



ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

УДК 517.5:004.94:378.147

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.15538950>

Вплив цифрових симуляцій на ефективність засвоєння принципів лінійної перспективи у курсі нарисної геометрії

Цой Микола Павлович,

кандидат технічних наук, доцент, Національна академія образотворчого

мистецтва і архітектури, м. Київ, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-4353-733X>

Прийнято: 16.05.2025 | Опубліковано: 28.05.2025

***Анотація.** Актуальність дослідження зумовлено необхідністю оновлення змісту та інструментарію технічної підготовки в умовах цифрової трансформації освіти, зокрема в контексті формування просторового мислення у курсі нарисної геометрії. Традиційні методи двовимірного креслення є недостатніми для засвоєння складних понять, як-от лінійна перспектива, що потребує залучення інтерактивних симуляційних технологій, орієнтованих на тривимірне моделювання та візуальну аналітику. **Мета** дослідження полягає у науковому аналізі ефективності цифрових симуляцій для покращення засвоєння принципів лінійної перспективи у курсі нарисної геометрії, зокрема у розробці методичних практик їхнього впровадження в освітній процес підготовки здобувачів технічних спеціальностей. **Методологія** дослідження ґрунтується на структурно-функціональній, компетентнісній та діяльнісній практиках з використанням методів системного аналізу, типологізації цифрових симуляцій, педагогічного*



узагальнення та елементів контент-аналізу освітніх платформ. **Результати** дослідження дали змогу класифікувати цифрові симуляції за типами та дидактичними функціями, виявити їхню роль у формуванні просторового мислення, зокрема визначити психолого-педагогічні чинники, що впливають на мотивацію здобувачів освіти. Обґрунтовано доцільність інтеграції симуляцій у поетапне моделювання проєкцій та адаптацію навчального контенту до індивідуальних стилів пізнання. Наукова новизна полягає у систематизації функціональних характеристик цифрових симуляцій у нарисній геометрії, виявленні механізмів впливу симуляцій на когнітивні та мотиваційні аспекти навчання та розробці методичних рекомендацій для практичної реалізації цифрових інструментів у підготовці технічних фахівців. **Висновки.** Підтверджено ефективність симуляцій для засвоєння лінійної перспективи, визначено перешкоди інтеграції таких технологій в освітній процес (технічні, методичні, організаційні) і обґрунтовано необхідність професійної підготовки викладачів до роботи з цифровими платформами. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням адаптивних сценаріїв симуляційного навчання, кількісною оцінкою впливу симуляцій на навчальні результати та створенням стандартів цифрової підготовки у технічній освіті.

Ключові слова: візуалізація простору, інтерактивне моделювання, цифрове навчальне середовище, проєкційне мислення, когнітивна активність.



The impact of digital simulations on the effectiveness of learning linear perspective principles in descriptive geometry courses

Mykola Tsoi,

PhD of Technical Sciences, Associate Professor, National Academy of Fine Arts and Architecture, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-4353-733X>

Abstract. *The research's relevance is driven by the need to update the content and tools of technical education in the context of digital transformation, particularly regarding the development of spatial thinking in descriptive geometry courses. Traditional two-dimensional drawing methods are insufficient for mastering complex concepts such as linear perspective, necessitating interactive simulation technologies aimed at three-dimensional modeling and visual analytics. The purpose of the study is to scientifically analyze the effectiveness of digital simulations in improving the acquisition of linear perspective principles in descriptive geometry courses and to develop methodological approaches for integrating them into the training of students in technical specialties. The methodology is based on structural-functional, competence-based, and activity-oriented approaches, employing methods of system analysis, typology of digital simulations, pedagogical generalization, and content analysis of educational platforms. Results of the study allowed for the classification of digital simulations by type and didactic function, the identification of their role in shaping spatial thinking, and the determination of psycho-pedagogical factors influencing student motivation. The relevance of integrating simulations into step-by-step projection modeling and adapting educational content to individual cognitive styles has been substantiated. The scientific novelty lies in the systematization of the functional characteristics of digital simulations in descriptive geometry, the identification of*



