



**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ
ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ
ВНЕСКУ НАУКОВО-
ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ
В МОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНОГО
ЗРОСТАННЯ**

**Юрій
Харазішвілі**

Старший науковий співробітник відділу досліджень тіньової економіки та корупції Національного інституту стратегічних досліджень, доктор економічних наук, м. Київ



**Володимир
Денисюк**

Старший науковий співробітник Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г.М. Доброва НАН України, кандидат технічних наук, м. Київ

Нині забезпечення якості економічного розвитку є ключовим питанням макроекономічної політики України. Одним із головних факторів якісних змін економічної системи є науково-технічний прогрес (НТП), визнаний в усьому світі як найважливіший фактор економічного розвитку. Ще академік В.І. Вернадський теоретично довів, що науково-технічний прогрес — це єдиний процес у розвитку людства, який, як і час, ніколи не переривався і не повертався назад¹.

Усе частіше у західній і вітчизняній літературі НТП пов'язується з поняттям інноваційного процесу. Причини виникнення інновацій, їх роль, динаміка, механізм поширення, ефект впливу на економічний розвиток у науковій літературі трактуються неоднаково у межах тієї чи іншої теорії інновацій.

Економічне зростання і технічний прогрес у неокласичній теорії інновацій — це рівномірний процес поліпшень, пов'язаних з удосконалюванням продуктивних сил. Неокласична теорія інновацій розвинулася у теорії інновацій Я. Тінбергена², який обґрунтував механізм дії екзогенного, тобто такого, що привноситься в систему ззовні, фактора — НТП — тобто техніко-технологічних і організаційно-управлінських інновацій на основі статистичного застосування виробничої функції Кобба — Ду-гласа.

Згідно з К. Ерроу³, НТП як еволюційний процес — це трансформація численних приватних інновацій у фундаментальні технологічні нововведення. Тому, якщо науково-дослідні й дослідно-конструкторські роботи

¹ Вернадский В.И. *Научная мысль как планетарное явление* / В.И. Вернадский. — М.: Наука, 1991. — С. 64.

² Тинберген Я. *Математические модели экономического роста* / Я. Тинберген, Х. Босс. — М.: Прогресс, 1967.

³ Arrow K.J. *The Economic Implications of Learning by Doing* / K.J. Arrow // *Revue of Economic Studies*. — 1962. — № 29 (June). — P. 155—173.

(НДДКР) інтегруються у сферу бізнесу, то технічний прогрес більшою мірою характеризується як ендогенний процес.

Актуальність впливу результатів НТП на інноваційний розвиток економіки потребує послідовного та всебічного дослідження різних аспектів проблеми побудови теорії відтворення науково-технічного і технологічного потенціалу. Не вирішеною є проблема співвідношення та автономності науково-технічної сфери та економічних і фінансових процесів. Іншими словами, НТП є екзогенним чи ендогенним фактором економічного розвитку.

Зазначимо, що фактор НТП ототожнюється з сукупною факторною продуктивністю (СФП). У цьому випадку економічне зростання можливе при зменшенні і темпів капіталовкладень, і їх фізичного обсягу. З розвитком і освоєнням досягнень НТП переважають інтенсивні фактори.

На основі статистичного застосування виробничої функції Кобба — Дугласа в середині ХХ ст. було доведено, що динаміка витрат праці й капіталу і навіть зміни їх співвідношення не пояснюють адекватно оцінені статистично особливості макроекономічної динаміки темпів економічного зростання, оскільки виявлявся деякий надлишок, що був пояснений Я. Тінбергеном дією третього, незалежного від праці та капіталу, фактора виробництва. Цей надлишок, названий “залишком Солоу”, дорівнює різниці між величиною зростання обсягу випуску і величиною, зростання якої пояснюється зростанням капіталу і праці і є мірою незнання причин економічного зростання.

Крім того, НТП є найбільш дієвим засобом боротьби з інфляцією шляхом безпосереднього збільшення сукупної пропозиції. Тому кількісна оцінка впливу НТП як СФП та результату інноваційної діяльності на динаміку економічного розвитку й ендогенне визначення його внеску в економічне зростання є досить актуальною.

У рамках неокласичної теорії інновацій були проведені емпіричні дослідження з кількісної оцінки внеску НТП в економічне зростання на макrorівні економічної системи. Більш широкий розвиток теорія декомпозиції джерел зростання отримала в моделі Р. Солоу⁴, а також у працях Дж. Кендрика, Е. Денісона⁵, З. Гриліхіса, Д. Джоргенсона⁶ та ін.

Р. Солоу і Дж. Кендрик зростання продуктивності розглядають як головне джерело зростання випуску продукції. Е. Денісон запропонував методику оцінки використовуваних факторів, що дозволило істотно зменшити непояснений залишок. У результаті застосування методики остаточний залишок склав 44 %. Е. Денісон довів, що отриманий залишок — це реально використовувані науково-технічні досягнення, невраховані фактори і сума всіх помилок, оцінок і вимірів. Таким чином, з теорії інновацій Е. Денісона можна зробити два основні висновки:

— раніше не досліджувані компоненти виробничого процесу впливають на його результати;

⁴ Solow R. *Technical Change and Aggregate Production Function* / R. Solow // *Review of Economics and Statistics*. — 1957. — № 39. — P. 312—320.

⁵ Denison E.F. *The Sources of Economic Growth in the United States and Alternatives Before Us* / E.F. Denison — New York : Committee for Economic Development, 1962.

⁶ Griliches Z. *Issues in growth accounting: a reply to Edward F. Denison* / Z. Griliches, D. Jorgenson // *The Survey of Current Business*. — 1972. — Vol. 52. — № 5. — P. 65—94.

— незважаючи на істотно менше значення, остаточний залишок є значно важливішим фактором економічного зростання, ніж кожний з неокласичних факторів виробництва окремо.

Іншої теоретичної позиції дотримувалися З. Гриліхіс і Д. Джоргенсон⁷ і відповідно отримали протилежні результати. Вони припускали, що точніша специфікація моделі зведе залишок Солоу до нуля. Не викликає сумнівів, що цей залишок буде різним для різних країн, навіть для різних видів економічної діяльності та регіонів однієї країни. Тому останнім часом дослідники не полишають спроб оцінити внесок НТП як фактора СФП в економічне зростання як за кордоном, так і в Україні.

