

УДК 354.338: 629.73

DOI: <https://doi.org/10.32782/CMI/2026-17-34>**Соріна О.О.**кандидат економічних наук,
доцент кафедри «Менеджмент та адміністрування»,
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6644-6377>**Корякіна О.Б.**аспірант,
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2480-2945>**Дерев'ягін М.В.**аспірант,
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1618-5546>

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ АВІАБУДІВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

Проаналізовано стан вітчизняної авіабудівної галузі під впливом збройної агресії проти України та трансформації світової економіки в умовах Індустрії 4.0. Окрему увагу автори приділяють управлінню якості на українських авіабудівних підприємствах. Запропоновано використання концепції Якість 4.0 як одного з ключових факторів для стрімкого відродження авіабудування України у поствоєнний період. За результатами аналізу інструментарію Якість 4.0, виокремлено ключову сутність технологій Якість 4.0, та основні компоненти Якість 4.0, які використовуються або можуть бути використані підприємствами вітчизняної авіабудівної галузі. Доведено, що для максимізації ефекту впровадження технологій Індустрії 4.0 та Якості 4.0, б і 4 має стати системним та охоплювати як всі виробничі етапи, так і весь життєвий цикл продукції.

Ключові слова: Індустрія 4.0, Якість 4.0., авіабудування, авіабудівна промисловість, машинобудівна галузь.

Sorina Oksana, Koriakina Oksana, Dereviahin Mykhailo
National University Zaporizhzhia Polytechnic

QUALITY MANAGEMENT AT AN AIRCRAFT MANUFACTURING ENTERPRISE IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

This article analyzes the state of Ukraine's machine-building industry, focusing on the impact of military actions and the potential for transformation through the implementation of Industry 4.0 technologies, especially in aircraft manufacturing. Before 2014, machine-building constituted a significant share of Ukraine's GDP, but after the war began, the industry faced destruction, loss of capacity, and relocation of enterprises. Specifically, in 2023, over 420 medium and large enterprises were damaged or destroyed, and over 800 were relocated. The authors emphasize that the war exacerbated existing problems, such as high asset depreciation, ineffective government regulation, a shortage of skilled personnel, and insufficient investment in modernization. However, it can also serve as a catalyst for qualitative and rapid transformation, particularly due to international support in the form of funding and technological cooperation. Additionally, the article analyzes the state of Industry 4.0 technology implementation in aircraft manufacturing enterprises. The results indicate that domestic enterprises in the industry utilize a fairly wide range of such technologies, but in a rather limited capacity. Furthermore, the authors note that, unlike leading global aerospace companies, domestic enterprises do not create a closed loop for the use of Industry 4.0 and Quality 4.0 technologies, but rather confine themselves to only partial implementation. Special attention is given to the "Quality 4.0" concept as a modern stage of quality management in aircraft manufacturing, which involves digitalization and the integration of technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, robotics, and 3D printing. These technologies enable increased production efficiency, real-time quality control, resource optimization, and reduced human error. The article concludes by highlighting the necessity of integrating these technologies for the sustainable development of the domestic aerospace industry. The authors propose a comprehensive approach to implementing Industry 4.0 technologies in domestic enterprises, with their simultaneous use throughout the entire product lifecycle.

Keywords: Industry 4.0, Quality 4.0, aircraft manufacturing, aerospace industry, machine-building industry.

Постановка проблеми. Машинобудівна галузь України та, зокрема авіабудування, є одним з ключових драйверів вітчизняної економіки, який опинився в кризовому стані внаслідок пандемії COVID-19 та військової агресії проти України.

Руйнування інфраструктури, втрата виробничих потужностей та традиційних ринків збуту, призвели до

значного скорочення виробництва, погіршення інвестиційного клімату та, як наслідок інноваційної активності. Ці виклики суттєво загострили системні проблеми галузі, які не вирішувались протягом десятиліть.

Для ефективного відновлення галузі та можливості конкурувати на світовому ринку, необхідно забезпечити передумови для подолання технологічного роз-



риву, який з кожним роком та новою кризовою ситуацією лише посилюється. Надолжити суттєвий розрив, який утворювався протягом десятиліть, можна лише завдяки стрімким, якісним та наперед усім комплексним змінам, зокрема впровадженню технологій Індустрії 4.0.

