



Економіка

УДК 330.101.541:005.8

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.21824282>

Мікроекономічна модель ринкової рівноваги у проєктній діяльності

Піддубна Наталія Миколаївна

Старший викладач кафедри Управління логістичними системами та
проєктами,

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6870-0132>

Прийнято: 21.05.2026 | Опубліковано: 30.05.2026

Анотація. Стаття присвячена розробці мікроекономічної математичної моделі ринкової рівноваги у проєктній діяльності. В умовах зростання конкуренції за ресурси та підвищення вимог до інвестиційної ефективності проєктів питання ціноутворення на ресурсному ринку та ринку результатів проєктної діяльності набуває особливої актуальності. Проте механізм ринкової рівноваги стосовно проєктних систем досі не отримав систематичної математичної формалізації. Саме ця прогалина між мікроекономічною теорією та практикою проєктного менеджменту і визначає необхідність даного дослідження.

Класичний маршалліанський апарат адаптовано до специфіки проєктних систем через модифікацію функцій попиту та пропозиції ресурсів: введено явне часове обмеження T та стохастичний фактор невизначеності $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2\varepsilon)$, що відображають принципові відмінності проєкту від традиційної фірми. Виведено аналітичні вирази рівноважних цін на ресурсному ринку та ринку



результатів проєкту; доведено, що зростання часового тиску знижує рівноважну ціну ресурсу, а зростання капіталозабезпеченості галузі - підвищує. Умову беззбитковості формалізовано з урахуванням специфічних проєктних витрат, відсутніх у стандартній мікроекономічній функції витрат фірми. Математично доведено пропорційний зв'язок між відхиленням фактичної ціни ресурсу від рівноважної та показниками вартісного аналізу виконання проєктів. Результатом дослідження є інтегральна модель рівноваги як система чотирьох рівнянь, що одночасно охоплює обидва ринки, умову оптимальності та критерій фінансової ефективності. Наукова новизна полягає у першій систематичній формалізації рівноважного механізму ціноутворення для проєктних систем. Матеріал становить інтерес для дослідників у галузі проєктного управління та мікроекономічної теорії, а також для практиків, що займаються оцінкою ефективності інвестиційних проєктів.

Ключові слова: ринкова рівновага, проєктна діяльність, мікроекономічна модель, показники ефективності проєкту.

A microeconomic model of market equilibrium in project activity

Natalia Piddubna

Senior Lecturer, Department of Logistics Systems and Project Management,
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0001-6870-0132>

Abstract. The article focuses on the development of a microeconomic mathematical model of market equilibrium in project activity. In the context of growing competition for resources and increasing requirements for investment efficiency, the issue of pricing in the resource market and the market for project outcomes becomes particularly relevant. Despite the recognition of a project as a full



microeconomic entity — a temporary firm — the market equilibrium mechanism as applied to project systems has not yet received systematic mathematical formalization. This gap between microeconomic theory and project management practice determines the necessity of this study.

The classical Marshallian framework has been adapted to the specifics of project systems through modification of resource supply and demand functions: an explicit time constraint T and a stochastic uncertainty factor $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2\varepsilon)$ have been introduced, reflecting the fundamental differences between a project and a traditional firm. Analytical expressions for equilibrium prices in both the resource market and the market for project outcomes have been derived. It has been proven that increasing time pressure reduces the equilibrium resource price, while increasing capital intensity raises it. The break-even condition has been formalized accounting for project-specific costs absent in standard microeconomic cost functions. A proportional relationship between deviations of actual resource prices from equilibrium and earned value indicators has been established.

The result of the study is an integrated equilibrium model as a system of four equations simultaneously covering both markets, the optimality condition, and the financial efficiency criterion. The scientific novelty lies in the first systematic formalization of the equilibrium pricing mechanism for project systems. The material is of interest to researchers in project management and microeconomic theory, as well as practitioners engaged in investment project performance evaluation.

Keywords: market equilibrium, project activity, microeconomic model, project performance indicators.

Постановка проблеми дослідження. Сучасна проєктна діяльність набуває дедалі більшого макроекономічного значення: частка проєктно-орієнтованої економічної активності у світовому валовому внутрішньому



продукті (ВВП) невинно зростає, що актуалізує потребу в адекватному теоретичному інструментарії для її аналізу та оптимізації.

