Т. І. Русакова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»



Міністерство освіти і науки України Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Т. І. Русакова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»

Ухвалено на вченій раді ФТФ, як методичні вказівки протокол №7 від 23.06.2023 р.

> Дніпро 2023

Рецензенти: канд. техн. наук, доц. О. Є. Золотько, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри двигунобудування; канд. техн. наук, доц. О. В. Берлов, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри безпеки життєдіяльності

М82 Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Комп'ютерне проєктування в технологіях захисту довкілля». Дніпро: ПП Вахмістров О. Є., 2023. 52 с.

В методичних вказівках наведені головні принципи просторового моделювання, розглянуті засоби редагування об'ємних тіл. Наведений навчальний матеріал ілюстровано прикладами, реалізованими в середовищі AutoCAD, що наочно демонструє результат виконання практичної частини кожної запропонованої роботи. Наведений теоретичний матеріал та інструкції до виконання практичних робіт сприятимуть кращому засвоєнню студентами основ комп'ютерного проєктування в тривимірному просторі.

Призначено для студентів, що навчаються на першому освітньокваліфікаційному рівні бакалавра за освітньою програмою «Екоаналітика та техногенна безпека» спеціальності 183 Технологіїї захисту навколишнього середовища. Може бути корисним для студентів інших технічних спеціальностей.

ВСТУП

Комп'ютерне проєктування в технологіях захисту довкілля передбачає володіння засобами автоматизованого проєктування для створення та вдосконалення складових технологічних пристроїв, що застосовуються з метою зниження рівня шкідливих чинників. Засоби комп'ютерного проєктування можуть бути корисними при оздобленні інтер'єрів та екстер'єрів, при створенні власного проєкту за вимогами замовника.

Застосування середовища AutoCAD для створення тривимірних моделей та їх зображень має багато переваг порівняно з використанням його в двовимірному моделюванні, але водночас потребує іншого підходу. Робота в тривимірному просторі являє собою поєднання креслення, редагування та встановлення видів і видових екранів для зображення моделі. Відповідно до цього студент повинен навчитися створювати коректну тривимірну модель, працювати з різними тривимірними системами координат, правильно задавати системи координат користувача, коректно встановлювати необхідні види тривимірних моделей.

AutoCAD підтримує три типи тривимірних моделей: каркасний, поверхневий, твердотілий. Для кожного типу існує своя технологія створення та редагування. Студент повинен оволодіти технікою створення та редагування просторових об'єктів, засвоїти поняття, визначення та команди, які прийняті в тривимірному твердотілому моделюванні.

Під час завершення роботи над моделлю, а іноді і в процесі проєктування, необхідне максимально правдоподібне зображення сконструйованого об'єкта, тобто розфарбоване в реальному кольорі, зі специфічною структурою поверхні, світлотінню та іншими ефектами. Це необхідно при поданні замовнику закінченого проєкту або для перевірки правильності виконання дизайн-проєктування. Візуалізація моделей об'єктів має цінність у процесі створення реклами або анімаційних кліпів.

Запропоноване видання ілюстроване прикладами, реалізованими в середовищі **AutoCAD**, які допоможуть кращому засвоєнню матеріалу. Практичні роботи та методичні вказівки до них можуть бути корисними для студентів технічних спеціальностей.

Практична робота 1 Просторові види. Побудова просторових поверхонь

Мета : створення просторових видів та побудова просторових поверхонь.

1.1 Встановлення нового виду та вибір точки зору

Застосування AutoCAD для створення просторових моделей потребує сполучення рисування, редагування та встановлення видів для зображення моделі. Відповідно до цього користувач повинен:

• уміти сформувати коректну просторову модель;

- працювати в різних просторових системах координат;
- правильно задавати системи координат користувача;
- коректно встановлювати необхідні види тривимірних моделей.

У ході створення просторових об'єктів слід встановити якнайменше два видові екрани: один — із видом у плані, другий — з аксонометричним видом.

У просторі моделі можна постерігати за створеним об'єктом із довільної точки зору.

Точкою зору (видом) називається напрямок, який задається із тривимірної точки простору. Установлюється напрямок зору на початку роботи або в разі необхідності розгляду закінченої моделі із якої-небудь конкретної точки. Переміщуючи точку зору, зручно створювати та редагувати об'єкти.



Рис. 1.1 Визначення нової точки зору

Установити новий вид у просторі моделі можна за допомогою команд:

• Vpoint – дозволяє вводити із командного рядка точку зору або кут повороту виду.

• Ddvpoin – відображає діалогове вікно Viewpoint Presets (встановлення точки зору через напрямок);

• Plan – відображає вид у плані світової системи координат або в системі координат користувача.

• Dview – визначає паралельну проекцію або перспективні види.

Команда **Vpoint** задає точку зору в даній системі координат. Вона визначається за допомогою двох кутів: перший – кут у площині ХУ відносно осі X, другий – відносно площини ХУ вверх (рис.1.1).

Команда **Vpoint** видає запит:

Current view direction: **VIEWDIR** = 0.0000, 0.0000, 1.0000

Specify a view point or [Rotate] < Display compass and tripod>:

У відповідь на запит вводиться точка зору в термінах співвідношення координатних відрізків (координати потрібної точки зору в просторі). Наприклад, точка (0,0,1) – побудова виду в плані, точка (1,1,1) – побудова аксонометричного виду.



Рис. 1.2 Установлення виду за допомогою компаса

У випадку натиснення Enter як відповідь на початковий запит команди Vpoint на екрані з'являється компас і трійка осей координат (рис. 1.2), що являє собою глобус у площині. Центральна точка компаса – північний полюс (0,0,1), внутрішнє коло – екватор (n,n,0), зовнішнє коло – південний полюс (0,0,-1). Переміщення хрестика всередині кілець встановлює необхідний вид.

Також використовується плаваюча панель інструментів **View** із кнопками типових видів на об'єкти: зверху, знизу, зліва, справа, попереду, позаду, аксонометричні види.



Рис. 1.3 Діалогове вікно встановлення точки зору

Точку зору легко також встановити, використовуючи команду **Ddvpoin.** Ця команда відкриває діалогове вікно, де задається точка зору **Viewpoint Presets** (pucl.3).

1.2 Побудова просторових поверхонь

Моделювання за допомогою поверхонь – більш складний процес, оскільки він включає опис не тільки ребер просторового об'єкта, але і його граней. **AutoCAD** створює поверхні на базі тривимірних сіток. Оскільки грані сітки плоскі, криволінійні поверхні утворюються за рахунок своєї апроксимації. Моделювання об'єктів за допомогою сіток застосовується у випадках, коли можна знехтувати їх фізичними властивостями, такими як маса, вага, центр мас, і коли не потрібне фарбування та тонування об'єкта.

Просторові грані

Команда **3D Face** викликається з падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Face** або натисненням миші на піктограмі **3D Face** панелі інструментів. Точки вводяться послідовно за годинниковою стрілкою або проти неї. Щоб зробити який-небудь край грані невидимим, необхідно першу точку цього краю ввести з властивістю (Invisible) або просто з I незалежно від способу введення точки. Відображенням невидимих країв тривимірних граней керує системна змінна SPLFRAME, якщо вона має ненульове значення, то невидимі грані можна редагувати як видимі. Тривимірні грані ніколи не зафарбовуються, а відображаються як каркаси, їх не можна витискувати.

Стандартні тримірні сітки

Команда **3D** – створення тримірних сіток у формі паралелепіпедів, конусів, чаш, куполів, решіток, пірамід, сфер, торів, клинів. Сітки виглядають так як і каркасні моделі, поки до них не застосовані операції, що затамовують скриті лінії, операції зафарбовування та тонування.

Для створення елементарних поверхонь застосовується плаваюча панель інструментів Surfaces або діалогове вікно, що викликається з меню Draw-Surfaces-3D Surfaces.

1.3 Завдання для практичного виконання

1.Установити напрямок зору за допомогою команди View-3D-Views-Vpoint, застосовуючи плаваючу панель інструментів View і команду Ddvpoin. Приклади побудов наведені на рис1.4.

2.Побудувати два відсіки поверхні за координатами (рис.1.4, *a*), повторити виконання за допомогою ключа **Invisible**.

3.За допомогою команди **Ai_box** – створення поверхні паралелепіпеда (куба), методом виклику її із падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Surfaces-Box3d** або натисненням кнопкою миші на піктограмі **Box** панелі інструментів, побудувати фігуру (рис.1.4, *б*).

4.Застосувавши команду **Ai_cone** – створення поверхні кругового конуса, викликом її із падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Surfaces-Cone** або натисненням миші на піктограмі **Cone** панелі інструментів, побудувати фігуру (рис.1.4, *в*).

5.Командою Ai_dish – створення поверхні нижньої півсфери, викликавши її із падаючого меню Draw-Surfaces-3D Surfaces-Dish або натисненням мишею на піктограмі Dish панелі інструментів, побудувати фігуру (рис.1.4, *г*), застосовуючи також вже відому команду створення поверхні конуса.

6.Застосуванням команди Ai_dome – створення поверхні верхньої півсфери, викликом її із падаючого меню Draw-Surfaces-3D Surfaces-Dome або натисненням мишею на піктограмі Dome панелі інструментів, побудувати фігуру (рис.1.4, ∂), використовуючи також вже відому команду створення поверхні конуса.

7.Побудувати полігональну сітку на чотирьох прямолінійних відрізках (рис.1.4, *e*) командою **Ai_mesh**, викликавши її із падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Surfaces - Mesh**.

8.Побудувати піраміду (рис.1.4, *ж*) за допомогою команди **Ai_pyramid**, викликавши її з падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Surfaces-Pyramid** або на-

тисненням мишею на піктограмі **Pyramid** панелі інструментів (**Tor** – створення верхньої основи тетраедра, **Ridge** – створення піраміди по боковим граням, при цьому вказується положення її ребер).

