



Теорія і методика професійної освіти

УДК : 378.147.88

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20314950>

**Комплексно-інтегрований підхід до вивчення теми «Подвійне
проникання» з візуалізацією моделі на 3D принтері**

Голова Ольга Олександрівна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нарисної геометрії,
інженерної та комп'ютерної графіки, Національний технічний університет
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», проспект
Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна, fire19@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0002-4903-4450>

Прийнято: 11.04.2026 | Опубліковано: 30.04.2026

Анотація. Стаття присвячена проблемі підготовки майбутніх інженерів з дисципліни «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка» до вивчення теми «Подвійне проникання» як важливого складника професійної компетентності в умовах сучасної педагогічної освіти. Мета статті – поєднати традиційний розв'язок задачі подвійного проникання зовнішньої поверхні, що виконується на епюрі, із виконанням її моделі за допомогою графічного редактора AutoCAD. З метою підвищення наочності та ефективності учбового процесу студентам пропонується виконати комп'ютерну візуалізацію побудованої моделі з наступним друком моделі на 3D принтері. Удосконалення форми викладення матеріалу з даної теми дозволяє оцінити рівень володіння студентами основними методами проєкціювання в цілому. Під час роботи над темою студенти знайомляться з особливостями виконання зображень на площинах проєкцій, удосконалюють навички виконання проєкційних



креслеників, розкривають внутрішню будову деталей за допомогою виконання розрізів. Виконання тривимірної моделі за розробленим креслеником з подальшим її друком на 3D принтері дозволяє студентам розширити діапазон уявлень про цей розділ нарисної геометрії. Такий підхід сприяє підвищенню інтересу студентів до вивчення дисципліни «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка», є суттєвим важілем для поліпшення загального рівня інженерної підготовки.

Ключові слова: нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка, подвійне проникання, проєкційний кресленик, геометричне моделювання, геометрична модель, 3D модель, 3D друк.

A comprehensive and integrated approach to studying the topic "Double Penetration" with visualization of the model on a 3D printer

Olga Golova,

Ph.D, Assjciate Professor of the Department of Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics, National technical university of Ukraint "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sicorsky", 37 Beresteiskyi Avenue, Kyiv, 03056, Ukrain,
fire19@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4903-4450>

Abstract: The article is devoted to the problem of training future engineers in the discipline "Descriptive Geometry. Engineering and Computer Graphics" to study the topic "Double Penetration" as an important component of their professional competence in the conditions of modern pedagogical education. The purpose of the article is to combine the traditional solution of the problem of double penetration of the outer surface, which is performed on a diagram, with the execution of its model using the AutoCAD graphic editor. In order to increase the clarity and efficiency of the educational process, students are invited to perform computer visualization of the



constructed model with subsequent printing of the model on a 3D printer. Improving the form of presenting material on this topic allows us to assess the level of students' mastery of the basic projection methods in general. While working on the topic, students become familiar with the features of creating images on projection planes, improve their skills in creating projection drawings, and reveal the internal structure of parts by making cuts. Making a three-dimensional model based on a developed drawing and then printing it on a 3D printer allows students to expand the range of ideas about this section of descriptive geometry. This approach helps to increase students' interest in studying the discipline "Descriptive Geometry. Engineering and Computer Graphics" and is a significant lever for improving the overall level of engineering training.

Keywords: descriptive geometry, engineering and computer graphics, double penetration, projection drawing, geometric modeling, geometric model, 3D model, 3D printing.

Постановка проблеми. Інженерна графічна підготовка студентів є важливою складовою технічної освіти. Сучасне суспільство вимагає фахівців, які знають мову техніки, спроможні працювати з графічною інформацією на високому рівні, володіють комп'ютерною графікою. Водночас, невпинний розвиток технічних засобів навчання та комп'ютерних технологій супроводжується зниженням зацікавленості студентів до такої фундаментальної дисципліни, як «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка», котрі є базою підготовки майбутніх інженерів. Тож на процес підготовки студентів впливає розвиток комп'ютерних технологій і, як наслідок, відбувається інтенсифікація навчального процесу. Реформа освіти [1] призвела до перегляду як змісту навчальних дисциплін, так і кількості годин на їх вивчення. Як результат – ми маємо скорочення годин по базових інженерних дисциплінах. Зменшення часу спілкування студентів з викладачем в аудиторії і впровадження в учбовий процес online-освіти необхідно компенсувати новітніми підходами до



