



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

УДК 378.091.33-051:004.94

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.12783512>

3D-моделювання як сучасний засіб удосконалення професійної підготовки майбутніх учителів

Пазюк Роман Іванович

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та інформаційних систем, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, <https://orcid.org/0000-0002-1332-2979>

Нищак Дмитро Іванович

аспірант кафедри технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, <https://orcid.org/0009-0007-2061-1756>

Звоздяк Василь Васильович

аспірант кафедри технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, <https://orcid.org/0009-0007-0413-8882>

Прийнято: 13.07.2024 | Опубліковано: 29.07.2024

Анотація. Одним із перспективних напрямків використання цифрових технологій в освіті є тривимірна графіка та 3D-моделювання. У статті досліджено можливості залучення студентів педагогічних закладів вищої освіти до 3D-моделювання, а також проведено порівняльний аналіз поширених



редакторів 3D-графіки, що можуть використовуватися у процесі професійної підготовки майбутніх учителів. Встановлено, що 3D-моделювання є одним із важливих інструментів формування життєвих компетенцій сучасного вчителя, адже розроблення моделей, їх аналіз, пошук альтернативних рішень у процесі моделювання сприяє розвитку інтелектуального потенціалу особистості, формує здатність до рефлексії, дає можливість виділяти основні риси та характеристики об'єкта пізнання. Виявлено, що системна робота студентів з 3D-редакторами сприяє розвитку просторової уяви, творчості, нестереотипності мислення, що є важливими складовими формування професійної компетентності майбутніх педагогів. З'ясовано, що залучення студентів до 3D-моделювання зумовлено низкою актуальних завдань в контексті реформування вітчизняної системи вищої освіти, зокрема пов'язаних із значним прогресом у галузі обчислювальних можливостей цифрової техніки, зростанням популярності технологій тривимірного друку, розширенням пізнавальних можливостей 3D-графіки. Виокремлено низку програмних засобів (Blender, Daz Studio, Open SCAD, SketchUp Pro, Solidworks for Students, Tinkercad, Wings 3D), які можуть успішно використовуватися для реалізації завдань 3D-моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів. У ході порівняльного аналізу програмних засобів з'ясовано, що вони відрізняються за своїми функціональними можливостями, складністю освоєння та сферою застосування. Доведено, що вибір конкретного графічного редактора має здійснюватися з урахуванням цілей навчання студентів певної спеціальності та їхнього досвіду роботи в галузі 3D-моделювання.

Ключові слова: 3D-моделювання, графічний редактор, майбутній учитель, професійна підготовка, цифрові технології.



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

**3D-modeling as a modern means of improvement
professional training of future teachers**

Pazyuk Roman Ivanovych

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of Physics and Information Systems Department, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, 24 Ivan Franko Str, Drohobych, 82100, <https://orcid.org/0000-0002-1332-2979>

Nyshchak Dmytro Ivanovych

graduate student of Technological and Vocational Education Department, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, 24 Ivan Franko Str, Drohobych, 82100, <https://orcid.org/0009-0007-2061-1756>

Zvozdiak Vasyl Vasylovych

graduate student of Technological and Vocational Education Department, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, 24 Ivan Franko Str, Drohobych, 82100, <https://orcid.org/0009-0007-0413-8882>

***Abstract.** One of the promising directions of using digital technologies in education is three-dimensional graphics and 3D-modeling. The article explores the possibilities of involving students of pedagogical institutions of higher education in 3D-modeling, and also conducts a comparative analysis of common 3D-graphics editors that can be used in the process of professional training of future teachers. It was established that 3D-modeling is one of the important tools for forming the life competencies of a modern teacher, because the development of models, their analysis, the search for alternative solutions in the process of modeling contributes to the*



development of the intellectual potential of the individual, forms the ability to reflect, gives the opportunity to highlight the main features and characteristics of object of knowledge. It was found that systematic work of students with 3D-editors contributes to the development of spatial imagination, creativity, non-stereotypic thinking, which are important components of the formation of professional competence of future teachers. It was found that the involvement of students in 3D-modeling is due to a number of urgent tasks in the context of reforming the domestic system of higher education, in particular, related to significant progress in the field of computing capabilities of digital technology, the growing popularity of three-dimensional printing technologies, and the expansion of the cognitive capabilities of 3D-graphics. A number of software tools (Blender, Daz Studio, Open SCAD, SketchUp Pro, Solidworks for Students, Tinkercad, Wings 3D) have been singled out, which can be successfully used to implement 3D-modeling tasks in the process of professional training of future teachers. In the course of a comparative analysis of software tools, it was found that they differ in terms of their functionality, difficulty of development, and scope of application. It is proven that the choice of a specific graphic editor should be made taking into account the goals of studying students of a certain specialty and their work experience in the field of 3D-modeling.

