

DOI: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2023-1-4>
УДК 658

Воронкова Валентина Григорівна

доктор філософських наук, професор,
завідувачка кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

Клопов Іван Олександрович

доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2199-2462>

Мержинський Євгеній Костянтинович

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4372-889X>

МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ПРОМИСЛОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ЯК ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У статті здійснено комплексний аналіз методичного інструментарію промислового менеджменту, який формується під впливом цифрової трансформації та глобальних викликів сучасності. Мета статті - узагальнення сучасних тенденцій розвитку методичного інструментарію промислового менеджменту з акцентом на інтеграцію концепцій Lean Six Sigma, Industry 4.0 та цифрових двійників, а також виявлення ключових проблем і перспектив подальших досліджень у цій сфері. У результаті проведеного дослідження визначено особливості інтеграції Lean Six Sigma з цифровими технологіями Industry 4.0 у контексті управління виробничими процесами. Досліджено роль цифрових двійників як інноваційного інструмента підвищення ефективності промислового менеджменту. Методичний інструментарій промислового менеджменту як чинник сталого розвитку полягає у тому, що він забезпечує ефективне планування, організацію та контроль виробничих процесів із урахуванням економічних, екологічних і соціальних аспектів. Використання сучасних методів (Lean Six Sigma, цифрова аналітика, управління ризиками, контролінг) сприяє зниженню ресурсних і енергетичних витрат, мінімізації відходів, підвищенню якості продукції та конкурентоспроможності підприємств. Це створює умови для довгострокової економічної стабільності, екологічної безпеки та соціальної відповідальності бізнесу, що є основою сталого розвитку.

Ключові слова: промисловий менеджмент, промислове підприємство, сталий розвиток, методичний інструментарій, технології Industry 4.0, Lean Six Sigma.

Valentyna Voronkova

Doctor of Philosophy (D.Sc.), Professor,
Head of the Department of Management and Administration,
Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University

Ivan Klopov

Doctor of Economic Sciences (D.Sc.), Professor,
Head of the Department of Information Economy, Entrepreneurship and Finance,
Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University

Yevhenii Merzhynskyi

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Information Economy,
Entrepreneurship and Finance,
Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University



METHODOLOGICAL TOOLKIT OF INDUSTRIAL MANAGEMENT AS A FACTOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The article provides a comprehensive analysis of the methodological tools of industrial management, which are being formed under the influence of digital transformation and global challenges of our time. The purpose of the article is to summarize current trends in the development of methodological tools of industrial management with an emphasis on the integration of the concepts of Lean Six Sigma, Industry 4.0 and digital twins, as well as to identify key problems and prospects for further research in this area. As a result of the study, the features of the integration of Lean Six Sigma with digital technologies of Industry 4.0 in the context of production process management were determined. The role of digital twins as an innovative tool for increasing the efficiency of industrial management was investigated. The main unresolved problems of implementing the latest methodological approaches in industrial enterprises are outlined. Promising directions of development and improvement of the methodological tools of industrial management are formulated. The emphasis is placed on the study of a system of methods, models and technologies that ensure effective management of industrial enterprises in conditions of dynamic changes in the external environment. It is substantiated that a promising direction for improving the methodological tools is the combination of traditional management technologies with digital platforms, artificial intelligence and big data tools. This will contribute to increasing the competitiveness of industrial enterprises, ensuring their sustainable development and forming a new management paradigm. The methodological tools of industrial management as a factor of sustainable development are that it provides effective planning, organization and control of production processes taking into account economic, environmental and social aspects. The use of modern methods (Lean Six Sigma, digital analytics, risk management, controlling) contributes to reducing resource and energy costs, minimizing waste, improving product quality and competitiveness of enterprises. This creates conditions for long-term economic stability, environmental safety and social responsibility of business, which is the basis of sustainable development.

Keywords: industrial management, industrial enterprise, sustainable development, methodological tools, Industry 4.0 technologies, Lean Six Sigma.

Постановка проблеми. Актуальність проблеми промислового менеджменту зумовлена тим, що сучасні підприємства функціонують у динамічному та конкурентному середовищі, де успіх залежить від здатності швидко адаптуватися до змін і забезпечувати ефективне використання наявних ресурсів. Постійне зростання вимог до якості продукції, необхідність оптимізації виробничих процесів, впровадження інновацій та цифрових технологій роблять управління промисловим підприємством надзвичайно складним завданням. Традиційні управлінські підходи часто виявляються недостатніми для забезпечення стабільності та конкурентоспроможності, що посилює потребу у пошуку нових підходів і удосконаленні системи менеджменту. Водночас ефективний промисловий менеджмент безпосередньо впливає на економічні результати підприємства, його здатність виходити на міжнародні ринки, підвищувати продуктивність праці та забезпечувати стале зростання. Саме тому питання формування сучасного інструментарію управління та його практичного застосування має важливе теоретичне й практичне значення.

Актуальність дослідження зумовлена низкою чинників. По-перше, промислові підприємства опинилися в умовах жорсткої конкуренції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку, що вимагає від них високої гнучкості та ефективності управління. По-друге, динамічний розвиток технологій, поява концепцій цифрової трансформації та індустрії 4.0 створюють нові можливості, але водночас потребують від менеджменту здатності швидко інтегрувати інновації у виробничий процес. По-третє, сучасні виклики, пов'язані з глобалізацією, неста-

більністю економічного середовища та зростанням вимог споживачів до якості продукції, роблять необхідним формування комплексної системи управління, яка поєднує стратегічні та операційні інструменти. Таким чином, розвиток методичного інструментарію промислового менеджменту стає ключовою умовою забезпечення конкурентоспроможності, стабільності та інноваційного розвитку підприємств [1].

