

В. В. Козик,

к. е. н., проф., завідувач кафедри економіки підприємств та інвестицій,  
НУ "Львівська політехніка"

О. Ю. Ємельянов,

к. е. н., доцент кафедри економіки підприємств та інвестицій,  
НУ "Львівська політехніка"

О. А. Політанська,

аспірант кафедри економіки підприємств та інвестицій,  
НУ "Львівська політехніка"

## ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДО ЗМІНИ ЕФЕКТОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЦТВА ІННОВАЦІЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ

*У статті досліджено чутливість чистої поточної вартості інвестиційних проектів, спрямованих на розробку та виробництво інноваційної продукції, до зміни обсягів реалізації, ціни та собівартості одного виробу із врахуванням впливу зміни ставок податку на прибуток та дисконтування.*

*The article focuses on the study of sensitivity of investment project net current value, directed at the development and production of innovative output, to the change of turnover, price and cost price of one article with consideration of influence of tax rate change on income and discounting.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Необхідність проведення підприємствами постійної інноваційної діяльності, направленої на освоєння виробництва нової продукції, конструктивно-технологічного удосконалення продукції, що серійно виробляється, в умовах невизначеності зовнішнього середовища господарювання вимагає ефективного відбору інноваційних проектів, оптимального формування бюджету для їх реалізації, ефективного прийняття управлінських рішень у процесі виробництва. В зв'язку з цим вивчення чутливості інноваційно-інвестиційних проектів до змін ефектоутворюючих чинників виробництва є актуальним і має практичне значення для досягнення максимального економічного ефекту.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженню методик оцінки економічної ефективності інвестиційно-інноваційної діяльності присвячені наукові праці багатьох вчених. Зокрема, в роботах Й. М. Петровича [1, 2], Т. Беня [3, 4], С. Аптекара [5], Н. І. Чухрай [6], М. К. Колісник [7], А. О. Касич [8], Л. С. Яструбецької [9], Г. В. Савицької [10], Л. І. Мельника [11], В. П. Савчук [12], П. К. Кулінічева [13], В. М. Коблева [14], Пелихова Є. Ф. [15] проведений глибокий

аналіз облікових та дисконтованих методів оцінювання, детально розглянуті такі показники оцінювання ефективності інвестиційних проектів, як чистий приведений дохід, внутрішня ставка дохідності, індекс прибутковості і період окупності, описані переваги та недоліки кожного методу зокрема.

Й. М. Петрович, Л. І. Мороз [2] зазначають, що при оцінюванні ефективності інновацій необхідно використовувати:

1. Народно-господарську ефективність, яка враховує кінцеві результати їх реалізації загалом по народному господарству, тобто інтегральний ефект інновацій у розробників, виробників, споживачів і бюджету.

2. Виробничу (оперативну), фінансову і інвестиційну ефективності, які враховують кінцеві результати реалізації інновацій у кожного із учасників інноваційного процесу.

3. Бюджетну ефективність, яка враховує фінансові наслідки інновацій для регіонального та місцевого бюджетів.

В. Г. Савицька [10] звертає увагу на не зовсім правильне використання одних і тих самих показників оцінювання ефективності інновацій та інвестицій, що обумовлено їх тісним взаємозв'язком, оскільки основним критерієм інвестиційного проекту є його фінансова

ефективність з погляду привабливості інвесторів, а для інноваційного проекту важливі не лише фінансові результати, але і його новизна, яка задовольняє попит споживачів і виробників. Для оцінювання ефективності інновацій застосовують три групи показників: перша група характеризує виробничий ефект від застосування інновацій, друга група характеризує фінансову ефективність від застосування нововведень, третя група характеризує інвестиційну ефективність від застосування інновацій.

Очевидно, що показники першої групи впливають на суму чистих грошових потоків, отриманих за весь період виробництва інноваційної продукції. Тому розробка методики оцінки чутливості інвестиційного ефекту до зміни обсягів реалізації, прибутку від реалізації одного виробу, ставок оподаткування та дисконту є актуальною, оскільки вона забезпечуватиме можливість оперативного прийняття управлінських рішень, спрямованих на отримання максимального прибутку в ринкових умовах господарювання.

### МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є розробка економіко-математичних моделей чутливості інвестиційної ефективності продуктивних інновацій до зміни показників, що її зумовлюють.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Найбільш поширеним критерієм оцінки інвестиційного проекту є чиста поточна вартість [10, 12]:

$$NPV = -INV + \sum_{k=1}^T \frac{CF_k}{(1+E)^k} \quad (1),$$

де  $INV$  — сумарний обсяг інвестицій за проектом,  $CF_k$  — річний грошовий потік капіталу,  $E$  — вартість капіталу,  $k=1, \dots, T$  — номер поточного року проекту,  $NVP$  — чиста поточна вартість проекту.

