Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

**Я.В. Варга**

# ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

# AUTOCAD
# (2D МОДЕЛЮВАННЯ)

**Ужгород 2023**

**Лабораторний практикум AutoCAD (2D моделювання)**: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальностей 111 Математика освітньо-професійної програми «Комп'ютерна та бізнес-математика», 014.04 Середня освіта освітньо-професійної програми «Математика. Інформатика», 113 Прикладна математика освітньо-професійної програми «Системи штучного інтелекту»/ Я.В. Варга – Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2023. – 67 с.

*Рецензент:* Андрашко Ю.В., канд. техн. наук, доцент

*Укладач:* Варга Я.В., канд., фіз.-мат. наук

*Відповідальний за випуск:* Рейтій О.К., канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри алгебри та диференціальних рівнянь

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету математики та цифрових технологій від 21 березня 2023 року, протокол №7.

© Варга Я.В., 2023

© ДВНЗ «УжНУ», 2023

ЗМІСТ

**1. AutoCAD 2023 ..... 5**
1.1. Створення нового креслення ..... 5
1.2. Вікно AutoCAD 2023 ..... 7
1.3. Зміна робочого простору ..... 8
1.4. Налаштування параметрів сторінки ..... 9
**2. Організація роботи в AutoCAD ..... 10**
2.1. Система координат ..... 10
2.2. Задання координат точок на кресленні ..... 11
2.3. Шари креслень ..... 13
2.4. Вага (товщина) ліній ..... 16
2.5. Типи ліній ..... 17
2.6. Спеціальні режими креслення ..... 18
2.7. Об'єктна прив'язка ..... 19
2.8. Створення текстових об’єктів ..... 21
**3. Побудова основних графічних примітивів ..... 22**
3.1. Команда *Line* ..... 23
3.2. Команда *Polyline* ..... 24
3.3. Команда *Circle* ..... 25
3.4. Команда *Arc* ..... 26
3.5. Команда *Rectang* ..... 27
3.6. Команда *Polygon* ..... 27
3.7. Команда *Ellipse* ..... 27
**4. Редагування об’єктів ..... 28**
4.1. Команда *Scale* ..... 28
4.2. Команда *Stretch* ..... 28
4.3. Команда *Trim* ..... 28
4.4. Команда *Extend* ..... 29
4.5. Команда *Break* ..... 29
4.6. Команда *Rotate* ..... 29
4.7. Команда *Move* ..... 29
4.8. Команда *Copy* ..... 29

4.9. Команда *Explode* ..... 29
4.10. Команда *Erase* ..... 30
4.11. Команда *Offset* ..... 30
4.12. Команда *Mirror* ..... 30
4.13. Команда *Array* ..... 30
4.14. Команда *Chamfe*r ..... 31
4.15. Команда *Fillet* ..... 31
**5. Нанесення розмірів ..... 33**
5.1. Створення розмірних стилів ..... 34
5.2. Команди нанесення розмірів ..... 37
**6. Штрихування об'єктів ..... 40**
**7. Статичні та динамічні блоки ..... 41**
7.1. Створення блоків ..... 41
7.2. Вставка блоків ..... 42
7.3. Динамічні блоки ..... 43
***Лабораторна робота №1* ..... 48**
***Лабораторна робота №2* ..... 50**
***Лабораторна робота №3* ..... 52**
***Лабораторна робота №4* ..... 54**
**Рекомендована література ..... 67**

# 1. AutoCAD 2023

AutoCAD – це система, яка дозволяє автоматизувати креслярсько-графічні роботи. В графічному пакеті AutoCAD є все необхідне конструктору для створення креслення. Інструментом ручного креслення в автоматизованому середовищі відповідають графічні примітиви (точка, відрізок, коло та ін.), команди їх редагування (витирання, переносу, копіювання), команди установки властивостей примітива (задання товщини, типу і кольору графічних об'єктів). Для вибору аркуша необхідного формату і масштабу креслення в системі є відповідні команди налаштувань креслення. Для нанесення розміру конструктору необхідно лише задати його розташування на кресленні. Розмірні і виносні лінії, а також стрілки та написи виконуються автоматично.

Під час виконання лабораторних робіт використовується ліцензійний програмний продукт від компанії Autodesk (США), який наданий за безкоштовною програмою для освітніх закладів «Education community». Завдяки цьому, студенти можуть безкоштовно використовувати програмні продукти компанії Autodesk. Завантажити можна за посиланням: https://www.autodesk.com/

## 1.1. Створення нового креслення

Після запуску програми та натискання меню ***New*** ► ***Drawing*** (рис. 1) на екран монітора виводиться діалогове вікно ***Select template (Вибір шаблону),*** в якому необхідно вибрати шаблон, що відповідатиме нормативам створюваної графічної документації.

Для створення нового шаблону (рис. 2) необхідно вибрати файл ***acadiso*** (а при виконанні наступних робіт – свій, самостійно створений шаблон) і натиснути на клавішу ***Open (Відкрити)***. Після цього завантажується новий кресленик з параметрами за умовчанням, які необхідно змінити, налаштувавши шари, стилі тексту, розміри та інше. За умовчанням цей файл називається ***Drawinng1.dwg***.

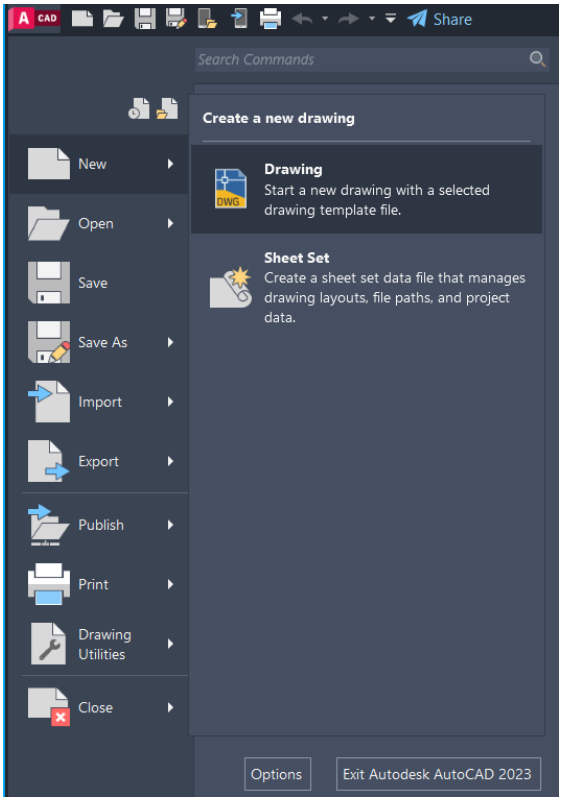



**Рис. 1.** Створення нового файлу кресленика

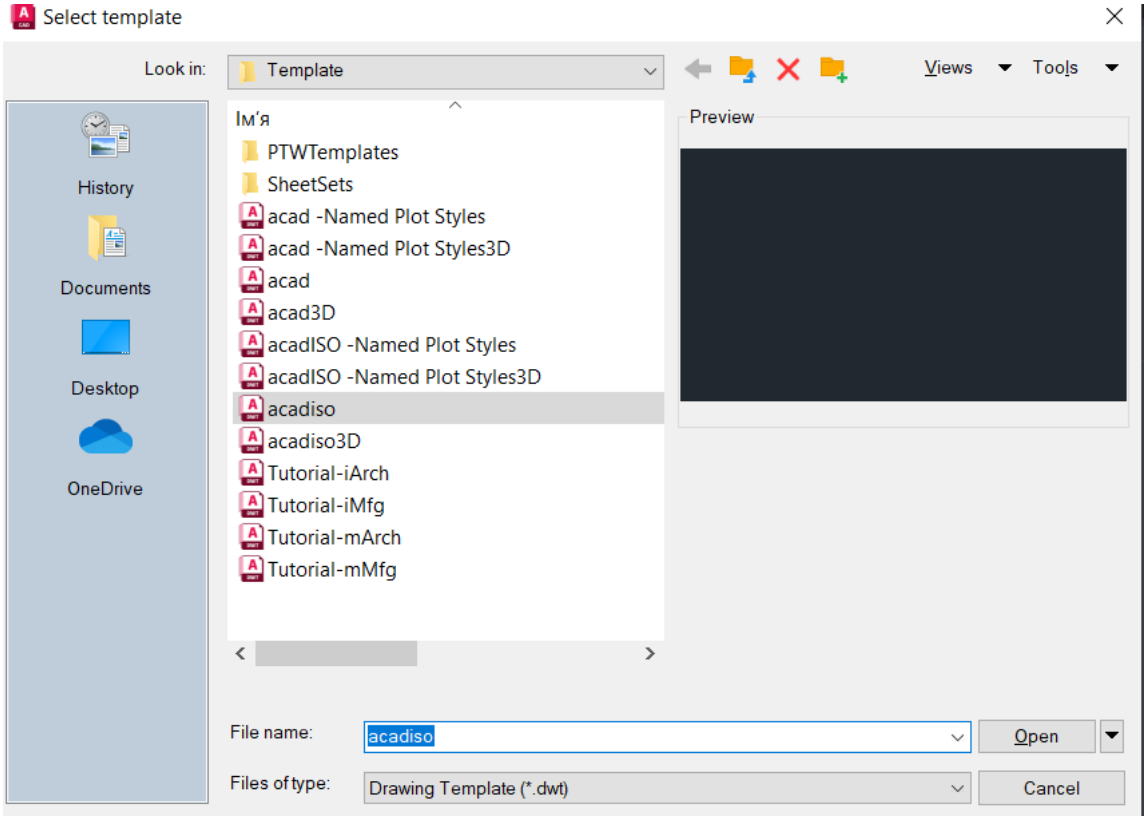



**Рис. 2.** Діалогове вікно вибору шаблона програми AutoCAD для створення нового файлу кресленика

Далі його необхідно зберегти наступним чином: ***Save As*** ► ***Name.dwt.***

## 1.2. Вікно AutoCAD 2023

На рисунку 3 показано робочий екран AutoCAD 2023 в тому вигляді, яким він з’являється перед користувачем.

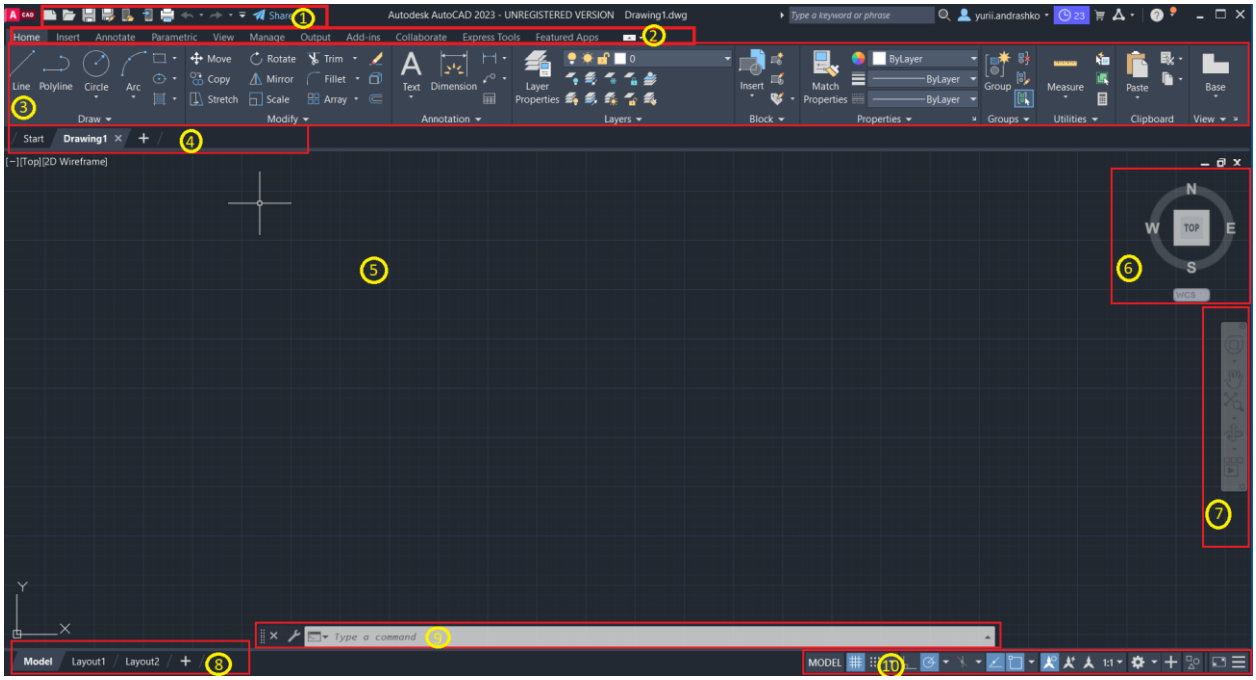



**Рис. 3.** Робочий екран AutoCAD 2023

1 – Панель швидкого доступу.
2 – Системне меню.
3 – Стрічка-палітра.
4 – Вкладки файлів.
5 – Рабочий простір AutoCAD.
6 – Куб огляду.
7 – Панель навігації.
8 – Вкладки аркушів.
9 – Командний рядок.
10 – Рядок стану.

На екрані можна виділити чотири функціональні зони:

– Робоча графічна зона – це велика область посеред екрану, в якій виконується креслення. В лівому нижньому куті зони знаходиться піктограма системи координат користувача. Напрям стрілок співпадає з додатнім напрямком осей.

– Системне меню і панелі інструментів. Зверху знаходиться рядок заголовку, а відразу під ним – рядок системного (випадаючого) меню AutoCAD. Нижче розміщуються три рядки з панелями інструментів. Зліва від робочої зони розміщено «плаваючі» панелі інструментів. Їх можна

переміщувати в будь-яке місце екрану. В AutoCAD існує також багато інших панелей інструментів, які викликаються за потреби.

– Командний рядок. Задати команду системі можна, набравши її ім’я за допомогою клавіатури в командному рядку. Але навіть якщо команду запущено за допомогою піктограми панелі інструментів або пункту меню, то в командному рядку відображається реакція системи на відповідну команду. Будь-яка команда ініціюється лише після завершення попередньої. В командному рядку при цьому повинно бути запрошення на ввід команди «Command:». Якщо користувач помилково викликав не ту команду або заплутався в опціях поточної команди, вийти з неї, не завершуючи її, можна натисканням на клавіатурі клавіші Esc.

– Рядок стану. У рядку стану відображається положення курсора, інструменти креслення, а також інструменти, які впливають на середу креслення. Рядок стану забезпечує швидкий доступ до найбільш часто використовуваних інструментів малювання. Можна включати і відключати параметри, такі як сітка, прив'язка, полярне відстеження і об'єктна прив'язка. Можна також отримати доступ до додаткових параметрів для деяких з цих інструментів, клацнувши стрілку відповідного списку, що розкривається.

## 1.3. Зміна робочого простору

При першому запуску програми за умовчанням робочий простір AutoCAD – це «Малювання і анотація» (рис. 3). Орієнтований цей робочий простір AutoCAD на роботу з 2D кресленнями і проєктною документацією.

У програмі передбачено ще декілька встановлених робочих просторів:

1. Основи 3D.
2. 3D моделювання.

Кнопка зміни робочого простору знаходиться в рядку стану в правому нижньому куті вікна програми. Щоб змінити робочий простір AutoCAD, натискаємо лівою кнопкою миші (далі ЛКМ), після чого з'являється перелік пропонованих операцій (рис. 4).

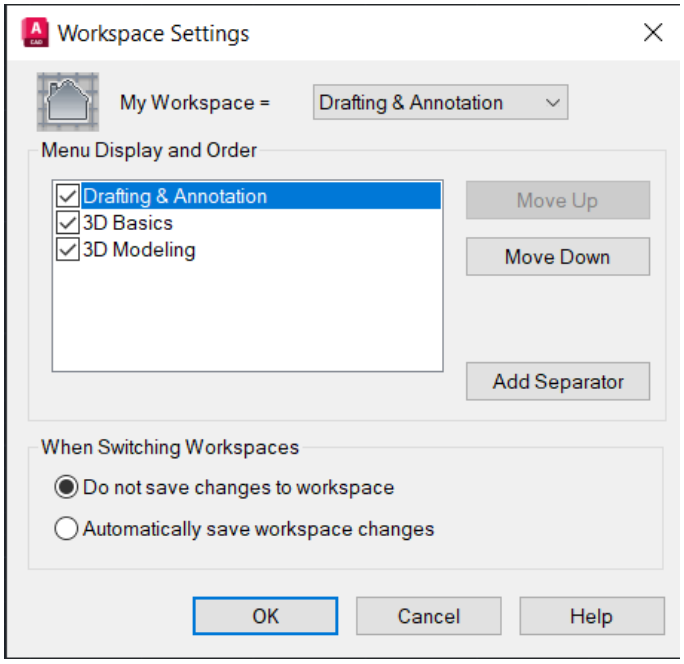



**Рис. 4.** Вікно налаштування робочого простору

### 1.4. Налаштування параметрів сторінки

Починаючи креслення, необхідно мати перед очима область креслення, достатню для того, щоб на ній розмістилися всі частини проєктованого об'єкту. За замовчуванням при запуску програми або створенні нового креслення видима область його простору значно менша, ніж може знадобитися проєктувальнику. Максимальна область, візуальний доступ, до якого може бути швидко забезпечений екранними операціями AutoCAD, підлягає налаштуванню користувачем і називається лімітами креслення.

Для задання розмірів креслення (лімітів) необхідно вибрати в системному меню пункт Файл, підменю Параметри сторінки і в діалоговому вікні (рис. 5) встановити розміри аркуша, одиниці виміру та ін.

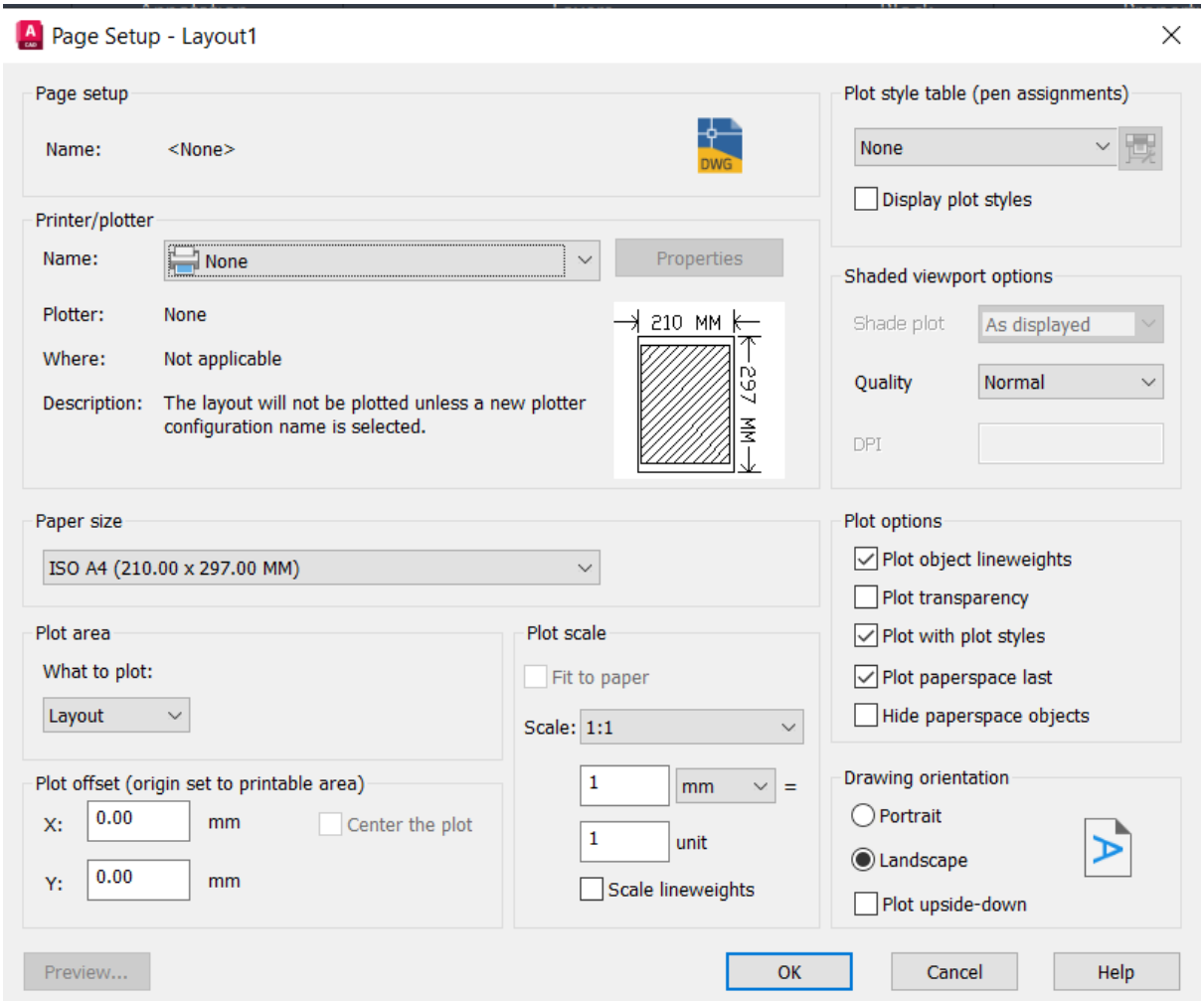



Рис. 5 Діалогове вікно *Налаштування сторінки*

AutoCAD працює не із зображеннями, а з геометричним описом об’єктів, які складають зображення, що обумовлено задачами систем автоматизованого проектування (САПР). Так, наприклад, відрізок у внутрішньому представленні графічного редактору AutoCAD описується двома точками, коло описується центром і радіусом тощо.

# 2. Організація роботи в AutoCAD

## 2.1. Система координат

У системі AutoCAD використовують дві системи координат: Світова система координат (Word Coordinate System або WCS) та Система координат користувача (User Coordinate System або USC). Використання системи координат користувача доцільне при роботі зі складними поверхнями у тривимірному просторі, це суттєво полегшує задання координат точок.

Світова система координат є стандартною прямокутною системою координат з початком відліку у нижньому лівому куті, поміченому хрестиком. У системах координат, що задаються користувачем, можна

змінювати напрямки осей шляхом переміщення, обертання та вирівнювання з об'єктами рисунку. При цьому перпендикулярність осей зберігається.

Нова система координат користувача створюється кількома способами:

- в меню ***Home (Головна)*** у пункті «Нова UCS»;
- командою UCS, для чого в командному рядку потрібно вказати новий початок відліку (New origin point), а далі – точки на нових осях;
- перемішенням піктограми системи координат.

Опції команди UCS (ПСК):

- New (Нова) – створює нову UCS (ПСК);
- Move (Переміщення) – переміщує UCS (ПСК) вздовж осі *Z*;
- Orthographic (Ортографічна) – встановлює стандартну UCS (ПСК): верхню, нижню, передню, задню, ліву чи праву;
- Prev (Попередня) – робить поточною попередню UCS (ПСК);
- Restore (Відновлення) – встановлює поточною збережену раніше UCS (ПСК);
- Save (Зберегти) – зберігає поточну UCS (ПСК);
- Del (Видалити) – видаляє збережену UCS (ПСК);
- Apply (Застосувати) – встановлює параметри UCS (ПСК) для позначеного екранного вигляду або для всіх екранних виглядів;
- ? – виводить список збережених UCS (ПСК);
- World (Світова) – суміщає UCS (ПСК) зі світовою системою координат.

Якщо користувач обирає опцію New (Нова) система видає такий запит:

*Specify origin of new UCS or*
*[ZAxis/3point/OBject/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:*
*Вкажіть початок нової ПСК або...*

У відповідь необхідно вказати точку**,** яка буде початком координат. Як тільки UCS (ПСК) буде створено, вона відразу ж стає поточною системою координат.

## 2.2. Задання координат точок на кресленні

При побудові будь-якого об`єкту в AutoCAD треба задати координати точок. Вони можуть задаватися як у командному рядку з клавіатури, так і безпосередньо курсором на екрані. Точка розміщується згідно початку відліку по напрямках, що вимірюються уздовж осей координат. Використання системи координат не пов'язане з використанням одиниць вимірювання, тобто відстані можуть вказуватися як у відносних, так і абсолютних величинах. Координати точок задаються мишею в робочій області креслення, або з клавіатури в командному рядку. При цьому існує декілька способів задання координат:

1. Мишею – в рядку стану відображаються відстань і кут від попередньої точки, наприклад, "32<0". Кути відраховуються проти годинникової стрілки, вісь *OX* задає нульовий кут. Довжина осьової лінії

складає 110 + 2 х 5 = 120 мм. Таким чином, можна "піймати" мишею точку з координатами "120<0".

2. Мишею – за допомогою сітки. Якщо крок сітки – 5 мм, достатньо відрахувати 120/5 = 24 точки сітки.

3. З клавіатури як декартові координати *XY*-площини, шляхом задання координат *x* та *y* через кому без пробілів (наприклад 100,200).

4. З клавіатури як відносні декартові координати. Вказуючи на скільки і в якому напрямку – додатному чи від'ємному – необхідно переміститися по осях координат, щоб потрапити з попередної точки в нову.

В нашому випадку необхідно переміститися на +120 мм по осі *OX* і на 0 мм по осі *OY*. З клавіатури вводиться: @120,0, де @ – ознака відносних координат; далі впритул, без пробілів, уводяться прирости по *OX* (знак "+" можна опустити), кома, приріст по *OY*.

5. З клавіатури як відносні полярні координати. Ми вказуємо довжину і кут нахилу вектора, який з'єднує поточну точку з новою. В нашому випадку вектор має довжину 120 мм і йде під кутом 0. З клавіатури вводиться: @120<0, де @ – ознака відносних координат; далі впритул, без пробілів, вводяться довжина вектора, символ "<" (знак кута), кут (може бути і від'ємним).

Способи задання координат за допомогою способів 4 та 5 застосовуються завжди і для всіх примітивів, коли є попередня точка, від якої і відраховуються відносні координати (рис. 6).

Для полегшення проведення ліній, паралельних осям координат, існує режим ортогональності, який вмикається і вимикається клавішею F8. Він також відображається в рядку стану словом "Орто". На ввід відносних координат з клавіатури режим ортогональності ніяк не впливає.

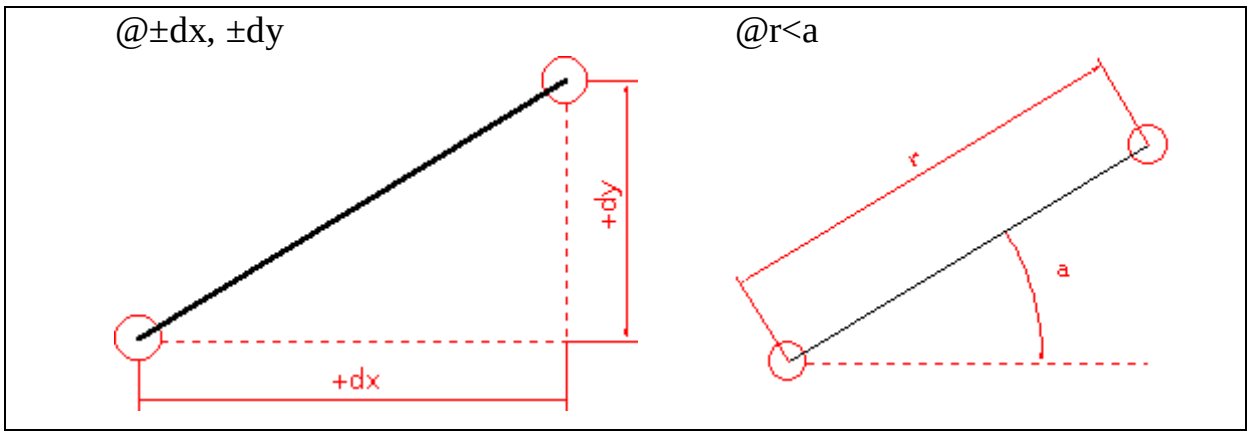



**Рис. 6.** Відносні координати точок

Всі примітиви AutoCAD володіють низкою властивостей (колір, тип лінії, ширина тощо). Деякі з цих властивостей (наприклад, колір) притаманні всім примітивам; є низка примітивів зі своїми специфічними властивостями.

