

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних і самостійних занять з дисципліни
«Інженерна та комп'ютерна графіка» до теми:
«Графічна система AutoCAD. Основи проектування»
для студентів технічних спеціальностей
всіх форм навчання

Методичні вказівки до проведення практичних і самостійних занять з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» до теми: «Графічна система AutoCAD. Основи проєктування» для студентів технічних спеціальностей всіх форм навчання /Укл. С.А.Бовкун, М.В.Скоробогата – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 45 с.

Укладачі: С.А.Бовкун, старш.викладач,
М.В.Скоробогата, старш.викладач

Рецензент: О.В.Лютова, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск С.А.Бовкун, старш.викладач

Затверджено
на засіданні кафедри
«Інтегровані технології
зварювання та моделювання
конструкцій»
Протокол № 5
від «26» листопада 2025 р.

Рекомендовано до видання
НМК Інженерно-фізичного
факультету
Протокол № 4
від «17» грудня 2025 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Організація роботи в autoCAD.....	6
1.1 Робочий простір autoCAD.....	6
1.2 Стрічка в autoCAD.....	8
1.3 Користувальницька система координат КСК.....	10
1.4 Користувальницька система координат (КСК) видового куба.....	11
1.5 Панель навігації видового куба.....	12
1.6 Графічна панель інструментів зумування.....	14
1.7 Командний рядок.....	14
1.8 Рядок стану.....	15
1.9 Система координат.....	15
1.10 Застосування прямокутних і полярних систем координат.....	16
1.11 Режим об'єктної прив'язки.....	21
1.12 Основні команди креслення в autoCAD.....	23
2 Вправа «Команди графічних примітивів.....	35
2.1 Фрагмент №1. Побудова відрізків в різних координатах.....	35
2.2 Фрагмент №2. Побудова дотичних відрізків, спряжень, поліліній та штриховки.....	37
2.3 Фрагмент №3. Побудова багатокутників вписаних в коло і описаних.....	40
2.4 Фрагмент №4. Побудова прямокутника.....	41
Запитання для самоконтролю.....	44
Перелік джерел посилання.....	45

ВСТУП

Ці методичні вказівки призначені для студентів, які вивчають курс «Інженерна та комп'ютерна графіка» денної та заочної форми навчання.

В даний час науково-технічного прогресу та ринкових відносин дуже важко виконувати роботу, пов'язану з конструкторськими розробками без застосування сучасних комп'ютерних технологій. Одним із лідерів систем автоматизованого конструювання (проектування) можна вважати AutoCAD.

Вміння працювати в програмі AutoCAD допомагає інженерам проєктувальникам та архітекторам виконувати швидко та якісно машинобудівні, архітектурно-будівельні кресленики будівель будь-якої складності. Електротехнікам і радіоінженерам швидко та якісно створювати кресленики будь-яких електричних схем. Дизайнерам оперативно виконувати кресленики інтер'єрів та при необхідності розміщувати меблі та інші предмети інтер'єру на плані будівлі. За допомогою AutoCAD дизайнери створюють кресленики в галузі ландшафтного дизайну та кресленики планів місцевості, генпланів та геодезичні кресленики. Проєктувальники внутрішніх інженерних систем виконують кресленики інженерних систем вентиляції, опалення, водопостачання, каналізації, електропостачання, створюють кресленики аксонометричних схем.

Ця система є зручним інструментом для створення конструкторської та текстової документації, що зберігається в електронному вигляді. Розробники системи AutoCAD безперервно розвивають та вдосконалюють свій продукт.

Переваги роботи в системі AutoCAD:

- Наочність та презентабельність. Крім створення двовимірних креслень, система дозволяє моделювати тривимірні об'єкти та відображати їх у вигляді реалістичних наочних фотографій, причому у будь-якому ракурсі та в будь-якій проєкційно-образотворчій системі. 3D-моделювання в AutoCAD стало наочнішим і дозволяє прискорити проєктні роботи та випуск документації, значно спрощено побудову 2D-зображень за 3D-моделями. Для AutoCAD доступні тисячі надбудов, що дозволяє задовольнити потреби широкого кола користувачів.

- Висока продуктивність праці та якість документації. Система забезпечує підвищення якості та продуктивності праці в десятки, а то й у сотні разів. Це пов'язано з можливістю передачі електронної інформації з технологічного ланцюжка для виконання наступних операцій різними фахівцями (дизайнерами, механіками, технологами, економістами і т.п.). Можливість вибору нового варіанта конструкції з урахуванням електронних прототипів.

- Підвищення рівня проєктування. Звільнення від рутинних операцій (креслення, компонування, виправлення помилок і т.п.) підвищує рівень інженерного та технологічного аналізу виробу або споруди, що проєктується (вивільняється час проєктування).

- Автоматизація процесів всього ланцюга проєктування та виробництва. Створення електронної моделі виробу, що конструюється, або споруди сприяє становленню автоматизованих систем управління проєктом (АСУП) і технологічним виробництвом (АСУ ТП, верстати з числовим програмним управлінням).

1 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ В AUTOCAD

1.1 Робочий простір autoCAD

Кресленик в AutoCAD — це спеціальним чином організований файл, у якому, крім рисунка, міститься ряд параметрів, що визначають режими, одиниці вимірювання, тощо. За замовчуванням AutoCAD присвоює формат файлу-кресленика розширення .dwg. Файл-шаблон має розширення .dwt. Для обміну з іншими графічними редакторами використовуються файли у форматі .dxf.

Після запуску програми з'явиться стартова сторінка AutoCAD Екран привітання (рис. 1.1), що пропонує почати побудову, ознайомитися з новими можливостями додатка, переглянути декілька навчальних уроків і т. п.

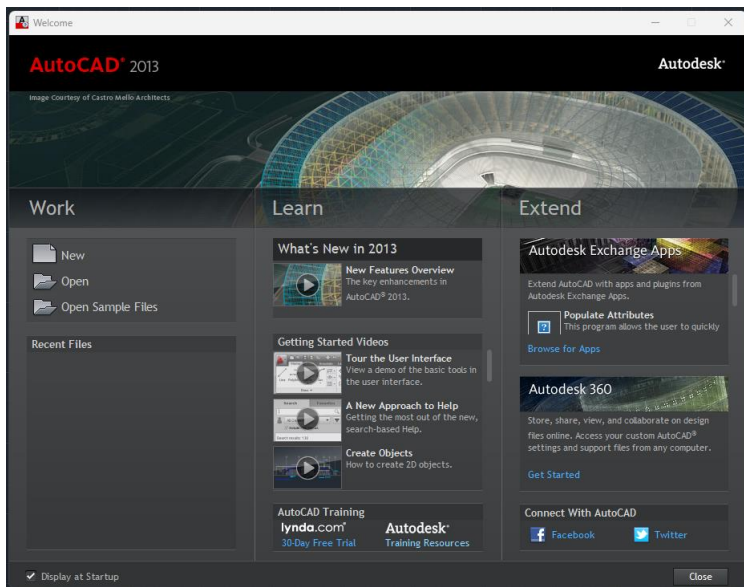


Рисунок 1.1 – Екран привітання

Для створення нового кресленика необхідно натиснути кнопку *New (Створити)* на Екрані привітання або на аналогічну кнопку в

лівому верхньому кутку  Home та вибрати стандартний шаблон (рис. 1.2) документа *acadiso.dwt*.

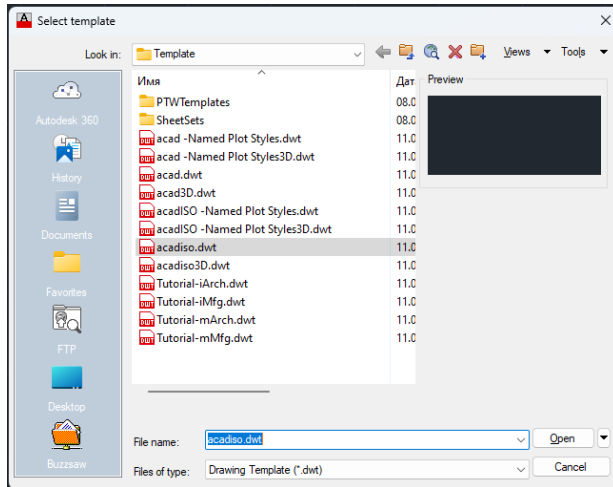


Рисунок 1.2 – Вікно вибору шаблону документу

Шаблон - це файл спеціального типу, що містить параметри кресленника та деякі об'єкти (наприклад, основний напис).

Всі кресленики можна створювати на основі стандартного файлу шаблону кресленника, або на основі файлу шаблону кресленника, створеного користувачем. У файлах шаблонів креслеників зберігаються прийняті за умовчанням налаштування, стилі та додаткові дані.

Шаблон *acadiso.dwt* є файлом кресленника для створення 2D-зображень, шаблон *acadiso3d.dwt* є файлом кресленника для створення 3D-зображень.

Після вибору відповідного шаблону з'явиться робоче вікно робочого простору «*Drafting & Annotation (Рисування і аноматії)*».

