

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКЛАДАННЯ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ

ANALYSIS OF METHODOLOGICAL SUPPORT FOR TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES IN THE EUROPEAN EDUCATIONAL SPACE

Стаття присвячена проблемі дослідження сучасних тенденцій методичного забезпечення викладання графічних дисциплін у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Зазначено, що графічні дисципліни є базовою компонентою підготовки фахівців природничого й технічного напрямів. З'ясовано, що графічна підготовка за своєю структурою значно відрізняється від цього педагогічного явища 30-50 річної давності, що пояснюється розвитком інформаційно-комп'ютерної підтримки виконання різних графічних робіт та проєктів. Метою статті визначено висвітлення методів й форм викладання графічних дисциплін в Європейському освітньому просторі. Відмічено пріоритетну роль методичної складової у забезпеченні освітнього процесу. Означено, що аналіз методичного забезпечення викладання графічних дисциплін обумовлений динамічним розвитком інформаційних технологій та чим раз більшою потребою у кваліфікованих фахівцях, які володіють навичками роботи з графічними редакторами та спеціалізованим програмним забезпеченням. Водночас враховуючи інтеграційні прагнення України до Європейського освітнього простору, виникає необхідність модернізації методичного забезпечення викладання графічних дисциплін, яке б репрезентувало сучасні європейські стандарти та потреби ринку праці. Доведено, що питання методичної складової у викладанні графічних дисциплін потребує теоретичного обґрунтування та додаткової деталізації. Серед ключових трендів удосконалення методичного забезпечення викладання графічних дисциплін в умовах Європейського освітнього простору детально проаналізовані такі: методи й форми групового навчання, засоби адитивних технологій (технології тривимірного друку), проєктний підхід (наступність та міжпредметність графічної підготовки), проблемне навчання (використання засобів графічного проєктування з урахуванням технічних та виробничих вимог), віртуальні лабораторії (дистанційна організація графічного проєктування), засоби штучного інтелекту (використання на різних етапах виконання проєктної документації та навчання). Окреслено основні шляхи інтегрування Європейського досвіду у практику викладання графічних дисциплін в умовах вітчизняної системи вищої технічної освіти. Гармонійне інтегрування можливе через реалізацію низки завдань: підвищення кваліфікації викладачів, оновленні освітніх програм, забезпечення належної технічної базою та організація міжнародної співпраці.

Ключові слова: європейський освітній простір, методичне забезпечення, графічна

підготовка, графічні дисципліни, фахівець технічних наук, фахівець природничих наук, адитивні технології, штучний інтелект.

The article is devoted to the problem of studying modern trends in the methodological support of teaching graphic disciplines in general and its connection with important scientific or practical tasks. It is noted that graphic disciplines are a basic component of the training of specialists in natural and technical fields. It has been found that graphic training in its structure is significantly different from this pedagogical phenomenon of 30-50 years ago, which is explained by the development of information and computer support for various graphic works and projects. The purpose of the article is to highlight the methods and forms of teaching graphic disciplines in the European educational area. The priority role of the methodological component in ensuring the educational process is emphasized. It is noted that the analysis of methodological support for teaching graphic disciplines is due to the dynamic development of information technology and the growing need for qualified professionals with skills in working with graphic editors and specialized software. At the same time, given Ukraine's integration aspirations into the European Education Area, there is a need to modernize the methodological support for teaching graphic disciplines, which would represent modern European standards and labor market needs. It is proved that the issue of the methodological component in teaching graphic disciplines requires theoretical substantiation and additional detail. Among the key trends in improving the methodological support for teaching graphic disciplines in the European Education Area, the following are analyzed in detail: methods and forms of group learning, additive technologies (three-dimensional printing technologies), project approach (continuity and interdisciplinary graphic training), problem-based learning (use of graphic design tools taking into account technical and production requirements), virtual laboratories (remote organization of graphic design), artificial intelligence tools (in The main ways of integrating the European experience into the practice of teaching graphic disciplines in the conditions of the national system of higher technical education are outlined. Harmonious integration is possible through the implementation of a number of tasks: teacher training, updating educational programs, providing an adequate technical base, and organizing international cooperation.

