

Олександр Деревянчук, кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

РОЗВИТОК У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НАВИЧОК МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ STEM-ПРОЄКТІВ

У статті розглядається застосування моделювання багатогранників у рамках STEM-проектів для підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. Активне включення 3D-моделювання у освітній процес спрямоване на інтеграцію наукових знань, технологій, інженерії та математики через виконання практичних завдань та реальних інженерних викликів. Моделювання багатогранників, зокрема, дає змогу глибше зануритись у вивчення властивостей геометричних фігур, їхньої симетрії та пропорцій, що сприяє не лише засвоєнню абстрактних математичних концепцій, але й розвитку логічного і просторового мислення. Особлива увага приділяється проекту "Моделювання просторових зображень багатогранників", що включає аналіз, покрокове створення моделей в AutoCad, застосування програмних інструментів для 2D- і 3D-проектування та друк моделей на 3D-принтері.

Ключові слова: цифровізація освіти; STEM-проект; моделювання; інженерно-педагогічні спеціальності.

Лім. 37. Рис. 20.

Oleksandr Derevyanchuk, Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor of the
Professional and Technological Education and General Physics Department,
Chernivtsi Yuriy Fedkovych National University

DEVELOPMENT OF MODELING SKILLS IN FUTURE SPECIALISTS OF ENGINEERING AND PEDAGOGICAL SPECIALTIES DURING THE IMPLEMENTATION OF STEM PROJECTS

The article discusses the application of polyhedron modeling within the framework of STEM projects for the training of future specialists in engineering and pedagogical specialties. The active inclusion of 3D modeling in the educational process is aimed at integrating scientific knowledge, technology, engineering, and mathematics through solving practical tasks and real engineering challenges. Modeling polyhedra, in particular, allows for a deeper exploration into the properties of geometric figures, their symmetry, and proportions, which not only facilitates the understanding of abstract mathematical concepts but also promotes the development of logical and spatial thinking. Special attention is given to the project "Modeling spatial images of polyhedra", which includes analysis, step-by-step model creation in AutoCad, the use of software tools for 2D and 3D design, and printing models on a 3D printer. These activities not only enhance the practical skills of educational candidates but also open broader prospects for innovation and professional development in the fields of engineering and pedagogy.

A step-by-step creation of a 3D prismatoid model has been developed and described, including the integration of faces, shape optimization for 3D printing, and mesh smoothing to improve visual quality. Before completion, the model undergoes a check for geometric errors and is visualized using realistic materials and lighting to better represent its physical characteristics and use for educational purposes.

The STEM project involves the physical realization of a digital model through 3D printing. Printing a three-dimensional prismatoid model on a 3D printer encompasses three main stages: preparation and modeling, the actual printing, and, if necessary, mechanical post-processing. Initially, the prismatoid model is exported in .stl or .obj formats, and then the software slices it into layers for printing. Before exporting, it is crucial to remove all unnecessary lines and polylines, ensuring that all 3D planes merge into a single model correctly. For optimal printing, the model is positioned on the print bed to ensure maximum stability and minimize the need for support. The final print may require mechanical post-processing to enhance its appearance; however, some technologies, such as FDM, allow complex mechanical parts to be used directly after printing.

Keywords: digitalization of education; STEM project; modeling; engineering-pedagogical specialties.

Постановка проблеми. У сучасних умовах технологічного розвитку, зростають вимоги до професійних компетенцій фахівців. Інженерні завдання стають дедалі складнішими, і для успішного їх розв'язання потрібні нові підходи й інструменти, серед яких моделювання займає вагомe місце, адже воно дає змогу створювати точні та детальні віртуальні копії

реальних об'єктів і процесів [19]. Це, зі свого боку, створює умови для того, щоб фахівці експериментували з різними параметрами та умовами, не ризикуючи реальними ресурсами. Наприклад, у машинобудуванні моделювання допомагає оптимізувати конструкцію механізмів, зменшуючи час і вартість розробки прототипів. Також моделювання сприяє інтеграції нових технологій у виробничі процеси.

Використання сучасних програмних комплексів для моделювання дозволяє автоматизувати багато рутинних завдань, підвищуючи ефективність роботи. Так, технології штучного інтелекту та машинного навчання, інтегровані з інструментами моделювання, можуть аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати можливі несправності й оптимізувати технічні рішення [6; 33]. Отже, актуалізується роль моделювання в професійній підготовці майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей, як важливого інструменту навчання, що забезпечує комплексний підхід до розв'язання професійних завдань. Моделювання дозволяє створювати й аналізувати складні системи [28; 29; 30; 31; 32]. Це особливо важливо у сфері інженерії, де часто потрібно враховувати велику кількість змінних та їх взаємодій. Знання основ моделювання допомагає майбутнім фахівцям зрозуміти принципи роботи технічних систем і використовувати їх на практиці. Моделювання є невід'ємною частиною реалізації STEM-проектів [2].

Аналіз досліджень. Оскільки професійна діяльність в сучасних умовах ринку праці вимагає не тільки глибоких технічних знань, але й умінь передавати їх здобувачам освіти, важливо інтегрувати практичні навички 3D-моделювання в освітній процес. Це не тільки сприяє кращому розумінню технічних аспектів інженерії, але й підвищує ефективність педагогічної діяльності, допомагаючи майбутнім фахівцям успішно адаптуватися до вимог високотехнологічного ринку праці.

Проблемі формування у здобувачів навичок, затребуваних на ринку праці присвячені дослідження [16; 35], впровадженню STEM-освіти і реалізації STEM-проектів [4; 10; 11; 13; 14; 15; 17; 18; 27; 36], моделюванню [1; 3].

Мета статті. Аналіз та демонстрація важливості впровадження проектів у сфері STEM-освіти, зокрема через використання 3D-моделювання, у підготовці майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей.

Виклад основного матеріалу. Процес моделювання набуває особливого значення у зв'язку з використанням його як основного компонента діяльності педагога, і створення педагогічного проекту. Поняття “моделювання” належить до тезаурусу педагогічного простору з технічної сфери і потребує наукового обґрунтування, встановлення норм та закономірностей функціонування в системі освітньої галузі.

Термін “моделювання” трактується як “метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень іншим, подібними до нього – моделлю” [8].

У широкому розумінні, “моделювання – це процес адекватного відображення найпростіших властивостей досліджуваного об'єкта чи явища з точ-

ністю, необхідною для практичних потреб”.

Отже, “моделювання – це процес зображення об'єкта дослідження подібною до нього моделлю, виконання експериментів із нею, для отримання інформації про об'єкт дослідження” [7].

Своєю чергою, “комп'ютерне моделювання – це створення об'єкта або явища, з використанням комп'ютерної техніки та математичних, фізичних або логічних систем”. Результатом моделювання є комп'ютерні моделі, які можуть бути представлені у форматах 2D-зображення та 3D-зображення; вони можуть бути статичні або гейміфіковані (з елементами анімації) [5].

Отже, можемо розглядати розвиток у майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей навичок моделювання при виконанні STEM-проектів, як цілеспрямований процес формування та вдосконалення знань і умінь, необхідних для створення та використання моделей у наукових, технічних, інженерних і математичних (STEM) проєктах. Цей процес включає навчання методів моделювання, інтеграцію теоретичних знань з практичними завданнями, а також розвиток критичного мислення і творчого підходу до розв'язання проблем, що дозволяє здобувачам освіти ефективно застосовувати моделювання для досягнення поставлених цілей в освітньому та професійному контекстах.

У сучасному освітньому процесі активно реалізують різноманітні STEM-проекти. Вони спрямовані на розв'язання практичних завдань та поглиблення знань здобувачів освіти інженерно-педагогічних спеціальностей [22; 24; 25].

Використання моделювання у рамках STEM-освіти передбачає інтеграцію наукових знань, технологій, інженерії та математики через практичні, часто проєктно-орієнтовані завдання, які спрямовані на розв'язання реальних проблем.

Організація проєктної діяльності студентів закладів вищої освіти сприяє формуванню стійкої мотивації до вивчення дисциплін загальної та професійної підготовки, що лежать в основі STEM-освіти. У процесі створення продукту від задуму до реалізації, здобувачі освіти усвідомлюють інтегровану теоретичну та практичну цінність знань з природничо-математичних і технічних дисциплін. STEM-освіта має значний потенціал для розвитку творчої ініціативи майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей та сприяє їхній активній участі у формуванні компетентностей, визначених освітньо-професійними програмами.