Почнемо аналіз з найбільш спрощених спроб такої оцінки, яскравим прикладом якої є публікація Міжнародного центру перспективних досліджень⁸. Отже, *випуск* залежить від продуктивності поєднання капіталу й праці, а виробнича функція Кобба — Дугласа визначає, у який спосіб праця, капітал і СФП поєднуються, аби забезпечити *випуск* (1):

$$Y = P^\alpha K^{(1-\alpha)} \text{СФП}, \square \quad (1)$$

але вже у наступному реченні стверджується, що Y — *реальний ВВП* залежить від праці (P), капіталу (K) і сукупної факторної продуктивності. Згідно із СНР, випуск та ВВП — це не одне й те саме. ВВП є часткою випуску, яка складається з проміжного споживання та ВВП. Тому незрозуміло, про що йдеться — про випуск чи ВВП?

За численними публікаціями зарубіжних⁹ та українських фахівців¹⁰, у лівій частині функції Кобба — Дугласа має бути випуск, а не ВВП.

Пропонується довгостроковий прогноз потенційного ВВП за допомогою виробничої функції, проте для науково-технічної та економічної політики в цілому першочерговий інтерес становить короткочасний період.

Неспроможність вирахувати коефіцієнт еластичності для різних періодів призводить до визначення його як середнього для ОЕСР значення 0,66, а також до того, що це значення збігається із внеском праці у ВВП у більшості країн. Застосування регресійних методів оцінки параметрів виробничої функції також призводить до серйозних проблем. Аналогічної думки дотримуються також Т. Улау та Л. Раль¹¹, які зазначають, що “...оскільки причиною мультиколінеарності є не існування тісного лінійного зв’язку між Y , A і K , а, скоріше, кореляція кожної з цих змінних у часі, то всі оцінки параметрів виробничої функції, а особливо еластич-

⁷ Griliches Z. Issues in growth accounting: a reply to Edward F. Denison / Z. Griliches, D. Jorgenson // *The Survey of Current Business*. — 1972. — Vol. 52. — № 5. — P. 65—94.

⁸ Потенціал України та його реалізація: Спільний аналітичний звіт Міністерства економіки України, Міністерства фінансів України та Національного банку України. — Розділ 3: Довгостроковий огляд потенційного випуску в Україні. — К., 2008. — С. 54—66 [Ел. ресурс]: Режим доступу: www/icps.com.ua/dx/Gov%20UKR%20report.pdf.

⁹ Оппенлендер К. Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты / К. Оппенлендер. — Мюнхен, 1980. — С. 37—38; Плакунов М.К. Научно-технический прогресс в моделях экономического роста / М.К. Плакунов, Г.В. Шалабин // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. — Сер. 5. — 2002. — Вып. 2 (№ 13). — С. 100; Бессонов В.А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике / В.А. Бессонов // *Институт экономики переходного периода*. — М., 2002. — С. 9.

¹⁰ Корольков В.В. Особливості врахування фактора технічного прогресу у виробничій функції / В.В. Корольков // *Економіка і прогнозування*. — 2009. — № 2. — С. 98; Харазішвілі Ю. Вимірювання тіньового ВВП за допомогою функцій сукупного попиту та сукупної пропозиції / Ю. Харазішвілі // *Економіка України*. — 2007. — № 1. — С. 57—63.

¹¹ Uhlau T. Die Messung des technischen Fortschritts / T. Uhlau, L. Rall. — Tubingen, 1970. — P. 85.

ностей випуску за ресурсами, що визначаються за допомогою регресійного аналізу часових рядів, виявляються проблематичними”.

За дослідженнями Ч. Кобба та Р. Дугласа¹², значення коефіцієнтів еластичності не є постійними, а змінюються в кожному наступному періоді та відрізняються для різних видів економічної діяльності в одній країні, а тим більше, в різних країнах, що вказує на динамічний характер залежностей, обумовлених впливом НТП.

Під працею L розуміють чисельність населення у працездатному віці, тому розмірності у лівій та правій частинах (1) не збігаються, що неприпустимо. Ще в школі дітей учать, що при використанні будь-якого рівняння розмірності в лівій і правій його частинах мають збігатися. Насправді у виробничій функції під працею необхідно розуміти не чисельність працюючих, а затрати праці¹³ (добуток чисельності зайнятих на середньорічну заробітну плату).

Крім того, під поняттям “капітал” треба розуміти виробничий капітал та коефіцієнт його завантаження для визначення СФП в кожному періоді. Більше того, капітал треба перераховувати на дефлятор ВВП у попередньому періоді¹⁴. Без обрахування коефіцієнта завантаження виробничого капіталу висновки щодо потенційного випуску є безпідставними. Отже, визначені недоліки зводять нанівець отримані результати щодо СФП та потенційного випуску.

У дослідженні науковців Запорізького національного технічного університету¹⁵ вказується на необхідність введення динамічного коефіцієнта до кожного фактора у виробничій функції:

$$Y(t) = AK(t)e^{\alpha(t)}L(t)e^{\beta(t)}e^{r(t)} = AK(t)L(t)e^{(\alpha(t)+\beta(t)+r(t))} = AK(t)L(t)e^{v(t)}, \quad (2)$$

де $Y(t)$ — обсяг виробництва (грошовий вимір); A — погоджувальний коефіцієнт по одиницях виміру; $K(t)$ — капітал (грошовий вимір); $L(t)$ — трудові ресурси (вимір чисельності); $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $r(t)$ — показники кінетичних компонентів відповідно для ресурсів капіталу, праці і НТП; $r(t)$ — безрозмірний показник.

Вирішуючи рівняння (2) відносно цього показника, отримаємо:

$$v(t) = \ln[Y(t) / (AK(t)L(t))]. \quad (3)$$

Із застосуванням цього співвідношення була розроблена методика розрахунку комплексного показника фактора технічного прогресу (ФТП) і проведено дослідження його впливу на зміни ВВП. Заслужує на увагу спроба вирішення проблеми невідповідності розмірностей у виробничій функції. Але, на жаль, не пояснюється, як обчислюється та прогнозується погоджувальний коефіцієнт A та коефіцієнти еластичності $\alpha(t)$, $\beta(t)$; капітал не перераховується на інфляцію в минулому та не враховується коефіцієнт завантаження капіталу. За результатами розрахунків ФТП за

¹² Корольков В.В. Особливості врахування фактора технічного прогресу у виробничій функції / В.В. Корольков // Економіка і прогнозування. — 2009. — № 2. — С. 98.

