МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О. Ю. КУКЛІНА, В. Б. МАЗУРЕНКО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка»: 3D-моделювання в системі AutoCAD

Рекомендовано Методичною радою НУК

ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2021

УДК 514.18(076)
К89

Автори:
О. Ю. Кукліна, канд. техн. наук, доцент;
В. Б. Мазуренко, фахівець

Рецензент С. О. Слободян, канд. техн. наук, професор

Рекомендовано Методичною радою НУК

Кукліна О. Ю.

К89 Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка»: 3D-моделювання в системі AutoCAD / О. Ю. Кукліна, В. Б. Мазуренко. – Миколаїв : НУК, 2021. – 48 с.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості і практичні рекомендації до вивчення курсу «Комп'ютерна графіка», а саме розділу «3D-моделювання в системі AutoCAD».

Призначено для студентів першого та другого курсів денної і заочної форм навчання всіх спеціальностей технічного напрямку НУК ім. адм. Макарова.

УДК 514.18(076)

© Кукліна О. Ю., Мазуренко В. Б., 2021
© Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2021

ВСТУП

У сучасному світі інтегровані графічні пакети AutoCAD та SolidWorks є найбільш популярними на ринку програм автоматизованого проєктування. Між іншим, конструювання 3D-моделей – один з найбільш затребуваних навичок технічних фахівців у найближчому майбутньому. В більшості сучасних CAD-систем креслення створюються на основі 3D-моделей, що є їх важливою функціональною перевагою в порівнянні з двовимірними електронними кульманами. Внаслідок цього сучасні CAD-системи володіють такими перевагами, як асоціативний зв'язок з 3D-моделюванням, що забезпечує швидку побудову будь-яких проєкцій, розрізів та перетинів, отримання властивостей моделі (допуски, бази, шороховатості, матеріали, інформація про розробника), автоматичне оновлення видів та розмірів при внесенні змін в модель та багато іншого.

В цьому курсі слухачі отримають знання про можливості системи AutoCAD та SolidWorks, ефективні способи і прийоми побудови двовимірної моделі реального об'єкта і створення на її основі креслення. Курс призначений також для вивчення варіативних можливостей тривимірного проєктування, що дозволяє ефективно реалізовувати візуальний об'ємний образ бажаного об'єкта – від простих конструкцій до складних механізмів.

Метою методичних вказівок до вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка», а саме розділу «Моделювання в системі AutoCAD», є практичне освоєння студентами технології об'ємного конструювання поверхонь та тіл, реалізованої в середовищі універсальної графічної системи AutoCAD.

Методичні вказівки знайомлять студентів з основами 3D-моделювання. Представлені команди побудови типових

твердотільних примітивів, створення тіл шляхом: видавлювання плоского контуру, обертання, зсуву. Розглянуто засоби для перегляду об'єктів у видових екранах. Надані рекомендації для закріплення навичок роботи в просторі 3D-моделювання, команди редагування і модифікації твердотільних об'єктів.

У ході виконання лабораторних робіт студенти здобувають практичні навички виконання конструкторсько-графічних робіт з використанням системи AutoCAD.

Дані методичні вказівки не можуть забезпечити всебічне охоплення всіх питань окремих напрямків дисципліни. Зміст кожного розділу включає основні теоретичні і практичні відомості стосовно розглянутих питань. Додаткові знання студенти повинні отримати самостійно із законодавчих і нормативно-методичних матеріалів (вітчизняних і міжнародних), літературних джерел, Інтернету тощо.

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Над вивченням курсу студентам слід працювати систематично, переходити до наступної теми після закріплення знань з попередньої теми.

При вивченні матеріалу рекомендується використовувати всі форми і методи обробки інформації: складати стислий конспект опрацьованого матеріалу, користуватись додатковою інформацією з літературних джерел, Інтернету, практичної галузі тощо. Закріпляти пророблений матеріал слід з обов'язковим наданням йому графічної інтерпретації.

Не слід переходити до вивчення наступної теми, не знайшовши відповіді на всі питання для самостійної перевірки.

Питання, які виникають під час роботи над курсом, слід записувати та знаходити відповіді на них за допомогою викладача під час аудиторних занять і консультацій.

Враховуючи частку самостійної роботи, закладену в учбовий план дисципліни, треба звернути увагу на те, що лекції, які читаються, у більшості носять оглядовий характер. Їх мета – звернути увагу студентів на загальний зміст окремих тем, підкреслити найбільш важливі положення та закріпити умови їх практичного використання.

Виконання контрольних завдань і робіт слід починати тільки після проробки матеріалу відповідних розділів. Контрольні роботи повинні виконуватись самостійно. В іншому випадку студент не набуде необхідних знань.

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна закладає основи для вивчення інших технічних дисциплін, які впливають на знання при вивченні дисциплін за фахом, циклу дисциплін професійно-практичної підготовки студентів, які вивчаються на старших курсах, і для застосування навичок у курсовому та дипломному проєктуванні.

***Предмет навчальної дисципліни*:** методи геометричного моделювання; графічні (проєкційні) методи розв'язання інженерно-геометричних задач; методи спрощення розв'язання задач інженерної графіки; вимоги стандартів щодо оформлення конструкторської документації; системи комп'ютерної графіки.

Мета вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка» – розвиток просторової уяви студентів, зокрема освоєння правил проєкціювання та елементів конструювання, навчання правилам побудови і читання креслень, оволодіння технікою їх виконання; надання студентам знань з технології виготовлення графічної документації, реалізованої в універсальному графічному середовищі AutoCAD. Принцип відкритої архітектури, покладений в основу AutoCAD, дозволяє адаптувати та розвивати його функції відповідно до конкретних задач і вимог.

Завданням дисципліни є вивчення:

– способів побудови зображень предметів і деталей у відповідності зі стандартами;

– основних вимог стандартів ДСТУ щодо оформлення технічних креслень, правил виконання зображень з'єднань деталей;

– засобів і методів комп'ютерного 3D-моделювання в системі *AutoCAD*.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

– інтерфейс AutoCAD, засоби створення і збереження нового креслення;

– основні команди виконання плоских графічних зображень;

– команди редагування креслень;

– команди об'єктної прив'язки, нанесення розмірів;

– команди виконання текстових операцій;

– правила виконання зображень (виглядів, розрізів і перерізів) при ескізуванні деталей;

– графічні позначення матеріалів у розрізах та перерізах;

– правила та основні прийоми виконання тривимірних моделей;

– способи візуалізації тривимірних моделей та нанесення текстур;

вміти:

– здійснювати двовимірне проєктування та оформлення креслень різноманітних деталей і вузлів;

– виконувати креслення електричних схем та створювати блоки;

– редагувати креслення;

– наносити розміри на зображеннях;

– виводити виконане креслення на принтер;

– виконувати тривимірне моделювання;

– візуалізувати тривимірні моделі та змінювати текстури;

– автоматично отримувати на основі об'ємної моделі плоскі зображення її проєкцій.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОДУЛЬ 1. Комп'ютерна графіка

Змістовий модуль 1. Засоби створення зображень у системі *AutoCAD*.

Тема 1. Інтерфейс системи. Створення креслення. Налагодження параметрів креслення. Зберігання, копіювання та вивід креслення на друк. Шари на кресленні. Типи ліній, їх завантаження. Об'єктна прив'язка, постійна та тимчасова.

Тема 2. Основні правила оформлення текстової та графічної документації. Побудова графічних примітивів. Способи вибору об'єктів. Команди простого та конструктивного редагування креслень.

Тема 3. Штриховка на кресленнях, її налагодження. Розміри: види розмірів, способи їх нанесення на кресленнях. Асоціативні розміри та їх редагування. Налагодження параметрів розмірів.

Змістовий модуль 2. Засоби створення *3D-моделей* у системі *AutoCAD*.

Тема 4. Блоки в системі AutoCAD. Атрибути блоку. Створення блоку, запис у файл. Вставка в креслення. Застосування блоків при виконанні креслення електричної схеми.

Тема 5. *3D*-моделювання. Побудова стандартних простих об'ємних тіл. Операції об'єднання (Union), віднімання (Subtract), перетин (Intersect). Способи підготовки креслення до виводу на друк. Простір моделі та простір аркуша. Налагодження параметрів друку.

Тема 6. Побудова тіл способами видавлювання (Extrude). Особливості конструювання тіл обертання (Revolve). Створення складальних об'ємних тіл. Виконання об'ємного зображення деталі.

МОДУЛЬ 2. Інженерна графіка

Змістовий модуль 3. Основні правила виконання й оформлення креслень.

Тема 1. Стандарти системи конструкторської документації (СКД). Оформлення креслень.

Тема 2. Проєкційне креслення.

Тема 3. Аксонометричні проєкції.

Змістовий модуль 4. Основи машинобудівного креслення.

Тема 4. Різьби та елементи деталей з різьбою.

Тема 5. Виконання ескізів машинобудівних деталей.

Тема 6. Особливості виконання електротехнічних схем, типи та види електричних схем, розподіл схем за типовими групами.

4. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
МОДУЛЬ 1		
1	Інтерфейс системи AutoCAD. Виконання лабораторної роботи № 1. Титульний аркуш	5
2	Виконання лабораторної роботи № 2–3. Спряження (лист 01)	5
3	Особливості виконання електротехнічних схем, типи та види електричних схем, розподіл схем за типовими групами	5
4	Застосування блоків в AutoCAD для виконання умовних графічних позначень елементів електросхем. Складання переліку елементів електросхем	5
5	Виконання графічного завдання "Електричні схеми" (лист 05)	5
6	3D-моделювання в системі AutoCAD. Виконання 3D-моделі за проєкційним кресленням деталі з натури (лист 06)	5
МОДУЛЬ 2		
7	Виконання ескізу деталі з натури (лист 02)	2
8	Виконання лабораторної роботи № 4. Проєкційне креслення деталі з натури (лист 03)	2
9	Виконання завдання "Проєкційне креслення" (побудова третьої проєкції деталі за двома заданими) (лист 04)	3
10	Аксонометричні проєкції. Аксонометричні осі і коефіцієнти спотворення. Прямокутна ізометрія і диметрія	2
11	Різьбові з’єднання. Виконання складального креслення з’єднання болтом та шпилькою (лист 07)	3
12	Виконання специфікації для складального креслення різьбових з’єднань (лист 08)	3

5. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
МОДУЛЬ 1		
1	Проробляння матеріалу щодо інтерфейсу програми, графічного редактора, головного меню, панелей інструментів, піктограм. Випадаючі та контекстні меню	12
2	Проробляння теми "Написання тексту на кресленнях"	12
3	Проробляння теми "Команди простого редагування примітивів. Переміщення та обертання об'єктів"	13
4	Проробляння теми "Штриховка на кресленнях, її налагодження. Розміри: види розмірів, способи їх нанесення на кресленнях"	12
5	Проробляння теми "3D-моделювання. Побудова стандартних простих об'ємних тіл. Побудова тіл способами видавлювання (Extrude)"	13
6	Проробляння матеріалу щодо виконання креслення електричних схем у середовищі AutoCAD, застосування апарату Блок для створювання схем у системі AutoCAD	13
МОДУЛЬ 2		
7	Проробляння стандартів, що регламентують правила оформлення графічної документації (ГОСТ 2.301-68 – Формати, ГОСТ 2.302-68 – Масштаби, ГОСТ 2.303-68 – Лінії, ГОСТ 2.301-81 – Шрифти, ГОСТ 2.104-68 – Основний напис)	10
8	Проробляння матеріалу з проєкційного креслення. Зображення – вигляди, розрізи, перерізи, умовності їх виконання. Нанесення розмірів	10
9	Виконання ескізів машинобудівних деталей з натури. Підбір формату. Вибір головного вигляду та кількості основних виглядів. Компонування аркуша. Розрізи та перерізи. Визначення та нанесення розмірів. Позначення матеріалів на кресленні	10
10	Проробляння матеріалу з аксонометричних проєкцій. Аксонометричні осі, коефіцієнти спотворення. Стандартні аксонометричні проєкції. Зображення кіл в аксонометричних проєкціях	10
11	Особливості виконання електротехнічних схем, типи та види електричних схем, розподіл схем за типовими групами	10
12	Проробляння матеріалу про правила виконання креслень електричних схем, послідовність читання схем. Літерні позначення найпоширеніших видів елементів електричних схем (ГОСТ 2.710). Вимоги до таблиці переліку елементів схем, умовні графічні позначення елементів на електричних схемах	10

6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Під час викладання дисциплін використовуються майже всі відомі методи навчання. За зовнішніми ознаками діяльності викладача та студентів: лекції, бесіди, інструктажі, демонстрація, розв'язання задач, робота з літературою. За джерелом отримання знань: вербальні (словесні), наочні (демонстрація плакатів, схем, використання технічних засобів тощо) та практичні (практичні завдання). За критерієм степені самостійності та творчості в діяльності: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, дослідницький та конструктивний методи.

7. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Для поточної перевірки знань студентів використовується форма опитування на кожному практичному та лабораторному занятті, а також під час захисту виконаного завдання. Крім того, проводиться атестація студентів та залікові роботи.

8. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Для диференційованого заліку

Модуль 1

Поточне тестування та самостійна робота							Сума
	Змістовий модуль № 1			Змістовий модуль № 2			
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	
	10	10	10	10	10	10	60
Практ.	5	5	5	5	5	5	
Сам. р.	5	5	5	5	5	5	

Модуль 2

Поточне тестування та самостійна робота							Сума
	Змістовий модуль № 3			Змістовий модуль № 4			
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	40
	6	6	7	7	7	7	
Практ.	4	4	4	4	4	4	
Сам. р.	2	2	3	3	3	3	

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90–100	**A**	відмінно	зараховано
82–89	**B**	добре	
74–81	**C**		
64–73	**D**	задовільно	
60–63	**E**		
35–59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

9. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Під час вивчення курсу «Комп'ютерна графіка» використовуються різні навчально-методичні матеріали та технічні засоби навчання, серед яких:

1. Моделі по темах: «Проєкційне креслення», «Різьбові вироби та з'єднання», «Об'ємне моделювання».

2. Фільми по темах: «Проєкційне креслення», «Аксонометричні проєкції», «Різьба та різьбові з'єднання».

3. Плакати по темах: «Креслярські шрифти», «Нанесення розмірів», «Розрізи та перетини», «Аксонометричні проєкції», «Різьби та різьбові з'єднання».

Виконання завдань з комп'ютерної графіки здійснюється після проробки матеріалу, що пояснювався, та вивчення лабораторних робіт з використанням ПЕОМ у спеціалізованому комп'ютерному класі НУК. Використовується 2019 версія графічної системи AutoCAD.

10. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ: 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ AUTOCAD. ПОБУДОВА ТИПОВИХ ТВЕРДОТІЛЬНИХ ПРИМІТИВІВ. СТВОРЕННЯ ТІЛ ШЛЯХОМ ЗСУВУ, ОБЕРТАННЯ, ВИДАВЛЮВАННЯ. ВИКОРИСТАННЯ ВИДОВИХ ЕКРАНІВ

Тривимірне моделювання. Загальні відомості

Система автоматизованого проєктування AutoCAD включає в себе досить широкий набір засобів тривимірного моделювання. Вони дозволяють працювати як з простими примітивами, так і зі складними поверхнями і твердими тілами. Базові типи просторових моделей, що використовуються в AutoCAD, можна умовно розділити на три групи:

– каркасні моделі;

– моделі поверхонь;

– твердотільні моделі.

Каркасна модель – це сукупність відрізків і кривих, що визначають ребра фігури. У каркасному моделюванні використовуються тривимірні відрізки, сплайни і полілінії, які дозволяють у загальних рисах визначити конфігурацію об'єкта – побудувати його каркас. Даний вид роботи слід розглядати, головним чином, як етап допоміжних побудов для тривимірного проєктування більш високого рівня.

Поверхнева модель – це сукупність поверхонь, що обмежують і визначають тривимірний об'єкт у просторі. Моделювання поверхонь застосовується для детального відпрацювання зовнішнього вигляду виробу. Область застосування даного виду моделювання – дизайн, вирішення задач компоновки складних виробів і т. п.

Твердотільне моделювання є основним видом тривимірного проєктування виробів. Створювані в ході такого моделювання тіла сприймаються системою як якісь єдині об'єкти, що мають певний об'єм. Твердотільне моделювання дозволяє на базі просторового об'єкта отримувати необхідні види, розрізи і перетини для оформлення робочої документації.

Крім засобів створення просторових об'єктів, блок тривимірного моделювання системи AutoCAD включає в себе засоби перегляду об'ємного зображення, візуалізації і засоби редагування тривимірних об'єктів.

Твердотільне моделювання

Для виклику команд роботи з тілами найбільш часто використовуються кнопки системного меню вкладки **Home** (Головна) (рис. 1). Призначення кнопок на панелі інструментів наведено нижче:

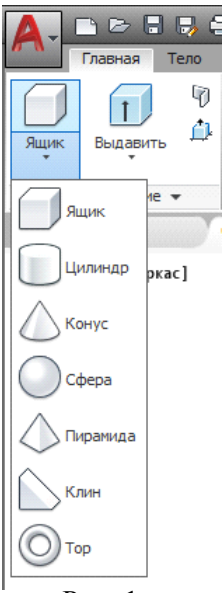


Рис. 1

1. Команда **Ящик**: побудова твердотільного прямокутного паралелепіпеда з ребрами, паралельними осям поточної системи координат.

2. Команда **Циліндр**: побудова твердотільних циліндрів.

3. Команда **Конус**: побудова твердотільних конусів.

4. Команда **Сфера**: побудова твердотільного кулі.

5. Команда **Піраміда**: побудова твердотільної піраміди.

6. Команда **Клин**: побудова твердотільної прямої призми («клина») з основою у вигляді прямокутного трикутника, паралельного площині XZ поточної системи координат.

7. Команда **Тор**: побудова тіл, що мають форму тора.

Для виклику команд, які дозволяють створювати тіла з їх плоского контуру, використовуються наступні кнопки системного меню вкладки **Головна** (рис. 2). Призначення кнопок на панелі інструментів наведено нижче:

1. Команда **Видавити**: створення тел шляхом видавлювання двовимірних об'єктів.

2. Команда **Лофт**: створення тел в просторі між перетинами.

3.Команда **Обертання**: створення тіла шляхом обертання двомірних об'єктів.

4. Команда **Зсув**: створення тіла шляхом зсуву плоского об'єкта уздовж траєкторії.

