

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра технологічної та професійної освіти

«До захисту допускаю»
завідувач кафедри технологічної
та професійної освіти,
доктор педагогічних наук, професор
_____ Леонід ОРШАНСЬКИЙ
« ____ » _____ 2025 р.

ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ НАВЧАННЯ
СТАРШОКЛАСНИКІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ
НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ

Спеціальність 014.10 Середня освіта (Технології)

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації – *вчитель технологій, вчитель інформатики*

Автор роботи: ГРИЦ Василь Васильович _____
підпис

Науковий керівник: кандидат педагогічних наук, доцент
ПАГУТА Мирослав Вікторович _____
підпис

Дрогобич, 2025

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Завідувач кафедри

24.10.2024 р.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на підготовку магістерської роботи

1. Тема «Організаційно-методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій».

2. Керівники – кандидат пед. наук, доцент Пагута М.В.

3. Студент – Гриц Василь Васильович.

4. Перелік питань, що підлягають висвітленню у кваліфікаційній роботі:

1) проаналізувати теоретичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій;

2) розкрити особливості організації процесу навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій;

3) розкрити методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій.

5. Список рекомендованої літератури:

1. Міністерство освіти і науки України. Програма курсу «Технології» для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти. — Київ: МОН України, 2018. — 32 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatochnij-variant-10.11.17.docx>

2. Биков, В.Ю. Цифрова трансформація освіти: концептуальні засади. — К.: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАН України, 2021. — 214 с.

3. Кухаренко, В.М. Проектне навчання в цифровому освітньому середовищі: методичні засади та практика впровадження. — Харків: ХНАДУ, 2020. — 164 с.

4. Сисоєва, С. О., Осадча, К. П. Сучасні освітні технології: теорія і практика використання. — Київ: Едент, 2020. — 288 с.

5. Полішук, І.В. Методика навчання учнів старшої школи технологіям 3D-моделювання в середовищі Tinkercad. // Вісник Житомирського державного університету. Педагогічні науки. — 2021. — Вип. 4(106). — С. 120–126.

6. Хом'як, І.П. Розвиток проєктного мислення учнів засобами інформаційних технологій. // Освіта та розвиток обдарованої особистості. — 2022. — № 2(85). — С. 45–51.

7. Петухова, Л.Є. STEM-освіта як інноваційна стратегія розвитку технологічної освіти в Україні. // Педагогічні науки. — 2021. — № 94(3). — С. 52–59.

8. Лазарев М.І. Методика трудового навчання: навчальний посібник. Київ: ВЦ «Академія», 2005. 328 с.

9. Технології 10-11 класи (рівень стандарту): навчальна програма. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatochnij-variant-10.11.17.docx>

№ з/п	Назва етапу	Термін виконання	Термін звіту перед керівником, кафедрою
1.	Вивчення й аналіз псих.-педагогічної, методичної та спец. літератури; визначення вихідних положень дослідження (об'єкт, предмет, методи); формулювання мети; постановка завдань.	до 03.12.2024 р.	17.12.2024 р.
2.	Підготовка 1-го розділу роботи.	до 15.04.2025 р.	25.04.2025 р.
3.	Підготовка 2-го розділу роботи.	до 16.09.2025 р.	24.09.2025 р.
4.	Формування висновків. Оформлення роботи.	до 28.10.2025 р.	31.10.2025 р.
5.	Перевірка роботи на плагіат	до 14.11.2025 р.	21.11.2025 р.
6.	Попередній захист роботи і рецензування.	до 24.11.2025 р.	28.11.2025 р.

7. Дата видачі завдання – 24.10.2024 р.

8. Термін подачі роботи керівнику – 07.11.2025 р.

9. З вимогами до виконання роботи і завданням ознайомлений _____ Гриц В.В.

10. Керівник _____ Пагута М.В.

Оцінка за національною чотирибальною шкалою: _____

Коротка мотивація захисту:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

_____ дата
 Голова ЕК _____ підпис _____ прізвище та ініціали
 Секретар ЕК _____ підпис _____ прізвище та ініціали

АНОТАЦІЯ

Гриц В.В. Організаційно-методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій. – Рукопис.

Магістерська робота присвячена комплексному аналізу та обґрунтуванню організаційно-методичних засад навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій. У роботі теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено методику навчання комп'ютерного проєктування старшокласників, спрямовану на формування їхніх проєктних і технологічних компетентностей. У результаті проведеної роботи розроблено й апробовано методику навчання комп'ютерного проєктування для старшої школи, що базується на поєднанні проєктного, діяльнісного та компетентнісного підходів. Створено робочу програму курсу, навчально-методичні матеріали, приклади конспектів уроків і проєктних завдань. Експериментально підтверджено підвищення рівня сформованості технологічних і цифрових компетентностей учнів експериментальної групи порівняно з контрольною. Запропонована методика забезпечує ефективне поєднання традиційного та інноваційного навчання технологій, сприяє розвитку критичного мислення, творчості й самостійності старшокласників. Отримані результати можуть бути використані в роботі вчителів технологій, у розробці навчальних програм та при підготовці педагогічних кадрів.

Ключові слова: комп'ютерне проєктування, методика навчання, старша школа, проєктна діяльність, інформаційно-комунікаційні технології.

SUMMARY

Hryts V.V. Organizational and Methodological Aspects of Teaching High School Students of Computer Design at Technology Lessons. – Manuscript.

The master's thesis is devoted to a comprehensive analysis and substantiation of the organizational and methodological principles of teaching high school students of computer design at technology lessons. The work theoretically substantiates and experimentally tests the methodology for teaching high school students of computer design, aimed at the formation of their design and technological competencies. As a result of the work, a methodology for teaching computer design for high school was developed and tested, based on a combination of design, activity and competency approaches. A course work program, teaching and methodological materials, examples of lesson summaries and project tasks were created. An increase in the level of formation of technological and digital competencies of students in the experimental group compared to the control group was experimentally confirmed. The proposed methodology provides an effective combination of traditional and innovative technology teaching, promotes the development of critical thinking, creativity and independence of high school students. The results obtained can be used in the work of technology teachers, in the development of curricula and in the training of pedagogical personnel.

Keywords: computer design, teaching methodology, high school, project activity, information and communication technologies.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ

Гриц Василя Васильовича

1. М. Пагута, **В. Гриц**. Організаційно-методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій // Матеріали XII-ї Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми сучасної науки” / За редакцією Юрія Матуріна, Ігоря Столярчука. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2025. 698 с. С. 554-556.
2. T. Kavetsky, A. Tuzhykov, **V. Hryts**, Y. Kukhazh, N. Hoivanovych, O. Šauša, B. Zgardzińska, H. Švajdlenková, O. Smutok, J. Ostrauskaite, V. Soloviev, A. Kiv. Free volume in polymer nanocomposites and artificial intelligence methods for development of highly sensitive biosensors // Proceedings of the XII-th International Scientific and Practical Conference “Actual Problems of Modern Science” (Drohobych, Ukraine, 6-7 May, 2025), P.125-128.
3. A. Tuzhykov, T. Kavetsky, N. Hoivanovych, **V. Hryts**, O. Šauša, A. Kiv, V. Soloviev, A. Bielinskyi. Artificial intelligence methods in quantum chemistry: ab initio approaches vs. machine learning interatomic potentials // Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “State of Natural Resources and Prospects for Their Preservation and Restoration” (Drohobych, Ukraine, 17-18 October, 2024), P.135-137.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ	13
1.1. Поняття та сутність комп'ютерного проєктування.....	13
1.2. Професійно-орієнтовані компетентності, очікувані результати навчання та огляд програмного забезпечення	14
РОЗДІЛ 2. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ОРГАНІЗАЦІЙНІ УМОВИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ.....	17
2.1. Нормативно-правова база	17
2.2. Методичні матеріали та організаційні форми навчання	18
2.3. Ресурсне забезпечення та підготовка вчителя	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДЛЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ	23
3.1. Принципи до розробки методики, цілі та зміст навчальної програми.	23
3.2. Структура уроку і робоча програма курсу	24
3.5. Методичні вказівки до практичних робіт та їх критерії оцінювання ..	26
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ	29
4.1. Мета та завдання експерименту	29
4.2. Організація дослідно-експериментальної роботи та інструменти збору даних	29
4.3. Обробка та аналіз результатів	31

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ	35
5.1. Приклади конспектів уроків	35
5.2. Опис проєктних завдань для учнів та критерії оцінювання.....	38
5.3. Методичні рекомендації щодо організації проєктної діяльності та використання онлайн-ресурсів.....	41
ВИСНОВКИ	45
Загальні висновки за результатами дослідження	45
Методичні та організаційні рекомендації	46
Обмеження дослідження та напрями подальших досліджень	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ	55

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ІКТ – Інформаційно-комунікаційні технології.

ПЗ – Програмне забезпечення.

t-тест – t-критерій Стьюдента, статистичний критерій.

CAD (від англ. Computer-Aided Design) – Система автоматизованого проєктування.

CAM (від англ. Computer-Aided Manufacturing) – Система автоматизованого виробництва.

LMS (від англ. Learning Management System) – Система управління навчанням.

PBL (від англ. Project-Based Learning) – Проєктне навчання.

STEM (від англ. Science, Technology, Engineering, and Mathematics) – Наука, технології, інженерія та математика.

STEP (від англ. Standard for the Exchange of Product model data) – Стандарт для обміну даними моделей виробів.

STL (від англ. Stereolithography) – Формат файлу для стереолітографії (використовується для 3D-друку).

ІКТ – Інформаційно-комунікаційні технології.

МОН – Міністерство освіти і науки України.

ОС – Операційна система.

ПК – Персональний комп'ютер.

ANCOVA (від англ. Analysis of Covariance) – Коваріаційний аналіз.

Cohen's d – d Кона, статистичний показник розміру ефекту.

MANOVA (від англ. Multivariate Analysis of Variance) – Багатовимірний дисперсійний аналіз.

ІТ – Інформаційні технології.

2D (від англ. 2-dimensional) – Двовимірний.

3D (від англ. 3-dimensional) – Тривимірний.

DXF (від англ. Drawing Exchange Format) – Формат файлів для обміну кресленнями.

FabLab (від англ. Fabrication Laboratory) – Виробнича лабораторія.

FEA (від англ. Finite Element Analysis) – Аналіз методом скінченних елементів.

