

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

**Фізико-математичний факультет
Кафедра інформатики та методики її навчання**

Кваліфікаційна робота

**ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ STEM-ОРІЄНТОВАНОЇ
ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ІНФОРМАТИКИ**

Спеціальність 014 Середня освіта

**Освітня програма
«Середня освіта (Інформатика, математика, STEM освіта)»**

**Здобувача вищої освіти освітньо-
кваліфікаційного рівня «магістр»
Гречака Романа Богдановича**

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат біологічних наук, доцент
Шмигер Галина Петрівна**

**РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних
технологій Тернопільського
національного педагогічного
університету ім. В. Гнатюка,
Ящик Олександр Богданович**

Тернопіль – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEM-ОРІЄНТОВАНОЇ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ІНФОРМАТИКИ.....	7
1.1. Концепція STEM-освіти та її реалізація в сучасній школі.....	7
1.2. Позакласна діяльність як складова формування цифрової компетентності учнів.....	10
1.3. Цифрові технології як інструмент реалізації STEM-підходу в позакласній роботі з інформатики	12
Висновки до розділу 1	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ПРОЕКТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ.....	17
2.1. Особливості вивчення технологій обробки графічних даних у процесі позакласної діяльності.....	17
2.2. Особливості використання 3D-моделювання для реалізації STEM-ініціатив.....	27
2.3. Створення та функціонування позакласного освітнього середовища з цифрового дизайну та 3D-моделювання.....	37
Висновки до розділу 2	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Сучасний етап розвитку освіти характеризується переходом до нової парадигми навчання, що ґрунтується на інтеграції цифрових технологій, міждисциплінарних підходів та орієнтації на формування компетентностей, необхідних для життя та професійної діяльності у високотехнологічному суспільстві. У цих умовах STEM-освіта розглядається як ключовий інструмент модернізації змісту та форм організації освітнього процесу, оскільки спрямована на розвиток у здобувачів освіти здатності застосовувати знання природничих наук, технологій, інженерії та математики для розв'язання практичних проблем, проєктування та дослідження реальних об'єктів і процесів [2; 15].

Одним із важливих напрямів реалізації STEM-освіти є позакласна діяльність, яка забезпечує розширення навчальних можливостей учнів, стимулює їхню пізнавальну активність, сприяє розвитку дослідницької поведінки та впровадженню проєктних форм роботи [16]. Саме позакласна робота створює умови для вільного вибору тематики, гнучкості форм, індивідуалізації освітньої траєкторії, а також для залучення сучасних цифрових інструментів, які не завжди можуть бути повною мірою інтегровані в обмежені рамки освітньої програми.

Актуальність цієї теми обумовлена тим, що використання цифрових технологій, зокрема графічних редакторів, середовищ 3D-моделювання та сервісів цифрового дизайну відкривають широкі можливості для організації STEM-проєктів. Застосування таких інструментів у позакласній діяльності не лише підсилює мотивацію учнів, але й формує низку важливих компетентностей: цифрову, технологічну, інженерну, проєктну, комунікативну. У світовій та вітчизняній педагогічній практиці дедалі більше уваги приділяється STEM-проєктам, пов'язаним із візуалізацією даних, 3D-дизайном, цифровим моделюванням, адже вони дозволяють учням працювати з реальними задачами, створювати матеріальні або цифрові продукти, презентувати результати своєї діяльності широкій аудиторії.

Водночас питання науково-методичного забезпечення STEM-орієнтованої позакласної роботи з інформатики потребує подальшого системного дослідження. Зокрема, недостатньо розробленими залишаються підходи до створення цифрового позакласного середовища, критерії відбору цифрових технологій для STEM-проєктів, методичні аспекти використання 3D-моделювання та графічних інструментів у позакласній діяльності, а також способи оцінювання ефективності таких занять.

Мета дослідження.

Теоретично обґрунтувати та систематизувати підходи до організації STEM-орієнтованої позакласної роботи з інформатики із застосуванням цифрових технологій та засобів 3D-моделювання.

Для досягнення поставленої мети нами були визначені такі **завдання дослідження**:

1. Теоретично обґрунтувати основи STEM-освіти та проаналізувати можливості її реалізації в умовах сучасної української школи.
2. З'ясувати потенціал STEM-орієнтованої позакласної роботи з інформатики із застосуванням цифрових технологій та засобів 3D-моделювання.
3. Охарактеризувати цифрові інструменти та технології 3D-моделювання як ресурс STEM-орієнтованої позакласної роботи з інформатики.
4. Систематизувати підходи та розробити методичні рекомендації до організації STEM-орієнтованої позакласної роботи з інформатики.

Об'єктом дослідження є процес позакласної діяльності учнів з інформатики в умовах упровадження STEM-освіти.

Предметом дослідження є методичні підходи та організаційні умови реалізації STEM-орієнтованої позакласної діяльності з інформатики.

Практичне значення дослідження полягає у розробленні та обґрунтуванні методичних підходів до організації STEM-орієнтованої позакласної діяльності з інформатики, які можуть бути безпосередньо впроваджені в освітню практику закладів загальної середньої освіти.

Апробація результатів магістерського дослідження.

Принципові положення магістерської роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця» (м. Суми, Україна, 4-5 грудня 2025 року).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEM-ОРІЄНТОВАНОЇ ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З ІНФОРМАТИКИ

1.1. Концепція STEM-освіти та її реалізація в сучасній школі

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується глобальними технологічними змінами, що зумовлюють потребу у фахівцях, здатних не лише володіти знаннями, а й ефективно застосовувати їх у реальних життєвих і професійних ситуаціях [2]. У цьому контексті особливого значення набуває STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) - міждисциплінарний підхід до навчання, що інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику на основі практикоорієнтованої діяльності [1; 7]. Концепція STEM-освіти спрямована на розвиток у здобувачів освіти критичного мислення, креативності, комунікативних і дослідницьких навичок, а також умінь розв'язувати комплексні проблеми засобами сучасних технологій [13; 22].

Історично термін STEM з'явився наприкінці 1990-х років у США як реакція на необхідність підготовки кадрів для високотехнологічних галузей. Згодом підхід був поширений у країнах Європейського Союзу, Азії, а нині є одним із провідних напрямів розвитку освіти в усьому світі [40; 42]. Основна ідея STEM-підходу полягає у переорієнтації навчального процесу з передавання знань на створення умов для їх практичного застосування [3]. У межах цього підходу учні залучаються до дослідницької, експериментальної та проєктної діяльності, у якій вони інтегрують знання з кількох предметних галузей для розв'язання реальних або змодельованих задач.

Метою STEM-освіти є формування цілісного світогляду та практичних компетентностей, необхідних для життя у високотехнологічному суспільстві [23]. Серед її основних завдань - розвиток наукового мислення, уміння аналізувати дані, працювати в команді, планувати діяльність, створювати й презентувати власні продукти. Відповідно можна виділити такі ключові

принципи STEM-освіти як інтегративність - поєднання знань і вмінь із різних навчальних галузей у межах однієї діяльності; практична спрямованість - орієнтація на розв'язання реальних проблем і створення корисних продуктів; дослідницько-проектна діяльність - навчання через експериментування, моделювання, створення прототипів; використання цифрових технологій як інструменту пізнання, аналізу та презентації результатів; співпраця і комунікація - організація навчання у форматі командної діяльності [3].

В Україні STEM-підхід почав активно впроваджуватись після ухвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [27] (Наказ МОН України № 574 від 05.08.2020 р.), у якій визначено стратегічні напрями розвитку цієї галузі. Згідно з документом, STEM-освіта має забезпечити підготовку учнів до життя в умовах цифрової економіки, сприяти розвитку їхніх інноваційних і підприємницьких компетентностей, а також формуванню здатності до дослідження та самонавчання.

Важливим нормативним підґрунтям реалізації STEM-підходу є також Державний стандарт базової середньої освіти (2020 р.) [9], у якому закладено компетентнісний підхід та орієнтацію на формування наскрізних умінь: критичного мислення, ініціативності, інноваційності, уміння працювати в команді, застосовувати цифрові технології у навчанні та житті. У межах стандарту наголошується на міжгалузевій інтеграції, що створює методичні передумови для впровадження STEM-освіти під час вивчення предметів природничо-математичного циклу, зокрема інформатики.

В українських школах реалізація STEM-освіти [10] здійснюється через *інтеграцію елементів STEM у зміст базових навчальних предметів* [17] (інформатика, фізика, математика, технології тощо); *організацію позакласної STEM-діяльності* (гуртки, клуби, конкурси, фестивалі, проектні лабораторії); *створення STEM-центрів і STEM-лабораторій*, що забезпечують учнів можливістю експериментувати з робототехнікою, 3D-моделюванням, цифровими сенсорами; *участь у міжнародних STEM-проектах і програмах*,

спрямованих на розвиток креативності, програмування, інженерного мислення [42].

Особливе місце у впровадженні STEM-підходу посідає інформатика, адже саме вона забезпечує технологічну складову - створення, опрацювання та візуалізацію даних, моделювання об'єктів і процесів, програмування, автоматизацію рішень. Позакласна діяльність з інформатики виступає природним середовищем для реалізації STEM-освіти, оскільки поєднує цифрові інструменти з творчими та дослідницькими завданнями. Під час виконання учнями проєктів із програмування, робототехніки, 3D-моделювання, обробки графічних або статистичних даних створюються умови для інтеграції знань з математики, фізики, технологій і мистецтва [13].

Разом із тим, процес реалізації STEM-освіти в Україні має низку проблем [10]. Серед основних це недостатня підготовка педагогів до впровадження інтегрованих проєктів, обмежена матеріально-технічна база шкіл, відсутність єдиної системи методичних рекомендацій для організації позакласної STEM-роботи. Проте останніми роками спостерігається і позитивна динаміка у впровадженні STEM-освіти, так як активно створюються STEM-центри при закладах освіти, організовуються STEM-тижні, з'являються онлайн-курси та цифрові ресурси для підтримки вчителів (зокрема, STEM-освітня платформа МОН України, платформи «На Урок», «Всеосвіта», «МАН-Лаб» тощо) [11].

Таким чином, STEM-освіта в Україні розвивається як інноваційний напрям формування науково-технічного мислення та цифрових компетентностей учнів. Її впровадження у шкільну практику, особливо через позакласну діяльність з інформатики, сприяє розвитку пізнавальної активності, дослідницьких навичок, умінь працювати з сучасними технологіями та створювати власні цифрові продукти. Реалізація STEM-підходу є перспективним напрямом модернізації шкільної освіти, що відповідає завданням Нової української школи та викликам цифрової доби [25].

1.2. Позакласна діяльність як складова формування цифрової компетентності учнів

У сучасному освітньому просторі позакласна діяльність посідає важливе місце як ефективний засіб розвитку особистості, формування її ключових і предметних компетентностей, а також забезпечення неперервності освіти. Вона є невід'ємною складовою освітнього процесу, яка доповнює навчальну діяльність, розширює зміст шкільних предметів і створює умови для практичного застосування знань. Особливу роль позакласна діяльність відіграє у формуванні цифрової компетентності, що визнана однією з ключових у XXI столітті [14].

Згідно з Концепцією розвитку цифрової компетентності громадян України (2021), цифрова компетентність трактується як здатність особистості впевнено, ефективно, критично та безпечно використовувати цифрові технології для навчання, роботи, комунікації, співпраці, а також для особистісного розвитку. Її зміст узгоджується з Рамкою цифрової компетентності громадян Європейського Союзу (DigComp 2.2), яка виокремлює такі компоненти: інформаційна грамотність, комунікація у цифровому середовищі, створення цифрового контенту, безпека та розв'язання проблем за допомогою цифрових засобів [14].

Формування цифрової компетентності учнів не може бути обмежене лише навчальними заняттями. Практика свідчить, що саме позакласна діяльність створює умови для індивідуалізації освітнього процесу, реалізації творчого потенціалу учнів, розвитку дослідницьких і проєктних навичок. Позакласна робота з інформатики дозволяє інтегрувати різні напрями діяльності - програмування, 3D-моделювання, робототехніку, цифрову графіку, відеомонтаж, аналітику даних - і, таким чином, забезпечує міжпредметну взаємодію, властиву STEM-освіті [43].

Позакласна діяльність у галузі інформатики може мати різні форми: гуртки, факультативи, шкільні наукові товариства, конкурси, хакатони, майстер-класи, тренінги, участь у всеукраїнських і міжнародних освітніх ініціативах. Наприклад, участь школярів у таких заходах, як STEM is FEM, Hour of Code, First

Lego League або ITalent, сприяє розвитку практичних навичок застосування технологій, критичного мислення та командної роботи. Участь у конкурсах комп'ютерної графіки, вебдизайну чи робототехніки мотивує учнів до поглиблення знань і розвиває цифрову креативність.