Доступ до властивостей об’єктів можна отримати, використовуючи кнопки, які розміщенні на панелі інструментів «Властивість об’єкту» (рис. 7).

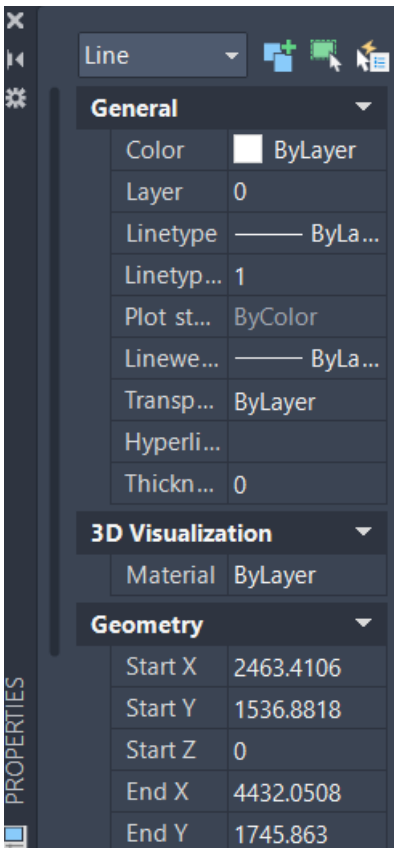



**Рис. 7.** Панель властивостей об’єкту

### 2.3. Шари креслень

Інформація файлу кресленика за вибраними користувачем ознаками може поділятися на кілька груп. Програма AutoCAD дозволяє працювати як з окремими інформаційними об’єктами, так і одночасно з усіма об’єктами, об’єднаними у групи. Для цього група об’єктів розміщується на окремому шарі інформації. Користувачем може створити стільки шарів інформації, скільки потрібно для полегшення та збільшення швидкості роботи та сприйняття інформації, зменшення кількості можливих помилок. Кожному примітиву притаманні такі властивості як колір, тип лінії, товщина лінії і шар, на якому розміщено примітив. При кресленні складної деталі з великою кількістю осьових ліній, розмірів, штрихуванні та ін. зручно виконувати окремі елементи креслення на різних шарах. З самого початку при завантаженні системи встановлюється один тільки нульовий шар (системний), на якому креслити не рекомендується.

Основною командою роботи з шарами є команда ***layer (Шар)***. Викликати її можна одним із таких способів:

- натисканням ЛК миші піктограми на панелі інструментів,
- введенням в командному рядку ***layer (Шар)***.

В результаті на екрані з'явиться діалогове вікно ***Layer Properties Manager (Диспетчер властивостей шарів)*** (рис. 8).

При цьому в діалоговому вікні з'явиться рядок, в якому відображаються параметри нового шару:

- ім'я – ім'я шару;
- видимість шару;
- заморозити/розморозити шар – вимкнення регенерації примітивів на шарі;
- блокувати/розблокувати шар – примітиви на шарі не можна/можна редагувати;
- колір шару – визначає колір примітивів на шарі;
- тип лінії – визначає тип лінії, яким будуть вирисовуватися примітиви шару;
- вага лінії – визначає ширину лінії.

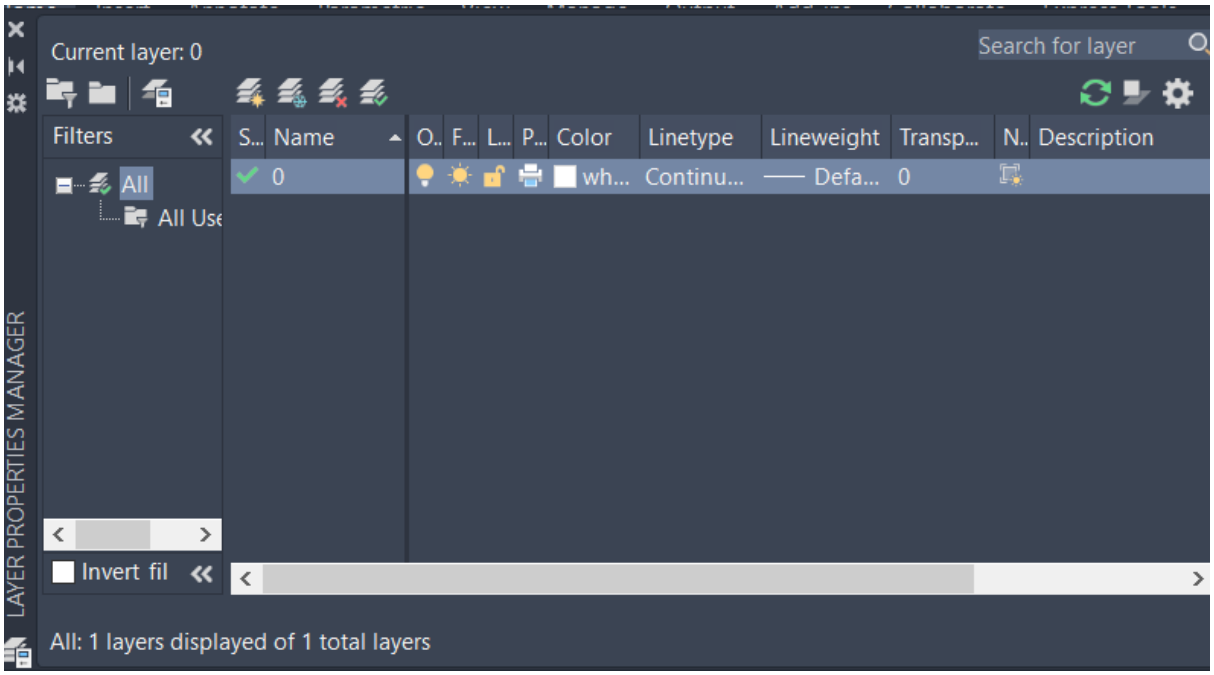



**Рис. 8.** Діалогове вікно *Диспетчер властивостей шарів*

За замовчуванням програма створює один шар розміщення інформації і надає йому ім'я ***0***. Ще один службовий шар ***Defpoints*** створюється системою після проставляння першого розміру. Візуально цей шар виглядає порожнім, але в ньому зберігається інформація про опорні точки розмірів. Цей шар не друкується, і його не можна видаляти чи редагувати.

Всі побудови в системі AutoCAD здійснюються на шар, який вказаний як поточний і їм автоматично надаються властивості цього шару. Перемикання шарів здійснюється у випадаючому списку ***Layers (Шари)*** (рис. 9). Зробити шар поточним можна також кнопкою ✔ у діалоговому вікні ***Layer Properties Manager*** (***Диспетчер властивостей шарів)*** (рис. 10).

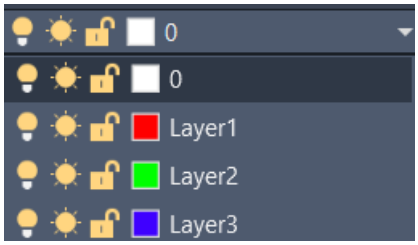



**Рис. 9.** Список, що розкривається *Layers (Шари)*

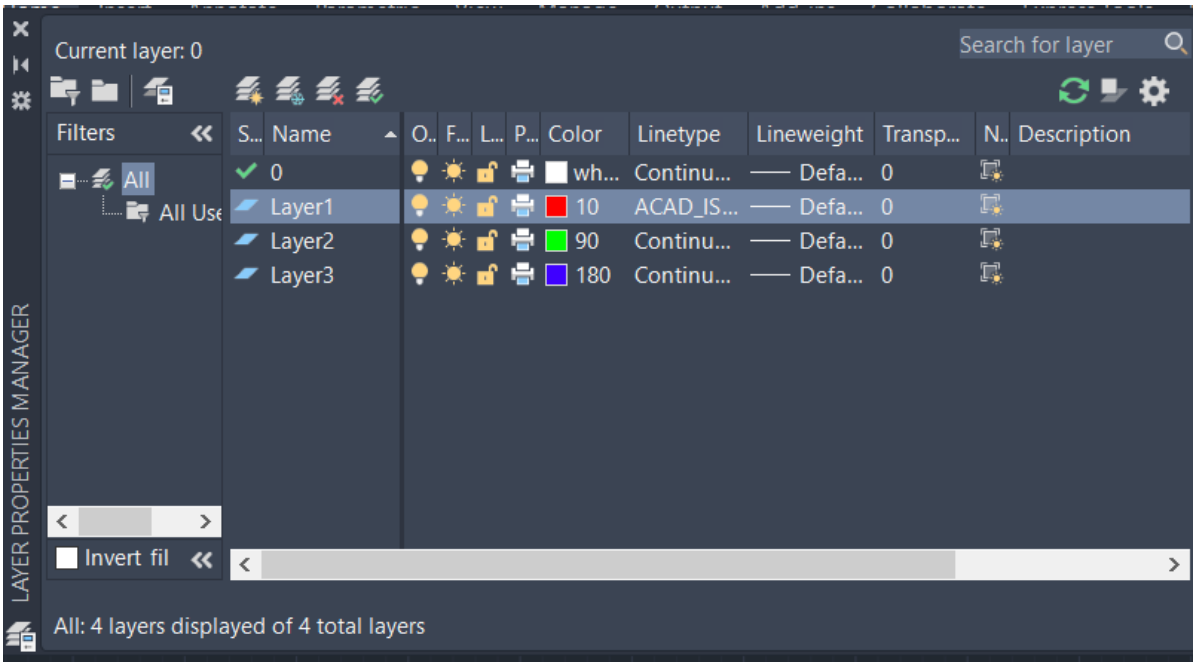



**Рис. 10.** Діалогове вікно *Layer Properties Manager (Диспетчер властивостей шарів)*

Створити новий шар можна, натиснувши кнопку ***New Layer (Новий шар)*** у діалоговому вікні ***Диспетчер властивостей шарів***. Ім'я нового шару зі стандартним ім'ям ***Layer1 (Шар1)*** з'явиться в списку шарів. Відразу ж можна перейменувати шар. Ім'я шару можна змінити, двічі клацнувши на ньому ЛК миші. Створений шар буде мати властивості: колір – ***White***, тип ліній – ***Continuous*** і вага ліній – ***Default***. Властивості шару можна змінити.

Колір вибирається в рядку шару, натиснувши мишою на поле ***Color (Колір)***.З'являється вікно ***Select Color (Вибір кольору)***, в якому представлена палітра кольорів (рис. 11).

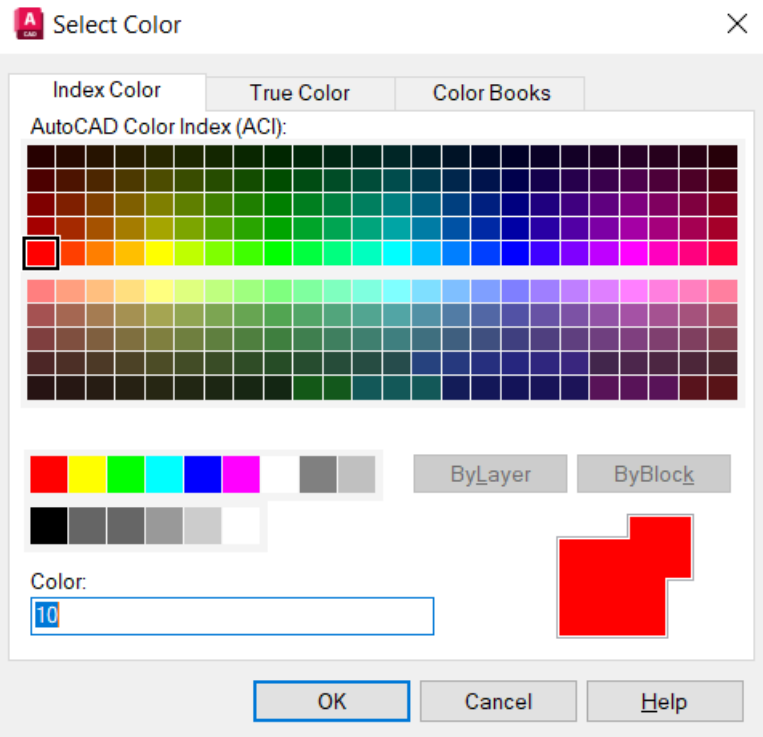



**Рис. 11.** Вікно вибору кольору шару

## 2.4. Вага (товщина) ліній

Різні елементи креслення при виведенні на друк можуть мати різну вагу (товщину ліній).

Здійснити вибір необхідного значення можна у вікні ***Line weigh tstyle (Вага ліній)***, що з'являється при натисканні миші в рядку шару на поле ***Lineweight*** (рис. 12) або зі списку з відповідним ім'ям на панелі ***Properties***.

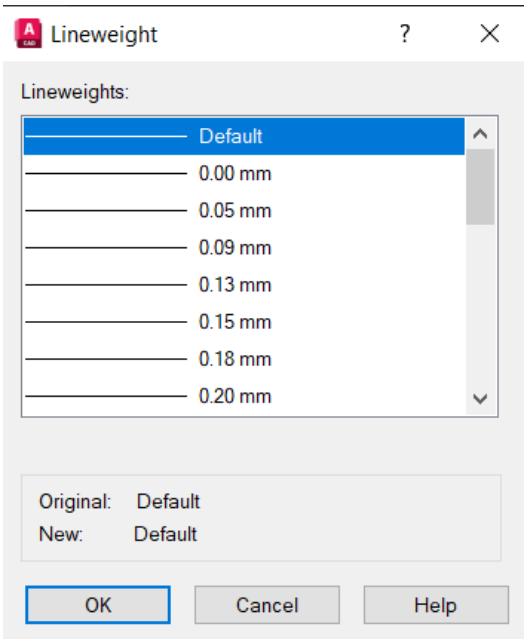



**Рис. 12.** Вибір ваги (товщини лінії) для об’єктів

## 2.5. Типи ліній

Тип ліній обирається натисканням ЛК миші на відповідному полі в рядку шару. Якщо ж потрібний тип ліній відсутній, його потрібно дозавантажити. Для цього натиснути кнопку ***Open (Відкрити)*** і у вікні ***Loador Reload Linetype (Завантаження/перезавантаження типів ліній)*** вибрати потрібний тип лінії (рис. 13).

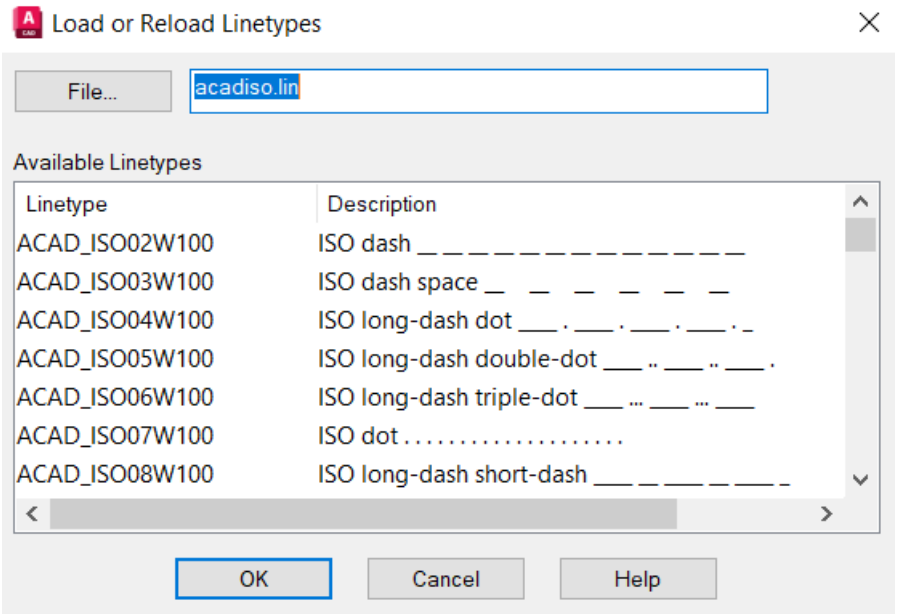



**Рис. 13.** Налаштування типу лінії

Лінії на кресленнях виконують згідно ДСТУ ISO 128-20:2003 («Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії»). Основні типи ліній, що встановлені стандартом ДСТУ ISO 128-20:2003, наведено у таблиці 1.

Видалення створених користувачем шарів можливе, але шар, який підлягає видаленню не повинен містити ніякої інформації, тобто повинен бути порожнім. Видаляють шар кнопкою у діалоговому вікні ***Layer Properties Manager*** (***Диспетчер властивостей шарів***).

*Таблиця 1*. **Основні типи ліній**

| Номер типу ліній | Зображення | Назва лінії |
|---|---|---|
| 01 | | Суцільна |
| 02 | | Штрихова |
| 03 | | Штрихова розріджена |
| 04 | | Довгоштрихово-пунктирна |
| 05 | | Довгоштрихово-двопунктирна |
| 06 | | Довгоштрихово-трипунктирна |
| 07 | | Пунктирна |
| 08 | | Довгоштрихово-короткошрихова |
| 09 | | Довгоштрихово-двокороткоштрихова |
| 10 | | Шрихово-пунктирна |
| 11 | | Двоштрихово-пунктирна |
| 12 | | Штрихово-двопунктирна |
| 13 | | Штрихово-трипунктирна |
| 14 | | Двоштрихово-двопунктирна |
| 15 | | Двоштрихово-трипунктирна |

## 2.6. Спеціальні режими креслення

Вводити координати в явному вигляді не завжди зручно: таке введення часто вимагає додаткових розрахунків. Тому в CAD-системах передбачені спеціальні режими. Ці режими є додатковим засобом креслення, що сприяє спрощенню та прискоренню процесу створення креслеників.

Панель режимів в AutoCAD розташована в рядку стану і відображається графічно у вигляді піктограм (рис. 14). Вмикається і вимикається режим натисканням лівої кнопки миші по піктограмі.

**Рис. 14.** Панель режимів в AutoCAD

**Основні робочі режими**

***GRID (СІТКА), гаряча клавіша F7*** – при ввімкненому режимі в зоні креслення відображаються лінії сітки, крок яких можна налаштувати і який не обов'язково збігається з кроком режиму SNAP.

***SNAP (КРОК), F9*** – при ввімкненому режимі значення координат при переміщенні курсору змінюється дискретно з певним, встановленим кроком.

***ORTHO (ОРТО), F8*** – при ввімкненому режимі всі сегменти креслення будуються прямолінійно, спрямовані строго вертикально або горизонтально (ортогонально).

***POLAR (ОТС-ПОЛЯР), F10,*** – режим розширеного режиму ORTHO, що дозволяє настрої налаштувати значення кутів відслідковування.

***AUTOSNAP (ОТС-ОБ'ЄКТ), F11*** – режим включає функцію об'єктного відстеження.

***OSNAP (ПРИВ'ЯЗКА), F3*** – режим вмикає і вимикає вибрані функції об'єктної прив'язки.

***LWT (ВАГА),*** – режим *(Lineweight)* відображає вагу елементів креслення, тобто товщину ліній, з якими креслення виводиться на пристрій друку.

***QPMODE (ШВИДКІ ВЛАСТИВОСТІ)*** – режим вмикає доступ до властивостей об'єктів.

**CUSTOMIZATION (НАЛАШТУВАННЯ)** – режим вмикає/вимикає основні та додаткові режими.

При роботі з кресленням можна вмикати та вимикати режими, що спрощує побудову. Одним із таких режимів є режим об'єктної прив'язки, який дозволяє пов'язувати точки створюваного об'єкта з точками раніше побудованого. Точками прив'язки можуть бути кінцеві або центральні точки об'єктів, точки явного або уявного перетину тощо. Задання необхідних точок відбувається без визначення їх координат. При ввімкненому режимі об'єктної прив'язки необхідно вибрати спосіб прив'язки і помістити курсор поблизу об'єкта. Координати необхідної точки будуть визначені автоматично. Значення параметрів об'єктної прив'язки наведено в табл. 2.

## 2.7. Об'єктна прив'язка

Об'єктна прив'язка використовується при виконанні операцій побудови і редагування у відповідь на запит програми вказати наступну точку.

Об’єктні прив’язки можуть бути глобальними (відстеження прив’язок відбувається автоматично при ввімкненому режимі «Прив’язка») чи локальними (одноразове відстеження конкретно заданої прив’язки). Глобальні прив’язки потребують попереднього налаштування.

Для налаштування глобальних прив'язок в системі AutoCAD необхідно виконати такі дії:

1. На панелі режимів натиснути правою кнопкою миші по піктограмі ***Object Snap (Об’єктна прив’язка)***. З контекстного меню, що відкриється, вибрати рядок ***Параметри обєктної прив’язки***.
2. У діалоговому вікні ***Режими малювання***, що відкриється (рис. 15), поставити позначки на прив’язках, що повинні постійно відслідковуватись.

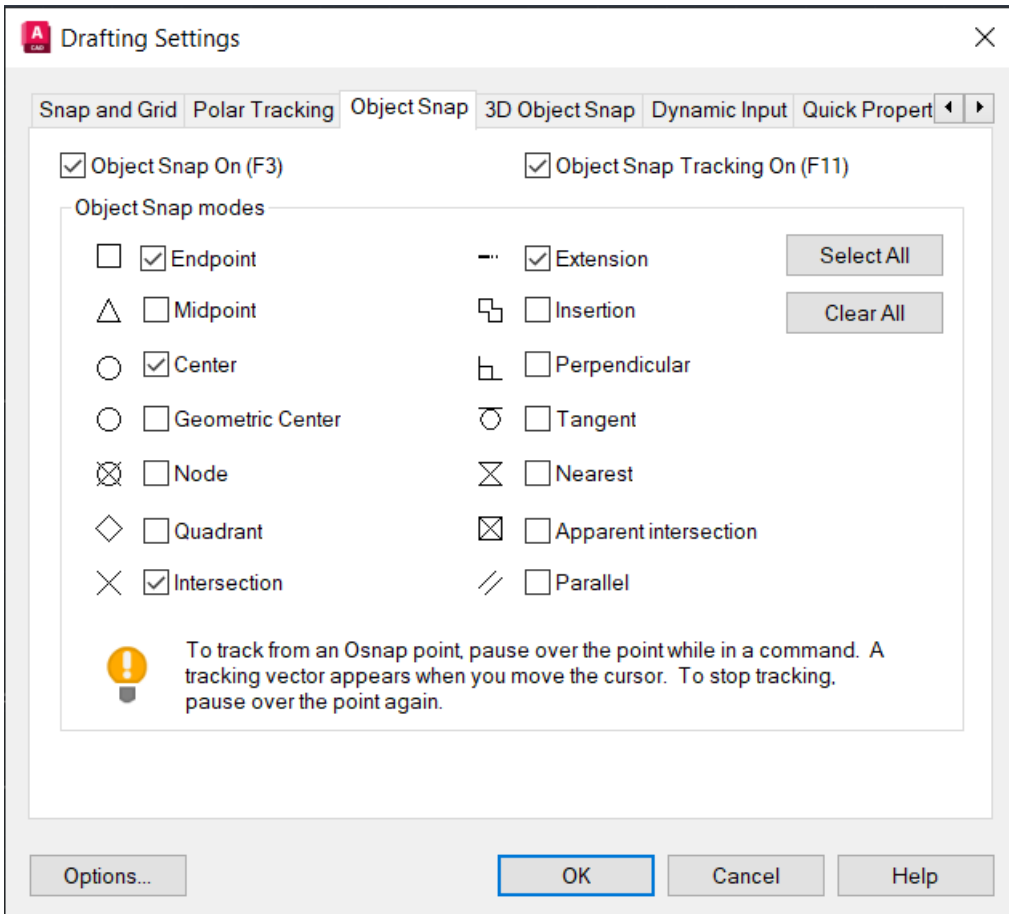



**Рис. 15**. Вікно налаштування креслення

Вибір локальної прив'язки в AutoCAD здійснюється вибором режиму прив'язки натисканням **правої клавіші миші** (ПКМ), утримуючи при цьому затиснутою клавішу **Shift** або **Ctrl**. З контекстного меню (рис. 15), що відкривається, вибрати необхідну прив’язку.

*Таблиця 2.* **Значення параметрів об'єктної прив'язки**

| Назва прив'язки | Як працює |
|---|---|
| **Endpoint (Кінцточка)** | прив'язка до найближчої кінцевої точки чи кута об'єкта |
| **Midpoint (Середина)** | прив'язка до середини об'єкта |
| **Center (Центр), (Геометричний центр)** | прив'язка до центру кола, еліпса, дуги або геометричного цетру полілінії чи сплайну |
| **Node ( Вузол )** | прив'язка до координат точкових об'єктів |
| **Quadrant (Квадрант)** | прив'язка до координат квадрантних точок – точок перетину координатних осей з колом, еліпсом або дугою |
| **Intersection ( Перетин )** | прив'язка до точок перетину об'єктів |
| **Extension (Продовження)** | створення тимчасової допоміжної лінії, що є продовженням об'єкта |
| **Insertion (Вставка)** | прив'язка до точки вставки об'єктів, таких як текст, блок чи атрибут |
| **Perpendicular (Нормаль)** | прив'язка до точки перетину нормалі з об'єктом |
| **Tangent (Дотична)** | прив'язка до точки перетину дотичної дообраного об'єкта |
| **Nearest (Найближча)** | прив'язка до найближчої точки на об'єкті відносно курсору |
| **Apparent intersection** | прив'язка до точки уявного перетину двох об'єктів |
| **Parallel (Паралельно)** | забезпечує паралельність одного об'єкта відносно іншого |

### 2.8. Створення текстових об'єктів

В якості одиниць вимірювання відстані використовуються міліметри. Хоча робота в середовищі AutoCAD, як і в більшості CAD-програм, передбачає використання реального масштабу, тобто 1:1, а масштаб виводу зображення на твердий носій призначається тільки в процесі налаштування опцій друку.

Порядок побудови креслення наступний:

– визначити розміри креслення і масштаб;

– побудувати рамку креслення і заповнити основний напис;

– створити шар допоміжних ліній;

– нанести осьові лінії;

– на окремому шарі побудувати креслення в тонких лініях;

– нанести штрихування;

– проставити розміри.

Короткі написи створюються командами DText і Text. Щоб ввести багаторядковий текст, слід використовувати команду Mtext. Ввід команд можна здійснювати і через системне меню, і через панелі інструментів (рис. 16).