GPU (від англ. Graphics Processing Unit) – Графічний процесор.

ДСП – Деревинно-стружкова плита.

ОЗП – Оперативна запам'ятовувальна пам'ять (оперативна пам'ять).

AI (від англ. Artificial Intelligence) – Штучний інтелект.

OECD (від англ. Organisation for Economic Co-operation and Development) – Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР).

p – Рівень значущості, статистичний показник (p-value).

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах інтенсивної цифровізації суспільства та виробництва одним із пріоритетів шкільної освіти є формування в учнів старших класів компетентностей, пов'язаних із проектною діяльністю та володінням інструментами комп'ютерного проєктування (CAD/CAM систем). Застосування таких засобів у навчальному процесі дозволяє не лише підвищити якість засвоєння техніко-технологічних знань, але й розвивати критичне мислення, просторову уяву та інженерні навички, що відповідає запитам ринку праці та вимогам до підготовки випускників. Водночас аналіз педагогічної практики свідчить про наявність суперечності між зростаючою потребою у володінні сучасними цифровими інструментами проєктування та недостатнім організаційно-методичним забезпеченням цього процесу в закладах загальної середньої освіти. Впровадження методик комп'ютерного проєктування потребує оновлення робочих програм, підготовки педагогів та розробки адаптованого до шкільних умов навчального контенту. Необхідність вирішення цієї проблеми та розробки практичних рекомендацій зумовлює вибір теми магістерської роботи.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробці та експериментальній перевірці організаційно-методичної системи навчання комп'ютерного проєктування учнів старших класів на уроках технологій.

Відповідно до мети визначено такі завдання дослідження:

1. Здійснити аналіз науково-методичної літератури та нормативної бази щодо впровадження комп'ютерного проєктування в шкільну освіту.
2. Визначити стан проблеми та організаційно-методичні умови навчання технологій у старшій школі з використанням ІКТ.

3. Розробити методику навчання комп'ютерного проектування (змістові модулі, структуру занять, систему практичних робіт).
4. Експериментально перевірити ефективність розробленої методики та проаналізувати отримані результати.
5. Підготувати практичні рекомендації та навчально-методичне забезпечення для вчителів технологій.

Об'єктом дослідження є навчально-виховний процес з технологій у старшій школі.

Предметом дослідження є організаційно-методичні умови та методика навчання комп'ютерного проектування старшокласників на уроках технологій.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань використано комплекс методів:

- теоретичні: аналіз наукової та навчально-методичної літератури, нормативних документів для визначення стану проблеми; порівняння та систематизація матеріалу для розробки методики;
- емпіричні: спостереження за навчальним процесом, анкетування вчителів та учнів, педагогічний експеримент (констатувальний та формувальний етапи) для перевірки гіпотези;
- статистичні: кількісний та якісний аналіз результатів експериментальної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що теоретично обґрунтовано та розроблено цілісну організаційно-методичну систему навчання комп'ютерного проектування для закладів загальної середньої освіти, яка, на відміну від традиційних підходів, базується на модульній інтеграції сучасного програмного забезпечення у проєктну діяльність старшокласників.

Практична значущість дослідження визначається можливістю впровадження розроблених матеріалів у навчальний процес. Розроблено та апробовано: робочу програму, конспекти уроків, інструкції до виконання практичних робіт у середовищі САПР, критерії оцінювання проєктів. Матеріали можуть бути використані вчителями технологій для підвищення ефективності профільного навчання.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, 48 джерел літератури та додатку. Повний обсяг роботи становить 55 сторінок. Робота містить 2 рисунки та 3 таблиці. Практична складова роботи представлена розробленим комплексом навчально-методичного забезпечення курсу.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

1.1. Поняття та сутність комп'ютерного проєктування

Комп'ютерне проєктування (computer-aided design, CAD) у контексті шкільної освіти розглядається як сукупність засобів, методів і процесів створення, моделювання й візуалізації проєктних рішень із використанням інформаційно-комунікаційних технологій. Воно охоплює роботу з дво- та тривимірними моделями, виконання ескізів і креслень, підготовку розгорток і технічної документації, а також інтеграцію з інструментами симуляції та підготовки до виробництва (CAM). У навчальному контексті комп'ютерне проєктування виконує дві взаємопов'язані функції: інструментальну (засіб реалізації проєктних завдань) та пізнавально-розвивальну (середовище для формування просторового мислення, технологічних компетентностей і умінь моделювання).

Ключовими структурними компонентами комп'ютерного проєктування у шкільній практиці є: вибір і обґрунтування проєктної задачі; розробка ескізів та моделей у ПЗ; документаційна підтримка (креслення, специфікації); тестування/симуляція (за наявності засобів); та підготовка презентації результатів. Цей ланцюжок відповідає загальним циклам інженерної та проєктної діяльності, адаптованим під освітні цілі.

Комп'ютерне проєктування як навчальний модуль або тематичний блок інтегрується в курс «Технології» для 10-11 класів як складова проєктно-технологічної підготовки учнів. Нормативні документи та робочі програми для 10-11 класів передбачають модульні підходи і можливість включення варіативних модулів, серед яких зустрічаються навчальні блоки, присвячені комп'ютерному моделюванню та проєктуванню. Важливо, що ці модулі мають бути спрямовані не лише на оволодіння інструментами ПЗ, а й на

формування міжпредметних компетентностей, проєктної культури та професійної орієнтації.

Профільна програма курсу «Технології» підкреслює діяльнісний підхід і орієнтацію на практичні результати (проєкти), що робить логічним розміщення комп'ютерного проєктування як одного з ключових елементів профільної підготовки. У шкільній практиці це може бути реалізовано через окремі тематичні модулі, факультативи або проєктні сесії в межах предмету.

Проєктна діяльність у навчанні (Project-Based Learning, PBL) визначається як метод навчання, у межах якого учні здобувають знання й уміння через довготривалі, змістовні, практично-орієнтовані проєкти. PBL сприяє розвитку ключових компетентностей: критичного мислення, співпраці, самоорганізації, інформаційної грамотності та технічних навичок. Інтеграція ІКТ у PBL підсилює можливості для ітеративного дизайну, спільної роботи над моделями й доступу до цифрових ресурсів.

З методичної точки зору доцільно поєднувати декілька підходів: діяльнісний (заснований на виконанні конкретних технологічних дій), компетентнісний (орієнтація на результат – сформованість умінь і компетенцій) та модульно-моделюючий (поєднання теоретичних блоків з практичними модульними завданнями). Методики повинні передбачати поетапність (від ознайомчих вправ – до комплексних проєктів), диференціацію завдань за складністю, групові і індивідуальні форми роботи й чіткі рубрики оцінювання проєктних результатів. Емпіричні дослідження підтверджують, що PBL за підтримки ІКТ підвищує мотивацію та якість навчальних досягнень у технічних дисциплінах [1, 2].

1.2. Професійно-орієнтовані компетентності, очікувані результати навчання та огляд програмного забезпечення

Навчання комп'ютерного проєктування має спрямовуватися на формування сукупності компетентностей: технічної (вміння користуватися

інструментами CAD, розуміти основи креслення й технічної документації), проектної (вміння формулювати завдання, планувати роботу над проектом, робити прототипи і презентації), інформаційної (пошук, аналіз і використання цифрових ресурсів), а також загальнокультурної та соціально-комунікативної (робота в команді, аргументація рішень). Результати навчання повинні бути формалізовані у вигляді очікуваних навчальних досягнень (learning outcomes): знання теоретичних основ проектування, набір практичних навичок роботи з певним ПЗ, здатність розробити простий технічний проект і представити його.

Опис очікуваних результатів має знаходити відбиток у робочій програмі та критеріях оцінювання (рубриках), що дозволяє об'єктивно моніторити прогрес учнів і коригувати педагогічні впливи. Типові рівні сформованості (базовий, достатній, високий) можуть оцінюватися через комплексні критерії: якість моделі/креслення, відповідність технічним вимогам, рівень аргументації вибору рішень, самостійність і рівень використання ІКТ.

У шкільній практиці доцільно використовувати ПЗ, що поєднує простоту засвоєння і достатній функціонал для навчальних завдань. Серед популярних рішень для освіти виокремлюють: Tinkercad – веб-застосунок для швидкого ознайомлення з 3D-моделюванням і друком; FreeCAD – відкритий CAD-пакет з можливостями параметричного моделювання; Fusion 360 і AutoCAD (освітні ліцензії) – більш потужні інструменти для тривимірного моделювання й виробничої підготовки; SketchUp – зручний інструмент для побудови просторових моделей/архітектурних ескізів; Blender як універсальний інструмент для моделювання й візуалізації (за необхідності художніх/візуалізаційних задач). Вибір конкретного ПЗ повинен враховувати доступність ліцензій, вимоги до апаратного забезпечення, легкість навчання та відповідність навчальним цілям [3].

Крім ПЗ для моделювання, освітній процес потребує додаткових інструментів: засоби для спільної роботи (облачні сервіси), програмне

забезпечення для презентацій, редактори для креслень та інструменти для 2D-графіки. Значну роль відіграють освітні політики постачальників (наприклад, безкоштовні освітні ліцензії від постачальників ПЗ), що робить впровадження технічнішим і економічно реалістичнішим для шкіл. Важливим теж є застосування методів штучного інтелекту для проведення досліджень.

РОЗДІЛ 2. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ОРГАНІЗАЦІЙНІ УМОВИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

2.1. Нормативно-правова база

Нормативно-правова база, що регламентує викладання предмета «Технології» та пов'язаних із ним елементів комп'ютерного проєктування у загальноосвітній школі, складається з Державних стандартів освіти, типової навчальної програми для 10-11 класів, а також спеціалізованих документів, що визначають вимоги до профільної середньої освіти. Державні стандарти встановлюють обов'язкові результати навчання й компетентності, які мають формуватися у процесі навчання, і слугують орієнтиром при розробці робочих програм, модулів і методичних матеріалів. Вони також задають міжгалузеві зв'язки (наприклад, з математичною та інформатичною галузями), що робить можливим інтеграцію елементів комп'ютерного проєктування в межах профільної підготовки [4].

