

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет Запорізька політехніка**

**Кафедра ПЗ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до лабораторних робіт**  
**з дисципліни**  
**“СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ”**

для студентів ОР «бакалавр»  
за спеціальностями 121 «Інженерія програмного забезпечення»  
та 122 «Комп’ютерні науки»

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни  
“Системи автоматизованого проєктування” для студентів ОР  
«бакалавр» за спеціальностями 121 «Інженерія програмного  
забезпечення» та 122 «Комп’ютерні науки» /Укл.: А.В. Пархоменко,  
М.О. Андрєєв. – Запоріжжя: НУЗІП, 2023. – 58 с.

Укладачі: А.В. Пархоменко, к.т.н., доцент кафедри ПЗ,  
М.О. Андрєєв, асистент кафедри ПЗ,

Рецензент: Н.О. Миронова, к.т.н., доцент кафедри ІТЕЗ.

Відповідальний  
за випуск: С.О. Субботін, зав. каф. ПЗ, д.т.н., професор.

Затверджено  
на засіданні кафедри  
Програмних засобів  
Протокол № 12  
від 09.06.2023 р.

## ЗМІСТ

**1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1****Підготовка середовища Autocad до роботи .....4****1.1 Теоретичні відомості..... 4****1.2 Порядок виконання роботи..... 16****1.3 Контрольні питання ..... 20****1.4 Зміст звіту ..... 21****2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2****Програмне формування креслеників .....22****2.1 Теоретичні відомості..... 22****2.2 Методика виконання лабораторної роботи ..... 23****2.3 Порядок виконання роботи..... 34****2.4 Контрольні питання ..... 34****2.5 Зміст звіту ..... 35****3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3****Інтерфейс користувача .....36****3.1 Теоретичні відомості..... 36****3.2 Порядок виконання роботи..... 37****3.3 Контрольні питання ..... 41****3.4 Зміст звіту ..... 41****4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4****Створення 3D-моделей у середовищі AutoCAD.....42****4.1 Теоретичні відомості..... 42****4.2 Порядок виконання роботи..... 44****4.3 Контрольні питання ..... 58****4.4 Зміст звіту ..... 58****РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....58**

# 1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## ПІДГОТОВКА СЕРЕДОВИЩА AUTOCAD ДО РОБОТИ

**Мета роботи:** ознайомитись з основними прийомами роботи у середовищі **AutoCAD**.

### 1.1 Теоретичні відомості

На рис. 1.1 представлено вікно AutoCAD.

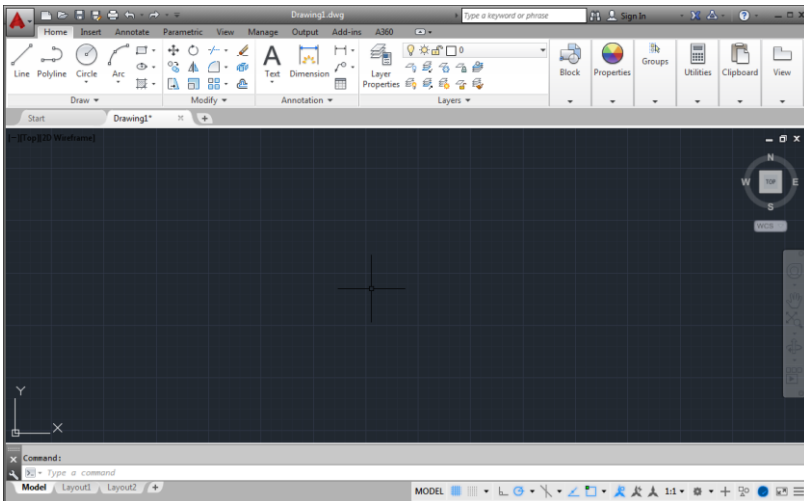


Рисунок 1.1 – Головне вікно AutoCAD

#### 1.1.1 Панелі AutoCAD

У лівому верхньому куті вікна розташована кнопка застосунку (Application Button) при натисканні якої відкривається меню застосунку (рис. 1.1). Воно містить загальні інструменти для створення, збереження та публікації.



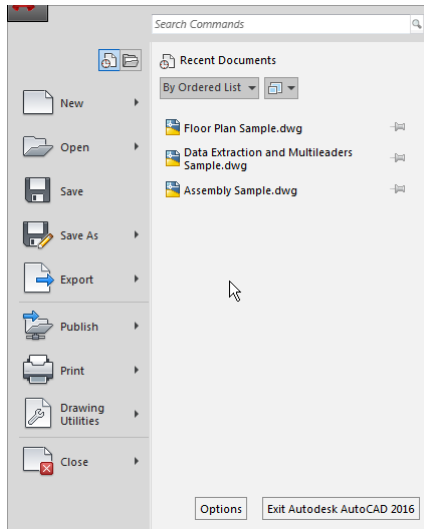


Рисунок 1.2 – Меню застосунка Application Menu

Опис пунктів меню застосунка наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Пункти меню застосунка

Назва	Команда	Опис
<b>New</b>	NEW	Створення нового листа
Drawing		Створення листа для креслення
Sheet Set		Створення набору листів
<b>Open</b>	OPEN	Відкрити файл
Drawing		Відкрити кресленик
Drawing from the Cloud		Відкрити кресленик з мережевого сховища
Sheet Set		Відкрити набір листів
DGN		Імпорт файлу з DGN в DWG файл
Sample Files		Відкрити файли прикладів
<b>Save</b>	SAVE	Зберегти документ
<b>Save as</b>	SAVEAS	Зберегти документ як:
Drawing		кресленик

Назва	Команда	Опис
Drawing from the Cloud		кресленик у мережеве сховище
Drawing Template		шаблон кресленика
Drawing Standarts		стандарти креслення
Other Formats		в інших форматах
Save Layout as a Drawing		зберегти шар як кресленик
DWG Convert		DWG Конвертація
<b>Export</b>	EXPORT	Експорт файлу в:
DWG		формат DWX (формат обміну даними)
DWFX		формат DWFX
3D DWF		формат 3D DWFX
PDF		формат PDF
DGN		формат DGN
FBX		формат FBX
Other Formats		в інші формати
<b>Publish</b>	PUBLISH	Опублікувати
Send to 3D Print Service		друк на 3D принтері
Archive		архівація набору листів
eTransmit		створити пакет залежних документів
Email		електронна пошта
Upload Multiple Files to		завантажити файли на Autodesk 360
<b>Print</b>	PLOT	Друк
Plot		Друк на плотері, принтері або в файл
Batch Plot		Груповий друк, публікація
Plot Preview		Попередній перегляд
View Plot and Publish Details		Інформація о виконаних публікаціях
Page Setup		Налаштування сторінки
Manage Plotters		Управління плотером
Edit plot Style Tables		Редагування таблиць стилів друку

Назва	Команда	Опис
<b>Drawing Utilities</b>		Інструменти креслення
Drawing Properties		Властивості кресленика
Units		Одиниці вимірювання
Audit		Перевірка цілісності кресленика
Status		Стан
Purge		Чистка документів від невикористаних елементів
Recover		Відновлення пошкодженого файлу кресленика
Open the Drawing Recovery Manager		Відкрити список креслеників які можливо необхідно відновити
<b>Close</b>	CLOSE	Закрити
Current Drawing		Поточне креслення
All Drawing		Всі креслення
<b>Options</b>	OPTIONS	Опції
Files		Файли
Display		Відображення
Open and Save		Відкрити та зберегти
Plot and Publish		Друк і публікації
System		Системи налаштування
User Preferences		Користувачські налаштування
Drafting		Креслярські налаштування
3D Modeling		3D Моделювання
Selection		Вибір
Profiles		Профілі
Online		Онлайн налаштування

Налаштування **AutoCAD** здійснюється за допомогою вікна Options (рис. 1.3), яке можна визвати натисканням кнопки Options знизу меню застосунка Application Menu (див. рис. 1.2).

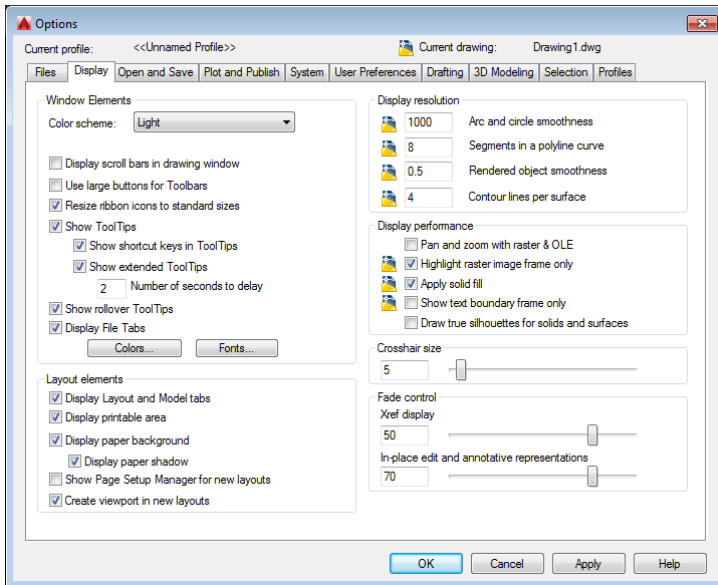


Рисунок 1.3 – Вкладки вікна Options (Опції)

У верхній частині екрану розташована панель інструментів швидкого доступу до команд (рис. 1.4), загальний опис набору кнопок за замовчанням наведено у таблиці 1.2.

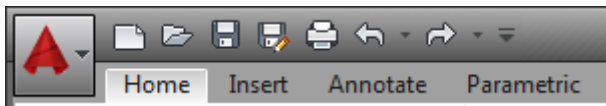


Рисунок 1.4 – Панель інструментів швидкого доступу

Таблиця 1.2 – Опис кнопок панелі швидкого доступу

Назва кнопки	Команда	Опис
New	NEW	Новий
Open	OPEN	Відкрити
Save	QSAVE	Зберегти
Save as	SAVEAS	Зберегти як
Plot	PLOT	Друк
Undo	UNDO	Відмінити
Redo	REDO	Повторити
Customize Quick Access Toolbar		Настройка панелі інструментів швидкого доступу (активація прихованих кнопок)



Для креслення, постановки розмірів, редагування зображення можливе використання **стрічкових інструментальних панелей**, призначених для швидкого виклику команди за допомогою піктограм (рис. 1.5).

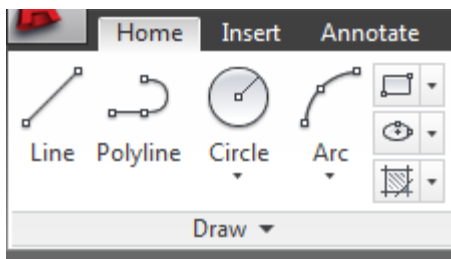


Рисунок 1.5 – Вигляд інструментальної панелі Home

Ці панелі розташовані у верхній частині екрана, їх кількість та положення можна змінювати у процесі роботи. В разі потреби можна також створювати власні панелі, на які збирати команди, необхідні для виконання конкретних задач. Прийоми роботи з інструментальними панелями розглядаються у лабораторній роботі №3.

Для швидкого пошуку у довідковій системі і доступу до мережевих служб у заголовку вікна **AutoCAD** праворуч розташована група інструментів (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Права частина заголовку вікна AutoCAD

Під робочою областю знаходиться **командний рядок** (рис.1.7), за допомогою якого вводяться команди з клавіатури, а також задаються необхідні параметри команд та префікси (представлені в таблиці 1.3).

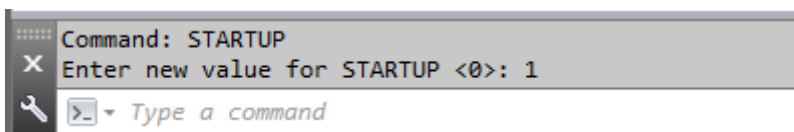


Рисунок 1.7 – Вигляд командного рядку

Таблиця 1.3 – Префікси команд **AutoCAD**

Префікс	Призначення префікса
' (апостроф)	Для виконання однієї команди, не перериваючи виконання іншої
- (дефіс)	Режим вводу параметрів команди у командному рядку замість вікна
_ (підкреслення)	Необхідний для використання англомовних команд в локалізованих версіях

В нижній частині екрану під командним рядком знаходиться **рядок стану**, у якому можуть виводитись поточні координати курсору розташовані кнопки вмикання/вимикання режимів креслення (рис. 1.8). Крім того він дозволяє перейти з одного простору кресленника в інший (кнопка **MODEL**). За замовчанням рядок стану містить обмежений набір кнопок, змінити який можна натиснувши кнопку **Customization** праворуч.



Рисунок 1.8 – Рядок стану

### 1.1.2 Завдання параметрів кресленника

За замовченням команда **New (Новий документ)** викликає діалогове вікно **Select Template (Вибір шаблону кресленника)** (рис. 1.9). У ньому необхідно вибрати шаблон **acadiso.dwt**.

Якщо в процесі роботи треба змінити параметри кресленника, або робота проводиться з версією **AutoCAD**, де майстер відсутній, то перед початком роботи слід задати необхідні параметри:

**Формат аркушу** задається командою **LIMITS**, після чого вводяться координати лівого нижнього та правого верхнього кута. Границі формату аркушу можна побачити, якщо змінити значення системної змінної **GRIDDISPLAY** з **3** на **2**. Сітка буде відображатися тільки у межах встановлених командою **LIMITS**.

