

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2024. № 10.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.10.15>

УДК 65.011.56

О. А. Джусов,

д. е. н, професор, професор кафедри маркетингу та міжнародного менеджменту, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8600-4122>

М. О. Межебовський,

аспірант, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-9044-3775>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

O. Dzhusov,

Doctor of Economic Sciences, Professor,

Professor of the Department of Marketing and International Management,

Oles Honchar Dnipro National University

M. Mezhebovsky,

Postgraduate student, Oles Honchar Dnipro National University

RESEARCH ON THE PROCESS OF INTRODUCING DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

У статті розглянуто динаміку процесу впровадження цифрових технологій в управління на виробництві машинобудівних підприємств. Визначено та досліджено загальні тенденції розвитку машинобудівної галузі України, що значним чином впливає на можливості до впровадження технологій. Досліджено, що застосування цифрових технологій в машинобудуванні почали застосовувати порівняно недавно, проте вже змогли помітно полегшити працю та покращити якість виробництва. Проаналізовано сучасні цифрові технології, що використовуються у світовій практиці машинобудування. Встановлено, що використання цифрових технологій не тільки оптимізує витрати в машинобудівельній галузі, але й збільшує прибуток та покращує показники рентабельності. Також в процесі написання статті було визначено ключові тренди машинобудування, які становитимуть майбутнє всієї галузі та визначитимуть її розвиток. Визначено, що основу майбутнього машинобудування складатимуть електромобілі, зелена енергетика, наноінженерія та біомехатроніки, які мають на меті замінити традиційні підходи та трансформувати галузь. На основі аналізу наукової літератури та статичних джерел визначено, що в світі зростає використання інновацій і розвитку машинобудування, що в підсумку позитивно впливає на діяльність компаній, створюючи додатковий дохід. Запропоновано стратегію «Цифрової трансформації управління виробництвом», яку рекомендується до впровадження у виробничі процеси українських машинобудівних компаній. Визначено, що розроблена стратегія може бути рекомендована до впровадження вітчизняним суб'єктами машинобудівельного бізнесу. Дана стратегія має на меті поєднання можливостей технологій III зі знаннями та досвідом людини, що в підсумку матиме позитивний ефект для машинобудівної компанії.

The article examines the dynamics of the process of introducing digital technologies into the management of machine-building enterprises. The general trends in the development of the machine-building industry of Ukraine are

identified and studied, which significantly affects the possibilities for the introduction of technologies. It is proved that the use of digital technologies in mechanical engineering has been used relatively recently, but has already been able to significantly facilitate work and improve the quality of production. The modern digital technologies used in the world practice of mechanical engineering are analyzed. It has been established that the use of digital technologies not only optimizes costs in the engineering industry, but also increases profits and improves profitability. In the process of writing the article, the author also identified the key trends in mechanical engineering that will shape the future of the entire industry and determine its development. It has been determined that the future of mechanical engineering will be based on electric vehicles, green energy, nanoengineering and biomechatronics, which aim to replace traditional approaches and transform the industry. Based on the analysis of scientific literature and static sources, it is determined that the use of innovations and development of mechanical engineering is growing in the world, which ultimately has a positive impact on the activities of companies, creating additional income. A strategy of “Digital Transformation of Production Management” is proposed, which is recommended for implementation in the production processes of Ukrainian machine-building companies. It has been determined that the developed strategy can be recommended for implementation by domestic machine-building business entities and also provides for close collaboration between humans and AI tools. This strategy aims to combine the capabilities of AI technologies with human knowledge and experience, which will ultimately have a positive effect on the machine-building company and lead to an increase in its profitability.

Ключові слова: машинобудування, цифрові технології, III, нанотехнології, електромобілі.

Keywords: machine building, digital technologies, AI, nanotechnology, electric vehicles.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Ми живемо в епоху початку повсюдної цифровізації і саме при комплексному використанні сучасних інформаційних технологій можна суттєво підвищити ефективність виробництва та суттєво зменшити витрати на процедури обробки інформації. Світові машинобудівні компанії успішно застосовують найновітніші технології, чим прискорюють процеси виробництва, оптимізують витрати та збільшують прибутковість. На сьогодні використання інноваційних технологій в галузі машинобудування підсилюється ростом технологій штучного інтелекту та нанотехнологій, які уніфікують процеси та змінюють підходи до виробництва. Щодо українських компаній, то машинобудування не є ключовою галуззю нашої країни та знаходить в стані розвитку в порівнянні з розвиненими країнами. Впровадження технологій у вітчизняне машинобудування стримується відсутністю фінансування та державної підтримки, що в підсумку гальмує його розвитку та негативно впливає на загальну ефективність компаній в галузі. Саме тому дослідження процесу впровадження цифрових технологій є актуальною темою досліджень в контексті українських машинобудівних компаній, які потребують технологічного імпульсу для збільшення своєї ефективності та для розширення ринків збуту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впровадження цифрових технологій в машинобудуванні були здійснені такими українськими науковцями, як: Кривоконь М.О. [2], який аналізував тенденції розвитку галузі машинобудування в Україні; І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко [3], які вивчали технологічні основи машинобудування та особливості використання технологічних рішень при будівництві машин; Саліх К. О., Рашид Т. А., Радованович Д. Баканін Н. [5] дослідили можливість використання Інтернету речей в промисловості; Шваб К. [6] проаналізував впровадження інноваційних технологій в сферу машинобудування та дослідив як дані технологій можуть на неї впливати; Жадон В.К. [12], який дослідив сферу застосування мехатроніки в контексті машинобудування. Також у дослідженні були використані офіційні сайти зі