Типова навчальна програма для 10-11 класів з курсу «Технології» передбачає можливість введення варіативних модулів та проєктно-орієнтованих блоків, що включають елементи комп'ютерного проєктування, моделювання та технологічної документації. Ці програми окреслюють змістові лінії, очікувані результати та рекомендації з організації практичних занять, що дозволяє адаптувати навчальний курс до регіональних і шкільних умов та до сучасних вимог ринку праці. На рівні нормативних документів також закладено принципи діяльнісного та компетентнісного підходів, що обґрунтовують впровадження проєктних форм роботи з ІКТ.

При розробці локальних робочих програм і методичних комплектів заклад освіти повинен керуватися як державними стандартами і типовими програмами, так і оновленнями нормативно-правової бази (періодичні накази

МОН щодо обладнання, зміни до переліку навчальних засобів тощо). Наявність актуальних нормативних документів забезпечує юридичну підставу для фінансування та матеріально-технічного забезпечення кабінетів і STEM-лабораторій [5].

2.2. Методичні матеріали та організаційні форми навчання

Методичне забезпечення викладання комп'ютерного проєктування включає підручники, навчально-методичні посібники, робочі програми, збірники практичних робіт, а також електронні ресурси (відеоуроки, інтерактивні платформи, інструкції до ПЗ). Якість цих матеріалів має оцінюватися за критеріями відповідності державним стандартам, структурованості змісту (теоретична частина — практичні навички), прикладного спрямування, наявності методичних вказівок для вчителя та адаптації до рівнів підготовки учнів.

Аналіз сучасних підручників і посібників виявляє дисбаланс: деякі видання переважно теоретичні і недостатньо орієнтовані на практичне опанування конкретних CAD-інструментів, інші — фокусуються на роботі в окремих програмних продуктах без глибшого методичного обґрунтування проєктної діяльності. Це вказує на потребу у розробці комплексних методичних комплектів, які поєднують принципи проєктної педагогіки зі стандартизованими інструкціями до ПЗ та формалізованими рубриками оцінювання. Важливим чинником є також доступність електронних методичних ресурсів (локальні навчальні мережі, хмарні сервіси, освітні платформи), що дозволяє оперативно оновлювати матеріали відповідно до змін у програмному продукті. (Джерела методичного характеру мають бути вибрані з урахуванням актуальності та рецензування педагогічною спільнотою.)

Організаційно-методичні форми, що найбільш ефективно сприяють засвоєнню комп'ютерного проєктування, поєднують традиційні форми (урок

теоретичного та практичного спрямування) з лабораторно-практичними заняттями, семінарами-практикумами та тривалими проєктними сесіями [6].

Різні форми реалізуються залежно від мети заняття:

- короткі практичні уроки – для відпрацювання окремих навичок (елементи інтерфейсу ПЗ, прості ескізи);
- лабораторні/практикуми – для реалізації закінчених практичних завдань з креслення, параметричного моделювання чи підготовки документації;
- модульні проєкти/проєктні сесії – для комплексної діяльності зі створення проєкту від постановки задачі до захисту результатів.

Проєктні сесії (тимчасові блоки тривалістю від декількох уроків до декількох тижнів) дозволяють застосувати ітеративний цикл розробки (аналіз задачі – ескізування – моделювання – тестування – корекція – презентація). Для шкіл з обмеженими ресурсами доцільні гнучкі формати: командні проєкти (розподіл ролей), робота в змішаному режимі (частково поза класом із використанням хмарних інструментів) та інтеграція з виробничою практикою (співпраця з локальними підприємствами чи технічними студіями). Така комбінація форм забезпечує варіативність, диференціацію навчання та розвиток як технічних, так і соціально-комунікативних компетентностей [7-9].

2.3. Ресурсне забезпечення та підготовка вчителя

Ефективність впровадження комп'ютерного проєктування значною мірою залежить від матеріально-технічного забезпечення закладу. МОН визначає типовий перелік обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій, який включає комп'ютерну техніку, периферію (плоттери, 3D-принтери у випадку практичної спрямованості), мультимедійні засоби, вимірювальне обладнання та мережеву інфраструктуру. Наявність та відповідність обладнання до вимог ПЗ (продуктивність комп'ютерів, версії

ОС тощо) є критичною умовою для реалізації навчальних завдань з CAD і параметричного моделювання [10-12].

Питання ліцензійного забезпечення також має практичне значення. Багато постачальників програмного забезпечення (наприклад, Autodesk) надають освітні ліцензії або хмарні освітні рішення, що полегшує доступ шкіл до професійних інструментів. Водночас для початкового навчання корисними є безкоштовні чи відкриті рішення (Tinkercad, FreeCAD), які знижують бар'єри входу та дозволяють сконцентруватися на формуванні основних навичок без значних витрат. Рекомендація для шкіл — комбінувати відкриті інструменти для навчання базових навичок і освітні ліцензії професійного ПЗ для просунутих модулів або співпраці з вишами/підприємствами [13, 14].

Крім апаратно-програмного забезпечення, ефективна робота передбачає доступ до мережесих ресурсів (сервери/хмарні сховища для зберігання проєктів), систем управління навчанням (LMS) і засобів для спільної роботи (хмарні редактори, репозиторії). Планування бюджету і проєктів модернізації кабінету має базуватися на типовому переліку МОН із урахуванням пріоритетів (наприклад, придбання 3D-принтера vs. оновлення ПК).

Підготовка педагогічних кадрів є ключовим чинником успішного впровадження комп'ютерного проєктування. Вчитель має поєднувати педагогічну майстерність з технічною компетентністю в обраному ПЗ, методикою організації проєктної діяльності та навичками оцінювання проєктів (Рис. 1). Підвищення кваліфікації може здійснюватися через різні канали: курси підвищення кваліфікації в інститутах післядипломної освіти, онлайн-курси від освітніх платформ, авторські майстер-класи від постачальників ПЗ та мережеві спільноти практиків. Системна програма підвищення кваліфікації має включати педагогічні методики PBL, технічні тренінги з конкретних CAD-інструментів, а також аспекти організації безпечного і ефективного лабораторного середовища [15, 16].

Практика показує, що найбільш ефективні змішані формати підготовки: поєднання теоретичних семінарів, практичних воркшопів і наставництва (менторства) під час першого курсу впровадження методик у школі. Для стимулювання професійного розвитку важливі мотивувальні механізми (сертифікація, кредитна система підвищення кваліфікації, підтримка освітнього округу/обласного методичного кабінету). Локальні методичні об'єднання й онлайн-спільноти вчителів також є дієвими платформами для обміну готовими матеріалами, шаблонами конспектів і рубрик оцінювання.

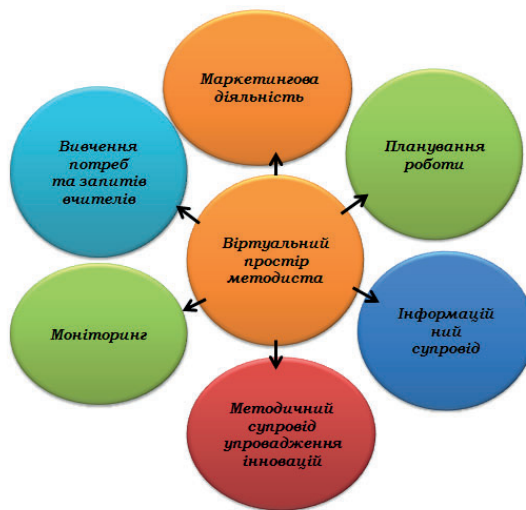


Рис. 1. Структура інформаційно-методичного супроводу вчителя технологій у віртуальному просторі.

Отже, нормативна база (державні стандарти, типова програма) створює правове й методичне поле для інтеграції комп'ютерного проєктування в курс «Технології», але потребує локальної адаптації з урахуванням ресурсних можливостей закладу.

Методичні матеріали мають бути комплексними: поєднувати теорію, практичні інструкції до ПЗ і чіткі критерії оцінювання; сучасна методика потребує переорієнтації на проєктно-компетентнісний підхід [17].

Організаційні форми (лабораторні, практикуми, тривалі проєктні сесії) повинні комбінуватися для забезпечення поетапного формування навичок, а ресурсне забезпечення — відповідати типовим перелікам МОН і стратегічно поєднувати відкриті та освітні ліцензії ПЗ.

Професійний розвиток вчителя є ключовою складовою; ефективні програми підвищення кваліфікації поєднують технічну підготовку з методикою проєктного навчання.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДЛЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ

3.1. Принципи до розробки методики, цілі та зміст навчальної програми

Методика базується на поєднанні компетентнісного, діяльнісного та проєктно-орієнтованого підходів. Основні принципи, що керували розробкою: цілеспрямованість на формування професійно-орієнтованих компетентностей; поетапність і модульність освоєння програмного інструментарію; поєднання індивідуальної та колективної діяльності; ітеративність проєктного циклу (постановка задачі – ескіз – моделювання – тестування – корекція – презентація). Методичні рішення враховують вимоги державної програми курсу «Технології» та практичну доступність інструментів для шкіл різного рівня ресурсності. Використання проєктного підходу узгоджується з міжнародними рекомендаціями з інтеграції ІКТ у навчання і підтверджує свою ефективність у формуванні практичних компетентностей учнів [18-20].

Мета курсу – забезпечити системне засвоєння основ комп'ютерного проєктування, розвиток просторового мислення, проєктних умінь та вміння працювати із сучасними інструментами CAD на рівні, достатньому для подальшої професійної орієнтації або поглибленого вивчення в закладах вищої освіти. Зміст має бути організований у 4–5 взаємопов'язаних модулів, що поступово ускладнюються (Табл. 1):

- Модуль 1 – Вступ до комп'ютерного проєктування: основні поняття, інтерфейс ПЗ, двовимірні креслення та векторна графіка.
- Модуль 2 – Тривимірне моделювання: твердотільні й поверхневі моделі, параметричне моделювання, базові операції моделювання.
- Модуль 3 – Технологічна документація та підготовка до виготовлення: розгортки, специфікації, основи САМ.

- Модуль 4 – Проєктно-технологічна сесія: командний комплексний проєкт від ідеї до презентації.

Таблиця 1.

Тематичний план спецкурсу/модуля «Основи комп'ютерного проєктування».