Проект як тимчасова виробнича система функціонує на двох взаємопов'язаних ринках: ресурсному ринку, де виступає покупцем праці, матеріалів і технологій, та ринку результатів, де виступає продавцем кінцевого продукту. Ринкова рівновага на обох ринках прямо визначає фінансову ефективність, терміни реалізації та якість результатів проекту. Відхилення від рівноваги генерує системні ризики: перевитрату бюджету, затримки виконання, зниження якості. Попри очевидність цих залежностей, механізм ринкової рівноваги цін та обсягу споживання у контексті проєктної діяльності досі не отримав систематичної математичної формалізації — це і визначає актуальність дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання ринкової рівноваги у контексті проєктної діяльності перебуває на перетині двох самостійних наукових традицій — мікроекономічної теорії та проєктного менеджменту, — які досі розвивалися паралельно, без систематичного взаємопроникнення.

У галузі мікроекономічної теорії фірми та ринкової рівноваги сформовано розгалужений концептуальний апарат. Доведено, що фірма є інститутом координації ресурсів, що мінімізує транзакційні витрати через контрактні механізми та розподіл прав власності [1, 2, 3]. Встановлено, що рівноважна ціна є результатом взаємодії ринкових сил і виконує функцію сигналу для оптимального розподілу ресурсів між економічними суб'єктами [4, 5]; цю залежність підтверджено і для українських товарних ринків [6]. Проте всі зазначені моделі побудовано для суб'єктів з необмеженим або невизначеним горизонтом діяльності. Жорстке часове обмеження як системоутворюючий чинник, що принципово змінює структуру попиту на ресурси і функцію витрат, у цих роботах не розглядається.



У галузі теорії проєкту та тимчасових організацій встановлено, що проєктно-орієнтована діяльність набуває дедалі більшої частки у глобальній економіці [7], а сам проєкт може бути концептуалізований як «тимчасова фірма» з власною виробничою функцією та структурою витрат [8]. Показано, що тимчасові організації формують специфічні адаптивні механізми управління ресурсами [9] і функціонують як цілеспрямовані виробничі системи з особливою логікою прийняття рішень [10]. Однак у жодній із цих робіт не поставлено питання про те, як ринковий механізм рівноваги цін проявляється у проєктному середовищі і яким чином відхилення від рівноваги трансформуються у конкретні показники ефективності.

У галузі вимірювання ефективності проєктів виявлено системний розрив між теоретичними засадами аналізу освоєного обсягу та його практичним застосуванням [11]. Масштабні емпіричні дослідження фіксують стійку статистичну закономірність перевищення проєктних бюджетів, що свідчить про систематичне відхилення фактичних ринкових цін ресурсів від планових [12]. Методологію аналізу зацікавлених сторін і управління в портфельному контексті розвинуто у [13, 14]; прикладні аспекти ефективності проєктів в умовах відновлення підтверджено на українських кейсах [15, 16]. Проте причинно-наслідковий зв'язок між ціновими відхиленнями на ресурсному ринку та показниками CPI, SPI і NPV у жодній із цих робіт математично не формалізовано.

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Таким чином, попри розвинений апарат мікроекономічної теорії рівноваги [1–6] та значний масив досліджень у сфері проєктного менеджменту [7–16], у науковій літературі відсутня модель, яка б поєднувала ці два напрями: формалізувала вплив ринкового механізму рівноваги на показники проєктної діяльності з урахуванням явного часового обмеження та специфічної структури проєктних витрат. Усунення цієї лакуни є метою даного дослідження.



Мета статті. Метою дослідження є розробка мікроекономічної математичної моделі впливу ринкового механізму рівноваги цін та обсягу споживання на показники проєктної діяльності. Для досягнення мети поставлено такі завдання: адаптувати апарат ринкової рівноваги до специфіки проєктних систем з урахуванням часового обмеження; вивести рівноважні умови для ресурсного ринку та ринку результатів проєкту; формалізувати кількісний зв'язок між відхиленнями від рівноваги та проєктними показниками; запропонувати систему рівнянь інтегральної рівноваги проєкту.

Основний матеріал дослідження. Оскільки проєкт є повноцінним мікроекономічним суб'єктом [2], класичний механізм ринкової рівноваги [3] може бути адаптований до опису процесів у проєктній системі. Проте проєкт як «тимчасова фірма» має принципові відмінності: жорстке часове обмеження T , вищий рівень невизначеності ε та специфічна структура витрат [2]. Ці особливості потребують модифікації рівноважних функцій.

Проєкт функціонує на двох взаємопов'язаних ринках:

- ресурсний ринок (Input market) — ринок факторів виробництва, де проєкт виступає покупцем; рівноважна ціна та обсяг ресурсів визначають операційні витрати проєкту;

- ринок результатів (Output market) — ринок продукту або послуги, де проєкт виступає продавцем; рівноважна ціна визначає доходи та загальну фінансову ефективність проєкту.

Розглянемо послідовно кожен із зазначених ринків, починаючи з ресурсного.