*mechanisms through which simulations affect cognitive and motivational aspects of learning, and the formulation of methodological recommendations for the practical implementation of these tools in technical education. **Conclusions** confirm the effectiveness of simulations in mastering linear perspective principles, identify key barriers to their integration into educational processes (technical, methodological, and organizational), and highlight the need for training educators in digital platforms. Prospects for further research include the development of adaptive simulation-based learning scenarios, quantitative assessment of simulation impact on learning outcomes, and the creation of standards for digital competence in technical education.*

***Keywords:** spatial visualization, interactive modeling, digital learning environment, projective reasoning, cognitive engagement.*

Постановка проблеми. У сучасному освітньому середовищі особливої актуальності набуває питання ефективного засвоєння просторових уявлень у курсі нарисної геометрії, зокрема таких складних понять, як принципи лінійної перспективи. Оскільки традиційні методи навчання засновані переважно на двовимірному кресленні, часто є недостатніми для формування глибокого розуміння тривимірних просторових побудов, виникає потреба у впровадженні інноваційних практик. Цифрові симуляції, засновані на інтерактивних графічних середовищах, відкривають можливості для моделювання простору, візуалізації геометричних зв'язків та реалізації навчальних сценаріїв, що сприяють кращому засвоєнню матеріалу.

Проблема полягає в недостатньому дослідженні впливу цифрових симуляцій на рівень засвоєння принципів лінійної перспективи в контексті інженерної освіти, відсутності чітких критеріїв оцінювання ефективності таких технологій. З огляду на це важливими науковими завданнями є обґрунтування методології застосування цифрових візуалізацій у навчанні



нарисної геометрії, аналіз когнітивних ефектів, що супроводжують використання симуляцій, та розроблення методів інтеграції віртуального моделювання у стандартні освітні програми. З практичного погляду актуальним завданням є підвищення якості професійної підготовки здобувачів технічних спеціальностей, формування в них просторового мислення та здатності до аналітичної реконструкції тривимірних об'єктів на основі лінійної перспективи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час аналізу наукових праць, присвячених темі використання цифрових симуляцій у курсі нарисної геометрії, було окреслено чотири основні змістові напрями досліджень.

Перший напрям охоплює формування просторового мислення та візуалізацію проєкцій за допомогою цифрових середовищ. У роботі дослідників О. Васкевич, І. Петрової та М. Ришого [1] розглянуто питання професійної підготовки засобами етнодизайну, підкреслено значення візуально-когнітивних інструментів у технічній освіті. Науковці М. М. Астаф'єва, Д. М. Бодненко та В. В. Прошкін [2] обґрунтували доцільність використання комп'ютерно орієнтованих засобів геометрії як методу формування критичного мислення майбутніх учителів. Авторка О. О. Гриб'юк [3] акцентує на психофізіологічних механізмах, що активуються під час взаємодії з середовищами віртуальної реальності (virtual reality, далі - VR) при вивченні геометрії. Вчені О. А. Ярова, Д. Є. Терменжи та В. В. Нічишина [4] порівнюють традиційне і цифрове навчання, вказуючи на підвищення ефективності за умови візуалізації геометричних об'єктів. Дослідники Ж. С. де Алмейда та М. Ш. де Кастро (J. Silva de Almeida & M. S. de Castro) [5] наводять приклади успішного впровадження симуляцій GeoGebra для онлайн-моделювання проєкцій у курсах дескриптивної геометрії. У цьому напрямі доцільно поглибити дослідження когнітивного



ефекту цифрових симуляцій на різні типи просторової уяви та розробити засоби її цілеспрямованого формування.

