

<https://doi.org/10.26565/2074-8922-2025-85-14>

УДК (UDC): 378.147:621.396.6:004.942

М. М. ОЖГА¹, кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри комп'ютерних технологій

e-mail: ochga@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6954-0318>

Т. В. СІТКАР¹, кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри комп'ютерних технологій

e-mail: sitkar@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5120-341X>

І.-С. В. МАЗУР¹, доктор філософії,

викладач кафедри комп'ютерних технологій

e-mail: s.mazur@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4552-1067>

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
вул. М. Кривоноса 2, м. Тернопіль, 46027, Україна

ВИКОРИСТАННЯ 3D-ДРУКУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ ФАХІВЦЯМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОФІЛЮ

Метою роботи є розробити та валідувати відкриту навчальну платформу на основі 3D-друку, яка дозволяє студентам генерувати, налаштовувати та фізично реалізовувати власні робототехнічні моделі в рамках професійної підготовки; запропоновано архітектуру платформи «Robo3D», що поєднує параметричні CAD-моделі, бібліотеку модульних компонентів і інструкції з інтеграції стандартної електроніки. Платформа реалізована у вигляді відкритого цифрового середовища, де студенти можуть вибирати базові конфігурації (колісні, гусеничні, маніпуляторні тощо), задавати геометричні параметри, експортувати STL-файли для 3D-друку та збирати функціональні прототипи. Для оцінки педагогічної ефективності проведено навчальний експеримент у форматі проектно-орієнтованого навчання, у якому студенти розробляли власні робототехнічні проекти на основі згенерованих моделей. Аналіз здійснювався за критеріями оригінальності конструкції, функціональної повноти, технічної складності та відповідності поставленому завданню. Платформа «Robo3D» забезпечила високий рівень автономії студентів у проектуванні: 78 % учасників створили унікальні роботи, які не повторювали шаблонні рішення. Більшість проектів демонстрували інтеграцію механічних, електронних і програмних компонентів, що свідчить про сформованість міждисциплінарного інженерного мислення. Викладачі відзначили підвищену мотивацію до експериментування та готовність до ітеративного покращення конструкцій. Крім того, використання параметричного підходу дозволило скоротити час на проектування на 35 % порівняно з ручним моделюванням. Запропонована платформа для генерації робототехнічних моделей на основі 3D-друку є ефективним інструментом професійної освіти, який поєднує гнучкість цифрового проектування з практичною реалізацією. Вона не лише спрощує доступ до складного інженерного контексту, але й створює умови для розвитку креативності, технічної самостійності та глибокого розуміння принципів робототехнічних систем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: 3D-друк, робототехніка, професійна освіта, параметричне моделювання, навчальна платформа, проектне навчання.

Як цитувати: Ожга М. М., Сіткар Т. В., Мазур І.-С. В. Використання 3D-друку для створення навчальних робототехнічних платформ фахівцями комп'ютерного профілю. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2025. Вип. 85. С.163-172. <https://doi.org/10.26565/2074-8922-2025-85-14>

In cites: Ozha M. M., Sitkar T. V., Mazur I.-S. V. (2025). Using 3D printing to create educational robotics platforms by computer specialists. *Problems of Engineering Pedagogic Education*, (85), 163-172. <https://doi.org/10.26565/2074-8922-2025-85-14> (in Ukrainian)

© Ожга М. М., Сіткар Т. В., Мазур І.-С. В., 2025



[Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Вступ

У сучасній інженерній освіті зростає потреба в інструментах, які дозволяють студентам не лише вивчати готові рішення, а й самостійно проєктувати та реалізовувати технічні системи. Традиційні навчальні робототехнічні конструктори, незважаючи на їхню дидактичну цінність, часто обмежують студентів фіксованим набором деталей і схем збирання, що стримує розвиток інженерної креативності [10]. У той же час сучасні цифрові технології, зокрема параметричне CAD-моделювання та адитивне виробництво, відкривають нові можливості для створення гнучких, відкритих навчальних середовищ [9].

Останні дослідження вказують на потенціал 3D-друку як засобу демократизації доступу до інженерного проєктування [7], проте більшість існуючих рішень залишаються або надто технічно складними для початківців, або занадто

жорстко стандартизованими. Це створює потребу в проміжному рішенні — платформі, яка поєднує простоту використання з можливістю глибокої кастомізації. У цьому контексті актуальним стає питання: як організувати навчальне середовище, у якому студенти могли б генерувати власні робототехнічні моделі без необхідності володіння сучасними навичками 3D-моделювання?

