DOI: https://doi.org/10.31392/NZ-udu-167.2026.10
УДК: 37.091.12:005.336.2]:004.8159

Загородня Тетяна Миколаївна,
кандидат технічних наук, асистент кафедри електроенергетики
Сумського державного університету
https://orcid.org/0000-0001-7910-9348
e-mail: t.zagorodnya@etech.sumdu.edu.ua
Чумак Микола Євгенійович,
доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій і програмування Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
https://orcid.org/0000-0002-9956-9429
e-mail: chumak.m.e@gmail.com

ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСОБУ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

У статті теоретично обґрунтовано дидактичний потенціал 3D-моделювання як інструменту реалізації STEM-орієнтованого підходу в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти. Актуальність дослідження зумовлена інтенсивною цифровою трансформацією навчання та гострою потребою у впровадженні засобів, що забезпечують міждисциплінарність, практичну спрямованість і розвиток інженерного мислення учнів. Метою роботи є визначення педагогічних можливостей 3D-моделювання та розроблення напрямів його інтеграції в освітню діяльність, зокрема в умовах змішаного навчання.

Методологічну основу розвідки становлять комплекс теоретичних методів, як-от аналіз наукової та нормативної літератури, систематизація підходів до STEM-освіти, а також емпіричні методи, зокрема педагогічне спостереження та вивчення досвіду реалізації учнівських 3D-проєктів. Доведено, що 3D-моделювання виходить за межі суто технічного опанування програмного забезпечення, виступаючи потужним інтеграційним засобом для природничо-математичних дисциплін, технологій та мистецтва. Виокремлено ключові дидактичні функції 3D-моделювання: візуалізаційну, проєктно-конструкторську, дослідницьку, мотиваційну, а також комунікативну.

Обґрунтовано, що створення тривимірних об'єктів стимулює розвиток просторової уяви, алгоритмічного мислення, навичок проєктування та рефлексії. Особливу увагу приділено ефективності застосування 3D-технологій в умовах змішаного навчання, де поєднання очних занять із дистанційним опрацюванням матеріалів через електронні навчально-методичні комплекси забезпечує гнучкість освітнього процесу та персоналізацію навчання. Запропоновано структуру та компоненти електронного навчально-методичного комплексу, який сприяє розвитку самостійності учнів.

Підсумовано, що 3D-моделювання відповідає фундаментальним засадам STEM-освіти, адже орієнтує здобувачів освіти на розв'язання реальних проблем шляхом створення власних цифрових і матеріалізованих продуктів. Визначено, що ефективність впровадження цієї технології залежить від вікової адаптації завдань, комплексності оцінювання та наявності якісної цифрової інфраструктури. Перспективи подальших досліджень спрямовані на розроблення цілісної методики навчання 3D-моделювання для різних вікових груп та наукове обґрунтування педагогічних умов інтеграції віртуальної і доповненої реальності в шкільний

STEM-простір.

Ключові слова: *3D-моделювання, STEM-освіта, освітній процес, інформатика, проєктна діяльність, віртуальна реальність, учні, заклади загальної середньої освіти.*

Сучасна загальна середня освіта перебуває в умовах активної цифрової трансформації, що зумовлює необхідність оновлення змісту, методів, форм і засобів навчання. Особливої актуальності набуває підготовка учнів до життя в цифровому суспільстві, де важливими є не лише предметні знання, а й уміння застосовувати їх для розв'язання практичних завдань, створення цифрових продуктів, проєктування, моделювання, аналізу та презентації результатів власної діяльності. Важливим орієнтиром виступає Державний стандарт базової середньої освіти, який ґрунтується на компетентнісному підході та визначає обов'язкові результати навчання учнів у різних освітніх галузях [1].

Одним із перспективних напрямів реалізації компетентнісного підходу є STEM-освіта, що передбачає інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії та математики навколо реальних проблем і практичних завдань. У Концепції розвитку природничо-математичної освіти STEM-освіта розглядається як цілісна система розвитку особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей на основі практичного застосування наукових, математичних, технічних та інженерних знань [2]. У зв'язку з цим актуалізується потреба в пошуку таких цифрових засобів навчання, які б забезпечували міждисциплінарність, практичну спрямованість, дослідницький характер діяльності та можливість створення учнями власного освітнього продукту [3].

