

Томашівський О.З., Томашівський М.О.

РОЛЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ (САПР) У ТРАНСФОРМАЦІЇ НАУКОВО-ВИРОБНИЧОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

У статті проведено комплексне дослідження та обґрунтування науково-практичних підходів до інтеграції систем автоматизованого проектування (САПР) у процеси сучасного виробництва із застосуванням інноваційних технологій.

Метою даної наукової роботи є всебічний аналіз сучасного стану, викликів та перспектив впровадження систем автоматизованого проектування (САПР) у науково-виробничу діяльність в Україні. Стаття має на меті виявити ключові бар'єри, що стримують повноцінну інтеграцію САПР у національний інноваційний простір, зокрема в наукові програми технічних університетів, дослідницькі практики та виробничі процеси реального сектору економіки. Також досліджується ступінь готовності вітчизняних установ до застосування сучасних програмних рішень CAD/CAM/CAE класу, з урахуванням кадрових, інфраструктурних, нормативно-правових і фінансових обмежень.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, інноваційні технології, виробничі процеси, світовий досвід, підвищення конкурентоспроможності, глобальна цифровізація.

Постановка проблеми. У сучасному науковому середовищі України дедалі більше уваги приділяється впровадженню САПР у ключові сектори інженерної освіти та виробництва [1]. Зокрема, у статті О.В. Соломки «Застосування систем автоматизованого проектування в галузевому машинобудуванні» розглянуто практичні аспекти використання CAD/CAM/CAE-систем на підприємствах машинобудівного профілю [4]. Дослідник аналізує, як сучасні САПР-середовища сприяють оптимізації процесу створення технічної документації, 3D-моделювання, динамічних розрахунків та симуляцій, що у підсумку позитивно впливає на ефективність та продуктивність проектування. Водночас у статті чітко акцентовано на системних проблемах: застаріле обладнання, кадровий дефіцит фахівців зі знанням сучасних програмних засобів, а також висока вартість ліцензійного ПЗ, що особливо критично для середніх і малих підприємств. Автор наголошує на необхідності створення національних центрів компетенцій, що працюватимуть на стику освіти, науки та виробництва [4].

Таким чином, проблема полягає у виявленні ключових бар'єрів, що стримують повноцінну інтеграцію САПР у національний інноваційний простір, зокрема в наукові програми технічних університетів, дослідницькі практики та виробничі процеси реального сектору економіки, оцінка ступінь готовності вітчизняних установ до застосування сучасних програмних рішень CAD/CAM/CAE класу, з урахуванням кадрових, інфраструктурних, нормативно-правових і фінансових обмежень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У контексті нових технологій актуальною є робота українських дослідників, опублікована на платформі ResearchGate, яка присвячена інтеграції САПР із технологіями 3D-друку. У ній розкриваються потенційні переваги такого поєднання — від швидкого прототипування інженерних вузлів до зменшення витрат на дослідно-конструкторські роботи. Автори наголошують, що найбільший ефект спостерігається при застосуванні САПР для створення складних геометричних форм, які важко або неможливо виготовити традиційними методами. Водночас визначено низку обмежень: труднощі з експортом моделей у відповідні формати для 3D-принтерів, недостатня стандартизація STL-файлів та проблеми із точністю моделювання, що особливо критично при роботі з функціональними прототипами [2].

Ще один важливий напрямок — впровадження вільного (open-source) програмного забезпечення у навчальний процес, що набуває особливої актуальності на тлі фінансових обмежень українських ЗВО. В одному з нещодавніх досліджень, опублікованих у 2023–2024 роках,

© **Томашівський О. З.**, к.е.н., Львівський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП»; e-mail: tomashivsky@gmail.com, ORCID ID: 0009-0001-8712-3454, ResearcherID KQV-3732-2024

Томашівський М. О., аспірант, Ужгородський національний університет, ст.. викладач, Львівський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП», e-mail: matviy.tomashivskiy@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-6412-8951, ResearcherID ADR-MBH-0843-2025

розглядається досвід використання LibreCAD, FreeCAD, KiCad та подібних рішень у підготовці студентів технічних спеціальностей. Автори фіксують позитивні результати — легкість засвоєння базових функцій, доступність ПЗ, відсутність ліцензійних бар'єрів. Однак, акцентовано також на функціональних обмеженнях таких платформ, слабкій документації українською мовою та недостатньому рівні підготовки викладацького складу, який здебільшого спеціалізується на класичних комерційних продуктах типу AutoCAD або SolidWorks [2].

