

doi: 10.33842/22195203-2026-36-137-205-214

УДК 378.147:37.011.3-051:004.9

ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ІНТЕГРАЦІЇ ОСНОВ 3D-ДРУКУ В ПІДГОТОВКУ ВЧИТЕЛІВ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

Євгеній Абросімов

<https://orcid.org/0000-0001-5331-2049>*Ізмаїльський державний гуманітарний університет*

У статті теоретично обґрунтовано й систематизовано педагогічні умови інтеграції основ 3D-друку в підготовку майбутніх учителів середньої школи та конкретизовано способи їх реалізації у змісті й організації освітніх компонентів. Узагальнення сучасних наукових підходів дало змогу виокремити компетентнісно орієнтований, практико-орієнтований, проектно-мейкерський, інтегративний та організаційно-ресурсний підходи до підготовки педагогів щодо впровадження 3D-друку. На цій основі обґрунтовано взаємопов'язані педагогічні умови: організаційну готовність і сервіс 3D-друку; культуру безпечної роботи; узгодження технологічної, предметної та методичної складових; міжпредметну координацію й партнерства. Для кожної умови окреслено сутність, механізми реалізації та приклади втілення у вибіркових освітніх компонентах. Зроблено висновок, що сукупність визначених педагогічних умов забезпечує цілісне формування інженерно-технологічних компетентностей майбутніх учителів середньої школи.

Ключові слова: 3D-друк; 3D-моделювання; професійна підготовка вчителя; майбутні вчителі середньої школи; цифровізація освіти; STEM-освіта; освітні проекти; інженерно-технологічні компетентності.

Abrosimov Yevhenii. Pedagogical conditions for integrating the fundamentals of 3D printing into the training of secondary school teachers.

The article provides a theoretical substantiation and systematisation of the pedagogical conditions for integrating the fundamentals of 3D printing into the professional training of future secondary school teachers and specifies practical ways of implementing these conditions in the content and organisation of educational components, using the case of Izmail State University of Humanities. The study clarifies the meaning of key concepts related to the integration of 3D printing into teacher education. The generalisation of contemporary scholarly approaches made it possible to identify competence-oriented, practice-oriented, project-based and maker-oriented, integrative, and organisational-resource approaches to preparing teachers for the implementation of 3D printing in the educational process. On this basis, four interrelated pedagogical conditions were substantiated: organisational readiness and 3D printing support services; a culture of safe work and responsibility; alignment of technological, subject-related, and methodological components of training; and interdisciplinary coordination and partnerships through joint modules and projects. For each condition, its essence, implementation mechanisms, and examples of implementation within elective educational components are outlined. It is concluded that the combination of these pedagogical conditions ensures the comprehensive development of engineering and technological competencies of future secondary school teachers. As a result, prospective teachers acquire readiness for the safe, methodologically sound, instructionally justified, and practically appropriate use of 3D printing in the educational process. The scientific novelty lies in the systematisation of approaches to preparing future teachers for the integration of 3D printing and in the substantiation of a complex of interrelated pedagogical conditions for such training. The practical significance lies in the possibility of applying the proposed conditions and implementation mechanisms in the development of educational components and instructional support for teacher training.

Keywords: 3D printing; 3D modeling; professional teacher training; future secondary school teachers; digitalisation in education; STEM education; educational projects; engineering and technological competencies.

Постановка завдання. Цифровізація освіти, посилення STEM-орієнтації середньої загальноосвітньої школи та зростання ролі проектної, практико-орієнтованої діяльності актуалізують потребу в учителів, здатному використовувати 3D-друк як інструмент освітньої візуалізації, прототипування й створення дидактичних об'єктів. Водночас у підготовці майбутніх учителів зберігаються суперечності між потенціалом 3D-технологій і реальними умовами їх впровадження. Зокрема це обмеженість обладнання та матеріалів, дефіцит часу в навчальних планах, нерівномірний рівень

цифрово-технологічної підготовки здобувачів, потреба в системних правилах безпеки та обслуговування обладнання, а також нестача методичних рішень щодо інтеграції 3D-друку в різні предмети й міжпредметні модулі. Всі перелічені чинники зумовлюють необхідність теоретично обґрунтувати й систематизувати педагогічні умови інтеграції основ 3D-друку в професійну підготовку вчителів середньої школи та окреслити практичні способи реалізації цих умов у змісті й організації освітніх компонентів на прикладі Ізмаїльського державного гуманітарного університету.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Сучасні публікації розглядають інтеграцію 3D-моделювання і 3D-друку в підготовку педагогів у ширшому контексті цифрової трансформації освіти та оновлення педагогічних технологій. Зокрема, акцент робиться на потребі перегляду змісту, методів і технологій професійної підготовки, щоб майбутні педагоги опанували практики, релевантні цифровому освітньому середовищу (Брюховецька, Захарова, Силенко, 2025). Паралельно підкреслюється роль відкритого освітньо-наукового простору ЗВО, студентоцентрованості та тьюторського супроводу як умов побудови індивідуальних траєкторій у змішаному навчанні, що прямо корелює з логікою опанування складних технологічних умінь, зокрема цифрового виробництва (Самойленко, Міршук, Силенко, 2023).

У міжнародних дослідженнях 3D-моделювання і 3D-друк найчастіше розглядаються як складники STEAM та maker-орієнтованого навчання, що потребують спеціально організованої підготовки вчителя. Систематичний огляд щодо інтеграції 3D-моделювання та друку у педагогічній освіті узагальнює, що така інтеграція підсилює залученість і практичні вміння майбутніх педагогів. Однак стабільно фіксує бар'єри ресурсів, часу та складність упровадження у школі, а також потребу поєднання технологічного, педагогічного й предметного компонентів підготовки (Tejera, Galiç, Lavicza, 2025). На емпіричному дослідженні показано позитивні установки та відчуття компетентності у здобувачів після проходження курсу 3D-моделювання і 3D-друку, разом із висновком про дефіцит такої підготовки у типових програмах підготовки вчителів (Üçgül, Altıok, 2023).