№ з/п	Назва змістового модуля	Кількість годин	Основні види діяльності учнів	Очікуваний результат (продукт)
1	Вступ до комп'ютерної графіки та проєктування	4	Ознайомлення з інтерфейсом, примітиви, групування	Створена проста 3D-модель (брелок, жетон)
2	Основи 3D-моделювання та редагування об'єктів	6	Операції видавлювання, обертання, робота з розмірами	Модель побутового предмета (підставка, горнятко)
3	Складне моделювання та підготовка документації	6	Параметричне моделювання, створення креслення за моделлю	Складальний виріб (деталь механізму) + креслення
4	Виконання творчого проєкту	8	Розробка ідеї, моделювання, презентація	Власний завершений проєкт (індивідуальний або груповий)
Разом		24		

Кожен модуль має чіткі learning outcomes (очікувані результати) у формулюванні «учень/учениця вміє...», які трансформуються в критерії для оцінювання. Така модульність дозволяє адаптувати курс до різної тривалості і рівня профілювання в школі та відповідає типовим вимогам навчальної програми [21].

3.2. Структура уроку і робоча програма курсу

Стандартний урок практичного спрямування рекомендовано будувати за принципом: орієнтаційна частина (мотивація і зв'язок з попереднім матеріалом) – демонстрація (коротке візуальне введення в інструмент або прийом) – практична робота (індивідуальна/парна/груповая) – рефлексія і підведення підсумків (демонстрація результатів, самооцінка, коротке домашнє завдання) (Табл. 2).

Типи навчальних завдань: тренувальні вправи (для засвоєння інтерфейсу та базових операцій), прикладні міні-завдання (готові шаблони, що вимагають модифікації), конструкторські вправи (розробка ескізу і

простого виробу), та комплексні проєктні завдання (тривала робота з розподілом ролей і захистом).

Роль вчителя переходить від транслятора знань до фасилітатора проєктної діяльності та експерта з оцінювання. Практичні заняття мають передбачати проміжні контрольні точки (чекпоїнти) для діагностики прогресу і раннього коригування.

Таблиця 2.

Типологія навчальних завдань з комп'ютерного проєктування.

Тип завдання	Мета	Приклад завдання	Рівень складності
Репродуктивні	Засвоєння інтерфейсу та команд	"Побудуйте куб розміром 20x20x20 мм за зразком"	Початковий
Варіативні	Застосування знань у нових умовах	"Змініть форму підставки під телефон під свій розмір екрану"	Середній
Творчі (Конструкторські)	Розв'язання реальної проблеми	"Спроєктуйте тримач для кабелів, який кріпиться до парти"	Високий

Робоча програма оформлюється як календарно-тематичне планування з перетворенням модулів у серії уроків і практикумів (наприклад, модуль тривалістю 18-24 годин для стандартного профільного блоку). Для кожного уроку в робочій програмі вказуються: мета, очікувані навчальні досягнення, інструменти й матеріали, послідовність діяльності, завдання для класу і для самостійної роботи, критерії оцінювання та орієнтовний час. Важливим елементом є включення одного або двох підсумкових проєктів на модуль, які оцінюються за заданими рубриками. Для доступності методики рекомендується надавати альтернативні варіанти завдань – «базовий», «достатній», «поглиблений» – щоб забезпечити диференціацію. Державні і шкільні програми містять орієнтовні теми та очікувані результати, які слугують відправною точкою для локальної адаптації [21, 22].

3.5. Методичні вказівки до практичних робіт та їх критерії оцінювання

Методичні вказівки повинні містити: короткий опис мети кожної практичної роботи; покрокову інструкцію (сценарій) з ілюстраціями/скріншотами інтерфейсу ПЗ; перелік контрольних критеріїв і типових помилок; рекомендації з організації часу та матеріалів; запропоновані дидактичні питання для обговорення результатів; і орієнтовну рубрику само- та взаємооцінювання. Практичні роботи мають включати субтитровані інструкції для учнів з різним рівнем підготовки та передбачати можливість автономної роботи в середовищі домашнього доступу (хмарні сервіси або освітні ліцензії). Для проєктів важливо формалізувати етапи з проміжними результатами (план проєкту, ескізи, проміжні моделі, фінальний артефакт, презентація) і передбачити механізми наставництва та проміжної експертної оцінки. Практика провайдерів освітнього ПЗ (наприклад, навчальні плани Tinkercad) демонструє користь готових сценаріїв і робочих листів для вчителя [23].

Оцінювання поєднує формувальну (поточну) та підсумкову оцінки (Табл. 3). Для підсумкових проєктів рекомендується застосовувати рубрики (rubrics), які дозволяють об'єктивізувати оцінювання багатовимірних результатів: технічна якість моделі (точність, відповідність специфікаціям), функціональність (якщо застосовно), творчий підхід і якість ескізної документації, аргументація вибору рішень, рівень використання ІКТ (складність прийомів), командна робота й презентаційні навички. Рубрики розбиваються на рівні (наприклад, 0-1 базовий, 2-3 достатній, 4-5 високий) з чіткими дескрипторами для кожного критерію; це істотно підвищує прозорість оцінювання і допомагає учням орієнтуватися на очікувані результати. Додатково до рубрик слід застосовувати короткі тести для перевірки базових знань і онлайн-логування робочих процесів (історія версій у хмарних сервісах) як доказ виконаних етапів. Емпіричні джерела

підтверджують позитивний вплив рубрик та комбінованих методів оцінювання на якість проєктних результатів [24].

Таблиця 3.

Критерії оцінювання навчальних проєктів.

Критерій	Низький рівень (1-3 бали)	Середній рівень (4-6 балів)	Достатній рівень (7-9 балів)	Високий рівень (10-12 балів)
Технічна складність	Використано лише прості примітиви (куб, куля)	Використано базові операції, є дрібні помилки в розмірах	Модель складна, точна, використано параметри	Професійне виконання, складна геометрія, оптимізація
Функціональність	Модель не відповідає призначенню	Модель загалом правильна, але потребує доопрацювання	Модель повністю виконує свою функцію	Модель ергономічна, продумана до дрібниць
Якість презентації	Відсутній опис або ескіз	Є короткий усний опис роботи	Є ескіз та чітке пояснення етапів роботи	Якісна презентація, обґрунтування вибору технології

Короткі рекомендації щодо впровадження методики:

1. Адаптувати модулі та тривалість відповідно до локальних ресурсів і профільності школи; комбінувати безкоштовні освітні сервіси (Tinkercad, FreeCAD) з освітніми ліцензіями для просунутих тем.
2. Забезпечити наявність шаблонів методичних вказівок і рубрик у цифровому вигляді для оперативного використання вчителем.
3. Передбачити програму підвищення кваліфікації для вчителів, що поєднує технічні тренінги та методику PBL (короткі воркшопи + наставництво).
4. Впроваджувати проміжні чекпоїнти під час проєктів для формувального оцінювання й раннього коригування роботи груп.

Запропонована методика поєднує модульну логіку змісту, чітку структуру уроку, практичні сценарії та стандартизоване оцінювання. Такий підхід є гнучким і придатним до локальної адаптації: школи з різним рівнем

ресурсності можуть використовувати «легку» версію (відкриті інструменти і короткі проекти) або «поглиблену» (освітні ліцензії, інтеграція цифрового виробництва). Наступний практичний крок – розробка детальної робочої програми з календарним планом, набором конспектів і рубрик оцінювання [25-27].

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

4.1. Мета та завдання експерименту

Мета експериментальної частини дослідження – емпірично перевірити ефективність розробленої організаційно-методичної системи навчання комп'ютерного проєктування для старшокласників у порівнянні зі стандартними підходами викладання технологій. Поставлена мета конкретизується у низці завдань: операціоналізувати очікувані компетентнісні результати у вигляді критеріально вимірюваних показників (тестові бали, якість проєктних артефактів за рубриками, рівні мотивації й самооцінки); розробити та апробувати інструментарій збору даних (предтест і посттест, рубрики, анкети, форми спостереження); організувати дослідно-контрольний експеримент з визначеною вибіркою учнів; провести кількісний і якісний аналіз отриманих даних для встановлення статистичної значущості та практичної значущості (ефекту) впливу методики; і, нарешті, сформулювати рекомендації щодо впровадження. Формулювання мети й завдань відповідає загальноприйнятим підходам до освітніх експериментів і передбачає поєднання формувального (monitoring) та підсумкового оцінювання з використанням як кількісних, так і якісних інструментів [28].

4.2. Організація дослідно-експериментальної роботи та інструменти збору даних

Експеримент реалізується у форматі неповного (квазі-)експерименту з констатувальним (предтест) і формувальним (інтервенція) етапами та посттестом на завершення курсу, причому використовуються експериментальна та контрольна групи, співставні за базовими характеристиками (вік, попередня підготовка, соціально-економічний

контекст школи). Вибірка формується не менш ніж із двох шкіл або класів (експериментальної й контрольної), бажано з кількістю учасників у кожній групі, що забезпечує статистичну потужність (орієнтовно ≥ 30 учнів у групі для основних кількісних порівнянь; для менших ефектів — планування збільшеної вибірки або застосування багатопарових статистичних моделей). Перед основним експериментом проводиться пілотування інструментів (тестів, анкет, рубрик) для перевірки зрозумілості і надійності, а також тренінг вчителів-реалізаторів [29, 30].

Етапи роботи:

- (1) підготовчий – розробка інструментів і пілот;
- (2) констатувальний – предтестування та анкетування;
- (3) інтервенція – реалізація методики в експериментальній групі протягом запланованого модуля (наприклад, 18-24 годин або семестр), контрольна група продовжує стандартну програму;
- (4) посттестування та збір остаточних проєктів;
- (5) обробка даних і аналіз;
- (6) інтерпретація й узагальнення результатів.

Такий дизайн враховує практичні обмеження шкільного середовища та є типовим для педагогічних досліджень, де рандомізація часто не є можливою.

Для комплексного оцінювання ефективності методики використовуються мультиплексні інструменти. Кількісна частина включає стандартизований предтест/посттест для вимірювання предметних знань і вмінь (структуровані завдання на креслення, інтерпретацію креслень, базові операції CAD) та кількісне оцінювання проєктних результатів за рубриками (технічна точність, якість документації, інноваційність, презентація). Якісна інформація збирається через структуровані спостереження під час уроків (контрольні чеклісти фіксації групової взаємодії, ступеня автономності), напівструктуровані інтерв'ю з вчителями і фокус-групи з учнями, а також анкетні шкали мотивації й самоефективності щодо використання ІКТ і проєктної діяльності. Інструменти повинні пройти експертну верифікацію

(перегляд методичною радою) та тестування на надійність (внутрішня узгодженість для анкет, міжекспертна узгодженість для рубрик). Складання рубрик рекомендується здійснювати на основі відкритих освітніх практик (наприклад, PBLWorks) та прикладних моделей оцінювання, забезпечуючи дескриптори для різних рівнів виконання. Поєднання різних джерел (триангуляція) підвищує валідність висновків і дозволяє виявити як кількісні зміни, так і якісні трансформації у навчальній діяльності [31, 32].

