

УДК338.47

Ривак Наталія,
кандидат економічних наук,
молодший науковий співробітник відділу проблем реального сектору економіки регіонів
ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України»,
Львів; ORCID ID 0000-0002-6717-5265
e-mail: ryvakn@gmail.com

<https://doi.org/10.29038/2786-4618-2022-01-76-86>

СВІТОВІ ТРЕНДИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

У статті проаналізовано світові тенденції технологічної трансформації машинобудівних компаній. Досліджено інноваційні процеси, такі як пов'язане виробництво, прогнозне обслуговування та новаторські моделі обслуговування, які дедалі частіше використовуються у машинобудуванні. Досліджено використання сучасних цифрових технологій для запобігання ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості. Проаналізовано вплив пандемії Covid-19 на впровадження нових технологій в машинобудуванні. На основі проведеного дослідження автором обґрунтовано доцільність прийняття необхідності деглобалізації в машинобудуванні як нової норми; оптимізації існуючих виробничих потужностей, автоматизації та залучення передових цифрових технологій для налагодження робочих процесів; імплементації передових технологій в машинобудуванні, таких як штучний інтелект, інтернет речей, 3D-друк тощо; підвищення кваліфікаційного рівня працівників машинобудування.

Ключові слова: машинобудування, автоматизація, штучний інтелект, Індустрія 4.0, Четверта промислова революція.

Ривак Наталія,
кандидат економічних наук,
младший научный сотрудник отдела проблем реального сектора экономики регионов
ГУ «Институт региональных исследований имени М. И. Долишнего НАН Украины»,
г. Львов

МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В статье проанализированы мировые тенденции технологической трансформации машиностроительных компаний. Исследованы инновационные процессы, такие как связанное производство, прогнозное обслуживание и новаторские модели обслуживания, все чаще используемые в машиностроении. Исследовано использование современных цифровых технологий для предотвращения риска потери актуальности на рынке современной промышленности. Проанализировано влияние пандемии Covid-19 на внедрение новых технологий в машиностроении. На основе проведенного исследования автор обосновал целесообразность принятия необходимости деглобализации в машиностроении как новой нормы; оптимизации существующих производственных мощностей, автоматизации и привлечения передовых цифровых технологий для налаживания рабочих процессов; имплементации передовых технологий в машиностроении, таких как искусственный интеллект, интернет вещей, 3D-печать и т.п.; повышение квалификационного уровня работников машиностроения.

Ключевые слова: машиностроение, автоматизация, искусственный интеллект, Индустрия 4.0, Четвертая промышленная революция.

Ryvak Nataliya,
PhD in Economics,
Junior researcher of the Department of problems of the regions' economy real sector
The National Academy of Sciences of Ukraine
State Institution "Institute of regional research named after M.I. Dolishniy of NAS of Ukraine"
Lviv

WORLD TRENDS IN TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF THE MACHINE-BUILDING INDUSTRY

The article analyzes the world trends of technological transformation of machine-building companies. Innovative processes, such as related production, forecasting services and innovative service models, which are increasingly used in mechanical engineering, have been studied. The use of modern digital technologies in mechanical engineering for preventing the risks of losing relevance in the market of modern industry has been studied. The impact of the Covid-19 pandemic on the introduction of new technologies by major players in the global mechanical engineering market has been analyzed. Technological innovations have created new business models and opportunities for mechanical engineering companies. Communication and analytics allow you to create a wide range of applications for industrial technology. Although the basic principles of mechanical engineering, such as thermodynamics, fluid mechanics and machine design, still remain in force, the latest technologies are contributing to the rapid development of composites, mechatronics and nanotechnology. These new subject areas, which are the result of modern achievements, have become a prerequisite for the development of new and promising industries, including artificial intelligence and biomechatronics. The growing demand for increased production efficiency while minimizing operating costs has led to demand for new and innovative technologies. The author analyzed the pace of introduction of new technologies in the production of mechanical engineering in the world based on the number of patents filed in the field of mechanical engineering in accordance with current patent classifications. The analysis allows to clearly understand which technological trends are most common in the world market of mechanical engineering. Based on the study of the introduction of new technologies in mechanical engineering and global trends in the industry, the author substantiates the feasibility of accepting the need for deglobalization in mechanical engineering as a new norm; optimization of existing production facilities, automation and attraction of advanced digital technologies for the establishment of work processes; implementation of advanced technologies in mechanical engineering, such as artificial intelligence, Internet of Things, nanoengineering, advanced data analytics, automation of robotic processes, blockchain, robotics, cloud computing, virtual and augmented reality, 3D printing, drones, 5G, etc.; raising the qualification level of mechanical engineering workers.