Окремий блок робіт деталізує, які саме педагогічні потреби виникають у процесі реального використання 3D-технологій учителями. Дослідження вказує, що уявлення вчителів про 3D-друк та моделювання загалом змінюються з набуттям досвіду, а на старті критично потрібні постійна технічна підтримка та супровід, без яких потенціал технології для творчості й навчальних результатів реалізується неповно (Anđić, Maričić, Weinhandl et al., 2024). Порівняльне дослідження вчителів у різних країнах також фіксує інтерес до 3D, але виносить у фокус обмеження програмного забезпечення, часу, підготовки й фінансів, що переводить проблему в площину організації педагогічних умов і доступності ресурсів (Ulbrich, Da Cruz, Anđić et al., 2024). На матеріалі проектних документувань показано, що інтеграція 3D у підготовку вчителів підтримує розвиток навичок

XXI ст., а відмінності за гендерною ознакою мінімальні, що важливо для обґрунтування інклюзивних організаційних рішень у курсах і практиках (Ulbrich, Tejera, Schmid et al., 2025).

Ряд публікацій конкретизує ефективні формати навчання, що прямо підводять до формулювання педагогічних умов інтеграції 3D-друку. Описано, як учителі проєктують уроки з 3D-моделями, які цілі обирають і які стратегії підтримки застосовують у 3D-орієнтованому навчанні, що підкреслює значущість методичного конструювання занять і завдань, а не тільки технічного навчання (Chen, Cao, Zhang, 2023). У межах PBL-активності показано продуктивність циклу «спроєктувати, надрукувати, перевірити, переробити» у груповій роботі й те, що такий формат підсилює математичну компетентність та просторове мислення, створюючи аргументи на користь практико-орієнтованих модулів у підготовці майбутніх учителів (Nolla, Ibricu, Benito, 2024). Подібні висновки отримані і для професійно спрямованої підготовки, де практика 3D у прототипуванні підсилює готовність викладати технології, релевантні індустріальним контекстам, а ключовим механізмом виступає досвід повного циклу виконання завдання з рефлексією труднощів (Setiyawan, Soeharto, Maričić, Lavicza, 2025).

Українські джерела, переважно фіксують підґрунтя для шкільного впровадження 3D-технологій та вимоги до підготовки вчителя. Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в ЗЗСО на основі порівняння програм і опитування вчителів показує, що тема «3D-моделювання» стабільно присутня в курсі інформатики, а відмінності стосуються акцентів (3D-друк, AR, голографічні технології), що створює практичний запит на підготовку вчителя, здатного працювати з різними траєкторіями змісту та обладнанням (Деркач, Твердохліб, 2024). У руслі STEM-освіти обґрунтовується підготовка майбутніх учителів до впровадження 3D-моделювання через проєктно-орієнтовані завдання та добір доступних інструментів, що підсилює аргумент про необхідність навчальних модулів із чітко визначеними результатами і практичними кейсами (Дрокіна, 2025). На матеріалі використання 3D і AR-візуалізації підкреслюється педагогічний потенціал тривимірного контенту для мотивації, просторового й критичного мислення. Водночас окреслюються обмеження, що важливо враховувати при визначенні вимог до методичної підготовки (Крива, Мицишин, Калагурка, 2025). Для ширшого підґрунтя підготовки вчителя до STEM у гімназії подані методичні рекомендації з акцентом на розвиток компетентностей та

організацію STEM-модулів, що задає нормативно-методичні орієнтири для інтеграції 3D - друку як одного з інструментів (Левченко, Рогоза, 2025).

Суміжні публікації доповнюють картину через опис умов технологічно насиченої підготовки та проектного мислення. Зокрема, показано, що цифрові інструменти можуть підтримувати різні етапи проектної діяльності, включно з аналітичним і рефлексивно-оцінювальним, а це підсилює аргументацію на користь таких умов, як проектні формати, етичні обмеження та оцінювання за критеріями (Колесова, Силенко, Іванова, 2025). Водночас ці роботи не розкривають специфіки саме 3D - друку як технології з власним циклом, що актуалізує потребу у фокусованому обґрунтуванні педагогічних умов інтеграції 3D-друку в підготовку вчителів середньої школи.

Отже, наявні дослідження узгоджено вказують на потенціал 3D - моделювання і 3D - друку для STEAM, проектного, maker-навчання, і одночасно підкреслюють типові недоліки (ресурси, час, підготовка, технічна підтримка, шкільна інтеграція). Це логічно підводить до необхідності: 1) чітко визначити педагогічні умови інтеграції основ 3D - друку; 2) описати механізми їх реалізації у змісті й організації освітніх компонентів; 3) конкретизувати практичні приклади навчальних проектів повного циклу та підходи до оцінювання результатів у професійній підготовці вчителів середньої школи.

Формулювання цілей статті. Мета – теоретично обґрунтувати й систематизувати педагогічні умови інтеграції основ 3D-друку в професійну підготовку вчителів середньої школи та показати практичні способи реалізації цих умов у змісті й організації освітніх компонентів, спрямованих на опанування 3D-моделювання, підготовки моделей до друку, безпечної роботи з обладнанням і створення навчальних виробів (на прикладі Ізмаїльського державного гуманітарного університету). Цілі дослідження: 1) уточнити понятійно-категоріальні дефініції дослідження: «основи 3D - друку в підготовці вчителя середньої школи», «здатність майбутнього вчителя використовувати 3D - друк у навчанні», «педагогічні умови інтеграції» (у контексті професійної підготовки); 2) проаналізувати й узагальнити сучасні наукові підходи до підготовки педагогів щодо впровадження 3D-друку в освітній процес; 3) обґрунтувати низку педагогічних умов інтеграції 3D-друку, розкрити зміст кожної умови та механізми її реалізації в освітньому процесі; 4) конкретизувати приклади реалізації педагогічних умов у межах освітніх тем і модулів,