***Keywords:** 3D-modeling, graphic editor, future teacher, professional training, digital technologies.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями (Вступ). Цифрові технології (ЦТ) з кожним днем набувають все більшої популярності в освітньому процесі, оскільки володіють широкими дидактичними можливостями й суттєво удосконалюють процес засвоєння змісту багатьох навчальних дисциплін. Системне застосування ЦТ дає змогу залучити студентів до науково-



дослідницької діяльності, стимулює їх творчу активність, сприяє розвитку мисленнєвих процесів особистості та істотно підвищує рівень успішності здобувачів освіти [2].

Одним із перспективних напрямків використання цифрових технологій в освіті є тривимірна графіка та 3D-моделювання. Завдяки можливості наочного подання інформації, ці технології сприяють кращому засвоєнню знань і розвитку креативного мислення суб'єктів навчання, дозволяють урізноманітнити навчальний процес, зробити його більш ефективним та візуально насиченим. Застосування 3D-контента уможлиблює підвищення мотивації до навчання, сприяє систематизації знань, засвоєнню більшого обсягу навчальної інформації [7].

У сучасному світі моделювання є невід'ємною складовою наукових досліджень та розробки машин, механізмів, інформаційних сервісів, ресурсів та додатків. 3D-моделювання є одним із важливих інструментів формування життєвих компетенцій сучасного фахівця. Розроблення моделей, їх аналіз, пошук альтернатив та удосконалення сприяє розвитку мислення, формує здатність до рефлексії, дає можливість виділяти основні риси та характеристики об'єкта моделювання.

Таким чином, системне залучення студентів педагогічних ЗВО до 3D-моделювання має важливе теоретичне і практичне значення та є актуальним і перспективним напрямком дослідження. Всебічне вивчення і системне впровадження методів 3D-моделювання у навчальний процес стане важливим інструментом підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів, що сприятиме їх подальшій професійній адаптації в умовах швидкого розвитку новітніх цифрових технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій (Огляд літератури). Аналіз наукових джерел свідчить про значний інтерес учених-дослідників до проблеми



впровадження цифрових технологій в освітній процес. Теоретико-методологічні основи цифровізації освіти знайшли всебічне висвітлення у наукових працях В. Бикова, Р. Гуревича, А. Гуржія, Ю. Дорошенка, М. Жалдака, О. Спіріна та ін. Зокрема у колективній монографії [10] розглядаються теоретико-концептуальні засади цифровізації освіти в Україні, нормативно-правове забезпечення практичної реалізації цифрових технологій в освітній галузі, акцентується увага на розвитку ЦТ в освітній сфері. Автори виокремлюють основні напрями і практичне значення впровадження ЦТ, надають науковий прогноз подальшої цифровізації освіти.

Психологічні аспекти цифровізації освітнього процесу стали предметом наукового пошуку В. Кириченка, С. Максименка, Ю. Машбиця, В. Семиченка, В. Сумського та ін. Зокрема С. Максименко [5] акцентує увагу на нагальних психологічних проблемах, детермінованих цифровізацією освіти, що потребують якнайшвидшого вирішення. У цьому контексті науковець наголошує на необхідності підвищення психологічної готовності дорослого населення до роботи з цифровими технологіями, забезпечення зв'язку між цифровізованим навчанням та інтелектуальним розвитком здобувачів освіти, розкриття психолого-педагогічного потенціалу ЦТ навчання та ін.

Дидактичні можливості ЦТ у практиці закладів вищої педагогічної освіти досліджувалися Р. Горбатюком, Л. Заброцькою, Л. Макаренко, Ю. Рамським, С. Яшановим та ін. Зокрема Л. Макаренко [4] обґрунтовує концепцію процесу формування інформаційної культури майбутнього вчителя технологій, з'ясовує її особливості, основні чинники, базові положення, принципи та структуру. Водночас С. Яшанов [12] досліджує шляхи формування інформатичної компетентності студентів педагогічних ЗВО з позиції рівневого підходу, а В. Жукова [3] розкриває дидактичні можливості електронних навчальних комплексів у професійній підготовці студентської молоді.