Цінним джерелом узагальнення є монографія «New Information Technologies, Simulation and Automation» (Velychko O, Voinova M, Granyak I. та ін.), яка охоплює широкий спектр тем — від комп'ютерного моделювання та автоматизації процесів до впровадження digital twins у технічну освіту. У монографії окреслено поточні тенденції цифровізації навчального процесу, підкреслено важливість віддаленого доступу до САПР через хмарні платформи, а також окреслено досвід використання симуляційних середовищ в лабораторних курсах [6]. Важливо, що частина монографії присвячена саме українському контексту — показано, як окремі кафедри технічних університетів поступово переходять до цифрових моделей підготовки інженерів, незважаючи на обмеження воєнного часу.

У міжнародному вимірі дослідження, що стосуються САПР, демонструють стійку тенденцію до глибокої інтеграції цифрових технологій у всі етапи інженерного циклу. Частина вже згаданої монографії «New Information Technologies, Simulation and Automation» містить порівняльний аналіз кейсів впровадження САПР у ЄС [6,7,9]. Зокрема, у роботах з Італії, Польщі та Німеччини підкреслено переваги переходу до відкритих модульних архітектур САПР, що дозволяють адаптувати інтерфейс, функціонал і алгоритми під потреби конкретного проекту. Також актуальними є дослідження щодо використання штучного інтелекту як частини CAD-інструментів — для оптимізації креслень, автоматичної генерації специфікацій, виявлення помилок і формування альтернативних проектних рішень.

Ці приклади демонструють системний, міждисциплінарний і практико-орієнтований підхід до використання САПР у світовій інженерній освіті та промисловості [2,3]. Для України це означає необхідність орієнтації на гнучкі моделі впровадження, розвиток інфраструктури для цифрового проектування та створення умов для взаємодії освіти, науки та

бізнесу в рамках загальної стратегії цифрової трансформації [1,2,3].

Виклад основного матеріалу дослідження: Системи автоматизованого проектування (САПР, CAD – Computer-Aided Design) класифікуються за низкою ключових критеріїв, серед яких функціональні можливості, масштаби застосування, технічні вимоги, цільова аудиторія, галузь використання та вартість ліцензування [6]. На основі цих показників у професійній літературі та інженерній практиці прийнято умовно поділяти САПР на три основні класи: важкі, середні та легкі.

Важкі (high-end) САПР. Це потужні багатофункціональні програмні комплекси, орієнтовані на великі промислові підприємства, науково-дослідні установи та інженерні центри, які реалізують повний цикл розробки виробу — від концептуального проектування до виробництва, експлуатації й утилізації. До таких систем відносяться: Siemens NX, CATIA (Dassault Systèmes), PTC Creo, Autodesk Fusion 360 Enterprise, Solid Edge High-End версії. Їх основними характеристиками є:

- повна підтримка технологій PLM (Product Lifecycle Management);
- широкі можливості для інженерного аналізу (CAE), включно з мультифізичним моделюванням;
- інтеграція з ERP/MES-системами підприємства;
- робота в середовищі хмарної колаборації;
- підтримка великих збірок (assembly) з тисячами компонентів;
- застосування в галузях, де потрібна висока точність.

Вартість таких рішень може досягати десятків тисяч доларів США за ліцензію, а впровадження супроводжується потребою в дорогому апаратному забезпеченні, сертифікації персоналу, довготривалому навчанні. В Україні використання high-end САПР залишається обмеженим через вартість, потребу в спеціалізованих кадрах та інфраструктурні обмеження. Натомість окремі великі підприємства використовують CATIA та Siemens NX у рамках міжнародних проектів або транснаціональних програм технологічного трансферу.

Середні (mid-range) САПР. Найбільш поширений клас у світовій та українській практиці — **середні САПР**, які поєднують достатню функціональність для широкого кола завдань із прийнятною вартістю, меншою кривою навчання та можливістю інтеграції у навчальні процеси та середнє виробництво. До найвідоміших представників цього класу належать:

- SolidWorks (Dassault Systèmes) — найпопулярніша середня САПР у світі, активно використовується в освіті та малому/середньому бізнесі;
- Autodesk Inventor — універсальна платформа для 3D-моделювання, що підтримує параметричне проектування, симуляцію та CAM-модулі;
- КОМПАС-3D (розробка компанії «АСКОН-Інновація Україна») — адаптована під потреби машинобудування, з широким використанням у технічній освіті;
- T-FLEX CAD, BricsCAD, Alibre Design — менш поширені, але гнучкі платформи з хорошим співвідношенням ціна/якість.