Проведемо оцінку її чутливості до зміни показників, що характеризують умови виробництва та реалізації продуктової інновації. Авторами [13, 14] пропонується в якості головних ефектоутворюючих параметрів розглядати обсяг виробництва інноваційної продукції, її ціну, податок на прибуток та ставку дисконтування.

У роботі [14] пропонується міру впливу кожного із параметрів на узагальнюючий показник ефективності інвестиційного проекту  $NVP$  з достатнім ступенем точності визначати за допомогою частинних похідних  $NVP$  по кожному параметру зокрема. Якщо ж має місце зміна всіх параметрів, то чутливість проекту визначається градієнтом по всіх параметрах.

На наш погляд, такий метод визначення рівня чутливості  $NVP$  до зміни ефектоутворюючих параметрів є не зовсім коректним, оскільки прогнозовані та отримані значення параметрів та значення частинних похідних  $NVP$  для різних років експлуатації проекту є різними. Тому запропонований метод доцільно застосовувати до визначення рівня чутливості дисконтованого чистого грошового потоку (чистий прибуток + амортизаційні відрахування за проектом) у кожному році.

Вважаючи, що чиста поточна вартість генерується доданою вартістю (чистим прибутком) [3, 4, 5], відхи-

лення від прогнозованого значення за весь період життєвого циклу дорівнюватиме сумі щорічних відхилень дисконтованого чистого грошового потоку:

$$\Delta NPV = \sum_{k=1}^T \frac{\Delta P_{чк}}{(1+E_k)^k} \quad (2),$$

де  $\Delta P_{чк}$  — відхилення чистого грошового потоку у  $k$ -му році,

$E_k$  — ставка дисконтування у  $k$ -му році,  $T$  — номер останнього року експлуатації проекту.

Сума чистого грошового потоку від реалізації інноваційної продукції  $P_{чк}$  у  $k$ -му році дорівнює [15]:

$$P_{чк} = V_k (C_k - C_k) (1 - H_{пк}),$$

а його дисконтована величина складатиме:

$$P_{чк} = \frac{V_k (C_k - C_k) (1 - H_{пк})}{(1+E_k)^k} \quad (3),$$

де  $V_k$ ,  $C_k$ ,  $C_k$ ,  $H_{пк}$ ,  $E_k$  — відповідно обсяги реалізації продукції, ціна одиниці продукції, собівартість одиниці продукції (без врахування амортизаційних відрахувань), ставка податку на прибуток та ставка дисконту.

Із (3) випливає, що на чисту приведену вартість, крім факторів, запропонованих у [13, 14], впливає собівартість одиниці продукції.

У виразі (3) різниця  $P_{ок} = C_k - C_k$  є прибутком від реалізації одиниці продукції, а величина  $K_{пк} = (1 - H_{пк})$  — коефіцієнт оподаткування. Введемо параметр  $E_k^* = 1 + E_k$ , тоді матимемо:

$$P_{чк} = V_k P_{ок} K_{пк} (E_k^*)^{-k} \quad (4).$$

При незначних відхиленнях ефектоутворюючих факторів від прогнозованих значень у  $k$ -році зміну дисконтованого чистого грошового потоку можна представити у вигляді добутку вектора відхилення показників

$\Delta \vec{\alpha} = (\Delta V_k, \Delta P_{ок}, \Delta K_{пк}, \Delta E_k^*)$  та градієнта чистого грошового потоку  $grad P_{чк}$  у  $k$ -році:

$$\Delta P_{чк} = \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial V} \right)_k \Delta V_k + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial P_{ок}} \right)_k \Delta P_{ок} + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial K_{пк}} \right)_k \Delta K_{пк} + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial E_k^*} \right)_k \Delta E_k^* \quad (5).$$

Якщо відхилення ефектоутворюючих факторів були незначними протягом всього терміну експлуатації проекту, то зміну  $NVP$  від прогнозованого значення можна представити у вигляді суми:

$$\Delta NVP = \sum_{k=1}^T \left[ \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial V} \right)_k \Delta V_k + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial P_{ок}} \right)_k \Delta P_{ок} + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial K_{пк}} \right)_k \Delta K_{пк} + \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial E_k^*} \right)_k \Delta E_k^* \right] \quad (6).$$