Технології Індустрії 4.0 передбачають комплексну цифровізацію виробничих процесів, а концепція «Якість 4.0» забезпечує трансформацію саме систем управління та перехід до нового ступеню якості продукції, що в комплексі пропонує суттєві переваги у підвищенні ефективності, точності та гнучкості виробництва.

Головним науковим завданням роботи стає розробка методологічних принципів до інтеграції технологій Індустрії 4.0 та, зокрема, концепції «Якість 4.0», у виробничі та управлінські процеси авіабудівних підприємств України.

Водночас проаналізовано та узагальнено матеріали інструментів, технологій Індустрії 4.0 та Якості 4.0, а також висновки щодо послідовного та комплексного впровадження технологій, які включають підготовку кадрів, адаптацію нормативно-правової бази, розробка принципів стратегії впровадження змін, можуть бути застосовані у формування дорожньої карти впровадження таких змін. Наприклад такі зміни висвітлено в документації на систему якості [1] та в інструкціях з експлуатації [2–5] на продукцію промислових підприємств ПАТ завод «Павлоградхіммаш», ПрАТ «Азовський машинобудівний завод», ТОВ «Укрспецмаш», які ґрунтуються на результатах наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання трансформації вітчизняного промислового комплексу, забезпечення стійкості виробничих процесів та підвищення якості продукції досліджуються у роботах Пінчук О.В., Антонюк А.В.П., Маграсової В.В., Пуліної Т.В. [5–10]. Зарубіжні науковці у своїх працях розглядають розвиток промисловості у контексті Індустрії 4.0, зокрема систематичні огляди щодо цифрової трансформації підприємств [13], аналіз переваг і ризиків впровадження Industry 4.0 [14], а також дослідження можливостей застосування концепції Quality 4.0 у аерокосмічній галузі [15, 16]. У цих роботах акцентовано увагу на інтеграції цифрових технологій у процеси контролю якості та управління виробництвом.

Отже, останні дослідження формують комплексне уявлення про сучасні виклики, тенденції та можливі напрямки розвитку сучасної промисловості. Однак, недостатньо розкритими у вітчизняних дослідженнях залишаються недостатньо розкритими практичні можливості використання технологій Індустрії 4.0 та Якості 4.0.

Формування цілей статті (постановка завдання). Основною метою статті є обґрунтування необхідності впровадження технологій Індустрії 4.0 та Якості 4.0, а також розробка пропозицій щодо комплексного підходу під час їх впровадження та використання протягом всього життєвого циклу продукції.

Для досягнення ключового завдання статті необхідно забезпечити аналіз поточного стану та викликів авіабудівної галузі України в умовах дії воєнного стану та проблем галузі, які постануть у поствоєнний період. Для досягнення завдання статті необхідно забезпе-

чити розгляд досвіду високорозвинених країн щодо розвитку авіаційної галузі в умовах Індустрії 4.0 та виокремити ключові технології Індустрії 4.0, які вже імплементовані у виробничі процеси вітчизняних підприємств галузі.

Окремим завданням постає дослідження феномену «Якість 4.0», визначення його поняття та стан залучення на вітчизняних підприємствах авіапрому. Для забезпечення комплексного дослідження Якості 4.0 необхідним стає виокремлення її ключових компонентів та інструментарію.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційно машинобудівна галузь в Україні була однією з найпотужніших галузей економіки, доля якої до 2014 року сягала близько 10 % ВВП країни [6].

Незважаючи на високу ступінь залученості в економіці країни, після початку війни в 2014 році, машинобудівна галузь зіштовхнулася з чисельними викликами. Деякі з підприємств були зруйновані, деякі залишилися на непідконтрольній Україні території, що обумовило втрату виробничих потужностей [12].

Окремо слід відзначити, що до подій 2014 року росія була основним ринком експорту для вітчизняних машинобудівних підприємств.

Військова інтервенція росії у 2014 році завдала ще більш серйозного удару по промислового та, зокрема машинобудівному сектору, економіки України. Повномасштабне вторгнення призвело до суттєвого скорочення виробничих потужностей та вимушеної релокації підприємств. Згідно даних наведеними Київською школою економіки, станом на квітень 2024 року було серйозно пошкоджено та зруйновано понад 426 середніх та великих підприємств, з них понад 100 підприємства промислової галузі, а загальні прямі збитки оцінюються у понад 13 млрд. доларів США. В той же час відбулась масштабна реклокація, понад 800 підприємств були вимушені переміститись до більш безпечних регіонів країни, що потребувало значних зусиль та фінансових витрат на відновлення виробництва [7].

