

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності**

**Євген МАРТИН, Петро ВОЛОШКЕВИЧ
Олександр БОЙКО, Олександр ХЛЕВНОЙ**

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Навчальний посібник

**для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”**

Львів – 2025

УДК 744(075)

М 12

Євген Мартин, Петро Волошкевич, Олександр Бойко, Олександр Хлевной. Інженерна та комп'ютерна графіка. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 187 с.

Рецензенти:

Тригуба А. М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій Львівського національного аграрного університету;

Ткачук Р.Л., доктор технічних наук, професор, начальник кафедри управління інформаційною безпекою Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Навчальний посібник містить матеріал з основних положень інженерної графіки, доповнений елементами нарисної геометрії та інженерної комп'ютерної графіки. Подано правила побудови креслень та їх читання відповідно до чинних стандартів України. Завдання навчального посібника – вдосконалення знань з основ інженерної графіки та практичних навичок роботи у середовищі системи інженерної комп'ютерної графіки AutoCAD.

Навчальний посібник призначений для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 122 “Комп'ютерні науки”. Для закріплення теоретичного матеріалу навчального посібника пропонується виконати графічні завдання на окремих аркушах креслярського паперу формату А3 та у середовищі системи інженерної комп'ютерної графіки AutoCAD.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
(Протокол №5 від 18 грудня 2024 року).

ISBN 978-617-8654-04-7

© Мартин Є.В., 2025

© Волошкевич П.П., 2025

© Бойко О.О., 2025

© Хлевной О.В., 2025

© ЛДУБЖД, 2025

Зміст

Розділ 1. Основи інженерної графіки	6
1.1. Вимоги стандартів до креслення та його графічного оформлення	6
1.2. Формати і основний напис	7
1.3. Масштаби	10
1.4. Креслярські шрифти	10
1.5. Лінії	13
1.6. Основні правила нанесення розмірів	14
1.7. Геометричні побудови	21
1.7.1. Ділення відрізка на дві однакові частини	22
1.7.2. Ділення кута	22
1.7.3. Визначення центра і радіуса дуги кола	22
1.7.4. Ділення відрізка на рівні частини	23
1.7.5. Ділення кола на рівні частини	23
1.7.6. Ділення кола на 5 і 10 рівних частин	24
1.7.7. Спряження	25
Розділ 2. Поверхні	31
2.1. Утворення та задання поверхонь	31
2.2. Відображення поверхонь. Точки на поверхнях	32
2.2.1. Циліндр	32
2.2.2. Сфера	35
2.2.3. Конус	38
2.2.4. Призма	41
2.2.5. Піраміда	43
2.3. Перетин поверхонь площинами	45
2.4. Взаємний перетин поверхонь площинами	51
2.4.1. Тіло, обмежене сферичною і циліндричною поверхнею	51
2.4.2. Тіло, обмежене пірамідальною і циліндричною поверхнею	53
2.4.3. Тіло, обмежене конічною і сферичною поверхнею	56
Розділ 3. Проекційне креслення	60
3.1. Основні поняття проєкціювання	60
3.2. Прямокутне проєкціювання	61
3.3. Побудова третьої проєкції по двох даних	62
3.4. Проєкції точок, що лежать на поверхні предмета	63
Розділ 4. Розрізи та перерізи	67
4.1. Зображення. Вигляди	67
4.2. Розрізи	67

4.3. Перерізи.....	75
4.4. Вимоги до зображення та позначення розрізів і перерізів	77
Розділ 5. Аксонометричні проекції	80
5.1. Основні поняття, визначення, класифікація	80
5.2. Послідовність побудови аксонометричних проекцій	82
5.3. Побудова аксонометричних проекцій кіл	83
Розділ 6. Схеми	85
6.1. Загальні поняття, визначення, класифікація	85
6.2. Структурна схема	87
6.3. Функціональна схема	89
6.4. Схема електрична принципова	91
6.5. Вимоги до графічного оформлення схем	92
6.6. Позиційні літерно-цифрові позначення електричних схем	94
6.7. Перелік елементів	99
Розділ 7. Комп'ютерна графіка	106
7.1. Перший запуск AutoCAD	107
7.2. Налаштування графічного редактора AutoCAD	112
7.3. Інструменти для створення примітивів	119
7.3.1. Інструмент «Точка»	119
7.3.2. Інструмент «Відрізок прямої лінії»	120
7.3.3. Інструмент «Коло»	122
7.3.4. Інструмент «Дуга»	124
7.3.5. Інструмент «Полілінія»	128
7.3.6. Інструмент «Багатокутник»	132
7.3.7. Інструмент «Кільце»	134
7.3.8. Інструмент «Еліпс»	135
7.3.9. Інструмент «Текстове повідомлення»	137
7.3.10. Інструмент «Штрихування»	139
7.4. Редагування графічних примітивів	142
7.4.1. Інструмент «Усунення об'єктів»	142
7.4.2. Інструмент «Копіювання об'єктів»	143
7.4.3. Інструмент «Симетричне відображення об'єктів»	144
7.4.4. Інструмент «Формування масиву»	146
7.4.5. Інструмент «Переміщення об'єктів»	148
7.4.6. Інструмент «Обертання об'єктів»	149
7.4.7. Інструмент «Утворення фасок»	150
7.4.8. Інструмент «Виконання зовнішніх спряжень»	152
7.4.9. Інструмент «Ножиці»	153
7.4.10. Інструмент «Редагування полілінії»	155

7.5. Заміна типів ліній	159
7.6. Створення нового шару креслення	160
7.7. Нанесення розмірів	163
7.8. Об'єктна прив'язка.....	165
8. Практичне застосування графічної програми AutoCAD	168
8.1. Завдання для побудови комп'ютерної моделі прокладки ущільнюючої напірного патрубка пожежної помпи ПН-40 УВ	168
8.2. Командний діалог побудови комп'ютерної моделі прокладки ущільнюючої напірного патрубка пожежної помпи ПН-40 УВ	169
Перелік використаних джерел	186

Розділ 1. Вступ. Основи інженерної графіки

1.1. Вимоги стандартів до кресленика і його графічне оформлення

В процесі виконання креслеників, зображуючи об'єкти та їх елементи, подають додаткову інформацію у вигляді умовних графічних позначень. Для того, щоб ця інформація була зрозуміла кожному фахівцеві, використовують єдині технічні умови і єдину термінологію, що підтримується державними стандартами України. Усі кресленики оформляють відповідно до вимог чинних стандартів.

Загальні правила виконання креслеників регламентуються **ДСТУ 3321-2003** [1] «Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять». Попередня до неї **СКД** замінила з 01.01.97 р. чинну в Україні єдину систему конструкторської документації (**ЄСКД**). **СКД** – це комплекс державних стандартів, що містить правила та положення щодо порядку розроблення, оформлення й обігу конструкторської документації. Згідно з прийнятою Держстандартом України класифікацією нормативних документів зі стандартизації, яка гармонізує із системою стандартів Міжнародної організації і стандартизації (**ISO**), **ДСТУ 3321-2003** і тимчасово чинні стандарти другого класу раніше чинної **ЄСКД** становлять узагальнений комплекс стандартів.

Розпочинаючи кресленик, необхідно попередньо ознайомитись із креслярськими інструментами. На рисунку 1.1 наведені зображення основних креслярських інструментів, які використовують для виконання креслеників. На рисунку 1.2 представлено набір лекал та трафаретів для викреслювання кіл, еліпсів та геометричних кривих.



Рисунок 1.1– Інструменти для виконання креслеників



Рисунок 1.2 – Трафарети для виконання креслеників

1.2. Формати і основний напис

Відповідно до ДСТУ ISO 5457:2006 формат аркуша креслярського паперу визначається розмірами його сторін. Кожний стандартний формат має позначення, наприклад, A0 [2]. Основні формати визначаються послідовним діленням навпіл довших сторін формату A0 (1189 × 841мм), площа якого дорівнює один м². Розміри основних форматів подані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Формати

Позначення формату	Розміри сторін формату, мм
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

На форматі виконують рамку креслення суцільною товстою основною лінією (рисунок 1.3) на відстані 5 мм від краю з трьох сторін аркуша і на відстані 20 мм від четвертого лівого краю (для майбутнього поєднання документів).

Основний напис розташовують:

тільки понизу у рамці креслення на форматі A4,

у правому нижньому куті розташованого горизонтально або вертикально формату A3 (рисунок 1.4).

Вгорі зліва може бути розташована рамка для облікових написів. Форма і зміст основного напису для креслеників визначені Державним стандартом України.

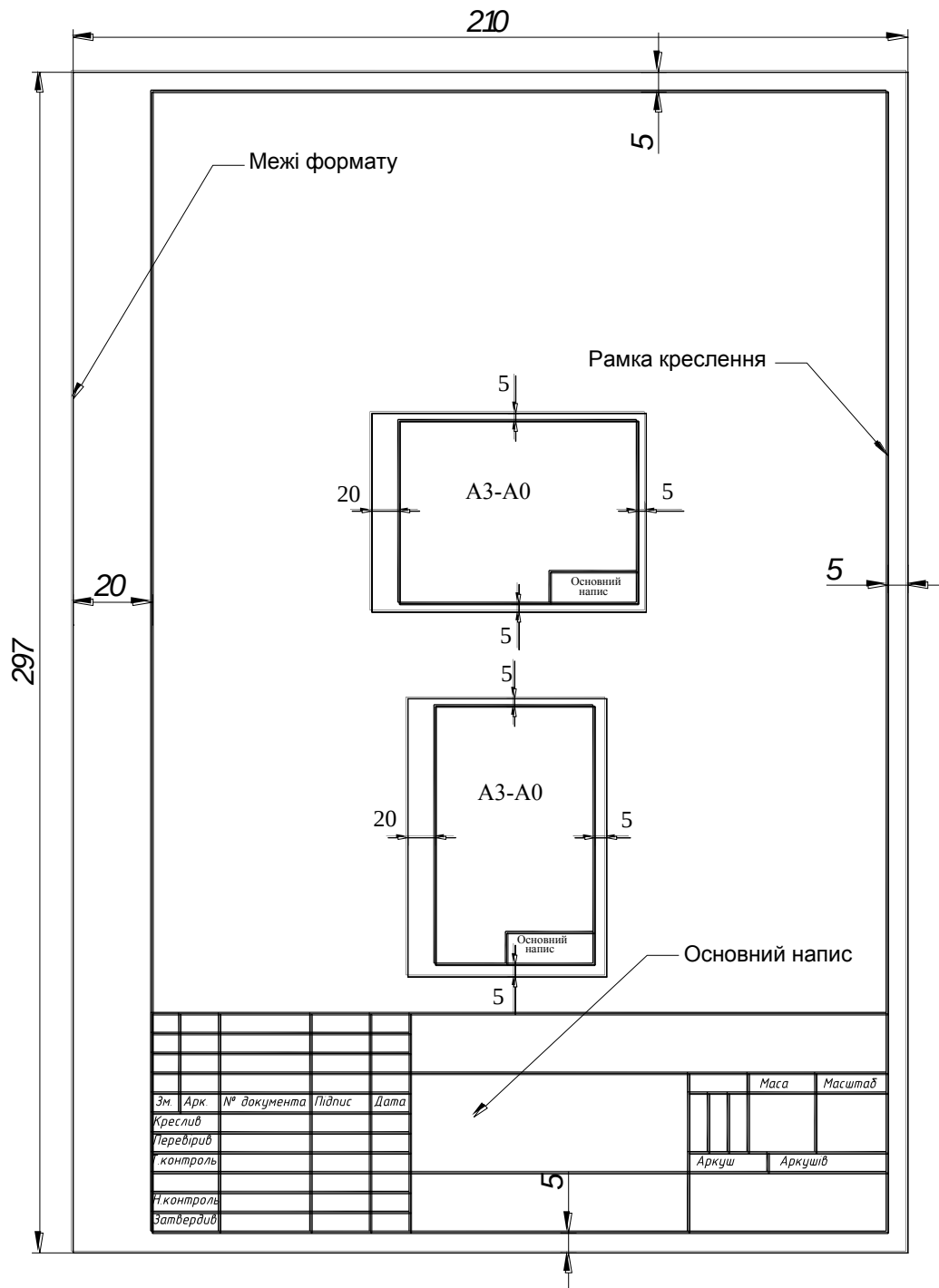
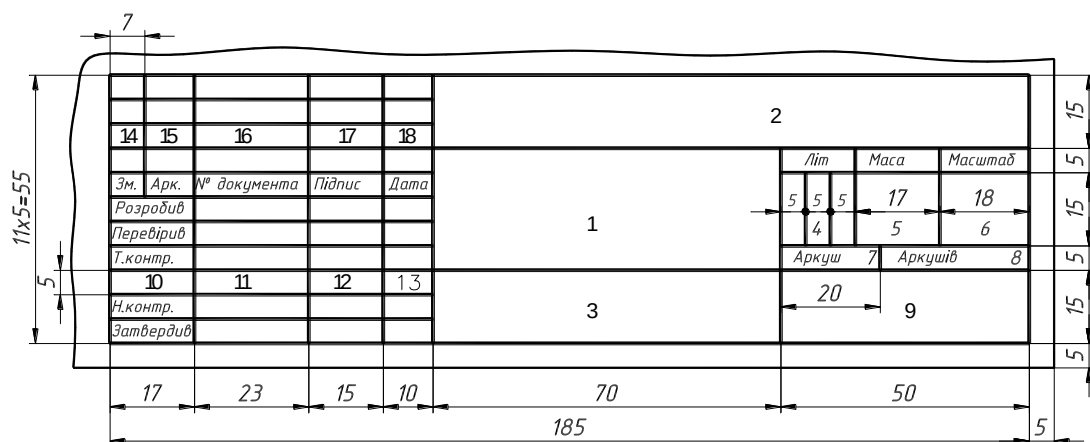


Рисунок 1.3 – Межі формату A4 та основний напис кресленика згідно з DSTU ISO 5457:2006

Основний напис заповнюють як на рисунку 1.4а. Відповідно до DSTU ISO 5457:2006 він призначений для всіх типів креслень за винятком будівельних.