Основні елементи інтерфейсу програми представлені на рисунку 1.3. До них можна віднести:

- 1) Меню застосунку;
- 2) Панель швидкого доступу;
- 3) Панель перемикання робочих просторів;

- 4) Заголовок вікна з іменем файлу;
- 5) Меню конфігурації видових екранів;
- 6) Стрічка;
- 7) Видовий куб, компас;
- 8) Меню КСК;
- 9) Панель навігації;
- 10) Командний рядок;
- 11) Рядок стану;
- 12) Координати курсору;
- 13) Вказівник системи координат користувача (КСК).

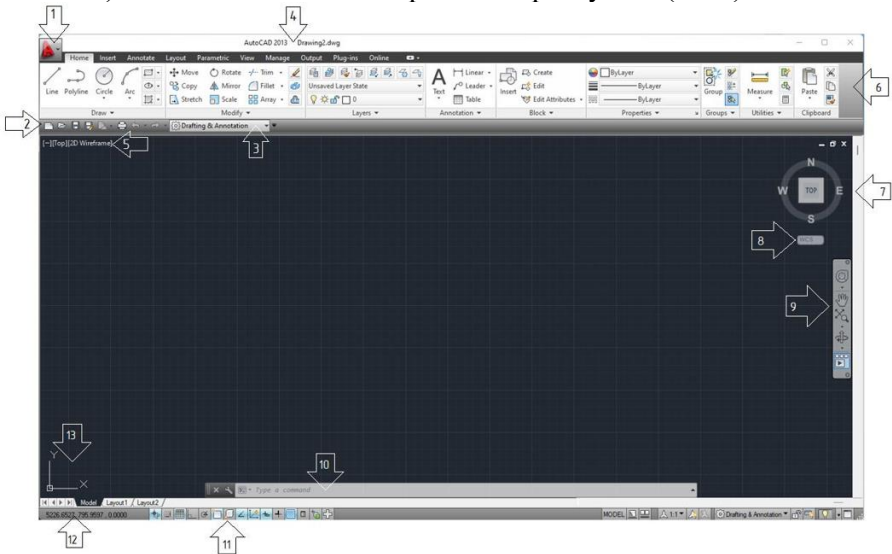


Рисунок 1.3 – Основні елементи інтерфейсу програми

1.2 Стрічка в autoCAD

Стрічка розташована у верхній області екрану (рис. 1.4).

Стрічка служить для впорядкування команд та інструментів на вкладках та панелях.

Стрічка надає згруповані інструменти для створення та редагування креслення. Стрічка може бути розташована горизонтально чи вертикально. Стрічку можна закріпити ліворуч або праворуч у вікні


файлу. Стрічка може бути плаваючою у вікні файлу або на другому екрані.

Стрічка складається з послідовності вкладок (*Home (Головна)*, *Insert (Вставка)*, *Annotate (Анотації)*, *Layout (Лист)*, *Parametric (Параметризація)*, *View (Вид)*, тощо.) та панелей інструментів. Вкладка *Home (Головна)* має такі панелі інструментів: *Draw (Рисуння)*, *Modify (Редагування)*, *Layers (Шари)*, тощо.



Рисунок 1.4 – Стрічка активної вкладки *Home (Головна)*

Панелі Стрічки містять інструменти та елементи керування. На кожній панелі відображається її назва. Стрілка у нижньому правому куті панелі вказує на те, що панель можна розгорнути для відображення додаткових інструментів та елементів керування. Наприклад, панель *Draw (Рисуння)* вкладки *Home (Головна)* (рис. 1.5) містить інструменти, які використовуються для створення базових графічних об'єктів — примітивів (*Line (Відрізок)*, *Polyline (Полілінія)*, *Circle (Коло)*, *Rectangle (Прямокутник)* тощо).

За замовчуванням розгорнута панель автоматично згортається, якщо клацнути ЛКМ на іншій панелі. Щоб залишити панель розгорнутою, потрібно натиснути ліву кнопку миші на значку канцелярської кнопки  у її нижньому лівому куті.

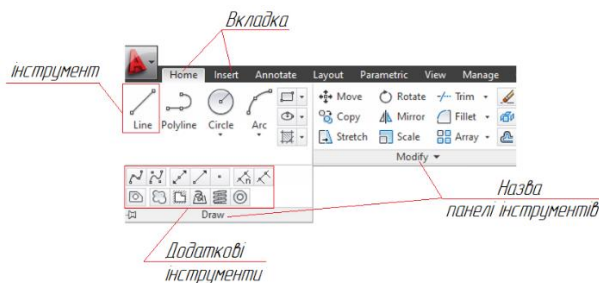



Рисунок 1.5 – Розгорнута панель інструментів *Draw (Рисуння)*

Зміст Стрічки змінюється в залежності від обраного робочого простору, а також від команди, що виконується. Вигляд Стрічки при включеному робочому просторі *Drafting & Annotation (Рисування і анотації)* показано на рисунку 1.4.

1.3 Користувальницька система координат КСК

У нижньому лівому куті області креслення відображається знак

 Користувальницька система координат (КСК), що представляє позитивний напрямок осей OX і OY прямокутної системи координат. КСК є активною системою координат, яка задає робочу площину XOY та напрямок осі OZ . При 2D-проектуванні вісь OZ спрямована на користувача.

Якщо навести курсор на піктограму КСК та клацнути правою клавішею миші (ПКМ) з'явиться панель інструментів *Користувальницька система координат* (рис. 1.6).

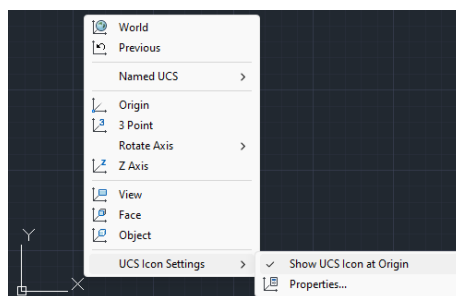


Рисунок 1.6 – Панель інструментів *Користувальницька система координат*

За допомогою команд цієї панелі інструментів можна перемістити початок координат в будь-яку точку креслення і поміняти орієнтацію КСК, що робить зручнішим креслення 2D-креслень та 3D-моделювання графічних об'єктів. Переміщення КСК можна виконати перетягуванням, натиснувши на ній ЛКМ (рис. 1.7). Виділяють знак КСК, клацнувши по ньому ЛКМ. Ручки осей приймають круглу форму, ручка початку координат – прямокутну форму. Перетягують знак КСК за ручку початку координат у нове положення.

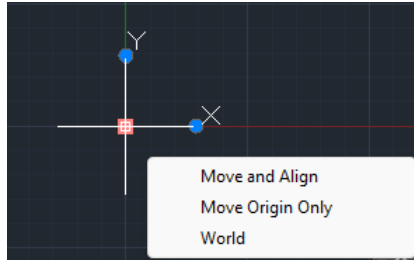


Рисунок 1.7 – Переміщення Користувачької системи координат

1.4 Користувальницька система координат (КСК) видового куба

Під *Видовим кубом* розташоване меню *Користувальницька система координат* (КСК) (рис. 1.8) видового куба. Це меню дозволяє відновити одну з іменованих КСК, збережених у моделі, або перейти на *Світову систему координат* (ССК), або визначити нову КСК. Команда *Нова КСК* дозволяє повертати поточну КСК з урахуванням однієї, двох чи трьох точок визначення нової КСК.

Видовий куб можна орієнтувати за поточною КСК чи ССК. Орієнтація видового куба по поточній КСК дозволяє зрозуміти напрямок моделювання. При орієнтації видового куба по ССК можна переглядати модель з урахуванням напрямів на північ і на південь моделі.

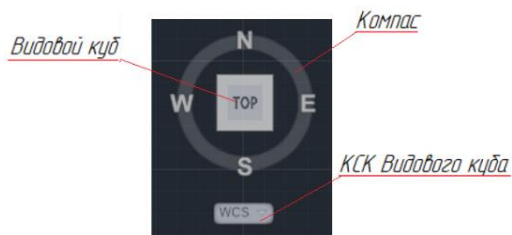



Рисунок 1.8 – Видовий куб, компас, панель Користувальницька система координат КСК Видового куба


1.5 Панель навігації видового куба

Під інструментом *Видовий куб* знаходиться *Панель навігації*,




за допомогою якої можна звертатися до інструментів навігації. *Панель навігації* є плаваючою і забезпечує доступ до інструментів: *Full Navigation Wheel (Штурвал)*, *Pan (Панорамування)*, *Zoom Extents (Зумування)*, *Orbit (Орбіта)*, *Show Motion (Аніматор руху)*.

Інструмент *2D-штурвал*  забезпечує можливість швидкого переходу між спеціалізованими інструментами навігації.

Інструмент *Орбіта*  – це набір інструментів навігації для повороту поточного вигляду моделі у 3D-просторі.

Інструмент *Панорамування*  дозволяє переміщати вигляд у площині екрана.