Все вищевикладене призвело до суттєвого спрощення виробничих та адміністративних процесів, а також погіршення інвестиційного клімату та інноваційної активності [7].

Досвід високорозвинених країн підтверджує необхідність надання пріоритету для розвитку авіаційної галузі, оскільки вона вирізняється високим ступенем прибутковості та великою часткою продукції з доданою вартості. Авіабудівна галузь вимагає високого ступеню залучення кваліфікованих спеціалістів з різних сфер діяльності, а залучення нових технологій, які використовуються в галузі, сприяють якнайшвидшому розвитку усіх суміжних галузей економіки [3].

Авіабудування стає рушієм економіки, створюючи чисельні робочі місця, як безпосередньо на виробничих підприємствах, так і у суміжних, таких як логістика, технічне обслуговування, інфраструктура тощо.

Українській досвід військового часу підтверджує зазначене вище, оскільки у 2023 році обороннопромисловий комплекс виріс в три рази у порівнянні з 2022 роком. Головними напрямками виробництва, які забезпечили стійкість та економічне зростання в умовах війни стали зокрема авіабудування та авіаремонт, виробництво великих БПЛА та двигунів до них та ракет [8].

Ключовими проблемами промислового комплексу України у довоєнний період були:

- високий рівень зносу активів (понад 70%);
- неефективність державного регулювання (відсутність політики протекціонізму, недосконалість нормативно-правового регулювання, відсутність стратегічного та поступового розвитку);
- дефіцит висококваліфікованих кадрів;
- недостатній рівень інвестування у модернізацію виробництв [9].

Крім того, вітчизняні підприємства знаходяться під постійним тиском постачальників необхідних ресурсів та сировини, які необхідні, зокрема, для ливарної ланки виробництва, зокрема виробники зіштовхуються з постійним зростом тарифів на електроенергію та газ, витрати на які становлять 30–32 % від собівартості ливарної продукції [9, 10].

В той же час, війна не просто загострює всі наявні проблеми галузі, а й може стати каталізатором для якісної та надшвидкої трансформації вітчизняної галузі авіабудування.

На сьогодні Україна отримує значний рівень підтримки економіки з боку партнерів у вигляді коштів, грантів, позик, а також технологічної кооперації [11].

Зважаючи на сучасні та поствоєнні виклики, технології Індустрії 4.0 стають чи не єдиним можливим напрямом розвитку вітчизняної авіапромисловості.

Термін «Індустрія 4.0» уперше було презентовано на Ганноверській виставці (Німеччина) у 2011 році для позначення стратегічної концепції розвитку виробництва, заснованої на комплексній комп'ютеризації та цифровізації виробничих процесів. Запровадження принципів Індустрії 4.0 в авіабудівній сфері зумовило суттєве посилення технологічного розриву між українськими підприємствами та провідними світовими виробниками авіаційної техніки [13].

Глобальні тенденції підтверджують значний потенціал застосування технологій Індустрії 4.0 у даній галузі. Зокрема, автоматизовані системи управління виробничими процесами забезпечують мінімізацію впливу людського чинника, підвищення точності виконання операцій та скорочення виробничого циклу. Крім того, використання технологій штучного інтелекту та сучасної аналітики даних дає можливість ефективно опрацьовувати великі масиви

інформації, що стосуються як процесів виготовлення, так і експлуатаційних характеристик авіаційної техніки.

Аналіз довоєнного та сучасного стану впровадження технологій Індустрії 4.0 у структурі авіабудівних підприємств показує, що вітчизняні компанії вже давно активно впроваджують у виробництво такі технології як:

- Інтернет речей (IoT) для отримання та аналізу даних в реальному часі, що надає переваги для контролю якості та реагування на несправності.

- Штучний інтелект і машинне навчання, для прогнозування поломок обладнання, оптимізації виробничих процесів та підвищення ефективності використання ресурсів.

- Робототехніка, для зменшення залежності від працівничих факторів, підвищуючи безпеку та стабільність виробництва навіть під час критичних ситуацій.