Знайдемо значення частинних похідних дисконтованого чистого грошового потоку від ефектоутворюючих параметрів, що визначають його чутливість до зміни цих параметрів:

$$\left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial V} \right)_k = P_{ок} K_{пк} (E_k^*)^{-k}; \quad \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial P_{ок}} \right)_k = V_k K_{пк} (E_k^*)^{-k},$$

$$\left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial K_{пк}} \right)_k = V_k P_{ок} (E_k^*)^{-k}; \quad \left( \frac{\partial P_{чк}}{\partial E_k^*} \right)_k = -k V_k P_{ок} K_{пк} (E_k^*)^{-(k+1)}.$$

Тоді відхилення чистої теперішньої вартості від прогнозованого значення за весь період виробництва інноваційної продукції дорівнюватиме:

$$\Delta NVP = \sum_{k=1}^T [P_{ок} K_{пк} \Delta V_k + V_k K_{пк} \Delta P_{ок} + V_k P_{ок} \Delta K_{пк} - k V_k P_{ок} K_{пк} (E_k^*)^{-1} \Delta E_k^*] (E^*)^{-k} \quad (7).$$

Знайдемо залежність відносного відхилення обсягу дискontованого чистого грошового потоку від відносних змін ефектоутворюючих факторів виробництва у  $k$ -році при умові малих значень цих змін.

Із (4) маємо, що диференціал логарифму  $\Pi_{ч0k}$  дорівнює:

$$d(\ln \Pi_{ч0k}) = d[\ln V_k + \ln \Pi_{0k} + \ln K_{пk} - k \ln E_k^*],$$

$$\text{або } \frac{d\Pi_{ч0k}}{\Pi_{ч0k}} = \frac{dV_k}{V_k} + \frac{d\Pi_{0k}}{\Pi_{0k}} + \frac{dK_{пk}}{K_{пk}} - k \frac{dE_k^*}{E_k^*}.$$

Переходячи до кінцевих величин відхилень ефектоутворюючих факторів від прогнозованих значень, отримуємо вираз для відносної зміни дискontованого чистого грошового потоку від реалізації інноваційної продукції у  $k$ -році виробництва:

$$\frac{\Delta \Pi_{ч0k}}{\Pi_{ч0k}} = \frac{\Delta V_k}{V_k} + \frac{\Delta \Pi_{0k}}{\Pi_{0k}} + \frac{\Delta K_{пk}}{K_{пk}} - k \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} \quad (8).$$

У загальному випадку відхилення дискontованого чистого грошового потоку від запланованої величини у  $k$ -році, обумовлене зміною ефектоутворюючих факторів, можна знайти, використовуючи ряд Тейлора, обмежуючись  $n$ -похідною, що забезпечує необхідну точність.

Очевидно, що чутливість дискontованого чистого грошового потоку до зміни обсягу реалізації продукції, прибутку від реалізації одиниці продукції та коефіцієнта оподаткування у довільному році виробництва визначатиметься першими частковими похідними  $\Pi_{ч0k}$ , оскільки похідні вищих порядків по цих параметрах дорівнюють нулю.

Чутливість  $\Pi_{ч0k}$  до зміни параметра  $E_k^*$  визначатиметься не тільки першою похідною, а й похідними вищих порядків:

$$\Delta \Pi_{ч0k} = V_k \Pi_{0k} K_{пk} (E_k^*)^{-k} \left[ -k \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} + \frac{k(k+1)}{2!} \left( \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} \right)^2 - \frac{k(k+1)(k+2)}{3!} \left( \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} \right)^3 + \dots \right] \quad (9).$$

Точний вираз для  $\frac{\Delta \Pi_{ч0k}}{\Pi_{ч0k}}$  при довільних змінах ефектоутворюючих параметрів матиме вигляд:

$$\frac{\Delta \Pi_{ч0k}}{\Pi_{ч0k}} = \frac{(V_k + \Delta V_k) \Pi_{0k} + \Delta \Pi_{0k} (K_{пk} + \Delta K_{пk}) (E_k^* + \Delta E_k^*)^{-k} - V_k \Pi_{0k} K_{пk} (E_k^*)^{-k}}{V_k \Pi_{0k} K_{пk} (E_k^*)^{-k}}$$

$$= \left( 1 + \frac{\Delta V_k}{V_k} \right) \left( 1 + \frac{\Delta \Pi_{0k}}{\Pi_{0k}} \right) \left( 1 + \frac{\Delta K_{пk}}{K_{пk}} \right) \left( 1 + \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} \right)^{-k} - 1 \quad (10).$$