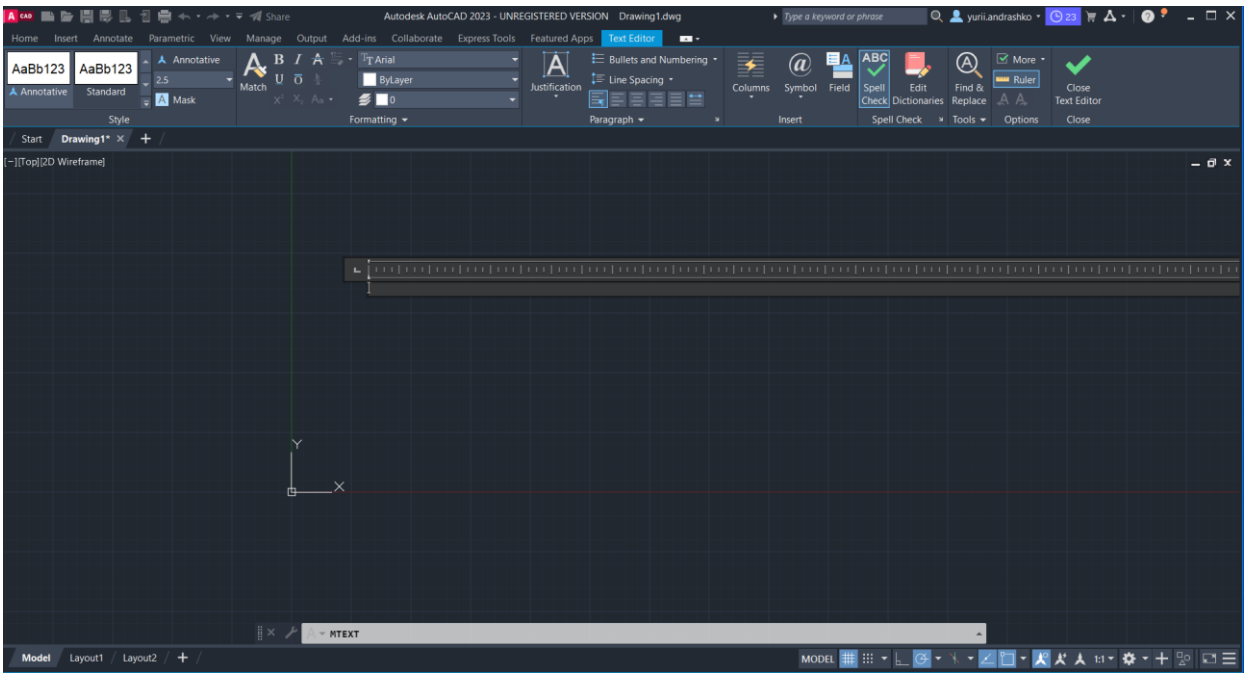



**Рис. 16.**

## 3. Побудова основних графічних примітивів

*Графічний примітив* – це попередньо визначений основний геометричний елемент, за допомогою якого будуються складніші моделі. Програма AutoCAD використовує великий набір примітивів (рис. 17): точки, відрізки, кола, дуги, полілінії (неперервна послідовність відрізків і дуг), мультилінії (ламана лінія, сегменти якої складаються з декількох паралельних відрізків), сплайни (гладкі криві, які проходять через заданий набір точок), тексти, блоки (іменовані об’єкти, сформовані із декількох примітивів), еліпси, многокутники, фігури (частини площини, обмежені трьома або чотирма відрізками), прості тіла тощо. Загальні властивості, які мають усі примітиви, наступні: належність до шару, колір, тип і товщина лінії. Окремі примітиви (текст, блок) мають спеціальні властивості: гарнітура, кут нахилу, точка вставки тощо.

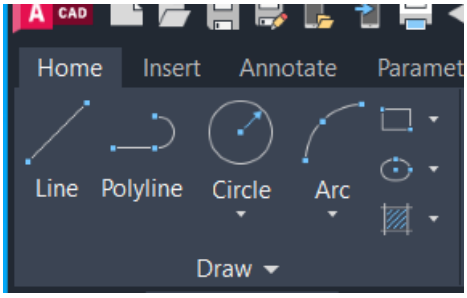



**Рис. 17.** Розташування основних графічних примітивів у панельному меню у вигляді кнопок

## 3.1. Команда *Line*

***Line (Відрізок)*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *line (Відрізок)*.
- Натиснути кнопку на панелі інструментів.

Щоб побудувати відрізок, необхідно вказати координати двох точок – початкової і кінцевої. При цьому будується одинарний відрізок або послідовність відрізків. При побудові послідовності відрізків кінцева точка попереднього відрізка є початковою для наступного. Для побудови виконують таку послідовність:

1. Ввести команду одним із вище перерахованих способів;

2. На запит системи *Specify first point (Перша точка)* ввести координати початкової точки одним з таких способів:

- інтерактивне (динамічне) введення – помістити покажчик у вигляді перехрестя в точці, що має потрібні координати, і натиснути ліву кнопку миші;
- ввести координати початкової точки з клавіатури;
- натиснути клавішу *Enter*, в цьому випадку початковою точкою система автоматично обере останню точку відрізка, побудованого попередньою командою, або видасть повідомлення про помилку, якщо така точка відсутня.

3. На запит системи *Specify next point or [Undo] (Наступна точка або [відмінити])* ввести координати кінцевої точки одним з таких способів:

- помістити покажчик у вигляді перехрестя в точці, що має потрібні координати і натиснути ліву кнопку миші;
- ввести координати кінцевої точки з клавіатури.

4. На запит системи *Specify next point or [Undo] (Наступна точка або [відмінити])* виконати одну з таких дій:

- завершити виконання команди, для цього натисніть клавішу *Enter*;
- ввести координати кінцевої точки наступного відрізка одним із способів, що описані в кроці 3.

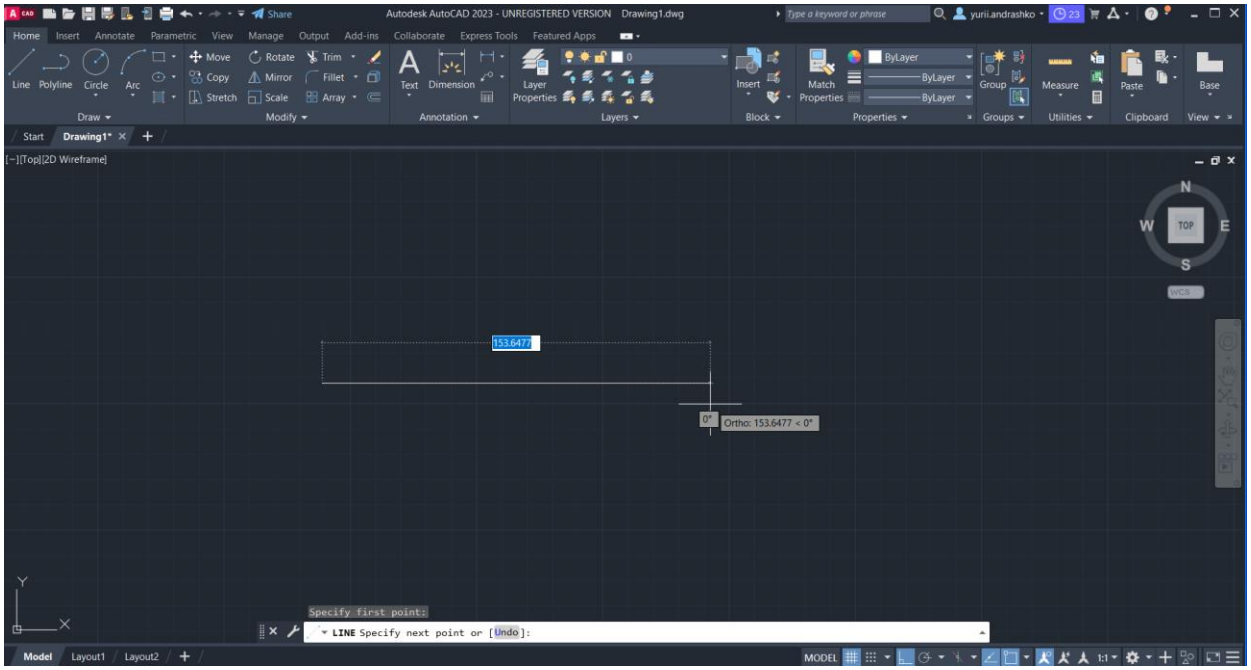



**Рис. 18.** Використання швидкого вводу відрізків

## 3.2. Команда *Polyline*

***Polyline (Полілінія)***. Способи введення команди:

- набрати з клавіатури команду: *pline (ПЛІНІЯ).*
- натиснути кнопку на панелі інструментів.

Полілінія складається з послідовності лінійних та дугових сегментів, кожен з яких може мати визначену ширину. Значення ширини в початковій точці сегмента може відрізнятись від її значення в кінцевій точці. При побудові полілінії необхідно визначити початкову точку у відповідь на запит системи *Specify start point (Початкова точка)*. Далі стають доступними параметри у командному рядку при запиті системи *Наступна точка або [Дуга/ Замкнути/ Напівширина/ Довжина/ Скасувати / Ширина]:*

- *Arc (Дуга)* – створення дугового сегмента полілінії;
- *Close (Замкнути)* – з'єднує кінцеву точку полілінії з її початком прямолінійним сегментом;
- *Halfwidth (Напівширина)* – задає половину ширини сегмента полілінії в початковій та кінцевій точці;
- *Length (Довжина)* – створює сегмент полілінії заданої довжини того ж напряму, що і попередній;
- *Undo (Скасувати)* – видаляється останній побудований сегмент;
- *Width (Ширина)* – задає ширину сегмента полілінії в початковій та кінцевій точці.

Полілінія, побудована командою *pline* розглядається в AutoCAD як єдиний об'єкт. Редагування полілінії здійснюється командою *Pedit*

*(ПОЛРЕД)*. За допомогою команди *Explode (Роз'єднати)* полілінію можна розбити на окремі об'єкти. А фігуру, створену командою *Line*, можна перетворити в полілінію командою *Pedit*.

## 3.3. Команда *Circle*

***Circle (Коло ).*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *circle (КОЛО).*
- Натиснути на кнопку на панелі інструментів (рис.19)

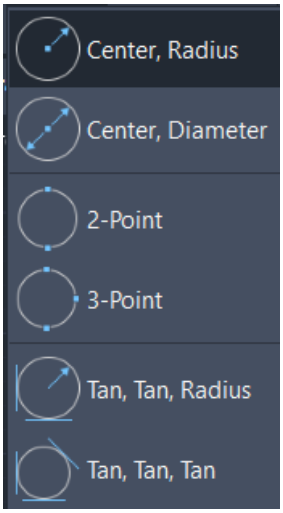



**Рис. 19**

Для побудови кола виконайте такі дії:

- введіть команду одним із вище перерахованих способів;
- на запит системи *Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]* вибрати один із способів побудови кола.

Коло можна побудувати наступними способами:

*1) вказати координати центра кола і розмір радіуса або діаметра;*

*2) вказати координати трьох точок, які лежать на колі і не лежать на одній прямій;*

*3) вказати координати двох точок, які є кінцями діаметра;*

*4) побудувати коло, яке торкається двох раніше побудованих об'єктів у вказаних точках;*

- ввести опцію *Ttr (ККР)*. В цьому випадку коло торкається в двох точках об'єктів, побудованих раніше;
- системою буде виданий запит на почергове введення координат цих точок: *Specify point on object for first tangent of circle (Вкажіть точку на об'єкті, що задає першу дотичну)*; *Specify point on object for second tangent of circle (Вкажіть точку на об'єкті, що задає другу дотичну)*;
- далі необхідно ввести радіус кола у відповідь на запит системи *Specify radius of circle (Радіус кола)* або натиснути клавішу Enter. В цьому випадку радіус буде обчислений автоматично.

5) *побудувати коло, яке торкається трьох раніше побудованих об'єктів у вказаних точках.*

## 3.4. Команда *Arc*

***Arc (Дуга).*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *arc (ДУГА);*
- Натиснути кнопку на панелі інструментів.

Дуга будується одинадцятьма способами, які розрізняються вибором і комбінацією параметрів, відображених у меню (рис. 20):

**Рис. 20**

*Start (Початок)* – початкова точка; *Center (Центр)* – центр дуги; *End (Кінець)* – кінцева точка; *Angle (Кут)* – центральний кут; *Chord Length (Довжина)* – довжина хорди; *Direction (Напрям)* – напрям дотичної (вказується однією точкою і збігається з вектором, проведеним в цю точку з початкової точки); *Radius (Радіус)* – радіус дуги; *3 Points (3 Точки)* – за трьома точками, що лежать на дузі;

*Continue (Продовжити)* – побудова дуги як продовження попередньої лінії чи дуги. Початковою точкою і початковим напрямом будуть відповідно

кінцева точка та кінцевий напрям попередніх дуги чи відрізка. При побудові дуги додатним вважається напрям побудови дуги проти годинникової стрілки; змінити напрям побудови можна, ввівши від'ємне значення кута. При будуванні дуги з використанням параметра *Довжина* змінити напрям побудови можна, ввівши від'ємне значення хорди.

### 3.5. Команда *Rectang*

***Rectang (Прямокутник).*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *rectang (ПРЯМОКУТНИК).*
- Натиснути кнопку на панелі інструментів.

Щоб побудувати прямокутник, потрібно вказати координати двох діагонально протилежних вершин. Прямокутник можна побудувати з заокругленнями (параметр *Fillet (Сполучення),* необхідно вказати радіус заокруглення) або з фасками (параметр *Chamfer (Фаска)*, слід вказати розмір фаски по горизонталі та по вертикалі).

### 3.6. Команда *Polygon*

***Polygon (Многокутник).*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *polygon (МНОГОКУТНИК).*
- Натиснути кнопку на панелі інструментів.

Щоб побудувати многокутник, потрібно вказати кількість сторін многокутника і чи є він вписаним або описаним.

### 3.7. Команда *Ellipse*

***Ellipse (Еліпс).*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *ellipse (ЕЛІПС).*
- Натиснути кнопку на панелі інструментів.

Еліпс можна побудувати, вказавши центр та радіус ізометричного кола або задавши початкову та кінцеву точку однієї осі і відстань від центра еліпса до кінця другої осі, тобто комбінацією параметрів, відображених у меню (рис. 21):

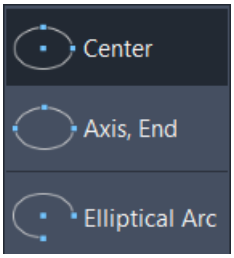



**Рис. 21**

*Center (Центр)* – центр еліпса. Необхідно також вказати координати кінцевої точки осі і відстань від центра до кінцевої точки другої осі.

*Axis endpoint (Кінцева точка осі)* – кінцева точка осі. При виборі даної опції (вона застосовується за замовчуванням) задаються дві кінцеві точки першої осі і точка, що вказує відстань від центра еліпса до кінця іншої осі.

*Elliptical Arc (Елліптична дуга)* – дозволяє створити еліптичну дугу. Додатковим параметром команди є:

*Rotation (Поворот)* – еліпс будується як проекція кола, що обертається навколо діаметра.

# 4. Редагування об’єктів

Команди редагування дозволяють змінювати розмір об’єктів, їх положення, форму, дублювати тощо.

## 4.1. Команда *Scale*

**Scale (Масштабувати)** Після задання базової точки (*base point*) треба задати масштабний коефіцієнт або довжину відношення (довжину поточного об’єкта відносно нового): *Specify reference length or scale factor or* (*reference*).

## 4.2. Команда *Stretch*

**Stretch (Розтягнути)** Вказується базова точка чи зміщення (*base point or displacement*). Якщо вказана базова точка, то треба вказати іншу точку для нового її положення. Зміщення визначається по кожній координаті, або як відстань і кут від початкової до кінцевої точки.

## 4.3. Команда *Trim*

**Trim (Обрізати)** . Після запуску команди виводяться її поточні установки (*Current Settings*), після чого треба вибрати ріжучі кромки (*Cutting Edges*). Далі обирається об’єкт, який потрібно обрізати: *Select object to trim or shift select to extend or* (*Project / Edge / Undo*).

Якщо вибір об’єкту здійснено при натисненій клавіші Shift, то обраний об’єкт буде не обрізатися, а розширюватися (див. команду **Extend**). Обравши опцію *Progect*, можна змінити її значення, які можуть бути: *None* (обрізаються тільки ті ребра у тривимірному просторі, що перетинаються з ріжучими кромками), *UCS* (обрізаються ребра, що перетинаються ріжучими кромками у поточній системі координат), *View* (обрізаються ребра у тривимірному просторі у поточній проекції. Обравши опцію *Edge*, можна визначити, чи буде об’єкт обрізатись до неявного перетину ребра чи тільки

до вказаного місця, тобто, чи треба розширити ріжучу кромку до місця неявного перетину: *Enter an implied edge extension mode* [*Extend/ no extend*].

### 4.4. Команда *Extend*

**Extend (Подовжити)** . Для подовження об'єктів спочатку виберіть межі. Потім натисніть Ввід (Enter) і виберіть об’єкти для подовження. Для використання всіх об'єктів у якості границь натисніть Ввід (Enter) у відповідь на запит вибору об'єктів.

### 4.5. Команда *Break*

**Break (Розірвати)** . На відміну від **trim** не треба створювати ріжучі кромки. Крім того, може бути розірваний і незамкнений об’єкт зі збереженням його частин. При розриванні виділяється частина об’єкту між двома заданими точками (якщо точки не лежать на об’єкті, вони проектуютьсяна нього). В якості першої точки обирається та, де було вперше обрано об’єкт. Її можна змінити, обравши опцію *First*. Якщо треба лише розбити об’єкт на дві частини, то як другу точку доцільно вказати @0, 0.

### 4.6. Команда *Rotate*

**Rotate (Повернути)** . Вказується точка, відносно якої треба повернути об’єкт, далі кут обертання (*Rotation angle*) або відношення кутів (опція *Reference*), згідно з яким задається старе та нове значення кутів (кути можна вказати точками на екрані).

### 4.7. Команда *Move*

**Move (Перемістити)** . Вказується базова точка чи зміщення (*displacement*). Далі вказується друга точка, яка разом з першою (базовою) визначає відстань та напрямок переміщення об’єкта. Зміщення можна задати покоординатно або як кут та відстань.

### 4.8. Команда *Copy*

**Copy (Копіювати)** . Аналогічно команді **move** вказуються або дві точки, або зміщення. На відміну від **move**, об’єкт, що копіюється, залишається також і на попередньому місці.

### 4.9. Команда *Explode*

**Explode (Розбити)** . За допомогою цієї команди виконується декомпозиція (розбиття) складних об’єктів, наприклад, поліліній, на окремі сегменти.

### 4.10. Команда *Erase*

**Erase (Стерти)** . Дозволяє видаляти низку примітивів, виділених мишею. Відмінити це можна командою **undo**, або, краще, командою **oops** (**undo** відміняє попередню команду, **oops** відбудовує останні вилучені об’єкти).

### 4.11. Команда *Offset*

**Offset (Копіювати з розташуванням у певному місці)** . Вказується зміщення (*offset distance*) або, після опції *Through*, точка, через яку має проходити копійований об’єкт. Далі вказуються об’єкти, що підлягають копіюванню з переміщенням. Створена копія може бути точним або зміненим (подібним) дублікатом оригіналу. Точні копії командою **offset** можна створити для відрізків або прямих, змінні – для дуг, кіл, еліпсів, сплайнів, поліліній.

### 4.12. Команда *Mirror*

**Mirror (Дзеркально відобразити)** . Вказуються дві точки, що визначають вісь симетрії (*mirror line*), яка не є реальним об’єктом на рисунку. Після цього треба вказати чи потрібно видалити об’єкти на старому місці (*Deletesource objects*).

### 4.13. Команда *Array*

**Array (Створення впорядкованих копій об’єкта).** Можна створювати прямокутні масиви (*rectangular*) у вигляді рядків та стовпчиків, масиви на колі (*polar*), у яких об’єкти розташовані на колі або масив по траєкторії , рівномірний розподіл копій об'єктів уздовж траєкторії або її частини. Траєкторія може являти собою лінію, полілінію, 3D полілінію, сплайн, спіраль, дугу, коло або еліпс.

Для прямокутних масивів задаються відстані між стовпцями та рядками (*column offset, row offset*). Ці відстані можна задати або безпосередньо у відповідних полях вводу діалогового вікна, або створивши курсором на екрані прямокутну рамку (при натисненій кнопці миші). Щоб задати рамку на екрані, треба натиснути на одну з піктограм в діалоговому вікні (*Array*): *Pick column offset* (вказати відстань між стовпцями), *Pick row*

*offset* (вказати відстань між рядками), *Pick both offsets* (вказати обидві відстані). Висота рамки відповідає відстані між рядками, ширина – відстані між стовпцями. Якщо значення відстані менше нуля, то копії будуть дублюватись у напрямку, протилежному напрямку відповідної осі.

Для масиву на колі треба вказати точку центра кола, на якому повинні бути розташовані копії (*Center point*); число елементів (*Total number of items*), кут заповнення (*Angle to fill*). Кут заповнення визначає частину кола, яку треба заповнити копіями, він може бути у діапазоні від 0до 360°.

## 4.14. Команда *Chamfer*

**Chamfer (Створити фаску)** . Призначена для зрізання кутів, створених двома відрізками чи прямими, що перетинаються. Після запуску команди виводяться поточні установки (*Current settings*): *Dist1, Dist2, Angle, Method*. Параметр *Method* визначає, яким чином буде виконуватись фаска, *Distance* (Відстань) чи *Angle* (Кут). Якщо фаска визначається відстанями, то потрібно вказати *Dist1* та *Dist2* – відстані на двох прямих чи відрізках від точки їх перетину. Якщо фаска визначається кутом, то треба вказати довжину на першому відрізку від точки перетину з другим відрізком. Крім того, в команді **chamfer** є опції *Polyline* (створити фаски в полілінії) та *Trim* (вказати, видаляти чи ні частини двох відрізків, які відсічені фаскою). За допомогою **chamfer** можна обрізати чи подовжувати відрізки до точки їх можливого перетину (можливо, якщо опція *Trim* активна). Команду **chamfer** можна застосовувати лише для лінійних об’єктів.

## 4.15. Команда *Fillet*

**Fillet (Спряження)** . Призначена для округлення кутів, з’єднання дуг, еліпсів. Після запуску команди виводяться поточні установки (*Current setting*), після чого можна вибрати об’єкти для спряження та змінити його параметри: *Select object or* (*Polyline/Radius/Trim*).

Параметр *Radius* визначає радіус дуги, що з’єднує два сегмента, які спрягаються. Якщо обрана опція *Polyline*, то округленню підлягають всі місця з’єднань між сегментами полілінії. Опція *Trim* визначає, видаляти чи ні залишкові частини сегментів, що були спряжені. Треба мати на увазі, що спрягати можна не всі об’єкти – для цього *Radius* повинен знаходитися у повному діапазоні значень. Загальне правило тут таке: початок та кінець дуги повинні бути дотичними до об’єктів, що спрягаються.

Дугу кола, за допомогою якої виконується спряження, називають *дугою спряження.* Для побудови дуги спряження слід мати її центр, радіус і точки

спряження, в яких дуга переходить у спряжувані лінії. Досить задати один з цих трьох параметрів, і побудова спряження стає можливою.

Розглянемо спряження за допомогою дуги кола заданого радіуса.

**Спряження двох прямих.** Центр дуги спряження має бути на однаковій відстані від кожної з прямих. Кожна з точок спряження є основою перпендикуляра, опущеного з центра спряження на відповідну пряму.

Алгоритм побудови спряження (рис. 22 а, б) такий:

**1.** Провести дві прямі, паралельні заданим, на відстані *R* від кожної з них.

**2.** Визначити точку їх перетину – центр спряження *O*.

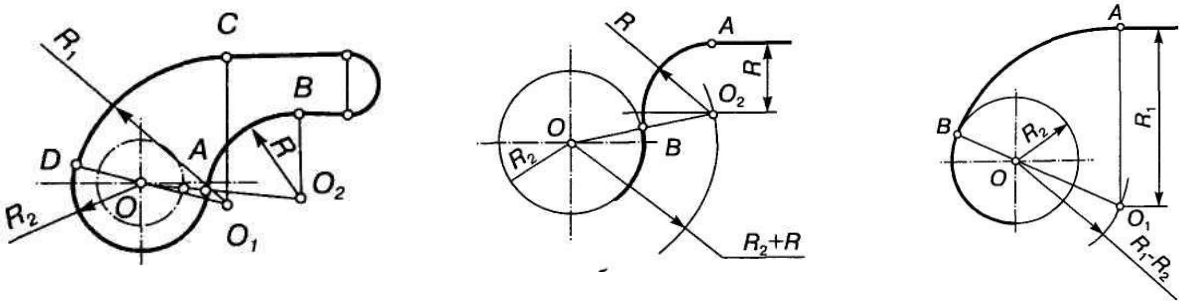
**3.** Провести перпендикуляри і визначити точки спряження *A* та *B*.

**4.** Побудувати дугу спряження від точки *A* до точки *B*.

*а)* *б)*

**Рис. 22.** Спряження двох прямих

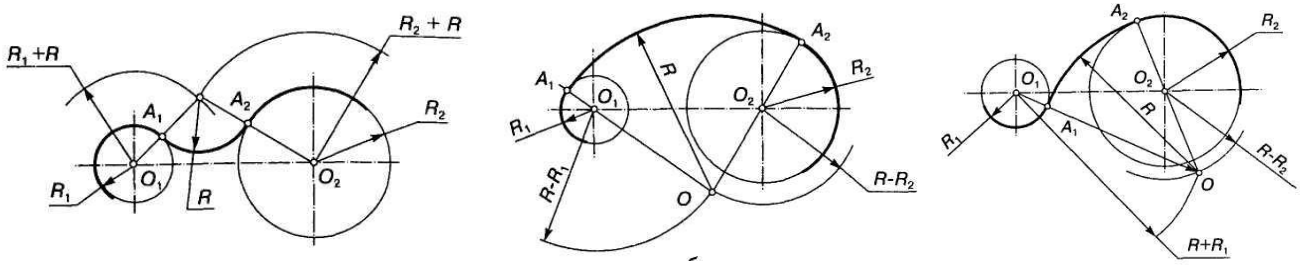
**Спряження прямої лінії та дуги кола.** Розрізняють зовнішнє (рис. 23, *а*) та внутрішнє (рис. 23, *б*) спряження. Центр спряження лежить на перетині концентричної дуги кола, віддаленої від заданого кола на відстань *R*, та прямої, паралельної заданій, на відстані *R* від неї. Точка спряження *B* на колі (рис. 23, *в*) лежить на прямій, що сполучає центр спряження та центр кола.




*а)* *б)* *в)*

**Рис. 23** Спряження прямої лінії та дуги кола

**Спряження дуг двох кіл між собою.** Розрізняють зовнішнє (рис. 24, *а*), внутрішнє (рис. 24, *б*) та змішане (рис. 24, *в*) спряження.




*а)* *б)* *в)*

**Рис. 24** Спряження дуг двох кіл між собою

У першому випадку центр спряження є точкою перетину дуги кіл радіусів $R_1 + R$ і $R_2 + R$, у другому – на перетині кіл радіусів $R - R_1$, і $R - R_2$, у третьому – на перетині дуг кіл радіусів $R_1 + R$ і $R - R_2$. Точки спряження $A_1$ і $A_2$ лежать на прямих, що сполучають центр спряження з центром відповідного кола. Звичайно, наведені розв'язання не єдині. Можна побудувати також спряження, симетричні відносно осі $O_1O_2$ що сполучає центри кіл.

## 5. Нанесення розмірів

Розміри повинні повністю визначати величину виробу, а їх кількість повинна бути достатньою для розуміння креслення.

Варіанти нанесення розмірів або їх редагування містяться у команді меню *Dimensions (Розміри)* для класичного AutoCAD, а також у вигляді кнопок на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотації* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація)* (рис. 25). AutoCAD дає змогу створювати асоціативні розміри, які при зміні об’єктів командами редагування автоматично оновлюються.

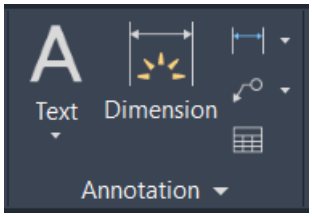



**Рис. 25.** Елементи розмірів у панельній стрічці-підменю

Вигляд розміру на кресленні залежить від обраного стилю. За замовчуванням пропонується стиль *ISO-25*, який призначений для машинобудівного креслення. AutoCAD надає можливість вносити зміни в існуючі стилі, а також створювати власні стилі. Від обраного розмірного стилю залежить відображення виносних ліній, розмір та положення тексту, довжина та тип стрілок, базовий інтервал між розмірними лініями тощо. Керують процесом нанесення розмірів розмірні змінні, значення яких можна

змінити відповідними командами або у діалоговому вікні *Dimension Style Manager* (*Диспетчер розмірних стилів)*, створивши новий стиль, або редагуючи існуючий.