Розвиток творчого мислення через моделювання в STEM-освіті пропонує значні переваги, які включають підвищення інноваційного потенціалу, адаптивність, розв'язання складних задач, поліпшення критичного мислення, збільшення самовпевненості, розвиток особистісних та професійних навичок.

Моделювання багатогранників дозволяє здобувачам освіти заглиблюватись у світ точних наук, вивчати властивості форм, їхню симетрію та пропорції. Це не тільки сприяє кращому засвоєнню абстрактних математичних концепцій, але й стимулює логічне та просторове мислення. Під час роботи над проєктом здобувачі освіти навчаються користуватися інструментами для 3D-моделювання, що є важливою компетенцією у багатьох сучасних професіях [3].

Реалізація STEM-проєкту “Моделювання просторових зображень багатогранників” здійснюється на прикладі призматоїда та передбачає такі етапи: аналіз графічного зображення; покрокове створення 3D-моделі призматоїда; налаштування програми AutoCad для створення проєкційних зображень; застосування основних виглядів програми для 2D-проєктування; друк тривимірної моделі призматоїда на 3D-принтері.

Конкретизуємо кожен з етапів.

1. Аналіз графічного зображення призматоїда

Здобувачам освіти необхідно опанувати інформацією про фігуру, яка створюється. На цьому етапі аналізуємо графічне зображення призматоїда в програмі AutoCad [9].

Призматоїд – це багатогранник, обмежений двома багатокутниками, розташованими в паралельних площинах (вони є його основами).

Основою можуть бути багатокутники із довільною кількістю сторін. Його бічні грані є трикутниками або трапеціями, одна сторона яких лежить в одній основі, а протилежна вершина або сторона багатокутника – в іншій. Приклади включають куб, прямокутний паралелепіпед, усічену піраміду, призму та піраміду [37].

Різновидом призматоїдів є призматоди, у яких обидві основи є багатокутниками з однаковим числом вершин, а бічні грані – або паралелограмами, або трапеціями [21].

Об'єктом нашої побудови в графічному редакторі AutoCad буде призматоїд основами якого є правильні шестикутники, а бічні грані – трикутники. Особливістю стане поворот на 90^0 однієї із основ по відношенню до іншої. Кутове співвідношення повороту площин основи призматоїда може бути довільним.

2. Покрокове створення 3D-моделі призматодоїда

На цьому етапі в програмі AutoCad, виконуємо графічні побудови в робочому просторі “2D Drafting & Annotation” (2D-Малювання та Анотації) у такій послідовності:

1-й крок. Активуємо команду “Polygon” (Багатокутник) у меню “Draw” (Малювання).

На запит “Введіть кількість сторін”, в командному рядку задаємо – 6 і натискаємо <Enter>.

На запит “Введіть центр полігона”, в командному рядку задаємо – 0,0,0 <Enter>.

У відповідь на запит програми “Вписаний в коло”, “Описаний навколо кола”, в командному рядку набираємо – “In” <Enter> (рис.1).

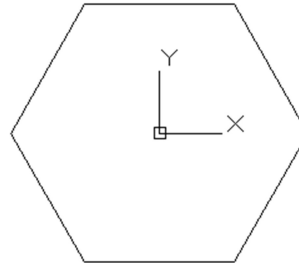


Рис. 1. Шестикутник основи багатогранника

Для аналізу графічних побудов застосуємо “3D Orbit” (3D-Орбіта) (рис. 2).

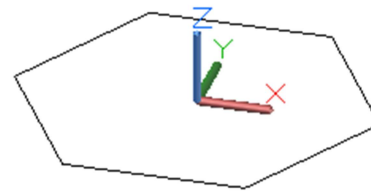


Рис. 2. Аналіз графічних побудов

Побудова верхньої частини нашого призматодоїда вимагає створення однотипного шестикутника зсунутого як по координаті z, так і по координатах x та y. Зміщення по x, y та z обираємо довільно. Для цього застосуємо послідовність наступних дій:

1 – активуємо команду “Copy” (Копіювати) в меню “Modify” (Редагування);

2 – на запит командного рядка “Виділіть об'єкти” – виділяємо скопійований полігон і натискаємо <Enter>;

3 – на запит командного рядка “Вкажіть базову точку” – підводимо курсор до центру полігона і натискаємо лівою клавішею миші (ЛКМ). Обов'язково слідкуємо за наявністю відповідної “Прив'язки” – “Геометричний центр”. За її відсутності активуємо її у “Рядку стану”;

4 – на запит командного рядка “Друга точка” – вводимо числові значення координат 40,40,150 і натискаємо <Enter> та <Esc> (рис. 3, а).

Перевіряємо побудову, застосувавши “3D Orbit” (3D-Орбіта) (рис. 3, б).

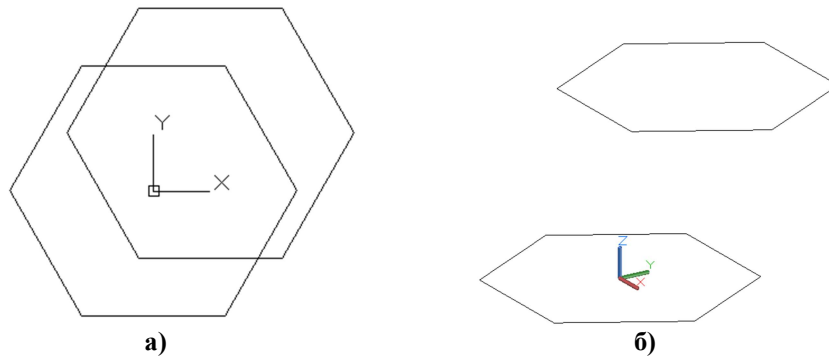


Рис. 3. Побудова і контроль розташування верхньої частини призматоїда

Оскільки побудовані нами фігури утворені полілініями (рис. 4, а), то наступним кроком перетворимо їх на площини. Для цього перейдемо у робочий простір “3D Modeling” (3D-моделювання) і застосуємо у меню “Solid Edition” (Редагування тіл) команду “Convert to Surface” (Пере-

творити у поверхню). На запит командного рядка “Виберіть об’єкти” – накидаємо ласо (виділяємо обидві фігури) і натискаємо <Enter> (рис. 4, б). Наявність 6-ти ізоліній по вертикалі і горизонталі символізує в AutoCad утворення плоских поверхонь.

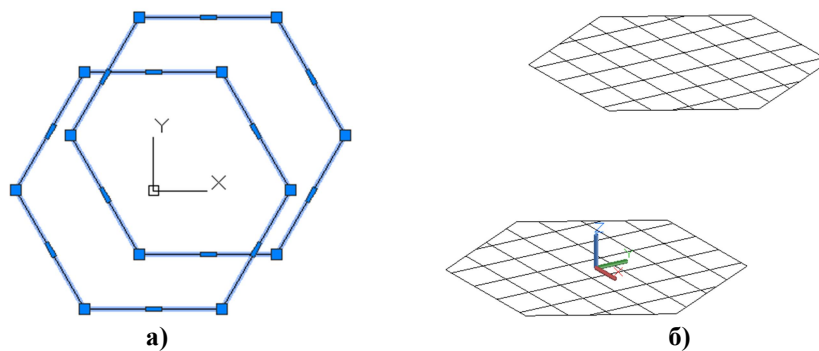


Рис. 4. Перетворення поліліній на плоскі поверхні

За умовами графічних побудов, верхню частину призматоїда необхідно повернути в цій же площині (x, y) на кут 90° .

Для цього активуємо команду “Rotate” (Повернути) в меню “Modify” (Редагування). На запит командного рядка “Виділіть об’єкти” – виділяємо верхню площину і натискаємо <Enter>. На запит командного рядка “Вкажіть базову точку” – підво-

димо курсор до центру полігона і натискаємо ЛКМ. На запит “Укажіть кут повороту” – вводимо в командному рядку число 90 (рис. 5, а). Програма формує ще одну площину для контролю побудов. Командою “Delete” видаляємо попереднє положення площини. Операцію повороту контролюємо, використовуючи “Вигляд зверху” у меню “View” (Вид) (рис. 5, б).