статистичними даними про ріст ринку машинобудування, нанотехнологій, зеленої енергетики та електромобілів. Проте все ще залишається недослідженим питання побудови комплексної стратегії цифровізації для української галузі машинобудування, яку можна буде імплементувати в діяльність компаній.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Дослідити загальні тенденції розвитку машинобудівних підприємств в Україні, провести оцінку цифрових технологій у сфері машинобудування та запропонувати стратегію впровадження даних технологій в процеси управління українських машинобудівних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перш ніж проводити аналіз цифрових технологій в управлінні машинобудівних підприємств України доцільно дослідити стан розвитку машинобудівної галузі. Для початку пропонується розглянути динаміку кількості діючих компаній на ринку (рис. 1).

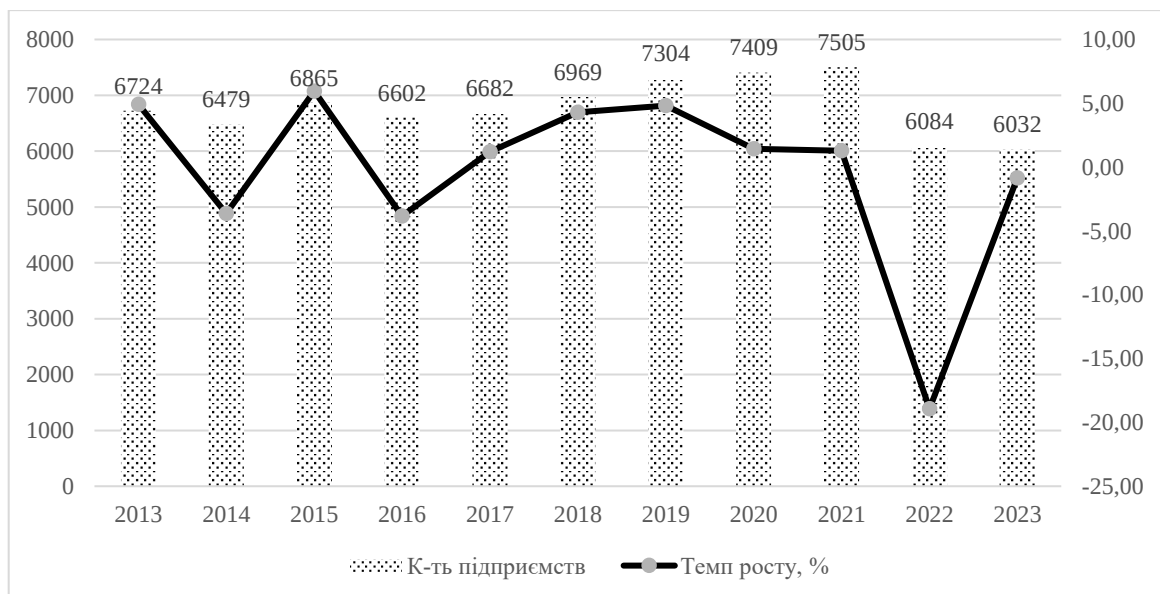


Рис. 1. Динамка кількості українських машинобудівних підприємств станом на 2013-2023рр, одиниць

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [1]

Дослідивши дані по кількості машинобудівних підприємств, визначено, що через повномасштабне вторгнення їх кількість скоротилась, що власне було спричинено закриттям компаній, які знаходилися в зоні бойових дій та

на окупованих територіях. В 2023 році кількість компаній суттєво не зменшилась (в порівнянні з показником -18,93% в 2022 році), проте бізнес машинобудування страждав від ускладнення логістики та постійних обстрілів територій, близьких до зони бойових дій.

Наступним розглянемо динаміку чистого прибутку машинобудівних підприємств та темпів його росту (рис. 2).