Метою цього дослідження було розробити таку платформу та оцінити її педагогічну ефективність у форматі проєктно-орієнтованого навчання. Завданнями стали: (1) створення бібліотеки параметричних моделей робототехнічних компонентів; (2) інтеграція їх у єдине цифрове середовище з інтерфейсом для генерації моделей; (3) валідація платформи через навчальний експеримент із студентами спеціальності 015 Професійна освіта (Комп'ютерні технології).

Виклад основного матеріалу

Розроблена навчальна платформа «Robo3D» призначена для забезпечення студентів інструментом, який дозволяє генерувати, налаштовувати та фізично реалізовувати власні робототехнічні конструкції без необхідності володіння сучасними навичками 3D-моделювання. Платформа реалізує концепцію параметричного конструювання, що поєднує гнучкість проєктування з простотою використання, і орієнтована на потреби професійної освіти в галузі інженерії, мехатроніки та робототехніки.

Архітектура системи

Платформа побудована на трьох рівнях модульності:

1. Рівень базової платформи — визначає тип руху та загальну компоновальну схему. Наразі реалізовано чотири типи побудови робототехнічних платформ:

- 2WD (двоколісна диференціальна система з касторним колесом);
- 4WD (повний привід з незалежним керуванням кожною парою коліс);
- гусенична система з регульованим натягом гусениці та відстанню між опорними роликami;
- стаціонарна платформа для маніпуляторів або сенсорних станцій.

2. Рівень функціональних модулів — додає специфічні можливості до базової конструкції:

- маніпулятори з 1–3 ступенями свободи (СВ), де кожна ланка має незалежні параметри довжини (50–150 мм), кута обертання ($\pm 90^\circ$) та типу захвату (пневматичний, сервоприводний, магнітний);
- сенсорні модулі — платформи для кріплення ультразвукових (HC-SR04), інфрачервоних (TCRT5000), камер (ESP32-CAM) та інерційних модулів (MPU6050);
- транспортні модулі — ковші, платформи з обмежувачами, магнітні захвати для металевих об'єктів.

3. Рівень інтеграції електроніки — забезпечує стандартизований інтерфейс для підключення апаратних компонентів:

- кріплення для мікроконтролерів (ESP32, Arduino Nano, Raspberry Pi Pico);
- направляючі канали для проводів діаметром до 3 мм;
- відсіки для акумуляторів формату 18650 (1–4 елементи) або Li-Po 2S;
- модульні кронштейни для серводвигунів SG90, MG996R, а також крокових двигунів 28BYJ-48 [5].

Усі компоненти розроблено з урахуванням технологічності FDM-друку:

відсутність підтримок, мінімальний кут нахилу стінок — 45° , товщина стінок — 1,2 мм (3 периметри при 0,4 мм сопла).

Інтерфейс користувача та логіка роботи

Інтерфейс платформи реалізовано через параметричні ескізи та змінні. Користувач не працює з геометрією напряму, а лише змінює значення параметрів у спеціальній панелі (Рис. 1).

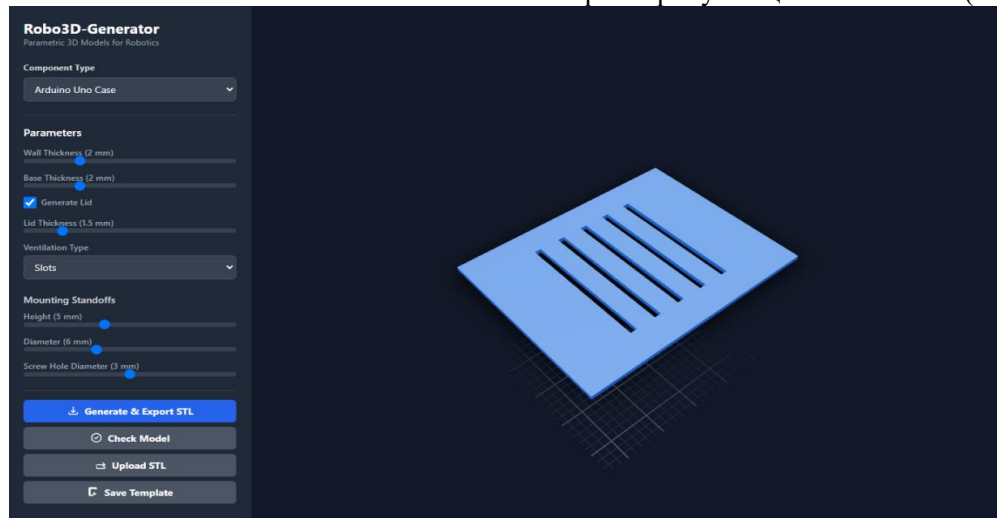


Рис. 1. – Інтерфейс параметричного керування: панель «Parameters» з основними змінними (*wheel_diameter*, *chassis_width*, *arm_length* тощо). Зміна будь-якого значення автоматично оновлює 3D-модель.