¹³ Оппенлендер К. Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты / К. Оппенлендер. — Мюнхен. — 1980. — С. 37—38; Харазішвілі Ю. Вимірювання тіньового ВВП за допомогою функцій сукупного попиту та сукупної пропозиції / Ю. Харазішвілі // Економіка України. — 2007. — № 1. — С. 57—63.

¹⁴ Харазішвілі Ю. Вимірювання тіньового ВВП за допомогою функцій сукупного попиту та сукупної пропозиції / Ю. Харазішвілі // Економіка України. — 2007. — № 1. — С. 57—63.

¹⁵ Корольков В.В. Особливості врахування фактора технічного прогресу у виробничій функції / В.В. Корольков // Економіка і прогнозування. — 2009. — № 2. — С. 98.

рівнянням (3) отримано його значення у 2008 р. — 5,51054 для України при наступних значеннях складових (в дужках для порівняння наводимо фактичні дані Держкомстату): ВВП — 239 765 млн дол. США (948,1 млрд грн); капітал — 45,99496 млн дол США (3150,0 млрд грн); чисельність працюючих — 21080,5 тис. осіб.

Рівень НТП (T_t) розглядають, зазвичай, залежно від часу, причому ця залежність виражається за допомогою такої простої функції¹⁶:

$$T_t = e^{\lambda t}, \quad (4)$$

де e — підстава натурального логарифма; λ — постійний темп технічного прогресу.

Якщо припустити, що розрахований за виразом (3) ФТП та темп НТП — тотожні, тобто $v(t) = 5,51054$, тоді $e^{v(t)} = 247,48$, що важко пояснити з економічної позиції.

Значна увага визначенню фактора НТП в економічному зростанні приділяється в Російській Федерації. У праці Е. Назруллаєвої¹⁷ стверджується, що оцінка рівня технологічного прогресу тісно пов'язана з вивченням природи економічного зростання. Підхід до оцінювання технологічного прогресу, використовуваний у зазначеній праці, заснований на оцінюванні СФП за методом Р. Солоу¹⁸.

Передбачається, що технологічний прогрес визначається екзогенно як залишок від зростання випуску, що не пояснюється динамікою факторів виробництва і дає змогу судити про рівень технологічного прогресу в економіці. Зазначається, що індикатор СФП, запропонований Р. Солоу, не враховує завантаження виробничих потужностей та може привести до викривлених оцінок СФП. Тому робиться спроба врахувати рівень завантаження виробничих потужностей на підставі офіційних статистичних даних, отриманих за допомогою опитувань підприємств. Моделювання технологічного прогресу базується на підході С. Басу¹⁹, який передбачає, що технологія виробництва може бути описана виробничою функцією однорідного ступеня (5):

$$Y_t = F(Z_t K_t, E_t H_t N_t, M_t, A_t), \quad (5)$$

де Y_t — обсяг випуску; Z_t — рівень використання капіталу; K_t — запас капіталу; E_t — рівень використання праці одного працівника; H_t — кількість годин, відпрацьованих одним працівником; N_t — чисельність зайнятих у галузі; M_t — затрати на сировину і матеріали; A_t — рівень технології.

У наведеному підході капітал не розділяється на основні та виробничі фонди й обчислюється за рекурсивною формулою: $K_{t+1} = K_t(1 - \delta) + I_t$. Зазначається, що в емпіричній літературі існує проблема, пов'язана з незначимістю капіталу. На нашу думку, це пов'язано з тим, що капітал у кожному періоді додатково до наведеної рекурсивної формули не перераховується на інфляцію (дефлятор) попереднього періоду. Використан-

¹⁶ Оппенлендер К. *Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты* / К. Оппенлендер. — Мюнхен. — 1980. — С. 40.

¹⁷ Назруллаева Е. *Оценивание уровня технологического прогресса в российской экономике* / Е. Назруллаева // *Квантиль*. — 2008. — № 5. — С. 59–82.

¹⁸ Solow R. *Technical Change and Aggregate Production Function* / R. Solow // *Review of Economics and Statistics*. — 1957. — № 39. — P. 312–320.

¹⁹ Basu S. *Are technology improvements contractionary?* / Basu S., Fernald J., Kimball M. // *American Economic Review* 96. — 2006. — P. 1418–1448.

ня відпрацьованих годин для визначення затрат праці не усуває проблему відповідності розмірностей. Для цього потрібно ввести ще один множник — середньогодинну оплату праці.

У результаті досліджень з'ясовується, що аналіз періоду 1995—2004 рр. за стандартним методом Р. Солоу не дав галузевих оцінок СФП у зв'язку з тим, що динаміка комбінації факторів виробництва без урахування завантаження виробничого капіталу не в змозі пояснити U — образну динаміку випуску. Висловлюється думка, що отримані від'ємні темпи зростання СФП ставлять під сумнів вимірювання СФП як “залишку Солоу”.

Відзначимо працю В. Вельфе (Інституту економетрики і статистики Лодзького університету)²⁰, в якій для оцінення СФП застосовується така виробнича функція:

$$X_t = A_t K_t^\alpha N_t^{(1-\alpha)} e^{\varepsilon_t}, \quad (6)$$

де X_t — ВВП або додана вартість (у постійних цінах); K_t — основні фонди (у постійних цінах); N_t — чисельність зайнятих; A_t — сукупна продуктивність факторів виробництва; ε_t — показник відхилень.

Припускається, що частки вартості робочої сили й основного капіталу (коефіцієнти еластичності) не змінюються в часі. Таке припущення є дуже суттєвим спрощенням і насправді не відповідає дійсності, що призводить до викривлених оцінок СФП.

Вважається більш коректним застосування розширеної виробничої функції для Польщі та вводяться два такі показники — коефіцієнти використання капіталу (WKZ_t) та робочого часу (WN_t). Змінні основних фондів пов'язані з їх сукупними значеннями. В аналізі, зробленому для Польщі, виділено два варіанти — обладнання (KM_t) (аналог виробничого капіталу), яке відіграє активну роль у виробництві, і сукупні основні фонди (K_t) — з пріоритетом, наданим першому варіанту.

