

Ковалевський С. В.
Сидюк Д. М.
Ковалевська О. С.

АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Стаття присвячена аналізу впровадження штучного інтелекту (ШІ) у технологічне забезпечення життєвого циклу виробів машинобудування. Описано ключові аспекти використання ШІ для підвищення ефективності всіх етапів життєвого циклу машинобудівних об'єктів – від проектування до утилізації. Особлива увага приділяється використанню передових технологій для автоматизації, прогнозного обслуговування та діагностики стану виробничих об'єктів. Механічна обробка тиском і різанням розглядаються як важливі етапи виробничого процесу, де застосування ШІ забезпечує адаптивний контроль параметрів, таких як тиск, температура, швидкість різання і зусилля деформації, що дозволяє мінімізувати знос інструментів, підвищити точність обробки і забезпечити стабільну якість продукції. Розроблено концептуальну структурну схему інтеграції ШІ у процеси контролю за виробництвом і обслуговуванням функціональних поверхонь деталей. Вона включає збір і обробку даних, прогнозування стану виробничих об'єктів та їх оперативне відновлення в разі виявлення зносу або пошкодження. Використання технологій ШІ дозволяє своєчасно виявляти проблеми, що виникають на етапах експлуатації обладнання, забезпечуючи його безперебійну роботу та скорочуючи кількість простоїв. Важливим є також інтеграція ШІ в процеси утилізації виробів, що дозволяє оптимізувати переробку матеріалів та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Окремо розглянуто питання прогнозного технічного обслуговування, де завдяки аналізу даних із сенсорів та датчиків за допомогою ШІ можливе передбачення зносу і виходу з ладу деталей. Створення цифрових двійників виробничих об'єктів дає змогу контролювати їх функціональний стан в режимі реального часу, що підвищує ефективність роботи обладнання та знижує витрати на технічне обслуговування. У статті показано, що впровадження ШІ в усі етапи життєвого циклу виробничих об'єктів є критичним фактором для підвищення їх надійності, довговічності та конкурентоспроможності. Отримані результати демонструють, що використання ШІ дозволяє значно підвищити ефективність виробництва, знизити витрати на обслуговування і ремонт, підвищити якість продукції, а також забезпечити екологічну стійкість у сучасному машинобудуванні. Штучний інтелект відіграє важливу роль у забезпеченні адаптивних підходів до управління виробничими процесами, що дозволяє досягати високих показників продуктивності при мінімальних витратах.

Ключові слова: машинобудування, штучний інтелект, життєвий цикл, механообробка, прогнозне обслуговування, автоматизація, цифрові двійники, оптимізація,

В умовах сучасного машинобудування виникає необхідність підвищення ефективності виробничих процесів, зокрема через покращення якості функціональних поверхонь деталей, зниження витрат на їх обслуговування та подовження терміну служби [1, 2]. Однією з головних проблем є недостатня інтеграція передових технологічних методів відновлення функціональних поверхонь та систем діагностики стану об'єктів машинобудування, що призводить до неефективного використання ресурсів, зростання витрат на ремонт і обслуговування, а також до погіршення надійності обладнання [3, 4]. Впровадження штучного інтелекту для автоматизації процесів моніторингу, діагностики та відновлення функціональних поверхонь залишається актуальним завданням для підвищення конкурентоспроможності машинобудівних підприємств. Механічна обробка тиском і різанням є ключовими процесами при виготовленні високоточних деталей, але ці методи обробки вимагають точного контролю параметрів, таких як температура, тиск, швидкість різання та зусилля деформації [5, 6]. Інтеграція ШІ на цих етапах дозволяє забезпечити адаптивний контроль та оптимізацію процесів, що значно підвищує ефективність виробництва і зменшує знос інструментів та обладнання.