Інструмент *Зумування*  це набір інструментів для збільшення або зменшення поточного вигляду моделі та має меню, що розкривається (рис. 1.9).

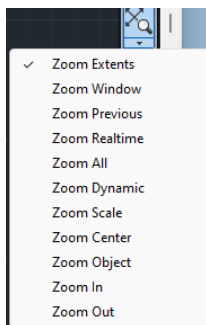



Рисунок 1.9 – Меню, що розкривається інструменту Зумування Панелі навігації

Розташування *Видового куба* і *Панелі навігації* та склад *Панелі навігації* можна змінювати, використовуючи меню *Налаштування*

Панелі навігації (рис. 1.10), яке відкривається клацанням ЛКМ по кнопці  , розташованій у правому нижньому куті Панелі навігації

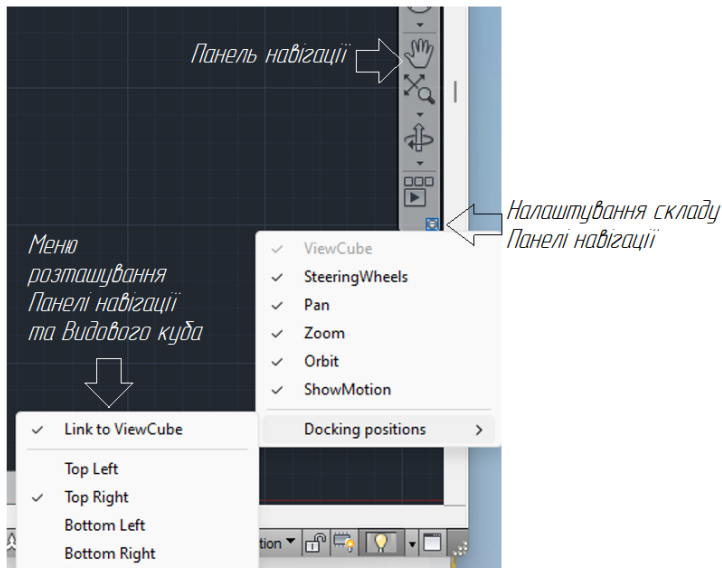


Рисунок 1.10 – Налаштування Панелі навігації

Увімкнути або вимкнути відображення *View Cube* (Видового куба) та *Navigation Bar* (Панелі навігації) можна так: Стрічка → View (Вид) → панель інструментів User Interface (Інтерфейс користувача) → Інтерфейс користувача (рис. 1.11).

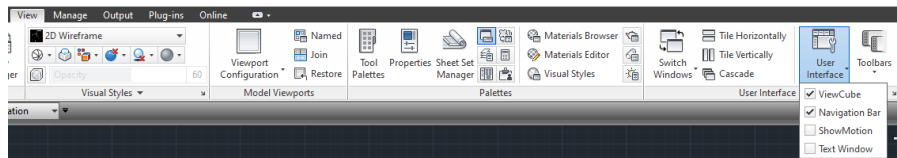


Рисунок 1.11 – Увімкнення/Вимкнення відображення View Cube (Видового куба) та Navigation Bar (Панелі навігації)

1.6 Графічна панель інструментів зумування

Графічна панель інструментів Zoom Extents (Зумування) знаходиться на вкладці View (Вид)

Стрічка → вкладка View (Вид) → панель інструментів Navigate (Навігація 2D) (рис. 1.12).

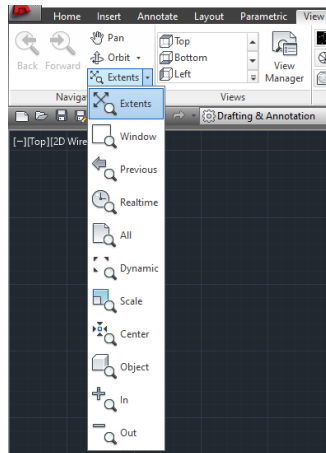


Рисунок 1.12 – Графічна панель інструментів Зумування

1.7 Командний рядок

Нижче області креслення розташований *Type a command* (*Командний рядок*). *Командний рядок* використовується для запуску команди та введення даних для виконання поточної команди.

Команди - це інструкції, які вказують програмі, які операції потрібно виконати.

Після введення команди у *Командному рядку* відображається назва команди та послідовність запитів (рис. 1.13).

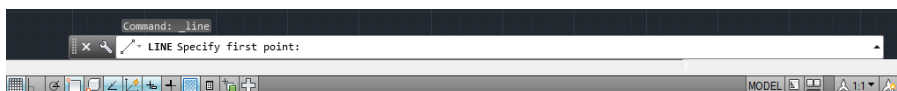


Рисунок 1.13 – Приклад Командного рядка

Під час використання інструментів у *Командному рядку* відображаються підказки і поради з операцій, які виконуються. Під час роботи необхідно постійно стежити за повідомленнями в цьому рядку.

1.8 Рядок стану

У нижній частині вікна програми розташований *Рядок стану* (рис. 1.14), де відображається розташування курсору, інструменти креслення, а також інструменти, які впливають середовище креслення.

Рядок стану забезпечує швидкий доступ до інструментів креслення, які часто використовуються.

Можна перемикатися між такими параметрами, як крок, сітка, полярне відстеження, об'єктна прив'язка та ортогональний режим, а також отримати доступ до додаткових параметрів у контекстному меню. Координати, що показані в лівій частині *Рядка стану*, позначають поточне розташування курсору.

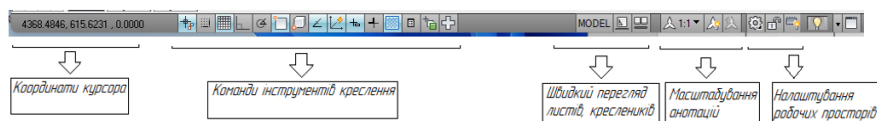


Рисунок 1.14 – Рядок стану

1.9 Система координат

У системі AutoCAD усі креслення та моделювання виконуються відповідно до певної системи координат. У двовимірному просторі положення точки визначається на площині XU , яка називається площиною побудови [1]. Найбільш широко застосовуються прямокутні (декартові) і полярні системи координат (рис. 1.15).

У прямокутній системі координат положення точки I визначається її проєкціями xI, yI на вісі X, Y .

У полярній системі координат положення точки I визначається відстанню від початку системи координат rI до точки та кутом від напрямку вісі X до напрямку від початку координат до точки, заданого в градусах проти годинникової стрілки.

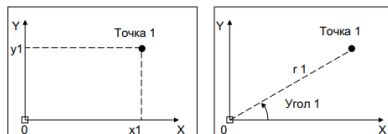


Рисунок 1.15 – Прямокутна та полярна система координат

1.10 Застосування прямокутних і полярних систем координат

1.10.1 Прямокутна система координат. У AutoCAD застосовуються абсолютні і відносні координати. Абсолютні координати прив'язані до початку базової системи координат. У відносній системі координат координати точок задаються щодо точок раніше побудованих об'єктів креслення.

Абсолютні прямокутні координати. Коли задається команда *Отрезок* і у відповідь на запит вводяться координати початкової і кінцевої точок відрізка. Координати цих точок визначаються відносно початку системи координат $0,0$. Спочатку відкладається координата X , а потім координата Y (у вигляді X,Y). Під час введення координат з клавіатури «кома» є роздільником між абсцисою X і ординатою Y , а «точка» використовується як роздільник між цілою і дробовою частиною числа.

Відносні прямокутні координати. Вони задають зміщені координати, що відраховуються щодо останньої введеної точки. Ознакою приналежності координат до типу відносних прямокутних координат є наявність символу @ перед значеннями координат: @ X,Y . Наприклад, запис @10, 20 означає, що нова точка задається відносно попередньої із зміщенням по осі X праворуч на 10мм і зміщенням по осі Y вгору на 20мм.

Приклад 1. Розглянемо застосування відносної системи прямокутних координат для побудови прямокутника зі сторонами, представленими у вигляді відрізків ліній завдовжки 70мм і 40мм (рис. 1.16).

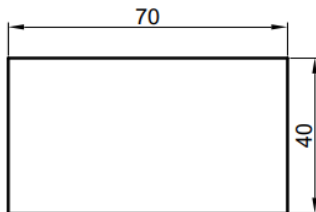


Рисунок 1.16 – Приклад 1 «Прямокутник»

Побудова:

Викликати команду *Line/Відрізок* або клацнути на піктограмі



Line

Відрізок на панелі інструментів *Draw/Рисуння*.

У командному рядку послідовно задати координати вершин прямокутника:

- абсолютні координати першої точки прямокутника: $50,50 \rightarrow$
 $\langle \text{Enter} \rangle$;

- відносні координати другої точки: $@70,0 \rightarrow \langle \text{Enter} \rangle$;

- ввести координати третьої точки: $@0,40 \rightarrow \langle \text{Enter} \rangle$;

- ввести координати четвертої точки: $@-70,0 \rightarrow \langle \text{Enter} \rangle$;

- ввести координати кінцевої точки: $@0,-40$ або з контекстного меню вибрати *Close (Замкнути)*, яка дозволяє замкнути першу і останню точку фігури.