Оцінка значення індексів СФП (тобто змінна A_t) була отримана шляхом ділення темпів зростання фактичного обсягу виробництва на темпи зростання потенційного обсягу виробництва, виведені з функції (6) в логарифмічній формі:

$$\Delta \ln A_t = \Delta \ln X_t - [\alpha \Delta \ln K_t + (1 - \alpha) \Delta \ln N_t]. \quad (7)$$

При цьому робиться застереження, що зроблене у теорії зростання припущення про те, що продукція реалізується на рівні потенційного обсягу виробництва, часто не відповідає дійсності. Це є однією з серйозних проблем, які впливають з емпіричних застосувань моделей зростання. Для двох варіантів було отримано такі оціночні значення еластичності виробництва до основних фондів (α): для обладнання $\alpha = 0,5$; для сукупних основних фондів $\alpha = 0,62$. Середньорічні темпи зростання СФП за період 1971—1990 рр. для Польщі становили для фактичної продуктивності $-0,5$ %. До зауважень можна віднести наявність у лівій частині виробничої функції ВВП, а не випуску, постійність коефіцієнтів еластичності та відсутність перерахування капіталу на інфляцію, що призводить до зміщених оцінок СФП.

²⁰ Вельфе В. Детермінанти зростання у формуванні економічного потенціалу (приклад Польщі) / В. Вельфе // Економіка та прогнозування. — 2002. — № 4. — С. 9—35.

Однією з фундаментальних праць в Російській Федерації є праця В.А. Бессонова (Інституту економіки перехідного періоду)²¹. В основу аналізу покладено довгострокову виробничу функцію, для якої всі параметри вважаються незмінними на всьому часовому інтервалі. Вочевидь, це навряд чи відповідає дійсності.

Це дуже серйозне припущення, яке може ставити під сумнів отримані результати. У такому разі отримаємо результати для невідомої країни в невідомий період часу, тобто якісь гіпотетичні результати. Стверджується, що практично завжди динаміку випуску в першому наближенні можна описати регресійною залежністю від динаміки факторів. Виникає питання: наскільки наближення є перше наближення? Насправді це справедливо тільки для минулих періодів. У прогнозних періодах, особливо в умовах трансформаційної економіки, похибка наближення може досягати 50 %. Для оцінки СФП використовується стандартна виробничу функція Кобба — Дугласа:

$$Y = A(t)F(K, L), \quad (8)$$

де Y — випуск; A — залежний від часу залишок, названий сукупною факторною продуктивністю, якій відображає внесок всіх інших факторів; K — капітал; L — праці (чисельність зайнятих);

При цьому темп технічного прогресу вважається постійним, а коефіцієнти еластичності для капіталу та праці приймаються незмінними та рівними 0,3 і 0,7 відповідно, як їх вперше запропонував Е. Денісон для американської промисловості. Вираз для СФП представляється в такому вигляді:

$$A = \frac{Y}{F(K, L)}. \quad (9)$$

Таке визначення СФП передбачає екзогенне визначення коефіцієнтів еластичності, не пов'язаних з динамікою випуску. Тобто $F(K, L)$ не придатна для прогнозування, а тільки для визначення A у минулих періодах. Постійність темпів НТП, коефіцієнтів еластичності та неврахування завантаження капіталу дають спрощену формулу визначення темпів НТП у диференціальному вигляді²²:

$$p = \delta_y - (E_K \delta_K + E_L \delta_L), \quad (10)$$

де $\delta_y, \delta_K, \delta_L$ — темпи випуску, капіталу та праці; E_K, E_L — еластичності випуску для капіталу та праці; p — член, що враховує внесок у темп випуску всіх інших факторів.

Очікується, що для отримання більш адекватних оцінок СФП потрібно враховувати рівень завантаження основних фондів. Для цього використовуються дані Держкомстату Росії — рівень використання середньорічної потужності підприємств з випуску окремих видів промислової продукції. На підставі цих оцінок формується зведений індекс завантаження виробничих потужностей у промисловості, однак немає можливості отримати аналогічні дані для інших видів економічної діяльності.

²¹ Бессонов В.А. О динамике совокупной факторной производительности в российской переходной экономике / В.А. Бессонов // Экономический журнал ВШЭ. — 2004. — № 4. — С. 542–587.

²² Там же.

Серед позитивних моментів цієї праці — спроба вирішити проблему ефективності старих та нових фондів через відповідні коефіцієнти. У зв'язку з тим, що ефективність нових фондів значно вища, ніж ефективність старих, можна враховувати лише нововведені фонди, що приблизно відповідає валовим інвестиціям поточного року.

Однією з фундаментальних зарубіжних праць, присвячених впливу НТП на економічне зростання, є робота Мюнхенського інституту досліджень²³. Обґрунтовується, що, по-перше, результатом втілення НТП є більш високий обсяг випуску продукції; по-друге, при постійному обсязі виробництва він обумовлює економію затрат на окремих факторах виробництва, що може бути додатковим фактором економічного зростання. При цьому висловлюється дуже важлива думка, що для реалізації зростаючих обсягів виробництва необхідне підвищення доходів за рахунок прискорення НТП.

За результатом критичного аналізу літератури була обрана виробнича функція Кобба — Дугласа з нейтральним за Гіксом технічним прогресом, який виявляється в зміні параметрів δ і $(1 - \delta)$ та підтверджує неправомірність їх постійності:

$$Y_t = \gamma_0 e^{\lambda t} L_t^{\delta} K_t^{(1-\delta)}, \quad (11)$$

де Y — випуск продукції; λ — постійний темп технічного прогресу; L — затрати праці (відпрацьовані людино-години); K — затрати капіталу.

Проведено також аналіз досліджень оцінки темпів НТП за допомогою CES-функції та зроблено висновок, що спробу такої оцінки слід розглядати як приречену на провал. Відмічаються також серйозні проблеми, пов'язані з ідентифікацією параметрів виробничої функції за допомогою регресійного аналізу.

У своїй праці К. Оппенлендер виходить з того, що макроекономічна виробнича функція більшою мірою підходить для орієнтовної оцінки НТП порівняно зі звичайними індексами продуктивності факторів виробництва. НТП передбачається нейтральним за Гіксом, і поряд з виробничими ресурсами — працею і капіталом — він виступає як третя незалежна змінна. Однак НТП залежить не від часу, а від кумулятивних валових виробничих капіталовкладень:

$$\sum_{i=0}^{t-1} (\chi I)_{t-i}, \quad (12)$$

де $0 \leq \chi \leq 1$ — частка капіталовкладень, що впливає на НТП; I — валові капіталовкладення.