До таких засобів належить 3D-моделювання, використання якого в освітньому процесі дає змогу візуалізувати абстрактні поняття, створювати моделі об'єктів і процесів, розробляти прототипи, організовувати проєктну діяльність, а також залучати учнів до творчого й інженерного пошуку. Водночас у практиці закладів загальної середньої освіти потенціал 3D-моделювання ще не повною мірою реалізований через недостатню кількість адаптованих навчально-методичних матеріалів, різний рівень цифрової компетентності педагогів, обмеженість технічного забезпечення та потребу в розробленні цілісних методичних підходів до його використання в умовах змішаного навчання.

Проблема впровадження STEM-освіти в освітній процес закладів загальної середньої освіти є предметом уваги вітчизняних науковців, методистів і педагогів-практиків. У методичних рекомендаціях STEM-освіта розглядається як педагогічна інновація XXI століття, спрямована на формування навичок співпраці, творчого розв'язання проблем, ухвалення рішень, керування проєктами та навчання впродовж життя. Автори наголошують, що основою STEM-навчання є розв'язання складного питання або реальної проблеми, яку неможливо повноцінно розглянути в межах лише

однієї навчальної дисципліни [4].

STEM-освіта передбачає поєднання формальної та неформальної освіти, залучення учнів до дослідницької, проєктної, конструкторської та інженерної діяльності. Такий підхід є близьким до методики навчання 3D-моделювання, оскільки створення тривимірної моделі вимагає від учня не лише володіння програмним інструментом, а й розуміння властивостей об'єкта, його форми, пропорцій, функцій, можливого практичного застосування.

У методичному посібнику Є. Єльпітіфорова, С. Рудишина та А. Кмець STEM-освіта розглядається як поєднання міждисциплінарного та проєктного підходів, основою яких є інтеграція природничих наук, технологій, інженерної майстерності й математики [5]. Автори зазначають, що використання елементів STEM-технології створює для школярів нові можливості, робить їх активнішими, зацікавленими у власній освіті, сприяє формуванню критичного мислення та навичок дослідницької діяльності. Ці положення є важливими для обґрунтування дидактичного потенціалу 3D-моделювання, оскільки саме 3D-модель може виступати матеріалізованим результатом STEM-проєкту.

Безпосередній зв'язок 3D-моделювання зі STEM-освітою розкрито у праці О. Романюка та С. Пойди. Дослідники розглядають моделювання як важливий засіб формування життєвих компетентностей сучасного учня, оскільки процес створення, аналізу й удосконалення моделей сприяє розвитку критичного мислення, уміння порівнювати альтернативні рішення та виокремлювати суттєві характеристики об'єкта [6]. На думку авторів, створення й аналіз моделей є невід'ємною складовою STEM-навчання, адже 3D-модель дає змогу побачити майбутній виріб, механізм або пристрій ще до його фізичного виготовлення. Важливим є й те, що 3D-моделювання має міждисциплінарний характер і може застосовуватися не лише під час вивчення математики чи фізики, а й на уроках хімії, біології, географії, літератури та інших навчальних предметів.

У праці М. та А. Когдась «Від 3D-моделювання до 3D-друку» 3D-моделювання визначається як потужний інструмент освітнього процесу, що сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу, розвитку творчих та аналітичних навичок учнів [7]. Автори виокремлюють низку напрямів його використання: візуалізація абстрактних понять, симуляція процесів і явищ, дизайн і творчість, інтерактивні заняття, історичні реконструкції, природничі науки, інженерія, географія, мистецтво, командна робота та проєктна діяльність. Це дає підстави розглядати 3D-моделювання не лише як тему курсу інформатики, а як інтегрований дидактичний засіб, здатний поєднувати різні освітні галузі.

У дослідженні І. Барановської та Д. Барановського розкрито можливості впровадження 3D-технологій в освітній процес підготовки здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей [8]. Хоча праця стосується переважно вищої освіти, її положення є важливими і для шкільної практики, оскільки автори наголошують на широких можливостях 3D-технологій для компетентнісного, творчого й професійного розвитку здобувачів освіти. Дослідники визначають

два основні напрями розвитку 3D-технологій – 3D-моделювання та адитивне виробництво, а також звертають увагу на доступність інструментів для початкового опанування, зокрема Tinkercad. Це має методичне значення для закладів загальної середньої освіти, де важливо добирати програмні засоби відповідно до віку учнів, рівня їхньої підготовки та технічних можливостей школи.

