

Галін А. О.

аспірант кафедри бізнесу та управління персоналом,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7793-0667>

Anatolii Halin

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IIoT) В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПІДПРИЄМСТВА

IMPLEMENTATION OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIoT) TECHNOLOGIES IN THE ENTERPRISE COST MANAGEMENT SYSTEM

Анотація. Дослідження присвячено проблемі подолання інформаційної асиметрії в управлінні витратами промислових підприємств шляхом інтеграції цифрових технологій в операційну діяльність. В умовах переходу до стандартів Індустрії 4.0 традиційні методи управлінського обліку виявляють обмежену ефективність, особливо на підприємствах із безперервним технологічним циклом. Метою роботи є розроблення організаційно-економічного механізму впровадження технологій промислового інтернету речей (IIoT) у процеси калькулювання прямої технологічної собівартості. Встановлено, що використання методу поглинання витрат (absorption costing) призводить до систематичного викривлення управлінської інформації через усереднення динамічних коливань енергоспоживання, варіативності технологічних режимів та втрат від мікрозупинок обладнання. Для вирішення цієї проблеми запропоновано перехід до data-driven управління на основі тривірневої архітектури: польовий рівень (кіберфізичні датчики), інтеграційний рівень (MES/SCADA) та управлінський рівень (динамічне калькулювання). Емпіричну апробацію механізму здійснено на виробничій дільниці екструзії ПВХ-панелей. Доведено, що впровадження IIoT-інфраструктури дозволяє локалізувати прямі технологічні витрати на рівні окремої виробничої партії в межах однієї робочої зміни. На основі даних смарт-лічильників і гравіметричних дозаторів виявлено суттєву варіативність ресурсоемності залежно від складу сировинної рецептури. Зокрема, показано, що використання вторинної сировини зумовлює відмінності у витратах, які залишаються непоміченими при застосуванні усереднених методів обліку, що створює ризики для обґрунтованого ціноутворення. Результати дослідження підтверджують, що цифровізація збору виробничих даних створює прозоре аналітичне середовище для оперативного управління витратами. Усунення інформаційної асиметрії формує підґрунтя для оптимізації цінової політики, раціонального використання ресурсів та підвищення рентабельності підприємства. Практична цінність роботи полягає в можливості імплементації запропонованого механізму на діючих виробничих потужностях шляхом ретрофіттингу без зупинки основних операційних процесів.

Ключові слова: промисловий інтернет речей (IIoT), управління витратами, пряма технологічна собівартість, цифровізація виробництва, інформаційна асиметрія, data-driven управління.

Abstract. The study is devoted to the problem of overcoming information asymmetry in the cost management of industrial enterprises through the integration of digital technologies into operational activities. In the context of the transition to Industry 4.0 standards, traditional management accounting methods demonstrate limited effectiveness, especially at enterprises with a continuous technological cycle. The aim of the work is to develop an organizational and economic mechanism for the implementation of Industrial Internet of Things (IIoT) technologies in the processes of calculating direct technological costs. It has been established that the use of absorption costing leads to the systematic distortion of management information due to the averaging of dynamic fluctuations in energy consumption, the variability of technological modes, and losses from equipment micro-stops. To solve this problem, a transition to data-driven management based on a three-level architecture is proposed: the field level (cyber-physical sensors), the integration level (MES/SCADA), and the management level (dynamic costing). The empirical testing of the mechanism was carried out at a PVC panel extrusion production site. It has been proven that the implementation of IIoT infrastructure allows for the localization of direct technological costs at the level of a separate production batch within a single working shift. Based on the data from smart meters and gravimetric feeders, a significant variability in resource intensity depending on the composition of the raw material recipe was revealed. In particular, it is shown that the use of secondary raw materials causes differences in costs that remain unnoticed when applying averaged accounting methods, creating risks for well-founded pricing. The research results confirm that the digitalization of production data collection creates a transparent analytical environment for operational cost management. The elimination of information asymmetry forms the basis for optimizing pricing policy, rationally using resources, and increasing the enterprise's profitability. The practical value of the work lies in the possibility of implementing the proposed mechanism at existing production facilities through retrofitting without stopping core operational processes.

Keywords: Industrial Internet of Things (IIoT), cost management, direct technological costs, production digitalization, information asymmetry, data-driven management.