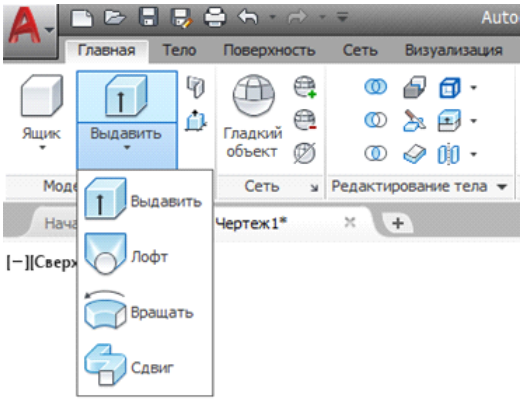


Рис. 2

Побудова типових примітивів

Розглянуті типові примітиви представлені у вигляді каркасних моделей. За замовчуванням число ізоліній, якими представлені бічні криволінійні поверхні, дорівнює 4. Для зміни кількості ізоліній необхідно визвати команду **Ізолінії** і вказати ціле число – від 0 до 2047. У представлених моделях кількість ізоліній дорівнює 20.

Побудова твердотільного прямокутного паралелепіпеда

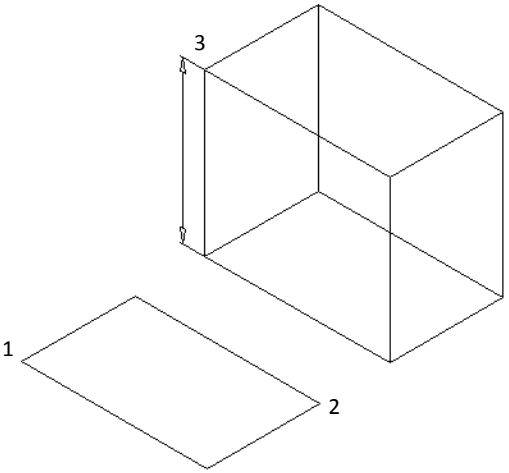


Рис. 3

Основа паралелепіпеда завжди викреслюється паралельно площині XY поточної ПСК. Висота ящика задається в напрямку осі Z. Для висоти можна вказувати позитивні і негативні значення. На запит команди необхідно ввести числові значення відповідних параметрів паралелепіпеда (величина основи – точки 1, 2, висота – точка 3 на рис. 3).

Побудова твердотільного циліндра

Циліндр будується за допомогою центральної точки (1), точки, що задає значення радіуса (2), та точки для завдання висоти циліндра (3) (див. рис. 4). Основа циліндра завжди знаходиться на площині, яка паралельна робочій. Можливо управляти ступенем згладжування 3D-тіл, наприклад циліндра, для яких створено візуальний стиль тонування або пригнічення прихованих ліній.

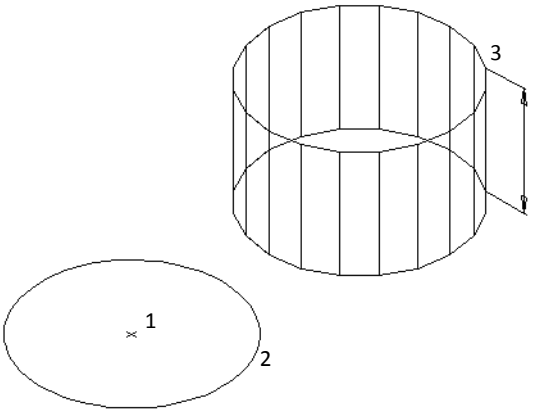


Рис. 4

Побудова твердотільного конуса

Команда **Конус** створює тіло з основою у формі кола або еліпса, що симетрично звужується до точки. Для побудови конуса необхідно вказати положення центру основи створюваного конуса (точка 1 на рис. 5); далі ввести числове значення радіуса основи конуса або задати радіус основи конуса, вказавши на графічному екрані необхідну точку (точка 2); ввести числове значення висоти конуса (точка 3) або обрати висоту конуса на графічному екрані.

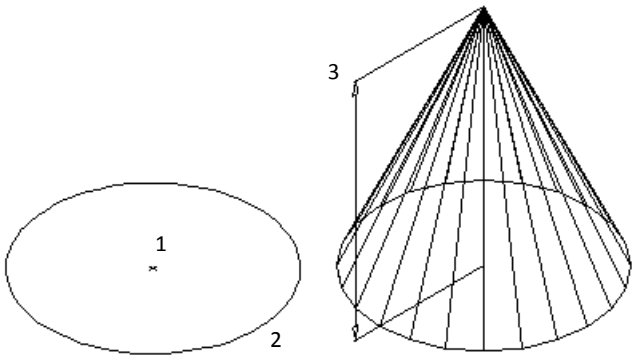


Рис. 5

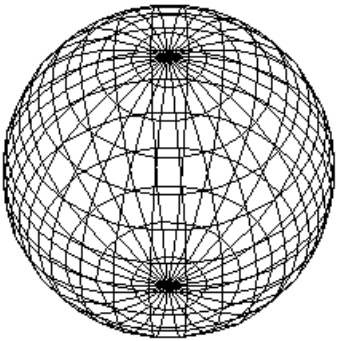


Рис. 6

Побудова твердотільної сфери

Команда **Сфера** створює сферу за заданими значеннями її центральної точки і точки на радіусі (рис. 6). Ці дані можуть бути введені як числові значення, так і задані на графічному екрані.

Побудова твердотільної піраміди

Команда **Піраміда** дозволяє будувати піраміду з будь-якою кількістю сторін основи. За замовчуванням піраміда визначається центром (точка 1 рис. 7), базовою точкою (2), розташованою на середині ребра (точкою дотику вписаного в основу кола), і точкою, яка задає висоту піраміди (3).

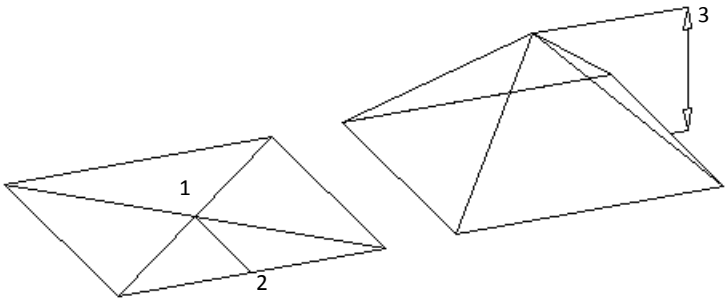


Рис. 7

Побудова твердотільної призми

Команда **Клин** використовується для побудови твердотільної прямої призми («клина») з основою у вигляді прямокутного трикутника, паралельного площині XZ поточної системи координат. При зазначенні положення першої верши-

ни (точка 1 рис. 8) призма надалі буде побудована таким чином, що площина її вертикальної грані буде проходити через дану вершину. Далі необхідно вказати положення іншої вершини нижньої грані створюваної призми (точка 2). Потім ввести числове значення висоти бічної грані створюваної призми (точка 3) або задати висоту призми, вказавши на графічному екрані необхідну точку.

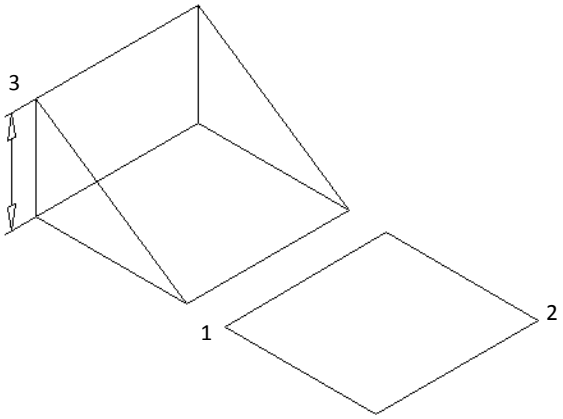


Рис. 8

Побудова твердотільного тора

Тор можна створити шляхом зазначення центру, радіуса або діаметра тора, а потім радіуса або діаметра труби тора. Центром тора вважають центр направляючої окружності. Необхідно будь-яким можливим способом вказати положення центру створюваного тора (точка 1 на рис. 9). Радіус направляючої окружності – відстань від центру твірної окружності до центру тора (точка 2). Ввести число або вказати на графічному екрані значення радіуса твірної окружності тора (точка 3).

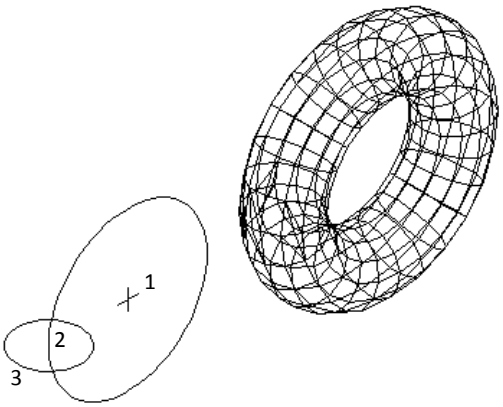


Рис. 9

Побудова твердотільного об'єкта
шляхом видавлювання плоского контуру

Вихідними об'єктами для **Видавлювання** можуть бути плоскі грані, замкнуті полілінії, багатокутники, окружності, еліпси, замкнуті сплайни, кільця й області.

При створенні твердих тіл вихідні контури видаляються. При видавлюванні незамкнутого об'єкта виходить поверхня. Для побудови вказуються об'єкти, які видавлюються для створення твердих тіл (рис. 10).

Існує можливість побудувати тіло шляхом видавлювання по траєкторії видавлювання або по куту звуження. Напрямними, вздовж яких буде проводитися видавлювання, можуть служити відрізки, кола, дуги кіл, еліпси, дуги еліпсів, полілінії або сплайни. При видавлюванні контуру вздовж направляючої кут його нахилу щодо направляючої залишається постійним (рис. 10,***в***).

Для задання кута звуження створюваного тіла (кута між напрямком видавлювання і твірної бічних поверхонь тіла) необхідно вказати його числове значення (на рис. 10,*г* кут

дорівнює 30°) або задати кут, вказавши на графічному екрані дві довільні точки. Значення кута звужування тіла, що видавлюється, має лежати в межах від –90° до +90°, причому це значення не повинно створювати тіла, що самоперехрещуються. Після цього необхідно вказати висоту видавлювання.

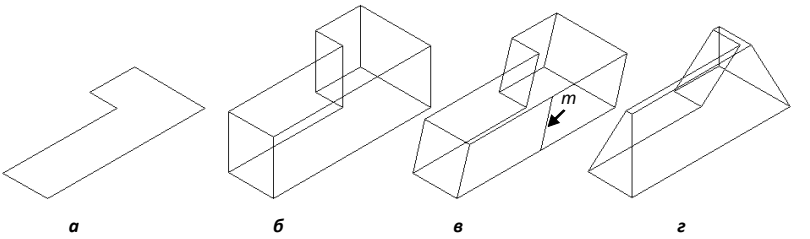


Рис. 10

Побудова тіла по заданих перерізах

Команда **Лофт** дозволяє створювати нові тіла або поверхні, задаючи ряд поперечних перерізів. При побудові тіла або поверхні за допомогою команди **Лофт** слід вказати як мінімум два поперечних перерізи, які визначать форму результуючого об'єкта. Як поперечний переріз можна використовувати: відрізки, дуги, еліптичні дуги, двовимірні полілінії, двовимірні сплайни, окружності, еліпси, точки (тільки для першого й останнього поперечного перерізу). Як траєкторії перерізу можна використовувати: лінію, дугу, еліптичну дугу, сплайн, спіраль, окружність, еліпс, двовимірні полілінії і тривимірні полілінії. Напрямним об'єктом може служити: лінія, дуга, еліптична дуга, двовимірний або тривимірний сплайн, двовимірна або тривимірна полілінія.

Побудова тіл обертання

За допомогою команди **Обертання** створюються тіла шляхом обертання двовимірних об'єктів або областей на заданий кут навколо осі X або Y поточної ПСК (рис. 11). Вихідними

об’єктами для обертання можуть служити замкнуті полілінії, багатокутники, окружності, еліпси, замкнуті сплайни, кільця і області. При створенні твердих тіл обертання вихідні контури видаляються. Неможливо застосувати обертання до об’єктів, що входять у блоки, а також до об’єктів, що самоперехрещуються. Команду **Обертання** зручно застосовувати до об’єктів, що мають спряження та інші аналогічні елементи, які важко відтворити, не використовуючи обертання перерізів.

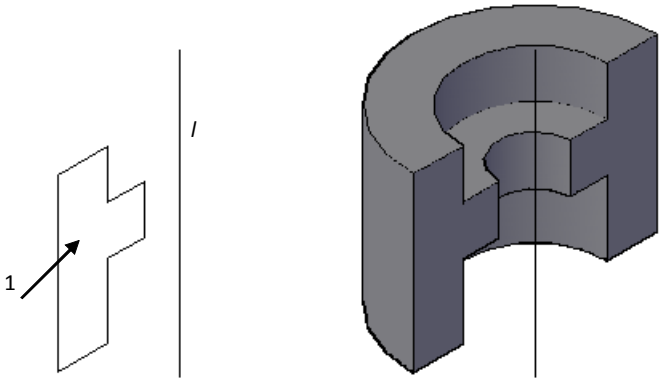


Рис. 11

При виклику команди система видає запити на вибір об’єктів для обертання для отримання твердого тіла (на рис. 11 об’єктом є замкнутий контур 1, створений командою **Область**), далі необхідно будь-яким відомим способом вказати положення осі обертання (на рис. 11 пряма *l*).

Останній запит системи – обрати кут обертання. Можна ввести числове значення кута, на який необхідно повернути вихідний контур для отримання необхідного тіла (на рис. 11 кут обертання заданий рівним 180°); або задати кут повороту, вказавши на графічному екрані дві довільні точки; або об-

рати значення кута обертання, запропонованого за замовчуванням (360°), натиснувши клавішу Enter.

Створення тіла шляхом зсуву плоского об'єкта

Команда **Зсув** формує новий твердотільний об'єкт шляхом зсуву розімкнутої або замкнутої плоскої кривої (контуру) вздовж розімкнутої або замкнутої двовимірної або тривимірної траєкторії (рис. 12). Операція зсуву відрізняється від операції видавлювання тим, що при виконанні зсуву контур переміщається і встановлюється перпендикулярним до траєкторії, потім він зсувається вздовж траєкторії.

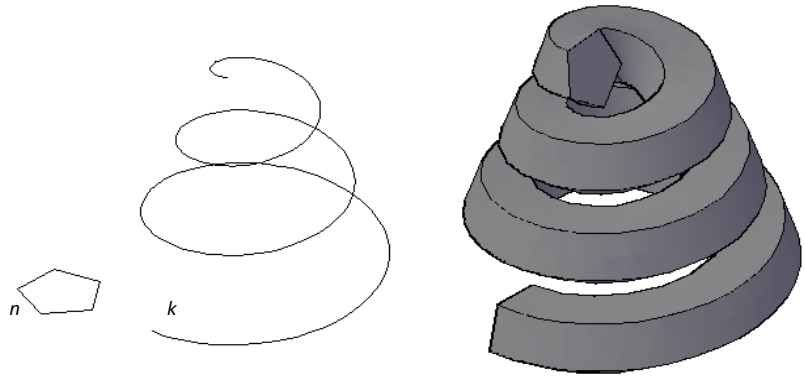


Рис. 12

Для побудови тіла зсуву можна використовувати такі об'єкти: відрізок, дугу, еліптичну дугу, двовимірну полілінію, двовимірний сплайн, окружність, еліпс, плоску тривимірну грань, двовимірне тіло, смугу, область, плоску поверхню, плоскі грані тіла. Необхідно вказати вихідний плоский контур (на рис. 12 плоским контуром є п'ятикутник *n*), потім будь-яким відомим способом вказати положення траєкторії зсуву (на рис. 12 це просторова спіраль *k*). Як траєкторії використовуються наступні об'єкти: відрізок, дуга, еліптична дуга,

двовимірна полілінія, двовимірний сплайн, окружність, еліпс, тривимірний сплайн, тривимірна полілінія, спіраль, кромки тіла або поверхні.

Розріз тіла площиною

Команда **Переріз** дозволяє розрізати набір тіл площиною і при необхідності видалити відсічені частини об'єктів. Команда **Переріз** викликається з меню **Головна** вкладки **Редагування тіла**. Отримані частини можна залишити на креслення або ж видалити одну з них. Розрізані тіла успадковують шар і колір вихідного тіла, але є новими складовими тілами.

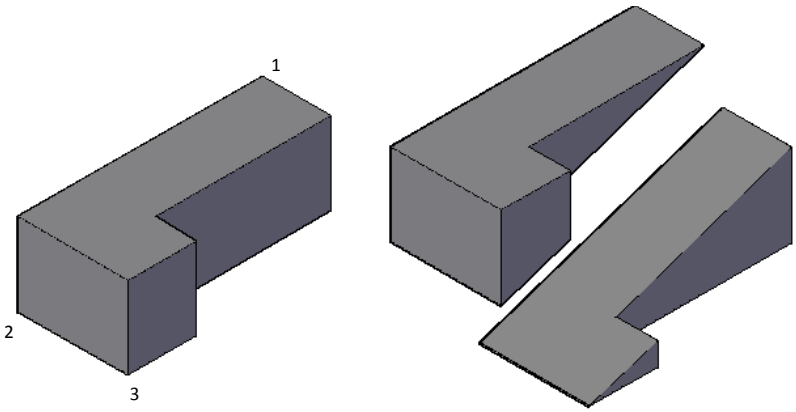


Рис. 13

Необхідно вибрати об'єкти для виконання розрізу, вказати положення ріжучої площині. На рис. 13 обрана ріжуча площина, що проходить через три задані точки (1, 2, 3). Після цього система виконає задані операції і завершить роботу з командою. Отриманий результат представлений на рис. 13 справа, показані обидві частини об'єкта після зсуву однієї з частин щодо іншої.

Створення видових екранів

Видовий екран являє собою ділянку графічного екрану, де відображається деяка частина простору моделі рисунка. Існують два типи видових екранів – ті, що перекриваються, та ті, що не перекриваються (рис. 14). Видові екрани, що не перекриваються, розташовуються на екрані монітора подібно до кахельних плиток на стіні (рис. 14, ліворуч). Вони повністю заповнюють графічну зону і не можуть накладатися один на одного. На принтер видові екрани, що перекриваються та не перекриваються, виводяться тільки поодинці.

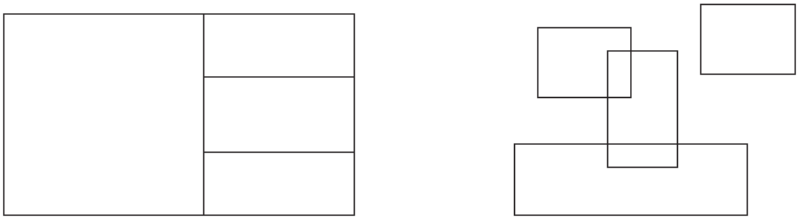


Рис. 14

Видові екрани, що перекриваються, подібні до прямокутних вікон, які розташовуються на екрані і переміщаються по ньому довільним чином (рис. 14, праворуч). Ці видові екрани можуть накладатися один на одного і викреслюватися одночасно.

Конфігурації видових екранів можуть бути різними. Можливості розміщення видових екранів залежать від їх кількості та розмірів.

Для підготовки креслення до друку переходимо в простір **Лист**. Тут можна налаштувати різні листи з основним написом і примітками, також на кожному листі можна створити видові екрани листа, що відображають різні види простору моделі. На видових екранах листа види простору моделі

масштабуються щодо простору листа. Одна одиниця в просторі листа являє собою фактичну відстань на аркуші паперу в міліметрах.

Для створення видових екранів необхідно перейти з робочого простору **Модель** на простір **Лист**. Відкрити однойменну вкладку **Лист**, на ній обрати панель **Видові екрани листа**. У діалоговому вікні **Видові екрани** на вкладці **Нові ВЕ**, в розділі стандартних видових екранів оберіть конфігурацію видових екранів зі списку.

Вкладка **Нові ВЕкрани** (рис. 15) дозволяє задати нові видові екрани. Вкладка містить наступні елементи управління: поле введення, список, два списки, що розкриваються, і одну панель. Поле введення **Нове ім'я** дозволяє задати ім'я нової конфігурації видових екранів.

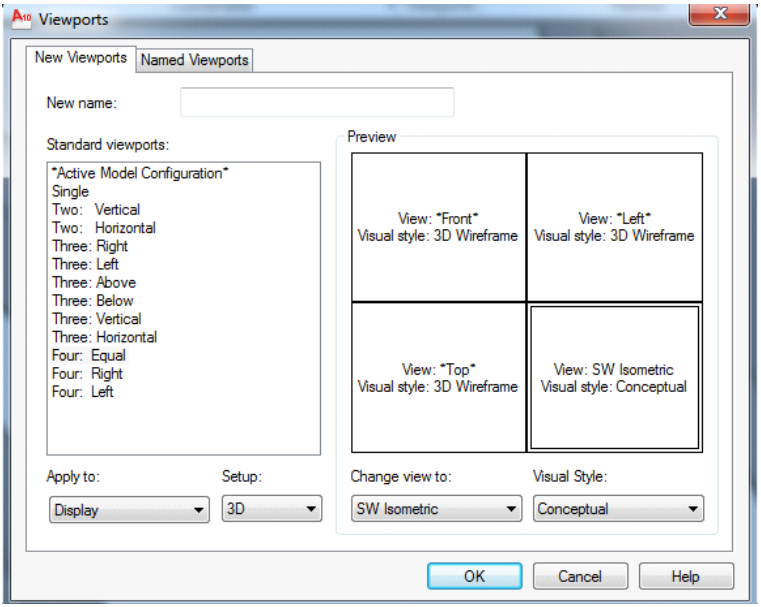


Рис. 15

Список **Стандартні конфігурації** дозволяє вибрати одну із стандартних конфігурацій видових екранів.

Список, що розкривається, **Застосувати** дозволяє застосувати вибрану конфігурацію видових екранів до всього графічного екрану. Список, що розкривається, **Режим** дозволяє задати стандартні початкові види в створюваних видових екранах. При виборі пункту **2D** зображення в усіх новостворюваних видових екранах будуть відповідати цьому зображенню на графічному екрані. При виборі пункту **3D** у новостворених графічних екранах буде сформований стандартний набір ортогональних та ізометричних видів. Панель **Зразок** призначена для попереднього перегляду нової конфігурації видових екранів і завдання видів у цих екранах. Панель містить графічне поле, яке відображає видові екрани обраної конфігурації так, як вони будуть розташовані на графічному екрані системи. На зображенні кожного видового екрану відображається ім'я виду, який буде встановлений у даному видовому екрані. Список, що розкривається, **Змінити вигляд** дозволяє вказати один із стандартних або іменованих видів, який потрібно встановити в обраному видовому екрані. Вибір екрану, в якому потрібно встановити новий вид, проводиться натисненням лівою кнопкою миші на зображенні відповідного видового екрану на графічному полі панелі **Зразок**. Обраний видовий екран зображується в подвійній рамці. Список, що розкривається, **Візуальний стиль** дозволяє вибрати один із стандартних візуальних стилів, який потрібно встановити в обраному видовому екрані.

На рис. 15 нові видові екрани мають конфігурацію Чотири рівних, на поле перегляду **Зразок** відображаються чотири рівних видових вікна. У цих видових екранах налаштовані стандартні вигляди – вигляд спереду, вигляд зліва, вигляд зверху і в нижньому правому куті розташований ізометричний

вигляд. Три вигляди представлені в стилі 3D-каркас, а ізометричний вигляд представлений у стилі Концептуальний.

Робота в режимі декількох видових екранів ведеться так само, як і у випадку єдиного видового екрану, розгорнутого на весь графічний екран системи. При цьому зазначення точок і об'єктів у відповідь на запити команд, що вводяться, проводиться в поточному видовому екрані (відображається в товстій рамці).

Всі нові побудови і зміни об'єктів, вироблені в поточному видовому екрані, автоматично відтворюються у всіх інших видових екранах. Для вибору нового поточного видового екрану необхідно перевести курсор в межі даного екрану і натиснути ліву кнопку миші. Зміну поточного видового екрану можна виробляти в процесі виконання команди. У кожному видовому екрані можуть бути встановлені власні системи координат.

Методичні вказівки
до виконання креслення «Криві зрізу»

Вихідними даними для графічного завдання «Криві зрізу» є тіло обертання та дві січні площини, що розташовані паралельно одна до одної та перпендикулярно до площини XY. Необхідно отримати криві лінії, що утворяться після перерізу тіла площинами. Даними для виконання креслення «Криві зрізу» є індивідуальна картка-завдання. Робота виконується в наступній послідовності:

1. Побудувати плоский контур засобами меню **Малювання** для подальшого обертання навколо центральної осі. Перетворити контур в замкнену область за допомогою команди **Область** меню **Малювання**.

2. Створити 3D-тіло за допомогою команди **Обертання** шляхом обертання створеного контуру навколо його осі.

4. Виконати розріз отриманого тіла зазначеними на картках площинами за допомогою команди редагування **Переріз**.

5. Налаштувати зображення тіла обертання в чотирьох видових екранах відповідно до стандартних виглядів – вигляд спереду, вигляд зліва, вигляд зверху і в нижньому правому куті – ізометричний вигляд (див. рис. 16).

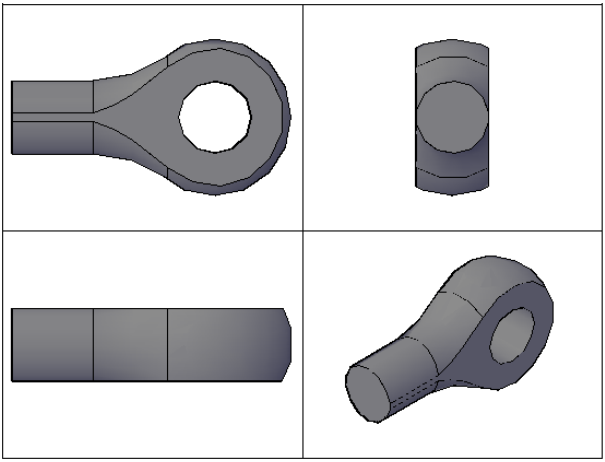


Рис. 16

11. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ: РЕДАГУВАННЯ І МОДИФІКАЦІЯ ТВЕРДОТІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Команди редагування і модифікації твердотільних об'єктів

Для виклику команд редагування тіл можна використовувати панель інструментів **Редагування тіл** (рис. 17).

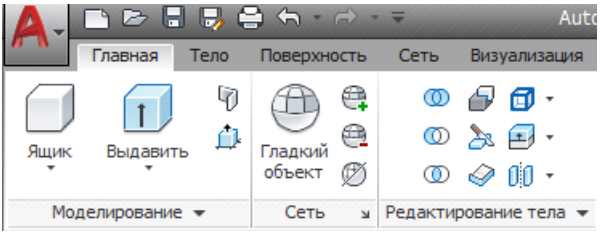


Рис. 17

Призначення кнопок на панелі інструментів наведено нижче.

Об'єднання: створення складової області або тіла шляхом складання.

Віднімання: створення складової області або тіла шляхом віднімання.

Перетин: створення складених тіл або областей з перетину двох і більше тіл або областей з видаленням непересічних ділянок об'єктів.

Розріз: дозволяє розрізати набір тіл площиною і при необхідності видалити відсічені частини об'єктів.

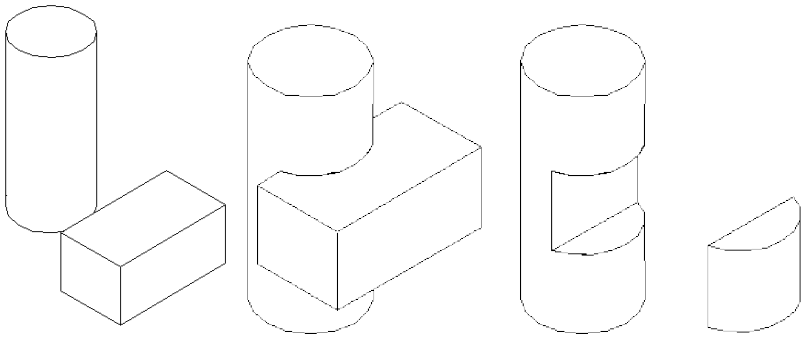
Взаємодія: може перевіряти, чи перетинаються тіла одного набору з тілами іншого набору, і в разі наявності перетину створити нові об'єкти, які є загальною частиною обох наборів.

Розділити: поділ 3D-тіл, що займають кілька замкнутих об’ємів у просторі, на окремі тіла.

Об’єднання об’єктів

Команда **Об’єднання** – дозволяє створити новий твердотільний об’єкт шляхом об’єднання кількох об’єктів.

Після виклику команди потрібно вказати об’єкти, які необхідно об’єднати в один об’єкт (на рис.18,***а*** показані циліндр і паралелепіпед).



а ***б*** ***в*** ***г***

Рис. 18

Якщо зазначені користувачем твердотільні об’єкти не перетинаються і не торкаються один одного, то система виконає формальне об’єднання цих тіл. При цьому новостворений об’єкт буде сприйматися системою як єдине ціле, хоча в фізичному сенсі такий об’єкт буде набором окремих невзаємопов’язаних тел.

Створення твердотільних об’єктів відніманням

Команда **Віднімання** дозволяє створити нові область або твердотільний об’єкт шляхом виключення (віднімання) аналогічних об’єктів. Після виклику команди першим

вказується об'єкт, з якого віднімають (на рис. 18,***б*** – циліндр), а другим – тіло, яке віднімається (на рис. 18,***б*** – паралелепіпед). Результат віднімання представлений на рис. 18,***в***.

Об'єкти, які віднімаються після виконання команди, видаляються. Якщо вихідне тіло і тіло, яке віднімається, не перетинаються, то в результаті виконання команди **Віднімання** буде просто видалене тіло, що віднімається.

Створення загальної частини твердотільних об'єктів

Команда **Перетин** дозволяє створити новий твердотільний об'єкт, який є спільною частиною всіх зазначених об'єктів.

Після виклику команди необхідно вказати об'єкти, із загальної частини яких слід створити нове тіло (на рис. 18 – циліндр і паралелепіпед). Підсумковий об'єкт наведено на рис. 18,***г***. Всі вихідні тіла, на основі яких створюється новий об'єкт, видаляються. Якщо вихідні тіла не перетинаються, то в результаті виконання команди **Перетин** ці тіла будуть просто видалені.

Загальні засоби редагування тривимірних об'єктів

Для редагування будь-яких тривимірних об'єктів можуть застосовуватися такі універсальні команди, як **Копіювання**, **Стерти**, **Розчленувати**, **Перенести**, **Масштаб**, **Скасувати**. Робота з усіма цими засобами ведеться так само, як і при плоскому кресленні. Використання ряду інших команд редагування має деякі особливості.

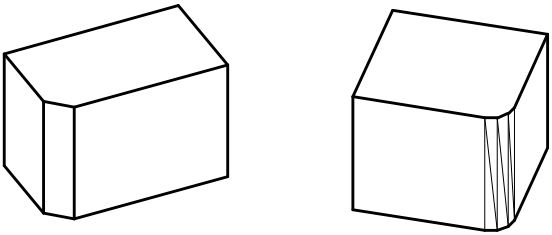
Редагування граней

Редагування граней твердотільних об'єктів виконується командами **Фаска** і **Спряження**.

Команда **Фаска** дозволяє створювати фаску (скошену частину кромки) твердого тіла. Команда викликається з меню, що випадає, **Змінити** $\Rightarrow$ **Фаска** або клацанням на

потрібній піктограмі на панелі інструментів **Змінити**. При використанні команди необхідно спочатку вибрати базову поверхню, потім ввести розміри фаски і вибрати ребра. Результат створення фаски показаний на рис. 19,***а***.

Команда **Спряження** дозволяє округляти внутрішні і зовнішні кути твердого тіла. Результат роботи команди наведено на рис. 19,***б***.



а ***б***

Рис. 19

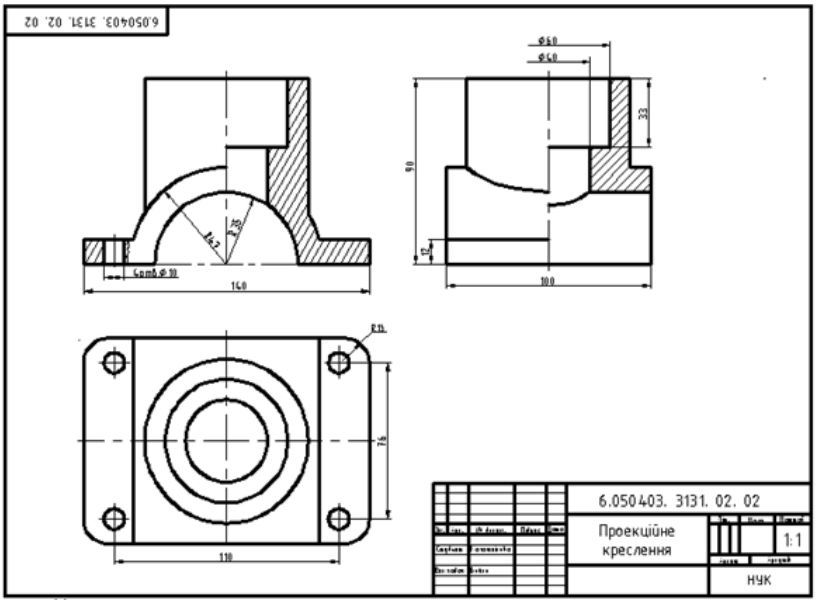
Методичні вказівки до виконання креслення «3D-моделювання»

Завдання: за трьома зображеннями машинобудівної деталі створити її твердотільну модель. Вихідними даними для виконання роботи є одне з трьох завдань по проєкційному кресленню: побудова трьох проєкцій деталі з натури, побудова трьох проєкцій за аксонометричними проєкціями деталі, побудова третьої проєкції деталі за двома заданими проєкціями.

Один з можливих варіантів вирішення поставленої задачі для деталі, три зображення якої представлені на рис. 20, реалізується в наступній послідовності.

1. При виконанні побудов 3D-моделі важливо правильно розташувати вид об’єкта, який проєктується. Для того щоб

налаштувати вигляд, необхідно перейти в меню **Вид** $\Rightarrow$ **Види** і вибрати **Вигляд спереду**.



2. Викреслити плоский контур деталі і за допомогою команди **Область** перетворити в єдиний об'єкт (рис. 21,***а***).

3. Перейти в меню **Вид** $\Rightarrow$ **Види**, вибрати **Вигляд зверху**. На даному виді побудований у п. 2 контур деталі зображений у вигляді лінії. До нього викреслюється габаритний прямокутник, що відповідає виду зверху деталі. Після чого зображуються елементи побудов (у розглянутому прикладі кола), які знаходяться в цій площині (рис. 21,***б***).

4. У меню **Вид** $\Rightarrow$ **Види** обрати **С-В Ізометрія**. На основі створеного в п. 2 плоского контуру, за допомогою команди **Видавити** створити заготовку моделі тіла.

Для цього у відповідь на запит команди *Вкажіть об'єкт для видавлювання*: необхідно вибрати плоский контур.

На запит команди *Вкажіть висоту видавлювання або [Напрямок / Траєкторія / Кут звуження]* вибираємо опцію *Напрямок*. Потім система попросить ввести початкову і кінцеву точку напрямку видавлювання: *Вкажіть початкову точку напряму*. На рис. 21,***в*** це точка 1. *Вкажіть кінцеву точку напряму*. На рис. 21,***в*** це точка 2. Результат побудов представлений на рис. 21,***г***.

5. За допомогою команди **Видавити** продавити всі циліндричні отвори на задану висоту (рис. 21,***д***).

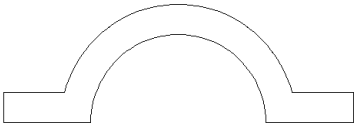
6. Для того щоб отримати циліндричні отвори в моделі, необхідно, використовуючи команду **Віднімання**, відняти від заготовки побудовані циліндри (рис. 21,***е***).

7. Для виконання елемента у вигляді арки в меню **Вид** $\Rightarrow$ **Види** вибрати **Вигляд спереду** накреслити коло радіуса R35, командою **Видавити** продавити на величину, рівну ширині деталі (рис. 21,***ж***). Потім за допомогою команди **Віднімання** відняти отриманий циліндр з раніше побудованих тіл (рис. 21,***з***).

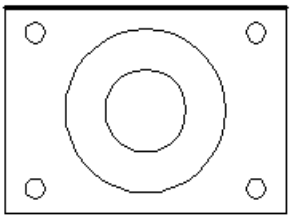
8. За допомогою команди **Спряження** створити спряження кутів моделі (рис. 21,***і***).

9. Виконати в моделі виріз 1/4. Для спрощення побудов можна скористатися стандартним твердотільним об'єктом **Ящик** (рис. 21,***к***). Після виклику команди, у відповідь на запит *Вкажіть перший кут або* [*Центр*] необхідно вказати центр нижньої або верхньої основи моделі.

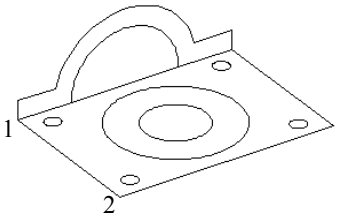
10. З моделі за допомогою команди **Віднімання** відняти побудований паралелепіпед. Таким чином, отримуємо виріз 1/4. Результати моделювання показані на рис. 21,***л***.



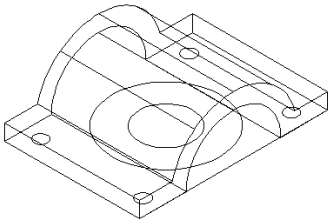
а



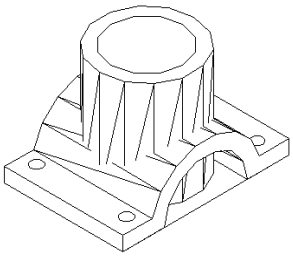
б



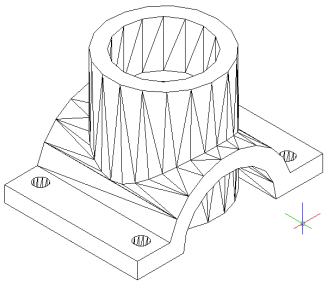
в



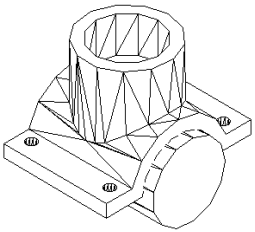
г



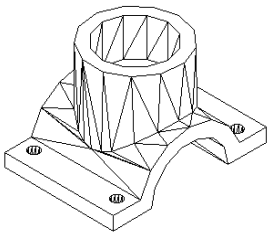
д



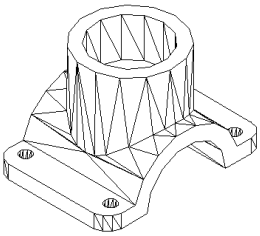
е



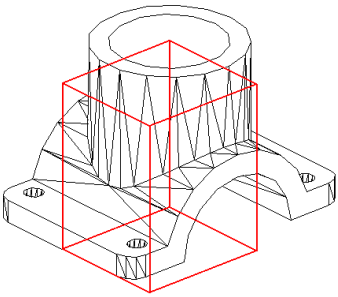
ж



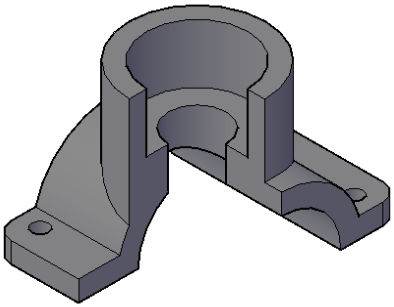
з



і



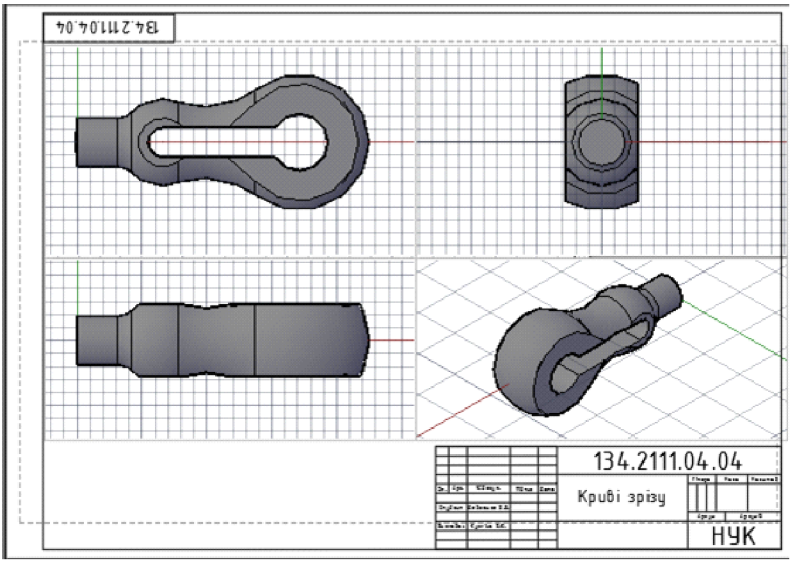
к

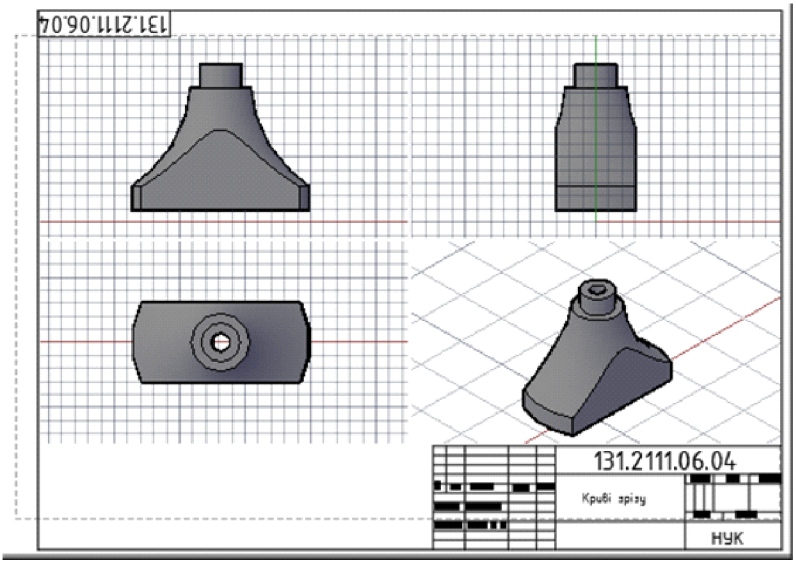


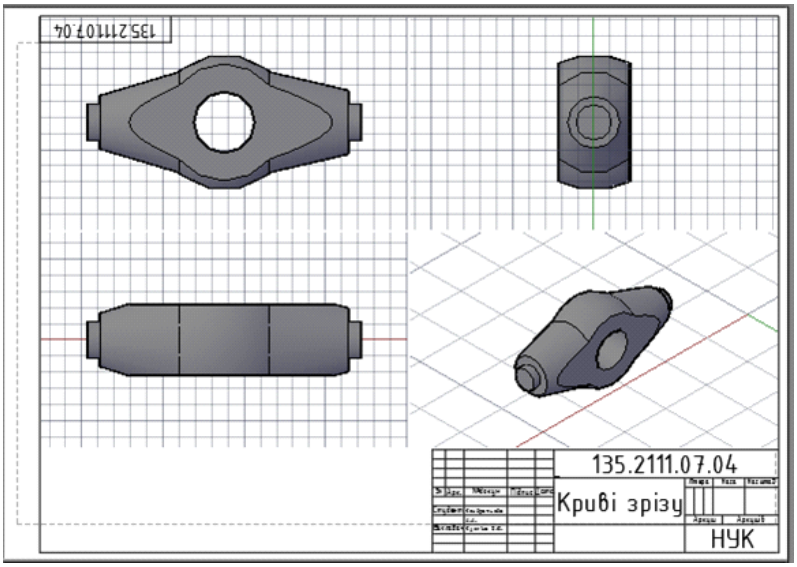
л

Рис. 21

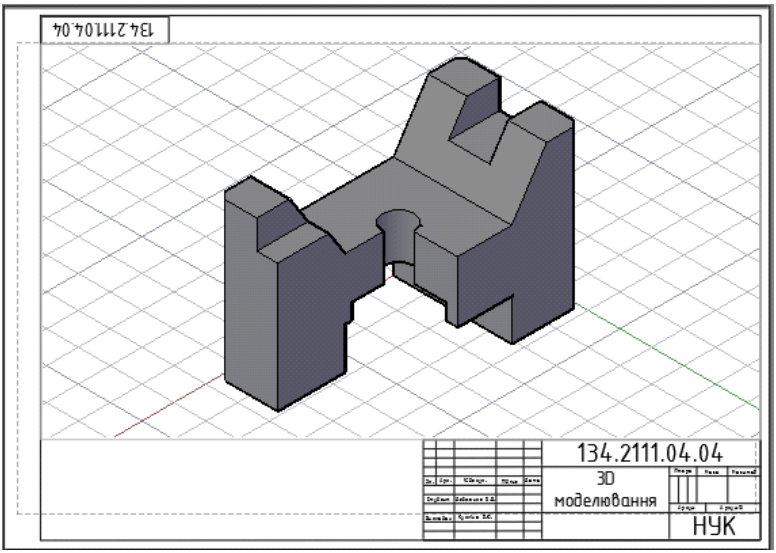
Додаток 1. Приклади виконання робіт «Криві зрізу»

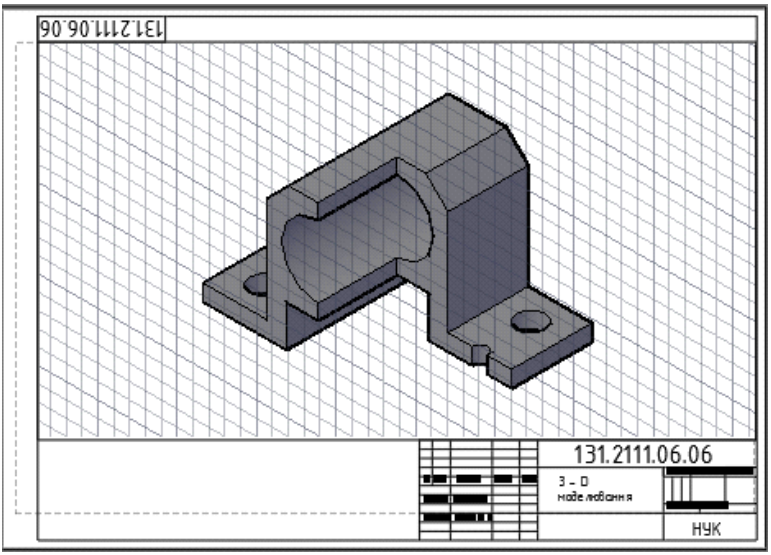


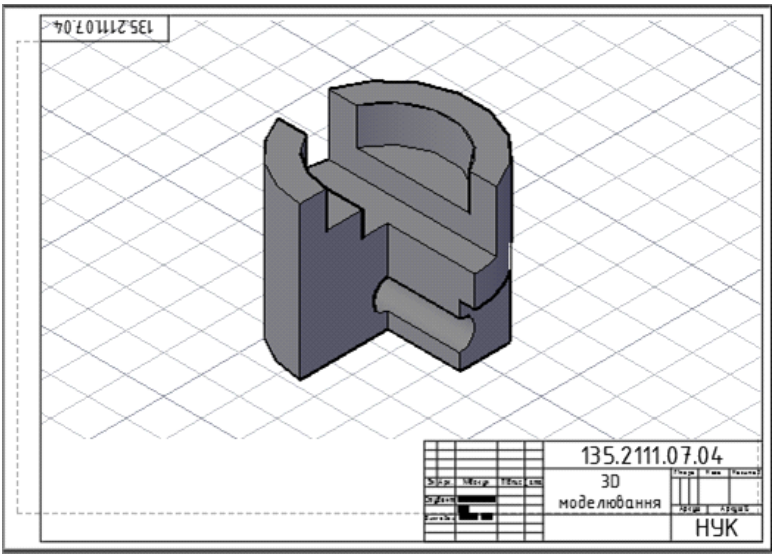



135.2111.07.04
Криві зрізу
НУК

Додаток 2. Приклади виконання робіт «3D-моделювання»






135.2111.07.04
135.2111.07.04
3D
моделювання
НУК

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

Модуль 1

1. Борисенко В.Д. Основи об'ємних зображень у середовищі проєктування AutoCAD: навчальний посібник / В.Д. Борисенко, О.Г. Бідніченко, Д.В. Котляр. – Миколаїв : НУК, 2012. – 336 с.

2. Полещук Н.Н. AutoCAD 2010. – СПб : БХВ-Петербург, 2009. – 800 с.: ил. + CD-ROM.

3. Кукліна О.Ю. Лабораторні роботи з комп'ютерної графіки у середовищі проєктування AutoCAD : навчальний посібник / О.Ю. Кукліна, А.П. Бойко. – Миколаїв : НУК, 2013. – 82 с.

4. Бойко А.П. Методичні вказівки «Креслення електричних схем» / А.П. Бойко, О.Ю. Кукліна. – Миколаїв : НУК, 2014. – 38 с.

5. Финкельштейн Эл. AutoCAD 2002. Библия пользователя: пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1072 с., ил.

6. Ткачев Д.А. AutoCAD 2004: самоучитель. – Киев : BHV; СПб. : Питер, 2004. – 432 с.: ил.

Модуль 2

7. Борисенко В.Д., Бідніченко О.Г. Аксонометричні проєкції : навчальний посібник. – Миколаїв : НУК, 2009. – 56 с.

8. Борисенко В.Д., Кремсал В.Ю., Кукліна О.Ю. Правила оформлення креслень : методичні вказівки. – Миколаїв : НУК, 2006. – 52 с.

9. Інженерна та комп'ютерна графіка / В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов, І.А. Скидан; за ред. В.Є. Михайленка. – 2-ге вид., перероб. – К. : Вища школа, 2001. – 350 с.

10. Михайленко В.Е., Пономарев А.М. Инженерная графика. – Киев : Вища школа, 1985. – 295 с.

11. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, И.Ф. Малежик, А.П. Верхола [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 864 с.

12. Техническое черчение / Е.И. Годик, В.М. Лысянский, В.Е. Михайленко, А.М. Пономарев. – Киев : Вища школа, 1983. – 440 с.

Допоміжна

Модуль 1

1. Беляков С.Ю., Ткач М.Р., Шулежко С.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з комп'ютерної графіки. – Миколаїв : УДМТУ, 2000. – 32 с.

2. Бідніченко О.Г. Команди редагування двовимірних графічних примітивів у системі AutoCAD : навчальний посібник. – Миколаїв : НУК, 2006. – 64 с.

3. Бідніченко О.Г., Кремсал В.Ф., Слободян С.О. Побудова графічних зображень у системі AutoCAD : навчальний посібник. – Миколаїв : УДМТУ, 2001. – 44 с.

4. AutoCAD 2004 для «чайников»: пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 368 с.: ил.

Модуль 2

5. Антонов Е.К., Байбарак А.Г., Лясковская Г.П. Резьбовые соединения : методические указания. – Николаев : НКИ, 1981. – 23 с.

6. Антонов Е.К., Каменецкая А.В. Методические указания к выполнению надписей чертежным шрифтом. – Николаев : НКИ, 1989. – 12 с.

7. Антонов Е.К., Кондратьева Т.Г. Проекционное черчение : методические указания. – Николаев: НКИ, 1990. – 29 с.

8. Антонов Е.К., Конопляник В.Г. Геометрическое черчение : методические указания. – Николаев : НКИ, 1990. – 17 с.

9. Антонов Е.К., Липин В.Г. Аксонометрические проекции : методические указания. – Николаев : НКИ, 1991. – 23 с.

10. Антонов Е.К., Никитин М.Н. Методические указания к выполнению задания по черчению «Ескизы и рабочие чертежи машиностроительных деталей». – Николаев : НКИ, 1978. – 19 с.

11. Волик А.С., Владинец Г.И. Резьбовые соединения : методические указания. – Николаев : НКИ, 1990. – 30 с.

12. Воробйов Л.П., Ткач М.Р. Геометричне креслення : методичні вказівки. – Миколаїв : УДМТУ, 1999. – 20 с.

13. Годик Е.И., Хаскин А.М. Справочное руководство по черчению. – М. : Машиностроение, 1974. – 696 с.

14. Егошин Р.А., Моргун А.К., Градиль В.П. Справочник по единой системе конструкторской документации. – Харьков : Прапор, 1975. – 303 с.

15. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение. – М. : Высшая школа, 1988. – 351 с.

16. Методическое руководство по простановке размеров на машиностроительных чертежах / Е.К. Антонов, Л.А. Андреева, А.Г. Байбарак, Л.В. Добровольская. – Николаев : НКИ, 1979. – 28 с.

17. Методическое руководство по чтению и деталированию сборочных машиностроительных чертежей/ Е.К. Антонов, В.Е. Кремсал, Г.П. Лясковская, В.И. Селина. – Николаев : НКИ, 1979. – 18 с.

18. Суворов С.Г., Суворова Н.С. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах : справочник. – М. : Машиностроение, 1984. – 352 с.

19. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. – 14-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 416 с.

ЗМІСТ

Вступ 3
1. Загальні методичні рекомендації 5
2. Мета і завдання навчальної дисципліни 6
3. Програма навчальної дисципліни 8
4. Теми практичних занять 10
5. Самостійна робота 11
6. Методи навчання 12
7. Методи контролю 12
8. Розподіл балів, які отримують студенти 12
9. Методичне забезпечення 14
10. Методичні вказівки: 3D-моделювання в системі AutoCAD. Побудова типових твердотільних примітивів. Створення тіл шляхом зсуву, обертання, видавлювання. Використання видових екранів 15
11. Методичні вказівки: редагування і модифікація твердотільних об'єктів 32
Додаток 1. Приклади виконання робіт «Криві зрізу» 40
Додаток 2. Приклади виконання робіт «3D-моделювання» 42
Рекомендована література 44

Навчальне видання

КУКЛІНА Ольга Юріївна
МАЗУРЕНКО Вікторія Борисівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до вивчення дисципліни «Комп'ютерна графіка»: 3D-моделювання в системі AutoCAD

Комп'ютерне складання та верстання *В. В. Москаленко*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,8. Тираж 100 прим. Вид. № 55. Зам. № 2502-13.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.