зокрема через освітні проекти для уроків і міжпредметних модулів у середній школі; 5) сформулювати підсумкові висновки про те, як сукупність визначених педагогічних умов забезпечує формування інженерно-технологічних компетентностей майбутніх учителів середньої школи. Методологічними основами дослідження є такі підходи: *компетентнісний* (орієнтація на результат підготовки у вигляді інженерно-технологічних компетентностей і здатності застосовувати 3D - друк у навчанні); *діяльнісний* (формування здатності через виконання освітніх проектів і виготовлення навчальних виробів повного циклу: від ідеї до надрукованого об'єкта); *системний* (узгодження змісту модулів, завдань, матеріально-технічних ресурсів, вимог безпеки, оцінювання й очікуваних результатів); *студентоцентроване навчання* (індивідуальні траєкторії опанування інструментів, підтримка, рефлексія); *міжпредметний і контекстний* підхід у логіці шкільної практики (прив'язка 3D - друку до навчальних тем і міжпредметних модулів середньої школи); підхід *технологічної та етико-безпекової відповідальності* (як основа для безпечної роботи з обладнанням, відповідального використання цифрових моделей і матеріалів). Методи дослідження: *теоретичний аналіз і синтез* наукових та навчально-методичних джерел щодо впровадження 3D - друку в підготовку педагогів; *термінологічний і поняттєво-структурний аналіз* ключових категорій; *узагальнення, систематизація та класифікація* підходів і педагогічних умов інтеграції 3D - друку; *порівняльно-логічний аналіз* (зіставлення позицій авторів, співвіднесення умов із технічними, методичними, безпековими й організаційними вимогами); *аналіз* освітніх і навчально-методичних матеріалів освітніх компонентів Ізмаїльського державного гуманітарного університету як підстава для прикладів реалізації; *педагогічне моделювання* (опис механізмів реалізації кожної умови в структурі модулів і завдань); кейс-аналіз освітніх проектів для уроків і міжпредметних модулів середньої школи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо ключові дефініції дослідження. Так, поняття «основи 3D-друку в підготовці вчителя середньої школи» доцільно трактувати як структурований зміст підготовки, що забезпечує майбутньому вчителю базову технологічну грамотність і практичні вміння повного циклу виготовлення навчального об'єкта: від задуму й 3D-моделі до підготовки файлу до друку, безпосередньо друку, постоброблення, контролю якості та безпечної експлуатації обладнання в освітніх умовах.

Така інтерпретація узгоджується з підходами, де акцент робиться на поєднанні моделювання, друку та практико-орієнтованого навчання у програмах підготовки педагогів, а також на типових викликах упровадження (ресурси, час, підготовка, інтеграція в навчальний процес) (Tejera, Galić, Lavicza, 2025; Üçgül, Altıok, 2023; Ulbrich, Da Cruz, Anđić et al., 2024). Для українського контексту цей підхід також пов'язується з опануванням 3D-моделювання і практик створення навчальних виробів як інструмента STEM-орієнтованого навчання (Дрокіна, 2025; Маринченко, Васенко, 2022).

Поняття «здатність майбутнього вчителя використовувати 3D-друк у навчанні» визначаємо як інтегровану професійно-педагогічну здатність проектувати, організувати й оцінювати навчальні результати з використанням 3D-моделювання та 3D-друку, добираючи їх відповідно до цілей уроку або міжпредметного модуля, вікових особливостей учнів і ресурсних обмежень закладу. Змістово вона охоплює: а) технологічний компонент (володіння інструментами моделювання й друку); б) методичний компонент (створення навчальних завдань і дидактичних об'єктів, організація проектної і групової роботи); в) безпеково-етичний компонент (безпечна робота, відповідальне використання матеріалів та обладнання); г) рефлексивно-оцінювальний компонент (оцінювання результату і процесу, аналіз труднощів, удосконалення практик).

Таке бачення корелює з дослідженнями про «учителя-мейкера» та конструювання уроків із 3D-технологіями, а також із даними про позитивні зміни в готовності майбутніх учителів після спеціально організованих курсів і практик (Chen, Cao, Zhang, 2023; Üçgül, Altıok, 2023; Nolla, Ibircu, Benito, 2024; Дрокіна, 2025). Додатково підкреслюється потреба в тривалішій підтримці на старті впровадження та розвиток уявлень учителів про педагогічні можливості й обмеження 3D-друку з досвідом використання (Anđić, Maričić, Weinhandl et al., 2024).

У контексті професійної підготовки педагогічні умови інтеграції ми трактуємо як сукупність організаційних, дидактичних, методичних, ресурсних і безпекових передумов, які роблять інтеграцію основ 3D-друку системною, керованою та результативною, а не епізодичною.

До таких умов належать: наявність навчальних модулів із чіткими результатами й критеріями; практико-орієнтований формат із достатнім часом на проектний цикл; доступ до ПЗ і обладнання та регламенти роботи; методичний супровід викладача і технічна підтримка; узгодження з освітніми потребами школи та

міжпредметною інтеграцією; забезпечення безпеки та відповідальної експлуатації (Tejera, Galić, Lavicza, 2025; Ulbrich, Da Cruz, Anđić et al., 2024; Chen, Cao, Zhang, 2023). Для українських реалій вагомими є також умови, пов'язані з упровадженням 3D-технологій у STEM-орієнтовані практики та наявністю змістових ліній 3D-моделювання і основ 3D-друку в шкільних програмах, що створює запит на відповідну підготовку вчителя (Деркач, Твердохліб, 2024; Дрокіна, 2025; Левченко, Рогоза та ін., 2025).