Важливим питанням у цій праці є визначення коефіцієнта завантаження капіталу, без якого неможливо визначити вплив НТП. Для цього використовуються непрямі методи обліку зміни ступеня завантаження виробничого капіталу — регресійні методи визначення залежностей від часу виробничої потужності й обсягу випуску та відбір точок виробничого максимуму, в яких обсяг випуску відповідає максимальній виробничій потужності. Критики цього методу вказують, що немає впевненості у тому, що отримані максимуми виробництва дійсно відповідають стану

²³ Оппенлендер К. *Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты* / К. Оппенлендер. — Мюнхен. — 1980. — С. 119.

повного завантаження виробничого капіталу. За іншим підходом необхідні дані про ступінь завантаження обладнання одержують шляхом опитування декількох тисяч промислових підприємств, що свідчить про суб'єктивність отриманих оцінок.

Таким чином, макроекономічна виробнича функція набуває такого вигляду²⁴:

$$Y_t = \gamma e^{\lambda \sum_{i=0}^{t-1} (\chi I)_{t-i}} L_t^{\alpha} (cK)_t^{r(1-\alpha)} e^{u_t}. \quad (13)$$

Згідно з розрахунковими даними, середньорічні темпи приросту виробництва обробної промисловості ФРН за періоди 1958—1971 і 1958—1977 рр. склали 6,33 і 4,76 % відповідно, у той час як аналогічні показники для індукованого капіталовкладеннями технічного прогресу — 2,61 і 2,99 %. Необхідно зазначити, що методика розрахунку темпів НТП в цілому у цій праці не розкривається.

За визначенням Н. Калдора²⁵, виробнича функція є спірною та штучною, а НТП, на його думку, не піддається кількісному оцінюванню. Тому його включення у функцію як пояснювальної змінної поряд з кількісно вимірюваними капіталом і працею неправомірне. Крім того, зрушення в темпах НТП залежать від змін у динаміці капіталу, що обумовлює взаємозалежність з деяким лагом пояснювальних змінних і ускладнює характеристику зростання випуску продукції.

Отже, у більшості розглянутих виробничих функцій НТП представлений залежним тільки від часу, тобто “як безупинно зростаючий позаекономічний фактор виробництва, що падає з неба як манна небесна”²⁶.

Необхідно, однак, пам'ятати, що насправді НТП може виявлятися тільки через виробничі фактори — працю і капітал, і що зростання виробничого капіталу важко уявити собі без технічного прогресу, як і реалізацію останнього без обліку реального зростання капіталу. Тому виробничі функції, у яких НТП не специфікований у явному вигляді, тобто представлений часом, а не змінними, що розкривають його зміст, не викликають великої довіри. У таких розрахунках НТП фактично розглядається як залишок. До всіх цих спроб належать зауваження Ж. Брінкмана²⁷, який вказує, що при визначенні технічного прогресу як залишкової величини “...виробнича функція розглядається як тотожність її правої і лівої частин і, таким чином, стає недоступною для спростування тавтологією”.

Мета пропонованої статті — дослідити на основі модифікованої функції Кобба — Дугласа внесок НТП в економічне зростання як “залишок” Р. Солоу та запропонувати новітній підхід до визначення темпів НТП як ендегенного фактору — відносної зміни критерію “узагальнена продуктивність”, залежного від пояснювальних змінних на прикладі України.

²⁴ Оппенлендер К. *Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты* / К. Оппенлендер. — Мюнхен. — 1980. — С. 77.

²⁵ Kaldor N. *A model of Economic Growth* / N. Kaldor // *Economic Journal*. — 1957. — № 67. — P. 596.

²⁶ Hesse H. *Die MeBbarkeit des technischen Fortschritts, dargestellt am Beispiel der Textilindustrie* / H. Hesse. — *Zeitschrift fur Allgemeine und Textile Marktwirtschaft, Sonderheft*, 1969. — P. 32.

²⁷ Brinkman G. *Zur Wissenschaftstheorie der Okonometrie* / G. Brinkman. — *Kyklos* 23, 1970. — P. 211.

Інструментом для подальших розрахунків внеску НТП в економічне зростання є модель функції сукупної пропозиції²⁸, що поєднує модель ринку праці та модель виробництва і заснована на модифікованій функції Кобба — Дугласа з нейтральним за Гіксом технічним прогресом та постійністю віддачі від масштабу:

$$V_t^S(P_t) = e^{\gamma t} L_t^{a_t} K_{z,t}^{1-a_t} = e^{\gamma t} [\xi_t N_t(P_t) W_t]^{a_t} (\vartheta_t K_t)^{1-a_t}, \quad (14)$$

де V_t — випуск продукції; P_t — дефлятор ВВП; $e^{\gamma t}$ — науково-технічний прогрес; γ — темп технічного прогресу (приймається 0,5 % на рік); L — затрати праці; K_z — затрати завантаженого капіталу; ξ — статистичний коефіцієнт зайнятості: частка найманих працівників у загальній чисельності зайнятих в економіці; N — загальна чисельність зайнятих; W — середньорічна номінальна заробітна плата найманих працівників; ϑ — коефіцієнт завантаження виробничого капіталу; K — переоцінена вартість виробничого капіталу; a — коефіцієнт еластичності.

Аналіз численних праць зарубіжних учених дає змогу зробити висновок, що ефект масштабу не підтверджується емпірично.

Модель функції сукупної пропозиції містить 22 аналітичних рівняння та одне стохастичне для прогнозування коефіцієнта завантаження майбутніх періодів. Введення до затрат праці (L) середньорічної заробітної плати дає змогу уникнути розбіжностей розмірностей (14). Коефіцієнт ξ може враховувати не тільки частку найманих працівників (включаючи малі підприємства), а й іншу категорію зайнятих, якщо привести її до еквівалента повного робочого часу та середньорічної заробітної плати.

Враховується, що у виробництві задіяні не всі основні фонди, а тільки виробничі. У процесі експлуатації виробничий капітал зношується і переносить свою вартість на продукт виробництва, тобто амортизується. У розглянутому періоді (як правило, рік) в економіці країни спостерігається певна інфляція (дефляція), тому вартість капіталу має бути переоцінена з урахуванням загального індексу інфляції P — дефлятора ВВП.

Допустимо, що часовий лаг впливу інвестицій у виробничий капітал дорівнює року. Викладене має можливість стверджувати, що вартість виробничого капіталу, який працює в періоді $t(K_t)$, визначається в попередньому періоді ($t-1$), тобто:

$$K_t = (K_{t-1} - A_{t-1} + I_{t-1} + PII_{t-1}) P_{t-1}, \quad (15)$$

де A_{t-1} — амортизація (споживання основного капіталу); I_{t-1} — інвестиції в основний капітал; PII_{t-1} — прямі іноземні інвестиції; P_{t-1} — дефлятор ВВП.

