



Наукові перспективи
Видавнича група

№ 9 (37)

2024

НАУКА і ТЕХНІКА

серія: *право*, серія: *економіка*, серія: *педагогіка*,
серія: *техніка*, серія: *фізико-математичні науки*

СЬОГОДНІ



З Україною

в серці!



Видавнича група «Наукові перспективи»

**Громадська наукова організація «Всеукраїнська Асамблея
докторів наук із державного управління»**

Громадська організація «Асоціація науковців України»

«Наука і техніка сьогодні»

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

Випуск № 9(37) 2024

Київ – 2024

Publishing Group «Scientific Perspectives»

**Public Scientific Organization «Ukrainian Assembly of
Doctors of Sciences in Public Administration»**

Public organization «Association of Scientists of Ukraine»

"Science and technology today"

***("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series,
"Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)***

Issue № 9(37) 2024

Kiev – 2024



**«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право»,
Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»):
журнал. 2024. № 9(37) 2024. С. 992**



*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320 журналу
присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки (спеціальності – 015 -
Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу
присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно
категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)*

*Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та
соціології Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), громадської організації «Християнська
академія педагогічних наук України» та громадської організації «Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з
духовно-морального виховання»*

*Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління
(Рішення від 24.09.2024, № 8/9-24)*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index
Copernicus (IC), міжнародної пошукової системи Google Scholar та до
міжнародної наукометричної бази даних Research Bible

Головний редактор: Сопілко Ірина Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Відмінник
освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих вчених, Лауреат Премії Верховної
Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень
та науково-технічних розробок, академік Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист
України (Київ, Україна)

Редакційна колегія:

- Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Волк Павло Павлович — доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дачій Олександр Іванович - доктор економічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, завідувач кафедри фінансів, банківської та страхової справи Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Дівізінюк Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)
- Ільїн Валерій Юрійович - доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
- Ільїна Анастасія Олександрівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління і адміністрування Національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна)
- Кардаш Оксана Любомирівна — кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
- Квасніков Володимир Павлович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Коваленко Валентин Васильович - доктор юридичних наук, професор, провідний науковий співробітник сектору авторського права та суміжних прав лабораторії авторського права та інформаційних технологій Науково-дослідного центру судової експертизи з питань інтелектуальної власності Міністерства юстиції України (Київ, Україна)
- Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)

Парахненко В.Г., Кисельов Ю.О., Рудий Р.М. <i>ВПЛИВ ІНВАЗІЙНИХ РОСЛИН НА ТОЧНІСТЬ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІ- РЮВАНЬ</i>	742
Парахненко В.Г., Гончарук В.В., Кирпичова І.В., Березенко К.С. <i>ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ЖИВИХ СИСТЕМ У БІОЦЕНОЗАХ</i>	754
Пилипенко В.І., Стаценко В.В. <i>ВИКОРИСТАННЯ ДВОРІВНЕВОГО МЕТОДУ СТЕКОВОГО АНСАМБЛЮ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ УСПІШНОСТІ</i>	763
Повхан І.Ф., Сароз В.Я., Легеза А.В. <i>ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ONLINE НАВЧАННЯ</i>	775
Поплавський О.А. <i>МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ</i>	797
Руденко Ю.О., Агаджанова С.В., Агаджанов-Гонсалес К.Х., Баталова А.Б., Вьюненко О.Б. <i>АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В РАМКАХ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК</i>	808
Семенчук К.Л. <i>УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ</i>	817
Сікора Я.Б. <i>МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕЧІТКОСТІ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ</i>	832
Слісаренко Р.В., Дейнеко Ж.В. <i>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ З УРАХУВАННЯМ ЗАСОБІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ</i>	842
Стожок О.О., Козяр М.М., Товт Б.М. <i>ВИКОРИСТАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ІЗ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ</i>	855
Столярчук І.Д., Гарбич-Мошора О.Р., Карпин Д.С., Карпин А.В., Юзефович Н.І. <i>ІНТЕРАКТИВНИЙ ГІД ДЛЯ РИБОЛОВЛІ З СУЧАСНИМИ ТЕХНОЛО- ГІЯМИ І РЕАБІЛІТАЦІЙНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ</i>	878

УДК 004.92:378.147:621.9

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9\(37\)-855-877](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9(37)-855-877)

Стожок Олександр Олегович спеціаліст з механічної інженерії, керівник, CARSTO AUTO SALES LLC, Джексонвілл, Флорида, США, <https://orcid.org/0009-0002-9164-7418>

Козяр Микола Миколайович доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, <https://orcid.org/0000-0002-1074-886X>

Товт Богдан Миколайович кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін, Інженерно-технологічний факультет, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, <https://orcid.org/0009-0000-7670-8898>

ВИКОРИСТАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ІЗ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Анотація. Професійна підготовка фахівців галузі знань 13 Механічна інженерія у закладах вищої освіти України передбачає вивчення ряду дисциплін, спрямованих на формування графічної компетентності студентів. Сучасний стрімкий розвиток технологій та їхнє застосування у промисловості обумовлює залучення до начального процесу, крім засобів розвитку графічної компетентності, ще й інформаційно-технологічних засобів для удосконалення процесу набуття зазначеної компетентності та забезпечення її відповідності сучасному рівню технологічного розвитку. Для реалізації можливостей розробки та виготовлення товарів високої якості, принципово нових конструкцій з одночасним забезпеченням найкоротших термінів реалізації, необхідно навчити фахівців з механічної інженерії використовувати найновіші технології та алгоритми розробки і проектування об'єктів, якими є технології 3D-моделювання та адитивні технології.

У цій роботі, спираючись на освітні та навчальні програми, підручники, конспекти лекцій та методичних рекомендацій до проведення лабораторних робіт, видані різними закладами вищої освіти України, ми проаналізували сучасний рівень забезпечення формування у здобувачів освіти графічної грамотності, а саме навичок та умінь 3D-моделювання.

Освітніми програмами передбачено різну кількість годин на опанування графічної компетентності та математичних засад моделювання для здобувачів

освіти за спеціальностями в межах галузі знань 13 Механічна інженерія: у межах спеціальності 131 Прикладна механіка на рівні «Бакалавр» кількість годин коливається від 7% до 25%. При цьому здобувачі опановують графічну компетентність у межах загальноінженерних дисциплін: інженерна графіка та комп'ютерна графіка. У процесі вивчення математичних дисциплін здобувачі набувають знань з математичних основ моделювання, а в процесі вивчення спеціальних інженерних дисциплін майбутні фахівці отримують знання та навички з каркасного, поверхневого, твердотільного та небагатообразного 3D-моделювання, текстурування, освітлення, анімації та візуалізації або рендеренгу.

Незалежно від конкретної освітньої програми дисципліни з вивчення 3D-моделювання перш за все сприяють розвитку просторового, абстрактного і творчого мислення, а також розвитку навичок моделювання та його використання для вирішення конкретних інженерних задач.

Ключові слова: графічна компетентність, тривимірне моделювання, засоби автоматизованого проєктування, вища освіта, інженерні задачі.

Stozhok Oleksandr Olegovych Mechanical Engineer, CEO, CARSTO AUTO SALES LLC, Jacksonville, FL, USA, <https://orcid.org/0009-0002-9164-7418>

Koziar Mykola Mykolayovych Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Mechanics, Engineering Graphics, and Mechanical Engineering, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, <https://orcid.org/0000-0002-1074-886X>

Tovt Bohdan Mykolayovych PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, <https://orcid.org/0009-0000-7670-8898>

USE OF 3D MODELING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF MECHANICAL ENGINEERS

Abstract. The professional training of specialists in the field of knowledge 13 Mechanical Engineering in higher education institutions of Ukraine involves the study of a number of disciplines aimed at developing students' graphic competence. The current rapid development of technologies and their application in industry necessitates the involvement in the initial process, in addition to the means of developing graphic competence, also information technology tools to improve the process of acquiring this competence and ensure its compliance with the current level of technological development. In order to realise the possibilities of developing

and manufacturing high quality goods, fundamentally new designs while ensuring the shortest possible implementation time, it is necessary to teach mechanical engineering specialists to use the latest technologies and algorithms for the development and design of objects, such as 3D modelling and additive technologies.

In this paper, based on educational and training programmes, textbooks, lecture notes, and guidelines for laboratory work issued by various higher education institutions in Ukraine, we have analysed the current level of graphic literacy, namely 3D modelling skills and abilities, among students.