Keywords: mechanical engineering, automation, artificial intelligence, Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution

Постановка проблеми та її значення. Машинобудівний сектор є одним із найбільших за розміром і конкурентоспроможністю серед усіх секторів промисловості. В сучасному світі спостерігаємо стрімкий розвиток і зміни в галузі світового машинобудування, зумовлені технологічними інноваціями, новими бізнес процесами, правилами та вимогами до функціонування окремих галузей машинобудування, пандемією Covid-19 та низкою інших факторів. Оцифрування, складні нові продукти, зростаюча потреба у висококваліфікованому персоналі становлять потенційні можливості і водночас бар'єри зростання для машинобудівних компаній. Все частіше в машинобудуванні використовуються інноваційні процеси, такі як пов'язане виробництво, прогнозне обслуговування та новаторські моделі обслуговування. Використання сучасних цифрових технологій в машинобудуванні стає необхідністю, яка запобігає ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості. Світовий ринок промисловості керується технологічними інноваціями в машинобудуванні та досягненнями в управлінні процесами. Основні гравці світового ринку машинобудування збільшують зусилля з метою нарощення високотехнологічного обладнання із залученням найновіших досягнень технологічного прогресу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тенденції розвитку машинобудування є предметом досліджень науковців. Так, у [1] і [2] проаналізовано тенденції розвитку світового ринку машинобудування в розрізі регіонів. У [3] встановлено оцінку впливу пандемії Covid-19 на поточний

стан підприємств машинобудування. Технологічні інновації в машинобудуванні і темпи впровадження нових технологій у виробництво машинобудування в світі проаналізовано в [4]. Темпи впровадження нових технологій у виробництво машинобудування в світі проаналізовано на основі кількості поданих патентів у [5]. Особливості і перспективи використання штучного інтелекту в машинобудуванні для підтримки виробничого ланцюга створення вартості досліджено в [6].

Мета і завдання статті. Метою статті є аналіз стану і тенденцій розвитку галузі машинобудування у світі крізь призму її технологічної трансформації. Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання: проведено хронологічний і структурний аналіз світового ринку машинобудування в розрізі регіонів; визначено основні сучасні технології та інноваційні процеси в машинобудуванні необхідні для збереження актуальності на ринку сучасної промисловості; запропоновано рекомендації виробникам машинобудування щодо технологічної трансформації для досягнення вищої інноваційності, економічної ефективності та конкурентоспроможності.

Викладення основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. Впродовж багатьох десятиліть виробники машинобудування із США та Європейського Союзу (ЄС) домінували на ринку світового машинобудування. Однак, як видно на рисунку 1, сьогодні ця тенденція змінюється і зростає частка ряду азіатських гравців ринку машинобудування.

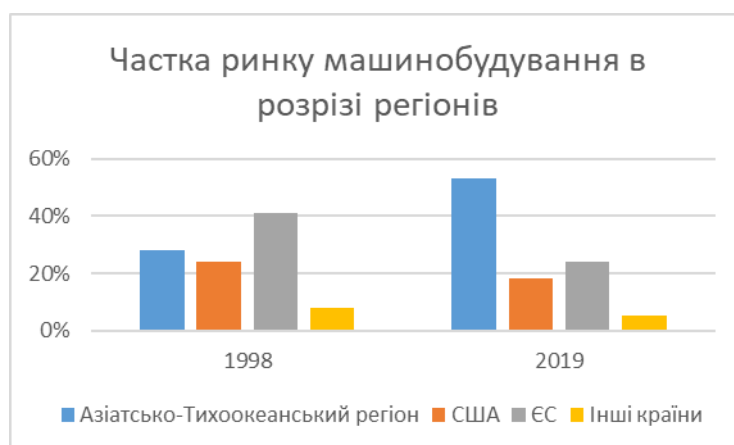


Рис.1 Частка ринку машинобудування в розрізі регіонів (%)

Джерело: побудовано за даними [1]

Основними конкурентами на світовому ринку машинобудування є Китай (ключовий гравець на азіатському ринку), Німеччина, США, Японія та Італія. У 2020 році частка китайського ринку зросла до 29 %, Китай, Німеччина та Японія були трійкою лідерів виробників машинобудування у всьому світі, а продукція машинобудування США (4 млрд. євро) та Італії (4,7 млрд. євро) становила 7 % та 8 % світової частки відповідно [2].

Машинобудування забезпечує виробництво необхідних продуктів і технологій для інших галузей промисловості. Світовий ринок промисловості керується технологічними інноваціями в машинобудуванні та досягненнями в управлінні процесами. Основні гравці світового ринку машинобудування збільшують зусилля з метою нарощення високотехнологічного обладнання із залученням найновіших досягнень технологічного прогресу.