- 3D-друк: Застосування 3D-друку в авіабудуванні дозволяє швидко виготовляти окремі деталі, що знижує витрати на транспортування та зменшує залежність від іноземних постачальників.

Отже, бачимо, що вже станом на сьогодні перелік технологій Індустрії 4.0, які використовуються українськими підприємствами, є досить розгалуженим. Однак, невизначеним залишається питання переваг та недоліків таких технологій.

Аналіз переваг та недоліків використання технологій Індустрії 4.0 в галузі машинобудування, наведені в таблиці 1, показує, що переважна більшість критеріїв пов'язана з управлінням якістю.

Враховуючи дані таблиці, а також високий рівень вимог до систем менеджменту та якості в авіаційній галузі, можемо виокремити підхід до управління якістю в індустрії 4.0 – «Якість 4.0»

Концепція Якість 4.0. – це сучасний етап системи управління якістю, базисом для якого є цифрові технології Індустрії 4.0. Якість 4.0 базисно включає в себе цифровізацію управління якістю. Якість 4.0 впливає як на цифровізацію технологій, так і на процеси та людей, які забезпечують якість на виробництві [15].

Головними цілями впровадження концепції Якість 4.0. на авіаційних підприємствах є:

- підвищення ефективності виробничих і інженерних процесів, що дозволяє зменшити трудові затрати,

Таблиця 1

Переваги та недоліки технологій Індустрії 4.0 у машинобудуванні

№	Переваги	Недоліки
1.	Підвищення ефективності виробництва за рахунок автоматизації, скорочення простоїв та кількості браку завдяки зменшенню людського фактору	Високі первинні інвестиції, які необхідні для автоматизації виробництва
2.	Можливість якісного прогнозування завдяки датчикам та автоматичному аналізу даних	Неможливість інтеграції застарілого обладнання
3.	Гнучкість планування виробництва завдяки швидшому аналізу та можливості реагувати на зміну попиту	Необхідність зміни компетенції працівників та їх інтегрування до планування
4.	Можливість контролю якості в реальному часі завдяки системі аналізу даних із залученням ШІ	Проблеми з кібербезпекою та ризиком витоку одразу всієї бази даних
5.	Глобальна синхронізація ланцюга виробництва, що дає змогу краще координувати виробничі процеси	Проблеми сумісності інфраструктури та протоколів на різних етапах виробництва
6.	Зменшення операційних витрат у довгостроковій перспективі	Необхідність постійних змін в зв'язку зі швидким застарінням технологій

Джерело: сформовано на основі [14]

затрати ресурсів та підвищити загальну продуктивність виробництва;

- покращення якості продукції та зменшення відсотку браку на виробництві;
- зменшення впливу на довкілля завдяки оптимізації використання ресурсів та циклу виробництва;
- інтегрування процесів Індустрії 4.0 на різних етапах виробництва [9].

В авіаційній галузі якість має ключове значення при проектуванні, виробництві, експлуатації та технічному обслуговуванні авіаційних виробів. Тобто система якості в авіапромі вимагає послідовного виконання вимог та відстеження якості продукції на всьому життєвому циклі продукції, а злагоджена система процесів відстеження якості відіграє ключову роль для ефективності та результативності виробництва.

Основною концепцією використання технологій та інструментів Якість 4.0 на авіабудівних підприємствах полягає у цифровій трансформації управління якістю. Таким чином, забезпечується контроль, прийняття рішень, а також вдосконалення процесів та алгоритмів, здійснюється у реальному часі на підставі даних отриманих у реальному часі від інтелектуальних систем і інтегрованих цифрових платформ.

Найбільш розповсюдженими в галузі є наступні технології: Інтернет речей (IoT), Аналіз даних, віртуальні середовища та контроль параметрів процесу, основне призначення кожного інструменту наведено в Таблиці 2 [16].

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 2, можна зробити висновок, що Технології 4.0 – це комбінування цифрових інструментів, які інтегруються у замкнений виробничий цикл та формують інтелектуальну систему управління, яка здатна діяти самостійно, та допомагати вирішувати виробничі проблеми у режимі реального часу.

В реаліях авіаційної промисловості впровадження таких інструментів сприяє підвищенню надійності, точності та безпеки, а в довгостроковій перспективі значенню витрат та часу виробництва.