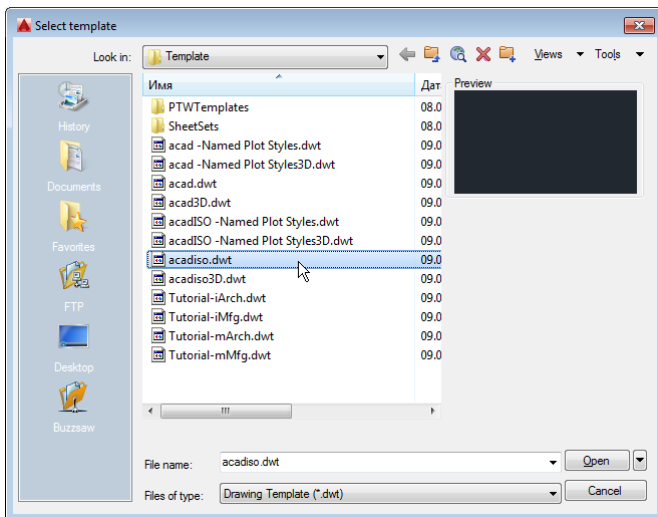


Рисунок 1.9 – Вигляд вікна Select Template (Вибір шаблону кресленика)

**Стиль розмірів** задається в закладці **Annotate (Анотації)**. Для цього у розділі **Dimensions (Розмір)** необхідно натиснути кнопку з маленькою стрілкою, або у спадаючому списку стилів натиснути кнопку **Manage Dimension Styles...**, або ввести команду **DIMSTYLE**. Відкриється діалогове вікно **Dimension Style Manager** (рис. 1.10).

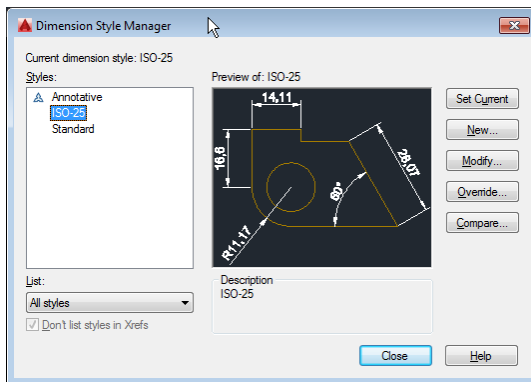
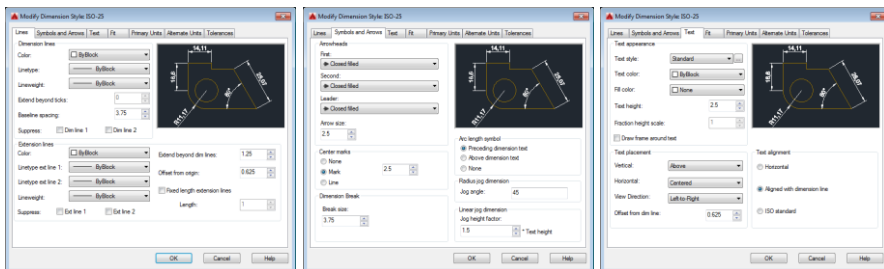


Рисунок 1.10 – Налаштування стилів розмірів

Для модифікацій стилів розмірів треба натиснути кнопку **Modify (Модифікація)**:

- у вкладці **Lines (Лінії)** – стиль розмірних ліній та ліній винесення (рис. 1.11a);

- у вкладці **Symbols and Arrows (Символи та стрілки)** – стиль та розмір стрілок (рис. 1.11б);  
 - у вкладці **Text (Текст)** – висоту, стиль та позиціонування тексту (рис. 1.11в).



А

Б

В

Рисунок 1.11–Встановлення стилю розмірних ліній та ліній винесення  
 Встановлення стилю та розмірів стрілок  
 Встановлення стилю розмірного тексту

**Стиль тексту** задається в закладці **Annotate (Анотації)**. Для цього у розділі **Text (Текст)** необхідно натиснути кнопку з маленькою стрілкою, або у спадяючому списку стилів натиснути кнопку **Manage Text Styles...**, або командою **STYLE**. Відкриється діалогове вікно **Text Style** (рис. 1.12).

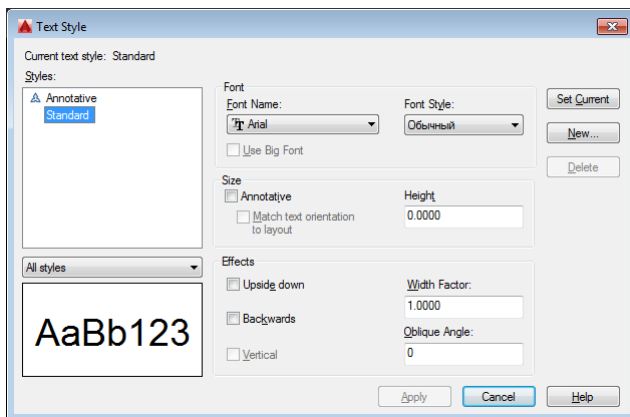


Рисунок 1.12 –Встановлення стилю тексту розмірів

Далі можна задати: **Style (Ім'я стилю)**, **Font Name (Гарнітура шрифту)**, **Font Style (Стиль шрифту)**, **Height (Висота)**, необхідні ефекти – **Upside down (Перевернутий)**, **Backwards (Зворотній)**, **Vertical (Зверху нагору)**, **Oblique Angle (Кут нахилу)**.

При роботі у середовищі **AutoCAD** для підвищення зручності можна використовувати екран потрібного кольору. Для зміни кольору слід натиснути **кнопку застосунка**, де вибрати кнопку **Options (Опції)**. У діалоговому вікні вибрати: **Display (Екран) – Colors (Кольори)**, після чого задати фон робочого поля. В цьому ж діалоговому вікні можна змінити розмір курсора – **Crosshair size (Розмір курсора)** у відсотках від розміру екрана від 1% до 100%.



### 1.1.3 Керування зображенням

У правій частині робочого простору **AutoCAD** розташовані інструменти керування зображенням **ViewCube** та **Navigation bar** (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Інструменти керування зображенням

**ViewCube** призначений для зміни поточної проекції, для перегляду кресленника під іншим кутом.

**Navigation bar** дозволяє використовувати наступні інструменти:

**Full Navigation Wheel** – спеціальний мульти-інструмент 3D-навігації, призначений для досвідчених користувачів.

**Pan** – панорамування зображення робочого простору у площині екрану, також здійснюється при утриманні середньої кнопки миші. Дозволяє переміщати зображення відносно екрана.

**Zoom** – група інструментів масштабування зображення робочого простору:

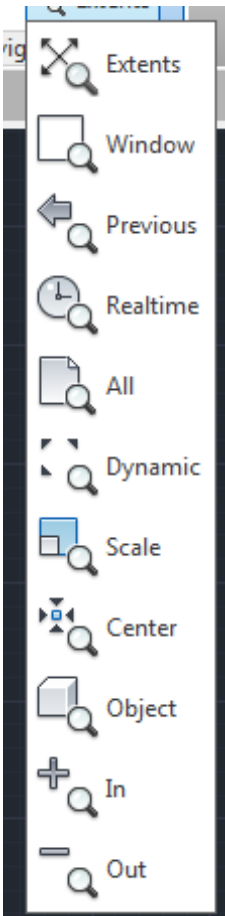
**Orbit** – обертання видів у тривимірному просторі.

**ShowMotion** – інтерфейс створення презентаційних анімацій віртуальної камери.



### 1.1.4 Системи координат

Значення координат, незалежно від способу їх вводу, завжди пов'язані з системою координат. За замовчанням завжди використовується **Word Coordinate System – WCS (Світова Система Координат)**. Вона визначена так:  $OX$  – зліва направо,  $OY$  – знизу догори,  $OZ$  – перпендикулярно екрану назовні. Для зручності роботи може бути прийнята **User Coordinate System – UCS (Користувальська система координат)**, яку можна перемістити й повернути відносно світової. Для завдання користувальської системи координат слід скористатися командою **UCS** або викликати контекстне меню іконки **UCS (КСК)**.



(Показати рамкою)

(Попередній крок)

(Інтерактивний масштаб)

(Все)

(Динамічний масштаб рамкою)

(Масштаб)

(Центр)

(Об'єкт)

e Вписати усі об'єкти кресленика у межі робочого простору

w Дозволяє масштабувати обрану прямокутну частину робочого простору

p Попередній стан масштабу

r Динамічна зміна масштабу мишею

a Вписати усі об'єкти кресленика та область задану командою **limits** у межі робочого простору

d Просунута динамічна зміна масштабу мишею

s Задати масштаб множником

c Масштабувати навколо вказаної точки зі вказаним множником

o Масштабувати за обраними об'єктами

2x Двократне збільшення

0.5x Двократне зменшення

### 1.1.5 Робота з шарами

Для підвищення зручності роботи у **AutoCAD** існує поняття шарів. Кожен шар має свої властивості: колір, тип лінії, стилі та ін. При роботі зі складними креслениками можна вимикати деякі шари, робити їх неактивними.

Рекомендується будувати у різних шарах:

- основні зображення кожного окремого виду (ім'я **ВИД\_N**);
- центрові лінії (ім'я **ВІСЬОВІ**);
- допоміжні зображення, лінії побудови (ім'я **ДОПОМІЖНІ**);
- розміри (ім'я **РОЗМІРИ**);
- текстову інформацію (ім'я **ТЕКСТ**);
- таблиці (ім'я **ТАБЛИЦЯ\_N**);
- рамку та штамп (ім'я **РАМКА**).

Для кожного об'єкту слід задати тип, вагу та колір ліній у вкладці **Home**, розділі **Properties (Властивості)**.

Але більш зручно створити нові шари у вкладці **Home**, розділ **Layers (Шари)**.

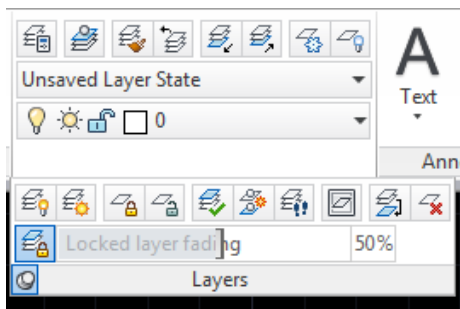



Рисунок 1.14 – Діалогове вікно для створення шарів

Для створення нових шарів слід вибрати команду  **Layer (Шари)**, після чого з'являється діалогове вікно **Layer Properties Manager (Властивості шару та типу лінії)**. У цьому вікні можна створити новий шар (**New**), задати для нього ім'я, колір, тип лінії (рис. 1.15).

Якщо лінії необхідного типу немає у списку, то її необхідно попередньо завантажити, для цього у вкладці **Home** розділі **Properties (Властивості)** у списку **Linetype (Тип лінії)** обрати **Other**. У

діалоговому вікні, що з'явиться при цьому, слід обрати опцію **Load (Завантажити)** та обрати необхідні типи ліній.

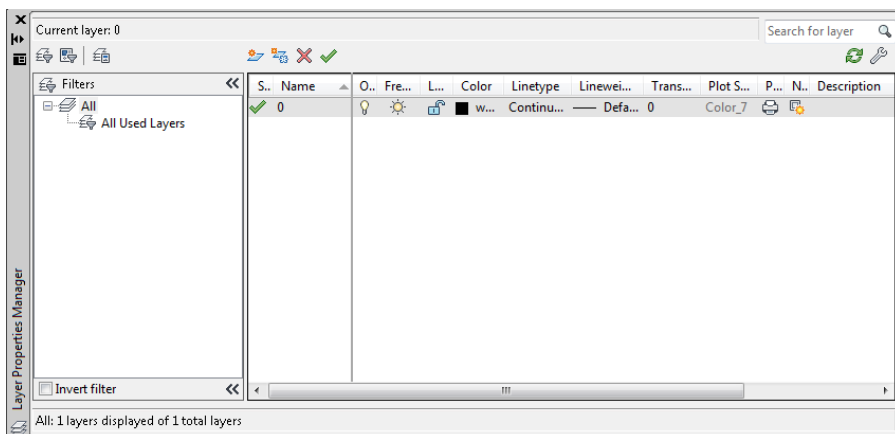


Рисунок 1.15 – Діалогове вікно для створення шарів

## 1.2 Порядок виконання роботи

1.2.1 Запустити AutoCAD.

1.2.2 У **Create New Drawing** вибрати **Use a Wizard – Quick Setup – Ok**. Задати параметри: система одиниць – **десятькова (Decimal)**, точність – **0,0000**, розміри формату – **420, 297**. Інші параметри задаються за умовчанням.

1.2.4 Ввести з клавіатури команду **grid** та задати параметри сітки **20**. Ввести з клавіатури команду **snap** та задати параметри кроку **7**.

1.2.3 В рядку стану включити режими **SNAP, GRID**. Спробувати попасти курсором між точками сітки. Зробити висновки.

1.2.5 В рядку стану включити режим **ORTHO**. Вибрати команду



**LINE**. Вибрати довільно положення першої точки відрізка, клікнути курсором на робочому полі. Спробувати накреслити похилу лінію (під кутом, відмінним від 0° та 90°). Відмінити команду, натиснувши на клавішу **Esc**. Зробити висновки.

1.2.6 Створити новий файл. При цьому попередній файл закрити без збереження.

1.2.7 Задати вручну розміри формату аркушу за допомогою команди **limits**:

**lower left corner (нижній лівий кут) – 0,0;**

**upper right corner (верхній правий кут) – 210,297.**



### 1.2.8 Включити сітку **grid**.

1.2.9 В рядку стану натиснути кнопку **Object Snap**, потім викликати її контекстне меню, в якому обрати пункт меню **Settings**. При цьому з'являється діалогове вікно **Drafting Settings (Установки кресленика)** (рис. 1.13). Включити прив'язки за кінцевою точкою Endpoint (**end of**) та перетином Intersection (**int of**).

1.2.10 За допомогою команди  **layer** створити нові шари:

- шар **“Головний”** – колір **білий**, тип лінії – **Continuous** (Суцільна);
- шар **“Вісі”** – колір **помаранчевий**, тип лінії – **Center** (штрих-пунктирна).
- шар **“Розміри”** – колір **синій**, тип лінії – **Continuous** (суцільна) (рис. 1.16).