Із (10) можна визначити відносний приріст обсягів реалізації у  $k$ -році, необхідний для отримання планового дискontованого чистого грошового потоку при зміні одного з ефектоутворюючих параметрів:

$$\frac{\Delta V_k}{V_k} = -\frac{\Delta \Pi_{0k}}{\Pi_{0k}}; \quad \frac{\Delta V_k}{V_k} = -\frac{\Delta K_{пk}}{K_{пk}}; \quad \frac{\Delta V_k}{V_k} = \left( 1 + \frac{\Delta E_k^*}{E_k^*} \right)^k - 1 \quad (11).$$

Із отриманих виразів (11) можна зробити висновок, що дискontований чистий гро-

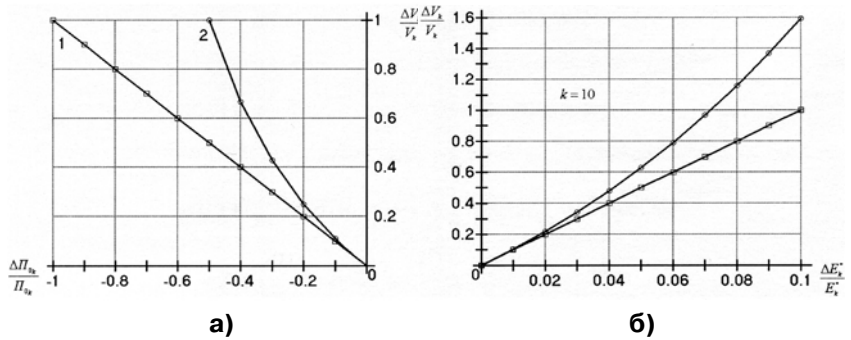


Рис. 1. Залежність відносної зміни обсягів реалізації, що компенсує відхилення дискontованого чистого грошового потоку від запланованого значення у  $k$ -році виробництва, обумовлене відносною зміною  $\Pi_{0k}$  (а) та зміною  $E_k^*$  (б). Крива 1 (□), крива 2 (○) залежності, розраховані за формулами (8) та (11) відповідно.

шовий потік є найбільш чутливим до зміни коефіцієнта дискontування. Так, наприклад, для того, щоб отримати запланований чистий дискontований грошовий потік при збільшенні  $E_k^*$  на 2%, необхідно збільшити приріст обсягів реалізації продукції у п'ятому році виробництва на 10,4%, а у десятому — на 21,9%, тоді як аналогічне зменшення параметрів  $\Pi_{0k}$  та  $K_{пk}$  компенсується приростом обсягів реалізації на 2,04%.

Слід відмітити, що різниця значень  $\frac{\Delta V_k}{V_k}$ , необхідних

для компенсації зміни ефектоутворюючих показників, розрахованих за формулами (8) і (11), різко зростає із збільшенням відносних відхилень цих показників від прогнозованих значень (рис. 1).

На рис. 2 наведена залежність відносної похибки розрахунків  $\frac{\Delta V_k}{V_k}$ , виконаних за наближеною спрощеною формулою (8), від зміни ефектоутворюючих факторів  $\frac{\Delta \Pi_{0k}}{\Pi_{0k}}$  (рис. 2а) та  $\frac{\Delta E_k^*}{E_k^*}$  (рис. 2б).

Із наведених залежностей випливає, що наближену формулу (8) можна використовувати з точністю до 5% при зміні параметрів  $\Pi_{0k}$  та  $H_{пk}$  в межах 0 ... 5% та параметра  $E_k^*$  в межах 0 ... 1%.

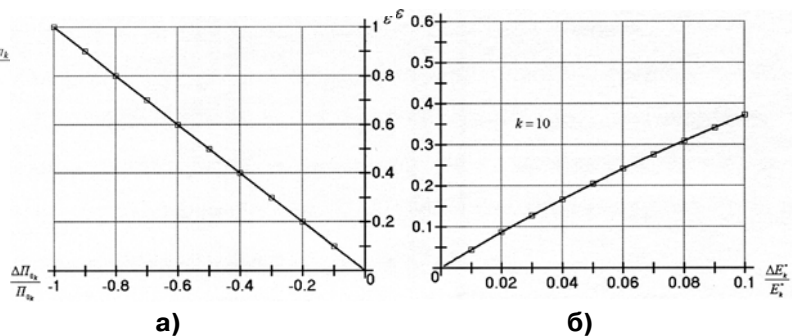


Рис. 2. Залежність відносної похибки розрахунків  $\frac{\Delta V_k}{V_k}$ , виконаних за формулою (8), від відносних змін прибутку від реалізації одиниці продукції (а) та ставки дискontування (б)

## ВИСНОВКИ

1. Отримана економіко-математична модель залежності чистої поточної вартості проекту від показників виробництва дозволяє оцінити відхилення від прогнозованої величини, обумовлене незначними змінами ефектоутворюючих чинників протягом періоду виробництва інноваційної продукції.