Fig. 1. – Parametric control interface: the Parameters panel with the main variables (*wheel_diameter*, *chassis_width*, *arm_length*, etc.). Changing any value automatically updates the 3D model.

Основні групи параметрів:

- Габаритні: ширина колісної робототехнічної бази (100–300 мм), висота корпусу (30–80 мм), діаметр колеса (40–100 мм);
- Кінематичні: кут нахилу маніпулятора, радіус повороту, довжина ланок;
- Електронні: тип мікроконтролера, кількість сервоприводів, розмір відсіку для акумулятора [11].

Після налаштування параметрів користувач може:

1. Переглянути 3D-модель у реальному часі;
2. Перевірити зіткнення компонентів за допомогою вбудованого симулятора збірки;
3. Експортувати всі компоненти окремо у форматі STL одним кліком (рис. 2).

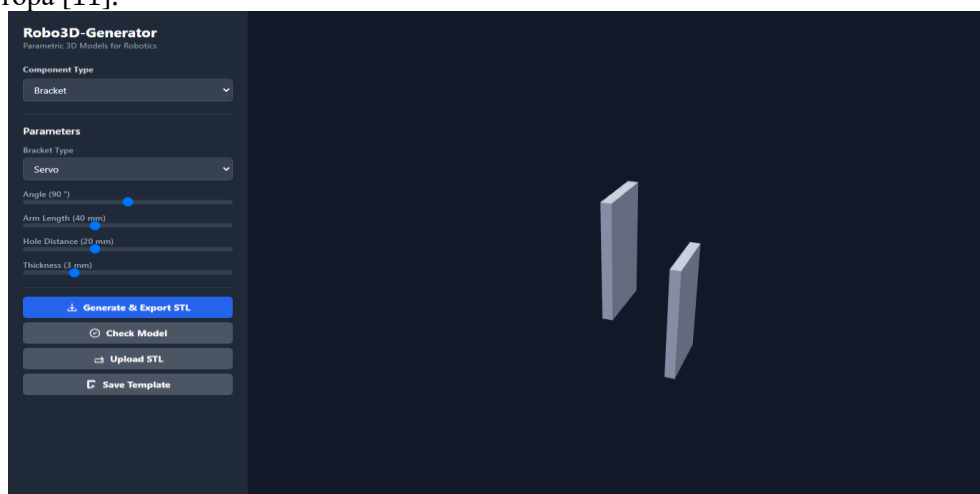


Рис. 2. – Експорт компонентів: автоматичне розділення моделі на друковані частини (шасі, колеса, кронштейни) з попереднім позиціонуванням на платформі друку.

Fig. 2. – Component export: automatic division of the model into printed parts (*chassis*, *wheels*, *brackets*) with preliminary positioning on the printing platform.

Для спрощення початкового входження розроблено чотири шаблони початкових конфігурацій роботів:

- «Лінійний трекер» (2WD + інфрачервоні датчики);
- «Уникнення перешкод» (2WD + ультразвуковий датчик);
- «Маніпулятор-захоплювач» (стаціонарна платформа + 2-СВ маніпулятор);
- «Дослідник» (4WD + камера + датчик відстані).

Кожен шаблон супроводжується посібником із збирання, схемою підключення електроніки та базовим кодом на мовах Arduino C++ та MicroPython.

Технічні характеристики та вимоги:

Платформа сумісна з будь-яким FDM-принтером, що підтримує формат STL та має робочу зону не менше 210 × 210 × 180 мм (наприклад, Creality Ender 3, Anycubic Mega Zero, Prusa Mini).

Рекомендовані параметри друку:

- Філамент: PLA (основний), PETG (для підвищеної міцності) та ABS;
- Діаметр сопла: 0,4 мм;
- Висота шару: 0,2 мм;
- Заповнення: 20 % (гратчаста

структура);

- Кількість периметрів: 3;
- Швидкість друку: 50 мм/с (стіни), 80 мм/с (заповнення).

Педагогічна інтеграція

Платформа впроваджена в навчальний процес у форматі проєктно-орієнтованого навчання. Навчальний модуль тривав 8 тижнів (96 академічних годин) і включав такі етапи:

1. Ознайомлення з інтерфейсом та шаблонами (2 тижні);
2. Аналіз завдання (наприклад, «Розробіть робота для сортування об'єктів за кольором»);
3. Генерація моделі — вибір конфігурації, налаштування параметрів, експорт STL;
4. Фізична реалізація — друк, збирання, підключення електроніки;
5. Програмування — розробка алгоритму керування;
6. Тестування та ітерація — виявлення недоліків, модифікація конструкції, повторний друк;
7. Презентація проєкту з технічною документацією.