Сектор промислового машинобудування сильно постраждав від спалаху Covid-19. Водночас Covid-19 виявив, що машинобудівні компанії потребують цифрових процесів з високим ступенем автономності для забезпечення безперервного виробництва під час кризи. Цифрові моделі співпраці стали нормою для команд, які працюють дистанційно. Склади з повною автоматизацією зберегли високу продуктивність праці на всіх рівнях. Відтак компаніям машинобудування слід продовжувати глибше освоювати і впроваджувати цифрові процеси. Ширше використання розширеної аналітики та

великих даних мають високий потенціал для оптимізації управління ризиками і в епоху після пандемії.

Опитування “Передові технології в промисловості”, проведене у листопаді 2020 року досліджувало впровадження нових технологій в машинобудуванні основними гравцями ринку. Одне з питань цього дослідження адресувало оцінку поточного стану машинобудівної компанії внаслідок пандемії COVID-19 (рис. 2).

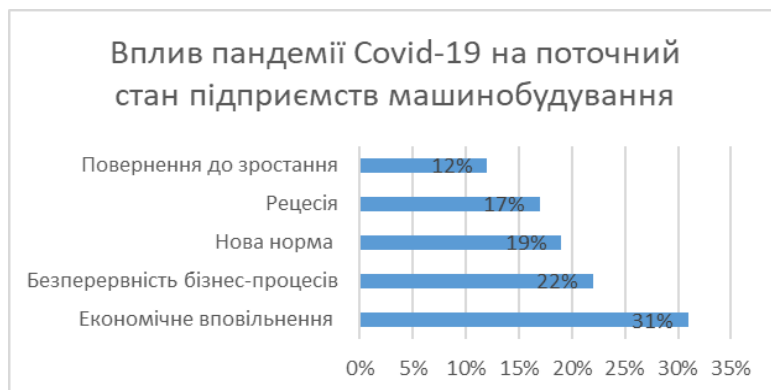


Рис.2 Вплив пандемії Covid-19 на поточний стан підприємств машинобудування (%)

Джерело: побудовано за даними [3]

Понад 30% респондентів вказали на сповільнення доходу та впровадження режиму оптимізації витрат. 22% усіх компаній у відповідь на кризу зосередились на забезпеченні безперервності виробництва та бізнес-процесів. Близько 19% компаній оцінили свій стан як пристосування до нової норми, в якій вони намагаються ширше впроваджувати передові технології і процеси оцифрування. 17% компаній зосереджені на підвищенні стійкості бізнесу у зв'язку з очікуваним тривалим зниженням доходів. Ще 12 % опитаних компаній відповіли, що рівень їх передкризових доходів повертається і вони планують більш агресивне інвестування.

Машинобудівні компанії сьогодні знаходяться в епіцентрі технологічної трансформації. Машинобудівна промисловість створює індивідуальні цифрові можливості та інтелектуально поєднані продукти. Все частіше в машинобудуванні використовуються інноваційні процеси, такі як пов'язане виробництво, прогнозне обслуговування та новаторські моделі обслуговування. Використання сучасних цифрових технологій в машинобудуванні стає необхідністю, яка запобігає ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості.

Технологічні інновації створили нові бізнес моделі та можливості для компаній машинобудування. Зв'язок та аналітика дозволяють створювати широкий спектр додатків для промислової техніки. Наприклад, системи пакування стали надзвичайно розвиненими. Ці системи надають можливість компаніям контролювати виробництво, дистанційно керувати машинами через мобільні додатки або оптимізувати продуктивність машини через відповідні оновлення. Пакувальні системи також поступово розвиваються у напрямку забезпечення якості, повідомлення операторів про необхідність заміни зношених деталей або коригування процесу пакування на основі аналізу даних.

Хоча основні принципи машинобудування, такі як термодинаміка, механіка рідинних середовищ і конструкція машин, ще залишаються чинними, новітні технології сприяють стрімкому розвитку галузі композитів, мехатроніки та нанотехнологій. Ці нові предметні галузі, які є результатом сучасних досягнень, стали передумовою для розвитку нових та перспективних галузей, включаючи штучний інтелект та біомехатроніку. Зростання вимог до підвищення ефективності виробництва при мінімізації експлуатаційних витрат викликало попит на нові та інноваційні технології.

Темпи впровадження нових технологій у виробництво машинобудування в світі можна аналізувати на основі кількості поданих патентів в галузі машинобудування згідно з чинними

патентними класифікаціями. Варто зазначити, що окремі галузі машинобудування (електротехнічна промисловість, приладобудування, хімічне машинобудування) частіше використовують усі форми захисту прав інтелектуальної власності в порівнянні з іншими галузями. Все ж такий аналіз надає змогу наочно зрозуміти, які технологічні тренди є найбільш поширеними на світовому ринку машинобудування (рис. 3).