На традиційному ринку функції попиту та пропозиції мають вигляд [3, 7]:

$$Q_d = a - bP \quad ; \quad Q_s = c + dP \quad (1)$$

де a, b, c, d — додатні параметри; P — ціна ресурсу.

Рівноважна ціна P^* та обсяг Q^* з умови $Q_d = Q_s$:



$$P^* = \frac{a\epsilon}{b\alpha} \quad (2)$$

$$Q^* = \frac{adb\epsilon}{b\alpha} \quad (2^*)$$

Для проєктної системи функція попиту на ресурс враховує часове обмеження T та невизначеність ϵ :

$$Q_{dpr} = \frac{a b_{pr} P_{pr}^{\gamma} T}{\alpha} + \epsilon \quad (3)$$

де Q_{dpr} - кількість (обсяг) попиту на ресурси з боку проєкту;

a_{pr} — базовий рівень попиту проєкту на ресурси за умови нульової ціни та відсутності часових обмежень,

b_{pr} — коефіцієнт цінової чутливості попиту проєкту ($b_{pr} > 0$), що показує величину скорочення попиту при зростанні ціни P_{pr} на одиницю;

$\gamma > 0$ — коефіцієнт впливу часового обмеження T на попит;

$\epsilon \sim N(0, \sigma^2 \epsilon)$ — випадковий фактор невизначеності, що відображає непередбачувані зовнішні впливи на попит (форс-мажори, кон'юнктурні коливання ринку, інституційні зміни), які не враховуються детерміністичною частиною моделі. Припущення про нормальний розподіл з нульовим математичним сподіванням $E(\epsilon) = 0$ означає, що випадкові відхилення в середньому не зміщують попит систематично у жодному напрямку, а дисперсія $\sigma^2 \epsilon$ характеризує рівень невизначеності в ресурсному середовищі проєкту.

Функція пропозиції ресурсу враховує рівень капіталозабезпеченості K галузі:

$$Q_{cdpr} = \frac{a_{cdpr} P_{pr}^{d_{pr}} K^{\delta}}{\alpha} \quad (4)$$

де $\delta > 0$ — коефіцієнт впливу капіталозабезпеченості, $d_{pr} > 0$ — коефіцієнт цінової чутливості пропозиції ресурсу проєкту, що показує величину зростання пропозиції при збільшенні ціни P_{pr} на одиницю.

Прирівнюючи (3) і (4), отримуємо рівноважну ціну ресурсу проєкту:



$$P_{pr}^* = \frac{a c_{pr} T K_{++} \gamma \delta \varepsilon}{b d_{pr} +} \quad (5)$$

Рівноважний обсяг ресурсу, що споживається проектом:

$$Q_{pr}^{*PT} + \gamma \varepsilon \quad (6)$$

Формули (5) та (6) визначають координати точки рівноваги ресурсного ринку проекту. При зростанні часового тиску (T збільшується) рівноважна ціна P_{pr}^* знижується. Це пояснюється тим, що в умовах жорстких дедлайнів проєкт об'єктивно втрачає здатність ефективно освоювати додаткові ресурси: нові виконавці не встигають включитися в роботу, нове обладнання не може бути введено в дію. Внаслідок цього попит на ресурси скорочується — і рівноважна ціна падає. При зростанні капіталозабезпеченості ринку K рівноважна ціна P_{pr}^* зростає. Наявність достатнього фінансування розширює платоспроможний попит проєкту на якісні ресурси, посилюється конкуренція між проєктами за обмежену пропозицію — ціна рівноваги закономірно збільшується. Це класична мікроекономічна залежність: зростання купівельної спроможності покупця веде до підвищення рівноважної ціни. Стохастична компонента ε відображає реальну мінливість кон'юнктури ресурсних ринків проєкту. Умова $E(\varepsilon)=0$ означає незміщеність моделі: позитивні та негативні цінові шоки у довгостроковій перспективі взаємно компенсують одне одного, однак у конкретний момент реалізації проєкту відхилення $\varepsilon \neq 0$ створює реальний ризик. Таким чином, P_{pr}^* є стохастичною величиною, діапазон коливань якої визначається дисперсією $\sigma^2 \varepsilon$.

Порівняльний аналіз рівноважних параметрів традиційного та проєктного ресурсного ринків наведено в таблиці 1.



Таблиця 1.