Educational programmes provide for a different number of hours for mastering graphic competence and mathematical foundations of modelling for students in the specialties within the field of knowledge 13 Mechanical Engineering: within the speciality 131 Applied Mechanics at the Bachelor's level, the number of hours varies from 7% to 25%. At the same time, applicants acquire graphic competence within the general engineering disciplines: engineering graphics and computer graphics. In the process of studying mathematical disciplines, students acquire knowledge of the mathematical foundations of modelling, and in the process of studying special engineering disciplines, future specialists acquire knowledge and skills in wireframe, surface, solid and non-multi-dimensional 3D modelling, texturing, lighting, animation and visualisation or rendering.

Regardless of the specific educational programme, 3D modelling disciplines primarily contribute to the development of spatial, abstract and creative thinking, as well as the development of modelling skills and its use to solve specific engineering problems.

Keywords: graphic competence, three-dimensional modelling, computer-aided design, higher education, engineering tasks.

Постановка проблеми. Вимоги, пов'язані із сучасним рівнем розвитку суспільства та технологій, вимагають принципово нових, якісних підходів у викладанні інженерних дисциплін у закладах вищої освіти (ЗВО) для фахівців з механічної інженерії. Світ техніки та технологій є галуззю, яка зазнає постійних змін. Так, для забезпечення можливостей розробки та виготовлення товарів високої якості та принципово нових конструкцій у сфері інженерії, з одночасним забезпеченням найкоротших термінів реалізації необхідно використовувати найновіші технології та алгоритми розробки та проектування об'єктів. Такими новітніми технологіями сьогодні є адитивні 3D-моделювання. Тому професійна інженерна підготовка фахівців у ЗВО України набула абсолютно нового змісту. Постійне підвищення професійного рівня випускників, а також формування та удосконалення графічної компетентності стало новою нормою як для здобувачів освіти, так і для самих ЗВО. Тому для ЗВО України актуальною задачею стало створення освітніх програм для вивчення адитивних технологій та 3D-моделювання, постійне їх оновлення

відносно розвитку цих технологій та введення нових дисциплін, а також перепідготовка інженерних кадрів для забезпечення відповідності їхніх компетенцій сучасним технологічним викликам [1, 2]. Галузь знань 13 Механічна інженерія охоплює шість спеціальностей, за якими навчаються здобувачі освіти в Україні: 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 135 Суднобудування та 136 Металургія. Сьогодні 73 ЗВО України пропонують можливість здобуття вищої освіти в галузі знань Механічна інженерія, з найбільшою кількістю закладів у Києві та Київській і Дніпропетровській областях. Здобуття вищої освіти за спеціальністю 131 Прикладна механіка пропонують 43 ЗВО, за спеціальністю 132 Матеріалознавство – 21, 133 Галузеве машинобудування – 56, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка – 6, 135 Суднобудування – тільки 1 ЗВО і за спеціальністю 136 Металургія – 13 ЗВО.

Географічна репрезентації ЗВО, які пропонують здобуття вищої освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія, за інформацією Довідника навчальних закладів (веб-сторінка Довідника: <https://abiturients.info/>) представлена на Рис. 1 нижче.



Рис. 1 Географічна репрезентація ЗВО, які пропонують здобуття вищої освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія

Джерело: власний аналіз авторів на основі довідника навчальних закладів <https://abiturients.info/uk>

Традиційно, суть здобуття вищої інженерної освіти полягає перш за все у формуванні у здобувачів особливої структури інженерного мислення, що передбачає самостійність та уміння аналізувати та бази знань із цілого ряду вузькоспеціальних дисциплін, додатково до загальноінженерних компетенцій

та навичок. Зокрема процес вивчення графічних дисциплін, які включають вивчення 2D та 3D-проектування формує у майбутніх фахівців ряд вкрай важливих загальних та професійних інженерних компетенцій, а саме здатність до абстрактного мислення, до застосування набутих знань для вирішення теоретичних та практичних задач, до грамотного пошуку, обробки та аналізу інформації. Крім того, професійна підготовка здобувачів включає оволодіння уміннями та навичками роботи з цифровими засобами проектування та знання іноземних мов, щонайменше англійської. Рівень графічної підготовки випускників спеціальностей в межах галузі знань 13 Механічна інженерія перш за все залежить від ступеня опанування ними здатності до просторового, логічного та творчого мислення, а також рівня технічних знань [2].

Із цієї причини парадигма графічної підготовки здобувачів освіти у галузі знань 13 Механічна інженерія полягає, крім іншого, у цілеспрямованій інтеграції комп'ютерної графіки та засобів автоматизованого проектування (САПР) в процес викладання та опанування графічних дисциплін для забезпечення відповідності рівня професійної підготовки викликам сучасного рівня розвитку промисловості, а також розвитку логічного, просторового і творчого мислення, покращення наочності навчального процесу, розвитку мовних навичок [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пул наукових робіт безперервно поповнюється доробками вітчизняних науковців не лише у сфері викладання графічних та інженерних дисциплін для здобувачів освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія, але і в галузі дослідження перспектив та практики упровадження 3D-технологій в освітній процес та різні сфери майбутньої компетенції інженерів.

Питання графічної підготовки висвітлюють:

М. М. Козяр, який досліджував теоретичні основи графічної підготовки інженерів, які навчаються за технічними спеціальностями, основоположні засади формування професійної та графічної компетентності, критерії та способи оцінювання професійної та графічної компетентності [4];

Г. Райковська, яка займається питаннями теоретико-методичних засад набуття графічної компетентності розвитку технічного мислення у закладах вищої освіти за допомогою інформаційних та комп'ютерних технологій [5-18];

Бойко В. А., який у своїх працях досліджував та розробляв методики викладання інженерної графіки з елементами 3D моделювання для інженерів механічних спеціальностей [9];

Головня В. Д., який досліджував процеси розвитку графічної компетентності під час вивчення конструювання комп'ютерними засобами з елементами 3D моделювання [10];

Юсупова М., яка висвітлює питання застосування 3D моделювання при вивченні здобувачами освіти нарисної геометрії [11];

О. Джеджула, яка досліджує теоретико-методологічні засади розвитку та формування графічної компетентності в цілому (в мирний час) [12, 13], і особливо набуття графічної компетентності здобувачами освіти в кризові періоди існування країни з педагогічної точки зору [14, 15];

Питання формування критеріїв готовності до професійної діяльності та формування графічної компетентності у педагогів висвітлюють І. Нищак, який досліджує розвиток графічної компетентності у педагогів та вчителів [16-17]; Л. Козак досліджує критерії готовності до професійної діяльності майбутніх педагогів та розвиток їхніх компетенцій у сфері застосування інформаційних та комп'ютерних технологій [18-19];

Питання застосування 3D-технологій у процесі формування графічної компетентності висвітлює Ю. Фещук, праці якого присвячені різним аспектам розвитку просторового мислення, зокрема за допомогою комп'ютерних технологій та 3D-моделювання, причому як для педагогів, так і для здобувачів освіти [20-22].

Питання упровадження 3D-технологій висвітлює О. Струтинська, яка досліджує аспекти застосування робототехніки в освітньому процесі та проблему неадекватності графічної підготовки в закладах середньої освіти [23-25], проте її роботи переважно сконцентровані на шкільній освіті. Узагальнюючи роботи вищенаведених авторів, формування професійної компетентності є актуальною науковою проблемою, яку досліджують як у контексті аспектів викладання графічних дисциплін, особливо із залученням новітніх технологій, так і у контексті вивчення графічних дисциплін та застосування комп'ютерних, зокрема 3D-технологій в освітньому процесі. Аспекти застосування 3D-технологій потребують подальшого дослідження саме в частині розвитку професійних навичок у здобувачів інженерної освіти, оскільки, як показують наведені вище наукові публікації, здобувачі вищої освіти галузі знань 13 Механічна інженерія повинні володіти комбінацією фундаментальної проєктно-конструкторської компетентності разом зі здатністю до активної самостійної роботи, направленої на постійний та неперервний саморозвиток власних професійних компетенцій [1, 7].