Постановка проблеми. Мінімізація споживання енергії та раціональне використання ресурсів стають критичними факторами забезпечення конкурентоспроможності сучасних промислових підприємств. Оскільки традиційні підходи до управління ресурсами

вичерпують свою ефективність, інтеграція новітніх цифрових технологій (зокрема, промислового інтернету речей) стає об'єктивним етапом розвитку виробництва для уникнення фінансових втрат та оптимізації енергоефективності [7, с. 148–149]. Водночас цифро-

візація виступає базовим інструментом забезпечення економічної стабільності та безпеки підприємницької діяльності в умовах високої невизначеності [6]. Впровадження концепції Індустрії 4.0 забезпечує технологічну основу для розбудови «виробництва 4.0», підвищуючи загальну продуктивність компаній та їхню адаптивність до мінливих економічних умов [3, с. 25].

На практиці інтеграція цифрових інструментів часто гальмується через використання застарілих економічних моделей управління витратами. Традиційні системи управлінського обліку, зокрема метод поглинання витрат (*absorption costing*, або «котловий» метод калькулювання), демонструють низьку ефективність на лініях безперервного виробництва. За таких підходів непрямі витрати (електроенергія, амортизація, втрати від мікрозупинок) усереднюються і рівномірно розподіляються на загальний місячний обсяг випущеної продукції, ігноруючи пікові навантаження окремих вузлів. Насправді ж, графіки енергетичних навантажень та патерни енергоспоживання на сучасному виробництві мають нелінійний і високодинамічний характер, оскільки безпосередньо залежать від поточних режимів експлуатації та технічного стану обладнання в конкретний проміжок часу [7, с. 149–150]. Як свідчать дослідження смарт-індустрії, традиційні методи моніторингу виявляються неефективними для таких умов: відсутність гнучкості та затримки у зборі даних унеможливають оперативну фіксацію цих перепадів [7, с. 149]. Усереднення вказаних показників генерує інформаційну асиметрію, через яку менеджмент втрачає розуміння точної собівартості кожної партії продукції. Це формує ризики застосування хибних цінових стратегій та втрати маржинальності. Відповідно, виникає потреба переходу підприємств до систем динамічного калькулювання (*dynamic costing*) на основі даних, зібраних у режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтеграція цифрових рішень у діяльність промислових підприємств активно досліджується вітчизняними та зарубіжними науковцями. Інтерес до цієї тематики зумовлений переходом виробничих ліній на стандарти Індустрії 4.0, що вимагає перегляду традиційних управлінських концепцій. Загальний масив наукової літератури за цією проблематикою можна структурувати за двома основними напрямками.

Перший напрям охоплює питання безпосереднього застосування технологій промислового інтернету речей (IIoT) та концепцій смарт-виробництва в операційних бізнес-процесах. Технічні та організаційні аспекти такої трансформації досліджували М. І. Дзямулич, І. Г. Фадєєва, Т. О. Шматковська [1, с. 54], а також І. В. Ющук та П. О. Ющук, які розглядали оптимізацію енергоефективності [7, с. 148]. Зарубіжний досвід застосування IIoT-рішень представлений у працях А. Н. Bagdadee, L. Zhang та М. Saddam Hossain Remus, де автори акцентують увагу на побудові систем енергоменеджменту розумних підприємств [8, с. 443].

Другий науковий напрям фокусується на економічному оцінюванні бізнес-процесів та впливі цифровізації на структуру трансакційних і корпоративних витрат підприємства. У цьому контексті вагомими є дослідження колективу авторів під керівництвом О. Круглової щодо комплексного впливу економічних факторів на рівень рентабельності сучасних підприємств [2].

Дослідження Н. Лі доводять безпосередній зв'язок між рівнем цифрової трансформації та загальною ефективністю корпоративних витрат [9]. Паралельно Х. Meng та Х. Gong розглядають роль цифровізації як інструмента зниження внутрішніх і зовнішніх трансакційних витрат [10]. У межах даного дослідження фокус зосереджено насамперед на трансформаційних (виробничих) витратах, які формують собівартість продукції, тоді як зниження трансакційних витрат розглядається як супутній позитивний ефект цифровізації бізнес-процесів. Методичні підходи до економічного оцінювання ефективності таких змін на промислових підприємствах розкрито в роботах О. Г. Мельник [5, с. 97].