У результаті буде побудований прямокутник шириною 70мм і заввишки 40мм , зміщений відносно початку координатної сітки по X на 50мм і по Y на 50мм .

Зверніть увагу на те, що у відносній системі координат координати кожної наступної точки задаються відносно координат попередньої точки, що дозволяє швидко створювати креслення.

1.10.2 Полярна система координат. Якщо відомі напрям і довжина відрізка від початку координат або від попередньої точки побудови, то для побудови об'єктів зручно використовувати полярні координати, які також можуть бути абсолютними або відносними.

Абсолютні полярні координати. Координати точки в полярній системі прийнято задавати за допомогою двох параметрів:

- відстані від початку координат до точки;

- кута між нульовим напрямом і лінією, що з'єднує початок координат і точку, що вводиться.

Напрямок кута 0° і напрям відрахування задається в діалоговому вікні початку роботи. За замовчуванням напрям кута 0° співпадає з напрямом осі X, а кут відлічується проти годинникової стрілки.

Запис полярних координат у командному рядку при їх введенні з клавіатури виконується таким чином: вводиться значення відстані до точки, а потім знак < (кутова дужка) і значення кута. Всі дані вводяться без пропусків між ними:

$$r < \alpha,$$

де r – радіус, а α – кут, заданий в градусах проти годинникової стрілки.

Приклад 2. За допомогою введення абсолютних полярних координат побудувати трикутник (рис. 1.17).

Ввести команду *Line/Відрізок*.

Ввести точку 150,50 – точка А.

Ввести точку 300<0 – точка В.

Ввести точку 250<20 – точка С.

Ввести точку 150,50 або з контекстного меню вибрати команду *Close (Замкнути)*.

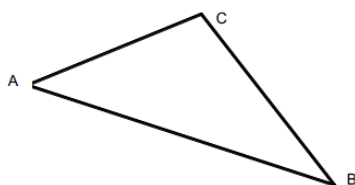


Рисунок 1.17 – Приклад 2 «Трикутник»

Відносні полярні координати. Відносні полярні координати також задаються у форматі *відстань-кут*, але відраховуються від раніше введеної точки. Пара відносних полярних координат повинна починатися з символу @. Наприклад: @110<30. Точка буде побудована шляхом відкладання кута, рівного 30 градусів, і відстані 110мм від попередньої точки.

Приклад 3. За допомогою відносних полярних координат побудовано шестикутник зі сторонами, рівними 40мм (рис. 1.18).

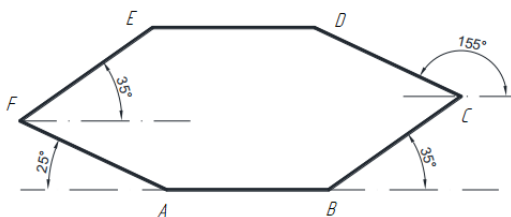


Рисунок 1.18 – Приклад 3 «Шестикутник»

Послідовність побудови:

Активізувати команду *Line/Відрізок* і ввести координати 170,120 – точка А. Надалі обхід фігури виконується проти годинникової стрілки.

Ввести точку @40<0 – точка В;

Ввести точку @40<35– точка С;

Ввести точку @40<155– точка D;

Ввести точку @40<180– точка E;

Ввести точку @40<215– точка F;

Ввести точку @40<335 – точка А (або вибрати команду *Close/Замкнуть*).

1.10.3 Допоміжні засоби креслення. Точність графічних побудов на кресленні – одне з головних його якостей. Для забезпечення високої точності побудов у програмі AutoCAD передбачено багато можливостей. Це абсолютні й відносні, декартова і полярна системи координат; відстеження декартових і відносних полярних координат у рядку стану; конструкція графічного курсору, можливість введення координат у командному рядку з установленою точністю; покрокова прив'язка курсору.

AutoCAD надає допоміжні засоби, які знаходяться у рядку стану кресленника (рис. 1.19).

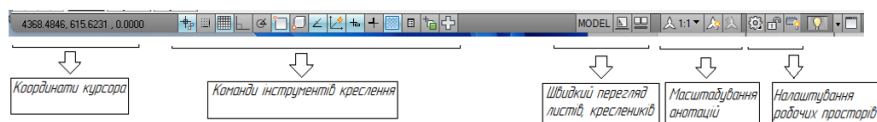






Рисунок 1.19 – Рядок стану


Вони забезпечують додаткові зручності в процесі креслення. До них відносяться режими:


-  *Snap Mode (Крокова прив'язка)*. Всі точки можуть бути прив'язані до фіксованих точок, які розміщені із заданим кроком. У цьому режимі графічний курсор переміщається стрибкоподібно між цими точками;


-  *Grid Display (Відображення сітки)*. Застосовується для вмикання і вимикання допоміжної сітки;

-  *Ortho Mode (Режим «Орто»)*. Служить для вмикання і вимикання ортогонального режиму (тобто креслення відбувається тільки під прямим кутом);

-  *Polar Tracking (Полярне відстеження)*. Використовується для вмикання і вимикання відстежування полярності, тобто відстежуються випадки, коли побудова примітиву збігається з вертикаллю або горизонталлю; дозволяє креслити лінії під заданим кутом заданої довжини. При увімкненому режимі система відображає на екрані тимчасові допоміжні нескінченні прямі (лінії вирівнювання), направлені під кутами, що кратні куту, вказаному користувачем. За замовчуванням крок кута полярного відстеження(трекінгу) дорівнює 90°;

-  *Object Snap (Об'єктна прив'язка)*. Прив'язка курсора до опорних точок в 2D. Дозволяє виконувати нові побудови на кресленнику, прив'язуючись до характерних точок вже існуючих об'єктів або відносно них. Активізувати режим можна натиснувши ліву кнопку миші, встановивши курсор на відповідній піктограмі. У режимі об'єктної прив'язки прив'язка відзначається маркером, форма якого залежить від режиму, що використовується, ім'я якого з'являється біля точки у вигляді підказки;

-  *Object Snap Tracking (Об'єктне відстеження)*. Вмикає і вимикає режим об'єктного відстеження; цей режим подібний до режиму *Об'єктна прив'язка*, але в даному випадку характерні точки об'єкта лише відстежуються;

–  *Show/Hide Line weight (Відображення ліній у відповідності до ваги)*. Режим включення товщини ліній

Настроювання інструментів креслення *рядка стану* виконується на вкладках діалогового вікна *Drafting Settings (Режими рисування)* (рис. 1.20) яке можна відкрити, якщо підвести курсор до будь-якої кнопки рядка стану, клацнути ПКМ та вибрати «*Settings (Настройка)* далі *Object Snap (Об'єктна прив'язка)* ...».

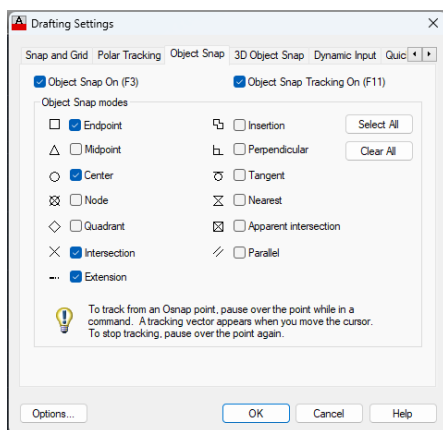



Рисунок 1.20 – Діалогове вікно *Drafting Settings (Режими рисування)*

1.11 Режим об'єктної прив'язки

AutoCAD має чудову функцію об'єктної прив'язки, яка автоматизує пошук і вибір характерних точок графічних елементів безпосередньо під час креслення, що багато в чому полегшує та прискорює роботу, а також підвищує точність геометричних побудов.

Об'єктна прив'язка відстежується в AutoCAD у будь-який момент, коли та або інша команда запрошує в рядку введення команд, введення координат точки. Для вибору точки об'єктної прив'язки необхідно наблизити покажчик миші до передбачуваної точки прив'язки і клацнути у момент підсвічування відповідного маркера на об'єкті, який креслиться. Для кожної об'єктної прив'язки визначений свій вид маркера, що дозволяє візуально визначити, яка з прив'язок може бути використана.


Функція *Object Snap* (Об'єктна прив'язка) реалізована у вигляді двох режимів: поточний (одноразовий) та постійний.


Увімкнути або вимкнути режим постійної об'єктної прив'язки можна кнопкою *Object Snap* (Об'єктна прив'язка)  в рядку стану або натисненням клавіші <F3>.


Налаштування набору певних опцій постійної об'єктної прив'язки виконується на вкладці *Об'єктна прив'язка* діалогового вікна *Режими рисування* (рис. 1.20). Встановлені «галочки» свідчать, що режим активний. Набір опцій зберігається протягом усього сеансу роботи над кресленням.


Одноразовий режим об'єктної прив'язки можна увімкнути утримуючи в натиснутому стані клавішу <Shift> і, клацнувши правою клавішею миші в полі вікна креслення, вибрати потрібну опцію у контекстному меню, що з'явилося (рис. 1.21).