Учені (В. Биков, М. Кадемія, О. Соколова, Б. Бесєдін) підкреслюють, що позакласна діяльність має не лише освітній, а й виховний потенціал, оскільки формує культуру безпечного та етичного використання цифрових технологій, відповідальність за результати спільної діяльності, цифрову громадянськість. Завдяки практичній спрямованості позакласних занять учні вчаться застосовувати знання у реальних ситуаціях: створюють цифрові продукти, здійснюють комунікацію у команді, шукають і критично оцінюють інформацію в мережі [5; 27].

Важливою умовою ефективної організації позакласної діяльності є орієнтація на STEM-підхід, який забезпечує міжпредметну інтеграцію природничих, технологічних, інженерних і математичних знань. Використання цифрових інструментів, таких як Tinkercad, Scratch, Canva, Google Workspace, Miro, Code.org, дозволяє створювати інтерактивні освітні проєкти та забезпечує практичне засвоєння знань у контексті реальних завдань [8]. Наприклад, у межах STEM-клубів учні можуть розробляти 3D-моделі об'єктів, проводити віртуальні експерименти або створювати цифрові освітні ресурси.

Роль учителя в організації позакласної діяльності полягає у функціях наставника, консультанта, фасилітатора. Учитель створює умови для самостійного вибору теми й форм діяльності учнями, мотивує їх до пошуку інноваційних рішень, координує командну роботу. Ефективна позакласна діяльність ґрунтується на принципах добровільності, доступності, практичної спрямованості та творчої самореалізації. Вона може бути реалізована як у межах школи, так і в партнерстві з ІТ-компаніями, громадськими організаціями, закладами позашкільної освіти [16].

Отже, позакласна діяльність з інформатики є важливим засобом формування цифрової компетентності учнів. Вона поєднує навчальну та

практичну складові освітнього процесу, сприяє розвитку інтересу до інформаційних технологій, підтримує міжпредметні зв'язки та стимулює розвиток критичного, креативного й алгоритмічного мислення. У контексті реалізації Концепції «Нова українська школа» та Концепції розвитку STEM-освіти позакласна діяльність стає простором, де формуються сучасні цифрові громадяни, здатні до інноваційної діяльності та саморозвитку у цифровому суспільстві.

1.3. Цифрові технології як інструмент реалізації STEM-підходу в позакласній роботі з інформатики

Нинішній етап розвитку освіти характеризується активною інтеграцією цифрових технологій у всі сфери навчального процесу, що зумовлює необхідність їх широкого використання не лише в урочній, а й у позакласній діяльності. У контексті розвитку STEM-освіти позакласна робота з інформатики набуває особливої ваги, адже саме вона створює умови для формування інженерного мислення, розвитку творчих здібностей, здійснення навчальних експериментів та реалізації міждисциплінарних проєктів. Цифрові технології виступають ключовим інструментом такого освітнього процесу, забезпечуючи практичну спрямованість, доступ до сучасних ресурсів та можливість створення реальних продуктів діяльності [4].

Поєднання цифрових інструментів зі STEM-підходом відповідає запитам сучасних учнів, які виростають у цифровому середовищі та прагнуть застосовувати технології для розв'язання актуальних завдань. Використання таких інструментів у позакласній роботі сприяє розвитку цифрової компетентності, інтелектуальних умінь, здатності до самоосвіти, а також формує навички командної взаємодії та проєктної роботи. Оскільки STEM-освіта ґрунтується на інтеграції науки, техніки, інженерії та математики, цифрові технології стають невід'ємним елементом реалізації її методичних стратегій [15].

Однією з ключових причин ефективності цифрових технологій у STEM-орієнтованій позакласній діяльності є їх здатність моделювати складні процеси,

явища та об'єкти. Використання онлайн-симуляцій, віртуальних лабораторій і цифрових платформ дозволяє учням виконувати експерименти, які часто неможливо реалізувати у шкільних умовах. Наприклад, симулятори PhET дають можливість проводити віртуальні досліди з математики, фізики, хімії чи біології, що підсилює міжпредметний характер позакласних STEM-проектів [12]. Такі інструменти забезпечують безпечне середовище для експериментів, доступне навіть за відсутності спеціалізованого обладнання.

Важливе місце у STEM-орієнтованій позакласній роботі посідають інструменти 3D-моделювання, які допомагають формувати в учнів просторове мислення, навички конструювання та інженерної діяльності. Використання програмних середовищ Tinkercad, SketchUp, Blender або Fusion 360 дозволяє створювати моделі предметів, механізмів і архітектурних об'єктів, а також підготувати їх до 3D-друку. У контексті STEM-підходу такі інструменти можуть бути інтегровані з робототехнікою, фізичними експериментами, геометричними дослідженнями, екологічними проєктами. Наприклад, учні можуть розробити корпус для датчика температури, деталь для робота або макет енергоефективного будинку, що дозволяє поєднати знання з інформатики, математики, фізики й технологій [43].

Значний потенціал для розвитку STEM-компетентностей мають середовища програмування та мікроконтролерні платформи. Участь учнів у проєктах з використанням Arduino, micro:bit або Raspberry Pi сприяє формуванню розуміння роботи електронних схем, сенсорів, алгоритмів керування та автоматизації. Такі проєкти часто реалізуються у позакласній діяльності у форматі гуртків або STEM-клубів, де учні вивчають основи електроніки та програмування, створюють інтелектуальні пристрої, системи моніторингу, прототипи роботизованих механізмів. Завдяки цьому вони отримують досвід розв'язання інженерних завдань, що наближує їх до реальної професійної діяльності [30].

Особливу роль у STEM-проєктах відіграють хмарні сервіси та онлайн-платформи, які забезпечують можливість спільної роботи, зберігання матеріалів,

доступу до цифрових лабораторій і навчальних ресурсів. Серед найбільш популярних можна назвати Google Workspace for Education, Microsoft Teams, Canva, GeoGebra, Desmos та інші. За допомогою таких сервісів учні можуть працювати над проєктами дистанційно, створювати презентації, моделі, анімації, проводити розрахунки чи обробляти дані. Це сприяє розвитку навичок цифрової комунікації, колаборації, управління даними — компетентностей, які є основними в контексті STEM-освіти.

Цифрові технології також виступають засобом візуалізації та презентації результатів STEM-проєктів [12]. Учні активно використовують сервіси для створення відео, інтерактивних плакатів, вебсторінок або віртуальних турів. Це дозволяє не лише продемонструвати кінцевий продукт, а й зрозуміти логіку створення проєкту, проаналізувати помилки та оцінити ефективність застосованих рішень. Публічний захист проєктів сприяє розвитку комунікативної компетентності, умінь аргументувати власні рішення, презентувати результати роботи перед аудиторією - навичок, які є важливими для майбутньої професійної діяльності.

Одним із ключових аспектів використання цифрових технологій у STEM-орієнтованій позакласній роботі є створення умов для індивідуалізації та диференціації навчання. Учні отримують можливість працювати у власному темпі, обирати технології відповідно до власних інтересів і здібностей, реалізовувати особистісно важливі проєкти. Наприклад, старшокласник, який цікавиться дизайном, може створити складну 3D-модель, а учень, схильний до програмування, - розробити алгоритм керування робототехнічним пристроєм. Такий підхід підвищує мотивацію та сприяє формуванню глибокого інтересу до STEM-напрямів [43].

Участь у STEM-ініціативах, конкурсах, фестивалях і хакатонах є важливою складовою позакласної діяльності, що ґрунтується на використанні цифрових технологій. Такі заходи як «Hour of Code», «STEM is FEM», «Всеукраїнський фестиваль інновацій», «Futureland Festival» чи освітні олімпіади з інформатики стимулюють учнів до поглибленого вивчення сучасних технологій та сприяють

розвитку творчого потенціалу [10]. Залучення школярів до подібних активностей дозволяє формувати змагальний дух, розвивати здатність працювати в команді, планувати діяльність та дотримуватися дедлайнів.

Таким чином, цифрові технології є фундаментом реалізації STEM-підходу в позакласній роботі з інформатики. Вони забезпечують доступ до інноваційних засобів навчання, створюють умови для міжпредметної інтеграції, дають змогу виконувати практичні завдання та реалізовувати творчі проєкти. Використання цифрових інструментів сприяє розвитку критичного й логічного мислення, формуванню інженерних навичок, розвитку здатності до аналізу, моделювання та досліджень [14]. Позакласна діяльність, що ґрунтується на цифрових технологіях і STEM-підході, сприяє не лише підвищенню якості навчання, а й забезпечує умови для професійного самовизначення учнів у галузях інформатики, техніки та природничих наук.

Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи розкрито теоретичні засади організації STEM-орієнтованої позакласної діяльності з інформатики, що є важливою передумовою формування в учнів ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації в умовах цифрової трансформації суспільства.

Аналіз концептуальних підходів до STEM-освіти засвідчує, що її фундаментом є інтеграція природничих дисциплін, технологій, інженерії та математики в цілісний освітній процес, зорієнтований на дослідницьку, проєктну та практико-орієнтовану діяльність учнів. У контексті української школи STEM-підхід поступово набуває системного характеру, закріплюючись у державних стандартах, освітніх програмах та ініціативах, спрямованих на розвиток інноваційної культури й технічної творчості школярів.

Позакласна діяльність розглядається як важливий інструмент формування цифрової компетентності учнів, оскільки вона забезпечує варіативність форм навчання, створює сприятливі умови для розвитку практичних умінь і сприяє

реалізації індивідуальних освітніх траєкторій. Гуртки, факультативи, конкурси, хакатони, STEM-клуби та участь у всеукраїнських і міжнародних освітніх ініціативах дозволяють учням розвивати навички роботи з інформаційними технологіями, критичне мислення, уміння працювати в команді та застосовувати знання на практиці.

Окрему увагу в розділі приділено цифровим технологіям як ключовому елементу реалізації STEM-підходу в позакласній роботі з інформатики. Показано, що сучасні графічні інструменти, вебсервіси, середовища моделювання, 3D-конструювання, симулятори й інтерактивні платформи розширюють можливості проєктної та дослідницької діяльності, сприяють розвитку технічної творчості, візуального мислення, алгоритмічної культури й інженерного підходу до розв'язання проблем. Цифрові технології забезпечують міжпредметну інтеграцію та створюють умови для наближення навчання до реальних викликів і потреб сучасного цифрового суспільства.

Таким чином, результати теоретичного аналізу дозволяють стверджувати, що STEM-орієнтована позакласна діяльність з інформатики є ефективним засобом формування цифрової та інженерної компетентностей учнів, розвитку їхньої мотивації до навчання й творчої самореалізації.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ПРОЕКТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА 3D- МОДЕЛЮВАННЯ В ПОЗАКЛАСНІЙ РОБОТІ

2.1. Особливості вивчення технологій обробки графічних даних у процесі позакласної діяльності

Вивчення технологій обробки графічних даних у позакласній діяльності з інформатики має специфічні дидактичні та організаційні особливості, що відрізняють його від традиційного уроку. Позакласні форми роботи забезпечують вищий рівень мотивації, творчої свободи та можливість реалізації довготривалих або міжпредметних проєктів, які складно впровадити у межах навчальної програми [43].

Однією з ключових особливостей є практикоорієнтований характер навчання. Учні працюють із реальними графічними задачами - створенням логотипів, афіш, інфографіки, оптимізацією зображень для вебресурсів, моделюванням 2D- та 3D-об'єктів. Це сприяє розвитку алгоритмічного мислення, творчих здібностей, уміння застосовувати цифрові інструменти у життєвих ситуаціях.

Важливим аспектом є використання сучасних онлайн-платформ та програмних засобів: Canva, Krita, GIMP, Figma, Tinkercad, SketchUp тощо [39; 45]. Позакласна діяльність дозволяє учням опановувати ширший спектр інструментів, ніж це передбачено шкільною програмою, та розвивати навички вибору оптимального програмного рішення залежно від поставленої задачі.

Оскільки позакласна робота часто має груповий або проєктний формат, значну роль відіграє командна взаємодія. Учні вчаться розподіляти ролі (дизайнер, технічний редактор, 3D-моделіст, аналітик даних), вести спільні проєкти, працювати над єдиним цифровим продуктом. Така діяльність сприяє формуванню комунікативної, проєктної та цифрової компетентностей.

Ще однією особливістю є інтеграційний характер навчання, наприклад,: опрацювання графічних даних природно поєднується з основами фізики (світло, оптика, колірні моделі), математики (координати, пропорції, геометричні перетворення), мистецтва (композиція, кольорознавство) та технологій. Це відповідає ідеології STEM-освіти, де графічні інструменти слугують засобом моделювання та візуалізації об'єктів і процесів [46].

Таким чином, позакласне вивчення технологій обробки графічних даних є ефективним засобом розвитку цифрової компетентності учнів, забезпечує умови для творчої самореалізації та створює методичні передумови для впровадження STEM-проектів різного рівня складності.