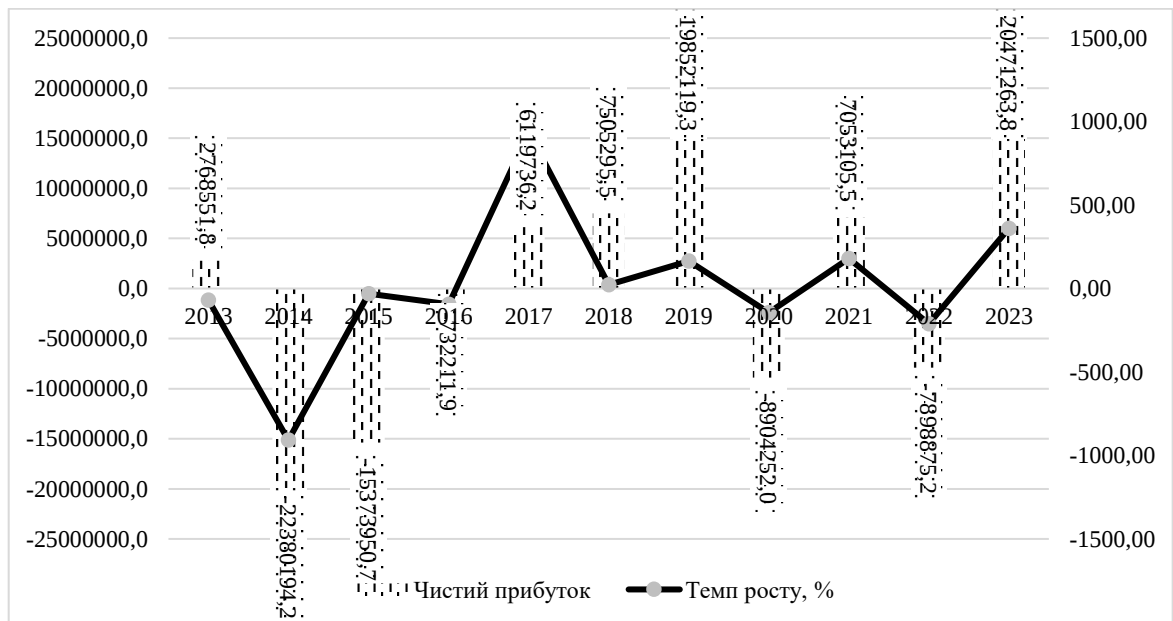


Рис. 2. Динаміка чистого прибутку українських машинобудівних підприємств станом на 2013-2023рр, тис. грн

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [1]

Досліджуючи дані рис. 2, видно, що в 2022 році машинобудівні компанії отримали значний збиток у розмірі 7898872,2 тис. грн, проте вже в 2023 році, незважаючи на зменшення їх кількості компанії вийшли із зони збитковості та збільшили чистий прибуток у 3,6 рази.

Війна суттєво вплинула на діяльність машинобудівних компаній і для того, щоб збільшити свої показники в 2024 році нами пропонується використовувати цифрові технології в управлінні, які мають на меті оптимізацію процесів та принесення компаніям суттєвої економії. Ще однією причиною використання цифрових технологій на виробництві є щорічне зменшення трудових ресурсів в Україні.

Машинобудування по праву вважається однією з головних та найстаріших галузей промисловості. Звичайно, як і будь-яка інша область, вона неминуче мала пройти стадію модернізації та впровадження нових технологій [2]. Стрімкий розвиток цифрових технологій сприяв значному стрибку багатьох видів виробництв, але в машинобудуванні дані технології почали застосовувати порівняно недавно, проте вже змогли помітно полегшити працю та покращити якість виробництва. Цифрові технології знайшли застосування не тільки у автоматизації верстатів та обладнання, за їх допомогою також проектується макети виробів, виконуються найскладніші інженерні розрахунки, моделюються властивості різних виробів, що розробляються [3].

В таблиці 1 наведено основні види цифрових технологій, які використовуються у світовій практиці машинобудування.

Таблиця 1. Характеристика використання основних видів технологій в світовій практиці машинобудування

Технологія	Використання в машинобудуванні
Інтернет речей	Допомагає контролювати та вдосконалювати загальні бізнес-процеси, підвищує продуктивність працівників, інтегрує різні бізнес-процеси, покращує бізнес-операції та збільшує прибуток.
Нанотехнології	Використовуються для виробництва міцніших композитів (легших, міцніших і якісніших матеріалів, таких як вуглецеві волокна в літаках і електронних матеріалах) і біомедичних пристроїв.
Біотехнологія	Застосовується у біореакторах, при виробництві біопалива, біороботах, генній інженерії та інших сферах.
Аналітика великих даних	Зменшує витрати, оптимізує процеси прийняття рішень, розробку нових продуктів і вдосконалює маркетинг, зменшуючи ризик відмови від продукції та надаючи ефективні бізнес-можливості
Технологія блокчейн	Створює додаткову цінність для бізнесу, адже забезпечує автентифікацію цифрової інформації та змін, зафіксованих під час процесу, а також полегшує обмін даними між об'єктами з різних країн світу.
Штучний інтелект (ШІ)	Впровадження ШІ у виробництво дозволить мінімізувати простой при виготовленні нового товару, адже зразок можна протестувати за допомогою цифрового двійника, який власне і унеможлиблює випуск бракованої продукції
3D-друк	Дозволяє оптимізувати інженерні конструкції, значно скоротити час виконання замовлення, розробляти анімацію та покращити виробництво запчастин на місці, адже не потрібно замовляти саму запчастину, можна замовити її файл і роздрукувати вже на місці

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [4-6]

Отож, використання вище наведених технологій не тільки оптимізує витрати в машинобудівельній галузі, але збільшує прибуток та покращує показники рентабельності, що в цілому є позитивним ефектом для стимулювання провадження цифрових технологій.