## 5.1. Створення розмірних стилів

Для створення нового стилю розмірів, або введення змін у існуючі стилі необхідно вивести на екран діалогове вікно ***Dimensionu Styleu Manager (****Диспетчер розмірних стилів****)***. Це можна зробити з закладки ***Аннотації*** (рис. 26).

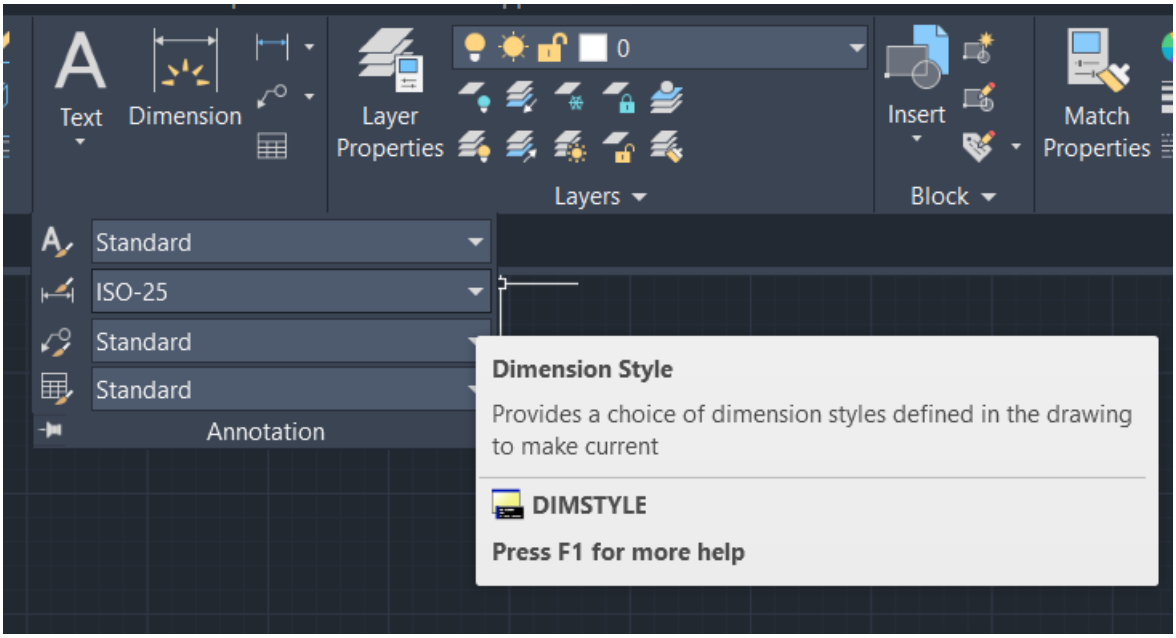



**Рис. 26.** Діалогове вікно створення розмірного стилю на закладці Аннотації

Після виводу діалогового вікна ***Dimension Style Manager (****Диспетчер розмірних стилів****)*** (рис. 27) необхідно послідовно виконати дії створення та налаштування нового розмірного стилю.

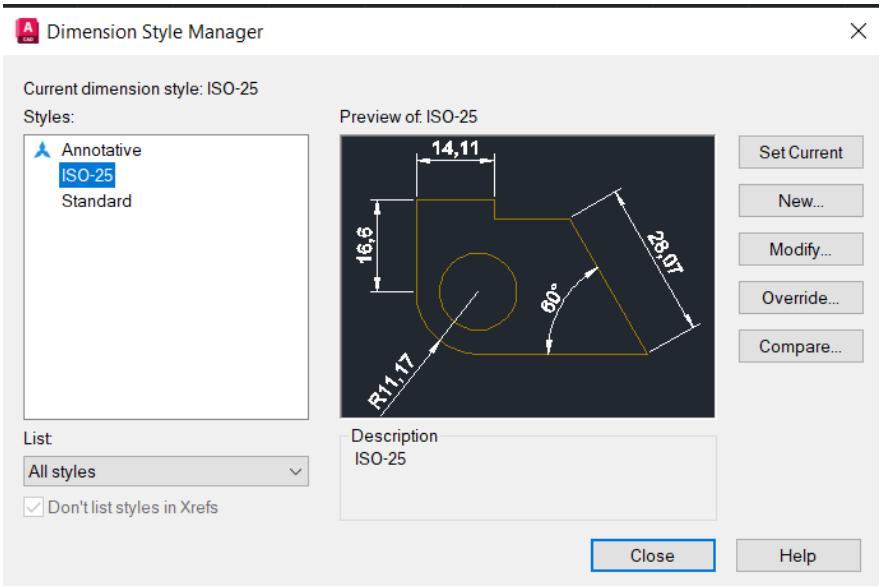



**Рис. 27.** Діалогове вікно розмірних стилів *Dimension Style Manager* (*Диспетчер розмірних стилів*)

Внесення змін в існуючий стиль відбувається у діалоговому вікні *Modyfy Dimension Style (Зміна розмірного стилю)* (рис. 28). На відповідних вкладках даного можна змінити значення розмірних змінних.

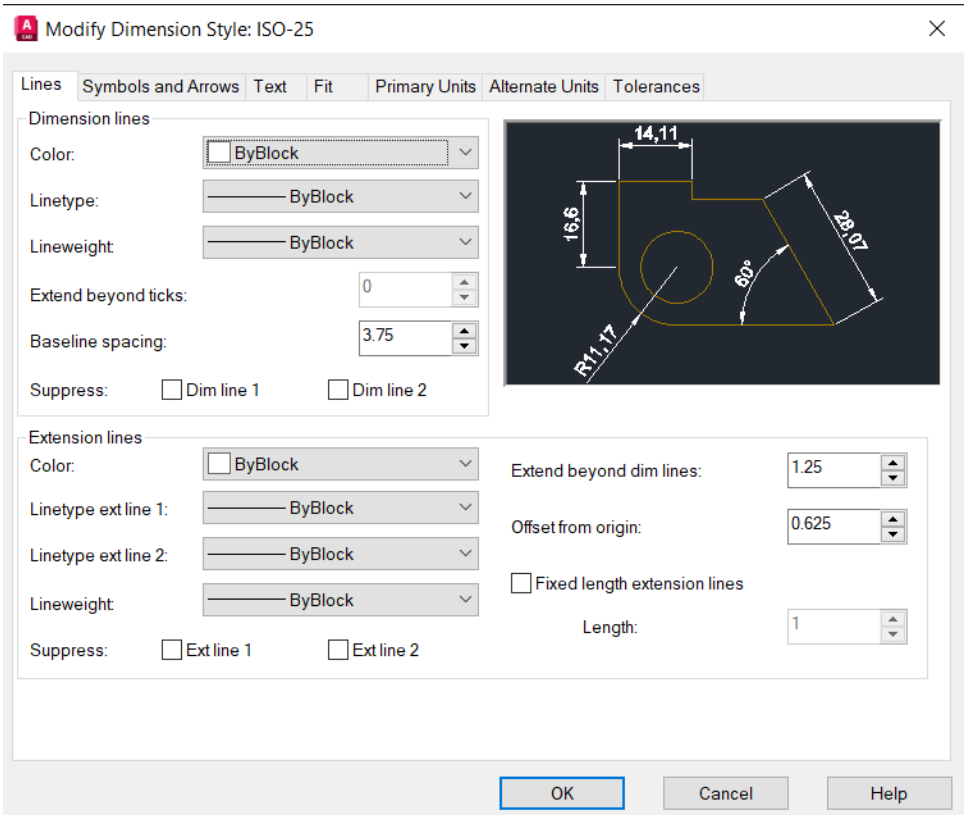



**Рис. 28** Внесення змін у розмірний стиль у діалоговому вікні *Modify Dimension Style (Зміна розмірного стилю)*

На вкладці *Lines (Лінії)* задається колір, товщина та інші характеристики розмірних та виносних ліній. На вкладці *Symbols and Arrows (Символи та стрілки)* вибирається тип та розмір стрілок. На вкладці *Text (Текст)* вибираються параметри розмірного тексту: колір, стиль,

вирівнювання. На вкладці *Fit (Розміщення)* здійснюється управління взаємним розміщенням розмірних, виносних ліній та тексту, а також масштабом розмірів. На вкладках *Primary Units (Основні одиниці)* та *Alternate Units (Альт. одиниці)* визначається формат одиниць вимірювання, задається точність. На вкладці *Tolerance (Допуски)* визначається формат та точність допусків.

Щоб створити новий розмірний стиль необхідно у діалоговому вікні ***Dimension Style Manager (****Диспетчер розмірних стилів****)*** натиснути кнопку ***New...(Новий…)***, після чого на екран виводиться нове діалогове вікно ***Create New Dimension Stile (Створення нового розмірного стилю)***.

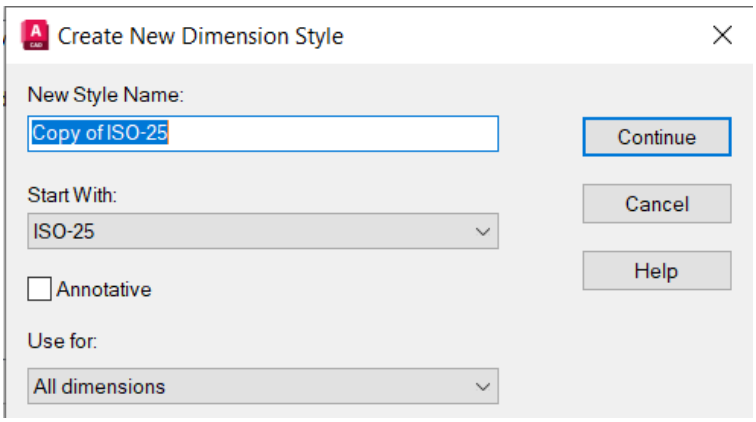



**Рис. 29.** Вікно створення нового розмірного стилю

Для збереження файлу шаблону треба вибрати команду ***Save as... (Зберегти як …)*** спадного меню ***File (Файл)***, після чого відкривається діалогове вікно ***Save drawing as… (Зберегти рисунок як…)*** (рис. 30). Тепер спочатку треба розкрити список ***Тип файла*** і вибрати тип ***AutoCAD Drawing Template*** *(*.dwt)*. Далі у вікні ***Папка*** треба знайти шлях до особистої папки і відкрити її, двічі клацнувши на ній лівою кнопкою миші, а у вікні ***Ім'я файла*** ввести з клавіатури нове ім'я файлу шаблону.

Усі параметри шаблону постійно зберігаються у файлі рисунка, для якого шаблон був використаний. Якщо для виконання графічного файлу деякі параметри шаблону були змінені, то ці зміни зберігаються тільки у файлі цього кресленика і не змінюють параметри шаблону. Для збереження змін параметрів у шаблоні його треба знову зберегти за описаною методикою як файл шаблону.

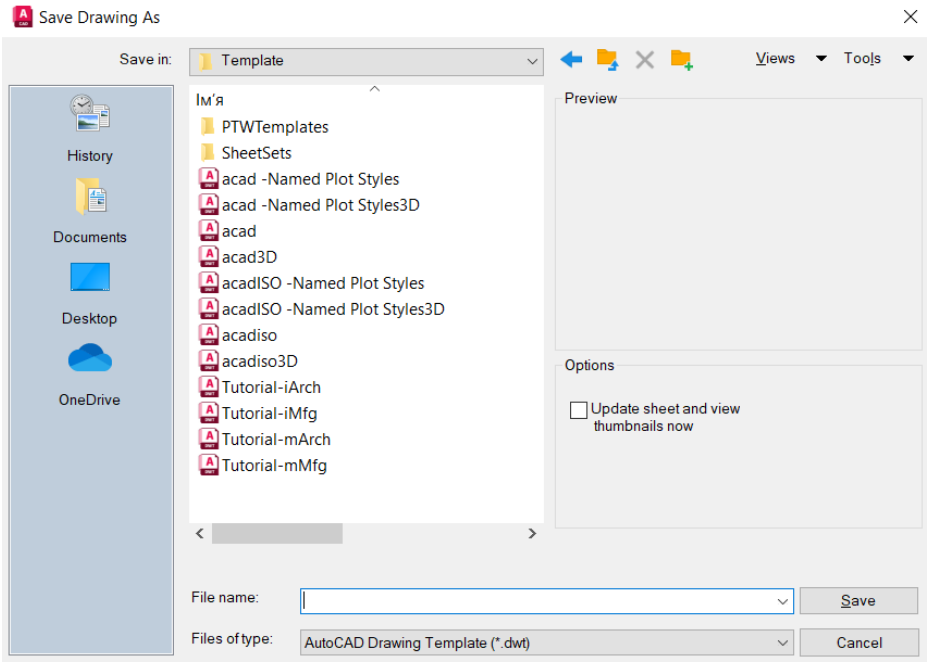



**Рис. 30**

## 5.2. Команди нанесення розмірів

**1.** ***Лінійний розмір***. Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimlinear*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Linear (Розміри* ► *Лінійний)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотації* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація)*.

Лінійні розміри можуть бути горизонтальними, вертикальними, ординатними, утворювати розмірні ланцюги або можуть бути нанесені від загальної бази. Найпростіше проставити розмір наступним способом:

1) включити режим об'єктної прив'язки;

2) графічним курсором показати першу початкову точку виносної лінії;

3) на запит *Specify second extension line origin (Початок другої виносної лінії)* показати другу початкову точку виносної лінії;

4) задати положення розмірної лінії на запит *Specify dimension line location or [Mtext/ Text/ Angle/ Horizontal/ Vertical/ Rotated] (Положення розмірної лінії або [Мтекст/ Текст/ Кут/ Горизонтальний/Вертикальний/Повернутий])* або ввести одну із запропонованих системою опцій:

*Mtext (Мтекст)* – відкриється вікно багаторядкового текстового редактора *Multiline Text Editor*, в якому можна внести зміни в розмірний текст.

*Text (Текст)* – дозволяє внести зміни в розмірний текст, скориставшись редактором однострічкового тексту.

*Angle (Кут)* – дозволяє змінити кут нахилу розмірного числа або розмірного тексту.

*Horizontal (Горизонтальний)* – використовується для нанесення горизонтального розміру.

*Vertical (Вертикальний)* – використовується для нанесення вертикального розміру.

*Rotated (Повернутий)* – використовується, якщо необхідно задати кут нахилу розмірної лінії.

**2.** ***Паралельний розмір.*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimaligned*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Aligned* (*Розміри* ► *Параллельний*) – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотації* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація).*

Даною командою будується розмірна лінія, кут нахилу якої збігається з кутом нахилу вибраного об'єкта. Розмір наноситься аналогічно лінійному.

**3.** ***Кутовий розмір.*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimangular*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Angular (Розміри* ► *Кутовий)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотація* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація).*

Кутові розміри можна визначити для дуги, двох відрізків, трьох точок, що не належать прямій. Виводяться кутові розміри з позначенням одиниці вимірювання – ˚(градус). Розмірною лінією кутового розміру є дуга з центром у вершині кута, виносні лінії формуються автоматично. Кутові розміри можна наносити від загальної бази, а також створювати розмірний ланцюг.

**4.** ***Розмір довжини дуги.*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: dimarc.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Arc Length (Розміри* ► *Довжини дуги)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотація* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація).*

Розміри довжини дуги вимірюють відстань уздовж дуги або дугового сегмента полілінії. Виносні лінії розміру довжини дуги можуть бути ортогональними або радіальними. Символ дуги відображається над розмірним текстом або перед ним.

**5.** ***Радіус.*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimradius*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Radius (Розміри* ► *Радіус)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотація* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація*).

Розмір дуги або кола визначається значенням радіуса або діаметра. Для цих об'єктів існує також можливість нанесення маркерів центра і центрових ліній. Після введення команди на запит *Select arc or circle (Выберите дугу или круг)* показати перехрестям будь-яку точку об'єкта. AutoCAD дозволяє створити розмірну лінію довільної довжини і розмістити її під будь-яким кутом. Користуючись опціями команди, можна редагувати розмірний текст, а також змінити кут нахилу. Перед значенням радіуса AutoCAD автоматично вставляє символ *R*.

**6.** ***Діаметр.*** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimdiamete*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Diameter (Розміри* ► *Діаметр)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотації* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотації*).

Нанесення діаметра здійснюється аналогічно до нанесення радіуса. Перед значенням діаметра AutoCAD автоматично вставляє символ *Ø*.

**7.** ***Ординатний розмір***. Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *_dimordinate*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Ordinate (Розміри* ► *Ординатний)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions (Анотації* ► *Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотація*).

**8.** Способи введення команди:

- Набрати з клавіатури команду: *dimordinate*.
- Виклик з меню: *Dimension* ► *Jogged (Розміри* ► *Ординатний)* – класичний AutoCAD.
- Натиснути кнопку на панелі *Annotate* ► *Dimensions*

*(Анотації ► Розміри)* режиму *Drawing & Annotation (Малювання та анотації*).

Можна вибрати об’єкти або точки на об’єктах для нанесення розмірів, а потім клацнути, щоб розмістити розмірну лінію. Коли ви наводите курсор на об’єкт, команда *Dim* автоматично створює попередній перегляд відповідного типу розміру для використання.

### 6. *Штрихування об’єктів*

*Штрихування* – множина ліній, які утворюють певний рисунок; вставляється як єдиний об’єкт для замкнутих областей. У програмі AutoCAD передбачено декілька типів штрихувань, які створюються на основі узорів з ліній, що повторюються за допомогою вбудованої бібліотеки стандартних зразків штрихування.

Штрихування в програмі AutoCAD характеризуються такими властивостями:

1) штрихування у вигляді блоків – всі лінії, які знаходяться всередині позначеної області, є частиною єдиного об’єкта;
2) асоціативне штрихування – при зміні розміру об’єкта використане в ньому штрихування автоматично оновиться і прийме нову форму.

Способи введення команди штрихування:

- Набрати з клавіатури команду: *bhatch*.
- Натиснути кнопку на панелі *Home* ► *Modify (Головна* ► *Редагування)* режиму *Drawing & Annotation (Рисування та анотації)*.

Команда *bhatch* відкриває на панелі меню вкладку *Hatch Creation (Створення штрихування)* з вкладками *Boundaries (Контури), Pattern (Зразок), Properties (Властивості), Origin (Початок), Options (Параметри), Close (Закрити)* (рис. 31). На вкладці *Pattern (Зразок)* вибирається штрихування за іменем зі списку або за малюнком – зразки малюнків представлені у вікні. У *Properties (Властивості)* можна задати кут нахилу і масштаб штрихування. Після вибору зразка і параметрів штрихування необхідно показати об’єкти, які будуть заштриховані.

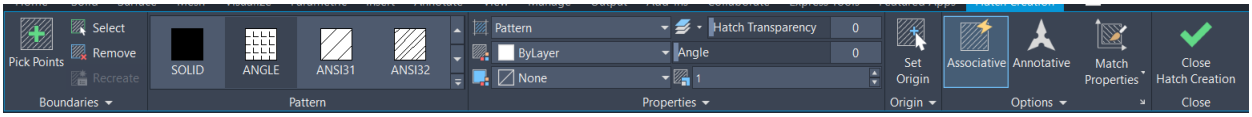



**Рис. 31.** Вигляд вкладки *Hatch Creation (Створення штрихування)*

Для вибору об’єктів штрихування пропонується декілька способів. Можна безпосередньо вибирати об’єкт або вказати точку всередині

замкнутого контуру, надаючи можливість системі автоматично визначити область, яка підлягає штрихуванню – вкладка *Boundaries (Контури)*. Для виконання вибору використовується відповідна кнопка, яка скеровує користувача у вікно креслення, де почергово вибирається кожен об'єкт, або вказуються точки всередині замкнутих контурів. Після вибору необхідно повернутися в діалогове вікно штрихування (натиснувши клавішу *Enter*).

Для вибору *асоціативного* або *анотативного* штрихування переходять на вкладку *Options (Параметри)*. Асоціативність означає, що штрихування прив'язується до контурів об'єкта та при зміні їх форми автоматично змінюється область, яка заповнена штрихуванням. Анотативність передбачає автоматичне масштабування штрихування разом з об'єктом при масштабуванні. А команда *hatch* створює *неасоціативне* штрихування. Функцію асоціативності можна увімкнути/вимкнути на вкладці *Options (Параметри)*.

# 7.Статичні та динамічні блоки

У AutoCAD можливе створення так званих блоків – об'єктів або набору об'єктів, що мають певне ім'я і сприймається системою як один об'єкт.

Блоки можна зберігати у вигляді окремих файлів і використовувати для подальшої роботи в інших проектах.

Перед тим як почати створення блоку, необхідно переконатися, що на кресленику побудовані всі об'єкти, які увійдуть у цей блок.

## 7.1. Створення блоків

**Способи введення команди створення блоку:**

- набрати з клавіатури команду ***block*** *(БЛОК)*;
- кнопка на панелі інструментів *Блок* ► *Створити* .

Після виклику команди на екрані з'явиться діалогове вікно ***Block Definition*** *(Визначення блоку)* (рис. 32).

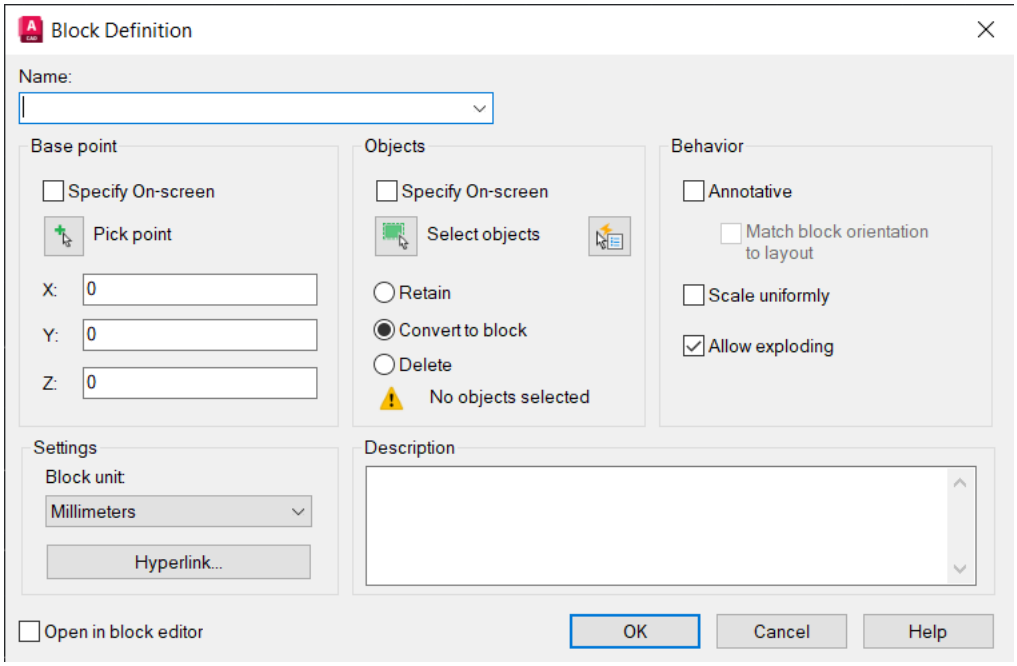



**Рис. 32.** Діалогове вікно Block Definition (Визначення блоку)

У полі ***Name*** *(Ім'я)* (рис. 32) необхідно ввести ім'я блоку. Клацнувши по кнопці , вибрати об'єкти, що увійдуть в блок, за допомогою миші. Далі користувачеві необхідно вказати базову точку – точку на поточній побудові, яка при вставці блоку буде збігатися з точкою вставки. Це можна зробити, ввівши координати з клавіатури, або, натиснувши на кнопку, вказати базову точку за допомогою миші. Кнопка <*ОК*> – завершити створення блоку.

Готовий блок може бути вставлений в будь-яке місце кресленика.

## 7.2. Вставка блоків

**Способи введення команди вставки блоку:**

- набрати з клавіатури команду ***insert*** *(Вставити Блок)*;
- виклик меню: ***Insert*** *(Вставка)* ► ***Block*** *(Блок)*;
- кнопка на панелі інструментів *Блок*► *Вставка* .

Розбиття блоку на складові об'єкти користувач може здійснити наступними способами:

- введенням в командний рядок: ***explode*** *(Розбити)*;
- виклик меню: ***Modify*** *(Редагування)* ► ***explode*** **(***Розбити)*;
- натисканням миші на кнопку на панелі інструментів ***Modify*** *(Редагування)*.

Дану команду слід використовувати після виділення блоку, який необхідно розчленувати.

Одним з найважливіших елементів програми AutoCAD є динамічні блоки. Вони відкривають великі можливості адаптації програми під особисті

потреби користувача. При цьому немає необхідності вивчати яку-небудь мову програмування.

## 7.3. Динамічні блоки

**Динамічні блоки** – це блоки, для яких були визначені деякі правила і параметри зміни форми, розміру та конфігурації при вставці його в креслення. Перевагою даних блоків над звичайними є те, що замість безлічі статичних блоків в креслення вставляється тільки один динамічний.

Створення та редагування динамічних блоків виконується в тому ж самому редакторі блоків, що і статичних, просто при цьому для деяких елементів задаються правила і параметри поведінки.

Правила поведінки динамічного блоку задаються за допомогою параметрів залежності або параметрів операцій

Для того, щоб створити динамічний блок у діалоговому вікні ***Block Definition*** *(Визначення блоку)*, обирають параметр ***Open in block editor*** *Відкрити в редакторі блоків*. Тоді при натисканні кнопки **<OK>** відкривається вікно редагування блоку (рис.33).

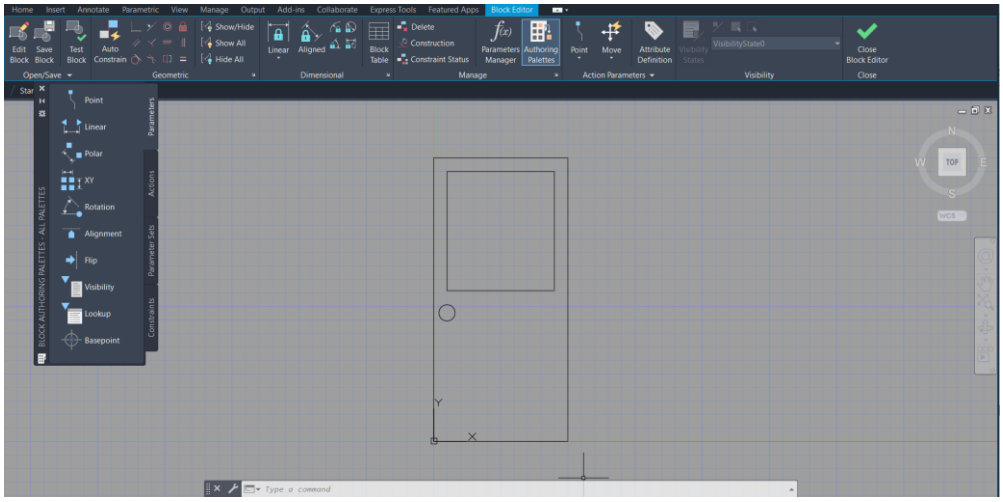



**Рис. 33.** Фрагмент вікна редагування блоку

Разом з цим вікном відкривається панель *«Палітри варіації блоків»*, яка має чотири вкладки (рис. 34).

*а* *б* *в* *г*

**Рис.34.** Палітри варіацій блоків: *а* – параметри, *б* – операції, *в* – набори параметрів, *г* – залежності

На зображенні спочатку проставляються розміри, які можна буде варіювати (рис. 35).