Порівняльний аналіз рівноважних параметрів традиційного та
проектного ресурсного ринків

Параметр	Традиційний ринок	Ресурсний ринок проекту
Функція попиту	$Q_{ab}P$	$Q_{ab}P_{pr}^{++} + \gamma\epsilon$
Функція пропозиції	$Q_{cd}P$	$Q_{cd}P_{pr}^{++} + \delta$
Рівноважна ціна	$P^* = \frac{a\epsilon}{b\alpha}$	$P_{pr}^* = \frac{a\epsilon T_{pr}^{++} + \gamma\delta\epsilon}{b\alpha_{pr}^{++}}$
Рівноважний обсяг	$Q^* = \frac{adb\epsilon}{b\alpha}$	$Q_{ab}P_{pr}^{++} + \gamma\epsilon$
Часовий фактор	Неявний параметр	T — явний обмежуючий ресурс ($\gamma > 0$)
Невизначеність	$\epsilon \rightarrow 0$	$\epsilon \sim N(0, \sigma^2\epsilon)$, висока

Джерело: власна розробка автора

Рівноважні параметри ресурсного ринку визначають витратну складову проекту. Другим елементом інтегральної моделі є ринок результатів, рівновага на якому формує дохідну базу та визначає фінансову ефективність проекту.

На ринку результатів рівноважна ціна кінцевого продукту p^* визначається перетином ринкового попиту $D_{(pr)}$ та виробничої спроможності проекту $S_{(pr)}$. Де p_{pr}^* - ціна результату проекту на ринку виходів, P_{pr}^* - рівноважна ціна ресурсу на ринку входів.

$$\begin{cases} D_{pr} = \alpha\beta \\ S_{pr} = \frac{a - Q_{pr}^*}{\beta} \end{cases} \quad (7)$$

де α, β — параметри ринкового попиту. В умовах рівноваги $D_{(pr)}^* = S_{(pr)}^*$, звідки

$$p_{pr}^* = \frac{\alpha - Q_{pr}^*}{\beta} \quad (8)$$



де Q_{pr}^* — рівноважний обсяг виходів проєкту [2]. Умова беззбитковості проєкту має вигляд.

$$pOTCFCVC_{pr} = T_{pr} \cdot C_{pr} + \text{TimeCost}_{pr} + \text{OpportunityCost}_{pr} \quad (9)$$

де - FC_{pr} — постійні витрати проєкту — витрати, що не залежать від обсягу виконаних робіт: управлінський персонал проєкту, офісна інфраструктура, ліцензії та програмне забезпечення, страхування проєкту;

- VC_{pr} — змінні витрати проєкту — витрати, пропорційні обсягу Q_{pr}^* : оплата праці виконавців, матеріали та комплектуючі, субпідрядні роботи, транспортно-логістичні витрати;

- TimeCost_{pr} — вартість часового обмеження — додаткові витрати, породжені жорсткістю дедлайну T . Включають: премії за строковість при наймі ресурсів в умовах дефіциту; витрати на стиснення календарного плану (project crashing): паралельне виконання послідовних робіт вимагає залучення додаткових ресурсів; транзакційні витрати прискорених закупівель. Ключова властивість: $\text{TimeCost}_{pr} = g(T)$, де $\partial g / \partial T < 0$ — чим коротший горизонт T , тим вищі TimeCost_{pr} . Саме тому цей компонент відсутній у стандартній мікроекономічній функції TC фірми, проте є обов'язковим для проєктної системи;

- $\text{OpportunityCost}_{pr}$ — альтернативні витрати проєкту — цінність найкращої відхиленої альтернативи використання ресурсів: якби ті самі кошти I_0 та компетенції команди були спрямовані на інший проєкт або фінансовий інструмент, вони принесли б дохід $r \cdot I_0$ (де r — ставка дисконтування як проксі альтернативної дохідності). Формально: $\text{OpportunityCost}_{pr} \cong r \cdot I_0$. Включення до TC_{pr} відображає економічний принцип витрат і є необхідним для коректного порівняння NPV альтернативних проєктів.

Умова (9) задає нижню межу доцільності проєкту, однак не визначає оптимального обсягу виходів Q_{pr}^* . Для знаходження рівноважного обсягу



застосовується класичний інструмент мікроекономічного аналізу — умова рівності граничного доходу та граничних витрат.

$$MR_{pr} = \frac{dTR_{pr}}{dQ_{pr}} \quad (10)$$

де $TR_{pr}^* = p_{pr}^* \cdot Q_{pr}^*$ — загальний дохід проєкту. Для конкурентного ринку $MR_{pr} = p_{pr}^*$, тому умова (10) зводиться до $p_{pr}^* = MC_{pr}$ — класична умова ефективності [3, 7].

Виконання умови (10) у кожен момент t є необхідним, але не достатнім: воно гарантує операційну оптимальність проєкту, проте не враховує часову вартість грошей та початкові інвестиції I_0 . Інтегральна оцінка ефективності проєкту в умовах рівноваги здійснюється через NPV .