Наступним пропонується визначити основні цифрові тренди в машинобудуванні (рис. 3) та більш детально дослідити по тексту внизу.

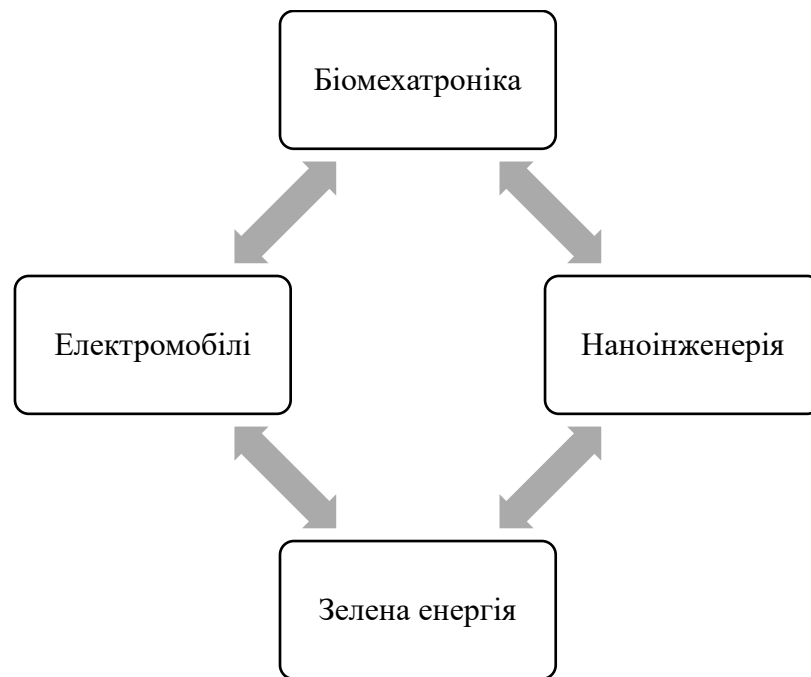


Рис. 3. Ключові цифрові тренди в машинобудуванні нової ери

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано авторами

В умовах розвитку сталого виробництва та споживання вважається, що майбутнє транспортних засобів - за електромобілями. Прогнозна динаміка світового росту ринку електромобілів наведена на рис. 4.

Ми бачимо, що станом на 2020 р. ринок оцінювався у 163,01 млрд, в 2023 році від досягнув 255,54 млрд. доларів і, як очікується, досягне 1,1 трлн. доларів США до 2030 року. Традиційний двигун внутрішнього згоряння поступово замінюватиметься системами, які живляться від акумуляторів. Такий розвиток подій спонукає інженерів інвестувати в мехатроніку для підтримки нових електричних систем.

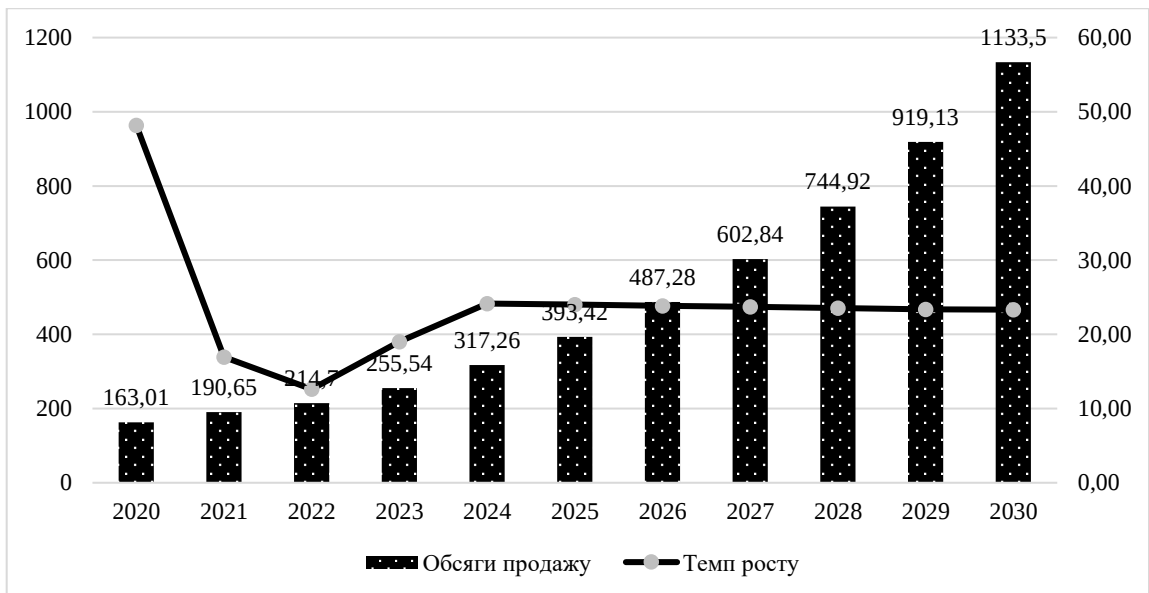


Рис. 4. Прогнозна динаміка світового ринку електромобілів за період 2020-2030 рр., тис. дол. США

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [7-8]

Оскільки виробництво автомобілів стає все більш автоматизованим, інженери-механіки відіграватимуть центральну роль у розробці роботів і складальних ліній. Зі зниженням цін на автомобілі попит на них зростатиме, що власне демонструє зростаюча динаміка продаж (рис.5).