Key words: European educational area, methodological support, graphic training, graphic disciplines, specialist in technical sciences, specialist in natural sciences, additive technologies, artificial intelligence.

УДК 378.147:004
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/70.1.29>

Козяр М.М.,

докт. пед. наук, професор,
завідувач кафедри теоретичної
механіки, інженерної графіки
та машинознавства
Національного університету водного
господарства та природокористування

Тимошук О.С.,

канд. пед. наук,
доцент кафедри теоретичної механіки,
інженерної графіки та машинознавства
Національного університету водного
господарства та природокористування

Парфенюк О.В.,

канд. пед. наук,
доцент кафедри теоретичної механіки,
інженерної графіки та машинознавства
Національного університету водного
господарства та природокористування

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Графічні дисципліни є базовою компонентою підготовки фахівців

природничого й технічного напрямів. Нині графічна підготовка за своєю структурою значно відрізняється від цього педагогічного явища 30–50 річної давності, що пояснюється розвитком

інформаційно-комп'ютерної підтримки виконання різних графічних робіт та проєктів. Необхідність аналізу методичного забезпечення викладання графічних дисциплін обумовлена динамічним розвитком інформаційних технологій та чим раз більшою потребою у кваліфікованих фахівцях, які володіють навичками роботи з графічними редакторами та спеціалізованим програмним забезпеченням. Водночас враховуючи інтеграційні прагнення України до Європейського освітнього простору, виникає необхідність модернізації методичного забезпечення викладання графічних дисциплін, яке б репрезентувало сучасні європейські стандарти та потреби ринку праці.

Незважаючи на те, що графічні пакети для проєктування та виконання креслень уже не перше десятиліття використовуються у навчальному процесі, вони й досі залишаються лише інструментами швидкої реалізації проєктів. Цифровізація викладання графічних дисциплін в сучасних умовах потребує якісного переосмислення й гармонійного переходу від традиційної (пояснювально-ілюстративної) методики навчання до проблемно-ситуативної, професійно-орієнтованої парадигми.

Теперішнє методичне забезпечення з викладання графічних дисциплін часто не відповідає сучасним освітнім та виробничим вимогам. Здебільшого не повною мірою враховані досягнення новітніх інформаційних технологій, відсутнє сприяння розвитку креативного та критичного мислення здобувачів освіти, а також не реалізовані підходи забезпечення їхньої самостійної роботи в умовах динамічного розвитку ринку праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-методологічні засади методичного забезпечення викладання графічних дисциплін досліджували В. Бойчук [3], О. Джеджула [5], М. Козяр [1], І. Нищак [2], Г. Райковська [4]. Окреслені дослідження у переважній більшості стосуються концептуальних засад осучаснення графічної підготовки фахівців у закладах вищої освіти та її інформатизації. Окремі публікації, певною мірою, стосуються євроінтеграційних аспектів викладання графічних дисциплін, шляхом їх викладання англійською мовою [6]. Деякі присвячені інноваційним підходам візуалізації графічної інформації в професійній діяльності [7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень щодо окресленої проблематики, практично не дослідженим залишається аспект аналітично-порівняльного характеру сучасних практик викладання графічних дисциплін в країнах Європейського союзу.

Мета статті полягає в аналізі методичного забезпечення викладання графічних дисциплін в Європейському освітньому просторі, визначенні актуальних проблем і кращих інноваційних практик.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Європейський освітній простір (ЄОП) це певна зона співпраці, котра сприяє розвитку освіти у понад 45 країнах Європи. Учасниками цієї співдружності є підписанти й ратифіканти Болонської конвенції, яка гармонізує трансферну політику здобуття освіти в Європі й ґрунтується на засадах особисто-орієнтованого й творчого розвитку особистості. Попри на реалізацію певних нормативно-законодавчих ініціатив та приведення до відповідності освітньо-кваліфікаційної рамки, наша країна усе ж перебуває на певному перехідному етапі й потребує усестороннього інтегрування ефективних європейських освітніх практик.

