

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

Інженерно-педагогічний факультет
Кафедра сфери обслуговування, технологій та охорони праці

Кваліфікаційна робота
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ УЧНІВ В ПРОЦЕСІ
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

Спеціальності 014.10 Середня освіта (Технології)
Освітня програма «Середня освіта (Технології)»

Здобувача другого (магістерського)
рівня вищої освіти
Пашкевича Павла Дмитровича

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
доктор педагогічних наук, професор
Терещук Григорій Васильович

РЕЦЕНЗЕНТ:
доктор педагогічних наук, професор
Потапчук Ольга Ігорівна

Тернопіль - 2026

АНОТАЦІЯ

Пашкевич П. Д. Цифровізація графічної підготовки учнів в процесі технологічної освіти. Кваліфікаційна робота магістра. ТНПУ. Тернопіль, 2026.

У роботі обґрунтовано методику цифровізації графічної підготовки учнів 5-9 класів. Досліджено використання САПР (AutoCAD, Tinkercad) та ШІ для моделювання об'єктів. Визначено особливості навчання в умовах воєнного стану. Розроблено рекомендації щодо інтеграції цифрових інструментів у технологічну освіту.

Ключові слова: графічна підготовка, цифровізація, навчальне середовище, САПР, ШІ, технологічна освіта.

ABSTRACT

Pashkevych P. D. Digitalization of graphic training for students in the process of technology education. Master's thesis. TNPU. Ternopil, 2026.

The thesis substantiates the methodology for the digitalization of graphic training for students in grades 5-9. The use of CAD (AutoCAD, Tinkercad) and AI for object modeling is researched. The peculiarities of teaching under the conditions of martial law are determined. Recommendations for the integration of digital tools into technology education are developed.

Key words: graphic training, digitalization, learning environment, CAD, AI, technological education.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ГРАФІЧНА ПІДГОТОВКА УЧНІВ В РАМКАХ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ.....	12
1.1. Сучасний стан та нормативні вимоги технологічної освіти.....	13
1.1.1. Нормативно-правове забезпечення для організації навчання та оцінювання досягнень учнів 5-9 класів у технологічній освіті	14
1.1.2. Стан матеріально-технічної бази та інформаційного супроводу технологічної освіти.....	17
1.2. Аналіз стану та проблем методики графічної підготовки учнів у сучасній технологічній освіті.	19
1.2.1. Роль та зміст графічної підготовки у сучасних модельних програмах технологічної освіти.....	20
1.2.2. Методична криза традиційної графічної підготовки в умовах воєнного стану та дистанційного навчання.....	22
1.3. Генезис та потенціал цифрових інструментів у графічній підготовці.....	25
1.3.1. ШІ-генерація як інструмент для візуалізації творчих гіпотез.....	26
1.3.2. Системи САПР для засіб для формування графічної грамотності...27	27
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	29
РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ УЧНІВ.....	31
2.1 Нормативні засади та адаптація системи оцінювання в умовах цифровізації.....	32

2.1.1. Гнучкості освітніх програм для інтеграції цифрових інструментів.....	32
2.1.2. Специфіка оцінювання учнів в умовах цифровізації графічної підготовки.....	33
2.2 Організація цифрового простору для реалізації графічної підготовки.....	35
2.2.1. Навчальне інформаційне середовище для опанування графічних операцій.....	35
2.2.2 Організація освітнього простору та технічних засобів цифровізації.....	37
2.3 Методичні засади та організація освітнього процесу в цифровому середовищі.....	38
2.3.1. Педагогічні умови та методичні особливості цифрової графічної підготовки.....	39
2.3.2. Алгоритм функціонування навчання в цифровому середовищі	41
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	43
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ В СКАЛАТСЬКОМУ ЛІЦЕЇ ТА УМОВИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ.....	45
3.1. Організаційно-методичні засади (Етапи / Умови) впровадження цифрових графічних завдань.....	45
3.1.1. Етапність впровадження цифрових інструментів у процес технологічної підготовки.....	46
3.1.2. Функціональні можливості цифрових інструментів у структурі графічної підготовки.....	49
3.2 Реалізація методики цифровізованих графічних проєктів у 5-9 класах.....	56
3.2.1. Календарно-тематичне планування цифрових етапів проєктування.....	57

3.2.2. Реалізації методики цифровізації під час різних форм навчання (очна, дистанційна, сімейна / індивідуальна).....	59
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	66
РОЗДІЛ 4. ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ЯКІСТЬ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ.....	68
4.1. Організація та зміст дослідної роботи в умовах ліцею.....	69
4.2. Обґрунтування критеріїв оцінювання результатів графічної підготовки.....	70
4.3. Аналіз динаміки навчальних досягнень учнів: порівняння традиційного та цифрового циклів проєктування.....	72
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	74
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- МТБ - Матеріально технічна база.
- ТО частина - Теоретична частина проекту.
- САПР - система автоматизованого проектування.
- ШІ - штучний інтелект.
- ГР - групи результатів.
- НУШ - Нова українська школа.
- МНП - Модельна навчальна програма.
- МОН - Міністерства освіти і науки України
- ІКТ - Інформаційно-комунікаційні технології.
- CAD - (Computer-Aided Design) програмне забезпечення для автоматизованого проектування.
- EUA - (European University Association) Європейська асоціація університетів.

ВСТУП

Актуальність теми:

Сучасна технологічна освіта України перебуває в процесі трансформації. Ці зміни спричинені поетапним впровадженням стандартів Нової української школи та впливом воєнного стану. Традиційний підхід до графічної підготовки учнів переживає методичну кризу, він не відповідають вимогам сучасного покоління, є не пристосованим до повітряних тривог та дистанційного навчання. Це вимагає від вчителів не тільки оновлення навчальної програми, а й перегляду методичних підходів для її реалізації.

Важливою нормативно-правовою основою цифровізації графічної підготовки учнів в технологічній освіті є Державні стандарти 2011 та 2020 років, які регулюють якість освітнього процесу. Модельні навчальні програми, розроблені педагогічними колективами під керівництвом Ходзицької І., Терещука А., Мачачі Т., Туташинського В., Гащука М. виконують роль інструментів для реалізації цих стандартів, оскільки окреслюють зміст діяльності та досягнень очікуваних результатів навчання.

Значне підґрунтя для визначення актуального стану методики графічної підготовки учнів 5-9 класів у закладах освіти Тернопільської області стали методичні напрацювання курсів підвищення кваліфікації ТОКІППО (2024-2025 рр.), які дозволили проаналізувати набір поширених проблем графічної підготовки учнів.

Питання розвитку цифрових компетентностей та аналіз використання 3Д-моделювання в закладах освіти України та світу детально проаналізовано Твердохлібом І., Деркачем Т. та авторами платформи «Цифрова трансформація освіти». Практичні особливості використання цифрових інструментів в сучасних школах та збільшення кількості інструментів вчителів досліджено в зарубіжних методичних платформах «Womp Blog» та «Springer». Однак, за словами

Мелентьєва О. та рекомендації МОН (2025), головним викликом є не технічне володіння програмою та штучним інтелектом, а використання ефективної педагогічної методики викладання в середній школі.

Особливості освітнього процесу в період воєнного стану, а також необхідність створення адаптивного навчального середовища, детально описано в працях Чікарової М. та Юхно Н. Автори підкреслюють важливість гнучкості освітнього процесу та педагогічної підтримки учнів для подолання сучасних викликів.

Проте, незважаючи на наявні дослідження, що до комплексної адаптивної методики, яка б включала генеративний дизайн (ШІ) та САПР-моделювання в умовах безпекових загроз, залишається недостатньо висвітлено. Саме цей розрив між технологічними можливостями сучасного інструментарію та їх методичною реалізацією в умовах сучасних викликів, визначив вибір теми мого дослідження.

Актуальність і разом з тим недостатня дослідженість проблеми зумовили наш вибір теми магістерської роботи у формулювання: «Цифровізація графічної підготовки учнів в процесі технологічної освіти».

Об'єкт дослідження: процес графічної підготовки учнів 5-9 класів на уроках технологій та трудового навчання.

Предмет дослідження: методика поетапної інтеграції цифрових інструментів для формування сучасної графічної компетентності учнів.

Гіпотеза дослідження: ефективність графічної підготовки учнів та рівень їхньої мотивації збільшаться внаслідок впровадження методики цифровізації в навчальний процес, що допоможе забезпечити безперервність освіти під час повітряних тривог та дистанційного навчання.

Мета дослідження: розробити та експериментально перевірити адаптивну методику цифрової графічної підготовки, яка забезпечує перехід учня від

традиційних до цифрових інструментів, а саме: від візуалізації учнівських концепцій за допомогою ІІІ, до створення 3Д моделей, чи комп'ютерних креслень за допомогою САПР для подальшої реалізації виробу в майстерні.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати стан та нормативно-правові засади цифрової графічної підготовки в межах технологічної освіти.
- Обґрунтувати архітектуру адаптивного цифрового середовища, поєднавши приміщення закладу та цифрові гаджети, що допомагають забезпечити безперервність навчання в укритті та під час дистанційного навчання.
- Розробити методику інтеграції ІІІ та САПР у структуру графічної підготовки учнів для очної та індивідуальної форм навчання.
- Експериментально перевірити вплив цифрових інструментів на проектну діяльність учнів.

Методи дослідження:

Для виконання завдань та досягнення поставленої мети, використано низку взаємопов'язаних методів дослідження:

- Теоретичні:
 - системний аналіз та узагальнення нормативно-правових документів: Державних стандартів, модельних навчальних програм НУШ та програм попереднього покоління з метою оцінки стану та вимог для цифровізації графічної підготовки;
 - метод теоретичного моделювання - для розробки та обґрунтування архітектури цифрового адаптивного середовища в технологічній освіті;

- порівняльний аналіз функціональних можливостей генеративних ШІ та САПР інструментів для виявлення їхнього навчального потенціалу в освітньому процесі.
- Емпіричні:
 - педагогічне спостереження за цифровою діяльністю учнів з метою виявлення психологічних та педагогічних перешкод, а також особливостей освоєння CAD-інструментів;
 - прайраксіометричні методи - аналіз результатів проектної діяльності учнів (цифрові ескізи, 3D-моделі, креслення) з метою оцінки рівня графічних навичок;
 - педагогічний експеримент для підтвердження ефективності інтеграції AutoCad в навчальний процес.
- Методи статистичної обробки даних:
 - кількісний та якісний аналіз даних експерименту для статистичного оцінювання динаміки успішності учнів та рівня їхньої участі в проектній діяльності.

Наукова новизна:

Вперше розроблено та теоретично обґрунтовано низку педагогічних умов цифровізації графічної підготовки в умовах воєнного стану, що базується на наступних принципах:

- адаптивності та неперервності - інтеграція хмарних технологій для забезпечення миттєвого переходу між різними формами навчання;
- автономності - створення комплексних цифрових навчальних матеріалів для самостійної підготовки учнів;
- нормативної гнучкості - оцінювання цифрової графічної частини як завершений результат проектування у кризових умовах.

Удосконалено структуру графічної підготовки учнів 5-9 класів інтегрувавши технології ШІ-генерування, 3Д моделювання і креслення в САПР. Це перетворило етап ескізування на процес швидкої візуалізації ідей та перенесло фокус з ручної графіки на розробку цифрових моделей і креслень виробу.

Розширено розуміння поняття «цифрової графічної підготовки» у контексті технологічної освіти, що включає в себе здатності учня створювати цифрові моделі та креслення, поєднуючи різні типи пристроїв та програм.

Практичне значення:

Створений нами набір цифрових інструментів (ШІ, Tinkercad та AutoCAD) з метою поетапної його інтеграції у навчальний процес та опис його ефективних функцій, може бути використаний на уроках технологій для графічної підготовки учнів 5-9 класів.

Розроблений фрагмент календарно-тематичного планування з технології для учнів 9-тих класів, що включає цифрові методи графічної підготовки учнів, вчителі можуть використати при плануванні наступного навчального року.

Обґрунтований метод оцінювання графічної діяльності як самостійних навчальних досягнень дає змогу вчителям повноцінно оцінити учнів відповідно до вимог НУШ та програм попереднього покоління в умовах обмеженого доступу до майстерні чи дистанційного навчання.

Декларація про використання допоміжних інструментів:

Автор підтверджує, що всі ідеї, науковий апарат, структурне наповнення роботи та результати експерименту є оригінальними та виконані самостійно. Штучний інтелект використано лише для виправлення, редагування тексту та скорочення обсягу роботи до встановлених норм, тобто як допоміжний інструмент, не порушуючи Положення ТНПУ, розробленого відповідно до

статей ЗУ «Про вищу освіту», оскільки не використовувався для генерації ідей, а допомагав лише з технічним оформлення тексту. Такий підхід відповідає Європейській асоціації університетів (EUA) та розглядається як показник ІКТ-компетентності педагога.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ

Обґрунтування модернізації графічної підготовки учнів 5-9 класів потребує аналізу нормативно-правових документів технологічній галузі, сучасного стану та виділити проблеми традиційної методики навчання відповідно до безпекових викликів.

Аналізується нормативно-правовий стан галузі в період поступового переходу від програми старого покоління до програм, побудованих на основі вимог Нової української школи, а також особливості оцінювання цих двох програм. Одночасно ми оцінюємо стан матеріально-технічного забезпечення закладів освіти та інформаційний супровід навчального процесу.

Досліджується роль графічної підготовки в діючих модельних програмах НУШ для 5-8 класів та програм попереднього покоління для 9-х класів. Вивчаємо методичну кризу ручної графіки, що є результатом надмірної шаблонізації та стресом під час допущення помилок, що загострюються під час повітряних тривог та дистанційного навчання.

Розглядаємо потенціал використання штучного інтелекту та систем автоматичного проєктування для візуалізації ідей та розвитку об'ємно-просторового мислення учнів, які роблять процес редагування легким та стимулюють експериментування під час проєктування. Наявність хмарних, комп'ютерних та мобільних версій програм дозволяє виконувати завдання в цифровому середовищі, що робить навчання гнучким до зовнішніх викликів.

Таким чином, виконаний аналіз дозволяє виділити методичні недоліки традиційного підходу, аргументує необхідність переходу до адаптивного цифрового середовища та дозволяє забезпечити ефективність графічної підготовки учнів відповідно до умов воєнного стану.

1.1.Сучасний стан та нормативні вимоги технологічної освіти

Виконання впроваджень в процес технологічної освіти вимагає проведення попереднього аналізу сучасного стану закладів освіти, що включає як нормативно-правову основу та умови для проведення уроків.

У цьому підрозділ розглянемо нормативно-правовий стан технологічної освіти, який на даний момент поєднує використання Державних стандартів двох поколінь 2011 і 2020 років, підходів НУШ та програми старого покоління. Досліджено ієрархію документів, яка забезпечує якість освіти, починаючи від Державного стандарту до календарно-тематичних планувань, а також механізм оцінювання учнів в рамках академічної свободи вчителів.

Також у даному розділі проаналізовано сучасні умови реалізації освітнього процесу. А саме, як стан матеріально-технічної база майстерень та інформаційний супровід. Зафіксовано непропорційні технологічні можливості закладів освіти, як наслідок відсутності стабільного фінансування, що відіграє негативну роль під час повітряних тривог. Досліджено використання традиційних підручників та їхню роль у графічній діяльності учнів. Стверджується, що потреба у вирішенні цих проблем є передумовою для створення адаптивного навчального процесу.