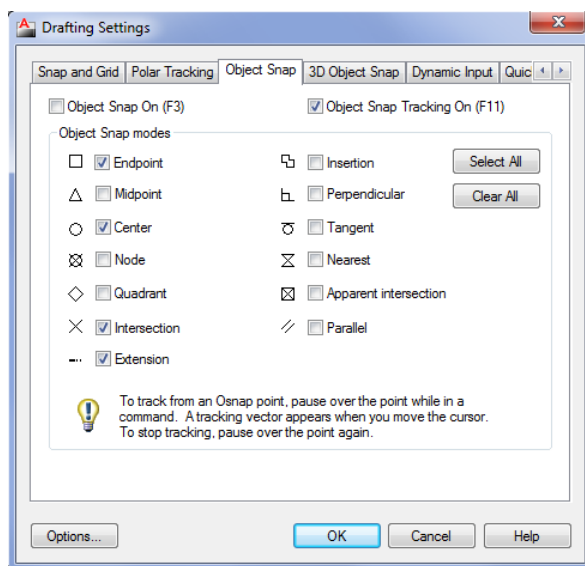



Рисунок 1.16 – Вигляд закладки включення прив'язок

1.2.11 Вибрати шар **“вісі”**. За допомогою команди **XLINE** з ключем **h** виконати горизонтальну вісь деталі. За допомогою команди **XLINE** з ключем **v** виконати вертикальну вісь у початку координат, наступну вертикальну вісь праворуч на 200 мм для побудови кола.

1.2.12 Вибрати шар **“Головний”**. У цьому шарі за допомогою команди  – **circle** (коло) накреслити два кола з центрами (0,0) та діаметрами  $\varnothing 92$  та  $\varnothing 140$ . На відстані 200 мм від попереднього центра

праворуч побудувати два кола  $\varnothing 40$  та  $\varnothing 80$ . Вигляд зображення наведений на рисунку 1.17.

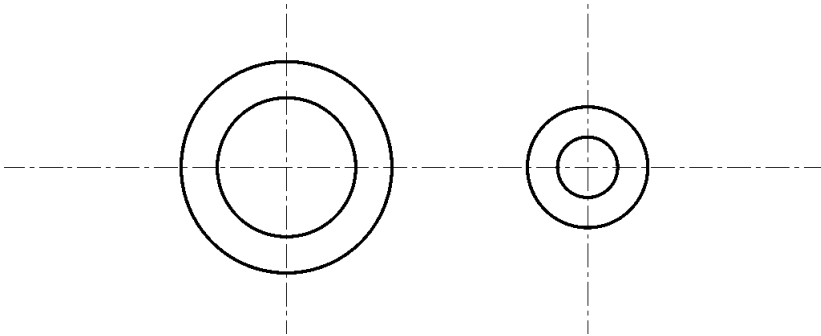


Рисунок 1.17 – Вигляд зображення 1

1.2.13 За допомогою команди **PLINE** створити ламану. Координати наступних точок задавати за допомогою відносних координат. Після кожної координати слід натискати клавішу **Enter** або пробіл:

200,40 @-80,0 @0,20 @-120,0

Вигляд зображення наведений на рисунку 1.18.

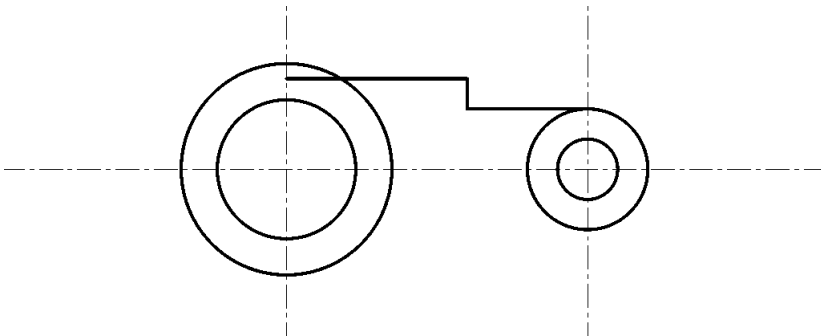


Рисунок 1.18 – Вигляд зображення 2

Альтернативно введення відносних координат можна виконати, використовуючи інтерактивне поле вводу (рис). В цьому випадку рекомендується також ввімкнути режим **ORTHO**.

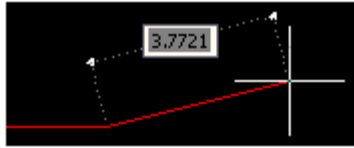


Рисунок 1.19 – Ортогональний режим

1.2.14 Створити нижню частину виду за допомогою команди **MIRROR**. Для цього треба відмітити накреслений у попередньому пункті елемент (окрім осьових та кола) безпосередньо курсором або вибирати рамкою. Вісь симетрії вказати на горизонтальній вісі, обравши на ній дві довільні точки. Видаляти попередній об'єкт не треба (ключ **N**). Зображення повинне мати вигляд, наведений на рис. 1.23.

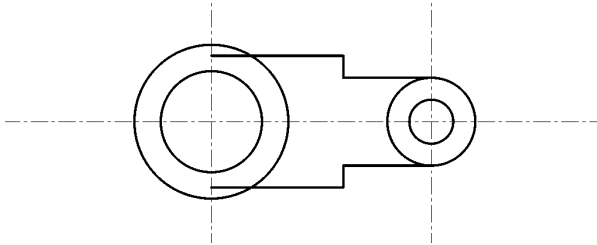


Рисунок 1.23 – Вигляд зображення 3

1.2.15 За допомогою команди **TRIM (Обрізати)** обрізаємо зайві контури кресленика (частини кіл та поліліній). Спочатку необхідно виділити контури, якими обрізаємо, далі натиснути **Enter** та виділити зайві ділянки, які будуть видалені. Для обрізки осьових ліній накресліть два тимчасові кола з діаметрами на 10мм більше зовнішніх кіл з центрами на перетинах осьових ліній. Зображення повинне набути вигляду як на рисунку 1.24.

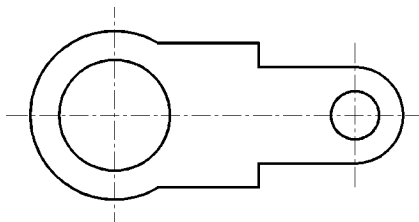


Рисунок 1.24 – Вигляд зображення 4

### Простановка розмірів

1.2.16 Вибрати шар “Розміри”. Горизонтальні та вертикальні розміри проставте за допомогою команди **DIMLINEAR** (Лінійний), діаметри – **DIMDIAMETER** (Діаметральний), радіус – **DIMRADIUS** (Радіальний).

Змініть стиль розмірів. На закладці **Annotate** (Анотації) у розділі **Dimension** (Розмір) натисніть кнопку з маленькою стрілкою. Задайте висоту тексту та розмір стрілки 7 мм. Встановіть вирівнювання тексту **ISO standard**. Також задайте нахил тексту 15°.

У Додатку А взяти індивідуальне завдання для самостійного креслення за варіантом.

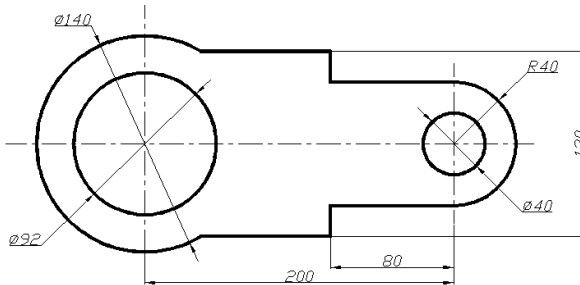


Рисунок 1.24 – Проставлені розміри

### 1.3 Контрольні питання

- 1.3.1 Які панелі знаходяться на екрані середовища **AutoCAD**?
- 1.3.2 Який вміст стандартної панелі?
- 1.3.3 Що таке інструментальні панелі і для чого вони використовуються?
- 1.3.4 Що таке командний рядок?
- 1.3.5 Які режими задаються за допомогою рядку стану?
- 1.3.6 Що таке **МАЙСТЕР** і для чого він використовується?
- 1.3.7 Як задати формат?
- 1.3.8 Як задати стиль розмірів?
- 1.3.9 Як змінити колір екрана та параметри курсора?
- 1.3.10 Які команди використовуються для керування зображенням екрана?
- 1.3.11 Що таке система координат та які вони бувають?
- 1.3.12 Як задати власну систему координат?

1.3.13 Для чого використовуються шари?

1.3.14 Як задати новий шар та його параметри?

## **1.4 Зміст звіту**

1.4.1 Титульний лист;

1.4.2 Мета роботи;

1.4.3 Опис алгоритму креслення індивідуального завдання;

1.4.4 Результат креслення.

## 2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### ПРОГРАМНЕ ФОРМУВАННЯ КРЕСЛЕНИКІВ

**Мета роботи:** на прикладі запропонованого елемента навчитися:

- 1.працювати в середовищі AutoCAD у командному режимі;
- 2.створювати пакетні файли команд (скрипти);
- 3.програмно формувати креслення за допомогою засобів мови AutoLISP.

#### 2.1 Теоретичні відомості

Важливою можливістю сучасних САПР є програмне формування креслеників. Це дозволяє виконувати безпосередній автоматизований перехід від початкових даних проєкту до креслярських документів.

Майже все, що в середовищі AutoCAD виконується вручну, можливо реалізувати програмно. Для цього використовується кілька засобів програмування – від найпростіших пакетних файлів (скриптів) до вбудованих інтерпретаторів мов програмування (AutoLISP, Visual Basic, C++).

Крім того, саму систему AutoCAD можливо визвати з програмних продуктів, реалізованих в сучасних середовищах програмування (наприклад Visual Studio Code) для виконання побудови креслеників в автоматичному режимі.

В середовищі AutoCAD використовуються два режими роботи – діалоговий та пакетний.

В діалоговому режимі зображення формується через взаємодію користувача з інтерфейсом середовища AutoCAD шляхом введення команд та системних змінних за допомогою клавіатури, пунктів меню, піктограм та діалогових вікон. Введення координат точок, ідентифікація елементів креслеників виконується за допомогою курсору, що керується мишею.

В пакетному режимі команди та їх модифікатори зчитуються з файлу. Такий файл називається скриптом (пакетом команд). Він формується з послідовності символів, яку потрібно було б ввести у командному рядку при виконанні побудови у діалоговому режимі.

Однією з можливостей формування командного файлу є виконання команд у діалоговому режимі, з наступним перенесенням


введених команд в файл-пакет та незначним їх редагуванням. При такому способі користувач має можливість одразу побачити результат виконання кожної команди і заносити до скрипту лише ті команди, що забезпечують необхідний ефект.

Щоб навчитися програмно формувати кресленики необхідно засвоїти діалоговий режим роботи з середовищем шляхом безпосереднього вводу команд AutoCAD з клавіатури, методику роботи з AutoCAD у пакетному режимі, а також одну з мов програмування, яка дозволяє використовувати команди AutoCAD, наприклад AutoLISP. Це дозволить Вам в майбутньому створювати бібліотеки параметризованих конструктивних елементів та часто повторюваних креслярських прийомів.

## 2.2 Методика виконання лабораторної роботи

### 2.2.1 Створення командного файлу

Завантажте AutoCAD і почніть новий проєкт. Розглянемо роботу команд AutoCAD на прикладі побудови кола:

 **CIRCLE 110,200 d 50**

У робочому полі зоні побудови Ви повинні отримати зображення кола, як на рис. 2.1. У нижній частині екрану (командний рядок) відображена вся послідовність діалогу між користувачем та середовищем. З неї ми будемо вибирати команди для побудови пакетного файлу.

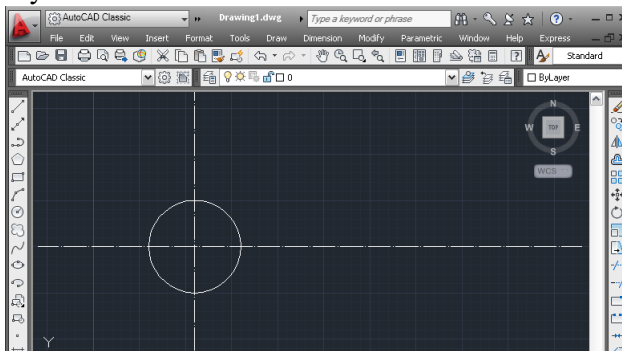


Рисунок 2.1 – Результат роботи команди Circle

Перенесемо команди, що введено при побудові кола, у

текстовий файл. Для цього необхідно виділити отриманий текст діалогу, скопіювати виділення до буферу обміну та вставити до будь-якого текстового редактора, наприклад Блокнот або вбудований у AutoCAD редактор LISP:



Відредагуємо текст таким чином, щоб залишилися лише ті символи, що ми вводили на запит системи. При цьому усі натискання клавіші <Enter> під час діалогу, треба замінити символом пробілу. **Неприпустимо** вводити додаткові пробіли, адже у AutoCAD **кожний введений символ інтерпретується**. Так, вільний пробіл прирівнюється до виклику останньої виконаної команди. Також треба **позбавитись від порожніх рядків окрім останнього**.

При зберіганні файлу треба змінити розширення на \*.SCR, оскільки AutoCAD відфільтровує виконувані файли за розширенням.

Накреслимо запропоновану прокладку (рис.2.2), використовуючи лише текстові команди, а не засоби діалогового інтерфейсу AutoCAD.

Вся побудова буде складатися з наступних дій:

- побудова зовнішнього кола R25;
- побудова осьових ліній кіл діаметру 6,5;
- побудова головних осей;
- побудова середнього кола R18;
- побудова 3-х кіл діаметру 6,5;
- побудова внутрішнього кола R7;
- побудова 120-ти градусного вирізу.

Центральною точкою побудови оберемо точку **110,200**. Послідовність виклику команд з поясненнями та результати їх виконання наведені у таблиці 2.1. Для зручності кожен **обов'язковий** пробіл замінено символом " \_ ". **Інші пробіли НЕПРИПУСТИМІ**.

В даному прикладі простановка розмірів не відбувається, але їх можна проставити згідно рисунку 2.2 аналогічним до звичайних креслярських команд чином.