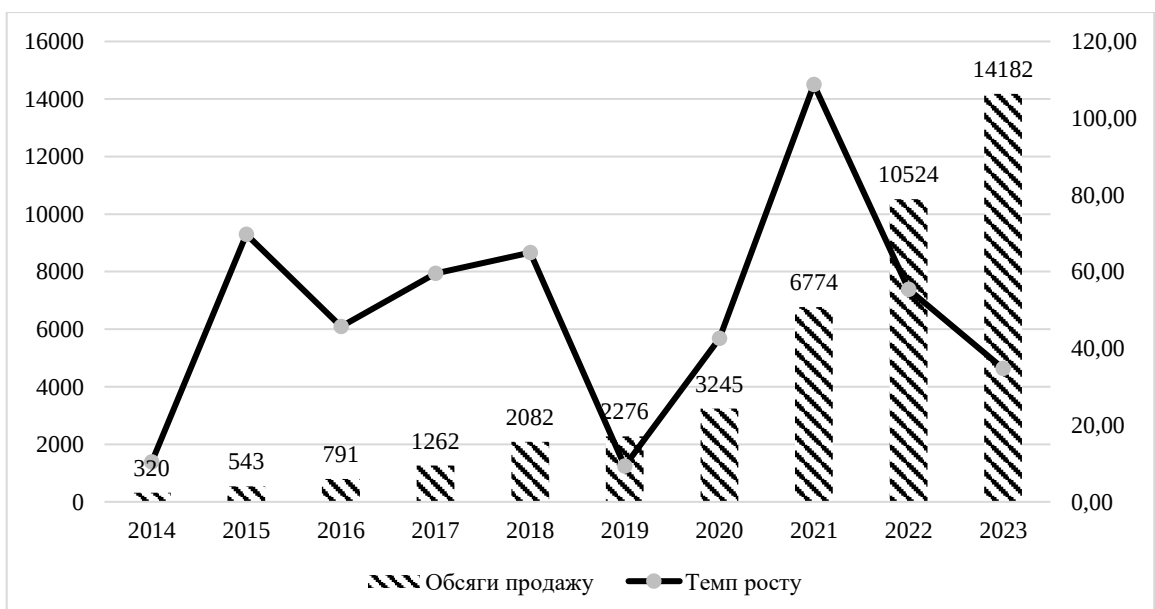


Рис. 5. Динаміка світових продажів електромобілів за період 2014-2024 рр., тис. дол. США

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [9]

Отже, аналізуючи продажі електромобілів, ми бачимо, що пік продажів був в 2021 році – 108,75% в порівнянні з 2020 роком, адже саме пандемія змусила людство по новому дивитись на електромобілі та перейнятися проблемами навколишнього середовища.

Щодо нанотехнологій очікується, що світовий ринок нанотехнологій зросте з 1,76 млрд доларів США у 2020 році до 33,36 млрд доларів США у 2030 році в таких галузях, як електроніка, енергетика, хімічна промисловість, аерокосмічна промисловість, охорона здоров'я та інші, з високими темпами зростання в електроніці та охороні здоров'я [10].

Щодо напрямків нанотехнологій, то лідером у цьому секторі є виробництво наноматеріалів, які використовуються в автомобільній промисловості та будівництві (рис. 6).