Практична спрямованість навчання в позакласній роботі. У позашкільному занятті присвяченому комп'ютерній графіці, заняття будуються максимально практично. Вихованці приходять за власним інтересом, тож вмотивовані одразу отримати видимий результат своєї роботи. На відміну від уроків, де час обмежений програмою, позакласна робота дає змогу довше зосередитися на творчих завданнях і проєктах. При розробці програми позакласної роботи педагог враховує, що завдання не повинні дублювати шкільні уроки – натомість пропонуються нові об'єкти діяльності, які розширюють горизонт знань учнів [13]. Це підвищує зацікавленість дітей, вони охоче опановують нові технології обробки графічних даних, якщо бачать їх практичну користь у власній творчості. Вже на перших заняттях доцільно дати учням просте завдання, яке приносить швидкий успіх – наприклад, створити колаж чи просту листівку у графічному редакторі. Досвід показує: якщо дитина *вже після перших уроків отримує реальний продукт* (скажімо, зображення, яке можна роздрукувати чи показати друзям), то інтерес до подальшого навчання стрімко зростає [43]. Саме тому позакласні програми з графіки акцентують на практичних результатах – готових картинках, презентаціях, дизайнах тощо – що учні створюють власноруч.

Організація занять і приклад тижневого плану позакласної роботи. Заняття з графічних технологій зазвичай проводяться 1–2 рази на тиждень і

тривають довше за звичайний урок – часто півтори-дві години з перервою. Оптимальною є група з ~10–15 учнів, що дозволяє приділити увагу кожному і водночас організувати командну роботу [28]. Протягом навчального року (30–34 тижні) учні поступово проходять шлях від ознайомлення з основами до самостійних проєктів [31].

Наведемо орієнтовний сценарій занять на один тиждень (при зустрічах раз на тиждень):

Підготовчий етап (початок заняття). Керівник оголошує тему тижня – наприклад, *«Растровий колаж: поєднання кількох зображень»*. Спочатку відбувається коротка мотивація: демонстрація готового колажу, обговорення де в житті застосовується такий прийом (оформлення афіш, мемів, листівок). Це захоплює учнів і налаштовує їх на роботу. Далі педагог пояснює нові прийоми: як вирізати фрагменти зображень, накладати шари, додавати текст чи ефекти. На цьому етапі діти можуть задати питання, а вчитель – показати кілька прикладів на екрані.

Основна практика. Учні переходять до комп'ютерів і одразу починають виконувати практичне завдання. Наприклад, створити колаж *«Мій клас – космічна команда»*, поєднавши фото однокласників з фоновим зображенням космосу та додавши підписи. Використовується простий онлайн-інструмент, такий як Canva – інтуїтивний графічний редактор, що дозволяє працювати з готовими шаблонами, зображеннями і текстом [37]. Canva має бібліотеку безкоштовних елементів і зручний інтерфейс, тож учні 5–8 класів швидко опановують базові функції (перетягування картинок, зміна розміру, кольору, шрифтів). Педагог і асистенти (якщо є) ходять між учнями або моніторять екрани, допомагаючи порадами. Важливо дати дітям творчу свободу: кожен може обрати власну тему колажу чи стиль оформлення. Такий особистісно орієнтований підхід відповідає концепції НУШ, де вчитель виступає фасилітатором і наставником, а не просто джерелом знань [41].

Перерва і розрядка. Приблизно за 20 хвилин безперервної роботи за комп'ютером оголошується **коротка перерва** (5–7 хвилин). Згідно з санітарними

нормами, учням 5–7 класів не слід працювати за екраном понад 20 хвилин поспіль, а 8–9-класникам – більше 25 хвилин[7]. Під час перерви діти роблять вправи для очей, розминають руки, можуть встати з місць. Керівник позакласної роботи пропонує веселі руханки або програє фонову музику, щоб перемкнути увагу. Така пауза розряджає напругу і допомагає уникнути перевтоми, адже *важливо дотримуватися вікових обмежень екранного навантаження і піклуватися про здоров'я дітей.*

Продовження і презентація результатів. Після перерви діти завершують свої роботи (ще ~15–20 хв роботи за комп'ютером) і переходять до обговорення. Кожен вихованець має можливість показати свій колаж групі – на проекторі або спільному екрані – і коротко розповісти, що він зобразив. Решта учасників та педагог відгукуються позитивно, відзначають цікаві ідеї, можуть м'яко порадити покращення. Такий формат міні-презентацій формує у школярів навичку публічного виступу і вміння оцінювати роботи один одного конструктивно. В кінці заняття керівник підсумовує: хвалить за старання, підкреслює, чого нового навчилися (наприклад, *«сьогодні ми навчилися поєднувати зображення та працювати з шарами»*). Також дається анонс наступного тижня – це підтримує інтригу і бажання відвідати позакласну роботу знову.

Очний та дистанційний формати роботи позакласної роботи. Позакласну роботу з графічного дизайну можна проводити як у очному форматі, так і дистанційно, залежно від обставин (карантин, погодні умови, тощо). Очні заняття традиційно проходять у комп'ютерному класі або STEAM-лабораторії, де кожен учень забезпечений комп'ютером. Перевага очної роботи – це живе спілкування та легкість контролю: педагог може фізично підійти до учня, допомогти виправити помилку, показати щось на екрані. Учнім простіше працювати в групах – вони можуть обговорювати за однією партою свої проєкти, разом малювати ескізи на папері перед реалізацією у цифровій формі. В очній позакласній роботі легше організувати командні ігри, конкурси між підгрупами, виставки робіт на стендах класу.

Водночас, онлайн-позакласна робота забезпечує гнучкість і безперервність навчання, коли очні зустрічі неможливі. Для проведення дистанційних занять керівнику позакласної роботи необхідно використати поєднання відеозв'язку та онлайн-платформ. Найпоширенішим рішенням є відеоконференція (Zoom, Google Meet) – під час неї педагог пояснює новий матеріал, демонструє свій екран (наприклад, як працювати в Canva чи іншій програмі), а учні слухають і ставлять запитання. Одночасно створюється спільний онлайн-простір для класу: це може бути Google Classroom або віртуальний клас в Canva/TinkerCAD. Через Classroom або месенджери викладач розсилає матеріали: зображення-заготовки, інструкції, посилання на довідники чи відеоуроки. Вихованці позакласної роботи виконують практичні завдання вдома на своїх комп'ютерах і діляться результатами: надсилають файли або скриншоти в спільну групу. Згідно з методичними рекомендаціями, для зв'язку з учнями зручними є групи в месенджерах (Viber, Telegram, Facebook Messenger) та спеціальні освітні платформи, де можна обмінюватися файлами і повідомленнями[8]. Педагогу варто чергувати синхронні і асинхронні форми роботи, щоб уникнути перевтоми дітей від відеоконференцій. Наприклад, 20 хвилин відеоуроку – пояснення теми, а далі самостійна робота учнів над проєктом офлайн, протягом якої вони можуть консультуватися в чаті. Дистанційний формат вимагає більше самодисципліни від учнів, тому керівник застосовує додаткові стимули: *онлайн-вікторини* (Kahoot, Quizizz) для закріплення знань, *спільні дошки* (Miro, Padlet) для колективного мозкового штурму, *цифрові бейджі* чи сертифікати за виконанні проєкти. Існують зручні інструменти для класної взаємодії, наприклад ClassDojo, де віртуальний клас дозволяє публікувати учнівські роботи, коментувати їх і навіть відзначати «плюсами» активність [9]. Важливо також підтримувати особистий контакт – вмикати камери на початку занять, вітатися, обговорювати успіхи і труднощі. *Соціально-емоційна підтримка* у дистанційній позакласній роботі має не менше значення, ніж на очному, адже дружня атмосфера підвищує мотивацію.

При дистанційній роботі варто особливо стежити за режимом і навантаженням. Новий Санітарний регламент для шкіл визначає чіткі обмеження тривалості онлайн-уроків та роботи з гаджетами, щоб навчання не шкодило здоров'ю дітей [21]. Керівник позакласної роботи дотримується цих норм: наприклад, проводить відеозаняття не довше 30 хвилин для середніх класів, решту – в асинхронному режимі; обов'язково робить перерви між вправами, пропонує учням фізкультхвилинки навіть перед екраном. Такі заходи відповідають державним вимогам та рекомендаціям НУШ щодо збереження здоров'я школярів під час навчання. Крім того, педагог веде облік дистанційної роботи – зберігає учнівські роботи, скриншоти екранів, переписку у групах як підтвердження проведених занять [28]. Це важливо для звітності і контролю якості позашкільної освіти.

Методичні основи і програми позакласної роботи з графіки. Викладання технологій опрацювання графічних даних на позакласних заняттях спирається на сучасні державні стандарти і програмні вимоги. Нова українська школа визначає оволодіння комп'ютерною графікою як одну з ключових ІКТ-компетентностей учнів. Зокрема, *Державний стандарт базової середньої освіти 2022 року* включає поняття растрової та векторної графіки до змісту інформатики 5–9 класів [27]. Уже в 5–6 класах на уроках учні знайомляться з відмінностями між векторними і растровими зображеннями, вчать виконувати найпростіші операції в графічних редакторах (малювати фігури, змінювати їх колір, додавати текст) [18]. НУШ акцентує увагу на практичній творчості: програми передбачають, що школярі створюватимуть власні прості графічні проєкти – логотипи, піктограми, колажі – застосовуючи знання про графічні примітиви та їх властивості [19]. Таким чином, до середніх класів учні вже мають базу теоретичних знань і первинних умінь, на які можна спиратися в позакласній роботі.

Позашкільна програма з комп'ютерної графіки розробляється відповідно до рекомендацій МОН. Існують типові програми, схвалені науково-методичними радами, які можна використовувати або адаптувати під свою

позакласну роботу. Наприклад, навчальна програма «Основи комп'ютерної графіки» (2021) розрахована на учнів 8–11 класів і має на меті *формування компетентностей особистості в процесі опанування комп'ютерної графіки* [20]. Вона охоплює як теоретичні поняття (растрові vs. векторні зображення, кольорові моделі, формати файлів), так і великий блок практики: робота у растровому редакторі (основи фотомонтажу, ретуші, застосування фільтрів), опанування векторного редактора (побудова простих графічних об'єктів, логотипів, схем), а також елементи комп'ютерної анімації. Для молодшої вікової групи (5–8 класи) програму можна спростити і більше гратифікувати: фокус на *інтерактивних вправах* та ігрових завданнях. Наприклад, ввести модулі «Веселий колаж», «Юний дизайнер одягу» (створення ескізу футболки в Canva), «Комікс» (намалювати коротку історію з власних малюнків і текстових хмаринок). Важливо дотримуватися принципу поступового ускладнення: спочатку діти оволодівають найпростішими навичками (вирізати та вставити зображення, малювати лінії та фігури), згодом переходять до складніших (шари, прозорість, криві, ефекти), а наприкінці здатні реалізувати міні-проект. Так, вже за кілька місяців навчання учні 5–7 класів можуть спроектувати нескладний *дизайн* – скажімо, шкільну стінгазету або рекламний плакат заходу – від задуму до друкованого плаката. Усе це відповідає компетентнісному підходу НУШ, адже поєднує знання з різних галузей (мистецтво, інформатика, трудове навчання) і розвиває креативність, критичне мислення та співпрацю.

Застосування Canva як інструменту навчання. Серед різноманітних програм для обробки графіки особливе місце в позакласній роботі займає платформа Canva. Вона є ідеальним вибором для початкового рівня: безкоштовна, працює онлайн у браузері, має україномовний інтерфейс та багату бібліотеку шаблонів і графічних елементів [36]. Учням не потрібно встановлювати складне ПЗ чи мати потужний комп'ютер – Canva доступна з будь-якого пристрою з інтернетом. У практиці позакласної роботи Canva можна використовувати на різних етапах навчання. По-перше, для ознайомлення з азами дизайну: діти можуть швидко зібрати колаж із готових зображень,

спробувати різні шрифти і кольори, не володіючи ще професійними навичками малювання. Це дає їм відчуття успіху і зацікавлює дизайном. По-друге, Canva служить для оформлення проєктів: коли учень завершує 3D-модель чи іншу роботу, він може створити презентаційний слайд або постер з описом свого проєкту. У Canva легко додати скриншоти моделей, підписи, фони – таким чином діти вчаться презентувати свої результати красиво і зрозуміло [36]. По-третє, Canva підтримує колективну творчість: наприклад, декілька учнів можуть спільно редагувати один макет (за наявності акаунтів для співпраці) або робити частини великого стенду, які потім об'єднуються. Це корисно при створенні спільних інформаційних бюлетенів, альбомів чи інфографіки про діяльність позакласної роботи [28]. Крім того, Canva привчає учнів до етики використання контенту – вона пропонує багато безкоштовних картинок, але також має платні елементи з водяними знаками. Керівник позакласної роботи пояснює про авторське право, і діти вчаться або добирати безкоштовні альтернативи, або створювати графіку власноруч.