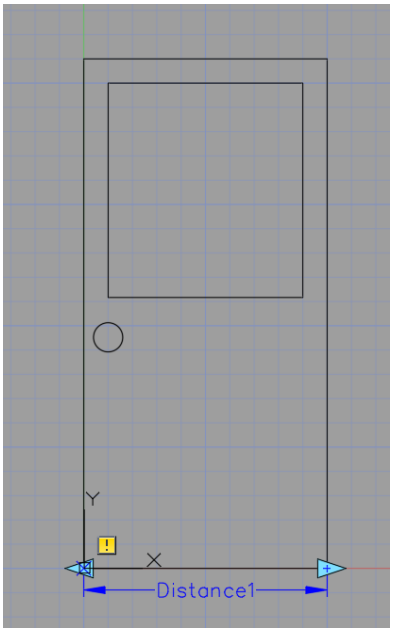



**Рис. 35.** Нанесення лінійного розміру для варіювання

Далі виконуються необхідні операції. Так, для створюваного блоку, що зображено на рис. 36, виконують операцію ***STRETCH*** *(Розтягнути)*. В процесі роботи вказують розмір, вздовж якого буде розтягуватися блок

(рис. 36), зв’язану з операцією точку параметра (рис. 37), січною рамкою частину блоку, що буде розтягуватися (рис. 38).

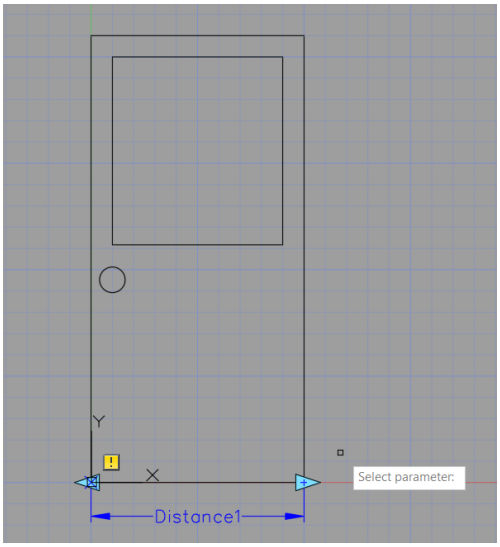



**Рис. 36**

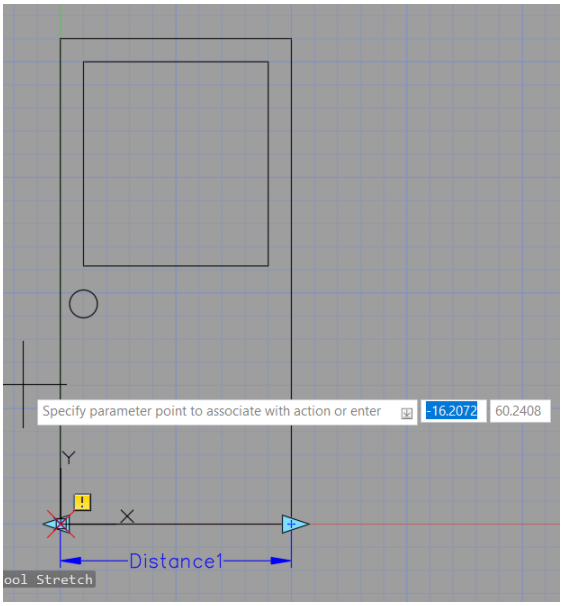



**Рис. 37**

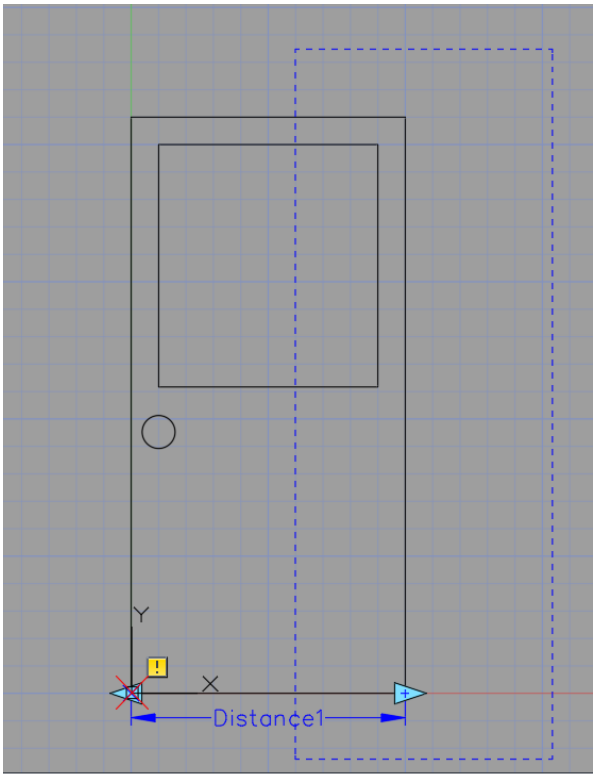



**Рис. 38**

Далі треба натиснути кнопку *<Закрити редактор блоків>* і підтвердити внесені зміни (рис. 39).

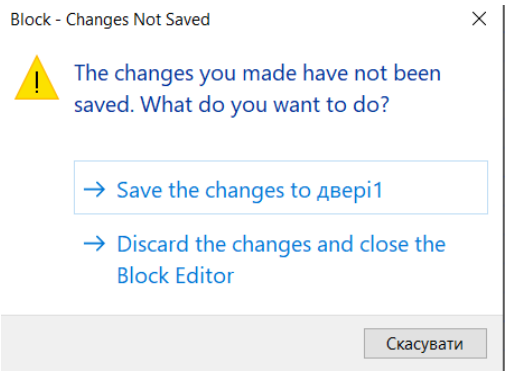



**Рис. 39.** Діалогове вікно збереження блоку

Після вставки блоку в креслення, крім точки вставки, динамічний блок має «ручки» редагування у вигляді трикутничків (рис. 40), за допомогою яких можна виконати редагування блоку на місці.

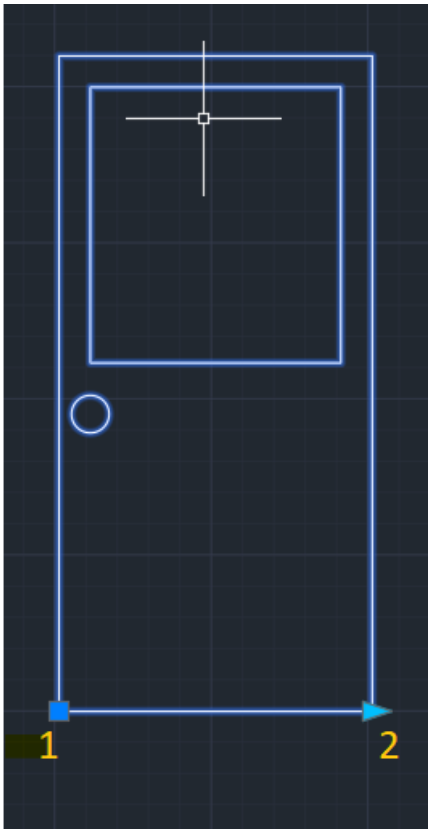



**Рис. 40.** Вставлений блок: 1 – точка вставки, 2 – ручка редагування

## *Лабораторна робота №1*

Освоєння системи AutoCAD 2023

**Мета роботи:** Вивчення основних принципів роботи в AutoCAD 2023

**Завдання роботи:** Освоїти прийоми роботи з системою AutoCAD 2023. Створити шаблон основного напису

**Хід роботи:**

1. Запустити програму AutoCAD та створити новий файл креслення. Створення нового креслення можна розпочати з вибору шаблону зі списку, що відкривається командою меню *File > New (Файл > Новий)*. Зразок вибраного шаблона з'являється праворуч від списку у вікні вибору.
2. Ознайомитися з основним меню і панелями інструментів.
3. За допомогою графічних примітивів *Відрізок*, *Полілінія* (використовуючи кнопки на панельному меню або ввівши відповідні команди) побудувати аркуш формату, заданого викладачем, із кутовим штампом визначеного розміру.
4. Використовуючи відповідний стиль тексту з стандартизованими шрифтами, заповнити штамп користуючись командою *Текст* або *Мтекст*.
5. Зберегти файл під іменем *ЛР1_прізвище та ініціали автора* (розширення ****.dwg***).

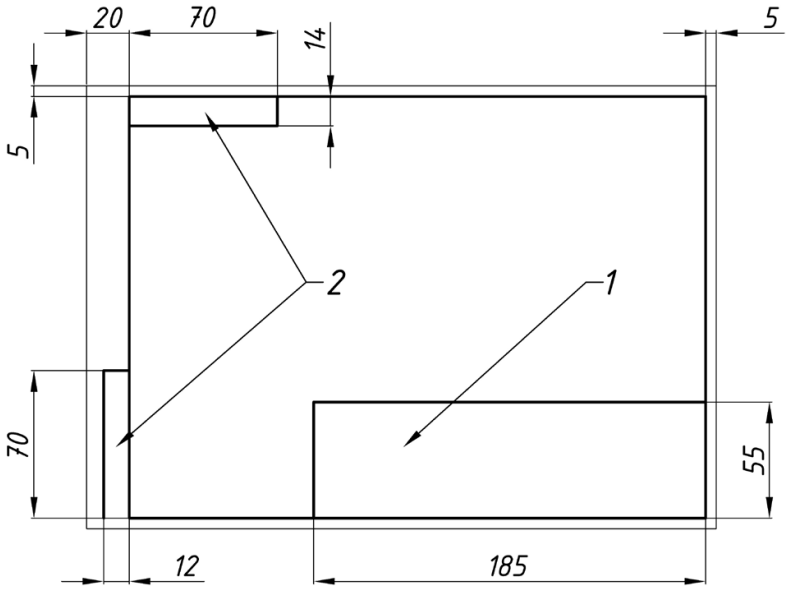



**Рис. 41.** Вигляд кутового штампу та додаткових граф на кресленні: 1 – кутовий штамп, 2 – додаткові графи

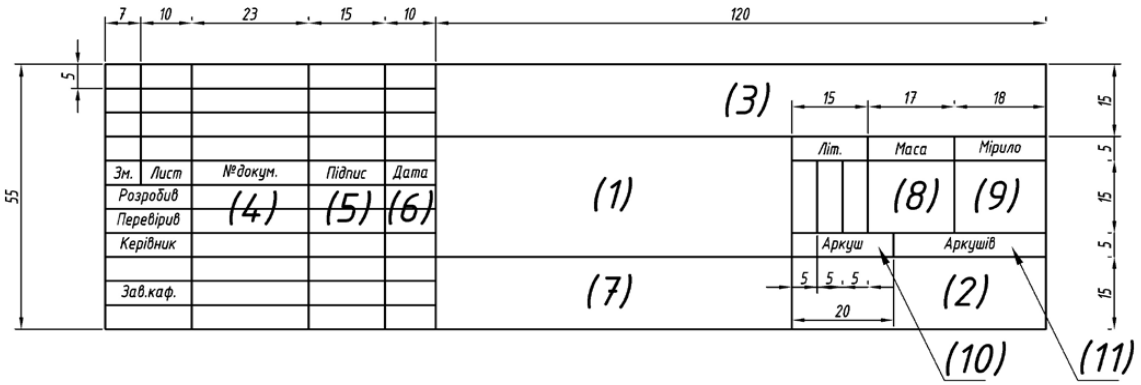



**Рис. 42.** Розміри кутового штампу згідно з ДСТУ 2.104-2006

У графах штампу (на рис. 41) вказується:

(1) – назва кресленика відповідно до змісту роботи;

(2) – назва навчального закладу, шифр групи;

(3) – номер варіанту (шифр студента, № залікової книжки);

(4) – прізвища виконавця та перевіряючого;

(5) – підписи осіб, прізвища яких зазначені в графі 4;

(6) – дата виконання;

(7) – матеріал з якого виготовлено деталь (якщо потрібно);

(8) – маса деталі (якщо потрібно);

(9) – мірило зображення (масштаб);

(10) – порядковий номер аркуша (за умови виконання кресленика на кількох аркушах);

(11) – загальна кількість аркушів у роботі (за умови виконання кресленика на кількох аркушах).

*Таблиця 3* – **Формати та їхні розміри**

| **Позначення формату** | **Розміри сторін, мм** | **Орієнтація аркушу при кресленні** |
|---|---|---|
| A0 | 841x1189 | Тільки горизонтальна |
| A1 | 594x841 | |
| A2 | 420x594 | |
| A3 | 297x420 | |
| A4 | 210x297 | Тільки вертикальна |
| A5 | 148x210 | Для виконання креслеників не використовується |

## *Лабораторна робота №2*

Рисування відрізків і кіл

**Мета роботи:** Вивчення основних принципів побудови елементарних графічних примітивів

**Завдання роботи:** Освоїти прийоми роботи з системою AutoCAD 2023.

**Хід роботи:**

1. Запустити програму AutoCAD. Перейти від простору моделі до простору аркуша, натиснувши вкладку “Layout1” або “Layout1”. Встановити формат креслення А4, крок та сітку розміром 10.
2. Нарисувати командою ***line*** прямокутник розміром 50×30 з лівою нижньою вершиною в точці (20, 170). Використовувати абсолютні і відносні декартові координати.
3. Нарисувати командою ***line*** квадрат розміром 40×40 з лівою нижньою вершиною в точці (80, 170). Вершини квадрата задати мишею.
4. Нарисувати командою ***line*** правильний трикутник зі стороною 60 з лівою нижньою вершиною в точці (140, 150). Використовувати абсолютні та відносні полярні координати.
5. Задати кут нахилу сітки 20˚.
6. Нарисувати командою ***line*** прямокутник розміром 90×30 з лівою нижньою вершиною в точці (10, 110). Використовувати режим ОРТО і переміщувати маркер курсором миші.
7. Повернути кут нахилу сітки до попереднього значення.
8. Нарисувати командою ***circle*** дві окружності: радіусом 30 з центром у точці (280, 160) та діаметром 40 з центром у точці (30, 50).
9. Нарисувати командою ***line*** трикутник з вершинами в точках (90, 30), (80, 100), (160, 90). Описати командою **circle** коло навколо цього трикутника.
10. Зобразити фігуру в такому порядку: 1) відрізок з початковою точкою (210, 60), довжиною 80, кутом з віссю *Ox* 40˚, 2) відрізок з початковою точкою (210, 50), довжиною 70, кутом з віссю *Ox* –10˚, 3) коло діаметром 30, що торкається цих відрізків.
11. Нарисувати коло, діаметром якого є відрізок, що з’єднує точки (175, 97) і (200, 125).
12. Нарисувати командою ***polygon*** правильний п’ятикутник, з цетнром у точці (470, 190), вписаний у коло радіуса 40.
13. Зберегти файл під іменем *ЛР2_прізвище та ініціали автора* (розширення ****.dwg***).

В результаті всіх операцій на екрані мають бути створені фігури, показані на рис. 43.

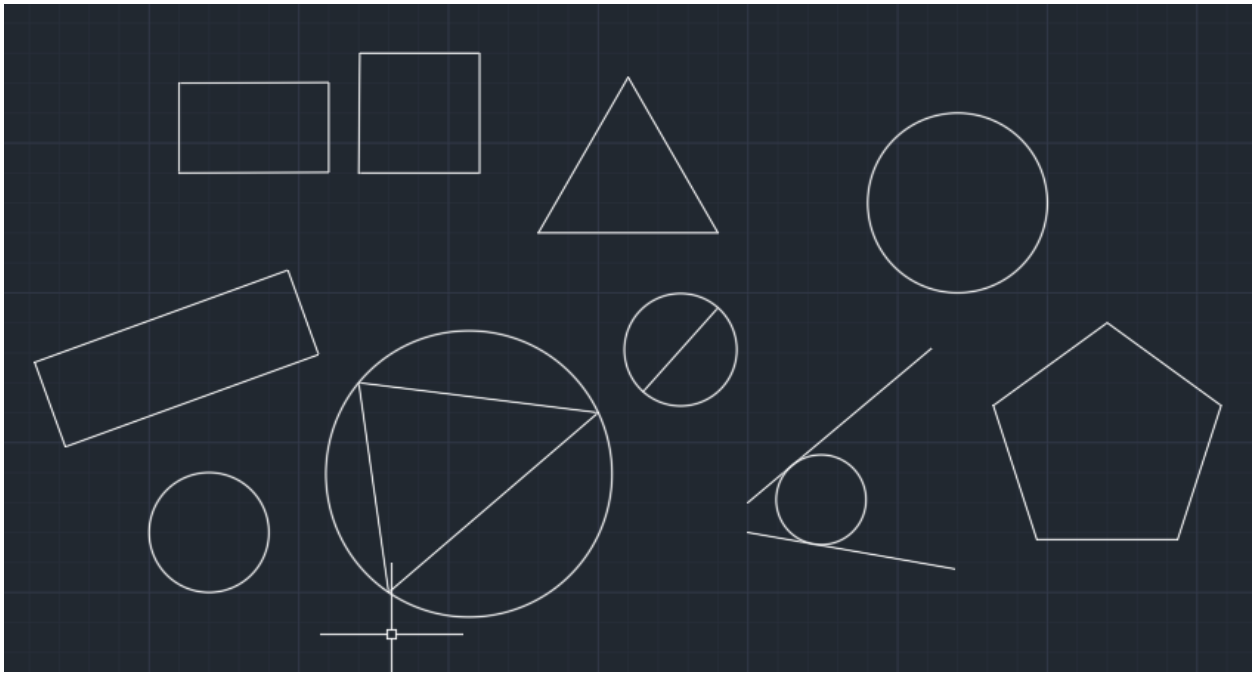


**Рис. 43**

## *Лабораторна робота №3*

Рисування основних геометричних фігур (примітивів)

**Мета роботи:** Вивчення основних принципів побудови графічних примітивів

**Завдання роботи:** Освоїти прийоми роботи з системою AutoCAD 2023.

**Хід роботи:**

1. Запустити програму AutoCad. Перейти від простору моделі до простору листа, натиснувши вкладку “Layout1” або “Layout2”. Встановити формат креслення А4, крок і сітку розміром 10.
2. Нарисувати командою ***polygon*** правильний шестикутник А зі стороною 20 і центром у точці (-10, 200).
3. Нарисувати командою ***pline*** фігуру В.
4. Нарисувати командою ***pline*** трикутник С з вершинами в точках (130, 150), (150, 170), (200, 150). Нарисувати командою ***polygon*** правильний п'ятикутник, побудований на меншій стороні трикутника.
5. Нарисувати командою ***ellipse*** еліпс D з центром у точці (230, 152) і осями 32 і 16, еліпс Е з центром у точці (0, 115) і осями 40 і 15, еліпс Н з центром у точці (300, 35) з осями 35 і 22, вісь якого розташована під кутом 20˚ до осі *Oy*.
6. Нарисувати командою ***mline*** смугу F товщиною 3, крайня ліва точка (60, 130) і смугу G товщиною 5, крайня ліва точка (295, 150).
7. Командами ***pline*** і ***donut*** намалювати фігуру К. Нижній лівий кут фігури К в точці (10, 10), її ширина 40, висота 50, діаметр внутрішньої окружності кільця 10, зовнішньої – 20.
8. Командою текст виконати написи «Лабораторна робота №2» від точки (20, 240) висотою 10.
9. Користуючись командою ***pline*** з опцією ***width*** нарисувати фігури М крайня ліва точка (172, 66), і фігуру N крайня ліва точка (160, 27).
10. Користуючись пунктом «Властивості» контекстного меню, створити рисунок L, центр кола у точці (100, 38).
11. Зберегти файл під іменем *ЛР3_прізвище та ініціали автора* (розширення ****.dwg***).

В результаті всіх операцій на екрані мають бути створені фігури, показані на рис. 44 а.

Рис. 44 a

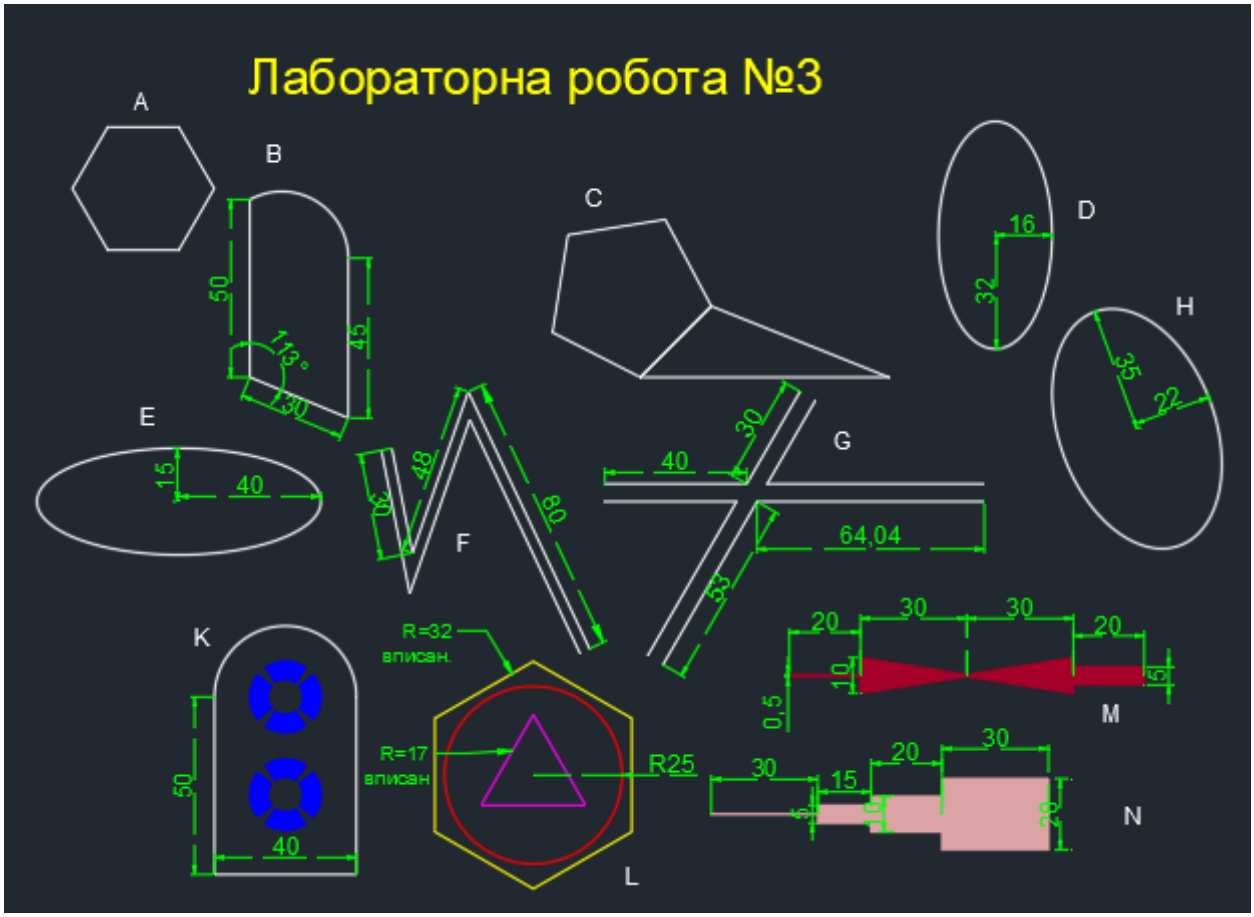



Рис. 44 b

## *Лабораторна робота №4*

Створення, редагування і оформлення 2D кресленика в графічній системі AutoCAD. Встановлення розмірів

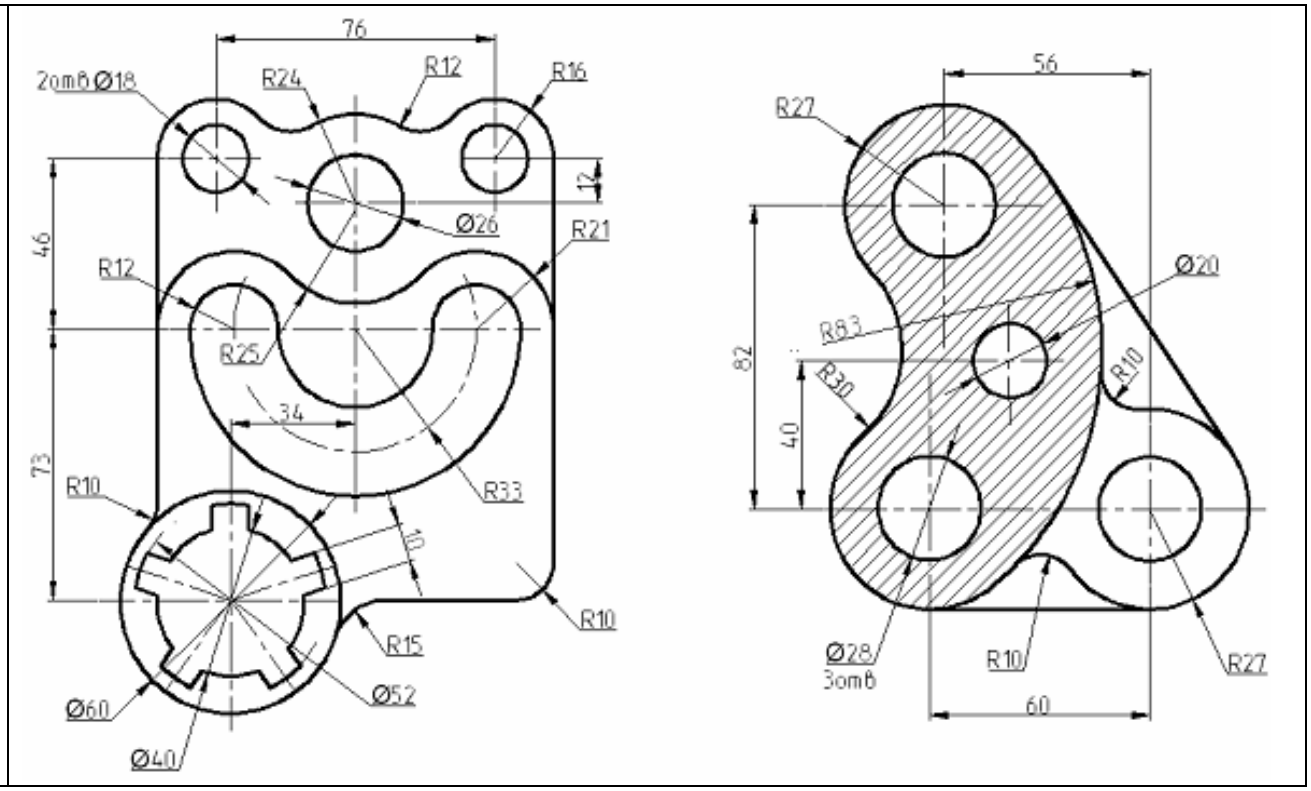
**Мета роботи:** Вивчення основних принципів побудови графічних примітивів