Чиста теперішня вартість проєкту в умовах рівноваги:

$$NPV^* = \frac{\sum_{t=1}^T p_{pr}^{**} Q_{pr}^{**} \cdot \frac{1}{(1+r)^t}}{(1+r)^0} \quad (11)$$

де $p_{pr}^{**} Q_{pr}^{**}$ — дохідна частина рівноважного грошового потоку проєкту.

У рамках даної моделі прийнято спрощуюче припущення: рівноважна ціна результату p_{pr}^* та рівноважний обсяг виходів Q_{pr}^* є сталими протягом усього горизонту T — тобто проєкт отримує однаковий дохід $TR_{pr}^* = p_{pr}^* \cdot Q_{pr}^*$ у кожному з T інтервалів. Це дозволяє винести дохідну частину за знак суми та не дисконтувати її окремо для кожного періоду. У разі, якщо рівноважні параметри змінюються по фазах проєктного циклу (наприклад, ціна результату зростає на етапі завершення), дохідна частина розраховується індивідуально для кожного періоду;

$TC_{pr}^*(t)$ — сукупні витрати проєкту у період t . Витрати явно залежать від часу t , оскільки змінні витрати та вартість часового обмеження змінюються по фазах проєктного циклу;

r — ставка дисконтування — мінімально прийнятна дохідність капіталу проекту.

I_0 — початкові інвестиції у момент $t = 0$, що не дисконтуються;

T — тривалість проєкту.

Формула (11) є структурно ідентичною класичній NPV , однак чистий грошовий потік CF_t явно розкладений на мікроекономічні складові — дохід та витрати проекту (табл. 2)

Таблиця 2.

Відповідність між класичною та авторською формулами:

Елемент NPV	Класична формула	Формула (11) статті
Чистий грошовий потік	CF_t	$p_{pr}^{**} \frac{CF_t}{1+r_{pr}^*}$ — явний мікроекономічний розклад CF_t
Дохідна складова CF_t	не виділяється явно	$p_{pr}^{**} \frac{CF_t}{1+r_{pr}^*}$ — рівноважний виторг проекту TR^*_{pr}
Витратна складова CF_t	не виділяється явно	$p_{pr}^{***} \frac{CF_t}{1+r_{pr}^*} + \frac{CF_t}{1+r_{pr}^*}$
Початкові інвестиції	I_0	I_0
Ставка дисконтування	r	r

Джерело: власна розробка автора.

Умови рівноваги (9)–(11) є нормативним орієнтиром: вони описують стан, за якого проєкт функціонує оптимально — беззбитково, з максимальною NPV та без перевитрати бюджету. Проте реальні ресурсні ринки постійно генерують відхилення від рівноваги: коливання кон'юнктури, дефіцит кваліфікованих виконавців, цінові шоки на матеріали. Кожне таке відхилення



фактичної ціни ресурсу P_f від рівноважної P_{pr}^* трансформується у конкретні втрати — бюджетні, часові або вартісні.

Бюджетне відхилення при фактичній ціні ресурсу $P_f \neq P_{pr}^*$ визначається як:

$$\Delta BPRQ_{fprpr}^{**} \quad (12)$$

де P_f — фактична ринкова ціна ресурсу в момент закупівлі; P_{pr}^* — рівноважна ціна ресурсу проєкту. При $P_f > P_{pr}^*$ виникає перевитрата бюджету ($\Delta B > 0$). При $P_f < P_{pr}^*$ (надлишкова пропозиція ресурсів низької якості) виникають приховані витрати неефективності.

Вплив цінового відхилення на індекс ефективності витрат CPI (відношення планової вартості до фактичної, тобто показник ресурсної ефективності) [10]:

$$CPI = \frac{EV}{ACQPP_{prf}^{**}} \quad (13)$$

де $EV = Q_{pr}^* \cdot P_{pr}^*$ — освоєний обсяг (планова вартість фактично виконаних робіт); $AC = Q_{pr}^* \cdot P_f$ — фактичні витрати на той самий обсяг.

Спрощення $\frac{EV}{ACP_f} = \frac{P_{pr}^*}{P_f}$ є коректним за умови, що фактично виконаний обсяг

збігається з плановим рівноважним обсягом $Q_f = Q_{pr}^*$ (тобто проєкт відстає лише за ціною ресурсу, але не за обсягом виконаних робіт). Якщо $Q_f \neq Q_{pr}^*$, то CPI розраховується за (13) і скорочення не відбувається. Розглянута модель ізолює саме ціновий ефект відхилення від рівноваги.