Сучасний етап розвитку технологічної освіти в Україні визначається складним поєднанням масштабних освітніх реформ та екстремальних викликів, зумовлених воєнним станом. Трансформація галузі відбувається на фоні одночасного функціонування двох нормативно-правових парадигм: інноваційної системи Нової української школи для 5-8 класів та традиційної проєктної моделі для випускної ланки середньої школи. В умовах постійних безпекових загроз, повітряних тривог та обмеженого фізичного доступу до шкільних майстерень,

ключовим фактором життєздатності предмета стає академічна свобода вчителя та його здатність до антикризового планування.

Аналіз сучасного стану галузі вимагає комплексного підходу, що охоплює не лише ієрархію документів та критерії оцінювання навчальних досягнень, а й реальні можливості матеріально-технічного та інформаційного середовища. Сьогодні успіх технологічної підготовки учнів залежить від того, наскільки вчителю вдається збалансувати високі вимоги Державних стандартів із дефіцитом витратних матеріалів та зношеністю верстатного обладнання. Саме в цьому контексті особливої актуальності набуває пошук нових методичних рішень, здатних забезпечити безперервність та якість графічної підготовки учнів, незалежно від зовнішніх обставин та технічного оснащення конкретного закладу освіти.

1.1.1. Нормативно-правове забезпечення для організації навчання та оцінювання досягнень учнів 5-9 класів у технологічній освіті

Організація освітнього процесу та оцінювання досягнень учнів в середній школі технологічної освіти перебуває на етапі поступового переходу від програм попереднього покоління [7], які базуються на Державному стандарті 2011 року [3], до інноваційних підходів Нової української школи (НУШ) [1], які базуються на Державному стандарті базової середньої освіти (2020 р.) [2]. В обох випадках педагогу надане право академічної свободи [4], що дозволяє вирішувати, як буде побудоване навчання учнів, щоб досягти того результату, що вимагає держава.

Нормативно-правовий фундамент для організації навчання в межах НУШ у 5-8 класах вимагає від вчителя розуміння структури нормативно-правових документів, яка регулює кожен етап планування навчального процесу.

Державний стандарт базової середньої освіти є найголовнішим в цій ієрархії. «Державний стандарт визначає вимоги до обов'язкових результатів навчання учнів на рівні базової середньої освіти, загальний обсяг їх навчального

навантаження, розподілений за освітніми галузями, структуру та зміст базової середньої освіти» [2, с. 1]. Він не включає переліку тем уроків, проте відіграє важливу роль під час оцінювання діяльності учнів за чотирма групами результатів.

Наступним рівнем є «Модельна навчальна програма - це документ, яким визначається орієнтовна послідовність досягнення очікуваних результатів навчання учнів, зміст навчального предмета / інтегрованого курсу та види навчальної діяльності учнів» [5, с. 1]. Розроблені програми різними колективами, отримавши гриф Міністерства освіти і науки України, набирають чинності та можуть використовуватись в освітньому процесі.

Наступним обов'язковим правовим документом є Навчальна програма закладу освіти, [5] яка є основою для навчального процесу та повинна бути затверджений педагогічною радою закладу. Вчитель може перезатвердити модельну навчальну програму як навчальну, чи розробити на її основі власну авторську навчальну програму, адаптувавши її структуру під індивідуальні умови чи побажання.

Фінальним етапом стає Календарно-тематичне планування (КТП) [6] - це гнучкий документ, у якому учитель самостійно визначає темп навчання та способи втілення освітніх результатів.

В основі оцінювання 5-8 класів за стандартами НУШ [8] є очікувані результати з Державних стандартів 2020 року [2]. Ці норми є інтегровані в кожен рівень ієрархії документів та забезпечують дотримання стандартів якості навчання. Інноваційний підхід НУШ змінює підхід з оцінювання кінцевого результату на самі процеси створення виробу. Досягнення здобувачів освіти тут розподіляються за чотирма групами результатів (ГР), кожна з яких виконує оцінювання діяльності учнів із різних боків. «Групи результатів за Держстандаром: Втілення задуму в готовий продукт за алгоритмом проектно технологічної діяльності (ГР1). Творче застосування традиційних і сучасних

технологій декоративно ужиткового мистецтва (ГР2). Ефективне використання техніки і матеріалів без заподіяння шкоди навколишньому середовищу (ГР3). Турбота про власний побут, задоволення власних потреб і потреб інших осіб (ГР4)» [8, с. 3].

Механізм організації навчального процесу та оцінювання діяльності учнів за навчальними програмами попереднього покоління включає меншу кількість нормативно-правових документів, з якими вчителі повинні вміти працювати. Попередній Державний стандарт 2011 року [3] є основою для забезпечення якості навчання учнів 9 класів, які в 2026 році завершують навчання за цією програмою. Навчальна програма має свої специфічні відмінності від НУШ, вона побудована на чіткому розмежуванні на інваріантні та варіативні складові. Планування починається з вибору модулів вчителем, які найкраще відповідають інтересам учнів та можливостям МТБ майстерні. Вчитель може затвердити цю навчальну програму педагогічною радою закладу та створювати календарно-тематичне планування на її основі.

Оцінювання учнів 9 класів за програмою попереднього покоління здійснюється відповідно до Державного стандарту 2011 року, що контролює якість освітнього процесу. Згідно підходу попереднього покоління оцінювання здійснюється над кінцевим результатом. Попри відмінності підходів НУШ та програм старого покоління, обидві системи використовують єдину шкалу чотирьох рівнів навчальних досягнень: початковий рівень (1-3 бали), середній рівень (4-6 балів), достатній рівень (7-9 балів), високий рівень (10-12 балів).

Отже, сучасні системи нормативно-правових документів зобов'язують вчителя відповідати державним вимогам, що регулюють якість освітніх процесів та дають можливість коригування навчального процесу під особливості закладу за допомогою академічної свободи. Якщо програма попереднього покоління 2011 року орієнтована на оцінювання кінцевого результату, то підхід НУШ переносить акцент на сам процес діяльності учня та оцінювання групами

результатів. Таким чином, комбінація нормативних вимог та академічної свободи вчителя створює хороші умови для гнучкого та ефективного навчального учнів 5-9 класів в технологічній освіті.

1.1.2. Стан матеріально-технічної бази та інформаційного супроводу технологічної освіти

Ефективність уроків “Технології” та “Трудового навчання” залежать від освітнього середовища, що комбінує фізичні ресурси та джерела інформації, які повинні працювати як одне ціле. Фізичні ресурси повинні забезпечити технічні можливості та забезпечити матеріальною базою, а джерела інформації забезпечують якісний інформаційний супровід предмету.

Матеріально-технічний стан шкільних майстерень відіграє важливу роль в навчанні, одночасно рівень забезпечення в закладах освіти може сильно різнитись [10]. На сьогодні забезпеченість майстерень може ґрунтовно відрізнятись в залежності від розміру та статусу навчального закладу. Завдяки опорному статусу та попереднім закупівлям під час активного фінансування профільної освіти (10-11 класи), технічна база Ліцеїв є добре укомплектованою верстатним обладнанням, електро- та ручними інструментами. Але навіть маючи таке обладнання, вчителі зіштовхуються з проблемами, як його зношення чи поломка. Одночасно в школах із малою кількістю учнів ситуація зовсім інша через обмежене фінансування. Весь навчальний процес є побудований на використанні традиційного ручного інструменту. Нерівномірна ситуація з технічним забезпеченням безпосередньо впливає на можливості вчителя та учня в межах освітнього процесу, що створює розрив у рівні практичних навичок учнів з різних шкіл. Спільним викликом для всіх закладів різного типу є відсутність стабільного фінансування матеріальної бази із сторони місцевої влади. Таким чином, вчителі чи адміністрація змушені самотійно комплектувати запаси матеріалів або шукати підтримку у волонтерів.

Нерівномірна ситуація з технічним забезпеченням безпосередньо впливає на можливості вчителя та учня в межах освітнього процесу, що створює розрив у рівні практичних навичок учнів з різних шкіл.

Наступним фактором, що має значний вплив на діяльність майстерень є безпекові виклики сьогодення. Періодичні повітряні тривоги змушують учнів спускатись в укриття, що робить навчання переривчастим [11]. За таких умов етапи проектування можуть затримуватись чи переноситись через непристосованість до продовження навчання укриття. Ця ситуація підкреслює необхідність переосмислення до викладання уроків технології та трудового навчання.

Окрім матеріально-технічної бази, особливе значення має також інформаційне наповнення предмета, що визначає процес отримання учнями знань та інструкцій. У сучасному контексті підготовки учнів використовуються два типи джерел: традиційні та авторські. Традиційним джерелом знань, наданим державою, є класичний підручник, рекомендований МОН, проте на практиці його використовують все рідше. Однією з головних недоліків є інформаційне перевантаження обсягом теоретичних текстів, які не використовуються на практиці. Крім того, його статичний паперовий вигляд без можливості оновлення не встигає за новими впровадженнями, а їхній зовнішній вигляд швидко втрачає інтерес сучасного покоління в цифрову епоху.

Оскільки стандартні підручники мають певні недоліки, ініціативні вчителі намагаються підготувати власні авторські матеріали в цифровому форматі. Однак створення якісного матеріалу, такого як презентації або покрокові відеоінструкції, вимагають від вчителя витрати великої кількості часу. За умови підготовки матеріалів навчання для кожної теми навчального року це залишається суттєвим викликом для педагога. І навіть якщо вчителю вдасться підготувати матеріали, важливою умовою є наявність проєктора та комп'ютерів у майстерні.

Як наслідок у сучасній технологічній освіті можна спостерігати певний вакуум інформації. Підручники, забезпечені державою, містять багато зайвої інформації, водночас розробка авторських матеріалів суттєво ускладнюється через велику витрату часу на їх створення та технічні обмеження. Це є викликом в розробці навчальних матеріалів нового покоління, які б відповідали сучасним вимогам. Такий підхід дозволив би поєднати необхідні теоретичні матеріали з практичною діяльністю в цифровому вигляді.

Аналіз сучасного матеріально-технічного стану та інформаційного супроводу дозволяє виділити розрив між технологічними можливостями шкільних майстерень та актуальними вимогами навчального процесу. Нестабільне фінансування матеріальної бази та безпекові виклики змушують вчителів коригувати структуру навчання під виклики сьогодення. Проблема інформаційного супроводу передбачає відсутність навчальних матеріалів нового покоління та технічного забезпечення для його впровадження. Ця комбінація факторів створює потребу у впровадженні сучасних джерел інформації, які можна легко адаптувати під умови майстерні чи укриття, що забезпечило б безперервність навчання та інтерес учнів.

1.2. Аналіз стану та проблем методики графічної підготовки учнів у сучасній технологічній освіті

Внесення змін в графічну підготовку учнів у межах технологічної освіти потребує проведення попереднього аналізу діючих програм та наявних педагогічних методик. Графічна підготовка учнів відіграє важливу роль в навчальному процесі тому, що вона сприяє розвитку конструктивного мислення та відіграє роль проміжної ланки між задумом та його реалізацією.

В цьому підрозділі досліджується роль графічної підготовки в діючих модельних навчальних програм. Розроблені програми на принципах НУШ для 5-8 класів під керівництвом І. Ходзицької, А. Терещука, Т. Мачачі, В.

Туташинського, В. Гащака пропонують різні підходи до формування графічної компетентності учнів від художнього-естетичного до традиційного. Одночасно було досліджено програми попереднього покоління для 9-х класів, що надає можливість поєднувати класичні підходи із використання ІКТ.

Одночасно в розділі висвітлено сучасні методичні проблеми, які формують методичну кризу ручної графіки. Основними чинниками, що створюють бар'єри для творчої реалізації є надмірна шаблонність та стрес від зроблених помилок в ручній графіці. Крім того, досліджено вплив воєнного стану, та непристосованість укриттів для продовження навчання. Проведене дослідження актуалізує потребу в пошуку гнучких методів, які допомагають учням реалізувати свій творчий потенціал в навчальному процесі.

1.2.1. Роль та зміст графічної підготовки у сучасних модельних програмах технологічної освіти

На сьогодні, в межах технологічної освіти, функціонує два типи модельних програм, які відповідають стандартам Нової української школи та та програми попереднього покоління.

Теперішня різноманітність освітнього процесу в Новій українській школі надає декілька варіантів модельних навчальних програм, кожна з яких передбачає свій підхід до графічної підготовки учнів. Оскільки Міністерства освіти і науки України надає вчителю можливість вибору, вони мають можливість вибрати варіант, який краще підходить для даного навчального закладу.

Проаналізувавши основний підхід модельних програм для 5-8 класів НУШ [12-19], можна виділити декілька головних напрямів. Навчальна авторська програма розроблена під керівництвом І. Ходзицької [12, 13], яка робить акцент на наявність великої матеріально-технічної бази та надає активну підтримку вчителя за допомогою підручників. Вона побудована за модульним підходом, де

кожен проєкт має чітку структуру виконання із акцентом на естетику. Програма під керівництвом А. Терещука [14, 15] різниться від попередньої демонструючи класичний підхід, що глибоко зосереджується на технічно-технологічній підготовці, поєднуючи традиційну обробку та сучасні методи проєктування. Унікальний підхід на графічну підготовку є запропонований колективом під керівництвом Т. Мачачі [9, 16], яка зосереджується на художньому та естетичному розвитку учнів, як на частині проєктно-технологічної діяльності. Цей підхід акцентується на декоративно-ужитковому мистецтві та етнодизайні, які підкреслюють вибраний об'єкт проєктування. Основний акцент програми колективу В. Туташинського [17, 18] виділяється прагматизмом й спрямуванням на практику, зміщений на формування побутових навичок, які необхідні в реальних життєвих умовах. Навчальна авторська програма під керівництвом В. Гацака [19] пропонує збалансовану модель, в якій важливу увагу приділяється графічній грамотності та розвитку дизайнерських здібностей, завдяки чому учні на етапі середньої школи закладають основу для конструкторського мислення.

Одночасно з програмами, розробленими на основі НУШ, у 2026 році використовуються програми попереднього покоління для 9-х класів, що створює специфічну ситуації, в якій перетинаються класичні та новітні освітні підходи. «Навчальні програма з трудового навчання» [7], що створена відповідно до Державного стандарту 2011 року [3] є документом, який забезпечує навчальний процес в 9 класі. Основою програмою є авторська розробка А. Терещука та С. Дятленка, структурно складається з незмінних та змінних частин. Програма формує класичні навички читання креслень та розуміння державних стандартів для їхнього оформлення. Згідно із головною ідеєю цього підходу читання креслень має вирішальну роль для виконання етапу проєктування, оскільки створення креслень та ескізів відіграє важливим для наступного етапу реалізації задуму.

Важливою особливістю навчальної програми з трудового навчання є варіативний модель «Комп'ютерне проектування» [7], яка дозволяє впровадити цифрове моделювання замість ручної графічної підготовки. Ця зміна сприяє ознайомленню учнів з інтерфейсом та функціоналом програм моделювання. Інший блок «Технологія виготовлення виробів» [7] містить список операцій, який включає ескізування, що дає можливість учню використати цифрові інструменти для реалізації. Таким чином, широка вибірка модельних програм попереднього покоління дозволяє вчителю вибрати найкращий варіант відповідно до умов та можливостей закладу освіти. Навіть класична навчальна програма з трудового навчання для 9 класу дозволяє інтегрувати комп'ютерні інструменти у графічну підготовку учнів, сформувати основу для графічної компетенції учнів, яка допомагає під час створення складних проєктів та функціонує під час дистанційного навчання.

1.2.2. Методична криза традиційної графічної підготовки в умовах воєнного стану та дистанційного навчання

Незважаючи на різні можливості закладів та досвіду роботи, більшість вчителів технології та трудового навчання [20 - 22] погоджуються, що традиційна графічна підготовки переживає період методичної кризи, а повітряні тривоги та дистанційний формат навчання лише ускладнюють навчальний процес.