Звичайно, Canva – не єдиний інструмент: у процесі навчання діти можуть поступово знайомитися й з іншими програмами. Для растрової графіки це може бути GIMP або Photopea (безкоштовні аналоги Photoshop), для векторної – Inkscape чи базові редактори типу SVG-Edit. Однак саме Canva дозволяє *подолати поріг входження* якнайлегше: учень бачить перед собою просте полотно і набір елементів, з яких можна скласти зображення методом drag-and-drop (перетягування). До того ж, Canva підтримує українську освіту: є спеціальна версія Canva for Education, де вчитель може створити клас і додати учнів для спільної роботи. Таким чином, платформа стає своєрідним цифровим полотном для позакласної роботи, на якому вихованці малюють, експериментують з дизайном і одразу бачать результат. Це відповідає віковим особливостям 10–13-річних дітей, які тяжіють до наочно-дієвого навчання і отримують задоволення від яскравих картинок та інтерактивності.

Заохочення учнів та досягнення високих результатів. Педагогічна майстерність керівника позакласної роботи полягає в тому, щоб підтримувати

постійну мотивацію дітей і спрямовувати їх до все складніших цілей. Одним з дієвих методів є проєктне навчання: коли учні бачать перед собою кінцеву мету (створити постер для шкільного свята, намалювати емблему свого класу, розробити персонажа для гри тощо), вони більш відповідально і творчо підходять до навчання. Проєкт можна розбити на етапи і залучити кожного: хтось шукає інформацію, хтось малює ескіз від руки, інший підбирає палітру кольорів, а хтось верстає все в комп'ютері. Така кооперація в позакласній роботі розвиває у дітей командні навички і взаємне навчання – учні радять одне одному, діляться лайфхаками в Canva чи іншому софті, разом вирішують проблеми. Керівник тільки направляє і підтримує – фактично виконує роль консультанта, довіряючи значну частину рішень самим дітям[20]. Дітям середнього шкільного віку це надзвичайно важливо, адже позакласна робота для них – простір свободи від оцінок і програмних вимог. Дослідження відзначають, що в позашкільній творчості часто *розкриваються ті учні, які на уроках були непомітними*: відсутність страху отримати погану оцінку і можливість робити «справу для душі» підносять їхню впевненість [24]. Тому педагог позакласної роботи повинен заохочувати ініціативу: хвалити за будь-які оригінальні ідеї, виставляти готові роботи на видне місце (наприклад, публікувати у шкільних соцмережах чи на сайті школи), пропонувати участь у конкурсах.

Сьогодні проводиться чимало конкурсів та фестивалів з комп'ютерної графіки для школярів – від міських виставок до міжнародних онлайн-змагань [34]. Участь у таких заходах може стати чудовою мотивацією: діти прагнуть показати свої таланти, переймаються духом змагання і водночас переймають досвід, переглядаючи роботи однолітків. Керівник позакласної роботи допомагає підготувати конкурсні роботи, навчає дотримуватися вимог (формат зображення, розмір, тема) – таким чином вихованці вчаться працювати за реальним технічним завданням. Навіть якщо не вдалося здобути призового місця, сам факт завершення проєкту і участі – це великий крок вперед у навчанні. В кінці року корисно організувати підсумковий творчий захід позакласної роботи: виставку чи презентацію, де кожен учень продемонструє 2–3 найкращі роботи, розкаже,

чого навчився, і отримає аплодисменти від товаришів, батьків та вчителів. Такий творчий звіт підсумовує досягнення і дає дітям заслужене відчуття гордості. За результатами роботи позакласної роботи учні формують власне *портфоліо проектів* – це можуть бути роздруковані малюнки, фотокнига, електронна презентація або навіть простенький веб-сайт/блог з публікацією своїх творінь. Наявність портфоліо не лише тішить школярів, а й може прислужитися в майбутньому для участі в більш серйозних конкурсах, Малій академії наук тощо.

Отже, особливості навчання технологій обробки графічних даних у позакласній роботі полягають у практико-орієнтованому, гнучкому і творчому підході. Позакласна робота забезпечує умови для розкриття індивідуальних здібностей учнів, поглиблення їхніх знань з графіки через діяльність, що цікава їм самим. Поєднання сучасних інструментів (таких як Canva, TinkerCAD, графічні планшети) з методами проєктної роботи дає потужний результат: діти не тільки опановують графічні технології, але й вчаться співпраці, плануванню, презентації – навичкам XXI століття [33]. Дотримання вікових та санітарних норм при цьому гарантує, що заняття будуть корисними і безпечними для здоров'я. Врешті, позакласна робота з цифрової графіки формує в учнях стійку мотивацію вчитися далі в ІТ-галузі: реальні успіхи (намальований власноруч плакат чи змодельований 3D-предмет) породжують віру у власні сили та натхнення продовжувати шлях у світ технологій [6]. Таким чином, позакласна діяльність з графічних технологій стає ефективною платформою для розвитку майбутніх творчих ІТ-фахівців і просто всебічно розвинених особистостей.

2.2. Особливості використання 3D-моделювання для реалізації STEM-ініціатив

Використання технологій 3D-моделювання у позакласній діяльності з інформатики відкриває широкі можливості для впровадження STEM-орієнтованих проєктів, оскільки поєднує інструменти цифрової творчості, інженерного мислення та міждисциплінарної взаємодії. 3D-моделювання виступає не лише засобом технічної діяльності, а й ефективним інструментом

розвитку ключових компетентностей - цифрової, математичної, інженерної, а також компетентності у природничих науках і технологіях.

Однією з основних особливостей 3D-моделювання у STEM-проєктах є його інтегративний характер [30]. Створення об'єкта вимагає знань з геометрії, просторового мислення, розуміння властивостей матеріалів, основ дизайну та навіть біології чи фізики залежно від теми проєкту. Це забезпечує природний міжпредметний зв'язок і сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу, що відповідає принципам STEM-освіти.

Важливою складовою є практична спрямованість діяльності. Учні створюють 3D-моделі не заради технічного процесу, а для розв'язання реальних або наближених до реальних завдань. Це можуть бути моделі для прототипування інженерних конструкцій, макети навчальних приладів, архітектурні об'єкти чи цифрові копії реальних предметів. Таким чином, учні отримують можливість працювати з сучасними технологіями, що використовуються в професійній інженерії, дизайні, архітектурі й науці.

Суттєву роль відіграє й використання доступних цифрових платформ та онлайн-сервісів, серед яких Tinkercad, Blender, Fusion 360, SketchUp, Sculptris, а також спеціалізовані середовища для фотограмметрії чи роботи з персонажами (наприклад, MakeHuman, DAZ Studio). Завдяки цьому позакласні STEM-проєкти можуть реалізовуватися навіть у закладах освіти з обмеженою матеріальною базою, оскільки багато інструментів мають безкоштовні версії або працюють у хмарному середовищі [38; 45; 46]/

Окремої уваги потребує поєднання 3D-моделювання з іншими напрямками STEM-активностей. Зокрема, створення моделей може бути інтегровано з робототехнікою (розробка корпусів або деталей роботів), фізичними експериментами (створення цифрових моделей установок), хімією та біологією (візуалізація молекулярних структур, анатомічних моделей), математикою (робота з фігурами, перетвореннями, параметричними моделями). Така синергія сприяє формуванню у здобувачів комплексного бачення проблеми та навичок проєктної діяльності [29].

Нарешті, використання 3D-моделювання позитивно впливає на мотивацію учнів. Можливість створювати власні цифрові продукти, працювати з інноваційними технологіями, брати участь у конкурсах, хакатонах та STEM-фестивалях формує стійке інтересне ставлення до інформатики та технічних наук. За рахунок цього позакласні STEM-проекти стають важливим інструментом профорієнтації, допомагаючи учням визначитися з майбутньою STEM-спеціальністю [4].

Пропедевтичне значення 3D-моделювання. Тривимірне моделювання сьогодні розглядається як потужний освітній інструмент, що підсилює наочність навчання та розвиває у здобувачів освіти творчі й аналітичні навички [38]. Вміння працювати з 3D-графікою формує просторове мислення та алгоритмічну культуру, а також слугує методичним «містком» між кількома дисциплінами – інформатикою, математикою, технологіями і навіть мистецтвом. У процесі створення тривимірних моделей учні застосовують знання з геометрії (координати, форми тіл, перетворення), використовують засоби ІКТ та програмні інструменти, а результати їх роботи (цифрові моделі чи надруковані прототипи) можуть стати частиною проєктів з фізики, біології або дизайну. Згідно з актуальними дослідженнями, впровадження елементів 3D-моделювання у навчальний процес робить уроки цікавішими та більш практико-орієнтованими: учні глибше занурюються в тему і набувають прикладних умінь [29; 44]. Зокрема, тривимірні моделі дозволяють наочно візуалізувати абстрактні поняття і складні процеси (наприклад, змодельовати вулкан і симулювати його виверження на уроці географії) та проводити цифрові експерименти шляхом зміни параметрів моделей [30]. Проєктна творчість на основі 3D-моделювання дає учням змогу самостійно конструювати об'єкти – від простих виробів до архітектурних форм – що розвиває їхню уяву і дизайнерські здібності[4]. Окрім того, робота над спільними 3D-проектами виховує навички командної співпраці й обміну ідеями. Таким чином, ознайомлення школярів з основами тривимірної графіки на ранніх етапах навчання є виправданим і навіть необхідним кроком: воно не лише підвищує мотивацію до вивчення точних і технічних наук, але й

формує базові інженерні компетентності, актуальні у сучасному цифровому суспільстві [2; 32].

Світовий та український контекст. Багато країн вже усвідомили освітній потенціал 3D-технологій і включили їх в шкільні програми на різних рівнях. Так, у ряді держав Європи й Азії елементи тривимірного моделювання викладаються або як окремий модуль шкільного предмета (спеціальний курс або розділ, присвячений 3D-графіці), або інтегруються в зміст кількох дисциплін [1]. Водночас у деяких країнах (Данія, Норвегія, Франція, Чехія) основи 3D-моделювання впроваджуються переважно через STEM-ініціативи та позакласну діяльність – факультативи, позакласні роботи, проєктні студії [1]. Україна також рухається в напрямі розширення присутності 3D-технологій у середній освіті. Станом на 2024–2025 навчальний рік Державний стандарт базової середньої освіти вже містить теми, пов’язані з тривимірною графікою та моделями (зокрема, поняття *3D-графіки*, *анімації*, основи *3D-друку* тощо) [9]. На основі цього стандарту було розроблено декілька модельних навчальних програм з інформатики для базової школи (5–9 класи), які передбачають окремий модуль «3D-графіка» у курсі інформатики. Наприклад, у модельній програмі під редакцією І. Завадського для 7–9 класів весь один навчальний модуль присвячено тривимірній графіці, і учні в його межах опановують такі питання, як: призначення і можливості програм для 3D-графіки, характеристики простих 3D-об’єктів та створення моделей із базових форм [11]. Для старшої профільної школи (10–11 класи) чинна програма інформатики передбачає вибірковий модуль «Тривимірне моделювання», що поглиблює ці знання: учні вивчають створення та редагування більш складних (неправильних) форм, накладання матеріалів і текстур, основи 3D-анімації, принципи рендерингу і візуалізації сцени [10]. Запровадження таких курсів у рамках шкільної програми сприяє розвитку в учнів технологічної грамотності й умінь розв’язувати практичні задачі засобами 3D-моделювання [11]. Важливо зазначити, що активну роль у популяризації 3D-графіки в українських школах відіграють самі педагогіенти та позашкільні осередки технічної творчості. Ще на початку 2020-х

років дослідники відзначали недостатню увагу до теми 3D у шкільних підручниках та недооцінення її перспектив учнями [30]. Це спонукало освітян впроваджувати позакласні роботи й факультативи з 3D-моделювання на місцях, опираючись на доступні інструменти і власні методичні розробки. Нині ж ситуація змінюється – завдяки державним ініціативам і грантовим проєктам все більше закладів отримують обладнання (3D-принтери, сканери тощо) та впроваджують інноваційні практики. За відгуками педагогів [24], залучення учнів до таких проєктів значно підвищує їхню конкурентоспроможність: випускники школи виходять із глибшими практичними знаннями і навичками, готовими до викликів сучасних технологічних спеціальностей.

Поетапний підхід у навчанні 3D-моделювання. Ключовим принципом пропедевтики є поступове нарощування складності навчального матеріалу – від простого до складного. Застосовуючи це до 3D-моделювання, методисти радять починати з базових понять і найпростіших дій, аби не перевантажувати учнів на старті. На першому етапі (орієнтовно 5–7 класи) доцільно ознайомити дітей з поняттями трьохвимірного простору та координат. Учні вже мають певний досвід роботи з 2D-графікою (наприклад, малювання у графічному редакторі або використання форм та піктограм у презентаціях), тож слід показати, чим тривимірні сцени відрізняються від плаского зображення. Практично це можна реалізувати через вправи зі створення найпростіших об'єктів зі стандартних примітивів: кубів, сфер, циліндрів тощо. Наприклад, популярний план уроку – «Створення куба й піраміди у 3D-просторі», де учні додають на *полотно сцени* примітивні фігури і вчаться змінювати їх розміри та положення по осях X, Y, Z. На цьому ж етапі вводяться поняття *граней*, *ребер*, *вершин* 3D-об'єкта та такі операції, як масштабування, обертання і трансляція (переміщення) об'єктів. Для закріплення просторового розуміння корисно пропонувати завдання, що пов'язують 3D-моделі з реальними предметами. Приміром, учні можуть змоделювати елементарні сценки: «кімната з меблями із кубів», «сонячна система з куль» тощо – такі проєкти виконуються за 1–2 заняття і дозволяють швидко досягти видимого результату, що дуже мотивує школярів. Досвід

показує, що якщо учень вже після перших уроків отримує реальний продукт (наприклад, віртуальну модель, яку можна покрутити, або простий виріб, надрукований на 3D-принтері), інтерес до подальшого навчання зростає в рази.