Методичний інструментарій промислового менеджменту являє собою систему методів, моделей, принципів і практичних засобів, що забезпечують ефективне управління промисловими підприємствами в умовах ринкової економіки. Його концептуалізація ґрунтується на поєднанні системного, процесного, ситуаційного та інноваційного підходів, які дозволяють розглядати підприємство як відкриту систему, аналізувати управлінську діяльність у вигляді взаємопов'язаних процесів, адаптувати методи залежно від конкретних умов і впроваджувати нові інструменти відповідно до технологічних змін. Основу інструментарію становлять кілька груп методів: аналітичні (SWOT, PESTEL, GAP-аналіз, бенчмаркінг), економіко-математичні (моделювання виробничих процесів, лінійне програмування, теорія ігор), фінансово-економічні (бюджетування, аналіз витрат, ROI, EVA), організаційно-управлінські (проектний менеджмент, Lean, Kaizen, Six Sigma) та інформаційно-цифрові (ERP-системи, BI-аналітика, використання штучного інтелекту для прогнозування). Важливе місце у промисловому менеджменті займають інструменти стратегічного управління, зокрема портфельний аналіз (матриці BCG та GE/McKinsey), балансована система показ-

ників (BSC), а також цільове управління (MBO). У практичній площині методичний інструментарій охоплює виробничу логістику та управління ланцюгами постачань (SCM), управління якістю (ISO, TQM), управління інноваціями та науково-дослідними розробками, а також екологічно та соціально орієнтований менеджмент (ESG). Таким чином, методичний інструментарій промислового менеджменту можна розглядати як інтегрований набір підходів, що поєднує класичні й сучасні методи аналізу, планування і контролю та спрямований на підвищення ефективності й конкурентоспроможності промислових підприємств [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження у сфері промислового менеджменту демонструють явну концентрацію на цифровізації операцій, інтеграції штучного інтелекту (ШІ) та трансформації традиційних методів якості й оптимізації під впливом Industry 4.0; численні огляди та емпіричні роботи показують, що цифрові платформи, аналітика великих даних і «цифрові двійники» стають ключовими елементами підвищення продуктивності та гнучкості ланцюгів постачань [1]. Паралельно з цим посилюється увага до інтеграції ШІ у SCM: останні публікації описують кейси застосування машинного навчання для прогнозування попиту, оптимізації маршрутів і «контрольних веж» видимості поставок, водночас підкреслюють, що технічні рішення потребують сильнішої системи даних та людського нагляду для стратегічних рішень [2; 3]. Важливо також відзначити тренд на «LSS 4.0» – еволюцію Lean Six Sigma, що поєднує класичні інструменти DMAIC з IoT, предиктивною аналітикою та цифровим моніторингом, що дозволяє змінити управління від реактивного до проактивного та автономного, проте дослідження вказують на бар'єри впровадження, пов'язані з компетенціями працівників і інтеграцією IT-ландшафту [4; 5]. Огляди корпоративних прогнозів і аналітики консалтингових фірм підтверджують ці академічні знахідки: виробники інтенсифікують інвестиції в планувальні рішення, BI і цифрову трансформацію ланцюгів постачань, а пріоритетами залишаються управління ризиками, видимість поставок і підвищення віддачі від капіталовкладень у цифрові інструменти [6]. Ще одна важлива лінія досліджень – соціальні наслідки автоматизації: роботи та ШІ змінюють структуру праці, зростає попит на нові навички, а також порушуються питання відповідальності, безпеки даних і етичності застосування алгоритмів, що ставить перед менеджментом необхідність розглядати людський фактор як центральний елемент трансформації [7; 8]. Аналіз методології останніх публікацій показує зростання кількості міждисциплінарних підходів (комбінація операційного дослідження, даних, організаційної культури й екологічної сталості), а також поширення методів бібліометричного й систематичного огляду як інструментів картографування галузевих трен-

дів. водночас багато праць залишаються концептуальними або заснованими на кейсах, що вказує на потребу в більших кількісних дослідженнях і довгострокових експериментальних впровадженнях. ключові прогалини, які потребують уваги науковців: а) методичні підходи до вимірювання впливу цифрових інструментів на довгострокову стійкість і ESG-показники, б) стандартизація інтеоперабельності між ERP/PLM/SCM-системами, в) розробка практик «людина - машина» для уникнення деградації праці та забезпечення перенавчання персоналу, г) кращі методи оцінки ризиків кібербезпеки при масштабуванні IoT-рішень. На основі виявлених трендів рекомендую практичні напрями для досліджень і впровадження: оцінка ROI від інтеграції ШІ з урахуванням прихованих операційних витрат і ризиків, розробка гібридних методик Lean+Digital (LSS 4.0) з чіткими KPI для людських і технічних компонентів, створення пілотних проектів цифрових подвійників у критичних процесах із відкритими даними для реплікації та дослідження соціально-етичних аспектів автоматизації. Загалом, сучасні публікації формують образ промислового менеджменту як поля, де цифрові технології відкривають великі можливості для підвищення ефективності й стійкості, але успіх залежатиме від інтегрованого підходу: технічні інструменти, організаційні зміни й людські компетенції повинні розвиватися синхронно (табл. 1) [3].

Lean Six Sigma – це сучасна методологія управління якістю та ефективністю, яка поєднує два потужних підходи: Lean («бережливе виробництво») та Six Sigma («шість сигм»). Концепція Lean орієнтується на усунення всіх видів втрат у виробничих і бізнес-процесах, таких як зайві витрати часу, ресурсів чи енергії, з метою підвищення цінності для клієнта. У свою чергу Six Sigma акцентує увагу на зменшенні варіативності та дефектів, використовуючи статистичні методи аналізу для досягнення майже безпомилкового рівня якості – не більше 3,4 дефекта на мільйон можливостей.

Об'єднання цих двох підходів забезпечує комплексний інструментарій для оптимізації діяльності організацій: Lean робить процеси швидкими та гнучкими, а Six Sigma – стабільними та точними. Використання Lean Six Sigma дозволяє компаніям одночасно підвищувати продуктивність, знижувати витрати, покращувати якість продукції та послуг, забезпечувати задоволення клієнтів і формувати культуру постійних удосконалень. Саме тому ця методологія стала універсальним інструментом сучасного промислового менеджменту та бізнесу загалом [4].