Середні САПР забезпечують: тривимірне параметричне моделювання; створення робочої та конструкторської документації відповідно до стандартів (ISO, ГОСТ, ДСТУ); основи інтеграції з CAM/CAE; підтримку бібліотек стандартних елементів, специфікацій, шаблонів; локалізовані інтерфейси і навчальні матеріали українською.

Ключовою перевагою є наявність освітніх ліцензій з повним функціоналом, а також активна спільнота користувачів, що полегшує впровадження. Такі САПР часто використовуються для участі в міжнародних хакатонах, конкурсах технічної творчості (наприклад, Formula Student, NASA Space Apps Challenge тощо) [7,8].

Легкі (entry-level) САПР. До цієї категорії належать програмні продукти з обмеженою функціональністю, орієнтовані на базове 2D- та просте 3D-моделювання, технічне креслення та ознайомлення з базовими принципами автоматизованого проектування. Найчастіше вони використовуються для початкового навчання, в школах, ПТНЗ, а також у проектах STEM/STEAM-освіти [10]. Серед прикладів легких САПР:

- LibreCAD, QCAD — open-source системи для 2D-креслення;
- TinkerCAD (Autodesk) — браузерне середовище для базового 3D-моделювання;
- FreeCAD — безкоштовна 3D CAD система з модульною структурою (у межах проєктів з відкритим кодом);
- SketchUp Free, Fusion 360 для хобістів та студентів — спрощені версії з базовим функціоналом.

Легкі САПР характеризуються: простотою інтерфейсу; низькими апаратними вимогами;

Таким чином, найперспективнішим напрямом розвитку САПР в Україні є комплексне впровадження середньорівневих систем з поступовим доповненням легкими й open-source рішеннями для початкового етапу підготовки

відсутністю складних інженерних модулів; орієнтацією на навчальні потреби або індивідуальне моделювання. (Таблиця 1)

Узагальнюючи, можна зазначити, що середні САПР займають домінуючу позицію в науково-освітньому та прикладному інженерному просторі України, що зумовлено поєднанням функціональності, доступності та відповідності до актуальних потреб. Водночас, поширення open-source інструментів у легкому сегменті формує передумови для розширення цифрової грамотності, а інтеграція окремих high-end рішень на підприємствах високотехнологічного сектору дозволяє Україні залишатись у глобальному інженерному контексті, незважаючи на обмежені ресурси.

Порівняльний аналіз найпоширеніших САПР-систем, що використовуються в Україні, дозволяє зробити низку висновків щодо доцільності їх впровадження в освітній, науковий та виробничий контексти. Найбільш збалансованим за критеріями функціональності, доступності та навчальної цінності є середньорівневі САПР, такі як SolidWorks, Autodesk Inventor і КОМПАС-3D [8-10]. Їх використання у вищих навчальних закладах технічного профілю вже довело свою ефективність, зокрема через наявність академічних ліцензій, підтримки навчально-методичних матеріалів та активних користувацьких спільнот.

Водночас FreeCAD і LibreCAD, як представники легкого класу, забезпечують базовий рівень ознайомлення з принципами цифрового проектування, що робить їх актуальними для шкільної STEM-освіти, профтехосвіти, а також для використання у малих підприємствах з обмеженим бюджетом [6-9]. Відкритий вихідний код і багатоплатформеність роблять їх хорошою альтернативою комерційним продуктам, хоча варто враховувати функціональні обмеження.

Значно вужчий спектр застосування в національних умовах мають важкі САПР-системи на кшталт CATIA або Siemens NX, які потребують не лише високих фінансових затрат, а й наявності підготовленої інфраструктури, сертифікованого персоналу та глибокої інтеграції з PLM/ERP-середовищами. Їх впровадження доцільне переважно у високотехнологічних галузях, таких як авіаційна, космічна, оборонна та автомобілебудівна промисловість [7].

кадрів. У поєднанні з політикою академічного ліцензування, створенням інженерних хабів і центрами підвищення кваліфікації, це створює підґрунтя для сталого розвитку цифрового проектування у виробництві та освіті.