Статистика подання патентів компаніями машинобудування в розрізі регіонів, 2016-2018

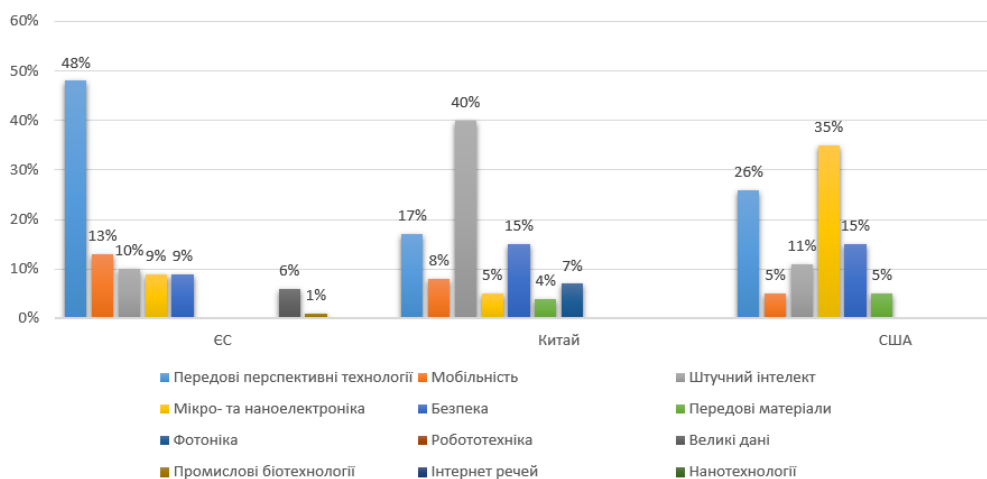


Рис.3 Статистика подання патентів компаніями машинобудування в розрізі регіонів, 2016-2018 роки (%)

Джерело: побудовано за даними [4]

Згідно із наведеним на рисунку 3 розподілом поданих патентів відповідно до використання окремих новітніх технологій передові перспективні технології залишаються технологічною сферою, де машинобудівні компанії ЄС патентують найбільше розробок (48 %), за нею слідує сфера мобільності (13 %) та штучного інтелекту (10 %). Китай займає лідируючу позицію в галузі штучного інтелекту. Майже 40 % усіх поданих китайськими машинобудівними компаніями патентів стосуються цієї сфери технологічних нововведень, далі йдуть передові перспективні технології (17 %) та безпека (15 %). 35% усіх поданих патентів на передові технології машинобудівними компаніями США між 2016 та 2018 роками можна віднести до сфери мікро- та наноелектроніки, за нею слідує сфера передових перспективних технологій (26%) та передових матеріалів (15%).

Розглянемо детальніше окремі перспективні тренди розвитку галузі машинобудування:

- Виробництво електричних транспортних засобів – транспортний сектор продовжує генерувати найбільшу частку викидів парникових газів у світі, відповідно зростання тиску на використання альтернативних джерел енергії сприяло розвитку електромобілів. Хоча інженери-механіки завжди були ключовими спеціалістами в автомобільній промисловості, їх роль стала як ніколи важливою зараз. Заміна традиційного двигуна внутрішнього згорання на більш чисті системи з акумуляторною батареєю формує нові виклики щодо крутного моменту та втрати енергії, а також конструкції мехатроніки для підтримки нових електричних систем. Крім того, оскільки виробництво транспортних засобів стає все більш автоматизованим, інженери-механіки сьогодні залучені в центрі розробки робототехніки та конвеєрів.

- Наноінженерія – нанотехнологія відноситься до маніпуляцій з матеріалами на найменшому рівні. Ця швидко зростаюча галузь пропонує широкі можливості для розвитку машинобудування. В найближчі роки інженери-механіки будуть використовувати нанотехнології для виробництва міцніших композитних матеріалів, розробки і виробництва систем зберігання відновлюваної енергії, передових біомедичних пристроїв тощо.

- Біомехатроніка – зі швидким зростанням біомехатроніки розвиток робототехніки у машинобудуванні зробив ще один крок вперед. Це сфера, яка прагне об'єднати кузов і машину, передбачає проектування та тестування складних архітектур пристроїв, що імітують скелетно-м'язову конструкцію тіла. Інженери машинобудування будуть, в першу чергу, залучені до проектування механічних датчиків, контролерів та приводів для біомедичних пристроїв, що використовуються у протезуванні та мініатюрних медичних імплантатах. Окрім медичної галузі, також проводяться дослідження щодо використання біомехатроніки у військовій промисловості.