9.Побудувати сферу (рис.1.4, з), запустивши команду Ai_sphere, яка викликається з падаючого меню Draw-Surfaces-3D Surfaces-Sphere або натисненням кнопкою миші на піктограмі Sphere панелі інструментів.

10. Побудувати тор (рис.1.4, u) за допомогою команди Ai_torus, викликавши її з падаючого меню Draw-Surfaces-3D Surfaces-Torus або натисненням мишею на піктограмі Torus панелі інструментів.

11. Побудувати фігуру з використанням клина та паралелепіпеда (рис.1.4, κ), запустивши команду **Ai_wedge**, що викликається з падаючого меню **Draw-Surfaces-3D Surfaces-Wedge** або натисненням миші на піктограмі **Wedge** панелі інструментів.



де а – відсіки поверхні; б – куб із паралелепіпедом; в – конус із циліндром; г – конус і півсфера; д – циліндр і півсфера; е – полігональна сітка; ж – піраміда; з – сфера; и – тор; к – клин і паралелепіпед.

Рис. 1.4 Побудова просторових поверхонь

1.4 Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Що в AutoCAD називається точкою зору?
- 2. Як можна здійснити встановлення нового виду у просторі?
- 3. Як встановити напрямок зору за допомогою команди Vpoint?
- 4. Для чого застосовується плаваюча панель інструментів View?

5. Як викликати діалогове вікно Viewpoint Presets і для чого воно потрібне?

6. Які основні властивості тривимірних поверхонь?

7. За допомогою якої команди можна побудувати просторову грань, як зробити її невидимою?

8. Яка команда створює стандартні тривимірні сітки, як можна її викликати?

9. Які існують форми тривимірних сіток?

10. За допомогою якої команди можна створити тетраедр? Побудуйте тетраедр за довільними розмірами.

Практична робота 2

Побудова та редагування тривимірних багатокутних сіток

Мета: набуття навичок побудови та редагування тривимірних багатокутних сіток.

2.1 Побудова сіток у вигляді поверхонь

В AutoCad передбачено декілька способів створення багатокутних сіток (поверхонь). За допомогою вершин можна будувати плоскі поверхні та апроксимувати криволінійні, причому точністю апроксимації можна керувати, задавши щільність сітки. Згладити поверхню багатокутної сітки можна командою Pedit. Багатокутна сітка утворює сітку вершин, яка визначається матрицею M*N, що являє собою вершини як сітку із M рядків та N стовпчиків. Системна змінна SPLFRAME керує відображенням на рисунку невидимих кромок грані. Якщо її значення дорівнює 0, то невидимі кромки не відображаються.

Команда **3D Mesh** застосовується для побудови тривимірної багатокутної сітки із просторових чотирикутних осередків. На початку змінюється величина п; перед тим як визначити вершини в стовпчику m+1, необхідно встановити координати усіх вершин у стовпчику m. Вершини можна задавати як двовимірні або тривимірні точки.

Сітка у вигляді поверхні об'єднання

Команда **Rulesurf** – формування прямокутної сітки, відображає поверхню, натягнуту на дві задані лінії. Початкові об'єкти (кромки) поверхні об'єднання можуть являти собою відрізки, точки, дуги, кола, еліпси, еліптичні дуги, двовимірні та тривимірні полілінії, а також сплайни.

Запит команди **Rulesurf**:

Current wire frame density: Surftab1=6;

Select first defining curve: – обрати першу визначаючу криву;

Select second defining curve: – обрати другу визначаючу криву.

Якщо одна межа замкнута, то і друга повинна бути замкнута. Для розімкнутих кривих вибір точок визначає, звідки буде починатися побудова поверхні (рис. 2.1, *e*). Побудова починається з кінцевої точки кожної лінії. Якщо на визначаючих лініях задані рознесені точки (рис. 2.1, *ж*), то поверхня об'єднання може перекрутитися. Для замкнутих кривих вибір точок не грає ролі.

Поверхня об'єднання будується як багатокутна сітка розміром 2*N. Ця команда розміщує половину вершин сітки з рівними інтервалами вздовж однієї визначаючої лінії, наступну половину – також із рівними інтервалами вздовж другої лінії.

Сітка у вигляді поверхні зсуву

Команда **Tabsurf** – формування багатокутної сітки, яка являє собою поверхню зсуву, задану визначаючою кривою та напрямним вектором. Визначаюча крива і напрямний вектор повинні бути на рисунку до виклику відповідної команди.

Запити команди **Tabsurf**:

Select object for path curve: – обрати визначаючу криву;

Select object for direction vector: – обрати напрямний вектор.

Визначаюча крива може являти собою відрізок, дугу, коло, еліпс, еліптичну дугу, двовимірну або тривимірну полілінію, а також сплайн. Напрямний вектор вказує зсув від кінцевої точки, найближчої до точки вказання T1 (рис.2.2), до другої його кінцевої точки.

Сітка у вигляді поверхні обертання

Команда **Revsurf** – формування поверхні обертання за допомогою повороту кривої біля обраної вісі. Команда застосовується для одержання поверхонь, що мають осьову симетрію.

Запити команди **Revsurf**:

Current wire frame density:SURFTAB1=6 SURFTAB2=6;

Select object to revolve: – обрати визначаючу криву;

Select object that defines the axis of revolution: – обрати вісь обертання;

Speecify start angle <0>: – вказати початковий кут;

Speecify included angle (+=ccw,-=cw) <360>: – вказати центральний кут.

Визначальною кривою може бути відрізок, дуга, еліпс, еліптична дуга, полілінія або тривимірна полілінія, сплайн. Визначальна крива задає напрямок N сітки поверхні.

Віссю обертання може бути відрізок або незамкнута полілінія. Якщо обрана полілінія, то вісь обертання визначається вектором, що поєднує першу вершину полілінії з останньою; всі проміжні вершини ігноруються. Вісь обертання задає напрямок М сітки.

Початковий кут визначає відступ початку поверхні обертання від визначальної кривої, а центральний кут задає кут повороту кривої біля осі обертання. Якщо ці кути беруться за замовчуванням (0° або 360°), то поверхня починасться з визначальної кривої та повністю охоплює вісь обертання, замикаючись в напрямку M сітки. Якщо центральний кут менший 360°, то поверхня буде розімкнутою. Якщо початковий кут відрізняється від нуля, генерація поверхні починається після повороту на цей кут, а не з визначальної кривої.

Сітка у вигляді поверхні, що задана кромками

Команда **Edgesurf** – формування ділянки поверхні Кунса. Ділянка поверхні Кунса – бікубічна (має кубічну кривизну як в напрямку М, так і в напрямку N) поверхня, натягнута на чотири просторові криві.

Запити команди Edgesurf:

Current wire frame density: SURFTAB1=20 SURFTAB2=20;

Select object 1 for surface edge: – вказати кромку 1;

Select object 2 for surface edge: – вказати кромку 2;

Select object 3 for surface edge: – вказати кромку 3;

Select object 4 for surface edge: – вказати кромку 4.

Краї можуть бути відрізками, дугами, еліптичними дугами або незамкнутими полілініями; при цьому вони повинні попарно змикатися в кінцевих точках, утворюючи топологічно замкнутий криволінійний чотирикутник. Порядок обрання країв не має значення. Перший обраний край задає напрямок M сітки поверхні, два інші, дотичні до першого, задають напрямок N сітки.

2.2 Редагування тривимірних багатокутних сіток

Під час редагування багатокутних сіток за допомогою команди **Pedit** видається запит:

Select polyline:

Enteran option [Edit vertex/Smooth surface/Desmooth/Mclose/Nclose/Undo]. Якщо багатокутна сітка в даний момент замкнута в напрямках М та N, то ключі Mclose та Nclose замінюються відповідно на Mopen та Nopen. Ключі команди Pedit:

• Smooth surface застосовується для згладжування поверхні;

• **Desmooth** використовується в тому випадку, коли згладжена поверхня вже побудована і необхідно прибрати згладжування та відновити контрольні точки багатокутної сітки;

• Edit vertex застосовується для редагування окремих вершин багатокутної сітки. На першій вершині з'являється маркер редагування X, і AutoCad видає запит:

Current vertex (m,n).

Enteran option [Next/Previous/Left/Right/Up/Down/Move/Regen/eXit] <N>: Next та Previous дозволяє переміщуватися покроково вершинами вперед та назад, при цьому першими змінюються точки за напрямком N;

Left та Right дозволяє рухатися вперед та назад за напрямком N;

Up та Down дозволяє рухатися вперед та назад за напрямком M;

Move застосовується, коли необхідно перенести вершину;

Regen дозволяє перерисувати багатокутну сітку на екрані;

Х надає основну підказку редагування.

2.3 Задавання рівня та висоти

Задавання рівня та висоти дозволяє будувати просторові об'єкти, не використовуючи сітки.

Рівнем об'єкта називається координата z площини XY, в якій рисується основа об'єкта. Якщо рівень 0, рисування здійснюється в площині XY поточної системи координат. Площини з додатним рівнем розміщуються вище площини XY, з від'ємним – нижче.

Висотою об'єкта називається відстань, на яку об'єкт витиснений нижче або вище свого рівня. Додатна висота означає витискування вверх, від'ємна – витискування вниз, нульова – рисування без витискування.

Задавання висоти змінює загальний вид ряду геометричних об'єктів, таких як коло, відрізки, полілінії, дуги, тривимірні фігури та точки. Висоту можна задати за допомогою системної змінної THICKNESS. Витискування відноситься до об'єкту як до цілого.

Поточний рівень, заданий командою **Elev**, у разі зміни системи координат користувача (UCS) залишається в силі.

Запити команди Elev:

Specify new default elevation < >:- вказати новий поточний рівень; Specify new default thickness < >:- вказати нову поточну висоту. Початковий об'єкт для витискання створюється командою Pline.