Таблиця 1
Порівняльна таблиця систем автоматизованого проєктування (САПР)

Назва системи	Клас САПР	Тип ліцензії	Підтримка 3D	Платформи	Мови інтерфейсу	Основні можливості	Орієнтація / сфера
SolidWorks	Середній	Комерційна / освітня	✓ Так	Windows	Англ., укр. частково	Параметричне 3D-моделювання, CAE, симуляції, документація	Освіта, промисловість
Autodesk Inventor	Середній	Комерційна / освітня	✓ Так	Windows	Англ., укр. частково	Інженерне моделювання, анімація, CAM-інтеграція	Освіта, машинобудування
KOMPAS-3D	Середній	Комерційна / безкоштовна (STEM)	✓ Так	Windows	Українська, англійська	Створення креслень, 3D-моделі, бібліотеки стандартів	Освіта, машинобудування
FreeCAD	Легкий / умовно середній	Open-source	✓ Так	Win / macOS / Linux	Українська (частково), англ.	Модульне 3D-моделювання, скриптування, CAM-експерименти	Освіта, індивідуальне користування
AutoCAD	Легкий – середній	Комерційна / освітня	✓ Обмежено	Багатоплатформ.	Англ., укр. частково	2D/3D-креслення, блоки, сумісність з багатьма форматами	Архітектура, інженерія
CATIA	Важкий	Комерційна	✓ Так	Windows	Англ. (укр. — ні)	PLM, CAD/CAE/CAM інтеграція, комплексне проєктування	Авіація, авто, космос
LibreCAD	Легкий	Open-source	✗ Ні	Win / macOS / Linux	Українська	2D-креслення, простий інтерфейс	Освіта, початковий рівень
T-FLEX CAD	Середній	Комерційна	✓ Так	Windows	Англ., частково укр.	Параметричне 3D, асоціативність, шаблони, інтеграція	Машинобудування, інженерія

Пояснення до таблиці:

- **Клас САПР** — за складністю: «легкий», «середній», «важкий» (див. попередній текст).
- **Підтримка 3D** — чи система дозволяє повноцінне тривимірне моделювання.
- **Тип ліцензії** — чи є освітня, безкоштовна або відкрита версія.
- **Мови інтерфейсу** — зазначено наявність української локалізації, якщо вона офіційно підтримується або доступна у спільнотах.
- **Орієнтація** — типові галузі використання.

Таким чином, найперспективнішим напрямом розвитку САПР в Україні є комплексне впровадження середньорівневих систем з поступовим доповненням легкими й open-source рішеннями для початкового етапу підготовки кадрів. У поєднанні з політикою академічного ліцензування, створенням інженерних хабів і центрами підвищення кваліфікації, це створює підґрунтя для сталого розвитку цифрового проєктування у виробництві та освіті.

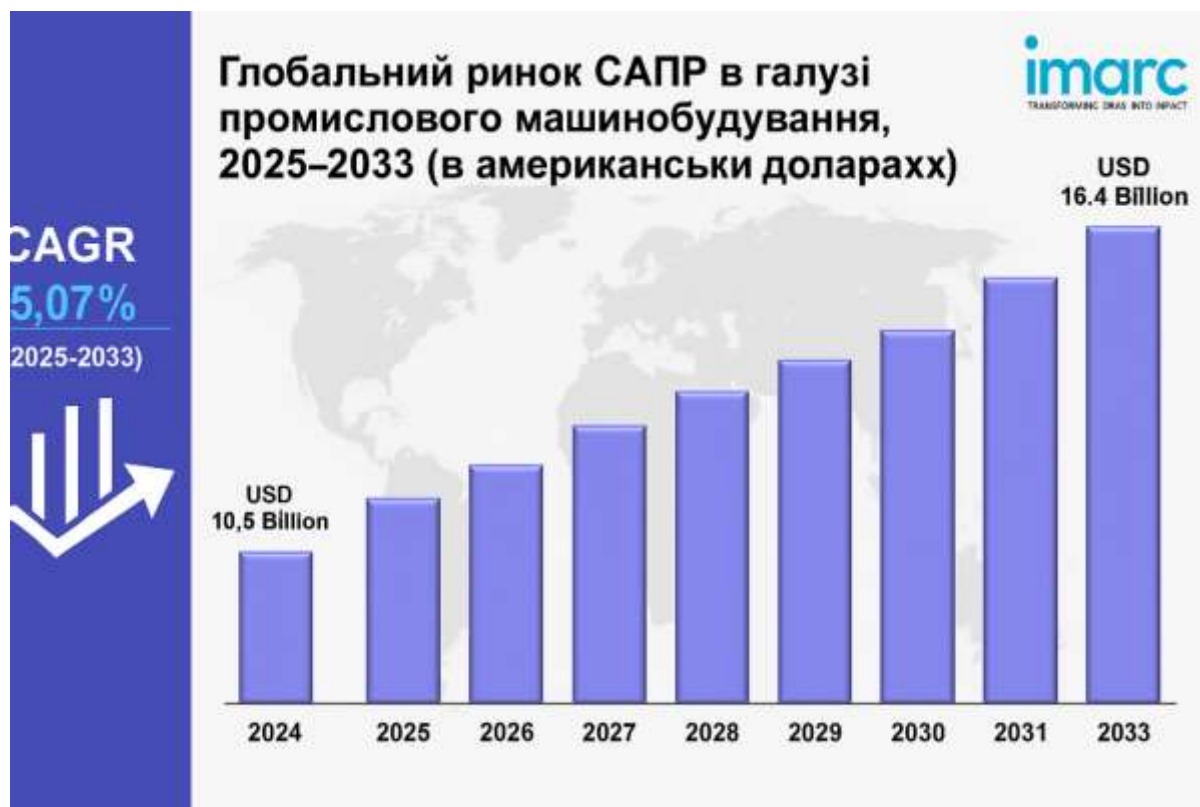
У міжнародних галузевих дослідженнях чітко простежується, що ринок САПР у промисловості демонструє стійку позитивну динаміку зростання, що обумовлюється глобальними трендами на цифровізацію, автоматизацію виробництва та скорочення інженерних витрат. Особливо стрімкий розвиток спостерігається в сегментах проєктування машин та обладнання, де потреба у високоточному, масштабованому та інтегрованому програмному забезпеченні для автоматизованого проєктування зростає пропорційно до ускладнення виробничих завдань і міжнародної конкуренції.