Значний інтерес для дослідження становить праця Д. Дерев'янка та В. Дерев'янка, присвячена використанню цифрових технологій у навчанні 3D-моделювання учнів закладів загальної середньої освіти [9]. Автори підкреслюють, що тривимірне моделювання має вагомий педагогічний потенціал, оскільки сприяє розвитку технічного мислення, просторової уяви, креативності, умінь розв'язувати проблеми, проєктувати й аналізувати об'єкти. У дослідженні також наголошено, що ефективність застосування цифрових інструментів залежить від належної організації індивідуальної та групової проєктної діяльності, використання мультимедійних ресурсів для візуалізації процесів моделювання, а також від рівня підготовленості педагогів до роботи з такими технологіями.

Аналіз наукових і методичних джерел свідчить про значний дидактичний потенціал 3D-моделювання у реалізації STEM-освіти. Разом із тим, недостатньо дослідженими залишаються аспекти його системного впровадження в умовах змішаного навчання, розроблення електронних навчально-методичних комплексів, інтеграції з технологіями віртуальної реальності, а також підходи до оцінювання результатів STEM-проєктів, у межах яких тривимірна модель є ключовим освітнім продуктом.

Метою статті є теоретичне обґрунтування дидактичного потенціалу 3D-моделювання як засобу реалізації STEM-освіти учнів закладів загальної середньої освіти та визначення основних напрямів його використання в освітньому процесі, зокрема в умовах змішаного навчання.

Для досягнення мети використано теоретичні та емпіричні методи дослідження. Теоретичні методи охоплювали аналіз наукової, навчально-методичної та нормативної літератури з проблем STEM-освіти, 3D-моделювання й цифровізації навчання, а також узагальнення підходів до визначення дидактичного потенціалу 3D-моделювання. Емпіричні методи передбачали педагогічне спостереження, аналіз учнівських 3D-проєктів та вивчення досвіду використання 3D-моделювання в освітньому процесі.

3D-моделювання в освітньому процесі доцільно розглядати як цифрову технологію створення, модифікації, аналізу та візуалізації тривимірних об'єктів. Його дидактичний потенціал виявляється не лише у формуванні технічних навичок роботи з програмними засобами, а й у розвитку просторового та алгоритмічного мислення, творчих здібностей, дослідницьких умінь, а також навичок проєктування, аналізу й рефлексії [7; 9]. На відміну від традиційного сприймання готових зображень, 3D-моделювання передбачає активну діяльність учня: він аналізує об'єкт, визначає його структуру, добирає спосіб

побудови, виконує моделювання, перевіряє результат, вносить зміни та презентує власний продукт [6; 9].

У контексті STEM-освіти 3D-моделювання є засобом інтеграції кількох освітніх галузей. Наприклад, під час створення моделі мосту або вежі учень застосовує знання з математики для розрахунку пропорцій і симетрії, з фізики – для розуміння стійкості конструкції, з інформатики – для роботи з програмним середовищем, з технологій – для проєктування виробу, з мистецтва – для естетичного оформлення.

У галузі STEM-освіти, використання 3D-моделювання сприяє поєднанню різних сфер навчання. Наприклад, коли учень створює модель мосту чи вежі, він застосовує свої знання з математики для визначення пропорцій та симетрії, фізики – для розуміння стійкості конструкції, інформатики – для роботи з програмним забезпеченням, технологій – для проєктування продукту, мистецтва – для надання естетичного вигляду. У випадку моделювання «розумного» будинку, учні використовують знання з природничих наук – для добору енергоефективних рішень, математичні навички – для обчислення площі та об'єму, а також цифрові технології – для створення тривимірної моделі. Саме така інтеграція відповідає сутності STEM-підходу, який орієнтований на розв'язання практичних проблем, а не на ізольоване засвоєння навчального матеріалу [4; 5].

Дидактичний потенціал 3D-моделювання в реалізації STEM-освіти можна розкрити через кілька взаємопов'язаних функцій.