На другому етапі (8–9 класи) пропедевтика переходить до розширення можливостей: учні опановують більш складні інструменти редагування 3D-форм. В програмі модулю «3D-графіка» для базової школи передбачено знайомство з операцією екструзії (витягування) – на практиці це означає, що школярі вчаться створювати об’ємні фігури на основі плоских контурів, наче «витягуючи» 2D-форму вгору[18]. Такий прийом добре демонструє зв’язок між двовимірною і тривимірною геометрією: наприклад, коло екструзією перетворюється на циліндр, квадрат – на куб або призму. Учні також освоюють об’єднання та перетин об’ємних форм (булеві операції) для створення більш складних об’єктів. На цьому рівні можна вводити поняття неправильної форми – тобто моделювання об’єктів, відмінних від базових примитивів (дерево, машина, персонаж). Школярі пробують змінювати форму моделей, додаючи деталі або плавно вигинаючи поверхні. З’являються перші елементи творчості: скажімо, завдання «*Спроектувати шахову фігуру*» дає учням свободу обрати фігуру (пішак, тура тощо) і, використовуючи комбінацію простих форм та їх модифікацію, створити власний дизайн. Такий міні-проект інтегрує знання з геометрії (симетрія, пропорції) та історії (стилістика шахових наборів різних культур) і є гарним прикладом міжпредметного підходу.

На третьому етапі (старша школа, 10–11 класи або позакласні роботи) навчання 3D-моделювання може поглиблюватися до рівня *напівпрофесійних навичок*. Учні знайомляться з поняттями матеріалів і текстур, вчаться накладати на 3D-об’єкти кольори, зображення поверхонь (наприклад, дерево, метал, тканина), налаштовують освітлення сцени та положення камери для отримання реалістичних зображень. Окремий напрям – 3D-анімація: старшокласники можуть спробувати створити найпростішу анімацію, задавши рух об’єктів чи зміну їх форми у часі (для цього часто використовують ключові кадри в середовищі Blender або аналогічних програмах)[18]. Якщо в школі є доступ до

3D-принтера, саме у старших класах реалізуються інтегровані проекти з 3D-друку: учні моделюють корисні об'єкти (деталі конструкторів, елементи для лабораторних приладів, сувеніри) і самостійно проходять весь цикл від цифрової моделі до фізичного втілення. Це надзвичайно підвищує прикладну значущість навчання, адже діти бачать, як їхні віртуальні моделі стають реальними предметами[18]. Навчальні програми рекомендують ознайомлювати учнів із будовою і принципами роботи 3D-принтерів, правилами підготовки моделей до друку (позиціонування, підтримки, формат файлів для друку) [30] – такі знання будуть корисними для їхньої подальшої STEM-освіти чи хобі.

Інструменти та ресурси для шкільного 3D-моделювання. Важливим аспектом пропедевтики є *правильний добір програмного забезпечення* відповідно до віку учнів і матеріально-технічної бази школи [7]. На початкових етапах варто використовувати простіші та доступні інструменти, які не потребують тривалого навчання. Одним із таких є *онлайн-сервіс Tinkercad* – безкоштовний веб-застосунок, призначений спеціально для новачків у 3D-дизайні [38]. Tinkercad працює прямо в браузері і має інтуїтивний інтерфейс: створення моделі зводиться до перетягування на поле простих форм та їхнього масштабування/об'єднання. Цей сервіс часто використовується у світі для навчання дітей 8–12 років основам 3D-моделювання, оскільки дозволяє дуже швидко досягти результату (буквально за перший урок учень може «збудувати» невеличкий будиночок чи машину з готових блоків). До того ж Tinkercad має спеціальний режим класів для вчителів, де педагог може створити віртуальний клас, додати учнів та відслідковувати їхні моделі онлайн. Аналогічно, існують прості програми з дружнім інтерфейсом, орієнтовані на школярів: *SketchUp for Schools* (онлайн-версія відомого SketchUp, яка надається безкоштовно для освітніх закладів) або *BlocksCAD* (середовище, що поєднує 3D-моделювання з елементами блокового програмування). Вони дозволяють реалізувати принцип «низький поріг, високі можливості»: почати з елементарного конструювання, але поступово створювати доволі складні сцени.

У базовій школі також можна використовувати спеціалізовані *3D-режими* знайомих учням інструментів. Наприклад, у популярній освітній програмі GeoGebra є модуль GeoGebra 3D, який спершу задуманий для побудови геометричних об'єктів у просторі, але фактично дозволяє моделювати й довільні фігури. Цей підхід зручний тим, що семикласники, вже знайомі з GeoGebra на уроках математики, можуть одразу переходити до створення об'ємних моделей у знайомому середовищі. Інший приклад – використання ігрових платформ: у *Minecraft: Education Edition* учні середніх класів будують складні об'єкти з блоків у тривимірному просторі, що, по суті, розвиває ті ж просторові навички. Хоча Minecraft є грою, педагоги успішно інтегрують його в навчальні проєкти з архітектури, історії (відтворення замків, міст) чи навіть хімії (моделювання кристалічних ґраток) [38].

Для старшої вікової групи (9–11 класи) доцільно поступово переходити на більш потужне програмне забезпечення, яке є стандартом у індустрії. Найбільш доступним вибором тут виступає *Blender* – вільно розповсюджуваний редактор 3D-графіки з відкритим вихідним кодом. Blender професійно використовується в галузях 3D-анімації та ігрової розробки, але водночас має широку спільноту користувачів-аматорів і багато безкоштовних навчальних матеріалів. Для освітніх цілей Blender привабливий тим, що він безкоштовний (немає ліцензійних витрат для школи), функціонально всеосяжний (містить модулі для моделювання, скульптингу, анімації, рендерингу, відеомонтажу тощо) і постійно оновлюється спільнотою розробників. Звичайно, інтерфейс Blender досить складний для новачків, тому знайомство з ним варто починати після того, як учні вже освоїли базові поняття на простіших платформах. У практиці українських шкіл Blender найчастіше використовують у 9–11 класах на факультативах або позакласних роботах, де є можливість приділити більше часу проєктній роботі. Методичні рекомендації радять давати учням покрокові інструкції і приклади типових операцій у Blender – наприклад, як створити та змінити примітив, як застосувати модифікатор, як налаштувати джерело світла перед рендерингом сцени. Варто підкреслити, що оволодіння такою професійною програмою, як

Blender, уже в школі є великим плюсом для учнів: навіть якщо не всі вони стануть 3D-дизайнерами, цей досвід демонструє їм повний цикл цифрового виробництва графічного контенту і розвиває навички самостійного навчання (оскільки програма об'ємна, учні вчаться шукати і опановувати потрібні функції самостійно).

Альтернативою Blender у школі можуть бути інші безкоштовні пакети – наприклад, *FreeCAD* (система параметричного моделювання, корисна для інженерних проєктів – креслень, деталей) або *Cinema 4D* у демо-версії (цей програмний продукт відзначали українські дослідники як вдалий для позакласної роботи[14], хоча повна версія є комерційною). Вибір інструмента залежить від поставлених цілей: якщо планується інтеграція з уроками трудового навчання чи технологій, де потрібні креслення і точні розміри, – логічно використати *FreeCAD* чи *SketchUp* (орієнтир на технічне моделювання). Якщо ж акцент на творчості, анімації, розробці ігор – оптимальним буде *Blender* (орієнтир на художнє моделювання). У будь-якому разі, починаючи роботу з будь-якою 3D-програмою, педагог має забезпечити поступовий перехід: спочатку розглянути інтерфейс і найпростіші дії (навігація камери, додавання об'єкта, переміщення), потім перейти до практики на дрібних проєктах. Такий поетапний підхід запобігатиме перевантаженню учнів та сформує у них впевненість у власних силах на кожному етапі.

Інтеграція 3D-моделювання в навчальні предмети. Щоби пропедевтика 3D-графіки була успішною, її потрібно органічно вплести в чинну навчальну програму, а не викладати ізольовано. Найприроднішим «домом» для 3D-моделювання є, звичайно, шкільний предмет «Інформатика», адже саме в ньому вивчаються комп'ютерні технології та графічні редактори. Нові модельні програми з інформатики для 5–9 класів містять розділи, присвячені комп'ютерній графіці, де вчитель може спочатку ознайомити учнів з основами двовимірної графіки (растрової і векторної), а далі – логічно перейти до тривимірної. Наприклад, після теми про векторні зображення (де школярі працювали з фігурами, іконками, інфографікою, можливо у тому ж Canva чи

Inkscape) варто показати, що подібні принципи діють і в 3D: об'єкти теж складаються з простих форм, мають атрибути (колір, розмір), тільки тепер додається третій вимір – глибина. Перехід від 2D до 3D можна продемонструвати наочно: створити векторне зображення (наприклад, трикутник) і екструдувати його у 3D-редакторі, отримавши піраміду. Так учні зрозуміють, як площина перетворюється на об'єм.

Крім інформатики, елементи 3D-моделювання доцільно інтегрувати у *математику* (розділи стереометрії). Традиційно школярі вивчають геометричні тіла за допомогою пласких рисунків і фізичних моделей. Сучасні технології дають змогу доповнити це віртуальними моделями: вчитель може продемонструвати об'ємні фігури на екрані, показати їх з різних ракурсів, розгорнути на грані тощо. Учні ж можуть самі будувати моделі – наприклад, користуючись згаданою GeoGebra 3D для пошуку перетину поверхонь, або навіть у Blender створити правильні многогранники й дослідити їхні проєкції. Це робить уроки математики більш інтерактивними і сприяє глибшому розумінню просторових властивостей форм. Аналогічно, в *уроках фізики* 3D-моделі допоможуть візуалізувати абстрактні концепції – скажімо, електромагнітне поле чи будову кристалів. В *біології* – учні можуть розглянути детальні 3D-моделі клітин, молекул або органів (нині доступні відкриті каталоги таких навчальних моделей, які можна обертати і розбирати на шари). В *історії та географії* – технології 3D дають можливість реконструювати історичні об'єкти або моделювати рельєф місцевості. Усі ці міжпредметні зв'язки реалізуються в форматі STEM-проєктів, які особливо актуальні у концепції Нової української школи. Наприклад, у межах проєкту з екології учні можуть змоделювати у 3D свій населений пункт із позначенням зелених зон і джерел забруднення; або в рамках курсу мистецтва – створити віртуальну галерею скульптур. Практика таких міждисциплінарних проєктів вже існує: на базі шкільних STEM-лабораторій діти в одному просторі займаються і робототехнікою, і біотехнологіями, і 3D-моделюванням, апробуючи набуті знання на власних дослідженнях [6].

Нарешті, важливо підкреслити роль *позакласної роботи* у пропедевтиці 3D-моделювання. Позакласні роботи, факультативи, літні школи з 3D-дизайну дозволяють зацікавленим учням вийти за рамки базової програми та реалізувати складніші проекти. Як зазначають педагоги, позакласна діяльність має величезний потенціал для розвитку творчості: у позакласних роботах з 3D-моделювання підлітки навчаються самостійно знаходити потрібну інформацію, експериментувати з інструментами, вчаться на помилках і доводять проекти до кінця. Участь у таких позакласних роботах формує в учнів підприємливість і навички проєктного менеджменту – адже часто вони працюють над замовленнями для шкільних потреб або міських заходів (друкують деталі для шкільного обладнання, сувенірну продукцію тощо). Таким чином, поєднання класної та позакласної роботи забезпечує *безперервність пропедевтики* 3D-моделювання: від перших проб у молодших класах до складних творчих проєктів випускників. У результаті школярі отримують цілісне уявлення про сучасні цифрові технології моделювання і набувають компетентностей, які стануть основою для їхнього подальшого навчання або кар'єри в STEM-галузях.

Пропедевтика 3D-моделювання у школі – це систематичне і поетапне знайомство учнів з тривимірною графікою, що охоплює як *урочну діяльність* (в межах курсів інформатики, математики та інших предметів), так і *позакласні форми*. Впровадження 3D-технологій навіть на базовому рівні дає відчутний ефект: підвищується наочність викладання, формується стійка навчальна мотивація, розвиваються просторове мислення і креативність учнів. Сучасні перевірені джерела свідчать, що застосування тривимірного моделювання у загальній середній освіті відповідає актуальним тенденціям STEM-навчання та запиту суспільства на цифрові навички [8].