Табл. 2. надає уявлення про основні тенденції та ключові показники, що характеризують ринок CAD-рішень для промислового застосування. Так, згідно з аналітичними даними міжнародних дослідницьких компаній, у 2023 році світовий обсяг ринку CAD-систем сягнув приблизно 9,6–9,9 млрд доларів США, причому понад 60 % цього ринку становлять 3D-CAD-рішення, що свідчить про домінування тривимірного моделювання у сучасному інженерному середовищі.

Крім того, сегмент проєктування промислового обладнання (industrial machinery) займає значну частку глобального ринку та має перспективу динамічного розвитку: очікується, що до 2033 року обсяг цього підсегменту зросте з 10,5 млрд дол. у 2024 році до понад 16,4 млрд дол., демонструючи сталу середньорічну динаміку на рівні 5–6 % CAGR. Така тенденція обумовлена не лише технологічним розвитком, а й підвищеним попитом на гнучкі виробничі рішення, скороченням термінів розробки продукції, впровадженням концепцій Industry 4.0 та цифрових двійників.

Таблиця 2.

Глобальні показники ринку САПР у промисловості



Ці дані є особливо корисними для порівняння з українською реальністю, де, за непрямыми оцінками та фрагментарними дослідженнями, стану впровадження САПР у промисловість ступінь інтеграції повнофункціональних CAD/CAM-рішень, особливо серед середніх і малих підприємств, залишається значно нижчим. Відсутність широкомасштабного моніторингу впровадження САПР у промисловість України ускладнює формування об'єктивної картини, але доступні експертні оцінки вказують

на значне технологічне відставання в порівнянні з провідними світовими ринками [8]. Таблиця 2 у цьому контексті слугує не лише індикатором існуючого розриву, а й орієнтиром для оцінювання потенційного масштабу модернізації української промисловості. Наприклад, якщо масштаб впровадження CAD-технологій в Україні навіть удвічі менший, ніж середньосвітовий показник, це все одно відкриває вікно для інвестицій у підвищення ефективності проєктування, скорочення часу розробки продукції та підвищення експортного потенціалу.

Як показано в таблиці 2, головними драйверами зростання ринку САПР у світі є:

- розвиток інновацій у сфері інженерії, зокрема широке використання 3D- моделювання і цифрових прототипів;
- глибока інтеграція CAD-рішень із САМ/CAE-системами, що дозволяє реалізувати наскрізні процеси — від проєкту до виробу;
- зростання попиту на продукцію з високим ступенем персоналізації та коротким життєвим циклом, що потребує гнучких цифрових рішень;
- просунуті функції симуляції, які дозволяють виявляти помилки ще на ранніх етапах проєктування та зменшувати виробничі ризики.

Для українських підприємств адаптація цих факторів може стати фундаментом для створення конкурентоспроможного цифрового виробництва, за умови усунення бар'єрів — насамперед, фінансових (вартість ліцензій і впровадження), кадрових (дефіцит інженерів, сертифікованих користувачів CAD/CAM-ПЗ) та організаційних (відсутність системного підходу на рівні державної політики підтримки цифровізації).

