обсяг продукції;

K – обсяг капіталовкладення в основні фонди, що використовувалися під час виготовлення обсягу продукції Y ;

A – коефіцієнт щільності зв'язку між факторами виробництва та обсягом продукції Y ;

L – оплата праці, що була використана під час виготовлення обсягу продукції Y ;

t – час;

α, β – коефіцієнти еластичності взаємозаміни праці та капіталу, що характеризують приріст об'єму продукції на одиницю збільшення кожного з факторів, що включені до виробничої функції;

ω – коефіцієнт регресії, що враховує вплив закону спадної продуктивності.

З метою розв'язання першого завдання даного дослідження необхідно порівняти коефіцієнти еластичності взаємозаміни праці та капіталу, визначені за результатами розвитку економічної системи за певний період. У випадку, якщо $\alpha > \beta$, має місце інтенсивний сценарій розвитку економіки, якщо навпаки, $\alpha < \beta$ – то економіка розвивається за екстенсивним сценарієм.

У якості емпіричної бази для визначення параметрів ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена було використано дані національної промисловості за 1999–2019 рр., промисловості Дніпропетровського регіону за 2004–2019 рр. Результати розрахунку коефіцієнтів рівняння (1) наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку параметрів виробничої функції для промисловості України (2001÷2019 рр.) та Дніпропетровського регіону (1990÷97 рр. й 2010÷2019 рр.)

Україна в цілому				Дніпропетровський регіон			
Період, рр.	A	β	α	Період, рр.	A	β	α
2004-2018	0,326	0,843	0,317	1990-1997	3,091	0,628	0,132
2005-2009	2,027	1,160	-0,335	2010-2019	3,422	0,438	0,348
2009-2013	2,395	0,514	0,505	2013-2019	4,750	0,893	0,232
2013-2017	4,971	0,055	0,823		-		

Джерело: розраховано автором на основі [9; 10]

Очевидно, що $\alpha < \beta$ для більшості випадків, що були розглянуті, тобто за досліджувані періоди, промисловість України, а також Дніпропетровський регіон розвивалася за екстенсивним сценарієм. Виключення складає період 2013–2017 рр., коли на оплаті праці суттєво позначилися кризові явища та суттєве зростання курсу іноземної валюти.

Метод продовження за параметром, який запозичений із варіаційного числення, у прикладенні до виробничої CES-функції дозволяє аналізувати нестационарні процеси, що передували моменту, коли склалися певні пропорції розвитку економіки, тобто співвідношення α, β та ω . Фактично метод продовження за параметром надає нестационарне

наближення нелінійного функціонального рівняння, й саме тому дозволяє дуже зручно уявляти динамічні процеси, що є прихованими навіть у CES-функції в формі Кобба-Дугласа-Тінбергена. Дійсно, параметри ВФ визначаються за певний проміжок часу та відповідають головним тенденціям використання праці та основних фондів, що вже склалися за цей проміжок часу, але не відображають динаміки формування даного сценарію. Ця форма включає час у якості незалежної змінної, але таким чином вона враховує вплив закону спадної продуктивності, тобто «сталі й суттєві зв'язки між розширеним використанням одного з факторів виробництва (за незмінності всіх інших) й зростанням продукту, що на певному етапі починає знижуватися» [11].

Параметр ω вказує, що продукт економічної системи зростає за рахунок якісних змін у технологічних та бізнес-процесах. При від'ємних ω має місце ситуація, коли за рахунок закону спадної продуктивності впровадження досягнень НТП у виробництво буде мати віддачу на одиницю витрат, яка зменшується. Тобто навіть виробнича CES-функція у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена є нестационарною формою із «замороженими коефіцієнтами», яка відповідає гіпотезі про пріоритет використання одного з факторів при незмінності інших, й таким чином не враховує ефектів розвитку економічної системи, що визначають взаємний вплив цих факторів [12]. Окрім того, для національної економіки однією з головних проблем розвитку є суттєва обмеженість ресурсів, яку псевдо-нестационарна форма виробничої CES-функції ніяк не враховує, знов-таки завдяки відсутності уявлень про взаємний вплив факторів, що включені до неї.

Водночас дуже цікавим є визначення нестационарних процесів, що впливають на сценарій розвитку економічної системи (на будь-якому рівні – підприємства, регіону, галузі, національної економіки у цілому) за проміжок часу, коли у цій системі формувалися певні пропорції та визначався сценарій розвитку. Саме тому пропонуємо використовувати метод продовження за параметром. Варто зауважити, що цей прийом не дозволить моделювати ефекти, які пов'язані з обмеженістю ресурсів, але продовження за параметром забезпечує можливість спостерігати динамічні процеси, пов'язані зі змінами пріоритетів у використанні праці та основних фондів у виробленні продукції. Тобто об'єктивно це забезпечує вирішення задачі даного дослідження, яка полягає у формуванні методологічних основ технологічної політики вітчизняних підприємств з врахуванням динамічних процесів у заміщенні ресурсів.