Розглянемо деякі режими об'єктної прив'язки:


–  *Endpoint* (Кінцева точка). Прив'язка вмикається, коли приціл вибору підводиться до об'єкта (відрізка, дуги), ближче до того кінця, до якого необхідно виконати прив'язку.


–  *Midpoint* (Середина). Прив'язка до середини об'єкта.




–  *Intersection* (Перетин). Прив'язка включається у тому випадку, коли два об'єкти перетинаються під будь-яким кутом.

–  *Center* (Центр). Прив'язка до центру об'єкта (кола, еліпса, дуги). Для цього необхідно приціл підвести до відповідного об'єкта і в центрі об'єкта з'явиться хрестик – мітка центру.

–  *Quadrant* (Квадрант). Прив'язка до так званих квадрантних точок – точок перетину координатних осей з об'єктом (колом, еліпсом, дугою).

–  *Tangent* (Дотична). Прив'язка до точки на дузі, колі, еліпсі або сплайні, в якій пряма є дотичною до вказаних об'єктів.

–  *Perpendicular* (Нормаль). Прив'язка до точки об'єкта, яка лежить на нормалі, до іншого об'єкта або до його уявного продовження. Точка, яка знаходиться на об'єкті, є точкою, до якої можна побудувати перпендикуляр від попередньої точки.

-  *Parallel (Паралельно)*. Режим прив'язки, який дозволяє побудувати відрізок з указаної точки паралельно існуючому відрізку. Для цього необхідно після вибору команди *Line (Відрізок)* вказати початок відрізка, потім викликати режим *Parallel (Паралельно)*, захопити прицілом відрізок і після появи підтвердження «Паралельно», відвести покажчик миші у напрямі майбутнього відрізка до появи пунктирної лінії. Клацнути на пунктирній лінії в тому місці, де повинен знаходитися другий кінець відрізка.
-  *Node (Вузол)*. Прив'язка до об'єкта Точка.
-  *Nearest (Найближча)*. Прив'язка до точки на об'єкті, що є найближчою до позиції перехрестя курсору.

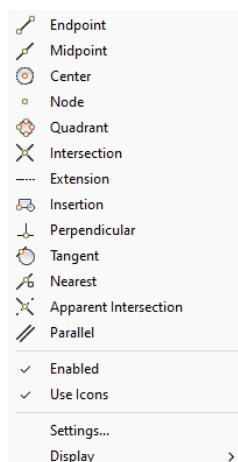


Рисунок 1.21 – Контекстне меню вибору одноразової об'єктної прив'язки

1.12 Основні команди креслення в autoCAD

Креслити в системі AutoCAD – означає формувати на екрані дисплея зображення з окремих графічних елементів (примітивів), які вводяться за допомогою відповідних команд графічного інтерфейсу [2]. *Примітив* – графічний об'єкт, який може бути введений в креслення однією командою.

Команди креслення графічних примітивів запускаються за допомогою панелі інструментів *Draw* (Рисування), що знаходиться на вкладці *Home* (Головна) (рис. 1.22). Слід зазначити, що система оперативної допомоги AutoCAD видає інформацію про призначення кнопок, якщо затримати на ній курсор миші на декілька секунд (рис. 1.23).

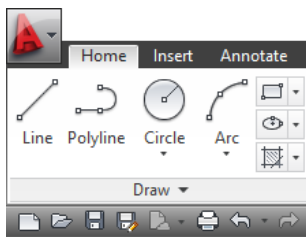


Рисунок 1.22 – Панель інструментів Draw (Рисування)

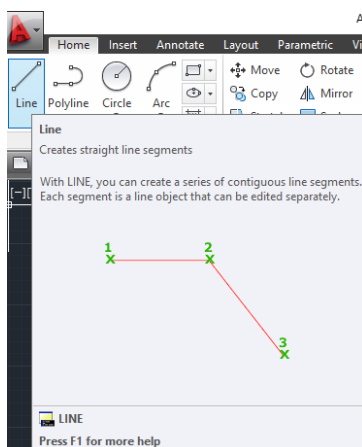



Рисунок 1.23 – Інформаційна допомога про призначення кнопок

Команда *Line* (Відрізок)  *Line* – команда призначена для побудови послідовності прямолінійних сегментів. При цьому кожен сегмент є окремим об'єктом і може редагуватися самостійно.

Команда належить до групи команд, які повторюються довільну кількість разів. Після виклику команди у командному рядку з'являється запит:

Specify first point (Перша точка):

Після введення початкової точки з'являється наступний запит:

Specify next point or (Наступна точка або [Undo (Відмінити)]):

Цей запит повторюється двічі – для кінцевих точок першого і другого сегменту. Клацання лівою кнопкою миші фіксує чергову вузлову точку (або ввести координати з клавіатури). Якщо ж клацнути правою кнопкою миші і вибрати в контекстному меню *Undo (Відмінити)* (можна набрати *T* в командному рядку), то AutoCAD видалить останній сформований сегмент ламаної без завершення команди.

Після того, як буде сформовано мінімум два сегменти, текст запрошення запиту зміниться:

Specify next point or (Наступна точка) або [Close (Замкнуть)/Undo (Скасувати)]:

Якщо у відповідь клацнути правою кнопкою і вибрати в контекстному меню *Замкнуть*, то AutoCAD з'єднає останню введену перед цим вузлову точку з початковою точкою послідовності сегментів і замкне, таким чином, ламану.



Команда *Polyline (Полілінія)* *Polyline* – дозволяє будувати послідовність прямолінійних і дугових сегментів.

Команда *Полілінія* створює єдиний об'єкт, як замкнений, так і не замкнений та може складатися з дуг і лінійних відрізків.

Параметри *полілінії* можна задавати для кожного окремого сегменту полілінії, після установки першої точки сегменту, яка так само є останньою для усіх сегментів окрім першого.

Полілінія полегшує роботу з об'єктами, оскільки є єдиним об'єктом, на відміну, наприклад, від відрізка.

Після запуску команди на екрані з'явиться запрошення:

Specify start point (Навчальна точка):

У відповідь на це запрошення необхідно вказати початкову точку полілінії. Після чого з'явиться нове запрошення:

Specify next point or (Наступна точка) або [Arc (Дуга)/Halfwidth (На півширина)/Length (Довжина)/Undo (Відмінити)/ Width (Ширина)]:

Команда має шість опцій:

Arc (Дуга) – переводить команду в режим викреслювання дуг.

Halfwidth (На півширина) – дозволяє задати на півширину (завдання відстані від осьової лінії широкого сегмента полілінії до одного з країв).

Length (Довжина) – побудова лінійного сегмента за заданою довжиною під тим самим кутом, що попередній сегмент. Якщо попереднім сегментом був дуговий сегмент, то новий лінійний сегмент будуватиметься щодо попереднього.

Undo (Скасувати) – відміння останній створений сегмент.

Width (Ширина) – дозволяє задати ширину наступного сегмента (AutoCAD просить початкову і кінцеву ширину).



Команда *Circle (Круг)* *Circle* дозволяє викреслити коло одним з шести способів:

– За заданим центром і радіусом кола – опція *Center, Radius (Центр, радіус)*;

– За заданим центром і діаметром кола – опція *Center, Diameter (Центр, діаметр)*;

– За двома точками – опція *2- Point (2 точки)*. Побудова кола відбувається за двома заданими точками, які лежать на кінцях діаметру.

– За заданими трьома точками, які не лежать на одній прямій – опція *3- Point (3 точки)*;

– За двома точками – дотичними і заданим радіусом – опція *Tan, Tan, Radius (2 точки дотику, радіус)*.

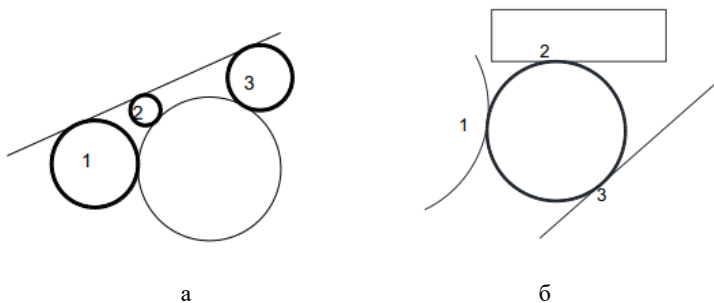


Рисунок 1.24 – Приклади побудови кіл

Суть цього способу полягає в тому, що будується коло, дотичне до двох інших об'єктів, наприклад, до відрізка та іншого кола, які вже є на кресленні (рис. 1.24,а). Спочатку необхідно задати будь-яку точку на першому об'єкті (відрізок) – з'явиться маркер *Deferred Tangent (Затримана дотична)*, далі задати будь-яку точку на другому об'єкті (коло) – на ньому також з'явиться маркер *Deferred Tangent (Затримана дотична)*. Далі на запит команди задати необхідний радіус кола і натиснути <Enter>.