					КІТСЕК ЛР 1					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Прокладка пожежної помпи			Маса	Масштаб	
Креслив		Газарович								1:1
Перевірів								Аркуш	Аркушів	
Т.контр.										
Н.контр.								Взвод КН-11		
Затвердив										

а)



б)

Рисунок 1.4 – Розміри та призначення окремих граф основного напису

У графах основного напису зазначають (рисунок 1.4б):

1 – назву виробу;

2 – позначення документа;

3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на креслениках деталей);

4 – літеру, яку присвоєно документові відповідно до навчальних креслеників – «Н»;

5 – масу виробу;

6 – масштаб;

7 – порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);

8 – загальну кількість аркушів (графу заповнюють лише на першому аркуші);

9 – назву або розпізнавальний індекс підприємства, на якому виготовлено документ (графу не заповнюють, якщо розпізнавальний індекс є в позначенні документа);

- 10 – особливість роботи, яку виконують особи, котрі підписують документ;
- 11 – прізвища осіб, котрі підписали документ;
- 12 – підписи осіб, прізвища котрих зазначені у графі 11;
- 13 – дату підписання документа;
- 14...18 – зміни, які вносять у кресленик.

1.3. Масштаби

Масштабом називають міру зменшення або збільшення зображення предмета щодо його дійсних розмірів. Відповідно до ДСТУ ISO 5455:2005 для виконання креслеників рекомендують масштаби, подані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Масштаби

Масштаби зменшення	1:2, 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Для великих об'єктів можна використовувати масштаби зменшення 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:50000. За необхідності також допускають використання масштабів збільшення $(100 \times n):1$, де n – ціле число. У відповідній графі основного напису масштаб позначають, наприклад, 1:2 або 2:1.

1.4. Креслярські шрифти

Всі написи на креслениках виконують стандартним шрифтом.

ДСТУ ISO 3098-6:2022 визначає такі типи шрифтів:

- тип А без нахилу; тип *A* з нахилом близько 75° ;
- тип Б без нахилу; тип *B* з нахилом близько 75° .

Розміри елементів літер, відстані між літерами, словами і рядками кратні розмірові чарунки сітки (таблиця 1.3).

Шрифти типу А мають товщину літер $h/14$, а типу Б – $h/10$, де h – висота великих літер у міліметрах. Висоту h також називають розміром шрифту, який відповідно до ДСТУ ISO 3098-6:2022 може мати такі значення: 2.5; 3.5; 5; 7; 10; 20; 28; 40.

Таблиця 1.3 – Шрифти

Параметри шрифта		Поз- начен- ня	Відносний розмір		Розміри мм			
Велики літери і цифри								
висота		h	$(10/10)h$	$10d$	3,5	5,0	7,0	10,0
Ширина літер і цифр	А Д Х М Ю	g	$(7/10)h$	$7d$	2,4	3,5	4,9	7,0
	Б В И Й К Л Н О П Р Т У Ц Ч Ь Є Я 4 8		$(6/10)h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
	Г Г Е З С 2 3 5 6 7 9		$(5/10)h$	$5d$	1,7	2,5	3,5	5,0
	Ж Ф Ш Щ		$(8/10)h$	$8d$	2,8	4,0	5,6	8,0
	1		$(3/10)h$	$3d$	1.1	1.5	2.1	3.0
	І Ї		$(1/10)h$	$1d$	0,3	0,5	0,7	1,0
Висота	а г е ж и й к л м н о п с т х ц ш щ ь ю я	c	$(7/10)h$	$7d$	2,5	3,5	5,0	7,0
	б в д р у ф		$(10/10)h$	$10d$	3,5	5,0	7,0	10,0
	Малі літери							
Ширина	а б в г д е є и й к л н о п р у х ц ч ь я	g	$(5/10)h$	$5d$	1,7	2,5	3,5	5,0
	з с Ї		$(4/10)h$	$4d$	1,4	2,0	2,8	4,0
	м ю		$(6/10)h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
	т ж ф ш щ		$(7/10)h$	$7d$	2,4	3,5	4,9	7,0
Відстань між літерами та цифрами		a	$(2/10)h$	$2d$	0,7	1,0	1,4	2,0
Відстань між нижніми рядками		b	$(17/10)h$	$17d$	6,0	8,5	12,0	17,0
Відстань між словами		e	$(6/10)h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
Товщина ліній шрифта		d	$(1/10)h$	$1d$	0,3	0,5	0,7	1,0

Стандарт ДСТУ ISO 3098-6:2022 визначає також форму літер латинської та грецької абетки, римських цифр, математичних і розділових знаків тощо (рисунок 1.5).

Висота малих літер відповідає висоті великих літер попереднього номера шрифту. Наприклад, для десятого шрифту висота малих літер дорівнює 7 мм, для сьомого шрифту – 5 мм тощо. Частину літер, які виступають з рядка (зверху або знизу), виконують за рахунок відстаней між рядками (наприклад: д, щ, ц, і, ї, й на рисунку 1.6). Всі написи на кресленикові виконують олівцем і від руки. Щоб забезпечити нахил літер і рівномірну відстань між ними, а також, щоб полегшити

написання тексту, на кресленикові попередньо наносять сітку (рисунок 1.7). Переконавшись, що всі написи виконані правильно, їх наводять контурною лінією.



Рисунок 1.5 – Приклад виконання шрифтів



Рисунок 1.6 – Кириличні шрифти

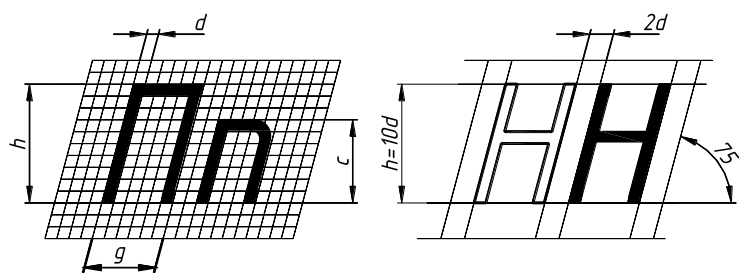


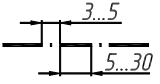
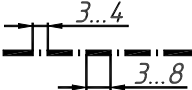
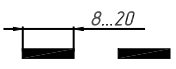
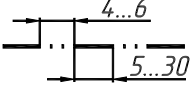
Рисунок 1.7 – Приклад напису літер у лінійках та комірках

1.5. Лінії

В процесі виконання креслеників використовують лінії, встановлені стандартом ДСТУ ISO 128-21:2005. Приклади різних типів ліній наведені у таблиці 1.4. Товщина ліній, довжина штрихів, штрихових і штрих-пунктирних ліній повинні бути однаковими для всіх зображень на форматі. Їх обирають залежно від масштабу та складності зображення. Штрих-пунктирні лінії повинні перетинатись і закінчуватись штрихами.

Таблиця 1.4 – Лінії

Назва	Зображення	Товщина	Призначення
Суцільна товста основна		$S=0,5\div 1,4$ мм	Лінії видимого контуру; лінії контурів перерізів (винесених і таких, які входять до складу розрізу)
Суцільна тонка		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії контуру накладеного перерізу; розмірні та виносні; лінії штрихування; полиці ліній виноска і підкреслювання написів
Суцільна хвиляста		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії обриву; лінії розмежування вигляду і розрізу
Штрихова		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії невидимого контуру

Штрих-пунктирна тонка		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії осеві та центрові; лінії перерізів, що є осями симетрії для накладених та винесених перерізів
Штрих-пунктирна потовщена		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{2S}{3}$	Лінії, що позначають поверхні, які підлягають термообробці або покриттю; лінії зображення елементів, розташованих перед січною площиною
Розімкнена		Від S до $\frac{3S}{2}$	Лінії позначення розрізу і перерізу
Суцільна тонка з зломом		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву
Штрих-пунктирна з двома точками, тонка		Від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії згину на розгортках; лінії для зображення частини виробу в крайньому або проміжному положенні; лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом

1.6. Основні правила нанесення розмірів

Зображення на кресленикові визначають форму та будову виробу, а розмірні числа – його величину. Нанесення розмірів на кресленикові – один із найбільш відповідальних етапів його виготовлення. Правила нанесення розмірів на креслениках визначає ДСТУ EN ISO 129-1:2022.

Загальні вимоги. Розміри на креслениках наносять розмірними числами, які розташовують над розмірними лініями.

Розміри поділяють на лінійні та кутові. Лінійні розміри на креслениках наносять в міліметрах без одиниць виміру. Якщо розміри подають в інших одиницях виміру (наприклад, в сантиметрах, метрах), то відповідно розмірні числа записують з позначенням одиниці виміру (см, м) або зазначають в технічних умовах.

Кутові розміри на креслениках (рисунок 1.8) вказують у градусах ($^{\circ}$), хвилинах ($'$), секундах ($''$). Розмірну лінію при цьому проводять у вигляді дуги кола з центром у вершині кута.

Розмірні числа іноді проставляють в десяткових дробах. Не допускається використовувати для розмірних чисел прості дробі, за винятком розмірів у дюймах. Кожний розмір необхідно наносити на кресленикові тільки один раз (рисунок 1.9).

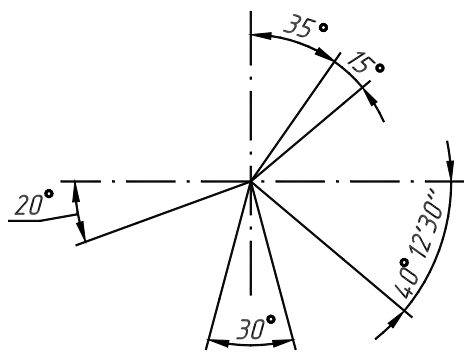


Рисунок 1.8 – Правильно нанесені кутові розміри

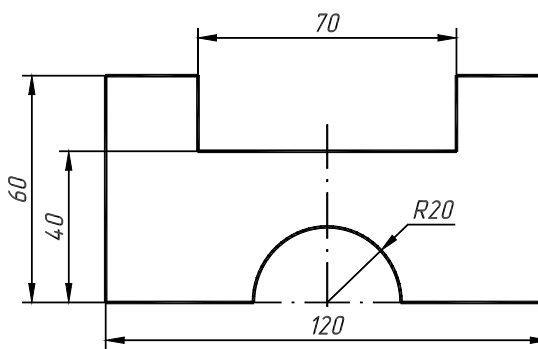


Рисунок 1.9 – Правильно нанесені лінійні та радіальні розміри

Допускається повторювати розміри тільки на будівельних креслениках. Загальна кількість розмірів на кресленикові повинна бути достатньою для виготовлення і контролю виробу.