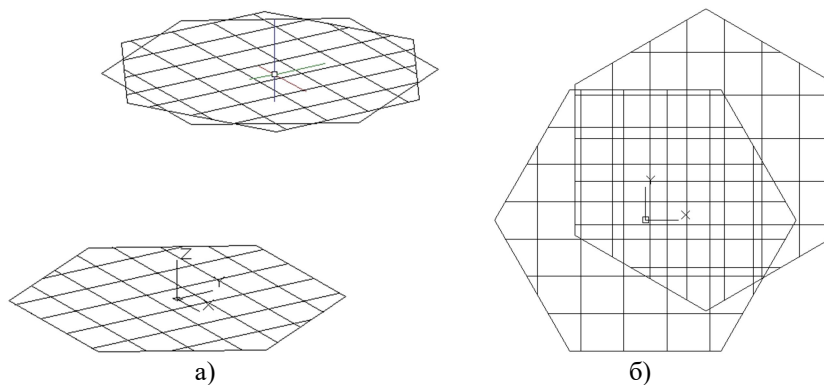


Рис. 5. Операція повороту на 90°

Завершальним кроком створення призматоїда стане формування бічних граней у вигляді трикутників. Для цього проведемо необхідні послідовні дії. А саме:

2-й крок. Активуємо графічний примітив “Line” (Відрізок), AutoCad не дозволяє виконувати поточ-

ні дії використовуючи полілінію.

3-й крок. З’єднаємо відповідні точки на верхній і нижній площинах (рис. 6, а).

4-й крок. Перетворимо набір відрізків на полілінію. Виділимо їх і використаємо команду “Join” (Об’єднати) із меню “Modify” (Змінювати) (рис. 6, б).

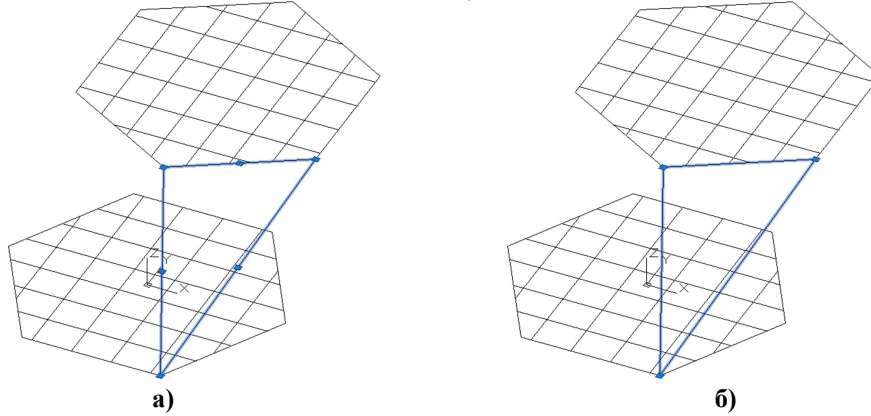


Рис. 6. Формування бічних граней

5-й крок. Застосуємо у меню “Solid Edition” (Редагування тіл) команду “Convert to Surface” (Перетворити у поверхню) і перетворимо бічний

трикутник на поверхні (рис. 7, а);

6-й крок. Застосуємо “3D Orbit” (3D-Орбіта) для зручності побудов решти граней (рис. 7, б);

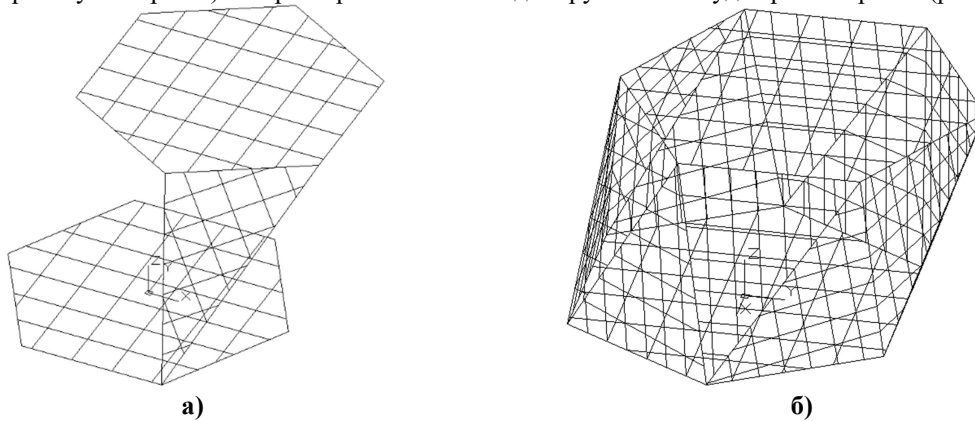


Рис. 7. Перетворення бічних граней на поверхні

7-й крок. Для зручності візуального сприйняття позбуваємося ізоліній на побудованих площинах. Для цього подвійним натисканням ЛКМ на одній із

площин активуємо таблицю її властивостей і обнулюємо число ізоліній в 0 (рис. 8, а). У результаті отримаємо 2D-каркас призматоїда (рис. 8, б).

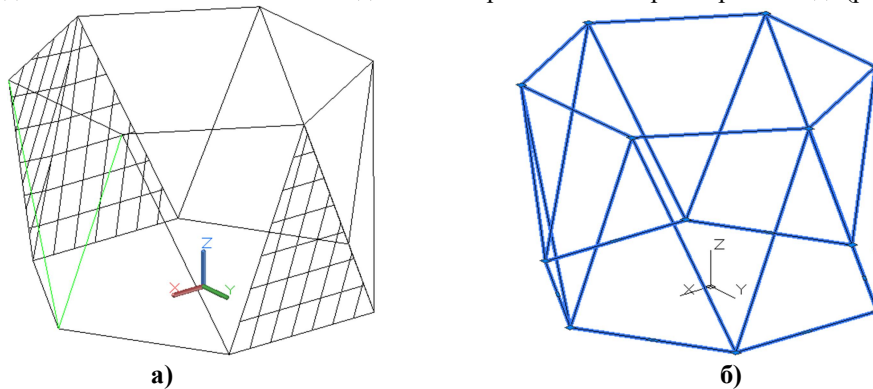


Рис. 8. Обнулення ізоліній на каркасі призматоїда

Командою “Shade” (Тонування) і зміною кольору у “Властивостях об’єкта” отримуємо кінцеве зображення призматоїда (рис. 9).

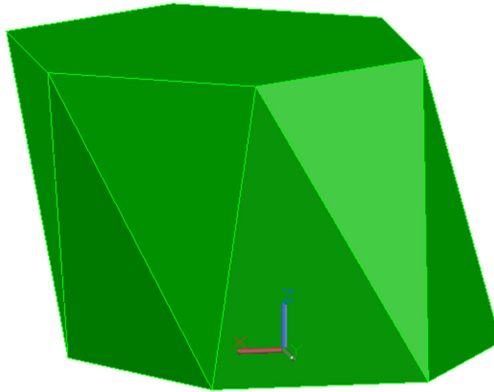


Рис. 9. Кінцеве зображення побудованого призматоїда

3. Налаштування програми AutoCad для створення проєкційних зображень

На третьому етапі для перетворення 3D-моделі призматоїда на взаємопов’язані проєкційні зображення, необхідно виконати низку дій у програмі, зокрема, активувати стандарти проєктування і

переконавшись у їх відповідності перед створенням проєкцій.

Основні вигляди створеного зображення можна активувати у меню “Visual Styles” функцією “Wireframe” (Каркас) (рис. 10). Також можна про-

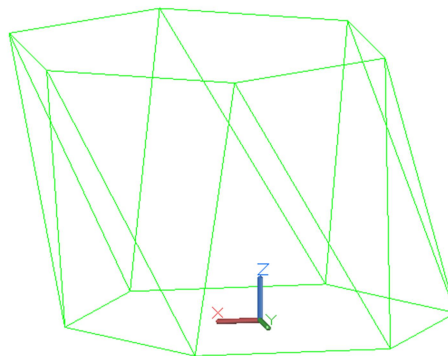


Рис. 10. Каркасне представлення призматоїда

Однак для перетворення 3D-побудов у пов’язані між собою моделі та проєкційні зображення необхідно виконати такі дії.

Оскільки в нашому випадку присутня тільки одна модель, відповідні дії будемо виконувати у створеному нами просторі “Листа 3”.