Ключові компоненти, які об'єднують технологічні, організаційні та культурні аспекти спрямовані на пере-

хід до цифрової трансформації системи управління якістю в умовах Індустрії 4.0, формуються з наступних ключових елементів (Рис. 1).

Далі розглянемо ці ключові елементи більш детально:

– Інтеграція процесів – це координація різних стадій виробництва, інженерії, постачання, контролю якості, обслуговування таким чином, щоб інформація й дані вільно й точно проходили між підрозділами і партнерами. Метою є усунення втрат, помилок через неузгодженість специфікацій чи інформаційних розривів.

– Системи управління якістю та стандарти. Аерокосмічна галузь координується та підпорядковується розгалуженій системі стандартів, сертифікацій кожного підприємства галузі та окремих етапів виробництва, в цій складній системі Якість 4.0 має забезпечити інтеграцію всіх стандартів в цифрові та автоматизовані процеси з метою спрощення аудиту та підтвердження відповідності галузевим стандартам якості.

– Використання цифрових технологій і реального часу даних шляхом встановлення необхідних сенсорів та датчиків до обладнання, що забезпечить збір параметрів та процесів, подальшим аналізом та автоматичним виявленням відхилень та прогнозування можливих дефектів.

– Моделювання, цифрові двійники та віртуальні середовища для симуляцій, планування, аналізу й випробувань перед фізичним виробництвом чи змінами, що дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранніх стадіях, оптимізувати конструкцію, зменшувати ризики.

– Контроль якості через весь життєвий цикл продукту.

– Підвищення кваліфікації працівників на всіх ланках від виробничих працівників до керівного складу підприємства [15].

Таким чином, потенціал технологій Індустрії 4.0 та концепція Якості 4.0, на нашу думку, є основним та чи не єдиним шансом для стрімкого та якісного розвитку машинобудівної галузі. Саме вони

Таблиця 2

Аналіз технологій та інструментарію Якості 4.0

№	Технологія / інструмент	Використання / значення
1.	IoT (Internet of Things)	Отримання та збір даних про виробництво, параметри процесів, дані про експлуатацію, в реальному часі
2.	Аналіз даних / Big Data / data-driven decision making	Зберігання та обробка великих масивів даних для їх подальшої обробки, виявлення тенденцій, відхилень та можливих шляхів оптимізації
3.	Product Lifecycle Management / Product Data Management / Document Management System	Надання доступу в реальному часі для всіх задіяних співробітників до технічної, конструкторської та іншої документації
4.	Модель-орієнтована документація / Model-Based Definition	Заміна традиційних конструкторських креслень новітніми технологіям 3D та технологіями доповненої реальності
5.	Комп'ютерне моделювання, автоматизоване виробництво, вимірвальні машини)	Інтеграція автоматизованих систем для забезпечення більш точного та ефективного виробництва, а також зменшення впливу людського фактору під час пошуку дефектів.
6.	Віртуальні середовища / симуляції	Віртуальне моделювання та тестування виробничих процесів, для уникнення можливих проблем під час запуску реального виробництва
7.	Контроль параметрів процесу, інспекція	Відстеження ключових параметрів виробничого процесу в режимі реального часу

Джерело: сформовано на основі [16]



Рис. 1. Ключові елементи системи «Якість 4.0»

Джерело: систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [8]

здатні забезпечити суттєве підвищення рівня якості, ефективності та надійності у виробництві авіаційної техніки.

Отже, вітчизняний авіапром може стати не дотаційним тягарем, а провідним локомотивом для відродження промислового статусу країни. А довічні проблеми та сучасні обставини можуть стати не руй-

нівником, а каталізатором розвитку для стрімкої та якісної модернізації та цифровізації галузі.

Висновки. За результатами комплексного аналізу тенденцій розвитку провідних світових підприємств галузі авіабудування, а також стану вітчизняної галузі авіабудування визначено наявність потенціалу для якісної трансформації та стрімкого переходу до технологій Індустрії 4.0, незважаючи на існуючий комплекс проблемних питань та військову агресію проти України. Руйнування інфраструктури, втрата виробничих потужностей та розрив економічних зв'язків, створили безпрецедентні виклики для всієї економіки України. Досвід високорозвинених країн показує, що авіабудування є високорозвиненим сектором, який тісно пов'язаний із багатьма іншими галузями, що потребує залучення висококваліфікованих працівників та новітніх технологій не лише в цій, а й у всіх суміжних областях економіки.