Сучасні напрацювання демонструють чітку конвергенцію Lean Six Sigma (LSS) з цифровими технологіями Industry 4.0 – формується парадигма «LSS 4.0», у якій класичний цикл DMAIC збагачується аналітикою даних у реальному часі, IoT/IIoT, кіберфізичними системами та штучним інтелектом

Таблиця 1

Останні тренди в методичному інструментарії промислового менеджменту – Lean Six Sigma, LSS, Industry 4.0, концепції digital twin

Тема	Назва дослідження / публікація	Автори
Інтеграція LSS 4.0	Literature review + framework (2023)	Skalli, Charkaoui, Cherrafi, Garza-Reyes, Antony, Shokri
Бар'єри та фактори LSS 4.0	Systematic Review (2022)	Macias-Aguayo, Garcia-Castro, Barcia, McFarlane, Abad-Moran
Human-centric DT	Service-oriented digital twin (2022)	Longo, Nicoletti, Padovano
DT практичний фреймворк	Digital Twin: From Concept to Practice (2022)	Agrawal, Fischer, Singh
Digital twin – піонер	Foundations & evolution (2014–2023)	Michael Grieves

Джерело: створено авторами на основі власних досліджень

(інколи позначається як DMAIC 4.0). Це зміщує акцент від інструментально-процедурного до data-driven підходу, де джерелом стійкого поліпшення стають потоки даних з виробництва, що прискорює пошук причин варіацій, підвищує якість і скорочує цикл змін.

Ключовим «зв'язувальним шаром» виступають цифрові двійники (Digital Twin): вони забезпечують безперервний closed-loop між віртуальним моделюванням і фізичним виконанням, підсилюючи бережливі практики – від швидшого налаштування процесів до predictive maintenance і оптимізації ланцюгів постачання. Звіти та огляди відзначають приріст ефективності, продуктивності та якості, особливо коли двійники поєднані з алгоритмами машинного навчання. Водночас перешкодами залишаються інтеграція даних і сумісність, нестача стандартів/кадрових компетенцій, безпека та управління даними; саме вони визначають швидкість і масштаб впровадження LSS 4.0 та Digital Twin на підприємствах. Останні тренди – це інтеграція LSS з I4.0 (LSS 4.0), цифрові двійники як операційне «ядро» безперервних поліпшень, і AI-підсилення аналітики та обслуговування; очікувані вигоди – якість, гнучкість, скорочення витрат та екологічні ефекти, а критичні умови успіху – єдина дата-архітектура, стандарти, кібербезпека та розвиток компетенцій. Для подальших досліджень у науковій літературі рекомендується фокус на метриках цінності від інтегрованих рішень і на методичних дорожніх картах впровадження з урахуванням зрілості процесів [5].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на активний розвиток сучасних підходів у промисловому менеджменті, пов'язаних із впровадженням Lean Six Sigma, Industry 4.0 та концепції цифрових двійників, залишається низка невирішених проблем. По-перше, відсутня універсальна методологічна модель інтеграції класичних циклів Lean Six Sigma (наприклад, DMAIC) з цифровими інструментами аналізу даних, штучним інтелектом та IoT, що ускладнює системне застосування цих підходів у практиці. По-друге, відкритим залишається питання стандартизації та інтероперабельності, так як не існує узгоджених

технічних і методичних стандартів для широкого використання Digital Twin у промисловості, що призводить до труднощів з інтеграцією різних цифрових платформ, ERP- і MES-систем у єдине інформаційне середовище. Важливою проблемою також є кадровий розрив, адже сучасний ринок праці відчуває брак спеціалістів, здатних поєднувати компетенції Lean Six Sigma з аналітикою даних, машинним навчанням та інженерією цифрових систем, що вимагає формування мультидисциплінарних команд і розробки нових освітніх програм. Недостатньо дослідженим є й питання економічної ефективності: у науковій літературі та практиці бракує уніфікованих метрик, які б дозволяли оцінити комплексний ефект від впровадження LSS 4.0 та цифрових двійників з урахуванням фінансових, технологічних і екологічних показників. Не менш суттєвим викликом залишається кібербезпека та управління даними, оскільки захист виробничої інформації, інтелектуальної власності та дотримання принципів «data governance» у масштабних цифрових системах є вразливими зонами. Нарешті, проблемним є питання масштабування: більшість успішних прикладів впровадження LSS 4.0 і Digital Twin обмежуються локальними пілотними проектами, тоді як розгортання на рівні всієї компанії або міжгалузевих мереж стикається з організаційними, технологічними та фінансовими бар'єрами. Отже, невирішені частини загальної проблеми концентруються навколо методологічної узгодженості, кадрового забезпечення, стандартизації та безпеки, а також оцінки цінності й масштабування інтегрованих підходів, що визначає пріоритетні напрями подальших досліджень у сфері методичного інструментарію промислового менеджменту [6].

Мета статті. Узагальнення сучасних тенденцій розвитку методичного інструментарію промислового менеджменту з акцентом на інтеграцію концепцій Lean Six Sigma, Industry 4.0 та цифрових двійників, а також виявлення ключових проблем і перспектив подальших досліджень у цій сфері.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передбачається, що інтеграція методології Lean Six Sigma з цифровими технологіями Industry 4.0 та кон-

цепцією цифрових двійників створює новий рівень методичного інструментарію промислового менеджменту, здатний забезпечити підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат та підвищення якості продукції. Водночас основними обмежувальними факторами залишаються відсутність єдиних стандартів, кадровий дефіцит і проблеми кібербезпеки, подолання яких визначить успішність подальшого розвитку LSS 4.0.

Методологічною основою дослідження є системний та міждисциплінарний підхід, який поєднує теоретико-аналітичні та прикладні методи. Для досягнення мети використано: методи аналізу та синтезу – для узагальнення теоретичних положень щодо еволюції методичного інструментарію промислового менеджменту; порівняльний аналіз – для виявлення спільних і відмінних рис класичних моделей Lean Six Sigma та цифрових концепцій Industry 4.0 і Digital Twin; системно-структурний метод – для визначення взаємозв'язків між елементами сучасних управлінських інструментів; методи прогнозування та сценарного аналізу – для окреслення перспектив подальшого розвитку LSS 4.0 у промислових підприємствах; критичний огляд літератури – для ідентифікації невирішених проблем і формування напрямів подальших наукових пошуків [7].