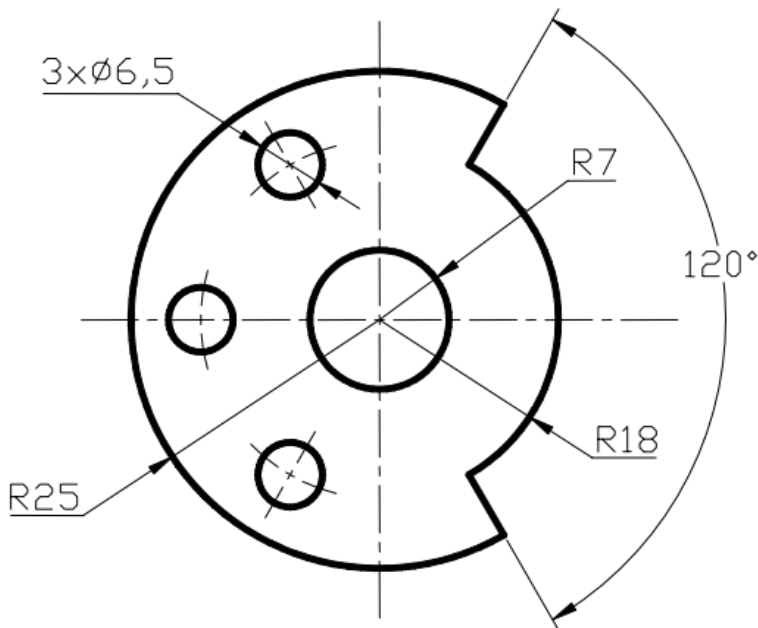
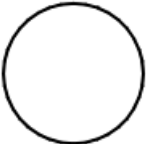
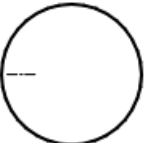
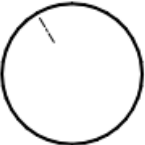
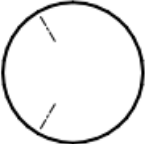
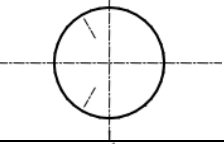

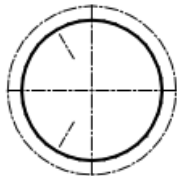
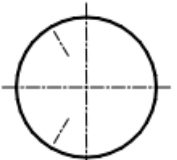
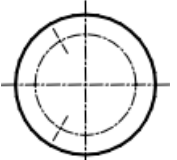
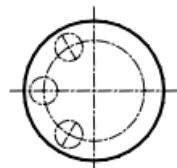
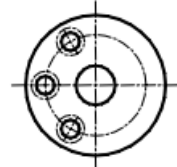
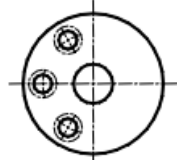


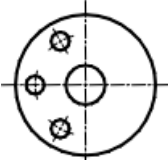
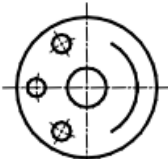

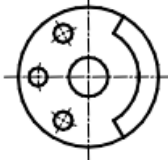
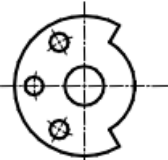
Рисунок 2.2 – Прокладка для побудови

Таблиця 2.1 – Скрипт креслення прокладки

Команда	Пояснення	Зображення
osnap_off	Відключення об'єктних прив'язок	відсутнє
snap_off	Відключення прив'язки за сіткою	відсутнє
ltscale_0.15	Масштабування штрих-пунктирних ліній уздовж їхньої довжини	відсутнє
lwdisplay_1	Включення відображення товщини ліній	відсутнє
linetype_s_bylayer_ lweight_0.3	Зміна вигляду усіх нових ліній на основну суцільну з товщиною 0,3	відсутнє

zoom_w_75,235_145,165	Збільшення області побудови креслення рамкою	відсутнє
circle_110,200_d_50	Побудова зовнішнього кола, з координатами центра 110,200 та діаметром 50	
linetype_s_center__1weight_0.15	Зміна вигляду усіх нових ліній на штрих-пунктирну з товщиною 0,15	відсутнє
line_97,200_87,200_	Радіальна осьова лінія верхнього та нижнього малих отворів	
osnap_nea	Включення прив'язки до найближчої точки	відсутнє
rotate_95,200__110,200_-60	Поворот побудованої осевої лінії на кут $-60^\circ$	
mirror_101,215__110,200_95,200_n	Дзеркальне копіювання поверненої лінії відносно вказаної горизонтальної вісі симетрії	
xline_110,200_110,150_150,200_	Побудова осевих ліній за допомогою конструкційних (необмежених) прямих	
circle_110,200_30	Побудова кола для визначення границі зрізання осевих ліній	

trim_131.2,178.8__1 45,200_75,200_110,2 35_110,165_	Зрізання осьових ліній за контуром більшого зовнішнього кола	
erase_131.2,178.8_	Видалення допоміжного зовнішнього кола, за яким зрізалися осьові лінії	
circle_110,200_18	Побудова меншого кола всередині існуючого	
osnap_int+end	Включення об'єктної прив'язки за перетином та кінцевої точки	відсутнє
circle_101.0,215.6_5 __92.0,200.0__101. 0,184.4	Побудова допоміжних кіл для видалення зайвих ділянок концентричної осьової лінії (R18)	
linetype_s_bylayer__ lweight_0.3	Зміна вигляду усіх нових ліній на основну суцільну з товщиною 0,3	відсутнє
circle_101.0,215.6_d _6.5_92.0,200.0__ 101.0,184.4__110,2 00_d_14	Побудова трьох кіл ( $\varnothing 6,5$ ) та одного у центрі ( $\varnothing 14$ )	
trim_88.5,203.5_96.0 ,215.6_96.0,184.4__9 4.4,209.0_94.4,191.0 _122.7,212.7_	Зрізання зайвих ділянок концентричної осьової лінії	

erase_88.5,203.5_96.0,215.6_96.0,184.4_	Видалення допоміжних кіл	
arc_c_110,200_@18<-60_a_120	Побудова дуги за центром, точкою початку (полярні координати відносно центру дуги) та центральним кутом	
osnap_end+per	Включення об'єктної прив'язки за перпендикуляром та кінцевою точкою	відсутнє
line_119.0,215.6_122.5,221.7_	Побудова радіальної лінії з'єднання верхнього кінця дуги із зовнішнім колом	
osnap_nea+cen+end	Включення об'єктної прив'язки за найближчою, кінцевою точками та центром	відсутнє
mirror_120.8,218.6_110,200_140,200_	Дзеркальне копіювання радіальної лінії відносно вказаної горизонтальної вісі симетрії	
osnap_nea+mid	Включення об'єктної прив'язки за найближчою точкою та серединою	відсутнє
trim_120.8,218.6_120.8,181.4_131.7,212.5_	Видалення дуги кола R25, що обмежена радіальними лініями	

Остаточний файл скрипту побудови прокладки повинен мати наступний вигляд (пробіл зображено символом “\_”):

```

OSNAP_OFF
SNAP_OFF
LTSCALE_0.15
LWDISPLAY_1
LINETYPE_S_BYLAYER__LWEIGHT_0.3
ZOOM_WINDOW_75,235_145,165
CIRCLE_110,200_D_50
LINETYPE_S_CENTER__LWEIGHT_0.15
LINE_97,200_87,200_
OSNAP_NEA
ROTATE_95,200__110,200_-60
MIRROR_101,215__110,200_95,200_N
XLINE_110,200_110,150_150,200_
CIRCLE_110,200_30
TRIM_131.2,178.8__145,200_75,200_110,235_110,165_
ERASE_131.2,178.8_
CIRCLE_110,200_18
OSNAP_INT+END
CIRCLE_101.0,215.6_5
_92.0,200.0_
_101.0,184.4_
LINETYPE_S_BYLAYER__LWEIGHT_0.3
CIRCLE_101.0,215.6_D_6.5
_92.0,200.0_
_101.0,184.4_
_110,200_D_14
TRIM_88.5,203.5_96.0,215.6_96.0,184.4_
94.4,209.0_94.4,191.0_122.7,212.7_
ERASE_88.5,203.5_96.0,215.6_96.0,184.4_
ARC_C_110,200_@18<-60_A_120
OSNAP_END+PER
LINE_119.0,215.6_122.5,221.7_
OSNAP_NEA+CEN+END
MIRROR_120.8,218.6__110,200_140,200_
OSNAP_NEA+MID
TRIM_120.8,218.6_120.8,181.4__131.7,212.5_

```

В процесі налагодження роботи скрипту для зручності ви можете використовувати в першому рядку скрипта команду **ERASE\_ALL\_**.

Збережемо отриманий скрипт у файлі з ім'ям **gasket.scr**.

### 2.2.2 Виклик командного файлу

Для виклику скрипта у середовищі AutoCAD передбачені засоби, що забезпечують завантаження зовнішнього файлу та виконання його команд. Послідовність завантаження наступна:

– викликати діалог завантаження скриптів:



оберіть файл `gasket.scr` та натисніть Open (рис. 2.3a);

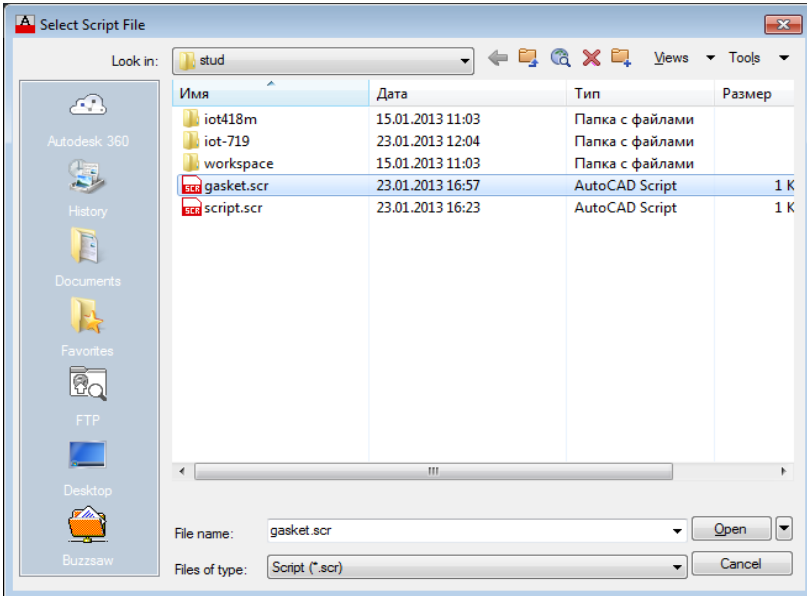


Рисунок 2.3 – Діалог завантаження скриптів

### 2.2.3 Модифікація командного файлу у програму AutoLISP

Крім роботи з пакетними файлами, AutoCAD дозволяє вводити програми на вбудованій мові AutoLISP. Найпростішим методом отримання таких програм є перетворення пакетних файлів у синтаксис, зрозумілий інтерпретатору мови AutoLISP.

У загальному випадку модифікація скрипту у програму AutoLISP виконується таким чином:

- зробіть копію скрипта, що перетворюється у програму;
- змініть розширення імені файлу з `*.scr` на `*.lsp`;
- відкрийте файл для редагування у текстовому редакторі

VisualLISP

**Manage► Applications► Visual LISP Editor**

- кожен команду скрипту перетворіть на вираз AutoLISP;

- збережіть модифікований файл.

У нашому випадку для перетворення скрипту у програму AutoLISP необхідно виконати наступні дії:

- весь текст скрипту перетворимо на окрему функцію. У початок файлу вставимо оператор визначення нової функції LISP **defun**;

- вкажемо ім'я функції – **c:gasket**<sup>1</sup>. Префікс **c:** означає, що викликати завантажену функцію можна просто набравши її ім'я без префікса у командному рядку; без префіксу виклик треба здійснювати за синтаксисом LISP – у дужках);

- вставимо пару пустих дужок, які означають, що виклик функції відбувається без параметрів;

- всі рядки скрипту помістимо на наступних рядках.

Повинні отримати наступне:

```
(defun c:gasket ()
```

```
    текст поки що незміненого скрипта
```

```
)
```

- на початок кожного рядка додамо відкриту дужку та функцію AutoLISP **command**, яка дозволяє виконувати команди AutoCAD; у кінці всіх рядків додайте закриту дужку;

- кожену пару координат зробіть списком – параметрами виклику функції **list**. Це відповідає представленню координат у середовищі AutoCAD. Замість коми між координатами необхідно поставити пробіл;

- усі текстові дані, такі як назви викликаних команд чи їх ключі, помістіть у подвійні лапки;

- у випадку подвійних пробілів замінити їх порожніми подвійними лапками ("");

- при встановленні значень змінних середовища AutoCAD замість функції **command** використовуйте функцію **setvar**.

Наприклад, якщо ми мали рядок:

```
CIRCLE_110,200_D_50
```

то маємо отримати такий вираз AutoLISP:

```
(command "CIRCLE" (list 110 200) "D" 50)
```

Модифікуємо скрипт, що креслить прокладку, у програму на AutoLISP, за описаними правилами. У таблиці 2.2 наведена відповідність рядків скрипту та рядків програми AutoLISP.

---

1 gasket – прокладка (англ.)