Для застосування методу до ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена вираз (1) необхідно привести до суворої однорідності. Це можна зробити вводячи заміну показника β на $1 - \alpha$. Тобто вираз (1) треба переписати у вигляді:

$$Y = AL^\alpha K^{1-\alpha} e^{\omega t}. \quad (2)$$

Такий прийом приводить рівняння (1) до «консервативної» форми, тобто штучно обмежує кількість ресурсів, які використовуються в економічній системі для вироблення продукції та примусово забезпечує положення, коли зниження інтенсивності у використанні одного ресурсу автоматично призводить до її зростання стосовно іншого. Разом з тим ВФ у формі (2) не враховує реальних ефектів обмеженості ресурсів, що існують в економічній системі – скоріше мова може йти про використання «ізолюваного набору ресурсів» в процесі виробництва продукту, які були відібрані на основі певної дослідницької гіпотези [13].

За визначенням продовження за параметром одного рівняння нам потрібно зробити наступні перетворення:

- привести вираз (2) до вигляду: $F(\alpha, t) = Y - K^\alpha L^{1-\alpha} e^{\omega t}$;
- визначити похідні $F'_\alpha(\alpha, t)$ та $F'_t(\alpha, t)$:

$$F'_\alpha(\alpha, t) = -\omega K^\alpha L^{1-\alpha} e^{\omega t},$$

$$F'_t(\alpha, t) = -e^{\omega t} K^\alpha L^{1-\alpha} [\ln(K) - \ln(L)];$$

- визначити відношення $-\frac{F'_t(\alpha, t)}{F'_\alpha(\alpha, t)}$.

У наслідку маємо:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{\omega}{\ln(L) - \ln(K)} \quad (3)$$

та

$$\alpha(t) = \frac{\omega}{\ln(L) - \ln(K)} t. \quad (4)$$

Формально залежність $\alpha(t)$ (4) є лінійною висхідною (враховуючи той факт, що $K > L$). Але варто також зважити на те, що у дійсності K та L є табличними функціями від t (характерний вигляд залежності $\ln(L) - \ln(K)$ від t відображено на рис. 1). Фактично це графік залежності $\frac{L}{K}(t)$ у логарифмічному просторі.

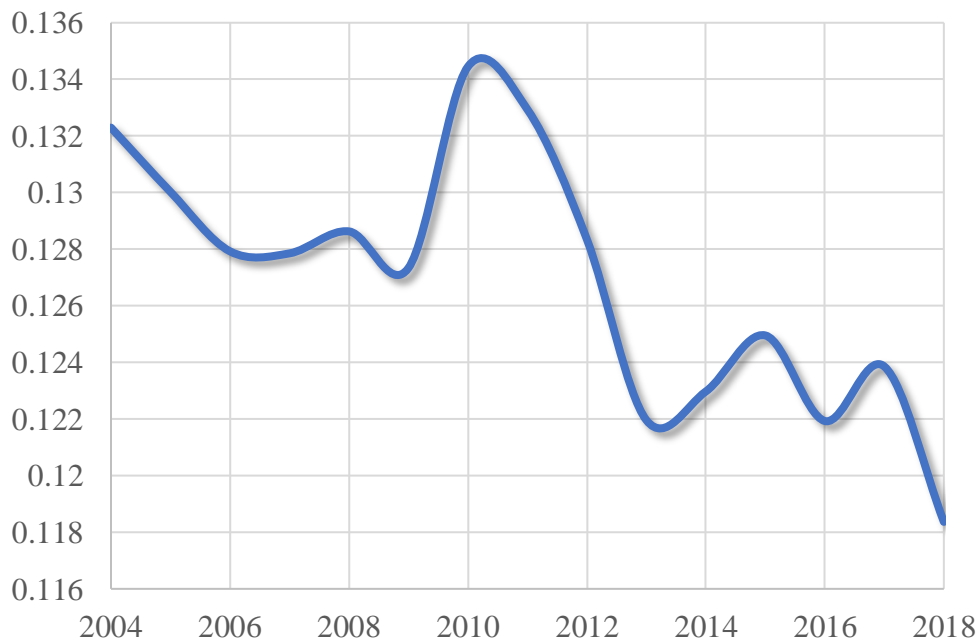


Рис. 1. Залежність $\frac{L}{K}(t)$ за період 2004–2018 рр. для промисловості України у логарифмічному просторі
Джерело: розраховано автором

Тобто залежність $\alpha(t)$ відрізняється від лінійної. Приклад такої залежності для промисловості України за період 2004–2018 рр. наведено на рис. 2 порівняно з лінійною залежністю.