Для цього перейдемо у робочий простір “3D Modeling” (3D-моделювання) і активуємо у вкладці “Home” (Головна) на панелі “Base View” (Базовий вид) “From Model Space” (Із простору моделі).

На запит командного рядка “Виберіть об’єкти” або “Уся модель” – виділяємо призматод. На запит командного рядка “Введіть нове або наявне ім’я

листа” – набираємо 3 і натискаємо <Enter>. У верхній частині екрана активуємо вкладку “Layout” (Лист), з’являється новий інтерфейс панелей і команд, які дозволяють редагувати вигляди моделі (рис. 11).

Перед початком створення проєкційних зображень, переконаємося у відповідності їх створення згідно з Єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД). Для цього знайдемо у “Styles and Standards” (Стили і стандарти) (рис. 12) і переконаємося що у нас активовано відповідний стандарт проєктування “зліва-направо”.

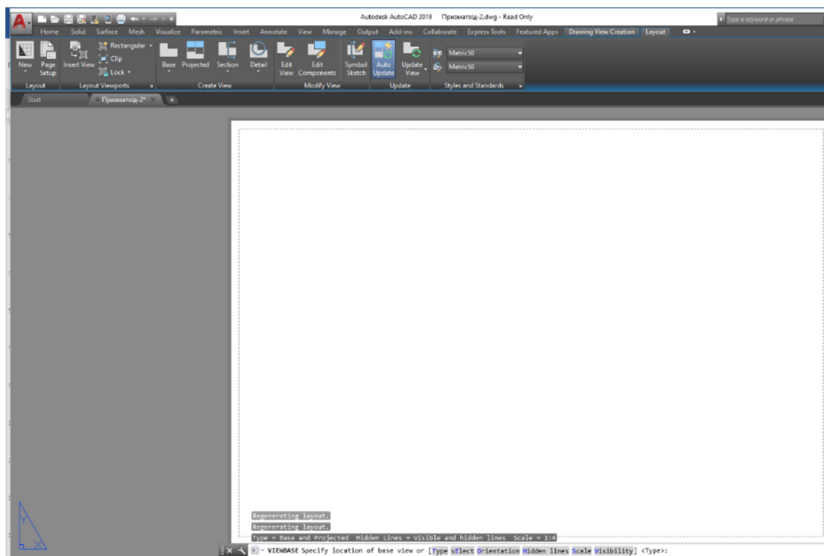


Рис. 11. Вкладка проєкційних перетворень

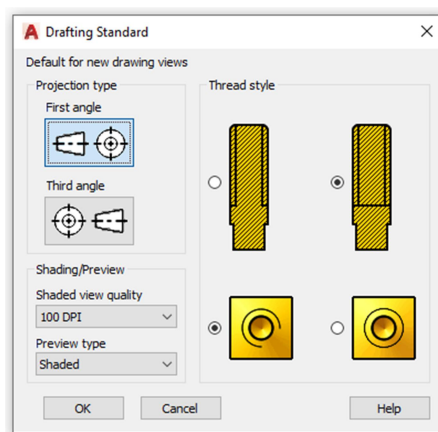


Рис. 12. Стандарти проєктування

4. Застосування основних виглядів програми для 2D-проєктування

На четвертому етапі відбувається застосування основних виглядів програми для 2D-проєктування, що передбачає: перехід моделі призматоїда з простору “Моделі” до простору “Листа”, вибір масштабу і місця для базового вигляду, а також автома-

тичне створення бокового і верхнього видів з подальшим формуванням ізометричного зображення, за потреби.

Оскільки перетворення будуть проходити із простору “Моделі” в простір “Листа”, нам необхідно активувати відповідний формат (рис. 13).

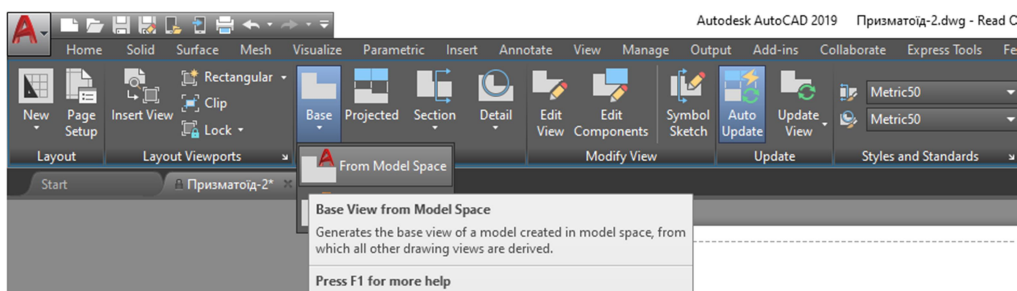


Рис. 13. Перехід у простір перетворень

**РОЗВИТОК У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
НАВИЧОК МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ STEM-ПРОЄКТІВ**

Автоматично, на фоні листа, з'являється у відповідному масштабі модель призматоїда. Обираємо зручне місце розташування базового вигляду і натискаємо ЛКМ <Enter> (рис. 14, а). Перетягуємо курсор праворуч від базового вигляду і автома-

тично програма формує вид збоку (рис. 14, б). Обираємо відповідне розташування і знову ЛКМ <Enter>. Аналогічно, вид зверху (рис. 14, в). За потреби, можна також сформувати ізометричне зображення призматоїда (рис. 14, г).

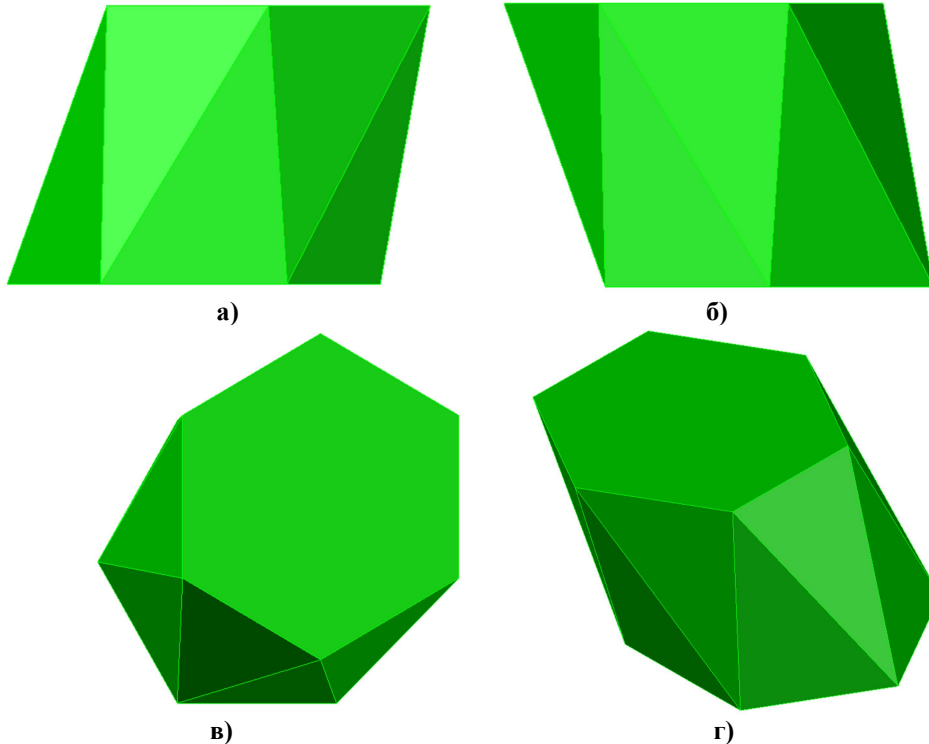


Рис. 14. Проекційні зображення призматоїда

5. Друк тривимірних багатограних моделей на 3D-принтері

На п'ятому етапі, останньому у процесі проектування, відбувається фізичне втілення цифрової моделі за допомогою 3D-друку, що включає: підготовку файлу моделі, вибір відповідних матеріалів, налаштування 3D-принтера, процес друку, а також розв'язання потенційних проблем, які можуть виникнути під час друку.

Виготовлення деталі методом 3D-друку включає у себе: моделювання та підготовку до друку,

безпосередній друк об'єкта та механічну пост-обробку, за потреби [26; 34].

Спроектвану раніше модель, експортують у формат (.stl, .obj) для подальшого нарізання її на шари у відповідному програмному пакеті.

