

МЕНЕДЖМЕНТ

DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2026-95-17>
УДК 330.45:519.86

Васильєв О.Б.

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3826-4883>

Васильєва Н.С.

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0211-7141>

Vasiliev Alexander

Odesa National University named after I.I. Mechnikov

Vasilieva Nataliia

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ЗБИТКОВОСТІ ПРОЄКТІВ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА РІЗНИХ РІВНІВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

UNPROFITABILITY RISK ANALYSIS OF MULTI-PRODUCT MANUFACTURING PROJECTS UNDER DIFFERENT LEVELS OF UNCERTAINTY

У статті пропонується новий підхід до порівняння ризиків збитковості проєктів багатонаменклатурного виробництва за умов невизначеності. Мірилом при порівнянні ризиків збитковості є величина відносних запасів беззбитковості: чим менше запас, тим більше ризик. Для проєктів з рентним потоком платежів запропонований підхід дозволяє порівнювати ризики збитковості проєкту за його основними параметрами та будувати рейтинг параметрів за зменшенням ризику. Для проєктів із довільним потоком платежів можна порівнювати інтегральні ризики збитковості. Розглянуто два рівні невизначеності: рівень високої визначеності, коли величини платежів прогнозованого проєктного потоку відомі з ймовірністю, близькою до одиниці, та рівень часткової невизначеності, коли є кілька можливих сценаріїв прогнозованого грошового потоку проєкту з різними ймовірностями реалізації.

Ключові слова: ризик, невизначеність, відносний запас беззбитковості, інвестиційний проєкт, потік платежів, фінансова рента, метод сценаріїв.

The article is dedicated to the development of dynamic break-even analysis for investment projects under uncertainty. A new approach to comparing the risks of unprofitability of multi-product manufacturing projects is proposed. Relative break-even margins serve as the measure for comparing risks of unprofitability: the smaller the margin, the greater the risk. For projects with a rental cash flow, the proposed approach allows for comparing project risks of unprofitability for their key parameters and ranking the parameters in descending order of risk. For projects with an arbitrary cash flow, integral risks of unprofitability can be compared. Two levels of uncertainty are considered: a high-certainty level, where the projected cash flow payment values are known with a probability close to one, and a level of partial uncertainty, where there are several possible scenarios for the project's cash flow with varying probabilities of implementation. In the latter case, project risks of unprofitability are assessed based on the expected values of the corresponding relative break-even margins. When assessing a project's risk of unprofitability for any parameter of its rental flow using the relative break-even margin, the actual value of the parameter is compared with the project's dynamic break-even point for this parameter. When assessing the project's integral risk of unprofitability, the actual value of the project efficiency indicator is compared with its break-even value. To assess the integral risk of unprofitability, it is most convenient to use the relative break-even margin based on the PI indicator—the project profitability index, which coincides with the project's safety limit when assessing its payment amounts. The approach proposed by the authors expands the capabilities of two traditional methods of project risk analysis: sensitivity analysis and the scenario method. Sensitivity analysis (in the authors' own unique interpretation) for the first time applied in situations of partial uncertainty, while the scenario

method conducts a sensitivity analysis for each scenario. This combination allows the scenario method to compare project unprofitability risks for its parameters, rather than simply assessing the integral risk of unprofitability of the project as a whole. The practical application of the developed methodology is illustrated by four examples for different levels of uncertainty and different structure of project payments.

Keywords: *risk, uncertainty, relative break-even margin, investment project, cash flow, annuity, scenario method.*