Розмірні і виносні лінії. Розмірні лінії проводять суцільною тонкою лінією і обмежують стрілками. Стрілки вказують межі виміру елемента виробу. Величину стрілок вибирають залежно від товщини S основних ліній видимого контуру і викреслюють приблизно однаковими на кресленикові. Форма стрілки показана на рисунку 1.10.

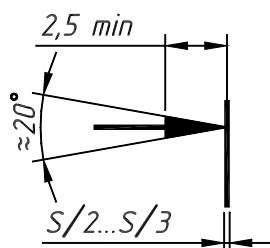


Рисунок 1.10 – Форма стрілки

Довжину стрілки приймають від 2,5 до 6 мм. Розмірні лінії проводять між виносними лініями, а також між осьовими та центровими. При нанесенні розмірів прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії перпендикулярно розмірним лініям.

Розмірні лінії бажано наносити поза контуром зображення, щоб не перевантажувати кресленик. Відстань розмірної лінії від паралельної їй лінії контура повинна бути не менше десяти мм, між розмірними лініями – сім мм.

Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірних ліній на 1...5 мм. Виносні лінії проводять, здебільшого, від ліній видимого контуру. Якщо немає такої можливості, то допускається розмірні і виносні лінії проводити від ліній невидимого контуру.

Заборонено використовувати в якості розмірних ліній контурні, осьові, центрові лінії чи їх продовження. Необхідно уникати взаємного перетину розмірних і виносних ліній.

Розмірні лінії допускається проводити з обривом та із стрілкою на одному кінці в таких випадках:

1. Коли вигляд чи розріз симетричного предмета показаний тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірну лінію обривають за віссю симетрії предмета (рисунок 1.11).

2. При вказуванні розміру діаметра кола незалежно від того, зображене коло повністю чи частково, причому розмірну лінію обривають поза центром кола (див. рисунок 1.11).

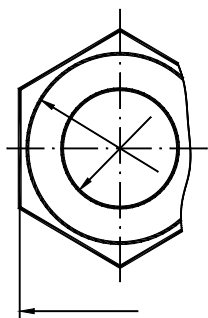
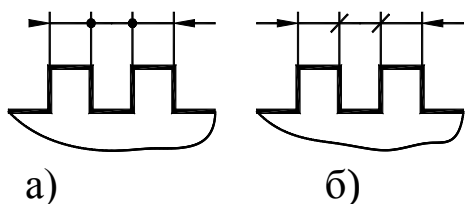


Рисунок 1.11 – Обрив розмірної лінії за віссю симетрії предмета

3. При потраплянні написів чи стрілок на контурну лінію виконують її розрив.

4. Якщо довжина розмірної лінії не дає змоги розмістити на ній



а)

б)

Рисунок 1.12 – Ланцюг розмірів

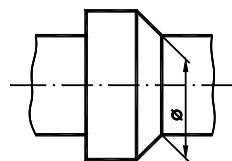


Рисунок 1.13 – Особливий випадок проставлення діаметрального розміру

стрілки, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії і стрілки наносять із зовнішнього боку (рисунок 1.12). За неможливості нанести стрілки на розмірних лініях, розміщених ланцюгом, стрілки

допускається замінити крапками (рисунок 1.12а) або засічками, які наносять під кутом 45° до розмірної лінії (рисунок 1.12б).

5. У випадках, подібних до рисунка 1.13, виносні лінії проводять похило до розмірних, причому так, щоб вони разом з вимірюваним відрізком утворювали паралелограм.

Розмірні числа. Розмірні числа необхідно наносити якнайближче до середини розмірної лінії. Висота цифр при виконанні креслень повинна бути не менше 3.5 мм. На одному й тому ж кресленникові всі розмірні числа і стрілки повинні бути по можливості однакового розміру і написання.

При нанесенні декількох паралельних чи концентричних розмірних ліній на малій відстані розмірні числа над ними розташовують у шаховому порядку (рисунок 1.14).

Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній слід розміщувати як наведено на рисунку 1.15, а кутові розміри наведено на рисунку 1.16.

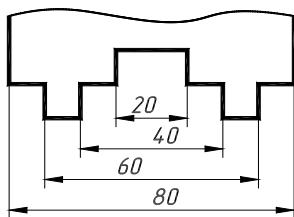


Рисунок 1.14 –
Розміщення
розмірних чисел у
шаховому порядку

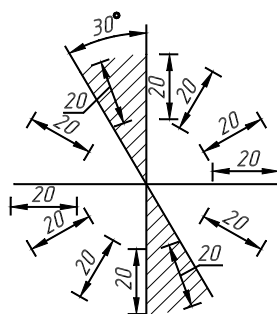


Рисунок 1.15 –
Розміщення розмірних
чисел при різних
нахилах розмірних
ліній

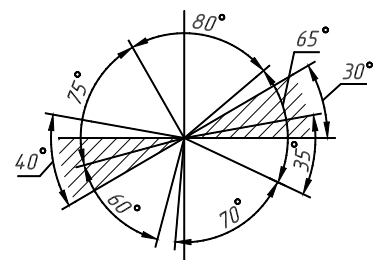


Рисунок 1.16 –
Розміщення
кутових розмірів

Для малих кутів розмірні числа розташовують на поличках ліній - виноснок у будь-якій зоні рисунка (рисунок 1.17).

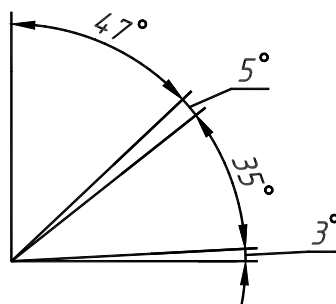


Рисунок 1.17 – Розміщення розмірних чисел для малих кутів

Розмірні числа заборонено перетинати будь-якими лініями кресленика. Наносять їх так, щоб можна було прочитати кресленик зверху вниз і зліва направо. Заборонено також розривати лінію контуру для нанесення розмірних чисел і наносити розмірні числа в місцях перетину розмірних, осевих і центрових ліній.

Осьові, центрові лінії та лінії штриховки переривають, якщо для нанесення розмірного числа не вистачає місця над розмірною лінією. При цьому розмірні числа наносять на продовженні розмірної лінії або виносять на горизонтальну поличку лінії-виноски, розміщену паралельно основному написові кресленика (рисунки 1.18).

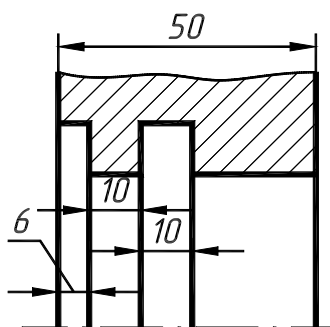


Рисунок 1.18 – Винесення розмірного числа 6 на горизонтальну поличку лінії-виноски

Умовні позначення та написи. Перед розмірним числом радіуса необхідно писати літеру *R*. Висота літери *R* повинна дорівнювати висоті цифр. Центр дуги позначають перетином центрових ліній. При проведенні кількох радіусів із одного центра розмірні лінії цих радіусів не розташовують на одній прямій (рисунки 1.19а). При великому розмірі радіуса допускається наближати центр до дуги і в цьому випадку розмірну лінію радіуса показують із зломом під кутом 90° як на рисунку 1.19б або не доводити до центра як на рисунку 1.19в; то саме на рисунку 1.20.

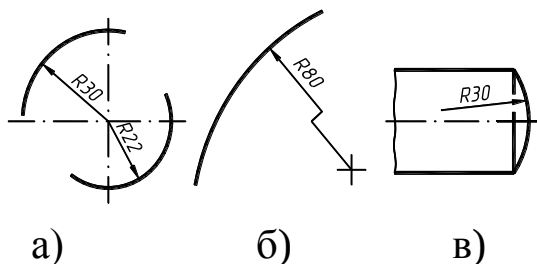


Рисунок 1.19 – Приклади нанесення радіальних розмірів

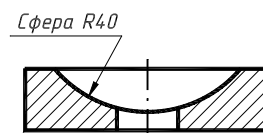


Рисунок 1.20 – Приклад нанесення сферичного розміру

На рисунку 1.21 наведені радіуси зовнішніх і внутрішніх заокруглень.

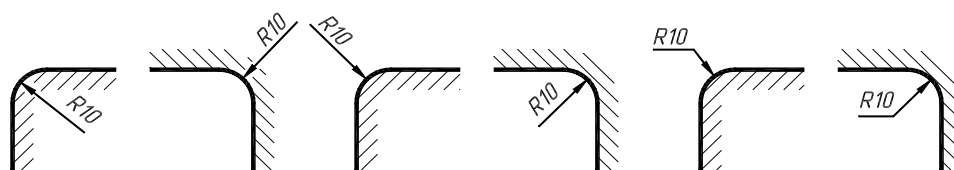


Рисунок 1.21 – Приклади зображень радіусів зовнішніх і внутрішніх заокруглень

Діаметр показують знаком $\varnothing$, який наносять перед розмірним числом у всіх випадках (рисунок 1.22а). Висота знака діаметра дорівнює висоті розмірних чисел, а діаметр кола знака дорівнює $\frac{7}{10}$ його висоти, кут нахилу лінії перетину знака становить 60° (рисунок 1.22б).

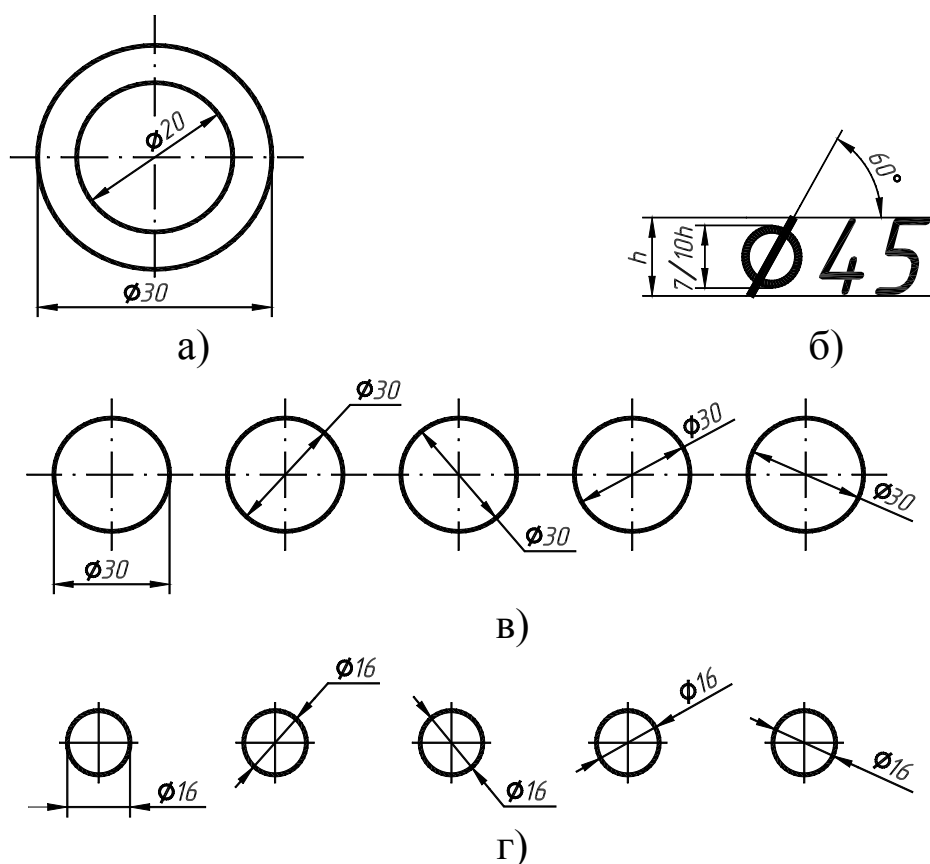


Рисунок 1.22 – Приклади нанесення діаметральних розмірів

При нанесенні розміру діаметра всередині кола розмірне число зміщують відносно центра (рисунок 1.22а). У колах малих діаметрів розмірні лінії і числа, стрілки, знак діаметра наносять, так само

(рисунки 1.22в, г). Використання знака діаметра на кресленикові вала зображене на рисунку 1.23.