Таблица 2.2 – Скрипт та програма AutoLISP

Рядок скрипта	Рядок програма AutoLISP
	(defun gasket ()
osnap_off	(command "osnap" "off")
snap_off	(command "snap" "off")
ltscale_0.15	(setvar "ltscale" 0.15)
lwdisplay_1	(setvar "lwdisplay" 1)
linetype_s_bylayer__lw eight_0.3	(command "linetype" "s" "bylayer" "" "lweight" 0.3)
zoom_window_75,235_145 ,165	(command "zoom" "w" (list 75 235) (list 145 165))
circle_110,200_d_50	(command "circle" (list 110 200) "d" 50)
linetype_s_center__lwe ight_0.15	(command "linetype" "s" "center" "" "lweight" 0.15)
line_97,200_87,200_	(command "line" (list 97 200) (list 87 200) "")
osnap_nea	(command "osnap" "nea")
rotate_95,200__110,200 _60	(command "rotate" (list 95 200) "" (list 110 200) -60)
mirror_101,215__110,20 0_95,200_n	(command "mirror" (list 101 215) "" (list 110 200) (list 95 200) "n")
xline_110,200_110,150_ 150,200_	(command "xline" (list 110 200) (list 110 150) (list 150 200) "")
circle_110,200_30	(command "circle" (list 110 200) 30)
trim_131.2,178.8__145, 200 75,200_110,235_110,165 _	(command "trim" (list 131.2 178.8) "" (list 145 200) (list 75 200) (list 110 235) (list 110 165) "")
erase_131.2,178.8_	(command "erase" (list 131.2 178.8) "")
circle_110,200_18	(command "circle" (list 110 200) 18)
osnap_int+end	(command "osnap" "int+end")
circle_101.0,215.6_5 _92.0,200.0_ _101.0,184.4_	(command "circle" (list 101.0 215.6) 5) (command "circle" (list 92.0 200.0) "") (command "circle" (list 101.0 184.4) "")
linetype_s_bylayer__lw eight_0.3	(command "linetype" "s" "bylayer" "" "lweight" 0.3)
circle_101.0,215.6_d_6 .5 _92.0,200.0_ _101.0,184.4_ _110,200_d_14	(command "circle" (list 101.0 215.6) "d" 6.5) (command "circle" (list 92.0 200.0) "") (command "circle" (list 101.0 184.4) "") (command "circle" (list 110.0 200.0) "d" 14)



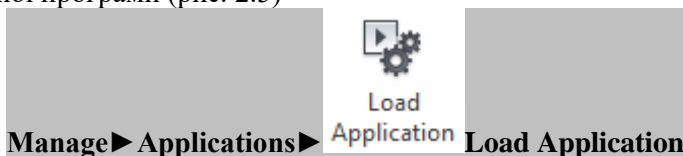
trim_88.5,203.5_96.0,215.6_96.0,184.4_94.4,209.0_94.4,191.0_122.7,212.7_	(command "trim" (list 88.5 203.5) (list 96.0 215.6) (list 96.0 184.4) "" (list 94.4 209.0) (list 94.4 191.0) (list 122.7 212.7) ""))
erase_88.5,203.5_96.0,215.6_96.0,184.4_	(command "erase" (list 88.5 203.5) (list 96.0 215.6) (list 96.0 184.4) ""))
arc_c_110,200_@18<-60_a_120	(command "arc" "c" (list 110 200) "@18<-60" "a" 120)
osnap_end+per	(command "osnap" "end+per")
line_119.0,215.6_122.5,221.7_	(command "line" (list 119.0 215.6) (list 122.5 221.7) ""))
osnap_nea+cen+end	(command "osnap" "nea+cen+end")
mirror_120.8,218.6_110,200_140,200_	(command "mirror" (list 120.8 218.6) "" (list 110 200) (list 140 200) ""))
osnap_nea+mid	(command "osnap" "nea+mid")
trim_120.8,218.6_120.8,181.4_131.7,212.5_	(command "trim" (list 120.8 218.6) (list 120.8 181.4) "" (list 131.7 212.5) ""))
	)

#### 2.2.4 Виклик програми AutoLISP

Для виклику LISP-програм у середовищі AutoCAD вбудовано засоби, що забезпечують завантаження зовнішнього файлу, інтерпретацію та виконання його команд.

Послідовність завантаження програми AutoLISP:

- викличте діалог завантаження програм та виберіть файл необхідної програми (рис. 2.5)



- натисніть кнопку **Load**; та закрийте вікно.

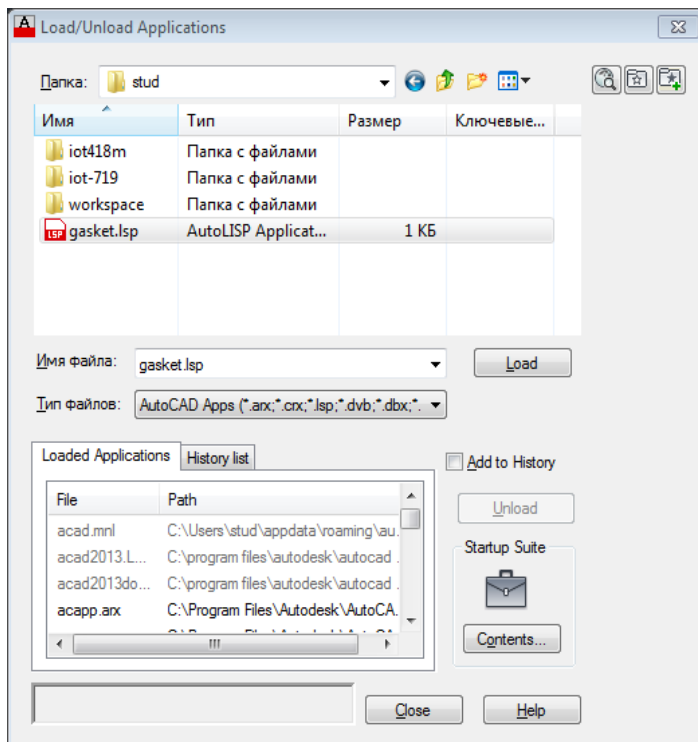


Рисунок 2.5 – Діалог завантаження програм

Оскільки у програмі була визначена функція **c:gasket**, то виклик завантаженої програми містить тільки назву функції (без префікса **c:**)

## 2.3 Порядок виконання роботи

- 2.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.
- 2.3.2 Створити та відлагодити скрипт згідно індивідуального завдання.
- 2.3.3 Перетворити скрипт на програму на мові AutoLISP.
- 2.3.4 Оформити звіт до лабораторної роботи.

## 2.4 Контрольні питання

- 2.4.1 Особливості командного та діалогового режимів AutoCAD.
- 2.4.2 Структура та синтаксис скрипта.

2.4.4 Структура програми на мові AutoLISP.

2.4.5 Перетворення скрипта на програму.

2.4.6 Виконання скриптів та програм на мові AutoLISP.

## **2.5 Зміст звіту**

2.5.1 Мета роботи.

2.5.2 Текст скрипта.

2.5.3 Текст програми на мові AutoLISP.

2.5.4 Побудований кресленик.

## 3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА

**Мета роботи:** вивчити основні прийоми створення панелей інструментів та модифікації меню в середовищі **AutoCAD**.

### 3.1 Теоретичні відомості


Для адаптації інтерфейсу до вимог користувача середовище **AutoCAD** надає наступні можливості:

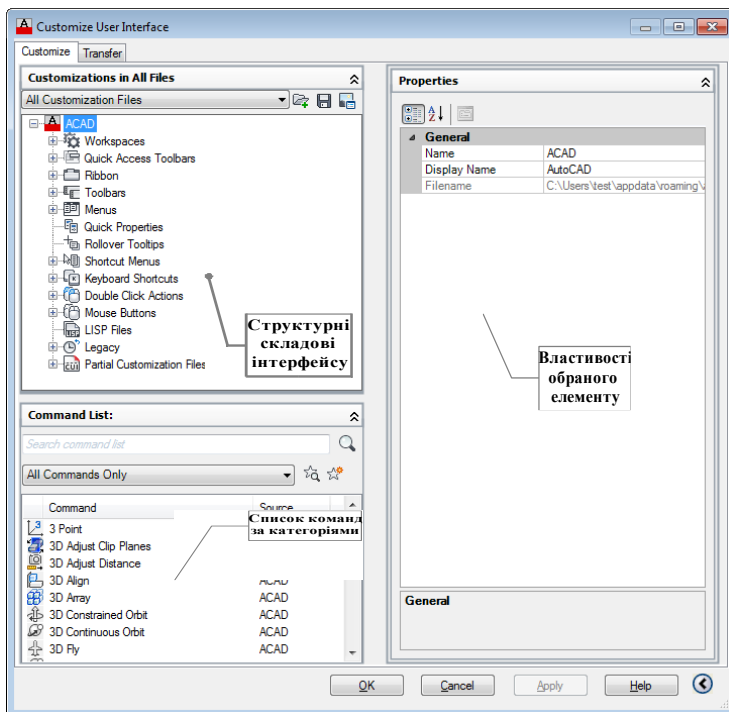
- модифікація та розробка засобів діалогу (меню, панелей інструментів, піктограм, діалогових вікон).

#### 3.1.1 Зображення панелей інструментів


Панель інструментів – це набір піктограм, кожна з яких є окремою командою **AutoCAD**. Панелі інструментів забезпечують швидке введення команд, зміну режимів роботи та виконання різних установок середовища. Всі вкладки стрічкового меню зображуються за замовченням. Вкладки та панелі можна модифікувати, додавати нові піктограми або навпаки видаляти ті, що рідко використовуються. Крім того, можна створювати власні вкладки і панелі, у тому числі шляхом копіювання панелей класичного інтерфейсу. Стрічкове меню за замовченням фіксоване, щоб зробити його плаваючим необхідно в контекстному меню заголовків вкладок обрати пункт **Undock(Відстикувати)**.

Зміна складу та структури інтерфейсу, функцій його елементів виконуються у діалоговому вікні **Customize User Interface (Налаштування інтерфейсу користувача)** (рис.3.1).

Для збільшення місця, відведеного для графічного поля можна мінімізувати вкладки, панелі кнопкою розташованою праворуч від назв вкладок .

Рис. 3.1 Діалоговому вікні **Customize User Interface**

### 3.2 Порядок виконання роботи

3.1 Створити новий файл. Щоб вимкнути(приховати) будь-яку вкладку або панель необхідно клікнути  правою кнопкою на них. В контекстному меню обрати відповідно **Show Tabs** (Показати вкладки) або **Show Panels** (Показати панелі)

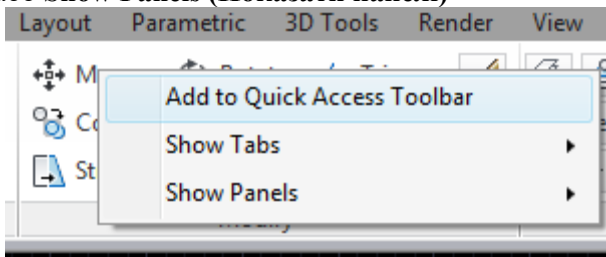


Рисунок 3.2 – Контекстне меню будь-якої кнопки

3.2 Для модифікації вкладок і панелей необхідно відкрити вікно **Customize User Interface** (Налаштування інтерфейсу користувача): **RibbonBar ► Manage ► Customization ► User Interface** або скористатися командою **CUI**.

3.3 Створіть новий робочий простір :

**Customize ► Customization in All  
Files ► ACAD ►  Workspace ► New Workspace**

3.5 Активізуйте режим додавання контенту до **Workspace1**:

**Customize ► Workspace Contents ► Customize Workspace**

3.6 Додайте до порожнього простору **Workspace1** посилання на панель **Quick Access Toolbar**:

**ACAD ► Quick Access Toolbars ► ☒ Quick Access Toolbar 1**

Аналогічним чином можна додавати посилання на будь-які інші елементи інтерфейсу. Також є можливим створити дублікат існуючого елемента, але всі його дочірні елементи дублюватися НЕ БУДУТЬ!

Завершіть додавання контенту:

**Customize ► Workspace Contents ► Done ► Apply ► Ok**

Крім панелі швидкого доступу у цьому режимі на **Ribbon** можна додати тільки вкладки, а панелі з кнопками додаються простим перетаскуванням. Створіть нову панель **Panel1**:

**ACAD ► Ribbon ► Panels ►  New panel**

Створіть нову команду:

**Customize ► Command List ►  Create a new command**

Вона буде додана у список команд. Перетягніть її до нової панелі **Panel1** у категорію **Row1**. Це додає нову малу кнопку на панель.

Налаштуйте властивості створеної кнопки: **Display Name** (ім'я), **Button Style** (розмір та стиль), **Description** (опис), **Command Display Name** (підказка команди), **Macro** (макрос), **Button Image** (іконку).

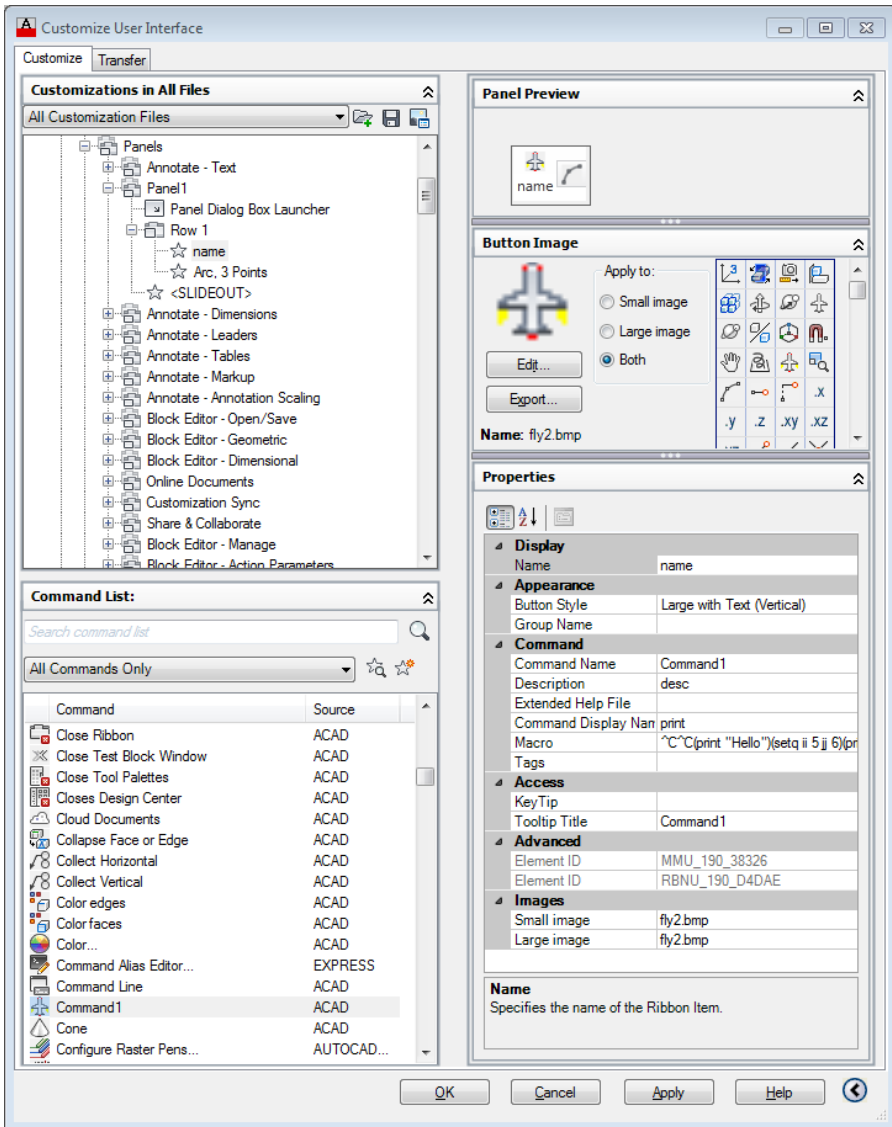


Рисунок 3.7 – Діалогове вікно властивостей кнопки

Для створення нової іконки оберіть будь-яке зображення зі списку **Customize►Button Image►Edit**. Відкриється вікно редактора.