Уроки, доповнені елементами 3D-графіки, стають більш інтерактивними, а учні – співтворцями освітнього процесу, які здатні самі конструювати знання і матеріалізувати свої ідеї. Для успішної реалізації пропедевтики важливо забезпечити вчителів доступними інструментами та методичними матеріалами,

а учнів – підтримкою і натхненням у їхніх перших 3D-проектах. В результаті такої поетапної роботи школа отримує покоління молоді, готової до викликів цифрової ери – творчої, технічно підкованої та здатної навчатися впродовж життя.

Отже, 3D-моделювання у позакласній діяльності є потужним ресурсом STEM-освіти, який забезпечує інтеграцію знань, розвиток практичних умінь, формування інженерного мислення та підвищення мотивації здобувачів. Його застосування робить STEM-проекти більш наочними, технологічно насиченими та значущими для учнівської молоді

2.3. Створення та функціонування позакласного освітнього середовища з цифрового дизайну та 3D-моделювання

Організація позакласної роботи

Для впровадження програми позакласної роботи з цифрового дизайну та 3D-моделювання у шкільне життя необхідно створити позакласний освітній простір із відповідним розкладом і матеріально-технічним забезпеченням. Заняття пропонується проводити двічі на тиждень по 60 хвилин у другу половину дня (після завершення основних уроків). Такий графік є інтенсивнішим за традиційний (звичайна практика – 1–2 заняття на тиждень по 1,5–2 години), проте він дає змогу охопити весь запланований матеріал за один семестр. Семестр тривалістю близько 4 місяців (приблизно 16 навчальних тижнів) включає ~32 заняття (по 2 на тиждень), що співмірно з річним позакласним курсом із 30–34 занять.

Оптимальне місце проведення позакласної роботи – шкільний комп’ютерний клас або STEM-лабораторія, обладнані достатньою кількістю ПК з доступом до інтернету. Необхідно забезпечити учнів сучасними програмними засобами: на комп’ютерах мають бути встановлені актуальні веб-браузери (для роботи з онлайн-сервісом TinkerCAD) та надано доступ до платформи Canva. Додатковим плюсом буде наявність у школі 3D-принтера, хоча це не обов’язкова

умова, але за можливості учні зможуть матеріалізувати окремі свої моделі, що значно підвищує мотивацію до навчання.

Оптимальна наповнюваність групи – 10–15 учнів середніх класів (орієнтовно 5–8 класи). Така кількість відповідає загальним рекомендаціям, так як вона забезпечує з одного боку індивідуальний підхід, а з іншого – дозволяє організувати командну роботу. До позакласної роботи запрошуються учні, які цікавляться комп'ютерними технологіями та дизайном; спеціальних попередніх умінь від них не вимагається – достатньо базових навичок роботи з персональним комп'ютером та бажання навчатися. Керівник позакласної роботи (учитель інформатики) виконує роль наставника і фасилітатора. Він спрямовує діяльність дітей, навчає користуватися інструментами, стежить за дотриманням техніки безпеки, але водночас заохочує творчу ініціативу і допомагає кожному розкрити свій потенціал. Важливою умовою успіху є підтримка адміністрації школи, необхідно виділити час у розкладі для позакласних занять, забезпечити доступ до комп'ютерного класу та, за можливості, потрібного обладнання (наприклад, 3D-принтера), а також поінформувати батьків і учнів про запуск нового позакласної роботи. На початку навчального року доцільно провести презентацію позакласної роботи (наприклад, на загальношкільних батьківських зборах або інформаційному стенді), де пояснити мету і зміст програми, продемонструвати приклади учнівських робіт з 3D-моделювання. Така демонстрація наочно покаже потенційні результати навчання і приверне увагу потенційних учасників.

Тривалість та розклад заняття.

Кожне заняття тривалістю 1 годину варто структуровано поділити на кілька етапів, щоб максимально ефективно використати час і підтримувати увагу учнів. Зокрема, на початку відводиться 5–10 хвилин на вступ та мотивацію (обговорення теми заняття, показ яскравих прикладів), основний час (≈40 хвилин) – на практичну роботу за комп'ютерами, і завершальні 5–10 хвилин – на обговорення результатів та підбиття підсумків. Таким чином, структура заняття включає вступ, основну частину і рефлексивне завершення.

За 60-хвилинного заняття обов'язково слід робити коротку перерву посередині, щоб зняти втому від роботи за екраном. Відповідно до санітарно-гігієнічних норм, учням 5–7 класів не рекомендується працювати за комп'ютером понад 20 хвилин безперервно. Тому після перших ~20 хв практичної роботи проводиться фізкультхвилинка: дітям пропонують підвестися з місць, виконати кілька вправ для очей і розминки для рук; можна також використати енергійну музичну паузу або веселу руханку. Така динамічна пауза допомагає переключити увагу, запобігти перевтомі та підвищити ефективність подальшої роботи.

Після короткого відпочинку учні повертаються до комп'ютерів і завершують виконання практичного завдання (ще приблизно 20 хв роботи). Наприкінці заняття кожен охочий презентує свій проміжний результат групі. Регулярні міні-презентації наприкінці кожного заняття сприяють розвитку в школярів навичок публічного виступу та формують звичку рефлексувати над власною роботою. Під час такого обговорення керівник позакласної роботи позитивно підсумовує результати, підкреслюючи, чого нового навчилися діти. Наприклад, можна наголосити: «сьогодні ми навчилися об'єднувати кілька зображень у колажі та додавати текстові елементи» або «на цьому занятті ми засвоїли принцип вирізання форм у 3D». На завершення вчитель анонсує тему наступного уроку, щоб підтримувати зацікавленість і мотивацію відвідати позакласну роботу наступного разу.

План роботи позакласної роботи на семестр (за місяцями).

Зміст програми позакласної роботи структуровано за принципом поступового ускладнення: спершу учні знайомляться з базовими інструментами і технологіями, далі переходять до більш складних завдань, і врешті реалізують власний творчий проєкт. Нижче наведено орієнтовний покроковий план впровадження програми за місяцями навчального семестру (розраховано на ~4 місяці, вересень–грудень) з урахуванням двох занять на тиждень.

Вересень (1-й місяць занять): Вступний етап і базові навички

Перші 1–2 тижні вересня присвячені організаційним питанням та мотивації учнів. На першому занятті керівник позакласної роботи знайомить вихованців із метою і планом роботи позакласної роботи, пояснює правила поведінки та техніки безпеки в комп'ютерному класі. Визначається рівень початкових умінь дітей: проводиться коротке опитування чи бесіда про те, чи мав хтось досвід роботи з графічними редакторами або 3D-програмами, та які їхні очікування від позакласної роботи. Далі педагог проводить невелику презентацію-вступ, демонструючи яскраві приклади сучасних цифрових проєктів, зокрема тривимірних моделей і надрукованих на 3D-принтері об'єктів (бажано показати учнівські роботи минулих років). Мета цього етапу – зацікавити дітей і наочно показати, яких результатів вони зможуть досягти протягом навчання.

На наступних заняттях вересня учні починають опановувати основи 3D-моделювання. Учні знайомляться з інтерфейсом онлайн-середовища TinkerCAD та поняттям тривимірного простору. Педагог пояснює базові операції: як переміщувати «камеру» огляду сцени, додавати на робочу площину прості об'єкти (куб, сферу, піраміду тощо), змінювати їхні розміри та координати по осях X, Y, Z. Вводяться основні терміни тривимірної графіки: грань, ребро, вершина 3D-об'єкта; операції масштабування, обертання, вирівнювання. Нові знання учні одразу закріплюють практикою – виконують нескладні вправи на створення найпростіших моделей. Наприклад, за одне заняття діти можуть змоделювати простеньку сцену з примітивів: «кімната з меблями з кубиків» або «сонячна система з куль», використовуючи базові форми для представлення реальних об'єктів. Подібні завдання дають швидкий видимий результат, що надзвичайно важливо на початковому етапі: якщо учень уже після перших уроків отримує реальний продукт своєї діяльності (нехай навіть віртуальний – сцену чи модель, яку можна оглянути з усіх боків), його інтерес до подальшого навчання різко зростає. Практика показує, що перші успіхи сильно мотивують дітей продовжувати відвідування позакласної роботи.

Для підсилення ефекту реальності, за можливості демонструється 3D-друк. Наприклад, учитель може показати наявний у школі 3D-принтер у роботі –

надрукувати простий об'єкт (той же куб або піраміду, змодельовані дітьми). Живе спостереження за тим, як цифрова модель «оживає» у фізичному вигляді, справляє на школярів сильне враження і пов'язує їхню комп'ютерну творчість із реальним світом. До кінця вересня учні вже повинні впевнено виконувати базові операції в TinkerCAD і мати у своєму активі кілька простих моделей. Паралельно формується дружня атмосфера в групі, заохочується взаємодопомога: більш досвідчені діляться підказками з новачками, діти обговорюють між собою ідеї моделей. Поступово вихованці звикають до формату позакласного навчання, де немає страху отримати оцінку, зате є свобода експериментувати та проявляти власні інтереси. Це створює міцну основу для подальшої продуктивної роботи протягом семестру.

Жовтень (2-й місяць занять): Розширення можливостей і перші творчі проекти.

У жовтні, після опанування азів 3D-моделювання, відбувається перехід до складніших інструментів та інтеграції інших графічних технологій. Учні вчаться об'єднувати кілька простих форм для створення складніших об'єктів, а також знайомляться з логічними (булевими) операціями над об'єктами – зокрема, операціями об'єднання та віднімання форм. Наприклад, діти практикуються будувати композиції з декількох деталей: моделюють простенького «робота з геометричних фігур» (гуманоїдна фігурка, складена з кубів, циліндрів і конусів) або будиночок (комбінація прямокутного паралелепіпеда для стін та трикутної призми для даху, з вирізами-вікнами). На цьому етапі вводяться основи дизайну об'ємних об'єктів: поняття симетрії, пропорцій, узгодженості частин моделі. Учні також експериментують із кольоровим оформленням моделей: у TinkerCAD можна задавати колір кожному об'єкту, тож діти підбирають кольорову гаму для своїх виробів. Це відголосок знань з образотворчого мистецтва (основ кольорознавства, поєднання кольорів) і допомагає розвивати художній смак навіть у технічному проєкті.

Паралельно учні дізнаються про взаємозв'язок 3D-графіки з 2D-графікою. Зокрема, розглядається можливість імпорту в TinkerCAD двовимірних

зображень. Учитель показує, як завантажити у середовище підготовлений заздалегідь SVG-файл (векторне зображення) і перетворити його на об'ємний об'єкт шляхом витягування (extrusion). Таким чином учні усвідомлюють, що створене ними, наприклад, у Canva логотип чи контурний малюнок можна легко перетворити на реальну 3D-модель. Це наочно демонструє зв'язок між двовимірним та тривимірним дизайном: скажімо, плоский силует сердечка або емблеми можна перетворити на об'ємний брелок чи медальйон. Такі вправи розвивають в дітей технічну креативність і навички комбінування різних інструментів для досягнення мети.

Ближче до середини жовтня розпочинається виконання перших міні-проектів – відносно невеликих, але творчих робіт, у яких учні зможуть застосувати весь щойно набутий набір умінь. Тематика міні-проектів добирається з урахуванням міжпредметних зв'язків, щоби показати практичну користь 3D-моделювання в різних сферах. Наприклад, цікаве завдання: спроектувати власну шахову фігуру – кожен учень обирає одну шахову фігуру (пішак, тура, кінь тощо) і створює її цифрову 3D-модель, комбінуючи базові форми та їхні модифікації. Подібний проєкт інтегрує знання з геометрії (поняття осей симетрії, пропорції фігури) та навіть історії мистецтва (стилі шахових фігур у різних культурах). Головне – учні вчаться переносити реальні об'єкти в цифрову форму, моделюючи їхні власні варіанти. Ще одна творча задача – «Дизайн кімнати своєї мрії»: школярам пропонується спроектувати інтер'єр і меблювання фантазійної кімнати. Спочатку діти можуть зробити начерк плану на папері або навіть у Canva (позначити розміщення меблів, кольорове рішення тощо), а потім – змоделювати в TinkerCAD окремі предмети меблів і розставити їх у створеній тривимірній кімнаті. Ця вправа поєднує елементи просторового моделювання та художнього дизайну, стимулює фантазію (можна вигадати незвичні форми меблів, оригінальний декор) і вчить враховувати масштаб та пропорції при проєктуванні.

Виконані учнями міні-проекти обов'язково презентуються групі: кожен демонструє свою 3D-модель (обертаючи її на екрані) та коротко розповідає про

задум і процес створення. Решта учнів та педагог відгукуються позитивно: відзначають цікаві рішення, висловлюють дружні поради щодо можливого вдосконалення моделі. Такий формат своєрідного peer review формує у дітей уміння конструктивно оцінювати роботи одне одного і бачити шляхи для покращення. Наприкінці жовтня у кожного вихованця позакласної роботи вже має бути не лише багаж базових навичок, але й перша творча робота у власному портфоліо. Це значно підвищує їхню впевненість у своїх силах і готує до більш масштабного проєкту, що розпочнеться на наступному етапі.