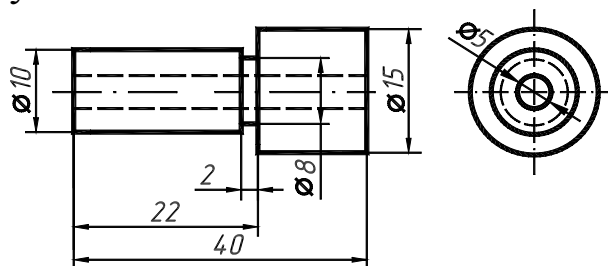


Рисунок 1.23 – Приклад використання умовної позначки Ø для нанесення розміру на кресленикові деталі, що має циліндричну форму

Розміри квадрата на кресленикові наносять як показано на рисунку 1.24 і рисунку 1.25а,б. Зображення на рисунку 1.25в передбачене у випадках різних графічних відхилень розмірів сторін квадрата. Розмір знака □ дорівнює висоті розмірних чисел на кресленні.

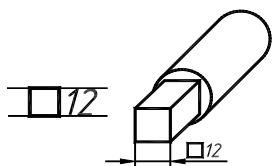


Рисунок 1.24 – Приклад нанесення умовного знака «квадрат»

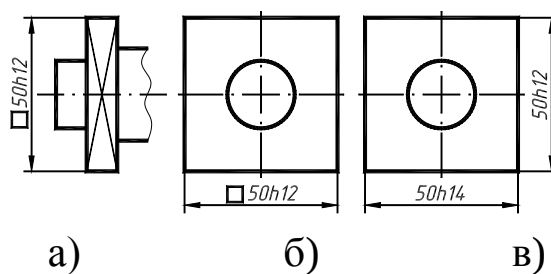


Рисунок 1.25 – Приклад нанесення розміру квадратної призми

Значення нахилу прямої проставляють на поличці лінії – виноски, розміщеної горизонтально (рисунку 1.26а). Перед розмірним числом, котре визначає нахил, ставлять знак $\angle$, гострий кут якого направляють у бік нахилу.

Конусність зазначають на поличці лінії – виноски паралельно осі конуса, або над його віссю (рисунку 1.26б). Перед розмірним числом, яке визначає конусність, ставлять знак $\triangleright$, гострий кут якого спрямовують в сторону вершини конуса.

Деякі деталі мають фаски – невеличкі скоси під різними кутами. Розміри фасок під кутом 45° позначають написом, де перша цифра вказує висоту фаски в міліметрах, а друга – кут скосу (рисунку 1.27а).

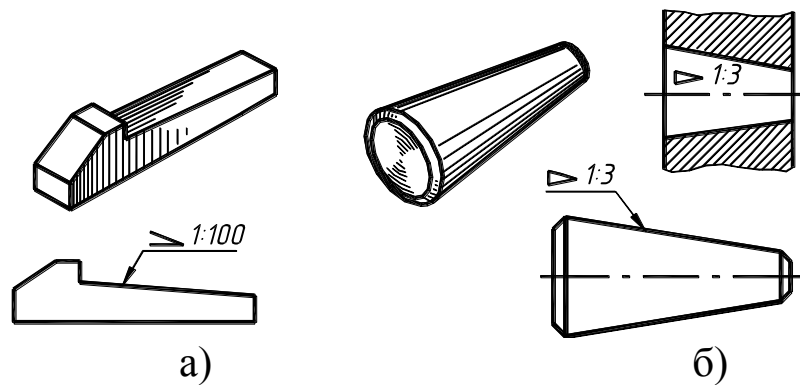


Рисунок 1.26 – Приклади нанесення розміру ухилу та конусності

Розміри фасок під іншими кутами показують за загальними правилами – лінії і кутові розміри (рисунок 1.26) або за двома лінійними розмірами (рисунок 1.27в).

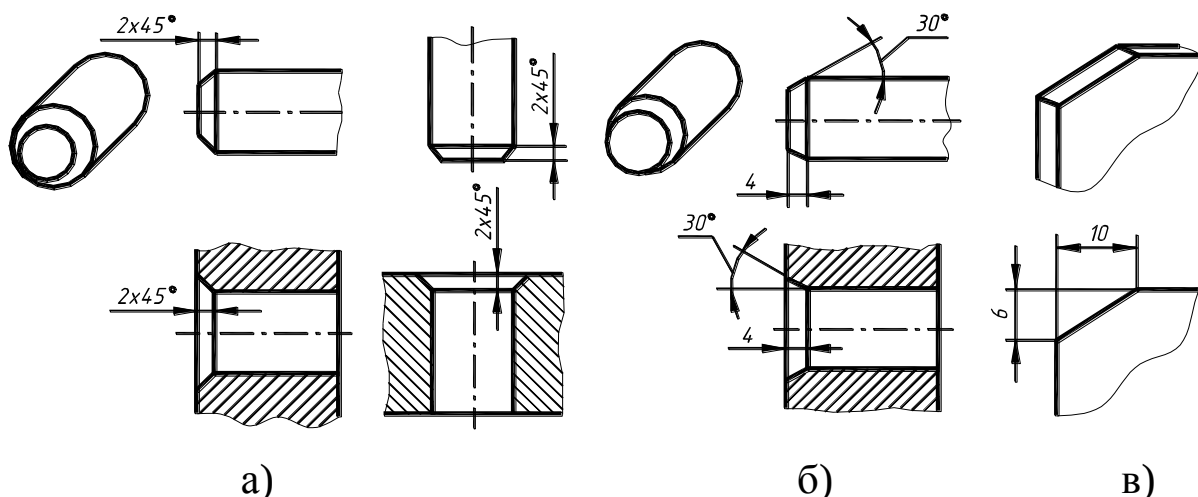


Рисунок 1.27 – Приклади нанесення розміру циліндричної фаски

1.7. Геометричні побудови

Побудовою зображення виробу на кресленикові називають графічний спосіб розв'язку геометричних задач на площині за допомогою креслярських інструментів або на комп'ютері. При виконанні креслень деталей необхідно вміти проводити паралельні та перпендикулярні прямі, ділити відрізок і коло на рівні частини, будувати правильні багатокутники і т. д. Деякі з цих завдань розглянемо нижче.

1.7.1. Ділення відрізка на дві однакові частини

Для поділу відрізка AB з точок A і B , як з центрів радіусом R , більшим за половину відрізка, роблять чотири засічки. Пряма MN , що з'єднує точки перетину дуг, поділяє відрізок AB на дві однакові частини (рисунки 1.28).

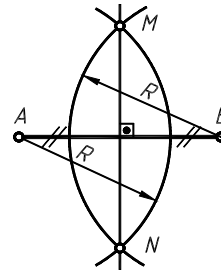


Рисунок 1.28 – Приклад ділення відрізка на дві однакові частини

1.7.2. Ділення кута

Для поділу кута $\angle ABC$ на дві рівні частини з його вершини проводять дугу DE довільного радіуса (рисунки 1.29а). Потім з точок D і E проводять дуги, радіус яких більший половини дуги DE . Через точку перетину дуг F проводять лінію BF , яка ділить кут ABC на дві однакові частини (рисунки 1.29б). Таким способом кут можна поділити на 4, 8, 16 і більше частин.

При діленні прямого кута на три однакові частини з вершини проводять дугу довільного радіуса, що перетинає сторони кута в точках E і F (рисунки 1.29в). Із цих точок тим же радіусом необхідно зробити засічки на проведеній дузі. Точки D і K з'єднують прямими з точкою B , що дає три однакові кути по 30° (рисунки 1.29г).

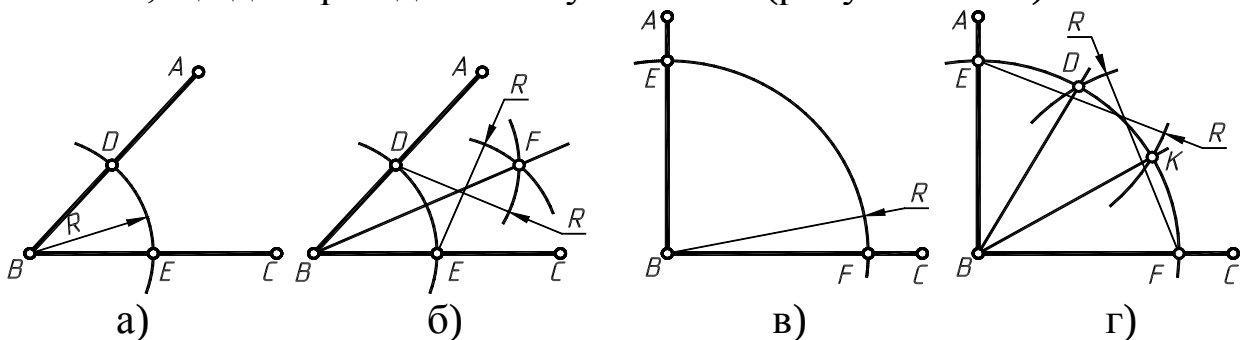


Рисунок 1.29 – Приклади ділення кута на дві та три частини

1.7.3. Визначення центра і радіуса дуги кола

Для розв'язку цього завдання слід провести дві довільні хорди AB і BC , поділити їх навпіл за допомогою циркуля. Точка O перетину перпендикулярів, що проходять через середину хорд і буде центром дуги, а відстань від неї до будь-якої точки дуги – радіусом (рисунки 1.30).

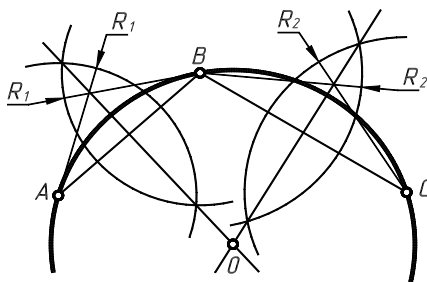


Рисунок 1.30 – Приклад визначення центра і радіуса дуги кола

1.7.4. Ділення відрізка на рівні частини

Для ділення відрізка AB на n рівних частин з точки A необхідно провести під будь-яким кутом до AB допоміжну пряму AC . На ній з точки A послідовно необхідно відкласти по вертикалі n рівних відрізків. Крайню точку D з'єднують з точкою B . Через точки ділення проводять прямі, паралельні BD . На відрізку AB одержують n рівних частин. Наведений приклад демонструє поділ відрізка AB задовжки 103 мм на шість рівних частин (рисунок 1.31).

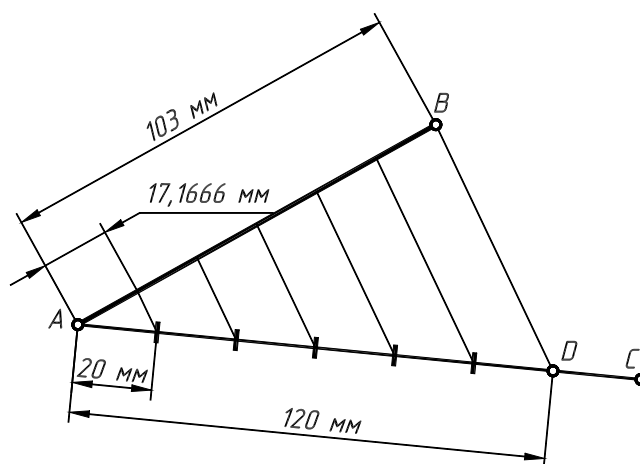


Рисунок 1.31 – Приклад ділення відрізка на рівні частини

1.7.5. Ділення кола на рівні частини

Ділення кола на три, чотири, шість, вісім, дев'ять, дванадцять рівних частин і побудова правильних багатокутників, вписаних в це коло, представлені на рисунках 1.32а-е. На рисунку 1.32д приведено

приклад побудови відрізка AB , який є стороною правильного дев'ятикутника.