Окрім того, із рівняння (4) витікає, що $\alpha(t)$ може необмежено зростати або падати у часі (залежно від співвідношення K та L). Але варто усвідомлювати, що і α і ω , які входять до рівняння (4), також, у свою чергу, є функціями від K та L , що визначають ефективність використання кожного з ресурсів у виробництві сукупного продукту. Якщо $K > L$, то, як вже вказувалося, α зростає, тобто сукупний продукт виробляється переважно за рахунок використання ефективної праці; якщо навпаки, $L > K$, то сукупний продукт виробляється переважно за рахунок екстенсивних факторів, а залежність $\alpha(t)$ (4) відповідно є спадною. У цьому контексті дуже важливими є міркування про порядок величин, що входять до рівняння (4).

Метод продовження за параметром дозволяє дослідити стійкість рішення нелінійного рівняння (2) за умови прийняття гіпотези про не стаціонарність (варіацію) коефіцієнту еластичності взаємозаміни праці та капіталу α . Варто зауважити, що у переважній більшості попередніх робіт дослідників цікавила варіація сукупного продукту по ресурсах й

відповідно, варіація еластичності, тобто часові еволюції сценарію розвитку економіки вивчаються вперше (див., наприклад, [14]).

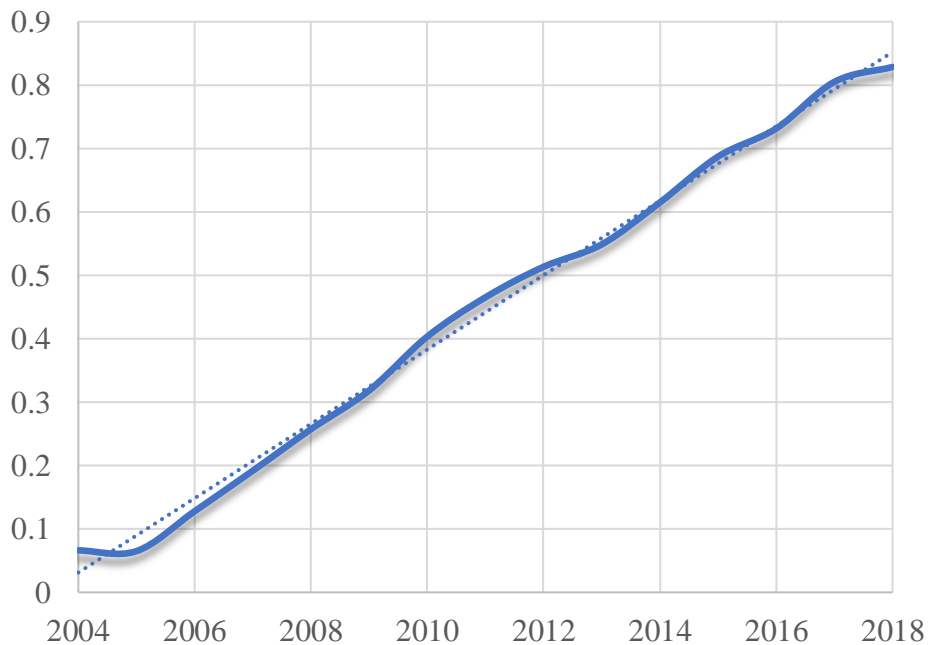


Рис. 2. Залежність $\alpha(t)$ для промисловості України за період 2004–2018 рр.

Джерело: розраховано автором

За економічним змістом при суворо однорідній виробничій функції крива $\alpha(t)$ може бути ідентифікована як траєкторія нейтральності, тобто як лінія, при русі уздовж якої зберігається гладкість поверхні рішення $Y(K, L)$. Залежність $\alpha(t)$, яку ми отримали унаслідок застосування методу продовження за параметром, по формі є лінійною, тобто свідчить про відсутність будь-яких математичних особливостей, розгалуження й т.п. Але, як вже вказувалося, K та L є табличними функціями від t , тобто незважаючи на формальну відсутність математичних особливостей у рівнянні (4), вони можуть виникнути при певних співвідношеннях K та L .