Другий напрям пов'язаний з інструментальними та дидактичними характеристиками цифрових симуляцій. Науковці М. Прадо-Веласко та співавт. (M. Prado-Velasco et al.) [6] описують можливості CeDG як технології для цифрового графічного моделювання, здатної розширити класичну геометричну побудову. Дослідник Жс. Балаїті (Zs. Balajti) [7] аналізує виклики інженерної геометрії, підкреслюючи важливість нових технологій у її викладанні. Автори А. Кларк-Вілсон, О. Робутті та М. Томас (A. Clark-Wilson, O. Robutti & M. Thomas) [8] наголошують на необхідності цифрової компетентності викладача й адаптації дидактичних сценаріїв до цифрових середовищ. Науковці Л. П. Бріто, Л. С. Алмейда та А. Ж. Осоріо (L. P. Brito, L. S. Almeida & A. J. Osório) [9] доводять ефективність цифрових симуляцій у формуванні просторових уявлень, надаючи емпіричні результати. Подальші дослідження мають бути спрямовані на типологізацію симуляцій за їхнім дидактичним функціоналом і перевірку їхньої ефективності у вивченні лінійної перспективи.

Третій напрям зосереджено на мотиваційно-педагогічних аспектах цифрової взаємодії. Вчені К. Альварес-Калдас та співавт. (C. Álvarez-Caldas et al.) [10] довели переваги електронних ресурсів для самонавчання принципам перспективи у дескриптивній геометрії. Дослідники А. Тордесільяс та співавт. (Á. Tordesillas et al.) [11] аналізували ефективність гейміфікації у навчанні архітектурної геометрії. Науковці Е. Ібілі та співавт. (E. İbili et al.) [12] розглянули розвиток тривимірного (3D) мислення у студентів завдяки інструментам доповненої реальності (augmented reality, далі - AR). Авторки А. Жакель та А. Кланчар (A. Žakelj & A. Klancar) [13] дослідили роль візуальних репрезентацій у підвищенні пізнавальної активності студентів.



Учені С. Радович, М. Радоїчич, К. Велькович та М. Мариц (S. Radović, M. Radojičić, K. Veljković & M. Marić) [14] вивчали значення інтерактивних підручників для кращого засвоєння геометричного матеріалу. У цьому напрямі потребує вивчення взаємозв'язок між типом цифрового середовища, інтерфейсом симуляцій і мотиваційними чинниками здобувачів освіти.

Четвертий напрям охоплює інституційно-методичні проблеми впровадження симуляцій у викладання нарисної геометрії. Дослідниця О. В. Хабовда (O. V. Nabovda) [15] аналізує виклики цифрового переходу у навчанні інженерної графіки, наголошуючи на необхідності оновлення методик. Науковці С. Р. Кунья та співавт. (S. R. Cunha et al.) [16] висвітлюють перспективи використання розширеної реальності (extended reality, далі - XR) і технологій машинного навчання (machine learning, далі - ML) для оновлення цифрових форматів викладання геометрії, водночас підкреслюючи потребу стандартизації. Дослідник К. Іванченко [17] підкреслює важливість адаптивного цифрового навчання у підготовці фахівців технічних спеціальностей, акцентуючи на потребі оновлення методик викладання з урахуванням індивідуалізації освітніх траєкторій у цифровому середовищі. З огляду на різноспрямованість результатів у цьому напрямі доцільним є створення уніфікованої системи оцінювання ефективності цифрових симуляцій, зокрема емпіричне дослідження результатів їхнього впровадження в різних освітніх контекстах, особливо при вивченні лінійної перспективи на інженерних та архітектурних спеціальностях.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри велику кількість досліджень, присвячених цифровим технологіям в освіті, низка аспектів залишається недостатньо вивченою. Зокрема, актуальними залишаються питання впливу цифрових симуляцій на формування просторового мислення у контексті вивчення лінійної перспективи,



ефективності їхніх дидактичних функцій у процесі поетапного моделювання, зокрема ролі психологічно-педагогічних чинників у мотивації студентів. Водночас є дефіцит системного аналізу методичних та інфраструктурних перешкод впровадження симуляційних технологій, зокрема обмеженість емпіричних даних щодо впливу таких інструментів на освітні результати.

Запропоноване дослідження спрямоване на заповнення цих прогалин шляхом систематизації типів цифрових симуляцій, уточнення їхніх функціональних характеристик у викладанні нарисної геометрії, крім того, виявлення чинників, що сприяють або перешкоджають їхньому ефективному впровадженню. Завдяки поєднанню теоретичного моделювання, педагогічного аналізу та узагальнення практик застосування симуляцій запропоновано нові методичні практики, що дають змогу поглибити розуміння цифрових технологій як інструменту візуального навчання та сприяють розширенню наукового уявлення про інтерактивні освітні середовища у технічній підготовці.