Мета статті. Дослідження використання 3D-моделювання у підготовці фахівців з механічної інженерії можна розглянути у трьох аспектах: перший стосується використання 3D-моделювання як засобу для навчання, тобто засобу для забезпечення наочності освітнього процесу фахівців з механічної інженерії; другий – стосується навчання та застосування 3D-моделювання як об'єкта вивчення, тобто складової конкретних інженерних дисциплін, третій стосується використання 3D-моделювання як інструменту пізнання. У цій статті ми досліджуємо другий аспект: використання 3D-моделювання як об'єкта вивчення при підготовці фахівців із механічної інженерії з метою оцінити сучасний стан опанування 3D-моделювання, набір навичок та

компетенцій, які набувають здобувачі вищої освіти при вивченні 3D-моделюванням та обсяг конкретних знань.

Виклад основного матеріалу. Незважаючи на те, що сучасна молодь при вступі до закладу вищої освіти вже має певний рівень комп'ютерної грамотності та досвід взаємодії з інноваційними технологіями, на шляху здобуття вищої інженерної освіти здобувачі стикаються з рядом проблем, першою із яких є недостатня графічна підготовка здобувачів перших курсів, що виявляється у відсутності навичок виконання графічних робіт, недостатньому володінні знаннями з курсу геометрії та недостатньо розвиненим просторовим мисленням, тобто багатьма навичками, які потрібні для успішного опанування 3D-моделюванням для інженерних цілей. Тому здобувачі освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія вивчають такі графічні дисципліни, які можна узагальнено назвати інженерною графікою та комп'ютерною графікою. Процес опанування 3D-моделювання починається із вивчення нарисної геометрії, тобто теоретичних основ геометричного моделювання, та функціоналу засобів автоматизованого проектування (САПР) і закінчується опануванням усіх необхідних знань та умінь для створення 3D-моделей об'єкта та його складових, а також супровідних креслень і специфікацій [26].

Аналіз ряду навчальних програм, підручників, конспектів лекцій та методичних рекомендацій до проведення лабораторних робіт, виданих різними ЗВО України для опанування 3D-моделювання показує, що для фахівців усіх спеціальностей в рамках галузі знань 13 Механічна інженерія вивчення 3D-моделювання має на меті набуття таких загальних компетенцій, як здатність до абстрактного, просторового, логічного та творчого мислення, здатність до аналізу і синтезу, адаптації до нових ситуацій, задач та викликів, а також до використання інформаційних та комунікаційних технологій та грамотного висловлення та формулювання думок. Крім того, в останні роки принципи навчання графічних дисциплін фокусуються на принципі компетентності, тобто набутті навичок навчання протягом усього життя та роботи в колективі, поглибленої роботи у вузькій галузі та нестандартних ситуаціях, роботи на основі власного досвіду та аналізу задачі.

Щодо конкретних фахових компетенцій, то акцент робиться на опануванні навичок застосування специфічних відповідних типів об'ємного моделювання для задач конкретних спеціальностей у межах галузі знань, а також навичок застосування фундаментальних математичних та фізичних методів моделювання для створення об'ємних моделей, програмного забезпечення для об'ємного моделювання, а також алгоритмів виготовлення об'єктів на основі моделей та відповідних програм для їх виготовлення. Крім того, фахові компетенції включають здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання для створення нових матеріалів й удосконалення вже наявних, знання про технології їхнього виробництва;

дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.

Набуття фахових компетенцій майбутніми інженерами у 3D-моделюванні дає їм необмежені можливості застосування цих знань, умінь та навичок, оскільки воно широко використовується у найрізноманітніших галузях промисловості, зокрема у машинобудуванні для моделювання деталей машин та агрегатів або цілого об'єкту, а також спосіб його виготовлення. Створення тривимірної моделі дає змогу майбутнім фахівцям оцінити та протестувати виріб, зокрема на зручність та естетичну привабливість, ще на етапі існування моделі, навіть ще до виробництва найпершого прототипу. Сучасні засоби 3D-моделювання дозволяють майбутнім фахівцям з механічної інженерії отримувати тривимірні моделі, що є максимально реалістичними, деталізованими та візуально наближеними до кінцевого виробу, а також надають можливості вносити необхідні зміни, наприклад, підбирати оптимальний тип поверхні, розміри та деталізацію ще на етапі створення моделі. Таким чином, 3D-моделювання значно економить часові та трудові ресурси фахівців для створення кінцевого виробу та способу його виготовлення як в процесі навчання, так і в подальшій професійній діяльності [26, 27].

Упровадження 3D-моделювання у сфері промисловості інженерного напрямлення тісно пов'язане із використання технологій 3D-друку, які, аналогічно 3D-моделюванню, дозволяють інженерам отримувати, оцінювати та тестувати прототипи до початку серійного виробництва; створювати принципово нові, унікальні тривимірні об'єкти з новими наборами властивостей найвищого рівня складності з конструкторської точки зору; виготовляти тривимірні вироби, які є вже готовими до використання; а також усунути «людський фактор», знизити собівартість виробів та суттєво збільшити точність виготовлення об'єктів. У галузі машинобудування 3D-друк дозволяє створювати повноцінні моделі машин та агрегатів з усіма необхідними механічними вузлами [1].

Здобувачі освіти за спеціальностями у межах галузь знань 13 Механічна інженерія опановують теорію та практику 3D-моделювання як на освітньо-кваліфікаційному рівні «Бакалавр», так і на освітньо-кваліфікаційному рівні «Магістр».

У таблиці 1 наведено порівняння кількості кредитів ЄКТС, що надаються на розвиток графічної компетентності студентів, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», які навчаються за спеціальністю 131 Прикладна механіка в межах галузь знань 13 Механічна інженерія. Для здійснення порівняння було відібрано освітні програми Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» та дисципліни, вивчення яких включає розвиток графічної компетентності, тобто

інженерна і комп'ютерна графіка, дисципліни з проєктування, конструювання та моделювання [28-33].

Таблиця 1.

Порівняння кількості годин, що надаються на розвиток графічної компетентності студентів у межах галузь знань 13 Механічна інженерія

Освітня програма	Дисципліна	Кількість кредитів ЄКТС
Теорія машинобудування	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Основи комп'ютерного проєктування	4,0
	Проєктування технологічних процесів	19,0
	Програмування верстатів	4,0
Технологія виробництва літальних апаратів	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Основи комп'ютерного проєктування	4,0
	Комп'ютерне моделювання технологічних процесів	4,0
	Деталі машин і основи конструювання	8,0
Робототехніка	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Основи комп'ютерного проєктування	4,0
	Основи адитивного виробництва	4,0
	Деталі машин і основи конструювання	8,0
	Основи проєктування роботів	5,0
Конструювання та дизайн машин	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Основи комп'ютерного проєктування	4,0
	Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудування	14,0
	Комп'ютерні технології проєктування та дизайну	19,0
	Деталі машин і основи конструювання	8,0
Динаміка і міцність машин	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Основи комп'ютерного проєктування	4,0
	Деталі машин і основи конструювання	8,0
Автоматизовані та роботизовані механічні системи	Інженерна та комп'ютерна графіка	4,0
	Деталі машин і основи конструювання	8,0
	Основи проєктування	4,0

У Таблиці 2 наведено порівняння кількості кредитів ЄКТС, надані на дисципліни, що сприяють опануванню теоретичних засад моделювання у студентів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», які навчаються за спеціальністю 131 Прикладна механіка в межах галузь знань 13 Механічна інженерія. Аналогічно даним таблиці 1 для здійснення порівняння було відібрано освітні програми Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» та дисципліни,

вивчення яких включає розвиток математичної компетентності, тобто дисципліни, які включають вивчення математики та математичних основ моделювання [28-33].

Таблиця 2.

**Порівняння кількості годин, що надаються на опанування
теоретичних засад моделювання у студентів у межах галузі знань 13
Механічна інженерія**

Освітня програма	Дисципліна	Кількість кредитів ЄКТС
Теорія машинобудування	Вища математика	10,0
Технологія виробництва літальних апаратів	Вища математика	10,0
Робототехніка	Вища математика	10,0
	Математичні основи робототехніки	4,0
	Математичне моделювання фізично різномірних систем	4,0
Конструювання та дизайн машин	Вища математика	10,0
Динаміка і міцність машин	Вища математика	10,0
	Лінійна алгебра та аналітична геометрія	4,0
Автоматизовані та роботизовані механічні системи	Вища математика	10,0

На рис. 2 нижче представлена відсоткова репрезентація кількості годин для опанування графічної компетентності та теоретичних засад моделювання на прикладі студентів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», які навчаються за спеціальністю 131 Прикладна механіка в межах галузь знань 13 Механічна інженерія. Аналогічно даним Таблиць 1 та 2 було відібрано освітні програми Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр», який за весь період здобуття рівня включає 240 кредитів ЄКТС. Оскільки опанування графічної компетентності та теоретичних засад моделювання вимагає вивчення графічних дисциплін та дисциплін, що передбачають вивчення математики та математичних основ моделювання, дані Таблиць 1 та 2 було проаналізовано та

виведено відсоток часу на набуття графічної компетентності за весь час здобуття освіти на освітньо-кваліфікаційному рівні «Бакалавр» [28-33].