Досить цікаво, що крива нейтральності $\alpha(t)$, яку було побудовано за даними промисловості України за період 2004–2018 рр., демонструє тенденцію до асимптотичного зростання α у межах до $\alpha = 0,85$, тобто розрахунки за методом продовження за параметром передбачають можливість дуже оптимістичного інтенсивного сценарію розвитку промисловості, що теоретично може зростати майже виключно за рахунок використання кваліфікованої праці, що високо оплачується. Але цей висновок, насамперед, можна віднести на рахунок примусової однорідності форми запису рівняння (2), що спричиняє детермінований взаємно компенсуючий вплив використання праці на використання капіталу, чого не може бути у реальній економіці, де ці процеси дійсно пов'язані між собою, але на основі значно складніших залежностей.

Окрім того, за розглянутий період відбувалися досить суперечливі процеси у сфері інвестиційної діяльності, що спричинили протилежний вплив на динаміку вартості основних фондів, які використовувалися у виробництві сукупного продукту – наприклад, кризи 2008/2009 та 2014/2015 років майже зупинили притік нових інвестицій до основних фондів, й навпаки, досить жвавий розвиток вітчизняної економіки у 2004–2007 рр. разом з нагальною необхідністю модернізації національної промисловості сприяли інтенсифікації інвестицій до основних фондів та, відповідно, – до підвищення їхньої вартості.

Варто зауважити, що навіть незважаючи на той факт, що ВФ у формі (2), яку було використано для застосування методу продовження за параметром, не включає ефекти взаємного впливу факторів, а будівництво кривої нейтральності дозволяє непрямий аналіз

такого зв'язку. Дійсно, вирази (3) та (4) включають різницю між L та K у логарифмічному просторі, або їх відношення у метричному. У власну чергу, L та K пов'язані між собою наступними макроекономічними законами:

- законом випереджаючого росту продуктивності праці;
- законом спадної граничної продуктивності фактора.

Спираючись на інтерпретацію цих законів, можна сформулювати різні граничні випадки, що відповідають різній конфігурації траєкторії нейтральності.

1. На основі закону випереджаючого росту продуктивності праці можна зробити висновок, що $L \ll K$, тобто $\alpha(t)$ є суворо спадною залежністю. Це свідчить про те, що обов'язковою передумовою інтенсивного характеру розвитку економіки є неухильне забезпечення виконання закону випереджаючого росту продуктивності праці. Зрозуміло, що цей висновок є досить тривіальним і його можна зробити без проведення складних математичних викладок та перетворень. Куди більший інтерес викликає інтерпретація закону спадної граничної продуктивності фактора.

2. Внаслідок проявлення дії цього закону $L - K \rightarrow 0$, тобто у загальному випадку траєкторія нейтральності може мати особливість у математичному змісті, а саме точку, де можливе розгалуження поверхні ВФ. Отже, вплив спадної граничної продуктивності фактора може привести до зміни режиму розвитку економічної системи. Формально – це перехід від одного стійкого режиму функціонування до іншого.

3. Якщо $K \ll L$, то залежність $\alpha(t)$ є суворо висхідною. У такому випадку зростає ступінь екстенсивності, що й має місце в національній економіці протягом всього періоду незалежності.

Це означає, що варіація α по t не просто відображає наочні тренди у зміні α у залежності від K та L , але й α , у свою чергу, є похідною від внесків K та L у виробництво сукупного продукту.

За умови неоднорідності ВФ, тобто у випадку, коли $\alpha + \beta \neq 1$ у вираженні (1), для застосування методу продовження за параметром потрібно перейти до системи рівнянь за допомогою диференціювання вираження (1) за показниками α , β , t й вивчати взаємозв'язок між α та β . У такому випадку система рівнянь продовження за параметром буде мати вигляд:

$$F(\alpha, \beta, t) \equiv 0; Y - K^\alpha L^\beta e^{\omega t} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{dF}{d\alpha} = -\ln(K) K^\alpha L^\beta e^{\omega t} = \Delta_2 \quad (6)$$

$$\frac{dF}{d\beta} = -\ln(L) K^\alpha L^\beta e^{\omega t} = \Delta_1 \quad (7)$$

$$\frac{dF}{dt} = -\omega K^\alpha L^\beta e^{\omega t} = \Delta \quad (8)$$

$$\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{\omega}{\ln(L)}; \frac{\Delta}{\Delta_2} = \frac{\omega}{\ln(K)} \quad (9)$$

Таким чином, ми отримали вирази для варіації ВФ по коефіцієнтах еластичності взаємозаміни праці та капіталу, а також похідну ВФ за часом. Для побудови системи рівнянь продовження за параметром неоднорідної ВФ нас будуть цікавити відношення $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ та $\frac{\Delta}{\Delta_2}$ у виразі (9). Знову звертаючись до емпіричних даних, за допомогою яких було побудовано табл. 1, можна отримати наступні візуалізації відношення $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ та $\frac{\Delta}{\Delta_2}$ у виразі (9), які показані на рис. 3.