Формулювання цілей статті (визначення завдання). Мета статті полягає у дослідженні впливу цифрових симуляцій на якість засвоєння принципів лінійної перспективи у курсі нарисної геометрії, зокрема у розробленні методичних практик інтеграції таких технологій у підготовку здобувачів технічних спеціальностей.

Для досягнення цієї мети сформульовано такі завдання:

1. Дослідити вплив цифрових симуляцій на формування просторового мислення та засвоєння принципів лінійної перспективи у здобувачів технічної освіти.

2. Проаналізувати дидактичні та психологічно-педагогічні аспекти використання цифрових симуляцій у навчальному процесі, зокрема їхній вплив на мотивацію, когнітивну активність і поетапне моделювання проєкцій.



3. Виявити проблеми впровадження цифрових симуляцій у викладання нарисної геометрії та розробити методичні рекомендації для їхньої ефективної інтеграції в освітнє середовище.

Виклад основного матеріалу дослідження. У контексті трансформації інженерної освіти цифрові симуляції дедалі частіше розглядаються як ефективний інструмент для розвитку просторового мислення, що є основним у засвоєнні поняття «лінійна перспектива». На відміну від традиційного креслення на площині, цифрові симуляційні середовища дають можливість студентам маніпулювати об'єктами у тривимірному просторі, змінювати точку зору, масштаби та співвідношення, а отже — активізують зорово-просторові процеси, що лежать в основі геометричного аналізу. Це має особливе значення для лінійної перспективи, що вимагає одночасного розуміння проєкцій, масштабування, положення площин та точок сходження. Цифрові симуляції сприяють переходу від абстрактного сприйняття до інтерактивного експериментування з просторовими структурами, що водночас забезпечує глибше розуміння закономірностей перспективного зображення (табл. 1).

Представлені компоненти просторового мислення узгоджуються з основними когнітивними процесами, що активуються під час роботи з цифровими симуляціями у курсі нарисної геометрії. Практичне використання таких інструментів в освітньому процесі дає змогу студентам не лише оперувати тривимірними об'єктами, а й прогнозувати результат побудов залежно від вибору точки зору, положення площини проєкції або параметрів моделі. Застосування цифрових середовищ, зокрема в інтерактивних модулях AutoCAD [18], SketchUp [19] або GeoGebra 3D [20], сприяє переходу від репродуктивного до продуктивного рівня навчальної діяльності: студенти не просто повторюють задані побудови, а й активно моделюють перспективні



ситуації, адаптуючи геометричні принципи до конкретних задач. Це забезпечує зменшення кількості типових помилок, пов'язаних із неправильним розумінням просторових зв'язків та розширює можливості для міждисциплінарної інтеграції знань у сферах архітектури, інженерного проєктування та візуального аналізу технічних об'єктів.

Таблиця 1

Вплив цифрових симуляцій на розвиток просторового мислення під час засвоєння принципів лінійної перспективи

Компонент просторового мислення	Функції цифрових симуляцій у розвитку просторового мислення	Очікуваний результат у засвоєнні лінійної перспективи
Ментальна ротація об'єктів	Можливість обертати тривимірні моделі	Полегшення уявлення про положення об'єктів у просторі
Візуалізація взаємного розміщення площин	Інтерактивна побудова горизонтальних і фронтальних площин	Розуміння логіки утворення точок сходження
Уявна зміна точки спостереження	Моделювання перспективи з різних точок зору	Формування стійкого уявлення про закономірності побудови перспективних проєкцій
Просторове узагальнення	Створення серій побудов з різними параметрами	Перенесення засвоєних принципів на нові задачі
Орієнтація у тривимірному середовищі	Навігація у віртуальному просторі моделі	Підвищення точності побудов та мінімізація помилок

Джерело: систематизовано автором на підставі [5; 9; 10; 13; 14]