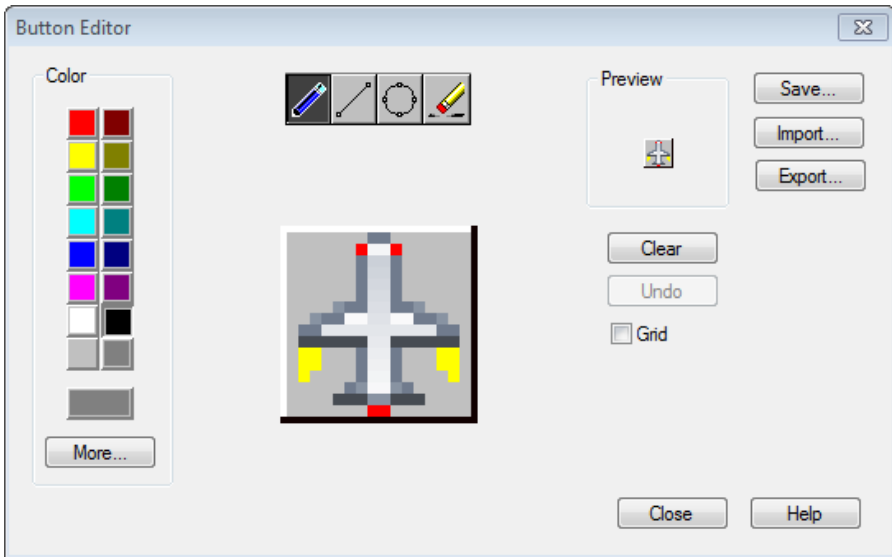


Рисунок 3.6- Діалогове вікно Button Editor

Відредагуйте зображення за власним смаком, збережіть його: **Save ► Close**.

Задайте макрос для кнопки. У якості макроса може виступати команда AutoCAD, вираз AutoLisp та спецсимволи (табл). Кожна команда/вираз ПОВИННІ починатися з нового рядку. Наприклад:

```
^C^C(load "disk:/path/program.lsp")
(function_name)
```

### Деякі спецсимволи у макросах

Символ	Опис
;	Заміняє Enter
^M	Заміняє Enter
^I	Заміняє Tab
\	Очікування вводу користувача
_	Перекладання команди і опцій у локалізованих версіях
*^C^C	Повторне виконання команди доки не буде натиснутий Esc
^B	Перемикання режиму Snap on/off (Ctrl+B)
^C	Відміна активної команди або її стадії (заміняє Esc)



- ^G Перемикання режиму Grid on/off
- ^H Заміняє Backspace
- ^O Перемикання режиму Ortho on/off

Створіть у новому робочому просторі 2 власні вкладки, додайте на них по 2 довільні панелі.

Створіть нову малу кнопку для виконання набору команд AutoCAD за завданням викладача та помістіть її у порожню панель.

Створіть нову велику кнопку для завантаження та запуску програми (засобами AutoLisp) креслення індивідуального завдання з лабораторної роботи 2 та помістіть її у іншу порожню панель.

Додайте на власні панелі ще декілька будь-яких кнопок.

Для збереження налаштувань натисніть **Apply ► OK**.

Зробіть створений робочий простір активним:

**Quick Access Toolbar ► Workspace ► Workspace1**

### 3.3 Контрольні питання

- 3.3.1 З яких структурних елементів складається Ribbon?
- 3.3.2 Як відобразити або приховати елементи Ribbon?
- 3.3.3 Як змінити склад існуючої панелі інструментів?
- 3.3.4 Як створити або видалити нову вкладку/панель?
- 3.3.5 Як створити кнопку та задати її властивості?
- 3.3.6 Як задати нове зображення кнопки?
- 3.3.7 Призначення та функції макросів.

### 3.4 Зміст звіту

- 3.4.1 Тема та мета роботи.
- 3.4.2 Алгоритм створення власного робочого простору.
- 3.4.3 Результати адаптації інтерфейсу.

## 4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ У СЕРЕДОВИЩІ AUTOCAD

**Мета роботи:** отримати практичні навички з побудови просторових моделей у середовищі AutoCAD.

### 4.1 Теоретичні відомості

#### 4.1.1 Створення кресленника-прототипу (шаблону)

Для документів креслеників, що містять 3D-моделі, варто створювати шаблони, у яких крім традиційних атрибутів для плоского креслення встановлюється ряд атрибутів для формування і візуалізації просторових моделей.

Для створення шаблону слід спочатку створити новий кресленик та задати у ньому усі необхідні налаштування, після чого зберегти його з розширенням **\*.dwt** (шаблон).

**Налаштування, притаманні як для двовимірних, так і для просторових креслеників:**

- система вимірювань та границі креслення;
- стилі розмірів, точок, тексту;
- параметри екрану (колір екрана, завдання кроків сітки і переміщення курсору, масштаб зображення);
- потрібні прив'язки;
- завантаження додаткових типів ліній та створення потрібних шарів;
- системи координат користувача.

**Налаштування, притаманні кресленикам просторових моделей:**

- визначення просторової системи координат;
- багатоекранна конфігурація;
- напрямок погляду;
- параметри сторінки та друкуючого пристрою у просторі листа.

Визначення параметрів системи координат: виконується за допомогою команди **UCS**. Вона дозволяє створювати систему координат користувача (СКК) та переходити між нею та світовою системою координат (ССК).

При роботі з просторовими об'єктами доцільно додатково визначити систему координат, у якій вісі X і Y спрямовані протилежно одноіменним вісям світової системи координат, а напрямок вісі Z лишається незмінним.

При роботі з просторовими об'єктами слід також задавати:

- точку зору;
- напрямок погляду;
- масштаб зображення.

**Точка зору** при ортогональному способі проєктування встановлюється командою **VPOINT**. На запит команди слід ввести координати початку вектора проєктування (його кінець збігається з початком системи координат). За замовчуванням точка зору визначається координатами 0,0,1 відносно світової системи координат.

**Вектор напрямку погляду** за замовчуванням визначається щодо світової системи координат (**WORLDVIEW 1**). Якщо встановити значення змінної **WORLDVIEW 0**, то вектор напрямку погляду буде визначатися щодо поточної системи координат.

**Масштаб зображення** на екрані або у кожному вікні можна змінювати за допомогою команди **ZOOM**.

Багатовіконна конфігурація є зручною для просторового моделювання, але не дає можливості компоувати технічний кресленик з декількох видів просторової моделі. Такі можливості надаються в просторі листа (**Paper space**). Для переходу в простір листа у рядку під креслеником слід натиснути закладку **Layout1** та зробити у ньому відповідні налаштування.

#### 4.1.2 Формування 3D-моделі

У системі **AutoCAD** можна формувати наступні види моделей:

- каркасна модель;
- поверхнева модель;
- твердотільна модель.

У каркасній моделі є тільки краї (лінії перетинання) поверхонь об'єкта. Сьогодні таке моделювання практично не використовується і його варто застосовувати лише для моделювання будь – яких просторових схем, наприклад електропроводки.

Поверхнева модель визначає більше властивостей об'єкта в порівнянні з каркасною моделлю, але менше, ніж об'ємна. Вона використовується, коли немає необхідності визначати фізичні властивості об'єкта (маса, центр ваги і т.і.), а досить лише забезпечити можливість автоматизованого видалення невидимих ліній та інші ефекти візуалізації.

Твердотільна модель дозволяє найбільш повно визначити геометричні характеристики об'єкта і дані для його візуалізації. При твердотільному моделюванні всі точки простору розмежовуються на

внутрішні і зовнішні стосовно об'єкта. Ця особливість дозволяє не тільки визначати фізичні властивості об'єкта, але й зручно утворювати складене тіло з простих. При цьому автоматично здійснюється побудова ліній перетинання.

Процедура формування твердотільної моделі складається з етапів:

- створення простих геометричних тіл;
- виконання над простими геометричними тілами булевих операцій.

Прості геометричні тіла визначаються за параметрами (куля, циліндр і т.і.) чи задаються кінематичним способом – обертанням контуру навколо заданої вісі або переміщенням контуру (утворюючої) за заданою траєкторією (направляючою). Для цього використовуються команди **EXTRUDE** (Витягування) та **REVOLVE** (Обертання).

Для створення складніших просторових моделей використовуються команди редагування: **UNION** (Об'єднання), **SUBTRACT** (Віднімання), **INTERSECT** (Перетин).

Якщо креслення повинне виконуватись у площині, паралельній заданій та розташованій від неї на деякій відстані, це можна задати за допомогою системної змінної **ELEVATION** (Підняття) яка визначає відстань до паралельної площини (додатну або від'ємну).

Перш, ніж починати креслення, слід визначити, який вид об'єкта буде головним. Головний вид повинен містити найбільшу кількість інформації про об'єкт і розташовуватися в лівому верхньому вікні.

Об'єкт створюється за розмірами. Координати точок визначаються щодо поточної системи координат, встановленої в активному вікні. Початок і напрямок осей координат вказуються в кожному вікні. Напрямок осей координат можна змінювати за допомогою команди **UCS**.

## 4.2 Порядок виконання роботи

**Перший етап роботи** – створення кресленика-прототипу (шаблону).

4.2.1 Запустити **AutoCAD** та створити новий файл, система вимірювань – **десятькова**, границі креслення: **210x150**, робочий простір **Drafting & Annotation**.

4.2.2 Встановити крок сітки **5**, крок переміщення курсору **5** і увімкнути візуалізацію сітки.

4.2.3 Включити прив'язки: **Endpoint, Center, Intersection, Nearest**.

4.2.4 Створіть новий шар **BICI** та зробіть його поточним.

4.2.5 За допомогою команди **LINE** накреслити вісі координат товщиною **0.3** мм:

- **X**, колір **червоний**, координати вершин **105,75** та **60,75**;
- **Y** колір **зелений**, координати вершин **105,75** та **105,30**.

**Увага!** У контекстному меню закладки встановіть панель **View**

► **Show panels** ► **Coordinates**.

4.2.6 Визначити нову систему координат:



вказати послідовно три точки так, як зазначено на рисунку 5.3 . Перша точка визначає початок системи координат, друга – позитивний напрямок осі **X**, третя – позитивний напрямок осі **Y**.

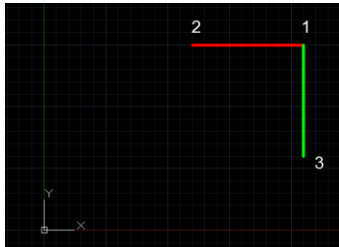


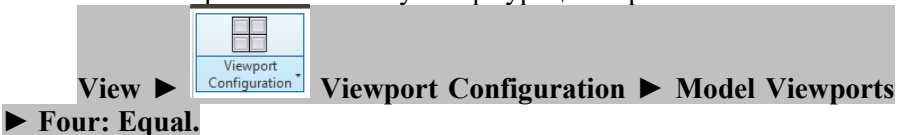
Рисунок 4.3 – Встановлення нової системи координат.

4.2.7 Зберегти створену систему координат під будь-яким іменем:



4.2.8 Накреслити вісь **Z** за допомогою команди **LINE**, колір **синій** за координатами **0,0,0** та **0,0,45** (вона спрямована перпендикулярно до площини екрана, тому невидима).

4.2.9 Створити 4-х віконну конфігурацію екрана:



► **Four: Equal**.

4.2.10 Послідовно активізувати вікна мишею та установити для кожного з них відповідні настройки.

**Ліве верхнє вікно:**

- **WORLDVIEW 1** (за замовчанням);
- точка зору **VPOINT 0,-1,0**;

- положення вісей і масштаб зображення у вікні:

**View ► Navigate2D ► Zoom Center**  **0,0,0 200.**

**Праве верхнє вікно:**

- **WORLDVIEW 0;**

- точка зору **VPOINT 1,0,0;**

- положення вісей і масштаб зображення у вікні:

**View ► Navigate2D ► Zoom Center**  **0,0,0 200.**

**Ліве нижнє вікно:** без змін.

**Праве нижнє вікно:**

Встановити режим ізометрії (згідно з рис. 7.4):

**View ► Views ► SW Isometric.**

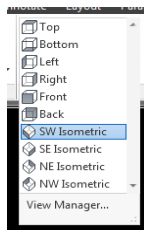


Рисунок 4.4 – Встановлення ізометричної проекції.

Отримаємо зображення як на рисунку 4.5

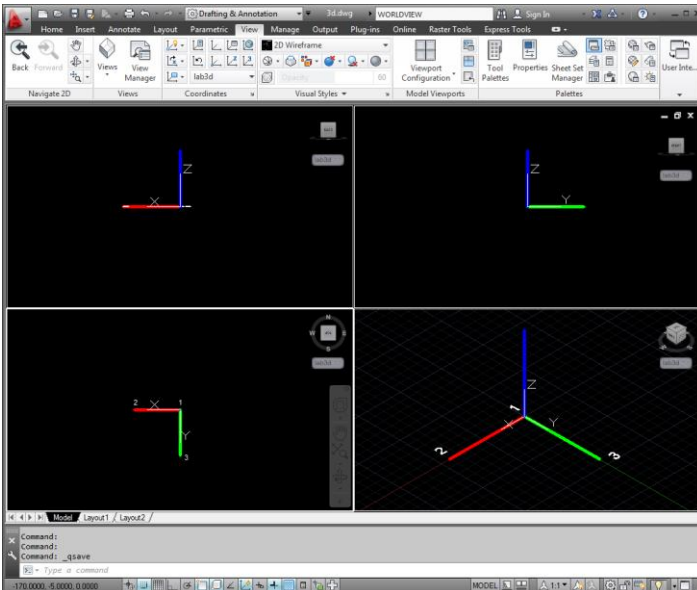


Рисунок 4.5 – Встановлення ізометричної проекції.