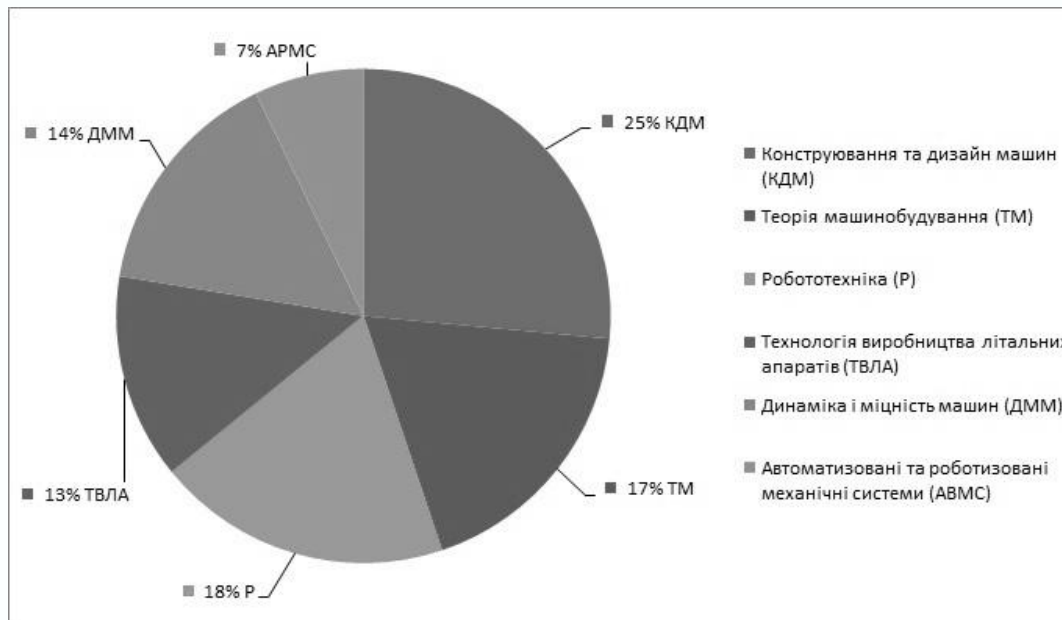


Рис. 2 Відсоткова репрезентація кількості годин для опанування графічної компетентності та теоретичних засад моделювання на прикладі студентів спеціальності 131 Прикладна механіка

Джерело: власний аналіз авторів на основі даних Таблиць 1 та 2

Сучасні здобувачі вищої освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія вивчають теорію та практику побудови зображень та виконання креслеників у двовимірній та тривимірній системах координат, інакше кажучи у 2D та 3D.

Двовимірні кресленики – це, по суті, плоскі зображення об'єкта, тобто види, розрізи, перетини та ін. Об'ємна модель об'єкта, яким може бути машинобудівна деталь, вузол, тощо, при цьому знаходиться в уяві здобувача вищої освіти. Теоретичне підґрунтя виконання двовимірних креслеників здобувачі вищої освіти отримують під час вивчення нарисної геометрії та інженерної графіки. Основним недоліком роботи з двовимірними креслениками є те, що здобувачі освіти переважно мислять в термінах набору геометричних примітивів, а не в термінах деталі або виробу, який вони проєктують.

Створення тривимірних креслеників або 3D-моделювання ґрунтується на розробці просторової, об'ємної моделі об'єкта засобами автоматизованого проєктування (САПР), яку можна оглянути з усіх боків, відредагувати, після чого в автоматичному режимі створити двовимірні види, розрізи, перетини. Теоретичним підґрунтям створення 3D-моделей є дисципліни геометричне моделювання засобами САПР та комп'ютерна графіка, вивчення яких дозволяє майбутнім фахівцям створювати геометричні моделі, що відображають

геометричні властивості майбутніх виробів та математичні моделі геометрії об'єктів для проведення досліджень та виробництва матеріальних об'єктів [34].

Дані Таблиць 1 та 2 показують, що найпершими графічними дисциплінами, які закладають основи графічної компетентності, є інженерна графіка та комп'ютерна графіка, а в деяких випадках їх поєднання в одну дисципліну – інженерна та комп'ютерна графіка. Вже при вивченні цих дисциплін здобувачі освіти починають опановувати основи 3D-моделювання у графічних редакторах, наприклад, AutoCAD та SolidWorks. Базуючись на засвоєних основах 3D-моделювання здобувачі освіти на подальших курсах поглиблюють свої знання при вивченні 3D-проектування, наприклад, при вивченні дисциплін «Основи комп'ютерного проектування», «Деталі машин і основи конструювання», «Комп'ютерне моделювання технологічних процесів» та ін.

У подальшому, залежно від обраної освітньої програми, студенти вивчають додаткові дисципліни з проектування. Як показують дані Таблиць 1 і 2 та Рис. 2, кількість годин на опанування графічної компетентності і теоретичних засад моделювання дуже відрізняється навіть у межах однієї спеціальності: від 7% до 25 %. Під час здобуття вищої освіти студенти набувають компетенцій та навичок в усіх п'яти етапах створення тривимірної моделі, тобто у самому моделюванні (створенні моделі об'єкта), текстурюванні (наданні поверхні моделей виду реально існуючих матеріалів), освітленні (додаванні та розміщенні джерела світла), анімації (створенні руху) та візуалізації або рендеренгу (формуванні остаточного зображення).

Засоби автоматизованого проектування (САПР) – комплекс технічних засобів, математичного та програмного забезпечення, які студенти застосовують для виконання задач автоматизованого проектування об'єкта. САПР дозволяють студентам вирішити дві глобальні задачі: розробити креслення для реалізації об'єктів у двовимірному просторі та розробити тривимірні моделі для реалізації об'єктів у тривимірному просторі. Програмний функціонал САПР перш за все дозволяє студентам вивчати принципи побудови моделей, а також імітувати різноманітні складально-розбірні операції, уявляти об'єкт, за яким буде побудовано модель, та проводити апробацію конструктивних рішень на ранніх етапах створення реального об'єкта. Крім того, вивчення 3D-моделювання у закладі вищої освіти дозволяє студентам набути навичок прискореного, більш точного та якісного проектування моделей, багаторазового використання кресленника, прискореного розрахунку та аналізу, проектування нестандартних геометричних форм [35-37].

Дотепер здобувачі вищої освіти в галузі знань 13 Механічна інженерія опановують навички моделювання усіх чотирьох типів: каркасного, поверхневого, твердотільного та небагатообразного.

Каркасне моделювання – це історично перший тип об'ємного моделювання за допомогою дрових каркасів, побудованих із наборів ліній та точок,

при цьому зміну форми об'ємної моделі здійснюють зміною положення і розмірів ліній (відрізків) та точок. Натепер майбутні фахівці з механічної інженерії все ще вивчають каркасне моделювання, але вже як допоміжний тип моделювання для проміжних етапів проєктування, а також для вирішення технічних завдань, що стосуються простих форм.

Особливістю каркасного моделювання є те, що об'ємна модель може реально не існувати, а бути лише в уяві майбутнього фахівця. При цьому студенти отримують кінцевий результат каркасного моделювання у формі каркасної моделі у вигляді кінцевої безлічі ліній, що лежать на поверхні моделі, з відомими координатами кінцевих точок та зазначення їхньої приналежності ребрам та поверхням, а отриманий математичний опис каркасної моделі включає набір рівнянь кривих, координат точок і відомостей про приналежність точок до кривих та перетин кривих одна з одною.

