

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ПЛАНУВАННІ ТА ПРОВЕДЕННІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті досліджено роль інтелектуальних інформаційних систем (ІС) в удосконаленні експериментальних досліджень у машинобудуванні. Розглянуто застосування ІС для моделювання, аналізу даних, створення цифрових двійників і підтримки прийняття рішень. Висвітлено перспективи автономних лабораторій і виклики впровадження ІС. Зазначено, що ІС сприяють підвищенню точності, ефективності та інноваційності інженерної діяльності.

Ключові слова: інтелектуальні системи, машинобудування, експеримент, моделювання, цифровий двійник, великі дані.

Експериментальні дослідження є наріжним каменем науково-технічного прогресу в машинобудуванні, забезпечуючи перевірку теоретичних розробок, оптимізацію конструкцій та технологічних процесів, а також відкриття нових матеріалів та явищ. Зростаюча складність об'єктів дослідження, вимоги до точності та ефективності експериментів, а також величезні обсяги генерованих даних зумовлюють необхідність застосування передових інформаційних технологій. Відтак ІС відіграють дедалі важливішу роль, трансформуючи традиційні підходи до планування, проведення та аналізу експериментів.

Моделювання та симуляція є невід'ємними інструментами сучасного машинобудування, що дозволяють досліджувати поведінку складних систем, конструкцій та процесів без необхідності проведення дорогих, тривалих, а іноді й небезпечних натурних експериментів [1]. ІС можуть використовуватися для створення та управління складними обчислювальними моделями та симуляціями [2]. Для розробки та перевірки теоретичних моделей широко застосовуються спеціалізовані програмні пакети, такі як Arena, AnyLogic, а також системи комп'ютерної математики MATLAB та Mathematica [3].

Застосування ІС дозволяє створювати високоточні цифрові моделі, часто звані цифровими двійниками (Digital Twins), реальних об'єктів, вузлів машин або цілих технологічних процесів у машинобудуванні. Ці віртуальні аналоги можуть бути використані для проведення широкого спектру віртуальних експериментів. Інженери та дослідники можуть варіювати параметри, досліджувати вплив різних зовнішніх умов, тестувати різні конструктивні рішення та оптимізувати технологічні процеси ще до створення фізичних прототипів або запуску реального виробництва.

На етапі планування експерименту ІС можуть надавати цінну підтримку шляхом прогнозування ймовірних результатів та оцінки потенційних ризиків [4,5]. Системи підтримки прийняття рішень можуть ефективно використовуватися для управління ризиками в складних машинобудівних системах та експериментах [6].

Після ретельного планування експерименту настає етап його проведення та аналізу отриманих результатів. Саме тут ІС розкривають значну частину свого потенціалу, забезпечуючи автоматизацію,

точність та глибину обробки експериментальних даних. Тут з'являється поняття «великі дані» (Big Data), що позначає надзвичайно великі обсяги даних, які неможливо ефективно обробити за допомогою традиційних методів та інструментів [7]. Вони генеруються в результаті складних комп'ютерних симуляцій, роботизованих експериментальних установок з численними датчиками, систем моніторингу стану обладнання в реальному часі, а також у процесі випробувань нових матеріалів та конструкцій. ІС, що інтегрують інструменти для роботи з Big Data, такі як Apache Hadoop, Spark, масштабовані хмарні сховища та спеціалізовані бази даних (NoSQL), дозволяють ефективно зберігати, структурувати, обробляти та аналізувати ці дані [8].

Важливою також є галузь штучного інтелекту, що займається взаємодією між комп'ютерами та людською мовою (обробка природної мови (Natural Language Processing, NLP)). NLP надає можливість автоматичного аналізу технічної документації, звітів, патентів та наукових статей, дозволяючи виявляти ключові зв'язки, тенденції та знання [9].

Відтак у майбутньому очікується зростання ролі ІС в автономному проведенні експериментів, більш глибока інтеграція хмарних технологій та цифрових двійників, а також поширення систем на основі машинного навчання, які здатні самостійно аналізувати дані, оновлювати моделі та планувати наступні кроки у дослідженні. Це відкриває нові горизонти для наукового пошуку в машинобудуванні та підвищує загальну ефективність інженерної діяльності.