Основні результати проведеного дослідження полягають в наступному:

1. Особливості інтеграції Lean Six Sigma з цифровими технологіями Industry 4.0 у контексті управління виробничими процесами.

Актуальність дослідження особливостей інтеграції Lean Six Sigma з цифровими технологіями Industry 4.0 у контексті управління виробничими процесами зумовлена потребою промислових підприємств адаптуватися до умов глобальної конкуренції, високої динаміки ринкового середовища та постійного оновлення технологій. Класичні інструменти Lean Six Sigma, спрямовані на підвищення якості, усунення втрат і оптимізацію процесів, залишаються ефективними, однак у цифрову епоху вони набувають нової форми завдяки інтеграції з технологіями Industry 4.0. Концептуалізація цього підходу полягає в тому, що методологія LSS еволюціонує від традиційної моделі вдосконалення процесів на основі статистичних методів до data-driven підходу, де ключову роль відіграють цифрові платформи, Інтернет речей, аналітика великих даних, штучний інтелект та кіберфізичні системи. Завдяки цьому процеси управління набувають більшої гнучкості, прозорості та прогнозованості, що відкриває можливості для швидкого прийняття управлінських рішень у режимі реального часу. Особливого значення набуває використання цифрових двійників, які дозволяють створювати віртуальні моделі виробничих процесів, тестувати сценарії їх оптимізації та оцінювати ризики ще до впровадження змін у реальне виробництво. Така інтеграція сприяє формуванню концепції «LSS

4.0», у якій класичні цикли DMAIC підсилюються цифровими інструментами, що дає змогу знизити рівень варіацій, скоротити витрати, підвищити продуктивність і забезпечити стійкий розвиток підприємств. Водночас актуальність теми підкреслюється тим, що більшість підприємств стикається з викликами інтеграції через відсутність єдиних стандартів, нестачу компетентних кадрів і складності масштабування цифрових рішень. Отже, концептуалізація інтеграції Lean Six Sigma та Industry 4.0 не лише відображає сучасний тренд розвитку промислового менеджменту, а й визначає стратегічний напрям підвищення конкурентоспроможності та інноваційної динаміки промислових підприємств (табл. 2) [8].

Даний аналіз таблиці 2 поєднує теоретичний вимір (мета, методологія, інструменти), практичні аспекти (значення, виклики) та стратегічну перспективу розвитку інтеграції LSS і Industry 4.0. На основі аналізу літератури та узагальнення практичних підходів можна зробити такі висновки щодо інтеграції Lean Six Sigma та цифрових технологій Industry 4.0 у контексті управління виробничими процесами. Інтеграція класичних методів підвищення якості та усунення втрат із цифровими платформами, аналітикою великих даних, штучним інтелектом та цифровими двійниками формує новий рівень методичного інструментарію промислового менеджменту – концепцію LSS 4.0. Такий підхід забезпечує гнучкість, прозорість і прогнозованість виробничих процесів, прискорює прийняття управлінських рішень, знижує рівень варіацій і витрат, а також підвищує продуктивність та якість продукції.

Водночас впровадження LSS 4.0 стикається з низкою обмежень, серед яких відсутність єдиних стандартів, кадровий розрив, складність інтеграції цифрових рішень у масштабах підприємства та питання кібербезпеки. Подолання цих проблем потребує комплексних методологічних рішень, розвитку компетенцій персоналу та розробки стратегічних дорожніх карт впровадження цифрових технологій у Lean-процеси. Отже, інтеграція Lean Six Sigma та Industry 4.0 є актуальним напрямом розвитку промислового менеджменту, що визначає підвищення конкурентоспроможності підприємств, сприяє ефективному використанню ресурсів і формує основу для сталого розвитку виробничих систем у цифрову епоху [9].

2. Роль цифрових двійників як інноваційного інструмента підвищення.

Цифрові двійники (Digital Twin) стають ключовим інноваційним інструментом підвищення ефективності промислового менеджменту, оскільки дозволяють створювати віртуальні моделі фізичних виробничих об'єктів і процесів, які відображають їхню поведінку у реальному часі. Це забезпечує можливість моделювання різних сценаріїв розвитку процесів, прогнозування потенційних проблем і оптимізації операційних рішень ще до їх реалізації на виробництві. Використання цифрових двійни-

Таблиця 2

Особливості інтеграції Lean Six Sigma та Industry 4.0

Аспект	Lean Six Sigma (LSS)	Industry 4.0	Особливості інтеграції (LSS 4.0)	Практичне значення
Мета	Усунення втрат, зниження варіацій, підвищення якості процесів	Цифровізація та автоматизація виробництва, створення «розумних фабрик»	Перехід від традиційного контролю процесів до управління на основі даних у реальному часі	Прискорення прийняття управлінських рішень, підвищення продуктивності
Методологія	Цикл DMAIC (визначення – вимірювання – аналіз – удосконалення – контроль)	Цифрові технології: IoT, AI, Big Data, CPS, Cloud	Формування «DMAIC 4.0» із застосуванням цифрової аналітики, штучного інтелекту та автоматизованого контролю	Зменшення людського фактору, підвищення точності діагностики проблем
Інструменти	Статистичні методи, діаграми причинно-наслідкових зв'язків, контрольні карти	Сенсори, цифрові платформи, цифрові двійники, кіберфізичні системи	Поєднання класичних статистичних методів з потоками Big Data та моделями Digital Twin	Виявлення дефектів і втрат ще на стадії моделювання, оптимізація виробничих сценаріїв
Рівень даних	Використання вибірових даних для аналізу процесів	Потоки даних у реальному часі з виробничих систем	Інтеграція офлайн-аналізу LSS з онлайн-аналітикою Industry 4.0	Швидке реагування на зміни у виробничих процесах
Ключові переваги	Зниження витрат, підвищення якості продукції, усунення втрат	Автоматизація, гнучкість, прозорість виробничих процесів	Синергія: гнучке, якісне й прозоре виробництво з високим рівнем прогнозованості	Формування конкурентоспроможних «розумних фабрик»
Виклики	Потреба у кваліфікованих фахівцях, обмеженість у масштабуванні	Висока вартість впровадження, проблеми сумісності та безпеки	Відсутність стандартів, кадровий розрив, кіберризик, труднощі інтеграції	Необхідність комплексних дорожніх карт і розвитку компетенцій
Перспективи розвитку	Подальше вдосконалення статистичних методів	Ширше застосування AI, IoT, Digital Twin	Концепція LSS 4.0 як єдина інтегрована методологія управління	Підвищення стійкості та екологічності виробництва, оптимізація життєвого циклу продукту