Можна побудувати безліч кіл дотичних до двох об'єктів, і які будуть відрізнятися своїми радіусами (кола 1, 2, 3 на рис. 1.24,а).

– За трьома дотичними – опція *3 точки дотику*. Аналогічний способу «3 точки», тільки заданими точками є точки дотику до вказаних об'єктів (рис. 1.24,б). Тут також під час вибору об'єктів з'являється маркер *Deferred Tangent (Затримана дотична)*.

Опції команди вибираються зі списку, що розкривається, команди *Circle (Круж)* панелі *Draw (Рисування)* (рис. 1.25) або в процесі діалогу з контекстного меню команди.

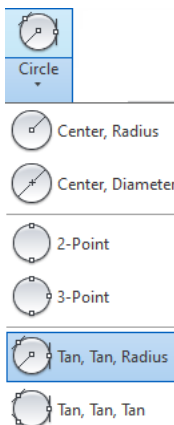


Рисунок 1.25 – Способи побудови кола



Команда *Arc (Дуга)* *Arc* дозволяє накреслити частину кола.

Оскільки дуга є частиною кола, то для будовання дуги необхідно використовувати параметри як кола, так і дуги (рис. 1.26).

У AutoCAD існує 12 різних способів завдання дуги. Викликаючи команду *Дуга*, послідовно пропонується декілька способів побудови дуги.

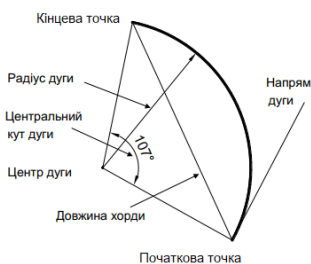


Рисунок 1.26 – Параметри дуги

На рисунку 1.27 показані опції команди, які дозволяють накреслити дугу тим або іншим способом. Опції вибираються зі списку, що розкривається, команди *Arc (Дуга)* меню *Draw (Рисунання)*.

Дуга будується проти годинникової стрілки.

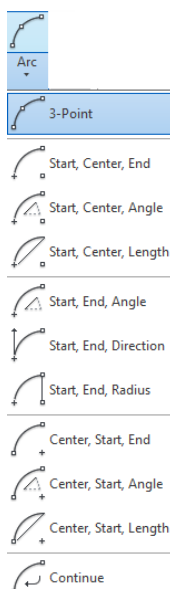


Рисунок 1.27 – Способи побудови дуги

Enter number of sides (Число сторін) <4>: слід ввести необхідну кількість сторін багатокутника. За замовчуванням задається чотири сторони.

Потім з'являється запит:

Specify center of polygon or (Вкажіть центр многокутника) або [Edge (Сторона)]. Після вказівки центра багатокутника необхідно задати спосіб побудови. Для цього у відповідь на запит:

*Enter an option (Задайте параметр розміщення) [Inscribed in circle (Вписаний в коло)/ Circumscribed (Описаний навколо кола)] *: необхідно вибрати одну із запропонованих опцій (рис. 1.29).

Після чого задають радіус кола:

Specify radius of circle (Вкажіть радіус кола):

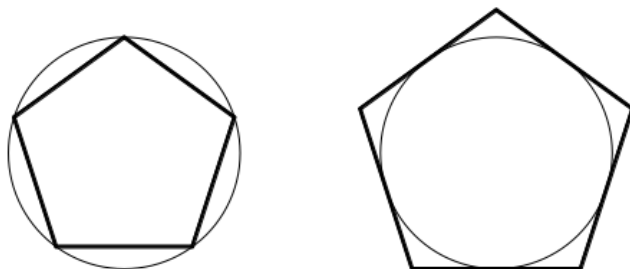



Рисунок 1.29 – Вписаний і описаний багатокутники

Під час побудови багатокутника по стороні необхідно вибрати опцію *Edge (Сторона)* та ввести координати двох точок, що утворюють сторону багатокутника.

Команда *Ellipse (Еліпс)*  має різні параметри для креслення еліпсів, які використовуються залежно від початкових даних про об'єкт (рис. 1.30).

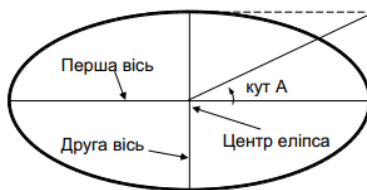


Рисунок 1.30 – Параметри побудови еліпса

Кожна опція команди *Ellipse (Еліпс)* визначає метод побудови еліпса або еліптичної дуги (рис. 1.31).

Опція *Center (Центр)* виконує побудову еліпса виходячи з відстані від центру до кінця великої і малої осі.

Опція *Axis, End (Ось, кінець)* виконує побудову еліпса виходячи з повної довжини однієї осі і відстані від центру до кінця другої осі.

Опція *Elliptical Arc (Еліптична дуга)* виконує побудову еліптичної дуги виходячи з повної довжини однієї осі, відстані від центру до кінця другої осі і вказівки початку еліптичної дуги і її кінець.

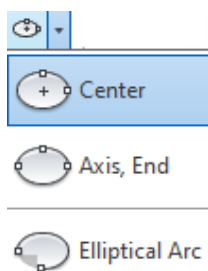



Рисунок 1.31 – Опції команди Еліпс


Команда *Spline (Сплайн)*  дозволяє провести на кресленні хвилясту лінію. Сплайн будується по точках, які послідовно вводяться після виклику команди.

Сплайн є гладкою кривою, що проходить через набір точок, які впливають на форму кривої. За допомогою сплайнів можуть бути побудовані складні лінії перетину тіл. У традиційному (паперовому) кресленні декілька вузлових точок (від 3 до 7) будуються точними методами (наприклад, методами нарисної геометрії), а для побудови усієї кривої використовуються шаблони. На рисунку 1.32 за заданими 5 точками за допомогою сплайна побудовані гіпербола і парабола. Сплайнами також застосовуються для креслення кривих довільної форми.

Сплайни можна створювати і редагувати з використанням керуючих вершин або визначальних точок



Рисунок 1.32 – Сплайни

Команда *XLINE* (Пряма)  дозволяє побудувати допоміжну нескінченну пряму лінію.

У запрошенні можна вибрати режим її побудови – горизонтально, вертикально, по заданому куту, по бісектрисі, зміщенню.

Команда *RAY* (Луч)  дозволяє побудувати допоміжний нескінченний промінь.

Команда *POINT* (Точка)  призначається для проставлення точки.

Опцій не має. Змінюючи масштаб зображення точки не змінюються. За замовчуванням на екрані точка відображається у вигляді крапки (\cdot), і вона не дуже помітна на кресленні.

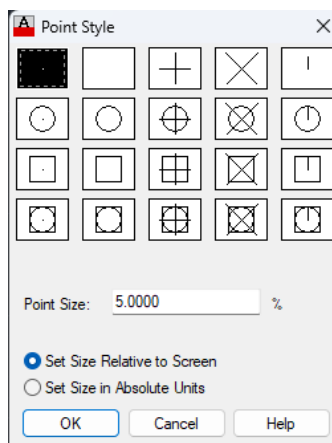
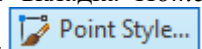


Рисунок 1.33 – Діалогове вікно Відображення точок

Налаштування розміру і стилю точки відбувається у діалоговому вікні *Point Style (Відображення точок)* (рис. 1.33): вкладка *Home (Головна)* → панель інструментів *Utilities (Утиліти)* →



Діалогове вікно має дві опції:

– *Set Size Relative to Screen (Відносно екрана)*. Під час установки цієї опції вибраний символ завжди матиме на екрані постійний розмір, незалежно від масштабування зображення.

– *Set Size in Absolute Units (В абсолютних одиницях)*. Ця опція використовується у тому випадку, якщо необхідно, щоб знак на кресленні мав реальний розмір так само, як і будь-який інший об'єкт. Розмір встановлюється в умовних одиницях лінійних величин креслення.

Команда *Hatch (Штриховка)*



У AutoCAD є можливість завдання різних типів штрихувань (рис. 1.34). Штриховка характеризується двома властивостями. По-перше, штриховка є блоком, тобто всі лінії, що знаходяться всередині області, є частинами єдиного об'єкта. По-друге, штриховка є асоціативним об'єктом, тобто при зміні форми об'єкта штриховка оновлюється і підганяється під нову форму даного об'єкта.

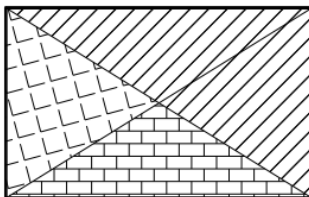


Рисунок 1.34 – Види штрихування

Для нанесення штриховки необхідно виконати команду:

Стрічка → вкладка *Home (Головна)* → панель *Draw (Рисування)* → *Hatch (Штриховка)*

Після введення команди *Hatch (Штриховка)* на *Стрічці* відкривається контекстна вкладка стрічки *Hatch Creation (Створення штриховки)* (рис. 1.35).