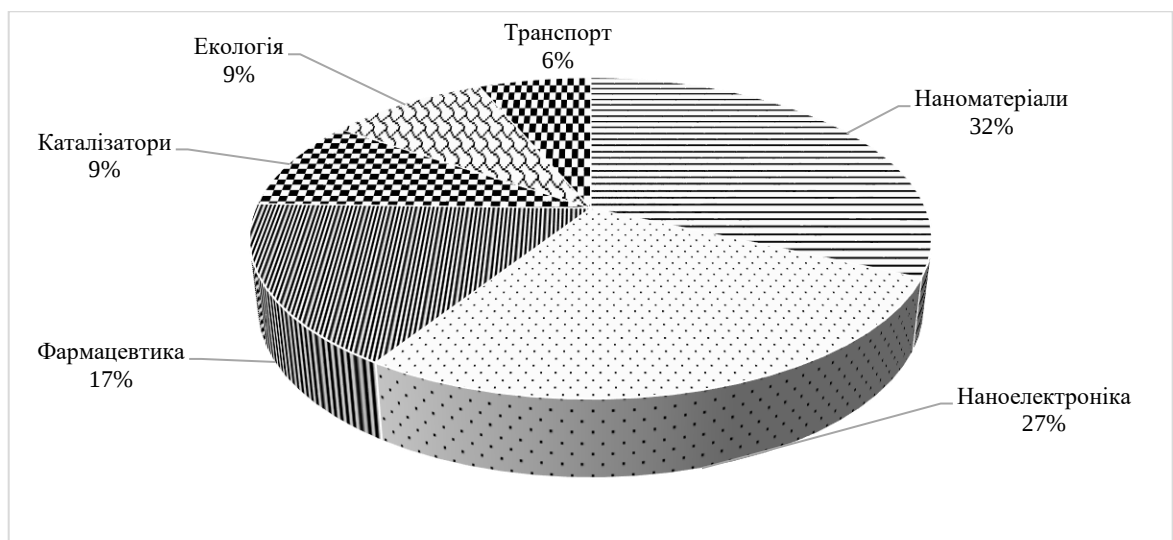


Рис. 6. Структура ринку нанотехнологій за галузями за 2023, %

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [11]

Наноінженерія підвищує важливість матеріалознавства в інженерних інструментах та машинах, а композитні матеріали та системи зберігання відновлюваної енергії можуть стати гарним полем для кар'єри в машинобудуванні.

Майже всі галузі промисловості сьогодні потребують мехатроніки, адже інженери з мехатроніки потрібні для автоматизації існуючих

виробничих процесів, аналізу рентабельності нового та існуючого обладнання (вирішення проблем), виконання симуляцій та моделювання інженерних систем (проектування), інтеграції систем, що покращують продуктивність та виробництво (експлуатація), проектування та створення нових продуктів, а також для вирішення складних інженерних проблем з використанням механічних, електронних та комп'ютерних технологій [12]. Тісна співпраця між машинобудуванням та медициною сприятиме розвитку біомехатроніки, яка набуватиме все більшого значення. Ця галузь спрямована на поєднання тіла і машини (4IR означає поєднання фізичних, біологічних і цифрових аспектів у виробництві) і передбачає розробку і тестування складних і заплутаних архітектур пристроїв, які імітують структуру власного опорно-рухового апарату людини, шляхом розробки механічних датчиків, елементів управління і приводів для біомедичних пристроїв, що використовуються в протезуванні і мініатюрних медичних імплантатах. Наприклад, жертви випадків, які призвели до проблем із опорно-руховим апаратом, за допомогою сучасних медичних технологій, зможуть знову ходити. Біомедичні пристрої охоплюватимуть широкий спектр продуктів різної складності та призначення.

Хоча станом на другу половину 2024 року видобувні види палива все ще залишаються основним джерелом енергії, але в майбутньому зростатиме і частка зеленої енергії. Для захисту навколишнього середовища потрібні нові енергетичні рішення. До 2030 року дешева електроенергія з відновлюваних джерел може забезпечити 65% світового електропостачання. Це може декарбонізувати 90% енергетичного сектору до 2050 року, сприяючи значному скороченню викидів вуглецю та пом'якшенню наслідків зміни клімату. Більше того, долар, інвестований у відновлювану енергетику, створює втричі більше робочих місць, ніж у галузі видобувного палива [13, 14].

Таким чином можна констатувати, що в світі зростає використання інновацій і розвитку машинобудування, і це позитивно впливає на діяльність

компаній, створюючи додатковий дохід. Саме тому пропонується стратегія цифровізації управління на виробництві машинобудівних компаній із використання технологій ІІІ, які будуть найкращим рішенням для інвестицій (рис. 7).