Невирішені частин загальної проблеми. Хоча технологічний базис промислового інтернету речей [1; 9] та загальні питання економічного оцінювання бізнес-процесів [5, с. 97] розглядаються в академічному середовищі, у сучасній літературі простежується розрив між технічним рівнем збору даних та економічним рівнем їх використання. Емпіричні дані підтверджують позитивний вплив цифровізації на зниження трансакційних витрат [10]. Водночас організаційно-економічний механізм інтеграції масивів IIoT-даних безпосередньо у систему динамічного калькулювання собівартості на рівні цеху залишається малодослідженим. Відсутність адаптованих моделей переведення технічних метрик мікрорівня у фінансові показники режиму реального часу унеможливує точний розподіл непрямих витрат. Це формує наукову прогалину, подолання якої забезпечить підприємствам із лініями безперервного виробництва перехід до об'єктивного управління собівартістю.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні та розробленні організаційно-економічного механізму інтеграції технологій промислового інтернету речей (IIoT) у систему калькулювання собівартості. Це розглядається як фундаментальна передумова для впровадження динамічної моделі управління витратами, що є критично важливим для підприємств із безперервним технологічним циклом, де використання традиційних методів обліку часто призводить до викривлення та «розмивання» непрямих витрат у структурі готової продукції. Досягнення поставленої мети передбачає аналіз існуючих підходів до використання IIoT в управлінні витратами, обґрунтування способу трансформації технічних даних реального часу у фінансові показники та кількісне оцінювання економічного ефекту від запропонованого рішення на основі реальних виробничих даних.

Методологія. Дослідження базується на системному підході, що розглядає виробництво, інформаційну інфраструктуру та управління витратами як єдиний інтегрований комплекс. Теоретичне підґрунтя сформовано методами аналізу та синтезу фахової літератури, що дозволило виявити концептуальний розрив між технічним збором IIoT-даних та їх економічним використанням.

За допомогою порівняльного аналізу зіставлено традиційний метод поглинання витрат (*absorption costing*) та динамічне калькулювання (*dynamic costing*). Мета порівняння – не зміна системи фінансового обліку, а ілюстрація здатності IIoT долати інформаційну асиметрію. Системно-структурний аналіз дозволив розробити тривірневий механізм IIoT-інтеграції (об'єднання інформаційних технологій управлін-

ського рівня з операційними технологіями виробничого рівня): польовий (датчики), інтеграційний (MES/SCADA) та управлінський (динамічне калькулювання собівартості) для переходу до data-driven управління.

Емпіричним методом виступає кейс-аналіз, проведений на дільниці екструзії ПВХ-панелей (безперервний чотиризмінний графік). Базовою обліковою одиницею обрано 12-годинну зміну. Первинні дані зібрані автором на вітчизняному підприємстві (12.01–12.03 2026 рр.).

У межах кейсу проаналізовано два типові сценарії, відмінні за сировиною. Дані смарт-лічильників і дозаторів використано для розрахунку прямої технологічної собівартості. Обмеження бази розрахунку лише змінними витратами (без умовно-постійних накладних) дозволило ізолювати ефект від впровадження ПоТ. Відповідно, порівняння отриманих результатів із традиційним «котловим» методом має суто управлінський характер і доводить ефективність створення цифрового виробничого середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування промислового інтернету речей (ПоТ) у бізнес-процесах забезпечує збір даних у реальному часі та підвищує точність управлінських рішень [4, с. 114]. За даними досліджень, впровадження IoT-систем здатне скоротити енерговитрати на 10–20%, а автоматизовані системи керування можуть підвищувати продуктивність праці приблизно на 25% [7]. З економічної точки зору, процеси цифрової трансформації виступають медіатором, який ефективно знижує як внутрішні, так і зовнішні транзакційні витрати виробничих компаній [10]. Проте максимальний економічний ефект досягається лише за умови інтеграції згенерованих масивів даних безпосередньо у систему калькулювання собівартості.