У контексті навчання нарисної геометрії цифрові симуляції виконують специфічні дидактичні функції, що безпосередньо залежать від їхньої технологічної структури та типу взаємодії зі здобувачем освіти. На відміну від універсальних візуалізацій, що лише передають форму об'єкта, дидактично орієнтовані симуляції мають на меті керовану трансляцію геометричних знань, формування навичок поетапного моделювання побудов, зокрема уточнення



уявлень про зв'язок між просторовими об'єктами та їхніми проєкційними відображеннями. Залежно від ступеня інтерактивності та наявності зворотного зв'язку цифрові симуляції поділяються на кілька типів, кожен з яких виконує власну функцію в організації освітнього процесу (табл. 2).

Таблиця 2

Типи цифрових симуляцій та їхні дидактичні функції у процесі поетапного моделювання проєкцій у нарисній геометрії

Тип цифрової симуляції	Технічні характеристики	Дидактична функція в курсі нарисної геометрії	Приклади застосування
Статична анімаційна симуляція	Заздалегідь запрограмовані візуалізації побудов	Демонстрація алгоритмів побудови та просторових залежностей	Відеоуроки про лінійну перспективу, GIF-анімації побудов
Інтерактивна симуляція	Можливість змінювати параметри, будувати вручну	Формування операційних навичок проєктування та перевірки	GeoGebra 3D, SketchUp for Schools
Параметрична симуляція	Автоматичне оновлення побудов при зміні вхідних даних	Формування уявлення про залежності між параметрами об'єкта і його проєкціями	Fusion 360, Solid Edge, T-FLEX CAD
Адаптивна навчальна симуляція	Вбудовані підказки, корекція дій, сценарії для самостійного проходження	Підтримка індивідуального темпу навчання і самоконтролю	AutoCAD Learn, інтерактивні модулі Moodle
Гібридна симуляція	Комбінація візуалізації, завдань, зворотного зв'язку та тестування	Комплексне формування знань, умінь і навичок	Цифрові платформи з оцінюванням: PTC Creo Academic, Siemens Learning Hub

Джерело: систематизовано автором на підставі [6; 7; 8; 10; 11]

Кожен тип симуляції виконує чітко окреслену функцію у процесі поетапного моделювання геометричних побудов, що дає можливість гнучко



адаптувати навчальний сценарій до рівня підготовки здобувача та складності теми. Статичні анімації ефективні на демонстраційному етапі, коли необхідно сформулювати загальне уявлення про послідовність побудови, але не потребують активної взаємодії. Інтерактивні та параметричні симуляції, навпаки, забезпечують можливість опрацювання алгоритмів на рівні дій, моделювання альтернативних рішень і виявлення типових помилок на основі зміни параметрів. Особливої практичної значущості набувають адаптивні системи, що інтегрують самоперевірку, контекстні підказки та зворотний зв'язок, забезпечуючи реалізацію диференційованого навчання з поступовим ускладненням завдань. Гібридні симуляції як повноцінне середовище цифрової професійної підготовки поєднують переваги усіх типів. У сучасній практиці викладання нарисної геометрії вони дають змогу перейти від лінійного подання матеріалу до динамічного, багаторівневого навчання, де кожна дія має проєктивне та аналітичне обґрунтування. Це суттєво підвищує ефективність опанування принципів лінійної перспективи, особливо в умовах змішаного або дистанційного формату.

Мотивація здобувачів технічної освіти до активного засвоєння теоретичного матеріалу, зокрема складних тем нарисної геометрії, залежить від того, наскільки освітнє середовище відповідає їхнім когнітивним потребам, стилям сприйняття та очікуванням від освітнього процесу. Цифрові симуляції як навчальні інструменти можуть слугувати потужним мотиваційним чинником, якщо їхнє застосування враховує психологічні й педагогічні особливості цільової аудиторії. Формування залученості та збереження уваги потребує створення умов для візуального самовираження, контролю над процесом, отримання оперативного зворотного зв'язку та відчуття поступу в навчанні. У такому контексті цифрові симуляції не лише ілюструють абстрактні геометричні поняття, а й створюють ситуацію



рефлексивної взаємодії, що підтримує внутрішню мотивацію та підвищує ефективність когнітивної діяльності (табл. 3).