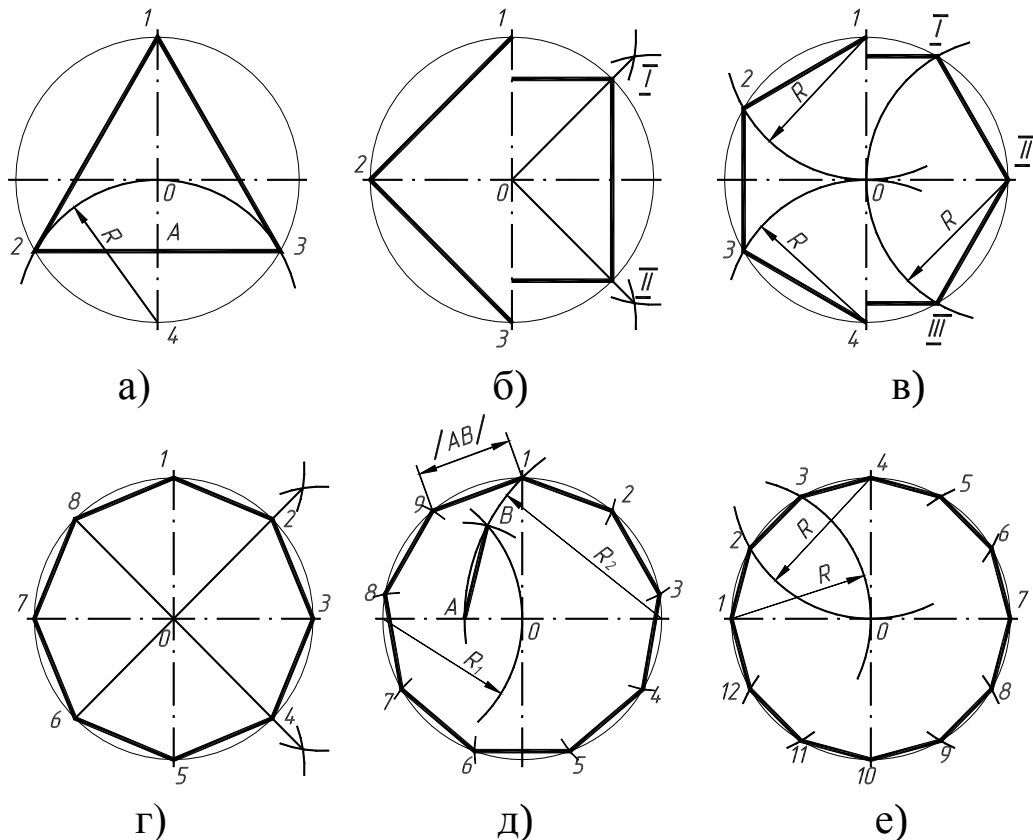


Рисунок 1.32 – Приклади ділення кола на три, чотири, шість, вісім, дев'ять і дванадцять частин

1.7.6. Ділення кола на п'ять і десять рівних частин

Перший спосіб. Радіус кола OO_1 поділяють навпіл і з одержаної точки O_2 проводять дугу радіусом $R_2 = O_2O_1$. Відрізок O_2A дорівнює стороні правильного п'ятикутника, вписаного в коло (рисунок 1.32а), а відрізок OA – стороні правильного десятикутника (рисунок 1.33б).

Другий спосіб. Поділяють один з радіусів навпіл, одержують точку O_2 , яку з'єднують прямою з кінцем вертикального діаметра O_3 . З точки O_2 необхідно провести відрізок $O_2C = O_2O_1$. Відрізок O_3C і є стороною десятикутника. З точки O_3 радіусом O_3C необхідно провести дугу, яка перетинає коло в точках 2 і 3. Хорда 23 дорівнює стороні правильного п'ятикутника (рисунок 1.33в).

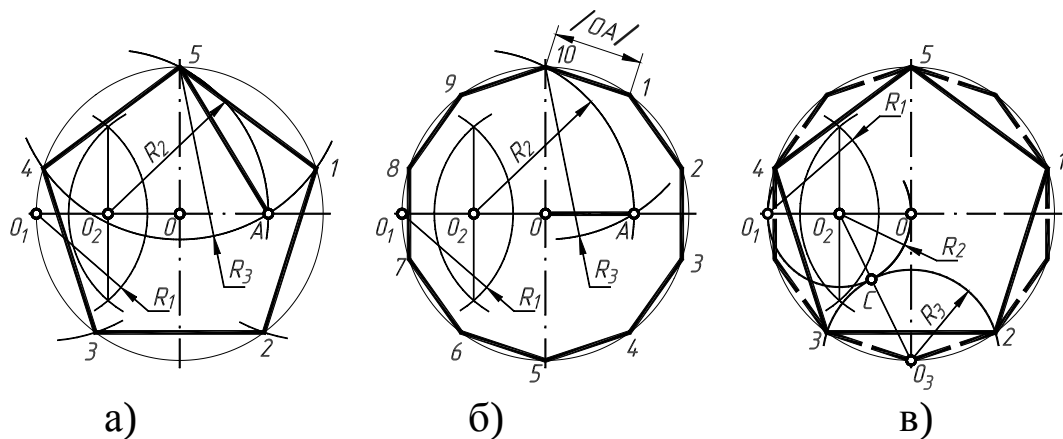


Рисунок 1.33 – Приклади ділення кола на п'ять та десять частин

1.7.7. Спряження

Поверхні багатьох деталей на креслениках зображають лініями, які плавно переходять одна в одну. Плавні переходи визначаються конструктивними властивостями деталей, їх технологією виготовлення, функціональним призначенням і т. д.

Плавний перехід прямої лінії або дуги в іншу називаються **спряженням**. Для побудови спряження необхідно знайти його центр, з якого надалі буде проведена дуга спряження (рисунок 1.35). Потім необхідно знайти точки, в яких одна лінія переходить в іншу, – точки спряження. При побудові контуру зображення лінії необхідно доводити до цих точок.

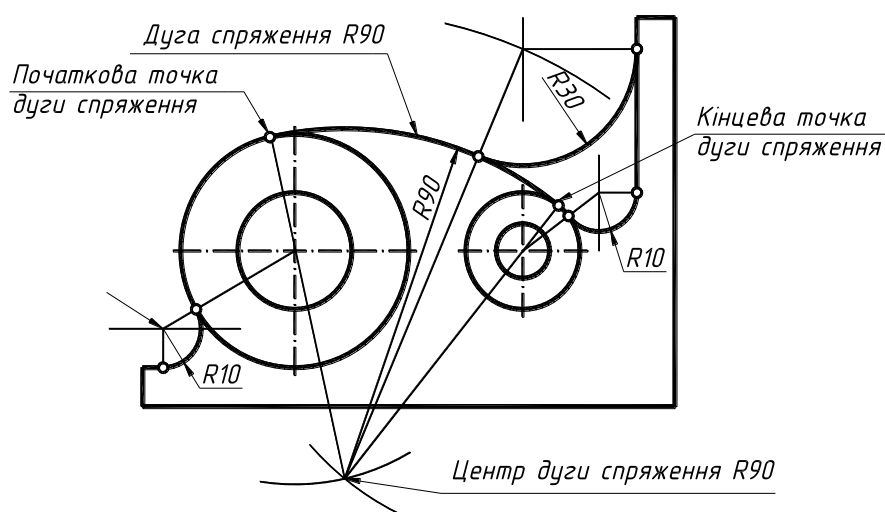


Рисунок 1.35 – Приклад побудови внутрішнього і зовнішнього спряження

Отже, для побудови будь-якого спряження дугою заданого радіуса необхідно знайти центр спряження і точки спряження.

Побудова спряжень ґрунтується на таких теоретичних положеннях:

1. Пряма дотична до кола, якщо вона перпендикулярна до радіуса, проведеного до точки дотику (рисунок 1.36а). Для проведення дотичної прямої із заданої точки A до кола з центром в точці O будують прямий кут OKA (рисунок 1.36б) як внутрішній кут допоміжного кола діаметра OA .
2. Дотик кіл з центрами в точках O_1 і O_2 може бути зовнішнім (рисунок 1.36в) і внутрішнім (рисунок 1.36г).

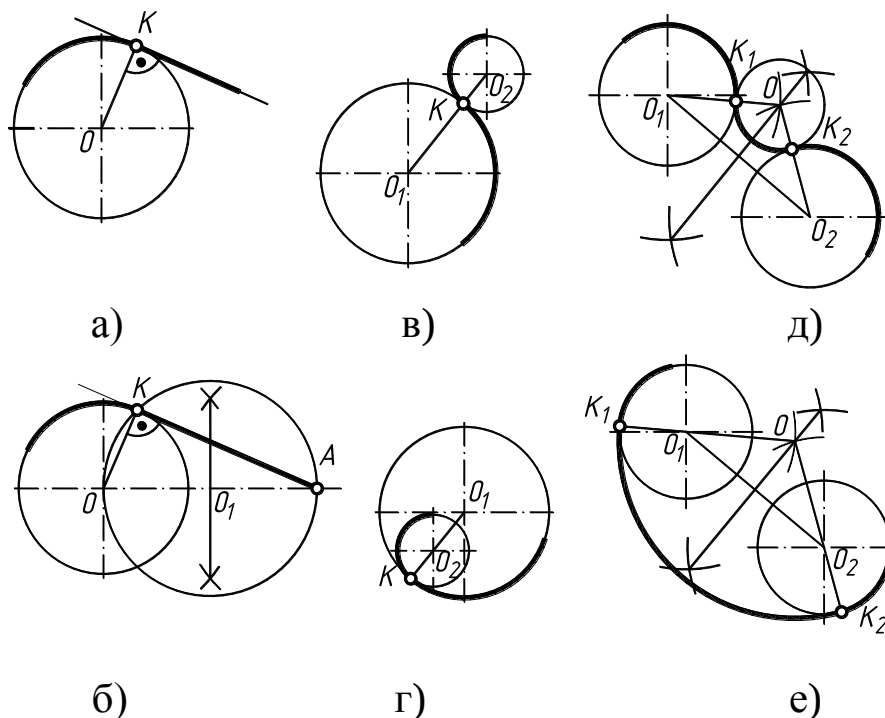


Рисунок 1.36 – Приклади побудови спряження двох кіл

3. Центр дуги спряження в точці O двох кіл однакового радіуса перебуває на серединному перпендикулярі до прямої, яка з'єднує їх центри O_1 і O_2 . Спряження дугою двох кіл може бути зовнішнім (рисунок 1.36д) і внутрішнім (рисунок 1.36е).
4. Два кола будуть дотичними, якщо точка дотику K міститься на прямій, що з'єднує їх центри O_1 і O_2 . Дотик кола може бути зовнішнім (рисунок 1.36в) і внутрішнім (рисунок 1.36г).

Приклад спряження двох прямих, що перетинаються, дугою заданого радіуса

Задані прямі, що перетинаються під прямим, гострим і тупим кутом (рисунок 1.37а). Необхідно побудувати спряження цих прямих дугою заданого радіуса R .

1. Знаходять точку O – центр спряження, який повинен бути на відстані R від сторін кута в точці перетину прямих, що проведені паралельно до сторін кута на відстані R від них (рисунок 1.37б).
2. Знаходять точки спряження. Для цього проводять перпендикуляри з точки O до заданих прямих (рисунок 1.37в).
3. З точки O , як з центра, проводять дугу заданого радіуса R між точками спряження (рисунок 1.37в).

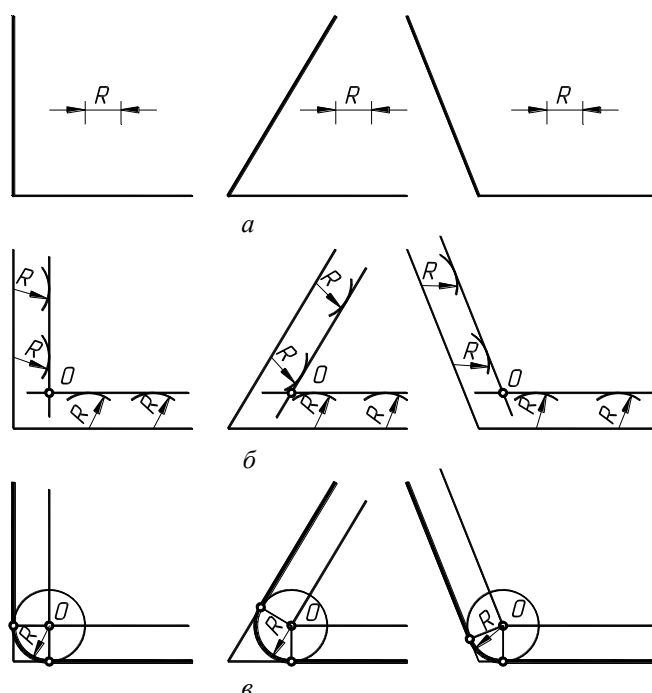


Рисунок 1.37 – Приклад побудови спряження двох прямих

Приклад спряження двох паралельних прямих

Задані дві паралельні прямі. На одній з них задана точка спряження A (рисунок 1.38а). Необхідно побудувати спряження цих прямих.