Для ліній безперервного циклу переробки полімерів характерною є наявність «прихованих втрат», які практично не фіксуються традиційним бухгалтерським обліком. До них належать мікрозупинки обладнання, відхилення енергоспоживання в зонах нагріву екструдера та перевитрати сировини внаслідок людського фактора при дозуванні. Впровадження цифрових рішень у режимі реального часу – зокрема, інтеграція гравіметричних дозаторів з ERP-системою – дозволяє автоматично оптимізувати витрати сировини та мінімізувати вірогідність таких відхилень.

На першому (польовому) рівні здійснюється дооснащення існуючого виробничого обладнання кіберфізичними датчиками (пристроїв, що поєднують функції вимірювання фізичних параметрів із цифровою передачею даних у реальному часі) шляхом ретрофітінгу (retrofitting – модернізація діючого обладнання через встановлення додаткових цифрових компонентів без повної заміни основних вузлів). Це забезпечує безперервну фіксацію ключових параметрів, які безпосередньо формують змінні витрати: фактичне споживання електроенергії основними технологічними вузлами, тривалість робочих циклів та час простоїв, а також масову витрату сировини через інтеграцію з гравіметричними дозаторами. Отримані дані створюють технічну основу для подальшого пофакторного розподілу накладних витрат замість традиційного усереднення. На другому (інтеграційному) рівні ці дані в режимі реального часу передаються до виробничої інформаційної системи (MES/SCADA), де відбувається їх структуру-

вання, прив'язка до конкретних виробничих партій та верифікація. Третій (управлінський) рівень забезпечує автоматичну трансляцію технічних метрик у фінансові показники: фактичне споживання електроенергії та час роботи обладнання перетворюються на прямі змінні витрати конкретної партії продукції, а не усереднюються пропорційно загальному місячному випуску [11].

Для перевірки економічної ефективності запропонованого механізму динамічного калькулювання проведено кейс-аналіз на базі виробничої дільниці екструзії стінових ПВХ-панелей шириною 25 см (550 г/м.п.). Базовий випуск за 12-годинну зміну становить 1450 м.п. (797,5 кг) при використанні 100% первинної сировини.

Розглянуто два типові виробничі сценарії:

- Сценарій А (базовий) – 100% первинний ПВХ-компануд.
- Сценарій Б (з вторинною сировиною) – 70% первинний + 30% вторинний ПВХ-компануд.

Вторинна сировина має нижчу стабільність властивостей, що призводить до збільшення кількості обривів сировини під час виробництва. Вихідні техніко-економічні параметри наведено у Таблиці 1.

Вибір зазначених сценаріїв зумовлений тим, що вони охоплюють дві найбільш поширені в галузі переробки ПВХ виробничі ситуації – використання виключно первинної сировини для забезпечення максимальної якості поверхні та застосування частки вторинної сировини для зниження матеріальних витрат. Технологічні параметри дільниці, на якій проводився кейс-аналіз, такі як продуктивність екструзійної лінії, рівень енергоспоживання, структура та частота операційних збоїв – є типовими для більшості підприємств малого та середнього бізнесу, що спеціалізуються на випуску погонажної ПВХ-продукції. Отже, отримані кількісні результати та виявлені закономірності можуть бути екстрапольовані на широке коло аналогічних виробництв.

Методика розрахунку фактичної собівартості за динамічним підходом (ПоТ). Для кожного сценарію розрахунок виконано за наступним алгоритмом:

1. Фактичний час роботи лінії:

$$T_{\text{роб}} = 720 - (N_{\text{обр}} \times 10) \text{ (хв)}, \quad (1)$$

де $N_{\text{обр}}$ – кількість обривів сировини за зміну; 10 хв – час простою на одне переналаштування.

2. Фактичний випуск продукції:

$$Q_{\text{кг}} = (T_{\text{роб}} / 60) \times \Pi \text{ (кг)}, \quad (2)$$

де Π – продуктивність (66,5 кг/год).

3. Витрати на сировину:

$$C_{\text{сир}} = Q_{\text{кг}} \times (d_{\text{перв}} \times 55 + d_{\text{втор}} \times 35) \text{ (грн)}, \quad (3)$$

де $d_{\text{перв}}$, $d_{\text{втор}}$ – частки первинної та вторинної сировини в рецептурі (у частках одиниці); 55 грн/кг та 35 грн/кг – вартість первинного та вторинного ПВХ-компануду відповідно.