Листопад (3-й місяць занять/. Проєктна діяльність – створення колективного 3D-проєкту

На початку листопада учні переходять до виконання підсумкового проєкту семестру – найбільшого завдання курсу. На цьому етапі учні вже володіють необхідними інструментальними вміннями, тому основний акцент зміщується на розвиток проєктних і управлінських навичок. Керівник позакласної роботи оголошує про старт фінального проєкту і разом з дітьми визначає його тематику. Вибір теми відбувається колективно: педагог може запропонувати кілька можливих ідей, або учні самі генерують пропозиції в ході мозкового штурму. Бажано обрати тему, що буде близькою та цікавою самим учасникам, а також матиме практичну цінність для школи чи громади.

Наприклад, темою спільного проєкту може стати «Макет шкільного подвір'я» – створення колективної 3D-моделі території рідної школи з будівлею, спортивним майданчиком, садом тощо. У такому випадку кожен учень (або пара учнів) відповідає за моделювання окремого елемента макету, після чого всі частини об'єднуються. Інший варіант – футуристична тема «Місто майбутнього», де діти фантазують і моделюють будівлі, транспорт, парки свого уявного міста, об'єднуючи потім індивідуальні моделі в один спільний ансамбль. Тематика може бути й утилітарно-прикладною, наприклад «Корисні дрібниці для дому (або школи)» – кожен учасник проєктує нескладний побутовий виріб, який міг би знадобитися в повсякденному житті або навчанні (підставка для телефона, тримач для книг, брелок із логотипом школи тощо). Головне, щоб тема

зацікавила дітей і дала змогу проявити креативність, а результат мав практичну значущість.

Визначившись із темою, учні спільно з керівником планують роботу над проєктом. Великий проєкт розбивається на підзадачі: відбувається розподіл ролей і ділянок роботи – хто за який об’єкт чи аспект відповідає. Також складається графік виконання проєкту на кілька тижнів вперед. Орієнтовно план може бути таким: перший тиждень – ескізи й пошук ідей, другий – моделювання перших версій кожної частини, третій – удосконалення моделей, четвертий – підготовка презентації. Таким чином, учні фактично проходять усі стадії реального проєктного циклу: мозковий штурм та обговорення ідей, планування і дизайн, безпосередньо 3D-моделювання з кількома ітераціями покращення, і наприкінці – підготовка матеріалів для захисту.

Педагог при цьому діє як координатор і консультант: стежить за дотриманням термінів, допомагає технічно (особливо якщо потрібно об’єднати окремі моделі в єдину сцену або виникли проблеми з програмою), підказує шляхи вирішення труднощів, що з’являються. Важливо, що значну частину рішень учні приймають самостійно – такий підхід розвиває в них відповідальність і лідерські якості. Керівник позакласної роботи довіряє вихованцям творчий процес, лише злегка направляючи їх та підтримуючи. Заохочується також взаємонавчання: учні діляться одне з одним цікавими знахідками в TinkerCAD, радяться, як краще реалізувати ту чи іншу деталь, разом шукають помилки і способи їх виправлення. У результаті протягом листопада створюється цілісний колективний проєкт, який об’єднує внесок кожного учасника. Наприкінці місяця всі 3D-моделі повинні бути готові та перевірені – далі група переходить до фінального етапу презентації.

Грудень (4-й місяць занять). Підготовка та захист проєкту, оцінювання результатів/

Останні приблизно два тижні семестру відводяться на завершення роботи над фінальним проєктом і його урочисту презентацію. Коли 3D-моделі всіх елементів проєкту готові, учні спільно збирають їх в єдину цифрову композицію

(за потреби викладач допомагає звести окремі файли разом або виконати рендеринг сцени для ефектного показу). Після цього учні готують матеріали для презентації: роблять скриншоти або короткі відео своїх моделей, продумують послідовність доповіді. Рекомендується створити спільне слайд-шоу в Canva: кожна команда або кожен учень готує кілька слайдів зі зображеннями своєї моделі та коротким описом задуму, зазначаючи, які вміння були застосовані при створенні (наприклад, які інструменти TinkerCAD опановано або які художні ідеї використано). Керівник допомагає об'єднати всі слайди в єдину презентацію, перевіряє текстовий вміст на грамотність, нагадує про регламент виступу.

Фінальний захист проєкту проводиться у форматі відкритого заходу. Організовується підсумкове заняття, на яке запрошуються інші учні, вчителі, батьки; за бажанням адміністрації це може набувати форми невеликої шкільної конференції або виставки творчих робіт. Під час заходу кожна група або окремих учень демонструє свій виріб: показує тривимірну модель на екрані (або фізичний прототип, якщо певні моделі були надруковані на 3D-принтері) і розповідає про неї, спираючись на підготовлені слайди. Після виступу доповідач відповідає на запитання аудиторії. Атмосфера такого захисту – максимально підтримуюча і святкова, адже головна мета – відзначити досягнення дітей, а не виявити недоліки. Вчитель та глядачі (однокласники, батьки, запрошені педагоги) відзначають сильні сторони кожної роботи, оригінальні рішення, висловлюють захоплення результатами. Презентаційний захід стає підсумком всієї семестрової роботи і водночас святом творчості для учнів. Школярі отримують не лише моральне задоволення, а й сертифікати або символічні призи за участь, а головне – цінний досвід публічного виступу, який підвищує їхню впевненість у собі.

Доцільно також організувати невелику виставку робіт. Можна роздрукувати на папері рендери 3D-сцен чи фотографії створених моделей, оформити стенд із поясненнями та світлинами процесу. Якщо було виконано 3D-друк кількох учнівських виробів, їх варто представити як експонати, щоб усі охочі могли розглянути результати праці учнів наживо. Після завершення проєкту кожен учень формує власне портфоліо творчих доробків – це може бути

електронна презентація або папка (досье) з ілюстраціями створених моделей, посиланнями на власні онлайн-проекти в TinkerCAD, а також фотознімками реальних прототипів. Наявність такого портфоліо тішить школярів і наочно демонструє прогрес їхніх умінь; надалі воно може стати в пригоді для участі в конкурсах, у проєктах Малої академії наук тощо.

Міжпредметна інтеграція

Розробляючи план роботи позакласної роботи, особливу увагу приділено зв'язку його змісту з іншими навчальними предметами. 3D-моделювання поєднує технічну й творчу складові, тому воно є ідеальним полем для міжпредметної інтеграції. У процесі виконання різноманітних завдань учні застосовують знання з різних галузей: математичні (геометрія координат і форм), інформатичні (робота з програмними 3D-інструментами, формати файлів), художні (закони композиції, підбір кольорової гами), технічні (конструювання виробів, основи дизайну) тощо.

Наприклад, вже на етапі виконання міні-проектів у жовтні простежується зв'язок з курсом образотворчого мистецтва та трудового навчання. Завдання «Дизайн кімнати» вчить основам дизайну інтер'єру (що перегукується з поняттями, які учні вивчають на уроках мистецтва), а виготовлення реалістичних 3D-прототипів меблів чи техніки пов'язане з практичними навичками, які розвиваються на уроках технологій. Проєкт «Шахові фігури» інтегрує історичний аспект (мистецтво шахів у різних культурах) та геометрію. Фінальний спільний проєкт про шкільне подвір'я має краєзнавчо-географічний компонент, а тема «Місто майбутнього» стимулює звернутися до знань з архітектури і екології. Таким чином, програма позакласної роботи реалізує принцип STEM -навчання, де Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics поєднуються для створення комплексного продукту.

Такий підхід повністю відповідає концепції Нової української школи, яка передбачає цілісність знань і діяльнісний підхід до навчання. Впровадження елементів 3D-графіки в освітній процес вже в середніх класах сприяє підвищенню наочності навчання та формуванню стійкої мотивації учнів до

пізнання. Школярі переконуються на практиці, що знання з різних уроків не існують ізольовано, а взаємодоповнюють одне одного при розв'язанні творчих задач. Це підсилює інтерес до навчання в цілому і допомагає дітям побачити «велику картину» застосування своїх умінь у реальних проєктах.

Оцінювання результатів і критерії успішності

Оскільки позакласна робота є формою неформальної освіти, традиційне бальне оцінювання тут не застосовується – відсутність тиску оцінок принципово важлива для розкриття творчості учнів. Під час позакласної роботи кожен працює в міру своїх можливостей і стартового рівня, і головним завданням педагога є підтримати індивідуальний прогрес дитини, а не порівнювати результати різних учнів. Втім, оцінювальна складова все ж передбачена – вона реалізується у вигляді регулярного зворотного зв'язку та підсумкової презентації проєктів. Протягом семестру керівник позакласної роботи здійснює формувальне оцінювання: спостерігає за роботою учнів, відзначає їхні досягнення (наприклад, опанування нового інструменту, вдале вирішення поставленої задачі), допомагає подолати індивідуальні труднощі. Основний акцент робиться на похвалі та мотивації: відзначаються навіть невеликі успіхи, цікаві ідеї, оригінальні підходи – це підвищує впевненість дітей у власних силах і стимулює їх розвиватися далі.

Наприкінці семестру, під час захисту проєктів, здійснюється підсумкове оцінювання у формі дружнього обговорення і рефлексії. Кожна презентація учнівського проєкту аналізується за наперед визначеними критеріями якості. Доцільно заздалегідь розробити критерії оцінювання фінальних робіт і ознайомити з ними вихованців ще на етапі підготовки до захисту – тоді учні знатимуть, на що звернути особливу увагу при виконанні проєкту і підготовці виступу. Орієнтовно можна виокремити такі базові критерії успішності проєкту:

Творчий задум і відповідність темі – наскільки оригінальною є ідея проєкту; чи розкриває виконана робота задану тему, відповідає поставленим цілям.

Технічна реалізація 3D-моделі – складність і акуратність виконання моделі, рівень володіння інструментами TinkerCAD; правильність геометричних форм та пропорцій, наявність продуманих деталей.

Естетичність та презентація – візуальна привабливість моделі або виробу; якість підготовлених зображень (рендерів), продуманість і охайність слайдів у Canva; чіткість і структурованість усного виступу.

Командна співпраця – (для колективних проєктів) ефективність розподілу ролей у групі, узгодженість частин проєкту, взаємодопомога і спільний дух у команді.

Оцінювання здійснюється в основному вербально: журі (у ролі журі можуть виступати сам керівник позакласної роботи, запрошені колеги-педагоги або навіть учні, які оцінюють роботи одне одного) дає розгорнутий коментар щодо кожного критерію, відзначаючи досягнення та надаючи конструктивні рекомендації. Кількісні бали при цьому, як правило, не виставляються. Можна використовувати лише умовні відзнаки (наприклад, «відмінно», «добре» тощо) – і то виключно з мотиваційною метою, без ранжування дітей. Важливо, що фінальний «захист» не носить характеру екзамену, а радше є святом успіху і можливістю продемонструвати набуті компетентності. Розроблені критерії оцінювання слугують орієнтиром для учнів, допомагаючи їм структурувати свою презентацію і усвідомити, за якими параметрами визначається успішність проєкту. Такий підхід також навчає школярів самостійно оцінювати свою роботу: слухаючи відгуки за конкретними критеріями, вони розуміють, над чим варто працювати в майбутньому. Зрештою, навіть без офіційних оцінок, кожен вихованець позакласної роботи отримує почуття досягнення – адже він бачить свій власний прогрес: від перших кроків у вересні до готового творчого продукту у грудні.

Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи розкрито методичні аспекти впровадження STEM-проєктів із використанням цифрових технологій та 3D-моделювання в позакласній роботі з інформатики. З'ясовано, що позакласна

діяльність створює сприятливі умови для практико-орієнтованого навчання, реалізації міжпредметних зв'язків і формування в учнів ключових та предметних компетентностей.

У процесі аналізу особливостей вивчення технологій обробки графічних даних обґрунтовано доцільність використання цифрової графіки в позакласній роботі як засобу розвитку просторового мислення, творчих здібностей та навичок роботи з інформацією. Встановлено, що застосування різних типів завдань і проєктів з цифрової графіки сприяє підвищенню мотивації учнів та забезпечує диференціацію навчання відповідно до їхніх індивідуальних освітніх потреб і рівня підготовки.

Дослідження особливостей використання 3D-моделювання для реалізації STEM-ініціатив дало змогу підтвердити його значний потенціал як інструменту інтеграції знань з інформатики, математики, технологій та природничих дисциплін. Обґрунтовано, що залучення учнів до створення тривимірних моделей у межах STEM-проєктів сприяє розвитку інженерного мислення, умінь проєктування, планування та розв'язання практичних задач, а також формуванню навичок командної роботи.

У підрозділі, присвяченому створенню та функціонуванню позакласного освітнього середовища з цифрового дизайну та 3D-моделювання, визначено ключові організаційні, методичні та технічні умови його ефективності. Показано, що поєднання відповідного програмного забезпечення, гнучких форм організації занять, проєктної діяльності та підтримки індивідуальних освітніх траєкторій забезпечує результативність STEM-орієнтованої позакласної роботи.