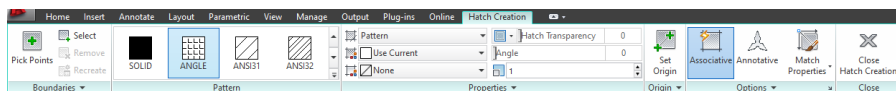




Рисунок 1.35 – Контекстна вкладка стрічки Створення штриховки

Спочатку виконується налаштування параметрів штрихування – це тип, зразок, прозорість, колір, тощо. Робиться це за допомогою стрічки.

Щоб заштрихувати будь-яку область необхідно вибрати команду «*Pick Point (Вказати точки)*»  клацнути в ній мишкою, далі підтвердити клавішею <Enter> і вона буде заштрихована.

Можна вибрати об'єкт замість вказівки контуру. Для цього заздалегідь необхідно вибрати опцію «*Select objects (Вибрати об'єкти контуру)*»  Потім вибрати об'єкти клацанням ЛКМ.

Якщо не клацати мишкою, а просто навести її на об'єкт або якусь область, то з'явиться попередній вигляд заштрихованої області з поточними налаштуваннями штрихування.

2 ВПРАВА «КОМАНДИ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ»

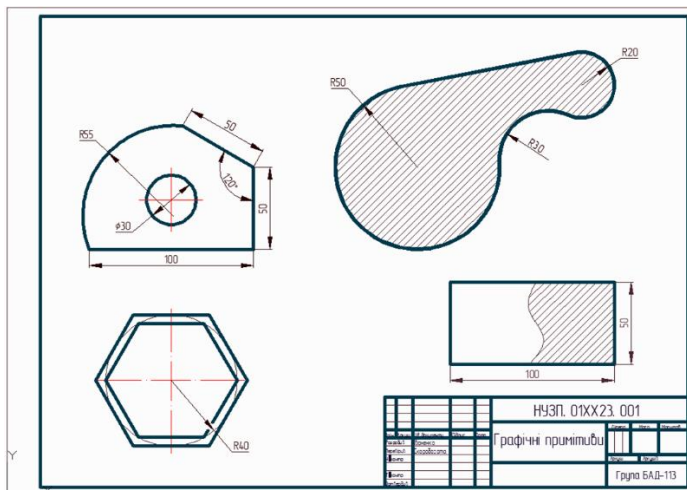


Рисунок 2.1 – Вправа «Команди графічних примітивів»

Вправа (рис. 2.1) виконується на шаблоні формату А3. Зберегти кресленик з ім'ям «Вправа 1».

2.1 Фрагмент №1. Побудова відрізків в різних координатах

2.1.1 Перенести початок системи координат в лівий нижній кут формату.

2.1.2 Побудова елементів фрагменту №1 (рис. 2.2) ведеться в шарі «Основна».

2.1.3 Побудова відрізка горизонтального довжиною 100 мм. Координати початкової точки відрізка $50,150$ в прямокутній абсолютній системі.

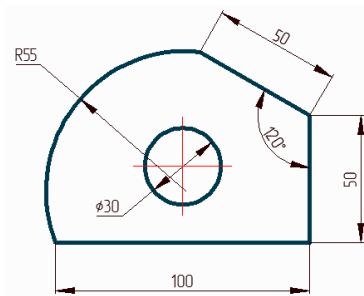



Рисунок 2.2 – Фрагмент №1

Обрати  (Відрізок):

50, 150 ↵ (координати початкової точки відрізка);


150, 150 ↵ (координати кінцевої точки відрізка);

2.1.4 Побудова відрізка вертикального довжиною 50 мм в прямокутній відносній системі:

@0, 50 ↵ (координати кінцевої точки відрізка).


2.1.5 Побудова відрізка похилого довжиною 50мм під кутом 150 градусів в полярній відносній системі (*кут між горизонтальним напрямком і відрізком зі знаком +проти годинної стрілки*):

@ 50<150 ↵ ↵ (координати кінцевої точки відрізка).

2.1.6 Побудова дуги радіусом 55 мм .

Обрати опцію побудови дуги *Start, End, radius* (Початок, кінець, радіус). Курсором вказати на початкову точку дуги. Пам'ятаючи, що дуга будується проти годинникової стрілки, за початкову точку приймають кінцеву точку останнього побудованого (похилого) відрізка. Далі вказати кінцеву точку дуги та ввести радіус дуги **55** ↵.

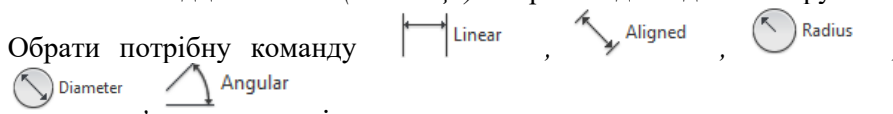
2.1.7 Побудова кола по центру і радіусу.

Обрати  (Круг), ввести **100,180** ↵ (центр кола) **15** ↵ (радіус кола).

2.1.8 Перейти у шар «Розмір» та нанести розміри.

Перевірити встановлення об'єктної прив'язки *Endpoint* (Кінцева точка).

На вкладці *Annotate* (Анотації) вибрати відповідний інструмент.



Для побудови паралельного і лінійних розмірів вказати на початкову і кінцеву точки виходу виносних ліній. Далі курсором вказати місце розташування розмірної лінії.

Для нанесення радіусів і діаметрів вказати на довільну точку кола, дуги; далі зафіксувати курсором миші розташування розмірної лінії.

Для проставлення кутових розмірів вказати на довільні точки сторін кута; далі визначити місце розташування розмірної дуги.

2.1.9 Перейти у шар «Осьова» та відрізками побудувати осьові лінії для кола.

2.2 Фрагмент №2. Побудова дотичних відрізків, спряжень, поліліній та штриховки

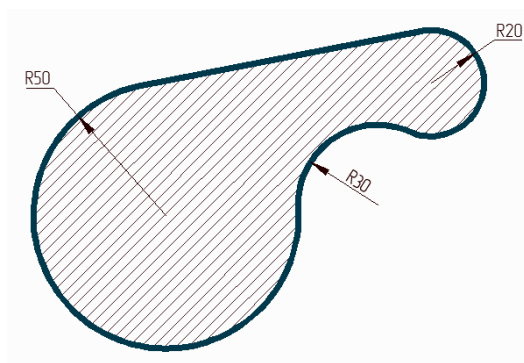



Рисунок 2.3 – Фрагмент №2

2.2.1 Встановити об'єктні прив'язки: *Endpoint* (Кінцева точка), *Intersection* (Перетин), *Tangent* (Дотична).

2.2.2 Перейти в шар «Допоміжний». Побудувати (рис. 2.3) два кола (*Circle/Круг*): перше з центром $(250, 200)$ ↙, радіусом 50 ↙; друге з центром $(350, 250)$ ↙, радіусом 20 ↙.

2.2.3 Побудова зовнішнього спряження кіл дотичним відрізком

(рис. 13.4): обрати  (Відрізок); підвести курсор до першого кола до місця приблизного дотику відрізка та дочекатися появи підсвічування прив'язки «Deferred Tangent (Затримана дотична)»



підтвердити ЛКМ першу точку дотичного відрізка.

Друга точка на другому колі будується аналогічно.↓

2.2.4 Побудова внутрішнього спряження кіл (рис. 2.4, 2.5): обрати



Tan, Tan, Radius (2 точки дотику, радіус).

Підвести курсор до першого кола до місця приблизного дотику третього дотичного кола та дочекатися появи підсвічування прив'язки «Deferred Tangent (Затримана дотична)» та підтвердити ЛКМ першу точку дотичного кола.

Підвести курсор до другого кола до місця приблизного дотику третього дотичного кола та дочекатися появи підсвічування прив'язки «Deferred Tangent (Затримана дотична)» та підтвердити ЛКМ другу точку дотичного кола.