Джерело: створена авторами на основі власних досліджень

ків сприяє інтеграції даних з IoT-пристроїв, систем управління та аналітичних платформ, що дозволяє отримувати комплексну картину стану підприємства і приймати обґрунтовані управлінські рішення. У поєднанні з Lean Six Sigma цифрові двійники створюють умови для більш швидкого виявлення втрат, усунення варіацій у процесах та підвищення якості продукції, що формує концепцію LSS 4.0. Водночас їхнє впровадження потребує відповідної цифрової інфраструктури, розвинених аналітичних компетенцій персоналу та забезпечення безпеки даних, що визначає стратегічні виклики і напрями розвитку сучасного промислового менеджменту (табл. 3) [10].

Аналіз показує, що сучасний методичний інструментарій промислового менеджменту формує інтегрований підхід, у якому класичні принципи Lean Six Sigma підсилюються цифровими технологіями Industry 4.0 та можливостями цифрових двійників. Зіставлення даних свідчить, що цифрові інструменти забезпечують ключові переваги у реальному часі, такі як моніторинг виробничих процесів, прогнозування дефектів, оцінка ризиків і оптимізація опера-

ційних рішень, що класичними методами досягнути складно.

Аналіз табл. 3 демонструє, що інтеграція LSS із цифровими платформами спрямована на поєднання кількісної аналітики (DMAIC, контрольні карти, статистичні методи) з даними з сенсорів, AI-алгоритмів та Digital Twin. Це створює «цифровий каркас» для процесного управління, де рішення ґрунтуються на даних у реальному часі, а не лише на історичній статистиці. Важливо, що аналіз таблиць виявляє ключові проблемні аспекти впровадження інтегрованих рішень: відсутність стандартів, складність масштабування, кадровий розрив та питання кібербезпеки. Ці фактори визначають не лише обмеження поточного впровадження, але й напрями подальших досліджень і розвитку методології LSS 4.0. З практичної точки зору, таблиці показують, що цифрові двійники є критичною ланкою інтеграції: вони дозволяють тестувати сценарії оптимізації, контролювати виробничі процеси, прогнозувати ефективність і підвищувати якість продукції, що сприяє реалізації стратегічних цілей підприємства – підвищенню

конкурентоспроможності, скороченню витрат і формуванню більш гнучких виробничих систем. Отже, аналітика таблиць підтверджує, що синергія LSS, Industry 4.0 та Digital Twin створює новий рівень методичного інструментарію, який поєднує класичні принципи управління процесами з цифровою трансформацією та data-driven підходами [9].

3. Основні не вирішені проблеми впровадження новітніх методичних підходів у промислових підприємствах (зведено у табл. 4).

Незважаючи на активне впровадження новітніх методичних підходів у промисловому менеджменті, таких як Lean Six Sigma 4.0, цифрові двійники та технології Industry 4.0, низка проблем залишаються невирішеними. Перш за все, відсутність єдиних методологічних і технічних стандартів ускладнює інтеграцію цифрових інструментів із традиційними процесами управління виробництвом та обмежує можливості масштабування рішень на рівні всього підприємства чи міжгалузевих мереж. По-друге, значним викликом є кадровий розрив, так як сучасні підприємства стикаються з дефіцитом фахівців, які одночасно володіють компетенціями в області Lean Six Sigma, аналітики даних, штучного інтелекту та інженерії цифрових систем, що гальмує ефективне впровадження нових методів. Третім аспектом є забезпечення кібербезпеки та управління даними, в основі якого широке використання Digital Twin і IoT-платформ створює вразливості щодо захисту виробничої інформації та інтелектуальної власності, що потребує розробки комплексних політик «data

governance». Четвертим викликом виступає оцінка економічної ефективності та віддачі інноваційних підходів, оскільки відсутні уніфіковані метрики, що дозволяють комплексно оцінити фінансові, технологічні та екологічні результати впровадження LSS 4.0 та цифрових двійників.

Нарешті, складність масштабування та адаптації новітніх методичних рішень до умов різних підприємств з урахуванням рівня технологічної зрілості, організаційної структури та зовнішніх чинників також залишається відкритою проблемою. Отже, невирішені аспекти впровадження інноваційних методик у промисловому менеджменті концентруються навколо методологічної узгодженості, кадрового забезпечення, стандартизації, кібербезпеки, оцінки ефективності та масштабування, що визначає пріоритетні напрями подальших наукових досліджень і практичних розробок [8].