Метою статті є розробка концепції підвищення ефективності виробництва, точності обробки, надійності обладнання та зниження витрат на обслуговування і ремонт у процесі життєвого циклу виробів машинобудування, зокрема на етапах механообробки тиском і різанням на підставі потенціалу штучного інтелекту (ШІ), включаючи використання ШІ для прогнозного технічного обслуговування, діагностики та відновлення функціональних поверхонь виробів.

Завданням, яке спрямоване на досягнення висловленої мети, є розробка концептуальної структурної схеми інтеграції штучного інтелекту в процеси моніторингу, діагностики та відновлення функціональних поверхонь об'єктів машинобудування на всіх етапах їх життєвого циклу. Схеми повинні відображати системний підхід до збору, обробки даних і прогнозування стану функціональних поверхонь, забезпечуючи основу для подальшої програмної реалізації алгоритму моніторингу та діагностики функціональних поверхонь об'єктів машинобудування із застосуванням штучного інтелекту для своєчасного виявлення зносу та прогнозування необхідності відновлювальних робіт..

Вплив штучного інтелекту на життєвий цикл технологічних об'єктів.

Сучасні технології штучного інтелекту пропонують широкий спектр інструментів і методів, які можна адаптувати для вирішення проблем економічного розвитку, в тому числі шляхом розвитку промислового сектору економіки [7, 8, 9]. Особливо актуальним є питання застосування ШІ в контексті відновлення та розвитку України, яка переживає значні потрясіння внаслідок економічних криз, військових конфліктів чи стихійних лих.

У рамках технологічного процесу виготовлення виробів з металу важливим є контроль механообробки тиском та різанням. ШІ може оптимізувати ці процеси шляхом адаптивного управління параметрами, наприклад, силою тиску при пресуванні або швидкістю процесів різання. Це дозволяє забезпечити високий рівень точності обробки, знизити знос інструменту та забезпечити стабільну якість деталей.

У документі [10] розглядається життєвий цикл технології, зазначається, що життєвий цикл будь-якого технологічного продукту починається з інновації, проходить через стадії зростання, зрілості та, зрештою, занепаду. Важливим аспектом є те, що технологічний розвиток впливає на виробничі процеси на кожній стадії життєвого циклу, що робить завдання підтримки життєвого циклу критичним для збереження конкурентоспроможності виробництва. У роботах [10, 11] підкреслюється важливість підтримки життєвого циклу в контексті сталого розвитку. У ньому йдеться про те, що впровадження ШІ може сприяти кращому управлінню життєвим циклом об'єктів, забезпеченню ефективного використання ресурсів і зменшенню впливу на навколишнє середовище. Це особливо важливо в контексті глобального переходу до більш сталого суспільства, де підтримка життєвого циклу об'єктів має ключове значення. У документі [12] також зазначається, що питання життєвого циклу об'єктів і технологій є центральним у контексті цифрової трансформації, де застарілі системи можуть стати суттєвою перешкодою для розвитку. Це підкреслює необхідність розробки систем, здатних ефективно адаптуватися до змін, забезпечуючи довгострокову функціональність і підтримку життєвого циклу. Ці твердження підтверджують важливість системного підходу до підтримки життєвого циклу будь-яких об'єктів у сучасних умовах розвитку технологій та управління ними. Важливість забезпечення поточного життєвого циклу штучного інтелекту (ШІ) на кожному етапі його існування згадується в кількох джерелах. Перший етап, розробка та впровадження, є критично важливим, оскільки на цьому етапі важливо розглянути майбутні оновлення та інтеграцію ШІ з іншими системами. У документі [11] наголошується на важливості дотримання нормативних вимог та етичних стандартів на всіх етапах розробки ШІ, забезпечення його актуальності та відповідності стандартам якості під час експлуатації [13]. На етапі експлуатації необхідне постійне оновлення алгоритмів штучного інтелекту з урахуванням нових даних і змін у середовищі. У документі [14] зазначено, що для успішного впровадження ШІ в нових технологічних середовищах, таких як 5G, необхідно забезпечити безперервне оновлення та підтримку систем, які включають ШІ, для забезпечення їх актуальності та ефективності [15]. Регулярне оновлення та технічне обслуговування ШІ мають вирішальне значення для його ефективного функціонування протягом усього життєвого циклу. У документі [16] обговорюється необхідність постійного моніторингу та оновлення систем штучного інтелекту для забезпечення їх актуальності, особливо в кризових ситуаціях, коли своєчасне оновлення може мати вирішальне значення [17]. Таким чином, забезпечення поточного життєвого циклу ШІ на кожному етапі його існування має важливе значення для підтримки його ефективності, безпеки та від-