Отже, результати другого розділу підтверджують, що впровадження STEM-проєктів із використанням цифрових технологій і 3D-моделювання у позакласній діяльності з інформатики є педагогічно доцільним та ефективним засобом розвитку цифрової, інженерної й творчої компетентностей учнів, а також важливим чинником оновлення змісту та форм сучасної шкільної інформатичної освіти.



ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексне теоретичне та практичне дослідження проблеми організації STEM-орієнтованої позакласної діяльності з інформатики в закладах загальної середньої освіти. На основі проведеного аналізу наукових джерел, педагогічних підходів і результатів практичної апробації було сформовано методичні засади створення ефективного позакласного STEM-середовища, що сприяє розвитку цифрової та інженерної компетентностей учнів.

У першому розділі обґрунтовано теоретичні засади STEM-освіти та визначено її ключову роль у формуванні сучасної моделі навчання, зорієнтованої на міжпредметну інтеграцію, розвиток критичного мислення, творчості та вміння застосовувати знання на практиці. Проаналізовано нормативні документи й актуальні освітні тенденції, які підтверджують зростання значущості STEM-підходу в українській школі. Показано, що позакласна діяльність є важливою складовою формування цифрової компетентності, оскільки забезпечує гнучкість, варіативність освітніх форм та розширює можливості практико-орієнтованого навчання. Особливу увагу приділено цифровим технологіям як базовому інструменту STEM-орієнтованої позакласної роботи, що забезпечує інтерактивність, моделювання реальних процесів, проєктну діяльність та розвиток технічної творчості.

У другому розділі розроблено та обґрунтовано методичні підходи до впровадження STEM-проєктів із використанням інструментів цифрової графіки та 3D-моделювання у позакласній діяльності. Визначено особливості навчання учнів технологіям обробки графічних даних, запропоновано систему завдань і навчальних матеріалів, адаптованих для позакласних занять різного типу - гуртків, факультативів. Окреслено педагогічні підходи створення ефективного освітнього середовища для цифрового дизайну та 3D-моделювання, що включає технічне забезпечення, організаційні моделі, інструментарій для роботи в команді та підтримку індивідуальних освітніх траєкторій.

Практична частина дослідження підтвердила доцільність і результативність упровадження STEM-проектів на основі цифрових технологій у позакласну роботу з інформатики. Досвід свідчить, що застосування 3D-моделювання, графічних редакторів, середовищ візуального програмування й інструментів цифрового дизайну значно підвищує мотивацію учнів до навчання, стимулює їхню пізнавальну активність та сприяє розвитку інженерного мислення. Учні демонстрували зростання рівня цифрової грамотності, здатність аналізувати інформацію, планувати проекти, працювати в команді та творчо застосовувати технології для розв'язання реальних задач.

Отримані результати свідчать, що запропонована методика є ефективною для формування ключових компетентностей Нової української школи - інформаційно-цифрової, інженерної, математичної, уміння вчитися впродовж життя та ініціативності. Вона забезпечує інтеграцію знань з інформатики, математики, технологій, мистецтва й природничих наук, створюючи умови для сучасної проєктно-дослідницької діяльності та профорієнтаційної підтримки учнів, які цікавляться IT і STEM-напрямами.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що проведене дослідження має як теоретичну, так і практичну цінність. Теоретично обґрунтовані засади STEM-підходу та позакласної діяльності з інформатики доповнено власною методичною моделлю, що може бути використана у закладах загальної середньої та позашкільної освіти. Практичні матеріали дослідження можуть бути впроваджені в освітній процес для підсилення цифрової компетентності учнів і розвитку їхньої технічної творчості. Результати роботи підтверджують перспективність широкого застосування цифрових технологій та 3D-моделювання у позакласній діяльності як інструментів модернізації шкільної інформатичної освіти відповідно до вимог сучасного цифрового суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Актуальні аспекти розвитку STEAM-освіти в умовах євроінтеграції. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Кропивницький, 24 квітня 2025 року). Кропивницький: ДонДУВС, 2025. 620 с.
2. Балик Н., Шмигер Г. STEM-освіта в контексті підготовки майбутніх педагогічних кадрів. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка*. Серія: Педагогіка, 2021. № 1(2). С. 67–74.
3. Барна О. В., Балик Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах етапи та моделі. URL: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf> (дата звернення: 22.06.2025).
4. Барна О., Кузьмінська О. Моделі та ресурсне забезпечення навчання STEM-дисциплін в умовах пандемії COVID-19. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка*. Серія: Педагогіка. 2021. Вип. 1. С. 224–232.
5. Беседін Б., Смоляков О. Навчальні технології XXI століття: STEM-освіта. *Гуманізація навчально-виховного процесу*. 2018. № 1(87). С. 76–84.
6. Всеукраїнський конкурс комп'ютерної графіки «Україна космічна». URL: <https://unaec.dp.ua/projects/uaspace.htm> (дата звернення: 10.09.2025).
7. Гречак Р.Б., Шмигер Г.П. Методичні аспекти впровадження технологій 3D-моделювання у вивчення інформатики учнів 5–8 класів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2025)»* (4-5 грудня 2025 р.). Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2025. С. 208-210.
8. Гриневич Л.М., Морзе Н.В., Вембер В.П. Бойко М.А. Роль цифрових технологій в розвитку STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021, Том 83, №3. DOI: 10.33407/itlt.v83i3.4461 ISSN: 2076-8184.

9. Державний стандарт базової середньої освіти: постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <http://school19.zp.ua/wp-content/uploads/2020/10/derzhstandart-converted.pdf> (дата звернення 01.01.2025)
10. Донець Н. В. STEM-освіта – вітчизняний досвід впровадження. *Наукові записки, серія Педагогічні науки*, 2024. С. 154–160.
11. Інститут модернізації змісту освіти. STEM-освіта. Інтернет ресурс. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita> (дата звернення: 18.03.2025)
12. Карабін О. Й. Інформаційно-цифрові технології як засоби для проведення досліджень в STEM-проектах. «Topical issues of the development of modern science»: Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference (Sofia, 11.12.2019–13.12.2019). Sofia, Bulgaria. 2019. P. 98–702.
13. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
14. Концепція розвитку цифрової компетентності громадян України. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 167-р.
15. Корнієнко О. Р. Про актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. URL: <http://elenakornienko.blogspot.com/2016/02/stem.html> (дата звернення: 2.04.2025).
16. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2025/2026 навчальний рік. URL: https://drive.google.com/file/d/19L_rLZesrM2nxPS-T2rZxqFrpf5VRQ4C/view (дата звернення: 2.10.2025).
17. Мізюк В., Новак Г. Генезис поняття та ідей STEM-освіти в Україні та зарубіжжі: історичний аспект. URL: <http://visnyk.idgu.edu.ua/index.php/nv/article/view/607/531> (дата звернення: 02.01.2025).
18. Модельні навчальні програми для 5–9 класів Нової української школи (інформатична галузь). Київ: МОН України, 2022 URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni->

- programi/modelni-navchalni-programi-dlya-5-9-klasiv-novoi-ukrainskoi-shkoli-zaprovadzhuyutsya-poetapno-z-2022-roku (дата звернення: 07.10.2025).
19. Морзе Н. В., Барна О. В. Модельна навчальна програма «Інформатика. 5–6 класи». Київ: МОН України, 2021. – 39 с. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Inform.osv.haluz.5-6-kl/Inform.5-6-kl.Morze.Barna.14.07.pdf> (дата звернення: 20.10.2025).
 20. Навчальні програми з позашкільної освіти. URL: <http://udcpro.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/it-korystuvachi-personalnogo-komp-yutera-091219.pdf> (дата звернення: 22.10.2025).
 21. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 25.09.2020 р. № 2205. Про затвердження Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20> (дата звернення: 15.08.2025).
 22. Нормативно-правова база – STEM-освіти. URL: <https://kucprppkmr.od.gov.ua/normativno-pravova-baza/> (дата звернення: 18.10.2025).
 23. Олефіренко Т., Цветкова Г. Концептуальні засади розвитку STEM-освіти в Україні. *Вища освіта України*. 2020. № 1. С. 61–67.
 24. Особливості дистанційної роботи керівника позакласної роботи закладу позашкільної освіти під час карантинного періоду. Донецький Палац молоді «Юність». URL: <https://yunist.org.ua/news/osoblivosti-distantsiynoi-roboti-kerivnika-gurtka-zakladu-pozashkilnoi-osviti-pid-chas-karantinnogo/> (дата звернення: 18.08.2025).
 25. План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.01.2021 р. № 131-р.

- 26.Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В., Онопченко О. В. Впровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів. *Методичні рекомендації*. Київ. Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
- 27.Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2020 р. № 898. Про затвердження Державного стандарту базової середньої освіти URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020> (дата звернення: 25.09.2025).
- 28.Позакласна робота «3D друк та 3D моделювання» у Ліцеї «Домінанта». Сайт управління освіти і науки Донецької облдержадміністрації URL: <https://www.uosvitydnr.gov.ua/index.php?w=info&id=17162> (дата звернення: 21.08.2025).
- 29.Роботи та 3D-моделювання: як у школі учні вивчають інноваційні технології URL: <https://suspilne.media/cherkasy/751207-rozvivamo-robototekniku-ta-3d-modeluvanna-na-cerkasini-v-gimnazii-vprovadzuut-innovacijni-tehnologii/> (дата звернення: 30.08.2025).
- 30.Розвиток робототехніки та 3D-моделювання у школі: матеріал «Роботи та 3D-моделювання: як у школі учні вивчають інноваційні технології». URL: <https://suspilne.media/cherkasy/751207-rozvivamo-robototekniku-ta-3d-modeluvanna-na-cerkasini-v-gimnazii-vprovadzuut-innovacijni-tehnologii/> (дата звернення: 19.09.2025).
- 31.Степанюк А. В., Лакоташ О.-Д. І. Метод проєктів як засіб реалізації STEM-освіти. *Innovations and Prospects in Modern Science: Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference* (Stockholm, Sweden, 5–7 June 2023). Stockholm, 2023. С. 354–360.
- 32.Трубачева С., Мушка О., Замаскіна П. Трансформаційні процеси в освітньому середовищі закладів загальної середньої освіти в умовах цифровізації суспільства. *Український педагогічний журнал*. 2024. № 4. С. 108. 111.
- 33.Трубачева С., Мушка О., Люлькова Ю. Дидактичні особливості формування навчальної компетентності учнів в умовах цифровізації

- освітнього середовища закладу загальної середньої освіти під час воєнного стану. *Проблеми сучасного підручника*. 2022. № 29. С. 202–208.
34. Умови проведення обласного заочного конкурсу комп'ютерної графіки. URL: <https://cnpvror.com/wp-content/uploads/2025/10/umovy-provedennya-oblasnogo-konkursu-kompyuternoyi-grafiky.pdf> (дата звернення: 27.10.2025).
35. Умови та норми: «Санітарні норми у школах 2025: які правила встановило МОЗ». *Зелена газета*. URL: <https://www.zelenagazeta.com/8554-2/> (дата звернення: 13.09.2025).
36. Canva for Teachers. Canva for Education URL: <https://www.canva.com/education/teachers/> (дата звернення: 09.08.2025).
37. Education Eligibility Requirements. Canva for URL: <https://www.canva.com/education/eligibility-guidelines/> (дата звернення: 03.09.2025).
38. How does a teacher create a Tinkercad Class? *Центр довідки Autodesk Tinkercad* URL: <https://www.tinkercad.com/help/classrooms/create-a-class> (дата звернення: 04.09.2025).
39. Integrate Canva with your LMS. Canva for Education URL: <https://www.canva.com/education/lms-integrations/> (дата звернення: 18.10.2025).
40. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. et al. Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications *International Journal of STEM Education*, 2020. № 7, P. 11
41. Morze, Nataliia & Strutynska, Oksana. STEAM Competence for Teachers: *Features of Model Development*. 2021. P.187–198. DOI:10.34916/el.2021.13.16
42. Shmyger G., Balyk N. Approaches and features of modern STEM-education. *Physical-mathematical education*, 2017. № 2(12). P. 26–30.

43. Shovkun, T. & Kovalenko, S. & Loban, L. Kuzmenko, L. Особливості впровадження STEM освіти в позакласній роботі учнів. *Research Notes*. (2023). P.79-85.
44. Teachers - Tinkercad Classrooms. Autodesk Tinkercad URL: <https://www.tinkercad.com/teachers> (дата звернення: 08.09.2025).
45. Tinkercad Classrooms - Official Guide. Центр довідки Autodesk Tinkercad URL: <https://www.tinkercad.com/help/classrooms/official-guide-to-tinkercad-classrooms> (дата звернення: 11.10.2025).
46. Tinkercad - Import SVG files. Центр довідки Autodesk Tinkercad. URL: <https://www.tinkercad.com/help/designs/import-svg> (дата звернення: 15.06.2025).