Науковий інтерес до питання вивчення можливостей 3D-моделювання в освітньому процесі виявляють А. Деркач, О. Мосіюк, І. Нищак, С. Рябець, І. Твердохліб, М. Чернуха та ін. Зокрема актуальні проблеми вивчення 3D-моделювання в закладах освіти розкриваються І. Твердохлібом та А. Деркач [9]. Науковці аналізують стан вивчення 3D-моделювання в освітніх системах розвинених країн світу, екстраполюючи зарубіжний досвід на систему освіти України. Своєю чергою О. Мосіюк [6] висвітлює особливості залучення майбутніх учителів інформатики до 3D-моделювання у процесі професійної підготовки у ЗВО, а І. Нищак [8] розкриває можливості 3D-моделювання засобами 3D Studio Max у процесі професійної підготовки майбутніх учителів трудового навчання (технологій). Можливості 3D-моделювання у проєктній діяльності з технологій засобами графічного редактора Blender аналізуються у науковій роботі М. Чернухи та С. Рябця [11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на численні дослідження, окремі аспекти проблеми впровадження 3D-моделювання як ефективного засобу удосконалення професійної підготовки майбутніх учителів ще недостатньо вивчені і висвітлені у науково-педагогічній літературі. Зокрема не проведено комплексного порівняльного аналізу функціональних можливостей найпоширеніших редакторів 3D-графіки, які можуть використовуватися в освітньому процесі педагогічних ЗВО, що зумовило необхідність й актуальність проведеного дослідження.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає у дослідженні можливостей 3D-моделювання як сучасного засобу удосконалення професійної підготовки майбутніх учителів. Відповідно до мети сформульовано такі завдання дослідження: виявити роль та значення 3D-моделювання для професійного становлення майбутніх учителів; здійснити аналіз провідних редакторів 3D-графіки, що можуть використовуватися у



процесі професійної підготовки студентів педагогічних ЗВО; обґрунтувати умови вибору редакторів 3D-графіки для їх використання в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів (Результати дослідження).

Залучення студентів педагогічних ЗВО до 3D-моделювання зумовлено низкою актуальних завдань в контексті реформування вітчизняної системи вищої освіти, зокрема пов'язаних із [6]:

1) значним прогресом у галузі обчислювальних можливостей цифрової техніки (удосконалення мікропроцесорів та відеоадаптерів, збільшення обсягів оперативної пам'яті та ін.), що уможливорює здійснення складних розрахунків, необхідних для створення реалістичних 3D-зображень;

2) зростанням популярності технологій тривимірного друку, що знаходять все більше застосування у сучасних виробничих процесах;

3) розширенням пізнавальних можливостей 3D-графіки, пов'язаних з розвитком просторової уяви та мисленнєвих процесів особистості майбутніх фахівців.

Ознайомлення студентів з технологією 3D-моделювання реалізується через використання спеціальних програмних засобів – редакторів 3D-графіки. Нині існує велика кількість графічних редакторів, які відрізняються як за своїми функціональними можливостями, так і за номенклатурою розв'язуваних завдань, однак їх об'єднують спільні підходи до організації взаємодії з користувачем. У своєму складі більшість редакторів 3D-графіки містять набір стандартних підсистем (середовище моделювання, система візуалізації, бібліотеки текстур й об'єктів, додаткові модулі та ін.), які дають змогу ефективно організувати роботу користувача щодо створення та редагування 3D-моделей.

При відборі редакторів 3D-графіки необхідно враховувати [1]:



– рівень інформатичної підготовки студентів та початкові навички роботи з комп'ютерною технікою. Студентам повинен бути зрозумілим інтерфейс графічного редактора (складність і різноманітність функцій, зміст підказок і повідомлень, наявність довідок тощо), а також базові принципи 3D-моделювання;

– системні вимоги до апаратної складової комп'ютерів для забезпечення ефективної і комфортної роботи студентів у середовищі редакторів 3D-графіки (тип і частота мікропроцесора, обсяги оперативної і постійної пам'яті, роздільна здатність монітора та ін.);

– сумісність редактора 3D-графіки з іншими графічними пакетами, оскільки для повноцінної роботи окремі завдання 3D-моделювання можуть розв'язуватися у середовищі інших програмних засобів;

– доступність редакторів 3D-графіки та можливість їх використання у навчальних цілях. Безкоштовна версія графічного редактора та його вільне розповсюдження є одним з важливих критеріїв відбору програмного засобу.