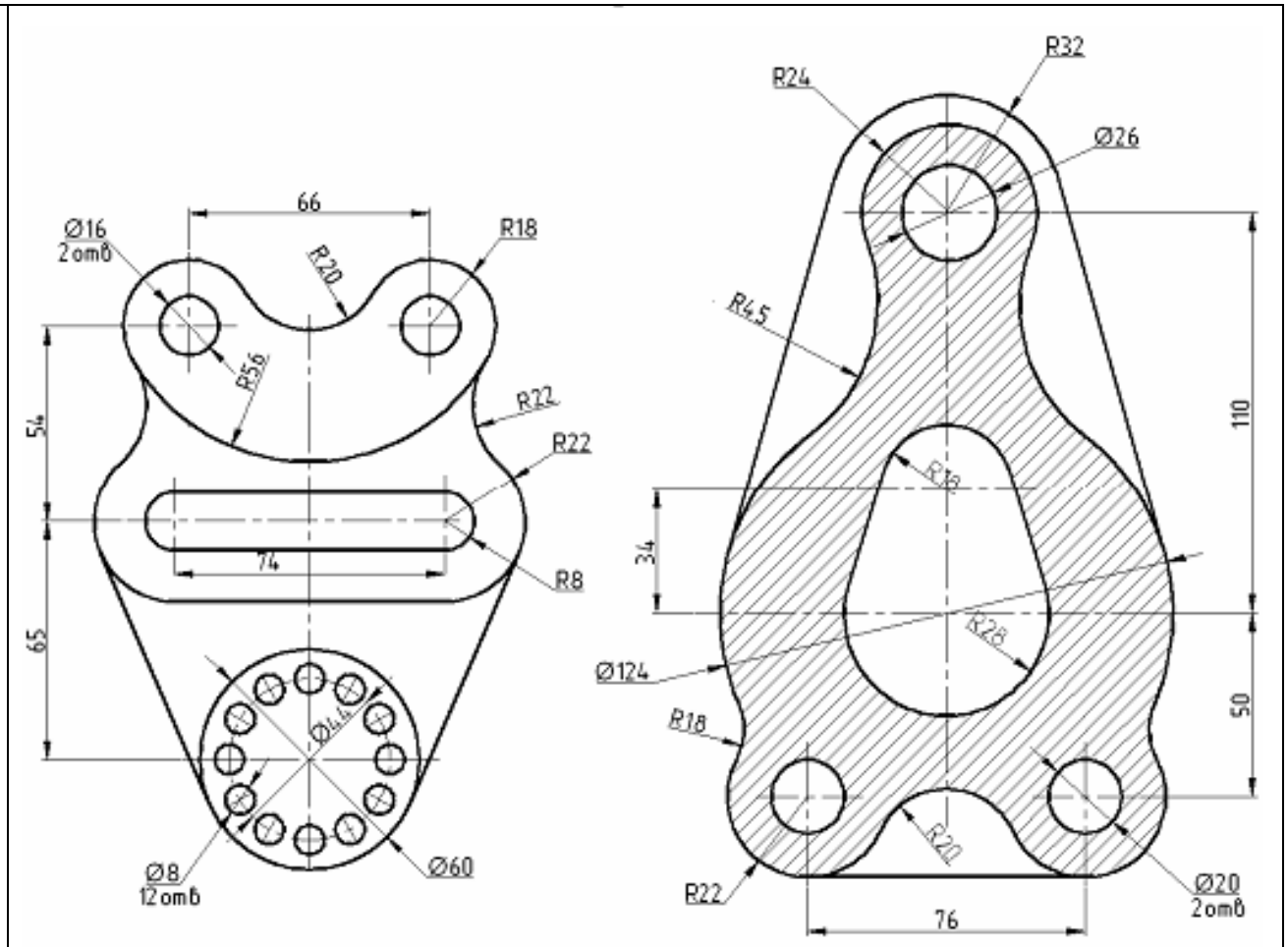
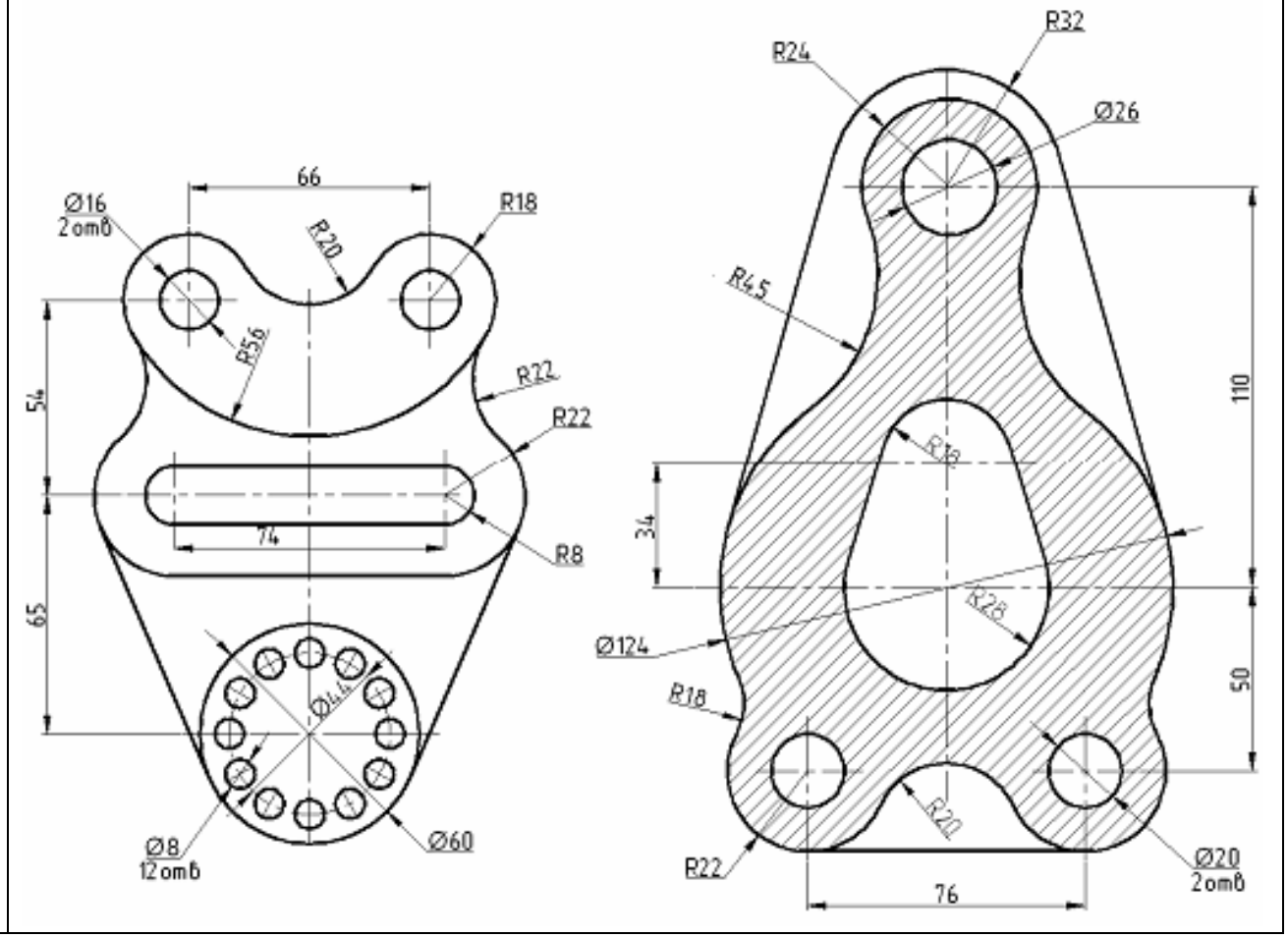
**Завдання роботи:** Освоїти прийоми роботи з системою AutoCAD 2023.

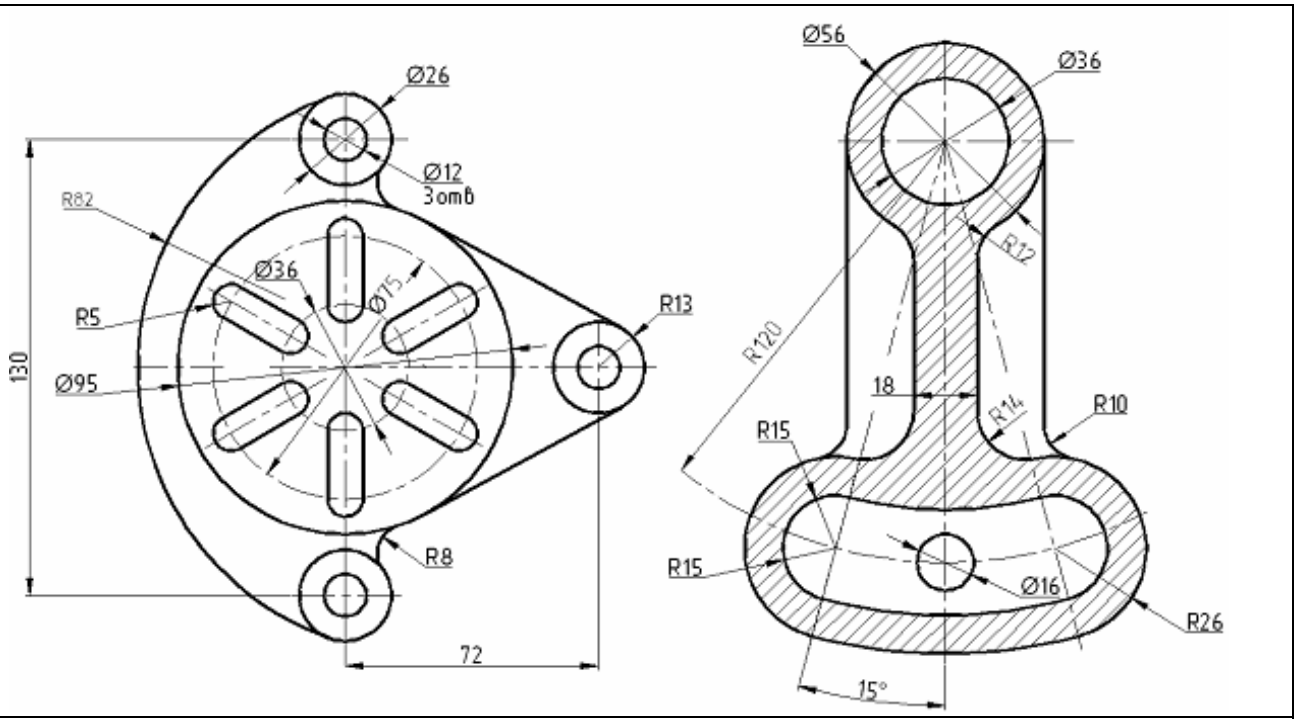
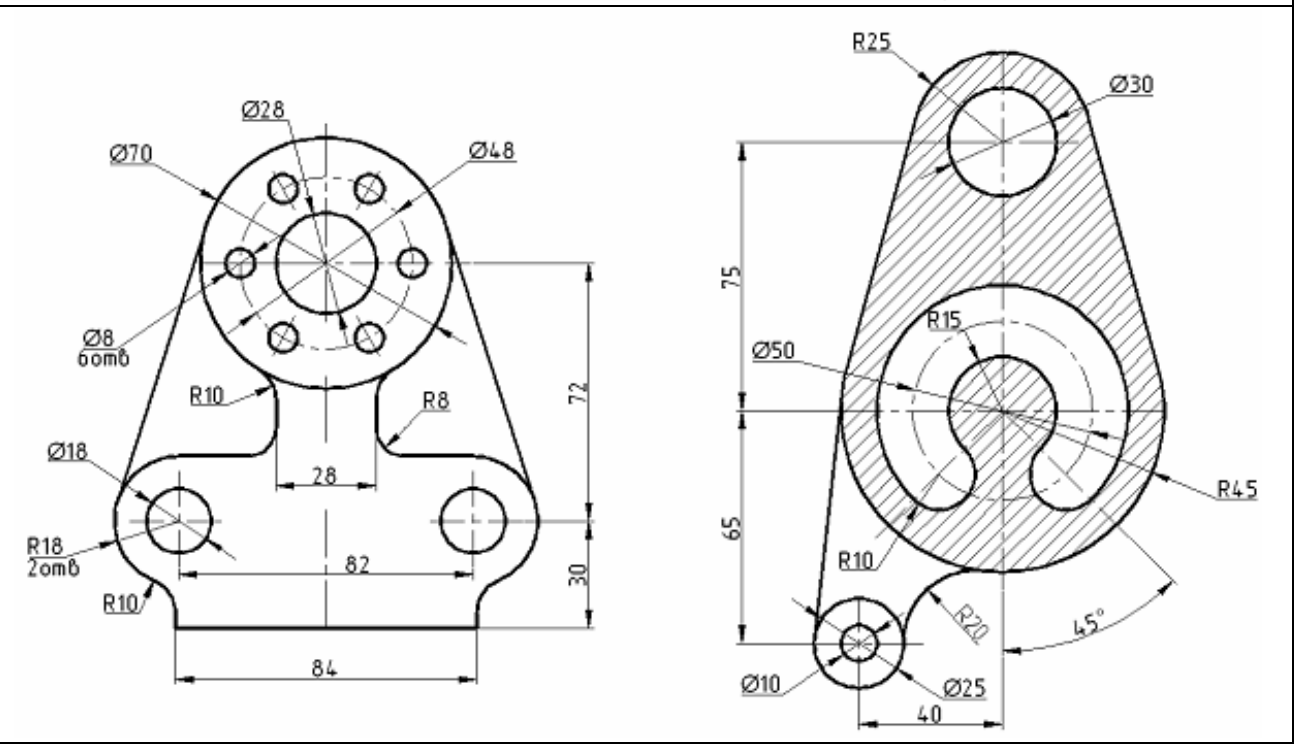
**Хід роботи:**

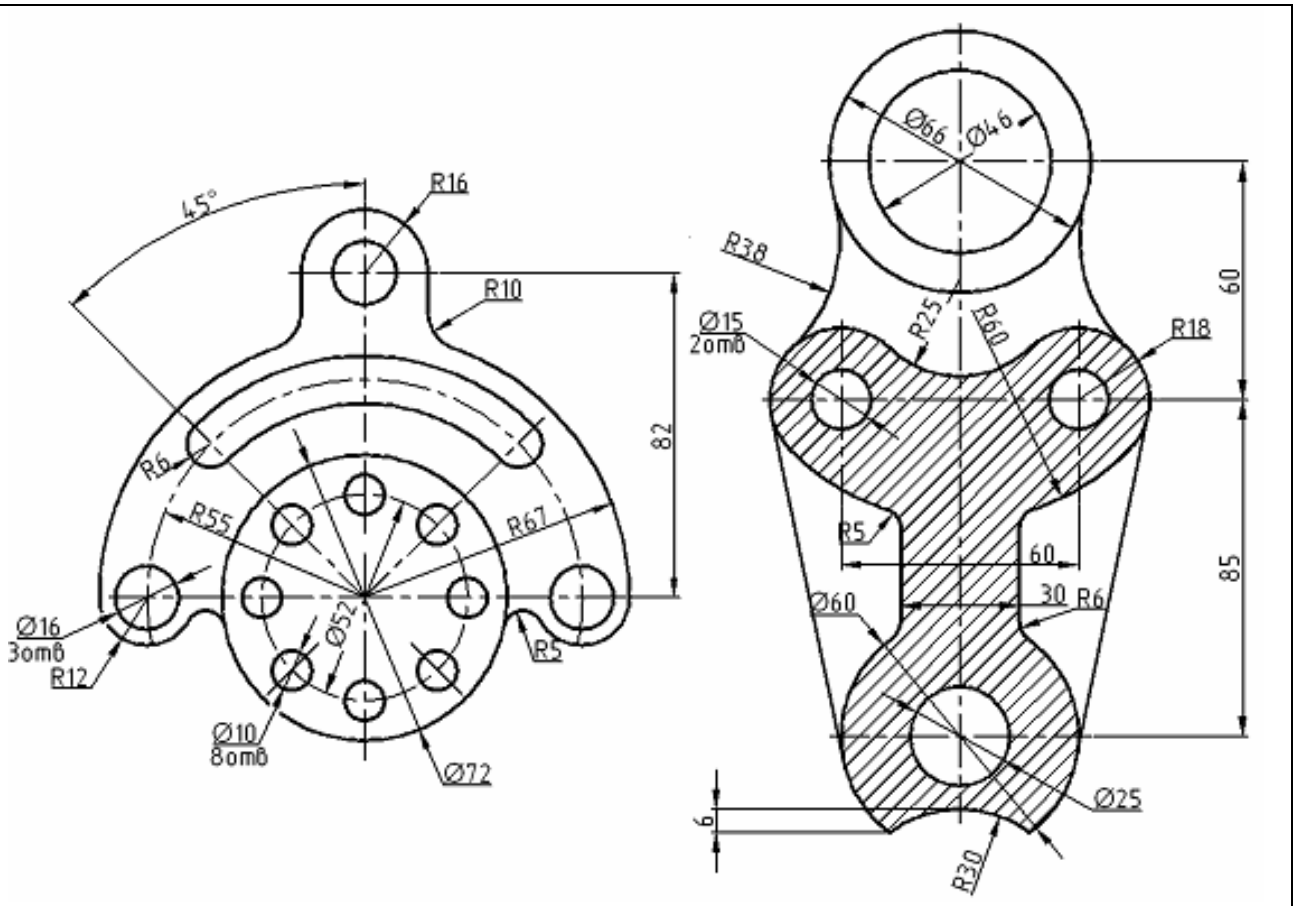
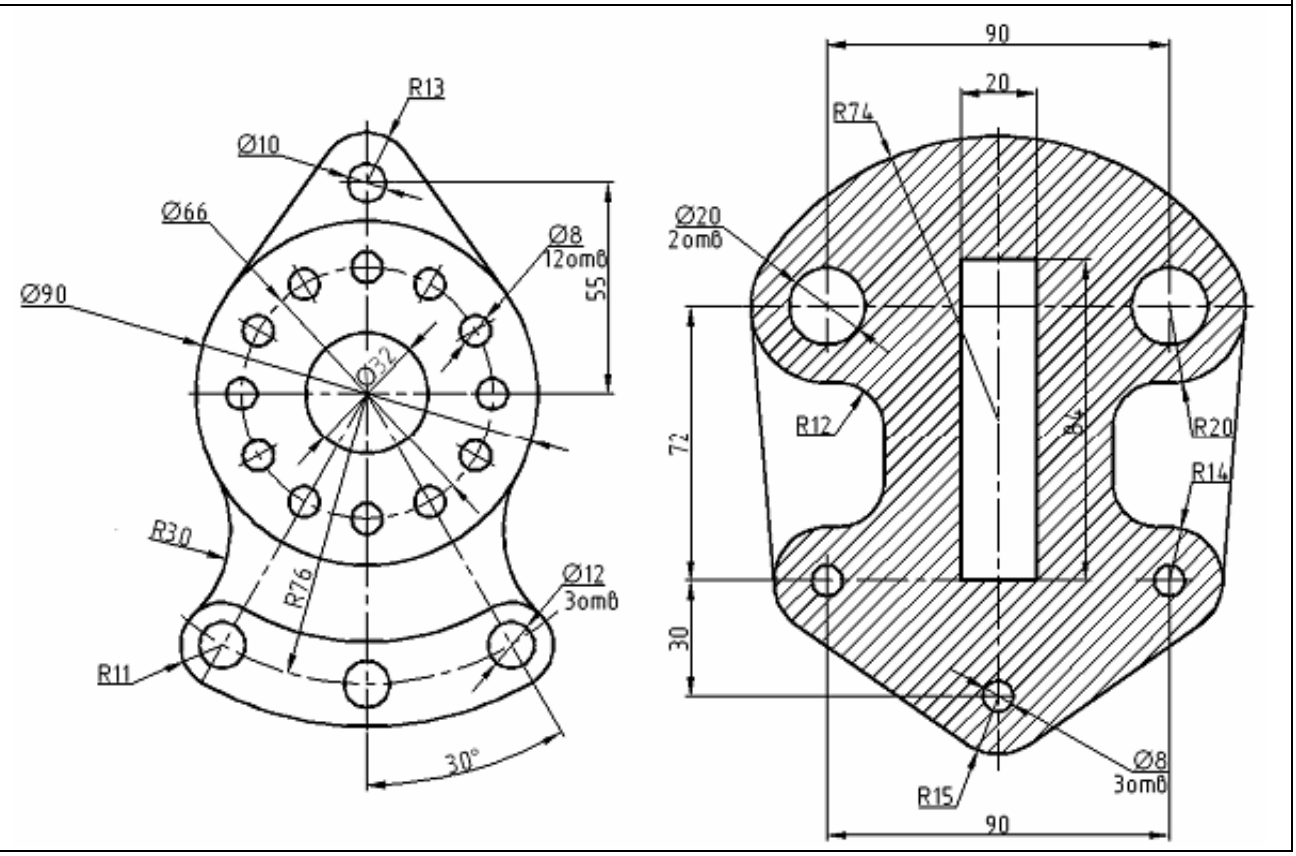
1. Створити новий файл за власним шаблоном.
2. Зберегти файл під іменем *ЛР4_прізвище та ініціали автора* у форматі кресленика (розширення ***.dwg**).
3. Створити три шари.
4. Завантажити штрих-пунктирний і пунктирний типи ліній.
5. Установити в першому шарі суцільну лінію товщиною 0,4 мм, в другому шарі – штрих-пунктирну лінію товщиною 0,2 мм, в третьому шарі – штрихову лінію товщиною 0,3 мм.
6. У першому шарі виконати креслення згідно варіанту завдання (табл. 4).
7. У другому шарі побудувати допоміжні лінії.
8. У третьому шарі проставити розміри та штришовку.
9. Вставити побудований кресленик в рамку формату А3 (з лабораторноїроботи №1).

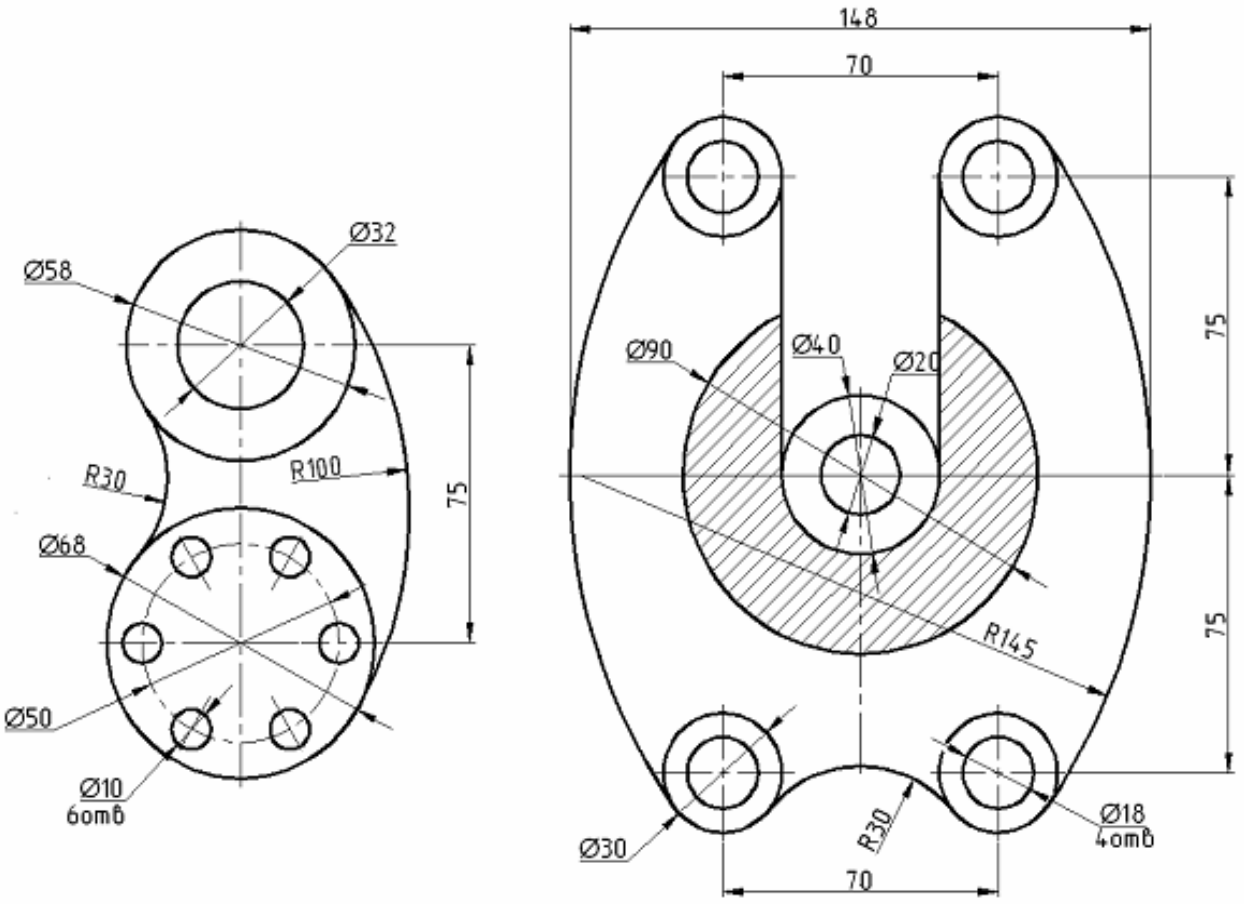
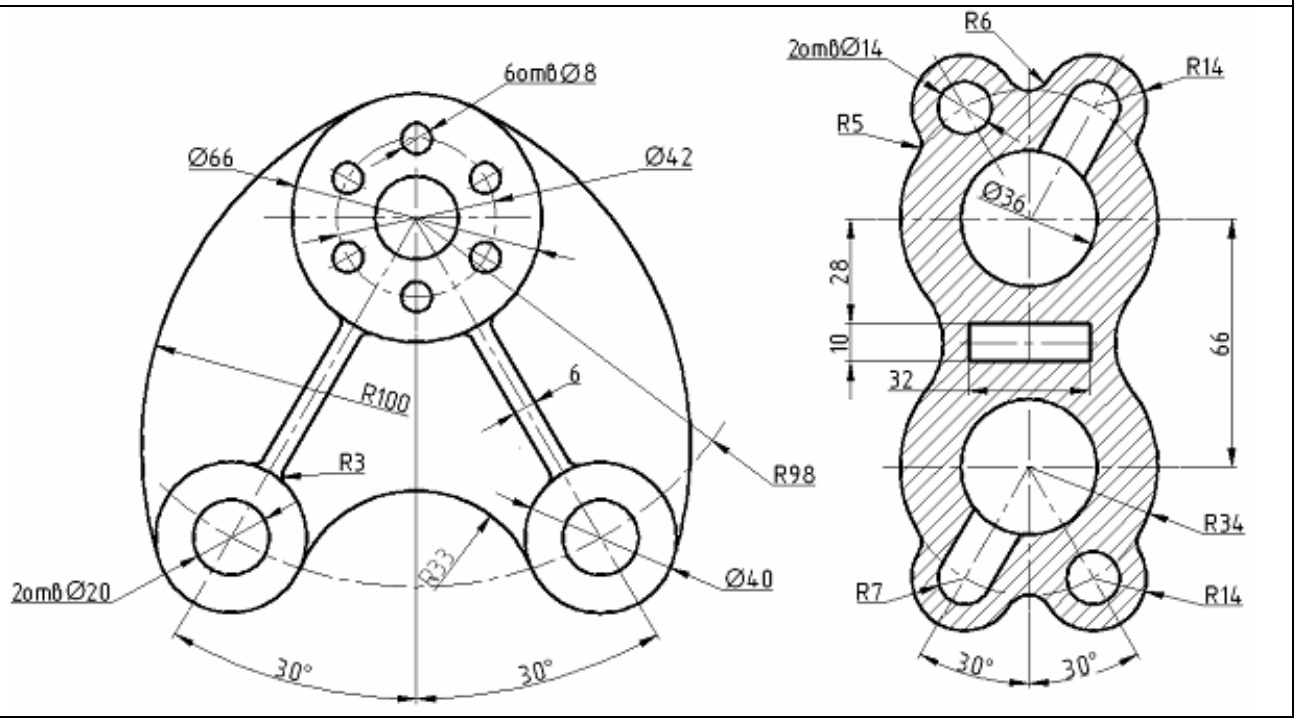
*Таблиця 4* – Варіанти завдань [2]

| | |
|---|---|
| **1** |  |

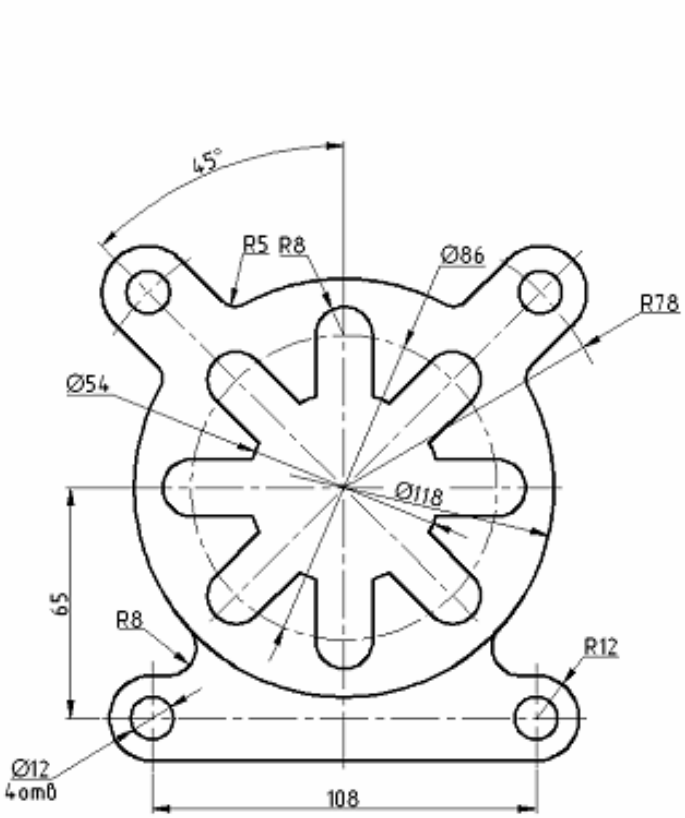
| | |
|---|---|
| **2** |  66<br>Ø16<br>2 otv.<br>R18<br>R20<br>R56<br>54<br>R22<br>R22<br>74<br>R8<br>65<br>Ø44<br>Ø8<br>12 otv.<br>Ø60<br>R32<br>R24<br>Ø26<br>R45<br>110<br>R28<br>34<br>Ø124<br>50<br>R18<br>R20<br>R22<br>76<br>Ø20<br>2 otv. |
| **3** |  66<br>Ø16<br>2 otv.<br>R18<br>R20<br>R56<br>54<br>R22<br>R22<br>74<br>R8<br>65<br>Ø44<br>Ø8<br>12 otv.<br>Ø60<br>R32<br>R24<br>Ø26<br>R45<br>110<br>R28<br>34<br>Ø124<br>50<br>R18<br>R20<br>R22<br>76<br>Ø20<br>2 otv. |