Однак впровадження ІС супроводжується й певними викликами: питання безпеки, якості навчальних даних, інтерпретованість моделей, відсутність уніфікованих стандартів та потреба у підготовці висококваліфікованих кадрів. Вирішення цих проблем є запорукою успішної інтеграції ІС у майбутні інженерні системи.

Одним з найважливіших аспектів впровадження ІС у машинобудуванні є створення замкненого циклу дослідження: від фізичного експерименту до віртуального аналізу, і назад. Це дозволяє не лише адаптувати дослідження в реальному часі, а й постійно вдосконалювати саму методику дослідження, використовуючи нові дані для навчання системи [4].

Також нові можливості відкриває інтеграція ІС з Інтернетом речей (IoT). Завдяки підключенню сенсорів та пристроїв у режимі реального часу, ІС можуть отримувати актуальні дані з фізичних об'єктів, аналізувати їх та оперативно реагувати на зміни. Це особливо важливо для моніторингу стану обладнання, передбачення поломок і оптимізації експлуатаційних режимів [10].

Крім того, в умовах сучасного виробництва важливим є скорочення часу виходу продукту на ринок. Завдяки ІС можливо не лише швидше проходити етапи моделювання та тестування, а й здійснювати паралельне вдосконалення конструкцій та технологій без шкоди для якості.

Ще однією перевагою використання ІС є їх здатність підтримувати міждисциплінарний підхід у дослідженнях, об'єднуючи знання з механіки, матеріалознавства, електроніки та програмної інженерії. Така інтеграція створює умови для створення більш комплексних моделей і рішень, які враховують численні аспекти функціонування системи.

Тож інтелектуальні інформаційні системи не лише трансформують окремі етапи наукового дослідження, а й формують нову філософію інженерної діяльності – орієнтовану на дані, гнучкість, передбачуваність і адаптивність [10].

Сучасна тенденція до цифровізації та автоматизації виробничих процесів стимулює підприємства до впровадження ІС не лише в науково-дослідницькій, а й у повсякденній практиці. Наприклад, використання цифрових двійників у процесі експлуатації обладнання дозволяє безперервно контролювати його стан, проводити технічне обслуговування саме тоді, коли це потрібно, а не за заздалегідь встановленим графіком.

Водночас, застосування ІС має значення і для екологічної складової виробництва. За допомогою інтелектуального аналізу даних можна виявляти джерела перевитрат енергії, викидів або інших негативних впливів на довкілля та оперативно приймати рішення для їх мінімізації[10].

У перспективі можлива поява повністю автономних лабораторій, керованих ІС. Такі системи зможуть самостійно формувати гіпотези, планувати експерименти, аналізувати результати і формувати висновки. Це може радикально змінити роль людини в науковому процесі, змістивши фокус з виконання рутинних операцій на стратегічне управління знанням і прийняття рішень.

Так ІС є не просто допоміжним інструментом інженера чи дослідника, а повноцінним партнером у створенні нових знань, технологій і продуктів. Вони забезпечують підвищення точності, ефективності та безпеки експериментів, сприяють інтеграції знань і дозволяють вивести машинобудування на новий рівень розвитку.

Іншою важливою перевагою ІС є можливість адаптивного навчання. Системи з елементами машинного навчання здатні покращувати свої прогнози та рекомендації на основі аналізу нових даних. Це означає, що чим більше експериментів проводиться з використанням ІС, тим точніше стають наступні моделі, що створює ефект накопичення знань.

Крім того, інтеграція ІС з мобільними та веб-платформами відкриває нові можливості для дистанційного керування експериментами. Інженери та дослідники можуть отримувати доступ до системи, переглядати дані, вносити зміни до експериментального плану або запускати симуляції з будь-якої точки світу[11].