Постановка проблеми. У статті розглядається актуальне питання – розробка методологічного підходу до кількісної оцінки фінансової стійкості (беззбитковості) інвестиційних проєктів (скорочено – ІІ) і порівняльного аналізу ризиків проєктної збитковості. Поняття запасу беззбитковості (безпеки) зазвичай використовується в рамках статичного аналізу беззбитковості, в якому визначальним фактором є розмір прибутку до оподаткування і не враховується зниження вартості грошей з часом. Розмір цього запасу є фундаментальним показником успішності функціонування компанії та її фінансової стійкості. Чим він більший, тим безпечніша позиція компанії щодо потенційних негативних подій (зниження доходів, зростання витрат тощо). Оскільки будь-який ІІ має певну тривалість, не можна ігнорувати концепцію часової вартості грошей. Поняття запасів фінансової стійкості для ІІ повинно базуватися на динамічному аналізі беззбитковості, в якому визначальним фактором є не прибуток, а значення основних дисконтованих критеріїв фінансової ефективності проєкту: NPV, PI та IRR. Реалізація інвестиційних проєктів тісно пов'язана з прогнозами на майбутнє, а майбутнє завжди пов'язане з невизначеністю. Ризик – це часткова невизначеність, коли деяка інформація про майбутню ситуацію відома з ймовірністю менше одиниці. У статті досліджується ситуація, ймовірність настання якої близька до одиниці, а також ситуація, яка може розвиватися за декількома сценаріями, ймовірність котрих суттєво менше одиниці. При цьому розглядається випадок багатомономенклатурного виробництва для рентного і довільного потоків платежів ІІ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кількісному аналізу проєктних ризиків присвячені роботи багатьох дослідників. Так, автори Hazen G., Magni S.A. у роботі [1] запропонували новий показник фінансової ефективності проєктів – середню внутрішню норму прибутковості (Average Internal Rate of Return – AIRR), який виправляє деякі недоліки традиційної внутрішньої норми прибутковості IRR. Зокрема підхід AIRR підтримує узгодженість NPV для рішень про прийняття/відхилення проєктів. Також досліджується механізм обліку проєктного ризику за допомогою нового показника AIRR. Норкінсон М. у дослідженні [2] показав, як принципи фінансового прогнозування проєкту та управління ризиками можна використовувати для поліпшення прогнозів значень NPV та посилення стійкості про-

екту до ризиків. Дослідники Gotze U., Northcott D., Schuster P. у роботі [3] розглянули основні критерії фінансової ефективності проєкту, детально проаналізували переваги та недоліки основних методів оцінки проєктних ризиків. Carmichael D.G. у статті [4] детально дослідив метод коригування ставки дисконтування з урахуванням ризику. У статті надано рекомендації щодо використання дисконтних ставок при роботі з невизначеностями, а також відповідних коригувань для будь-якого заданого інвестиційного сценарію. Це робиться шляхом встановлення еквівалентності очікуваної корисності детермінованої та ймовірнісної поточної вартості, що дозволяє вірно розрахувати коригування ставки. Tarzia D.A. у роботі [5] за допомогою аналізу на чутливість досліджує поведінку динамічної точки беззбитковості інвестиційного проєкту залежно від ставки дисконтування. Espinoza R.D. присвятив дослідження [6] детальному розгляду підходів до оцінки проєктних ризиків. У роботі пропонується нова методологія оцінки проєктних ризиків – роз'єднана чиста приведена вартість (Decoupled Net Present Value – DNPV), яка відокремлює ризик від часової вартості грошей. Замість використання концепцій теорії корисності для зменшення вартості невизначених грошових потоків, ризики, пов'язані з грошовими потоками проєкту, кількісно оцінюються за допомогою концепцій страхування та оцінки умовних претензій. Vasiliev A., Vasilieva N., Tupko N. у статті [7] запропонували системний підхід до оцінки ризику неприйнятно низької для інвестора прибутковості інвестиційного проєкту за різних рівнів невизначеності та явні формули для розрахунку значень даного ризику. У роботі також запропоновано два нових показника фінансової ефективності інвестиційних проєктів – IRAR (Internal Rate of Acceptable Return) і DPAR (Discounted Period of Acceptable Return).

Метою статті є розробка методологічного підходу до порівняльного опосередкованого аналізу ризику збитковості інвестиційних проєктів багатомономенклатурного виробництва у ситуації невизначеності. При цьому досліджується випадок з високою визначеністю прогнозованого розвитку проєкту і випадок з частковою невизначеністю майбутнього потоку проєктних платежів, коли є декілька можливих сценаріїв розвитку подій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Майбутні надходження від реалізації інвестиційних проєктів завжди мають прогнозний характер, тобто

пов'язані з невизначеністю. Можна виділити такі чотири основні рівні невизначеності [7]:

- надійний прогноз – рівень високої визначеності, реальна можливість формування єдиного сценарію майбутнього;
- дискретні сценарії – рівень середньої (часткової) невизначеності, опис майбутнього як кількох дискретних сценаріїв;
- безперервна невизначеність – діапазон майбутнього, безперервний спектр можливих сценаріїв;
- справжня невизначеність – рівень високої невизначеності, майже повний брак інформації про майбутні перспективи.