практичного викладання учбового матеріалу. Саме оволодіння навичками роботи з графічною інформацією і отримання згідно неї твердотільної моделі при виконанні роботи «Подвійне проникання» дозволяє студентам поєднати стадії проектування і процесу виготовлення виробу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання підготовки технічно грамотної молоді зараз, як ніколи, дуже актуальне. У світлі цього доцільно відмітити, що різні питання вказаної проблеми вивчали такі вчені, як В. Ванін, Г. Вірченко, Г. Баскова, Н. Білицька, О. Гетьман, Г. Гнітецька, Т. Надкернична, В. Перевертун, О. Хмеленко та ін.

При опануванні курсу «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка» у студентів виникають певні труднощі. Це пов'язано, серед іншого, із нездатністю мислити геометричними образами, будувати логічні ланцюжки алгоритмів, що є наслідком багаторічного online навчання під час пандемії і війни, а також недостатнім рівнем викладання геометрії та креслення у середній школі [2; с.27], [3; с.127], [4; с.3]. Але без вміння виконувати та читати кресленики формування сучасного інженера неможливе. Тому авторами [5; с.32], [6; с.22], [7; с.149] особливе значення приділяється вмінню студентів виконувати як пряму, так і обернену задачі курсу - уявити за креслеником форму деталі, створити її модель, і, навпаки, за наявності деталі виконати її робочий кресленик. Слід відзначити, що набуття студентами навичок побудови навіть простих креслеників деталей потребує багато часу. Тому час спілкування студента з викладачем має бути більш інформативним, цікавим для того, щоби спонукати молодь до творчої праці. Аналіз наукової літератури [8; с.150], [9; с.16] показав, що використання новітніх інформаційних технологій в учбовому процесі розкриває потенціал студентів, дозволяє їм поглибити свої знання з предмету.

Автори Н. Білицька та О. Гетьман під час багаторічного дослідження проблеми з'ясували, що під час підготовки майбутніх інженерів проявляються такі типові вади: існування суттєвих недоліків у базовій шкільній підготовці



студентів, невміння самостійно вичати матеріал і працювати з довідковою літературою, неефективність використання студентами робочого часу. Треба зазначити, що тенденція погіршення засвоєння студентами учбового матеріалу спонукає викладачів дисциплін циклу загальної природничо-наукової підготовки до пошуку нових ефективних шляхів удосконалення професійної підготовки майбутніх інженерів [10; с.29], [11; с.145], [12; с.194].

Запропонована тема «Подвійне проникання» передбачає готовність студентів виконати за створеним креслеником 3D модель. В. Ванін, Г.Вірченко, І. Брілло аналізують модульно-геометричний підхід до автоматизованого проектування, доводять ефективність геометричного моделювання у комп'ютерному проектуванні [13; с.87], [14; с.16], [15; с.20]. З метою наближення учбових завдань до виробничих, студенти мають грамотно і швидко володіти навичками створення технічної документації за допомогою всієї палітри засобів автоматизованого проектування. Тому багато робіт присвячено удосконаленню роботи у таких розділах, як 3D моделювання об'єктів і параметризація [16; с.6], [17; с.152], [18; с.6], [19; с.45].

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Успішне оволодіння студентами спеціальними знаннями потребує засвоєння ними дисципліни циклу загальної, природничо-наукової підготовки. Тому перед викладачами стоїть задача знайти нові шляхи зацікавлення студентів тими дисциплінами, що викладаються згідно з навчальними планами підготовки спеціалістів. Для стимулювання студентів до більш глибокого вивчення ними курсу «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка» пропонується поєднати теоретичну частину курсу з вивчення теми «Подвійне проникання» з практичним завданням отримання її твердотільної моделі в лабораторних умовах на 3D принтері. Виконання студентами індивідуальних завдань охоплює цикл від розробки технічної документації (кресленика) до виготовлення реальної деталі, що вперше знайомить майбутніх інженерів з ланцюжком виробничого процесу.