Традиційний підхід до графічної підготовки учнів включає такі етапи як: створення ідеї, її формування, теоретичне обґрунтування виготовлення виробу та захист проєкту. Проте сьогодні все частіше зустрічається використання готових шаблонів виробу. В результаті це призводить до низької творчості навчального процесу та пасивної діяльності учнів.

Основною причиною цієї деградації є відсутність власного підходу до проектування в учнів та занадто поширена шаблонізація. Оскільки пояснення

теоретичних моментів графічної діяльності є складним процесом, вчителі часто використовують на своїх уроках вже готові проєкти та рішення, демонструючи їх та роздаючи шаблони. У таких ситуаціях учні виконують чужу ідею без залучення власних поглядів і думок, що робить етапи презентації та обґрунтування проєкту неефективними. Найперший етап - візуалізації ідей - сприймається дуже складним для більшості учнів через страх зробити помилку, яка зіпсує роботу та критику вчителя через неакуратність чи втрату пропорції, вони можуть оминати ескізи. Відповідно, ручна графіка може сприйматись учнями негативно ще на першому етапі і відбити бажання до предмету.

Традиційний процес проєктування, що виконується вручну вимагає багато часу, концентрації та зусиль, цей процес може сприйматись сучасним поколінням як нудна рутинна робота без практичної користі. Потреба годинами сидіти над кресленнями, коли будь-яка помилка може зіпсувати роботу, змушує учнів втрачати мотивацію. Спроба виконання технологічної карти виробу лише додає невизначеності через велику структуру із пунктів, які учень повинен виконати. Однак саме ці процеси повинні допомогти із формуванням ідеї та спланувати послідовність виготовлення виробу ще до початку роботи з матеріалами.

Підсумовуючи, методична криза традиційного підходу до графічної підготовки полягає в тому, що творчі і графічні етапи проєктування все частіше ігноруються, віддаючи перевагу виготовленню виробів за шаблонами. Подолання страху помилитися та використання альтернативних підходів із можливістю редагування є важливим завданням для сучасного вчителя. Щоб виправити ці недоліки, варто розглянути впровадження інструментів, які дозволяють перенести акцент із роботи з шаблонами на формування власних ідей та їх візуалізацію, можливість легкого редагування для повернення учням ролі автора, а не шаблонного виконавця.

На думку авторів [23], графічна підготовка учнів у рамках технологічної освіти в умовах воєнного стану переживає суттєві зміни, що викликало деформацію навчання. Головною причиною, яка перетворює цілісну структуру навчального плану на окремі частинки, є часті повітряні тривоги. Шлях до укриття різко перериває творче налаштування учнів, а умови укриття не завжди сприяють продовження графічної діяльності учнів. Відсутність робочих місць учнів та обладнання (шкільної дошки чи проєкторів), унеможлиблюють пояснення та побудову графічних зображень вчителем, що створює навчальні прогалини знань учнів. Як наслідок, навчальний темп відстає від календарного плану, що змушує педагога стискати чи пропускати деякі етапи, щоб наздогнати програму.

Особливістю виконання графічної діяльності учнів є потреба чистого робочого місця та можливості зосередитись на роботі з інструментами, проте непередбачувані безпекові загрози заважають завершенню завдань, перериваючи процес виконання. Оскільки вчитель не може гарантувати безпеку навчання учнів в майстерні в таких умовах, проглядається тенденція невідповідності графічної частини проєктування з виготовленим виробом.

Ще більшою проблемою для учня є освоєння предмету та виконання завдання самостійно під час дистанційної чи сімейної форм навчання. Такий формат диктує свої зміни, які зумовлені середовищем проживання учнів без доступу до майстерні. Відсутність живого викладання матеріалу учнями спричиняє втрату можливості наочно спостерігати за процесом виконання ескізів та технічних креслень вчителем, що призводить до збільшення кількості допущених помилок під час виконання графічної роботи. Гострою проблемою дистанційного навчання є відсутність можливості вербального контакту із різними зразками матеріалів для їх дослідження і подальшого використання під час проєктування виробу, який передбачає використання найбільш підходящих

варіантів. Самостійне проєктування виробу викликає труднощі без підтримки вчителя в реальному часі, що впливає на якість виконаних завдань.

Таким чином, вплив повітряних тривог, дистанційна чи індивідуальна форми навчання створюють передумови, за яких традиційний підхід до графічної підготовки в майстерні стає фрагментарним і непередбачуваним. Це робить графічну підготовку технологій і трудового навчання слабкою ланкою в освітньому ланцюгу та спонукає педагога шукати більш адаптивні методи навчання, які є менш залежними від фізичної присутності учнів в майстерні.

1.3. Генезис та потенціал цифрових інструментів у графічній підготовці

Щоб вирішити методичні проблеми традиційної графічної підготовки та адаптувати навчальний процес до безпекових викликів сьогодення, необхідно розглянути та проаналізувати сучасні цифрові підходи технологічного навчального процесу. Модернізація інструментарію предметів Технології та Трудового навчання передбачає мінімізацію шаблонності та стимулювання творчих навиків учнів, просторового мислення, забезпечення високої адаптивності навчального процесу в умовах майстерні, укриття та дистанційного навчання.

У цьому розділі досліджується потенціал використання штучного інтелекту для візуалізації ідей, формування текстових запитів із описом концепції очікуваного результату. Також, особливу увагу приділено розвитку критичного мислення учнів під час аналізу помилок згенерованих результатів, у питанні конструкцій, вибору матеріалів та ергономічності форми.

Крім того, у роботі досліджується потенціал використання систем автоматичного проєктування для розвитку об'ємно-просторового мислення, та технологічної культури оформлення задумів. Цифрове 3Д-моделювання в

порівнянні із традиційними ручними ескізами, демонструє переваги у просторі редагування та виправлення помилок, що стимулює творче експериментування учнів. Наявність хмарних, комп'ютерних та мобільних версій програм дозволяє замінити ручну графіку на роботу в цифровому середовищі та адаптувати графічну підготовку учнів до зовнішніх викликів.

1.3.1 ШІ-генерація як інструмент візуалізації творчих гіпотез

Важливу роль в сучасних тенденціях цифровізації освіти відіграє використання технологій на основі штучного інтелекту у сприянні творчості проектування [24-25]. У контексті графічної підготовки учнів 5-9 класів ШІ-генерація не замінює людську працю, а є інструментом для візуалізації гіпотез, що дає змогу значно збільшити межі аналізу можливих концепцій та подолати перешкоди, пов'язані з візуалізацією задумів.

Етап пошуку ідей в традиційному підході до проектування завжди супроводжувався великою кількістю ручних ескізів, однак відсутність навичку малювання в частини учнів є проблемою при відтворенні складніших задумів, що створює обмеження під час виконання роботи.

Використання моделей ШІ, такі як Gemini та GPT, або більш графічно спеціалізовані моделі Bing Image Creator, Adobe Firefly, Leonardo.ai, допомагають учню миттєво візуалізувати свій задум, описавши його текстом в запиті.

Головною перевагою використання генеративних ШІ є швидке створення великої кількості варіантів концепцій, що підвищує ефективність формування задумів. Працюючи із ШІ, учень отримує можливість до пошуку ідеї шляхом комбінування різних стилів, застосування різних матеріалів та текстур, змінити конструктивні рішення варіанти яких ляжуть в основу майбутнього виробу. Цей підхід має особливий вплив на учнів, що навчаються на дистанційному навчанні,

надаючи їм можливість побачити зображення власного задуму в текстурах та мотивує до вивчення предмету.

В той же час, використання ШІ в графічній підготовці учнів має супроводжуватись аналізом форми та критичним мисленням. Оскільки згенеровані зображення часто включають некоректно побудовані форми із ергономічної чи конструктивної сторін, нелогічний вибір матеріалів та недоцільності деяких деталей, учням необхідно проводити аналіз згенерованих варіантів на предмет цих помилок.

Таким чином, сучасний підхід до візуалізації ідей за допомогою ШІ-генерування стає одним із найдоступніших та ефективніших ланок в цифровізації графічної підготовки. Це допомагає учню сформуванню розуміння динамічності процесу проектування виробу використовуючи цифрові технології для опрацювання великого об'єму інформації та пошуку концепції майбутнього виробу.

1.3.2 Системи САПР для засіб для формування графічної грамотності

Системи автоматизованого проектування [24-29] відіграють одну з ключових ролей в сучасній графічній підготовці; їхній набір інструментів дозволяє модернізувати процес створення креслень із ручного виконання на аркушах паперу до цифрової версії. На відміну від традиційних методів, цифрове середовище дозволяє поєднати пошук об'ємно-просторової форми та одночасного відображення змін в автоматичних видах технічної документації. Завдяки функціоналу 3Д моделювання, учні мають можливість працювати із об'ємом, змінюючи його форму та перевіряти її ергономість, що сприяє розвитку просторової уяви. Використання готової 3Д моделі можна використати для подальшого оформлення проекту на аркушах та подальшого їх використання під час реалізації виробу, що забезпечує відповідність розмірів проєктованого і реального виробів.

Головною перевагою САПР є функціонал, який дозволяє редагувати модель за допомогою великої кількості інструментів, їх можна не лише використовувати, а й скасувати для отримання попередніх результатів. Це дозволяє спростити процес проектування, не переживаючи за виконані помилки, що стимулює експериментувати, змінюючи розміри деталей, варіанти їхніх з'єднань, композиційне розміщення елементів. Оскільки невдалі спроби можна легко скасувати, вони не впливають на якість роботи та спонукають до створення складних та цікавіших задумів без страху помилок.

До того ж сучасне програмне забезпечення надає вибір для користувачів між декількома варіантами використання програм, що включає хмарні, десктопні та мобільні версії, які можуть відіграти важливу роль в забезпеченні безперервності освітнього процесу в умовах сьогодення. Хмарні сервіси програм зберігають файли та забезпечують доступ до них з різних пристроїв, що дозволяє відновити навчання під час переходу в укриття під час повітряних тривог. Таким чином, впровадження САПР змінює акцент із виконання технічних рутинних креслень на логіку конструювання виробу.

Можливість створення моделі виробу та освоєння навиків редагування за допомогою САПР дає можливість учням здобути сучасні компетенції, які є важливими для сучасного цифрового світу, незважаючи на обмеження доступу до майстерні.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Моніторинг функціонування технологічної освіти, дозволяє оцінити сучасний стан графічної підготовки учнів 5-9 класів, виділити головні недоліки традиційних підходів та обґрунтувати актуальність впровадження цифрових підходів до освітнього процесу.

Встановлено, що технічна освіта перебуває на етапі поступової заміни програм попереднього покоління, що базуються на Державному стандарті 2011 року на програми, які відповідають стандартам НУШ та Державному стандарті 2020 року. Новий підхід програм зміщує акцент від оцінювання кінцевого результату виробу на процес діяльності учнів на уроках. Встановлено, що законодавча база надає вчителю педагогічну свободу, що дозволяє створювати власну навчальну програму, вносити зміни та залучати сучасні підходи виконання завдань адаптуючи її до викликів сьогодення.

Аналіз матеріально-технічного забезпечення говорить, що ситуація в закладах освіти різних типів сильно відрізняється, погіршується через відсутність стабільного фінансування. Навчальний процес деформується внаслідок воєнного стану та особливостей дистанційного навчання. Традиційні підручники демонструють низьку адаптивність та ефективність в сучасних умовах, що створює інформаційну прогалину під час проведення уроків.

Дослідження діючих модельних програм та програм попереднього покоління демонструє наявність кризи методичних підходів, що проявляється надмірною шаблонізацією та втратою творчого етапу в діяльності учнів. Ручна графіка сприймається учнями монотонною та нецікавою, а допущення помилок супроводжуються додатковим стресом та страхом критики, в результаті учні втрачають інтерес до графічної підготовки та предметів в цілому.

Обґрунтовано впровадження цифрових підходів ІКТ в графічну підготовку, що допоможе вирішити ряд проблем традиційних підходів навчання

відповідно до безпекових викликів. Використання III-генерації для візуалізації ідей дозволяє нівелювати відсутність навиків малювання та розвиває критичне мислення під час аналізу згенерованих результатів. Системи автоматичного проєктування дозволяють створювати та редагувати модель виробу в цифровому середовищі та створювати креслення без страху помилок та забезпечує безперервність навчання в укриттях або під час дистанційного навчання.

Таким чином, результати дослідження доводять, що традиційний підхід навчання, зосереджений в майстерні, втратив актуальність відповідно до сучасних безпекових вимог, що спонукає необхідність пошуку нових сучасних підходів до організації адаптивного навчального процесу.

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОГО ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ УЧНІВ

Побудова адаптивного цифрового середовища слугує основою для модернізації традиційну графічну підготовку в технологічній освіті у сучасний цифровий процес. Формування такого середовища є актуальним через потребу в адаптації навчання до різних безпекових викликів, а також використання сучасних інструментів, що збільшують мотивацію учнів в проєктуванні.

Структура цифрового середовища поєднує нормативно-правові аспекти, адаптивне середовище та сучасні методичні підходи. Відповідність нормативно-правовим документам є важливим етапом, що формує напрямок функціонування середовища. В даному розділі аналізується право вчителя на академічну свободу, можливість створення власної програми із цифровими підходами до графічної підготовки та способи оцінювання діяльності учнів.

Формування середовища передбачає створення комплексних навчальних матеріалів, які забезпечують доступність та організація навчального простору, комп'ютерного обладнання, використання особистих смартфонів учнів, які забезпечують автономність навчання незалежно від місця перебування.

Заключним етапом є модернізація педагогічних підходів як частина цифровізації графічної підготовки учнів, що стимулюють самостійність виконання завдань та розвитку об'ємно-просторового мислення на уроках технології та трудового навчання. Одночасно, пропонується чітка структура виконання графічних завдань учнями, яка робить навчання більш автономним і стійким до зовнішніх умов.

В підсумку, поєднання цих елементів створює адаптивне та ефективне середовище, яке стимулює учнів експериментувати та реалізовувати власні задуми в цифровому середовищі, формуючи цифрові компетентності, які є цінними в наш час.

2.1 Нормативні засади та адаптація системи оцінювання в умовах цифровізації

Головною передумовою для проведення цифровізації графічної підготовки учнів є відповідність до чинних нормативно-правових документів. В цьому підрозділі описано нормативно-правовий механізм для інтеграції вчителем цифрових інструментів таких як: програми САПР та штучний інтелект в навчальний процес. Також підрозділ включає інформацію про право вчителя на академічну свободу у прийнятті рішень та як його використати в цифровізації. Зосереджується увага на трансформації системи оцінювання цифрової діяльності відповідно до діючих норм. Таким чином, цифровий підхід забезпечує гнучкість освітнього процесу під час повітряних тривог та дистанційного навчання.

2.1.1. Гнучкості освітніх програм для інтеграції цифрових інструментів

Впровадження цифрових інструментів в графічну підготовку учнів середньої школи не вимагає змін в законодавчій та нормативно-правовій базах, оскільки вони вже передбачають використання цифрових інструментів. Аналіз Державних стандартів 2011 та 2020 років [2, 3] підтверджує, що інтеграція цифрових інструментів в освітній процес технологічної освіти відповідає вимогам та стандартам. Нормативні документи чітко передбачають використання програмного забезпечення для виконання моделювання та креслення, та одночасно створює простір для використання цифрового підходу для реалізації певних графічних операцій, спосіб виконання яких не є чітко окреслений. Таким чином, принципи Нової української школи та програми попереднього покоління дозволяють вчителям адаптувати навчання до вимог сьогодення.