Варто зауважити, що варіації ВФ по коефіцієнтах еластичності взаємозаміни праці та капіталу не є ізоквантами, котрі відображують можливості еквівалентної заміни одного фактора виробництва іншим. Економічний зміст варіацій ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена полягає у наступному: зміна у кінцевому продукті виробничої системи, що відбувається за рахунок зміни коефіцієнту еластичності одного з факторів, пропорційна

коефіцієнту регресії, що враховує вплив закону спадної граничної продуктивності та обернено пропорційна досягнутому рівню використання відповідного фактора. Тобто варіації ВФ по коефіцієнтах еластичності, отримані на емпіричних даних промисловості України за період 2004–2018 рр., вказують на те, що фактори виробництва, пов'язані між собою досить складними макроекономічними залежностями, які напряду не відображаються у ВФ, вносять все менший внесок до сукупного продукту в міру прискорення інтенсивності їх використання у процесі виробництва.

Ця математична інтерпретація особливості розвитку вітчизняних основних фондів, що була відмічена М. Зверяковим у [15], полягає в тому, що капітальна вартість основних фондів українських підприємств є непорівняно нижчою, ніж у країнах-лідерах економічного розвитку, тому відтворювальний потенціал нашої економіки не має повноцінної підтримки за рахунок амортизації, що нездатна чинити адекватний внесок у відтворення основного капіталу, як це відбувається у промислово розвинених країнах. Подальша експлуатація цих основних фондів не може привести до переходу до інтенсивного сценарію, бо їхній теоретично можливий внесок у виробництво сукупного продукту є обмеженим завдяки суттєвій застарілості основних засобів.

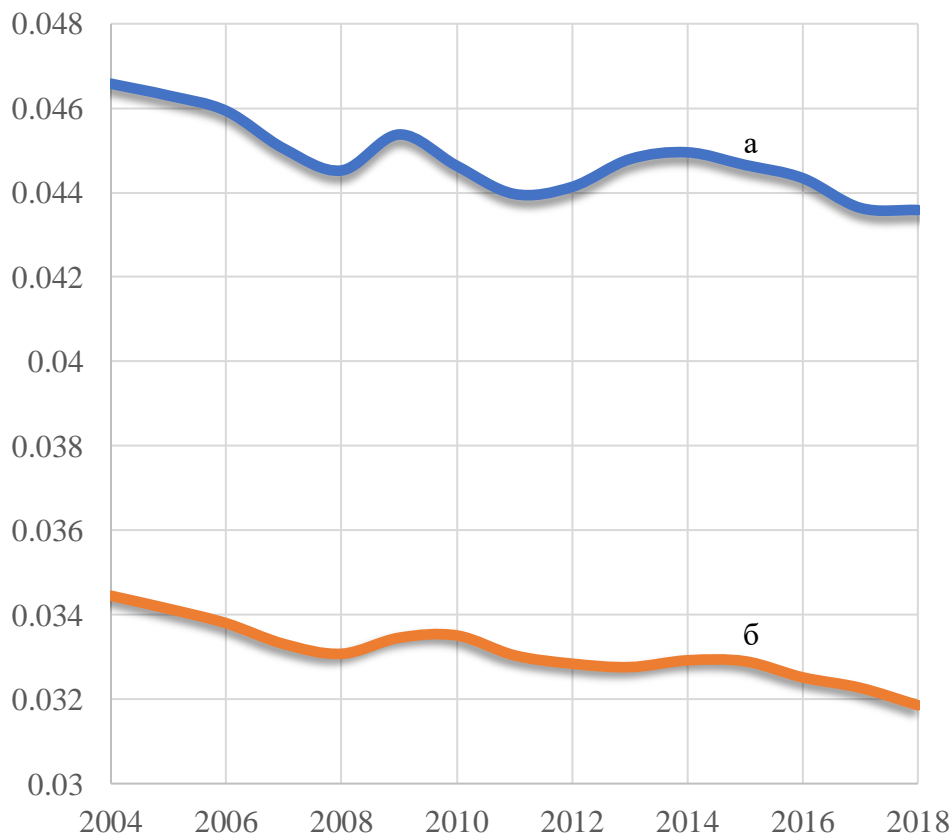


Рис 3. Графіки функцій $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ (а) та $\frac{\Delta}{\Delta_2}$ (б) залежно від часу за період 2004–2018 рр. для промисловості України