Це особливо актуально в умовах глобалізації та розвитку віддаленої науково-технічної співпраці. Проекти, що об'єднують фахівців з різних країн, можуть ефективно координувати дослідження завдяки єдиній платформі ІС з централізованим доступом до моделей, результатів і аналітики.

У підсумку, впровадження інтелектуальних інформаційних систем у машинобудівному експериментуванні є не лише сучасною технологічною вимогою, а й стратегічною інвестицією у підвищення конкурентоспроможності галузі. ІС формують основу для інноваційного прориву, сприяючи глибшому розумінню складних процесів, більш обґрунтованому прийняттю рішень та створенню продукції нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mechanical Engineering: Modeling & Simulation | UW-Madison PDC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pdc.wisc.edu/degrees/mechanical-engineering-modeling-and-simulation-ms/>.
2. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В., Сосик А. Ю., Щербина А. В. Основи САПР в автомобілебудуванні [Електронний ресурс] / Запорізька політехніка. – Режим доступу: <https://eir.zp.edu.ua/bitstreams/eab12e4c-82f8-42f1-b0ce-3f542a590188/download>.
3. Наукометричні бази даних [Електронний ресурс] // DSpace УжНУ. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/26586/1/НАУКОМЕТРИЧНІ%20БАЗИ%20ДАНИХ.pdf>.
4. Караєва Н. В., Войтко С. В., Сорокіна Л. В. Інформаційні технології в управлінні проектами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/323531417.pdf>.
5. Risk Assessment Guide [Електронний ресурс] / Axelent UK. – Режим доступу: https://www.axelent.co.uk/media/305dwmoh/en_risk-assessment-guide-1_6.pdf.
6. Decision support system for mechanical engineering [Електронний ресурс] // ResearchGate. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/263848448_Decision_support_system_for_mechanical_engineering.
7. The importance of big data in mechanical engineering [Електронний ресурс] // Item Blog. – Режим доступу: <https://blog.item24.com/en/digital-engineering-en/the-importance-of-big-data-in-mechanical-engineering/>.

8. Мудла Б. Г. Проблеми цифровізації в технічній освіті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/46807/03-MudlaNEW.pdf?sequence=1> .
9. Обробка природної мови (NLP): як це працює, переваги та приклади з реального світу [Електронний ресурс] // Shaip. – Режим доступу: <https://uk.shaip.com/blog/what-is-nlp-how-it-works-benefits-challenges-examples/> .
10. Хмарні технології [Електронний ресурс] : методичний посібник / уклад. О. В. Сидоренко ; Житомирський державний університет імені Івана Франка. – Житомир : ЖДУ ім. І. Франка, 2020. – 45 с. – Режим доступу: http://eprints.zu.edu.ua/33187/1/Методичка_Хмарні%20технології.pdf.
11. Тренди ІІоТ – Індустріальний інтернет речей [Електронний ресурс] // SmartEAM. – Режим доступу: <https://smart-eam.com/ua/news/trend-iiot/>, вільний. –Дата звернення: 14.05.2025.

Свящук Юрій Анатолійович – аспірант кафедри Галузевого машинобудування, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: y.sviashchuk@gmail.com

Поліщук Олександр Васильович – к. т. н., доц., доцент кафедри педагогіки безпеки та безпеки життєдіяльності, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: polischuk@vntu.edu.ua.

APPLICATION OF INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS IN PLANNING AND CONDUCTING SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF MECHANICAL ENGINEERING

Abstract

The article explores the role of intelligent information systems (IIS) in enhancing experimental research in mechanical engineering. It examines the use of IIS for modeling, data analysis, digital twin development, and decision support. The prospects of autonomous laboratories and the challenges of IIS implementation are highlighted. It is noted that IIS contribute to increased accuracy, efficiency, and innovation in engineering activities.

Keywords: intelligent systems, mechanical engineering, experiment, modeling, digital twin, big data.

Polishchuk Oleksandr V. – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Safety Pedagogy and Life Safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: polischuk@vntu.edu.ua

Sviashchuk Yurii A. – postgraduate student of the Department of Industrial Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: y.sviashchuk@gmail.com