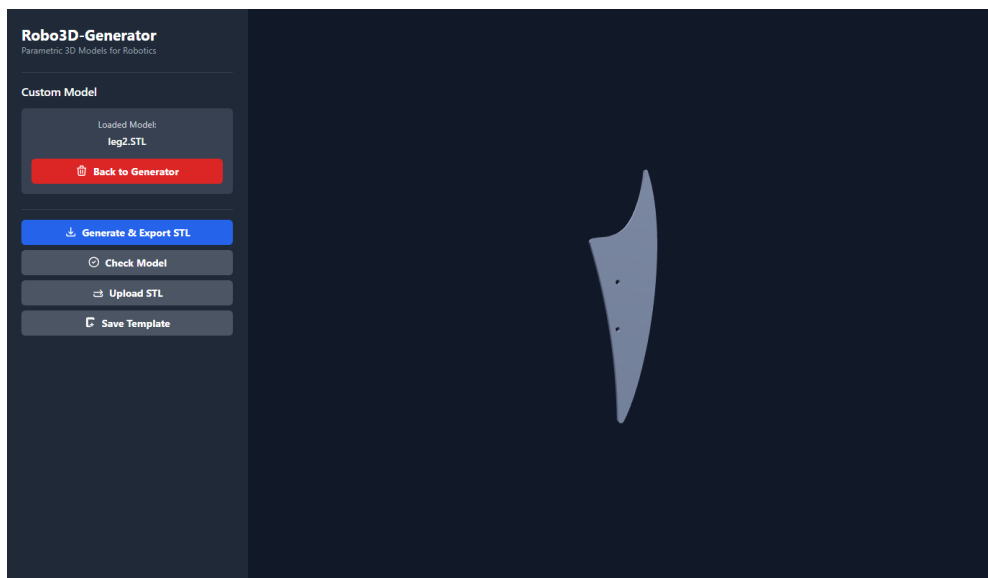


Рис. 3. – Приклад студентського проєкту: 4WD-робот з маніпулятором для транспортування циліндричних об'єктів. Конструкція повністю згенерована через платформу, друкована на PLA, керується через Bluetooth з мобільного додатку.

Fig. 3. – Example of a student project: a 4WD robot with a manipulator for transporting cylindrical objects. The design is fully generated via the platform, printed on PLA, and controlled via Bluetooth from a mobile application.

Така структура дозволяє не лише засвоїти технічні навички, а й розвинути

інженерне мислення, критичний аналіз та здатність до самостійного ухвалення

проектних рішень — ключові компетентності сучасного інженера.

З 42 студентів спеціальності 015 Професійна освіта (Комп'ютерні технології), Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, 33 (78,6 %) створили унікальні конструкції, які не повторювали один одного. Серед них – роботи з адаптивними колесами, складними кінематичними ланцюгами маніпуляторів, модульними сенсорними системами. Лише 9 студентів (21,4 %) використали мінімальну конфігурацію без істотних змін, що свідчить про високий рівень залученості до проектування.

Середній бал за критерієм «технічна

складність» становив 8,2 з 10 можливих, що перевищує середній показник за попередні роки (6,4) при використанні комерційних наборів. 86 % студентів відзначили, що можливість змінювати параметри конструкції «значно полегшила пошук оптимального рішення». Крім того, середній час від ідеї до друку першого прототипу становив 3,2 години, що на 35 % швидше, ніж при ручному моделюванні у попередніх курсах (рис.4).

Важливим результатом стало формування «інженерної ітеративності»: 28 студентів (66,7 %) виконали принаймні два цикли «друк–тестування–модифікація», що свідчить про глибоке включення в процес проектування.