Академічна свобода забезпечує педагогу можливість вибору методів навчання на адаптування структури навчання під виклики сучасності. Оскільки стандарти НУШ побудовані без використання зазначеного інструментарію, а на компетенціях учня на різних етапах проєктування, то заміна ручного креслення на комп'ютері можна розглядати як модернізацію графічної підготовки. Використання комп'ютерних програм в 9-тих класах, де складність проєкту та вимоги до оформлення є вищими, цифрові інструменти допомагають ефективніше виконувати навчальну програму, що повністю відповідає праву вчителя визначати зміст завдань та інструментів для їх виконання.

Завдяки такій гнучкості, цифровізація легко інтегрується в кожен етап проєктування, надаючи йому сучасного вигляду:

- етап ескізування та створення концепції майбутнього виробу може включати не лише традиційний спосіб, а й методи III-генерації;
- 3D-модельовання відіграє роль цифрового макетування, чи замінює десятки паперових ескізів виробу із різних ракурсів, дозволяючи досліджувати модель із різних сторін;
- виконання креслень у AutoCAD є сучасним способом виконання технічної документації із можливістю цифрового пересилання та друку.

Таким чином, сучасні нормативно-правові документи дозволяють вчителю проводити навчальний процес із використанням цифрових інструментів. Водночас такий підхід забезпечує високу точність та адаптивність в умовах безпекових загроз відповідаючи чинним державним вимогам.

2.1.2. Специфіка оцінювання учнів в умовах цифровізації графічної підготовки

Основний принцип оцінювання в сучасній технологічній освіті ґрунтується на описаних в Державних стандартах результатів навчання та компетенцій, а не використання конкретних інструментів. Аналіз нормативно-

правової бази вказує на два ключові шляхи оцінювання цифрової діяльності. По-перше, використання ІКТ є передбачуваним нормативною базою як один із методів для виконання завдання. По-друге, у випадках, коли стандарт описує очікувані результати без чіткого зазначення способу виконання, цифровий підхід до виконання є рівносильним до традиційного. Це дозволяє вчителю оцінювати не спосіб виконання креслень чи ескізування, ручний чи комп'ютерний, а рівень володіння графічними інструментами та якість кінцевого результату.

Гнучкість системи оцінювання до цифрової діяльності дає змогу вчителям повноцінно оцінити графічну діяльність учнів відповідно до вимог НУШ та програм попереднього покоління, навіть в умовах обмеженого доступу до майстерні чи дистанційного навчання. А саме, ГР 1 можна використати для оцінювання рівня володіння учнів використання цифрових інструментів для візуалізувати ідей за допомогою ШІ, створення цифрових моделей та креслень в середовищі САПР. У ситуаціях, коли виготовлення фізичного виробу є неможливим, можна оцінити ГР 2 вибір технології декорування, опис оздоблення виробу та виконаний варіант в цифровому середовищі, як доказ оволодіння матеріалом учнями. ГР 3 вимірює здатність учня обґрунтовувати екологічність при обранні матеріалів в процесі проектування та розраховуючи кількість матеріалів, необхідних для виготовлення даного виробу. Водночас ГР 4 зосереджується на самостійності учнів у використанні цифрових операцій, культурі доброчесності та вмінні вказувати джерела ідей.

Таким чином, цифровізація графічної підготовки не порушує логіку стандартів, а збільшує інструментарій для виконання завдань. Основою для оцінювання є реальний рівень володіння учнем сучасного інструментарію. Це робить систему оцінювання гнучкою, адаптивною до сучасних викликів, забезпечує оцінювання графічної підготовки учнів при будь-якій формі навчання.

2.2 Організація цифрового простору для реалізації графічної підготовки

Важливу роль для функціонування адаптивного цифрового середовища відіграють навчальні матеріали та укомплектованість навчальних приміщень, які можна використати відповідно до безпекових викликів. У цьому підрозділі ми розберемо структуру комплексних сучасних навчальних матеріалів, які забезпечують доступність в умовах нестабільного інтернету, незалежно від місця перебування учня, в майстерні чи вдома. Також, особливу увагу приділено використанню додаткових приміщень, комп'ютерному обладнанню, що є необхідним для проведення цифрової графічної діяльності в класах та мобільним гаджетам, які можна використати під час навчання в укритті. Комбінація сучасних навчальних матеріалів і наявність гаджетів забезпечує додаткову гнучкість освітнього процесу до зовнішніх викликів.

2.2.1. Навчальне інформаційне середовище для опанування графічних операцій

Для впровадження ефективної цифровізації графічної підготовки необхідно створити спеціальні навчальні ресурси, які будуть зрозумілими та інформативними для учнів і стійкими до технічних викликів (наприклад, робота в укритті із повільним інтернетом). Основою для отримання навчальних матеріалів є комплексний блок, який включає три види матеріалів: відео, текст і графічний зразок. Короткі відеоролики демонструють роботу кількох інструментів на практиці без перевантаження теоретичними матеріалами. Текстові примітки під кожним роликком виконують функцію приміток, які допомагають згадати назву команди чи послідовність дій відповідно до відео, а також слугують запасним джерелом навчального матеріалу для ситуацій із нестабільною роботою інтернету, коли відео неможливо завантажити. Графічний

зразок корисний для розуміння учнів цілей, завдань та самоаналізу шляхом співставлення та порівняння власної роботи із зразком.

Структура цифровізації графічної підготовки 5-9 класів включає три напрями, кожен з яких передбачає п'ять кроків навчання. Перший напрямок зосереджується на використанні штучного інтелекту для освоєння візуалізації ідей, написання текстових запитів до накладання текстур на ручні ескізи. Наступний етап орієнтований на 3Д-моделювання в програмі Tinkercad, де учні ознайомлюються з інтерфейсом, вчать будувати об'ємні форми та формувати з них складніші моделі виробів. Заключний етап орієнтований для учнів 9-тих класів, який передбачає використання програми AutoCAD для освоєння технічних моментів та створення креслень. Використання учнями цієї програми вчить створенню 2Д-геометрії з ліній та оформлювати креслення на аркуші. Забезпечення трьох напрямів в процесі цифровізації повним комплектом навчальних матеріалів: відеороликами, текстовими примітками та графічними матеріалами, допомагають поступово підвищувати рівень знань і забезпечують простоту та якість графічної підготовки.

Розміщення комплекту навчальних матеріалів на платформі Google Classroom, робить їх доступними для кожного незважаючи від місця перебування учнів. Такий технічний підхід робить систему більш адаптивною та сприяє безперервності навчального процесу, що є актуально в сучасних умовах воєнного стану. Також цифровий формат сприяє інклюзивності та автономності навчального процесу учнів. Цей комплекс матеріалів дає можливість учням вивчати їх у власному темпі, швидше переходити до наступного етапу чи повільніше, переглядаючи матеріали по декілька разів. А отже, створює комфортне навчальне середовище, де учні самостійно виконують завдання, а вчитель лише супроводжує із допомогою сучасних навчальних матеріалів.

2.2.2 Організація освітнього простору та технічних засобів цифровізації

Впровадження цифрових технологій не обов'язково означає потребу в переобладнанні майстерні. Головним активом закладу є наявність інших приміщень, обладнаних необхідним комп'ютерним обладнанням. Підхід до використання інших просторів всієї школи, зокрема інформатичного класу із комп'ютерами, як основи для виконання графічної підготовки в програмах AutoCAD чи Tinkercad. Таким чином, у вчителя технології чи трудового навчання з'явиться можливість забезпечити комп'ютерами кожного учня для виконання практичних завдань. В ситуації відсутності проєктора в майстерні для демонстрації матеріалів, вчитель може провести урок в іншому кабінеті який є обладнаний ним, що відображає гнучкість навчального процесу.

Головною передумовою безперервності навчання є адаптивність середовища до зовнішніх та технічних викликів. Якщо в укрітті є нестабільне підключення до інтернету, то дозволить продовжити навчальний процес, навіть у разі повітряних тривог, наявність власних смартфонів як навчальних інструментів, що надасть можливість учню не тільки переглядати навчальні матеріали в Google Classroom, а й застосовувати отримані знання на практиці, використовуючи мобільні версії програм. А також вчитель може використовувати власний або шкільний ноутбук для демонстрації матеріалів чи використання функціоналу програм на практиці, забезпечуючи безперервність освітнього процесу в умовах повітряних тривог.

У ситуаціях проведення графічної підготовки безпосереднього в майстерні рекомендується розділити приміщення на зони: робочу та чисту. Робочу зону з верстатами для роботи та інструментами для обробки матеріалів й чисту зону для теоретичного проєктування на пристроях. Важливим є розташувати ці дві зони в протилежних місцях, щоб зона графічної підготовки була подалі пилу та тирси.

Використання методу ротацій дозволяє забезпечити доступ до цифрового інструменту навіть при наявності одного чи двох ноутбуків. Поки одна група учнів використовує цифровий інструмент в проєктуванні, інша частина класу займається роботою з матеріалами, а після певного періоду часу вони обмінюються завданнями. Цей метод не тільки вирішує проблему нестачі обладнання, а й вчить учнів працювати групами при зміні видів діяльності.

Наявність різних зон адаптованих під графічну підготовку учнів, від комп'ютерних класів до спеціально обладнаних укриттів, створює міцну основу для безперервності освіти. Використання особистих пристроїв, таких як смартфони та ноутбуки, забезпечують доступ до цифрового навчального середовища для всіх учнів, незалежно від їхнього перебування, в укритті чи вдома під час сімейній формі навчання. У підсумку, використання особистих гаджетів вчителів та учнів дозволяє використовувати цифрових інструментів для графічної підготовки учнів за будь-яких умов та без потреби закладу в доукомплектуванні.

2.3 Методичні засади та організація освітнього процесу в цифровому середовищі

Окрім комплексних навчальних матеріалів та обладнання для проведення уроків, важливу роль в цифровізації графічної підготовки відіграють нові педагогічні підходи для взаємодії між вчителем і учнем. У цьому підрозділі висвітлюються методичні підходи та особливості процесу цифрової графічної підготовки, які стимулюють самостійність у виконанні завдань, проведення експериментів, перевірки та виправленні помилок. Також, методика приділяє особливу увагу інклюзивним особливостям учнів, пов'язаних із погано розвинутою моторикою рухів, та допомагає учням реалізувати їхні задуми на рівні з іншими. Водночас, пропонується чітка структура виконання графічних завдань учнями, який включає етапи від отримання завдання до його виконання

та надсилання на перевірку. Такий підхід робить навчальний процес учнів більш автономним та стабільним до зовнішніх умов.

2.3.1. Педагогічні умови та методичні особливості цифрової графічної підготовки

Відповідно до модернізації графічної підготовки з'являється потреба в зміні підходів до навчання, переміщуючи акцент із вивчення теорії на практичне експериментування.

Однією із найважливіших умов впровадження є низький поріг входу до освоєння цифрових інструментів та демонстрації очікуваних результатів індивідуально до кожного етапу навчання. Складність та незрозумілість традиційного креслення часто лякають учнів в момент знайомства, а традиційні зразки часто є складними для читання новачків, що робить початковий етап входу дуже важким. У результаті, учні фокусують увагу на матеріалі і його реалізації для досягнення результату, який вони бачать на зразку, без зайвих роздумів про складність всіх наступних етапів.

Наступною перевагою методики використання цифрових інструментів є безпечне право на збереження якості проекту. Недоліком графічної діяльності є можливість погіршити проєкт випадковою лінією, яку важко забрати, що викликає стрес в учнів. Використання САПР, таких як AutoCAD та Tinkercad, надає можливість відмінити невдалі спроби, що стимулює учня до експериментів під час проєктування. Таким чином, графічна діяльність перетворюється на творчий тренажер, у якому учні можуть пропрацювати безліч варіантів і форм під час конструювання виробу.

Ще однією важливою особливістю є накопичення вмінь використання кожної із програм та комбінування їхніх можливостей між собою. Освоєння всіх інструментів відбувається поступово. Після освоєння одного з них учень продовжує використовувати його паралельно до вивчення наступного.

Наприклад, візуалізація ідей за допомогою III-генерації використовуються для 3Д-моделювання об'єму, 3Д-модель слугує основою для створення креслень. Такий підхід стимулює напрацювання практичного досвіду використання програм і накопичення досвіду із поєднанням функціоналу різних програм в одному проєкті.

Окрему увагу варто приділити активації креативності учнів, яка перетворює навчання із пасивного використання шаблонів до активного проєктування індивідуальних задумів. Оскільки цифрові інструменти не вимагають великої кількості зусиль і часу під час проєктування, учень є більш мотивованим у виконанні пошуку ідей, аналізу та формуванні проєкту. Завдяки такому підходу виконання таких завдань, як пошук форми, розрахунок матеріалів чи їхній підбір, потребує менше зусиль, що робить навчання простішим та більш ефективним.

Ще однією перевагою даної методики є забезпечення інклюзивності та рівності можливостей для реалізації потенціалу учнів. Цифрове середовище усуває бар'єри пов'язані із погано розвинутою координацією та моторикою рухів, що не має суттєвого впливу у графічній підготовці учнів, які чітко розуміють технічне завдання, але не можуть виконати креслення охайно і тому часто отримують нижчі оцінки. Використання комп'ютерних технологій дозволяють таким учням реалізувати свій технічний потенціал на рівні з іншими. Це дає можливість відчувати себе повноцінними учасниками навчального процесу та реалізувати себе відповідно до свого просторового мислення, незалежно від фізичних обмежень.

У підсумку, відзначимо, що умови та особливості цифровізації графічної підготовки сприяють індивідуальному темпу та автономності навчання, перетворюючи учня на самостійного учасника навчання і вчителя на модератора, який допомагає лише у важких, нестандартних ситуаціях. Такий підхід робить

процес навчання адаптивним та одночасно творчим, стимулює до експериментів в будь-яких яких умовах.

2.3.2. Алгоритм функціонування навчання в цифровому середовищі

Навчальний процес із використанням цифрового середовища передбачає послідовну структуру кроків, який направляє учня від отримання завдання та вивчення матеріалів до його використання на практиці. Цей алгоритм організації навчання працює як для очної форми навчання так і для дистанційної.

Навчальний процес розпочинається із отримання завдання. Його можна отримати на уроці безпосередньо від вчителя чи переглянувши у застосунку Мрія або Google Classroom. Учень ознайомлюється з темою та завданням уроку та переглядає графічний зразок, який допомагає йому краще зрозуміти, що саме вони повинні зробити протягом уроку.

Наступним кроком є опрацювання комплексних навчальних матеріалів. Вони передбачають перегляд короткого відеоролика, який демонструє операції, які повинен засвоїти учень протягом уроку, та ознайомлює із текстовими примітками, які можуть стати в нагоді у наступних етапах. Комбінація візуальної та текстової інформації допомагає якісніше освоїти інформацію без перевантаження теорією.

Після цього учні переходять до етапу реалізації, на якому на практиці засвоюють теоретичні знання та вказівки згідно інструкції. Використовуючи будь-яке обладнання (від власного смартфона до шкільного комп'ютера) учні мають можливість самостійно впоратися із завданням.

Виконавши його, перед тим як здати роботу на перевірку, учні можуть самостійно перевірити роботу, порівнявши її із зразком та самостійно виправити недоліки. Оскільки виправлення в цифровому середовищі виконуються легко, учень самостійно виконує правки без втрати якості роботи. Цей етап розвиває незалежність від вчителі та самостійність в своїй діяльності.

Завершальним кроком є підготовка презентації розробленого проєкту в майстерні під час очного навчання або завантаження файлів в Google Classroom. Крім числової оцінки, учень отримує від вчителя зворотній зв'язок із коментарями до проєкту. Інформативність такого способу дозволяє учню зрозуміти свої сильні і слабкі сторони, врахувати їх під час проєктування наступного виробу.