- Ширша всеохоплююча автономія – штучний інтелект визначить розвиток машинобудування в найближче десятиліття і продовжує розширювати свій вплив на програмне забезпечення, яке використовується в машинобудуванні. Програми генеративного проектування автоматично оптимізують системи проектування і розрахунку (САП або САПР), щоб вони найкраще відповідали функціональному призначенню деталі – включаючи те, як вона буде виготовлена. Постачальники програмного забезпечення розробляють системи штучного інтелекту, щоб консультувати інженерів щодо вибору матеріалів та відповідності встановленим нормам і стандартам. Тим часом програмне забезпечення для автоматизації робочих процесів дозволяє штучному інтелекту виконувати такі дії, як перевірка замовлень на зміну, управління кошторисами матеріалів та пошук можливостей стандартизації деталей серед кількох продуктів. Штучний інтелект в машинобудуванні дедалі частіше використовується для підтримки всього виробничого ланцюга створення вартості, що забезпечує детальну кількісну оцінку поточних ринкових даних і дозволяє ефективно вирішувати стратегічні завдання (рис.4). Також, штучний інтелект використовується в автономних системах. До них належать транспортні засоби та безпілотні літальні апарати, а також роботи – ті, що направляють деталі на фабриках і складах (колись можуть замінити конвеєрні стрічки), чи такі, які доставляють ліки та матеріали до лікарень. Наприклад, на заводах Siemens системи автоматично перевіряють плати, а центральні комп'ютери аналізують дані, щоб перевірити, чи машини відхиляються від специфікацій. Штучний інтелект робить можливим використання широкого асортименту складних продуктів, які автономно реагують на навколишнє середовище або надані команди.



Рис.4 Використання штучного інтелекту для покращення процесів у виробничому ланцюжку створення вартості (%)

Джерело: побудовано за даними [5]

- Використання онлайн-додатків у машинобудуванні – розширення використання онлайн-додатків у машинобудуванні відкриває цілий комплекс переваг і є важливим кроком в напрямку розвитку промисловості 4.0. Наприклад, дистанційні операції допомагають керувати пристроями з одного центрального центру управління та забезпечують підтримку та технічне обслуговування машин. Дані, отримані з машини можна використовувати для моніторингу та оптимізації. Однак, збільшення використання онлайн-зв'язків підвищує вразливість компаній машинобудування до

кібератак. Кібератаки можуть мати руйнівний вплив на виробництво машин а, отже, забезпечення кібербезпеки відіграє дедалі важливішу роль у забезпеченні безпеки машинобудівних компаній.

- Використання “великих даних” в машинобудуванні і зростання їх якості – термін "великі дані" сьогодні широко використовується, але більшість програм в машинобудуванні працюють на відносно невеликій базі і потоці даних, які обмежені машиною, заводом чи відгуками від застосування парку продуктів на місцях. Сьогодні спостерігаємо тенденцію до швидкої зміни ситуації завдяки зростаючому розповсюдженню вмонтованих датчиків Інтернету речей, які спрощують і полегшують збір інформації в режимі реального часу. Сприяє кількості і якості даних також розповсюдження бездротових мереж 5G, які обіцяють не тільки збільшити швидкість передачі даних у 5-100 разів, але й матимуть набагато менші показники затримки, ніж існуючі мережі 4G.

- Світ «ввімкни і працюй» – технологія, яка розроблена і призначена для швидкого визначення і конфігурування пристроїв в комп'ютері та інших технічних пристроях. Сьогодні такі технології, як штучний інтелект, інтернет речей, великі дані, 5G, автономні роботи та блокчейн – це все окремі рішення. Важливим завданням є забезпечити, щоб різноманітні датчики інтернету речей могли спілкуватися з виконавчою системою виробництва, яка, у свою чергу, може спілкуватися з пакетом аналізу даних у хмарних рішеннях. Це залишає виробникам у галузі машинобудування два варіанти: вони можуть або знайти постачальника програмного забезпечення, який упакує всі ці можливості разом (хоча це може поставити їх в залежність від єдиної монолітної і часто дорогої системи) або ж, якщо виробники хочуть поєднувати найкращі програми свого класу, вони повинні платити програмістам за інтеграцію пристроїв та програмного забезпечення, щоб формати даних були сумісними всередині системи. Ми спостерігаємо тенденцію до більшої стандартизації, підвищеної сумісності та більш швидкого розгортання програмного забезпечення. Ці зміни знизять витрати великих компаній на створення систем, що охоплюють усе їхнє підприємство, і дадуть можливість невеликим компаніям з меншими ресурсами впроваджувати широкий спектр технологій Індустрії 4.0.

- Зростання рівня складності продуктів машинобудування – сьогодні спостерігається зростання попиту на складніші продукти машинобудування, а сучасні інформаційні технології підтримують ці можливості. Найкращим прикладом цієї тенденції є автомобілі. Сучасні автомобілі оснащені цілим рядом споживчих функцій, таких як голосове керування з допомогою телефону, музичні системи чи інтернет-концентратори, новітні системи безпеки. Сучасні автомобілі регулярно беруть на себе гальмування, коли автомобіль починає заносити або він під'їжджає занадто близько до автомобіля перед ним. Вони попереджають водіїв, коли вони збиваються зі своєї смуги руху або якщо інший транспортний засіб знаходиться в їхній сліпій зоні. Деякі мають повністю автономну їзду по шосе, а інші можуть припаркуватися самостійно. Якщо вмонтовані системи вважають, що може статися аварія, вони можуть навіть пристебнути ремені безпеки та відрегулювати положення сидіння. Ця тенденція буде дедалі більше поширюватися на інші продукти – роботи, виробниче обладнання, споживчі товари машинобудування. Такі інтуїтивно зрозумілі системи здаються простими користувачам, але представляють серйозні виклики для інженерів. Ті, хто їх створює, повинні переконатися, що вони безпечні для всіх випадків використання, а потім знайти способи перевірити ці дедалі складніші продукти.