Уточнення дефініції задає спільну термінологічну основу для подальшого аналізу. Розглянемо сучасні публікації, які описують підготовку педагогів до впровадження 3D-друку. Так, у наявних джерелах простежуються кілька взаємодоповнювальних підходів до підготовки педагогів щодо 3D-друку.

Перший підхід можна визначити як *компетентнісно-орієнтований*. За цим підходом 3D-друк розглядають як інструмент формування інженерно-технологічної, цифрової та STEM-компетентностей, а підготовку педагога вибудовують через чітко задані результати навчання і вимірювані показники готовності. У цьому ключі підкреслюється необхідність цілеспрямованого формування не тільки технічних умінь, а й здатності організувати освітні активності, які розвивають просторове мислення, комунікацію, командну роботу та презентацію результатів (Дрокіна, 2025; Ulbrich, Tejera, Schmid et al., 2025; Nolla, Ibircu, Benito, 2024).

Другий підхід є *практико-орієнтованим*, або *навчанням через цикл виготовлення*. Згідно з цим підходом, ефективною вважається підготовка, де майбутні вчителі проходять повний цикл від задуму до надрукованого виробу з можливостями «спроєктував, надрукував, перевірів, удосконалив». Саме цей формат дає підстави говорити про зростання впевненості й готовності до інтеграції 3D-друку, але водночас виявляє типові обмеження – дефіцит часу, ресурсів, складність ресурсів (матеріалів) й потребу в підтримці на старті (Üçgül, Altıok, 2023; Tejera, Galić, Lavicza, 2025; Anđić, Maričić, Weinhandl et al., 2024).

Третій підхід пов'язаний із проектним і мейкерським навчанням, де 3D-друк виступає засобом конструювання навчальних ситуацій і навчальних матеріалів під конкретні предмети й теми. У такому підході фокус зміщується на методичне проектування уроку: вибір дидактичної мети, способів організації діяльності учнів, ролей учителя, критеріїв оцінювання процесу і продукту, а також на розвиток творчості й залученості. Показово, що вчителі по-

різному вбудовують 3D-моделі в уроки і ставлять різні навчальні результати, тому якість інтеграції значною мірою залежить від методичного супроводу і наявності зрозумілих шаблонів роботи (Chen, Cao, Zhang, 2023; Nolla, Ibiricu, Benito, 2024).

Четвертий підхід можна описати як інтегративний. Відповідно до цього підходу, підготовка має поєднувати технологічний, педагогічний і предметний компоненти, а не зводитись до окремого «технічного» навчання роботи з принтером. У систематичному огляді підкреслюється, що стійка інтеграція 3D-моделювання і 3D-друку потребує балансу цих компонентів і практичної спрямованості, інакше виникає розрив між курсом у ЗВО та реальним упровадженням у школі (Tejega, Galic, Lavicza, 2025).

П'ятий підхід стосується організаційно-ресурсного забезпечення і підтримки. Так, у джерелах повторюються аргументи про необхідність доступу до обладнання й програм, часу на виготовлення, фінансових ресурсів, а також постійної технічної та методичної підтримки, особливо на початковому етапі. Цей блок прямо обґрунтовує введення педагогічних умов як спектру передумов, без яких інтеграція лишається фрагментарною (Ulbrich, Da Cruz, Anđić et al., 2024; Anđić, Maričić, Weinhandl et al., 2024).

Узагальнення підходів показує, що у фокусі сучасних праць одночасно перебувають результативність підготовки через компетентності, практичний цикл виготовлення, методичне проектування уроків і навчальних проектів, інтеграція технологічного, педагогічного й предметного компонентів, а також ресурсно-організаційні передумови. Саме така сукупність акцентів логічно підводить до обґрунтування педагогічних умов інтеграції 3D-друку, що уможливить розкриття механізмів їх реалізації у змісті й організації освітніх компонентів.

І педагогічною умовою є організаційна готовність і сервіс 3D-друку в професійній підготовці майбутнього вчителя. Це зумовлює наявність і доступність обладнання та робочих місць, ліцензійного або вільного ПЗ для 3D-моделювання, витратних матеріалів, чітких регламентів доступу та безпеки, а також постійної технічної підтримки. Сутність педагогічної умови у тому, що 3D-друк вбудовується в підготовку не як разовий епізод, а як стабільно керований процес для виконання навчальних завдань «від 3D-моделі до надрукованого навчального об'єкта» з передбачуваними умовами якості, часу й безпеки.

Практична реалізація цієї умови простежується на прикладі Ізмаїльського

державного гуманітарного університету в межах вибіркового освітніх компонентів, зміст яких забезпечує не тільки опанування технології 3D-друку, а й її впорядковане, доступне та педагогічно доцільне використання в освітньому процесі. У центрі цієї умови перебуває саме сервісна організація роботи: координація дій, технічний супровід, доступ до обладнання, цифрова підтримка й методичне впорядкування всіх етапів роботи.

Зокрема, у межах ДВВ «Основи 3D друку: практичний курс» реалізовано модель сервісного супроводу роботи з обладнанням. Вона охоплює порядок бронювання часу роботи з принтером, використання стандартних профілів слайсінгу для типових матеріалів, облік витратних матеріалів, планове технічне обслуговування обладнання, а також оперативну консультативну підтримку викладача або лаборанта під час підготовки моделей і виконання друку. Така організація забезпечує впорядкованість роботи, зменшує кількість технічних ускладнень і створює для студентів зрозуміле середовище опанування технології.

У межах ДВВ «Практикум із програмування та підтримка вебзастосувань» цю умову реалізовано через розроблення студентами мінімального вебсервісу супроводу 3D-друку. Його структура охоплює подання заявки на друк, завантаження STL-файлів, фіксацію основних параметрів, формування черги замовлень, відображення статусів виконання, а також накопичення типових технічних помилок і способів їх усунення. У результаті організаційні процедури стають прозорішими, скорочуються часові витрати на координацію, а сам процес використання 3D-друку набуває більш упорядкованого характеру.