Аналіз сучасних тенденцій викладання графічних дисциплін, зокрема їхньої методичної підтримки доцільно розглядати крізь призму чітких науково обґрунтованих концепцій. Методичне забезпечення слід розглядати, як певний комплекс засобів та заходів підтримки викладання дисципліни. В процесі аналізу методичного забезпечення викладання графічних дисциплін в умовах ЄОП використано підхід [1, с. 11], який близький до загальноприйнятої дидактичної парадигми – «форми-методи-засоби». Тобто методичне забезпечення викладання графічних дисциплін це методичні підходи, різноманітні засоби їхньої реалізації, а також форми організації навчальної діяльності.

Цікавим з точки зору нашого дослідження є метод іспанських вчених JG. Molinero Sánchez, T. García Píriz, який ґрунтується на всесторонньому аналізі графічної моделі [8]. Підхід стосується початкової графічної підготовки, коли здобувачі освіти не мають чіткого підходу реалізації графічних завдань. Здобувачеві пропонується певна графічна модель чи елемент, який необхідно проаналізувати із теоретичної точки зору й визначити усі складові елементи. Основна відмінність такої педагогічної ідеї полягає в тому, що навчальну модель, за такою методикою, подають «не як результат процесу, а як певний шлях, де здобувач освіти відкриває, якщо необхідно, певні графічні інструменти, які допоможуть йому сформулювати цю модель, і саме під час цього процесу студент відкривається важливість графічних знань».

Інша група іспанських дослідників упровадила в процес вивчення проєктування засобами AutoCad проблемного підходу. Проблемний підхід ґрунтується на розв'язанні певних графічних завдань у малих групах з подальшим обговоренням та самооцінкою. В якості технічної підтримки інтеграції нової методики використано TrainCAD – інноваційний інструмент оцінювання вправ здобувачів освіти. Слід зазначити, що «TrainCAD забезпечує керування функціями контролю (такими як облікові записи та керування вмістом), призначати новий вміст користувачам, контролювати роботи

кожного користувача або групи користувачів у режимі реального часу та для створення та звітів зі збережених даних» [9]. Емпіричні результати цього дослідження засвідчили значний прогрес здобувачів освіти у принципах і якості використання інструментів САПР.

Представники технічного університету Darmstadt (Німеччина) A. Faath і R. Anderl, наголошують на необхідності вивчення САПР на основі проєктного навчання. Особливістю методичного забезпечення у цьому випадку є використання тривимірної моделі автомобіля McNeil Swendler, яка дозволяє забезпечити формування цілісних технічних навичок студентів [10]. Дослідники наголошують, що такий підхід дозволяє вивчити не тільки навички використання САПР, а й більш детально розглянути інші технічні дисципліни.

Викладачі політехнічного університету Туріна (Італія) зосереджують увагу на використанні адитивного виробництва – тривимірного друку. Ключовою особливістю цього підходу є те, що здобувач освіти розробляє практичний проєкт засобами графічного моделювання, який «полягає в проєктуванні полімерного виробу з декількох компонентів і закінчується виготовленням зібраного прототипу» [11]. Методика організації навчального процесу ґрунтується на виконанні здобувачем освіти усього циклу операцій: ідея, ескіз, моделювання, наплавлення, дефектування, збирання, оцінювання функціональності. Лейтмотивом такого підходу є формування цілісного уявлення щодо графічного проєктування та виготовлення пристроїв та обладнання.

Дослідження ефективності адитивних технологій при вивченні САПР в Бургоському університеті (Іспанія) констатують дещо інший підхід їхнього використання. Зокрема здобувачі вищої освіти можуть використовувати їх як засіб перевірки певної конструкції (на прикладі шатуна) на предмет заклинювання, належного функціонування чи ощадливості використання матеріалу. Інший підхід використання тривимірного друку полягав у удосконаленні конструкції певного виробу чи механізму [12]. Як наслідок, такий тип методичного забезпечення носить досить глибокий міжпредметний характер й дозволяє вивчити не лише САПР а й базові та супутні технічні дисципліни.

Створення віртуальної лабораторії проєктування є ключовою ідеєю польського педагога S. Szabłowski. Він наголошує, що використання графічних пакетів проєктування доцільно використовувати виключно в рамках професійно-орієнтованого навчально-дослідного проєкту [13]. Використання САПР, за таким підходом, доцільно використовувати на певних етапах – прототипування, моделювання й діагностування. Тобто методичне забезпечення ґрунтується на цілях підготовки фахівця та засобах їхньої реалізації.