Таким чином, описаний алгоритм робить процес цифрової графічної підготовки простим і зрозумілим. Учень добре розуміє завдання до кожного кроку та працює самостійно, а вчитель допомагає лише у там, де необхідно.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Структуру адаптивного цифрового середовища обґрунтовано та змодельовано на основі попереднього теоретичного аналізу, що слугує фундаментом для впровадження цифровізації графічної діяльності учнів на уроках технологій та трудового навчання. Ця модель стимулює творчий процес учнів та підтверджує адаптивність навчального процесу до повітряних тривог, базуючись на декількох висновках.

Підтверджено, що використання цифрових підходів до виконання навчальної програми відповідає нормативно-правовим документам, а їхнє впровадження може виконуватись завдяки академічній свободі вчителів. Також обґрунтовано легітимність оцінювання цифрової діяльності відповідно до вимог НУШ та програми попереднього покоління.

Запропоновано архітектуру середовища, що поєднує різні приміщення закладу, особистих гаджетів учнів та вчителя, хмарних технологій, які забезпечують безперервність навчального процесу відповідно до зовнішніх загроз. Використання комп'ютерів в комп'ютерному кабінеті дозволяють працювати в повноцінному середовищі, а смартфони з мобільними версіями програм дозволяють учням продовжувати навчання, навіть під час повітряних тривог в умовах укриття.

В роботі подано структуру комплексних навчальних матеріалів, що включають три частини: відеоролики, текстові підказки та графічні зразки. Розміщення цих комплексних матеріалів в хмарних середовищах забезпечує доступність інформації, навіть в умовах поганого інтернету, та індивідуальність темпу вивчення нового матеріалу.

Встановлено, що внаслідок цифровізації педагогічні умови навчального процесу набули певних особливостей, а застосування нового алгоритму графічної діяльності учнів стимулює самостійність та творчість при виконанні

експериментів задумів. Цифрове середовище забезпечує можливість легкого виправлення помилок та нівелює бар'єри погано розвинутої координації рухів, забезпечуючи рівні можливості для реалізації об'ємно-просторового потенціалу учнів.

Підсумовуючи, можна сказати, що запропонована модель адаптивного цифрового середовища є не лише доповненням, а комплексною основою для графічної підготовки учнів, яка робить навчальний процес стійким до викликів воєнного стану та допомагає у формуванні сучасних цифрових компетентностей учнів.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ В СКАЛАТСЬКОМУ ЛІЦЕЇ ТА УМОВИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

В даному розділі обґрунтовано послідовність впровадження практичної розробки та комплексної методики цифровізації графічної підготовки учнів, основна ідея якої полягає у поступовій інтеграції цифрових інструментів в навчальний процес, під час якого кожен наступний інструмент не замінює попередній, а доповнює його, розширюючи функціональні можливості здобувача освіти. Саме такий підхід дозволяє сформувати цілісну сучасну компетенцію в графічній діяльності, яка відповідає вимогам сьогодення.

В розділі запропоновано розглянути його навчальний потенціал у трьох напрямках: використання штучного інтелекту для візуалізації задумів, середовища Tinkercad для об'ємно-просторового моделювання та системи AutoCAD для створення комплексних креслень. Особлива увага приділяється питанню модернізації традиційного навчання, що дозволяє учневі легко виправити невдалі спроби під час проектування, що стимулює їх креативність, раціональне використання матеріалів і як наслідок екологічну відповідальність. Запропонована методика є гнучкою та характеризується як безперервна система, адаптована до сучасних викликів і забезпечує високу ефективність проектування за будь-яких умов та форм навчання.

3.1. Практичне застосування цифрових інструментів у проектуванні

Ефективність цифровізації технологічної освіти залежить від чіткої структурованості процесу та послідовного дотримання принципу послідовності з наступними ускладненнями, під час яких опанування кожної нової навички не витісняє попередні, а інтегрується з ними, створюючи багат шаровий освітній досвід.

Така організація навчальної діяльності базується на двох фундаментальних аспектах:

- Динамічна етапність, при якій цифрові інструменти вводяться в освітній процес синхронно до вікового розвитку учнів та їх готовності до вирішення складних абстрактних завдань. У даному випадку кожного наступного навчального року учень не лише опановує нову навчальну програму, а працює над розширенням уже знайомого функціоналу інструментів. Це дозволяє поєднати засоби штучного інтелекту, об'ємного Tinkercad-моделювання та AutoCAD - креслень в єдину систему, яка сформує цілісну графічну компетенцію здобувача освіти.
- Багатофункціональна оптимізація, в ході якої впровадження цифрових засобів докорінно змінює якість підготовки учня, надаючи йому інструменти для швидкої візуалізації ідей та глибшого пропрацювання концепцій. Цифровізація дає можливість затверджувати рішення та виправляти помилки без втрати матеріальних ресурсів, що спонукатиме школярів до творчого пошуку. Крім того, перехід до точних цифрових розрахунків та віртуальної розкладки деталей навчає дітей принципу екологічності та економії матеріалів.

Таким чином, організаційно-методичні засади розробленої нами методики спрямовані вдосконалення графічної підготовки учнів, поєднавши при цьому технічну грамотність з креативною свободою та відповідальним ставленням до результатів власної праці.

3.1.1. Етапність впровадження цифрових інструментів у процес технологічної підготовки

Розроблена нами методика впровадження цифрових інструментів у графічну підготовку учнів рекомендує поступову їх інтеграцію, де вивчення кожного нового інструмента відбувається як логічне доповнення до вже наявних

вмінь та навичок, що забезпечує ефект накопичення навичок в результаті розширення набутого функціоналу знайомих засобів з кожним новим навчальним роком, та адаптуватися до складніших творчих завдань. В даній методиці запропоновано для використання три основні напрямки цифровізації: штучний інтелект, 3Д-моделювання та креслення, які сукупно формують сучасну графічну компетенцію учня, та дозволяють об'єднати цифрові інструменти у єдину систему для реалізації повного циклу графічної діяльності, від народження ідеї до її практичної реалізації.

Процес формування цифрових компетентностей послідовно поділено на п'ять рівнів методичної прогресії відповідно до вікових груп школярів базової середньої освіти:

1. Використання вчителем завчасно згенерованих ШІ-матеріалів у 5 класі. На першому році навчання середньої школи головним пріоритетом залишається адаптація учнів до роботи в майстерні, яка зорієнтована на освоєння базових ручних інструментами, вивчення правил безпеки та розуміння логіки технологічного процесу. Цифрова складова на цьому етапі має пасивний характер, адже учні опрацьовують лише ті графічні матеріали, презентації та зразки виробів, які завчасно згенерував вчитель із застосуванням ШІ. Це дозволяє дітям сформувати образ майбутнього виробу та зрозуміти, як виглядають сучасні ресурси для проєктування без використання складних процесів генерації, що запобігає перевантаженню учнів під час графічної підготовки.
2. Генерування ідей за допомогою ШІ у 6 класі. У цей період учні переходять від споживання контенту до його створення за допомогою ШІ-генераторів зображень. Даний інструмент допомагає легко візуалізувати ідеї, що робить етап проєктування простішим і ефективнішим, а учень вчиться формулювати запити для створення власних концепцій, аналізувати отримані аналоги та використовувати найкращі ідеї в наступних етапах

проектування. Цей сервіс значно прискорює етап художнього проектування та робить процес більш творчим. Замість тривалого пошуку ідей у журналах чи мережі, здобувач освіти отримує простір для натхнення та швидше перейти до практичного втілення.

3. Освоєння 3D моделювання в Tinkercad у 7 класі. Перше знайомство із середовищем Tinkercad спрямоване на активний розвиток просторової уяви учнів та дозволяє сприйняти виріб не як плоске зображення, а як об'ємне тіло з конкретною товщиною. Учні опановують логіку побудови об'єктів через використання геометричних примітивів, які виступають цифровими аналогами реальних матеріальних заготовок. Особлива увага приділяється операціям додавання та віднімання форм, які вчать цифрової симуляції базових технологічних операцій - поєднання деталей (склеювання, скріплення) або видалення зайвого матеріалу (пиляння, відсікання). Такий підхід дозволяє учням ще на стадії моделювання усвідомити фізичну логіку майбутнього виготовлення виробу.
4. Аналіз об'ємно-просторових моделей у 8 класі. Навички моделювання, здобуті учнями у 7 класі, є фундаментом для підвищення рівня деталізації та поглибленого дослідження структури об'єкта. На цьому етапі здобувачі освіти вчаться використовувати ширший функціонал середовища для реалізації складніших задумів за допомогою 3Д-моделювання та опановують різні проєкції моделі з допомогою обертання моделі у просторі в реальному часі, що допомагає усвідомити зв'язок між 3Д виглядом моделі і її плоским відображенням (виглядами спереду, зверху та збоку). Такий підхід вчить учня самостійно визначати, як графічно відтворювати частини моделі, обирати типи і товщини ліній для їх позначення та готує школяра до наступного рівня-комплексного креслення.

5. Створення комплексного креслення в AutoCAD у 9 класі вчить учнів створювати двовимірні креслення на основі 3Д-моделі за допомогою програми AutoCAD. Учні вчаться створювати 2Д-геометрію, правильно проставляти розміри та структурувати проєкт за допомогою шарів. Такий підхід знайомить учня із стандартами оформлення, вчить акуратності тому, що кожна лінія має бути точною та читабельним перед процесом реалізації. Завдяки автоматизації САПР-інструментарію учень не витрачає час на технічні процеси, а має змогу займатися творчим конструюванням.

Таким чином, поетапне впровадження цифрових інструментів у графічну діяльність формує системність та безперервність технічних навичок учнів. Поступовий перехід від пошуку ідей із використанням ШІ до 3Д-моделювання в Tinkercad та створення креслень в AutoCAD дозволяє поєднувати функціонал інструментів в реалізацію єдиного виробу. Така модель навчання адаптує складні цифрові процеси до вікових особливостей школярів та формує у них комплексну цифрову графічну компетенцію.

3.1.2. Функціональні можливості цифрових інструментів у структурі графічної підготовки

Впровадження цифрових інструментів модернізує традиційний процес графічної підготовки, пропонує здобувачам освіти нові можливості для виконання навчальних завдань, що якісно покращує освітній процес за кількома ключовими ознаками.

По - перше, цифрові засоби є потужними інструментом візуалізації, бо дозволяє учням миттєво генерувати цілу серію варіантів майбутнього виробу, детальніше обдумати його концепцію та уникнути творчого застою. По-друге, робота у віртуальному середовищі є безпечним простором для експериментів, де зроблені помилки не є причиною псування матеріалів, тому знижують тривожність учнів та стимулюють їх креативність. По - третє, цифровізація

привчає до раціональної розкладки деталей в цифровому середовищі, що вчить здобувачів освіти економно використовувати ресурси та екологічної відповідальності, а отже формує високий рівень навичок графічної культури.

Розглянемо функціональний потенціал кожного інструменту та його методичну цінність в графічній діяльності учнів:

1. Використання 3D - генерації для візуалізації ідей

Генерація зображень - основний напрям використання 3D в графічній діяльності, який допомагає учням подолати шлях від абстрактного задуму до візуалізованого образу. На уроках «Технології» та «Трудового навчання» даний вид роботи в цифровому середовищі дозволяє реалізовувати наступні практичні операції:

- Генерація індивідуального банку ідей -це серія віртуальних зображень майбутнього виробу, які самостійно створюють учні відповідно до власного технічного опису та художнього бачення, що формує їх візуальний орієнтир і дозволяє вибрати найкращі концептуальні рішення для подальшої роботи над проектом (див. рис.3.1)



а)

б)

Рис. 3.1. Результат генерації шаблонів виробу в [Chat GPT]: а - згенерований шаблон; б - готовий виріб.

- Художня візуалізація графічних начерків передбачає перетворення ручних ескізів або скриншотів 3Д - моделей у фотореалістичні зображення з імітацією реальних матеріалів, що допомагає учню оцінити естетичний вигляд виробу в дереві, металі чи пластику ще до початку практичних робіт (див. рис. 3.2)



Рис. 3.2. Візуалізація в [Chat GPT]: створення реалістичного вигляду виробу «Лавка» за кресленнями: а - креслення; б - візуалізація виробу.

- Створення конструктивних схем виробу. ШІ генерує зображення, що демонструють виріб у розібраному стані для розуміння його внутрішньої структури, що допомагає зорієнтуватися в послідовності виготовлення та складання складних виробів.
- Анімація проєкту. Створення динамічних зображень або кругових панорам виробу для публічного захисту учнівського проєкту підвищує рівень цифрової культури здобувачів освіти та розвиває їх навички презентації власних результатів роботи.

Для прикладу запит в [Chat GPT] для генерації ідеї може мати таку послідовність:

«Створи [обрати стиль: реалістичне/схематичне] зображення [назва виробу]. Проект має бути розроблений із використанням технології [технологія виготовлення] і таких інструментів: [перелік інструментів]. Форма повинна містити [геометричні фігури / елементи]. Основний матеріал - [фанера, соснова дощечка, дрiт]. Деталі з'єднуються за допомогою [пази, клей, саморізи, цвяхи].» [Chat GPT]

Методична цінність використання ШІ дозволяє учням не зупинятися на етапі формування ідей. Замість пасивного очікування натхнення, учень отримує десятки аналогів для аналізу, перегляд та порівняння яких є основою для розробки власної унікальної ідеї.

1. Цифрове об'ємно - просторове моделювання в Tinkercad.

Tinkercad - інструмент об'ємно - просторового мислення, який дозволяє створити модель майбутнього виробу в цифровому просторі перед початком роботи з реальним матеріалом. Використання даного ШІ - середовища допомагає з реалізацією наступних практичних завдань:

- Об'ємне конструювання виробу. Учні вчаться створювати базові геометричні примітиви та будувати складніші форми за допомогою комбінування та групування; здійснюють візуальну перевірку співвідношення окремих деталей між собою за розмірами та об'ємом, що дозволяє завчасно уникнути помилок у пропорції, знайти гармонійне співвідношення та потрібні розміри частин майбутнього виробу (див. рис. 3.3).

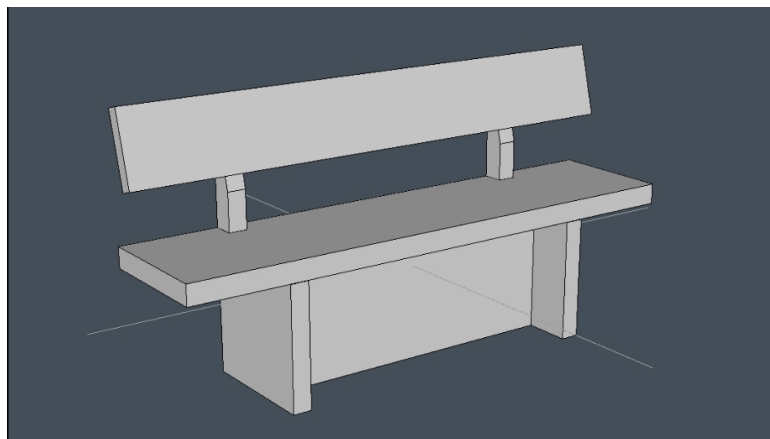


Рис. 3.3. Моделювання виробу «Лавка» в [Blender].