Таблиця 3

Психолого-педагогічні чинники впливу цифрових симуляцій на мотивацію та навчальну активність здобувачів технічної освіти

Чинник впливу	Психолого-педагогічна суть	Реалізація за допомогою цифрових симуляцій	Очікуваний ефект на навчальну мотивацію
Персоналізація навчання	Урахування індивідуального темпу та стилю сприйняття	Адаптивні сценарії, вибір рівня складності, регулювання швидкості виконання	Зростання автономії та внутрішньої мотивації
Зорово-операційна підтримка	Орієнтація на візуальні канали обробки інформації	Інтерактивне моделювання, візуальні підказки, кольорові маркери	Підвищення залученості візуально орієнтованих студентів
Ситуативна зацікавленість	Створення навчального виклику або гри	Завдання з елементами гейміфікації, моделювання реальних ситуацій	Підтримання уваги та зацікавлення протягом усього заняття
Відчуття контролю над процесом	Усвідомлення впливу власних дій на результат	Можливість самостійно модифікувати параметри побудов	Формування впевненості у власних навчальних діях
Оперативний зворотний зв'язок	Миттєва корекція помилок і підтримка навчальної динаміки	Інтерактивне виділення помилок, коментарі або автоматичні підказки	Зміцнення навчального інтересу та активної участі
Чинник впливу	Психолого-педагогічна суть	Реалізація за допомогою цифрових симуляцій	Очікуваний ефект на навчальну мотивацію

Джерело: систематизовано автором на підставі [8; 11; 12; 13; 16]



У сучасній освітній практиці, особливо в умовах змішаного та дистанційного формату, цифрові симуляції створюють необхідне середовище для гнучкого реагування на потреби студентів. Зокрема, у платформах на кшталт Onshape Learning [21] або TinkerCAD Classroom [22] викладачі можуть формувати задачі з індивідуальними параметрами, де кожен здобувач освіти проходить власну траєкторію вирішення з контролем прогресу. Це підсилює ефект персоналізованого навчання, сприяє розвитку мотиваційної саморегуляції й викликає інтерес до глибшого опанування змісту. Поєднання візуальної стимуляції, інтерактивності та зворотного зв'язку активізує когнітивно-емоційні ресурси студентів і перетворює складні теми нарисної геометрії на керовану й логічно вибудовану освітню діяльність.

Попри потенціал цифрового середовища для підвищення візуалізації та поетапного конструювання геометричних побудов, широке використання таких рішень стримується як технічними, так і методичними та організаційно-інфраструктурними перешкодами. Однією з основних проблем є обмежена матеріально-технічна база закладів освіти, що не завжди має стабільний доступ студентів до комп'ютерних класів з необхідним програмним забезпеченням [5]. В умовах змішаного або дистанційного навчання додатковим викликом є цифрова нерівність, що виявляється у різному рівні доступу здобувачів до високошвидкісного інтернету, актуальних пристроїв та сумісних операційних систем, необхідних для роботи з ресурсомісткими візуальними симуляціями.

Методичне забезпечення характеризується недостатністю адаптованих навчальних матеріалів для поєднання симуляційних інструментів з традиційними вимогами до побудови креслень. Більшість наявних платформ не розроблені спеціально для навчання нарисної геометрії, а тому потребують додаткової модифікації та педагогічного переосмислення з боку викладача



[10]. Водночас це вимагає не лише технічної компетентності, а й готовності до зміни традиційних дидактичних практик. Недостатній рівень цифрової підготовки викладачів ускладнює створення повноцінного освітнього сценарію, у якому симуляції виконують не лише демонстраційну, навчальну, а й контрольну функцію. Ще однією перешкодою є відсутність системної підтримки та мотиваційного механізму для впровадження інновацій, оскільки такі зміни часто залишаються ініціативою окремих педагогів і не підкріплюються організаційно.