Джерело: розраховано автором

Спираючись на результати застосування методу продовження за параметром, стосовно вкладу праці, можна заключити наступне – ці результати кількісно віддзеркалюють закон випереджаючого росту продуктивності праці, потужність прояву якого відображається перепадом значень $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ (рис. 3, крива а) на початок та кінець аналізованого періоду. Варто зазначити, що цей перепад не можна інтерпретувати як точний сумарний кількісний показник випереджаючого росту продуктивності праці, тобто виходячи з рис. 3 не можна

стверджувати, що продуктивність праці випереджає оплату праці точно на 6,86%, як це впливає з графіку кривої а) на цьому рисунку. Але варіація ВФ за коефіцієнтом еластичності взаємозаміни праці дозволяє зіставляти тенденції у прояві цього закону для різних економічних систем, включаючи окреме підприємство, регіон, окрему галузь чи національну економіку у цілому.

Після цього теоретичного зауваження необхідно повернутися до загального аналізу рис. 3. З нього видно, що можлива варіація ВФ по обох параметрах знижується зі зростанням «ступеню не стаціонарності» системи, тобто виразу (8), що був отриманий шляхом диференціювання ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена за часом. Економічний зміст цього спостереження, на думку автора, полягає у наступному: ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена включає коефіцієнт регресії ω , що враховує вплив спадної продуктивності альтернативних факторів виробництва. Розрахунок цього параметру на емпіричних даних, що охоплюють періоди зі значними змінами сценаріїв розвитку економічної системи, призводить до того, що проявляється ефект «запізнювання», коли тренд продовжує діяти певний час, незважаючи на те, що умови в економічному середовищі вже змінилися. Цей ефект пояснюється тим, що сукупний продукт в економіці зазвичай виробляється за рахунок витрат, що були здійснені у попередніх періодах. Чим більшими будуть відмінності у сценаріях розвитку, тим більшим буде цей ефект, й, відповідно, – тим у більшому ступені будуть нівелюватися варіації, які у такому випадку будуть спричинені тільки найбільш загальними макроекономічними залежностями, такими, як згадані вище закони випереджаючого росту продуктивності праці та спадної граничної продуктивності фактора.

Окрім того, співставлення кривих на рис. 3 свідчить про те, що чутливість ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена до зміни еластичності за працею є помітно вищою за чутливість до зміни еластичності за капіталом. Економічний зміст цього результату, на думку автора, полягає у тому, що за розглянутий період розвитку національної промисловості тільки жорстока криза 2014/2015 років була здатна спричинити формально інтенсивний сценарій розвитку промисловості (табл. 1) за рахунок того, що при спадній динаміці індексу промислового виробництва, практичної відсутності інвестицій у основні фонди, зростала середня заробітна платня. Знов – це локальний ефект, що пов'язаний з особливостями розвитку національної промисловості під час кризи. Але сам підхід, що базується на співставленні чутливості ВФ до факторів виробництва, які були визначені за допомогою методу продовження за параметром, є досить перспективним та може допомогти при з'ясуванні тонких ефектів процесу виробництва сукупного продукту як на рівні виробничої системи у цілому, так і на рівні окремого підприємства.

Завершуючи розгляд застосування методу продовження за параметром до неоднорідної ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена, варто знов зауважити, що K та L є табличними функціями від часу, тобто мають строгу прив'язку до конкретних емпіричних даних, і навпаки, час у виразі (8) розглядається як безперервна змінна. Тобто результати розрахунку чутливості ВФ до коефіцієнтів еластичності, що наведені на рис. 3, мають приватний характер. Метою автора було продемонструвати, що застосування методу продовження за параметром до неоднорідної ВФ дозволяє аналізувати прояви досить тонких економічних закономірностей та оцінювати їхні кількісні параметри на основі емпіричних даних.

Таким чином, попередній аналіз розвитку національної та регіональної економічної системи, проведений на основі застосування методу продовження за параметром до виробничої CES-функції у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена дозволяє зробити наступні рекомендації щодо технологічної політики вітчизняних підприємств на сучасному етапі розвитку економіки:

- капіталовкладення у модернізацію та оновлення основних фондів у поточному періоді є дуже виправданими тому, що ведуть до підвищення конкурентоспроможності продукції та одночасно не «погіршують» сценарій розвитку ані підприємства, ані галузі у цілому;