- Цифрове моделювання технологічного процесу. В процесі поетапного створення та збирання моделі з нуля учень віртуально проходить всі стадії виготовлення виробу, які згодом стануть основою технологічної картки. Під час моделювання учень наочно усвідомлює черговість дій: визначає роль великих і малих деталей, виявляє місця, які необхідно скоригувати (підрізати чи припасувати), самостійно обирає раціональні способи кріплення деталей. Такий цифровий досвід дозволяє учню чітко зрозуміти послідовність виробничого циклу, уникаючи помилки під час виконання практичної частини проекту в майстерні та формує свідоме розуміння до кожної операції.
- Об'ємно - просторовий аналіз моделей. Можливість обертати модель у реальному часі допомагає школярам миттєво бачити її зображення з різних сторін (спереду, зверху, збоку), що дозволяє сформувати навички побудови плоских проекцій на основі об'ємного тіла.
- Підготовка до 3D друку. Експорт розробленої моделі для виготовлення на 3D - принтері дозволяє реалізувати цілі проекти та їх частини, які важко або неможливо відтворити ручним інструментом. Цей етап показує учням зв'язок між віртуальним проектом і сучасним автоматизованим виробництвом, де цифрова ідея перетворюється на реальний фізичний об'єкт.

Методична цінність: учень отримує право на нескінченну кількість помилок без псування матеріалів. Це створює ситуацію успіху, де кожна деталь може бути скоригована одним натисканням клавіші (Ctrl+Z).

1. Підготовка робочих креслень в AutoCAD.

Заключним етапом розробленої нами методики є трансформація творчого задуму та об'ємної моделі у комплекс креслення. На цьому етапі AutoCAD стає завершальним інструментом фіналізації проєкту та дозволяє учневі перевести візуальний образ майбутнього виробу у формат точної технічної документації. Застосування цієї системи забезпечує перехід від художнього моделювання до інженерного підходу, дозволяючи реалізувати наступні практичні завдання:

- Розробка комплексного робочого креслення, що включає викреслення виробу та ознайомлення із нормами оформлення: використання різних типів ліній, нанесення розмірних ланцюжків, додавання текстових анотацій. Виконання всіх креслень не лише структурує мислення учня, а й формує його технічну грамотність. Така фіксація авторського задуму є універсальною мовою комунікації, адже нівелює більшість питань безпосередньо під час виготовлення і передає точно технічну суть проєкту іншим виконавцям (див. рис. 3.4 та 3.5).



Рис. 3.4. Виконання креслень виробу «Ключниця» в [AutoCAD].



Рис. 3.5. Виконаний виріб «Ключниця».

- Розробка шаблонів передбачає побудову розгорток в масштабі 1:1, що дозволяє отримати готові зразки, які учні роздруковують, переносять на матеріал, забезпечуючи високу точність побудови контурів деталей, яку важко досягнути вручну.
- Віртуальна розкладка дозволяє розкласти деталі на площину із похибкою на обрізку та підрахувати необхідний об'єм матеріалів, що вчить учнів економно використовувати матеріали, мінімізувати відходи та виховує екологічну відповідальність.
- Перевірка розмірів деталей шляхом зворотного моделювання моделі виробу дозволяє переконатись в коректності розмірів шляхом перетворення 2D - креслення назад у 3D - форму (екструдкування). Це забезпечує безпомилкову збірку реального виробу в майстерні та запобігає псуванню матеріалів.

Робота в САПР привчає учнів до точності та ощадного використання матеріалів та сприяє розвитку екологічного мислення.

В підсумку можемо стверджувати, що функціональні можливості ШІ - технологій докорінно змінює підхід до графічної підготовки учнів. Вони може швидко візуалізувати задум, що допомагає на початковому етапі. А використання систем автоматичного проєктування забезпечують можливість легкого виправленню помилок та редагування моделі в цифровому середовищі,

що робить процес менш стресовим та запобігає псуванню матеріалів. Виконання креслень та віртуальних розкладок не лише сприяють збільшенню якості робіт, а й розвивають культуру ощадного використання матеріалів та екологічну відповідальність.

Отже, цифрові інструменти - це не лише допоміжні засоби, а ключові чинники формування сучасної конструктивної та екологічної компетентностей учнів.

3.2. Реалізація методики цифровізованих графічних проєктів у 5-9 класах

Впровадження розробленої нами методики в освітній процес Скалатського ліцею дозволило трансформувати графічні засади цифровізації у дієвий механізм підготовки сучасних здобувачів освіти. Даний процес передбачає використання цифрових інструментів в практичній графічній діяльності, що забезпечує розвиток цифрових навичок учнів.

Методика цифровізованих графічних проєктів реалізовувалася через два взаємопов'язаних аспекти:

1. Структуризація навчального процесу, яка передбачає трансформацію традиційного етапу проєктування з короткочасного створення ескізу у розширене календарно-тематичне планування, під час якого графічна підготовка розподіляється прямопропорційно до складності задіяних цифрових інструментів. В результаті учні опановують шлях від генерації ідеї за допомогою ШІ до професійного виконання креслень у системі САПР зі сформованим глибоким технічним розумінням виробу ще до початку роботи з матеріалом.
2. Гнучкість та адаптивність до умов навчання. Використання хмарних сервісів та мобільних гаджетів нівелює перешкоди, пов'язані з повітряними тривогами чи відсутністю електроенергії, перетворюючи

цифрове середовище на надійний «місток» між учнем та ліцеєм, тому запропонована методика придатна до використання при різних формах навчання: гібридної, сімейної чи дистанційної, що робить процес проєктування безперервним, а результати навчальної діяльності школярів об'єктивними і доступними для оцінювання навіть за відсутності прямого доступу до матеріально - технічної бази майстерні.

Пропонуємо далі розглянути фрагменти планування й описи конкретних навчальних проєктів «Шкільна лавка» та «Підставка під гаряче», які наочно демонструють на практиці підвищення рівня самостійності учнів, точність їхньої графічної роботи та загальну ефективність технологічної освіти за допомогою впровадження в освітній процес цифрових інструментів.

3.2.1. Календарно-тематичне планування цифрових етапів проєктування

Раціональний розподіл навчального часу між графічними та фізичними етапами створення виробу суттєво впливає на ефективність впровадження цифрових технологій в шкільний освітній процес. Для ефективного впровадження даної методики переосмислено етап проєктування виробу, який під час традиційного викладання предмету обмежується створенням графічного ескізу. Запропонована методика передбачає збільшення кількості годин на графічну підготовку прямопропорційно до кількості задіяних цифрових інструментів, що дозволяє гнучко розподілити навчальний час. Наприклад, один урок виділяється для проєктів із використанням лише штучного інтелекту, два уроки - для інтеграції 3D та Tinkercad, три уроки - для комплексного застосування 3D, Tinkercad та AutoCAD.

Ключовим аспектом даного календарно - тематичного планування є принцип варіативної наступності, а методика передбачає поступове зростання рівня володіння цифровими інструментами в учнів: від ознайомлення з базовим

інструментарієм у перший рік навчання (у 6-му класі) до використання складних інженерних операцій у старших класах. Відповідно, перелік технічних завдань до кожного уроку адаптується під рівень підготовки вікової групи учнів, що дозволяє поступово розширити діапазон використаних функцій в календарно - тематичному плануванні.

Нижче подаємо фрагмент планування для 9-го класу відповідно до норм НУШ, що охоплює три основні цифрові напрямки та об'єднує кілька цифрових операцій кожного уроку (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Фрагмент календарно-тематичного планування цифрової графічної підготовки.

№ з/п	Тема уроку та її зміст	Види навчальної діяльності	Очікуваний результат	Група /групи результатів
1	«Розробка образу майбутнього виробу. Пошук та аналіз аналогів об'єкта проєктування, формування індивідуальної концепції виробу засобами штучного інтелекту. Поєднання ручного ескізу та генеративних технологій.» [Gemini]	«Складання структурованих запитів (промптів) для нейромереж із врахуванням власних побажань щодо форми та матеріалів. Критичний аналіз та порівняння генерованих ШІ-аналогів з метою створення власної концепції виробу. Створення авторського ручного ескізу та його цифрова обробка (стилізація) за допомогою генеративних інструментів для уточнення візуального образу.» [Gemini]	«знаходить, відбирає та оцінює актуальну інформацію для виявлення творчого задуму [проблеми], визначає достовірність джерел [9 ТЕО 1.1.1-1]» [2, с. 252] «обґрунтовано застосовує цифрові пристрої на різних етапах проектнотехнологічної діяльності: пошуку, аналізу і використання інформації, презентації проєкту тощо [9 ТЕО 1.1.2-5]» [2, с. 254] «визначає можливості графічних редакторів для художнього конструювання виробу, за потреби застосовує їх [9 ТЕО 1.1.4-4]» [2, с. 256] «здійснює художнє конструювання виробу, застосовуючи принципи та засоби дизайну [9 ТЕО 1.1.4-3]» [2, с. 256]	ТЕО 1 ТЕО 2 ТЕО 4 ТЕО 4

2	«Цифрове конструювання: пошук форм та пропорцій об'єкта в середовищі Tinkercad. Створення цифрового 3D-прототипу виробу. Поєднання зображень 3D моделі та генеративних технологій.» [Gemini]	«Побудова об'ємної моделі виробу в середовищі Tinkercad шляхом комбінування та трансформації геометричних примітивів. Віртуальне макетування конструкції: перевірка ергономіки, взаємного розташування деталей та пропорцій об'єкта в 3D-просторі. Створення скриншотів 3D-моделі для подальшого рендерингу засобами ШІ з метою реалістичної візуалізації текстур матеріалів та зовнішнього вигляду готового продукту.» [Gemini]	«розробляє модель об'єкта проектування, аналізуючи різні стилі дизайну [9 ТЕО 1.1.4-2]» [2, с. 256] «здійснює технічне конструювання об'єкта проектування від його компоновки до виконання креслень, ескізу тощо [9 ТЕО 1.1.5-1]» [2, с. 257] «застосовує за потреби комп'ютерне середовище в процесі конструювання [9 ТЕО 1.1.6-3]» [2, с. 259]	ТЕО 4 ТЕО 1 ТЕО 1
3	«Графічна підготовка для практичного втілення проекту. Створення комп'ютерного креслення виробу. Цифрова розкладка деталей та підрахунок витрат матеріалів. Розробка точних шаблонів виробу.» [Gemini]	«Розробка креслення у середовищі САПР (AutoCAD) на основі параметрів 3D-моделі. Виконання цифрової розкладки деталей на форматі заготовки для оптимізації використання матеріалу та мінімізації відходів. Математичний розрахунок об'єму та вартості необхідних ресурсів. Підготовка та друк точних графічних шаблонів (масштаб 1:1) для подальшого перенесення контурів на матеріал у майстерні.» [Gemini]	«обґрунтовує конструкцію об'єкта проектування через добір матеріалів, методи їх обробки, обрахунок витрат на виготовлення виробу тощо [9 ТЕО 1.1.6-1]» [2, с. 258] «застосовує у разі потреби цифрові пристрої та інформаційне середовище для презентації і поширення результатів власної проектно-технологічної діяльності [9 ТЕО 1.3.2-7]» [2, с. 267]	ТЕО 1 ТЕО 3

Отже, збалансований розподіл годин між цифровим проектуванням і його практичною реалізацією дає можливість учням детальніше опрацювати технічні характеристики виробу ще до початку роботи з інструментами. Запропонована структура планування забезпечує високу якість графічної підготовки, мінімізує помилки під час виконання практичної частини проекту та дозволяє вчителю гнучко керувати темпом навчання, орієнтуючись на складність конкретного об'єкта праці.

3.2.2. Реалізація методики цифровізації графічної підготовки в Скалатському ліцеї

У 2025/2026 навчальному році, в умовах воєнного стану пріоритетом для Скалатського ліцею, як і для будь-якого закладу освіти в Україні, є забезпечення комфортних та безпечних умов праці та навчання для всіх учасників освітнього

процесу, а також організації навчальної діяльності із вимушено переселеними учнями. Це вимагає особливого, гнучкого підходу до організації освітнього процесу та поєднання різних форм навчання. Запропонована модель цифровізації графічної підготовки є універсальною та безперервною системою, доступною для учнів не залежно від місця їх перебування чи формату навчального процесу. Гнучкість використання хмарних сервісів дозволяє успішно реалізувати методику як під час очних занять у ліцеї, так і в умовах дистанційного чи індивідуального навчання, зберігаючи єдиний логічний ланцюжок від зародження ідеї до її технічної реалізації.

Розглянемо взірці її впровадження у 9-х (найбільш технологічних) та 6-х класах (із початковими навичками роботи у ШП - середовищем) з використанням найбільш поширених формах організації освітнього процесу у Скалатському ліцеї: гібридної та сімейної.

Особливістю організації гібридної форми навчання в Скалатському ліцеї є поєднання офлайн - уроків в майстерні з періодами дистанційного навчання, які зумовлені повітряними тривогами або складними погодними умовами. Навчання проходить згідно календарно - тематичного планування, із супроводом вчителя, що задає темп уроку та слідкує за послідовністю виконання кожного етапу проєкту. Очна форма роботи дозволяє ефективно поєднати опрацювання теоретичної частини проєкту з практичним виготовленням виробу в майстерні. Цифровізація графічної частини проєкту наповнює його необхідною мобільністю для забезпечення безперервності навчання. Освітній процес може проводитись в комп'ютерному класі, кабінеті з проектором або в умовах укриття. Навіть вимушена зміна локації не перериває його. Учні мають змогу продовжувати роботу в цифровому середовищі на своїх смартфонах, чи планувати наступні кроки проєкту, що підвищує точність та якісні характеристики готового виробу.

Прикладом практичної реалізації розробленої методики за гібридною формою навчання у 9-х класах із застосуванням цифрових технологій на кожному етапі виконання графічної частини є проєкт «Шкільна лавка». Розглянемо його детальніше.

Етап 1. Генерування дизайну під індивідуальний задум.

Урок з даної теми проведено офлайн у шкільній майстерні. На початковому етапі учні працювали над вирішенням проблеми із пошуку аналогів, які б передбачали використання наявної матеріальної бази (ДСП панелей старої шафи). Користуючись ноутбуком вчителя та власними мобільними телефонами у майстерні, учні за допомогою вчителя визначилися із основними характеристиками майбутнього виробу та сформулювали запит для ШІ, що дозволило миттєво отримати варіативні ідеї та посилання на технологічні відео. Це дозволило більше часу витратити на аналіз джерел та формування власного задуму замість їх пошуку (див. рис. 3.6).



Рис. 3.6. Результат генерації в [Chat GPT]: пошук форми та дизайну майбутнього виробу під індивідуальний запит.

Етап 2. Створення моделі задуму.

Через безпекову ситуацію опрацювання даної теми проходило дистанційно. Щоб пояснити учням конструкцію майбутнього задуму, продемонструвати процес моделювання та в реальному часі коригувати форми й розміри деталей згідно пропозицій учнів, вчитель скористався цифровим сервісом Google Meet. Онлайн - урок в режимі відео конференції забезпечив процес пояснення нового матеріалу візуально зрозумілим, а пошук форми динамічним, оскільки результати кожної зміни учні бачили миттєво. В результаті вони затвердили пропорції 3D- моделі, як точної цифрової основи майбутнього креслення (див. рис. 3.7).