Для експортування створеної моделі призматоїда в STL-формат необхідно виконати такі дії:

– Виділити та видалити “Delete” на створеній моделі усі допоміжні лінії (рис. 15, а) або полілінії (рис. 15, б), якщо такі залишилися. Для цього проводять курсор до бічних граней, граней основи і проводять контроль їх наявності (рис.15).

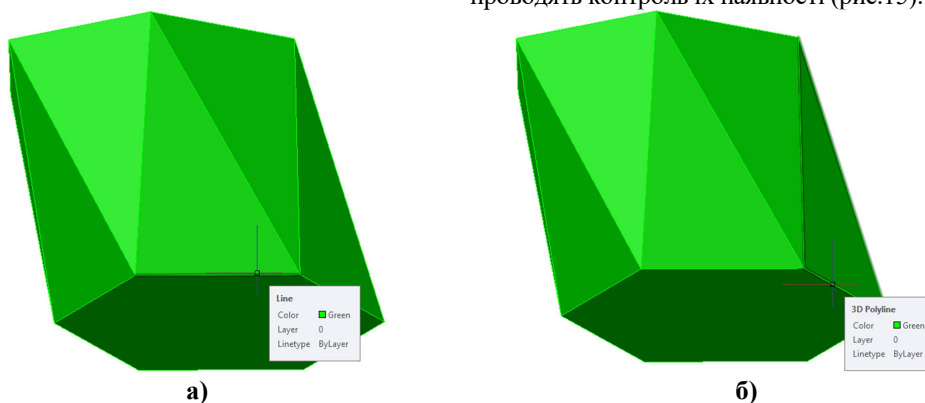


Рис. 15. Процес підготовки до імпортування моделі в STL формат

– Аналогічно перевірити факт створення нами усіх площин (рис. 16).

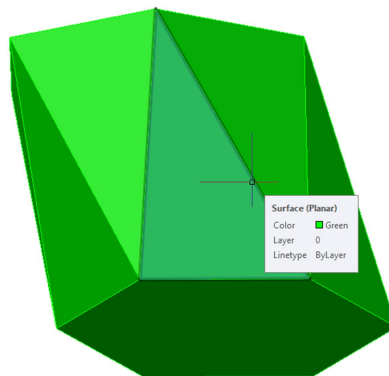


Рис. 16. Перевірка створених нами площин

– Наступною дією стане утворення нами з набору 3D-площин 3D-тіла. Для цього зайдемо в меню “Surface” (Поверхні) і активуємо команду “Sculpt” (Зліпити) (рис.17). На запит програми Виділіть об’єкти – накидаємо ласо на побудований призматойд і натискаємо <Enter>.

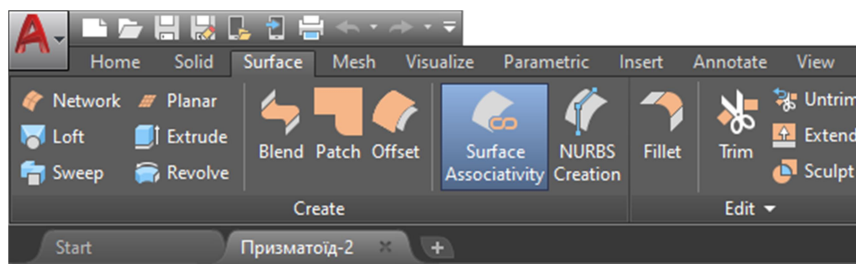


Рис. 17. Перехід від моделі 3D-площин в 3D-тіло

– Перевіряємо утворене “3D тіло” (3D Solid) (рис.18).

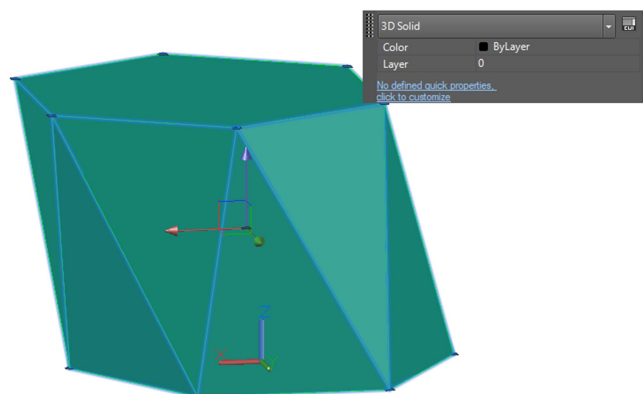


Рис. 18. Перехід побудов до 3D-тіла (3D-Solid)

Модель 3D-тіла готова до імпортування у формат STL. Виконуємо процесуальні дії “Файл – Експорт – Інші формати” (Lithography (*STL)) [3]. Вікно програмного пакета Repetier-Host з мо-

деллю призматойда готового до друку зображено на рис. 19. У складі програмного пакета Pronterface [20], слайсинг моделі проводився плагіном Prusa Slicer.

РОЗВИТОК У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НАВИЧОК МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ STEM-ПРОЄКТІВ

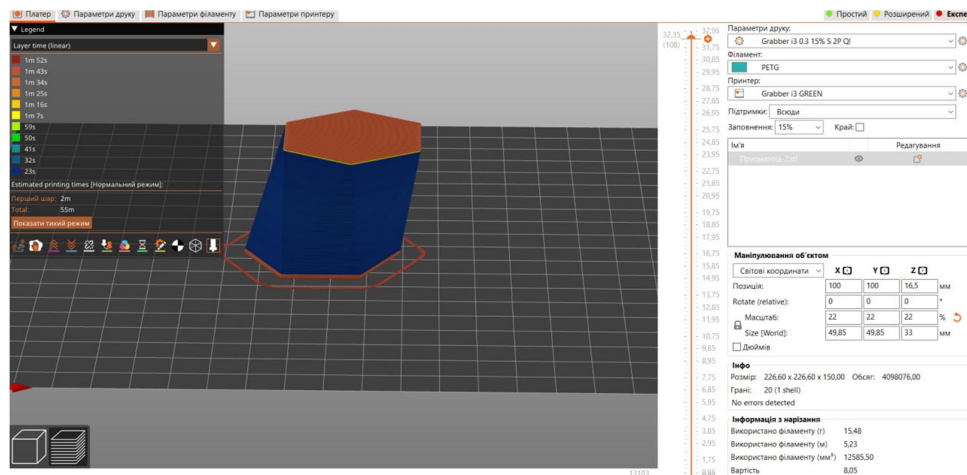


Рис. 19. Нарізна модель призматоїда у вікні програми Repetier-Host готова до друку

Процес друку та надрукована модель призматоїда зображені на рисунку 20. Отже, ми запропонували послідовний підхід до створення моделей в

AutoCad, використання програмних інструментів для 2D- та 3D-проекткування, а також друк моделей на 3D-принтері.

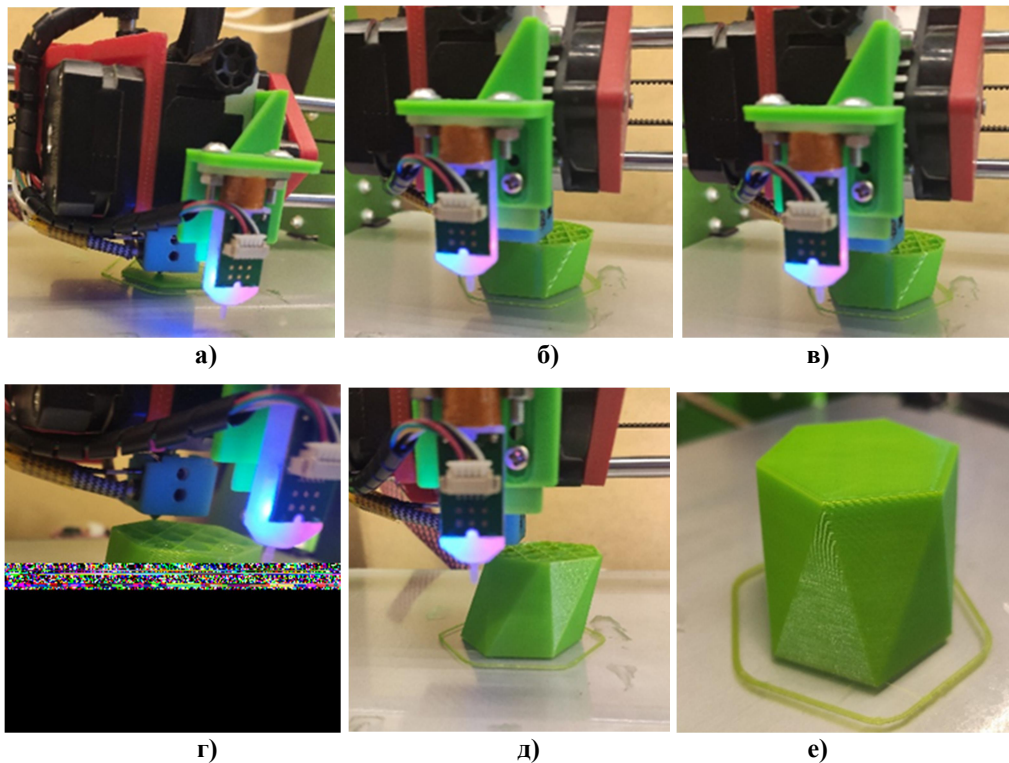


Рис. 20. Процес друку призматоїда

Застосування проєктів, реалізованих за допомогою комп'ютерного моделювання, у рамках STEM-освіти суттєво відрізняється від традиційного навчання. Ця система створює умови для розвитку та вдосконалення аналітичних і творчих здібностей