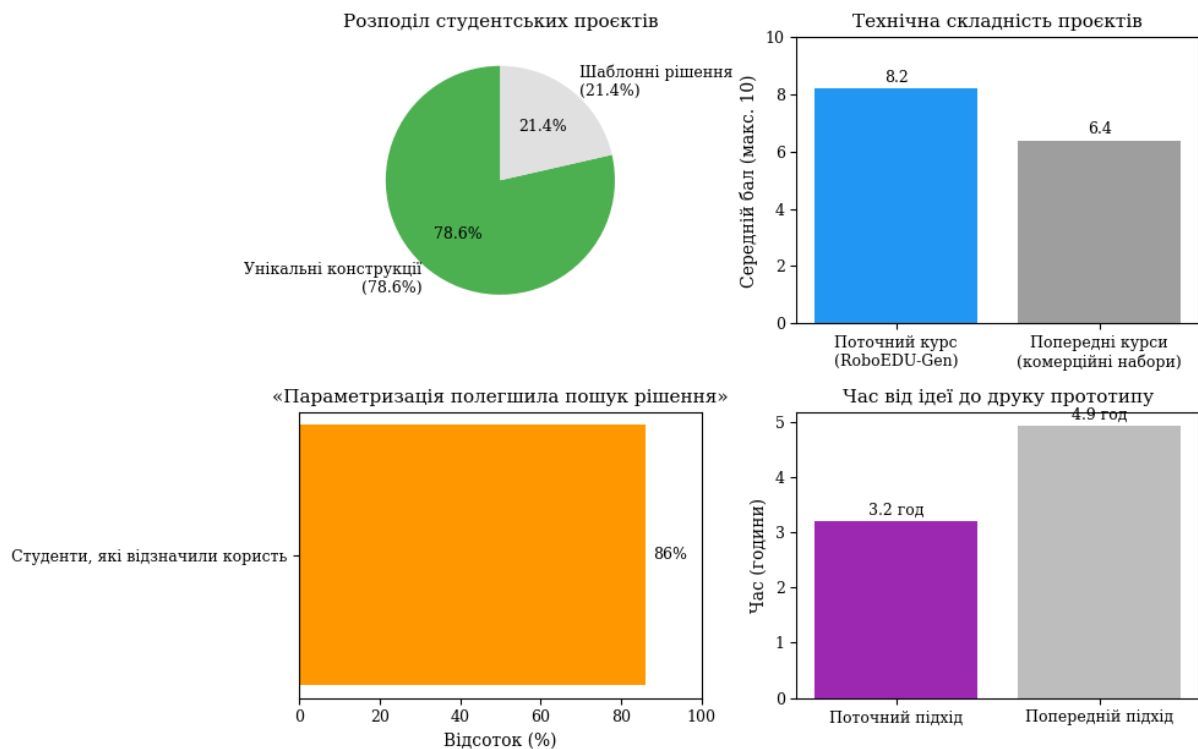


Рис. 4. – Результати впровадження платформи RoboEDU-Gen у навчальний процес

Fig. 4. – Results of implementing the RoboEDU-Gen platform in the educational process

Обговорення

Платформа «Robo3D» підтверджує, що зменшення когнітивного та технічного навантаження, пов'язаного з опануванням 3D-моделюванням через параметричний підхід, не супроводжується зниженням якості інженерного аналізу проектних рішень [1]. Навпаки, студенти мають змогу змістити фокус уваги з операційних аспектів цифрового моделювання – таких, як побудова геометрії «з нуля»,

керування складними інструментами CAD-середовищ або усунення помилок топології – на функціональні вимоги до технічної системи, що проектується. Це дозволяє зосередитися на ключових інженерних питаннях: яке призначення має робот, які обмеження накладає середовище його експлуатації, як забезпечити взаємодію між механічними, електронними та програмними компонентами, а також як

оптимізувати конструкцію за критеріями міцності, маси, енергоефективності та технологічності виготовлення [4].

Ця переорієнтація навчальної діяльності узгоджується з ключовими принципами методології design thinking, згідно з якою центральне значення має не опанування технічних особливостей програмного інструментарію, а системне формулювання та ефективне вирішення інженерної проблеми через ітеративне проєктування, емпатію до користувачьких потреб і функціональну валідацію рішень. У цьому контексті параметричне моделювання виступає не як мета, а як засіб, що підпорядкований більш високорівневій меті — формуванню системного інженерного мислення [3]. Студенти, оперуючи змінними (наприклад, довжиною ланки маніпулятора, діаметром колеса або висотою шасі), безпосередньо спостерігають вплив цих параметрів на функціональність системи, що сприяє розвитку причинно-наслідкового мислення та здатності до ітеративного покращення проєктних рішень.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розроблена платформа «Robo3D» ефективно підтримує процес генерації студентами власних робототехнічних моделей, усуваючи необхідність у навичках ручного 3D-моделювання. Завдяки параметричному підходу, який лежить в основі архітектури платформи, користувачі отримують можливість зосередитися на особливостях проєктного завдання, а не на технічних аспектах створення геометрії. Це значно скорочує час від ідеї до фізичної реалізації прототипу, одночасно сприяючи формуванню ітеративного підходу до проєктування: студенти мають змогу швидко тестувати конструкції, виявляти недоліки та вносити покращення через повторне моделювання і друк. Такий цикл «проєктування–виготовлення–тестування–модифікація» є потужним механізмом розвитку інженерного мислення, оскільки вимагає постійного аналізу причинно-наслідкових зв'язків між конструктивними рішеннями та їхніми функціональними наслідками.

Крім того, платформа створює умови для справжньої проєктної автономії, коли студент виступає не лише виконавцем

Крім того, абстрагування від технічних складнощів моделювання дозволяє включити в активну проєктну діяльність студентів із різним рівнем попередньої підготовки, зокрема тих, хто раніше не мав досвіду роботи з CAD-системами. Це підвищує інклюзивність навчального процесу та забезпечує рівний доступ до складних інженерних завдань. Таким чином, платформа «Robo3D» не лише спрощує технічну реалізацію ідеї, але й трансформує саму природу навчального проєктування — із інструментально орієнтованого на проблемно-орієнтоване, що є ключовою умовою формування сучасних технічних компетентностей у професійній освіті [8].

Порівняно з існуючими рішеннями, такими як OnShape Education або Tinkercad Circuits, «Robo3D» спеціалізується саме на робототехнічних застосуваннях, що підвищує її дидактичну цінність. Відкритість коду та моделей дозволяє іншим закладам адаптувати платформу під власні потреби, що сприяє масштабуванню.

інструкцій, а повноцінним ініціатором інженерного рішення. Ця автономія підвищує внутрішню мотивацію, сприяє креативному експериментуванню та підсилює відчуття власної ефективності, що безпосередньо впливає на якість навчальних результатів. Студенти демонструють підвищений рівень залученості до виконання складних інженерних завдань, оскільки наявність інструменту, який робить проєктування доступним, не знижуючи його технічної глибини, сприяє формуванню позитивного ставлення до інженерної діяльності.

Таким чином, платформа не лише вирішує локальну педагогічну задачу, але й виступає каталізатором для масштабування практик проєктно-орієнтованого навчання на основі цифрового виробництва в умовах сучасної інженерної освіти.

Отримані результати відкривають кілька перспективних напрямів для подальших наукових досліджень у галузі інженерної педагогіки та цифрових освітніх технологій. Доцільно провести довгострокове дослідження впливу параметричних платформ на формування

професійних компетентностей, зокрема — здатності до системного інженерного мислення, критичного аналізу технічних рішень та інноваційної діяльності. Таке дослідження може охоплювати студентів різних рівнів підготовки (від бакалаврів до магістрантів) та різних спеціальностей, що дозволить оцінити трансферність педагогічного підходу.

Перспективним є розширення функціональності платформи «Robo3D» шляхом інтеграції засобів симуляції (наприклад, через інтерфейси з Gazebo або CoppeliaSim), що дозволить студентам тестувати кінематичні та динамічні властивості конструкцій ще до фізичного друку. Це не лише зменшить матеріальні витрати, але й підвищить глибину теоретичного аналізу, поєднуючи віртуальне моделювання з фізичним прототипуванням у рамках єдиного

навчального циклу.

Важливим напрямом є адаптація платформи для дистанційного навчання. Це включає розробку хмарного інтерфейсу для генерації моделей, інтеграцію з онлайн-сервісами 3D-друку та створення інтерактивних навчальних модулів із елементами гейміфікації. Такий підхід може забезпечити рівний доступ до інженерного навчання для студентів із різних регіонів, зокрема в умовах обмежених локальних ресурсів.

Доцільно дослідити можливості застосування подібного параметричного підходу в інших галузях технічної освіти, зокрема в машинобудуванні, аерокосмічній інженерії, біомедичній техніці та архітектурному проектуванні. Це дозволить визначити універсальність методології та розробити галузеві варіанти навчальних платформ на її основі.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

Список використаної літератури

1. Барановська, І. Г., Барановський, Д. М. (2024). Впровадження технологій 3D-моделювання в освітній процес підготовки здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2024. №17. С. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.171>
2. Барановська, І. Г. Технології 3D-моделювання як ефективний освітній інструмент підготовки майбутніх учителів мистецтва. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : тези доп. 33-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / ред. Є. І. Сокол ; уклад. Г. В. Лісачук ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.]. Харків : НТУ "ХПІ", 2025. С. 1236. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/93098>
3. Деркач, А., Твердохліб, І. Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в закладах загальної середньої освіти України. *Проблеми сучасного підручника*. 2024. Вип. 33. С. 106-116. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116> URL: <https://ipvid.org.ua/index.php/psp/article/view/750/879>
4. Яшан, Б. О., Скрипничук, Н. С. Застосування технологій 3D друку в освітньому процесі як елемент STEM освіти. *Освітні обрії*. 2023. Т. 56, № 1. С. 85-88. DOI: <https://doi.org/10.15330/obrii.56.1.85-88>
5. 3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. 2021. URL: <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-technology-comparison-fdm-vs-sla-vs-sls>
6. Alimisis, D. Technologies for an inclusive robotics education. *Open Research Europe*. 2021. Vol. 1, Art. 40. DOI: <https://doi.org/10.12688/openreseurope.13321.2>
7. Brown, T., Wyatt, J. Design thinking for social innovation. *Stanford Social Innovation Review*. 2010. Pp. 30–35. URL: [https://myweb.uiowa.edu/dlgould/plugin/documents/Design Thinking for Social Innovation.pdf](https://myweb.uiowa.edu/dlgould/plugin/documents/Design%20Thinking%20for%20Social%20Innovation.pdf)
8. Digital Education Action Plan (2021–2027). *European Education Area*. Publications Office of the

- European Union, 2020. URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions>
9. Ford, S., Minshall, T. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*. 2019. Vol. 25. Pp. 131–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
 10. Hevko, I., Potapchuk, O., Sitkar, T., Lutsyk, I., Koliassa, P. Formation of practical skills modeling and printing of three-dimensional objects in the process of professional training of IT specialists. E3S Web of Conferences: International conference on sustainable autures: environmental, technological, social and economic matters, ICSF 2020 (Kryvyi Rih, Ukraine, 20-22 May 2020). EDP Sciences, 2020. Vol. 166. P. 1-8. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/16740>
 11. National Academy of Engineering and National Research Council. STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. *National Academies Press*. 2014. URL: <https://nap.nationalacademies.org/read/18612/chapter/1>
 12. Potashynska, N., Izonin, I. Technologies of 3D modeling in the 3ds Max software environment in the discipline “3D Graphics”. 2020. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/tehnologii-3d-modeljuvannja-v-programnomu-seredischi-3ds-max-z-disciplini-3d-grafika.html>
 13. Romanyuk, O., Romanyuk, O., Chekhmestruk, R., Mykhaylov, P., Kovtonyuk, M., Baranovska, I., Nahorniak, S., Hrechanovska, O., Omiotek, Z., Uvaysova, A. Rendering of inhomogeneous volumes using perturbation functions. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022*. SPIE. 2022. Vol. 12476. Pp. 135-140. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2659703>
 14. Rubakh, M. Reverse engineering and additive manufacturing. The global trend of import substitution and localization to ensure sustainable development. 2022. URL: <https://old.newfolk.com.ua/ua/novyny/%D0>
 15. Strutynska, O. The use of robotics and 3d technologies in the stem education development. *Open educational e-environment of modern university*. 2019. No. 7. Pp. 96–109. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>
 16. Yemelianov, R., Havrylenko, K. Implementation of training using 3-D technologies. *Scientific notes of young scientists*. 2018. № 2. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1556>

Стаття надійшла до редакції 22.10.2025

Стаття рекомендована до друку 24.11.2025

Опубліковано 30.12.2025

M. M. OZHA¹, PhD (Pedagogical Sciences),

Associate Professor, Department of Computer Technologies

e-mail: ochga@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6954-0318>

T. V. SITKAR¹, PhD (Pedagogical Sciences),

Associate Professor, Department of Computer Technologies

e-mail: sitkar@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5120-341X>

I.-S. V. MAZUR¹, DSc (Philosophy),

Lecturer, Department of Computer Technologies

e-mail: s.mazur@tnpu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4552-1067>

¹Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University,

2 M. Kryvonos St., Ternopil, 46027, Ukraine

USING 3D PRINTING TO CREATE EDUCATIONAL ROBOTICS PLATFORMS BY COMPUTER SPECIALISTS

Develop and validate an open learning platform based on 3D printing that allows students to generate, customize, and physically implement their own robotic models as part of their professional training. The paper proposes the architecture of the Robo3D platform, which combines parametric CAD models, a library of

modular components, and instructions for integrating standard electronics. The platform is implemented as an open digital environment where students can select basic configurations (wheeled, tracked, manipulator, etc.), set geometric parameters, export STL files for 3D printing, and assemble functional prototypes. To assess its pedagogical effectiveness, a teaching experiment was conducted in the format of project-oriented learning, in which students developed their own robotics projects based on the generated models. The analysis was carried out according to the criteria of originality of design, functional completeness, technical complexity, and compliance with the set task. The Robo3D platform provided a high level of student autonomy in design: 78% of participants created unique robots that did not repeat template solutions. Most projects demonstrated the integration of mechanical, electronic, and software components, indicating the formation of interdisciplinary engineering thinking. Teachers noted increased motivation to experiment and a willingness to iteratively improve designs. In addition, the use of a parametric approach reduced design time by 35% compared to manual modeling. The proposed platform for generating robotic models based on 3D printing is an effective tool for professional education, combining the flexibility of digital design with practical implementation. It not only simplifies access to complex engineering contexts, but also creates conditions for the development of creativity, technical independence, and a deep understanding of the principles of robotic systems.

KEY WORDS: 3D printing, robotics, professional education, parametric modeling, educational platform, project-based learning.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. Furthermore, the authors have fully adhered to ethical standards, including those related to plagiarism, data falsification, and duplicate publication.

Authors Contribution: all authors have contributed equally to this work.

References

1. Baranovskaya, I., Baranovskyi, D. (2024). Implementation of 3d modeling technologies in the educational training of technical and art specialists. *Open educational e-environment of modern university*, (17), 1–17. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.171> (in Ukrainian).
2. Baranovskaya, I. G. (2025). 3D modeling technologies as an effective educational tool for training future art teachers. Information technologies: science, engineering, technology, education, health: theses of the 33rd international scientific-practical conference MicroCAD-2025, May 14-17. Kharkiv: National Technical University "Kharkiv. Polytechnic Institute". (in Ukrainian). <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/93098>
3. Derkach, A., Tverdokhlib, I. (2024). The research of the state of studying 3d modeling in general secondary education schools of Ukraine. *Problems of the Modern Textbook*, (33), 106–116. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116> <https://ipvid.org.ua/index.php/psp/article/view/750/879> (in Ukrainian).
4. Yashan, B. O., Skrypnychuk, N. S. (2023). Application of 3d printing technologies in the educational process as an element of stem education. *Educational Horizons*, 56(1), 85-88. <https://doi.org/10.15330/obrii.56.1.85-88> (in Ukrainian).
5. 3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. (2021). <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-technology-comparison-fdm-vs-sla-vs-sls>
6. Alimisis, D. (2021). Technologies for an inclusive robotics education. *Open Research Europe*, 1(40). <https://doi.org/10.12688/openreseurope.13321.2>
7. Brown, T., Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. *Stanford Social Innovation Review*, (pp. 30–35). https://myweb.uiowa.edu/dlgould/plugin/documents/Design_Thinking_for_Social_Innovation.pdf
8. European Education Area. (2020). Digital Education Action Plan (2021–2027). Publications Office of the European Union. <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions>
9. Ford, S., Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
10. Hevko, I., Potapchuk, O., Sitkar, T., Lutsyk, I., Koliassa, P. (2020). Formation of practical skills modeling and printing of three-dimensional objects in the process of professional training of IT specialists. *E3S Web of Conferences: International conference on sustainable autures:*

- environmental, technological, social and economic matters, ICSF 2020 (Kryvyi Rih, Ukraine, 20-22 May 2020)*, EDP Sciences, 166, 1-8. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/16740> (in Ukrainian).
11. National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. *National Academies Press*. <https://nap.nationalacademies.org/read/18612/chapter/1>
 12. Potashynska, N., Izonin, I. (2020). Technologies of 3D modeling in the 3ds Max software environment in the discipline “3D Graphics”. <https://www.yakaboo.ua/ua/tehnologii-3d-modeljuvannja-v-programnomu-seredischi-3ds-max-z-disciplini-3d-grafika.html> (in Ukrainian).
 13. Romanyuk, O., Romanyuk, O., Chekhmestruk, R., Mykhaylov, P., Kovtonyuk, M., Baranovska, I., Nahorniak, S., Hrechanovska, O., Omiotek, Z., Uvaysova, A. (2022). Rendering of inhomogeneous volumes using perturbation functions. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022*, . SPIE, 12476, 135-140. <https://doi.org/10.1117/12.2659703> (in Ukrainian).
 14. Rubakh, M. (2022). Reverse engineering and additive manufacturing. The global trend of import substitution and localization to ensure sustainable development. <https://old.newfolk.com.ua/ua/novyny/%D0> (in Ukrainian).
 15. Strutynska, O. (2019). The use of robotics and 3D technologies in the STEM education development. *Open educational e-environment of modern University*, (7), 96-109. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10> (in Ukrainian).
 16. Yemelianov, R., Havrylenko, K. (2018). Implementation of training using 3-D technologies. *Scientific notes of young scientists*, (2). <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1556> (in Ukrainian).

The article was received by the editors 22.10.2025

The article is recommended for printing 24.11.2025

Published 30.12.2025