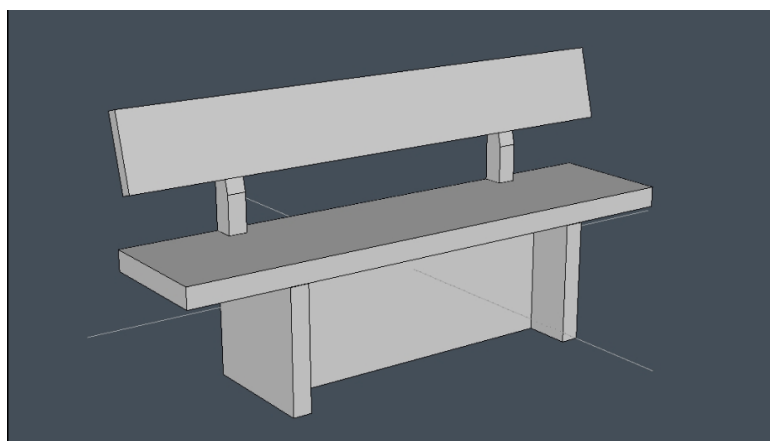


Рис. 3.7. Моделювання виробу «Лавка» в мобільному застосунку [3D Modeling].

Етап 3. Підрахунок матеріалів та вивчення 3D - моделі.

Черговим викликом стало відсутність світла в ліцеї, що унеможливило використання ресурсів комп'ютерного класу. В нагоді стали автономний ноутбук і смартфони учнів. Методом ротацій (почергово, групами) виконали цифрову розкладку деталей в AutoCAD, щоб мінімізувати подальші відходи та підрахувати собівартість майбутнього виробу; та вивчили проєкції моделі в Google Classroom, скориставшись телефонами. Це забезпечило гнучкість

навчання: школярі навчилися читати об'єкт з різних сторін за допомогою доступних цифрових ресурсів.

Етап 4. Технічне креслення в AutoCAD.

Заключним етапом графічної частини є самостійне виконання креслень в AutoCAD, яке виконується згідно наданих цифрових матеріалів. Використання цифрових технологій на даному етапі роботи над проектом зменшує проблеми з координацією рухів деяких учнів, креслення набувають ідеальної точності та читабельності, а можливість скасування невдалих спроб зменшує стрес від можливих невдач, дозволяє учням зосередитися на інженерній логіці, а не на механічному малюванні. В підсумку учні виконали читабельні креслення, які стали зрозумілою інструкцією для успішної реалізації проекту в матеріалі (див. рис. 3.8).

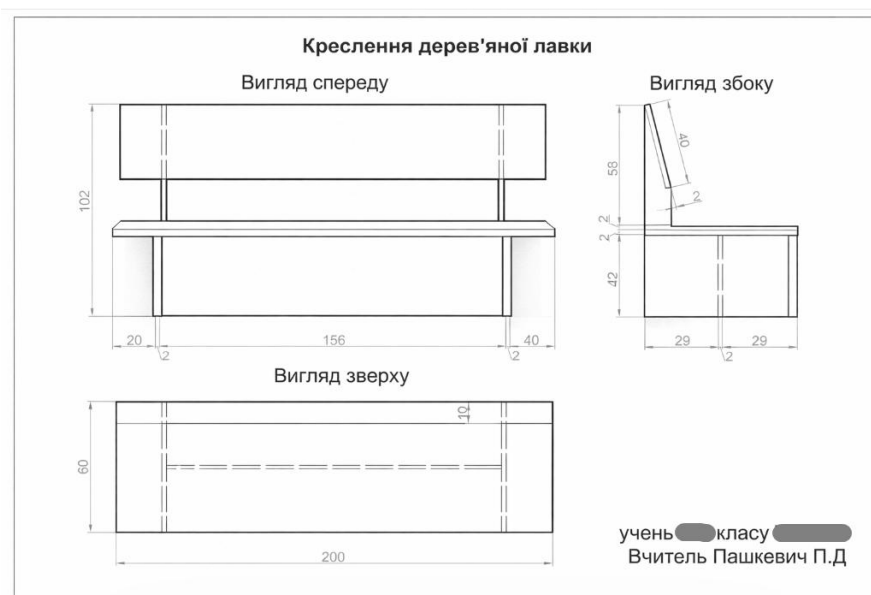


Рис. 3.8. Виконання креслень виробу «Лавка» в [AutoCAD].

Сімейна форма навчання:

Сімейна форма навчання зорієнтована на учнів, які опановують навчальний матеріал самостійно, часто перебуваючи за межами країни чи регіону. В даному випадку учень самостійно планує своє навчання та

позбавлений доступу до шкільної матеріально - технічної бази, що створює додаткові труднощі в ході реалізації практичної частини навчального проєкту.

У цьому випадку графічна робота, виконана за допомогою цифрових технологій нівелює відсутність матеріально - технічної бази, ШІ та САПР - системи допомагають опанувати повний цикл створення проєкту: від візуалізації ідеї до вивчення деталей та з'єднань, а 3D - модель виробу (рендеринг) при даній формі навчання демонструє рівень технологічних знань учня та прирівнюється до повноцінного результату роботи над проєктом.

Оскільки цифрова графічна робота відображає навички учня аналізувати матеріали та їх кількісні характеристики, створювати дизайн, розуміти послідовність виготовлення виробу без його функціонального втілення, то ця методика дає можливість вчителю об'єктивно оцінити компетентності учня за всіма групами результатів.

Ще одним прикладом застосування запропонованої методики є проєкт «Підставка під гаряче», який розроблений для самостійного опанування навчального матеріалу з використанням цифрового середовища для учнів 6 класу сімейної форми навчання.

Етап 1. Генерування дизайну під індивідуальний задум.

На початковому етапі учні самостійно, шляхом формування структурного запиту до ШІ, генерують запит для отримання варіативних аналогів згідно власних побажань щодо форми та декору майбутнього виробу. Це дозволяє миттєво пройти шлях від абстрактної думки до візуалізованої концепції, зосередившись на аналізі та формуванні власного задуму, а не на тривалому пошуку аналогів в інтернеті.

Етап 2. Візуалізація результату через ШІ - рендеринг.

Використання ШІ - рендерингу (візуалізації) виробу на основі власного ручного ескізу та накладання текстур дерева дозволяє учню побачити реалістичну модель майбутнього виробу. В результаті він отримує візуальний

досвід, як обрані ним техніки виконання та матеріали композиційно поєднувалися б та виглядали в реальних умовах, що дещо компенсує відсутність практичного досвіду роботи в майстерні (див. рис. 3.9).

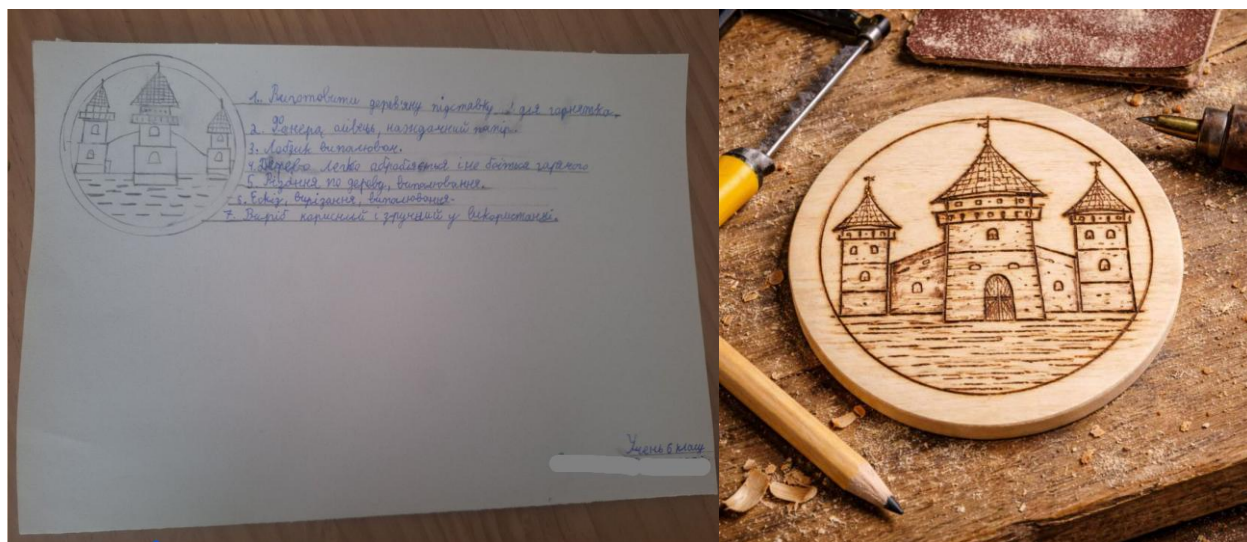


Рис. 3.9. Візуалізація в [Chat GPT]: створення реалістичного вигляду виробу «Підставка під гаряче» за ручним ескізом: а - ескіз; б - візуалізація виробу.

Аналіз практичного впровадження методики цифровізованих графічних проєктів в навчальний процес за різними формами навчання доводить її ефективність та стійкість до викликів сьогодення. Завдяки можливості працювати над цифровими етапами проєктування у будь - якій локації, учні демонструють вищий рівень самостійності та відповідальності. Практика впровадження даної методики довела, що цифровізація значно покращує якість учнівських проєктів, адже учні приходять в майстерню вже з готовими цифровими рішеннями; робить процес безперервним, а результати проєктування більш точними та якісними.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

В основі методики цифровізації графічної підготовки учнів лежать принципи системності та наступності, завдяки яким поетапне впровадження цифрових інструментів в освітній процес проходить із врахуванням вікових особливостей учнів, що сприяє стабільному розвитку графічних компетентностей, а здобуті навички роботи з ШІ та САПР є хорошою базою для виконання складних проєктів в майбутньому.

Використання цифрових технологій в межах розробленої методики дозволяє вирішити ряд типових недоліків у графічній підготовці учнів. А саме, ШІ - генерування оптимізує запуск проєкту, усуває затримки на початковому етапі проєктування; середовище Tinkercad дозволяє продовжити роботу над проєктом, уникаючи помилок, надмірного стресу в учнів та нераціональної витрати матеріалів; AutoCAD створює умови для засвоєння комплексних креслень. В сукупності вони не лише оптимізують роботу над проєктом, а й вчать раціонально використовувати наявні ресурси, тобто розвивають екологічну компетентність здобувачів освіти.

Завдяки розробленій методиці, теоретичне цифрове проєктування гармонійно поєднується з практичною частиною роботи над навчальним проєктом в майстерні, перетворюючи її в цікавий, сучасний процес. Запропонований алгоритм робить освітній процес гнучким, стійким перед непередбачуваними ситуаціями, що робить навчальний процес безперервним та рекомендованим до використання для різних форм навчання (очної, гібридної, дистанційної чи сімейної).

Підсумовуючи вищесказане, можемо зробити висновок, що дана методологія якісно покращує процес проєктування, спонукає школярів до самостійного виконання поставлених завдань, підвищує їх графічні навички та зацікавленість до вивчення предмета.

Отже, методика цифровізації графічної підготовки учнів є дієвим інструментом модернізації технологічної освіти, розвиває необхідні компетентності учнів, готує до результативної роботи в сучасному цифровому світі.

РОЗДІЛ 4. ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ЯКІСТЬ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ

Важливим чинником впровадження освітніх інновацій, окрім теоретичного обґрунтування, є моніторинг результатів їх практичної апробації в реальних умовах у навчальному закладі. Моє педагогічне дослідження стосувалося впливу інструментів САПР AutoCAD на якість графічної підготовки та рівень залученості учнів до проєктної діяльності й проводилося на базі 9-х класів Скалатського ліцею Тернопільської області. Реалізація експериментальної частини передбачала виконання ліцеїстами певної низки завдань, які стали базою для аналізу результатів традиційного «паперового» проєктування виробу з теми «Виготовлення спортивного інвентарю», яке порівнювалося із результатами проєктування виробу «Шкільна лавка», що виконувалося із застосуванням цифрових технологій. Для об'єктивного оцінювання результатів виконаних робіт учнів першорядними критеріями стали наступні показники: технічна точність, акуратність та мотиваційна готовність здобувачів освіти виконати завдання підвищеної складності. Також увага приділялася апробації адаптивних методів. А саме, перевірка життєздатності живої демонстрації та можливості збереження неперервності навчання в кризових умовах, наприклад, під час перебування в укритті під час повітряної тривоги.

В результаті отриманий досвід дозволив сформулювати практичні рекомендації для подальшого впровадження елементів цифровізації в освітній процес під час викладання курсу «Технології» або «Трудове навчання» у загальноосвітніх навчальних закладах.

Отримані результати дозволили нам об'єктивно оцінити доцільність інтеграції професійного програмного забезпечення в шкільну програму та

виявити нові можливості для пізнавальної самореалізації здобувачів освіти з різними рівнями практичних навичок.

4.1. Організація та зміст дослідної роботи в умовах ліцею

Експеримент проведено у 2025/2026 навчальному році за участю 19 здобувачів освіти (хлопців) 9-х класів на базі Скалатського ліцею Тернопільської області з денною формою навчання.

Метою дослідження було порівняння ефективності традиційної методики графічної підготовки та підходу із застосуванням системи автоматизованого проектування (САПР) AutoCAD під час виконання школярами графічних завдань.

Процес дослідження тривав у два послідовні етапи. Перший (контрольний) етап організовано в I семестрі під час виконання ліцеїстами проєкту «Спортивний інвентар: опори для відтискань». Вчитель пояснював навчальний матеріал за допомогою традиційних методів подачі графічної інформації, демонструючи зразки та фотоаналоги виробів для візуального ознайомлення з ними, після чого креслив технічну схему з вказаними розмірами майбутнього виробу на дошці. Учні фіксували дану інформацію з допомогою власних смартфонів та використовували її під час виконання практичної частини в майстерні. З метою стимулювання розумової діяльності школярів та визначення їх базового показника, ліцеїстам пропонувалось виконати додаткове теоретичне завдання: самостійно зобразити на папері креслення готового виробу у трьох проєкціях. Мотивацією для виконання було озвучено необхідність володіння навичками креслення технічної документації під час навчання в закладах освіти технічного спрямування в майбутньому. Слід відзначити, що результати цього етапу підтвердили низький рівень володіння креслярськими навичками ліцеїстів та обмеженість традиційного підходу до виконання графічних робіт.

Другий (експериментальний) етап тривав у II семестрі під час подачі виготовлення навчального виробу «Шкільна лавка». На даному етапі учитель докорінно змінив методику пояснення нового матеріалу та використав інструменти САПР AutoCAD під час онлайн - уроків шляхом трансляції на екран або безпосереднього показу з ноутбука в майстерні для підтримки миттєвого зв'язку між цифровим кресленням та фізичним об'єктом тобто застосував живу демонстрацію алгоритмів цифрового проєктування. При виконанні завдання на високий бал у цьому семестрі запропоновано також використати трьохвимірне креслення виробу, але в цифровому форматі.

Додатково в межах експерименту досліджувалася адаптивність традиційних та цифрових методів подачі нової навчальної інформації в кризових умовах. Слід відзначити, що під час повітряних тривог освітній процес у II (експериментальному) етапі не припинявся, а гнучко переміщався в укриття завдяки використанню мобільних пристроїв школярів та ноутбука педагога, робота над графічними завданнями продовжувалася.

4.2. Обґрунтування критеріїв оцінювання результатів графічної підготовки

Аналіз результатів педагогічного експерименту проведено на основі порівняння результативності навчання та залученості учнів до виконання графічних завдань. На нашу думку, саме ці показники дозволяють об'єктивно порівняти ефективність традиційного та цифрового креслень.

Головним критерієм для оцінювання експерименту була результативність навчання ліцеїстів, яку визначали як середньоарифметичний бал класу за проєкт. В межах цього показника враховували підсумкові оцінки школярів за повний цикл створення виробу: від початкової ідеї до фінального креслення. Для цього проведено порівняльний аналіз між проєктами «Спортивний інвентар», реалізований з використанням традиційної подачі матеріалу, та «Шкільна

лавка», виконаний за допомогою AutoCAD - інструментарію. Методологічне обґрунтування нашого вибору базувалося на спостереженні, яке виокремело в роботах ліцеїстів I семестру значні графічні помилки та порушення пропорцій, що призвело до гірших результатів. Використання AutoCAD в II семестрі забезпечило цифрову чіткість, читабельність їхнім роботам і в результаті більша кількість здобувачів освіти краще виконали поставлені завдання, що автоматично підвищило загальний середній бал класу.