**Примітка.** Елементи кресленника можуть визначатися за допомогою курсору лише в площині ХУ поточної системи координат. У верхніх вікнах ця площина проєціюється у пряму лінію. Для того, щоб відновити можливість креслення у верхніх вікнах, необхідно ввести і зробити поточною в них систему координат, площина ХУ якої буде паралельна площині вікна. Для цього слід активізувати потрібне вікно та вирівняти площину ХУ:



4.3.9 Запам'ятати 4-х-віконну конфігурацію з установками атрибутів під будь-яким ім'ям:



Приховайте шар **BICI**.

4.3.10 Перейти у простір листа, натиснувши у рядку під креслеником закладку **Layout1**. Якщо на полі креслення з'явилася зображення вікна, слід **видалити** його.

4.3.11 Зберегти активний кресленик як шаблон з іменем **3D.dwt**, після чого закрити файл.

**Другий етап роботи** – формування просторової моделі.

У цій частині роботи слід виконати 3D-модель деталі, кресленик якої наведений на рис. 4.6.

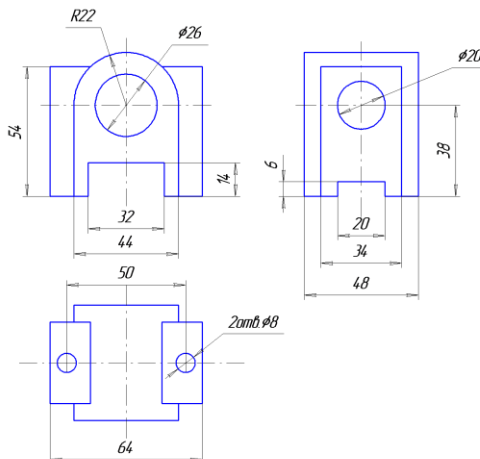


Рисунок 4.6 – Завдання до роботи

4.3.12 Створити новий кресленик **AutoCAD** за допомогою майстра на основі шаблону **3D.dwt**:



4.3.13 Змінити робочий простір на **3D Modeling**.

4.3.14 Активізувати ліве верхнє вікно. За замовчанням креслення відбуватиметься безпосередньо у площині XY. Щоб розташувати елементи у паралельній площині (вздовж вісі Z) слід змінювати значення системної змінної **ELEVATION** (додатні – зсув назовні екрану, від'ємні – всередину). Задати значення системної змінної **ELEVATION -24**.

**УВАГА!** Для подальшого отримання твердотільних об'єктів необхідно виконувати цільні замкнені контури (якщо контур буде складатися з декількох окремих елементів – отримаємо відкриту поверхню). Цього можна досягти або за допомогою команди **PLINE** з ключами **Arc**, **Line** або звичайними командами **LINE**, **CIRCLE** та інші, та застосувати до накреслених примітивів команду **JOIN** (об'єднати).



Координати точок задавати відповідно до розмірів деталі.

**УВАГА!** Також необхідно стежити за режимами прив'язок, тому що можна помилково прив'язатись до точки у паралельній площині.

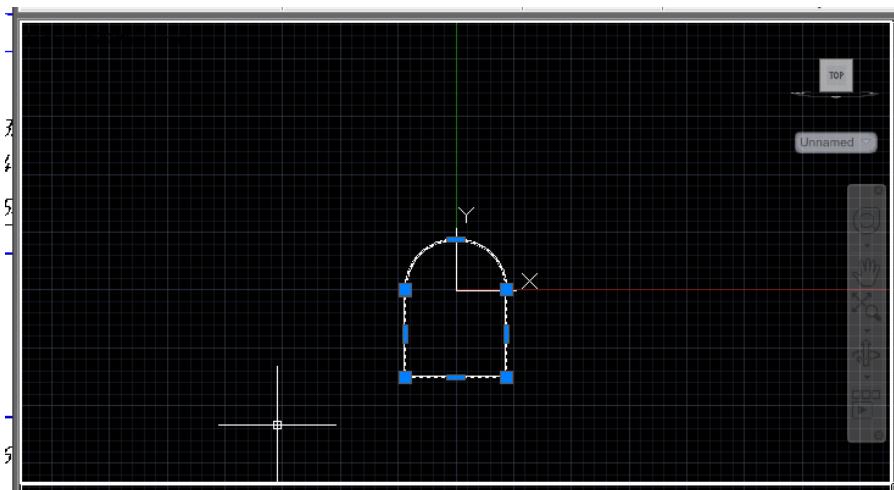


Рисунок 4.6 – Створення базового контура



4.3.15 На основі замкненого контура створити твердотільний об'єкт шляхом видавлювання на відстань **48** (рис. 4.8):



**Примітка.** Операція видавлювання виконується у напрямку перпендикулярно до площини примітива.

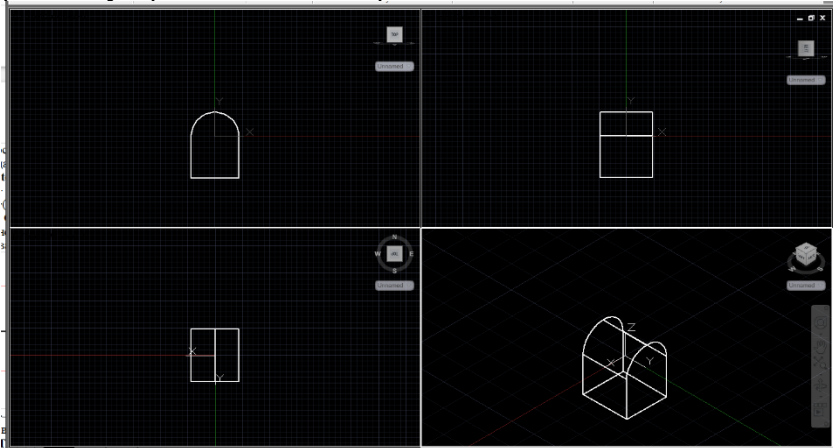


Рисунок 4.8 – Створення базового тіла

4.3.16 Активізувати праве верхнє вікно. Встановити значення змінної **ELEVATION -32** та накреслити прямокутник **34x54**:

**RECTANG 7,-38 41,16.**

Створити твердотільний об'єкт видавлюванням прямокутника, висота видавлювання **64**.

4.3.17 Об'єднати створені об'єкти в один:



Результат наведений на рис. 4.9.

4.3.18 Активізувати ліве верхнє вікно. Встановити значення **ELEVATION -25**. Виконати креслення прямокутника **32x14** та окружності радіуса **13**.

**УВАГА!** Рекомендується вимкнути режим динамічних систем координат у інструментах креслення, тому що крок курсора може зсуватися в контексті елементів, що знаходяться під ним.

Створити твердотільні об'єкти видавлюванням прямокутника та окружності на глибину видавлювання **50**. Нові об'єкти повинні

виходити за межі раніше створеного об'єкта.

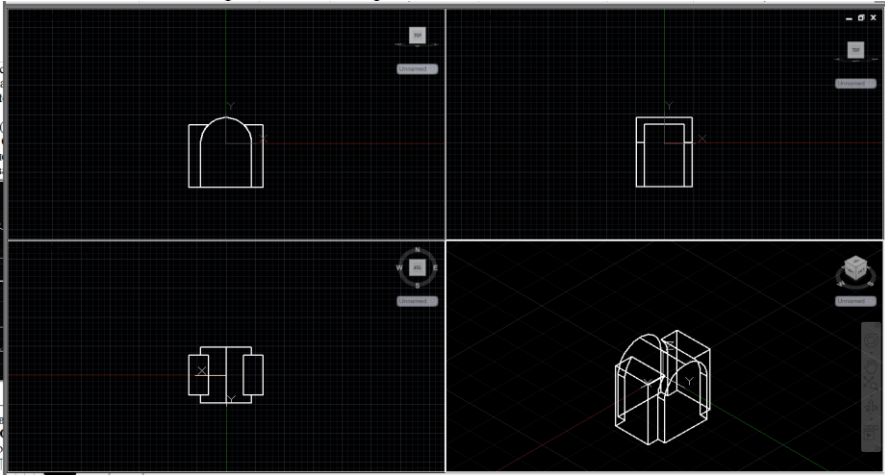


Рисунок 4.9 – Результат об'єднання об'єктів

4.3.19 Відняти два нові об'єкти від раніше створеного:



#### Home Edit Subtract.

На запит системи спочатку указати об'єкт, від якого слід відняти, а потім – об'єкти, що віднімаються.

4.3.20 Активізувати праве верхнє вікно. Встановити значення **ELEVATION -35**. Виконати креслення прямокутника **20x6** та окружності радіуса **10**. Створити твердотільні об'єкти видавлюванням прямокутника та окружності на глибину видавлювання **70**. Відняти нові об'єкти з раніше створеного за допомогою команди **Subtract**. Результат наведений на рис. 4.10.

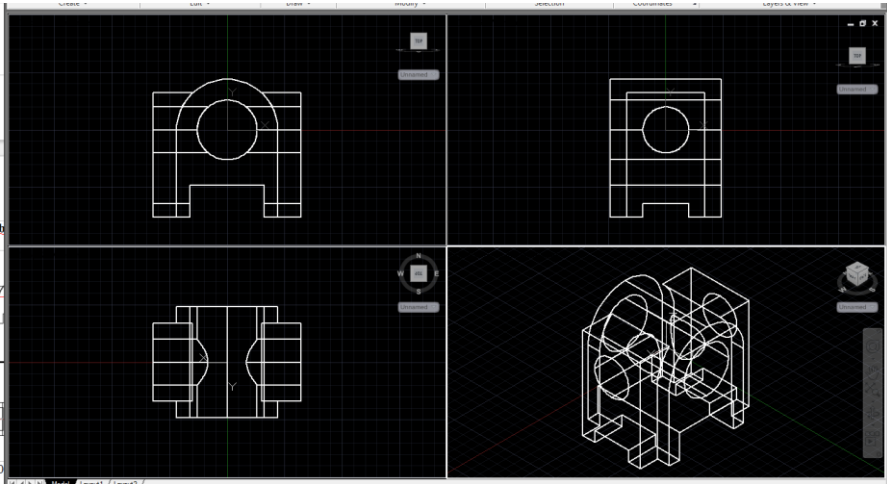


Рисунок 7.10 – Результат створення пазів та отворів

4.3.21 Активізувати ліве нижнє вікно. Встановити значення **ELEVATION -40**. Виконати дві окружності радіусом **4**. Створити твердотільні об'єкти видавлюванням на глибину видавлювання **60**. Відняти нові об'єкти з раніше створеного за допомогою команди **Subtract**.

Результат створення моделі наведений на рис. 4.11.

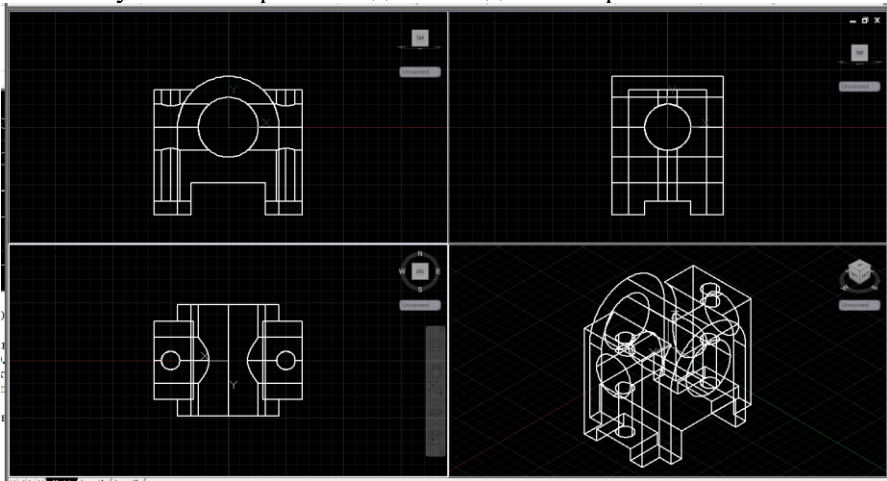


Рисунок 4.11 – Результат створення моделі

4.3.22 Для кращого сприйняття моделі слід у кожному вікні проєкцій вимкнути сітку та прибрати невидимі лінії:

**Home > Layers & View > Visual Styles > Hidden.**

Або зафарбувати модель.

**Home > Layers & View > Visual Styles > Realistic.**

Остаточний варіант наведений на рис. 4.12.

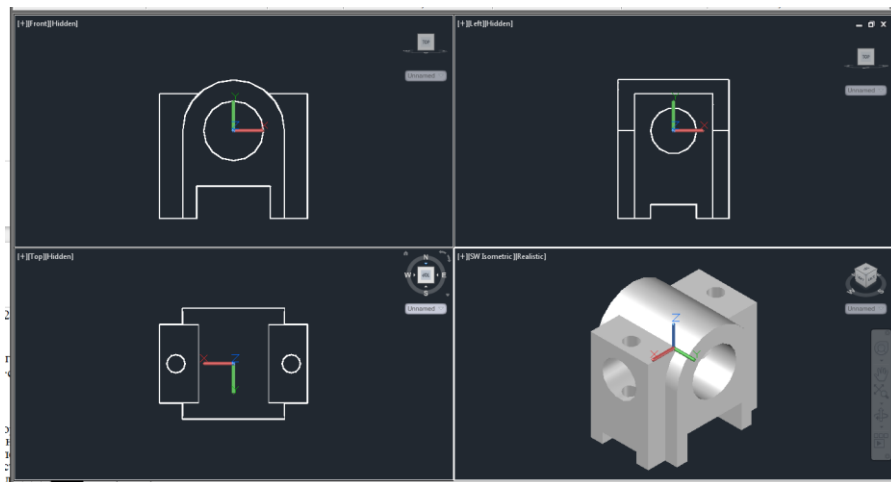


Рисунок 4.12 – Просторова модель деталі

4.3.23 Зберегти файл у власній папці з іменем 3Dmodel\_N, де N-номер студента за списком.