2.4 Завдання для практичного виконання

1. Побудувати лінійну поверхню об'єднання за двома напрямними (рис.2.1), запустивши команду **Rulesurf**, викликавши її із падаючого меню **Draw–Surfaces–Ruled Surface** або натисненням миші по піктограмі **Ruled Surface** панелі інструментів:



Рис. 2.1 Побудова сіток у вигляді поверхонь об'єднання

- а) між двома розімкненими лініями (рис.2.1, *a*), (рис.2.1, *б*);
- б) двома замкненими лініями (рис.2.1, в);
- в) точкою та розімкненою лінією (рис.2.1, г);
- г) точкою та замкненою лінією (рис.2.1, *д*);
- 2. Побудувати поверхні об'єднання між двома розімкненими лініями:
 - а) правильне задавання початкових точок (рис.2.1, е);
 - б) неправильне задавання початкових точок (рис.2.1, ж).



Рис. 2.2 Побудова сіток у вигляді поверхонь зсуву



Рис. 2.3 Побудова сіток у вигляді поверхні обертання та надання рівня і висоти

3. Побудувати лінійну поверхню (рис.2.2), задану визначальною кривою та напрямним вектором. Запустити команду **Tabsurf**, викликавши її з падаючого меню **Draw–Surfaces–Tabulated Surface** або натисненням миші на піктограмі **Tabulated Surface** панелі інструментів (рис.2.2, *a*), (рис.2.2, *б*), (рис.2.2, *в*). 4. Побудувати поверхню обертання (рис.2.3, a), (рис.2.3, b), запустивши команду **Revsurf**, яка викликається з падаючого меню **Draw–Surfaces–Revolved Surface** або натисканням миші по піктограмі **Revolved Surface** панелі інструментів.

5. Побудувати сітку – поверхня Кунса для чотирьох В-сплайн кривих (рис.2.3, в), (рис.2.3, г), запустивши команду Edgesurf, викликавши її з падаючого меню Draw–Surfaces–Edge Surface або натисненням миші по піктограмі Edge Surface панелі інструментів.

6. Виконати всі можливі операції редагування побудованих багатокутних сіток за допомогою команди **Pedit**.

7. Побудувати вертикальні площини за допомогою витискування по осі Z, (рис.2.3, *д*).

2.5 Питання та завдання для самоконтролю

1. Для чого застосовується команда 3D Mesh?

2. Як побудувати сітку у вигляді поверхні об'єднання, що береться за початковий об'єкт?

3. Як потрібно обрати точки для правильної побудови поверхні об'єднання?

4. Яка команда визначає побудову сітки у вигляді поверхні зсуву, якими параметрами вона визначається?

5. Яка команда визначає побудову сітки у вигляді поверхні обертання? Пояснити значення параметрів: початковий кут, центральний кут, вісь обертання та визначальна крива.

6. Як побудувати сітку у вигляді поверхні, що задана кромками?

7. Якою командою можна виконати редагування багатокутних сіток? Пояснити дію всіх ключів команди **Pedit**.

8. Як створити просторові об'єкти, використовуючи задавання рівня та висоти? Дати визначення поняттям рівня та висоти.

9. Початковий об'єкт для витіснення створюється командою line чи Pline?

10. Висоту поточного рівня можна задати за допомогою системної змінної **Thickness** або **Elevation**?

Практична робота 3

Побудова твердих об'єктів

Мета: оволодіння правилами створення твердих тіл та засвоєння їх властивостей.

3.1 Моделювання твердих тіл

Моделювання твердих тіл – найбільш простий в дослідженні вид тривимірного моделювання. Середовище **AutoCAD** дозволяє створювати **3D** об'єкти на основі базових просторових форм: паралелепіпедів, конусів, циліндрів, сфер, клинів та торів (кілець). Із цих форм шляхом їх об'єднання, видалення та перетинання будуються найскладніші просторові тіла.

Твердотілий об'єкт, або тіло являє собою зображення об'єкта, що зберігає інформацію про свої об'ємні властивості. Ці тіла легше будувати та редагувати, ніж каркасні моделі та сітки.

Модифікація тіл виконується шляхом спряження їх граней та зняттям фасок.

Щільність ліній викривлення використовується для візуалізації криволінійних елементів моделі, визначається системною змінною ISOLINES. Вона задає ступінь згладжування тонованих об'єктів з прихованими лініями.

3.2 Основні поняття, прийняті в моделюванні твердих тіл

У просторовому твердотілому моделюванні використовуються такі поняття та визначення:

• грань – обмежена частина поверхні. Якщо поверхня може бути необмеженою, то грань обмежена завжди. Розрізняють п'ять типів граней: планарні (плоскі), циліндричні, конічні, сферичні та тороїдні. Грані утворюють тверду модель тіла;

•*ребро* – елемент, що обмежує грань. Існують чотири типи ребер: прямолінійні, еліптичні (кругові), параболічні та гіперболічні;

• *напівпростір* – частина тривимірного простору, що лежить по одну сторону від поверхні. *Напівпростір* – частина тривимірного простору, що має об'єм, а поверхня – частина тривимірного простору, що має площу, але не має об'єму;

•*тіло* – частина простору, яка обмежена замкненою поверхнею та має певний об'єм;

• *область* – частина площини, обмежена одною або декількома планарними гранями, які називаються границями;

• складна область – єдина область, що створюється виконанням логічних операцій: об'єднанням, відніманням та перетинанням декількох областей;

• *об'єкт* – це загальне ім'я області або тіла, причому тип об'єкта не має значення: це може бути область, тіло або група об'єктів, що пов'язані в одне ціле;

• *пустий об'єкт* – складове тіло, що не має об'єму, або складова область, що не має площини.

3.3 Створення твердих тіл

За допомогою команд Box, Wedge, Cone, Cylinder, Sphere, Torus можна створити моделі тіл заданих розмірів, задавши необхідні значення певних параметрів.

Паралелепіпед

Команда **Box** – формування твердого паралелепіпеда. Команда викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Box** або натисненням мишею на піктограмі **Box** панелі інструментів.

Запити команди Вох:

Specify corner of box or [Center] <0,0,0>: – вказати кут паралелепіпеда;

Specify corner or [Cube/Length] <0,0,0>: – вказати інший кут паралеленіпеда;

Specify height: – вказати висоту паралелепіпеда.

• Center – визначає паралелепіпед за допомогою позначення його центральної точки.

При цьому видаються запити:

Specify corner of box or [Center] <0,0,0>: **с** – перейти в режим позначення центра паралелепіпеда;

Specify center of box <0,0,0>: - вказати центр паралелепіпеда;

Specify corner or [Cube/Length] – вказати інший кут паралелепіпеда; Specify height: – вказати висоту паралелепіпеда;

• Cube – створити куб, в якого всі ребра рівні.

При цьому видаються запити:

Specify cornerof box or[Center] <0,0,0>: – вказати кут паралелепіпеда; Specify corner or [Cube/Length]: с – перейти в режим формування куба;

Specify corner or length: – вказати довжину куба;

• Length – утворити паралелепіпед заданої довжини (по осі X), ширини (по осі У) та висоти (по осі Z) даної системи координат користувача UCS. При цьому видаються запити:

Specify cornerof box or[Center] <0,0,0>: – вказати кут паралелепіпеда; **Specify corner or [Cube/Length]**: *l* – перейти в режим позначення довжини, ширини та висоти;

Specify length: – вказати довжину паралелепіпеда;

Specify width: – вказати ширину паралелепіпеда;

Specify heigth: – вказати висоту паралелепіпеда.

Клин

Команда **Wedge** – формування твердого клина. Команда викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Wedge** або натисканням миші на піктограмі **Wedge** панелі інструментів.

Запити команди Wedge:

Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: – вказати кут клина; **Specify corner or [Cube/Length]** <0,0,0>: – вказати інший кут клина;

Specify heigth: – вказати висоту клина.

Основа клина завжди рисується паралельно площині побудови даної системи координат, при цьому похила грань розміщується вздовж осі Х.

Конус

Команда **Cone** – формування твердого конуса, основа якого (коло або еліпс) лежить в площині ХУ даної системи координат, а вершина розміщується по осі Z. Команда викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Cone** або натисненням мишею на піктограмі **Cone** панелі інструментів.

Запити команди Сопе:

Current wire frame density: ISOLINES=10

Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: – вказати центральну точку конуса;

Specify radius for base of cone or [Diameter]: – вказати радіус (діаметр) основи конуса;

Specify heigth of cone or [Apex]: – вказати висоту конуса.

• Elliptical дозволяє створювати основу конуса у вигляді еліпса. Запити аналогічні тим, що використовуються при створенні еліпса.

• Арех визначає висоту та орієнтацію конуса, для чого потрібно задавати точку вершини.

Циліндр

Команда **Cylinder** – формування твердого циліндра. Команда **Cylinder** викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Cylinder** або натисненням мишею на піктограмі **Cylinder** панелі інструментів.

Запити команди Cylinder:

Current wire frame density: ISOLINES=10;

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: – вказати центральну точку циліндра;

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: – вказати радіус (діаметр) основи циліндра;

Specify heigth of cylinder or [Center of other end]: – вказати висоту циліндра.

Центральна вісь циліндра збігається з віссю Z даної системи координат, ключ Apex називається Center of other end.

Якщо необхідно побудувати циліндр спеціальної форми (наприклад, з пазами), слід за допомогою команди **Pline** створити двовимірне зображення його основи у вигляді замкненої полілінії, а потім, використовуючи команду **Extrude**, надати йому висоту вздовж осі Z.

Куля

Команда **Sphere** – формування твердої кулі, викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Sphere** або натисненням миші по піктограмі **Sphere** панелі інструментів.

Запити команди Sphere:

Current wire frame density: ISOLINES=10;

Specify center of sphere <0,0,0>: – вказати точку центра кола Specify radius of sphere or [Diameter]: – вказати радіус (діаметр) кулі.

Щоб побудувати частину кулі у вигляді купола або чаші, потрібно застосувати команду **Subtract**, тобто видалити з кулі паралелепіпед. Якщо необхідно побудувати кулеподібне тіло спеціальної форми, необхідно спочатку створити його двовимірний переріз, а потім, застосувавши команду **Revolve**, обертати переріз під заданим кутом до осі Z.