2. Із отриманої моделі відносного відхилення дисконтованого річного чистого грошового потоку випливає, що його величина залежить як від зміни ефектоутворюючих чинників виробництва, так і порядкового номера року виробництва (тривалості експлуатації проекту).

3. Отримані моделі дозволяють приймати оперативні управлінські рішення у процесі виробництва інноваційної продукції, що забезпечують підтримання зони прибутку на рівні, необхідному для досягнення прогнозованої величини дисконтованого чистого грошового потоку.

Результати роботи будуть використані в подальшому при дослідженні механізмів управління чистим прибутком від виробництва інноваційної продукції.

## Література:

1. Петрович Й. М., Мороз Л. І. Інструментарій фінансового менеджменту у формуванні інноваційного потенціалу підприємств // Проблеми економіки та управління. Вісн. нац. у-ту "Львівська політехніка". — 2006. — № 554. — С. 163—169.
2. Петрович Й. М., Мороз Л. І. Оцінка інноваційної діяльності підприємств у ринкових умовах господарювання // Проблеми економіки та управління. Вісн. нац. у-ту "Львівська політехніка". — 2005. — № 553. — С. 3—11.
3. Бень Т. Методи визначення економічної ефективності інвестицій: порівняльний аналіз // Економіка України. — 2006. — № 6. — С. 41—46.
4. Бень Т. До визначення економічної ефективності інвестицій // Економіка України. — 2007. — № 4. — С. 12—19.
5. Аптекар С. Оцінка ефективності інвестиційних

проектів // Економіка України. — 1/2007. — С. 42—49.

6. Чухрай Н. І. Оптимізація часу виходу інновації на ринок // Прометей. — 2007. — № 3 (24). — С. 100—105.

7. Колісник М. К. Методологічні аспекти оцінки проекту на вітчизняних підприємствах: дослідження існуючої практики // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. Вісн. нац. у-ту "Львівська політехніка". — 2004. — № 517. — С. 21—29.

8. Касич А. О. Стратегічні орієнтири інноваційного розвитку машинобудування України // Актуальні проблеми економіки. — 2007. — № 7 (73). — С. 32—40.

9. Яструбецька Л. С. Грошові потоки в оцінці інвестиційного проекту підприємства // Фінанси України. — 2005. — № 5. — С. 101—109.

10. Савицька Г. В. Економічний аналіз діяльності підприємства: Навч. посіб. — 3-тє вид., випр. і доп. — К.: Знання, 2007. — 648 с.

11. Мельник Л. І. Оцінка економічної ефективності управління інноваційним процесом на підприємстві // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та розвитку. Вісн. нац. у-ту "Львівська політехніка". — 2005. — № 527. — С. 144—152.

12. Савчук В. П., Примко С. І., Величко Е. Г. Аналіз и разработка инвестиционных проектов. — К.: Абсолют — В.: Эльга, 1999. — 304 с.

13. Кулиничев П. К., Лихман П. В. Основные показатели экономической эффективности инвестиций. Факторы, влияющие на точность этих показателей // Региональні перспективи. — 2002. — №5 (24). — С. 41—43.

14. Кобелев В. Н. Особенности технико-экономического обоснования инновационных решений в электромашиностроении // Вісник економічної науки України. — 2006. — № 1. — С. 64—68.

15. Пелихов Е. Ф. Экономическая эффективность инноваций: Монография / Нар. укр. акад. — Х.: Изд-во НУА, 2005. — 168 с.

*Стаття надійшла до редакції 30 грудня 2008 р.*

**ПЕРЕДПЛАТА**

**ВИДАННЯ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ З БУДЬ-ЯКОГО МІСЯЦЯ!**

— ЧЕРЕЗ РЕДАКЦІЮ (ТЕЛ. 467-65-28);

— ЧЕРЕЗ ДП "ПРЕСА"  
(У КАТАЛОЗІ ВИДАНЬ УКРАЇНИ);

— ЧЕРЕЗ ПЕРЕДПЛАТНІ АГЕНТСТВА: "САММІТ", "ІДЕЯ", "БЛІЦ ІНФОРМ", "KSS", "МЕРКУРІЙ", "ПРЕСЦЕНТР", "ВСЕУКРАЇНЬСЬКА ПЕРЕДПЛАТНА АГЕНЦІЯ", "ФЛОРА", "ПЕРІОДИКА", "КОБЗАР", "ДІАДА", "ДОНБАС ДЕ-ЮРЕ", "ДІЛОВА ПРЕСА", "ФАКТОР"