Поверхневе моделювання – тип моделювання, при якому студенти отримують поверхневі моделі, грані яких перекриваються автоматично заданими поверхнями. Особливістю поверхневого моделювання, аналогічно каркасному, є те, що об'ємна модель може не існувати реально, а лише в уяві студентів. Математичний опис поверхневої моделі, додатково до набору рівнянь кривих, координат точок і відомостей про приналежність точок до кривих та перетину кривих одна з одною, включає рівняння поверхонь та відомості про те, як поверхні з'єднані одна з одною та по яких кривих.

Дотепер фахівці з механічної інженерії застосовують поверхневе моделювання для створення об'ємних моделей зі складним типом поверхонь для оцінки візуальної естетичності моделі, при цьому математичний опис об'ємної моделі дозволяє створювати програми для обробки поверхонь об'єктів на верстатах. Наприклад, студенти за допомогою поверхневого моделювання створюють програми для формування траєкторії переміщення фрези на верстаті та перевірки, чи не зачіпає фреза поверхонь, дотичних до оброблюваної поверхні.

Твердотільне моделювання – тип моделювання, за якого студенти створюють об'ємні моделі, які мають реально існуючі аналоги, на відміну від каркасного та поверхневого моделювання, складені із замкнутого об'єму або моноліту за допомогою декомпозиційного, конструктивного або граничного способів. Через складність математичного опису твердотільних моделей розробники САПР для твердотільного моделювання пропонують здобувачам вищої освіти використовувати набір більш простих функцій для створення об'ємних моделей:

створення примітивів, тобто створення простих форм на основі заготовок (куба, циліндра, труби, шара, тора та конуса) та додавання й віднімання об'єму (булеві оператори) для швидкого створення форми, близької до форми кінцевого об'єкта;

замітання та обертальне замітання, тобто функції створення об'ємних моделей шляхом переміщення поверхні за допомогою трансляції або обертання області на площині;

скінінг – створення об'ємної моделі шляхом «натягування» поверхні на задані поперечні перерізи; округлення, плавне сполучення, підняття та ін., тобто функції для зміни існуючої форми об'ємної моделі;

моделювання меж та об'єктно-орієнтоване моделювання, тобто функції для безпосереднього маніпулювання складовими частинами об'ємних моделей: вершинами, ребрами та гранями; функції, які надають інформацію про процес створення об'ємної моделі для подальшого складання плану технологічного процесу виробництва об'єкту на основі об'ємної моделі.

На сьогодні твердотільне моделювання є основним типом моделювання для застосування у машинобудуванні для проєктування виробів, здійснення найрізноманітніших розрахунків та визначення характеристик моделей (наприклад, інерційно-масових), а також для подальшого автоматичного створення видів, розрізів та перерізів для оформлення робочої документації.

Небагатообразне або гідридне моделювання – тип моделювання, у результаті якого студенти отримують абстрактні моделі, побудовані за допомогою можливості одночасного застосування прийомів каркасного, поверхневого та твердотільного моделювання в одному середовищі небагатообразного моделювання.

Останнім етапом створення тривимірної моделі є її візуалізація. На практиці студенти можуть використовувати різні її способи, проте найчастіше здобувають навички та уміння векторної візуалізації (за допомогою ліній), та растрової (за допомогою точок) [38].

Описані вище методи 3D-моделювання студенти використовують для створення тривимірних об'єктів двома способами: логічного додавання конструктивних елементів поверхонь до базової поверхні (більш характерним для конструкторського проєктування) та поетапного вилучення елементів матеріалу деталі (більш характерним для технологічного проєктування). Незважаючи на конкретний метод створення деталі, студенти опановують всі його логічні етапи: встановлення функцій і призначення моделі, встановлення конструктивних характеристик, формування обов'язкових поверхонь.

Крім власне навичок роботи в програмних середовищах 3D-моделювання, студенти здобувають ґрунтовні знання з його математичних основ, що включає вивчення основ геометричного 3D-моделювання, тобто методів побудови математичних моделей, що описують геометричні властивості 3D-моделей, та їхнє дослідження розрахунковим або експериментальним шляхом. Геометричне моделювання неможливе без вивчення студентами дисциплін аналітичної геометрії, диференційної геометрії, обчислювальної математики, варіаційного аналізу та топології. Вивчення геометричного моделювання

відбувається шляхом переходу від простіших концепцій до складніших. Спочатку студенти вивчають теоретичні засади перетворення координат у просторі, геометрію кривих ліній, геометрію поверхонь, а потім переходять до вивчення моделювання кривих ліній, моделювання поверхонь, топології оболонок, побудови математичних моделей геометрії об'єктів, використання систем геометричного моделювання, моделювання власне моделей, створення реалістичних зображень моделей та створення проєкцій отриманих моделей на площини [39].

Студенти ЗВО України мають можливість застосовувати наступні САПР: AutoCAD; PTC Creo Parametric; SolidWorks; Autodesk 3ds Max, 3D Studio MAX та Maya [40].

AutoCAD – найбільш популярне креслярське програмне забезпечення для фахівців у галузі будівельного, інженерного та промислового проєктування, спеціальність яких включає вивчення машинобудування та проєктування деталей машин. Програма AutoCAD дозволяє виконувати як 2D, так і 3D-моделювання деталей машин різної складності та призначення.

Опанування принципів роботи з AutoCAD відбувається в процесі практичних робіт здобувачів освіти з комп'ютером, основними цілями яких є засвоєння інструментарію AutoCAD, логіки виконання креслень та їх параметризації, нанесення розмірів, технологічних позначень та іншої релевантної інформації на креслення, розвиток умінь перенесення набутих в AutoCAD знань на опанування інших графічних редакторів [9].

SolidWorks – вкрай популярне програмне забезпечення для 3D-моделювання у галузі саме інженерного проєктування для створення моделей деталей для технічних та інженерних цілей, а також для 3D-друку, яке широко використовується в промисловості для реалізації практичних конструкторських задач. Аналогічно багатьом іншим графічним редакторам SolidWorks має функціонал для здійснення розрахунків та аналізу деталей, виробів і навіть цілих збірок. Особливістю цього програмного забезпечення є можливість для здобувачів освіти отримувати 3D-моделі з двовимірних креслеників, а потім, аналогічно іншим графічним редакторам, знову перетворити 3D-модель на двовимірні види, проєкції та розрізи.

Наступним кроком у вдосконаленні професійних компетентцій стане використання 4D-моделювання, оскільки здобувачам вищої освіти часто важко зрозуміти принцип роботи проєктованої статичної 3D-моделі і необхідно залучати четвертий вимір: час – для проєктування вже динамічної 3D-моделі. Це розширить професійні компетенції студентів в бік розуміння взаємодії деталей механізму одна з одною та розуміння параметрів деталей у процесі їхньої роботи. Дотепер такі рішення вже пропонуються програмним забезпеченням SolidWorks [2].

Висновки. У статті було досліджено використання 3D-моделювання у підготовці фахівців із механічної інженерії з метою оцінити сучасний стан ступеня опанування 3D-моделювання, набір навичок та компетенцій, які набувають здобувачі освіти при вивченні 3D-моделювання та обсяг конкретних знань.

Натепер вивчення графічних дисциплін і 3D-моделювання у ЗВО України, перш за все, має на меті розвиток у майбутніх фахівців з механічної інженерії здатностей до просторового, абстрактного і творчого мислення, а також набуття умінь та навичок 3D-моделювання та їх застосування для вирішення практичних інженерних проблем широкого спектру складності. Для цього у освітні програми (розглянуті на прикладі Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» для спеціальності 131 Прикладна механіка освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр») введено дисципліни з вивчення математики та математичних основ моделювання, що лежить в основі глибинного розуміння основ 3D-моделювання, а також дисципліни, спрямовані на розвиток графічної компетентності: інженерна та комп'ютерна графіка, проєктування, конструювання та моделювання, причому навіть у межах однієї спеціальності кількість годин на опанування всіх необхідних засад для виконання 3D-моделювання суттєво коливається від 7% до 25%.

Дотепер для вивчення 3D-моделювання ЗВО розробили навчальні матеріали для здобуття знань, умінь та навичок із каркасного, поверхневого, твердотільного та небагатообразного 3D-моделювання, текстурювання, освітлення, анімації та візуалізації або рендеренгу, математичного опису тривимірних моделей, а також знання та навички роботи у різних графічних редакторах, тобто навчальні матеріали ЗВО після вивчення 3D-моделювання дозволяють майбутнім фахівцям створювати 3D-моделі від початкового етапу (математичного моделювання) до кінцевого (створення анімованих 3D-моделей).