Тор

Команда **Torus** – формування твердого тора, викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Torus** або натисненням мишею на піктограмі **Torus** панелі інструментів.

Тор будується паралельно площині ХУ даної системи координат.

Запити команди Torus:

Current wire frame density: ISOLINES=10;

Specify center of torus <0,0,0>: – вказати точку центра тора;

Specify radius of tube or [Diameter]: – вказати радіус (діаметр) труби тора. Радіус тора може мати від'ємне значення, але при цьому значення радіуса труби тора повинне бути додатнім та перевищувати абсолютне значення радіуса тора, щоб не отримати в результаті пусте тіло (без об'єму).

3.4 Завдання для практичного виконання

- 1. Побудувати паралелепіпед командою Вох (рис.3.1, *a*):
 - вказуючи протилежні кути основи та висоту;
 - вказуючи центр паралелепіпеда;
 - створюючи куб, у якого всі ребра рівні;
 - вказуючи довжину, ширину та висоту (Length).



Рис. 3.1 Побудова твердих тіл

2. Побудувати клин командою **Wedge**, використовуючи ключі [**Cube/Length**] (рис.3.1, *б*).

3. Побудувати конус, основою якого є коло (рис.3.1, в).

4. Побудувати конус, основою якого є еліпс, використовуючи ключ **Арех** (рис.3.1, *г*).

5. Побудувати циліндр (рис.3.1, д).

6. Побудувати похилий циліндр, задавши висоту ключем Center of other end.

7. Побудувати кулю командою **Sphere** (рис.3.1, *e*).

8. Побудувати тор командою **Torus** (рис.3.1, *ж*).

9. Побудувати довільний тор, взявши за радіус тора від'ємне значення так, щоб не отримати пусте тіло.

10. Збільшити та зменшити кількість ізоліній, обрати більш зручну з них.

3.5 Питання та завдання для самоконтролю

1. Дати визначення твердому тілу.

2. У чому полягає сутність моделювання за допомогою твердих об'єктів?

3. Пояснити основні поняття об'ємного моделювання: грань, ребро, напівпростір, тіло, область.

4. Як побудувати конус, похилий до площини ОХУ?

5. В яких випадках зручно застосовувати велику щільність ізоліній, а коли можна використовувати найменші значення цього параметра?

6. Чи може радіус тора мати від'ємне значення?

7. Які обмеження накладаються на радіус труби тора?

8. Як побудувати циліндр спеціальної форми, наприклад з пазами?

9. За допомогою яких команд можна створити зображення основи циліндра спеціальної форми та надати йому висоту вздовж осі z?

10. Як побудувати кулясте тіло спеціальної форми?

Практична робота 4

Побудова видавлених тіл та тіл обертання

Мета: оволодіння правилами створення видавлених тіл та тіл обертання.

4.1 Формування видавленого тіла

Команда Extrude дозволяє створювати тверді об'єкти методом витіснення двовимірних примітивів (додавання їм висоти). Вона викликається з падаючого меню Draw–Solids–Extrude або натисненням мишею на піктограмі Extrude панелі інструментів.

Запити команди Extrude:

Current wire frame density: ISOLINES=4;

Select objects: – вибрати об'єкти для витіснення;

Select objects: – натиснути клавішу Enter для закінчення вибору об'єктів; Specify height of extrusion or [Path]: – вказати глибину витіснення; **Specify angle of taper for extrusion** <0>: – вказати кут звуження (конусності) граней.

Можна витісняти такі об'єкти, як багатокутник, прямокутник, коло, еліпс, замкнений сплайн, кільце, область та полілінія (що не має перетинних відрізків). За допомогою однієї команди можна витісняти зразу декілька об'єктів. Напрямок витіснення визначається траєкторією або заданням глибини та кута конусності.

Ця команда особливо зручна у випадку створення об'єктів, що мають спряження, фаски та аналогічного роду елементи, які важко створити, не застосовуючи витіснення перерізів. Якщо переріз складається з відрізків та дуг, то перед викликом команди **Extrude** їх потрібно перетворити на замкнену полілінію за допомогою ключа **Join** команди **Pedit**.

Не рекомендується задавати великі кути конусності, бо твірні конуса можуть зійтися в одну точку до того, як буде досягнута необхідна висота витіснення.

Глибину витіснення можна визначити ненульовим значенням або вказанням двох точок. У разі введення додатного значення відбувається видавлювання об'єктів уздовж додатної осі Z даної системи координат; у випадку введення від'ємного значення – вздовж від'ємної осі Z.

Ключ команди **Extrude** – **Path** – дозволяє вказати висоту та напрямок видавлювання вздовж заданої траєкторії. При цьому видається запит:

Select extrusion path: – вказати траєкторію витіснення.

4.2 Формування тіла обертання

Команда **Revolve** – створення твердих тіл за допомогою обертання існуючих двовимірних об'єктів на заданий кут біля осі Х або У даної системи координат (UCS). Команда викликається з падаючого меню **Draw–Solids–Revolve** або натисненням мишею на піктограмі **Revolve** панелі інструментів.

Запити команди **Revolve**:

Current wire frame density: ISOLINES=20;

Select objects: – вибрати початкові об'єкти;

Select objects: – натиснути Enter для завершення вибору об'єктів;

Specify start point foraxis of revolution ordefine axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: – вказати початкову точку осі обертання;

Specify endpoint of axis: – вказати кінцеву точку осі обертання;

Specify angle of revolution <360>: – вказати значення кута обертання.

Об'єкт можна обертати біля відрізка, полілінії або двох заданих точок.

Якщо переріз складається з відрізків та дуг, то перед викликанням команди **Revolve** їх потрібно перетворити на замкнену полілінію за допомогою ключа **Join** команди **Pedit**.

Команда **Revolve** може обертати лише один об'єкт: полілінію, багатокутник, прямокутник, коло, еліпс. Зауваження стосовно поліліній, викорстовуваних командою **Extrude**, слушні і тут. Неможливо застосувати обертання до об'єктів, які входять в блоки та перетинаються, а також до тривимірних об'єктів. Ключі команди **Revolve**:

Object – вказати відрізок або прямокутний сегмент полілінії, що використовується як вісь. При цьому видається запит:

Select an object: – вказати об'єкт, що береться за вісь обертання;

Х – узяти за вісь обертання додатню вісь Х даної системи коодинат;

Y – узяти за вісь обертання додатню вісь Y даної системи координат.

4.3 Завдання для практичного виконання

1. Побудувати тверді примітиви шляхом витіснення (рис.4.1, б), при цьому контур для витіснення повинен бути створений раніше (рис.4.1, *a*):

- задати глибину витіснення: -20, 70;
- задати кут звуження: 5, 20;
- задати різну щільність ліній: 4, 8, 20.



Рис. 4.1 Побудова видавлених тіл

2. Створити за допомогою команди **Pline** основу циліндра, що має пази, у вигляді замкненої полілінії. За допомогою команди **Extrude** створити циліндр.

3. Побудувати тверді примітиви шляхом обертання полілінії, використовуючи ключі команди **Revolve**, при цьому полілінія повинна бути створена раніше (рис.4.2, a - b).

4. Створити (рис.4.2, *г*) при обертанні шестикутника зі знятими фасками біля осі на 45°.

5. Створити свій довільний рисунок перерізу, який складається з відрізків, дуг та побудувати твердий об'єкт, використовуючи всі ключі команди **Revolve**.



Рис. 4.2 Побудова тіл обертання

4.4 Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Для чого використовується команда Extrude та як її застосувати?
- 2. У яких випадках зручно використовувати команду Extrude?
- 3. Яку роль відіграє напрямок витіснення та як він задається?
- 4. Яку операцію виконує ключ Path команди Extrude?
- 5. До якої кількості примітивів можна застосовувати команду Extrude?
- 6. Що можна використовувати як примітив у випадку застосування команди **Extrude**?
- 7. Для чого використовується команда **Revolve** та як її застосувати?
- 8. Що можна використовувати як вісь обертання та як примітив?
- 9. Перелічити ключі команди **Revolve** та пояснити їх застосування.
- 10. До яких об'єктів не можна застосовувати команди **Revolve** та **Extrude**?

Практична робота 5

Складні тіла

Мета: набуття навичок створення створення складних тіл.

Тіла складної форми можна будувати, застосовуючи команди поєднання, видалення та перетинання вже створених тіл.

5.1 Поєднання об'єктів

За допомогою команди Union створюється складний об'єкт, що займає сумарний об'єм усіх його складових об'єктів. Команда викликається з падаючого меню Modify-Solids Editing-Union натисненням мишею на піктограмі Union панелі інструментів Solids Editing. Запити команди Union:

Select objects: – вибрати об'єкти для поєднання; Select objects: – вибрати об'єкти для поєднання; Select objects: – натиснути Enter для завершення роботи команди.

5.2 Видалення об'єктів

Команда Subtract використовується для видалення одного об'єкта з іншого, тобто з множини тіл видаляються ті частини об'єму, які належать також іншій множині. Наприклад, команду можна застосовувати для одержання отворів у механічних деталях шляхом видалення циліндрів. Команда викликається з падаючого меню Modify–Solids Editing–Subtract натисненням мишею на піктограмі Subtract панелі інструментів Solids Editing.

Запити команди Subtract:

Select solids and regions to subtract from Select objects: – вибрати тіла, в яких буде виконуватися видалення; Select objects: – натиснути Enter для завершення вибору об'єктів; Select solids and regions to subtract Select objects: – вибрати тіла, які видаляються;

Select objects: – натиснути Enter для завершення роботи команди.

5.3 Перетинання об'єктів

Команда Intersect дозволяє створювати складні тіла, що займають об'єм, загальний для двох та більше тіл, що перетинаються. Частини об'ємів, які не перетинаються, видаляються з рисунка. Ця команда викликається з падаючого меню Modify – Solids Editing – Intersect панелі інструментів Solids Editing.