Додатковим критерієм розглянуто залученість учнів до виконання графічних завдань, яка безпосередньо вказує на відсоткове співвідношення ліцеїстів, які добровільно та самостійно виконали завдання з креслення виробу.

Порівняння кількості виконаних школярами паперових робіт та цифрових варіантів дозволило визначити поріг входу в технологію для сучасного учня. Встановлено, що через помилки, складність процесу або брак художніх навичок в учнів традиційне креслення часто ігнорувалося, в той час, як робота в AutoCAD - середовищі виявилася для них цікавішою і бажаною. Збільшення показника залученості учнів до виконання графічних завдань є прямим доказом підвищення їх зацікавленості до даного виду діяльності та предмету в цілому.

Обраний нами двокомпонентний підхід довів, що заміна традиційної методики роботи над проєктами на доповнену цифровим інструментарієм перетворює графічну підготовку ефективною та сучасною.

4.3. Аналіз динаміки навчальних досягнень учнів: порівняння традиційного та цифрового циклів проєктування

Аналіз результатів педагогічного дослідження вказує на позитивну динаміку в кількісних і якісних показниках графічної підготовки ліцеїстів 9-х класів після впровадження інструментів САП AutoCAD. Насамперед слід звернути увагу на кількісний аналіз залученості ліцеїстів, де найбільш показовим результатом експерименту стало суттєво зросла зацікавленість школярів до

виконання графічних завдань. Так, на контрольному етапі під час виконання ручного креслення додаткове завдання на високий бал виконали лише 5 учнів, що становить 26% від їх загальної кількості. Це ще раз доводить гіпотезу, що технічна складність традиційного креслення є серйозним випробуванням для більшості підлітків. Натомість під час експериментального етапу кількість здобувачів освіти, які впоралися із графічною частиною проєкту із використанням AutoCAD, зростає до 9 осіб, що становить 46% від їх загальної кількості, та демонструє зростання рівня їх залученості майже вдвічі.

Цей результат вказує на привабливість та зрозумілість цифрових технологій для даної вікової категорії школярів.

Впровадження AutoCAD безпосередньо вплинуло і на якість навчальних досягнень учнів, що відобразилося на середньому балі за графічну частину проєкту. Так, у I семестрі середній бал складав 9 балів, у роботах простежувалися такі основні недоліки: неточність ліній, помилки в розмірних сітках, низька акуратність; у II семестрі цей показник, завдяки функціям цифрового редагування та автоматизації побудови геометричних примітивів, зріс до 10 балів, а графічні завдання ліцеїстів за якістю виконано максимально наближено до професійних стандартів.

Окремої уваги заслуговують якісні зміни у структурі успішності тої групи здобувачів освіти, які попередньо мали труднощі з практичною реалізацією виробів у майстерні через недостатній розвиток мануальних навичок. Робота у цифровому середовищі стала для них етапом успіху, в якій вони продемонстрували високий рівень володіння цифровими інструментами та виконати теоретичну частину проєкту на 10-12 балів. У підсумку це збалансувало загальний результат класу за проєкт «Шкільна лавка» та довело, що цифровізація технологічної освіти забезпечує рівні можливості для самореалізації учнів з різними типами здібностей - як конструкторських, так і суто мануальних (див. табл.. 4.1).

Таблиця 4.1.

Порівняльна характеристика результатів дослідження

Показник	I семестр (Ручне креслення)	II семестр (САПР AutoCAD)	Динаміка
Кількість поданих робіт (на вищий бал)	5 (26%)	9 (47%)	+ 81%
Середній бал класу за проєкт	9,0	10,0	+ 1,0
Максимально отриманий бал за проєкт	11	12	+ 1,0

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Проведене педагогічне дослідження підтверджує ефективність обраного підходу. Аналізуючи результати моніторингу впровадження цифрових інструментів в процес вивчення предмету «Технології» учнями 9-их класів Скалатського ліцею, розглянемо позитивні висновки:

Ріст проектної активності виникло внаслідок впровадження САПР AutoCAD, що майже вдвічі збільшило кількість учнів (з 26% - у I семестрі до 47% - у II), які самостійно та добровільно виконали графічну частину завдання, адже цифрова форма роботи значно знижує «порог входу» у складних технологічних процесах на відміну від традиційного ручного креслення;

Підвищення якості результатів навчальних проєктів, виконаних з використанням комп'ютерних технологій, підвищило середній результат класу за теоретичну частину (з 9 до 10 балів), бо автоматична побудова геометричних елементів усуває типові недоліки, які найбільш характерні учнівським роботами, тож більша кількість робіт оцінено на 11-12 балів;

Соціально - педагогічний аспект цифровізації особливо ефективно вплинув на роботу школярів із низькими мануальними навичками (практичною роботою в майстерні), цифрові креслення збалансовували їх підсумкову оцінку за проєкт.

Отже, розроблена методика є доречною, а результати проведеного дослідження підтверджують доцільність обраного методу цифровізації технологічної освіти у 2026 році та переводить його з додаткового навантаження у необхідний адаптивний інструмент, що дозволяє вивести предмет «Технології» на сучасний, інклюзивний та стійкий до кризових умов воєнного стану рівень.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У магістерській роботі теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено модель адаптивного середовища та методику цифровізації графічної підготовки учнів 5-9 класів у технологічній освіті. Підсумовані результати дослідження дозволяють зробити такі висновки відповідно до поставлених завдань.

Проаналізовано нормативно-правову базу стандартів НУШ та програми попереднього покоління на основі Державних стандартів 2020 і 2011 років засвідчує легітимність введення цифрових підходів в графічну підготовку та її оцінювання на основі діючих норм та академічної свободи педагогів.

Обґрунтовано структуру адаптивного цифрового середовища, що комбінує використання приміщень майстерні, комп'ютерного класу інформатики, укриттів та власних гаджетів вчителя та учнів в єдиний навчальний простір. Завдяки поєднанню пристроїв та мультиплатформних хмарних технологій забезпечується адаптивність та безперервність навчального процесу в умовах повітряних тривог та дистанційного навчання.

Розроблено та застосовано на практиці методику цифровізації графічної підготовки для очної та індивідуальної форм навчання в рамках проєктів «Шкільна лавка» та « Підставка під гаряче». Ця методика передбачає поетапну інтеграцію III-генерації для візуалізації задумів, 3Д-моделювання для пошуку об'ємно-просторової форми та програми САПР для виконання комплексних креслень виробу.

Результати проведеного експерименту на базі Скалатського ліцею довели правильність наукової гіпотези. Використання цифрових підходів в проєктуванні зменшує стрес від помилок, сприяє розвитку просторової уяви та якості виконаних завдань, завдяки можливості легкого редагування збільшує інтерес до предмету в порівнянні із традиційним підходом.

Підсумовуючи результати всього дослідження, можна стверджувати, що розроблена та експериментально перевірена методика є ефективним рішенням для вирішення сучасних недоліків традиційного підходу в умовах воєнного стану. Запропоноване адаптивне цифрове середовище дозволяє не тільки вирішити технічні бар'єри, а й стимулює самостійність та творчість учнів в проєктуванні. Це створює абсолютно нові можливості для проведення цифровізації графічної підготовки, роблячи процес стійким до зовнішніх умов та орієнтованим на розвиток сучасних цифрових компетентностей учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Нова українська школа** : інформаційний ресурс / Міністерство освіти і науки України : офіційний вебсайт. — URL: <https://mon.gov.ua/nova-ukrainska-shkola> (дата звернення: 29.03.2026).
2. Державний стандарт базової середньої освіти : постанова Кабінету Міністрів України від 30 верес. 2020 р. № 898. URL: <https://nushub.org.ua/wp-content/uploads/2022/05/derzhavnyj-standart-bazovoyi-osvity-yuliya-romanenko.pdf> (дата звернення: 23.03.2026).
3. **Про затвердження Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти** : Постанова Кабінету Міністрів України від 23 листоп. 2011 р. № 1392 (у редакції від 19.02.2021). - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#Text> (дата звернення: 28.03.2026).
4. **Академічна свобода вчителя: що це означає на практиці** : інформаційний портал «D-Grand». — URL: <https://d-grand.com/inforaciiny-portal/akademichna-svoboda-vchitelia> (дата звернення: 29.03.2026).
5. **Модельні та власні навчальні програми: коротко про головне** : освітній портал «На Урок». — URL: <https://naurok.com.ua/post/modelni-ta-vlasni-navchalni-programi-kоротко-pro-golovne> (дата звернення: 29.03.2026).
6. **Календарно-тематичне планування** : персональний сайт вчителя «Віртуальна учительська». — URL: <https://sites.google.com/site/virtualnaucitelskahonkovetska/%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B5->

- [%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F](#) (дата звернення: 29.03.2026).
7. **Трудове навчання. 5-9 класи** : навчальна програма для закладів загальної середньої освіти (у редакції 2017 р.). - Міністерство освіти і науки України : офіційний вебсайт. - URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-6-9-klasiv> (дата звернення: 28.03.2026).
 8. **Технологічна освітня галузь: путівник з оцінювання -2025**. Міністерство освіти і науки України : офіційний сайт. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nush/teo-ociniuvannia-2025-putivnik.pdf> (дата звернення: 18.03.2026).
 9. **Технології. 5-6 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Кільдеров В. В., Мачача Т. С., Юрженко В. В. [та ін.]. - 2021. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Mo-del.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/TehnoI.osv.gal/Tekhnol.5-6-kl.Kilderov.ta.in.14.07.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
 10. **Основна проблема шкіл України — матеріально-технічне забезпечення** : (за матеріалами проєкту «Рівний доступ до якісної освіти в Україні») / Освіта.UA : інформаційний ресурс. — URL: <https://osvita.ua/school/method/2707/> (дата звернення: 29.03.2026).
 11. **Коротков Д.** Цифрова трансформація середньої освіти в умовах війни: актуальність для України. 2023. С. 78-89. - URL: https://emd.naps.gov.ua/index.php/Educ_Mod_discourse/article/view/121 (дата звернення: 29.03.2026).
 12. **Технології. 7-9 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Ходзицька І. Ю., Боринець Н. І., Даниліна Е. М. [та ін.]. - 2023. - URL: [https://mon.gov.ua/static-](https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nush/teo-ociniuvannia-2025-putivnik.pdf)

- [objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Tekhnolohichna.osvitnya.haluz.2023/16.08.2023/Tekhnolohiyi.7-9%20klas.Khodzytska.ta.in.16.08.2023.pdf](https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Tekhnolohichna.osvitnya.haluz.2023/16.08.2023/Tekhnolohiyi.7-9%20klas.Khodzytska.ta.in.16.08.2023.pdf) (дата звернення: 28.03.2026).
13. **Технології. 5-6 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Ходзицька І. Ю., Боринець Н. І., Даниліна Е. М. [та ін.]. - 2021. - 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/Tehnot.osv.gal/Tekhnol.5-6-klas.Khodzytska.ta.in.14.07.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
14. **Технології. 5-6 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Терещук А. І., Абрамова О. В., Гащак В. М., Павич Н. М. - 2021. - 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/Tehnot.osv.gal/Tekhnol.5-6-kl.Tereshchuk.ta.in.14.07.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
15. **Технології. 7-9 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Терещук А. І., Абрамова О. В., Гащак В. М. [та ін.]. - 2024. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2024/Model.navch.prohr.5-9.klas-2024/10.09.2024/tekhnolohiyi-7-9-kl-tereshchuk-ta-in-10092024.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
16. **Технології. 7-9 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт. Мачача Т. С. - 2023. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Tekhnolohichna.osvitnya.haluz.2023/Tekhnolohiyi.7-9.kl.Machacha.14.08.2023.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).

17. **Технології. 5-6 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт. Туташинський В. І. - 2021. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetar.z.2022/Tehnot.osv.gal/Tekhnol.5-6-kl.Tutashinskiy.14.07.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
18. **Технології. 7-9 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт. Туташинський В. І. - 2023. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Tekhnolohichna.osvitnya.haluz.2023/Tekhnolohiyi.7-9.kl.Tutashynskyy.26.07.2023.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
19. **Технології. 7-9 класи** : модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / авт.: Гащак В. М., Абрамова О. В., Кулеба В. М. [та ін.]. - 2023. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Tekhnolohichna.osvitnya.haluz.2023/Tekhnolohiyi.7-9.kl.Hashchak.29.12.2023.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).
20. **Професійна діяльність учителів, які навчають учнів 7 класу базової школи** в умовах реалізації Державного стандарту базової середньої освіти відповідно до Концепції «Нова українська школа» : спецкурс підвищення кваліфікації (очна форма) : сертифікат № ТЕ 06 - 135 / Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти. — Тернопіль, 2024. — 30 год. (05.11.2024).
21. **Професійна діяльність учителів, які навчають учнів 8 класу базової школи** в умовах реалізації Державного стандарту базової середньої освіти відповідно до Концепції «Нова українська школа» : спецкурс підвищення кваліфікації (очна форма) : сертифікат № ТЕ 06 - 008 / Тернопільський

- обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти. — Тернопіль, 2025. — 22 год. (28.08.2025).
22. **Розвиток повноцінних компетентностей учителів трудового навчання, технологій та креслення** : курс підвищення кваліфікації : сертифікат № СС 02139788/007496-25 (реєстр. № 7496) / Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти. — Тернопіль, 2025. — 30 год. (16.10.2025).
23. **Чикалова М., Юхно Н. Особливості організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти в умовах воєнного стану** : інструктивно-методичні рекомендації / упоряд. Ю. Г. Кононенко та ін. Український освітній журнал. 2022. № 1. С. 101-112. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/673/746> (дата звернення: 29.03.2026).
24. **Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти** : інструктивно-методичні матеріали / Міністерство освіти і науки України. - 2025. - URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf> (дата звернення: 29.03.2026).
25. **3D Modeling in the Classroom: A Teacher's Complete Guide for 2025** [Electronic resource] / Womp Blog. — 2025. — URL: <https://www.womp.com/blogs/3d-modeling-in-the-classroom-a-teachers-complete-guide-for-2025> (дата звернення: 17.04.2026).
26. **Мелентьєв О. Б. Методика впровадження систем автоматизованого проектування у навчальний процес** : навчальний посібник. - Умань : АЛМІ, 2018. - 155 с. - URL: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/6789/10297/1/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82.pdf> (дата звернення: 29.04.2026).

27. **Цифрова трансформація навчання у сучасному світі** : вебсайт. - URL: <https://welfare.green/cifrova-transformaciya-navchannya-u-suchasnomu-sviti/>
(дата звернення: 29.04.2026).
28. **Твердохліб І. А., Деркач Т. М.** Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в школах України та світу. Проблеми сучасного підручника. 2023. С. 296-298. - URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739268/1/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D1%85%D0%BB%D1%96%D0%B1_%D0%94%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%87%20PSP%202023.pdf (дата звернення: 29.04.2026).
29. **Integrating Generative Artificial Intelligence into STEM Education: Opportunities and Pedagogical Challenges in K-12** / S. P. Chien, H. K. Wu, C. Y. Lin et al. // International Journal of STEM Education. — 2025. — Vol. 12, no. 1. — Art. 125. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s43031-025-00125-z> (дата звернення: 17.05.2026).