Дамо загальну характеристику найбільш поширених графічних редакторів для 3D-моделювання, які успішно можна використовувати у професійній підготовці майбутніх учителів.

Blender [13] – редактор створення тривимірної комп'ютерної графіки, що містить у своєму складі інструменти для моделювання, анімації, а також розробки відеоігор. Графічний редактор Blender підтримує динаміку твердих і м'яких тіл, а також рідин; має велику кількість легкодоступних модулів, написаних мовою Python. Редактор Blender – це повноцінний 3D-редактор, який володіє повністю програмованим інтерфейсом й унікальною внутрішньою файловою системою. Попри відкритий вихідний код і повну доступність додатка, Blender є потужним 3D-редактором, який активно розвивається.

Серед основних переваг Blender необхідно виокремити такі:



- кросплатформенність (здатність працювати під управлінням будь-якої операційної системи);
- невеликі системні вимоги;
- відкритий код (безкоштовне поширення);
- регулярне оновлення (постійне удосконалення функціоналу програми);
- універсальність (можливість створення 3D-моделей, анімації, монтажу відео, ігор та ін.);
- новаторський інтерфейс (можливість налаштування під конкретні запити користувача та специфіку виконуваних завдань).

Водночас до недоліків Blender варто зарахувати складність вивчення, оскільки програма містить велику кількість функцій та інструментів, складних для засвоєння, особливо для початківців.

SketchUp або *Google SketchUp* [16] – редактор для створення тривимірних об'єктів, що реалізує концепцію прямого моделювання геометрії. Робота з програмою передбачає найперше створення плоского контуру з наявних геометричних примітивів, якому згодом надається тривимірна форма за допомогою додавання або віднімання відповідного об'єму. *SketchUp* підтримує експорт й імпорт різних форматів файлів тривимірної графіки, містить бібліотеку компонентів і матеріалів, яку можна поповнювати власними розробками. Редактор доступний у двох варіантах – безкоштовному (*SketchUp*) і комерційному (*SketchUp Pro*).

Переваги *SketchUp*:

- безкоштовна освітня версія (наявність спеціально розробленої версії для використання у закладах освіти);
- гнучкість у використанні (можливість роботи в браузері у вигляді онлайн додатка, що уможливорює віддалене використання програми);



– інтеграція з хмарними сервісами (можливість зберігати та спільно використовувати проєкти завдяки доступу до хмарних сервісів, зокрема Google Диск);

– сумісність з іншими додатками (підтримка експорту та імпорту 3D-моделей у різних форматах);

– наявність бібліотеки готових 3D-моделей, текстур та матеріалів, що значно прискорює процес створення навчальних проєктів.

Серед недоліків SketchUp необхідно виокремити такі: обмежена функціональність освітньої версії, порівняно з професійною (відсутні складні інструменти моделювання, фотореалістичного рендерингу, анімації та ін.); обмежена кількість форматів для імпорту (експорту) в освітній версії програми.

Solidworks [17] – продукт компанії Solidworks Corporation, який володіє широким спектром додаткових модулів та розширень, що дають змогу успішно розв'язувати різноаспектні інженерні завдання, здійснювати автоматизоване проєктування, зокрема в галузі техніки. Для прикладу, інженери можуть використовувати інструменти Solidworks для проведення аналізів деталей на міцність та визначення їх динамічних характеристик, створення архітектурних моделей (Architectural), встановлення взаємодії у електронних системах (Electrical) та розв'язання інших спеціалізованих завдань.

Серед основних переваг Solidworks необхідно виокремити такі:

– потужні можливості для автоматизованого проєктування та створення складних 3D-моделей;

– широкий спектр модулів (наявність додаткових спеціалізованих підпрограм для розв'язання різнопланових інженерних задач);

– інтегрований комплекс для підготовки виробництва на основі проєкту;

– можливість здійснювати підготовку студентів до розв'язання реальних інженерних задач.



Таким чином, Solidworks є ефективним інструментом для ознайомлення студентів з основами 3D-моделювання та інженерного аналізу, дає змогу підготувати майбутніх фахівців до викликів сучасного інформаційного суспільства та розв'язання реальних інженерних задач.