У даній роботі розглядаються перші два рівня невизначеності, хоча отримані результати неважко перенести на ситуацію третього рівня невизначеності за допомогою метода Монте Карло.

1. Оцінка ризиків збитковості проекту з виробництва кількох видів продукції у ситуації високої визначеності

Будемо вважати, що усі параметри грошового потоку ІІ відомі з високою ймовірністю, близькою до одиниці. Спочатку розглянемо випадок рентного грошового потоку. При виробництві кількох видів продукції рентний грошовий потік ІІ має вигляд (при нульовій ліквідаційній вартості):

$$CF_t = (S - VC - FC - dep)(1 - \tau) + dep = const, \quad t = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де S – виторг від продажу усіх видів продукції за 1 період ІІ,

VC – сумарні змінні витрати виробництва за 1 період ІІ,

FC – сумарні постійні витрати виробництва за 1 період ІІ,

dep – амортизаційні відрахування за 1 період ІІ,

τ – податок на прибуток,

n – кількість періодів ІІ,

t – номер поточного часового періоду ІІ.

Визначимо ризик збитковості проекту за якимось з його параметрів як можливість відхилення фактичного значення параметру від динамічної точки беззбитковості ІІ за цим параметром у гірший бік. Для оцінки ризику збитковості проекту за параметрами S, VC, FC, i знайдемо динамічні точки беззбитковості ІІ за цими параметрами з рівняння:

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{[S - VC - FC - dep](1 - \tau) + dep}{(1 + i)^t} = 0, \quad (2)$$

де I_0 – початкові інвестиції у проект; i – вартість капіталу ІІ (Cost of Capital).

Отримаємо такі формули для розрахунку значень динамічних точок беззбитковості ІІ за його параметрами:

$$S^0 = \frac{1}{1 - \tau} \left(\frac{I_0}{a(n, i)} - dep \right) + VC + FC + dep, \quad (3)$$

$$VC^0 = S^0 - \frac{1}{1 - \tau} \left(\frac{I_0}{a(n, i)} - dep \right) - FC - dep, \quad (4)$$

$$FC^0 = S^0 - \frac{1}{1 - \tau} \left(\frac{I_0}{a(n, i)} - dep \right) - VC - dep, \quad (5)$$

де $a(n, i) = (1 - (1 + i)^{-n})/i$ – коефіцієнт дисконтування одиничної ренти.

Беззбиткове значення параметру i (ставки дисконтування), яке співпадає зі значенням внутрішньої норми дохідності проекту IRR (Internal Rate of Return), можна обчислити з рівняння (2) тільки наближено за допомогою якогось чисельного методу відшукування кореню рівняння:

$$i^0 = IRR. \quad (6)$$

Будемо оцінювати ризик збитковості проекту за його параметрами, виходячи з величин відносних запасів беззбитковості ІІ за цими параметрами: чим більше відповідний запас (тобто відхилення фактичного значення параметру у кращий бік), тим менше ризик збитковості проекту. Знайдемо відносні запаси беззбитковості ІІ за параметрами S, VC, FC, i :

$$\gamma_s = \frac{S - S^0}{S} = 1 - \frac{S^0}{S}, \quad (7)$$

$$\gamma_{vc} = \frac{VC^0 - VC}{VC^0} = 1 - \frac{VC}{VC^0}, \quad (8)$$

$$\gamma_{fc} = \frac{FC^0 - FC}{FC^0} = 1 - \frac{FC}{FC^0}, \quad (9)$$

$$\gamma_i = \frac{i^0 - i}{i^0} = \frac{IRR - CC}{IRR} = 1 - \frac{CC}{IRR}, \quad (10)$$

де CC (Cost of Capital) – вартість капіталу ІІ. Відносний запас (10) має назву коефіцієнту фінансової безпеки проекту. Чим менше запаси (7) – (10), тим більше ризик збитковості проекту за відповідними параметрами. Якщо упорядкувати параметри ІІ за зростанням величин відносних запасів, то отримаємо рейтинг проектних параметрів за спаданням ризику збитковості. Цей рейтинг буде співпадати з рейтингом, побудованим за спаданням значень еластичностей показника NPV за відповідними параметрами (як це роблять при застосуванні аналізу на чутливість).