На практиці це призводить до фрагментарного використання цифрових симуляцій, що не дає змоги розкрити їхній повний потенціал. У багатьох випадках студенти стикаються з невизначеністю щодо співвідношення нових цифрових інструментів з вимогами класичного креслення, що формує когнітивне навантаження та знижує загальну ефективність навчання [14]. Таким чином, проблема інтеграції симуляційних технологій у курс нарисної геометрії полягає не лише у технологічному оновленні середовища, а передусім у необхідності комплексної трансформації педагогічної практики, що охоплює цифрову інфраструктуру, методичну базу, професійну підготовку викладачів і організаційно-стратегічну підтримку з боку адміністрацій освітніх установ.

Ефективне впровадження цифрових симуляцій для опанування принципів лінійної перспективи потребує методичної цілісності, що поєднує технічні можливості програмного середовища з дидактичними завданнями курсу. Доцільним є поетапне застосування симуляцій: від візуалізації базових геометричних операцій до моделювання складних побудов з кількома площинами, лініями горизонту та точками сходження. Важливо забезпечити поєднання цифрових технологій з традиційними креслярськими вправами, де ручне відтворення побудов доповнюється інтерактивною перевіркою в



цифровому середовищі. Така практика формує стійке розуміння логіки побудови, а не лише результату.

Методичні рішення мають впроваджувати інтеграцію симуляцій у різні форми роботи - від індивідуальних завдань до фронтального розбору типових помилок. Окреме значення належить використанню симуляцій із функціями зворотного зв'язку та адаптивного коригування дій студента, що дає змогу автоматизувати процес самоконтролю. Для повноцінної реалізації цих інструментів необхідна підготовка викладачів до проєктування цифрово-орієнтованих навчальних сценаріїв, зокрема оновлення системи оцінювання - з акцентом не лише на кінцевий результат, а й на послідовність дій та обґрунтованість побудов. Комплексне застосування таких практик сприятиме глибшому розумінню принципів перспективи та оновленню змісту інженерної графічної підготовки.

Висновки. Під час дослідження встановлено, що цифрові симуляції значно підвищують ефективність засвоєння принципів лінійної перспективи у курсі нарисної геометрії, сприяючи розвитку просторового мислення, формуванню операційних навичок побудови проєкцій і зростанню мотивації здобувачів освіти. Визначено типи симуляцій і їхні дидактичні функції, зокрема психологічні чинники, що впливають на активну участь студентів: персоналізація, візуальна підтримка, контроль дій та миттєвий зворотний зв'язок.

Основними проблемами є обмежена цифрова інфраструктура, відсутність методично адаптованих матеріалів, низька цифрова компетентність викладачів і фрагментарність застосування симуляцій в освітньому процесі.

Рекомендовано впроваджувати цифрові симуляції поетапно, поєднуючи їх з традиційними методами, оновлювати методику оцінювання та



підвищувати цифрову грамотність педагогів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою адаптивних сценаріїв, оцінюванням ефективності симуляцій та створенням стандартів цифрової підготовки у технічній освіті.

Список використаних джерел

1. Васкевич О., Петрова І., Рижий М. Підготовка графічних дизайнерів до професійної діяльності засобами етнодизайну. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. Вип. 8(36). С. 541–554. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-8\(36\)-541-554](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-8(36)-541-554).

2. Астаф'єва М. М., Бодненко Д. М., Прошкін В. В. Використання комп'ютерно орієнтованих засобів геометрії у процесі формування критичного мислення майбутніх учителів математики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Вип. 71, № 3. С. 102–121. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/27694/> (дата звернення: 08.04.2025).

3. Гриб'юк О. О. Технології віртуальної та доповненої реальності в процесі навчання геометрії: психофізіологічні особливості дослідницького навчання учнів. *Габітус*. 2023. Вип. 52. С. 124–132. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/737033/> (дата звернення: 08.04.2025).

4. Ярова О. А., Терменжи Д. Є., Нічишина В. В. Порівняльний аналіз ефективності традиційних і сучасних методів навчання геометрії та алгебри в основній школі. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. Вип. 17. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15316302>.