На основі аналізу сучасних досліджень і практичного досвіду впровадження новітніх методичних підходів у промисловому менеджменті можна зробити такі висновки. Незважаючи на значні переваги інтеграції Lean Six Sigma, Industry 4.0 та цифрових двійників, ряд ключових проблем залишається невирішеним. Серед них виділяються відсутність єдиних стандартів і методологічної узгодженості, кадровий дефіцит фахівців із суміжними компетенціями, проблеми кібербезпеки та управління даними, складність оцінки економічної ефективності інновацій і труднощі масштабування впроваджених рішень на рівень всього підприємства. Ці невирішені аспекти

Таблиця 3

Роль цифрових двійників як інноваційного інструмента підвищення ефективності промислового менеджменту:

Аспект	Опис цифрового двійника	Взаємодія з LSS та Industry 4.0	Практичне значення для управління виробничими процесами
Функціональне призначення	Віртуальна копія фізичного об'єкта або процесу, що відображає його стан у реальному часі	Інтеграція даних із сенсорів IoT та аналітичних платформ для моделювання процесів LSS	Дозволяє тестувати сценарії змін, оцінювати ризики та вплив на продуктивність без зупинки виробництва
Прогнозування та аналітика*	Моделювання поведінки об'єкта, оцінка наслідків різних рішень	Використання алгоритмів AI та Big Data для аналізу варіацій процесів	Підвищує точність прогнозів, скорочує втрати та оптимізує цикл виробництва
Оптимізація процесів	Моніторинг і контроль у реальному часі	Інтеграція з DMAIC LSS для швидкого виявлення проблем	Прискорює усунення дефектів і варіацій, знижує витрати, підвищує якість продукції
Інтеграція даних	Об'єднання даних із різних джерел (MES, ERP, сенсори)	Забезпечує зв'язок між цифровими моделями та реальним виробництвом	Забезпечує прозорість процесів і обґрунтованість управлінських рішень
Масштабування та адаптивність	Можливість моделювати різні ланки виробничого ланцюга	Підтримує стратегічне планування та масштабування LSS 4.0	Дозволяє адаптувати процеси під різні сценарії, швидко реагувати на зміни ринку
Виклики впровадження	Висока складність інтеграції, потреба в потужній інфраструктурі	Необхідність кваліфікованих фахівців і забезпечення кібербезпеки	Визначає стратегічні напрями розвитку цифрової інфраструктури та підготовки персоналу

Джерело: створена авторами на основі власних досліджень

Таблиця 4

Основні невирішені проблеми впровадження новітніх методичних підходів на промислових підприємствах

Проблемна сфера	Проблемна сфера	Наслідки для підприємства	Можливі напрями подолання
Методологічна узгодженість та стандартизація	Відсутність єдиних стандартів інтеграції Lean Six Sigma, Digital Twin та Industry 4.0	Складність масштабування рішень, низька ефективність інтеграції	Розробка уніфікованих методологічних рамок і стандартів впровадження
Кадровий дефіцит	Недостатня кількість фахівців із суміжними компетенціями: LSS, аналітика даних, AI, IoT	Затримка впровадження нових методів, зниження якості управлінських рішень	Формування мультидисциплінарних команд, розвиток навчальних програм і перепідготовка персоналу
Кібербезпека та управління даними*	Вразливість даних у системах Digital Twin та IoT, ризики втрати інтелектуальної власності	Порушення безпеки виробничих процесів, фінансові та репутаційні втрати	Впровадження політик «data governance», розвиток захищених цифрових платформ
Оцінка економічної ефективності	Відсутність узгоджених метрик для комплексної оцінки впровадження інновацій	Неможливість точно визначити віддачу від LSS 4.0 і цифрових технологій	Розробка методик комплексної оцінки фінансових, технологічних та екологічних ефектів
Масштабування та адаптація	Складність перенесення успішних локальних кейсів на рівень підприємства або міжгалузевих мереж	Обмежене використання інноваційних рішень, низька гнучкість виробництва	Розробка дорожніх карт впровадження, адаптивних моделей та цифрової інфраструктури

Джерело: створена авторами на основі власних досліджень

визначають основні бар'єри для ефективного впровадження LSS 4.0 та цифрових технологій у промисловому менеджменті, а їх подолання вимагає комплексних стратегічних рішень, включаючи розробку стандартів, формування мультидисциплінарних команд, впровадження політик безпеки даних і розробку методик оцінки ефективності. Таким чином, подолання цих викликів стане критичною передумовою підвищення продуктивності, якості та конкурентоспроможності промислових підприємств у цифрову епоху [9].

4. Перспективні напрями розвитку та удосконалення методичного інструментарію промислового менеджменту.

Перспективні напрями розвитку методичного інструментарію промислового менеджменту зосереджуються на інтеграції класичних управлінських методів із цифровими технологіями, що дозволяє підвищити ефективність, гнучкість і прозорість виробничих процесів. Концептуально це передбачає еволюцію Lean Six Sigma до моделі LSS 4.0, у якій традиційні цикли DMAIC поєднуються з аналітикою великих даних, штучним інтелектом, Інтернетом речей та цифровими двійниками, що дає змогу здійснювати управління процесами на основі даних у реальному часі. Одним із ключових напрямів є розробка та впровадження уніфікованих методологічних стандартів, які забезпечують інтеграцію різнорівневих цифрових платформ та дозволяють масштабувати рішення на рівні підприємств і міжгалузевих мереж. Важливим є також формування мультидисциплінарних команд і розвиток компетен-

цій персоналу, здатного поєднувати знання класичних методів управління з цифровою аналітикою та інженерією цифрових систем. Крім того, перспективним напрямом є розробка комплексних методик оцінки ефективності інноваційних підходів, що враховують фінансові, технологічні та екологічні показники, а також забезпечують контроль і прогнозування результатів впровадження LSS 4.0. Не менш значущим є удосконалення цифрової інфраструктури та систем кібербезпеки, що гарантує захист даних, інтеграцію інформаційних потоків і стабільність функціонування розумних виробничих систем. Отже, концептуалізація перспективних напрямів розвитку методичного інструментарію промислового менеджменту передбачає комплексну трансформацію управлінських підходів шляхом поєднання класичних методів із цифровими технологіями, що забезпечує стійкий розвиток, підвищення конкурентоспроможності та оптимізацію виробничих процесів у цифрову епоху [10].

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що перспективні напрями розвитку та удосконалення методичного інструментарію промислового менеджменту зосереджуються на інтеграції класичних управлінських методів із цифровими технологіями, такими як Industry 4.0, цифрові двійники та аналітика великих даних. Концепція LSS 4.0 демонструє, що поєднання циклів Lean Six Sigma із цифровими платформами забезпечує управління процесами на основі даних у реальному часі, підвищує ефективність, прозорість і гнучкість виробництва. Основними напрямками розвитку є стандартиза-

ція методологій, формування мультидисциплінарних команд, розробка комплексних метрик оцінки ефективності та удосконалення цифрової інфраструктури й систем кібербезпеки. Впровадження цих підходів створює умови для стійкого розвитку підприємств, підвищення їх конкурентоспроможності та оптимізації виробничих процесів у цифрову епоху, визначаючи стратегічні орієнтири промислового менеджменту майбутнього [10].