По-перше, це візуалізаційна функція. 3D-моделі допомагають учням краще зрозуміти складні або абстрактні поняття, які важко уявити за допомогою двовимірних зображень. Наприклад, у біології можна моделювати клітину, органи людини, будову рослини; у хімії – молекули та кристалічні ґратки; у географії – рельєф місцевості; у фізиці – механізми, прості машини або траєкторії руху. В астрономії 3D-моделювання використовують для візуалізації руху планет, супутників та будови Сонячної системи. Це дає змогу краще усвідомити просторові масштаби та орбітальні взаємодії [6; 7]. Така візуалізація сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу, оскільки учень не лише спостерігає модель, а й бере участь у її створенні [7].

По-друге, 3D-моделювання виконує проєктно-конструкторську функцію. STEM-освіта передбачає створення учнями практичного продукту, а 3D-модель може бути як кінцевим результатом проєкту, так і проміжним етапом перед виготовленням прототипу [4; 6]. Наприклад, учні можуть створювати моделі екологічного будинку, шкільного простору, навчального приладу, деталі механізму, архітектурної споруди, елемента робототехнічної конструкції. У процесі такої діяльності формується здатність переходити від ідеї до її цифрової реалізації, оцінювати недоліки власного задуму та вдосконалювати його [6; 9].

По-третє, важливою є дослідницька функція 3D-моделювання. Учні можуть змінювати параметри моделі, порівнювати різні варіанти конструкції, перевіряти гіпотези, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки. Наприклад, під

час моделювання вітряка можна змінювати форму лопатей і досліджувати, як це впливає на ефективність конструкції; під час створення моделі мосту – перевіряти, які геометричні форми забезпечують більшу міцність; під час моделювання шкільного подвір'я – планувати простір з урахуванням ергономіки, безпеки та естетики. Інтегрувати знання з фізики, інженерії та екології спонукає створення моделі сонячної електростанції, оскільки під час такої діяльності учні змінюють кут нахилу панелей, їх розташування та досліджують ефективність генерації енергії залежно від умов освітлення [4; 5; 6].

По-четверте, 3D-моделювання має мотиваційну функцію. Створення власної моделі є для учнів більш привабливим, ніж виконання репродуктивних завдань. Учень бачить конкретний результат своєї роботи, може продемонструвати його однокласникам, удосконалити, використати в іншому проєкті або підготувати до 3D-друку [7; 8]. Це підвищує навчальну мотивацію, сприяє розвитку відповідальності за результат і формує позитивне ставлення до інформатики, технологій та природничо-математичних дисциплін [5; 9].

По-п'яте, 3D-моделювання має комунікативну та командну функцію. STEM-проєкти доцільно організовувати в малих групах, де учні розподіляють ролі: дослідник, дизайнер, конструктор, програмний оператор. Такий підхід сприяє формуванню навичок співпраці, аргументації власних рішень, колективного планування, взаємооцінювання та рефлексії [4; 5]. Особливо цінним є те, що 3D-модель стає спільним об'єктом обговорення, навколо якого вибудовується командна взаємодія [6; 7].

В умовах змішаного навчання 3D-моделювання набуває особливої значущості, оскільки може поєднувати очну й дистанційну форми роботи. Теоретичний матеріал, відеоінструкції, покрокові алгоритми, приклади моделей, інтерактивні завдання й критерії оцінювання доцільно розміщувати в електронному навчально-методичному комплексі. Практична робота може виконуватися як у комп'ютерному класі, так і вдома за допомогою доступних онлайн-сервісів. Учитель при цьому виконує роль організатора, консультанта й фасилітатора проєктної діяльності [4; 9].

Електронний навчально-методичний комплекс із 3D-моделювання має містити такі компоненти: теоретичний блок; демонстрації; інструкційні картки; практичні завдання різного рівня складності; приклади STEM-проєктів; банк 3D-моделей; критерії оцінювання; засоби зворотного зв'язку; завдання для самостійної, парної та групової роботи. Такий комплекс дає змогу індивідуалізувати навчання, забезпечити доступ учнів до матеріалів у зручний час, підтримати тих, хто потребує додаткових пояснень, і водночас створити умови для поглибленого вивчення теми учнями з високим рівнем підготовки [4; 9].