здобувачів освіти, дає їм можливість спробувати себе в командній роботі, розвиває їхню самостійність у здобутті нових знань. Така діяльність сприяє інтеграції навчальних дисциплін, формуванню навичок використання сучасних технологій і моде-

РОЗВИТОК У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НАВИЧОК МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИКОНАННІ STEM-ПРОЄКТІВ

лювання. Самостійне створення моделей дає змогу здобувачам освіти глибше зрозуміти основні властивості об'єктів, явищ та процесів, їхні компоненти і зв'язки між ними. Вивчення моделей формує у майбутніх фахівців навички аналізу, синтезу, критичного мислення та методичного підходу до реалізації змісту, засобами комп'ютерного моделювання в рамках проєктної діяльності [23].

Утілення STEM-проєкту в освітній процес є важливим на шляху до формування у майбутніх фахівців комплексного підходу до розв'язання проблем, готовності до постійної самоосвіти та здатності до інноваційного мислення. Це сприяє зростанню їхньої конкурентоспроможності на ринку праці, адже в сучасному світі від фахівців вимагаються не тільки глибокі знання у своїй області, але й здатність застосовувати їх у широкому контексті.

Висновки. Навички моделювання є ключовими для майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. Вони забезпечують глибоке розуміння інженерних систем, розвивають критичне мислення й аналітичні здібності, готують до реальних умов роботи, сприяють інноваційним методам навчання, підтримують міждисциплінарні зв'язки та дозволяють використовувати сучасні технології. Володіння цими навичками готує майбутніх фахівців до викликів сучасної інженерної освіти та практики.

Реалізація STEM-проєкту “Моделювання просторових зображень багатогранників” демонструє значний потенціал для підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. Результати дослідження вказують на значне поліпшення розуміння здобувачами освіти просторових геометричних об'єктів та принципів їх побудови завдяки використанню програмного забезпечення для моделювання. Впровадження технік комп'ютерного моделювання для збагачення процесу навчання сприяє вдосконаленню STEM-освіти та розвитку творчого мислення майбутніх інженерів-педагогів.

Надалі планується виконати STEM-проєкт із моделювання складних тривимірних моделей, використовуючи функціональні властивості команд для побудови зірчастих багатогранників. Проєкт спрямований не тільки на поглиблення практичних та теоретичних знань здобувачів освіти, а й на виконання більш складних завдань, що підвищуватиме навички розв'язання проблем і технічну компетентність у реальному контексті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Деревянчук О.В. Моделювання просторових зображень для реалізації STEM-проєктів у професійній підготовці майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. *Наукові тренди постіндустріального су-*

ільства: збірник наукових праць з матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, м. Івано-Франківськ, 26 квітня, 2024 р. 2024. С. 205–207. DOI 10.62731/mcnd-26.04.2024.

2. Деревянчук О.В. Реалізація STEM-проєктів у професійній підготовці студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. *Світ наукових досліджень*. Вип. 27: матеріали Міжнародної мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції (м. Тернопіль, Україна, м. Ополь, Польща, 22–23 лютого 2024 р.) / за ред. : О. Патряк та ін. ГО “Наукова спільнота”, WSZIA w Opolu. Тернопіль: ФОП Шпак В.Б. 2024. С. 67–70. URL: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/5338/>.

3. Деревянчук О. Реалізація STEM-проєкту “Моделювання просторових зображень правильних багатогранників” як засіб розвитку творчого мислення здобувачів освіти. *Молодь і ринок*. 2024. № 3 (223). С. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.301904>.

4. Деревянчук О. Розробка моделі нечіткої когнітивної карти для створення STEM-проєктів у професійній підготовці майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. *Вісник Університету імені Альфреда Нобеля*. Серія “Педагогіка і психологія”. Педагогічні науки. 2023. Вип. 26. № 2. С. 160–169. DOI: 10.32342/2522-4115-2023-2-26-16.

5. Литвинова С.Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 64. № 2. С. 48–65.

6. Ловська А.О., Равлюк В.Г. Виявлення причин утворення поверхневих дефектів коліс вагонів, обладнаних композиційними колодками. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія “Транспортні системи і технології”. 2022. № 40. С. 102–120. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-9>.

7. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ. 2017. 392 с.

8. Семютюк О.П. Сучасний словник іншомовних слів. Харків: Веста: Видавництво “Ранок”, 2008. С. 374.

9. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/> (дата звернення: 03.05.2024).

10. Balovsyak S.V., Derevyanchuk O.V., Fodchuk I.M. Method of calculation of averaged digital image profiles by envelopes as the conic sections. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. 2019. Vol. 754. P. 204–212. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6_21.

11. Balovsyak S.V., Derevyanchuk O.V., Fodchuk I.M., Kroitor O.P., Odaiska Kh.S., Pshenychnyi O.O., Kotyra A., Abisheva A. Adaptive oriented filtration of digital images in the spatial domain. *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*. 2019. Vol. 11176. P. 111761A-1–111761A-6. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2537165>.

12. Balovsyak S.V., Derevyanchuk O.V., Tomash V.V., Yarema S.V. Segmentation of railway transport images using fuzzy logic. *Trans Motauto World*. 2022. V. 7, № 3. P. 122–125.

13. Balovsyak S., Derevyanchuk O., Kovalchuk V., Kravchenko H., Ushenko Y., Hu, Z. STEM project for vehicle image segmentation using fuzzy logic. *International Journal*