Приклад 1. Нехай з ймовірністю, близькою до 1, параметри потоку (1) платежів ІІ мають такі значення: $S = 61250$ гр. од.; $VC = 36750$ гр. од.; $FC = 500$ гр. од.; $dep = 100$ гр. од.; $i = CC = 20\%$; $\tau = 20\%$; $n = 6$ років; $I_0 = 45500$ гр.од. Оцінимо ризики збитковості ІІ за його параметрами і побудуємо рейтинг параметрів за спаданням ризику збитковості.

Динамічні точки беззбитковості ІІ за параметрами S , VC , FC , i , знайдені з (3) – (6), мають такі значення:

$$S^0 \approx 54327,69 \text{ гр. од.}; \quad VC^0 \approx 43672,31 \text{ гр. од.}; \\ FC^0 \approx 7422,31 \text{ гр. од.}; \quad i^0 = IRR \approx 35,39\%,$$

а відповідні відносні запаси беззбитковості ІІ за цими параметрами дорівнюють: $\gamma_S \approx 0,1130$; $\gamma_{VC} \approx 0,1585$; $\gamma_{FC} \approx 0,9326$; $\gamma_i \approx 0,4349$.

Таким чином, рейтинг проектних параметрів за спаданням ризику збитковості ІІ має такий вигляд:

- 1) S ($\gamma_S \approx 11,30\%$);
- 2) VC ($\gamma_{VC} \approx 15,85\%$);
- 3) i ($\gamma_i \approx 43,49\%$);
- 4) FC ($\gamma_{FC} \approx 93,26\%$).

Найбільш ризикованим виявився параметр S – сумарний виторг за 1 період ІІ за усіма видами подукції.

Якщо платежі за проектом мають довірливі значення і не утворюють постійної ренти, то у цьому випадку можна оцінити тільки інтегральний ризик збитковості ІІ за якимось з інтегральних показників фінансової ефективності проекту: NPV , PI , IRR . Інтегральний ризик збитковості ІІ визначимо як можливість відхилення фактичних результатів проекту від беззбиткових у гірший бік. Наприклад, зручно оцінювати інтегральний ризик збитковості ІІ за допомогою показника PI (Profitability Index – індекса рентабельності) [7]:

$$PI = \left(\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \right) / I_0. \quad (11)$$

Відносний запас беззбитковості ІІ за показником PI має вигляд:

$$\beta_{PI} = \frac{PI-1}{PI}. \quad (12)$$

Чим менше запас (12), тим більше інтегральний ризик збитковості ІІ.

Приклад 2. Проекти А і Б з високою ймовірністю матимуть такі прогнозовані потоки платежів:

- А – $I_0 = 330000$ грн.; $CF_1 = 150000$ грн.; $CF_2 = 120000$ грн.; $CF_3 = 100000$ грн.; $CF_4 = 80000$ грн.
- Б – $I_0 = 400000$ грн.; $CF_1 = 170000$ грн.; $CF_2 = 140000$ грн.; $CF_3 = 130000$ грн.; $CF_4 = 120000$ грн.

Ставка дисконтування (вартість капіталу) для обох проектів однакова – 10%. Порівняти проекти А і Б за інтегральним ризиком збитковості.

Знайдемо за формулами (11), (12) відносні запаси беззбитковості обох проектів за показником PI :

$$\beta_{PI}^A = \frac{1.1067-1}{1.1067} \approx 0.0964 (9.64\%);$$

$$\beta_{PI}^B = \frac{1.1244-1}{1.1244} \approx 0.1106 (11.06\%).$$

Оскільки $\beta_{PI}^B > \beta_{PI}^A$, то інтегральний ризик збитковості проекту А більше.

Зауваження. За допомогою запасу (12) можна знайти значення межі безпеки ІІ. Ця межа Δ_0 визначається як максимальна величина похибки Δ при оцінці значень платежів проекту, при якій він залишається беззбитковим, тобто:

$$NPV(\Delta) = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{(1-\Delta)CF_t}{(1+i)^t}; \quad (13)$$

$$\Delta_0 = \max \{ \Delta \mid NPV\Delta \geq 0 \}. \quad (14)$$

Неважко показати, що межа безпеки ІІ Δ_0 дорівнює відносному запасу (12) беззбитковості ІІ за показником PI . Таким чином, у прикладі 2 межа безпеки проекту А дорівнює 9.64%, а проекту Б – 11.06%.

