

## ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ AUTOCAD ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ З ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

### Анотація

*В статті розглянуто основні інструменти та етапи побудови 3D-моделі в графічній системі AutoCAD.*

**Ключові слова:** інформаційні технології, системи автоматизованого проектування, тривимірне моделювання, 3D – модель

### Abstract

*The article considers the main tools and stages of constructing 3D models in the AutoCAD graphical systems.*

**Keywords:** information technology, automated design systems, three-dimensional modeling, 3D-model

### Вступ

Сьогодні, у навчальний процес постійно впроваджуються нові, сучасні інформаційні технології. Тому що, сучасний інженер повинен досконало володіти засобами інженерної графіки, вміти моделювати і конструювати об'єкти, вільно орієнтуватися в різноманітних графічних пакетах прикладних програм і самостійно освоювати нове у швидко мінливому світі інженерних технологій.

В активній інформаційній діяльності інженера комп'ютер і системи автоматизованого проектування (САПР) є інтелектуальними інструментами, його партнерами та найближчими помічниками. Тому використання нових інформаційних технологій САПР в інженерній освіті стає актуальною потребою.

### Результати аналізу

У числі головних переваг висококласних САПР машинобудівної орієнтації - це можливість віртуального параметричного тривимірного моделювання деталей і складальних вузлів, повна асоціативність, що забезпечує миттєве отримання безпомилкових аксонометричних і двовимірних проєкційних зображень створених моделей реальних виробів та забезпечення високого стандартної якості конструкторської документації. Комп'ютерні графічні 3D-системи дозволяють змоделювати виріб до створення креслеників або дослідних зразків. Основним документом у цьому випадку є об'ємна комп'ютерна модель [1]. В об'ємності і полягає одна з головних її переваг. Модель можна повертати і змінюючи масштаб перегляду за своїм бажанням. При цьому нескладно помітити помилки стикування в проєкті і оцінити ступінь його відповідності вихідному задуму, а також виконати складальну перевірку майбутнього виробу, що вкрай важливо для подальшого його виготовлення.

Створення тривимірних моделей - більш трудомісткий процес, ніж побудова їх проєкцій на площині, але при цьому тривимірне моделювання має низку переваг, серед яких [2]:

- можливість розгляду моделі з будь-якої точки;
- автоматична генерація основних і додаткових видів на площині;
- побудова перерізів на площині; реалістичне тонування;
- інженерний аналіз; витяг характеристик, необхідних для виробництва.

Застосування способів моделювання і конструювання, дослідження геометричних образів, використання програмних засобів дозволяє розв'язувати поставлені задачі з дисциплін «Інженерна графіка» та «Комп'ютерна графіка», які є одними з базових у підготовці фахівців технічного профілю. Тому, особливе значення набувають навички роботи у графічних системах та оволодіння методикою тривимірного моделювання.

Оснoву комп'ютерного моделювання при вивченні дисциплін «Інженерна графіка» та «Комп'ютерна графіка» становить графічна система AutoCAD.

AutoCAD підтримує три типи тривимірних моделей: каркасні, поверхневі та твердотільні. Для кожного типу існує своя технологія створення й редагування [1].

*Каркасна* модель – це скелетний опис тривимірного об'єкта. Модель не має граней і складається тільки із точок, відрізків і кривих, що описують ребра об'єкта.

Моделювання за допомогою *поверхонь* – складніший процес, тому що тут описуються не тільки ребра тривимірного об'єкта, але і його грані. AutoCAD будує поверхні на базі багатокутних сіток. Оскільки грані сітки плоскі, подавання криволінійних поверхонь будується шляхом їхньої апроксимації. Теперішні криволінійні поверхні можна створювати, використовуючи програму AutoSurf (додаток до AutoCAD, що входить до складу пакета Autodesk Mechanical Desktop). Для того, щоб було простіше розрізняти два згаданих типи поверхонь, будемо називати поверхні, складені із плоских ділянок, терміном *поверхні*. Поверхні можна створювати як на площині, так і в просторі. Однак на практиці найчастіше використовується останній варіант. Моделювання об'єктів за допомогою поверхонь застосовується у випадках, коли можна ігнорувати їхні фізичні властивості, такі, як маса, вага, центр мас і т.п. (вони зберігаються тільки у твердотілих моделях), але бажано мати можливість пригнічення схованих ліній, розфарбовування і тонування (ці засоби не годяться для каркасних моделей).