- of *Modern Education and Computer Science (IJMECS)*. 2024. Vol. 16. № 2. P. 45–57. DOI:10.5815/ijmeecs.2024.02.04.
14. Balovsyak S., Derevyanchuk O., Kravchenko H., Ushenko Yu., Hu Z. Clustering Students According to their Academic Achievement Using Fuzzy Logic. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*. 2023. Vol. 15. № 6. P. 31–43. DOI:10.5815/ijmeecs.2023.06.03.
15. Balovsyak S.V., Derevyanchuk O.V., Kravchenko H.O., Kroitor O.P., Tomash V.V. Computer system for increasing the local contrast of railway transport images. *Proc. SPIE, Fifteenth International Conference on Correlation Optics*. 2021. Vol. 12126. P. 121261E1–7. DOI: 10.1117/12.2615761.
16. Bykova T., Ivashchenko M., Kovalchuk V. Opportunities for Implementing a Cross-Disciplinary Approach in Institutions of Professional Pre-Higher and Higher Education in Ukraine. *Professional Education: Methodology, Theory and Technologies*. 2021. № 14. P. 108–133. DOI: <https://doi.org/10.31470/2415-3729-2021-14-108-133>.
17. Derevyanchuk O.V., Kovalchuk V.I., Kramar V.M., Kravchenko H.O., Kondryuk D.V., Kovalchuk A.V., Onufriichuk B.V. Implementation of STEM education in the process of training of future specialists of engineering and pedagogical specialties. *Proceedings of SPIE*. 2024. Vol. 12938. P. 214–217. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3012996>.
18. Derevyanchuk O.V., Kravchenko H.O., Derevyanchuk Y.V., Tomash V.V. Recognition images of broken window glass. *Proceedings of SPIE*. 2024. Vol. 12938. P. 210–213. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3012995>.
19. Future of Jobs Report 2023. *World Economic Forum*. May 2023. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (дата звернення: 03.05.2024).
20. Ishengoma F.R., Mtaho A.B. 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *Int J Comput Appl*. 2014. Vol. 104. № 11. P. 30–34.
21. Kern W.F., Bland J.R. 1938. Solid mensuration: with proofs.
22. Kovalchuk V., Androsenko A., Boiko A., Tomash V., Derevyanchuk O. Development of Pedagogical Skills of Future Teachers of Labor Education and Technology by means of Digital Technologies. *International Journal of Computer Science and Information Security*. 2022. Vol. 22, № 9. P. 551–560. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.71>.
23. Kovalchuk V., Shevchenko L., Iermak T., Chekaniuk K. Computer Modeling as a Means of Implementing Project-Based Activities in STEM-Education. *Open Journal of Social Sciences*, 9. 2021. P. 173–183. DOI: 10.4236/jss.2021.910013.
24. Li Y., Xiao Y. Authorship and topic trends in STEM education research. *International Journal of STEM Education (IJSTEM)*. 2022. Vol. 9. № 62. P. 1–7.
25. Li Y., Xiao Y. et al. A systematic review of high impact empirical studies in STEM education. *International Journal of STEM Education (IJSTEM)*. 2022. Vol. 9. № 72. P. 1–18.
26. Lukianchuk I., Tulashvili Y., Podolyak V., Horbariuk R., Kovalchuk V., Bazyl S. Didactic Principles of Education Students 3D-printing. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. 2022. Vol. 22. № 7. P. 443–450.
27. Merchant S., Morimoto Emiko T.A., Khanbilvardi R. An Integrated STEM Learning Model for High School in Engineering Education. *Integrated Stem Education Conference (ISEC)*, [Princeton, NJ, 8-8 March 2014]. 2014. P. 4–9.
28. Panchenko S., Gerlici J., Lovska A., Ravlyuk V., Dižo J., Harušinec J. Study on the Strength of the Brake Pad of a Freight Wagon under Uneven Loading in Operation. *Sensors*. 2024. № 24 (2). 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24020463>.
29. Panchenko S., Gerlici J., Vatulja G., Lovska A., Ravlyuk V., Harušinec J. Studying the load of composite brake pads under high-temperature impact from the rolling surface of wheels. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2023. Vol. 4. P. 155–167. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994>.
30. Panchenko S., Gerlici J., Vatulja G., Lovska A., Ravlyuk V., Rybin A. Method for determining the factor of dual wedge-shaped wear of composite brake pads for freight wagons. *Communications. Scientific Letters of the University of Zilina*. 2024. Vol. 26 (1). P. B31–B40. DOI: <https://doi.org/10.26552/com.C.2024.006>.
31. Panchenko S., Lovska A., Ravlyuk V., Babenko A., Derevyanchuk O., Zharova O., Derevyanchuk Y. Detecting the influence of uneven loading of the brake shoe in a freight car bogie on its strength. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. № 5/7 (125). P. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287791>.
32. Panchenko S., Vatulja G., Gerlici J., Lovska A., Ravlyuk V. Study of the Strength of the Upgraded Brake Leveraging of a Wagon Bogie. In: Arsenyeva O., Romanova T., Sukhonos M., Biletskyi I., Tsegelnyk Y. (eds) *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 807. P. 243–254. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46874-2_22.
33. Prokipchuk O., Vysotska V., Pukach P., Lytvyn V., Uhryn D., Ushenko Y., Hu Z. Intelligent Analysis of Ukrainian-language Tweets for Public Opinion Research based on NLP Methods and Machine Learning Technology. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*. 2023. Vol. 15. № 3. P. 70–93. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijmeecs.2023.03.06>.
34. Soloman S. Additive manufacturing technology – 3D printing and design – the 4th industrial revolution. Independently published. 2020. 417 p.
35. Tkachenko Nataliia, Kovalchuk Vasyl, Yuan Wenjing 21st century teacher’s transversal competencies: theoretical analysis. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference*. 2023. Volume I, May 26th, 2023. P. 395–405. DOI: <https://doi.org/10.17770/sic2023vol1.7169>.
36. Voitovych I., Pavlova N., Voitovych O., Horbatiuk R., Dubych (Muzychuk) K., Kovalchuk V., Prylepa I. Training of teachers STEM disciplines to work with students in distance education. *Inequality, Informational Warfare, Fakes and Self-Regulation in Education and Upbringing of Youth*. *Youth Voice Journal*. 2023. Vol. I. P. 103–112. URL: <https://www.rj4allpublications.com/product/training-of-teachers-stemdisciplines/>
37. Wolfram MathWorld. Prismatoid. URL: <https://mathworld.wolfram.com/Prismatoid.html>.

REFERENCES

1. Derevyanchuk, O.V. (2024). Modeliuvannia pros-torovykh zobrazhen dla realizatsii STEM-proiektiv u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv inzhenerno-

- pedahohichnykh spetsialnostei [Modeling of spatial images for the implementation of STEM projects in the professional training of future specialists in engineering-pedagogical specialties]. *Naukovi trendy postindustrialnogo suspilstva: zbirnyk naukovykh prats z materialamy VI Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii, m. Ivano-Frankivsk, 26 kvitnia, 2024 r.* – Scientific trends of the post-industrial society: a collection of scientific works with materials of the VI International Scientific Conference, Ivano-Frankivsk, April 26, 2024. pp. 205–207. DOI: 10.62731/mcnd-26.04.2024. [in Ukrainian].
2. Derevyanchuk, O.V. (2024). Realizatsiia STEM-proiektiv u profesiinii pidhotovtsi studentiv inzhenerno-pedahohichnykh spetsialnostei [Implementation of STEM projects in the professional training of students in engineering-pedagogical specialties]. *Svit naukovykh doslidzhen. Vypusk 27: materialy Mizhnarodnoi multydystrylinarnoi naukovoï internet-konferentsii (m. Ternopil, Ukraina, m. Opole, Polshcha, 22–23 liutoho 2024 r.) – The world of scientific research. Issue 27: Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Internet Conference (Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, February 22–23, 2024)*. pp. 67–70. Available at: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/5338/>. [in Ukrainian].
3. Derevyanchuk, O. (2024). Realizatsiia STEM-proiektu “Modeliuvannia prostorovykh zobrazhen pravylnykh bahatohrannykiv” yak zasib rozvytku tvorchoho myslennia zdobuvachiv osvity [Implementation of the STEM project “Modeling of Spatial Images of Regular Polyhedra” as a Means of Developing Creative Thinking in Educational Candidates]. *Youth & market*, No. 3 (223), pp. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.301904>. [in Ukrainian].
4. Derevyanchuk, O. (2023). Rozrobka modeli nechitkoi kohnityvnoi karty dlia stvorennia STEM-proiektiv u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv inzhenerno-pedahohichnykh spetsialnostei [Development of a fuzzy cognitive map model for creating STEM projects in the professional training of future specialists in engineering-pedagogical specialties]. *Alfred Nobel University Journal of Pedagogy and Psychology*. No. 2 (26), pp. 160–169. DOI: 10.32342/2522-4115-2023-2-26-16. [in Ukrainian].
5. Lytvynova, S.H. (2018). Systema kompiuternoho modeliuvannia obiektiv i protsesiv ta osoblyvosti yii vykorystannia v navchalnomu protsesi zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Computer modeling system of objects and processes and the peculiarities of its use in the educational process of general secondary education institutions]. *Information Technologies and Learning Tools*, No. 2 (64), pp. 48–65. [in Ukrainian].
6. Lovska, A.O. & Ravliuk, V. H. (2023). Vyiavlennia prychnyn utvorennia poverkhnevyykh defektiv kolis vahoniv, obladnanykh kompozytsiinymy kolodkamy [Identification of the causes of surface defects on the wheels of wagons equipped with composite brake shoes]. *Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies: “Transport systems and technologies” series*. No. 40, pp. 102–120. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-9>. [in Ukrainian].
7. Pavlenko, P.M., Filonenko, S.F., Cherednikov, O.M. & Treitiak, V.V. (2017). Matematychno modeliuvannia system i protsesiv [Mathematical modeling of systems and processes]. Kyiv, 392 p. [in Ukrainian].
8. Semotiuk, O.P. (2008). Suchasnyi slovnyk inshomovnykh sliv [Modern dictionary of foreign words]. Kharkiv, p. 374. [in Ukrainian].
9. Autodesk. Available at: <https://www.autodesk.com/> (Accessed 03. May 2024). [in English].
10. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V. & Fodchuk, I.M. (2019). Method of calculation of averaged digital image profiles by envelopes as the conic sections. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*, Vol. 754, pp. 204–212. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6_21. [in English].
11. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Fodchuk, I.M., Kroitor, O.P., Odaiska, Kh.S., Pshenychnyi, O.O., Kotyra, A. & Abisheva, A. (2019). Adaptive oriented filtration of digital images in the spatial domain. *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, Vol. 11176, pp. 111761A-1–111761A-6. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2537165>. [in English].
12. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Tomash, V.V. & Yarema, S.V. (2022). Segmentation of railway transport images using fuzzy logic. *Trans Motauto World*, Vol. 7, No. 3, pp. 122–125. [in English].
13. Balovsyak, S., Derevyanchuk, O., Kovalchuk, V., Kravchenko, H., Ushenko, Y. & Hu, Z. (2024). STEM project for vehicle image segmentation using fuzzy logic. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, Vol. 16, No. 2, pp. 45–57. DOI: 10.5815/ijmecs.2024.02.04. [in English].
14. Balovsyak, S., Derevyanchuk, O., Kravchenko, H., Ushenko, Yu. & Hu, Z. (2023). Clustering Students According to their Academic Achievement Using Fuzzy Logic. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, Vol. 15, No. 6, pp. 31–43. DOI: 10.5815/ijmecs.2023.06.03. [in English].
15. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Kravchenko, H.O., Kroitor, O.P. & Tomash, V.V. (2021). Computer system for increasing the local contrast of railway transport images. *Proc. SPIE, Fifteenth International Conference on Correlation Optics*, Vol. 12126, pp. 21261E1–7. DOI: 10.1117/12.2615761. [in English].
16. Bykova, T., Ivashchenko, M. & Kovalchuk, V. (2021). Opportunities for Implementing a Cross-Disciplinary Approach in Institutions of Professional Pre-Higher and Higher Education in Ukraine. *Professional Education: Methodology, Theory and Technologies*, No. 14, pp. 108–133. DOI: <https://doi.org/10.31470/2415-3729-2021-14-108-133>. [in English].
17. Derevyanchuk, O.V., Kovalchuk, V.I., Kramar, V.M., Kravchenko, H.O., Kondryuk, D.V., Kovalchuk, A.V. & Onufriichuk, B.V. (2024). Implementation of STEM education in the process of training of future specialists of engineering and pedagogical specialties. *Proceedings of SPIE*, Vol. 12938, pp. 214–217. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3012996>. [in English].
18. Derevyanchuk, O.V., Kravchenko, H.O., Derevyanchuk, Y.V. & Tomash, V.V. (2024). Recognition images of broken window glass. *Proceedings of SPIE*, Vol. 12938, pp. 210–213. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3012995>. [in English].
19. Future of Jobs Report 2023. *World Economic Forum*. May 2023. Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (Accessed 03.May2024). [in English].