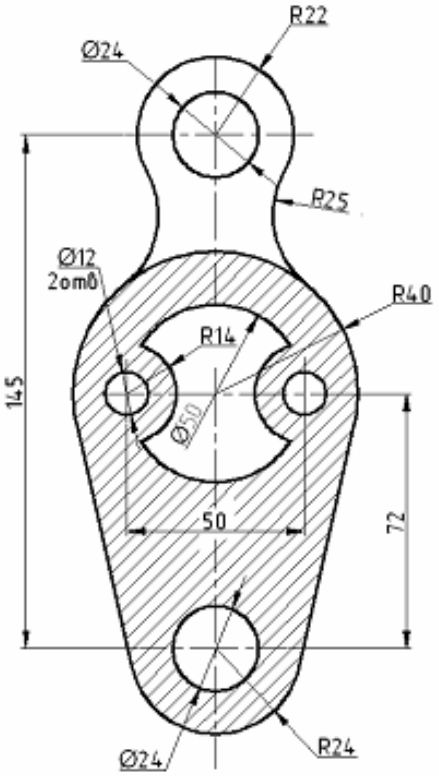
| | |
|---|---|
| **4** |  Ø26<br>Ø12<br>3отв<br>R82<br>Ø36<br>Ø75<br>R5<br>R13<br>130<br>Ø95<br>R8<br>72<br>Ø56<br>Ø36<br>R12<br>R120<br>18<br>R14<br>R10<br>R15<br>R15<br>Ø16<br>R26<br>15° |
| **5** |  Ø28<br>Ø70<br>Ø48<br>Ø8<br>6отв<br>R10<br>R8<br>72<br>Ø18<br>28<br>R18<br>2отв<br>82<br>30<br>R10<br>84<br>R25<br>Ø30<br>75<br>R15<br>Ø50<br>R45<br>65<br>R10<br>R20<br>45°<br>Ø10<br>Ø25<br>40 |

| | |
|---|---|
| **6** |  45°<br>R16<br>R10<br>82<br>R6<br>R55<br>R67<br>Ø16<br>3отв<br>R12<br>Ø52<br>R5<br>Ø10<br>8отв<br>Ø72<br>Ø66<br>Ø46<br>R38<br>Ø15<br>2отв<br>R25<br>R60<br>R18<br>60<br>85<br>R5<br>60<br>Ø60<br>30<br>R6<br>6<br>R30<br>Ø25 |
| **7** |  R13<br>Ø10<br>Ø66<br>Ø8<br>12отв<br>55<br>Ø90<br>Ø32<br>R30<br>R76<br>Ø12<br>3отв<br>R11<br>30°<br>90<br>20<br>R74<br>Ø20<br>2отв<br>R12<br>72<br>R4<br>R20<br>R14<br>30<br>R15<br>Ø8<br>3отв<br>90 |

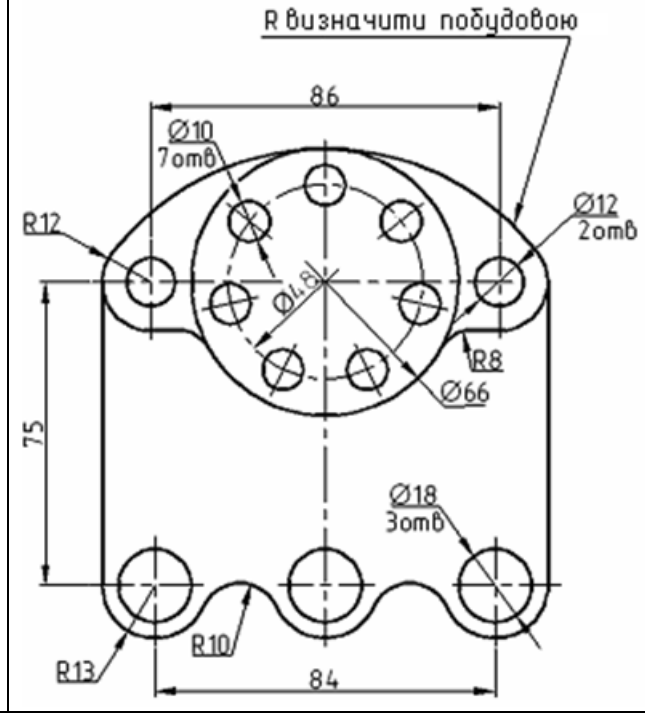
| | |
|---|---|
| **8** |  148<br>70<br>Ø32<br>Ø58<br>R30<br>R100<br>75<br>Ø68<br>Ø50<br>Ø10<br>6отв<br>Ø90<br>Ø40<br>Ø20<br>75<br>75<br>R145<br>Ø30<br>R30<br>Ø18<br>4отв<br>70 |
| **9** |  6отв Ø8<br>Ø66<br>Ø42<br>R100<br>6<br>R3<br>R98<br>2отв Ø20<br>R33<br>Ø40<br>30°<br>30°<br>R6<br>2отв Ø14<br>R14<br>R5<br>Ø36<br>28<br>10<br>66<br>32<br>R34<br>R7<br>R14<br>30°<br>30° |

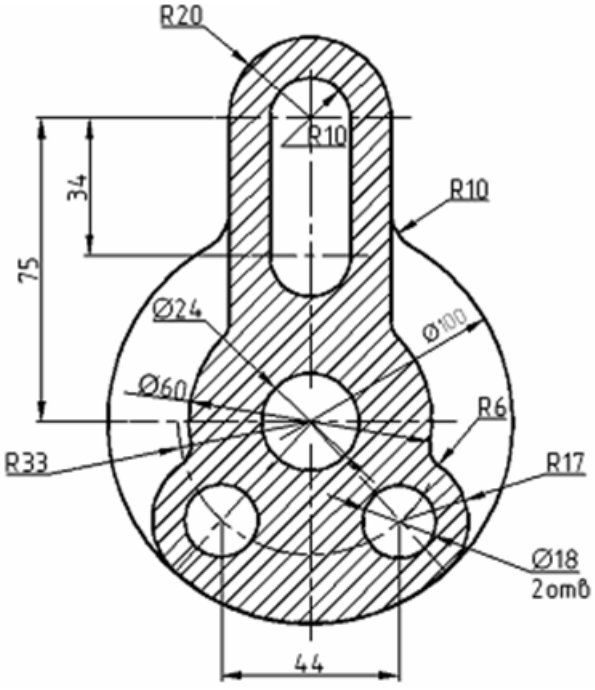
**10**

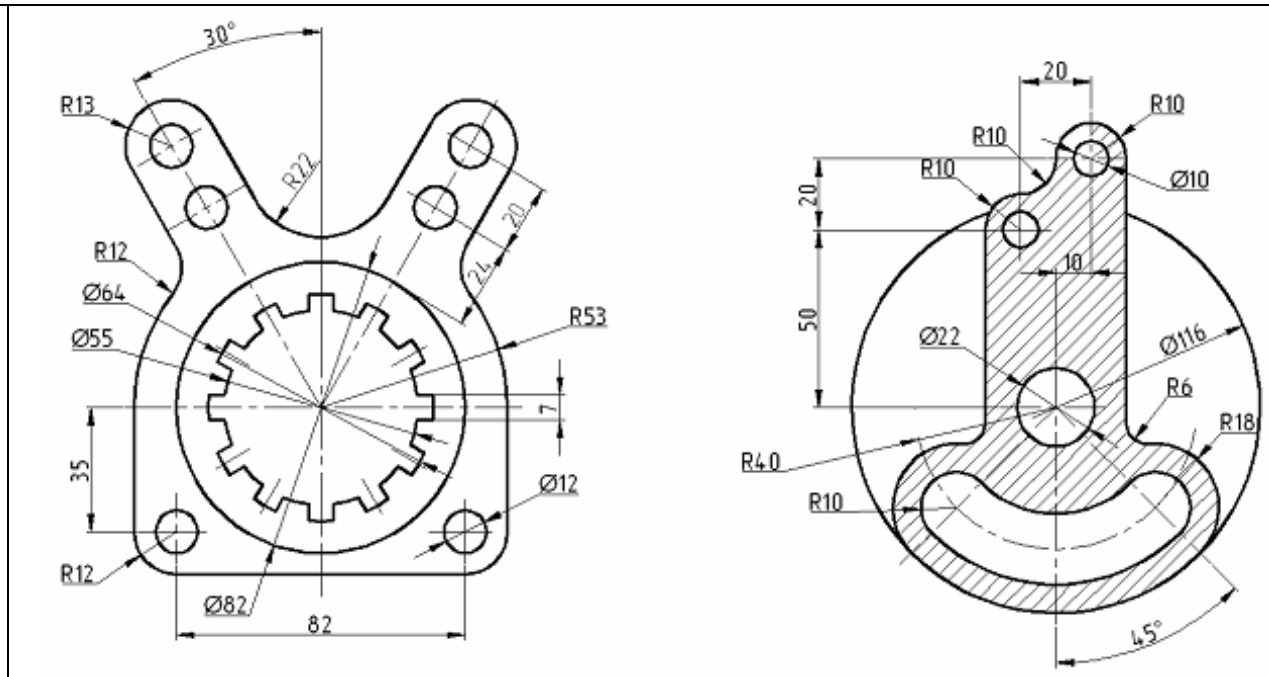
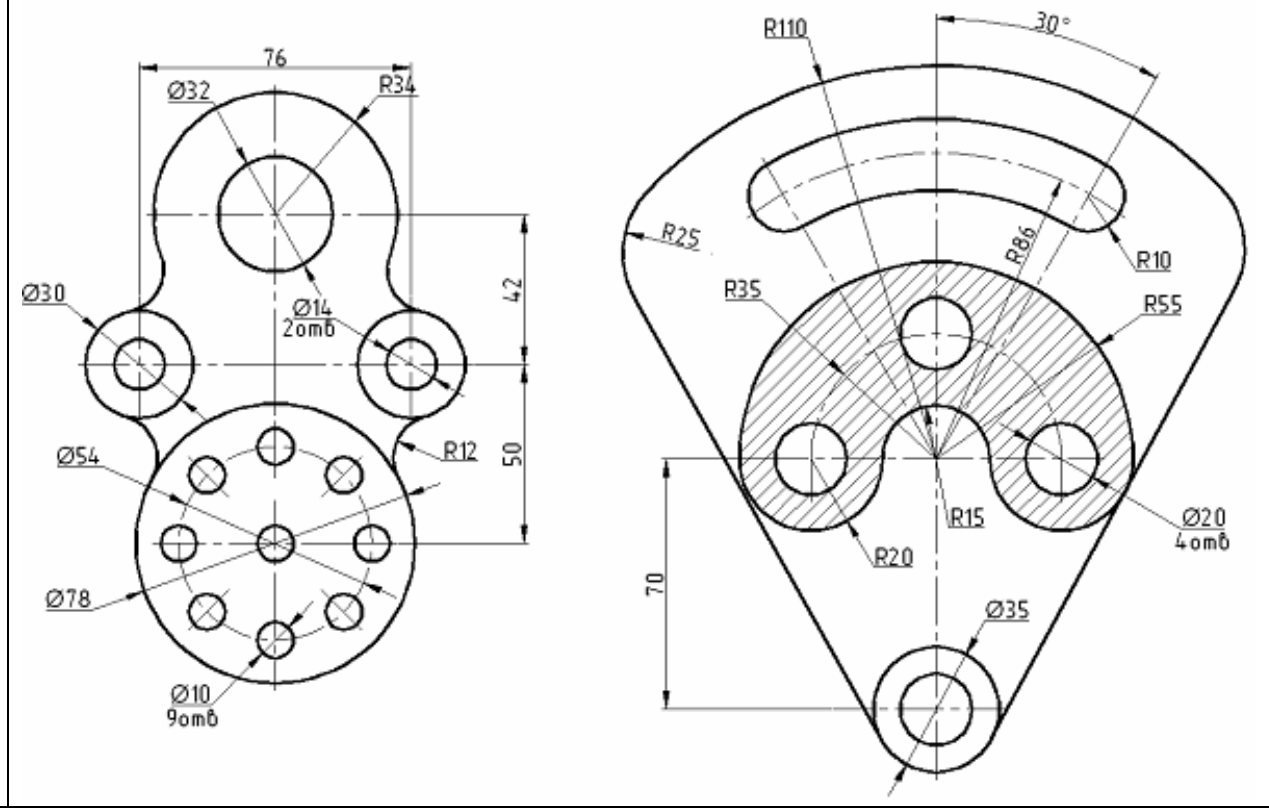

45°
R5 R8
Ø86
R78
Ø54
Ø118
65
R8
R12
Ø12
4отв
108

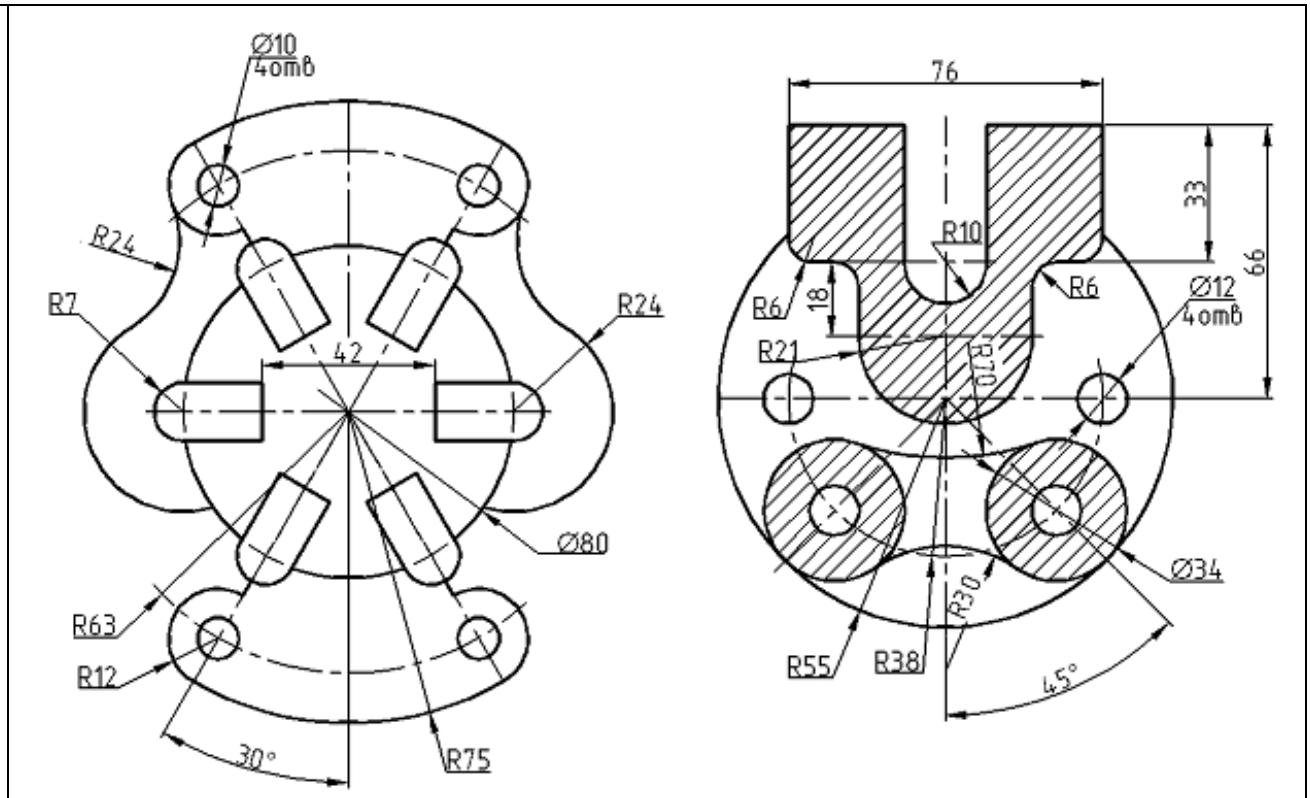
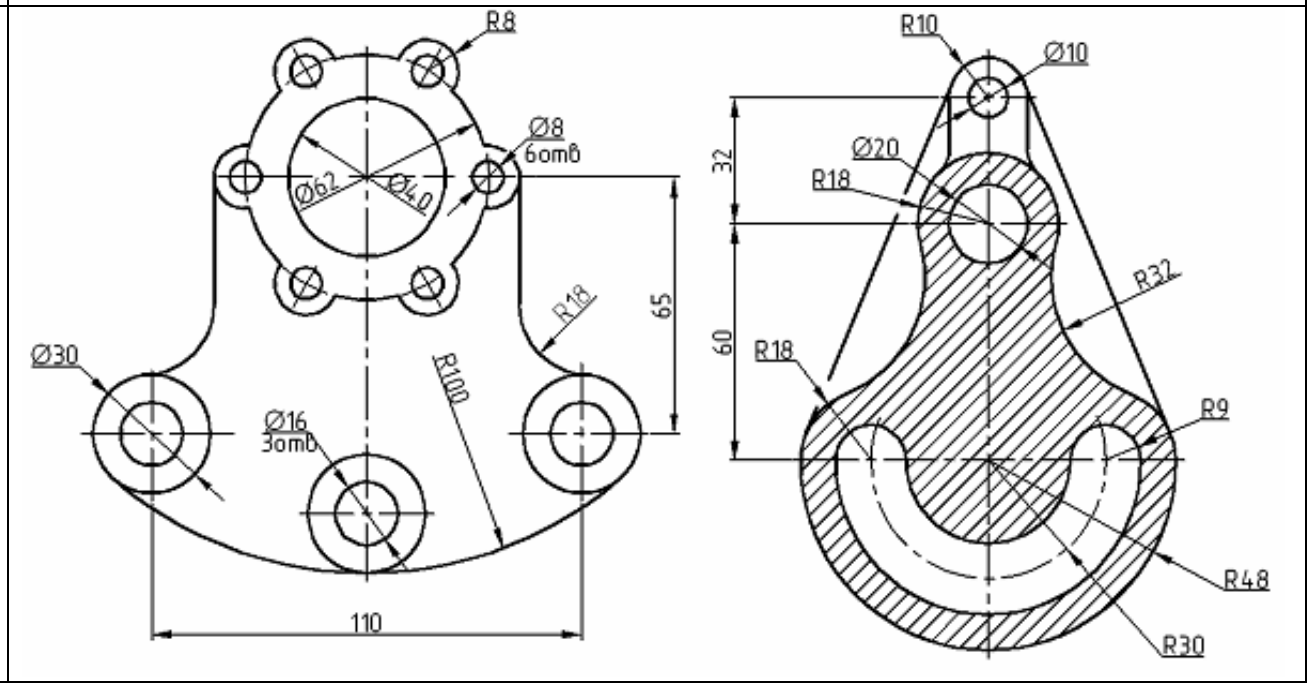

R22
Ø24
R25
Ø12
2отв
R40
R14
Ø50
145
50
72
Ø24
R24

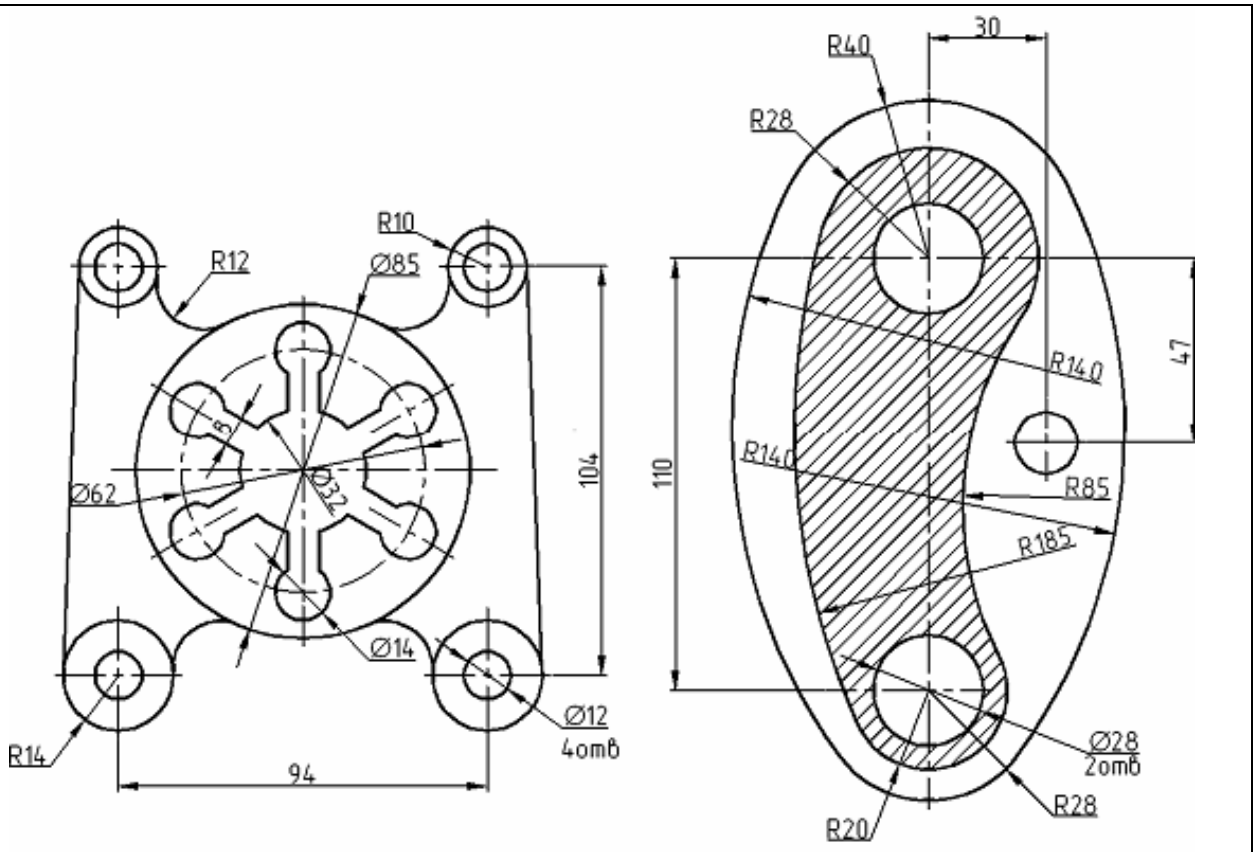
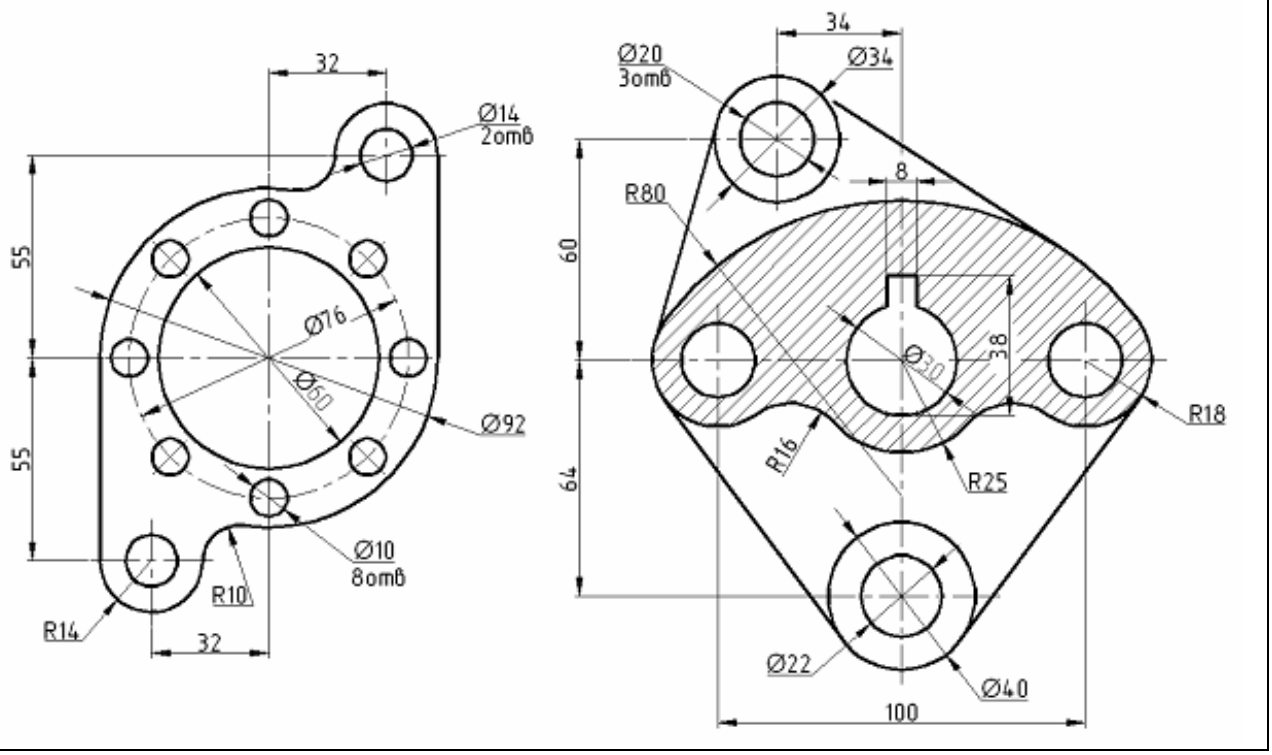
**11**