- Застосування концепції “цифрового двійника” в машинобудуванні – завдяки Індустрії 4.0 та технологічним нововведенням проектування та виробництво у машинобудуванні можна вдосконалити з допомогою використання концепції “цифрового двійника”. Ця концепція передбачає відображення фізичного активу на цифровій платформі та використання датчиків для моніторингу ефективності, стану та статусу активу в режимі реального часу. Концепція «цифрового двійника» покликана допомогти підприємствам швидше виявляти фізичні проблеми, точніше прогнозувати їх результати і виготовляти більш якісні продукти.

Промисловість сильно залежить від обладнання і в машинобудуванні важливо, щоб машини та обладнання працювали на повну потужність, будь-які несправності або поломки можуть вплинути на експлуатаційний результат та якість продукції. З допомогою концепції «цифрового двійника» виробники можуть адаптовувати дизайн та моніторити активи, а відтак передбачити, коли може знадобитися заміна будь-яких деталей. Вдалим прикладом використання цієї концепції в

машинобудуванні є виробництво вітрогенераторів WindGEMINI норвезькою компанією DNV GL. Цифровий двійник вітрогенератора аналізує значну кількість даних з метою генерування прогнозу аналітики та оцінки залишку ресурсу як вітрогенератора в цілому, так і його складових компонентів. Застосування даної концепції надає змогу операторам вітроелектростанцій приймати обґрунтовані рішення на базі отриманої інформації і оптимізувати кількість обладнання. Інформацію, отриману від цифрового двійника, можна використовувати для формування подальшої операційної стратегії виробництва вітрогенератора, змінюючи процес дизайну і вдосконалюючи його характеристики. Процес розробки може враховувати необхідність досягнення режиму оптимальної роботи, а цілі проектування можуть враховувати як окремі бажані показники, такі як кількість енергії, яка повинна бути захоплена за певний період часу, так і більш загальні показники у вигляді оптимізації загальної вартості енергії, згенерованої вітрогенератором протягом усього життєвого циклу турбіни.

Виробництво із застосуванням концепції “цифрового двійника” дозволяє виробникам машинобудування та спеціалістам на виробничих лініях отримувати швидкий зворотній зв’язок та інформацію про ергономіку компонента, а відтак можливість оперативного 3D-друку покращеної моделі в межах одного-двох днів. Відповідно виробники можуть миттєво реагувати на нові тенденції і виклики клієнтів, а також постійно впроваджувати інкрементні вдосконалення дизайну машин і компонентів на основі інформації, отриманої від цифрового двійника.

Зі зростанням конкуренції на світовому ринку машинобудування, особливо зі сторони компаній азіатського регіону, які можуть виробляти продукцію за значно нижчою вартістю, виробникам Великої Британії, ЄС, США та інших країн важливо швидко виводити продукцію на ринок. Концепція “цифрового двійника” здатна суттєво скоротити час виходу на ринок і одночасно допомогти врахувати у виробництві конкретні вимоги клієнтів і досягнути конкурентної переваги. Прогнозований обсяг ринку машинобудування із застосуванням концепції “цифрового двійника” становить 26 млрд. дол. США до 2025 року [6].

- Зростання потреби у стійких системах – складні багатокomпонентні системи і процеси є часто нестійкими за своєю суттю. Чим більша складність в системі, тим більша ймовірність того, що щось піде не так. Це однаково стосується глобальних ланцюгів поставок, заводських комплексів, телекомунікаційних систем та електричної мережі, яка теж дедалі більше ускладнюється, оскільки підтримує такі переривчасті джерела зеленої енергії, як сонячна енергія та вітер.

- Постійна потреба у навчанні і розвитку інженерів – інженери машинобудування традиційно несуть персональну відповідальність за проекти, над якими вони працюють. Сьогодні з розвитком новітніх технологій і складності продуктів інженерам все частіше доводиться працювати у багатопрофільних командах. Так, інженери-механіки повинні співпрацювати з інженерами-електриками та інженерами-електроніками, щоб додати вбудовані можливості, дизайнерами – для оптимізації дизайну виробництва, фахівцями з закупівель та маркетингу – для забезпечення відповідності продукту ціні, обслуговуванню та функціональним цілям. З одного боку, досягається більш демократичний і ефективний дизайн, а з іншого боку інженери відчувають менше особистої відповідальності.