повідності сучасним стандартам. Обслуговування та підтримка життєвого циклу об'єктів машинобудування з використанням штучного інтелекту (ШІ) може здійснюватися на всіх етапах від проектування до утилізації. Життєвий цикл об'єктів машинобудування – це складний процес, що складається з декількох етапів, кожен з яких є критичним для досягнення кінцевого результату.

Процес розробки машинобудівної продукції складний і складається з кількох основних етапів. Першим важливим кроком є проектування компонентів, під час якого визначаються геометричні параметри деталей, такі як розміри компонентів, з урахуванням технічних вимог, включаючи міцність, точність, матеріал, запас міцності та інші характеристики. Ці параметри мають певний рівень невизначеності, що вимагає проведення аналізу чутливості для оцінки впливу змін на кінцевий результат. Після визначення геометричних параметрів необхідно проаналізувати час виготовлення деталей, ефективність виробництва та компонування обладнання для оптимізації виробничого потоку. Особливе значення надається моделюванню виробничого процесу, яке враховує ефективність використання машин і розміщення робочих місць. Переходячи до проектування системи технологічної обробки, необхідно розробити конфігурацію і планування обладнання для різних операцій. Це включає аналіз логістичних концепцій, стратегій зберігання, планування складів і типів технологічного обладнання. Важливим аспектом є ефективне використання площі на виробництві, оскільки різні технологічні процеси вимагають різної щільності розміщення та переміщення продукції. Для системного аналізу доцільно створити бібліотеку моделювання, яка дозволить детально вивчити різні типи технологічного обладнання та операцій. Моделювання стає інструментом отримання реалістичного уявлення про виробничий процес, що важливо для підвищення ефективності виробництва. Етап впровадження нових операційних систем для технологічних об'єктів машинобудівного виробництва є складним, оскільки очікування від виробництва та якості операційних систем для технологічних об'єктів не завжди збігаються. Тому необхідно використовувати імітаційну модель для перевірки функціональності цих операційних систем перед їх впровадженням. Віртуальне виробництво, яке включає в себе моделі машин, обладнання та операцій, дозволяє проводити комплексне тестування та оцінку якості таких операційних систем. Емуляційний підхід забезпечує комплексну перевірку взаємодії між різними компонентами виробництва, що є ключовим для виявлення та виправлення помилок. Після впровадження операційних систем у реальну роботу наступним кроком є навчання персоналу для забезпечення високої продуктивності. Ігрова навчальна платформа на основі віртуальної реальності виявилася ефективною для передачі практичних знань і досвіду, усуваючи ризики, пов'язані з традиційними методами навчання. Віртуальна реальність дозволяє проводити навчання, наближене до реальних умов, що важливо для планування та прийняття рішень операторами. Оптимізація роботи виробу включає коригування параметрів систем управління виробництвом і перевірку плану виробництва. Налаштування параметрів системи керування виробництвом у змодельованому віртуальному середовищі дозволяє досягти оптимальної продуктивності заводу, зокрема шляхом оптимізації розміщення деталей і компонентів. Перевірка плану за допомогою віртуальної моделі дозволяє значно прискорити тестування та вдосконалення плану виробництва. Для підвищення ефективності процесу планування необхідно використовувати статистичний аналіз і візуалізацію, які допомагають інженерам-конструкторам приймати зважені рішення протягом обмеженого часу. Такий підхід спрямований на підвищення продуктивності та якості продукції машинобудування шляхом використання інноваційних методів моделювання та навчання.