Формулювання цілей статті. Особливістю графічної підготовки студентів інженерних спеціальностей є необхідність врахування тісної інтеграції графічної діяльності з професійною та потреба постійного оперування та обміну графічною інформацією. Комплексний підхід до розв'язку задачі з вивчення теми «Подвійне проникання» розглядається як засіб формування професійних творчих компетенцій студентів технічних вузів, що сприяє розвитку креативного мислення, залучає до активного використання оновлених сучасних версій програмного забезпечення.

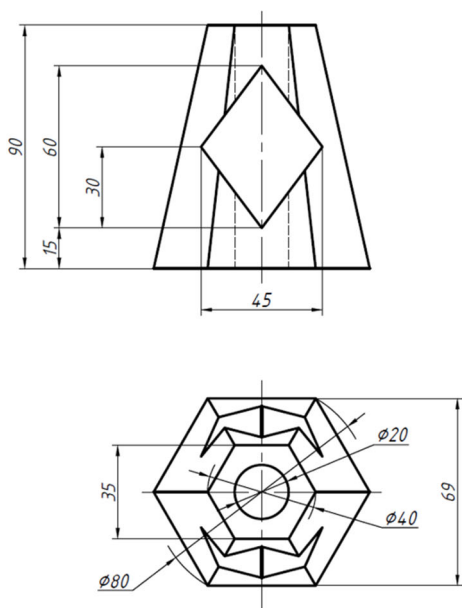
Виклад основного матеріалу дослідження. Вдосконалення системи вищої професійної освіти в умовах постійного скорочення часу дисциплін визначає необхідність формування нового підходу до подачі студентам складного матеріалу. Це забезпечує максимальні можливості для створення умов підвищення учбової активності студентів і формування їх професійної компетентності. В НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» пропонується комплексний підхід до викладання студентам теми «Подвійне проникання». Це передбачає не тільки створення і опрацювання теми на кресленику, а виконання моделі у 3D-форматі з наступним її друком на 3D-принтері. Впровадження у навчальний процес елементів 3D-друку геометричних моделей сприяє підвищенню фахово-інформативної підготовки майбутніх інженерів. Переорієнтація інженерної графіки на тривимірну геометричну модель є основою сучасної практики комплексного розв'язання задач нарисної геометрії. У сучасних системах геометричного моделювання використовуються три типи геометричних моделей об'єктів: каркасні, поверхневі і об'ємні (твердотільні) [15, с.22]. Історично першими з'явилися каркасні моделі. До їх складу входять точки та лінії. Недоліком таких моделей є невизначеність об'єктів між елементами каркаса. Поверхневі моделі більш досконалі, оскільки крім точок і ліній містять ще й поверхні. Проте й вони неспроможні ефективно відтворювати реальні

фізичні тіла та їх властивості. Об'ємні моделі (solid models) нині є найпрогресивнішими у сучасній системі геометричного моделювання.

Геометрична модель розглядається як умовна деталь, що утворена переважно поверхнями простих геометричних тіл. Головною ідеєю в побудові зображень деталі є відтворення спряження формоутворюючих поверхонь, яке виконується по лініях їх перетину. У наших прикладах ми будемо моделі з двома отворами – горизонтальним і вертикальним. У наведених прикладах розглядається побудова зображень найпростіших моделей, утворених простими зовнішніми поверхнями та поверхнями внутрішньої форми, якими є призми і циліндр. На рисунку 1 наведено креслення моделі 1, зовнішня форма якої утворена поверхнею шестигранною пірамідою, а внутрішню форму утворюють вертикальний циліндр і горизонтальна чотиригранна призма. Креслення моделі 2, яку утворюють зовнішня конічна поверхня і внутрішні чотиригранні призматичні поверхні, наведено на рисунку 2.