2. Оцінка ризиків збитковості проекту з виробництва кількох видів продукції у ситуації часткової невизначеності

Нехай маємо ситуацію невизначеності другого рівня, тобто випадок кількох дискретних сценаріїв майбутнього. Нехай значення проектних платежів $\{CF_t^k\}_{t=1}^{n_k}$ за сценарієм k його можливого розвитку відомі з ймовірністю p_k , меншою одиниці:

$$0 < p_k < 1, \quad k = \overline{1, m}; \quad \sum_{k=1}^m p_k = 1, \quad (15)$$

де m – кількість можливих сценаріїв розвитку ІІ.

Розглянемо спочатку випадок рентного потоку платежів ІІ. Для оцінки ризику збитковості проекту за параметрами S_k, VC_k, FC_k, i_k для k -го сценарію його можливого розвитку знайдемо динамічні точки беззбитковості ІІ за цими параметрами з рівнянь для рентного потоку проектних платежів:

$$NPV_k = -I_0^k + ((S_k - VC_k - FC_k - dep_k)(1 - \tau_k) + dep_k) * a(n_k; i_k) = 0, \quad (16)$$

де $k = \overline{1, m}$, а інші параметри мають той самий сенс, що і у виразі (1).

Отримаємо:

$$S_k^0 = \frac{1}{1 - \tau_k} \left(\frac{I_0^k}{a(n_k; i_k)} - dep_k \right) + VC_k + FC_k + dep_k, \quad (17)$$

$$VC_k^0 = S_k - \frac{1}{1 - \tau_k} \left(\frac{I_0^k}{a(n_k; i_k)} - dep_k \right) - FC_k - dep_k, \quad (18)$$

$$FC_k^0 = S_k - \frac{1}{1 - \tau_k} \left(\frac{I_0^k}{a(n_k; i_k)} - dep_k \right) - VC_k - dep_k, \quad (19)$$

$$i_k^0 = IRR_k, \quad (20)$$

де $k = \overline{1, m}$.

Знайдемо відносні запаси беззбитковості ІІ за параметрами S_k, VC_k, FC_k, i_k :

$$\gamma_{S_k} = \frac{S_k - S_k^0}{S_k}, \quad (21)$$

$$\gamma_{VC_k} = \frac{VC_k^0 - VC_k}{VC_k^0}, \quad (22)$$

$$\gamma_{FC_k} = \frac{FC_k^0 - FC_k}{FC_k^0}, \quad (23)$$

$$\gamma_{i_k} = \frac{i_k^0 - i_k}{i_k^0} = \frac{IRR_k - CC_k}{IRR_k}, \quad (24)$$

де $k = \overline{1, m}$.

Нарешті, знайдемо математичні сподівання запасів (21) – (24) за усіма можливими сценаріями розвитку ІІІ:

$$M(\gamma_S) = \sum_{k=1}^m p_k * \gamma_{S_k}; \quad M(\gamma_{VC}) = \sum_{k=1}^m p_k * \gamma_{VC_k}; \quad (25)$$

$$M(\gamma_{FC}) = \sum_{k=1}^m p_k * \gamma_{FC_k}; \quad M(\gamma_i) = \sum_{k=1}^m p_k * \gamma_{i_k},$$

де сценарні ймовірності p_k задовольняють умовам (15).

Чим більше математичне сподівання відносно го запасу беззбитковості проекту за якимось з його параметрів, тим менше ризик збитковості ІІІ за цим параметром.

Приклад 3. Проект Х має три можливі сценарії подальшого розвитку. Для кожного сценарію потік платежів ІІІ є постійною рентою. Вихідні значення його параметрів задані у таблиці 1. Треба оцінити ризику збитковості ІІІ за його основними параметрами і побудувати рейтинг параметрів за спаданням ризику збитковості.