Література:

1. Синюченко К. О., Смирнов Є. В. Особливості впровадження сучасних 3D-технологій у сфері машинобудування. «Сучасна молодь в світі інформаційних технологій»: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. молодих вчених та здобувачів вищої освіти, присвяченої Дню науки (14 травня 2021 р., м. Херсон) / за ред. Н.В. Кириченко, Г.О. Димової та ін. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2021. С. 91-94. URL: <https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/20210514/36irka%20конференції%20CMCIT-2021.pdf#page=93> (дата звернення: 17.08.2024)
2. Парфенюк О. В. Розвиток просторового мислення засобами тривимірного та чотиривимірного моделювання у майбутніх фахівців галузевого машинобудування. *Colloquium-journal*. 2020. Т. 29, № 81. С. 20–23. DOI:10.24412/2520-2480-2020-2981-20-23 (дата звернення: 17.08.2024)
3. Войцеховська О. О., Караваєв В. О. Сучасні технології та засоби 3D-моделювання та 3D-друку у закладах вищої освіти. *Вінницький національний технічний університет* URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/38136/134632.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (дата звернення: 17.08.2024)

4. Козяр М.М. Інноваційні педагогічні технології в процесі графічної підготовки майбутніх фахівців технічної галузі : монографія. Рівне: РВЦ НУВГП, 2012. 320 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1900/1/721454%20zah.pdf>

5. Райковська Г. О. Шляхи вдосконалення підготовки фахівців машинобудівної галузі. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 2. С. 111-116. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116> (дата звернення: 17.08.2024)

6. Райковська Г. О., Соловйов А. В. Система автоматизованого проєктування в графічній підготовці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2019. Вип. 2(45). С. 149-153. URL: <https://10.24144/2524-0609.2019.45.149-1531> (дата звернення: 17.08.2024)

7. Райковська Г. О. Геометро-графічна підготовка в технічних закладах вищої освіти. *Педагогічні науки*. 2021. Вип. 94. С. 158-165. URL: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2021-94-22> (дата звернення: 17.08.2024)

8. Райковська Г. О., Шостачук А. М. Проєктування змісту графічних знань в середовищі САД систем. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2021. Вип. 2(49). С. 169-173. URL: <https://10.24144/2524-0609.2021.49.169-173> (дата звернення: 17.08.2024)

9. Бойко В.А. Методика навчання інженерної графіки майбутніх інженерів-механіків засобами комп'ютерного моделювання : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. пед. наук: 13.00.02. К., 2019. 20 с. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/32055/100355525?sequence=1&isAllowed=y>

10. Головня В.Д. Розвиток конструкторсько-технологічних здібностей студентів у процесі навчання комп'ютерного конструювання та моделювання у вищих технічних навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. пед. наук: 13.00.04. Рівне, 2015. 19 с. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7276/Golovnya.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

11. Юсупова М.Ф. Комп'ютерні інформаційні технології в навчанні нарисної геометрії : монографія. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2006. 280 с.

12. Джеджула О. М. Формування основних понять теорії композиції в графічній підготовці майбутніх інженерів. *Педагогічний альманах* : зб. наук. пр. Херсон, 2019. Вип. 41. С. 77-82. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/20356.pdf> (дата звернення: 17.08.2024)

13. Dzhedzhula O. Development of self-educational competence of future engineers of computer systems and automation. *The scientific heritage*. 2021. № 59(3). Р. 8-12. URL: <https://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2021/02/VOL-3-No-59-59-2021.pdf> (дата звернення: 17.08.2024)

14. Джеджула О. Формування графічної компетентності майбутніх фахівців аграрного профілю у кризових умовах. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: педагогіка і психологія*. Вінниця, 2024. № 78. С. 7-11. URL: <https://doi.org/10.31652/2415-7872-2024-78-7-11> (дата звернення: 17.08.2024)

15. Джеджула О. Організація самостійної графічної підготовки майбутніх інженерів у кризових умовах. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: педагогіка і психологія*. Вінниця, 2023. № 74. С. 37-41. URL: <https://doi.org/10.31652/2415-7872-2023-74-37-41> (дата звернення: 17.08.2024)

16. Didactic Opportunities of Information and Communication Technologies in Graphic Training of Future Technology Teachers / I. NYSHCHAK et al. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2020. Vol. 11, no. 2. Р. 104–123. URL: <https://doi.org/10.18662/brain/11.2/77> (date of access: 21.08.2024).

17. Нищак І. Д. Використання електронного навчально-методичного комплексу з креслення в процесі графічної підготовки майбутніх учителів трудового навчання *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. № 78(4). С. 75-89. URL: <https://10.33407/itlt.v78i4.2801>. (дата звернення: 17.08.2024)

18. Palamar S. P., Bielienska G. V., Ponomarenko T. O., Kozak L. V., Nezhyva L., Voznyak A. V. Formation of readiness of future teachers to use augmented reality in the educational process of preschool and primary education. *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, May 11, 2021. Kryvyi Rih, Ukraine, 2021. P. 334-350. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/727272/1/paper18.pdf>

19. Kozlitin D., Kochmar D. A., Krystopchuk T., Kozak L. Future Educators' Training for Project Activities Using Digital Technologies. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2791/2020200031.pdf>

20. Козяр М., Парфенюк О., Фещук Ю. Роль регіональної олімпіади з геометричного моделювання та анімації збірок у професійному становленні майбутнього фахівця. *Нова педагогічна думка*. 2020. № 101(1). С. 85-90. URL: <http://10.37026/2520-6427-2020-101-1-85-9017>.

21. Фещук Ю., Мислінчук В. Реалізація міжпредметних зв'язків технологій та природничих дисциплін із використанням 3D моделювання. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2024. № 12(2). С. 72-78. URL: <http://10.31110/2616-650X-vol12i2-011>

22. Фещук Ю., Симонович Н. Впровадження технології 3-D друку в процес підготовки майбутніх учителів трудового навчання та технологій. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2022. № 10(4). С. 42-47. DOI: <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i4-006>

23. Струтинська О. В., Баранов С. С. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти. *Фізико-математична освіта*. 2019. № 1(9). С. 196-204. URL: <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/6-1-0-494>

24. Струтинська О. В., Умрик М. А. Сучасні освітні тренди в умовах розвитку цифрового суспільства. *Інноваційна педагогіка*. 2020. Вип. 26. С. 201-205. URL: <http://10.32843/2663-6085/2020/26.40>

25. Струтинська О. В. Використання робототехніки та 3d технологій в умовах розвитку STEM освіти. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2019. Вип. 7. С. 96-109. URL: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>

26. Конспект лекцій з дисципліни «Основи систем 3D-моделювання» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти за спеціальностями 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування (Електронне видання)) / під заг. ред. :Л. В. Карпюк. Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2022. 158 с. URL: <https://dspace.snu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bfb3ae86-acf2-4249-a5a1-7ed30a65acc4/content>

27. Міленін А. М., Мітяшкіна Т. Ю., Денисенко С. А. Роль дисципліни "інженерна графіка" у закладах вищої освіти та пошук інноваційних методів її викладання. *Topical aspects of modern scientific research: Proceedings The 3rd International scientific and practical conference* (November 23-25, 2023) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2023. P. 353.

URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/TOPICAL-ASPECTS-OF-MODERN-SCIENTIFIC-RESEARCH-23-25.11.2023.pdf#page=353>

28. Автоматизовані та роботизовано механічні системи. Освітньо-професійна програма: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 25. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_arms_2024.pdf

29. Динаміка і міцність машин. Освітньо-професійна програма: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 24. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_dmm_2024.pdf

30. Конструювання та дизайн машин. Освітньо-професійна програма: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 27. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_kdm_2024.pdf

31. Робототехніки. Освітньо-професійна програма: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 20. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_rt_2024.pdf

32. Технологія виробництва літальних апаратів: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 26. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_tvla_2024.pdf

33. Технологія машинобудування: затв. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, введено в дію наказом ректора від № НОД/434/24 від 10.06.2024. С. 24. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_tm_2024.pdf

34. Молодецька Т. І. Використання сучасних систем сапр при проектуванні деталей машин. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41622/20431.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата звернення: 17.08.2024)

35. Савельєв Т.С., Пустовой Д.С. Використання спеціалізованих програм 3d-Моделювання з метою підвищення якості засвоєння графічних дисциплін. *Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту: збірник наукових праць міжнародної конференції* (м. Дніпро, 29-30 квітня 2020 р.). Дніпро, 2022. С. 146-150. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/TOPICAL-ASPECTS-OF-MODERN-SCIENTIFIC-RESEARCH-23-25.11.2023.pdf#page=353>

36. Райковська Г. О., Шостачук А. М. Проектування змісту графічних знань в середовищі CAD Систем. *Науковий Вісник Ужгородського Університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна Робота»*. 2021. № 2(49). С. 169–173. URL: <https://10.24144/2524-0609.2021.49.169-173>

37. Говорун Т., Берладір Х., Білоус О., Ханюков К., Варакін В. Застосування комп'ютерного моделювання для підвищення якості підготовки висококваліфікованих фахівців-матеріалознавців. URL: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/APSE/article/view/18735/25999> (дата звернення: 17.08.2024)

38. Деревянчук О. Розвиток у майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей навичок моделювання при виконанні STEM-проектів. *Молодь і ринок*. 2024. № 6/226. С. 128–141. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.307854>.