Запити команди Intersect:

Select objects: – вибрати об'єкти для перетинання;

Select objects: – вибрати об'єкти для перетинання;

Select objects: – натиснути Enter для завершення роботи команди.

5.4 Завдання для практичного виконання

1. Побудувати фігуру, поєднавши паралелепіпед та дві сфери (рис.5.1, *a*).

2. Побудувати фігуру, видаляючи з паралелепіпеду сферу та циліндр (рис.5.1, б).

3. Побудувати фігуру шляхом перетинання паралелепіпеда та двох сфер (рис.5.1, в).

4. .Видалити з конуса паралелепіпед, у середині якого знаходиться вершина конуса. В результаті отримати зрізаний конус (рис.5.1, *г*).

5. Використовуючи команду **Subtract**, видалити з кулі паралелепіпед. У результаті отримати півкулю, тобто чашу (рис.5.1, *d*) та купол (рис.5.1, *e*).

6. Виконати завдання 5, змінюючи розміри фігур, показати різницю.



Рис. 5.1 Побудова складних тіл

5.5 Питання та завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення складному тілу.

2. За допомогою яких команд можна побудувати складні тіла?

3. Які є правила використання команди поєднання Union?

4. Чи повинні перетинатися об'єкти у випадку застосування команди Union?

5. Назвіть правила використання команди видалення Subtract.

6. Як одержати наскрізний отвір у тілі?

7. Перелічіть правила використання команди перетинання Intersect.

8. У якому випадку після застосування команди перетинання **Intersect** можна не одержати ніякого тіла?

9. Які складні фігури можна побудувати за допомогою команд: Union, Subtract, Intersect?

10. Команди **Union**, **Subtract** та **Intersect** можна застосовувати до твердих тіл чи поверхонь?

Практична робота 6

Редагування просторових об'єктів

Мета: оволодіння командами редагування просторових об'єктів: поворот, відображення, масиви, сполучення.

6.1 Поворот тривимірних об'єктів

Під час роботи в просторі поворот здійснюється біля осі, яка може бути визначена такими способами: зазначенням двох точок, об'єкта, однієї з осей ко-

ординат (x, y або z). Для повороту просторових об'єктів можна застосовувати команду **Rotate3D**.

Вона викликається з падаючого меню Modify–3D Operation–Rotate 3D або натисненням мишею на піктограму Rotate 3D плаваючої панелі інструментів.

Запити команди **Rotate 3D**:

Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0;

Select obgects: – вибрати об'єкти, які необхідно повернути;

Select obgects: – натиснути клавішу Enter для закінчення вибору об'єктів; Specify first point on axis or define axis by

[Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: – вказати першу точку осі повороту;

Specify second point on axis: – вказати другу точку осі повороту;

Specify rotation angle or [Reference]: – вказати значення кута повороту. Ключі команди Rotate 3D:

Obgect – поворот біля вибраного об'єкта: відрізка, кола, дуги та сегмента двовимірної полілінії;

Last – поворот біля осі, що використовувалась в попередній команді повороту;

View – поворот біля осі, вирівняної вздовж напрямку виду даного видового екрана, що проходе через задану точку;

Xaxis, Yaxis, Zaxis – поворот біля осі, вирівняної вздовж напрямку відповідних осей, що проходе через задану точку;

2points – поворот біля осі, що проходе через дві задані точки.

6.2 Дзеркальне відображення просторових об'єктів

За допомогою команди **Mirror3D** відтворюється дзеркальне відображення об'єктів відносно заданої площини. Вона викликається з падаючого меню **Modify–3DOperation–Mirror3D** або натисненням мишею на піктограмі **Mirror3D** плаваючої панелі інструментів.

Запити команди **Mirror3D**:

Select obgects: – вибрати об'єкти, що відображаються;

Select obgects: – натиснути клавішу Enter для закінчення вибору об'єктів Specify first point of mirror plane (3 poins) or

[Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – вказати першу точку площини симетрії;

Specify second point on mirror plane: – вказати другу точку площини симетрії;

Specify third point on mirror plane: – вказати третю точку площини симетрії;

Delete source objects? [**Уеs**/**No**] <**N**>: – вказати, чи видаляти початковий об'єкт.

Ключі команди **Mirror3D**:

• **Object** – відображення відносно вибраного плоского об'єкта: відрізка, кола, дуги або сегмента двовимірної полілінії;

• Last – відображення відносно площини, що використовувалась в попередній команді відображення;

• Zaxis – відображення відносно площини, що задана двома точками, перша з яких лежить на площині, а друга визначає вектор нормалі до площини;

• View – відображення відносно площини, вирівняної з площиною виду даного видового вікна, що проходе через задану точку;

• XY, YZ, ZX – відображення відносно площини, вирівняної відповідно до площини XY, YZ, ZX, що проходе через задану точку;

• **3point** – відображення відносно площини, що проходе через три точки; Площина відображення може являти собою:

• площину побудови двовимірного об'єкта;

• площину, паралельну одній із площин координат (XY, YZ, ZX) даної системи координат (UCS), що проходе через задану точку;

• площину, що визначається трьома вказаними точками.

6.3 Масивне копіювання просторових об'єктів

Команда **3Darray** дозволяє створювати прямокутні та кругові масиви об'єктів у тривимірному просторі. Вона відрізняється від аналогічної команди, що застосовується в двовимірному моделюванні тим, що під час створення прямокутного масиву об'єктів крім кількості стовпчиків та строк запитується кількість рівнів (кількість рівнів задається вздовж напрямку осі Z), а у разі створення кругового масиву замість центра обертання використовується вісь обертання, початкова та кінцева точки якої задаються у відповідь на запит. Команда **3Darray** викликається з падаючого меню **Modify–3DOperation–3Darray** або натисненням миші на піктограмі **3D Rectangular Array** та **3D Po1ar Array** плаваючої панелі інструментів. Запити команди **3Darray** аналогічні запитам команди **Array**, що формує двовимірні масиви.

6.4 Сполучення просторових об'єктів

В AutoCAD можна сполучати довільні об'єкти, які розміщені в одній площині та мають напрямки витіснення, непаралельні осі Z даної системи координат (UCS). Напрямок витіснення тривимірної дуги, що сполучається, визначається таким чином:

• якщо об'єкти розміщені в одній площині та мають один напрямок витіснення, перпендикулярний цій площині, сполучна дуга лежить в тій же площині і має той же напрямок витіснення;

• якщо об'єкти знаходяться в одній площині, але мають протилежні або взагалі різні напрямки витіснення, сполучна дуга розміщується також в цій площині. Напрямок витіснення перпендикулярний площині побудови об'єктів; із двох перпендикулярів вибирається найближчий до осі Z даної UCS.

6.5 Завдання для практичного виконання

- 1. Виконати поворот тривимірних об'єктів, одержаних у попередній роботі, використовуючи усі ключі команди **Rotate 3D**. Застосувати цю команду на своїх прикладах.
- 2. Дзеркально відобразити об'єкти:
 - використовуючи необхідні ключі команди **Mirror3D** (рис.6.1, *a*);
 - відносно дальньої площини паралелепіпеда (рис.6.1, б);
 - відносно центра паралелепіпеда (рис.6.1, в);.
- 3. Створити прямокутний (рис.6.1, *г*) та круговий (рис.6.1, *д*) масиви об'єктів у тривимірному просторі.
- 4. Створити прямокутний масив для об'єкта (рис.6.1, г) у декілька рівнів.
- 5. За допомогою команди **Fillet** округлити ребра тривимірного об'єкта (рис.6.1, *e*).



Рис. 6.1 Поворот, відображення, масивне копіювання

6.6 Питання та завдання для самоконтролю

1. Для чого використовується команда **Rotate3D**? Які вона має ключі та як їх застосовувати?

2. Біля яких об'єктів можна виконувати поворот тривимірних тіл?

3. Назвіть правила використання команди **Mirror3D**? Які опції вона має?

4. Відносно яких об'єктів можна виконати дзеркальне відображення просторових об'єктів?

5. Що може являти собою площина відображення?

6. Яка команда здійснює масивне копіювання? Які типи об'єктів вона створює? 7. Як правильно вибрати вісь, відносно якої створюється круговий масив?

8. Чим відрізняється застосування команди ЗDarray від аналогічної операції Аrray в площині?

9. За допомогою якої команди можна виконати округлення ребер?

10. Як можна сполучити просторові об'єкти?

Практична робота 7

Техніка редагування тривимірних твердих об'єктів

Мета: оволодіння технікою редагування тривимірних твердих об'єктів: зняття фасок, побудова перерізів та розрізів.

7.1 Зняття фасок у тривимірних тіл

За допомогою команди **Chamfer** виконується зняття фасок на перетині суміжних граней тіл, аналогічно з двовимірним простором.

Запити команди Chamfer:

(TRIM mode) Current chamfer Dist1=10.0000, Dist2=10.0000;

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: – вказати базову поверхню – ребро тіла;

Base surface selection ...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: – натиснути клавішу **Enter**, якщо обрана потрібна поверхня. Якщо потрібна інша поверхня, слід ввести n, для того щоб підсвітити суміжну поверхню, а потім натиснути клавішу **Enter**;

Specify base surface chamfer distance <10.0000>: – ввести довжину фаски для базової поверхні;

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: – ввести довжину фаски для другої поверхні;

Select an edge or [Loop]: – вказати ребро підсвіченої поверхні для зняття фасок;

Edges must belong to base face.

Select an edge or [Loop]:

Ребра можна вибирати індивідуально або зразу всі, якщо використовувати ключ **Loop**, а потім вказати на довільне ребро.

7.2 Створення перерізів тривимірних тіл

Команда Section дозволяє побудувати поперечний переріз тіла у вигляді області або блока.

Запити команди Section:

Select objects: – вибрати об'єкт для поперечного перерізу;

Select objects: – натиснути клавішу Enter для завершення вибору;

Specify first point on Section plane by(3 poins) or

[Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – вказати першу точку перетинальної площини;

Specify second point on plane: – вказати другу точку перетинальної площини;

Specify third point on plane: – вказати третю точку перетинальної площини;

За замовчуванням перетинальна площина задається трьома точками.