- подальше збільшення компенсації за працю не призведе до підвищення інтенсивності у промисловості, насамперед, тому, що воно було зумовлене інфляційними процесами, завдяки чому випередження росту продуктивності праці за період, який включає кризові роки є нижчим за рівень 10%, котрий вважається нормою у передових економіках;
- разом з тим, враховуючи, що чутливість ВФ, побудованої для національної промисловості до зміни еластичності за працею, є помітно вищою за чутливість до зміни еластичності за капіталом; нагальними завданнями для вітчизняних промислових підприємств є впровадження більш справедливих підходів до нарахування заробітної платні, наприклад, із застосуванням оцінки внеску, що робітники роблять до виробництва кінцевого продукту, який знаходить збут на ринку;
- зрозуміло, що розрахунки ВФ базуються на оцінці доданої вартості у промисловості без врахування кон'юнктури на зовнішньому ринку, тому підприємства, які здійснюють експорт власної продукції, знаходяться у привілейованому стані та можуть реалізовувати коштовні проекти з вдосконалення основних виробничих фондів, незважаючи на внутрішні економічні процеси;
- зважаючи на останній висновок та той факт, що відтворення у національній економіці не має адекватного джерела підтримки з амортизаційних відрахувань, варто звернути увагу на необхідність формування державної політики у галузі модернізації основних фондів, що стимулює підприємств-експортерів інвестувати в оновлення техніко-технологічного обладнання.

Висновки і перспективи подальших розробок. Окрім вищезазначеного, підводячи підсумки аналізу використання виробничих CES-функцій під час розробки заходів технологічної політики вітчизняних підприємств, можна зробити такі конкретні висновки:

- 1) виробнича CES-функція у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена дає вичерпну інформацію щодо сценарію розвитку підприємства, регіону, галузі та навіть національної економіки в цілому;
- 2) застосування методу продовження за параметром до нестационарного формулювання виробничої CES-функції у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена дозволяє кількісно оцінити вплив таких базових макроекономічних законів, як закони випереджаючого росту продуктивності праці та спадної граничної продуктивності фактора;
- 3) разом з тим варіації ВФ за головними виробничими факторами, що були отримані на основі застосування методу продовження за параметром, не надають прямої кількісної інтерпретації потужності дії цих законів у конкретних виробничих системах, але відкривають можливість зіставляти тренди у використанні основних виробничих факторів для системи, що розглядається, й, відповідно, – прогнозувати сценарії її розвитку у майбутньому;
- 4) у результаті застосування методу продовження за параметром до примусово однорідної ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена було встановлено асимптотичний характер зміни показника інтенсивності сценарію розвитку економічної системи;
- 5) шляхом застосування методу продовження за параметром до неоднорідної ВФ у формі Кобба-Дугласа-Тінбергена виявлений негативний вплив «ступеню не стаціонарності» системи на загальну можливу варіацію ВФ по обох факторах виробництва;
- 6) на основі варіаційного аналізу неоднорідної ВФ було сформульовано конкретні рекомендації щодо технологічної політики вітчизняних підприємств, які прив'язані до конкретного етапу розвитку національної економіки.

У якості напрямку подальших досліджень треба вказати на застосування розробленого підходу до окремих підприємств, що належать до різних сфер діяльності та проведення порівняльного аналізу трендів, які можуть бути встановлені на основі зіставлення варіацій ВФ за основними факторами виробництва.

Література

1. Thompson, A. A., & Strickland, A. J. (2001). *Strategic management : concepts and cases*. Boston, MA : McGraw-Hill/Irvin.

2. Strickland, A. J., & Thompson, A. A. (1995). *Cases in strategic management*. Chicago : Irwin.
3. Сазонов В. Г. Методический подход к организации эффективного воспроизводства основных фондов промышленных предприятий. Территория новых возможностей. *Вестник ВГУЭС*. 2012. № 2. С. 7–19.
4. Державна служба статистики України : сайт. URL: ukrstat.gov.ua (дата звернення: 23.04.2019).
5. Грибкова С. М., Цинько І. О. Аналіз стану основних засобів промислових підприємств України. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 2. С. 48–52.
6. Помилуйко Є. Амортизаційна політика в Україні : проблеми і перспективи вдосконалення. *Економічний аналіз*. 2011. Вип. 8. Ч. 1. С. 157–160.
7. Douglas, P. (1976). The Cobb-Douglas production function once again: its history, its testing, and some new empirical values. *Journal of Political Economy*. No. 84 (5). Pp. 903–916. DOI: <https://doi.org/10.1086/260489>.
8. Özçam, A., & Özçam D. S. (2019). Three paradoxes with the Cobb-Douglas production function. *European Journal of Business and Management*. Vol. 11. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.7176/ejbm/11-1-12>.
9. Статистична інформація. Економічна статистика / Державна служба статистики України : сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html (дата звернення: 23.04.2019).
10. Економічна статистика. Економічна діяльність. Промисловість / Державна служба статистики України : сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/prom.htm (дата звернення: 25.04.2019).
11. Ершов Э. Б., Садыков И. С. Исследование взаимозаменяемости ресурсов и их динамической пропорциональности в отраслях промышленности СССР. *Экономика и математические методы*. 1985. Вып. XXII (3). С. 426–440.
12. Barro, R., & Sala-I-Martin, X. (1992). Public Finance in Models of Economic Growth. *The Review of Economic Studies*. Vol. 59. Issue 4. Pp. 645–661. DOI: <https://doi.org/10.2307/2297991>.
13. Varian, H. R. (2017). *Microeconomic analysis*. 9th ed. New Delhi [etc.] : Viva Books.
14. Павлова Н. Г. Исследование открытой динамической модели Леонтьева с непрерывным временем как линейной динамической системы с управлением. *Дифференциальные уравнения*. 2019. Т. 55. Вып. 1. С. 111–116. DOI: <https://doi.org/10.1134/s0374064119010114>.
15. Зверьяков, М. І. Теоретична парадигма сталого розвитку та українські реалії. *Економіка України*, 2018. № 10. С. 10–31.