5. Silva de Almeida J., de Castro M. S. Evaluation of descriptive geometry dynamic models developed in Geogebra® for online teaching. ICGG 2022. Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics / ed. L. Y. Cheng. 2023. Vol. 146. P. 975–987. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13588-0_75.



6. Prado-Velasco M., Marín R. O., García L. et al. Graphical modelling with computer extended descriptive geometry (CeDG): description and comparison with CAD. *Computer-Aided Design and Applications*. 2021. Vol. 18, № 2. P. 272–284. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f002/1e100d95a01a9328b4cd4be2e2c519504bbd.pdf> (дата звернення: 08.04.2025).

7. Balajti Zs. Challenges of engineering applications of descriptive geometry. *Symmetry*. 2023. Vol. 16, № 1. P. 50. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym16010050>.

8. Clark-Wilson A., Robutti O., Thomas M. Teaching with digital technology. *ZDM Mathematics Education*. 2020. Vol. 52. P. 1223–1242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0>.

9. Brito L. P., Almeida L. S., Osório A. J. Seeing in believing: impact of digital simulation pedagogical use in spatial geometry classes. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*. 2021. Vol. 17, № 2. P. 109–123. DOI: <https://doi.org/10.37120/ijttl.2021.17.2.04>.

10. Álvarez-Caldas C., Meneses J., Santos S. et al. Educational resources for self-learning of descriptive geometry. New trends in educational activity in the field of mechanism and machine theory. *Mechanisms and Machine Science* / eds. J. García-Prada, C. Castejón. 2019. Vol. 64. P. 229–239. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00108-7_21.

11. Tordesillas Á. A., Rodríguez M. A., Poza-Casado I., Galván-Desvaux N. Gamification experience in the subject of descriptive geometry for architecture. *Educación XXI*. 2020. Vol. 23, № 23. P. 373–408. DOI: <https://doi.org/10.5944/educxx1.23591>.

12. İbili E., Çat M., Resnyansky D. et al. An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance



students' 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2020. Vol. 51, № 2. P. 224–246. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1583382>.

13. Žakelj A., Klancar A. The role of visual representations in geometry learning. *European Journal of Educational Research*. 2022. Vol. 11, № 3. P. 1393–1411. DOI: <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1393>.

14. Radović S., Radojičić M., Veljković K., Marić M. Examining the effects of Geogebra applets on mathematics learning using interactive mathematics textbook. *Interactive Learning Environments*. 2020. Vol. 28, № 1. P. 32–49. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1512001>.

15. Habovda O. V. Teaching descriptive geometry, engineering, and computer graphics in the context of rapid development of digital production. *Psychology*. 2022. Vol. 8, № 4. P. 66–72. DOI: [https://doi.org/10.52534/msu-pp.8\(4\).2022.66-72](https://doi.org/10.52534/msu-pp.8(4).2022.66-72).

16. Cunha C. R., Moreira A., Coelho S. et al. Empowering the teaching and learning of geometry in basic education by combining extended reality and machine learning. Good practices and new perspectives in information systems and technologies. Lecture notes in networks and systems / eds. Á. Rocha, H. Adeli, G. Dzemyda, F. Moreira, A. Poniszewska-Marańda. 2024. Vol. 988. P. 134–145. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-60224-5_11.

17. Іванченко, К. Роль адаптивного навчання у підготовці інженерів-електроніків та автоматизації. *Futurity Education*. 2022. Вип. 2, № 1. С. 86–105. DOI: <https://doi.org/10.57125/FED.2022.25.03.8>.

18. AutoCAD for education: website. 2025. URL: <https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview> (дата звернення: 08.04.2025).



19. SketchUp for schools: website. 2025. URL:
<https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-for-schools> (дата
звернення: 08.04.2025).

20. GeoGebra 3D Calculator: website. 2025. URL:
<https://www.geogebra.org/3d> (дата звернення: 08.04.2025).

21. Onshape learning center: website. 2025. URL:
<https://learn.onshape.com/> (дата звернення: 08.04.2025).

22. Tinkercad Classroom: website. 2025. URL:
<https://www.tinkercad.com/classroom> (дата звернення: 08.04.2025).