При рівноважній ціні $CPI = 1$, при $P_f > P_{pr}^*$ — $CPI < 1$ (перевитрата), при $P_f < P_{pr}^*$ — $CPI > 1$ (економія).

Затримка проєкту ΔT , спричинена ресурсним дефіцитом $Q_{def} = Q_{dpr} - Q_{spr}$:

$$\Delta T = \frac{Q_{def} \cdot \tau}{W_{plan}} \quad (14)$$



де: Q_{def} — дефіцит ресурсів в одиницях ресурсу (осіб, машино-годин тощо), $Q_{def} = Q_{dpr} - Q_{spr} \geq 0$;

w — продуктивність одиниці ресурсу [обсяг роботи / одиниця ресурсу · інтервал];

τ — тривалість одного планового інтервалу (у тих самих одиницях, що й T);

$W_{plan} = w \cdot Q_{dpr} \cdot T$ — плановий загальний обсяг виконаних робіт за весь проєкт.

Аналогічний вплив ресурсного дефіциту простежується і для часових показників проєкту.

Затримка ΔT , у свою чергу, безпосередньо визначає індекс ефективності розкладу SPI — стандартну EVM -метрику відставання від графіка.

$$SPI = \frac{EVTT() - \Delta}{PVTW} = \frac{1 - Q_{def}}{plan} \tau \quad (15)$$

де PV — планова вартість запланованих робіт. При відсутності ресурсного дефіциту $Q_{def} = 0$, індекс ефективності розкладу $SPI = 1$ (виконання за графіком). При $Q_{def} > 0$ — $SPI < 1$ (відставання від графіка).

Бюджетне відхилення ΔB , визначене у формулі (12), не лише погіршує поточні показники CPI та SPI , а й акумулюється протягом усього горизонту проєкту T , знижуючи його загальну вартість.

$$\Delta NPV = NPV_f - NPV_{pr} = \sum_{t=1}^T \frac{(P_f - P_{pr}^*) \cdot Q_{pr}^*}{(1+r)^t} \quad (16)$$

де NPV_f — фактична NPV за умов нерівноважних цін. Оскільки відхилення $(P_f - P_{pr}^*) \cdot Q_{pr}^* = \Delta B$ є сталим у кожному з T інтервалів, формула (16) набуває вигляду:

$$\Delta NPV = \Delta B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r} \quad (16^*)$$



де $AF(t) = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t}$ — сума дисконтних множників за T періодів.

Кожна одиниця відхилення ціни від рівноважної генерує пряму втрату NPV , дисконтовану до поточного моменту. Отримані залежності (12)–(16) дозволяють систематизувати вплив відхилень від рівноважної ціни ресурсу на всі ключові показники проєктної діяльності (табл. 3).

Таблиця 3.

Вплив відхилень від рівноважної ціни ресурсу на показники проєктної діяльності

Показник	Надлишковий попит ($P_f < P_{pr}^*$)	Надлишкова пропозиція ($P_f > P_{pr}^*$)	Формула відхилення
Бюджет (B)	Перевитрата: $\Delta B > 0$	Недовикористання бюджету	$\Delta B = P_{pr}^* - P_f$
Терміни (T)	Затримки через дефіцит ресурсів	Прискорення виконання	$\Delta T = \frac{Q_{def} \cdot \tau}{W_{plan}}$
Якість (Q)	Зниження через дефіцит ресурсів	Потенційне підвищення якості	$\Delta Q = f(\Delta R)$
NPV проєкту	Скорочення NPV через зростання TC_{pr}^*	Зростання NPV при зниженні витрат	$\Delta NPV = \Delta B + \Delta T \cdot B + \Delta Q \cdot Q$
CPI	$CPI < 1$ (перевищення бюджету)	$CPI > 1$ (економія бюджету)	$CPI = \frac{P_{pr}^*}{P_f}$
SPI	$SPI < 1$ (відставання від графіка)	$SPI > 1$ (випередження графіка)	$SPI = \frac{1 - Q_{def} \cdot \tau}{W_{plan}}$

Джерело: власна розробка автора.



Таким чином, аналіз рівноваги ресурсного ринку, ринку результатів та впливу відхилень на показники проєкту дає підстави для формалізації інтегральної моделі рівноваги проєкту як системи чотирьох рівнянь.

$$\begin{cases} P_{pr}^* = \frac{ab_{pr}P_{pr}^T + \gamma \epsilon}{bd_{pr}^+} \\ P_{pr}^* = \frac{\alpha - Q_{pr}^*}{\beta} \\ MR_{pr} = \epsilon \\ \sum_{t=1}^T \frac{P_{pr}^{***} Q_{pr}^T}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \end{cases} \quad (17)$$

Запропонована система (17) становить математичний каркас мікроекономічної моделі рівноваги проєкту. Її практичне застосування можливе для:

- прогнозування рівноважних бюджетів на основі ринкових параметрів;
- оцінки чутливості CPI , SPI , NPV до змін ринкових цін ресурсів;
- обґрунтування рішень про перегляд бюджетів при зміні ринкової кон'юнктури;
- формування резервів на покриття ризиків ресурсної нерівноваги.