Важливим напрямом розвитку дидактичного потенціалу 3D-моделювання є його поєднання з технологіями віртуальної та доповненої реальності. Якщо традиційна 3D-модель дає змогу створити й переглянути об'єкт на екрані, то

віртуальна реальність забезпечує ефект занурення в модельоване середовище. Це відкриває нові можливості для вивчення складних об'єктів і процесів: віртуальних лабораторій, анатомічних моделей, історичних реконструкцій, архітектурних просторів, технічних механізмів [7; 8]. У межах STEM-освіти це посилює практичну й дослідницьку спрямованість навчання [4; 5].

Для ефективного використання 3D-моделювання в закладах загальної середньої освіти необхідно враховувати вікові особливості учнів. У 5-6 класах доцільно використовувати прості середовища моделювання, які мають інтуїтивний інтерфейс і дають змогу швидко отримати результат. У 7-9 класах можна поступово ускладнювати завдання, вводити поняття форми, масштабу, симетрії, композиції, точності побудови, просторових координат. У 10-11 класах доцільно переходити до більш складних проєктів, пов'язаних із дизайном, архітектурою, інженерним моделюванням, підготовкою моделей до друку або використанням у віртуальних середовищах [8; 9].

Оцінювання навчальних результатів у процесі 3D-моделювання має бути комплексним. Доцільно враховувати не лише якість готової моделі, а й розуміння учнем поставленої проблеми, обґрунтованість вибору способу моделювання, самостійність виконання, уміння вдосконалювати модель, командну взаємодію, презентацію результату та рефлексію. Критеріями можуть бути: відповідність моделі поставленому завданню; функціональність; точність і пропорційність; естетичність; оригінальність; практична значущість; уміння пояснити етапи створення [4; 5; 9].

Отже, 3D-моделювання в умовах STEM-освіти доцільно розглядати не як окрему технічну навичку, а як комплексний дидактичний засіб, що забезпечує інтеграцію знань, розвиток мислення, формування цифрової та проєктної компетентностей, підвищення мотивації та створення умов для індивідуалізації навчання.

Висновки. У результаті аналізу наукових джерел і методичних підходів установлено, що 3D-моделювання має значний дидактичний потенціал для реалізації STEM-освіти учнів закладів загальної середньої освіти. Його використання забезпечує поєднання теоретичного навчання з практичною діяльністю, сприяє формуванню в учнів просторової уяви, інженерного мислення, креативності, цифрової компетентності, навичок дослідження, проєктування та командної взаємодії.

3D-моделювання відповідає ключовим ознакам STEM-освіти: міждисциплінарності, практичній спрямованості, проблемності, дослідницькому характеру навчання та орієнтації на створення реального або цифрового продукту. Воно може бути ефективно інтегроване в навчання інформатики, математики, фізики, біології, географії, технологій, мистецтва, а також у міжпредметні STEM-проєкти.

Особливого значення 3D-моделювання набуває в умовах змішаного навчання, оскільки дає змогу поєднувати очну практичну роботу з дистанційним опрацюванням матеріалів, виконанням індивідуальних і групових

завдань, використанням електронних навчально-методичних комплексів, відеоінструкцій, онлайн-сервісів і цифрових середовищ. Це створює передумови для індивідуалізації навчання та підвищення його гнучкості.

Особливого значення 3D-моделювання набуває в умовах змішаного навчання, оскільки забезпечує поєднання очної практичної діяльності з дистанційним опрацюванням навчального матеріалу, виконанням індивідуальних завдань, завдань в невеликих групах, а також використанням електронних навчально-методичних комплексів, відеоінструкцій, онлайн-платформ і цифрових середовищ. Це створює передумови для індивідуалізації освітнього процесу, підвищення його гнучкості та адаптивності до потреб здобувачів освіти. Крім того, змішаний формат навчання розширює можливості для організації самостійної роботи учнів, зокрема через доступ до хмарних сервісів 3D-моделювання, що дає змогу їм продовжувати проєктну діяльність поза межами навчального закладу та здійснювати поетапне вдосконалення власних розробок. Також він сприяє ефективнішій організації зворотного зв'язку між учителем і учнями, оскільки цифрові інструменти дають змогу оперативно аналізувати проміжні результати, коригувати помилки та супроводжувати навчальний процес у режимі реального часу.