Поперечний переріз являє собою область або блок, які утворюються на даному шарі, а не на шарі, де знаходиться об'ємне тіло, поперечний переріз якого створюється.

7.3 Розріз тривимірних тіл

За допомогою команди **Slice** здійснюється побудова нового тіла шляхом розрізу якого-небудь з існуючих тіл площиною.

Запити команди Slice:

Select objects: – вибрати об'єкт для розрізу;

Select objects: – натиснути клавішу Enter для завершення вибору;

Specify first point on slicingn plane by

[Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – вказати першу точку перетинальної площини;

Specify second point on plane: – вказати другу точку перетинальної площини;

Specify third point on plane: – вказати третю точку перетинальної площини;

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: – вказати точку на тій частині розрізаного тіла, яку необхідно залишити. Ключ:

keep Both sides – залишити обидві частини розрізаного тіла.

7.4 Завдання для практичного виконання

1. Створити такі об'ємні тіла: паралелепіпед з наскрізним отвором видаленням з паралелепіпеда циліндра (рис.7.1, a); паралелепіпед, поєднаний з циліндром (рис.7.1, δ).

2. Зняти фаски з побудованих тіл, як показано на рис.7.1, в, рис.7.1, г.

3. Змінити довжину фаски та застосувати для циліндра (рис.7.1, *д*).





Рис. 7.1 Зняття фасок *де а – циліндр, видалений з паралелепіпеда; б – циліндр з паралелепіпедом; в – фаски для випадку а; г – фаски для випадку б; д – фаски на циліндрі*

4. Виконати розріз об'ємного тіла (рис.7.2, *a*), вибираючи різні варіанти проходження площини перетину.



Рис. 7.2 Розрізи та перерізи

5. Побудувати переріз об'ємного тіла (рис.7.2, б), використовуючи різні варіанти проходження площини перетину.

7.5 Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Як зняти фаску на тривимірному тілі?
- 2. Як вибрати зразу всі ребра для зняття з них фасок?
- 3. Що таке переріз тіла?
- 4. За допомогою якої команди можна виконати переріз тіла?
- 5. Як повинна проходити перетинальна площина, щоб створити горизонтальну проекцію тіла?
- 6. Скількома способами можна виконати переріз тіла? Поясніть кожен із них на прикладах.
- 7. Що таке розріз?
- 8. За допомогою якої команди можна виконати розріз тіла?
- 9. Скільки існує способів для створення розрізу тіла? Поясніть кожен із них на власних прикладах, створивши самостійно допоміжні об'ємні тіла вивченими раніше способами.

10. Чи можна залишити обидві частини розрізаного тіла на рисунку? Відповідь підтвердіть прикладами.

Практична робота 8

Створення виглядів, розрізів та перерізів

Мета: закріплення теоретичних понять: вигляди, розрізи та перерізи на запропонованих реальних об'єктах.

8.1 Види

Видом називається зображення, на якому показана та частина поверхні предмета, яка обернена безпосередньо до спостерігача.

Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній.

Розрізняють головні, допоміжні та місцеві види.

Головний вид одержують шляхом проектування предмета на одну з головних площин проекцій: фронтальну – вид спереду, горизонтальну – вид зверху, профільну – вид зліва, площини їм паралельні – вид справа, вид знизу, вид ззаду.

Кількість видів обирається найменшою, але достатньою для з'ясування форми предмета та нанесення всіх його розмірів.

Допоміжний вид отримують на площині, яка не паралельна ні одній з головних площин проекцій. Він застосовується, коли зображення предмета не може бути показане на головних видах без перекручування форм та розмірів. На рис.8.1. зображені *місцеві види* деталі (кронштейна).

Місцевий вид застосовується в тому випадку, коли потрібно зобразити яке-небудь обмежене місце поверхні предмета. Це місце зображається на кресленні предмета окремо.



Рис. 8.1 Місцеві види кронштейна

Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву (<u>*Bud Б*</u>) або не обмежений (<u>*Bud A*</u>). Місцевий вид повинен бути відмічений на кресленні:

- на головному виді деталі стрілкою з ім'ям, що вказує напрямок погляду;
- на відповідному місцевому виді його ім'я.

8.2 Розрізи та перерізи

Розрізом називається зображення предмета, уявно розрізаного однією або декількома площинами. Частину предмета, яка розміщена між оком спостерігача та перетинальною площиною, начебто видаляють і зображують на площині проекцій те, що знаходиться в цій площині та за нею.

У разі застосування розрізу внутрішні лінії контура, що зображувалися на кресленні штриховими лініями, стають видимими і можуть бути зображені суцільними головними лініями.

Залежно від числа перетинальних площин, розрізи поділяють на *прості* (з однією січною площиною) та *складні* (з двома та більше січними площинами).



Рис. 8.2 Горизонтальний розріз опори

На рис.8.2. зображено простий розріз, утворений однією січною площиною.

Розрізи, залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проекцій, поділяються на горизонтальні, вертикальні та похилі.

Горизонтальним називається розріз, утворений січною площиною, що паралельна горизонтальній площині проекцій. Схема утворення горизонтального розрізу наведена на рис.8.2. Деталь розсічена горизонтальною площиною А, верхня половина корпусу уявно видалена, а на горизонтальній площині проекцій зображена нижня частина деталі, що залишилася. На кресленні всі лінії в січній площині та за нею мають суцільний контурний вигляд.



Рис. 8.3 Профільний розріз в перерізі кронштейна

Вертикальним називається розріз, утворений січною площиною, перпендикулярною до горизонтальної площини проекцій. Вертикальний розріз називається фронтальним, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проекцій.

Січна площина Б (рис.8.3) розрізує деталь паралельно профільній площині проекцій.

Розріз, виконаний площиною, паралельною профільній площині проекцій, називається *профільним*.

Допускається поєднувати половину виду та половину розрізу, кожний з яких являє собою симетричну фігуру. Межею між видом та розрізом у цьому випадку повинна бути вісь симетрії. Дозволяється поєднувати частину виду з частиною відповідного розрізу, розділяючи їх неперервною хвилястою лінією.

Частину розрізу можна показувати в середині зображення, обмежуючи перший з обох сторін хвилястими тонкими лініями.

Під час виконання простих розрізів слід пам'ятати, коли розрізи позначаються написами, а коли не позначаються.

Положення перетинальної площини показують на кресленні лінією перетину. Для лінії перетину застосовується розімкнена лінія.

На її кінцях перпендикулярно ставлять стрілочки, які вказують напрямок погляду (рис.8.3).

32



Рис. 8.4 Похилий розріз утримувача

Похилим називається розріз, утворений перетинальною площиною, що складає з горизонтальною площиною проекцій кут, відмінний від прямого. Приклад похилого розрізу наведений на рис.8.4. Розріз відмічений написом *А*-*А*.

На кресленні патрубка (рис.8.5) зображені два похилі розрізи, виконані (фронтально-проектувальними) площинами. Похилий розріз *Б-Б* патрубка розміщений не в проекційному зв'язку з головним видом та повернутий відносно його на деякий кут, тому до позначення *Б-Б* доданий надпис *повернуте*.

Розріз, необхідний для виявлення устрою або форми предмета лише в окремому обмеженому місці, називається *місцевим* (рис.8.6).



Рис. 8.5 Похилі розрізи патрубка



Рис. 8.6 Місцеві розрізи

8.3 Завдання для практичного виконання

- 1. Побудувати просторову модель запропонованої деталі згідно з обраним варіантом, використовуючи команди створення та редагування твердих просторових об'єктів.
- 2. Застосовуючи необхідну кількість разів команду Section, одержати необхідні перерізи, кожен із них зберегти в окремому зовнішньому блоці, попередньо розмістивши перерізи в площині ХОУ, щоб не одержати як проекцію лише лінію.
- 3. Відкрити новий файл та в області листа створити фронтальну, горизонтальну та профільну проекції, скориставшись зовнішніми блоками створених перерізів. Проставити розміри, обравши для цього новий шар: синій колір, суцільна лінія, товщина 3 мм, (лист 1).
- 4. Побудувати фронтальний, горизонтальний та профільний розрізи запропонованої деталі (лист 2).
- 5. Побудувати сполучений вид із перерізом (лист 3).
- Необхідні види чи розрізи повинні розміщуватися на листі згідно з ГОСТом.

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ МОДУЛЬНОЇ РОБОТИ











































22

де 1 – Корпус, 2 – Цапфа, 3 – Стояк, 4 – Муфта, 5 – Важіль, 6 – Важіль, 7 – Куліса, 8 – Втулка, 9 – Напрямна, 10 – Важіль, 11 – Опора, 12 – Опора, 13 – Кулачок, 14 – Опора, 15 – Фланець, 16 – Стояк, 17 – Вісь кулачків, 18 – Напрямна, 19 – Напрямна, 20 – Напрямна, 21 – Напрямна, 22 – Напрямна

8.4 Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Що називається видом?
- 2. Які види існують?
- 3. Що називається перерізом?
- 4. Що таке розріз?
- 5. Які типи розрізів можна побудувати і в яких випадках їх виконують?
- 6. Як на проекціях позначається січна площина?
- 7. Як позначається на кресленні місцевий вид?
- 8. Чи можна поєднувати вид і розріз? В якому випадку це корисно?

Практична робота 9

Візуалізація тривимірних моделей

Мета: оволодіння командами візуалізації тривимірних моделей: видалення невидимих ліній, фарбування, тонування.

9.1 Видалення невидимих ліній

Команда **Hide** – створення рисунка без невидимих ліній. Викликається з падаючого меню **View** – **Hide** або натисненням миші на піктограмі **Hide** плаваючої панелі інструментів **Render**.

Керує видаленням невидимих ліній системна змінна **DISPSILH**. Якщо її значення дорівнює 0, то об'єкт із видаленими лініями зображується у вигляді

сітки, якщо 1 – у вигляді силуетних ліній тіла (для сфери силуетною лінією буде коло).