4.3. Обробка та аналіз результатів

Кількісний аналіз передбачає описову статистику (середні, медіани, стандартні відхилення), інтервальні оцінки (довірчі інтервали) і перевірку гіпотез щодо відмінностей між групами та змінами в групах при переході від предтесту до посттесту. У випадку порівняння приросту знань корисним є використання ANCOVA з контролем за предтестовими показниками або аналіз змін (gain scores), залежно від відповідності припущень. Розрахунок розміру ефекту (Cohen's d або стандартизовані контрасти) обов'язковий для інтерпретації практичної значущості змін. Для множинних показників може застосовуватися багатовимірний аналіз (MANOVA) або багаторівневе моделювання (mixed-effects models), якщо дані мають вкладену структуру (учні в класах). Статистична перевірка має супроводжуватися перевіркою припущень (нормальність, однорідність дисперсій) і, за потреби, застосуванням непараметричних критеріїв. Якісний аналіз здійснюється через тематичний (content) або інша підходящий підхід (напр., framework analysis), кодування інтерв'ю й спостережень, з метою виявлення механізмів впливу методики, суб'єктивних оцінок учасників і непередбачуваних ефектів. Комбінування кількісних і якісних результатів дозволяє робити усвідомлені висновки щодо ефективності та механізмів дії методики [33].

Порівняльний аналіз має бути спрямований на виявлення статистично значущих і практично значущих відмінностей у прирості компетентностей

між експериментальною та контрольною групами. Основний підхід – порівняння середніх приростів за предтест–посттест (або використання ANCOVA для контролю початкових відмінностей) з подальшим розрахунком розміру ефекту для кількісного визначення ступеня впливу методики. Одночасно аналізу підлягають результати рубричного оцінювання проєктів (розподіл по рівнях за кожним критерієм) та показники мотивації/самооцінки, що дозволяє встановити, чи зміни в предметних уміннях супроводжуються змінами в емоційно-мотиваційній сфері. Для підвищення достовірності результатів рекомендується провести аналіз чутливості (sensitivity analysis) – наприклад, перевірку результатів за допомогою непараметричних тестів або контрольних підгруп – та інтерпретацію у світлі якісних даних (свідчень вчителів, прикладів успішних проєктів). Положення про очікувані статистичні знахідки ґрунтуються на ширшій базі досліджень PBL, які вказують на позитивний вплив проєктних методик при належній організації та підтримці [34].

На діаграмі (Рис. 2) візуалізовано порівняльний аналіз результатів педагогічного експерименту.

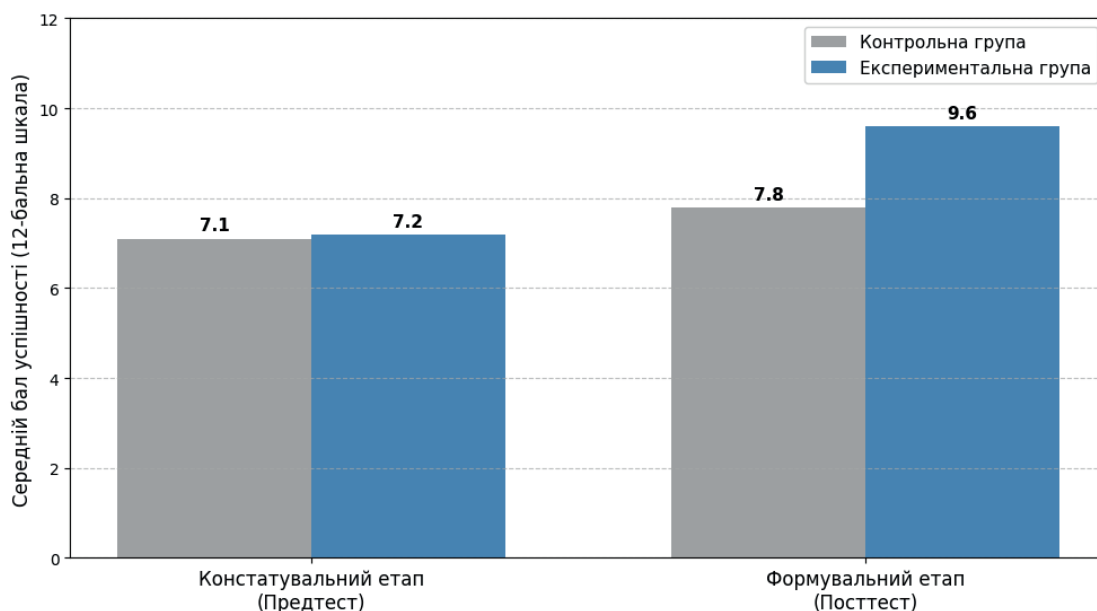


Рис. 2. Динаміка середнього балу успішності учнів контрольної та експериментальної груп на констатувальному і формувальному етапах експерименту.

На констатувальному етапі (предтест) середні показники успішності в контрольній (7,1 бала) та експериментальній (7,2 бала) групах не мали статистично значущої різниці. Це підтверджує, що на початку дослідження групи знаходилися в рівних умовах щодо рівня володіння базовими навичками та знаннями, а вибірка була однорідною.

На формувальному етапі (посттест), після впровадження розробленої організаційно-методичної системи навчання комп'ютерного проєктування, спостерігається суттєва позитивна динаміка в експериментальній групі. Середній бал зріс до 9,6, що свідчить про значний приріст компетентностей. Водночас, у контрольній групі, яка навчалася за стандартною методикою, приріст є менш вираженим (до 7,8 бала). Така різниця в динаміці підтверджує ефективність запропонованої методики та її позитивний вплив на результати навчання старшокласників [35].

Інтерпретація результатів має враховувати не тільки наявність або відсутність статистичної різниці, але й контекст її виникнення – рівень ресурсного забезпечення школи, кваліфікацію вчителя, ступінь виконання протоколу інтервенції (fidelity), а також потенційні загрози внутрішній валідності (нерандомізований добір, вплив зовнішніх факторів). Якщо експериментальна група показує вищі середні прирости за тестовими показниками і кращі результати за рубриками з помірними або великими розмірами ефектів, це свідчитиме на користь методики; проте важливо звернути увагу на можливі побічні ефекти (наприклад, нерівномірне навантаження на вчителя, збільшення ресурсних витрат). Навпаки, відсутність значних відмінностей потребує аналізу fidelity реалізації, перегляду інструментів оцінювання і, можливо, подовження тривалості інтервенції.

Рекомендації за результатами включають:

- (1) адаптацію методики з урахуванням виявлених труднощів;
- (2) розробку плану масштабування (пілот → розширення) з урахуванням необхідної підготовки вчителів і матеріально-технічної підтримки;

(3) подальше довготривале спостереження (follow-up) для оцінки збереження ефектів.

Крім того, важливо публікувати всі методичні матеріали і інструменти (зразки рубрик, тести, анкети), щоб інші дослідники могли відтворити досвід і включити результати до мета-аналізів у майбутньому.

Експеримент передбачає дотримання етичних стандартів: інформована згода учнів (та батьків для неповнолітніх), анонімізація даних, забезпечення конфіденційності результатів, мінімізація ризиків для учасників і прозоре інформування освітнього закладу про мету й процедури. Обмеження дослідження типові для шкільних експериментів: обмежена можливість рандомізації, вплив локального контексту (різний рівень підготовки вчителя чи ІТ-інфраструктури), обмежені терміни й ресурси для тривалих спостережень. Визнання цих обмежень і відповідні коригувальні заходи (пілотування, ретельне документування fidelity, використання мобільних методів збору даних) підвищують довіру до отриманих висновків.

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ

5.1. Приклади конспектів уроків

У цьому блоці наведені шість детальних конспектів уроків, які покривають введення в CAD-інструменти, формування двовимірних навичок, перехід до тривимірного моделювання, моделювання конструктивних елементів, підготовку технологічної документації та модуль-проект з презентацією. Кожний конспект має структуру: навчальна мета, очікувані результати (learning outcomes), обладнання і програмне забезпечення, часові рамки, послідовність діяльності (етапи уроку), дидактичні матеріали для учнів, контрольні точки (чек-поінти) та критерії оцінювання. Конспекти орієнтовані на 45-90-хвилинні уроки та враховують диференціацію за рівнями «базовий – достатній – поглиблений» [36-38].

Урок 1. «Вступ до комп'ютерного проєктування: знайомство з інтерфейсом і базовими операціями» (45-60 хв.).

- **Мета:** сформувати первинні навички навігації інтерфейсом вибраного ПЗ (наприклад, Tinkercad або FreeCAD), навчити створювати прості двовимірні ескізи й зберігати проєкт.
- **Очікувані результати:** учень вміє відкрити робоче середовище, виконати операції «створити – зберегти – експортувати», побудувати просту 2D-фігуру, змінити розміри та позицію елементів.
- **Хід уроку** включає мотиваційну вступну частину (5-7 хв.), демонстрацію вчителем основних команд (10-12 хв.), практичну частину (20-30 хв.) з двома мінімальними вправами («створити візитку», «ескіз підвісної полиці»), рефлексію (5-8 хв.) – самооцінка та короткий домашній міні-завдання.

- **Контрольні точки:** відпрацювання навігації інтерфейсу; перший збережений проєкт у хмарі або локально.
- **Для оцінювання** застосовується чек-лист базових навичок (виконав/не виконав) і коротка рефлексивна анкета щодо труднощів.

Урок 2. «Двовимірна графіка та креслення: основи технічного ескізу» (60-75 хв.).