Перспективи подальших досліджень убачаємо в розробленні цілісної методики навчання 3D-моделювання для здобувачів закладів загальної середньої освіти в умовах змішаного навчання, створенні відповідного електронного навчально-методичного комплексу, а також у систематизації та науково обґрунтованому доборі STEM-проєктів для різних вікових груп учнів. Слід звернути увагу на визначення ефективних педагогічних умов інтеграції 3D-моделювання в освітній процес, зокрема поєднання off-line і on-line форм навчання, використання цифрових платформ і хмарних сервісів, а також організація якісного зворотного зв'язку між учителем і учнями.

Використана література:

1. Кабінет Міністрів України. Державний стандарт базової середньої освіти (Постанова № 898 від 30 вересня 2020 р.). 2020. URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/898-2020-%D0%BF
2. Кабінет Міністрів України. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (Розпорядження № 960-р від 5 серпня 2020 р.). 2020. URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/960-2020-%D1%80
3. Кабінет Міністрів України. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року (Розпорядження № 131-р від 13 січня 2021 р.). 2021. URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/131-2021-%D1%80
4. Ihor V. Hevko, Olha I. Potapchuk, Iryna B. Lutsyk, Oleksandr B. Yashchyk, Lesia L. Makarenko Methodology of using 3d modeling and printing in graphic training of future digital technology specialists Information Technologies and Learning Tools. 2022. Vol. 87 No. 1. https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/issue/view/116
5. Єльпітіфоров Є. М., Рудишин С. Д., Кмець А. М. Моделі STEM-уроків в закладах загальної середньої освіти – ключові і предметні компетентності в контексті природничих наук : методичний посібник. Корпункт. 2024.
6. Романюк О. Н., Пойда С. А. (б. д.). 3D моделювання в контексті STEM. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі. С. 110-112.
7. Когдась М. Г., Когдась А. С. Від 3D-моделювання до 3D-друку. *Engineering and Educational Technologies*, 11(3), 2023. С. 66-78. DOI : https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.06

8. Барановська І. Г., Барановський Д. М. Впровадження технологій 3D-моделювання в освітній процес підготовки здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей. *Open Educational E-Environment of Modern University*, 17. 2024. DOI : https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.171
9. Дерев'янко Д., Дерев'янко В. Застосування цифрових технологій у 3D-моделюванні для учнів шкіл: Розвиток творчих та технічних навичок у навчальному процесі. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки»*, 4, 2025. С. 197-203.
10. Міністерство освіти і науки України. (б. д.). Інформатика. Навчальна програма вибірково-обов'язкового предмету для учнів 10-11 класів закладів загальної середньої освіти. Рівень стандарту. URL : https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv

References:

1. Kabinet Ministriv Ukrainy. Derzhavnyi standart bazovoi serednoi osvity [State standard of basic secondary education]. (2020). (Postanova № 898 vid 30 veresnia 2020 r.). URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/898-2020-%D0%BF [in Ukrainian].
2. Kabinet Ministriv Ukrainy. Kontseptsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [Concept of development of science and mathematics education (STEM education)]. (2020). (Rozporiadzhennia № 960-r vid 5 serpnia 2020 r.). URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/960-2020-%D1%80 [in Ukrainian].
3. Kabinet Ministriv Ukrainy. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku [On approval of the action plan for the implementation of the Concept for the Development of Science and Mathematics Education (STEM Education) until 2027]. (2021). (Rozporiadzhennia № 131-r vid 13 sichnia 2021 r.). URL : https://zakon.rada.gov.ua/go/131-2021-%D1%80 [in Ukrainian].
4. Ihor V. Hevko, Olha I. Potapchuk, Iryna B. Lutsyk, Oleksandr B. Yashchyk, Lesia L. Makarenko Methodology of using 3d modeling and printing in graphic training of future digital technology specialists Information Technologies and Learning Tools. 2022. Vol. 87 No. 1. [in Englian].
5. Yelpitiforov Ye. M., Rudyshyn S. D., Kmets A. M. (2024). Modeli STEM-urokiv v zakladakh zahalnoi serednoi osvity – kliuchovi i predmetni kompetentnosti v konteksti pryrodnychykh nauk [STEM lesson models in secondary education institutions – key and subject competencies in the context of natural sciences] : metodychnyi posibnyk. Korpunkt. [in Ukrainian].
6. Romaniuk O. N., Poida S. A. (b. d.). 3D modeliuvannia v konteksti STEM. Informatsiini tekhnolohii v kulturi, mystetstvi, osviti, nautsi, ekonomitsi ta biznesi. [3D modeling in the context of STEM. Information technologies in culture, art, education, science, economics and business]. S. 110-112 [in Ukrainian].
7. Kohdas M. H., Kohdas A. S. (2023). Vid 3D-modeliuvannia do 3D-druku [From 3D modeling to 3D printing]. *Engineering and Educational Technologies*, 11(3). S. 66-78. DOI : https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.06 [in Ukrainian].
8. Baranovska I. H., Baranovskyi D. M. (2024). Vprovadzhennia tekhnolohii 3D-modeliuvannia v osvitnii protses pidhotovky zdobuvachiv tekhnichnykh ta mystetskykh spetsialnostei [Introduction of 3D modeling technologies into the educational process of training applicants for technical and artistic specialties]. *Open Educational E-Environment of Modern University*, 17. DOI : https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.171 [in Ukrainian].
9. Derevianko D., Derevianko V. (2025). Zastosuvannia tsyfrovykh tekhnolohii u 3D-modeliuvanni dlia uchniv shkil: Rozvytok tvorchykh ta tekhnichnykh navychok u navchalnomu protsesi [Application of digital technologies in 3D modeling for school students: Development of creative and technical skills in the educational process]. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Seriia «Pedahohichni nauky»*, 4. S. 197-203 [in Ukrainian].
10. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. (b. d.). Informatyka. Navchalna prohrama vybirkovo-oboviazkovoho predmetu dlia uchniv 10-11 klasiv zakladiv zahalnoi serednoi osvity. [Informatics. Curriculum of an elective and compulsory subject for students in grades 10-11 of secondary education institutions]. Riven standartu. URL : https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv [in Ukrainian].

T. Zahorodnia, M. Chumak. Didactic potential of 3D modeling as a means of implementing a STEM-oriented approach in general secondary education institutions.

The article provides a theoretical substantiation of the didactic potential of 3D modeling as a tool for implementing a STEM-oriented approach in general secondary education. The relevance of the study is driven by the rapid digital transformation of education and the pressing need to introduce resources that ensure interdisciplinarity, practical orientation, and the development of students' engineering thinking. The aim of the work is to determine the pedagogical capabilities of 3D modeling and to define strategies for its integration into the educational process, particularly within the context of blended learning.

The methodological framework of the study includes a complex of theoretical methods, such as an analysis of scientific and regulatory literature and a systematization of approaches to STEM education, as well as empirical methods, including pedagogical observation and the study of student 3D projects. It is demonstrated that 3D modeling transcends the purely technical mastery of software, serving as a powerful integrative tool for STEM disciplines, technology, and the arts. The study highlights key didactic functions of 3D modeling: visualization, project-based design, research, motivation, and communication.

It is substantiated that the creation of three-dimensional objects stimulates the development of spatial imagination, algorithmic thinking, design skills, and reflection. Particular attention is given to the effectiveness of applying 3D technologies in a blended learning environment, where the combination of face-to-face instruction with remote material processing through electronic educational-methodical complexes ensures flexibility and personalization of the learning process. The structure and components of an electronic educational-methodical complex, designed to foster student independence, are proposed.

In conclusion, 3D modeling aligns with the fundamental principles of STEM education by orienting students toward solving real-world problems through the creation of their own digital and materialized products. It is determined that the success of implementing this technology depends on age-appropriate task adaptation, comprehensive assessment, and the availability of high-quality digital infrastructure. Prospects for further research are directed toward developing a holistic methodology for teaching 3D modeling across different age groups and scientifically substantiating the pedagogical conditions for integrating virtual and augmented reality into the school STEM environment.

Keywords: *3D modeling, STEM education, computer science, project activity, virtual reality, electronic educational and methodological complexes.*

Дата першого надходження рукопису до видання: 30.03.2026

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 13.04.2026

Дата публікації: 30.04.2026