У межах ДВВ «Мультимедіа технології і основи Web-дизайну» цю умову реалізовано через створення мультимедійних інструктивних матеріалів для супроводу 3D-друку. Йдеться про короткі навчальні відео з підготовки моделей, інфографіку з типовими технічними помилками друку, а також інтерактивні підказки для початкового етапу роботи. Такі матеріали полегшують входження студентів у практику використання технології, підвищують самостійність у виконанні базових операцій і забезпечують постійну навчальну підтримку на різних етапах роботи.

Отже, практична реалізація першої педагогічної умови в Ізмаїльському державному гуманітарному університеті засвідчує, що сервісно впорядкована організація роботи з 3D-друком, підкріплена цифровими й мультимедійними засобами супроводу, створює реальні передумови для його доступного,

системного й педагогічно доцільного використання у підготовці майбутніх учителів.

II педагогічною умовою виділяємо *культуру безпечної роботи та відповідальності*. Сутність цієї умови полягає в тому, що 3D-друк у професійній підготовці майбутнього вчителя організовується як керована практика з чіткими правилами, ролями та контролем ризиків. Безпека тут виступає не додатком до технічного модуля, а обов'язковою складовою педагогічної готовності майбутнього вчителя застосовувати технологію в умовах шкільного класу, де відповідальність охоплює учнів, обладнання, навчальне середовище і результат (навчальний виріб та його використання).

Підтвердження у наукових розвідках формулюється через акцент на складності впровадження, потребі в системній підготовці й постійній підтримці вчителів на початковому етапі використання 3D-моделювання і 3D-друку в освіті. Ці висновки логічно передбачають наявність безпекових регламентів, контрольованих процедур і профілактики ризиків як частини такої підтримки (Anđić, Maričić, Weinhandl et al., 2024).

Практична реалізація цієї умови простежується на прикладі Ізмаїльського державного гуманітарного університету в межах вибіркових освітніх компонентів, у яких підготовка до використання 3D-друку поєднується з формуванням стійких уявлень про безпечну організацію роботи, прогнозування ризиків, дотримання встановлених правил і відповідальне ставлення до матеріалів, обладнання та навчального середовища.

Зокрема, у межах ДВВ «Основи 3D друку: практичний курс» цю умову реалізовано через запровадження паспорта безпечної роботи. Він охоплює обов'язковий первинний інструктаж і допуск до роботи, правила організації робочого місця, перелік типових ризиків і способів їх попередження, алгоритм дій у разі інцидентів, а також вимоги до зберігання матеріалів і прибирання робочої зони. Окрему увагу приділено екологічному складнику, зокрема ощадному використанню матеріалів, мінімізації відходів, сортуванню залишків і обґрунтованому добору матеріалу відповідно до дидактичної мети. Така організація дає змогу від самого початку закріпити у студентів навички безпечної та відповідальної роботи з технологією.

У межах ДВВ «Мультимедіа технології і основи Web-дизайну» цю умову реалізовано через розроблення наочних матеріалів для профілактики ризиків. Студенти створюють інфографіку з правилами безпечної поведінки в майстерні, короткі відеонагадування, піктограми для маркування робочих зон і контейнерів із

матеріалами, а також макети інструкцій до навчальних виробів з окремим розділом про безпечне використання на уроці. Такі засоби візуалізації роблять правила більш зрозумілими, придатними до швидкого сприйняття та зручними для практичного застосування.

У межах ДВВ «Практикум з програмування та підтримка вебзастосувань» практична реалізація цієї умови здійснюється через цифровий журнал безпеки. Його функціонал охоплює облік допусків до роботи, короткі тестові перевірки знань правил, фіксацію інцидентів і причин їх виникнення, базу типових ризиків і способів їх попередження, а також сповіщення про планові перевірки обладнання й заміну витратних матеріалів. Такий інструмент посилює контроль за дотриманням регламентів, підвищує відповідальність студентів і підтримує системність у безпечній організації роботи.

Результативність реалізації цієї педагогічної умови виявляється в тому, що студент демонструє здатність планувати й здійснювати 3D-друк як складник освітньої діяльності без порушення встановлених правил, із прогнозуванням можливих ризиків, дотриманням регламентів роботи та відповідальним ставленням до використання матеріалів і поводження з відходами.

III педагогічною умовою виділяємо *узгодження технологічної, предметної та методичної складових підготовки*. Сутність цієї умови полягає в тому, що 3D-друк не подається як «окрема технічна навичка», а вбудовується в логіку навчання. Майбутній учитель має вміти обґрунтувати, чому саме 3D-модель і надрукований об'єкт у конкретній темі створюють дидактичну перевагу (наочність, моделювання, дослідження, конструювання, перевірка гіпотез), які методи доцільні (проектне, дослідницьке, проблемне навчання, робота в групах), і який продукт або результат мають отримати учні (навчальний виріб, пояснення, інструкція, презентація, оцінювання).

Так, у наукових розвідках описано, що ефективно впровадження 3D-моделювання і друку потребує інтеграції технологічних, педагогічних і предметних компонентів у підготовці вчителя, а також практико-орієнтованих форматів, де технологія пов'язується з навчальними цілями і результатами (Tejera, Galiç, Lavicza, 2025; Chen, Cao, Zhang, 2023; Nolla, Ibricu, Benito, 2024).

Практична реалізація цієї умови простежується на прикладі Ізмаїльського державного гуманітарного університету в межах вибіркових освітніх компонентів, у яких студенти навчаються співвідносити можливості 3D-друку зі змістом шкільних предметів і методикою їх викладання.