Рисунок 1

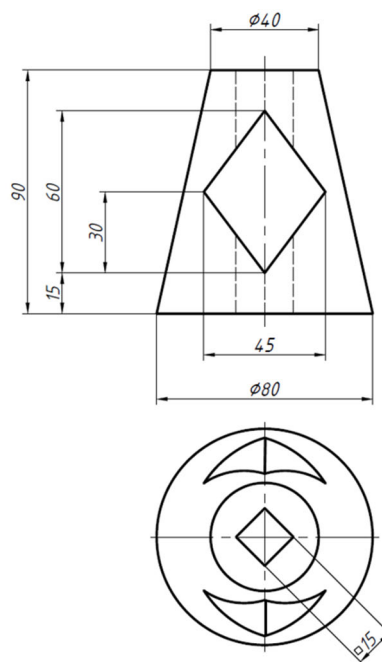
Креслення моделі 1



Джерело: власна розробка автора.

Рисунок 2

Креслення моделі 2



Джерело: власна розробка автора.



Таким чином, необхідно будувати лінії перетину між поверхнею зовнішньої форми та поверхнями внутрішніх форм, які розташовані всередині. Форма кожної моделі висвітлюється на трьох зображеннях, для виконання яких необхідно побудувати три проекції (горизонтальна, фронтальна і профільна) обрисів зовнішньої та внутрішніх поверхонь. Для розкриття внутрішньої будови моделі необхідно виконати корисні розрізи.

Висвітлення форми заданої моделі виконується розв'язком наступних етапів:

1. Добудувати види-обриси поверхонь, які утворюють модель;
2. Розв'язати зовнішню задачу – побудувати лінії перетину поверхонь методом повних перерізів;
3. Відтворити внутрішні та зовнішні форми моделі за допомогою трьох основних видів і корисних розрізів.

Описаний вище етап графічної роботи вимагає від студентів вміння працювати з двовимірними проекціями. Такий підхід є базовим, загальноприйнятим серед інженерів і архітекторів, проте він досить обмежений через складність інтерпретації цих проекцій. Потужні засоби графічного пакету AutoCAD надають користувачам широкі можливості моделювання та створення об'єктів у тривимірному просторі. Проектування у тривимірному просторі дозволяє не тільки детально відтворити форму об'єкта і показати його з різних точок зору, але й застосувати до створених об'єктів операції зафарбовування, тонування і навіть анімації.

AutoCAD дозволяє створювати три типи тривимірних об'єктів: каркасні, полігональні (поверхневі) і твердотільні [15; с.20], [16; с.6]. Для кожного типу існує своя техніка створення і редагування. Каркасна модель являє собою скелетний опис 3D об'єкта. Вона не має граней і складається лише з точок, відрізків і кривих, що описують ребра об'єкта. Моделювання за допомогою поверхонь є складнішим процесом, оскільки тут описуються не тільки ребра 3D

об'єкта, але і його грані. AutoCAD будує поверхні на основі багатокутних сіток. Оскільки грані сітки є плоскими, подання криволінійних поверхонь здійснюється шляхом їх апроксимації. Найпростішим у використанні є 3D моделювання за допомогою тіл. Засоби AutoCAD з моделювання тіл дозволяють створювати тривимірні об'єкти як на основі базових просторових форм (паралелепіпедів, конусів, циліндрів, сфер, клинів, торів), так і методами екструзії (видавлювання) та обертання навколо осі 2D об'єктів. Подальша модифікація вимагає від студентів вміння працювати з командами редагування як зображень 3D об'єктів (об'єднання, віднімання, перетину створених об'єктів), так і їх граней (спряження, зняття фасок).

На рисунку 3 і рисунку 4 представлені моделі як 3D об'єкти.

Рисунок 3

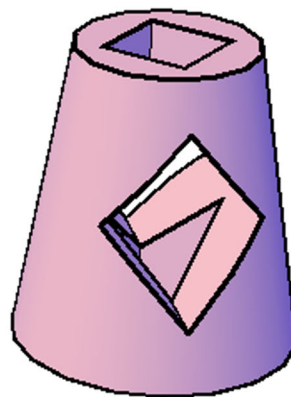
3D модель 1



Джерело: власна розробка автора.