4. Витрати на електроенергію:

$$C_{\text{ел}} = [(T_{\text{роб}} / 60) \times 30 + (N_{\text{обр}} \times 10 / 60) \times 5] \times 15,50 \text{ (грн)}, \quad (4)$$

де 30 кВт – середня споживана потужність у робочому режимі; 5 кВт – потужність у режимі простою; 15,50 грн/кВт·год – тариф на електроенергію.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку прямих технологічних витрат за сценаріями (зміна 12 годин)

Параметр	Сценарій А (100% перв.)	Сценарій Б (30% втор.)
Продуктивність, кг/год	66,5	66,5
Випуск за зміну (без урахування простоїв), м.п.	1450	1450
Кількість обривів за зміну (середнє)	2,25	5,25
Втрати сировини на 1 обрив, кг	30	30
Час простою на 1 обрив, хв	10	10
Споживана потужність (робочий режим), кВт	30	30
Споживана потужність (простій), кВт	5	5
Вартість електроенергії, грн/кВт·год	15,50	15,50
Вартість первинної сировини, грн/кг	55,00	55,00
Вартість вторинної сировини, грн/кг	–	35,00

Джерело: складено та розраховано автором на основі первинних даних емпіричного дослідження

5. Пряма технологічна собівартість:

$$TC = C_{\text{сир}} + C_{\text{ел}} \text{ (грн)} \quad (5)$$

6. Собівартість 1 погонного метра:

$$C_{\text{м.п.}} = TC / (Q_{\text{кг}} / 0,55) \text{ (грн/м.п.)}, \quad (6)$$

де 0,55 кг – маса 1 погонного метра панелі шириною 25 см.

Оскільки такі статті як амортизація, загальноцехові витрати та оплата праці є умовно-постійними в межах однієї зміни, їх розподіл не залежить від обраного сценарію, тому для чистоти порівняння методів калькулювання використовуються лише змінні прямі витрати, найбільш чутливі до даних ПоТ. Результати розрахунку для обох сценаріїв представлено в Таблиці 2.

За традиційного підходу (absorption costing) усі витрати цеху усереднюються на загальний випуск. Для імітації такого методу сумуємо витрати за обома сценаріями та ділимо на сумарний випуск. Середня собівартість 1 м.п. = $(47\,955,19 + 41\,491,14) / (1405,6 + 1345,1) = 89\,446,33 / 2750,7 \approx 32,52$ грн/м.п.

Отримані результати представлені у Таблиці 3 і свідчать про наступне. Сценарій Б (з вторинною сировиною) є більш економічно ефективним (30,85 грн/м.п. проти 34,12 грн/м.п.), однак «котловий» метод завищує його собівартість на 5,1%. Це може призвести до

встановлення необґрунтовано високої ціни та втрати конкурентних переваг. Сценарій А (100% первинка) насправді є дорожчим (34,12 грн/м.п.), проте «котловий» метод занижує його собівартість на 4,9%. Реалізація такої продукції за усередненою ціною створює ризик прихованої збитковості.

Проведений аналіз наочно доводить, що впровадження технологій ПоТ у поєднанні з методикою динамічного калькулювання дає змогу усунути інформаційну асиметрію у формуванні собівартості. Підприємство отримує достовірну інформацію про економічну ефективність кожної виробничої партії, що створює підґрунтя для гнучкого ціноутворення на продукцію з вторинної сировини, обґрунтованого коригування цін на преміальну продукцію та оптимізації виробничого плану. Без капітальної модернізації обладнання, лише за рахунок ретрофітінгу датчиків і переходу до динамічного калькулювання, підприємство здатне підвищити точність управління витратами та зміцнити конкурентні позиції на ринку ПВХ-профілів.

Імплементация технологій ПоТ у систему управління витратами дозволяє не лише фіксувати технічні метрики в режимі реального часу, а й трансформувати їх у фінансово значущі показники для прийняття обґрунтованих цінових та виробничих рішень. Отримані результати повністю узгоджуються з висновками щодо позитивного

Таблиця 2 – Поопераційний розрахунок прямих технологічних витрат за динамічним методом (ПоТ)

Показник	Сценарій А	Сценарій Б
Загальний час зміни, хв	720	720
Час простоїв, хв	22,5	52,5
Чистий робочий час, год	11,625	11,125
Фактичний випуск, кг	773,1	739,8
Фактичний випуск, м.п.	1405,6	1345,1
Витрати на сировину, грн	42520,50	36250,20
Витрати на електроенергію, грн	5434,69	5240,94
Пряма технологічна собівартість, грн	47955,19	41491,14
Собівартість 1 м.п., грн	34,12	30,85