Послідовність побудови спряження спряження паралельних прямих.

1. Знаходять центр спряження і радіус дуги (рисунок 1.38б). Для цього з точки A проводять перпендикуляр до перетину з другою прямою в точці B . Відрізок AB ділять навпіл.
2. З точки O , як з центра спряження, радіусом $OA = OB$ описують дугу до точок спряження A і B (рисунок 1.38в).

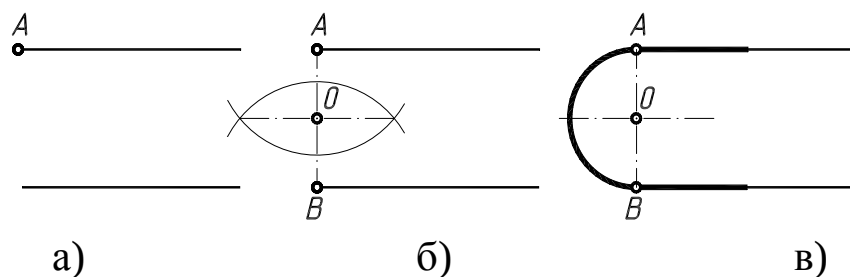


Рисунок 1.38 – Етапи побудови спряження двох паралельних прямих

Приклад спряження дуги і прямої лінії дугою іншого радіуса

Задана дуга кола радіусом R і пряма. Необхідно з'єднати їх дугою радіусом R_1 .

1. Знаходять центр спряження (рисунок 1.39а), який повинен перебувати на відстані R_1 від дуги і прямої. Такій умові відповідає точка перетину прямої лінії, паралельно заданій прямій на відстані R_1 , і допоміжної дуги, яка проходить від заданої точки на відстані R_1 . Для цього проводять допоміжну пряму на відстані R_1 . Розхилом циркуля, що дорівнює сумі заданих радіусів $R+R_1$, описують з центра O дугу до перетину з допоміжною прямою. Одержана точка O_1 є центром спряження.
2. За загальним правилом знаходять точки спряження (рисунок 1.39б). З'єднують прямою центри O_1 і O . Опускають з центра спряження O_1 перпендикуляр на задану пряму.
3. З центра спряження O_1 між точками спряження M і N проводять дугу радіусом R_1 (рисунок 1.39б).

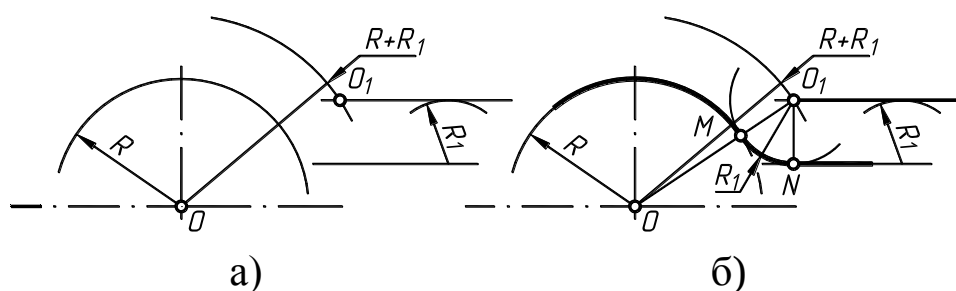


Рисунок 1.39 – Етапи побудови спряження дуги кола та прямої лінії

Приклад спряження двох кіл дугою заданого радіуса

Задані дві дуги радіусами R_1 і R_2 . Необхідно побудувати спряження дугою, радіус якої теж заданий.

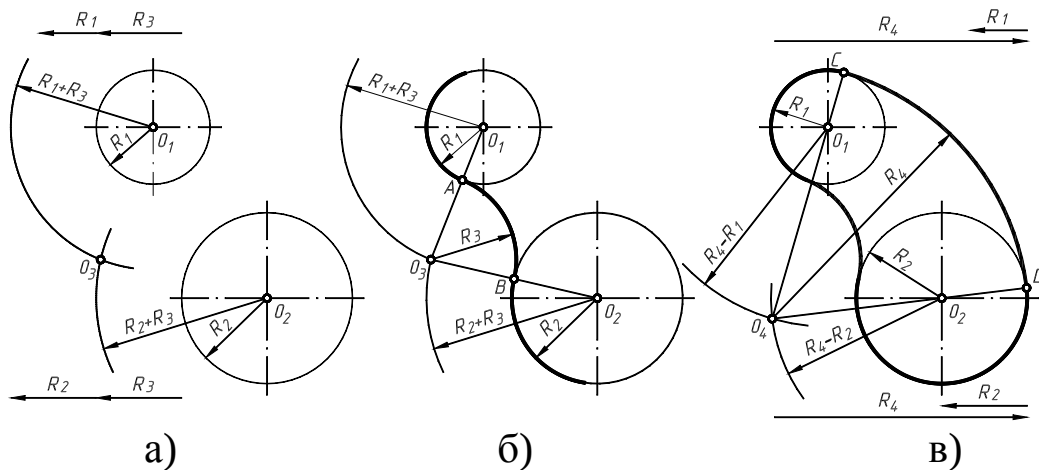


Рисунок 1.40 – Приклад побудови зовнішнього та внутрішнього спряження

Розрізняють два випадки спряження: **зовнішнє** (рисунок 1.40б) і **внутрішнє** (рисунок 1.40в). В обох випадках центри спряжень повинні бути розташовані на відстані, що дорівнює радіусу дуги спряження заданих дуг. За загальним правилом на прямих, що з'єднують центри спряжених дуг, знаходять точки спряження.

Для зовнішнього спряження з центрів O_1 і O_2 розхилом циркуля, що дорівнює сумі радіусів заданої дуги спряження, проводять допоміжні дуги (рисунок 1.4а). Радіус дуги, проведений з центра O_1 , дорівнює $R_1 + R_3$, а радіус дуги, проведений з центра O_2 , дорівнює $R_2 + R_3$. На перетині допоміжних дуг розташований центр спряження – точка O_3 . З'єднавши прямими лініями точку O_1 з точкою O_3 і точку O_2 з точкою O_3 , знаходять точки спряження A і B (рисунок 1.40б). З точки O_3 розхилом циркуля, що дорівнює R_3 , між точками A і B описують дугу.

Для внутрішнього спряження виконують ті ж побудови, але радіус дуг дорівнює різниці радіусів $R_4 - R_1$ і $R_4 - R_2$. Точки спряження C і D лежать на продовженні ліній, що з'єднують точку O_4 з точками O_1 і O_2 (рисунок 1.40в).

Контрольні запитання

1. Як позначаються формати кресленика?
2. Як визначаються розміри основних форматів співрозмірно до формату А0 ?
3. Яка величина називається масштабом ?
4. У яких межах слід обирати товщину ліній на кресленику ?
5. Які типи шрифтів встановлює ДСТУ ДСТУ ISO 3098-6:2022 ?

6. Як можна поділити графічно на дві частини прямий кут ?
7. На скільки рівних частин можна поділити коло за допомогою лінійки і косинця ?
8. На скільки рівних частин можна поділити коло за допомогою циркуля ?
9. Які основні правила проведення виносних і розмірних ліній ?
10. Як проставляють розміри радіусів і діаметрів ?
11. Що називається конусністю і ухилом і як їх позначають на кресленику ?
12. Що називається спряженням ?
13. Накресліть деталь з рис. 1.41, виконавши необхідне спряження.

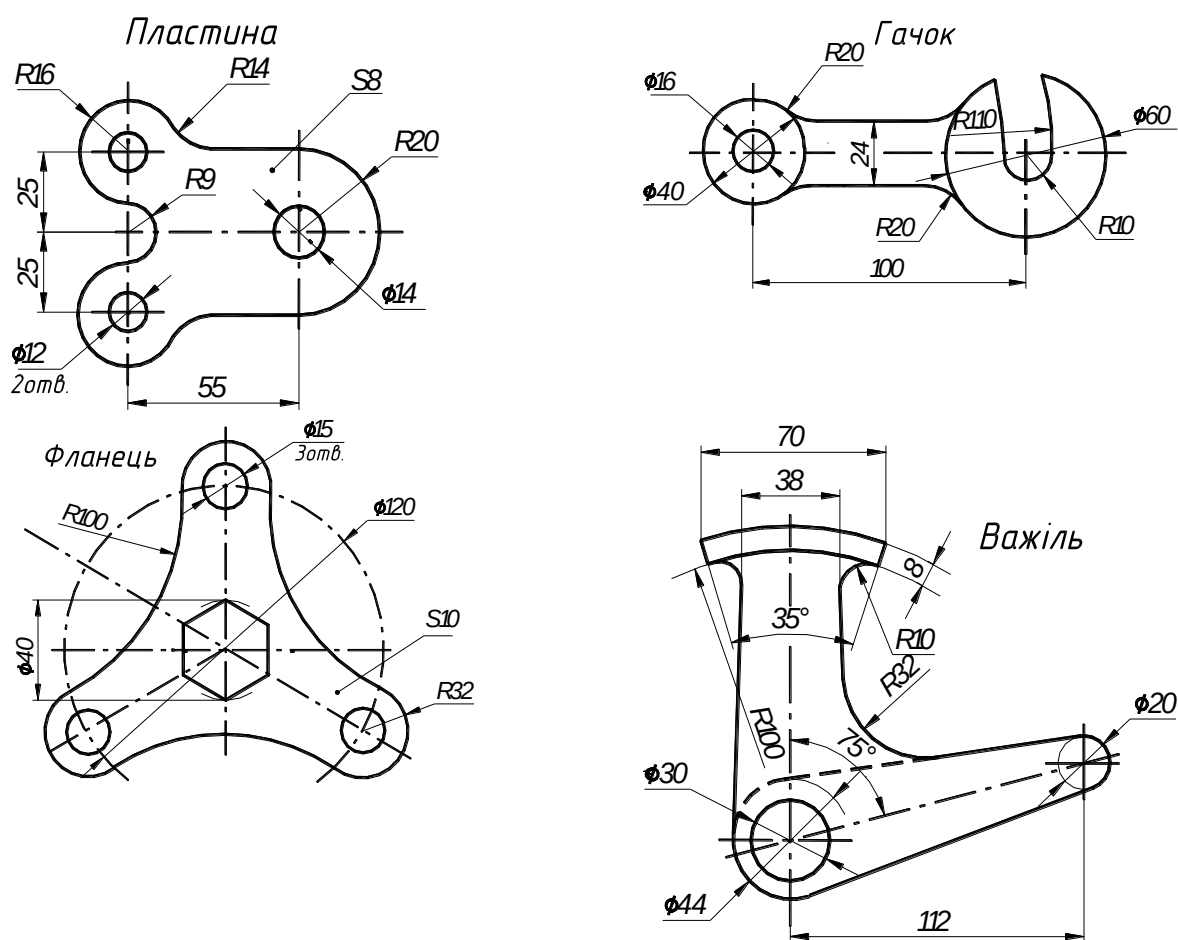


Рисунок 1.41 – Індивідуальне завдання

Розділ 2. Поверхні

2.1. Утворення та задання поверхонь

Поверхня як геометричний об'єкт визначається двопараметричною множиною точок простору, координати яких є диференційованими функціями двох параметрів [3,4]. Це визначення дає змогу розглянути поверхню Φ як неперервну множину послідовних положень кривої лінії – твірної, що рухається в просторі за певним правилом, або перетин твірної у всіх її послідовних положеннях з деякими фіксованими лініями, які називаються напрямними. В інженерній графіці користуються головним чином кінематичним способом утворення поверхонь. На поверхні Φ можливо в загальному випадку провести два типи сімейства ліній l та m , для яких задовольняються такі умови:

- дві лінії одного сімейства не перетинаються,
- кожна лінія одного сімейства перетинає всі лінії другого.

На рисунку 2.1 поверхня Φ утворена рухом твірної l по нерухомих напрямних m_i . Твірні та напрямні можуть міняти місцями.