Вітчизняні підприємства вже використовують окремі елементи Індустрії 4.0, однак їх впровадження залишається частковим і не забезпечує усіх переваг через відсутність комплексного підходу, окремо слід підкреслити, що такі технології втілені лише на деяких етапах виробництва, та не діють ефективного протягом всього життєвого циклу продукції.

Також, для стимулювання вітчизняних підприємств до інвестування задля модернізації виробничих та управлінських процесів, необхідно забезпечити дієві механізми залучення інвестицій, грантів та державної підтримки, яка станом на сьогодні майже відсутня.

Крім того, додаткового вивчення та глибокого аналізу потребують не лише сам інструментарій Індустрії 4.0 та Якості 4.0, а й безпосередньо алгоритм їх поетапного впровадження та контролю за їх ефективністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нарівський О. Е., Аксьонова Л. І. Вимірювання та оцінювання процесів життєвого циклу продукції для забезпечення стабільності показників якості продукції. Сумський державний університет, 2016.
2. Narivs'kyi O., Atchibayev R., Kemelzhanova A., Yar-Mukhamedova G., Snizhnoi G., Subbotin S., Beisebayeva A. Mathematical modeling of the corrosion behavior of austenitic steels in chloride-containing media during the operation of plate-like heat exchangers. *Eurasian Chemico-Technological Journal*. 2022. Vol. 24 (4), pp. 295–302.
3. Беліков С. Б., Нарівський О. Е. Кінетика корозійних процесів сталей AISI 321 та 12X18H10T у нейтральних хлоридовмісних розчинах та швидкість їх корозії. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2011. № 1. С. 36–43.
4. Нарівський О. Е. Закономірності корозійного розчинення та швидкість пітінгування сплаву 06ХН28МДТ у нейтральних хлоридовмісних розчинах. *Наукові нотатки*. 2011. № 32. С. 255–261.
5. Narivskiy A.E. Influence of structure of alloy 06ХН28МДТ on its corrosion behavior in oxidative media. *Materials: corrosion, protection*. 2011. № 2. Pp. 33–40.
6. Marhasova V. et al. Problems of competitive development of industry in Ukraine. *European Journal of Accounting, Finance & Business*. 2020. Т. 14. P. 24.
7. Антонюк В. П. Проблеми розвитку промисловості України та її кадрового забезпечення в умовах війни. *Економіка промисловості*. 2024. № 1 (105). С. 55–79.
8. Дерев'ягін М. В., Прушківська Е. В. Державна координація розвитку авіаційної промисловості в ЄС та Україні. *Економічний вісник*. 2023. № 3. С. 21–31.
9. Пуліна Т. В. Визначення конкурентної позиції підприємства на світовому ринку металургійної продукції. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. № 25.1. С. 230–239.
10. Пуліна Т. В. Оптимізація бізнес-процесів підприємства з позиції реінжинірингу. Сучасні технології управління промисловими ринками та підприємствами: монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. С. 91–111.
11. Пуліна Т., Шитікова Л., Змикало О. Шляхи активізації процесів інвестування інноваційної діяльності України в умовах російсько-української кризи. *Управління змінами та інновації*. 2022. № 4. С. 14–19.
12. Gudz P. et al. Economy Digitalization in Paradigm of Reproductive Process // Proceedings of the 5th International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence. – 2022. – Т. 1. – С. 67–75.
13. J. Block. Management Review Quarterly. Systematic Literature Reviews, Meta-Analyses, and Replication Studies. September, 2025. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11301-022-00314-4>

14. M. Sony. Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/342388094_Pros_and_cons_of_implementing_Industry_40_for_the_organizations_a_review_and_synthesis_of_evidence
15. K. Archibald. Quality 4.0. Harnessing technology to optimize aerospace manufacturing from design to the field. July 20, 2021. URL: https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/quality-40/?utm_source
16. G.I. Pop, A.M. Titu, A.B. Pop. Enhancing Aerospace Industry Efficiency and Sustainability: Process Integration and Quality Management in the Context of Industry 4.0. November 2023. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/23/16206?utm_source