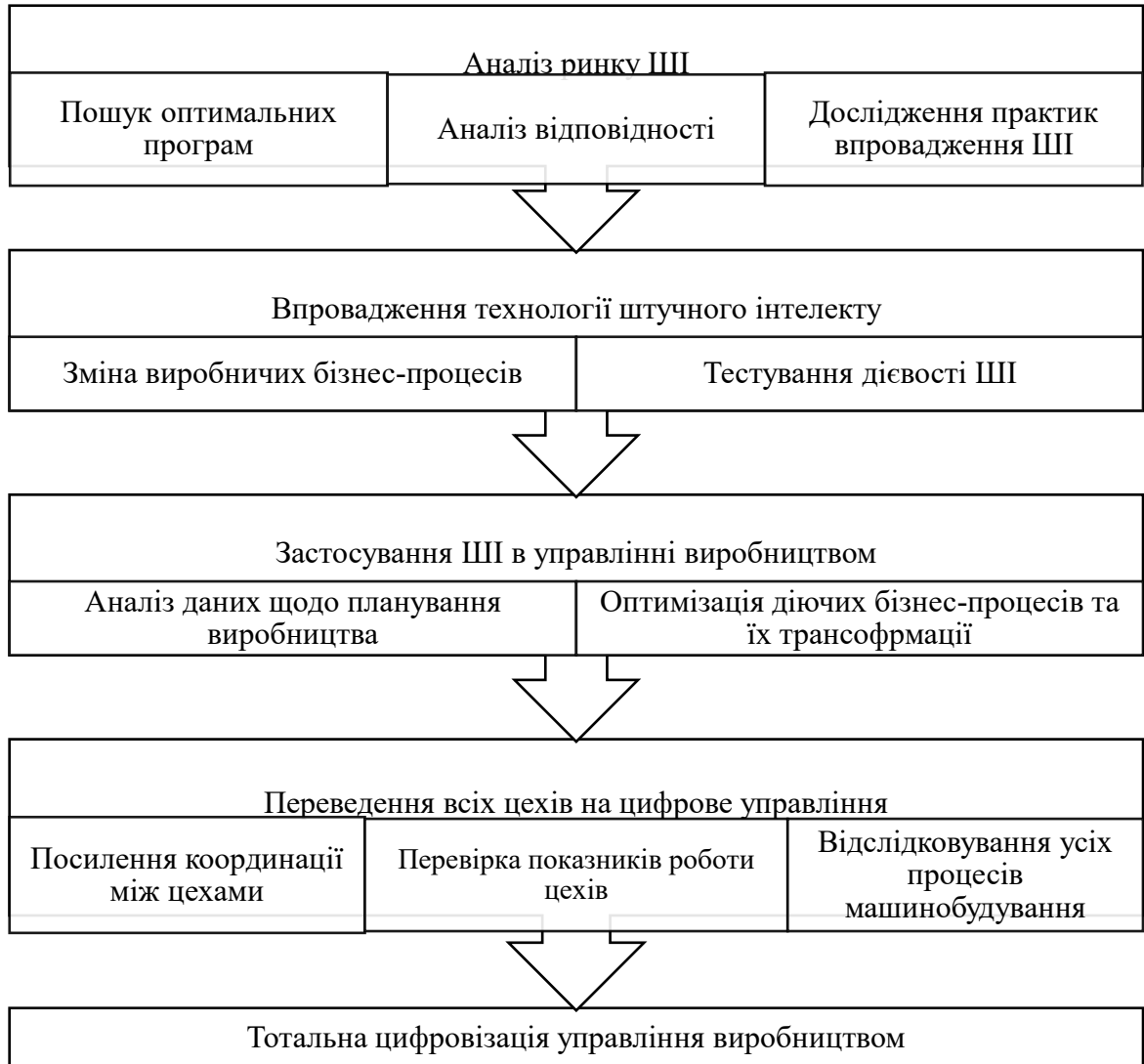


Рис. 7. Стратегія цифрової трансформації управління виробництвом

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано авторами

Отже, запропонована стратегія має покращити координацію між цехами, зменшити простой та мінімізувати виникнення браку. Дана стратегія передбачає також тісну колаборацію між людиною та ІІІ інструментарієм.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Останні роки набули популярності технології 4IR, блокчейн, Інтернет речей,

III, 3D-друк та інші, які активно використовуються світовими компаніями для оптимізації процесів машинобудування.

Запропонована стратегія «Цифрової трансформації управління виробництвом» базується на впровадженні технологій III у виробничі процеси, а в її основі лежить тісна колаборація з людиною, що в підсумку має позитивно вплинути на діяльність компанії, зменшивши витрати та підвищивши прибутковість. Розроблена стратегія може бути рекомендована до впровадження вітчизняним суб'єктами машинобудівельного бізнесу.

В подальших дослідження доцільно розглянути ефективність впровадження технологій III на прикладі компанії та проаналізувати як технології впливають на ріст її прибутковості.

Література

1. Державна служба статистики України (2024) Економічна статистика . Економічна діяльність. Діяльність підприємств, URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/size_20.htm (дата звернення 13.08.2024)
2. Кривоконь М.О. Машинобудування України: стан, динаміка та перспективи розвитку з використанням ефективних концепцій антикризового управління. *Інтелект XXI*. 2016. № 5. С. 182–186.
3. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування : навч. посібник І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2022. 421 с.
4. Redline (2022). What to expect for the future of mechanical engineering? *What to expect for the future of mechanical engineering?* URL: <https://www.redlinegroup.com/insight-details/what-to-expect-for-the-future-of-mechanical-engineering> (дата звернення 26.08.2024)
5. Salih, K. O., Rashid, T. A., Radovanovic, D., and Bacanin, N. (2022). A comprehensive survey on the Internet of Things with the industrial marketplace.

Sensors, 22 (3): 730. doi: <https://doi.org/10.3390/s22030730> (дата звернення 26.08.2024)

6. Schwab, K. (2018). Shaping the future of the fourth industrial revolution: A guide to building a better world. *World Economic forum*.