- **Мета:** навчити читати і виконувати прості технічні ескізи у середовищі CAD, освоїти основні операції креслення (лінія, дуга, вимір), роботу з шарами та просту нотацію.
- **Хід уроку:** початкове мотивування через приклад застосування креслення в реальному виробництві; колективний розбір прикладу ескізу; індивідуальне виконання завдання («наповнити шаблон креслення для коробки з кришкою»); взаємооцінювання робіт за короткою рубрикою.
- **Результат:** готовий двовимірний кресленик із зазначенням основних розмірів і позначок.
- **Пояснення щодо організації диференціації:** учням «поглибленого» рівня запропонувати варіант із додатковими допусками та специфікацією.

Урок 3. «Перехід до 3D: операції екструзії, фаски, круглі ребра» (60-90 хв.).

- **Мета:** засвоїти базові операції побудови твердотільних моделей із 2D-ескізу.
- **Структура:** демонстрація вчителем послідовності (ескіз → екструзія → операції зміни форми) з поясненням інженерного значення операцій; практична робота (створити простий корпус або ручку інструмента); проміжна перевірка (викладач перевіряє проміжну модель по рубриці «геометрична коректність»); інструкції щодо експорту STL для 3D-друку (якщо доступно).

- **Оцінювання** охоплює технічну коректність моделі, якість ескізної підготовки й аргументацію вибору операцій.

Урок 4. «Підготовка технологічної документації: специфікації, розгортки та формування комплекту документів» (60-90 хв.).

- **Мета:** навчити складати просту комплектну документацію: креслення деталей, список матеріалів, розгортку для листового металу або ДСП, коментарі до виробництва.
- **План уроку:** розбір шаблону документа; практична робота – створити пакет документації до моделі, виконаної на попередньому уроці; парне обговорення і редагування документів; підготовка короткої інструкції для виготовлення.
- **Оцінювання** проводиться за рубрикою, що включає повноту документації, відповідність вимогам, чіткість і придатність для виготовлення.

Урок 5. «Проектна сесія – частина 1: постановка завдання, аналіз вимог, ескізування» (блок 2-3 уроки по 90 хв. або сесія 180-270 хв.).

- **Мета:** запровадити роботу над модульним проектом – від постановки завдання до проміжних результатів.
- **Хід:** групова робота, формування команд з розподілом ролей (менеджер проекту, дизайнер, технолог, презентатор); аналіз вимог (технічні, естетичні, економічні); створення плану робіт і перших ескізів.
- **Дидактичні матеріали:** шаблон плану проекту, чек-ліст для аналізу вимог, критерії проміжного оцінювання.
- **Контрольні точки:** затверджений план проекту, перший комплект ескізів.

Урок 6. «Проектна сесія – частина 2: моделювання, тестування, презентація» (завершення проєкту, 2-4 уроки).

- **Мета:** завершити моделювання, провести внутрішні тестування (віртуальні симуляції або прості фізичні перевірки), підготувати презентацію та захист проєкту.
- **Хід:** робота над моделями згідно з планом; проміжні демонстрації; фінальне збереження артефактів; підготовка презентації (слайди, коротка відео-демонстрація або прототип).
- **Оцінювання** фінального продукту за рубрикою, публічний захист і рефлексія команди щодо процесу. Рубрика оцінювання застосовується як підсумкова: технічна якість, відповідність вимогам, дизайн, презентація, командна взаємодія.

Кожен конспект супроводжується робочим листом для учнів (з інструкціями, чек-поїнтами й рекомендаціями з fallback-варіантами для тих, хто втрачає час), а також методичною сторінкою для вчителя (очікувані помилки і способи їхнього виправлення, варіанти диференціації, поради щодо організації парної роботи). Структуру конспектів рекомендовано інтегрувати в календарно-тематичне планування модуля згідно з робочою програмою курсу «Технології». Це відповідає рекомендаціям МОН щодо варіативних модулів та модульної структури курсу [39, 40].

5.2. Опис проєктних завдань для учнів та критерії оцінювання

Проектні завдання формуються таким чином, щоб поєднати предметні результати (вміння оперувати CAD-інструментами, читати креслення), міжпредметні компетентності (математика для розрахунків розмірів, фізика для розуміння матеріалів), і м'які навички (комунікація,

робота в команді). Нижче наведено три типові проєктні завдання з розгорнутим описом очікуваних результатів і рубрикою оцінювання [41].

Проект А – «Шкільний стенд/поличка для рослин» (командний проєкт, 3-4 тижні).

1. Завдання: спроектувати багатоярусну поличку для внутрішнього озеленення школи з урахуванням матеріалу (ДСП або фанера), обмежень по довжині/ширині/вазі, можливості простого виготовлення.
2. Очікувані етапи: аналіз вимог → ескізи → 3D-модель → розгортки і специфікація матеріалів → план виготовлення → презентація.
3. Результат оцінюється за рубрикою: технічна коректність (розрахунки, міцність) – 25 %, якість моделі і креслень – 25 %, інноваційність / дизайн – 20 %, придатність до виготовлення / економічність – 15 %, презентація та командна робота – 15 %.
4. Критерії формуються як дескриптори на трьох рівнях (базовий/достатній/високий) з конкретними показниками (наприклад, «коректні розрахунки опорної здатності»).

Проект В – «Елемент інтер'єру: світильник або полиця для книг» (індивідуальний або парний, 2-3 тижні).

1. Завдання: створення естетично привабливого предмета інтер'єру з обмеженнями матеріалів і технологій виробництва (лазерна порізка, 3D-друк).
2. Рубрика: дизайн і естетика – 30 %, технологічна доцільність – 25 %, точність моделі (підготовка файлів для виробництва) – 25 %, документування (інструкція з виготовлення) – 10 %, презентація – 10 %.
3. Оцінювання доповнюється само- і взаємооцінюванням.

Проект С – «Міні-механізм/модель» (інноваційний модуль, 4-6 тижнів, з елементами механіки).

1. Завдання: спроектувати простий кінематичний механізм (наприклад, підйомник або шестерний механізм), змодельовати його в середовищі CAD, при можливості — підготувати до 3D-друку і провести просте тестування працездатності.
2. Критерії: функціональність (робоча модель) – 30 %, інженерні розрахунки (припустимі навантаження) – 20 %, якість збірки/моделювання – 20 %, документація (чіткість креслень, специфікація) – 15 %, презентація – 15 %.

До кожного проекту додається рубрика (інструментальна таблиця) з детальними дескрипторами по критеріях. Як зовнішнє джерело шаблонів рубрик радимо використовувати розробки PBLWorks – їхні рубрики та Project Design Rubric містять стандартизовані критерії для планування та оцінки проєктів у PBL-контексті. Застосування таких рубрик підвищує прозорість і об'єктивність оцінювання, полегшує зворотний зв'язок учням і служить інструментом формувального оцінювання протягом усього циклу проєкту. Практична порада щодо використання рубрик: рубрика має бути опублікована для учнів на початку проєкту, використана для само- і взаємооцінювання на проміжних етапах і служити орієнтиром під час захисту проєкту. Критерії мають бути конкретними і зрозумілими (не більш ніж 4-6 основних критеріїв плюс 3-5 підкритеріїв), щоб уникнути надмірної деталізації, яка ускладнює застосування у шкільних умовах [42, 43].

5.3. Методичні рекомендації щодо організації проєктної діяльності та використання онлайн-ресурсів

Організація проєктної діяльності вимагає від вчителя нових ролей: фасилітатора процесу, менеджера навчальної діяльності та експерта-консультанта з технічних аспектів. Перш за все, необхідно чітко структурувати проєкт на етапи з явними проміжними результатами – це знижує ризик «втрати» групи та дає змогу планувати часові ресурси. Вчителю слід заздалегідь підготувати шаблони для постановки задачі, плану проєкту, форми для фіксації вимог і чек-лісти для проміжних етапів. Роль вчителя на етапах: ставити чіткі цілі та критерії, контролювати дотримання етапів (чек-поінти), моделювати робочі ситуації (наприклад, демонстрація типових помилок у моделюванні), допомагати у пошуку технічних рішень, проводити фасилітацію дискусій та рефлексій [44].

Рекомендовано застосовувати такі практики: регулярні короткі «stand-up» наради команд (5-7 хв. щоп'ять днів) для обміну прогресом; проміжні презентації «work-in-progress» перед педагогічною групою або іншими класами; використання журналів проєкту або електронних портфоліо для документування версій моделей і рішень; фасилітація само- та взаємооцінювання з використанням рубрик; залучення експертів (університети, підприємства) для зовнішньої експертизи проєктів. Дослідження показують, що структура, зворотний зв'язок і зовнішня експертиза підсилюють глибину навчання в PBL-контексті.

Також важливо передбачити підтримку для учнів із нижчим початковим рівнем (додаткові інструкції, шаблони, ментора-помічника), а для просунутих — творчі «плюс-завдання» (інтеграція сенсорики, програмування механізму). Щодо організації робочого часу: рекомендується планувати проєктні сесії з можливістю поєднання занять у класі та роботи поза класом (домашня робота або доступ до хмарних інструментів), що дозволяє гнучко використовувати шкільні ресурси [45].

Етичні і правові питання: перед початком проєктів, особливо якщо планується публікація чи демонстрація робіт (онлайн чи на шкільних виставках), потрібно забезпечити інформовану згоду учнів/батьків та уточнити питання авторського права щодо спільних напрацювань. Також важливо дбати про безпеку при роботі з обладнанням (3D-принтери, лазерні різки) – надавати інструкції з техніки безпеки та забезпечувати нагляд. Рекомендації МОН щодо організації кабінетів і стандартів обладнання мають бути враховані при плануванні практичних робіт [46].

ПЗ має обиратися виходячи з балансу між педагогічною простотою, функціональністю і доступністю ліцензій. Для початкового етапу та навчання базових навичок оптимальними є хмарні прості інструменти (Tinkercad): вони не потребують потужного апаратного забезпечення і працюють у браузері; крім того, постачальники пропонують освітні матеріали і сертифікації для вчителів. Для середнього та просунутого рівня – FreeCAD як відкритий пакет із параметричним підходом та можливістю розширення, Autodesk Fusion 360 / AutoCAD (через освітні ліцензії) для більш професійної підготовки, SketchUp для архітектурних/просторових задач і Blender для візуалізації. Освітні програми провайдерів (Autodesk Education) пропонують курси, майстер-класи та доступ до ПЗ для вчителів і шкіл, що істотно полегшує впровадження [47, 48].