Знайдемо динамічні точки беззбитковості ІІІ і відносні запаси беззбитковості за його параметрами для кожного з 3-х можливих сценаріїв за формулами (17) – (25):

$$S_1^0 \approx 5189.63 \text{ гр.од.}; \quad S_2^0 \approx 5318.25 \text{ гр.од.};$$

$$S_3^0 \approx 5510.13 \text{ гр.од.};$$

$$\gamma_{S_1} \approx 0.0564 (5.64\%); \quad \gamma_{S_2} \approx 0.1818 (18.18\%);$$

$$\gamma_{S_3} \approx 0.0816 (8.16\%);$$

$$M(\gamma_S) \approx 0.25 * 0.0564 + 0.25 * 0.1818 + 0.5 * 0.0816 \approx 0.1004 (10.04\%).$$

За тим же алгоритмом знаходимо математичні сподівання відносних запасів беззбитковості ІІІ за параметрами VC_k, FC_k, i_k :

$$M(\gamma_{VC}) \approx 0.25 * 0.0784 + 0.25 * 0.2524 + 0.5 * 0.1198 \approx 0.1426 (14.26\%);$$

$$M(\gamma_{FC}) \approx 0.25 * 0.3607 + 0.25 * 0.7242 + 0.5 * 0.4949 \approx 0.5188 (51.88\%);$$

$$M(\gamma_i) \approx 0.25 * 0.5111 + 0.25 * 0.7353 + 0.5 * 0.5238 \approx 0.5735 (57.35\%).$$

Рейтинг параметрів проекту Х за спаданням ризику збитковості виглядає так:

$$1) S (M(\gamma_S) \approx 10.04\%);$$

$$2) VC (M(\gamma_{VC}) \approx 14.26\%);$$

$$3) FC (M(\gamma_{FC}) \approx 51.88\%);$$

$$4) i (M(\gamma_i) \approx 57.35\%).$$

Найбільш ризикованим виявився параметр S – сумарний виторг за 1 період ІІІ за усіма видами подукції. Цей параметр потребує особливої уваги.

Для ІІІ з довільними розмірами платежів можна оцінити тільки інтегральний ризик збитковості проекту. Для цього можна знайти, наприклад, значення індексу рентабельності РІ для кожного можливого сценарію ІІІ, а потім розрахувати сценарні відносні запаси беззбитковості проекту за показником РІ та математичне сподівання цих запасів за усіма можливими сценаріями ІІІ. Чим більше математичне сподівання сценарних запасів беззбитковості проекту, тим менше інтегральний ризик збитковості проекту за показником РІ.

Приклад 4. Вихідні дані для проектів Р і Q задано у таблицях 2 і 3 відповідно. Порівняти проекти Р і Q за інтегральним ризиком збитковості.

Відносні запаси (12) беззбитковості проекту Р за показником РІ для трьох його сценаріїв мають такі значення:

Таблиця 1

Вихідні дані для проекту Х

Показники	Сценарії		
	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
	Найгірший $p_1 = 0.25$	Найкращий $p_2 = 0.25$	Вірогідний $p_3 = 0.5$
Сумарний виторг S_k за 1 період ІІІ за усіма видами подукції (гр.од.)	5500	6500	6000
Сумарні змінні витрати V_k за 1 період ІІІ (гр.од.)	3650	3500	3600
Постійні витрати FC_k за 1 період ІІІ (гр.од.)	550	450	500
Амортизаційні відрахування за 1 період ІІІ dep_k (гр.од.)	100		
Податок на прибуток τ_k	20%		
Ставка дисконтування i_k	11%	9%	10%
Термін проекту n_k (у роках)	5	6	6
Початкові інвестиції I_0^k (гр.од.)	3000	5000	5000

Джерело: складено авторами

Таблиця 2

Вихідні дані для проєкту P

Номер сценарію	Ймовірність сценарію p_k	Ставка i_k	I_0^k	CF_1^k	CF_2^k	CF_3^k	CF_4^k	CF_5^k	CF_6^k
$k = 1$	0.15	13%	89000	7700	15400	23100	38500	69300	
$k = 2$	0.55	13%	97300	27117	45347	10636	31866	35733	53414
$k = 3$	0.3	11%	79000	7500	15000	22500	37500	67500	