9.2 Фарбування зображення

Команда **Shade** – фарбування зображення (видалення невидимих ліній та нанесення монотонних кольорів на видимі поверхні) на даному видовому екрані. Джерело світла одне і розміщене за спиною користувача. Викликається з падаючого меню **View – Shade.**

Під час обчислення відтінку кольору, тобто яскравості кожної грані, враховуються два фактори: кут нахилу поверхні до напрямку зору і встановлення системної змінної **SHADEDIF**. Чим більше значення **SHADEDIF**, тим вища контрастність зображення; чим більший кут нахилу, тим темніший відтінок його кольору. Відстань від точки зору до об'єкта не відіграє ніякої ролі.

Системна змінна **FACETRES** регулює плавність зображення під час фарбування.

9.3 Тонування

Тонування є окремим завданням у створенні проекту та виконується в декілька етапів:

1. Підготовка моделей об'єктів для тонування. Важливо проконтролювати способи формування об'єктів та задати настройки точності зображення.

2. Визначення освітлення моделей. Необхідно створити джерела світла та настроїти їх на певну задачу.

3. Визначення матеріалів для поверхні об'єктів. Треба задати або вибрати з бібліотеки характеристики матеріалів та присвоїти їх видимим поверхням.

4. Виконання операції тонування. Звичайно ця операція повторюється багаторазово, зі зміною різних настройок та поверненням до попередніх етапів для досягнення необхідного результату.

Такий розділ умовний, ці етапи невід'ємні один від одного та необов'язково виконуються в зазначеному порядку.

Підготовка моделей для тонування

Команда **Rpref** – установка ігнорування невидимих граней. Команда викликається з падаючого меню **View – Render – Preferences**. В області параметрів тонування **Rendering Options** обирають кнопку допоміжних опцій **More Options** та в області керування гранями **Face Controlf** піднімають прапорець **Discard Back Faces**, що забезпечує приховування задніх граней.

Усі грані слід креслити одним і тим же методом. Великі труднощі створюють об'єкти з гранями, що перетинаються та перекривають одна одну.

Режим плавного тонування переходу через кромку грані визначається ключем Smooth Shade, що знаходиться в області Rendering Options діалогового вікна Rendering Preferences. Керування точністю відображення об'єктів, що тонуються, здійснюється за допомогою команди **Viewres**. Чим вища точність апроксимації, тим славніші дуги, але збільшується час їх регенерації.

Плавність тонованих тіл з криволінійними поверхнями регулюється системною змінною **FACETRES**, за замовчуванням – 0.5, діапазон допустимих значень 0.01 – 10.

Діалогове вікно **Render** завантажується командою **Render**, яка викликається з падаючого меню **View – Render – Render**. Вікно має такі області та опції:

1) список **Rendering Type**, в якому обирають режим тонування зображення;

2) область **Rendering Procedure**, яка має такі складники:

- Query for Selections дає можливість тонувати тільки попередньо обрані об'єкти;
- Crop Window дозволяє задавати в даному видовому екрані області тонування;
- Skip Render Dialog дозволяє відмінити появу діалогового вікна команди Render.

3) поле Light Icon Scale визначає значення коефіцієнта масштабу блоків;

4) поле **Smoothing Angle** визначає мінімальний кут між гранями, при якому починає працювати режим згладжування;

5) область Rendering Options має прапорці:

- Smooth Shade включає режим плавного відображення криволінійних поверхонь;
- Apply Materials включає режим відображення матеріалів назначеним об'єктам;

- Shadows дозволяє формувати тіні об'єктів та працює тільки в фотореалістичному режимі Photo Real;

- Render Cache зберігає результати відображення на жорсткому диску комп'ютера (у разі повторного тонування без змін дозволяє значно скоротити час роботи);

6) область **Destination** вміщує список вибору напрямку, куди слід помістити тоноване зображення;

7) Область **Sub Sampling** вміщує ефекти типу «тінь». При виборі режиму 1:1 (**Best**) (значення за замовчуванням – краще) формуються тіні найвищої якості. В режимі 8:1 (**Fastest**) формування затінків виконується з максимальною швидкістю, але з втратою якості;

8) Кнопка **Background** викликає діалогове вікно команди визначення фону **Background**;

9) Кнопка Fog/Depth Cue викликає діалогове вікно команди, що визначає туман і затемнення Fog;

10) Кнопка Render запускає процес візуалізації;

11) Маршрут виводу тонованого зображення визначається в області **Destination: Viewport** – вивід зображення на видовий екран, **Render Window** – в окреме вікно для подальшої обробки зображення, **File** – у файл.

Техніка тонування

Режими можна встановити в області Rendering Type:

Render – основний тип тонування, утворюється без додавання джерел світла та присвоювання матеріалів. Джерело світла розміщене за спиною спостерігача, його неможливо ні перенести, ні змінити. Цей тип дозволяє тонувати швидко, але не дуже реалістично;

Photo Real – більш реалістичне тонування;

Photo Raytrace – тонування, яке дозволяє генерувати ефекти відбиття, ще точніше створювати тіні.

Визначення фону: View – Render – Background. Фон тонування можна переключати в такі режими відображення:

Solid – суцільний фон, обраний із палітри кольорів;

Gradient – перехід між трьома кольорами (Top / Middle / Bottom).

Настроювання цього переходу здійснюється в правій нижній області движків **Horizont, Height, Rotation;**

Image – фон у вигляді растрової картинки. Цю картинку можна підігнати по розміру та положенню або розмножити по прямокутній сітці, заповнюючи увесь фон.

Джерела світла

Існують такі типи світла: розсіяне світло, віддалені джерела, точкові джерела та прожектори.

Розсіяне світло – фонове, воно рівномірно освітлює усі поверхні моделей об'єктів, не має джерела та не має напрямку. Можна встановити його інтенсивність або зовсім виключити. *Розсіяне* світло використовується для освітлення поверхонь, на які не попадає спрямоване світло.

Віддалене джерело світла утворює паралельні промені тільки в одному напрямку, вони не мають ні початку, ні кінця. Положення джерела світла несуттєве, має значення тільки напрямок променів. Застосовується для рівномірного освітлення об'єктів або заднього плану сцени, а також для імітації сонячного світла.

Точкове джерело світла утворює промені в усіх напрямках. Інтенсивність світла від точкового джерела зменшується з відстанню. Зручні для імітації світла електричних ламп.

Прожектори утворюють напрямний конус світла. Можна задавати напрямок світла та розмір конуса. Використовується для освітлення окремих елементів та областей моделі.

Формування нових та модифікація вже створених джерел світла здійснюється командою Light, яка викликається з падаючого меню View – Render – Light. Діалогове вікно команди Light має такі області та кнопки:

1) область **Intensity**, в якій движком змінюється інтенсивність розсіяного світла від 0 до 1;

2) область Color, де регулюються спектральні характеристики розсіяного світла;

3) кнопка New, яка призначена для формування нових джерел світла: Point Light – точкове джерело світла, Distant Light – віддалене джерело світла, Spotlight – прожектор.

4) область Lights та розміщені справа кнопки Modify..., Delete, Select, які слугують для модифікації вже створених джерел світла. Модифікація може виконуватися тільки над одним джерелом світла – виділеним в області Lights.

5) кнопка North Location, що відповідає за вибір напрямку на північ відносно світової системи координат, це важливо при імітації Сонця.

На рисунку можна встановити довільну кількість джерел світла. Для кожного такого джерела задається колір, положення та напрямок променя, а для точкових джерел та прожекторів можна задати величину зниження освітлення.

Можна встановити довільну кількість джерел світла, а в будь-який час видалити або відключити непотрібні джерела, задавши нульову інтенсивність світла. Незмінна характеристика джерела – його тип!!! У разі створення нового джерела світла потрібно вибрати вид: Point Light – точкове джерело світла, Distant Light – віддалене джерело світла, Spotlight – прожектор, а потім натиснути кнопку New, після чого завантажується допоміжне вікно.

Тіні

Розрізняють тіні об'ємні, карти тіней та тіні трасування променя. Встановлення тіней на результуючому зображенні сповільнює процес тонування, але зображення стає більш реалістичним. Настройка типу тіней здійснюється у вікні джерела світла довільного типу: в області Shadows підняти прапорець ShadowOn та натиснути на кнопку Shadow Option.

Об'ємні тіні для Photo Real та тіні трасування променя для Photo Raytrace.

Матеріали

Важливим елементом визначення матеріалу є колір. Якщо об'єкт є джерело світла, то він випускає промені, а не відбиває їх. Кольори на моніторі – це кольори випромінювання, а не пігментні (реального світу).

Команда **Rmat** призначена для визначення матеріалів. Вона викликається з падаючого меню **View – Render – Materials...** або натисненням мишею на панелі інструментів **Materials**.

Перед створенням нового матеріалу необхідно визначити його тип: Standard – стандартний, включає найбільш широкий діапазон настроювань, Marble – з властивостями мармуру, Granite – з властивостями та трикольоровою текстурою граніту, Wood – з властивостями і двокольоровою текстурою дерева. Для точного настроювання матеріалів необхідно вибрати кнопку New, у разі натиснення на яку завантажується додаткове діалогове вікно New Standard Material.

9.4 Завдання для практичного виконання

1. Виконати тонування складного тіла, одержаного видаленням циліндрів із паралелепіпеда (рис.9.1, *a*);

2. Виконати тонування тіла обертання (рис.9.1, б);

3. Виконати тонування складного тіла, одержаного об'єднанням сфери та конуса (рис.9.1, *в*);

4. Пункти 1–3 виконати з різними джерелами світла, враховуючи його інтенсивність відповідно до обраного типу матеріалу.

5. Провести порівняльний аналіз для різних джерел світла, різних матеріалів, використовуючи необхідний режим тонування.

6. Виконати тонування деталі, створеної в попередній лабораторній роботі: обрати фон у вигляді деякої заставки, задати матеріал, з якого може бути виконана деталь, створити різні джерела світла так, щоб кожну частину деталі було чітко видно, підібрати інтенсивність світла та його колір.