Рисунок 4

3D модель 2



Джерело: власна розробка автора.

Окремо треба загострити увагу студентів на тому, що форму і розміри тіл можна задавати параметрично за допомогою програми AutoCAD Designer (додаток до AutoCAD), підтримуючи зв'язок між 3D моделями та генерованими на їх основі виглядами [17; с.152 [18; с.6 [19; с.45]. .

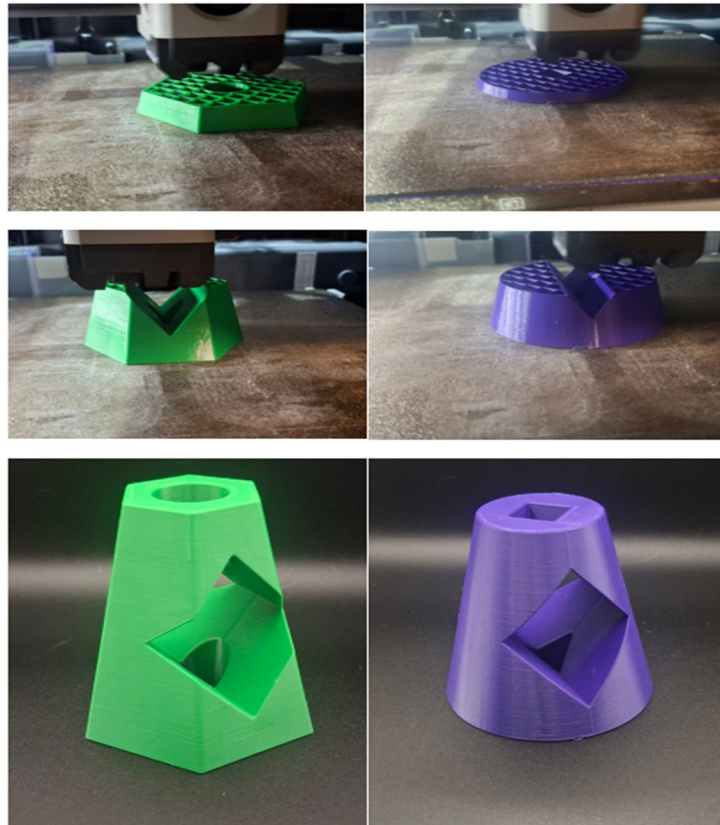
На відміну від каркасних і полігональних моделей, у тіл можна аналізувати масо-габаритні характеристики (об'єм, момент інерції, центр мас тощо). Дані про

тіло можуть експортуватися в такі додатки, як системи числового програмного керування або аналізу методом кінцевих елементів.

На рисунку 5 представлені етапи виготовлення твердотільних моделей.

Рисунок 5

Етапи виготовлення моделей на 3D принтері



Джерело: власна розробка автора.

За розробленими креслениками студенти мають змогу роздрукувати свою модель на 3D принтері (марка P1S Combo, фірма-виробник Vamby Lab, Китай).

Висновки. Отже, можна підсумувати, що одним із засобів формування творчих професійних компетентностей студентів технічних спеціальностей є предмет «Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка». Поглиблене, багатобічне вивчення розділів цього курсу надає студентам можливість бути більш підготовленими до професійної, конструкторської діяльності. Покрокове



виконання завдання від кресленника до твердотільної моделі дозволяє інтегрувати продуктивний досвід в різні види інженерної діяльності, передусім, в проектну і конструкторську. Це дозволяє формувати у студентів цінне відношення до творчості, розвивати їх власні творчі ресурси для розв'язу як стандартних, так і нестандартних завдань, спонукає в подальшому поглиблено вивчати спеціальні дисципліни, що пов'язані з цим теоретичним курсом.