Практичні рекомендації щодо інтеграції ПЗ: починати курс із простих інструментів (Tinkercad), переходячи до більш складних у міру формування базових навичок; застосовувати єдині формати файлів для обміну (STL, STEP, DXF) і забезпечити політику збереження версій (хмарні сховища або LMS). Використовувати готові освітні модулі та бібліотеки уроків від постачальників (наприклад, навчальні посібники Tinkercad, курси Autodesk), а також ресурси PBLWorks для планування проєктів і рубрик. Необхідно також навчити учнів основам кібербезпеки і етики при використанні онлайн-ресурсів (авторство, ліцензії, безпечна робота з обліковими записами).

Крім ПЗ для моделювання, інтегруйте інструменти для колаборації (Google Workspace, Microsoft 365 для освіти або локальні LMS), сервіси для зберігання і демонстрації робіт (портфоліо, Git-подібні репозиторії для файлів проєктів), а також відео-інструкції і ресурси для самонавчання. За потреби використовуйте онлайн-симулятори матеріалів і прості FEA-плагіни для базового аналізу (де це доцільно й безпечно в шкільних умовах).

Рекомендації для школи щодо організації кабінету та матеріально-технічного забезпечення: Організація кабінету для навчання комп'ютерного проєктування вимагає системного підходу: інфраструктура має підтримувати робочі процеси від моделювання до підготовки файлів для виготовлення. Рекомендований мінімальний набір обладнання: робочі станції або ноутбуки з достатньою продуктивністю для обраного ПЗ (для базових задач – сучасні браузері достатні; для Fusion 360/Blender – виділений GPU і не менше 8-16 ГБ ОЗП), проєктор або інтерактивна дошка для демонстрацій, стабільне інтернет-з'єднання, хмарний обліковий запис для збереження робіт, периферія (миші з коліщатком для зручної навігації, підставки), 3D-принтер базового рівня і/або лазерний різак (за можливості), принтер/плоттер для друку креслень, інструменти для безпечної обробки матеріалів (якщо планується виготовлення прототипів), комплект вимірювальних інструментів. Типові переліки обладнання та рекомендації викладені у документах МОН щодо організації STEM-лабораторій – доцільно орієнтуватися на них при плануванні бюджету та технічних специфікацій.

Організаційні поради: планування простору має враховувати можливість групової роботи (бак-стейшні по 3-4 учні), мобільні робочі місця для роботи з фізичними прототипами, зони для презентацій і зони зберігання матеріалів і готових робіт. Забезпечити регулярну технічну підтримку (налаштування ПЗ, оновлення ліцензій, технічне обслуговування 3D-принтерів). Для шкіл із обмеженим бюджетом доцільно створювати партнерства з місцевими підприємствами, університетами або FabLab, де

можна частково делегувати виготовлення складних прототипів. Також доцільно планувати графік використання «важкого» обладнання (3D-принтери, лазерні різки), щоб уникнути простоїв і забезпечити безпеку.

Рекомендації щодо фінансування та стратегії оновлення: розбити модернізацію на етапи (етап 1 – базова IT-інфраструктура і ПЗ з відкритими ліцензіями; етап 2 – придбання 3D-принтера і плоттера; етап 3 – інтеграція лазерного різачу та облаштування майстерні), готувати проекти для місцевих конкурсів, грантів та державно-приватного партнерства. Також передбачити кошти на підвищення кваліфікації вчителів, технічну документацію та матеріали для прототипування.

Підсумкові практичні кроки для впровадження (чек-ліст для школи та вчителя)

1. Адаптувати робочу програму: визначити модулі, погодити годинність із локальними умовами (за типом модульної структури в програмі «Технології»).
2. Обрати стартовий набір ПЗ (Tinkercad для початку; FreeCAD або Fusion 360 для просунутого етапу) та підготувати ліцензійні або освітні облікові записи.
3. Підготувати 4-6 конспектів і робочі листи для першого модуля (на основі наведених прикладів); протестувати матеріали у форматі пілоту.
4. Розробити рубрики для проєктів (скористатися PBLWorks як основою) і оприлюднити їх для учнів.
5. План модернізації кабінету: мінімальні комп'ютерні вимоги, периферія, хмарні ресурси; визначити етапи придбання «важкого» обладнання.
6. Організувати підвищення кваліфікації вчителя: мінімум один практичний воркшоп із обраним ПЗ та методиками PBL; забезпечити наставництво під час першого модульного проєкту.

ВИСНОВКИ

Загальні висновки за результатами дослідження

Проведене дослідження дало можливість теоретично обґрунтувати, розробити, експериментально перевірити та методично осмислити систему навчання комп'ютерного проєктування старшокласників на уроках технологій, що базується на принципах проєктно-орієнтованого, компетентнісного та діяльнісного підходів.

Отримані результати підтверджують вихідну гіпотезу про те, що ефективність формування проєктно-технологічної компетентності учнів суттєво зростає за умов реалізації педагогічної системи, яка поєднує: структуровану модульну програму, використання інтерактивного програмного забезпечення, поетапне формування навичок цифрового моделювання та оцінювання результатів через реальні проєктні продукти.

На теоретичному рівні обґрунтовано сутність поняття комп'ютерного проєктування як інтегративної навчальної діяльності, спрямованої на створення цифрових моделей об'єктів за допомогою програмних засобів, у процесі якої формуються технологічні, когнітивні, комунікативні та інформаційні компетентності. Аналіз педагогічних концепцій (зокрема теорії діяльності Л. Виготського, концепції конструктивізму С. Пейперта та компетентнісного підходу за OECD, 2018) дозволив визначити, що оптимальною методологічною основою є поєднання конструктивістської та STEM-орієнтованої парадигм, які забезпечують активне залучення учнів до процесу створення знань і моделей.

У результаті експериментальної перевірки доведено, що розроблена методика сприяє підвищенню якості засвоєння знань з технологій, розвитку просторового мислення, навичок співпраці та цифрової грамотності. Порівняльний аналіз показників експериментальної та контрольної груп продемонстрував статистично значущі відмінності ($p < 0.05$) у рівнях

сформованості компетентностей із середнім розміром ефекту Cohen's $d = 0.64$, що відповідає помірному рівню впливу.

Крім того, у результаті анкетування встановлено позитивну динаміку мотиваційних і рефлексивних показників: понад 80% учнів експериментальних груп зазначили підвищення інтересу до технічних спеціальностей, а 73% – зростання упевненості у власних можливостях працювати з цифровими інструментами.

Таким чином, отримані результати підтверджують ефективність запропонованої моделі навчання комп'ютерного проєктування, яка може бути інтегрована у шкільний курс «Технології» та факультативи технічного профілю.

Методичні та організаційні рекомендації

На підставі результатів теоретико-експериментального дослідження сформульовано такі практичні рекомендації щодо удосконалення процесу навчання комп'ютерного проєктування в закладах загальної середньої освіти:

1. **Структура навчального процесу.** Доцільно організовувати навчання за модульною системою: вступно-ознайомчий, інструментальний, творчо-проєктний та підсумковий етапи. Кожен модуль повинен мати чітко визначені очікувані результати, що співвідносяться з Державним стандартом базової середньої освіти.
2. **Методичний супровід.** Рекомендується створити авторські методичні комплекси, які міститимуть конспекти уроків, навчальні відео, інструкційні картки для роботи в CAD-середовищах (наприклад, Tinkercad, Fusion 360, FreeCAD). Це забезпечить гнучкість навчання й можливість змішаних форматів.
3. **Організація навчальної діяльності.** Найефективнішими формами роботи виявилися практикуми з цифрового моделювання та групові проєкти, що поєднують індивідуальну відповідальність і спільну

розробку продукту. Варто застосовувати метод «спільного дизайну» (co-design), коли учні працюють над завданнями з реальним практичним застосуванням.

4. **Оцінювання навчальних результатів.** Доцільно використовувати рубрики з чіткими критеріями: технологічність, інноваційність, презентація та командна взаємодія. Кожен критерій оцінюється за 4-рівневою шкалою (від базового до творчого рівня).
5. **Підвищення кваліфікації вчителів.** Учителі технологій повинні регулярно проходити курси з цифрової педагогіки, CAD-моделювання, 3D-друку й методики проєктного навчання. Доцільно запровадити міжшкільні семінари-практикуми з обміну досвідом.
6. **Інфраструктурне забезпечення.** Кабінет технологій має бути оснащений комп'ютерами середнього рівня продуктивності, ліцензійним або відкритим програмним забезпеченням, 3D-принтером, проєктором та засобами для презентації результатів.
7. **Інтеграція з іншими дисциплінами.** Варто забезпечити міжпредметні зв'язки з інформатикою, фізикою та образотворчим мистецтвом, що сприяє цілісному розвитку STEM-компетентностей.

Загалом методична модель навчання комп'ютерного проєктування має бути побудована на основі принципів відкритості, творчості, співпраці та орієнтації на реальний результат, що узгоджується з сучасними міжнародними освітніми тенденціями.

Обмеження дослідження та напрями подальших досліджень

Незважаючи на отримані позитивні результати, дослідження має низку об'єктивних обмежень. По-перше, квазіекспериментальний дизайн не дозволяє повністю виключити вплив зовнішніх чинників – відмінності у підготовці вчителів, матеріальній базі чи мотивації учнів. По-друге, часові рамки експерименту не дали можливості оцінити довготривалі ефекти

сформованих компетентностей. По-третє, кількість залучених учасників обмежує можливість повної репрезентативності результатів.

Крім того, деякі програмні інструменти, використані під час дослідження, зазнали оновлення або змін у ліцензійній політиці, що потребує подальшого моніторингу й адаптації методичних рекомендацій.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на:

- розширення експериментальної бази через залучення більшої кількості шкіл різних регіонів;
- розробку інтегрованих курсів «Цифрове виробництво» і «3D-дизайн» для профільних ліцеїв;
- вивчення впливу змішаних та дистанційних форматів навчання на ефективність формування цифрових компетентностей;
- розробку автоматизованих систем оцінювання навчальних проєктів за допомогою інструментів штучного інтелекту (AI-assisted assessment), що відповідає сучасним трендам цифрової освіти.