Управління життєвим циклом виробів машинобудування шляхом інтеграції ШІ в процеси обробки тиском і різання металів.

Схема управління життєвим циклом об'єктів машинобудування включає кілька ключових етапів, кожен з яких взаємопов'язаний і підтримується використанням сучасних технологій штучного інтелекту (ШІ), а також реалізацією таких технологічних процесів, як створення та відновлення функціональних поверхонь. частин (рис. 1).

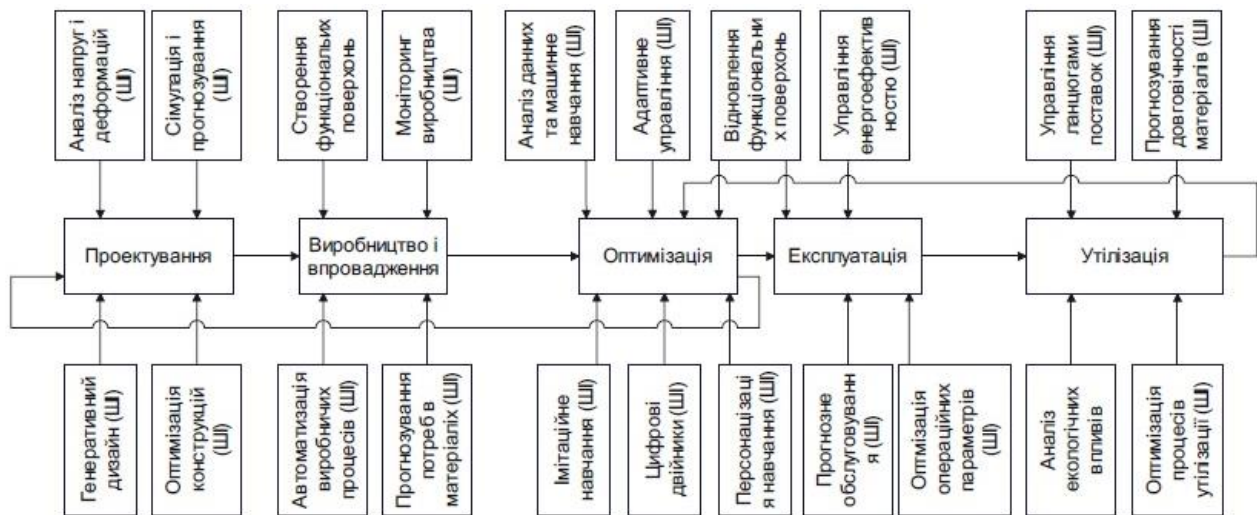


Рис. 1. Інтеграція штучного інтелекту в життєвий цикл виробничих об'єктів

Важливим етапом життєвого циклу є механообробка тиском та різанням, де ШІ допомагає автоматизувати вибір оптимальних параметрів обробки для різних типів матеріалів. Наприклад, алгоритми машинного навчання здатні аналізувати реальні дані про характеристики матеріалу і відповідно коригувати швидкість різання або тиск при штампуванні, що дозволяє зменшити знос інструментів і підвищити якість продукції.

Схема управління життєвим циклом об'єктів машинобудування складається з кількох ключових етапів, кожен з яких є критичним для досягнення високої якості продукції та оптимізації витрат. Перший етап — проектування, де визначаються основні параметри продукту, такі як геометрія, матеріали, функціональні вимоги та технічні характеристики. У цьому процесі ШІ відіграє важливу роль, зокрема в оптимізації конструкції, враховуючи вимоги до міцності, ваги та вартості. Генеративний дизайн, також заснований на штучному інтелекті, дозволяє створювати інноваційні дизайни, які відповідають заданим параметрам за допомогою алгоритмів машинного навчання. Аналіз напруги та деформації за допомогою ШІ прогнозує поведінку матеріалів під навантаженням, скорочуючи час і вартість фізичних експериментів. Крім того, моделювання різних сценаріїв використання та впливу зовнішніх факторів на продукти за допомогою ШІ дозволяє передбачити їх довговічність і надійність.

Після завершення етапу проектування слідує етап впровадження, який включає процеси підготовки до виробництва, виробничі процеси та контроль якості. На цьому етапі ШІ використовується для автоматизації виробничих процесів, скорочення часу простою та підвищення ефективності виробництва. Важливим аспектом є прогнозування матеріально-ресурсної потреби, що дозволяє оптимізувати закупівлі та логістику з урахуванням попиту та матеріальної забезпеченості. AI також забезпечує постійний моніторинг виробництва в реальному часі, виявляючи аномалії та негайно реагуючи на них, забезпечуючи безперебійну роботу. Важливою складовою цього етапу є створення функціональних поверхонь деталей, які забезпечують їх довговічність і надійність в процесі експлуатації. Етап експлуатації охоплює період, протягом якого виріб виконує свої функції за призначенням. Прогнозне технічне обслуговування, засноване на аналізі даних датчиків за допомогою штучного інтелекту, дозволяє передбачити знос і ймовірність поломки обладнання, допомагаючи уникнути незапланованих простоїв і мінімізувати витрати на ремонт. ШІ також використовується для автоматичного налаштування робочих параметрів обладнання для досягнення оптимальної продуктивності та ефективності. Управління енергією за допомогою штучного інтелекту дозволяє оптимізувати енергоспоживання на основі аналізу умов праці та вимог, зменшити витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище. При прогнозуванні зносу обладнання і технологічних інструментів в процесах механообробки тиском і різанням використання ШІ дозволяє значно підвищити точність прогнозів. Це допомагає вчасно проводити заміну інструментів, знижуючи кількість незапланованих простоїв і підвищуючи ефективність виробництва. Крім того, на цьому етапі

відновлення функціональних поверхонь має вирішальне значення, оскільки це подовжує термін служби деталей і зменшує витрати на заміну. Оптимізація — це наступний етап життєвого циклу, на якому аналізуються та вдосконалюються існуючі процеси, продукти та системи. Аналіз даних і машинне навчання дозволяють виявити можливості для підвищення якості продукції та зниження витрат. Створення цифрового двійника реальних об'єктів дозволяє аналізувати, тестувати та оптимізувати їх роботу в реальному часі без ризику для фактичного обладнання. ШІ також реалізує адаптивні стратегії управління виробництвом, що дозволяє швидко реагувати на зміни умов праці та вимог ринку. Реставрація функціональних поверхонь на цьому етапі також важлива, оскільки вдосконалення технологій реставрації може значно збільшити термін служби виробу та знизити витрати на обслуговування. Останнім етапом життєвого циклу є утилізація та переробка, яка включає процеси збору, сортування, обробки та переробки використаних продуктів і матеріалів. AI допомагає оптимізувати процеси утилізації, керувати логістикою утилізації та відновлювати матеріали та компоненти для повторного використання, зменшуючи вплив на навколишнє середовище та підвищуючи ефективність утилізації. Аналіз впливу на навколишнє середовище за допомогою ШІ дозволяє моделювати наслідки різних стратегій утилізації та вибирати найбільш ефективні та екологічно безпечні рішення. Прогнозування довговічності матеріалів на основі аналізу зносу та їхніх властивостей допомагає визначити найбільш прийнятний метод утилізації. На всіх етапах життєвого циклу навчання та розвиток персоналу є вирішальними. Навчання на основі моделювання у віртуальній реальності дозволяє операторам безпечно освоювати нові технології та процеси. Використання алгоритмів AI для створення персоналізованих програм навчання, які враховують поточні навички та потреби співробітників, забезпечує більш ефективне навчання, спрямоване на досягнення конкретних завдань і цілей компанії. Інтеграція та взаємодія систем критично важливі для забезпечення безперебійної роботи підприємства. Використання Інтернету речей (IoT) і уніфікованих платформ з підтримкою ШІ дозволяє інтегрувати різні системи управління, забезпечуючи їх ефективну взаємодію. AI аналізує та оптимізує ланцюжки поставок, знижуючи витрати та покращуючи координацію між постачальниками та виробниками, що є важливим для своєчасного постачання матеріалів та управління відходами. Таким чином, комплексний підхід до управління життєвим циклом об'єктів машинобудування, що поєднує сучасні технології ШІ та традиційні технологічні процеси, значно підвищує ефективність виробництва, забезпечує високу якість продукції та мінімізує витрати на всіх етапах життєвого циклу. Проте кожен етап потребує системного, комплексного вирішення питань безперервної діагностики та постійного прийняття обґрунтованих рішень для підтримки оптимального стану життєвого циклу об'єкта. Щоб інтегрувати діагностику об'єктів життєвого циклу (LCO) в існуючу схему, необхідно включити новий елемент, який буде взаємодіяти з різними етапами LCO, де діагностика відіграє ключову роль у підтримці та оптимізації продуктивності об'єкта. Зокрема, цей елемент, який передбачає використання штучного інтелекту (AI) для безперервного моніторингу та аналізу стану об'єкта, дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормальної роботи, сигналізувати про знос, несправність або потреби в обслуговуванні. На етапі проектування діагностичні можливості передбачені та включені в дизайн виробу.

Це означає, що вбудовані засоби моніторингу та збору даних, які використовуватимуться для подальшої діагностики, оптимізуючи конструкцію для спрощення майбутніх діагностичних заходів, тим самим зменшуючи витрати на експлуатацію та обслуговування.

На етапі впровадження виконується початкове налаштування діагностичних систем, встановлення датчиків і налаштування алгоритму ШІ для моніторингу, що забезпечує постійний контроль якості та раннє виявлення проблем під час початкових операцій. Основний робочий етап передбачає безперервний моніторинг стану об'єкта, де ШІ аналізує дані датчиків для виявлення потенційних проблем. Це особливо важливо для запобігання несподіваним збоєм, мінімізації часу простою та забезпечення безперебійної роботи обладнання. Зібрані діагностичні дані використовуються для подальшої оптимізації роботи обладнання та процесів. Це включає коригування робочих параметрів, підвищення ефективності та впровадження адаптивних стратегій управління, які визначають можливості для підвищення продуктивності та ефективності системи за допомогою точного аналізу

стану об'єктів. На етапі остаточної утилізації діагностика оцінює стан об'єктів перед демонтажем, визначає можливості повторного використання компонентів або матеріалів. Ця інформація має вирішальне значення для прийняття обґрунтованих рішень щодо переробки чи утилізації на основі фактичного стану об'єктів. Тому діагностика стану об'єкта за допомогою ШІ є критично важливою складовою на всіх етапах життєвого циклу об'єкта машинобудування. Він забезпечує безперервний моніторинг стану об'єкта, вчасно виявляє потенційні проблеми та запобігає їх переростанню у серйозні несправності. Це, в свою чергу, підвищує надійність, безпеку та економічну ефективність виробничих процесів і експлуатації обладнання. Інтеграція діагностики на кожному етапі життєвого циклу дозволяє підприємствам оптимізувати свої процеси, забезпечуючи високу якість продукції, ефективне використання ресурсів і зниження витрат на обслуговування та ремонт.

ВИСНОВКИ

У роботі доведено, що застосування технологічних методів створення функціональних поверхонь, їх відновлення та діагностики стану об'єктів машинобудування є ключовими для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів. Створення функціональних поверхонь за допомогою інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), дозволяє значно покращити експлуатаційні характеристики деталей, зокрема їх довговічність та зносостійкість. Використання ШІ для моніторингу стану функціональних поверхонь у режимі реального часу надає можливість вчасно виявляти ознаки зносу, що дозволяє мінімізувати ризики несправностей та випадкових простоїв. Відновлення функціональних поверхонь із застосуванням передових технологій, таких як лазерне наплавлення або адитивні методи, підтримувані ШІ, суттєво подовжує термін служби деталей, зменшуючи витрати на заміну та ремонт. Автоматизовані системи діагностики, що використовують машинне навчання для аналізу зібраних даних, допомагають не лише виявляти потенційні проблеми, але й прогнозувати необхідні дії для підтримання оптимального стану об'єктів. Отримані результати досліджень підтверджують, що інтеграція технологій створення, відновлення та діагностики функціональних поверхонь на всіх етапах життєвого циклу машинобудівних об'єктів дозволяє забезпечити їх стабільну продуктивність, підвищити економічну ефективність виробництва та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Технології ШІ надають інструменти для впровадження адаптивних підходів до управління життєвим циклом об'єктів, що дозволяє досягати високої якості продукції та скорочувати витрати механічної обробки тиском і різанням металів.

REFERENCES

1. Fragapane G., Eleftheriadis R., Powell D., Antony J. A global survey on the current state of practice in Zero Defect Manufacturing and its impact on production performance. *Computers in Industry*. 2023, vol. 148. art. no. 103879, ISSN 0166-3615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103879>.
2. Kokare S., Oliveira J.P., Godina R. Life cycle assessment of additive manufacturing processes: A review. *Journal of Manufacturing Systems*. 2023, vol. 68, pp. 536–559, ISSN 0278-6125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.05.007>.
3. Warke V., Kumar S., Bongale A., Kamat P., Kotecha K., Selvachandran G., Abraham A. Improving the useful life of tools using active vibration control through data-driven approaches: A systematic literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024, vol. 128, art. no. 107367, ISSN 0952-1976. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107367>.
4. Striffler N., Voigt T. Concepts and trends of virtual commissioning – A comprehensive review. *Journal of Manufacturing Systems*. 2023, vol. 71, pp. 664–680, ISSN 0278-6125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.013>.
5. Archenti A., Gao W., Donmez A., Savio E., Irino N. Integrated metrology for advanced manufacturing. *CIRP Annals*. 2024, vol. 73, no. 2, pp. 639–665, ISSN 0007-8506. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2024.05.003>.
6. Awasthi A., Saxena K.K., Arun V. Sustainable and smart metal forming manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 44, part 1, pp. 2069–2079, ISSN 2214-7853. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.177>.
7. Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine: monograph. Under the general editorship of A. Shevchenko. Kyiv: IAIP, 2023. 305 p. doi: https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023.
8. Kovalevskyy S.V. Artificial Intelligence as a Driver of Socio-Economic System Transformation in Ukraine, *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. 2024, vol. 22, no. 3, pp. 296–304. Available at: Google Scholar.
9. Sikorska I., Gerasymchuk T. Shared Endeavours: Universities and Communities Join Efforts for Ukraine's Post-War Recovery. *Geopolitical, Social Security and Freedom Journal*. 2024, vol. 6, no. 1-2, pp. 134–148. Available at: Google Scholar.
10. Mallik A.K. The future of the technology-based manufacturing in the European Union. *Results in Engineering*. 2023, vol. 19, art. no. 101356. Available at: Google Scholar.

11. Cancela-Outeda C. The EU's AI act: A framework for collaborative governance. *Internet of Things*. 2024, vol. 27, art. no. 101291. Available at: Google Scholar.
12. Irani Z., Abril R.M., Weerakkody V., Omar A., Sivarajah U. The impact of legacy systems on digital transformation in European public administration: Lesson learned from a multi case analysis. *Government Information Quarterly*. 2023, vol. 40, no. 1, art. no. 101784. Available at: Google Scholar.
13. Masiero S., Qosaj J., Cutrona V. Digital Datasheet model: enhancing value of AI digital platforms. *Procedia Computer Science*. 2024, vol. 232, pp. 149–158. Available at: Google Scholar.
14. Parcu P.L., Pisarkiewicz A.R., Carrozza C., Innocenti N. The future of 5G and beyond: Leadership, deployment and European policies. *Telecommunications Policy*. 2023, vol. 47, no. 9, art. no. 102622. Available at: Google Scholar.
15. Costa Climent R., Haftor D.M., Staniewski M.W. AI-enabled business models for competitive advantage. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2024, no. 3, art. no. 100532. Available at: Google Scholar.
16. Albahri A.S., Khaleel Y.L., Habeeb M.A., Ismael R.D., Hameed Q.A., Deveci M., Homod R.Z., Albahri O.S., Alamoodi A.H., Alzubaidi L. A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. *Computers and Electrical Engineering*. 2024, vol. 118, part B, art. no. 109409. Available at: Google Scholar.
17. Kinder T., Stenvall J., Koskimies E., Webb H., Janenova S. Local public services and the ethical deployment of artificial intelligence. *Government Information Quarterly*. 2023, vol. 40, no. 4, art. no. 101865. Available at: Google Scholar.

Kovalevskyy S., Sydiuk D., Kovalevska O. Aspects of artificial intelligence implementation in the technological support of the life cycle of machine-building products.

The article is dedicated to the analysis of the implementation of artificial intelligence (AI) in the technological support of the life cycle of manufacturing products. Key aspects of AI application for increasing the efficiency of all stages of the life cycle of manufacturing objects – from design to disposal – are described. Special attention is given to the use of advanced technologies for automation, predictive maintenance, and diagnostics of the condition of production objects. Mechanical processing by pressure and cutting is considered as important stages of the production process, where AI application ensures adaptive control of parameters such as pressure, temperature, cutting speed, and deformation force, which helps to minimize tool wear, improve processing accuracy, and ensure stable product quality. A conceptual structural scheme for integrating AI into production control processes and the maintenance of functional surfaces of parts has been developed. It includes the collection and processing of data, the prediction of the condition of production objects, and their operational recovery in case of wear or damage detection. The use of AI technologies allows timely identification of issues arising at the stages of equipment operation, ensuring its uninterrupted work and reducing downtime. AI integration into product recycling processes is also important, optimizing material processing and reducing the negative environmental impact. The article separately addresses predictive maintenance issues, where, through data analysis from sensors and detectors using AI, wear and failure of parts can be predicted. The creation of digital twins of production objects enables real-time monitoring of their functional condition, improving equipment efficiency and reducing maintenance costs. The article demonstrates that the implementation of AI at all stages of the life cycle of production objects is a critical factor in enhancing their reliability, durability, and competitiveness. The obtained results show that the use of AI significantly increases production efficiency, reduces maintenance and repair costs, improves product quality, and ensures environmental sustainability in modern manufacturing. AI plays a crucial role in providing adaptive approaches to managing production processes, allowing high productivity to be achieved with minimal costs.

Keywords: *manufacturing, artificial intelligence, life cycle, mechanical processing, predictive maintenance, automation, digital twins, optimization.*

Ковалевський Сергій Вадимович – д-р техн. наук, проф., зав.кафедри ІТУ ДДМА

Kovalevskyy Sergiy – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department DSEA

E-mail: kovalevskii61@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4708-4091>

Сидюк Дар'я Миколаївна – аспірантка ДДМА

Sydiuk Daria – Postgraduate student DSEA

E-mail: sidyukdarija@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0516-6694>

Ковалевська Олена Сергіївна – канд. техн. наук, доц. ДДМА

Kovalevska Olena – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor DSEA

E-mail: olenakovalevskaya@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-0430>

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль.

DSEA – Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk-Ternopil.

Стаття надійшла до редакції 12.07.24 р.