7. Electric Vehicle Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. URL: <https://www.precedenceresearch.com/electric-vehicle-market> (дата звернення 27.08.2024)

8. Electric Vehicle Market To Reach USD 823.75 Billion By 2030 Registering A CAGR Of 18.2%. Valuates Reports (2024) URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/electric-vehicle-market-to-reach-usd-823-75-billion-by-2030-registering-a-cagr-of-18-2---valuates-reports-301575738.html> (дата звернення 27.08.2024)

9. Global EV Sales for 2023, URL: <https://ev-volumes.com/news/ev/global-ev-sales-for-2023/> (дата звернення 27.08.2024)

10. Allied Market Research. (2022). Nanotechnology Market by type (nanosensor and nanodevices) and application: *Global Opportunity Analysis and Trends 2020 - 2030*. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/nanotechnology-market> (дата звернення 28.08.2024)

11. Nanotechnology Market Size worth USD 60.86 Billion Globally with Excellent Compound Annual Growth Rate of 36% by 2029, Size, Share, Trends, Demand, and Revenue Outlook, URL: <https://www.prnewswire.co.uk/news-releases/nanotechnology-market-size-worth-usd-60-86-billion-globally-with-excellent-compound-annual-growth-rate-of-36-by-2029--size-share-trends-demand-and-revenue-outlook-301648928.html> (дата звернення 28.08.2024)

12. Jadon, V. K. (2022). The growing scope of Mechatronics Engineering, URL: <https://www.chitkara.edu.in/blogs/the-growing-scope-of-mechatronics-engineering/> (дата звернення 29.08.2024)

13. UN. (2022). Renewable energy – powering a safer future, URL: <https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy> (дата звернення 29.08.2024)

14. Глобальна економіка: актуальні проблеми та вектори розвитку: Монографія / С.С. Апальков, О.О., Бененсон, О.В. Булатова та ін. - Дніпро: ПП «Ліра ЛТД», 2021.

References

1. State Statistics Service of Ukraine (2024), “Economic statistics. Economic activity. Activities of enterprises”, available at: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/size_20.htm (Accessed 13 August 2024).

2. Kryvokon, M.O. (2016), “Machine building of Ukraine: state, dynamics and prospects of development using effective concepts of crisis management”, *Intelekt XXI*, vol. 5, pp. 182-186.

3. Yakovenko, I.E. Permiakov, O.A. and Fesenko A.V. (2022), *Tekhnologichni osnovy mashynobuduvannia* [Technological bases of mechanical engineering], Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekhn. in-t", Kharkiv, Ukraine.

4. Redline. (2022), “What to expect for the future of mechanical engineering?”, available at: <https://www.redlinegroup.com/insight-details/what-to-expect-for-the-future-of-mechanical-engineering> (Accessed 26 August 2024).

5. Salih, K.O. Rashid, T.A. Radovanovic, D. and Bacanin, N. (2022), “A comprehensive survey on the Internet of Things with the industrial marketplace” *Sensors*, vol. 22 (3), no. 730, available at: <https://doi.org/10.3390/s22030730> (Accessed 26 August 2024).

6. Schwab, K. (2018), “Shaping the future of the fourth industrial revolution: A guide to building a better world”, World Economic forum.

7. Precedence Research (2024), “Electric Vehicle Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034”, available at: <https://www.precedenceresearch.com/electric-vehicle-market> (Accessed 27 August 2024).

8. PR News Wire (2024), “Electric Vehicle Market To Reach USD 823.75 Billion By 2030 Registering A CAGR Of 18.2%. Valuates Reports”, available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/electric-vehicle-market-to-reach-usd->

823-75-billion-by-2030-registering-a-cagr-of-18-2---valuates-reports-301575738.html (Accessed 27 August 2024).

9. Ev-volumes (2024), "Global EV Sales for 2023", available at: <https://ev-volumes.com/news/ev/global-ev-sales-for-2023/> (Accessed 27 August 2024).

10. Allied Market Research (2022), "Nanotechnology Market by type (nanosensor and nanodevices) and application: Global Opportunity Analysis and Trends 2020 – 2030", available at: <https://www.alliedmarketresearch.com/nanotechnology-market> (Accessed 28 August 2024).

11. PR News Wire (2024), "Nanotechnology Market Size worth USD 60.86 Billion Globally with Excellent Compound Annual Growth Rate of 36% by 2029, Size, Share, Trends, Demand, and Revenue Outlook", available at: <https://www.prnewswire.co.uk/news-releases/nanotechnology-market-size-worth-usd-60-86-billion-globally-with-excellent-compound-annual-growth-rate-of-36-by-2029--size-share-trends-demand-and-revenue-outlook-301648928.html> (Accessed 28 August 2024).

12. Jadon, V.K, (2022), "The growing scope of Mechatronics Engineering", available at: <https://www.chitkara.edu.in/blogs/the-growing-scope-of-mechatronics-engineering/> (Accessed 28 August 2024).

13. UN (2022), "Renewable energy – powering a safer future", available at: <https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy> (Accessed 29 August 2024).

14. Apalkov, O.O. Benenson, O.V. and Bulatova (2021), *Hlobal'na ekonomika: aktual'ni problemy ta vektory rozvytku* [Global economy: current problems and vector changes], PP "Lira LTD", Dnipro, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 19.09.2024 р.