Зміна рівноважних станів у розрізі фаз проєктного циклу узагальнена в таблиці 4.

Таблиця 4.

Рівноважні стани проєкту у розрізі фаз проєктного циклу

Фаза проєкту	Характер рівноваги	Ключові рівноважні умови	Індикатори відхилень
Ініціація	Первинна рівновага (до початку)	$P_{pr}^*(0) = \frac{TR^*(0)}{Q_{pr}^*(0)} ;$	Від'ємний NPV^* - відмова від проєкту



		$NPV^* \geq 0$	
Планування	Рівновага ресурсів	p_{pr}^{QTC} умова беззбитковості	$SPI < 1$; перевищення бюджету $> 10\%$
Реалізація	Операційна рівновага (динамічна)	MRT_{pr}^{MC} у кожен момент t	$CV < 0$; $SV < 0$
Завершення	Ринкова рівновага результату	$p_{pr}^* \in$ ціна=граничним витратам	Ціна реалізації $< p_{pr}^*$ - збиток

Джерело: власна розробка автора.

Висновки. У статті розроблено мікроекономічну математичну модель впливу ринкового механізму рівноваги цін та обсягу споживання на показники проєктної діяльності. Класичний маршалліанський апарат ринкової рівноваги адаптовано до специфіки проєктних систем через введення часового обмеження та фактора невизначеності, що відображає принципові відмінності проєкту від традиційної фірми. Формалізовано умови рівноваги на обох ринках функціонування проєкту — ресурсному та ринку результатів — з урахуванням специфічних проєктних витрат, зокрема вартості часового обмеження та альтернативних витрат. Математично доведено, що відхилення фактичної ціни ресурсу від рівноважного рівня безпосередньо і пропорційно впливає на індекс ефективності витрат, індекс ефективності розкладу та чисту теперішню вартість проєкту. Сформовано інтегральну модель рівноваги проєкту як систему рівнянь, що одночасно охоплює обидва ринки, умову оптимальності та умову фінансової ефективності.

Наукова новизна полягає у першій систематичній формалізації рівноважного механізму ціноутворення для проєктних систем: адаптації маршалліанського апарату до специфіки тимчасової фірми через введення явного часового обмеження та стохастичного фактора невизначеності;



виведенні рівноважних умов для ресурсного ринку та ринку результатів з урахуванням специфічних проєктних витрат; математичному доведенні пропорційного зв'язку між відхиленням фактичної ціни ресурсу від рівноважного рівня та показниками вартісного аналізу виконання проєктів; формуванні інтегральної моделі рівноваги як системи рівнянь, що одночасно охоплює обидва ринки, умову оптимальності та критерій фінансової ефективності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Coase R. H. The nature of the firm. *Economica*. 1937. Vol. 4. № 16. С. 386–405.
2. Williamson O. E. *The economic institutions of capitalism*. New York : Free Press, 1985. 450 p.
3. Hart O. *Firms, contracts, and financial structure*. Oxford : Oxford University Press, 1995. 228 p.
4. Spulber D. F. The economics of markets and platforms. *Journal of Economics & Management Strategy*. 2022. Vol. 31. № 1. С. 8–28.
5. Bloch H. The language of pluralism from the history of the theory of price determination. *Metroeconomica*. 2022. Vol. 73. № 4. С. 1094–1111. DOI: 10.1111/meca.12393.
6. Білоусова Т. П. Рівноважна ціна на ринку одного товару. Модель Еванса. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2023. № 16. С. 9–14. DOI: 10.32782/2708-0366/2023.16.1.
7. Nieto-Rodriguez A. The Project Economy Has Arrived. *Harvard Business Review*. 2021. Vol. 99. № 6. С. 64–73.