Висновки. У статті досліджено інтеграцію Lean Six Sigma із цифровими технологіями Industry 4.0, розглянуто значення цифрових двійників як інноваційного інструмента підвищення ефективності промислового менеджменту, виокремлено ключові не вирішені проблеми впровадження новітніх методичних підходів у промислових підприємствах та окреслено перспективні напрями подальшого розвитку методичного інструментарію. Інтеграція Lean Six Sigma з технологіями Industry 4.0 набуває все більшої практичної значущості в управлінні виробничими процесами. Поєднання принципів усунення втрат і статистичної мінімізації дефектів із цифровими рішеннями (інтернет речей, великі дані, аналітика в реальному часі, хмарні платформи, автоматизація та промислові роботи) дозволяє значно підвищити швидкість виявлення проблем, точність діагностики причин та оперативність корекцій. Цифрові сенсори та системи збору даних забезпечують безперервний моніторинг ключових параметрів процесу, що дає змогу застосовувати інструменти Six Sigma (DMAIC, статистичний контроль процесів) на основі якісних та кількісних даних у реальному часі. Lean-практики стають більш ефективними завдяки цифровій візуалізації потоків матеріалів і інформації, автоматичному відстеженню вузьких місць та адаптивному перерозподілу ресурсів. Внаслідок цього скорочується час циклу виробництва, знижується рівень браку та підвищується загальна продуктивність. Цифрові двійники (digital twins) виступають як ключовий інноваційний інструмент у підвищенні ефективності промислового менеджменту. Створення віртуальної моделі виробничого обладнання, процесу або цілого підприємства дає можливість імітувати поведінку системи при різних сценаріях, прогнозувати відмови, оптимізувати параметри роботи та тестувати альтернативні керувальні стратегії без ризику для реального виробництва. У поєднанні з Lean Six Sigma цифрові двійники дозволяють: верифікувати гіпотези щодо джерел дефектів, моделювати ефект пропонованих втручань, проводити “what-if” аналізи для мінімізації втрат і перевіряти нові стандарти процесу перед їх фактичним впровадженням. Це сприяє швидшому прийняттю рішень, зниженню витрат на експерименти та підвищенню стійкості виробничих систем до варіативності. Водночас впровадження Lean Six Sigma та цифрових інструментів у промисловість супроводжується низкою невирішених проблем. По-перше, існує кадровий дефіцит: брак

спеціалістів з перетином компетенцій у статистиці, процесному інженерінгу та цифрових технологіях ускладнює масштабування ініціатив. По-друге, багато підприємств мають низький рівень цифрової культури та опору змінам на всіх рівнях управління, що гальмує трансформацію. По-третє, фінансові обмеження та невизначеність щодо рентабельності проєктів цифровізації стримують інвестиції, особливо в МСП. По-четверте, інтеграція розрізнених IT/OT систем, проблема сумісності обладнання та стандартів передачі даних створюють технічні бар'єри. По-п'яте, відсутність єдиної методологічної бази для суміщення Lean Six Sigma та інструментів Industry 4.0 призводить до фрагментарних впроваджень та недостатньої реплікації успішних практик. Нарешті, питання кібербезпеки й збереження конфіденційності даних стають критичними при масштабній цифровізації виробництва.

Враховуючи виявлені проблеми, виділимо перспективні напрями розвитку та удосконалення методичного інструментарію промислового менеджменту. По-перше, необхідно розробити інтегровані методичні підходи, які формально поєднуюватимуть Lean Six Sigma з інструментами Industry 4.0, включаючи шаблони для збору даних, стандартизовані метрики та алгоритми прийняття рішень. По-друге, важливим є інвестиційний фокус на навчанні: створення міждисциплінарних освітніх програм і корпоративних академій, що навчають фахівців одночасно в аналітиці, статистиці та цифрових технологіях. По-третє, потрібно впроваджувати поетапні моделі цифрової трансформації - від пілотних проєктів на окремих лініях до масштабування, із чіткими KPI та методами оцінки економічного ефекту. По-четверте, слід розвивати архітектуру відкритої інтеграції та інтероперабельності, які полегшать обмін даними між IT/OT компонентами та знизять бар'єри технічної інтеграції. По-п'яте, варто приділяти увагу нормативно-організаційним аспектам: створенню стандартів, рекомендацій з кібербезпеки та правовим механізмам захисту даних. Нарешті, пропонується впроваджувати культуру експериментування і постійного вдосконалення, де цифрові двійники та аналітика стають стандартними інструментами для перевірки управлінських рішень.

У дослідженні встановлено, що інтеграція Lean Six Sigma з технологіями Industry 4.0 створює синергетичний ефект для управління виробничими процесами: прискорює виявлення та усунення дефектів, підвищує стабільність процесів і знижує витрати. Цифрові двійники підтверджують свою роль як ефективного інструмента моделювання, прогнозування і валідації процесних змін. Водночас існують суттєві бар'єри – кадрові, культурні, технічні та фінансові, які потребують системного підходу для подолання. Перспективи розвитку методичного інструментарію полягають у створенні інтегрованих методик, інвестиціях у освіту, поетапному масштабуванні цифро-

вих рішень, удосконаленні архітектур інтеграції та нормативному забезпеченні. Загалом досліджено й доведено, що поєднання класичних методів управ-