Вартість виробничого капіталу попереднього періоду K_{t-1} розраховується як середнє арифметичне на початок і на кінець цього періоду. Для розрахунку коефіцієнтів еластичності та завантаження виробничого капіталу використовується ітераційний алгоритм²⁹ із застосуванням умови рівноваги на ринку праці: заробітна плата попиту дорівнює заробітній платі пропозиції.

²⁸ Харазішвілі Ю. Класична модель функції сукупної пропозиції в контексті кейнсіанської теорії / Ю. Харазішвілі // Статистика України. — 2006. — №1. — С. 42—48.

²⁹ Харазішвілі Ю.М. Теоретичні основи системного моделювання соціально-економічного розвитку України / Ю.М. Харазішвілі. — К.: ТОВ "Поліграф-Консалтинг", 2007. — С. 170.

Таблиця 1. Внесок затрат факторів виробництва у зростання випуску, %

Рік	Темп приросту випуску*	Внесок затрат праці	Внесок затрат капіталу	Внесок НТП (за Солоу)
1999	0,0	0,7344	-0,6055	-0,1288
2000	8,9	-5,5000	8,5283	5,8758
2001	10,7	-3,0197	8,8964	4,8233
2002	5,7	0,7483	3,2742	1,6775
2003	11,5	1,7672	9,2735	0,4594
2004	14,2	-1,9393	13,864	2,2747
2005	4,5	14,100	-0,0448	-9,566
2006	7,8	0,3051	3,3732	4,1217
2007	10,2	5,5057	5,7533	-1,0590
2008	0,5	3,8475	3,6427	-6,9900
2009	-17,5	4,3289	-17,010	-4,8184

* Дані Держкомстату; інші — розрахунки авторів.

виль 1,898 %, затрат капіталу — 3,54 %, НТП (за Солоу) — -0,3 %. За визначений період НТП мав негативний внесок у 2005 та 2007—2009 рр., в інші роки — позитивний (рис. 1).

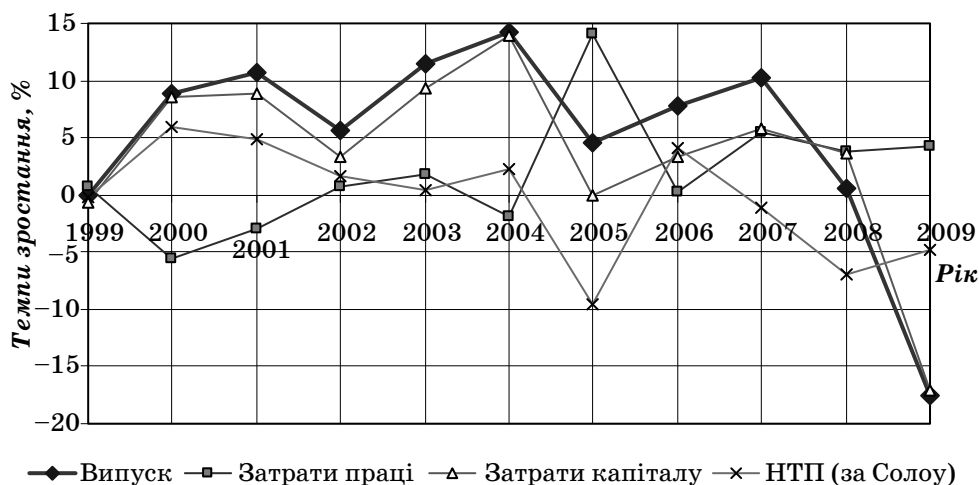


Рис. 1. Динаміка внеску в економічне зростання випуску факторів виробництва та НТП

Варто пам'ятати, що темп НТП, розрахований як "залишок Солоу", є тільки функцією часу та включає його прискорення, яке неможливо відокремити.

Враховуючи те, що НТП тісно пов'язаний з якісним поліпшенням виробничого капіталу, зумовленим освоєнням нових технологій і скороченням його терміну служби, відчутне зростання НТП залежить від частки нових капіталовкладень у загальному обсязі основного капіталу, що підтверджується емпірично (рис. 1). НТП, таким чином, стає залежним від капіталу фактором. Разом з тим, НТП виявляється також у якісних змі-

нах трудових ресурсів³⁰, тобто внаслідок якісних змін збільшує продуктивність праці та капіталу. Зі зміною продуктивності факторів виробництва НТП діє на функціональний розподіл національного доходу, впливає на економічне зростання та соціально-економічний розвиток.

Тому для визначення темпів НТП пропонується відслідковувати відносні зміни критерію “*випуск на одиницю продуктивної потужності*”, або узагальненої продуктивності³¹, динаміка якого наведена на рис. 2:

$$V_{ОПП, t} = \frac{V_t(P_t)}{N_t^D(P_t) \vartheta_t K_t P_t}, \quad (19)$$

де $V_{ОПП, t}$ — випуск на одиницю продуктивної потужності, або узагальнена продуктивність (по випуску); P_t — дефлятор ВВП; N_t^D — оптимальний попит на працю; ϑ_t — коефіцієнт завантаження виробничого капіталу; K_t — виробничий капітал.