Високою ефективністю при вивченні графічних дисциплін характеризується метод залучення експертів. Сутність цього методу полягає у порівнянні результатів проєктування студентів-інженерів та практиків-інженерів. Рефлексія графічних робіт дозволяє краще усвідомити правильність їх виконання й забезпечити тісний зв'язок з майбутньою професійною діяльністю [14]. Згідно із цим підходом експерти, в якості резюме, демонструють увесь процес графічного проєктування з урахуванням найбільш типових й поширених помилок, що дозволяє реалізувати певний зв'язок з виробництвом. Схожої думки дотримуються британські дослідники N. Cross й A. Cross котрі описують методичні підходи залучення експертів в галузі інженерії для підвищення якості графічно-конструкторської підготовки [15].

Досвід голландських вчених A. Van den Beemt, M. MacLeod, J. Van der Veen, A. Van de Ven, S. Van Baalen, R. Klaassen, M. Boon базується на міждисциплінарній інженерній підготовці. Тобто зміст, форми й методи навчання повинні мати характер міждисциплінарної інтеграції, в тому числі й при вивченні графічних дисциплін (прикладного проєктування). Концепція полягає в «базовому підході «чому-як-що», який підтримує тенденції про освітні стратегії з нуля. вивчення міждисциплінарних курсів і навчальних планів, при якому, потребує ідентифікації освітніх процесів на трьох рівнях: бачення, навчання та підтримка» [16]. Вивчення графічних дисциплін згідно з таким підходом є складовою певного компонента підготовки інженера, який детермінує використання інтегрованого змісту й форм навчання.

В університеті Вільнюса (Литва) ефективно функціонує підхід STEAM – освіти під час загальнотехнічної та конструкторської підготовки (робоча група дослідників: A. Juškevičienė, V. Dagienė, V. Dolgorolovas). Методичне забезпечення графічних дисциплін ґрунтується на функціонуванні єдиної навчальної системи проєктних рішень, до якої входять дисципліни з фізико-механічних розрахунків й дисципліни інженерно-графічного спрямування – для візуального представлення результатів проєктування [17].

Ще одним важливим напрямом удосконалення методичної підтримки викладання графічних дисциплін є командна робота при комп'ютерному проєктуванні. Зокрема дослідники Мюнхенського університету «...пропонують проєктні групові роботи студентам, які полягають у графічному проєктуванні та виготовленні приладу» [18].

Удосконалення методичного забезпечення курсу графічного проєктування шляхом його цифровізації покладено в основу наукових розробок британських дослідників. Інноваційність підходу заснована на покращенні спільної роботи над проєктами в умовах багатофункціональної віртуальної лабораторії. Зазначимо, що «команд із чотирьох

осіб (архітектор, керівник проєкту, інженер-теплотехнік та інженер-конструктор) показали незначну статистично значущу різницю між продуктивністю віртуальних і спільно розташованих команд» [19]. В таких умовах реалізується принцип «освіти без кордонів», ідентифікування власної ролі у проєкті та чіткий розподіл виконання графічних завдань.

Інший напрямок діджиталізації графічної освіти популяризують педагоги університету Аліканде A. Jimeno-Morenilla, J. L. Sánchez-Romero, H. Mora-Mora, R. Coll-Miralles [20], котрі досліджують потенціал використання засобів віртуальної реальності при викладанні інженерного проєктування. На думку дослідників «практичний зміст включає використання пристроїв віртуальної реальності, щоб допомогти дизайнеру подолати обмеження візуалізації прототипу та прийняти кращі проєктні рішення». Емпіричні результати дослідження засвідчили, значне підвищення рівня креативних навичок графічного проєктування у здобувачів освіти, порівняно з етапом без використання засобів віртуальної наочності.

Окремо варто зазначити, що значну переоцінку методичного забезпечення викладання графічних дисциплін детермінують досягнення у сфері штучного інтелекту (англ., Artificial Intelligence). Вже сьогодні функціонує інструмент AMCAD AI функціонал якого охоплює надання студентам мультимедійних ресурсів для вивчення змісту графічних дисциплін, ґенерування вправ CAD, покращує розуміння ортографічних проєкцій, виконання розрізів й перерізів, складальних креслень тощо. Крім того «навчальний робот» володіє можливостями перевірки правильності виконання завдань [21].