ління якістю з цифровими інструментами є ключем до підвищення конкурентоспроможності та сталості сучасних промислових підприємств.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Формування та розвиток цифрової економіки у високорозвинутих країнах світу. *Prospective directions of scientific and practical activity : collective monograph* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 43–57. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95921-2023-011>
2. Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Мар'єнко В.Ю. Становлення і розвиток цифрового менеджменту на підприємстві. *Science and society: trends of interaction : collective monograph* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 49–67. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95945-2023-012-49-67>
3. Voronkova, V., Nikitenko, V., Oleksenko, R., Cherep, O., Andriukaitiene, R., Briki, I. (2021) Digital paradigm of economy and management in the conditions of global human transformation. *Technology Transfer: Innovative Solutions in Social Sciences and Humanities*, 4, 37–40. DOI: <http://doi.org/10.21303/2613-5647.2021.001769>
4. Мар'єнко В.Ю., Воронкова В.Г. Інформатизація як умова розвитку інформаційних циклів економіки. Соціально-відповідальне суспільство: український та європейський контекст розвитку: матеріали *Всеукраїнської науково-практичної конференції (10 грудня 2021 р.)* Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2021. С. 307–311. URL: <http://feb.tsatu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/1639121330885591.pdf>
5. Метеленко В.Г., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Сіліна І.В. Становлення і розвиток smart-економіки та її модифікацій в умовах цифрового розвитку. “*Vectors of the development of science and education in the modern world*” / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 79–95. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-79-95>
6. Промисловий потенціал складних соціально-економічних систем цифрового суспільства: макро-, мезо- та мікро-рівень; колективна монографія/ за ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В.Г., д.е.н., проф. Метеленко Н.Г. Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2022. 480 с.
7. Управління сталим розвитком промислового підприємства: теорія і практика: колективна монографія / За ред. д. філософ. н., проф. Воронкової В. Г., д. е. н., проф. Метеленко Н. Г.; МОН України, ЗНУ ІННІ. Запоріжжя : «Видавничий дім «Гельветика», 2021. 586 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/5219>
8. Цифрова трансформація промислового менеджменту: теорія і практика: монографія / За ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В. Г., д.е.н., проф. Метеленко Н.Г. Львів-Торунь: Liha-Pres, 2023. URL: <http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/book/225>
9. Череп А.В., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Череп О.Г. Концепція циркулярної (кругової) або економіки замкнутого циклу як різновиду нового типу економіки. “*Vectors of the development of science and education in the modern world*” / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-96-113>
10. Череп А.В., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Череп О.Г. Становлення і розвиток «нової економіки» як різновиду «економіки знань». “*Vectors of the development of science and education in the modern world*”. Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 79–95. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-79-95>

REFERENCES

1. Voronkova V.H., Nikitenko V.O. *Formuvannya ta rozvytok tsyfrovoyi ekonomiky u vysokorozvynutykh krayinakh svitu. Prospective directions of scientific and practical activity : collective monograph* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. P. 43–57. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95921-2023-011>
2. Voronkova V.H., Nikitenko V.O., Mar'yenko V.YU. *Stanovlennya i rozvytok tsyfrovoho menedzhmentu na pidpryyemstvi. Science and society: trends of interaction : collective monograph* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. P. 49–67. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95945-2023-012-49-67>
3. Voronkova, V., Nikitenko, V., Oleksenko, R., Cherep, O., Andriukaitiene, R., Briki, I. (2021) Digital paradigm of economy and management in the conditions of global human transformation. *Technology Transfer: Innovative Solutions in Social Sciences and Humanities*, 4, 37–40. DOI: <http://doi.org/10.21303/2613-5647.2021.001769>
4. Mar'yenko V.YU., Voronkova V.H. *Informatyzatsiya yak umova rozvytku informatsiynykh tsykliv ekonomiky. Sotsial'no-vidpovidal'ne suspil'stvo: ukrayins'kyi ta yevropeys'kyi kontekst rozvytku: materialy Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (10 hrudnya 2021r.)* Tavriys'kyi derzhavnyi ahrotekhnolohichnyy universytet imeni Dmytra Motornoho. Melitopol': FOP Odnoroh T.V. 2021. P. 307–311. URL: <http://feb.tsatu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/1639121330885591.pdf>
5. Metelenko V.H., Voronkova V.H., Nikitenko V.O., Silina I.V. *Stanovlennya i rozvytok smart-ekonomiky ta yiyi modyfikatsiy v umovakh tsyfrovoho rozvytku. "Vectors of the development of science and education in the modern world"* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. S. 79–95. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-79-95>

6. Promyslovyy potentsial skladnykh sotsial'no-ekonomichnykh system tsyfrovoho suspil'stva: makro-, mezo- ta mikroriven'; kolektyvna monohrafiya / za red. d.filosof.n., prof. Voronkovoyi V.H., d.e.n., prof. Metelenko N.H. Zaporizhzhya: Vydavnyy dim «Hel'vetyka». 2022. 480 p.
7. Upravlinnya stalym rozvytkom promyslovoho pidpryyemstva: teoriya i praktyka: kolektyvna monohrafiya / Za red. d. filosof. n., prof. Voronkovoyi V. H., d. e. n., prof. Metelenko N. H.; MON Ukrainy, ZNU INNI. Zaporizhzhya : «Vydavnychyy dim «Hel'vetyka», 2021. 586 p. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/5219>
8. Tsyfrova transformatsiya promyslovoho menedzhmentu: teoriya i praktyka: monohrafiya / Za red. d.filosof.n., prof. Voronkovoyi V. H., d.e.n., prof. Metelenko N.H. L'viv-Torun': Liha-Pres, 2023. URL: <http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/book/225>
9. Cherep A.V., Voronkova V.H., Nikitenko V.O., Cherep O.H. *Kontsepsiya tsyrkulyarnoyi (kruhovoyi) abo ekonomiky zamknutoho tsyklu yak riznovydu novoho typu ekonomiky. "Vectors of the development of science and education in the modern world"* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. P. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-96-113>
10. Cherep A.V., Voronkova V.H., Nikitenko V.O., Cherep O.H. *Stanovlennya i rozvytok «novoyi ekonomiky» yak riznovydu «ekonomiky znan'»*. *"Vectors of the development of science and education in the modern world"*. Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. P. 79–95. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95976-2023-014-79-95>

Стаття надійшла: 02.06.2023

Стаття прийнята: 22.06.2023

Стаття опублікована: 30.06.2023