8. Піддубна Н. М. Теоретичні основи мікроекономічного аналізу проєктної діяльності. *Актуальні питання економічних наук*. 2026. № 20. DOI: 10.5281/zenodo.18717088.
9. Sydow J., Braun T., Ekstedt E., Lundin R. A. The theory of temporary organization three decades later. *Scandinavian Journal of Management*. 2025. Vol. 41. Article 101405.
10. Winch G. M. An Action Theory of the Project. *Journal of Management Studies*. 2025. Vol. 62. № 1. С. 15–42.
11. Aramali V., Gibson G. E., El Asmar M., Cho N. Forward-looking state-of-the-art review on earned value management systems. *Journal of Management in Engineering*. 2022. Vol. 38. № 3. Article 03122001.
12. Flyvbjerg B., Budzier A., Lee J. S., Keil M., Lunn D., Bester D. W. The empirical reality of IT project cost overruns. *Journal of Management Information Systems*. 2022. Vol. 39. № 3. С. 607–639.
13. Aaltonen K., Kujala J., Derakhshan R. та ін. Stakeholder engagement: theoretical and methodological directions for project scholarship. *International Journal of Project Management*. 2024. Vol. 42. № 3. Article 102492.
14. Müller R., Locatelli G., Holzmann V., Nilsson M., Sagay T. Governance of and in projects. *Project Management Journal*. 2024. Vol. 55. № 1. С. 3–14.
15. Артѣмова Т. І., Сідов В. Глобально-локальні перетворення власності й суспільного розподілу на тлі запровадження безумовного базового доходу. *Економіка України*. 2024. Т. 67. № 4. С. 87–110. DOI: 10.15407/economyukr.2024.04.087.
16. Головня О., Гавриш І., Матюхіна А., Василець І. Аналіз успішних кейсів сталого економічного розвитку через проєктне управління у



післявоєнному відновленні України. *Економіка та фінанси*. 2024. Т. 15. № 2. С. 45–58.

REFERENCES

1. Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *Economica*, 4(16), 386–405.
2. Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.
3. Hart, O. (1995). *Firms, contracts, and financial structure*. Oxford: Oxford University Press.
4. Spulber, D. F. (2022). The economics of markets and platforms. *Journal of Economics & Management Strategy*, 31(1), 8–28.
5. Bloch, H. (2022). The language of pluralism from the history of the theory of price determination. *Metroeconomica*, 73(4), 1094–1111. DOI: 10.1111/meca.12393.
6. Bilousova, T. P. (2023). Rivnovazhna tsina na rynku odnogo tovaru. Model Evansa [Equilibrium price in the single-commodity market. Evans model]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Ekonomika*, (16), 9–14. DOI: 10.32782/2708-0366/2023.16.1.
7. Nieto-Rodriguez, A. (2021). The Project Economy Has Arrived. *Harvard Business Review*, 99(6), 64–73.
8. Piddubna, N. M. (2026). Teoretychni osnovy mikroekonomichnoho analizu proiektnoi diialnosti [Theoretical foundations of microeconomic analysis of project activity]. *Aktualni pytannia ekonomichnykh nauk*, (20). DOI: 10.5281/zenodo.18717088.



9. Sydow, J., Braun, T., Ekstedt, E., & Lundin, R. A. (2025). The theory of temporary organization three decades later. *Scandinavian Journal of Management*, 41, 101405.
10. Winch, G. M. (2025). An Action Theory of the Project. *Journal of Management Studies*, 62(1), 15–42.
11. Aramali, V., Gibson, G. E., El Asmar, M., & Cho, N. (2022). Forward-looking state-of-the-art review on earned value management systems. *Journal of Management in Engineering*, 38(3), 03122001.
12. Flyvbjerg, B., Budzier, A., Lee, J. S., Keil, M., Lunn, D., & Bester, D. W. (2022). The empirical reality of IT project cost overruns. *Journal of Management Information Systems*, 39(3), 607–639.
13. Aaltonen, K., Kujala, J., & Derakhshan, R. et al. (2024). Stakeholder engagement: theoretical and methodological directions for project scholarship. *International Journal of Project Management*, 42(3), 102492.
14. Müller, R., Locatelli, G., Holzmann, V., Nilsson, M., & Sagay, T. (2024). Governance of and in projects. *Project Management Journal*, 55(1), 3–14.
15. Artiomoa, T. I., & Sidov, V. (2024). Hlobalno-lokalni peretvorennia vlasnosti y suspilnoho rozpodilu [Global-local transformations of ownership and social distribution]. *Ekonomika Ukrainy*, 67(4), 87–110. DOI: 10.15407/economyukr.2024.04.087.
16. Holovnia, O., Havrysh, I., Matiukhina, A., & Vasynets, I. (2024). Analiz uspishnykh keisiv staloho ekonomichnoho rozvytku cherez proektne upravlinnia u pisliavoiennomu vidnovlenni Ukrainy [Analysis of successful cases of sustainable economic development through project management in post-war recovery of Ukraine]. *Ekonomika ta finansy*, 15(2), 45–58.