До недоліків Solidworks відносять: складність освоєння програми, що вимагає тривалого вивчення навіть базових функцій; висока вартість ліцензії, зокрема й для закладів освіти; підвищені вимоги до технічної складової комп'ютерів.

Wings 3D [19] – потужний програмний засіб тривимірного моделювання, який надає у розпорядження користувача безліч ефективних інструментів для створення реалістичних тривимірних моделей. Графічний редактор характеризується простим та доступним інтерфейсом користувача, містить інтегровані засоби відображення AutoUV, уможливорює експорт файлів у провідні формати 3D-графіки.

Переваги Wings 3D:

- безкоштовна версія програми з відкритим вихідним кодом, що дає можливість використання без додаткових витрат на придбання ліцензій;
- простий інтерфейс, що полегшує процес опанування студентами функціональних можливостей програми та основ 3D-моделювання;
- наявність базових інструментів моделювання, що дає змогу створювати нескладні 3D-моделі, особливо на початковому етапі навчання студентів основ 3D-моделювання;
- підтримка експорту моделей у поширені формати файлів (зокрема STL) для їх подальшого використання;
- вбудований інструмент AutoUV для автоматичного текстурування моделей.



Серед недоліків Wings 3D необхідно виокремити: відсутність складних інструментів для створення деталізованих професійних 3D-моделей; обмежені можливості для текстурювання створених моделей; відсутність підтримки анімації.

Daz Studio [14] – це потужне й водночас абсолютно безкоштовне програмне забезпечення для реалізації завдань тривимірного моделювання. Особливістю програми є створення 3D-зображень з GPU-прискоренням під час рендеринга, що дає можливість створювати реалістичні тривимірні моделі. Крім цього, *Daz Studio* уможливорює підтримку створення сцен і спеціальні функціональні засоби для анімації моделей.

Серед основних переваг *Daz Studio* необхідно виокремити такі:

- наявність безкоштовної версії програми, що уможливорює її широке використання у закладах освіти;
- підтримка GPU прискорення при рендерингу;
- наявність функціоналу для створення та налаштування 3D-сцен з об'єктами;
- підтримка анімації створених 3D-моделей;
- вбудований інструмент AutoUV для автоматичного текстурювання моделей;
- можливість для детального налаштування в Genesis параметрів моделей.

До недоліків *Daz Studio* відносять: складний інтерфейс та тривалий період опанування основами роботи в програмі, особливо для початківців; високі вимоги до апаратного забезпечення комп'ютера; окрема плата за додаткові 3D моделі.

Open SCAD [15] – безкоштовний графічний редактор для 3D-моделювання, призначений для успішного розв'язання завдань у галузі проєктування (промисловий дизайн, архітектура, дизайн інтер'єру). На відміну від інших



подібних редакторів, Open SCAD не є інтерактивним інструментом, а лише 3D-компілятором, який відображає деталі проекту в тривимірному вигляді.

Переваги Open SCAD:

- безкоштовне поширення програми;
- можливість створення параметричних моделей зі змінними параметрами;
- автоматична генерація 3D-моделей;
- наявність великої бази прикладів і бібліотек;
- можливість підтримки різних форматів;
- можливість налаштовувати інтерфейс під запити користувача.

Серед недоліків Open SCAD доцільно виокремити: складність освоєння програми; необхідність навичок написання коду для створення складних моделей; обмеження функціоналу, тобто неможливість створення моделей лише за допомогою миші.

Онлайн-сервіс *Tinkercad* [18] – призначений для 3D-моделювання у середовищі додатку, що працює у веб-браузері, з можливістю подальшого передавання моделей на 3D-принтер. Програма має простий та зрозумілий інтерфейс, набір ефективних інструментів, а також уможливорює хмарне збереження моделей й імпорт готових проектів для їх подальшої обробки. *Tinkercad* створений за технологією WebGL, відтак у своїй роботі не потребує встановлення спеціальних додатків, а лише браузера, який підтримує WebGL (Chrome, Safari, Opera та ін.). Розроблені 3D-моделі можна зберігати на сервері або вивантажувати на локальний носій інформації у форматі STL. Для некомерційного використання сервіс *Tinkercad* розповсюджується безкоштовно.