Джерело: складено авторами

Таблиця 3

Вихідні дані для проєкту Q

Номер сценарію	Ймовірність сценарію p_k	Ставка i_k	I_0^k	CF_1^k	CF_2^k	CF_3^k	CF_4^k	CF_5^k	CF_6^k
$k = 1$	0.3	13%	83000	7100	14200	21300	35500	63900	
$k = 2$	0.2	13%	95750	29905	53151	67114	13468	11204	19536
$k = 3$	0.5	11%	88000	26400	44000	26400	17600	17600	8800

Джерело: складено авторами

$$\beta_{PI_1} = \frac{1.0799 - 1}{1.0799} \approx 0.074;$$

$$\beta_{PI_2} = \frac{1.3512 - 1}{1.3512} \approx 0.2599;$$

$$\beta_{PI_3} = \frac{1.2676 - 1}{1.2676} \approx 0.2111,$$

а їх математичне сподівання дорівнює:

$$M(\beta_{PI}) \approx 0.15 * 0.074 + 0.55 * 0.2599 + 0.3 * 0.2111 \approx 0.2174 (21.74\%).$$

Для проєкту Q маємо такі значення:

$$\beta_{PI_1} = \frac{1.0677 - 1}{1.0677} \approx 0.0634;$$

$$\beta_{PI_2} = \frac{1.4447 - 1}{1.4447} \approx 0.3078;$$

$$\beta_{PI_3} = \frac{1.1993 - 1}{1.1993} \approx 0.1662,$$

$$M(\beta_{PI}) \approx 0.3 * 0.0634 + 0.2 * 0.3078 + 0.5 * 0.1662 \approx 0.1637 (16.37\%).$$

Оскільки математичне сподівання за усіма можливими сценаріями відносних запасів беззбитковості проєкту за показником PI для проєкту Q менше, то інтегральний ризик збитковості цього проєкту більше.

Висновки. У статті розроблено нову методологію порівняльного опосередкованого аналізу ризику збитковості інвестиційних проєктів багатомоноклатурного виробництва у ситуації невизначеності. Досліджено випадок з високою визначеністю прогнозованого потоку платежів проєкту і випадок з частковою невизначеністю, коли є декілька можливих сценаріїв розвитку проєкту. Для проєктів з рентним потоком платежів запропонований підхід дозволяє побудувати рейтинг проєктних параметрів за спаданням ризику збитковості. Для проєктів з довільним потоком платежів можна порівнювати інтегральний ризик збитковості. Практична і теоретична цінність запропонованого авторами статті підходу полягає у розширенні можливостей двох традиційних методів аналізу проєктних ризиків – аналізу на чутливість та методу сценаріїв. Аналіз на чутливість (у своєрідній авторській інтерпретації) вперше застосовується у ситуації часткової невизначеності, а у методі сценаріїв для кожного сценарію проводиться аналіз на чутливість. Завдяки такому поєднанню у рамках методу сценаріїв з'явилася можливість порівнювати ризику збитковості проєкту за його параметрами, а не лише оцінювати інтегральний ризик збитковості проєкту загалом.

Список літератури:

1. Hazen G., Magni C.A. Average internal rate of return for risky projects. *The Engineering Economist*. 2021. Vol. 66, no. 2. P. 90–120. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2021.1894284>
2. Hopkinson M. *Net Present Value and Risk Modelling for Projects*. New York: Routledge, 2017. 180 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315248172>
3. Gotze U., Northcott D., Schuster P. *Investment Appraisal: Methods and Models*. (2 ed.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015. 363 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45851-8>
4. Carmichael D. G. Adjustments within discount rates to cater for uncertainty – Guidelines. *The Engineering Economist*. 2017. Vol. 62, no. 4. P. 322–335. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2016.1245376>
5. Tarzia D. A. Properties of the Financial Break-Even Point in a Simple Investment Project as a Function of the Discount Rate. *Journal of Economic & Financial Studies*. 2016. Vol. 4, no. 2. P. 31–45. DOI: <https://doi.org/10.18533/jefs.v4i02.226>

6. Espinoza R. D. Separating project risk from the time value of money: A step toward integration of risk management and valuation of infrastructure investments. *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32. P. 1056–1072. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.006>

7. Vasiliev A., Vasilieva N., Tupko N. Development of a systems approach to assessment investment project risks: risks of unacceptably low project profitability. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2022. Vol. 1, no. 4 (115). P. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252997>

Стаття надійшла: 02.05.2026

Стаття прийнята: 29.05.2026

Стаття опублікована: 06.07.2026