В контексті інтегрування штучного інтелекту в процес графічного проєктування досить неординарним є підхід групи турецьких дослідників. Експериментальне дослідження засвідчило, що використання Generative Design Assistants (GDA) дозволяє значною мірою оптимізувати вивчення графічних дисциплін. Ефективним в окресленому розрізі є використання GDA на етапі попередніх розрахунків й особливо ефективним на етапі ґенерування ідей [22].

Сучасний європейський освітній процес стрімко й динамічно розвивається і викладання графічних дисциплін не є винятком. Помітними є тенденції, що в ЄОП набирають популярності інноваційні підходи, що сприяють кращому засвоєнню матеріалу та формуванню у студентів компетенцій, необхідних для успішного працевлаштування. Методичне забезпечення викладання графічних дисциплін дещо трансформоване й перебуває на перехідному етапі від традиційних парадигм до інноваційно-цифрових.

Серед ключових тенденцій удосконалення методичного забезпечення викладання графічних дисциплін в умовах ЄОП можна виділити такі:

1. *Методи й форми групового навчання:* спільна робота над проєктами та завданнями стимулює комунікацію, співпрацю та обмін досвідом, а також сприяє розвитку навичок роботи в команді.

2. *Засоби адитивних технологій:* використання 3D-принтерів, віртуальної та доповненої реальності, а також програмного забезпечення для 3D-моделювання робить навчання більш наочним, динамічним та цікавим. Водночас гармонійно забезпечуються міжпредметні зв'язки й наступність підготовки фахівця.

3. *Проєктний підхід:* орієнтація на практичні проєкти дозволяє студентам застосовувати теоретичні знання на практиці, розвивати креативність та критичне мислення. «Повний цикл» виконання проєкту дозволяє забезпечити цілісне формування професійних графічних навичок.

4. *Проблемне навчання:* розв'язання проблемних задач стимулює самостійне дослідження, пошук оптимальних рішень та прийняття обґрунтованих висновків. Крім того використання графічних пакетів детермінується прикладними завданнями, а не вимогами нормативної підготовки.

5. *Віртуальні лабораторії:* використання віртуальних лабораторій дає можливість проводити досліди та експерименти без ризику для здоров'я та доквілля, а також розширює доступ до лабораторного обладнання. Водночас це дозволяє забезпечити належну міжособистісну комунікацію та вміння працювати в умовах сучасного цифрового виробничого середовища.

6. *Засоби штучного інтелекту:* впровадження штучного інтелекту в освітній процес дозволяє персоналізувати навчання, надавати студентам індивідуальну підтримку та автоматизувати рутинні завдання. Варто зауважити, що цей аспект є мало дослідженим, а саме не достатньо вивченим є його вплив на когнітивно-пізнавальні можливості здобувачів освіти.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Окреслені тренди свідчать про те, що викладання графічних дисциплін в ЄОП стає більш динамічним, інтерактивним, практико-орієнтованим та цифровізованим. Це дозволяє краще підготувати студентів до сучасних викликів ринку праці та сприяє їхньому особистому та професійному розвитку. Аналіз методичного забезпечення викладання графічних дисциплін засвідчив деякий дисонанс з практикою вітчизняної графічної підготовки.

Адаптування методичного забезпечення викладання графічних дисциплін країн ЄОП ми вбачаємо через реалізацію низки завдань: підвищення кваліфікації викладачів, оновленні освітніх програм, забезпечення належною технічною базою та організація міжнародної співпраці. Інтеграція зазначених освітніх трендів потребуватиме значних зусиль та ресурсів, але це дозволить українським закладам освіти вийти на принципово новий