Все це відбувається на тлі пост-рецесії у багатьох країнах, де розвивається машинобудування. Під час рецесії компанії скоротили штат працівників, а багато компаній перенесли інженерні роботи до менш витратних країн за кордоном. В майбутньому корпорації, ймовірно, продовжать оснащувати своїх інженерів програмними засобами на основі штучного інтелекту та іншими передовими технологіями для досягнення вищої продуктивності праці.

Виробникам машинобудування варто врахувати зазначені автором тенденції розвитку галузі з метою досягнення вищої інноваційності, економічної ефективності та конкурентоспроможності. Зокрема, доцільно розглянути наступні рекомендації:

1. Прийняття необхідності деглобалізації як нової норми – потенційне нарощення торгових конфліктів між регіонами світу, підвищення тарифів, обмеження на ринках праці та відповідне подальше збільшення витрат не вимагає повної локалізації виробництва, але диктує необхідність перегляду компаніями-основними гравцями на світовому ринку машинобудування своїх глобалізованих, дуже взаємопов’язаних ланцюгів поставок. Крім того, надзвичайна ситуація із

пандемією COVID-19 виявила серйозні наслідки зривів цих глобалізованих ланцюгів поставок. Відтак, основним виробникам машинобудування доцільно:

- розглянути постачальників з інших країн, окрім основних партнерів, таких як Китай чи Мексика, з якими умови ведення бізнесу стають складнішими і витратнішими. Доцільно розглянути можливості співпраці із Малайзією, Індонезією, Індією, Таїландом, Польщею, Словаччиною, Угорщиною та іншими країнами;

- оптимізувати існуючі виробничі потужності – автоматизація та залучення передових цифрових технологій для налагодження робочих процесів сприяють нарощенню потужності, досягненню менших витрат на одиницю продукції та вищої конкурентоспроможності;

- проаналізувати доцільність існуючого географічного розміщення виробничих потужностей, ланцюгів поставок, торгових союзів і стратегічних партнерств для досягнення вищої регіональної, технічної та кваліфікаційної гнучкості.

2. Прискорення впровадження здобутків Четвертої промислової революції – імплементація передових технологій в машинобудуванні, таких як штучний інтелект, інтернет речей, наноінженерія, передова аналітика даних, автоматизація роботизованих процесів, блокчейн, робототехніка, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність, 3D –друк, безпілотники, 5G тощо є особливо актуальною. Певне відставання виробників машинобудування на шляху до впровадження цих технологій зумовлене високою вартістю переоснащення, перекваліфікації, оцифрування процесів та підсилюється стрімким розвитком все нових технологій. Основним виробникам машинобудування доцільно:

- впроваджувати нові технології та цифрові можливості зверху від менеджменту до команд;

- переймати досвід і кращі практики від компаній, які займаються розробкою програмного забезпечення. Варто пробувати керувати пілотними проектами у машинобудуванні подібно до того, як керують проектами виробники програмного забезпечення, інкрементно додаючи окремі впровадження з метою покращення якості продукції, зниження витрат та забезпечення кращої безпеки. Згодом такі пілотні проекти можна масштабувати в рамках усієї компанії;

- розширювати використання передових технологій і оцифрування за межі традиційних інформаційних систем. Застосування в операційній діяльності нових концепцій, наприклад “цифрового двійника”, дозволить створювати реплікації матеріальних активів з метою вдосконалення продуктивності активів і покращення прогнозного планового обслуговування на основі поточних даних.

3. Підвищення кваліфікаційного рівня працівників машинобудування – компаніям-виробникам машинобудування доцільно дещо змістити фокус рекрутингу персоналу для включення інженерів з більшим технологічним досвідом, наприклад, у сфері програмного забезпечення та Інтернету речей, порівняно з механічним та електротехнічними навиками. Зростає попит на інженерів, які не лише володіють сучасними поширеними технологіями, але й готові навчатися і розвиватися впродовж усього період роботи відповідно до принципів Четвертої інформаційної революції. Дефіцит висококваліфікованих кадрів в галузі машинобудування залишиться проблемою після пандемії та кризи, відповідно провідним виробникам галузі потрібно буде підвищувати кваліфікацію своєї робочої сили. Відтак основним гравцям на світовому ринку машинобудування доцільно:

- наймати більше програмістів та IT інженерів, які мають досвід роботи із Інтернетом речей, наукою про дані, а також підвищувати кваліфікацію наявних працівників у сфері програмного забезпечення та цифрових навичок. Такі лідери машинобудування, як Siemens, Bosch та Lockheed Martin використовують комбінацію автоматизації та навчання, щоб подолати розрив у кваліфікації із виробничими та ринковими потребами. Використання нових технологій та оцифрування не замінюють необхідності людської праці, а зумовлюють потребу в працівниках з навиками роботи із новими технологіями. Відповідно компаніям машинобудування потрібно постійно підвищувати кваліфікацію своїх кадрів для роботи з передовими технологіями, такими як системи на основі штучного інтелекту, робототехніки, підключених пристроїв для збору та аналізу даних на місцях тощо;