Моделювання за допомогою *тіл* — це найпростіший у використанні вид тривимірного моделювання. Засоби AutoCAD дозволяють створювати тривимірні об'єкти на основі базових просторових форм: паралелепіпедів, конусів, циліндрів, сфер, клинів і торів (кілець). Із цих форм шляхом їхнього об'єднання, вирахування та перетинання будуються складніші просторові тіла. Тіла можна будувати також, зрушуючи плоский об'єкт уздовж заданого вектора або обертаючи його навколо осі. Твердотілий об'єкт, або тіло, являє собою зображення об'єкта, що зберігає, крім усього іншого, інформацію про свої об'ємні властивості. Отже, тіла повніше із усіх типів тривимірних моделей відображають модельовані об'єкти. Крім того, хоч на перший погляд здається, що тіла й складніші, їх легше будувати й редагувати, ніж каркасні моделі та поверхні.

Тіла, як і поверхні, мають зовнішній вигляд, аналогічний моделям із дроту, поки до них не застосовані операції пригнічення схованих ліній, розфарбовування і тонування. На відміну від усіх інших моделей, у тілах можна аналізувати масові властивості (об'єм, момент інерції, центр мас і т.п.).

Найпростіші «цеглинки», з яких будуються складні тривимірні об'єкти, називають твердотілими примітивами. До них відносяться: ящик (паралелепіпед, куб), циліндр (круговий, еліптичний), куля, тор. За допомогою команд «Ящик» (Box), «Клин» (Wedge), «Конус» (Cone), «Циліндр» (Cylinder), «Шар» (Sphere), «Тор» (Torus) можна створити моделі кожного із цих тіл заданих розмірів, увівши необхідні значення. Примітиви заданої форми створюються також шляхом витискування, здійснюється командою «Выдавить» (Extrude), або обертання – командою «Вращать» (Revolve) – двовимірного об'єкта. Із примітивів одержують складніші об'ємні моделі об'єктів. Запускаються всі вищезгадані команди з випадаючого меню «Рисование» (Draw), опції «Тела» (Solids), або із плаваючої панелі інструментів «Тела» (Solids) [3,4].

Найпоширенішими інструментами твердотільного моделювання є інструменти «Выдавить» (Extrude) та «Вращать» (Revolve). Процедуру витискання та обертання можна застосовувати тільки до замкнутого контуру (полілінії). Полілініями є об'єкти, побудовані інструментами «Круг», «Эллипс», «Многоугольник», «Прямоугольник», «Полилиния» панелі «Рисование». При побудові простих тіл їх умовно розбивають на простіші форми, після чого застосовують 3-вимірні логічні операції (об'єднання, вирахування та перетин). Дані інструменти активуються з випадаючого меню «Редакт» (Modify), опції «Логические операции» (Solids Editing) або за допомогою панелі інструментів «Редактирование».

Система координат – фіксована система, що включає точку – початок координат і пов'язані з нею осі для визначення положення об'єктів у просторі. У пакеті AutoCAD застосовується тривимірна прямокутна декартова система координат. При використанні цієї стандартної системи точка розміщується в тривимірному просторі за допомогою визначення відстані й напрямку із устаненого початку відліку, вимірюваного по трьох ортогональних осях (X, Y, Z). Система визначення координат незалежна від використовуваних одиниць виміру. Початок відліку передбачається в точці (0, 0, 0).

Для отримання реалістичного тонованого зображення в AutoCAD надається можливість створювати, переміщувати і налаштовувати джерела світла. Встановлення в рисунку джерел світла – найпростіший спосіб поліпшити зовнішній вигляд тонованих моделей.

В AutoCAD є чотири види джерел світла: розсіяне світло, віддалені джерела, точкові джерела та прожектори. Світло від джерел дозволяє створювати тінь тільки в режимах візуалізації «Фотореалістичное» (Photo Real) і «Трассировка луча» (Photo Raytrace). У режимі «Упрощенное» (Render) світло проходить крізь поверхні, не створюючи тіней. Формування нових і модифікація вже створених джерел світла здійснюються командою «Свет» (Light), викликуваної з випадаючого меню «Вид» (View) => «Тонирование» (Render) => «Свет»... (Light...) або клацанням миші по піктограмі «Источники света» (Lights) панелі інструментів «Тонирование» (Render). При цьому завантажується діалогове вікно «Источники света» (Lights). При створенні або модифікації джерела світла можна генерувати тіні. Відповідні інструменти є тільки в режимах візуалізації «Фотореалістичное» (Photo Real) і «Трассировка луча» (Photo Raytrace) і вимикаються при тонуванні прапорцем-вимикачем «С тенями» (Shadows) у відповідному діалоговому вікні. Отримання тіней на вихідному зображенні сповільнює процес тонування, але зображення стає набагато реалістичнішим.