Список використаних джерел

1. Про освіту: Закон України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, No38-39, ст. 380, із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
2. Вірченко Г., Голова О., Бобела Н., Оліферчук О. Комп'ютерна графіка як засіб інтеграції загальної середньої і вищої освіти. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2022. №102. С. 27-38. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2022.102>.
3. Назарько О., Рагулін В., Ярижко О., Грицина Н. Особливості організації освітнього процесу для здобувачів інженерно-технічних спеціальностей при дистанційній формі навчання на прикладі курсу-ресурсу «Комп'ютерна графіка». *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2023. №104. С. 127-137. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2023.104>.
4. Білицька Н., Гетьман О. До питання організації процесу навчання студентів нарисній геометрії та технічному кресленню в умовах дистанційного режиму освіти. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2020. №99. С. 3-15. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2020.99>.
5. Баскова Г., Міхлевська Н. Шляхи підвищення якості знань студентів з графічних дисциплін. *Сучасні проблеми моделювання*. №25 (2023). С.32-41. DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2023-25>.



6. Баскова Г., Лазарчук М., Дейнеко Б. Особисте моделювання епюрних задач з нарисної геометрії – один із шляхів підвищення якості знань студентів. *Сучасні проблеми моделювання*. №25 (2023). С.22-31. DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2023-25>.
7. Колосова О., Баскова Г., Міхлевська Н. До питання ефективності моделі графічної підготовки студентів. *Сучасні проблеми моделювання*. №26 (2024). С.149-159. DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2024-13>.
8. Шевель Л., Матюшенко Н. Використання інформаційних технологій в учбовому процесі. *Сучасні проблеми моделювання*. №1 (2014). С.150-152. <https://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/issue/view/48>.
9. Білицька Н., Гетьман О. Один з напрямків розвитку творчого потенціалу студентської молоді. Збірник тез доповідей 9-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 9. - К.; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, С.16-21. https://ng-kg.kpi.ua/files/zbirnik_ngkg_2020.pdf
10. Білицька Н., Гетьман О., Мартиненко Г. Шляхи підвищення рівня підготовки студентів з графічних дисциплін. Збірник тез доповідей 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 5. - К.; ДІА, 2016. https://ng-kg.kpi.ua/files/Sbornik_2016.pdf
11. Білицька Н., Гетьман О. Фундаментальна підготовка студентів запорука успішного становлення спеціаліста. Збірник тез доповідей 7-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 7. - К.; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, С.145-149. https://ng-kg.kpi.ua/files/zbirnik_ngkg_2018.pdf



kg.kpi.ua/files/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%202018,%20%D0%B5%D0%BB.%20%D0%B2%D0%B0%D1%80..pdf

12. Білицька Н., Гетьман О. Підсумки студентської олімпіади з інженерної графіки. Збірник тез доповідей 8-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 8. - К.; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, С.194-199. https://ng-kg.kpi.ua/files/zbirnik_ngkg_2020.pdf

13. Геращенко А., Спірінцев Д., Сюсюкан Ю., Огляд методів геометричного моделювання поверхонь. *Сучасні проблеми моделювання*. №26 (2024). с.87-94. DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2024-13>.

14. Ванін В., Вірченко Г., Яблонський П., Лазарчук Ю., Воробйов О. Модульно-геометричний підхід в автоматизованому проектуванні виробів машинобудування. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2023. №105. С. 16-22. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2023.105>.

15. Бірілло І. Геометричне моделювання у комп'ютерному проектуванні в архітектурі. *Сучасні проблеми моделювання*. №1 (2014). С.20-25. <https://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/issue/view/48>.

16. Білицька Н., Гетьман О. Створення твердотільної моделі виробу в автоматизованій системі проектування – ефективна підготовка студента до наступної інженерної діяльності. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2021. №101. С. 6-18. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2021.101>.

17. Надкернична Т., Гвоздь В. Процес параметричного моделювання. Збірник тез доповідей 2-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 2. - К.; ДІА, 2013, С.152-154. https://ng-kg.kpi.ua/files/IIconference_geometry_FMF.pdf



18. Гнітецька Т., Гнітецька Г., Мотильов Д. Застосування параметризації характерних перетинів об'єктів для опосередкованої параметризації їх 3D моделей в САПР AutoCAD. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2021. №100. С. 6-18. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2021.100>.

19. Гнітецька Т., Гнітецька Г. Метод «скелетних» конструкцій для спрощення процесу параметризації в AutoCAD. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2021. №101. С. 45-54. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2021.101>.