Вказати радіус дотичного кола 30.↓

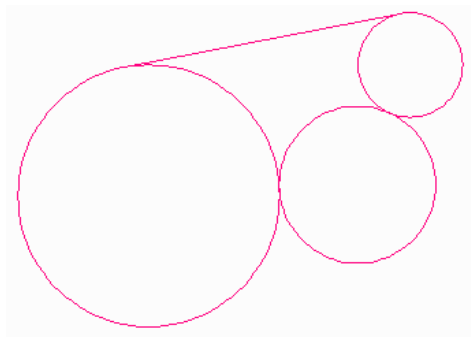


Рисунок 2.4 – Проміжний етап побудови фрагменту №2

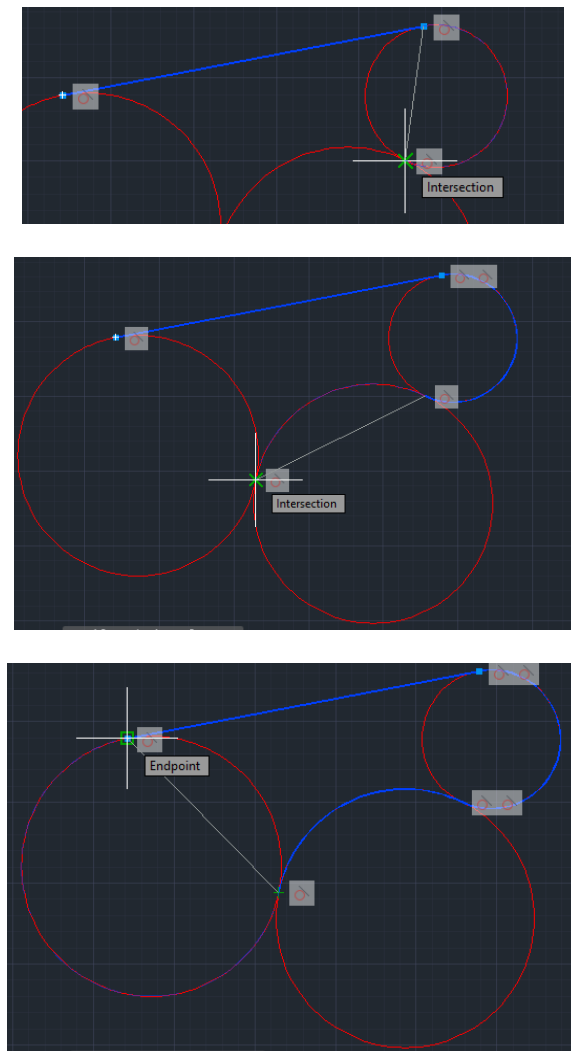


Рисунок 2.5 – Проміжні етап побудови фрагменту №2

2.2.5 Обведення фрагменту: перейти в шар *Основна*; встановити об'єктні прив'язки *Endpoint* (Кінцева точка), *Intersection* (Перетин).




Обрати **Polyline** *Полілінія*. Вказати першу точку дотичної прямої за допомогою підказки прив'язки *Endpoint* (*Кінцева точка*).

В командному рядку із запропонованих опцій вибрати курсором *Width* (*Ширина*). На запит: *Specify starting width* (*Початкова ширина*) <1> : ввести товщину лінії 2 ↵.

На запит: *Specify ending width* (*Кінцева ширина*) <2> : ввести товщину лінії 2 ↵.

В командному рядку вибрати опцію *Arc* (*Дуга*) та обвести креслення за допомогою прив'язок.

2.2.6 Погасити шар «Допоміжний». Перейти в шар «Тонка».

2.2.7 Обрати  *Hatch* (*Штриховка*). З контекстної вкладки (рис. 2.6) *Hatch Creation* (*Створення штриховки*) вибрати «*Pattern* (*Зразок*)» *ANSI31*.

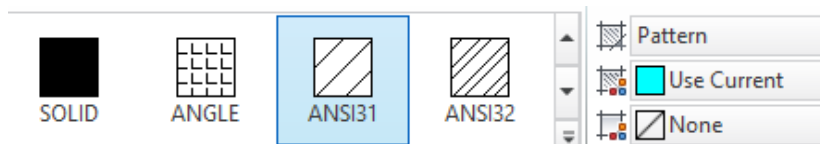



Рисунок 2.6 – Вибір зразка штриховки

Підвести курсор в середину фрагменту, площину якого необхідно заштрихувати, клацнути в ній ЛКМ, далі підтвердити клавішею <Enter>.

2.2.8 Перейти у шар «Розмір» та нанести розміри.

2.3 Фрагмент №3. Побудова багатокутників вписаних в коло і описаних

2.3.1 Обрати шар «Тонка».

2.3.2 Побудова кола (рис. 2.7): обрати  *Circle* (*Круг*), ввести координати центру кола **100,70** ↵ та радіуса кола **40** ↵.

2.3.3 Перейти у шар «Осьова». До прив'язок додати опцію *Center* (Центр) та відрізками побудувати осьові лінії для кола.

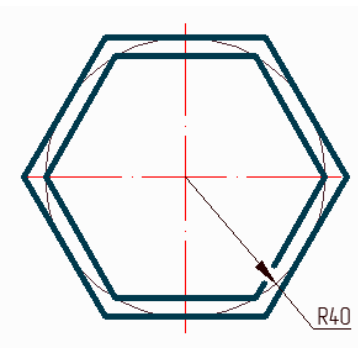


Рисунок 2.7 – Фрагмент №3

2.3.4 Побудова вписаного багатокутника.

Перейти в шар «Основна».

Вибрати команду  *Polygon* (Многокутник).

На запит *Enter number of sides* (Число сторін) <4>: ввести **6** ↵.

На запит *Specify center of polygon or* (Вкажіть центр многокутника) вибрати центр кола.

На запит *Enter an option* (Задайте параметр розміщення) [*Inscribed in circle* (Вписаний в коло)/ *Circumscribed* (Описаний навколо кола)] : необхідно вибрати одну із запропонованих опцій вибрати курсором параметр *Inscribed in circle* (Вписаний в коло) далі ввести радіус **40**, ↵.

2.3.5 Аналогічно побудувати описаний багатокутник.

2.3.6 Перейти у шар «Розмір» та нанести розміри.

2.4 Фрагмент №4. Побудова прямокутника

2.4.1 Побудова прямокутника (рис. 2.8) розмірами 100x50.

Перейти в шар «Основна».

Вибрати команду  *Rectangle* (Прямокутник).

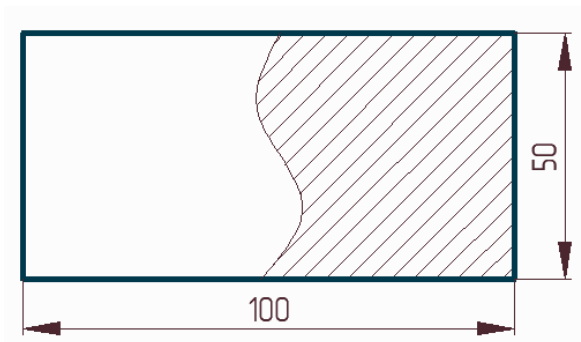


Рисунок 2.8 – Фрагмент №4

На запити послідовно ввести координати:

- лівої нижньої вершини $270,80$;
- правої верхньої вершини $370,130$.

2.4.2 Побудова хвилястої лінії. Перейти в шар «Тонка».

Вибрати команду  *Spline Fit*.

На запит *Specify first point or (Перша точка)* за допомогою підказки прив'язки *Nearest (Найближча)*. (рис. 2.9) лівою клав'яшею миші зафіксувати першу точку сплайну на стороні прямокутника.

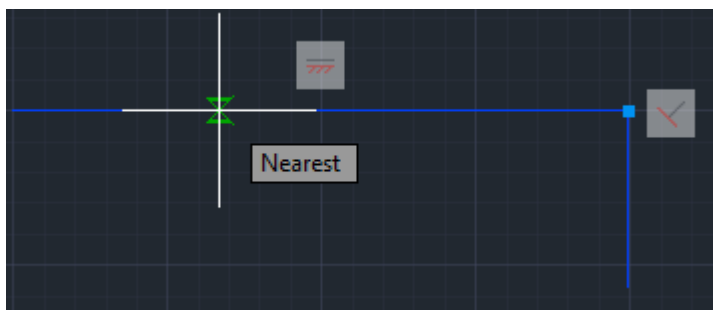



Рисунок 2.9 – Прив'язка курсора до об'єкту

Далі послідовно курсором вказати декілька точок сплайна. Остання точка сплайна повинна бути зафіксована прив'язкою *Nearest (Найближча)*. Підтвердити побудову клав'яшею $\langle \text{Enter} \rangle$.

2.4.3 Обрати команду  *Hatch (Штриховка)*. З контекстної вкладки *Hatch Creation (Створення штриховки)* вибрати «*Pattern (Зразок)*» *ANSI31*. Побудувати штриховку праворуч від хвилястої лінії.

2.4.4 Перейти у шар «Розмір» та нанести розміри.

2.4.5 Заповнити основний напис (рис. 2.1).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Основні типи ліній.
2. Які є розміри креслярського шрифту? Що визначає розмір шрифту?
3. Масштаб креслення. Види масштабів.
4. Як позначають на кресленнях масштаб зображення? Чи допускається на кресленнях застосування довільного масштабу?
5. Чи відображається масштаб на розмірних числах креслення?
6. Які основні правила нанесення розмірів на кресленнях?
7. На якій відстані від основної лінії креслення наносять першу розмірну лінію?
8. На скільки міліметрів має виходити виносна лінія за кінці стрілок розмірних ліній?
9. Як розділити відрізок прямої на число рівних частин?
10. Як поділити коло на 3, 4, 5, 6, 7, 8 і т.д. рівних частин за допомогою циркуля?
11. Класифікація команд з погляду виконуваних функцій.
12. Визначення опції команди. Способи вибору опції команди.
13. Методи завдання команд. Способи завершення команд.
14. Об'єктні прив'язки (перелік).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. О. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD : навч. посіб. Київ : Каравела, 2006. 336 с.
2. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник / ред. В. Є. Михайленко. 6-те вид. Київ : Каравела, 2012. 360 с.