Підсумовуючи, результати дослідження мають не лише науково-теоретичну, а й вагомую практичну цінність: вони окреслюють можливості оновлення змісту технологічної освіти України, спрямованої на формування в учнів ключових компетентностей XXI століття – інженерного мислення, цифрової грамотності та здатності до творчого вирішення технічних проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонович Є., Вдовченко В. Сучасна модель довузівської підготовки з «Основ дизайну» на засадах етнодизайну для дизайнерських факультетів мистецьких вишів. Етнодизайн: європейський вектор розвитку і національний контекст: зб. наук. праць / упорядн. і відп. ред. Є.А. Антонович. Полтава: ПНПУ ім. В.Г. Короленка, 2015. Кн. 1. С. 279–289.
2. Антонович Є., Вдовченко В. Фундаментальні дослідження неперервної художньо-проектної освіти. Педагогічна майстерність як система професійних і мистецьких компетентностей: зб. матеріалів XII Міжнар. педагогічно-мистецьких читань пам'яті проф. О.П. Рудницької / [голов. ред.: Г.І. Сотська]. Київ: Ін-т пед. освіти і освіти дорослих НАПН України, 2015. Вип. 6 (10). С. 210–227.
3. Биков В. Ю. Цифрова трансформація освіти: концептуальні засади. Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАН України, 2021. 214 с.
4. Биков В. Ю., Жук Ю. О. Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища сучасних педагогічних систем. Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти. 2003. Вип. 1(5). С. 64–76.
5. Бондар С. П. Методи навчання у профільній школі. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 17: Теорія і практика навчання та виховання. Київ: МПУ, 2008. Вип. 8. С. 12–17.
6. Гетта В. Г., Терещук А. І. Інноваційні педагогічні технології у трудовому навчанні: навч.-метод. посіб. / за заг. ред.: О.М. Коберника, Г.В. Терещука. Тернопіль–Умань, 2007. 208 с.
7. Гуржій А. М., Жук Ю. О., Волинський В. П. Засоби навчання: навчальний посібник. Київ: ІЗМН, 1997. 208 с.
8. Дементієвська Н. П., Морзе Н. В. Телекомунікаційні проекти: стан та перспективи. Комп'ютер у школі та сім'ї. 1999. № 4.

9. Єрмаков І. Г. На шляху до школи життєвої компетентності: проектний підхід. Метод проектів: традиції, перспективи, життєві результати. Київ: Департамент, 2003. 261 с.
10. Жук Ю. О. Організація навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі. Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології. Київ: Атіка, 2005. С. 195–205.
11. Кoberник О. М. Місце проектування в організації навчально-виховного процесу. Гуманітарні науки: проблеми, пошуки, перспективи: зб. наук. праць Уманського педагогічного інституту. Умань: УДПІ, 1993. С. 87–95.
12. Кухаренко В. М. Проектне навчання в цифровому освітньому середовищі: методичні засади та практика впровадження. Харків: ХНАДУ, 2020. 164 с.
13. Лазарєв М. І. Методика трудового навчання: навчальний посібник. Київ: ВЦ «Академія», 2005. 328 с.
14. Мачача Т. С. Особливості профільної технологічної освіти в країнах Європейського Союзу. Наукові записки: [збірник наукових статей]. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. Вип. СХХІV (124). С. 137–144.
15. Мачача Т. С. Теоретико-методологічні засади проектування змісту технологічної освіти. Український педагогічний журнал. 2016. № 3. С. 105–114.
16. Мачача Т. С. Формування проектно-технологічної культури учнів основної школи у процесі трудового навчання: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Київ, 2011. 233 с.
17. Пагута М., Гриц В. Організаційно-методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проектування на уроках технологій. Актуальні проблеми сучасної науки: матеріали XII-ї Міжнародної науково-практичної конференції / за ред. Ю. Матуріна, І. Столярчука. Дрогобич: РВВ ДДПУ імені Івана Франка, 2025. С. 554–556.
18. Петухова Л. Є. STEM-освіта як інноваційна стратегія розвитку технологічної освіти в Україні. Педагогічні науки. 2021. № 94(3). С. 52–59.

19. Поліщук І. В. Методика навчання учнів старшої школи технологіям 3D-моделювання в середовищі Tinkercad. Вісник Житомирського державного університету. Педагогічні науки. 2021. Вип. 4(106). С. 120–126.
20. Сидоренко В. К. Проектно-технологічний підхід як основа оновлення змісту трудового навчання школярів. Трудова підготовка в закладах освіти. 2007. № 1. С. 41–44.
21. Сисоєва С. О., Осадча К. П. Сучасні освітні технології: теорія і практика використання. Київ: Едент, 2020. 288 с.
22. Сторіжко В. Ю., Биков В. Ю., Жук Ю. О. Основні положення Концепції створення та впровадження в навчальний процес сучасних засобів навчання з природничо-математичних і технологічних дисциплін. Фізика та астрономія в школі. 2006. № 2. С. 2–8.
23. Тарара А. М. Проектування змісту предмета «Науково-технічна творчість» для профільного навчання технологій у старшій школі. Український педагогічний журнал. Київ: ТОВ «Центродрук», 2016. Вип. 2. С. 104–111.
24. Тарара А. М., Самохін М. К. Особливості проектування змісту профільного навчання технологій у старшій школі. Проблеми сучасного підручника: зб. наук. праць / [ред. кол.; голов. ред. — О.М. Топузов]. Київ: Педагогічна думка, 2015. Вип. 15, ч. 2. С. 277–283.
25. Туташинський В. І. Формування змісту трудового навчання у основній школі на основі проектної технології. Проблеми сучасного підручника: зб. наук. праць / [ред. кол.; голов. ред. — О.М. Топузов]. Київ: Педагогічна думка, 2014. Вип. 14. С. 772–781.
26. Хом'як І. П. Розвиток проектного мислення учнів засобами інформаційних технологій. Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2022. № 2(85). С. 45–51.
27. Цимбалару А. Д. Педагогічне проектування освітнього простору в школі І ступеня: теорія і практика: монографія. Київ: Педагогічна думка, 2013. 692 с.

28. Юрженко В. В. Методологічні підходи до визначення структури й змісту освітньої галузі «Технологія» в основній школі: монографія. Київ: Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2013. 409 с.
29. Державний стандарт вищої освіти за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Київ: МОН України, 2021. 40 с. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/Fakhova%20peredvyshcha%20osvita/Zatverdzeni.standarty/2021/11/30/122-Kompyuterni.nauky.30.11.pdf>
30. Програма курсу «Технології» для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти. Київ: МОН України, 2018. 32 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatochnij-variant-10.11.17.docx>
31. Технології 10–11 класи (рівень стандарту): навчальна програма. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatochnij-variant-10.11.17.docx>
32. Becker K., Park K. Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis. *Journal of STEM Education*. 2011. Vol. 12(5–6). P. 23–37.
33. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies*. 2010. Vol. 83(2). P. 39–43.
34. Blumenfeld P. C., Soloway E., Marx R. W., Krajcik J. S., Guzdial M., Palincsar A. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*. 1991. Vol. 26(3–4). P. 369–398.
35. European Commission. Digital Education Action Plan 2021–2027. Brussels, 2023.
36. Helle L., Tynjälä P., Olkinuora E. Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. *Higher Education*. 2006. Vol. 51(2). P. 287–314.
37. Kavetsky T., Tuzhykov A., Hryts V. et al. Free volume in polymer nanocomposites and artificial intelligence methods for development of highly sensitive biosensors. *Proceedings of the XII-th International Scientific and*

- Practical Conference “Actual Problems of Modern Science” (Drohobych, Ukraine, 6-7 May, 2025). P. 125–128.
38. Kolmos A., de Graaff E. Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering Education. Cambridge Handbook of Engineering Education Research. Cambridge University Press, 2014. P. 141–161.
 39. Larmer J., Mergendoller J. R., Boss S. Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction. Alexandria, VA: ASCD, 2015. 186 p.
 40. Machacha T. Cultural and creative potential of technological education content of the secondary school pupils. Intercultural Communication. 2016. Vol. 1/1. P. 122–135.
 41. Machacha T. S. Principles of designing technological education content in the competence-based approach. International Journal of Education and Research. 2018. Vol. 6(4). P. 89–96.
 42. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record. 2006. Vol. 108(6). P. 1017–1054.
 43. OECD. The Future of Education and Skills: Education 2030 Framework. Paris: OECD Publishing, 2018.
 44. Savery J. R. Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning. 2015. Vol. 1(1). P. 9–20.
 45. Thomas J. W. A Review of Research on Project-Based Learning. San Rafael, CA: Autodesk Foundation, 2000. 47 p.
 46. Tuzhykov A., Kavetsky T., Hoivanovych N., Hryts V. et al. Artificial intelligence methods in quantum chemistry: ab initio approaches vs. machine learning interatomic potentials. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “State of Natural Resources and Prospects for Their Preservation and Restoration” (Drohobych, Ukraine, 17-18 October, 2024). P. 135–137.

47. UNESCO. ICT Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO, 2018. 86 p. URL: https://teachertaskforce.org/sites/default/files/2020-07/ict_framework.pdf
48. UNESCO. Project-based learning: Pushing boundaries of education transformation. Paris: UNESCO, 2020. 62 p.

ДОДАТКИ

Додаток А.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ

Гриц Василя Васильовича

1. М. Пагута, **В. Гриц**. Організаційно-методичні аспекти навчання старшокласників комп'ютерного проєктування на уроках технологій // Матеріали XII-ї Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми сучасної науки” / За редакцією Юрія Матуріна, Ігоря Столярчука. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2025. 698 с. С. 554-556.
2. T. Kavetsky, A. Tuzhykov, **V. Hryts**, Y. Kukhazh, N. Hoivanovych, O. Šauša, B. Zgardzińska, H. Švajdlenková, O. Smutok, J. Ostrauskaite, V. Soloviev, A. Kiv. Free volume in polymer nanocomposites and artificial intelligence methods for development of highly sensitive biosensors // Proceedings of the XII-th International Scientific and Practical Conference “Actual Problems of Modern Science” (Drohobych, Ukraine, 6-7 May, 2025), P.125-128.
3. A. Tuzhykov, T. Kavetsky, N. Hoivanovych, **V. Hryts**, O. Šauša, A. Kiv, V. Soloviev, A. Bielinskyi. Artificial intelligence methods in quantum chemistry: ab initio approaches vs. machine learning interatomic potentials // Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “State of Natural Resources and Prospects for Their Preservation and Restoration” (Drohobych, Ukraine, 17-18 October, 2024), P.135-137.