Таким чином, міжнародні дані, узагальнені в таблиці 2, дозволяють не лише ідентифікувати масштаби відставання, а й обґрунтувати потребу у цілеспрямованій стратегії розгортання цифрових інженерних платформ в українській промисловості, з урахуванням світових практик, можливостей open-source-інструментів та партнерств із провідними розробниками.

Одним із ключових чинників успішного розвитку високотехнологічних галузей у світі є ефективна інтеграція освіти, науки та виробництва у єдину інноваційну екосистему. Такий трикутник взаємодії дозволяє не лише прискорювати трансфер знань, але й формувати нові моделі співпраці на основі реальних технологічних потреб і можливостей. У країнах

ЄС, США, Південної Кореї та Японії вже десятиліттями активно діють спільні платформи: університети створюють науково-дослідні лабораторії у співпраці з промисловими партнерами, спільно впроваджуються інженерні рішення, ведеться спільна підготовка кадрів із навичками роботи з цифровими інструментами проєктування. На цьому фоні в Україні така інтеграція залишається фрагментарною і недостатньо системною. Сучасні цифрові технології, зокрема: PLM (Product Lifecycle Management) — системи управління життєвим циклом продукції, Digital Twin (цифрові двійники) — віртуальні моделі фізичних об'єктів, які дозволяють проводити симуляції, аналізи та тестування в режимі реального часу, MES (Manufacturing Execution Systems) — системи управління виробничими процесами — поки що лише починають впроваджуватись на обмеженій кількості українських підприємств, переважно великих або іноземних. У вітчизняних ЗВО навчальні програми здебільшого зосереджені на вивченні окремих САПР-платформ (AutoCAD, SolidWorks, Kompas-3D), але відсутня міжгалузева інтеграція з реальними інженерними задачами промислових підприємств. Це ускладнює підготовку фахівців, здатних одразу адаптуватися до сучасного цифрового виробничого середовища.

Також варто відзначити відсутність уніфікованих або національних платформ обміну даними, знаннями, проєктними рішеннями, які б могли забезпечити: обмін 3D-моделями між науковими установами та підприємствами; інтеграцію інженерних CAD/CAE/PDM-рішень у навчальні курси; створення спільних digital-проєктів між студентами, викладачами й інженерами; автоматизовану систему оновлення технічних знань на базі реальних кейсів [3].

У країнах із розвиненим промисловим сектором такі платформи підтримуються державою або великими корпораціями, що дозволяє не лише ефективно готувати кадри, а й пришвидшувати інноваційний цикл — від ідеї до реалізації. На тлі цього в Україні гостро постає потреба у створенні “інженерних хабів” чи “центрів інженерної кооперації”, які об'єднували б університети, дослідницькі установи та виробничі компанії. Приклади таких моделей уже реалізуються точково — зокрема, у формі дуальної освіти, технопарків при ЗВО (наприклад, Sikorsky Challenge), але для масштабного ефекту потрібна координація на рівні державної політики у сфері цифрової трансформації промисловості [1].

Таким чином, розвиток зв'язку “освіта – наука – виробництво” на основі сучасних цифрових інструментів (PLM, digital twin, AD/CAE/CAM платформи) є критично важливим для підвищення конкуренто-спроможності української промисловості, формування інноваційного середовища та підготовки фахівців, які з перших днів після випуску будуть готові працювати в реальному цифровому виробництві.

За останні роки засвідчують зростання активності державних, академічних та міжнародних структур у сфері модернізації інженерної освіти та цифрової трансформації виробничих та освітніх процесів в Україні. Це пов'язано не лише з потребою адаптації до глобальних технологічних трендів, але й із національною потребою створення висококваліфікованого технічного кадрового потенціалу, здатного забезпечити інноваційний розвиток економіки, зокрема промисловості. Зокрема, у грудні 2024 року Кабінет Міністрів України затвердив «Стратегію цифрового розвитку інноваційної діяльності на період до 2030 року». Цей документ визначає ключові напрямки державної політики у сфері інновацій та цифрової трансформації, передбачає операційний план заходів на 2025–2027 роки, та орієнтований на: формування національної інноваційної екосистеми; впровадження цифрових платформ для освіти, науки та виробництва; розвиток міжсекторального трансферу технологій; інтеграцію інструментів, таких як PLM, ERP, цифрові двійники (digital twins) у промислові й освітні середовища[1].