### Третій етап роботи – створення кресленника.

4.3.2 Відкрити файл **3Dmodel\_N** і зберегти його під новим ім'ям **3Dviz\_N**.

Змініть робочий простір на **3D Modeling**.

Перейдіть до простору листа **Layout1**.

Створіть три основні види деталі (спереду, зверху та збоку):

**Layout > Create View > Base >  From Model Space. From Model Space.**

З'явиться зафарбоване зображення виду спереду (головного). Клікніть мишею у верхній правій частині листа щоб розмістити вид. Натисніть Enter.

Далі перемістіть курсор у нижню половину листа. Зверніть увагу, що зображення виду змінилося, а між видами підтримується проєкційний зв'язок. Клікніть та створіть вид зверху. Аналогічно створіть вид збоку у правій верхній частині листа (рис).

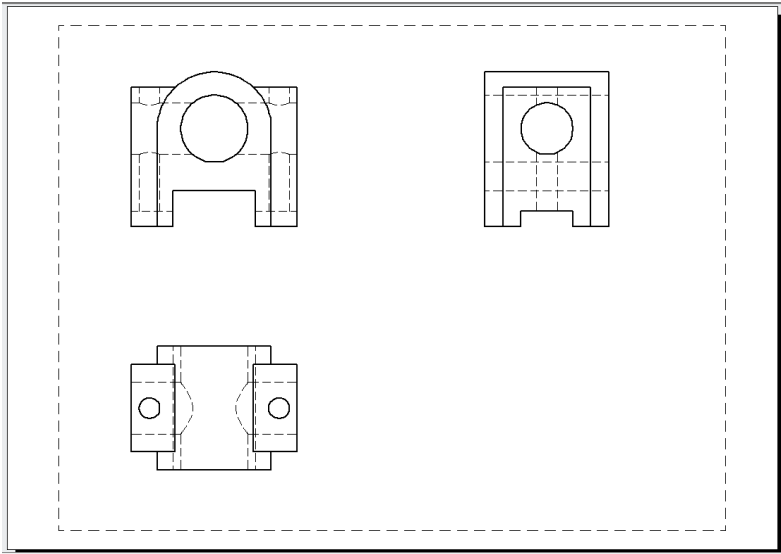


Рисунок 4.13 – Головні види деталі

Коли буде створено три види, натисніть Enter. Стиль зображення видів зміниться на звичайний креслярський (контури та невидимі ребра).

Так як видів на листі достатньо багато, відображення невидимих ліній треба вимкнути. Оберіть головний вид. Автоматично активізується вкладка **Drawing View**. Ввімкніть режим редагування:

**Drawing View >**  **Edit View**

Змініть стиль виду:

**Drawing View Editor > Appearance >**  **Visible Lines**

Зверніть увагу, що також змінилися стилі двох інших видів, тому що між ними підтримується однобічний зв'язок “parent-child” (успадкування атрибутів об'єкта-нащадка від батьківського об'єкта).

Завершіть редагування виду:

**Drawing View Editor > Edit >**  **OK**

Накресліть вісі симетрії (**LINE**) та маркери центрів кіл на кожному виді.

**Annotate > Dimensions >**  **Center Mark**

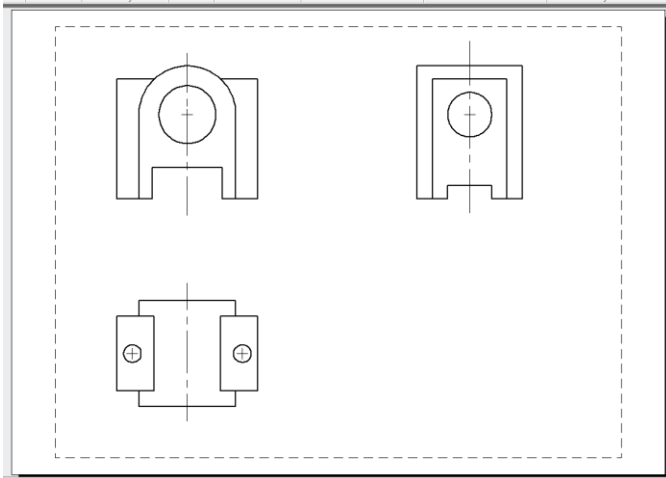


Рисунок 4.14 – Постановка вісей

Виконайте виносний вид посередині листа. У якості батьківського виду оберіть вид зверху:

**Layout > Create View > Detail >  Circular**

За замовчанням масштаб виносного виду 2:1. Ввімкніть на ньому відображення невидимих ліній та пересуньте напис A(2:1) нижче (рис).

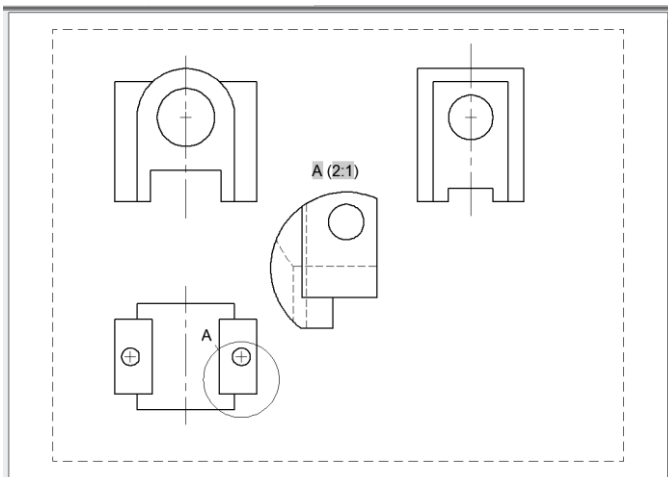


Рисунок 4.15 – Виносний вид

Виконайте ізометричний кутовий переріз моделі.  
Налаштуйте стиль відображення лінії перерізу:



**Layout > Styles and Standards >**

**Section View Style**

Відкриється вікно **Section View Style Manager**. У ньому натисніть **Modify** та зробіть налаштування як на рис.

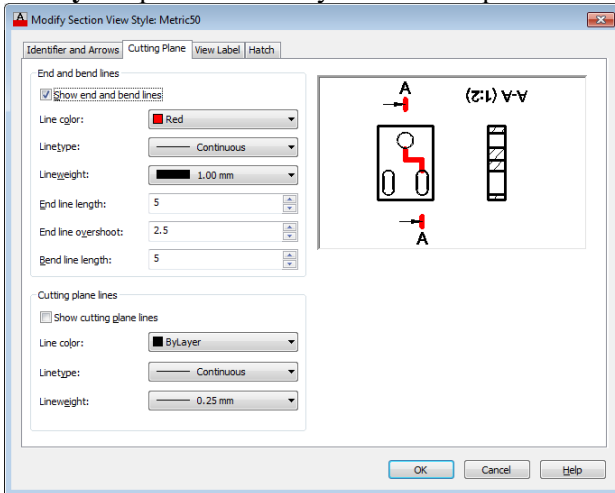


Рисунок 4.16 – Налаштування лінії перерізу

Використовуючи прив'язки та вирівнювання створіть лінію перерізу. У якості батьківського виду оберіть вид зверху.



**Layout > Create View > Section >**

**Full**

Розташуйте переріз вище головного виду за межами листа, тому що від відіграватиме проміжну роль у побудові (рис).

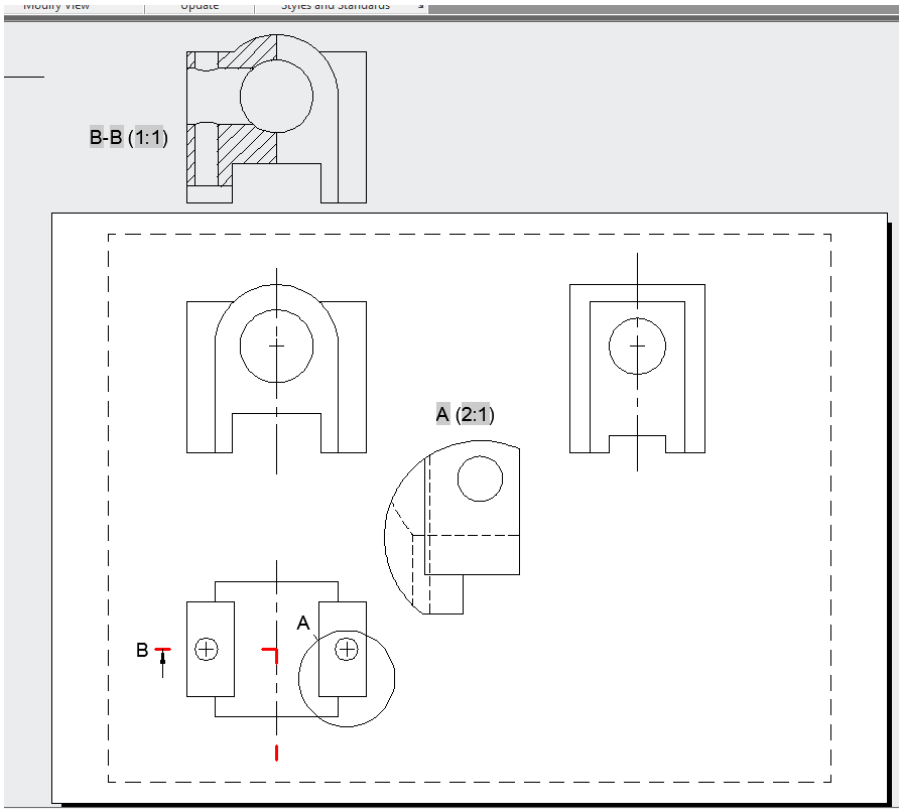


Рисунок 4.17 – Допоміжний вид для побудови ізометричного розрізу

Тепер створіть ізометричну проекцію з перерізу:



Projected

**Layout > Create View > Projected**

У якості батьківського виду оберіть переріз. Розташуйте проекцію у правому нижньому куті на натисніть Enter (рис).



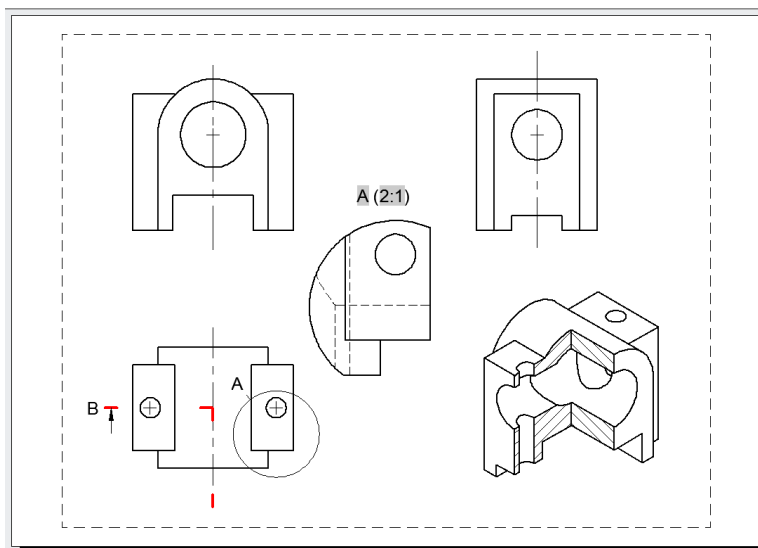


Рисунок 4.18 – Розташування ізометричного розрізу

Змініть тип та підберіть масштаб штрихування. Оберіть два об'єкти штриховки (рис).

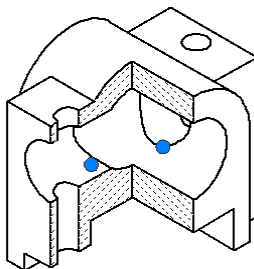



Рисунок 4.19 – Зони штриховки розрізу

Зверніть увагу, що автоматично відкрилася закладка **Drawing View Hatch Editor**. У панелі **Pattern** оберіть ANSI31. У панелі **Properties** в поле Hatch Pattern Scale введіть 0.5 .

Закрийте вкладку, натиснувши кнопку **Close Hatch Editor** праворуч.

Проставте розміри згідно завдання.

### 4.3 Контрольні запитання

- 4.2.1 Як створити шаблон?
- 4.2.2 Які налаштування необхідно виконати у шаблоні для двовимірних креслеників?
- 4.2.3 Які налаштування необхідно виконати у шаблоні для креслеників просторових моделей?
- 4.2.4 Як визначити параметри системи координат?
- 4.2.5 Як створити багатовіконну конфігурацію екрана? Як здійснюється перехід між вікнами?
- 4.2.6 Які параметри додатково задаються для просторових моделей? Які команди для цього використовуються?
- 4.2.7 Назвіть види просторових моделей. Для чого використовується кожен вид?
- 4.2.8 Приведіть процедуру формування об'ємної моделі.
- 4.2.9 Які основні команди використовуються для створення моделей?
- 4.2.10 Які основні команди використовуються для редагування моделей?
- 4.2.11 Як задаються параметри паралельної зсуненої площини?

### 4.4 Зміст звіту

- 4.3.1 Тема та мета роботи.
- 4.3.2 Відповіді на контрольні запитання.
- 4.3.3 Алгоритм етапів виконання 3D-моделі заданої деталі з описом команд.
- 4.3.4 Алгоритм етапів виконання візуалізації 3D-моделі та отримання проєкцій деталі з описом команд.
- 4.3.5 Висновки з роботи.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1. Козяр, М. М. Комп'ютерна графіка AUTOCAD [Текст]: навчальний посібник/ М. М. Козяр, Ю. В. Фещук. – Стереотип. вид. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. – 304 с.(бібліотека НУЗП)
- 2. Павловський, С. М. Основи автоматизованого проєктування: лабораторні роботи в середовищі AutoCAD: навч. посіб. / С. М. Павловський, А. В. Бабков. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 598 с.
- 3. Свірневський, М. С. Розробка додатків для продуктів Autodesk: навчальний посібник / М.С.Свірневський. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 316 с.