рівень освітнього процесу та підготувати висококваліфікованих фахівців, які зможуть успішно конкурувати на світовому ринку праці.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Козяр М. М. Методичне забезпечення графічної підготовки спеціаліста у вищому закладі освіти (на прикладі не машинобудівних спеціальностей) : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. пед. наук : 13.00.02. К., 2000. 20 с.
2. Нищак, І. Д. Методична система навчання інженерно-графічних дисциплін майбутніх учителів технологій : дис... док-ра. пед. наук : 13.00.02 / Дрогоб. нац. пед. ун-т ім. І. Франка. Дрогобич, 2016. 565 с.
3. Бойчук, В. М. Теоретичні і методичні основи художньо-графічної підготовки майбутнього вчителя технологій: монографія. Вінниця : ФОП Рогальська О.І., 2015. 564 с.
4. Райковська, Г. О. Наукові підходи та сучасний стан з графічної підготовки майбутніх фахівців у ВНЗ. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка*, (35), 2007. С. 109–114.
5. Джеджула, О. М. Сучасне інформаційне забезпечення графічної підготовки студентів у вищих навчальних закладах. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, (7), 2005. С. 264–267.
6. Джеджула, О. М., Пришляк, В. М., & Хом'яківська, Т. А. Методика викладання технічних дисциплін англійською мовою на основі використання мультимедійних засобів. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, (37), 2014. С. 387–392.
7. Житеньова, Н. В. Теоретичні і методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання технологій візуалізації в освітньому процесі : дис.... д-ра пед. наук / 13.00. 04. Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. Сковороди. Харків, 2020. 538 с.
8. Molinero Sánchez, J. G., & García Píriz, T. The Model as an Introduction to Graphic Learning: A Teaching Experience. In *Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica* (2024, March) (P. 122–130). Cham: Springer Nature Switzerland.
9. Pando Cerra, P., Fernández Álvarez, H., Busto Parra, B., & Castano Buson, S. Boosting computer-aided design pedagogy using interactive self-assessment graphical tools. *Computer Applications in Engineering Education*, 2023, 31(1). P. 26-46.
10. Faath, A., & Anderl, R. Interdisciplinary and consistent use of a 3D CAD model for CAx education in engineering studies. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (2016, November, Vol. 50571, p. V005T06A031). American Society of Mechanical Engineers.
11. Minetola, P., Iuliano, L., Bassoli, E., & Gatto, A. Impact of additive manufacturing on engineering education—evidence from Italy. *Rapid Prototyping Journal*. 2015. 21(5). P. 535-555.
12. Ramos Barbero, B., Melgosa Pedrosa, C., & Castrillo Peña, G. The importance of adaptive expertise in CAD learning: maintaining design intent. *Journal of Engineering Design*. 2018. 29(10). P. 569–595.
13. Szablowski, S. Wirtualne laboratorium w dydaktyce mechatroniki. *Dydaktyka Informatyki*. 2010. № 5. P. 107–126.
14. Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*. 2007. 96(4). P. 359–379.
15. Cross, N., & Cross, A. C. Expertise in engineering design. *Research in engineering design*. 1998. № 10. P. 141–149.
16. Van den Beemt, A., MacLeod, M., Van der Veen, J., Van de Ven, A., Van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of Engineering Education*. 2020. № 109 (3). P. 508–555.
17. Juškevičienė, A., Dagienė, V., & Dolgopolas, V. (2021). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*. 2021. № 29(1). P. 209-228.
18. Ehrlenspiel, K., Giapoulis, A., & Günther, J. Teamwork and design methodology – Observations about teamwork in design education. *Research in engineering design*. 1997. № 9. P. 61–69.
19. El-Tayeh, A., Gil, N., & Freeman, J. A methodology to evaluate the usability of digital socialization in “virtual”engineering design. *Research in Engineering Design*. 2008. № 19. P. 29-45.
20. Jimeno-Morenilla, A., Sánchez-Romero, J. L., Mora-Mora, H., & Coll-Miralles, R. Using virtual reality for industrial design learning: a methodological proposal. *Behaviour & Information Technology*. 2016. № 35(11). P. 897–906.
21. AMCAD-AI. URL: <https://amcad.ai/> (дата звернення: 10.04.2024).
22. Zeytin, E., Kösenç, K. Ö., & Öner, D. The Role of AI Design Assistance on the Architectural Design Process: An Empirical Research with Novice Designers. *Journal of Computational Design*, 5(1). P. 1–30.