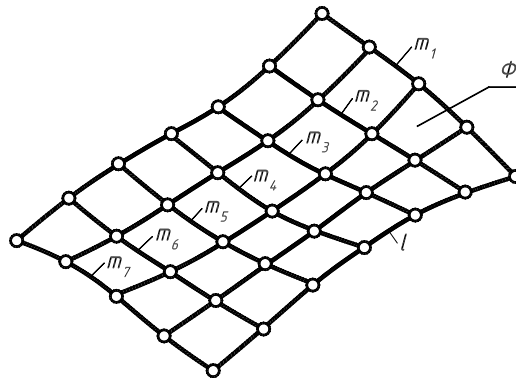


Рисунок 2.1 – Приклад поверхні, заданої кінематичним способом

З великої кількості поверхонь простору навколо нас ми будемо розглядати два класи поверхонь, тобто поверхні обертання і гранні поверхні.

Поверхнею обертання називається поверхня, яка утворюється довільною лінією (прямою чи кривою), яка є твірною, при її обертанні навколо нерухомої осі.

Визначник поверхні обертання:

1. Нерухома пряма – вісь обертання; твірна - пряма або крива лінія.

2. Твірна обертається навколо осі так, щоб кожна точка твірної здійснила повний оберт.

Щоб викреслити складну деталь, треба навчитись будувати прості геометричні фігури, форми яких складають деталі: призми, циліндри, сфери, конуси, піраміди. Проекціювання геометричних тіл полягає не тільки в побудові за заданими розмірами проекцій цих тіл, але і в умінні провести повний аналіз кресленника, тобто вказати ребра, вершини, грані, визначити взаємне розташування цих елементів, знайти видимі і невидимі частини фігури, визначити проекції точок, які лежать на поверхні тіла, тощо.

Положення точки, яка знаходиться на поверхні, задане, якщо відома одна її проекція і вказано, на якій частині поверхні (видимій або невидимій) точка розташована. Якщо немає інших вказівок, вважають, що точка розташована на видимій частині поверхні.

Щоб добудувати проекції точки, яка розташована на поверхні, необхідно:

1) визначити вид поверхні (проекційна або загального положення), на якій розташована задана точка;

2) вибрати просту для побудови на кресленикові лінію поверхні, яка може проходити через задану точку;

3) побудувати проекції цієї лінії на кресленикові;

4) побудувати шукані на кресленикові задані точки.

Будь-яка лінія являє собою сукупність точок, тому побудова проекцій лінії, розташованої на поверхні, зводиться до побудови проекцій декількох точок, які належать цій лінії.

2.2. Відображення поверхонь. Точки на поверхнях

2.2.1. Циліндр

Циліндром називається тіло, обмежене циліндричною поверхнею і двома паралельними площинами (основами). Прямим називається циліндр, в якого твірні перпендикулярні до основи (рисунок 2.2а).

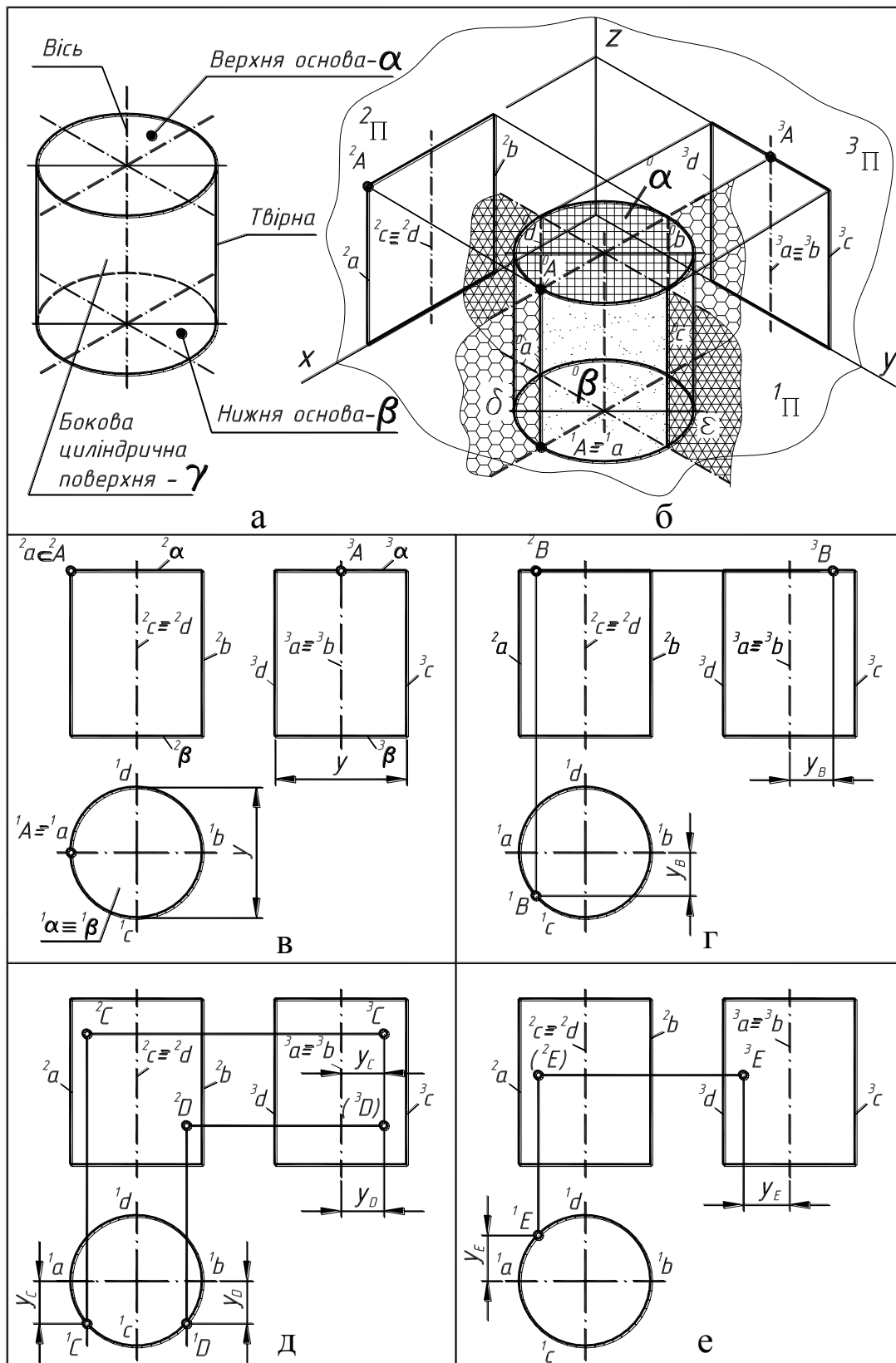


Рисунок 2.2 – Приклади побудови точок на поверхні циліндра

Проведемо аналіз кресленика циліндра. Верхня основа циліндра паралельна площині $^1\Pi$, нижня основа розташована на $^1\Pi$. Бокова циліндрична поверхня горизонтально-проекційна. На $^1\Pi$ вона

проекціюється в коло. Твірні циліндричної поверхні (позначені як a , b , c , d) є горизонтально-проекційними прямими.

Розглянемо просторове зображення циліндра (рисунок 2.2б). На горизонтальній проекції видима верхня основа циліндра. На фронтальній проекції видима передня частина циліндра до площини δ . Площина δ умовно поділяє зображення циліндра на фронтальній площині проекцій на видиму і невидиму частини. Площина ε розділяє поверхню циліндра на видиму і невидиму частини на профільній площині проекцій $^3\Pi$. Всі точки, що знаходяться зліва від цієї площини на профільній площині $^3\Pi$, видимі, а точки, що знаходяться справа, – невидимі. Невидимі точки на комплексному кресленикові зображуються в круглих дужках (точка E на рисунку 2.2е).

Побудова проекцій точок здійснюється з допомогою ліній зв'язку з використанням числових значень координат. Яку б точку ми не взяли на поверхні циліндра, горизонтальна проекція цієї точки розташована на основі циліндра, тобто на колі.

Розглянемо декілька прикладів побудови проекцій точок.

1. Задано: точка A на фронтальній проекції розташована на твірній a та верхній основі α . У символічному записі ця умова виглядає так: $^2A \subset ^2a \subset ^2\alpha$ (рисунок 2.2в).

Кресленик: проекція точки 1A на горизонтальній площині збігається із проекцією твірної $^1A \equiv ^1a$. Проекція точки 3A на профільній площині проекцій збігається із профільною проекцією твірної 3a та розташована на верхній основі $^3\alpha$ (твірна a розташована на фронтальній площині γ , що проходить через вісь симетрії (див. рисунок 2.2б) тому на профільній площині не викреслюється).

2. Задано: точка B на фронтальній проекції розташована на верхній основі α та боковій поверхні γ . У символічному записі ця умова виглядає так: $^2B \subset \alpha^2 \subset ^2\gamma$ (рисунок 2.2г).

Кресленик: проекція 1B на горизонтальній площині видима і розташована на колі основи. Проекція 3B на профільній площині проекцій видима, розташована на верхній основі $^3\alpha$ праворуч від осі симетрії на відстані u_B .

3. Задано: на фронтальній проекції точка C розташована на боковій поверхні γ циліндра. У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2C \subset {}^2\gamma$ (рисунок 2.2д).

Кресленик: проекція 1C на горизонтальній площині видима і розташована на колі основи. Проекція 3C на профільній площині проекцій видима і розташована від проекції 2C по горизонтальній лінії зв'язку праворуч від осі симетрії на відстані u_C .

4. Задано: на фронтальній проекції точка D розташована на боковій поверхні γ циліндра. У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2D \subset {}^2\gamma$ (рисунок 2.2д).

Кресленик: проекція 1D на горизонтальній площині видима і розташована на колі основи. Проекція 3D на профільній площині проекцій невидима і розташована від проекції 2C по горизонтальній лінії зв'язку праворуч від осі симетрії на відстані u_D .

5. Задано: невидима на фронтальній проекції точка E розташована на боковій поверхні γ . У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2E \subset {}^2\gamma$ (рисунок 2.2е).

Кресленик: проекція 1E на горизонтальній площині видима і розташована на колі основи. Проекція 3E на профільній площині проекцій невидима і розташована від проекції 2E по горизонтальній лінії зв'язку ліворуч від осі симетрії на відстані u_E .

2.2.2. Сфера

Сферична поверхня може бути одержана шляхом обертання кола навколо осі, яка розташована в площині кола і проходить через його центр (рисунок 2.3а).

Проекції контура сфери на епюрі представляють собою кола, які наведені на рисунку 2.3б. Перетин сфери площиною рівня (горизонтальна, фронтальна, профільна) утворює коло. Воно проєкціюється без спотворення на відповідну площину проєкцій.