REFERENCES

1. Narivs'kyj O. E., Aks'onova L. I. (2016). Vymiruvannya ta otsiniuvannya protsesiv zhytievoho tsykladu produktsii dlia zabezpechennia stabil'nosti pokaznykiv yakosti produktsii. Sums'kyj derzhavnyj universytet.
2. Narivs'kyi O., Atchibayev R., Kemelzhanova A., Yar-Mukhamedova G., Snizhnoi G., Subbotin S., Beisebayeva A. (2022). Mathematical modeling of the corrosion behavior of austenitic steels in chloride-containing media during the operation of plate-like heat exchangers. *Eurasian Chemical-Technological Journal*, 24 (4), pp. 295–302.
3. Bielikov S. B., Narivs'kyj O. E. (2011). Kinetyka korozijnykh protsesiv stalej AISI 321 ta 12Kh18N10T u nejtral'nykh khlorydovmisnykh rozchynakh ta shvydkist' ikh korozii. *Novi materialy i tekhnologii v metalurhii ta mashynobuduvanni*, №1, S. 36–43.
4. Narivs'kyj O. E. (2011). Zakonomirnosti korozijnogo rozchynnennia ta shvydkist' pitinhuvannia splavu 06KhN28MDT u nejtral'nykh khlorydovmisnykh rozchynakh. *Naukovi notatky*, №32, S. 255–261.
5. Narivskiy A. E. (2011). Influence of structure of alloy 06XN28MDT on its corrosion behavior in oxidative media. *Materials: corrosion, protection*, №2, pp. 33–40.
6. Marhasova, V., Shmygol, N., Galtsova, O., Solovyov, O., & Zhavoronok, A. (2020). Problems of competitive development of industry in Ukraine. *European Journal of Accounting, Finance & Business*, 14, 24.
7. Antoniuk V. P. (2024). Problemy rozvytku promyslovosti Ukrainy ta ii kadrovoho zabezpechennia v umovakh vijny. *Ekonomika promyslovosti*, № 1 (105), S. 55–79.
8. Derev'iahin M. V., Prushkivs'ka E. V. (2023). Derzhavna koordynatsiia rozvytku aviatsijnoi promyslovosti v YeS ta Ukraini. *Ekonomichnyj visnyk*, № 3, S. 21–31.
9. Pulina T. V. (2015). Vyznachennia konkurentnoi pozytsii pidpriemstva na svitovomu rynku metalurhijnoi produktsii. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy*, № 25.1, S. 230–239.
10. Pulina T. V. (2012). Optyimizatsiia biznes-protsesiv pidpriemstva z pozytsii reinzhynirynhu. Suchasni tekhnologii upravlinnia promyslovymy rynkamy ta pidpriemstvamy: monohrafiia. Zaporizhzhia: ZNTU, S. 91–111
11. Pulina, T., Shytikova L., Zmykalo O. (2022). Shliakhy aktyvizatsii protsesiv investuvannia innovatsijnoi diial'nosti Ukrainy v umovakh rosijs'ko-ukrains'koi kryzy. *Upravlinnia zminamy ta innovatsii*. № 4. S 14–19.
12. Gudz, P., Shmygol, N., Gudz, M., Cherniavska, O., & Cherniavska, Y. (2022). Economy Digitalization in Paradigm of Reproductive Process. In Proceedings of the 5th International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence (Vol. 1, pp. 67–75).
13. J. Block. Management Review Quarterly. Systematic Literature Reviews, Meta-Analyses, and Replication Studies. September, 2025. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11301-022-00314-4>
14. M. Sony. Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/342388094_Pros_and_cons_of_implementing_Industry_40_for_the_organizations_a_review_and_synthesis_of_evidence
15. K. Archibald. Quality 4.0. Harnessing technology to optimize aerospace manufacturing from design to the field. July 20, 2021. URL: https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/quality-40/?utm_source
16. G.I. Pop, A.M. Titu, A.B. Pop. Enhancing Aerospace Industry Efficiency and Sustainability: Process Integration and Quality Management in the Context of Industry 4.0. November 2023. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/23/16206?utm_source

Дата надходження статті: 10.01.2026

Дата прийняття статті: 28.01.2026

Дата публікації статті: 27.02.2026