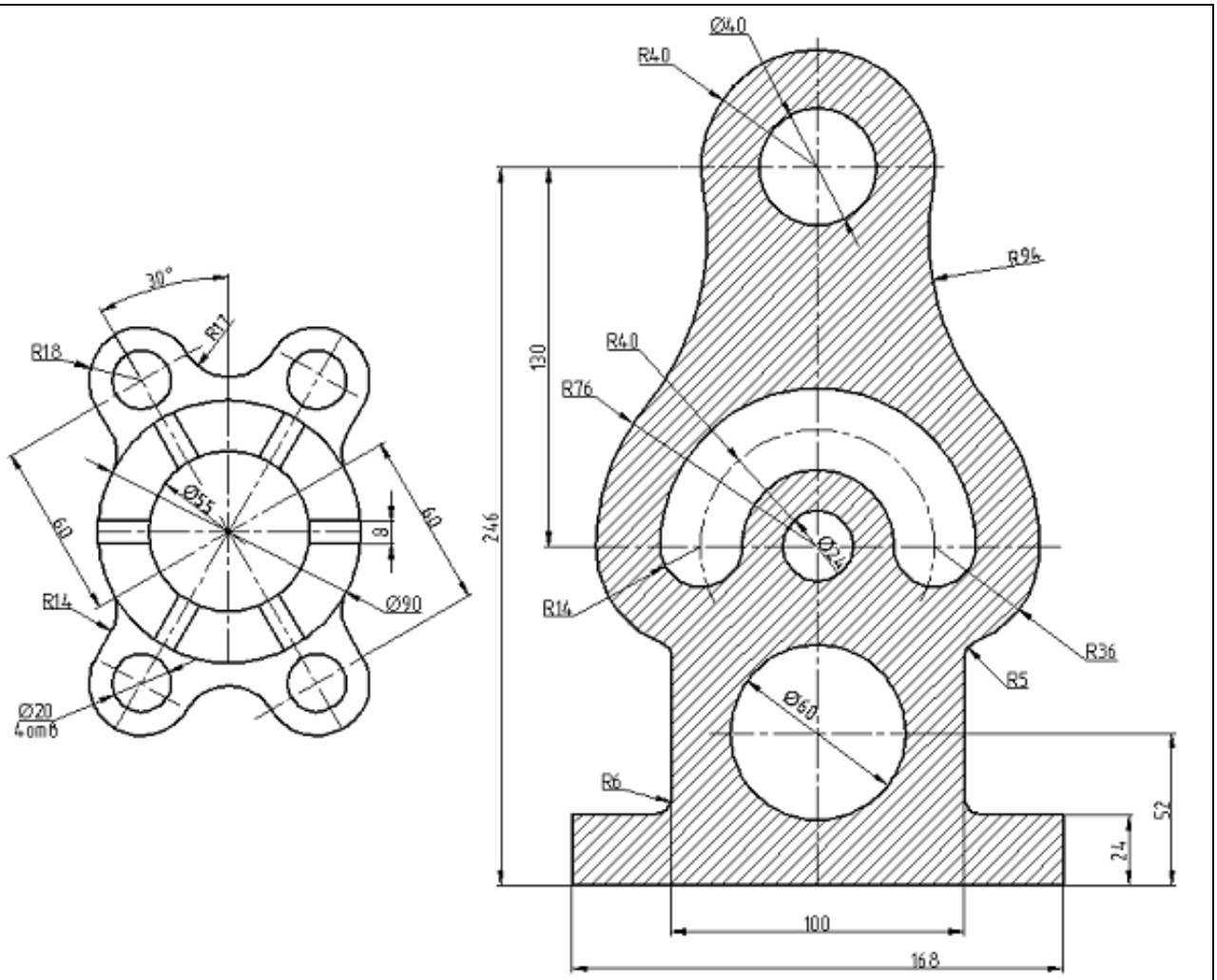
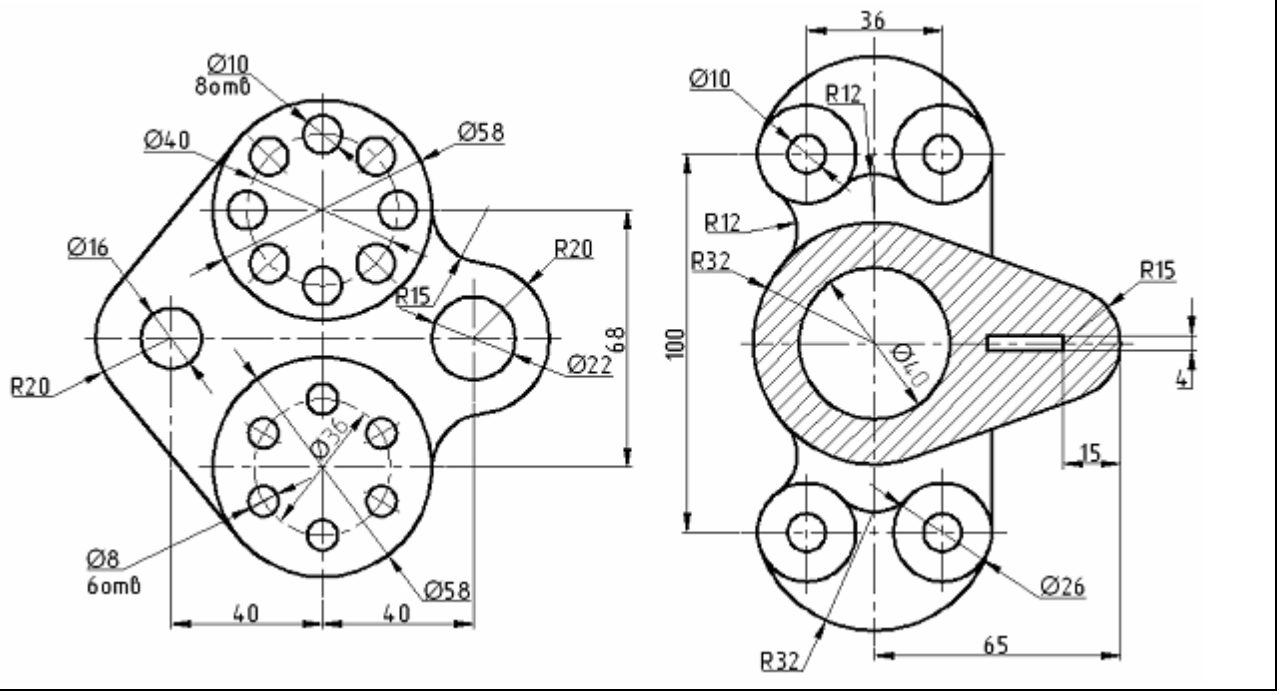

R визначити побудовою
86
Ø10
7отв
R12
Ø12
2отв
Ø48
R8
Ø66
75
Ø18
3отв
R10
R13
84


R20
R10
34
R10
75
Ø24
Ø100
Ø60
R6
R33
R17
Ø18
2отв
44

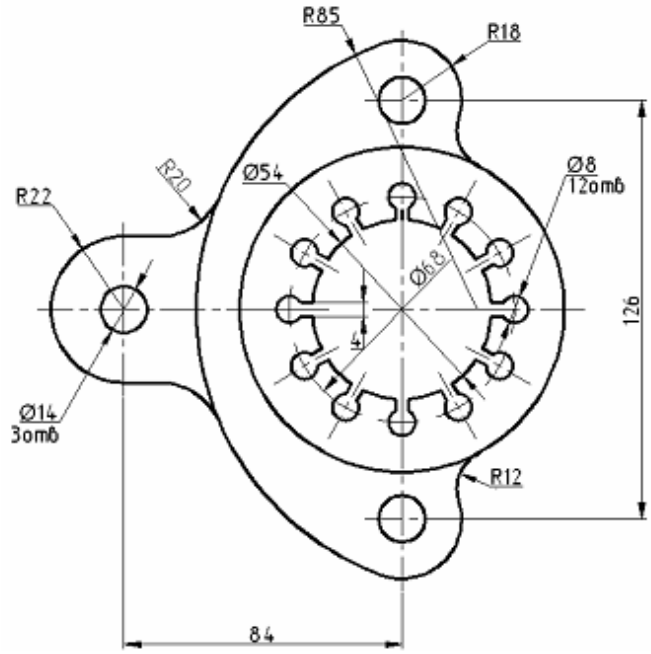
| | |
|---|---|
| **12** |  30°<br>R13<br>R22<br>R12<br>Ø64<br>Ø55<br>R53<br>20<br>24<br>7<br>35<br>Ø12<br>R12<br>Ø82<br>82<br>20<br>R10<br>R10<br>R10<br>Ø10<br>20<br>10<br>50<br>Ø22<br>Ø116<br>R6<br>R18<br>R40<br>R10<br>45° |
| **13** |  76<br>Ø32<br>R34<br>Ø30<br>Ø14<br>2отв<br>42<br>Ø54<br>R12<br>50<br>Ø78<br>Ø10<br>9отв<br>R110<br>30°<br>R25<br>R86<br>R10<br>R35<br>R55<br>R15<br>Ø20<br>4отв<br>R20<br>70<br>Ø35 |

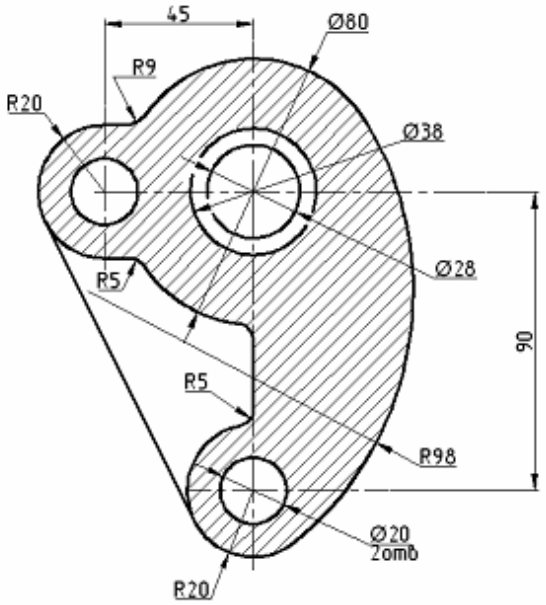
| | |
|---|---|
| **14** |  Ø10<br>4отв<br>R24<br>R7<br>42<br>R24<br>Ø80<br>R63<br>R12<br>30°<br>R75<br>76<br>33<br>66<br>R10<br>R6<br>18<br>R6<br>Ø12<br>4отв<br>R21<br>R10<br>Ø34<br>R30<br>R55<br>R38<br>45° |
| **15** |  R8<br>Ø8<br>6отв<br>Ø62<br>Ø40<br>R18<br>65<br>Ø30<br>R100<br>Ø16<br>3отв<br>110<br>R10<br>Ø10<br>32<br>Ø20<br>R18<br>R32<br>60<br>R18<br>R9<br>R48<br>R30 |

| | |
|---|---|
| **16** |  R10<br>R12<br>Ø85<br>Ø62<br>Ø32<br>104<br>Ø14<br>Ø12<br>4отв<br>R14<br>94<br>R40<br>30<br>R28<br>R140<br>47<br>110<br>R140<br>R85<br>R185<br>Ø28<br>2отв<br>R28<br>R20 |
| **17** |  32<br>Ø14<br>2отв<br>55<br>Ø76<br>Ø60<br>Ø92<br>55<br>Ø10<br>8отв<br>R10<br>R14<br>32<br>34<br>Ø20<br>3отв<br>Ø34<br>8<br>R80<br>60<br>Ø30<br>38<br>R18<br>R16<br>R25<br>64<br>Ø22<br>Ø40<br>100 |

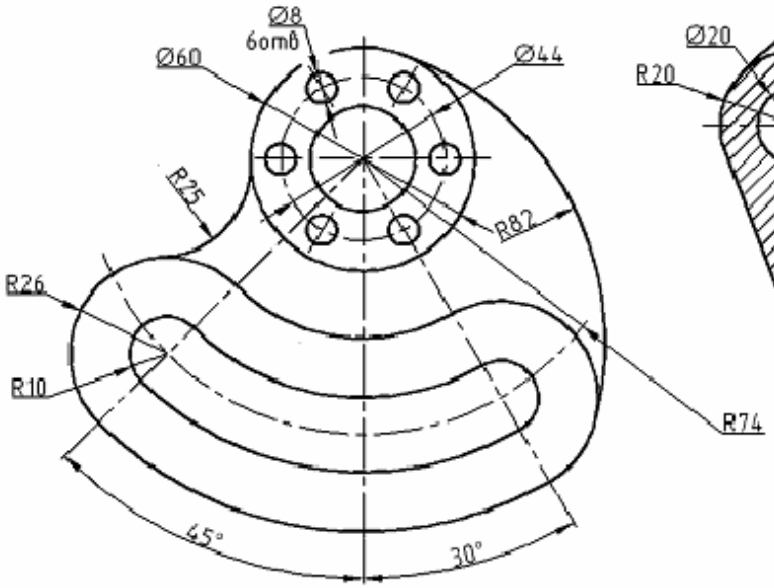
| | |
|---|---|
| **18** |  Ø40<br>R40<br>R94<br>130<br>246<br>R40<br>R76<br>Ø24<br>R14<br>R36<br>R5<br>Ø60<br>R6<br>52<br>24<br>100<br>168<br>30°<br>R17<br>R18<br>Ø55<br>60<br>8<br>60<br>R14<br>Ø90<br>Ø20<br>4отв |
| **19** |  Ø10<br>8отв<br>Ø40<br>Ø58<br>Ø16<br>R20<br>R15<br>Ø22<br>68<br>R20<br>Ø36<br>Ø8<br>6отв<br>Ø58<br>40<br>40<br>36<br>Ø10<br>R12<br>R12<br>R32<br>R15<br>100<br>Ø40<br>4<br>15<br>Ø26<br>R32<br>65 |

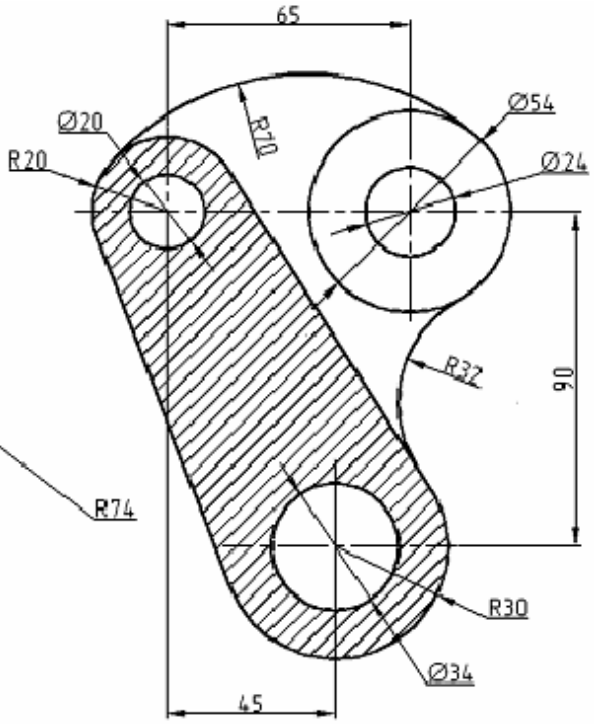
**20**


R85
R18
R20
Ø54
R22
Ø8
12otv
Ø68
4
126
Ø14
3otv
R12
84

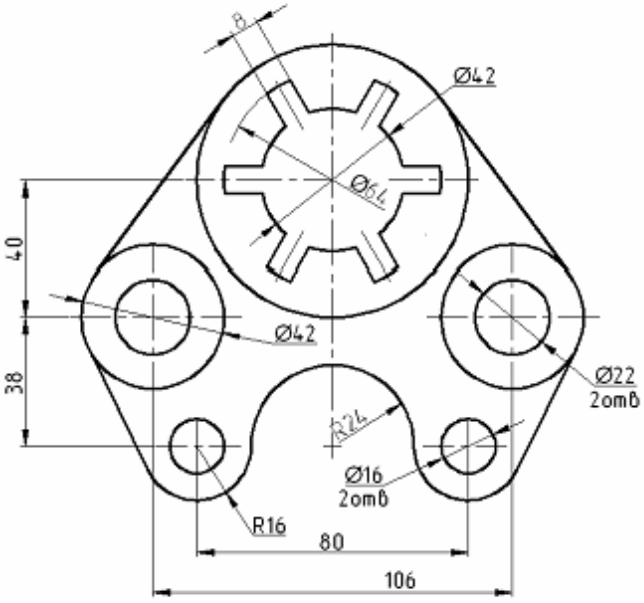

45
Ø80
R9
R20
Ø38
Ø28
R5
90
R5
R98
Ø20
2otv
R20

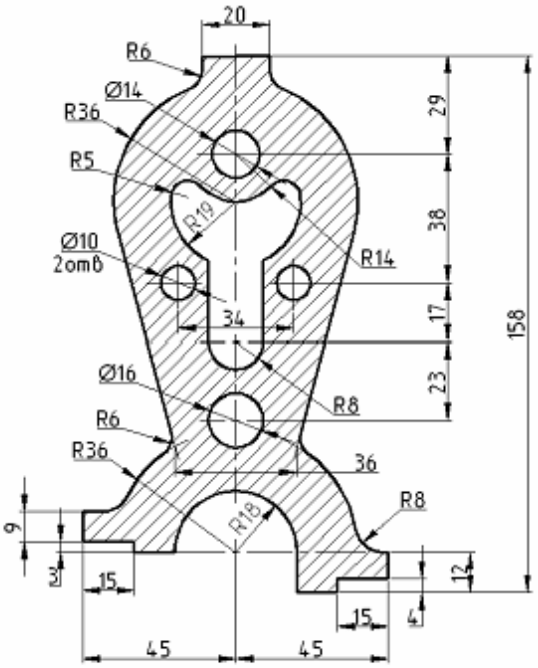
**21**


Ø8
6otv
Ø60
Ø44
R25
R82
R26
R10
R74
45°
30°

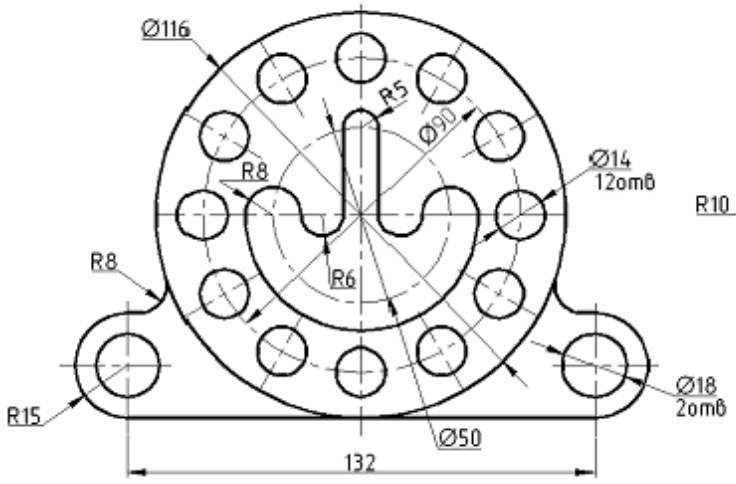

65
Ø20
R70
Ø54
R20
Ø24
R32
90
R30
Ø34
45

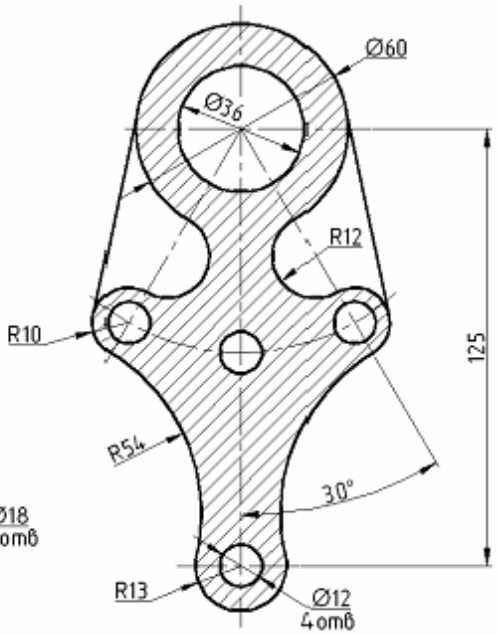
**22**

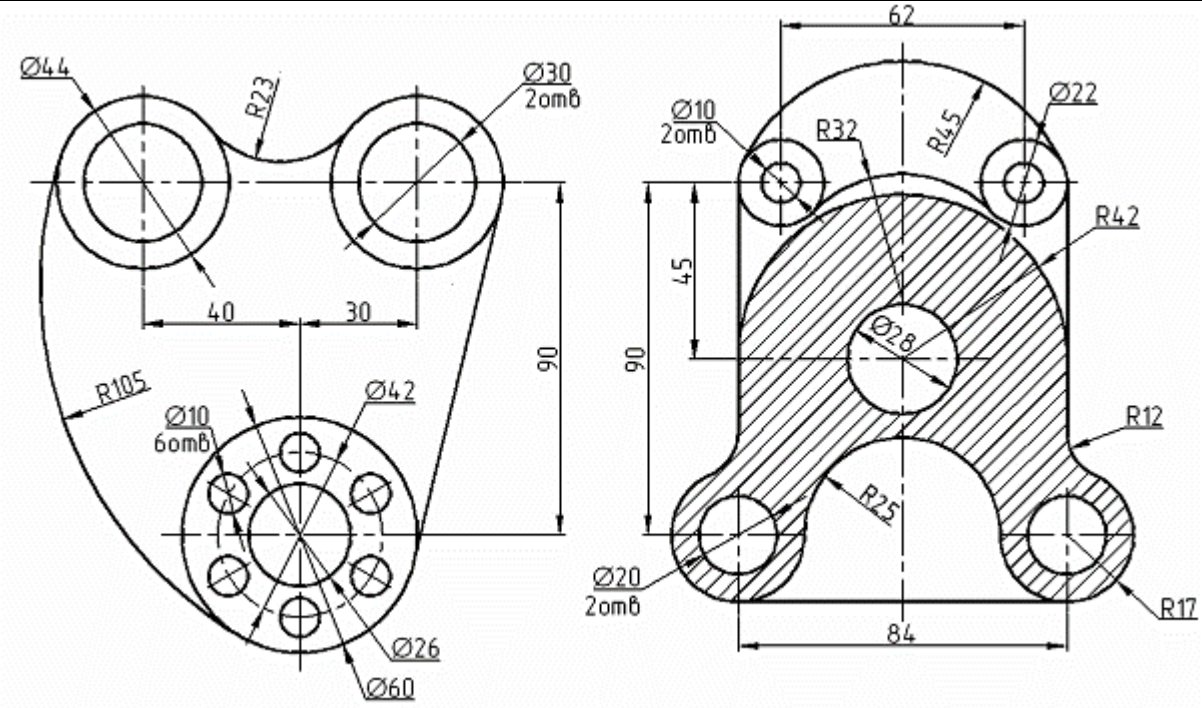
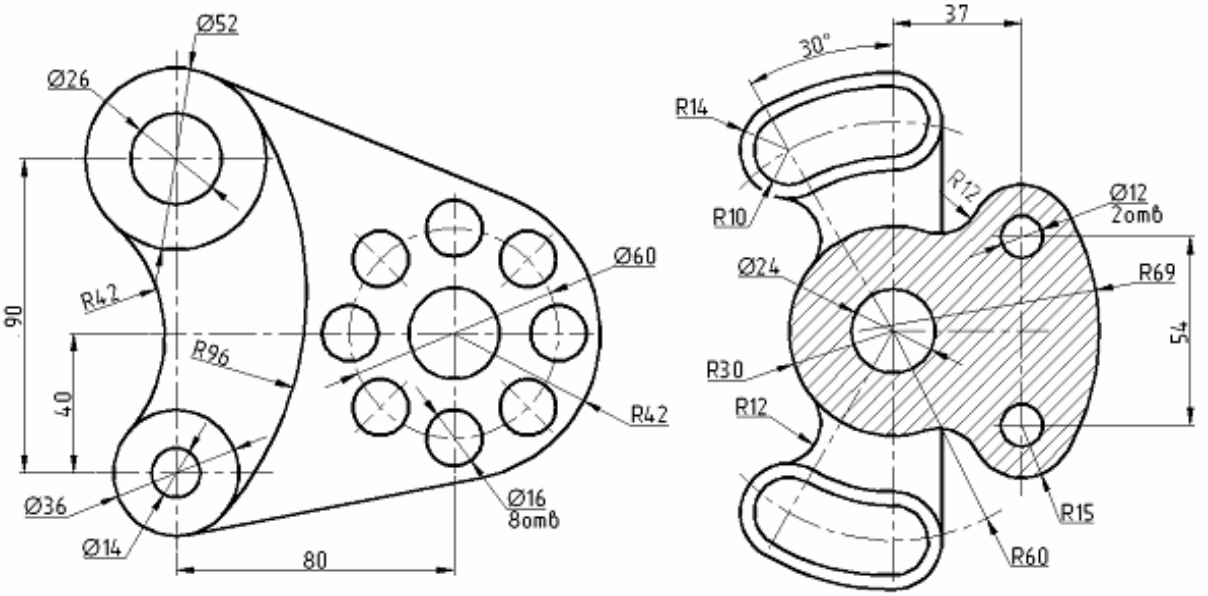

8
Ø42
Ø64
40
38
Ø42
Ø22
2отв
Ø24
Ø16
2отв
R16
80
106


20
R6
Ø14
R36
R5
R19
Ø10
2отв
R14
34
29
38
17
158
23
Ø16
R8
R6
R36
36
R8
R18
9
3
15
12
15
4
45
45

**23**


Ø116
R5
Ø90
R8
Ø14
12отв
R8
R6
R15
Ø18
2отв
Ø50
132


Ø60
Ø36
R12
R10
125
R54
30°
R13
Ø12
4отв

| | |
|---|---|
| **24** |  Ø44<br>R23<br>Ø30<br>2отв<br>40<br>30<br>90<br>R105<br>Ø10<br>6отв<br>Ø42<br>Ø26<br>Ø60<br>62<br>Ø10<br>2отв<br>R32<br>R45<br>Ø22<br>R42<br>45<br>90<br>Ø28<br>R12<br>R25<br>Ø20<br>2отв<br>R17<br>84 |
| **25** |  Ø52<br>Ø26<br>90<br>R42<br>40<br>R96<br>Ø60<br>R42<br>Ø36<br>Ø14<br>Ø16<br>8отв<br>80<br>37<br>30°<br>R14<br>R10<br>R12<br>Ø12<br>2отв<br>Ø24<br>R69<br>54<br>R30<br>R12<br>R15<br>R60 |

## Рекомендована література

Базова


1 Ванін, В.В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD / В.В. Ванін, В.В. Перевертун, Т.М. Надкернична. – К.: Каравелла, 2006.–334 с.

2 Люлька Д.М. Основи комп'ютерного проектування/ Д.М. Люлька, О.А. Єщенко. – К.: НУХТ, 2020.–253 с.

3 Рудаков Д.В. Нарисна геометрія і інженерна та компютерна графіка / Д.В. Рудаков, С.О. Давидов, Г.А. Іванова. . – Д., 2004.–46 с.


Допоміжна


1. AutoCAD. Support and learning. URL: https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-2AA12FC5-FBB2-4ABE-9024-90D41FEB1AC3-htm.html
2. Верхола, А.П. Словник з креслення: навч. посіб. / А.П. Верхола – К.: Вища школа, 1994. – 203 с.


Інформаційні ресурси


1. Autodesk. AutoCAD: 2D and 3D CAD software trusted by millions to draft, engineer, and automate designs anywhere, anytime. URL: https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription