

С. В. Ковалевський¹
О. С. Ковалевська¹
Д. М. Сидюк¹

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ

¹Донбаська державна машинобудівна академія

Розглянуто кардинальні зміни у виробничих технологічних системах, які сприяють виникненню та розвитку мережових принципів машинобудівного виробництва. Замість традиційної організації виробництва, базовим принципом стає потужне використання інформаційного простору в мережі Інтернет, що дозволяє об'єднувати незалежні суб'єкти з різних географічних регіонів для виконання виробничих завдань. Однією з ключових характеристик мережових систем є їхня здатність до інтелектуальних обчислень, спрямованих на поліпшення якості продукції та моделей споживання. Мережові системи дозволяють інтенсифікувати обсяги замовлень завдяки впровадженню інноваційних технологій та використанню цифрових методів управління технологічними процесами. Визначені основні завдання інноваційного розвитку в галузі машинобудування — оцінювання технічних та технологічних потреб для визначення перспективних напрямків інновацій та розробки стратегій впровадження з використанням сучасних методів та технологій. Розглянуто різні джерела фінансування впровадження інноваційних технологій, проаналізовано витрати та потенційні прибутки. Досліджено можливості розвитку інтелектуальних виробничих систем та їхня роль у сучасному машинобудуванні на підставі впровадження передових комп'ютерних моделей та технологій штучного інтелекту, що сприяє автоматизації виробничих процесів та покращує якість продукції. Додатково, розглянуто використання кіберфізичних систем для оптимізації виробничих процесів та підвищення їхньої конкурентоспроможності. У завершальній частині статті розглянуто потенціал України в реалізації інноваційних напрямів у галузі машинобудування. Зазначено, що країна має унікальний інтелектуальний потенціал для надання високотехнологічних інженерних послуг. Ключові напрями включають програмування промислових технологій, розробку дизайну, промислову автоматизацію та розробку складних продуктів. Наголошено, що адаптація до сучасних технологій та гнучкість виробництва є важливими аспектами для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності в галузі машинобудування. Загалом, стаття пропонує глибокий аналіз сучасних тенденцій у машинобудуванні та вказує на шляхи подальшого розвитку галузі в Україні.

Ключові слова: машинобудування, мережові принципи, Інтелектуальні виробничі системи, інноваційний розвиток, промислова автоматизація, кіберфізичні системи, інтелектуальний потенціал, гнучке виробництво.

Вступ

З урахуванням стрімкої еволюції технологій та постійно зростаючих вимог сучасного виробництва, адаптація виробничих технологічних систем до нових реалій стає актуальним завданням для машинобудівного сектору [1]. Ключовим елементом цього процесу є впровадження інноваційних рішень, що сприяють оптимізації виробничих процесів та підвищенню конкурентоспроможності галузі [2]. У статті розглянуто кардинальні зміни у виробничих технологічних системах, спрямовані на формування та розвиток мережових принципів машинобудівного виробництва.

Замість традиційного організаційного підходу, основною стратегією стає ефективно використання інформаційного простору в Інтернеті, що дозволяє об'єднувати незалежних суб'єктів з різних регіонів для спільного вирішення виробничих завдань. У такому контексті, інноваційні технології стають рушієм розвитку галузі [3]. Досліджено різні аспекти впровадження інноваційних технологій, включно з аналізом фінансових витрат та потенційних прибутків. Крім того, акцент зроблено на розвиток інтелектуальних виробничих систем, базованих на передових комп'ютерних

моделях та технологіях штучного інтелекту [4]. Це сприяє автоматизації виробничих процесів та підвищує якість продукції.

Постановка проблеми.

В контексті Індустрії 4.0 та інноваційного розвитку машинобудування в Україні виникає проблема адаптації виробничих систем до нових вимог сучасності. Важливість впровадження інтелектуальних виробничих систем та технологій, що базуються на комп'ютерних моделях та кіберфізичних системах, стає ключовою у забезпеченні конкурентоспроможності на ринку [5], [6].

Зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

1. Оптимізація виробничих процесів — виробничі системи потребують оптимізації режимів роботи, прогнозування критичних збоїв і підтримки прогнозного обслуговування [7].

2. Впровадження інноваційних технологій — Індустрія 4.0 вимагає відповідних технологічних рішень для автоматизації та оптимізації виробничих процесів [8], [9].

3. Адаптація до дефіциту робочої сили — в умовах обмеженості людських ресурсів, важливе впровадження автоматизації та роботизації.

4. Розвиток кіберфізичних систем — це стає перспективним напрямком для забезпечення збільшення інтенсивності заявок та поліпшення споживчих характеристик продукції [10].

5. Створення інноваційних продуктів — важливо розробляти та виробляти складні та унікальні продукти.

Виконання цих завдань вимагає глибоких наукових досліджень, комплексного підходу до вирішення технологічних викликів та впровадження передових технологій у машинобудуванні в Україні.

Метою роботи є аналіз кардинальних змін у виробничих технологічних системах і впливу інноваційних технологій на оптимізацію виробничих процесів та підвищення конкурентоспроможності галузі.

Результати роботи

З метою максимізації ефективності виробництва та оптимізації витрат ресурсів, важливим етапом є впровадження інтелектуальних засобів управління та інноваційних технологій у промислових галузях. Взаємодія модулів проектів в інноваційних виробничих системах, дозволяє досягти більшої конкурентоспроможності та збільшити зайнятість працівників. Використання нейронних генеративних алгоритмів дозволяє ефективно управляти конфліктами і індивідуальними характеристиками виконавців, підвищуючи результативність роботи [11]. Інтелектуальні системи в інженерному консалтингу сприяють підвищенню якості та кількості проектів, оптимізуючи їх параметри за рахунок аналізу ринкового попиту. Використання генних механізмів у виробництві сприяє підвищенню міцності та зниженню ресурсних витрат. Впровадження інформаційної системи підтримує неперервний процес вдосконалення властивостей виробничої системи, її учасників та продуктів. Завдяки цим інноваціям, підприємства можуть ефективно працювати з великими обсягами даних, підвищуючи продуктивність та уникнення непередбачуваних помилок.

Сучасні підприємства, особливо у сфері машинобудування, повинні приділяти увагу комплексному підходу до управління та оптимізації виробничих процесів. Використання виключно статистичних методів на підприємствах та на етапі експлуатації може призвести до глухого кута в розвитку. Звісно, поєднання алгоритмів машинного навчання з чисельним моделюванням є повноцінним та обґрунтованим рішенням. Хоча існують певні ризики, але ними можна ефективно управляти завдяки глибокому фаховому знанню та застосуванню передових технологій. Важливо зауважити, що остаточне ухвалення рішень повинно залишатися у компетенції людини, незважаючи на підтримку системи у наданні рекомендацій.

Функції виробничих систем, зокрема машинобудівних, мають пріоритетну спрямованість на вирішення таких завдань:

1. Прогнозування важливих відмов обладнання, попередження виходу обладнання з ладу, обслуговування, прогнозування ресурсу обладнання. Це особливо актуально для роботи в умовах, де доступ до обладнання ускладнений, або на територіях з ускладненими або шкідливими умовами та в складних кліматичних умовах.

2. Діагностика обладнання під час експлуатації. Для цього необхідний аналіз великого обсягу даних, який включає структуровану інформацію. Проте, у промисловості не завжди вистачає достатньої кількості інформації щодо реального стану обладнання, тому базу даних слід доповнювати натурними та віртуальними експериментами, використовуючи інженерний аналіз та чисельне моделювання.

3. Оптимізація режимів роботи обладнання та виробничих процесів. Від правильних режимів експлуатації залежить зниження часу простою, подовження терміну служби обладнання та підвищення якості виробленої продукції. Вибір оптимальних сценаріїв процесів та прогнозування відхилень виконується системою на основі статистичних моделей.

4. Обслуговування за станом — прогнозуємо технічне обслуговування та ремонт. Перехід до обслуговування за станом дозволяє подовжити термін служби устаткування, виявляти дефекти в режимі реального часу. Інформація про стан дозволяє формувати рекомендації щодо обслуговування та ремонту.

5. Розпізнавання дефектів — використання технологій на основі сигнатурного підходу, що дозволяють обчислювальним системам інтерпретувати інформацію.

6. Безперервне виробництво — накопичення історії, передбачення характеристик вихідного продукту.

7. Машинне навчання — аналіз великої кількості параметрів для оптимізації вхідних елементів та параметрів експлуатації.

8. Гнучке управління енергоспоживанням для підвищення ефективності — прогнозування зносу, зменшення відходів, зниження споживання енергії.

9. Прогнозування відмов, технічне обслуговування, оптимізація планування.

Ці напрямки дозволяють підприємствам не лише підтримувати оптимальний рівень ефективності та продуктивності, але й уникати непередбачуваних ситуацій, що можуть призвести до значних фінансових втрат [11].

Кардинальні зміни виробничо-економічних відносин потребують створення мережевих виробничих систем як перспективної концепції їх розвитку [11]. За новою концепцією, виробництво перестає бути власністю окремих компаній та їхніх, розташованих у певних місцях, виробничих потужностей. Замість цього, введення інформаційного простору в мережі Інтернет стає основою. Цей простір може об'єднувати незалежних суб'єктів з різних географічних регіонів, які мають необхідні компетенції та ресурси для виконання виробничих завдань.

Однією з ключових характеристик сучасних мережевих виробничих систем є їхня здатність задовольняти очікування клієнтів за допомогою інтелектуальних обчислень, що спрямовані на постійне поліпшення якості продукції та моделей споживання. Мережеві системи володіють потенціалом для інтенсифікації обсягів замовлень завдяки впровадженню інноваційних технологій.

Гнучкість та відкритість є важливими особливостями мережевих виробничих систем, досягнутих завдяки використанню цифрових технологій управління процесами. Орієнтація на нові ринки передбачає трансформацію виробничих систем в мережеві шляхом впровадження цифрових інновацій, таких як штучний інтелект, телематика, аналіз великих обсягів даних, фотоніка та інші передові технології.

Децентралізація робочих місць призводить до переміщення інтелектуального виробництва в інші простори. Ці зміни в сфері виробництва суттєво впливають на всі рівні кваліфікації працівників та вимагають від них нових навичок. Робочі місця стають центрами взаємодії між технологіями та людьми, що сприяє підвищенню продуктивності. В цьому контексті, інтелектуальні обчислення набувають ключового значення для виконання багатьох робіт.

Автоматизація вимагає адаптації процесів та процедур до нових умов. Швидкість і масштаб впровадження автоматизації залежать від численних факторів, включно з інженерними аспектами конкретних завдань та особливостями нетехнічного управління організаційними перетвореннями. Динаміка регулювання та прийняття рішень у сфері впровадження технологій також є суттєвими.

Важливо зауважити, що автоматизація може відігравати позитивну роль, не призводячи до втрати робочих місць. Це досягається завдяки останнім досягненням у сфері технологій, таких як робототехніка, штучний інтелект та машинне навчання. Така автоматизація має потенціал перетворити рутинну працю у продуктивнішу та звільнити людей для виконання складніших та креативних завдань.

В табл. 1 подано основні категорії технологічних систем разом з їхніми характеристиками. Кожна система відрізняється за видом технології, ступенем автоматизації та сферою застосування. Ця інформація є ключовою для подальшого аналізу та розуміння впливу технологічних систем на виробництво. Вона дозволяє розкрити прогресивний характер еволюції технологічних систем від традиційних концентрованих до інтелектуальних мережевих виробничих систем.

Різновиди технологічних систем — види, рівень автоматизації та застосування

Технологічна система	Вид технології	Рівень автоматизації	Сфера застосування
Традиційні концентровані виробничі системи	механічні, електромеханічні	низький рівень автоматизації	серійне виробництво стандартизованих виробів
Автоматизовані концентровані виробничі системи	електромеханічні електронні, інформаційно-комунікаційні тощо	середній рівень автоматизації	автоматизовані системи дозволяють виробляти серійні вироби з високою точністю та швидкістю
Інтегровані виробничі системи	електромеханічні електронні, інформаційно-комунікаційні тощо	високий рівень автоматизації та інтеграції	виробничі системи, інтегровані ділянки та цехи з високим рівнем автоматизації та інтеграції
Мережеві виробничі системи	електромеханічні, електронні, інформаційно-комунікаційні тощо	високий рівень автоматизації та інтеграції, спрямований на мережність та логістику	виробничі системи, мережеві виробничі комплекси, що базуються на інтегрованих технологічних мережах
Інтелектуальні мережеві виробничі системи	електромеханічні, електронні, інформаційно-комунікаційні тощо	високий рівень автоматизації та інтеграції, з високим рівнем інтелектуалізації	мережеві виробничі комплекси з вищим ступенем інтелектуалізації, спрямовані на максимізацію ефективності та ресурсозбереження

Слід зазначити, що методичний підхід, який базується на кодуванні інформації про технологічні системи, є надзвичайно важливим в контексті аналізу та класифікації цих систем. Його ефективність обумовлена декількома ключовими факторами. Насамперед, кодування дозволяє структуровано подати характеристики систем у вигляді числових значень або символів, що спрощує подальший аналіз і порівняння. До того ж, цей підхід відкриває можливість використання математичних методів, таких як алгоритми кластеризації, для обробки та групування схожих систем. Додатково, кодування надає об'єктивності в оцінюванні, оскільки ґрунтується на чітких критеріях та знижує суб'єктивні впливи на висновки.

В табл. 2 подано класифікаційні ознаки технологічних систем, зазначених в табл. 1, та їхнє оцінення балами за кожною ознакою.

Таблиця 2

Бальна оцінка класифікації технологічних систем за ключовими характеристиками

Класифікаційна ознака	Вид	Бали
За організаційно-структурними ознаками — А	Прості технологічні системи (наприклад, одиночні верстати) — А1	4
	Складні технологічні системи (наприклад, виробничі лінії) — А2	8
	Інтегровані технологічні системи (наприклад, автоматизовані заводи) — А3	12
За ступенем автоматизації — В	Ручні системи — В1	3
	Напівавтоматизовані системи — В2	6
	Автоматизовані системи — В3	9
	Роботизовані системи — В4	12
За характером виробництва — С	Дискретні виробничі системи (виробництво окремих виробів) — С1	6
	Континуальні виробничі системи (неперервний виробничий процес) — С2	12
За характером випуску продукції — D	Ексклюзивне виробництво — D3	4
	Серійне виробництво — D2	8
	Масове виробництво — D1	12
За ступенем впорядкованості та ентропією — E	Низька впорядкованість і висока ентропія (неструктуровані системи) — E1	6
	Висока впорядкованість і низька ентропія (структуровані системи) — E2	12
За ступенем ефективності — F	Низька ефективність — F1	4
	Середня ефективність — F2	8
	Висока ефективність (досягнення максимальних результатів за мінімальних витрат) — F3	12
За типом керування — G	Механічне керування — G1	4
	Електронне керування — G2	8
	Керування з використанням штучного інтелекту — G3	12
За ступенем інтеграції з інформаційними технологіями — H	Системи з низьким рівнем інформатизації — H1	4
	Інформаційно-керовані системи — H2	8
	Системи з використанням Індустрії 4.0 технологій — H3	12

Ознаки включають організаційно-структурні характеристики (прості, складні та інтегровані системи), ступінь автоматизації (від ручних до роботизованих систем), характер виробництва (дискретне та континуальне виробництво), характер випуску продукції (ексклюзивне, серійне та масове виробництво), ступінь впорядкованості та ентропія (структурованість та ступінь хаосу), ефективність (від низької до високої), тип керування (механічне, електронне, з використанням штучного інтелекту) та ступінь інтеграції з інформаційними технологіями (від низького рівня інформатизації до використання Індустрії 4.0 технологій). Кожній ознаці присвоєно відповідні бали відповідно до їх важливості та впливу на характеристики системи. Зазначений підхід до бальної оцінки має свою обґрунтовану доцільність у нормалізації оцінок різних факторів. Використання однакового діапазону балів від 1 до 12 дозволяє уникнути переваги або недоліків певних категорій оцінок над іншими. Це створює об'єктивніші умови порівняння і аналізу різних аспектів технологічних систем. Наприклад, це важливо для визначення пріоритетів у розробці технологічних рішень або в оцінці їхньої ефективності. Додатково, цей підхід спрощує використання оцінок в математичних моделях і аналітичних розрахунках, оскільки вони мають однаковий масштаб. Така нормалізація сприяє зрозумілій та консистентній інтерпретації результатів аналізу та оцінки технологічних систем, що є важливим кроком у ухваленні обґрунтованих технічних рішень відповідно до загальних оцінок кодів технологічних систем (табл. 3)

Таблиця 3

Загальні оцінки кодів технологічних систем

Технологічна система	Код	Загальна оцінка коду
Традиційні концентровані виробничі системи	A1B1C2D2E1F1G1H1	45
Автоматизовані концентровані виробничі системи	A2B3C2D2E2F2G2H2	73
Інтегровані виробничі системи	A3B3C2D2E2F2G2H2	77
Мережеві виробничі системи	A3B3C2D2E2F2G2H3	81
Інтелектуальні мережеві виробничі системи	A3B4C2D2E2F3G3H3	82

Кожна літера у кодї є певною характеристикою, а кожна цифра призначена для встановлення балів, що відображають важливість цієї характеристики. Така система оцінювання дозволяє узагальнити комплексну оцінку технологічних систем і порівняти їхню ефективність на основі важливих показників. Зокрема, вона враховує ступінь автоматизації, характер виробництва, тип керування, інтеграцію з інформаційними технологіями та інші аспекти. При цьому, оскільки бальна шкала уніфікована і має однаковий діапазон, це дозволяє об'єктивно порівнювати різні технологічні системи незалежно від їхньої складності.

З табл. 3 випливає, що найвищу загальну оцінку коду отримали «Інтелектуальні мережеві виробничі системи» (82 бали). Це свідчить про високий рівень інтеграції, автоматизації та ефективності цих систем, їхнього високого потенціалу для інноваційного розвитку у галузі машинобудування, оскільки вони об'єднують в собі найпередовіші технології і системи управління.

У підсумку сформовані основні напрямки інноваційного розвитку у галузі машинобудування:

1. Оцінювання технічних та технологічних потреб. Першочерговою задачею є аналіз різних технічних та технологічних аспектів машинобудування. Це включає в себе оцінювання сучасних методів, матеріалів і технологій, які можуть бути використані для підвищення ефективності виробничих процесів і створення високоякісних продуктів.

2. Фінансове планування та ресурси. Цей аспект передбачає загальну оцінку обсягу фінансування для впровадження інноваційних технологій. Врахування можливих джерел фінансування, таких як інвестори, гранти, кредити і інші ресурси, грає важливу роль у забезпеченні успішного розвитку галузі.

3. Розвиток інтелектуальних виробничих систем. Інтелектуальні виробничі системи є важливим елементом в машинобудуванні. Їхній розвиток включає аналіз та впровадження передових комп'ютерних моделей, які допомагають поліпшити автоматизацію виробничих процесів, збільшити продуктивність та підвищити якість вироблених продуктів.

4. Використання кіберфізичних систем в виробництві. Ці системи є результатом злиття реального та віртуального світу, і вони відкривають нові можливості для оптимізації виробничих процесів. Впровадження кіберфізичних систем охоплює автономних роботів, доповнену реальність, розширене виробництво та інтеграцію виробничих підприємств.

З огляду на наявний інтелектуальний потенціал, Україна має можливість стати регіональним лідером у вказаних сферах, надаючи високотехнологічні інженерні послуги. Конкретні напрями передбачають:

1. Програмування в галузі промислових технологій та розробка нових програмних продуктів, включно з Індустрією 4.0. Це передбачає створення високоефективних програмних рішень для автоматизації та оптимізації виробничих процесів у сучасних промислових умовах. Інтеграція технологій Індустрії 4.0 дозволяє створювати інноваційні рішення для підприємств.

2. Розроблення різновидів дизайну (електричного, механічного, електронного, технологічного, будівельного та іншого). Це охоплює створення ефективних та естетично вигідних дизайн-рішень для різних типів продукції та промислових об'єктів. Важливо враховувати технічні вимоги та потреби замовника.

3. Промислове автоматизування, комп'ютеризація та інтелектуалізація з введенням в експлуатацію промислових майданчиків. Це потребує впровадження сучасних систем автоматизації та управління виробництвом, що дозволяє підвищити продуктивність, якість та безпеку виробничих процесів. Також важливо забезпечити ефективне використання промислових майданчиків.

4. Розроблення та виготовлення складної, дрібносерійної або унікальної продукції. Передбачається створення продукції, яка може включати у себе складні технічні рішення, виготовлення невеликих серій або навіть унікальних виробів, враховуючи специфічні потреби та вимоги замовника.

З огляду на важливість Індустрії 4.0 та розроблення інноваційних технологій для гнучких виробництв на внутрішньому ринку, можна виділити кілька ключових аспектів [11]:

1. Залучення ІТ-компаній, науки та університетів до цифрової трансформації української промисловості та енергетики. Співпраця допоможе удосконалити виробничі системи та технології для адаптації до змінюваних ринкових умов.

2. Адаптація виробничих систем і технологій до дефіциту робочої сили. Коли людські ресурси обмежені, необхідне використання автоматизації та роботизації, щоб підтримувати виробництво на високому рівні продуктивності.

3. Розвиток науково-технічної продукції в умовах високотехнологічного виробництва. Це передбачає постійний розвиток і впровадження передових технологій, зокрема мікроелектроніки, інформаційних технологій та нових джерел енергії.

4. Особливості виробничих систем, що відповідають вимогам технологічної гнучкості та ефективно використовують обмежені ресурси. Умови високотехнологічного виробництва вимагають адаптивності, широкого діапазону регулювання, високої швидкості, гнучкості, мініатюризації, багатофункціональності, модульності, здатності до інтелектуальних обчислень та зміни форми, а також високої точності.

Висновки

З метою адаптації виробничих технологічних систем до сучасних вимог, пропонується впроваджувати інноваційні рішення, які спрямовані на кардинальні зміни у виробничих технологічних системах, що сприяють формуванню та розвитку мережевих принципів у машинобудівній галузі. Замість традиційного організаційного підходу, основним принципом стає ефективне використання інформаційного простору в Інтернеті, що дозволяє об'єднувати незалежних суб'єктів з різних регіонів для спільного вирішення виробничих завдань. Ключовою характеристикою мережевих систем є їхня здатність до виробництва багатомоделісної продукції з використанням інтелектуальних обчислень, спрямованих на підвищення якості продукції та оптимізацію споживчих моделей.

Мережеві системи дозволяють інтенсифікувати обсяги замовлень завдяки впровадженню інноваційних технологій та використанню цифрових методів управління технологічними процесами. Основні завдання інноваційного розвитку в галузі машинобудування включають оцінювання технічних та технологічних потреб у визначенні перспективних напрямків інновацій та розробленні стратегій впровадження з використанням сучасних методів і технологій. Розглянуто різні джерела фінансування впровадження інноваційних технологій, зокрема аналіз витрат та потенційних прибутків.

Досліджено можливості розвитку інтелектуальних виробничих систем та їхню роль у сучасному машинобудуванні на основі впровадження передових комп'ютерних моделей та технологій штучного інтелекту. Це сприяє автоматизації виробничих процесів та поліпшенню якості продукції.

ції. До того ж, розглядається використання кіберфізичних систем для оптимізації виробничих процесів та підвищення їхньої конкурентоспроможності.

Приділено увагу потенціалу України в реалізації інноваційних напрямів у галузі машинобудування. Країна має унікальний інтелектуальний потенціал для надання високотехнологічних інженерних послуг. Ключові напрями включають програмування промислових технологій, розроблення дизайну, промислову автоматизацію та розробку складних продуктів. Важливими аспектами є адаптація до сучасних технологій та гнучкість виробництва для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності у галузі машинобудування

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Y. Xu, and X. “Technology upgrading and labor degrading? A sociological study of three robotized factories,” *J. Chin. Sociol.*, no. 8, p. 18, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40711-021-00154-x> .
- [2] N. Sherimova et al. “An analytical assessment of industrial sector innovative management in the context of digitalization,” *J. Innov Entrep*, no. 11, p. 53, 2022. <https://doi.org/10.1186/s13731-022-00247-y> .
- [3] B. E. Jin, and D. C. Shin, “The power of 4th industrial revolution in the fashion industry — what, why, and how has the industry changed?” *Fash. Text*, no. 8, p. 31, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40691-021-00259-4> .
- [4] A. Khalid et al. “A methodology to develop collaborative robotic cyber physical systems for production environments,” *Logist. Res.*, no. 9, p. 23, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12159-016-0151-x> .
- [5] E. Mueller, XL. Chen and R. Riedel, “Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0 — A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System,” *Chin. J. Mech. Eng.* no. 30, pp. 1050-1057, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10033-017-0164-7> .
- [6] H. Hirsch-Kreinsen, “Digitization of industrial work — development paths and prospects,” *J. Labour Market Res*, no. 49, pp. 1-14, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12651-016-0200-6> .
- [7] M. K. Adeyeri, and K. Mpfu, “Development of system decision support tools for behavioral trends monitoring of machinery maintenance in a competitive environment.” *J. of Industrial Engineering International.*, no. 13, pp. 249-264, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40092-017-0184-z> .
- [8] P. Radanliev et al. “Cyber risk at the edge — current and future trends on cyber risk analytics and artificial intelligence in the industrial internet of things and Industry 4.0 supply chains,” *Cybersecurity*, no. 3, p. 13, 2020. <https://doi.org/10.1186/s42400-020-00052-8> .
- [9] JF. Yao et al. “Systematic review of digital twin technology and applications,” *Vis. Comput. Ind. Biomed. Art* , no. 6, p. 10, 2023. <https://doi.org/10.1186/s42492-023-00137-4> .
- [10] M. Yang et al. “Modeling the significance of strategic orientation for competitive advantage and economic sustainability — the use of hybrid SEM-neural network analysis,” *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, no. 11, p. 44, 2022. <https://doi.org/10.1186/s13731-022-00232-5> .
- [11] А. І. Шевченко та ін., *Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні*, моногр., А. І. Шевченко, Ред. Київ, Україна: ІПШІ, 2023, 305 с. https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023 .

Рекомендована кафедрою галузевого машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.10.2023

Ковалевський Сергій Вадимович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інноваційних технологій і управління, e-mail: kovalevsk61@gmail.com ;

Ковалевська Олена Сергіївна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри обробки металів тиском;

Сидюк Дар'я Миколаївна — аспірантка кафедри інноваційних технологій і управління.

Донбаська державна машинобудівна академія

S. V. Kovalevskyi¹
O. S. Kovalevska¹
D. M. Sydiuk¹

Innovative Solutions for Adaptation of Technological Systems to Modern Requirements

¹Donbass State Mechanical Engineering Academy

The article considers radical changes in production technological systems that contribute to the emergence and development of network principles in mechanical engineering production. Instead of traditional production organization, the key principle becomes powerful utilization of the informational space in the Internet, enabling the collaboration of independent entities from different geographic regions to accomplish production tasks. One of the key characteristics of networked systems is their ability for intelligent computations aimed at improving product quality and consumption models. Networked systems allow for the intensification of the orders volumes through the implementation of innovative technologies and the use of digital methods for managing technological processes. The main tasks of innovative development in mechanical engineering are defined, including the assessment of technical and technological needs in determining prospective directions of innovation and the development of implementation strategies using modern methods and technologies. Various sources of funding for the implementation of innovative technologies are examined, including the analysis of costs and potential profits. The possibilities for the development of intellectual production systems and their role in modern mechanical engineering based on the implementation of advanced computer models and artificial intelligence technologies are investigated, promoting the automation of production processes and enhancing product quality. Additionally, the utilization of cyber-physical systems for optimizing production processes and increasing their competitiveness is discussed. The concluding part of the article delves into Ukraine's potential in implementing innovative directions in the field of mechanical engineering. It is noted that the country possesses the unique intellectual potential for providing high-tech engineering services. Key directions include programming of industrial technologies, design development, industrial automation, and the development of complex products. Emphasis is placed on the importance of adaptation to modern technologies and production flexibility for ensuring efficiency and competitiveness in the field of mechanical engineering. Overall, the article offers a profound analysis of contemporary trends in mechanical engineering and points out avenues for further development in the industry in Ukraine.

Keywords: mechanical engineering, network principles, Intellectual production systems, innovative development, industrial automation, cyber-physical systems, intellectual potential, flexible production.

Kovalevskyi Serhii V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Innovative Technologies and Management, e-mail: kovalevsk61@gmail.com ;

Kovalevska Olena S. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Metal Forming;

Sydiuk Daria M. — Post-Graduate Student of the Chair of Innovative Technologies and Management