39. Різак Г. Використання розрахункових задач у викладанні фармацевтичної хімії. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика = Continuing professional education: theory and practice: наук.-метод. журн.* 2023. № 1(74). С. 68-75. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/52705/1/272824-Article%20Text-636929-1-10-20230330.pdf> (дата звернення: 17.08.2024)

40. Ромачук О., Лавренюк Я. Аналіз програмного забезпечення для вивчення 3D-моделювання. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/40029/1/Романюк%20Лавренюк.pdf> (дата звернення: 17.08.2024)

References:

1. Siniuchenko K. O., Smyrnov Ye. V. (2021). Osoblyvosti vprovadzhennia suchasnykh 3D-tekhnologii u sferi mashynobuduvannia [Features of the Implementation of Modern 3D Technologies in the Field of Mechanical Engineering]. *Suchasna molod v sviti informatsiinykh tekhnologii: Materialy II Vseukrainskoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii molodykh vchenykh ta здobuvachiv vyshchoi osvity, prysviachenoi Dniu nauky – Proceedings of the 2nd All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Graduate Students, dedicated to Science Day* (May 14, 2021, Kherson) / ed. N.V. Kyrychenko, H.O. Dymova et al. Kherson: Knyzhkove vydavnytstvo FOP Vyshemyrskyi V.S., pp. 91-94. URL: <https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/20210514/Zbirka%20konferencii%20SMSIT-2021.pdf#page=93> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

2. Parfeniuk O. V. (2020). Rozvytok prostorovoho myslennia zasobamy tryvymirnogo ta chotyryvymirnogo modeliuvannia u maibutnikh fakhivtsiv haluzevoho mashynobuduvannia [Development of Spatial Thinking through Three-Dimensional and Four-Dimensional Modeling in Future Specialists in the Field of Mechanical Engineering]. *Colloquium-journal*, 29(81), 20–23. DOI:10.24412/2520-2480-2020-2981-20-23 (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

3. Voitsekhivska O. O., Karavaiev V. O. (n.d.). Suchasni tekhnolohii ta zasoby 3D-mode-
liuvannia ta 3D-druku u zakladakh vyshchoi osvity [Modern Technologies and Tools for 3D Modeling and 3D Printing in Higher Education Institutions]. *Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet – Vinnytsia National Technical University*. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/38136/134632.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

4. Koziar M. M. (2012). *Innovatsiini pedahohichni tekhnolohii v protsesi hrafichnoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnoi haluzi: monohrafiia* [Innovative pedagogical technologies in the process of graphic training of future specialists in the technical field: monograph]. Rivne: RVTs NUVHP. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1900/1/721454%20zah.pdf> [in Ukrainian]

5. Raikovska H. O. (2019). Shliakhy vdoskonalennia pidhotovky fakhivtsiv mashynobudivnoi haluzi [Ways to Improve the Training of Specialists in the Field of Mechanical Engineering]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu – Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*, 2, 111-116. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

6. Raikovska H. O., Soloviov A. V. (2019). Systema avtomatyzovanoho proiektuvannia v hrafichnii pidhotovtsi [Computer-Aided Design System in Graphic Training]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedahohika. Sotsialna robota – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Pedagogy. Social Work*, 2(45), 149-153. DOI: <https://10.24144/2524-0609.2019.45.149-1531> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

7. Raikovska H. O. (2021). Heometro-hrafichna pidhotovka v tekhnichnykh zakladakh vyshchoi osvity [Geometric-Graphic Training in Technical Higher Education Institutions]. *Pedahohichni nauky – Pedagogical Sciences*, 94, 158-165. URL: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2021-94-22> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

8. Raikovska H. O., Shostachuk A. M. (2021). Proiektuvannia zmistu hrafichnykh znan v seredovyshchi CAD system [Designing the Content of Graphic Knowledge in the CAD System Environment]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedahohika. Sotsialna robota – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Pedagogy. Social Work*, 2(49), 169-173. URL: <https://10.24144/2524-0609.2021.49.169-173> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

9. Boiko V. A. (2019). *Metodyka navchannia inzhenernoi hrafiky maibutnikh inzheneriv-mekhanikiv zasobamy kompiuternoho modeliuvannia* [Methodology for teaching engineering graphics to future mechanical engineers by means of computer simulation]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: M.P. Drahomanov National Pedagogical University. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/32055/100355525?sequence=1&isAllowed=y> [in Ukrainian]

10. Holovnia V. D. (2015). *Rozvytok konstruktorsko-tekhnolohichnykh zdibnostei studentiv u protsesi navchannia kompiuternoho konstruiuvannia ta modeliuvannia u vyshchykh tekhnichnykh navchalnykh zakladakh* [Development of design and technological abilities of students in the process of learning computer design and modeling in higher technical educational institutions]. Extended abstract of candidate's thesis.. Rivne: Zhytomyr State Technological University. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7276/Golovnya.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [in Ukrainian]

11. Iusupova M. F. (2006). *Kompiuterni informatsiini tekhnolohii v navchanni narysnoi heometrii: monohrafiia* [Computer information technologies in teaching sketch geometry: monograph]. Kyiv: M.P. Drahomanov NPU [in Ukrainian]

12. Dzhedzhula O. M. (2019). Formuvannia osnovnykh poniat teorii kompozytsii v hrafichnii pidhotovtsi maibutnikh inzheneriv [Formation of Basic Concepts of Composition Theory in the Graphic Training of Future Engineers]. *Pedahohichniy almanakh – Pedagogical Almanac*, 41, 77-82. Kherson. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/20356.pdf> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

13. Dzhedzhula O. (2021). Development of Self-Educational Competence of Future Engineers of Computer Systems and Automation. *The Scientific Heritage*, 59(3), pp. 8-12. URL: <https://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2021/02/VOL-3-No-59-59-2021.pdf> (accessed: 17.08.2024).

14. Dzhedzhula O. (2024). Formuvannia hrafichnoi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv aharnoho profilu u kryzovykh umovakh [Formation of Graphic Competence of Future Specialists of Agrarian Profile in Crisis Conditions]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsyubynskoho. Seriya: Pedahohika i psykholohiia – Scientific Notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky. Series: Pedagogy and Psychology*, 78, 7-11. Vinnytsia. DOI: <https://doi.org/10.31652/2415-7872-2024-78-7-11> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

15. Dzhedzhula O. (2023). Orhanizatsiia samostiinoi hrafichnoi pidhotovky maibutnikh inzheneriv u kryzovykh umovakh [Organization of Independent Graphic Training of Future Engineers in Crisis Conditions]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsyubynskoho. Seriya: Pedahohika i psykholohiia – Scientific Notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky. Series: Pedagogy and Psychology*, 74, 37-41. Vinnytsia. DOI: <https://doi.org/10.31652/2415-7872-2023-74-37-41> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

16. Nyschak I., et al. (2020). Didactic Opportunities of Information and Communication Technologies in Graphic Training of Future Technology Teachers. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, Vol. 11, No. 2, pp. 104–123. URL: <https://doi.org/10.18662/brain/11.2/77> (date of access: 21.08.2024).