Зокрема, у межах ДВВ «Основи 3D друку: практичний курс» робота організована так, щоб кожен модуль був пов'язаний із конкретною темою середньої школи та педагогічною метою її вивчення. У центрі уваги перебуває не саме виготовлення моделі, а її навчальна функція. Студенти визначають, які поняття, процеси або явища доцільно пояснювати за допомогою 3D-об'єкта, які навчальні дії він дає змогу організувати та який результат має бути досягнутий на уроці. У такому форматі опрацьовуються, наприклад, геометричні тіла й перерізи, прості механізми, молекулярні моделі, макети місцевості, моделі деталей для демонстрації сил тертя. Це допомагає пов'язати технічну підготовку з реальними потребами шкільного навчання.

У межах ДВВ «Мультимедіа технології і основи Web-дизайну» практична реалізація цієї умови втілена у створенні педагогічних інструкцій до кожного надрукованого навчального об'єкта. Така розробка містить коротке пояснення мети використання моделі на уроці, сценарій активності, інструкцію для учнів, візуальні матеріали та рубрику оцінювання результату. У підсумку 3D-об'єкт розглядається не ізольовано, а в поєднанні з конкретною навчальною ситуацією, діями учнів і способами перевірки результативності.

У межах ДВВ «Практикум із програмування та підтримка вебзастосувань» реалізація уможливується через створення простого цифрового конструктора сценаріїв уроку. За його допомогою студент обирає предмет, тему, тип активності та рівень класу, після чого формує заготовку заняття з полями для навчальної мети, ролі 3D-об'єкта, інструкцій, критеріїв оцінювання та супровідних матеріалів. Такий інструмент допомагає узгодити технологічний, змістовий і методичний боки підготовки в межах єдиного педагогічного рішення.

Результативність реалізації цієї педагогічної умови виявляється в тому, що студент здатний обґрунтовано спроектувати урок або освітній модуль, у якому 3D-друк пов'язаний зі змістом теми, способами навчальної діяльності учнів і запланованими результатами навчання, а не використовується тільки як технічна демонстрація.

IV педагогічною умовою є міжпредметна координація й партнерства: спільні модулі та проекти, взаємодія зі школами, лабораторіями, майстернями. Сутність цієї умови полягає в тому, що 3D-друк, як освітня технологія, «працює» на стику змістів і практик. Тому результативність підготовки майбутнього вчителя зростає, коли він набуває досвіду координації: погоджує навчальні цілі різних

предметів, проектує спільний продукт, розподіляє ролі й відповідальність, узгоджує критерії оцінювання та організовує взаємодію із зовнішніми партнерами, які дають доступ до обладнання, експертизи й реальних задач. Саме такі зв'язки переводять 3D-друк із «кабінетної демонстрації» у стійку практику, яку можна відтворити в школі.

Так, у дослідженнях про інтеграцію 3D-моделювання і друку в STEAM підкреслюється потенціал технології для міжпредметних зв'язків і водночас потреба в підтримці вчителя через навчання, доступ до ресурсів і врахування контексту школи (Ulbrich, Da Cruz, Andić et al., 2024). Також звертається увага на зовнішні обмеження впровадження (час, фінанси, підготовка, програмне забезпечення), що прямо обґрунтовує потребу партнерств із лабораторіями та майстернями як способу забезпечення ресурсів і сталості практики (Tejera, Galic, Lavicza, 2025).

Практична реалізація цієї умови простежується на прикладі Ізмаїльського державного гуманітарного університету в межах вибіркового освітніх компонентів, зміст яких дає змогу організувати спільні модулі, командні проекти та партнерську взаємодію зі школами, лабораторіями й майстернями. Зокрема, у межах ДВВ «Основи 3D друку: практичний курс» цю умову реалізовано через міжпредметні проектні цикли. Кожен проект поєднує кілька взаємопов'язаних складників: предметний зміст певної шкільної теми, технологічне виконання 3D-моделі та методичне оформлення її використання в освітньому процесі. У результаті студенти працюють не тільки над створенням освітнього об'єкта, а й над його включенням у структуру уроку або тематичного модуля. Такий формат стимулює здатність бачити 3D-друк як спільний ресурс різних навчальних галузей.

У межах ДВВ «Мультимедіа технології і основи Web-дизайну» цю умову реалізовано через оформлення міжпредметних комплектів супровідних матеріалів. До них входять візуальні інструкції до надрукованих об'єктів, постери для класу, короткі відео з демонстрацією використання моделей на уроці, а також шаблони для учнівських звітів. Завдяки цьому забезпечується цілісне представлення проекту в різних предметних контекстах і підтримується єдине розуміння його навчальної мети та способів застосування.

У межах ДВВ «Практикум з програмування та підтримка вебзастосувань» практична реалізація цієї умови здійснюється через створення мінісервісу заявок і координації проектної роботи. За його допомогою фіксуються запити від школи або викладача, визначаються тема, клас, кількість необхідних об'єктів і терміни

виконання, а також відстежуються етапи роботи студентської команди, додаються файли, інструкції та збираються відгуки після апробації. Такий інструмент забезпечує узгодженість взаємодії між усіма учасниками та підтримує завершеність проєктного циклу.

Окремого значення в реалізації цієї педагогічної умови набувають партнерства зі школами, лабораторіями та майстернями. У межах такої співпраці організуються короткі цикли апробації, що охоплюють представлення прототипів учителям, узгодження сценаріїв використання, підготовку комплектів навчальних об'єктів, проведення фрагментів уроків або позаурочних занять, а також збір відгуків для подальшого вдосконалення моделей і супровідних матеріалів. Це дає змогу перевірити результативність створених продуктів у реальних умовах освітньої практики.

Результативність реалізації цієї педагогічної умови виявляється в тому, що студент здатний представити спільний модуль або проєкт, у якому чітко визначено внесок кількох дисциплін, роль партнерів, кінцевий продукт, способи його використання в освітньому процесі, а також узгоджені підходи до оцінювання й отримання зворотного зв'язку.