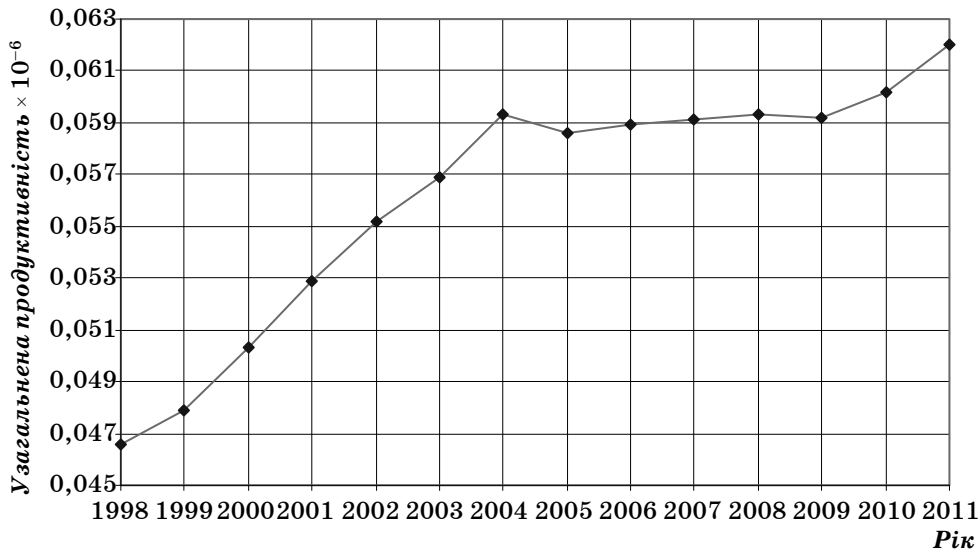


Рис. 2. Динаміка критерію узагальненої продуктивності

Таким чином, НТП (темпи його зростання) в загальному випадку залежить від обсягів випуску, попиту на працю, інфляції поточного періоду, коефіцієнта завантаження виробничого капіталу, який є функцією інвестицій в основний капітал та прямих іноземних інвестицій поточного періоду, капіталу, інвестицій в основний капітал, амортизації (споживання основного капіталу) та інфляції попереднього періоду.

Таке функціональне визначення НТП враховує кумулятивний вплив накопичення капіталу та його запізнювання на кінцевий результат:

$$\gamma_t = f[V_t, N_t^D, P_t, \vartheta_t(I_t^{ok}, PII_t), K_{t-1}, I_{t-1}^{ok}, A_{t-1}, PII_{t-1}, P_{t-1}]. \quad (20)$$

³⁰ Любич О.О. Моделювання впливу науково-технічного прогресу на економічне зростання та ефективність соціально-економічного розвитку / О.О. Любич, Ю.М. Харазішвілі, В.А. Денисюк // Моделювання та інформатизація соціально-економічного розвитку України : Зб. наук. пр. — 2009. — Вип. 10. — С. 3—16.

³¹ Харазішвілі Ю.М. Оцінка ефективності соціально-економічного розвитку регіонів України / Ю.М. Харазішвілі // Економіка України. — 2007. — № 9. — С. 55—62.

Отже, НТП є ендогенним фактором, який пов'язаний з витратами суспільства на наукові дослідження, освіту і технічне оновлення та організацію процесу виробництва, тому він сам залежить від рівня розвитку економіки.

Згідно з запропонованою гіпотезою, темп НТП можна визначити як відносні зміни критерію узагальненої продуктивності:

$$\gamma_t = \left(\frac{V_{\text{ОПН}, t}}{V_{\text{ОПН}, t-1}} - 1 \right) \cdot 100 \% . \quad (21)$$

Порівняння його з темпами НТП, отриманими як “залишок Солоу”, дає такі результати й можливість відокремити прискорення НТП від його абсолютних значень (рис. 3).

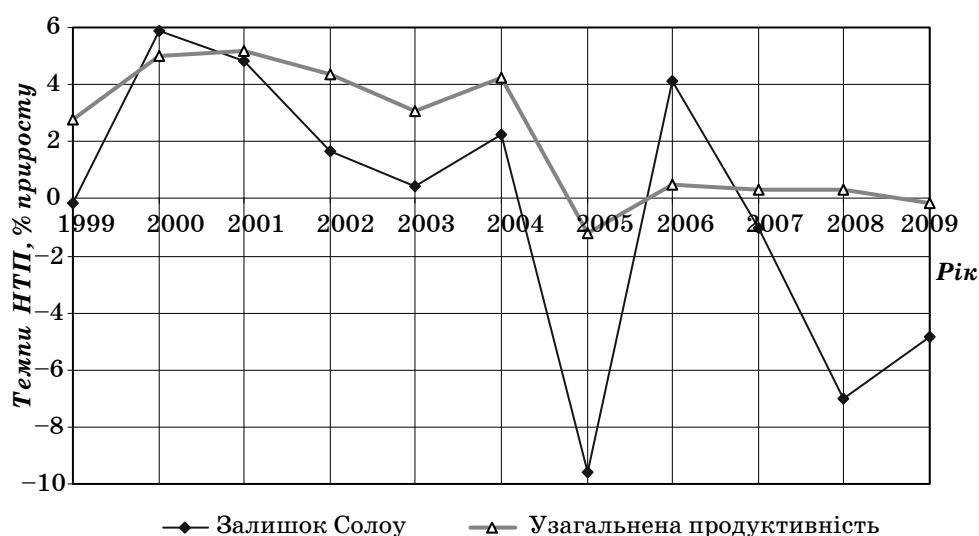


Рис. 3. Динаміка темпів НТП як “залишку Солоу” та за ендогенним визначенням

Згідно із розрахунками (див. рис. 1, 3), НТП був другим за значенням фактором, що впливає на темпи зростання випуску в цілому по Україні за період 1999—2004 рр. та у 2006 р. В останні періоди вплив НТП вкрай низький та майже негативний, що свідчить про необхідність його регулювання.

Оскільки початково при розрахунках був задіяний темп НТП 0,5 % на рік (згідно з рекомендаціями експертів МВФ), маємо можливість перерахувати коефіцієнти еластичності та завантаження виробничого капіталу, підставляючи у модель функції сукупної пропозиції значення темпів НТП, отриманих ендогенно (рис. 4).

Внесок НТП у зростання випуску варто пов'язувати не тільки з технологічними змінами, а й з організаційними і, якщо трактувати ширше, з інституціональними змінами, підвищенням рівня освіти найманих працівників. Тобто НТП варто розуміти узагальнено, включаючи в нього всі перераховані вище фактори³².

³² Егоров И.Ю. Наука и инновации в процессах социально-экономического развития / И.Ю. Егоров. — К.: ИВЦ Госкомстата Украины, 2006. — С. 62.