Джерело: складено та розраховано автором на основі первинних даних емпіричного дослідження

Таблиця 3 – Порівняння методів калькулювання собівартості 1 м.п. панелі

Сценарій	Динамічний метод (ПоТ), грн	«Котловий» метод, грн	Абс. відхилення, грн	Відносне відхилення, %
А (100% перв.)	34,12	32,52	+1,60	+4,9%
Б (30% втор.)	30,85	32,52	-1,67	-5,1%

Джерело: складено та розраховано автором

впливу цифрової трансформації на корпоративну ефективність витрат, однак надають їм конкретного емпіричного наповнення на мікрорівні виробничого цеху.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що впровадження технологій промислового інтернету речей (IIoT) у виробничі процеси підприємств із безперервним циклом створює технічну та інформаційну основу для переходу до більш точного, динамічного управління витратами. На відміну від традиційних підходів, де дані про споживання ресурсів усереднюються за тривалий період, запропонований організаційно-економічний механізм дозволяє фіксувати фактичне споживання енергії та сировини в режимі реального часу та локалізувати ці витрати на рівні конкретної виробничої партії. Емпірична апробація механізму на прикладі виробництва ПВХ-панелей засвідчила, що інтеграція даних із гравіметричних дозаторів та смарт-лічильників у систему управлінського обліку дозволяє виявити варіативність прямих технологічних витрат залежно від складу сировини та частоти мікрозупинок. Дове-

дено, що зміна технологічної рецептури генерує коливання витрат ресурсу, які залишаються прихованими в умовах застосування усереднених методів обліку. Це неминуче призводить до системного викривлення собівартості окремих асортиментних позицій. Отже, цифровізація процесів збору та обробки виробничих даних не стільки зменшує загальний рівень витрат, скільки забезпечує їх об'єктивний розподіл, усуваючи інформаційну асиметрію та створюючи підґрунтя для економічно обґрунтованих цінових і виробничих рішень. Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що запропонований механізм може бути реалізований на діючих підприємствах без зупинки виробництва шляхом поступового дооснащення обладнання необхідними датчиками (ретрофіттингу). Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням номенклатури продукції, для якої застосовується динамічний облік витрат, а також з інтеграцією зібраних IIoT-даних у модулі бюджетування та фінансового планування ERP-систем підприємств.

Бібліографічний список:

1. Дзямулич М. І., Фадєєва І. Г., Шматковська Т. О. Промисловий інтернет речей та його застосування у бізнес-процесах. *Економічний форум*. 2021. № 3. С. 54–59.
2. Круглова О., Козуб В., Козуб С., Наумова Т., Акімова Н., Твердохліб К. Уплив економічних та неекономічних чинників на рентабельність підприємства. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2023. № 1 (48). С. 193–205. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptr.1.48.2023.3918>
3. Кульчицький О. І. Управління розвитком підприємства із застосуванням цифрових інноваційних послуг : дис. ... д-ра філософії : 073. Одеса, 2025. 275 с.
4. Лизунова О. М., Далевська Н. М., Катранжи Л. Л., Табачкова Н. А. Діджиталізація інструментарію стратегічного забезпечення розвитку суб-єктів господарювання в умовах переходу до «зеленої» економіки. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 2 (32). С. 113–124.
5. Мельник О. Г. Проблеми економічного оцінювання ефективності бізнес-процесів промислових підприємств. *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. 2024. № 3 (29). С. 97–104.
6. Правдивець О. М. Цифровізація як основа економічної стабільності та безпеки підприємницької діяльності. *Регіональна економіка*. 2022. № 4 (106). С. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2022-4-9>
7. Ющук І. В., Ющук П. О. Використання промислового інтернету речей (IIoT) для оптимізації енергоефективності на підприємствах. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*. 2025. № 4. С. 148–152.
8. Bagdadee A. H., Zhang L., Saddam Hossain Remus M. A brief review of the IIoT-based energy management system in the smart industry. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1056. P. 443–459.
9. Li H. The Impact of Digital Transformation and Corporate Cost Efficiency: Evidence from China's A-Share Listed Firms. 2025. Vol.4 1. № 6. DOI: <https://doi.org/10.61173/y9cb1a20>
10. Meng X., Gong X. Digital transformation and innovation output of manufacturing companies – An analysis of the mediating role of internal and external transaction costs. *PLOS ONE*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296876>
11. Wang X., Hu H., Wang Y., Wang Z. IIoT Real-Time Production Monitoring and Automated Process Transformation in Smart Manufacturing. *Journal of Organizational and End User Computing*. 2024. Vol. 36. № 1. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.4018/JOEUC.336482>