Отже, сукупність визначених педагогічних умов забезпечує цілісне формування інженерно-технологічних компетентностей майбутніх учителів середньої школи, оскільки охоплює організаційний, операційний, методичний і комунікативно-проєктний блоки професійної підготовки до використання 3D-друку в освітньому процесі. Під поняттям *інженерно-технологічних компетентностей майбутніх учителів середньої школи* ми розуміємо інтегровану здатність проєктувати, організувати й педагогічно доцільно використовувати 3D-друк у навчанні. Їх результатом є готовність майбутнього вчителя працювати з технологією не тільки на рівні технічного виконання, але й на рівні безпечного, змістовно обґрунтованого, методично виваженого та практично апробованого застосування в освітньому процесі.

Формування таких інженерно-технологічних компетентностей постає провідною метою цілісного освітнього процесу зазначених дисциплін, оскільки саме вони забезпечують готовність майбутнього вчителя до практичного використання сучасних технологій у навчанні.

Висновки. У ході дослідження конкретизовано зміст базових понять, пов'язаних із підготовкою майбутніх учителів до використання 3D-друку в освітньому процесі. Аналіз і систематизація сучасних наукових підходів дали підстави виокремити компетентісно спрямований, практико-орієнтований, проєктно-мейкерський, інтегративний та організаційно-ресурсний підходи до такої підготовки. Відповідно до цього обґрунтовано чотири взаємопов'язані педагогічні умови: забезпечення організаційної готовності та сервісу 3D-друку; формування культури безпечної роботи й відповідального використання технологій; узгодження технологічної, предметної та методичної складових підготовки; розвиток міжпредметної координації та партнерської взаємодії через спільні модулі й проєкти. Для кожної з визначених умов окреслено її зміст, способи реалізації та можливості впровадження на прикладі вибіркового освітніх компонентів. Узагальнення результатів дає підстави стверджувати, що саме сукупна дія цих умов забезпечує цілісну підготовку майбутніх учителів до застосування 3D-друку. Підсумком такої підготовки є сформована готовність педагога безпечно, методично обґрунтовано, змістовно, доречно, практично та результативно використовувати 3D-друк у навчанні у вигляді сформованої інженерно-технологічної компетентності. Наукова новизна полягає в тому, що систематизовано наукові підходи до підготовки майбутніх учителів щодо впровадження 3D-друку в освітньому процесі та на цій основі обґрунтовано комплекс взаємопов'язаних педагогічних умов, які забезпечують цілісність такої підготовки. Практичне значення дослідження полягає в тому, що запропоновані педагогічні умови, механізми їх реалізації та приклади впровадження можуть бути використані під час розроблення вибіркового освітніх компонентів, навчально-методичного забезпечення, міжпредметних модулів і практичних занять у системі підготовки майбутніх учителів середньої школи. Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з розробленням і перевіркою методики поетапного формування готовності майбутніх учителів до використання 3D-друку, а також із визначенням критеріїв, показників і рівнів її сформованості в умовах професійної підготовки.

Список використаних джерел

- Брюховецька І., Захарова Г., Силенко Ю. Роль педагогічних технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців в умовах цифрової трансформації освіти. *Проблеми освіти*. Київ, 2025. Вип. 2 (103). С. 332–350. DOI: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-103.2025.21>
- Деркач А., Твердохліб І. Дослідження стану вивчення 3D-моделювання в закладах загальної середньої освіти України. *Проблеми сучасного підручника*. 2024. Вип. 33. С. 296–298. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116>

- Дрокіна А. С. Фахова підготовка майбутніх учителів початкової школи до упровадження 3D-моделювання в напрямі реалізації STEM-освіти. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. Вип. 18. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15675925>
- Колесова О. А., Силенко Ю. В., Іванова М. С. Роль штучного інтелекту у розвитку проєктного мислення у студентів-дизайнерів. *Український мистецтвознавчий дискурс*. 2025. Вип. 5. С. 57–67. DOI: <https://doi.org/10.32782/uad.2025.5.7>
- Крива М. В., Мицишин І. Я., Калагурка Х. І. Використання 3D/AR-візуалізації навчального матеріалу в інтегрованому курсі «Я досліджую світ». *Інноваційна педагогіка*. 2025. Вип. 84. Т. 2. С. 165–168. DOI: <https://doi.org/10.32782/26636085/2025/84.2.32>
- Підготовка вчителя до реалізації технологій STEM-освіти в гімназії: методичні рекомендації. [Електронне видання] / Левченко Ф.Г., Рогоза В.В. та ін. Київ: Педагогічна думка, 2025. 69 с. URL: https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2025/05/Rohoza-ta-in._Metodychni-rekomendatsii.pdf (дата звернення: 05.03.2026).
- Маринченко І., Васенок Т. Використання технологій 3D друку у підготовці педагогів професійного навчання. *Професійна педагогіка*. 2022. Вип. 1 (24). С. 251–258. DOI: <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2022.24.251-258>
- Самойленко О. А., Міршук О. Є., Силенко Ю. В. Професійно-педагогічна підготовка фахівця у контексті сучасних реалій відкритого освітньо-наукового простору ЗВО. *Молодь і ринок*. 2023. Вип. 5 (213). С. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.282838>
- Andić B., Maričić M., Weinhandl R., Mumcu F., Schmidthaler E., Lavicza Z. Metaphorical evolution: A longitudinal study of secondary school teachers' concepts of 3D modelling and printing in education. *Education and Information Technologies*. 2024. Vol. 29, Issue. 11. P. 14091–14126. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12408-x>
- Chen Y., Cao L., Zhang Y. Teachers as makers: How K-12 teachers design 3D making lessons for classroom teaching. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28, Issue. 6. P. 6947–6975. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11475-w>
- Nolla Á., Ibricu Á., Benito A. A Collaborative Experience with Mathematical 3D Modeling and Printing. *International Journal for Technology in Mathematics Education*. 2024. Vol. 31, Issue. 2. P. 37–44. DOI: https://doi.org/10.1564/tme_v31.2.01
- Setiyawan A., Soeharto S., Maričić M., Lavicza Z. Integrating 3D Modeling and Printing in Automotive Component Prototyping: Perceptions of Pre-service Vocational Teachers. *Technology, Knowledge and Learning*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09918-7>
- Tejera M., Galić S., Lavicza Z. 3D Modelling and Printing in Teacher Education: A Systematic Literature Review. *Journal for STEM Education Research*. Springer Nature. 2026. Vol. 9, P. 1–32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41979-025-00147-2>
- Üçgül M., Altrok S. The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing course. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28, Issue. 8. P. 10151–10181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11593-z>
- Ulbrich E., Da Cruz M., Andić B., Tejera M., Dana-Picard N.T., Lavicza Z. 'Cross-cultural examination of 3D modelling and 3D printing in STEAM education: comparing results from teachers in Montenegro and Austria'. *London Review of Education*. 2024. Vol. 22, Issue. 1. P. 12. DOI: <https://doi.org/10.14324/LRE.22.1.12>
- Ulbrich E., Tejera M., Schmid A., Sabitzer B., Lavicza Z. Fostering the Four C's: A Gendered Perspective on Technology Use in STEAM Education. *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, Issue. 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15050528>