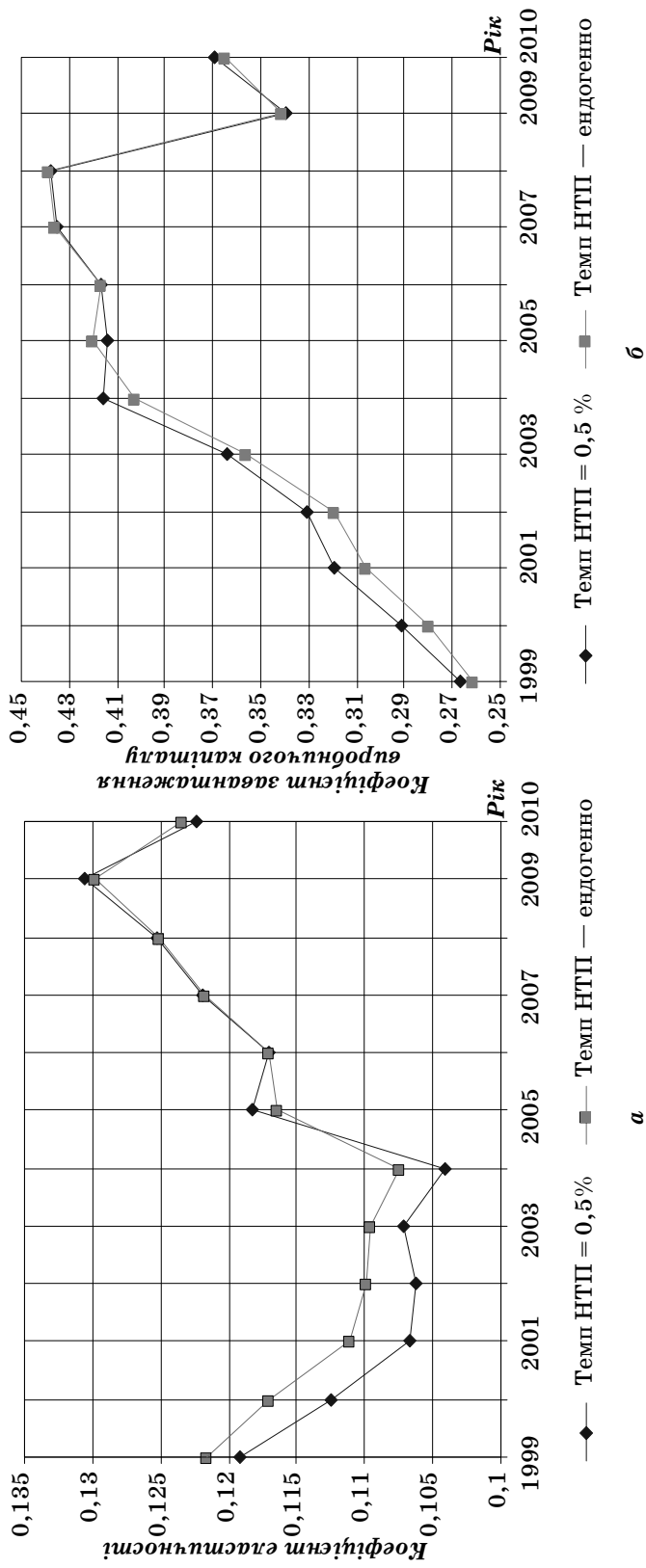


Рис. 4. Динаміка коефіцієнтів еластичності (а) та завантаження капіталу (б)

Використовуючи ендогенно отримані темпи НТП, можна визначити й сукупну факторну продуктивність ($e^{\gamma(t)}$), тобто якісні зміни факторів виробництва внаслідок дії НТП (рис. 5).

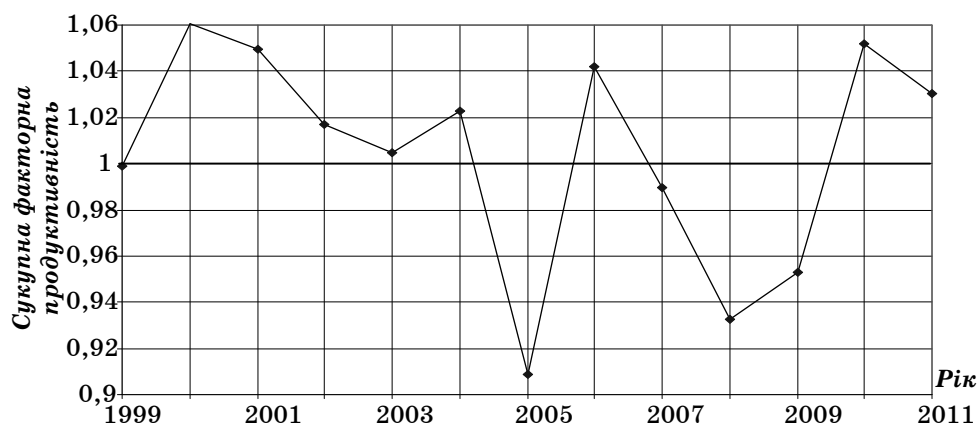


Рис. 5. Динаміка сукупної факторної продуктивності

Висновки:

1. У виробничих функціях, використовуваних для створення моделей економічного зростання, в яких коефіцієнти еластичності є постійними або розраховуються регресійними методами, не враховується коефіцієнт завантаження капіталу, не дотримується розмірність, темп НТП є постійним, екзогенним та залежить тільки від часу, — вони не придатні для прогнозування ані в короткому, ані в довгостроковому періоді.

2. Здійснене моделювання на основі модифікованої функції Кобба — Дугласа для визначення темпів НТП як “залишку Солоу” із припущенням, що коефіцієнти еластичності, завантаження виробничого капіталу та темпи НТП є функціями часу. Доведено, що отриманий залишок включає не тільки темп НТП, а і його прискорення, що ставить під сумнів таку методику розрахунку темпів НТП.

3. Теоретично обґрунтовано авторський підхід до визначення темпів НТП як ендогенного фактору — відносної зміни критерію “узагальнена продуктивність”, залежного від таких пояснювальних змінних: обсягів випуску, попиту на працю, інфляції поточного періоду, коефіцієнта завантаження виробничого капіталу, який є функцією інвестицій в основний капітал та прямих іноземних інвестицій поточного періоду, капіталу, інвестицій в основний капітал, амортизації (споживання основного капіталу) та інфляції попереднього періоду.

4. Виконані дослідження дають змогу стверджувати, що НТП після затрат капіталу був другим за значенням фактором, що впливає на темпи зростання випуску в цілому по Україні за період 1999—2004 рр. та у 2006 р. В останні періоди вплив НТП вкрай низький та майже негативний, що свідчить про необхідність формування концептуальних основ розвитку інноваційної економіки України.

5. Аналогічні розрахунки можуть бути проведені для всіх регіонів України та основних видів економічної діяльності, що дає інформацію про фактичний вплив НТП на економічне зростання для прийняття відповідних управлінських рішень.