References:

1. Dziamulych M. I., Fadiieva I. H., Shmatkovska T. O. (2021) Promyslovyi internet rechei ta yoho zastosuvannia u biznes-protsesakh [Industrial Internet of Things and its application in business processes]. *Ekonomichnyi forum – Economic Forum*, vol. 3, pp. 54–9.
2. Kruhlova O., Kozub V., Kozub S., Naumova T., Akimova N., Tverdokhlib K. (2023) Uplyv ekonomichnykh ta neekonomichnykh chynnykiv na rentabelnist pidpryemstva [Influence of economic and non-economic factors on the profitability of the enterprise]. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, vol. 1 (48), pp. 193–205. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptr.1.48.2023.3918>
3. Kulchytskyi O. I. (2025) Upravlinnia rozvytkom pidpryemstva iz zastosuvanniam tsyfrovyykh innovatsiynykh posluh [Enterprise development management using digital innovative services]: dys. ... d-ra filosofii: 073. Odesa. (in Ukrainian)
4. Lyzunova O. M., Dalievskaya N. M., Katranzhy L. L., Tabachkova N. A. (2025) Didzhytalizatsiia instrumentarii stratchichnoho zabezpechennia rozvytku subiektiv hospodariuvannia v umovakh perekhodu do "zelenoi" ekonomiky [Digitalization of tools for strategic support of business entities development in the transition to a "green" economy]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, vol. 2 (32), pp. 113–124.
5. Melnyk O. H. (2024) Problemy ekonomichnoho otsiniuvannia efektyvnosti biznes-protsesiv promyslovykh pidpryemstv [Problems of economic evaluation of industrial enterprises' business processes efficiency]. *Ekonomichnyi zhurnal Odeskoho politekhnichnoho universytetu – Economic journal of Odessa polytechnic university*, vol. 3 (29), pp. 97–104.
6. Pravdyvets O. M. (2022) Tsyfrovizatsiia yak osnova ekonomichnoi stabilnosti ta bezpeky pidpryemnytskoi diialnosti [Digitalization as a basis for economic stability and security of business activity]. *Rehionalna ekonomika – Regional Economy*, vol. 4 (106), pp. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2022-4-9>

7. Yushchuk I. V., Yushchuk P. O. (2025) Vykorystannia promyslovoho internetu rechei (IIoT) dlia optymizatsii enerhoefektyvnosti na pidpriemstvakh [Use of Industrial Internet of Things (IIoT) for energy efficiency optimization at enterprises]. *Naukovyi Zhurnal Metinvest Politekhniky. Seriya: Tekhnichni nauky – Scientific Journal of Metinvest Polytechnic. Series: Technical Sciences*, vol. 4, pp. 148–152.
8. Bagdadee A. H., Zhang L., Saddam Hossain Remus M. A brief review of the IoT-based energy management system in the smart industry. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1056. P. 443–459.
9. Li H. The Impact of Digital Transformation and Corporate Cost Efficiency: Evidence from China's A-Share Listed Firms. 2025. Vol. 41. № 6. DOI: <https://doi.org/10.61173/y9cb1a20>
10. Meng X., Gong X. Digital transformation and innovation output of manufacturing companies – An analysis of the mediating role of internal and external transaction costs. *PLOS ONE*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296876>
11. Wang X., Hu H., Wang Y., Wang Z. IoT Real-Time Production Monitoring and Automated Process Transformation in Smart Manufacturing. *Journal of Organizational and End User Computing*. 2024. Vol. 36. № 1. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.4018/JOEUC.336482>

Стаття отримана: 19.04.2026

Стаття прийнята: 26.05.2026

Стаття опублікована: 26.06.2026