17. Nyschak I. D. (2020). Vykorystannia elektronnoho navchalno-metodychnoho kompleksu z kreslennia v protsesi hrafichnoi pidhotovky maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia [The Use of an Electronic Educational and Methodological Complex in Drawing for Graphic Training of Future Teachers of Labor Education]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 78(4), 75-89. URL: <https://10.33407/itlt.v78i4.2801> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

18. Palamar S. P., Bielenka G. V., Ponomarenko T. O., Kozak L. V., Nezhyva L., Voznyak A. V. (2021). Formation of Readiness of Future Teachers to Use Augmented Reality in the Educational Process of Preschool and Primary Education. *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, May 11, 2021*. Kryvyi Rih, Ukraine, pp. 334-350. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/727272/1/paper18.pdf>.

19. Kozlitin D., Kochmar D. A., Krystopchuk T., Kozak L. (n.d.). Future Educators' Training for Project Activities Using Digital Technologies. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2791/2020200031.pdf>.

20. Koziar M., Parfeniuk O., Feshchuk Yu. (2020). Rol rehionalnoi olimpiady z heometrychnoho modeliuvannia ta animatsii zbyrok u profesiinomu stanovlenni maibutnoho fakhivtsia [The Role of the Regional Olympiad in Geometric Modeling and Assembly Animation in the Professional Development of Future Specialists]. *Nova pedahohichna dumka – New Pedagogical Thought*, 101(1), 85-90. URL: <http://10.37026/2520-6427-2020-101-1-85-9017> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

21. Feshchuk Yu., Myslynchuk V. (2024). Realizatsiia mizhpredmetnykh zviazkiv tekhnologii ta pryrodnychkykh dystsyplin iz vykorystanniam 3D modeliuvannia [Implementation of Interdisciplinary Connections Between Technologies and Natural Sciences Using 3D Modeling]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, No. 12(2), pp. 72-78. URL: <http://10.31110/2616-650X-vol12i2-011> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

22. Feshchuk Yu., Symonovych N. (2022). Vprovadzhennia tekhnologii 3-D druku v protses pidhotovky maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia ta tekhnologii [Implementation of 3D Printing Technology in the Training Process of Future Teachers of Labor Education and Technology]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 10(4), 42-47. DOI: <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i4-006> [in Ukrainian].

23. Strutynska O. V., Baranov S. S. (2019). Tendentsii rozvytku osvitoi robototekhniki v zakladakh pozashkilnoi osvity [Trends in the Development of Educational Robotics in Extracurricular Education Institutions]. *Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(9), 196-204. URL: <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/6-1-0-494> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

24. Strutynska O. V., Umryk M. A. (2020). Suchasni osvitni trendy v umovakh rozvytku tsyfrovoho suspilstva [Modern Educational Trends in the Context of the Development of Digital Society]. *Innovatsiina pedahohika – Innovative Pedagogy*, 26, 201-205. URL: <http://10.32843/2663-6085/2020/26.40> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

25. Strutynska O. V. (2019). Vykorystannia robototekhniki ta 3D tekhnologii v umovakh rozvytku STEM osvity [The Use of Robotics and 3D Technologies in the Context of STEM Education Development]. *Vidkryte osvitnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu – Open Educational E-environment of Modern University*, 7, 96-109. URL: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10> [in Ukrainian].

26. Karpuk L. V. (Ed.). (2022). Konspekt lektsii z dystsypliny «Osnovy system 3D-modeliuvannia» [Lecture Notes on the Discipline "Fundamentals of 3D Modeling Systems"] (for first (bachelor's) degree students in specialties 131 – Applied Mechanics, 133 – Industrial Engineering (Electronic Edition)). Severodonetsk: SNU imeni V. Dalia. 158 p. URL: <https://dspace.snu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bfb3ae86-acf2-4249-a5a1-7ed30a65acc4/content> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

27. Milenin A. M., Mitiasheva T. Yu., Denysenko S. A. (2023). Rol dystsypliny "inzhenerna hrafika" u zakladakh vyshchoi osvity ta poshuk innovatsiinykh metodiv yii vykladannia [The Role of the Discipline "Engineering Graphics" in Higher Education Institutions and the Search for Innovative Teaching Methods]. *Topical Aspects of Modern Scientific Research: Proceedings The 3rd International Scientific and Practical Conference* (November 23-25, 2023). CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. P. 353. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/TOPICAL-ASPECTS-OF-MODERN-SCIENTIFIC-RESEARCH-23-25.11.2023.pdf#page=353> [in Ukrainian].

28. (2024). Avtomatyzovani ta robotyzovano mekhanichni systemy. Osvitnio-profesiina prohrama [Automated and Robotic Mechanical Systems. Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 25. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_arms_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

29. (2024). Dynamika i mitsnist mashyn. Osvitnio-profesiina prohrama [Dynamics and Strength of Machines. Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 24. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_dmm_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

30. (2024). Konstruiuvannia ta dyzain mashyn. Osvitnio-profesiina prohrama [Machine Design and Construction. Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 27. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_kdm_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

31. (2024). Robototekhniky. Osvitnio-profesiina prohrama [Robotics. Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 20. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_rt_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

32. (2024). Tekhnolohiia vyrobnytstva litalnykh aparatov: Osvitnio-profesiina prohrama [Aircraft Manufacturing Technology: Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 26. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_tvla_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

33. (2024). Tekhnolohiia mashynobuduvannia: Osvitnio-profesiina prohrama [Mechanical Engineering Technology: Educational and Professional Program: approved by the Academic Council of KPI imeni Ihoria Sikorskoho, implemented by the order of the rector No. NOD/434/24 dated 10.06.2024]. P. 24. URL: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_oppb_tm_2024.pdf (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

34. Molodetska T. I. (n.d.). Vykorystannia suchasnykh system SAPR pry proektuvanni detalei mashyn [The Use of Modern CAD Systems in the Design of Machine Parts]. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41622/20431.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

35. Saveliev T. S., Pustovoi D. S. (2022). Vykorystannia spetsializovanykh program 3D modeliuvannia z metoiu pidvyshchennia yakosti zasvoiennia hrafichnykh dystsyplin [The Use of Specialized 3D Modeling Programs to Improve the Quality of Mastering Graphic Disciplines]. *Suchasni innovatsiini tekhnolohii pidhotovky inzhenernykh kadriv dlia hirnychoi promyslovosti ta transportu: Zbirnyk naukovykh prats mizhnarodnoi konferentsii* (Dnipro, April 29-30, 2020). Dnipro, pp. 146-150. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/TOPICAL-ASPECTS-OF-MODERN-SCIENTIFIC-RESEARCH-23-25.11.2023.pdf#page=353> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

36. Raikovska H. O., Shostachuk A. M. (2021). Proiektuvannia zmistu hrafichnykh znan v seredovyshchi CAD system [Designing the Content of Graphic Knowledge in the CAD System Environment]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedagogika. Sotsialna robota – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Pedagogy. Social Work*, 2(49), 169-173. URL: <https://10.24144/2524-0609.2021.49.169-173> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

37. Hovorun T., Berladir Kh., Bilous O., Khaniukov K., Varakin V. (n.d.). Zastosuvannia komp'iuternoho modeliuvannia dlia pidvyshchennia yakosti pidhotovky vysoko-kvalifikovanykh fakhivtsiv-materialoznavtsiv [Application of Computer Modeling to Improve the Quality of Training Highly Qualified Materials Science Specialists]. URL: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/APSE/article/view/18735/25999> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

38. Derevianchuk O. (2024). Rozvytok u maibutnikh fakhivtsiv inzhenerno-pedahohichnykh spetsialnostei navychok modeliuvannia pry vykonanni STEM-proiektiv [Development of Modeling Skills in Future Engineering and Pedagogical Specialists While Implementing STEM Projects]. *Molod i rynok – Youth and Market*, 6/226, 128-141. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.307854> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

39. Rizak H. (2023). Vykorystannia rozrakhunkovykh zadach u vykladanni farmatsevtichnoi khimii [The Use of Calculation Problems in Teaching Pharmaceutical Chemistry]. *Neperervna profesiina osvita: teoriia i praktyka = Continuing Professional Education: Theory and Practice – Scientific and Methodological Journal*, 1(74), 68-75. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/52705/1/272824-Article%20Text-636929-1-10-20230330.pdf> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].

40. Romanchuk O., Lavreniuk Ya. (n.d.). Analiz programnoho zabezpechennia dlia vyvchennia 3D-modeliuvannia [Software Analysis for Learning 3D Modeling]. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/40029/1/Romaniuk%20Lavreniuk.pdf> (accessed: 17.08.2024) [in Ukrainian].