Таким чином, створюється нормативно-правова основа для підтримки ініціатив, які передбачають застосування сучасного інженерного ПЗ, включаючи САПР, CAM та CAE системи, у реальному секторі економіки та в освітньо-науковій сфері. На тлі цього формуються приклади конкретної реалізації таких ініціатив у 2024–2025 роках. Зокрема, Хмельницький національний університет у 2024 році отримав грант від компанії Dassault Systèmes (Франція, США), завдяки якому впроваджено ліцензії для програмного забезпечення SOLIDWORKS: 500 повнофункціональних робочих місць для комп'ютерних класів, 500 індивідуальних ліцензій для студентів і викладачів.

Це дозволяє університету не тільки оновити технічну базу, а й розширити спектр інженерних дисциплін із практичним компонентом, вийти на рівень міжнародних стандартів підготовки фахівців, а також проводити сертифікацію

користувачів через освітній сертифікаційний центр SOLIDWORKS, акредитований у виші. Така інтеграція комерційного інструментарію у вищу освіту є ключовим кроком до наближення навчального процесу до потреб сучасного виробництва. І все ж, державне фінансування залишається недостатнім, а більшість українських університетів не мають можливості самостійно впроваджувати дорогі програмно-апаратні рішення. Без чіткої стратегії підтримки та масштабування подібних ініціатив, навіть найбільш прогресивні проєкти можуть залишитися ізольованими кейсами, що не впливають суттєво на загальний рівень цифрової грамотності інженерної освіти в країні.

Таким чином, попри очевидні позитивні зрушення, національному освітньому та науково-виробничому середовищу необхідна консолідована політика, яка б об'єднала: державне фінансування; іноземну підтримку (гранти, сертифікація, програми академічного обміну); участь промислових кластерів; інституційний супровід цифровізації (наприклад, через центри компетенцій або інжинірингові хаби). Лише в такому випадку можна забезпечити реальну трансформацію інженерної освіти в Україні, наблизити її до викликів цифрової економіки та забезпечити сталий зв'язок з виробничим сектором.

Висновки із дослідження і подальші перспективи в цьому напрямку.

Проведене дослідження дозволяє зробити низку стратегічно важливих висновків щодо стану та перспектив впровадження систем автоматизованого проєктування (САПР) в Україні — зокрема, в освітньому, науковому та виробничому середовищі.

Необхідність стратегічного підходу на державному рівні Україна потребує комплексної національної стратегії цифровізації інженерної освіти та виробництва, з чітко окресленими пріоритетами, індикаторами впровадження та механізмами координації між зацікавленими сторонами. Попри існування окремих ініціатив (наприклад, Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності до 2030 року), наразі бракує цілісної політики, яка б охоплювала весь цикл: від підготовки фахівців до комерційної реалізації цифрових інженерних рішень.

Сучасна освітня модель у сфері технічних спеціальностей має бути адаптована до потреб цифрової промисловості. Необхідно: оновити навчальні плани з урахуванням практичного застосування CAD/CAM/CAE-систем; забезпечити викладачів доступом до актуального ліцензійного

програмного забезпечення; активно впроваджувати міжнародні сертифікаційні програми (наприклад, Autodesk Certified Professional, SolidWorks CSWA/CSWP, Siemens NX Certification тощо); налагодити сталі канали комунікації між ЗВО та промисловими підприємствами, зокрема через дуальну освіту або стажування.

Рівень впровадження САПР у малому та середньому бізнесі України залишається вкрай низьким, що обумовлено високими витратами на програмне забезпечення, відсутністю кваліфікованого персоналу та нестачею технічної підтримки. Для подолання цих бар'єрів держава має: запровадити податкові пільги або субсидії на цифрові трансформації; розробити грантові програми, спрямовані на навчання персоналу та придбання CAD/PDM-рішень; підтримувати використання хмарних та open-source САПР-платформ, доступних навіть при обмежених ресурсах (наприклад, FreeCAD, Onshape, Autodesk Fusion 360 Education).

Ключовою умовою для розвитку цифрової інженерії в Україні є інституціоналізація партнерств між освітніми установами, науковими

центрами та промисловими підприємствами. Це можна реалізувати шляхом: створення галузевих Digital Innovation Hubs (аналогічних європейським DIH); підтримки університетських технологічних парків (на зразок «Sikorsky Challenge»); запуску національної платформи обміну цифровими інженерними рішеннями, яка об'єднає університети, компанії та інвесторів; інтеграції новітніх інструментів — PLM-систем, digital twins, MES — у навчальний і науковий процес.