20. Ishengoma, F.R. & Mtaho, A.B. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *Int J Comput Appl*, Vol. 104, No. 11, pp. 30–34. [in English].
21. Kern, W.F. & Bland, J.R. (1938). Solid mensuration: with proofs. [in English].
22. Kovalchuk, V., Androsenko, A., Boiko, A., Tomash, V. & Derevyanchuk, O. (2022). Development of Pedagogical Skills of Future Teachers of Labor Education and Technology by means of Digital Technologies. *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 22, No. 9, pp. 551–560. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.71>. [in English].
23. Kovalchuk, V., Shevchenko, L., Iermak, T. & Chekaniuk, K. (2021). Computer Modeling as a Means of Implementing Project-Based Activities in STEM-Education. *Open Journal of Social Sciences*, Vol. 9, pp. 173–183. DOI: [10.4236/jss.2021.910013](https://doi.org/10.4236/jss.2021.910013). [in English].
24. Li, Y. & Xiao, Y. (2022). Authorship and topic trends in STEM education research. *International Journal of STEM Education (IJSTEM)*, Vol. 9, No. 62, pp. 1–7. [in English].
25. Li, Y., Xiao, Y. et al. (2022). A systematic review of high impact empirical studies in STEM education. *International Journal of STEM Education (IJSTEM)*, Vol. 9, No. 72, pp. 1–18. [in English].
26. Lukianchuk, I., Tulashvili, Y., Podolyak, V., Horbariuk, R., Kovalchuk, V. & Bazyl, S. (2022). Didactic Principles of Education Students 3D-printing. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol. 22, No 7, pp. 443–450. [in English].
27. Merchant, S., Morimoto Emiko, T. A. & Khanbilvardi, R. (2014). An Integrated STEM Learning Model for High School in Engineering Education. *Integrated Stem Education Conference (ISEC)*, [Princeton, NJ, 8–8 March 2014], pp. 4–9. [in English].
28. Panchenko, S., Gerlici, J., Lovska, A., Ravlyuk, V., Dižo, J. & Harušinec, J. (2024). Study on the Strength of the Brake Pad of a Freight Wagon under Uneven Loading in Operation. *Sensors*, Vol. 24 (2), 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24020463>. [in English].
29. Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Ravlyuk, V. & Harušinec, J. (2023). Studying the load of composite brake pads under high-temperature impact from the rolling surface of wheels. *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 4, pp. 155–167. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994> [in English].
30. Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Ravlyuk, V. & Rybin, A. Method for determining the factor of dual wedge-shaped wear of composite brake pads for freight wagons. *Communications. Scientific Letters of the University of Zilina*, Vol. 26 (1), pp. B31–B40. DOI: <https://doi.org/10.26552/com.C.2024.006>. [in English].
31. Panchenko, S., Lovska, A., Ravlyuk, V., Babenko, A., Derevyanchuk, O., Zharova, O. & Dereviachuk, Y. (2023). Detecting the influence of uneven loading of the brake shoe in a freight car bogie on its strength. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 5/7 (125), pp. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287791>. [in English].
32. Panchenko, S., Vatulia, G., Gerlici, J., Lovska, A. & Ravlyuk, V. (2023). Study of the Strength of the Upgraded Brake Leverage of a Wagon Bogie. In: Arsenyeva O., Romanova T., Sukhonos M., Biletskyi I., Tsegelynyk Y. (Eds.). *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 807, pp. 243 – 254. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46874-2_22. [in English].
33. Prokipchuk, O., Vysotska, V., Pukach, P., Lytvyn, V., Uhryn, D., Ushenko, Yu. & Hu Z. (2023). Intelligent Analysis of Ukrainian-language Tweets for Public Opinion Research based on NLP Methods and Machine Learning Technology. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, Vol. 15, No. 3, pp. 70–93. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46874-2_22. [in English].
34. Soloman, S. (2020). Additive manufacturing technology – 3D printing and design – the 4th industrial revolution. Independently published. 417 p. [in English].
35. Tkachenko, N., Kovalchuk, V. & Yuan, W. (2023). 21st century teacher’s transversal competencies: theoretical analysis. Society. Integration. Education: *Proceedings of the International Scientific Conference*. May 26th, 2023, Vol. I, pp. 395–405. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2023vol1.7169>. [in English].
36. Voitovych, I., Pavlova, N., Voitovych, O., Horbatiuk, R., Dubych (Muzychuk), K., Kovalchuk, V. & Prylepa, I. (2023). Training of teachers STEM disciplines to work with students in distance education. *Inequality, Informational Warfare, Fakes and Self-Regulation in Education and Upbringing of Youth, Youth Voice Journal*, Vol. I, pp. 103–112. Available at: <https://www.rj4allpublications.com/product/training-of-teachers-stemdisciplines/> [in English].
37. Wolfram MathWorld. Prismatoid. Available at: <https://mathworld.wolfram.com/Prismatoid.html>. [in English].

Стаття надійшла до редакції 14.05.2024



“Світло науки одне, і, якщо зробити його яскравішим в одному місці, воно стане яскравішим усюди”.

Айзек Азімов
американський письменник

“Людина, яка ніколи не помилялася, ніколи не пробувала нічого нового”.

Альберт Ейнштейн
американський, німецький та швейцарський фізик-теоретик