References

- Andić, B., Maričić, M., Weinhandl, R., Mumcu, F., Schmidthaler, E., & Lavicza, Z. (2024). Metaphorical evolution: A longitudinal study of secondary school teachers' concepts of 3D modelling and printing in education. *Education and Information Technologies*, 29(11), 14091–14126. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12408-x>
- Briukhovetska, I., Zakharova, H., & Sylenko, Y. (2025). The role of pedagogical technologies in the professional training of future specialists in the context of digital transformation of education. *Problems of Education*, 2(103), 332–350. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-103.2025.21>
- Chen, Y., Cao, L., & Zhang, Y. (2023). Teachers as makers: How K–12 teachers design 3D making lessons for classroom teaching. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6947–6975. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11475-w>
- Derkach, A., & Tverdokhlib, I. (2024). Study of the state of 3D modeling teaching in general secondary education institutions of Ukraine. *Problems of the Modern Textbook*, 33, 296 – 298. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2024-33-106-116>
- Drokin, A. S. (2025). Professional training of future primary school teachers for the implementation of 3D modeling in the context of STEM education. *Pedagogical Academy: Scientific Notes*, 18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15675925>
- Kolesova, O. A., Sylenko, Y. V., & Ivanova, M. S. (2025). The role of artificial intelligence in the development of project thinking in design students. *Ukrainian Art Studies Discourse*, 5, 57–67. <https://doi.org/10.32782/uad.2025.5.7>
- Kryva, M. V., Myshchysyn, I. Ya., & Kalahurka, Kh. I. (2025). The use of 3D/AR visualisation of educational material in the integrated course “I explore the world”. *Innovative Pedagogy*, 84(2), 165–168. <https://doi.org/10.32782/26636085/2025/84.2.32>
- Levchenko, F. H., & Rohoza, V. V. (2025). *Teacher training for the implementation of STEM education technologies in gymnasium: Methodological recommendations* [Electronic edition]. Kyiv: Pedahohichna Dumka. https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2025/05/Rohoza-ta-in._Metodychni-rekomendatsii.pdf
- Marynchenko, I., & Vasenok, T. (2022). The use of 3D printing technologies in the training of vocational education teachers. *Professional Pedagogy*, 1(24), 251–258. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2022.24.251-258>
- Nolla, Á., Ibricu, Á., & Benito, A. (2024). A collaborative experience with mathematical 3D modeling and printing. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 31(2), 37–44. https://doi.org/10.1564/tme_v31.2.01
- Samoilenko, O. A., Mirshuk, O. Ye., & Sylenko, Y. V. (2023). Professional and pedagogical training of a specialist in the context of modern realities of the open educational and scientific space of higher education institutions. *Youth & Market*, 5(213), 83–89. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.282838>
- Setiyawan, A., Soeharto, S., Maričić, M., & Lavicza, Z. (2025). Integrating 3D modeling and printing in automotive component prototyping: Perceptions of pre-service vocational teachers. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09918-7>
- Tejera, M., Galić, S., & Lavicza, Z. (2026). 3D modelling and printing in teacher education: A systematic literature review. *Journal for STEM Education Research*, 9, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s41979-025-00147-2>

- Üçgül, M., & Altrok, S. (2023). The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing course. *Education and Information Technologies*, 28(8), 10151–10181. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11593-z>
- Ulbrich, E., Da Cruz, M., Anđić, B., Tejera, M., Dana-Picard, N. T., & Lavicza, Z. (2024). Cross-cultural examination of 3D modelling and 3D printing in STEAM education: Comparing results from teachers in Montenegro and Austria. *London Review of Education*, 22(1), 12. <https://doi.org/10.14324/LRE.22.1.12>
- Ulbrich, E., Tejera, M., Schmid, A., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2025). Fostering the Four C's: A gendered perspective on technology use in STEAM education. *Education Sciences*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/educsci15050528>

Відомості про автора:**Абросімов Євгеній Олександрович**

abrosimov_j@ukr.net

Ізмаїльський державний

гуманітарний університет

вул. Репіна, 12, м. Ізмаїл

Одеська обл., 68610, Україна

Information about the author:**Abrosimov Yevhenii Oleksandrovyich**

abrosimov_j@ukr.net

Izmail State University of Humanities

12 Repina Street, Izmail,

Odesa region, 68610, Ukraine

*Матеріал надійшов до редакції 02. 02. 2026 р.**Прийнято до друку 04. 03. 2026 р.**Received at the editorial office 02. 02. 2026.**Accepted for publishing 04. 03. 2026.*