Щоб зробити тонування зображення більш реалістичним, поверхням об'єктів надають оптичні властивості різних матеріалів, як реальних, так і не існуючих у природі. Якщо розроблювача не задовольняє наявний набір матеріалів, він може сам створити матеріал, що буде відповідати його вимогам. Команда «Материал» (Rmat) - визначення матеріалів. Команда викликається з випадаючого меню «Вид» (View) => «Тонирование» (Render) => «Материал»... (Materials...) або клацанням миші по піктограмі «Материалы» (Materials) панелі інструментів «Тонирование» (Render).

Перед створенням нового матеріалу необхідно визначити його тип: «Стандартный» (Standard) – матеріал, що володіє найширшим діапазоном налаштувань, або спеціальні матеріали: «Мрамор» (Marble) – з властивостями мармуру, «Гранит» (Granite) – з властивостями і трибарвною текстурою граніту, «Дерево» (Wood) – з властивостями і двоколірною текстурою дерева та інші.

Розглянемо на прикладі побудову тривимірної моделі у графічній системі AutoCAD. Створення ескізів здійснюється у стандартному і звичному для креслення середовищі з такими панелями інструментів як: рисування, розміри, залежності та редагування (перенесення, копіювання, поворот, тощо). При роботі над ескізами використовується технологія iLogic, яка забезпечує проектування на основі правил, що дозволяє легко зберігати і повторно використовувати свою роботу. iLogic впроваджує правила у вигляді об'єктів безпосередньо в деталі, складальні одиниці та документування креслень. Ці правила визначають значення параметрів і атрибутів проекту, а також управляють ними. Змінюючи значення, можна формувати поведінку атрибутів, елементів і компонентів моделі. Після створення ескізу за допомогою інструменту видавлювання створюється тверде тіло і задаються такі параметри як назва, матеріал, покриття з додаванням отворів з різьбою, зварних швів. Усі ці дані важливі для подальшого розрахунку і формування специфікацій. Приклад ескізу та деталі показано на рис. 1 і 2.

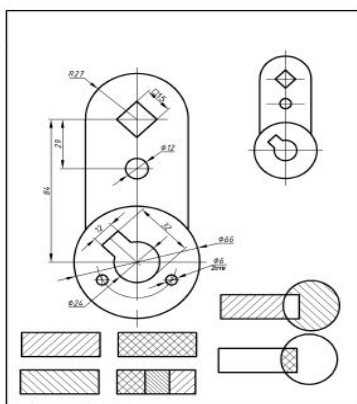


Рис.1- Планка 2D

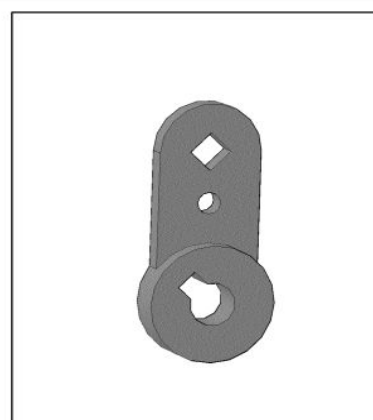


Рис.2 - Планка 3D.

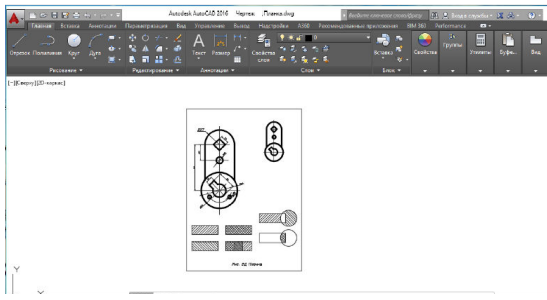


Рис. 3

Щоб проаналізувати створення деталі в 2D-форматі, необхідно створювати об'єкт на робочому листі в програмі AutoCad, в масштабі А5 (рис. 3).

Основна задача полягає в створенні деталі за допомогою функцій перетину та виносних видів. На робочому листі вказуємо крапки, які будуть визначати лінію перетину та переміщуємо курсив для того щоб задати напрямлення перетину та його положення на листі (рис. 4).

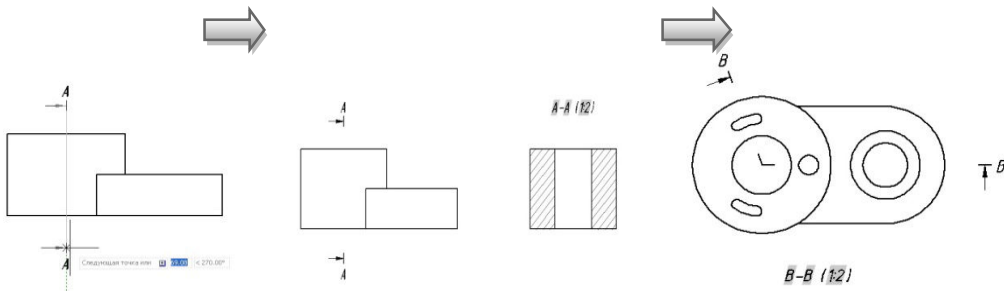


Рис. 4

Для редагування перетину необхідно виділити його на панелі інструментів (рис. 5).



Рис. 5

Додатково використовуємо *Глубины сечения (Полная, Срез, Расстояние)*, які дозволяють побудувати розріз, переріз, перетин на глибину та наявність штрихування (рис. 6).

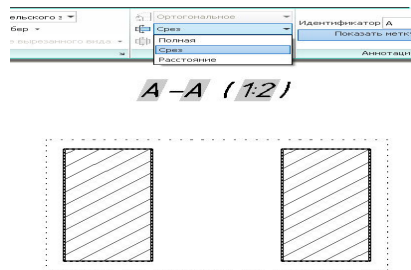


Рис. 6

"Ручки" на перетині активні та дозволяють виконати основні операції редагування та масштабування. Для управління відображених перерізів введені стилі перерізів. Також в стилях можна налаштувати вид перерізів (рис. 7).

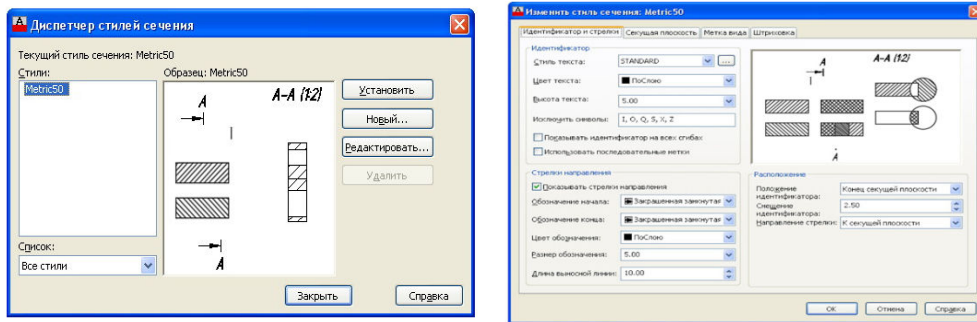


Рис. 7

Для того, щоб створити виносний вид, використовуємо елемент круговий та прямокутний. Для цього обираємо вид, вказуємо центральне місце та вид кола, використовуючи панель інструментів (рис. 8, 9).



Рис. 8

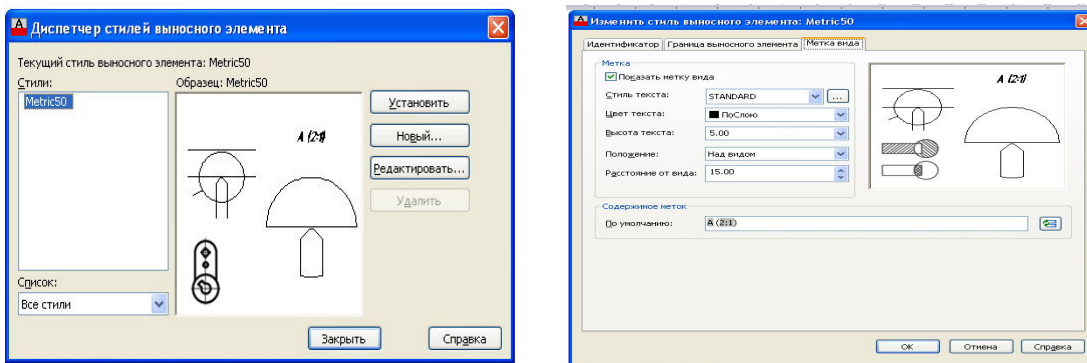


Рис. 9

Остаточный вид деталей изображений на рис. 10, 11.

Для построения 3D-модели мы выбираем команду «Выдавить» на вкладке «Главная», панель «Моделирование». Выбираем объект для выдавливания (наш замкнутый 2D-профиль). Выбираем один из режимов. Результат изображений на рис. 12.

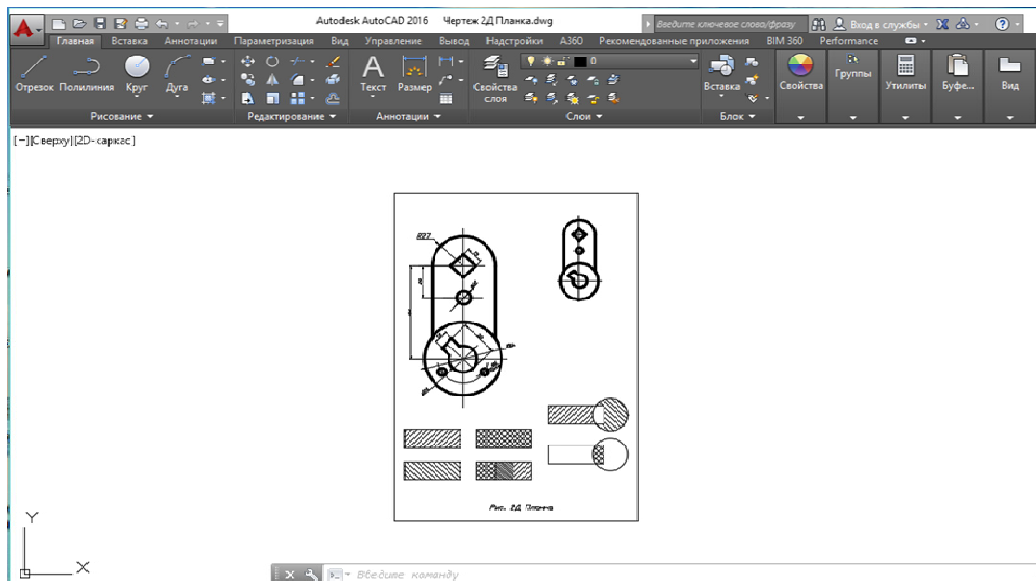


Рис. 10

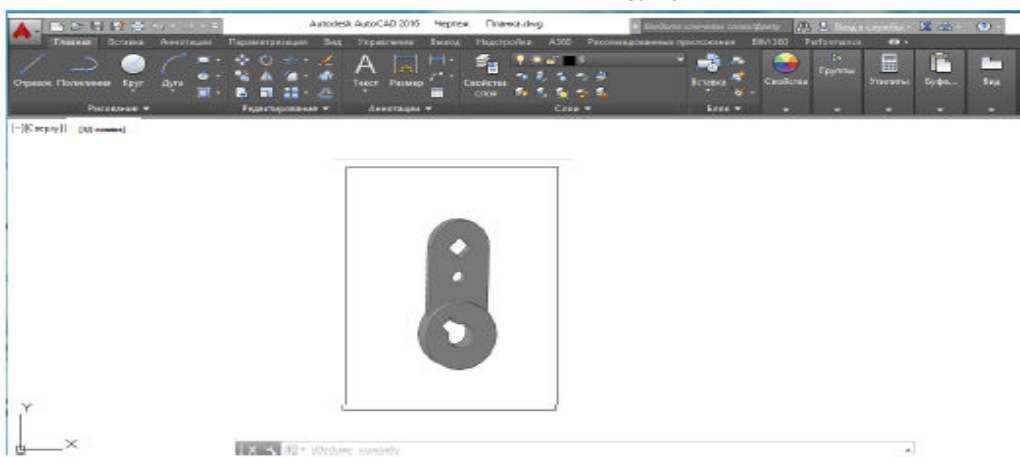


Рис. 11

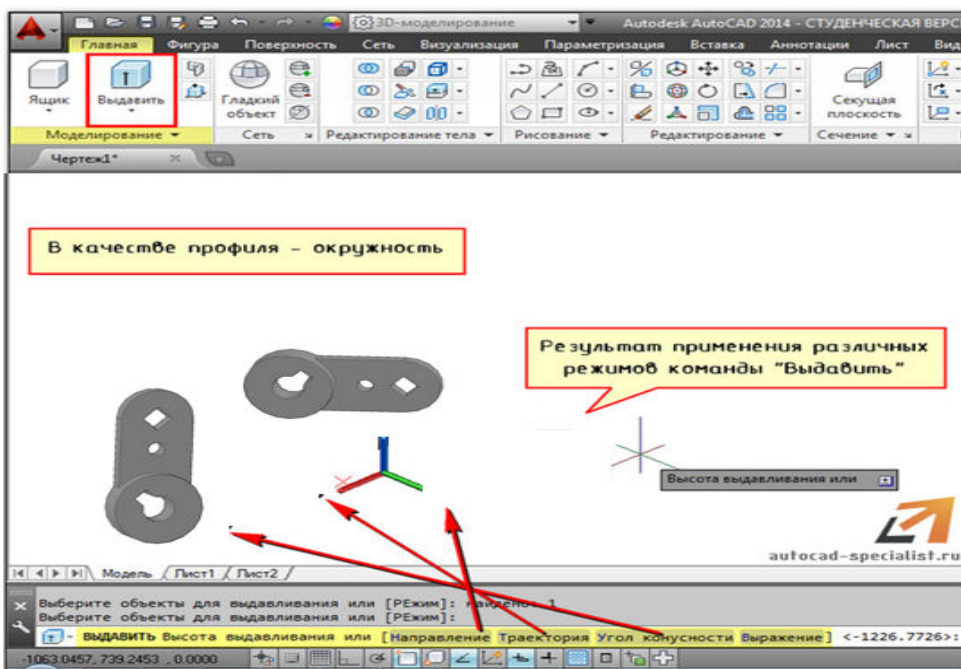


Рис. 12

## Висновки

Моделювання тривимірних об'єктів має певні переваги. По-перше, за допомогою програмного, технічного, методичного забезпечення дозволяє проводити дослідження моделей. По-друге, за тривимірною моделлю можна створювати кресленики, уникаючи при цьому помилок. Твердотільні об'єкти мають складну форму, а тому побудова їх починається з формування твердотільних примітивів шляхом застосування теоретико-множинних операцій (об'єднання, віднімання, перетину та ін.). Для цього потрібні знання в області геометрії, стереометрії, математики, фізики, розуміння об'єму і форми, а також володіння основами архітектури, фотографії, дизайну і ін.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. О. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD : навч. посібник . К.: Каравела, 2006. - 336 с.
2. Веселовська, Г. В., Ходаков В. Є., Веселовський В. М. Комп'ютерна графіка : навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2011. - 584 с.
3. Орлов А. AutoCAD 2009. Санкт Питербург : Изд-во «Питер», 2008. - 378 с.
4. Погорелов В. AutoCAD 2007. Трехмерное моделирование. Санкт Питербург : Изд-во «БХВ-Петербург», 2007. - 432 с.

*Яніна Германівна Скорюкова* — канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [yaninaskorukova@gmail.com](mailto:yaninaskorukova@gmail.com)

*Владислав Андрійович Кузьмін* — студент групи КОІС-186, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [myltiheadshot@gmail.com](mailto:myltiheadshot@gmail.com)

Науковий керівник: *Яніна Германівна Скорюкова*

*Yanina G. Skoriukova* – PhD., docent, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: [yaninaskorukova@gmail.com](mailto:yaninaskorukova@gmail.com)

*Vladyslav A. Kuzmin* – Department of computer systems and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [myltiheadshot@gmail.com](mailto:myltiheadshot@gmail.com)

Supervisor: *Yanina G. Skoriukova* - PhD., docent, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: [yaninaskorukova@gmail.com](mailto:yaninaskorukova@gmail.com)

**THREE-DIMENSIONAL MODELING IN THE AUTOCAD GRAPHIC SYSTEM FOR SOLVING THE PROBLEM OF ENGINEERING GRAPHICS**