Позитивні приклади реалізації освітніх грантів (SolidWorks у Хмельницькому національному університеті), запуску нових освітніх програм (Університет Каразіна) та підтримки з боку компаній-розробників CAD-ПЗ демонструють високий потенціал партнерств. Проте для масштабного впливу необхідна координація з боку МОН, Мінекономіки, Мінцифри, а також підтримка з боку міжнародних донорів, таких як EU4DigitalUA, USAID, Horizon Europe тощо[2,3].

Реалізація цих напрямів дозволить створити передумови для формування нової моделі цифрової промисловості, орієнтованої на інновації, ефективність та глобальну інтеграцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кабінет Міністрів України. Стратегія цифрового розвитку інноваційної діяльності на період до 2030 року. Розпорядження КМУ №1351-р від 31.12.2024. <https://zakon.rada.gov.ua/go/1351-2024-p>
2. Хмельницький національний університет. Грантова програма SOLIDWORKS від Dassault Systèmes (2024–2025). [https://khmnu.edu.ua/...](https://khmnu.edu.ua/)
3. Університет імені Каразіна. Освітні програми 2025 року – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка. [https://uepa.karazin.ua/...](https://uepa.karazin.ua/)
4. О. В. Соломка. Застосування систем автоматизованого проектування в галузевому машинобудуванні // ОЖТ: електронне наукове видання ТДАТУ, 2023. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/ozhidzh/article/view/3486>
5. IMARC Group. Computer-Aided Design (CAD) Market Report 2023–2033. <https://www.imarcgroup.com/computer-aided-design-market>
6. Velychko O., Voinova M., et al. New Information Technologies, Simulation and Automation. Monograph. arXiv, 2023. <https://arxiv.org/abs/2306.12834>
7. MarketsandMarkets. CAD Software Market Size & Forecast. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cad-software-market-632.html>
8. ResearchGate. Інтеграція САПР з технологіями 3D-друку: досвід українських інженерів. <https://www.researchgate.net/> (пошук за ключовими словами)
9. European Commission. Digital Innovation Hubs (DIH) Catalogue. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-innovation-hubs>
10. MIT, ETH Zurich, TU Munich. Engineering Education and CAD Integration Reports, 2022–2024. (аналітичні доповіді в межах досліджень цифрової трансформації в освіті).

REFERENCES

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). *Strategy for digital development of innovation activity until 2030* [Stratehiia tsyfrovoho rozvytku innovatsiinoi diialnosti na period do 2030 roku]. <https://zakon.rada.gov.ua/go/1351-2024-p> [in Ukrainian].
2. Khmelnytskyi National University. (2024–2025). *SOLIDWORKS grant program by Dassault Systèmes* [Hrantova prohrama SOLIDWORKS vid Dassault Systèmes]. <https://khmnu.edu.ua/> [in Ukrainian].

3. Karazin University. (2025). *Educational programs 2025 – Automation, computer-integrated technologies and robotics* [Osvitni prohramy 2025 roku – Avtomatyzatsiia, kompiuterno-intehrovani tekhnolohii ta robototekhnika]. <https://uepa.karazin.ua/> [in Ukrainian].
4. Solomka, O. V. (2023). *Application of computer-aided design systems in industrial mechanical engineering* [Zastosuvannia system avtomatyzovanoho proektuvannia v haluzevomu mashynobuduvanni]. *OZHT: Electronic Scientific Journal of TSATU*. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/ozhidzh/article/view/3486> [in Ukrainian].
5. IMARC Group. (2023). *Computer-Aided Design (CAD) Market Report 2023–2033*. <https://www.imarcgroup.com/computer-aided-design-market> [in English].
6. Velychko, O., Voinova, M., et al. (2023). *New information technologies, simulation and automation*. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2306.12834> [in English].
7. MarketsandMarkets. (2024). *CAD software market size & forecast*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cad-software-market-632.html> [in English].
8. ResearchGate. (n.d.). *Integration of CAD with 3D printing technologies: Experience of Ukrainian engineers* [Intehratsiia SAPR z tekhnolohiiamy 3D-druku: dosvid ukrainskykh inzheneriv]. <https://www.researchgate.net/> [in Ukrainian].
9. European Commission. (n.d.). *Digital Innovation Hubs (DIH) Catalogue*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-innovation-hubs> [in English].
10. MIT, ETH Zurich, TU Munich. (2022–2024). *Engineering education and CAD integration reports* [Analitychni dopovidi v mezhakh doslidzhen tsyfrovoi transformatsii v osviti]. [in English].

Отримано 10.08.2025