- впроваджувати передові технології та інноваційні процеси для зміни робочого місця і власного уявлення інженерів машинобудування про свої виробничі обов'язки та ролі – з більшою кількістю автоматизованих завдань працівники отримають додаткову мотивацію для розвитку технологічних навичок і вмінь їх поєднувати з інноваціями і вирішенням робочих завдань.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Машинобудівні компанії сьогодні знаходяться в епіцентрі технологічної трансформації. Спостерігаються стрімкі зміни на світовому ринку машинобудування, зумовлені інтенсивним технологічним прогресом галузі, появою нових технологій та інноваційних процесів, бізнес процесів, правил та вимог до функціонування окремих галузей машинобудування, пандемією Covid-19 тощо. Зростає частка ряду азіатських гравців ринку машинобудування. Виробникам машинобудування варто врахувати зазначені автором тенденції розвитку галузі з метою досягнення вищої інноваційності, економічної ефективності та конкурентоспроможності. Зокрема, доцільно впроваджувати наступні рекомендації: приймати і планувати необхідність деглобалізації як нової норми; оптимізувати існуючі виробничі потужності, автоматизувати та залучати передові цифрові технології для налагодження робочих процесів; прискорювати впровадження технологічних інновацій та інноваційних процесів; проаналізувати доцільність існуючого географічного розміщення виробничих потужностей, ланцюгів поставок, торгових союзів і стратегічних партнерств для досягнення вищої регіональної, технічної та кваліфікаційної гнучкості; підвищувати кваліфікаційний рівень працівників машинобудування. Водночас науковцям і практикам варто продовжувати дослідження процесу розробки та впровадження нових технологій у машинобудуванні, адже використання сучасних технологій стає необхідністю, яка запобігає ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості.

Джерела та література

1. Shauchuk P., Izsak K. Technological trends in the machinery industry. 2021. European Commission Sectoral Watch, Brussels. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-machinery-industry>.
2. Mazareanu E. Leading countries in machine tool production by market share 2020. 2021. Statista. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/264213/leading-countries-in-machine-tool-production-based-on-market-share/#:~:text=China%2C%20Germany%20and%20Japan%20were,global%20machine%20tool%20production%20r%20respectively>.
3. Advanced Technologies for Industry Survey. 2020. European Commission. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/>.
4. Pullmann L. Advanced Technologies for Industry – Product Watch. 2021. European Commission Sectoral Watch, Brussels, p.28. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-07/Advanced%20Manufacturing%20and%20Robotics%20for%20ICT%20Manufacturing.pdf>
5. Adoption of Artificial Intelligence in Industrial Machinery. 2020. Prepared by FutureBridge. Retrieved from <https://www.futurebridge.com/blog/artificial-intelligence-in-industrial-machinery/>
6. McEachran R., Rossi B. Future of Industrial Machinery Manufacturing. 2020. Autodesk, p.16. Retrieved from <dm-raconteur-whitepaper-industrial-machinery-manufacturing-en.pdf> (cadstudio.cz).

References

1. Palina Shauchuk, Kincsö Izsak (2021). Technological trends in the machinery industry. European Commission Sectoral Watch, Brussels, p.27. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/reports/sectoral-watch/technological-trends-machinery-industry> [in English].
2. Mazareanu E. (2021). Leading countries in machine tool production by market share 2020. Statista. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/264213/leading-countries-in-machine-tool-production-based-on-market-share/#:~:text=China%2C%20Germany%20and%20Japan%20were,global%20machine%20tool%20production%20r%20respectively> [in English].
3. Advanced Technologies for Industry Survey (2020). European Commission. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/> [in English].

4. Liliya Pullmann (2021). Advanced Technologies for Industry – Product Watch European Commission Sectoral Watch, Brussels, p.28. Retrieved from <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-07/Advanced%20Manufacturing%20and%20Robotics%20for%20ICT%20Manufacturing.pdf> [in English]
5. Adoption of Artificial Intelligence in Industrial Machinery (2020). Prepared by FutureBridge. Retrieved from <https://www.futurebridge.com/blog/artificial-intelligence-in-industrial-machinery/> [in English].
6. Rich McEachran, Ben Rossi (2020). Future of Industrial Machinery Manufacturing. Autodesk, p.16. Retrieved from [dm-raconteur-whitepaper-industrial-machinery-manufacturing-en.pdf](#) (cadstudio.cz) [in English].

Стаття надійшла до редакції 05.01.2022 р.