7. Виконане тонування зберегти в окремому файлі.



Рис. 9.1 Складні тіла

9.5 Питання та завдання для самоконтролю

1. Яка команда відповідає за видалення невидимих ліній?

2. Яких значень може набувати системна змінна **DISPSILH**, за що вона відповідає?

3. Як виконується фарбування зображення?

4. Поясніть різні способи фарбування, викликавши команду з падаючого меню або панелі інструментів.

5. Яка змінна регулює плавність зображення у ході фарбування об'єктів?

6. Які етапи включає тонування об'єкта?

7. Які джерела світла можна застосовувати під час переходу до режиму тонування?

8. Яка характеристика незмінна для джерела світла? Чи можна видалити непотрібні джерела світла?

9. Пояснити техніку тонування: режими тонування, визначення фону, джерела світла, вибір матеріалів. Які опції керують визначеними етапами?

10. Чим відрізняються один від одного режими тонування? Коли правомірно використовувати кожен із них?

Практична робота 10

Створення моделей в тривимірному просторі

Мета: оволодіння навичками праці з декількома видовими екранами, створення моделі деталі в повному обсязі: управління джерелами світла, матеріалами, накладення текстур, задання фону, вставка та редагування ландшафту.

10.1 Ділення графічного екрана на частини

Під час працювання з моделлю тривимірного об'єкта зручно ділити графічний екран на частини, в кожній з яких можна встановити свою точку зору або проекцію.

Команда **VPORTS** (ВЕКРАН) відкриває діалогове **Viewports** (Видові екрани).

У полі **New name** задається ім'я створюваної конфігурації видових екранів. Якщо ім'я не задавати, то конфігурація видових екранів не зберігається.

В області **Preview** (Зразок) відображається загальний вигляд цієї конфігурації.

У полі **Apply to** (Застосувати) можна вибрати одне із двох значень, що вказує, в якій частині графічного екрану буде застосовуватися операція ділення на частини:

Display – до всього екрана;

Current Viewport – до поточного екрана.

У полі Setup користувачу доступні лише два значення:

2D – поточний вид поширюється на всі нові видові екрани;

3D – поточний вид встановлюється в одному із створених видових екранів, а в інших система **AutoCAD** обирає відповідні ортогональні види.

У полі **Standard viewports** можна обрати довільну конфігурацію, тобто поділити екран на 1, 2, 3, 4 частини.

10.2 Обертання по орбіті

Команда **3DORBIT** дозволяє динамічно змінювати вид тривимірного об'єкта. Знак системи координат змінюється на кольоровий, а на виді з'являється орбітальне кільце. Його центр збігається з центром виду, біля якого користувач може переміщувати свою камеру. Якщо пристрій знаходиться всередині кільця, то в разі натискання лівої кнопки миші вид обертається біля точки цілі. Якщо курсор знаходиться зовні, то вид обертається біля осі, що проходе через центр орбітального кільця перпендикулярно екрану.

Якщо в меню **More** (Ще) обрати команду **Continuous Orbit** (Обертання за орбітою), то буде проходити неперервне обертання.

10.3 Завдання для контрольного виконання

1. Побудувати тривимірну модель об'єкта згідно з варіантом завдання.

2. Поділити графічний екран на чотири частини, задавши в трьох відповідні проекції, а в четвертій – саму модель тіла.

3. Виконати фарбування тіл: тіні Гуро, плоскі тіні та інші, змінити колір та зберегти креслення в окремому файлі.

4. Виконати тонування тіла: обрати матеріал, джерела світла, вставити елементи ландшафту з бібліотеки **LSLIB**, задати фон, результат тонування зберегти в окремому файлі.

5. Повторити етап тонування, обравши інші характеристики для тонування, результат зберегти в окремому файлі.

6. Застосувати обертання біля точки цілі та біля осі орбітального кільця для наочної демонстрації створеної просторової моделі тіла.

10.4 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ



































де 1-Поличка; 2- Кронштейн; 3-Косинець; 4-Опора; 5-Опора; 6-Виделка;7-Скоба; 8-Опора; 9-Стояк; 10-Підпора; 11-Кронштейн; 12-Корпус; 13-Підшипник; 14-Кронштейн; 15-Скоба; 16-Поличка; 17-Стояк; 18-Підпора; 19-Стояк; 20-Стояк; 21-Підшипник; 22-Косинець.

10.5 Питання та завдання для самоконтролю

- 1. Як можна поділити графічний екран на частини?
- 2. Для чого потрібно задавати ім'я створеної конфігурації видових екранів?
 - 3. Як одержати в створених видових екранах ортогональні види?
 - 4. На скільки частин можна поділити графічний екран?

5. Пояснити різні способи обертання тіла, використовуючи команду **3DORBIT**?

- 6. Як виконати неперервне обертання тіла по орбіті?
- 7. Як збільшити або зменшити швидкість обертання?
- 8. Яка послідовність створення складного тіла?
- 9. Які етапи включає тонування об'єкта?

10. Які типи джерел світла видалися вам найбільш зручними у використанні?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ванін В.В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD: Навчальний посібник. Київ: Каравела, 2005. 336 с.

2. Волошкевич П.П., Бойко О.О., Базишин П.А. Технічне креслення та комп'ютерна графіка. Київ : Кондор, 2017. 234 с.

3. Єщенко О.А., Якобчук Р.Л., Змієвський Ю.Г. Основи САПР. Київ: НУХТ, 2014. 205 с.

4. Лобур М.В., Колесник К.К., Панчак Р.Т. Лабораторний практикум. Львів: Вид. Львівської політехніки, 2018. 232 с.

5. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підруч. для студ. вищих закл. освіти / За ред. В.Є. Михайленка. Київ: Каравела, 2012. 368 с.

6. Фрей Д. AutoCAD 2000 на примерах / Пер. с англ. Київ: Юниор, 2003. 384 с.

7. Шишов О.В. Пакет комп'ютерної графіки AutoCAD: Електронний посібник. Київ: КНУБА, 2018. 113 с. http://knuba.wcms.in.ua/wloads/103load.pdf

8. Муляр В.П. Інженерна графіка: методичні рекомендації. Луцьк, 2021. 104 с. <u>https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/21287/1/ingenerna_hrafika.pdf</u>

9. Козяр М.М., Фещук Ю.В. Комп'ютерна графіка: AutoCAD. навчальний посібник. Запоріжжя: Гельветика, 2020. 304 с.

10. Головчук А.Ф., Кепко О.І., Чумак Н.М., Інженерна та комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2010. 160 с.

11. Пічугін М.Ф., Канкін І.О., Воротніков В.В. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 346 с.

12. Василюк А.С., Мельникова Н.І. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 346 с.

ЗМІСТ	
ВСТУП	3
Практична робота 1 Просторові види.	
Побудова просторових поверхонь	3
1.1 Встановлення нового виду та вибір точки зору	3
1.2 Побудова просторових поверхонь	5
1.3 Завдання для практичного виконання	6
1.4 Питання та завдання для самоконтролю	7
Практична робота 2 Побудова та редагування тривимірних	
багатокутних сіток	8
2.1 Побудова сіток у вигляді поверхонь	8
2.2 Редагування тривимірних багатокутних сіток	10
2.3 Задавання рівня та висоти	11
2.4 Завдання для практичного виконання	11
2.5 Питання та завдання для самоконтролю	13
Практична робота 3 Побудова твердих об'єктів	13
3.1 Моделювання твердих тіл	13
3.2 Основні поняття, прийняті в моделюванні твердих тіл	14
3.3 Створення твердих тіл	14
3.4 Завдання для практичного виконання	17
3.5 Питання та завдання для самоконтролю	18
Практична робота 4 Побудова видавлених тіл та тіл обертання	18
4.1 Формування видавленого тіла	18
4.2 Формування тіла обертання	19
4.3 Завдання для практичного виконання	20
4.4 Питання та завдання для самоконтролю	21
Практична робота 5 Складні тіла	21
5.1 Поєднання об'єктів	21
5.2 Видалення об'єктів	22
5.3 Перетинання об'єктів	22
5.4 Завдання для практичного виконання	22
5.5 Питання та завдання для самоконтролю	23
Практична робота 6 Редагування просторових об'єктів	23
6.1 Поворот тривимірних об'єктів	23
6.2 Дзеркальне відображення просторових об'єктів	24
6.3 Масивне копіювання просторових об'єктів	25
6.4 Сполучення просторових об'єктів	25
6.5 Завдання для практичного виконання	26
6.6 Питання та завдання для самоконтролю	26

Практична робота 7 Техніка редагування тривимірних

твердих об'єктів	. 27
7.1 Зняття фасок у тривимірних тіл	. 27
7.2 Створення перерізів тривимірних тіл	. 27
7.3 Розріз тривимірних тіл	. 28
7.4 Завдання для практичного виконання	. 28
7.5 Питання та завдання для самоконтролю	. 29
Практична робота 8 Створення виглядів, розрізів та перерізів	. 30
8.1 Види	. 30
8.2 Розрізи та перерізи	. 31
8.3 Завдання для практичного виконання	. 34
8.4 Питання та завдання для самоконтролю	. 37
Практична робота 9 Візуалізація тривимірних моделей	. 37
9.1 Видалення невидимих ліній	. 37
9.2 Фарбування зображення	. 38
9.3 Тонування	. 38
9.4 Завдання для практичного виконання	. 42
9.5 Питання та завдання для самоконтролю	. 42
Практична робота 10 Створення моделей в тривимірному просторі	. 43
10.1 Ділення графічного екрана на частини	. 43
10.2 Обертання по орбіті	. 44
10.3 Завдання для контрольного виконання	. 44
10.4 Варіанти завдань для індивідуальної роботи	. 44
10.4 Питання та завдання для самоконтролю	. 48
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	. 49

Навчальне видання

Русакова Тетяна Іванівна, доктор технічних наук

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»