Висновки. Таким чином, нині існує широкий вибір програмних засобів для реалізації завдань 3D-моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів, що відрізняються за своїми функціональними можливостями, складністю освоєння та сферою застосування. Вибір конкретної програми



залежить від цілей навчання студентів певної спеціальності та їхнього досвіду в галузі 3D-моделювання. Системна робота студентів з 3D-редакторами сприяє розвитку просторової уяви, творчості, нестереотипності мислення, що є важливими складовими професійної компетентності майбутніх педагогів.

Перспективи подальших наукових розвідок вбачаються у дослідженні організаційно-методичних засад навчання студентів педагогічних ЗВО основам 3D-моделювання, залежно від обраної спеціальності та специфіки розв'язуваних завдань.

Список використаних джерел

1. Гніденко І.А., Воробйов І.Є. Аналіз сучасних продуктів 3D-моделювання, можливості їх застосування в навчальному процесі. URL: https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/42726/1/Гніденко_Воробйов%203-D%20моделювання.pdf (дата звернення: 11.07.2024 р.).
2. Годорожа І.В., Стьопкін А.В., Турка Т.В. Використання засобів 3D-моделювання на уроках трудового навчання. URL: http://stepkin.ddpu.edu.ua/personal/Stepkin/all/2016_Stepkin_DUHOVN2_vstat.pdf (дата звернення: 11.07.2024 р.).
3. Жукова В.М. Використання електронних навчальних комплексів у професійній підготовці та самостійній діяльності майбутніх інженерів. *Вісник ЛНУ імені Тараса Шевченка*. 2013. № 18 (277). Ч. I. С. 68–76.
4. Макаренко Л.Л. Концепція процесу формування інформаційної культури майбутнього вчителя технологій. *Науковий часопис Нац. пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. Вип. 42. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. С. 152–163.
5. Максименко С.Д. Психологічні детермінанти цифровізації освіти в Україні. *Вісник НАПН України*. 2022. № 4 (2). С. 1–7.



6. Мосіюк О.О. Особливості вивчення 3D моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів інформатики. *Науковий вісник Ужгородського нац. ун-ту. Серія: Педагогіка. Соціальна робота* / голов. ред. І.В. Козубовська. Ужгород: Говерла, 2018. Вип. 2 (43). С. 182–186.
7. Нищак І.Д. Дидактичні можливості інформаційних технологій навчання у процесі інженерно-графічної підготовки студентів. *Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки*. 2015. № 26 (359). С. 11–17.
8. Нищак І.Д. Основи 3-D графіки і комп'ютерної анімації. Практичні, самостійна та контрольна роботи: навч.-метод. посібн. Дрогобич: РВВ ДДПУ ім. І. Франка, 2013. 178 с.
9. Твердохліб І., Деркач А. Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в школах України та світу. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739268/1/Твердохліб_Деркач PSP 2023.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739268/1/Твердохліб_Деркач_PSP_2023.pdf) (дата звернення: 12.07.2024 р.).
10. Теоретико-методологічні засади інформатизації освіти та практична реалізація інформаційно-комунікаційних технологій в освітній сфері України: монографія / В.Ю. Биков, О.Ю. Буров, А.М. Гуржій, М.І. Жалдак, М.П. Лещенко, С.Г. Литвинова, В.І. Луговий, В.В. Олійник, О.М. Спірін, М.П. Шишкіна / наук. ред. В.Ю. Биков, С.Г. Литвинова, В.І. Луговий. Київ: Компринт, 2019. 214 с.
11. Чернуха М., Рябець С. 3D-моделювання в проектній діяльності з технологій. URL: https://cusu.edu.ua/images/conferences/2019/m11/IX_Mignar_konf/ChernuhaM_RyabecS.pdf (дата звернення: 12.07.2024 р.).
12. Яшанов С.М. Система інформатичної підготовки майбутніх учителів трудового навчання: монографія; За наук. ред. М.І. Жалдака. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2010. 485 с.
13. Blender. URL: <https://www.blender.org/>
14. Daz Studio. URL: <https://www.daz3d.com/>



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

15. Open SCAD. URL: <https://openscad.org/>

16. SketchUp Pro. URL: <https://google-sketchup.ru.uptodown.com/windows>

17. Solidworks for Students. URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/students>

18. Tinkercad. URL: <https://www.tinkercad.com/>

19. Wings 3D. URL: <https://wings-3d.ru.malavida.com/windows/>