References

1. Thompson, A. A., & Strickland, A. J. (2001). *Strategic management: concepts and cases*. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.
2. Strickland, A. J., & Thompson, A. A. (1995). *Cases in strategic management*. Chicago: Irwin.
3. Sazonov, V. H. (2012). Methodological approach to organizing of an effective reproduction of industrial enterprises fixed assets. Territory of new opportunities [Metodicheskiy podkhod k organizatsii effektivnogo vosproizvodstva osnovnykh fondov promyshlennykh predpriyatiy. Territoriya novykh vozmozhnostey], *Vestnik VGUES*, No. 2, s. 7–19 [in Russian]
4. State Statistics Service of Ukraine: website [Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny : sait], available at: ukrstat.gov.ua [in Ukrainian]
5. Hrybkova, S. M., Tsynko, I. O. (2016). Analysis of the state of industrial enterprises fixed assets of Ukraine [Analiz stanu osnovnykh zasobiv promyslovykh pidpriemstv Ukrainy], *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, No. 2, s. 48–52 [in Ukrainian]
6. Pomyliuko, Ye. (2011). Depreciation policy in Ukraine: problems and prospects for improvement [Amortyzatsiina polityka v Ukraini: problemy i perspektyvy vdoskonalennia], *Ekonomichniy analiz*, Vyp. 8, Ch. 1, s. 157–160 [in Ukrainian]
7. Douglas, P. (1976). The Cobb-Douglas production function once again: its history, its testing, and some new empirical values. *Journal of Political Economy*, No. 84 (5), pp. 903–916. DOI: <https://doi.org/10.1086/260489>.
8. Özçam, A., & Özçam, D. S. (2019). Three paradoxes with The Cobb-Douglas production function. (2019). *European Journal of Business and Management*, Vol. 11, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.7176/ejbm/11-1-12>.
9. *Statistical information. Economic statistics* [Statystychna informatsiia. Ekonomichna statystyka], Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, available at: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html [in Ukrainian]

10. *Economic statistics. Economic activity. Industry* [Ekonomichna statystyka. Ekonomichna diialnist. Promyslovist], Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, available at: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/prom.htm [in Ukrainian]
11. Ershov, E. B. & Sadykov, I. S. (1985). The study of resources interchangeability and their dynamic proportionality in the USSR industry sectors [Issledovanie vzaimozamenyaemosti resursov i ikh dinamicheskoy proporsionalnosti v otraslyakh promyshlennosti SSSR], *Ekonomika i matematicheskie metody*, Vyp. XXII (3), s. 426–440 [in Russian]
12. Barro, R., & Sala-I-Martin, X. (1992). Public Finance in Models of Economic Growth. *The Review of Economic Studies*, Vol. 59, Issue 4, pp. 645–661. DOI: <https://doi.org/10.2307/2297991>.
13. Varian, H. R. (2017). *Microeconomic analysis*. 9th ed. New Delhi [etc.]: Viva Books.
14. Pavlova, N. G. (2019). The study of Leontief open dynamic model with continuous time as a linear dynamic system with control [Issledovanie otkrytoy dinamicheskoy modeli Leonteva s nepreryvnym vremenem kak lineynoy dinamicheskoy sistemy s upravleniem], *Differencialnye uravneniya*, T. 55, Vyp. 1, s. 111–116. DOI: <https://doi.org/10.1134/s0374064119010114> [in Russian]
15. Zvieriakov, M. I. (2018). Theoretical paradigm for sustainable development and Ukrainian realities [Teoretychna paradyhma staloho rozvytku ta ukraïnski realii], *Ekonomika Ukrainy*, No. 10, s. 10–31 [in Ukrainian]