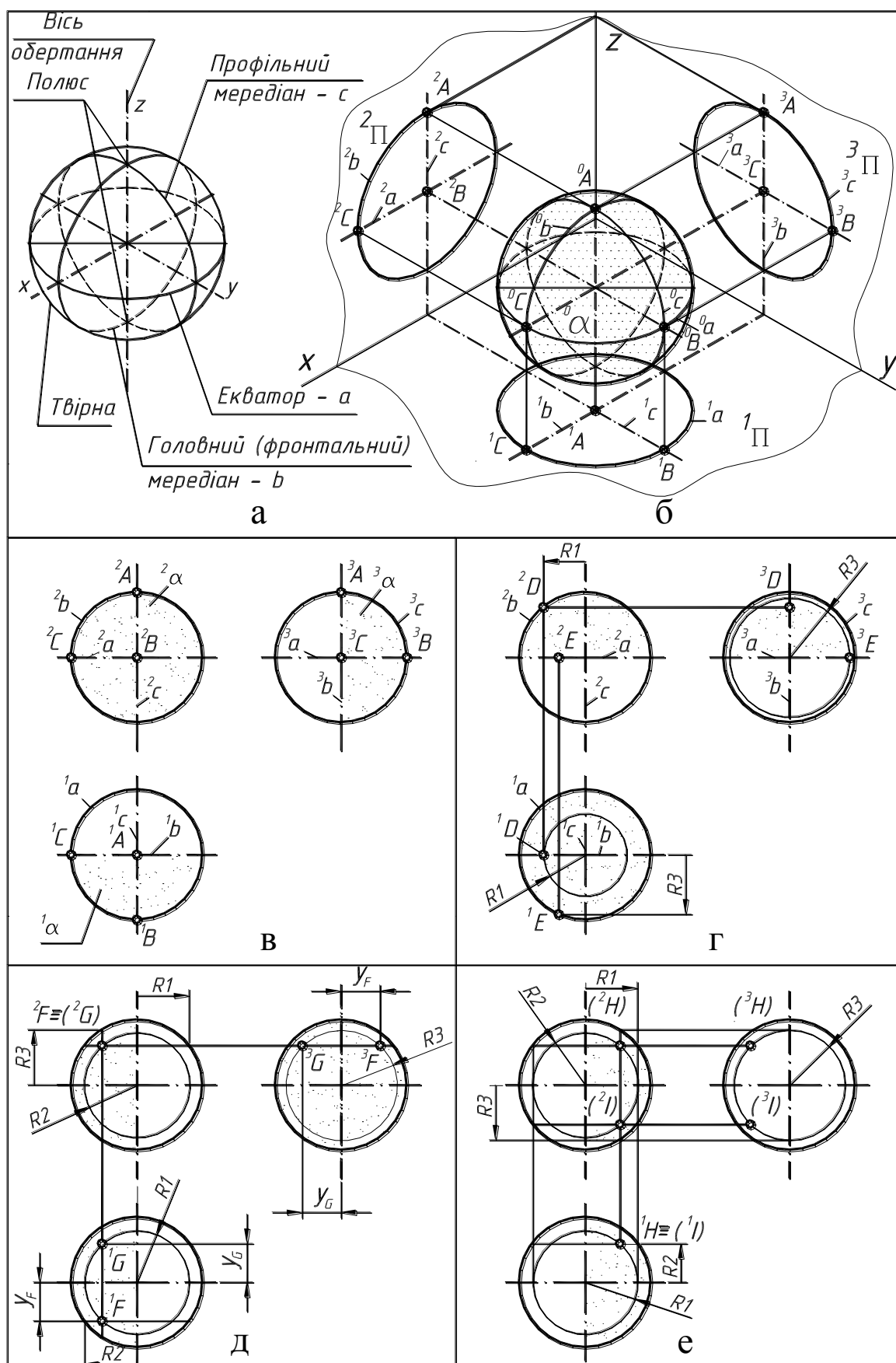


Рисунок 2.3 – Приклади побудови точок на поверхні сфери

Проекції контура сфери на епюрі представляють собою кола, які наведені на рисунку 2.3б. Перетин сфери площиною рівня (горизонтальна, фронтальна, профільна) утворює коло. Воно проєкціюється без спотворення на відповідну площину проєкцій.

Горизонтальна площина проходить через центр сфери і ділить її на дві однакові частини. Коло, що утворюється в перетині, називається екватором. Верхня половина сфери містить видимі точки на горизонтальній проєкції (точки D і E на рисунку 2.3г), а нижня – невидимі.

Фронтальна площина також ділить сферу на дві однакові частини. Коло, що утворюється в перетині, називається головним меридіаном. Точки, які розташовані перед цією площиною на фронтальній проєкції, видимі (точка F на рисунку 2.3д), які позаду – невидимі (точка G на рисунку 2.3д).

Ще одне коло одержимо як перетин сфери профільною площиною. Коло, що утворюється в перетині, називається профільним меридіаном. Точки видимі на профільній проєкції, якщо вони розташовані з лівого боку від цієї січної площини (точки F і G на рисунку 2.3д), і невидимі, якщо вони розташовані праворуч (точки H і I на рисунку 2.3е).

Розглянемо декілька прикладів побудови проєкцій точок.

1. Задано: точка A на фронтальній проєкції сфери розташована в перетині головного фронтального та профільного меридіанів. У символічному записі ця умова виглядає так: ${}^2A \subset {}^2b \cap {}^2c$ (рисунок 2.3в).

Кресленик: проєкція точки 1A на горизонтальній площині розташована на перетині головного фронтального та профільного меридіанів: ${}^1A \subset {}^1b \cap {}^1c$. Проєкція точки 3A на профільній площині розташована на перетині головного фронтального та профільного меридіанів: ${}^3A \subset {}^3b \cap {}^3c$.

Аналогічно можна провести аналіз побудови точки B , що розташована в перетині екватора та профільного меридіана, та аналіз побудови точки C , що розташована на перетині екватора та головного меридіана (рисунок 2.3в).

2. Задано: точка D на фронтальній проекції розташована на головному (фронтальному) меридіані. У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2D \subset {}^2b$ (рисунок 2.2г).

Кресленик: проекція точки 1D на горизонтальній площині розташована на перетині вертикальної лінії зв'язку і осьової лінії, тобто розташована на головному меридіані: ${}^1D \subset {}^1b$. Координата точки D на осі OX визначається колом радіусом $R1$ в горизонтальній площині.

Аналогічно можна провести аналіз побудови точки E (рисунок 2.3г). Її проекція на горизонтальній площині визначається екватором сфери: ${}^1E \subset {}^1a$, фронтальна проекція розташована на перетині вертикальної лінії зв'язку і осьової лінії: ${}^2E \subset {}^2b$. Координата точки E на профільній проекції визначається колом радіусом $R3$ в профільній площині.

3. Задано: точка F видима та точка G невидима на фронтальній проекції. У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2F \equiv {}^2G$ (рисунок 2.3д).

Кресленик: проекції точок 1F і 1G на горизонтальній площині розташовані на колі радіусом $R1$. Його радіус визначено з фронтальної площини проекцій. Проекції точок 3F і 3G на профільній площині розташовані на колі радіусом $R3$. Його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

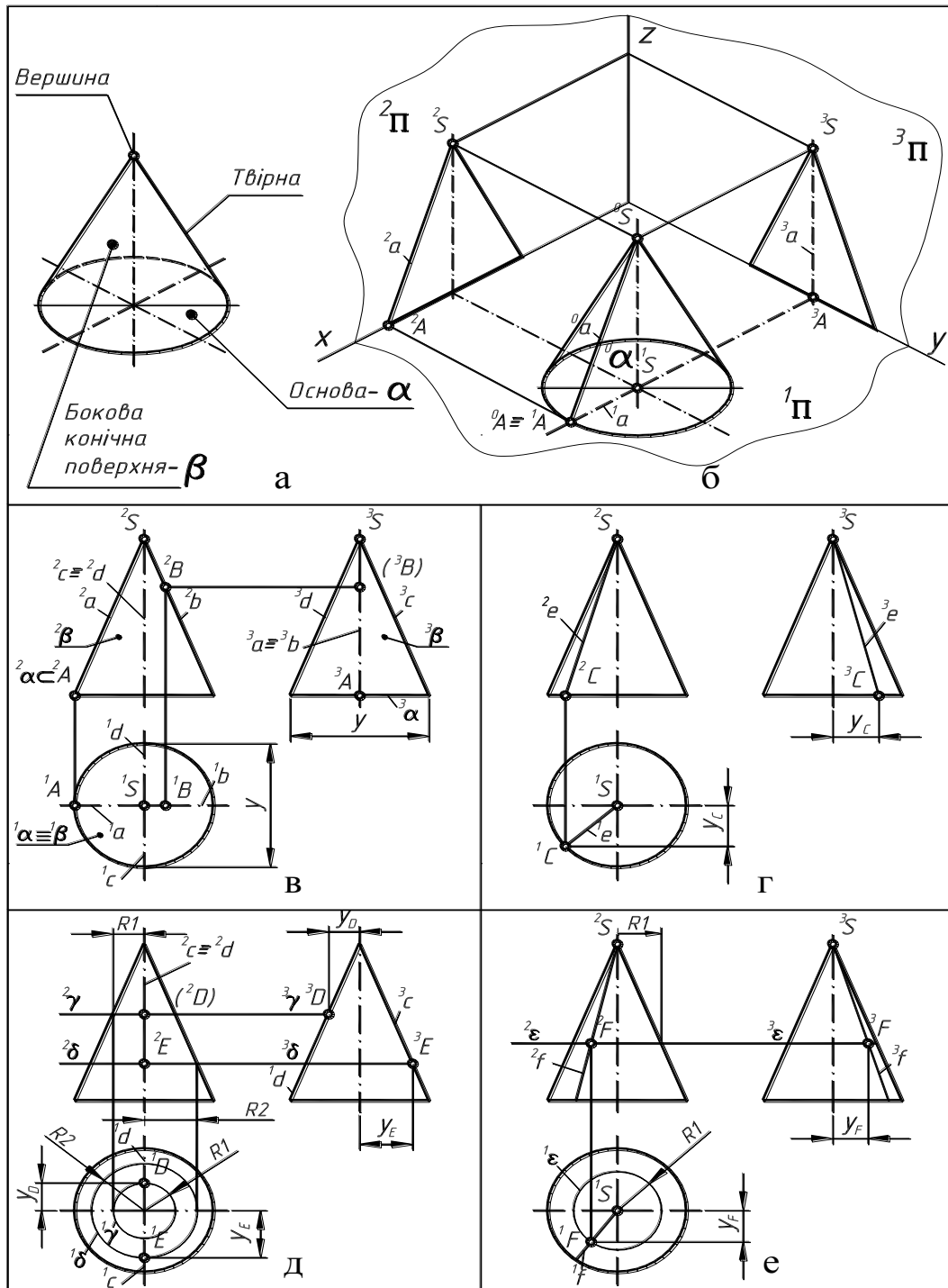
4. Задано: точка H видима та точка I невидима на горизонтальній проекції. У символному записі ця умова виглядає так: ${}^2H \equiv {}^2I$ (рисунок 2.3е).

Кресленик: проекції точок 2H і 2I на горизонтальній площині розташовані на колі радіусом $R2$. Його радіус визначено з фронтальної площини проекцій. Проекції точок 3F і 3G на профільній площині розташовані на колі радіусом $R3$. Його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

2.2.3. Конус

Конус – геометричне тіло, обмежене боковою конічною поверхнею β і площиною основи α , що перетинає всі його твірні.

Основа конуса розташована в площині $^1\Pi$. Прямим круговим називається конус, у якого основою є коло, а висота проходить через центр основи. Бічна поверхня прямого конуса утворена твірними, які проходять через точку S – вершину конуса (рисунк 2.а). На рисунку 2.4б зображено проєкції конуса на площини проєкцій.



Твірні a , b є окреслюючими по відношенню до ${}^2\Pi$, вони лежать у фронтальній площині. Твірні c , d – окреслюючі по відношенню до площини проєкцій ${}^3\Pi$, розташовані в профільній площині (рисунок 2.4в). Всі інші твірні конуса – прямі загального положення і на епюрі не зображуються.

Проекції точок, які лежать на основі конуса, знаходять на інших площинах проєкцій за допомогою ліній зв'язку.

Розглянемо декілька прикладів побудови проєкцій точок.

1. Задано: проєкція точки 2C розташована на основі конуса (рисунок 2.4г).

Кресленик: проєкцію точки 1C на горизонтальній площині знайдемо на колі основи, а проєкцію точки 3C на профільній площині знайдемо на відстані Y_C в напрямку додатніх значень осі системи координат OY .

2. Задано: точки 1D і 1E , що належать окреслюючим твірним 1d , 1c конуса (рисунок 2.4д).

Необхідно: Побудувати проєкції точок. Вказати їх видимість.

Аналіз: На горизонтальній проєкції видимою буде вся бічна поверхня конуса. Фронтальні окреслюючі твірні 2a , 2b ділять бічну поверхню конуса на передню видиму і задню невидиму по відношенню до ${}^2\Pi$ (рисунок 2.4д), а профільні окреслюючі твірні 3d , 3c – ліву видиму і праву невидиму частини по відношенню до ${}^3\Pi$ (рисунок 2.4д).

Кресленик: Проведемо горизонтальну площину ${}^2\gamma$ через фронтальну проєкцію точки 2D та горизонтальну площину ${}^2\delta$ через фронтальну проєкцію точки 2E . Побудуємо коло радіусом $R1$ в площині ${}^1\gamma$ та коло радіусом $R2$ в площині ${}^2\delta$ на горизонтальній площині проєкцій. Проекції точок 1D і 1E на горизонтальній площині знайдемо в перетині кіл радіусами $R1$ та $R2$ з горизонтальною проєкцією окреслюючих твірних 1d , 1c . Профільні проєкції точок 3D і 3E розташовані в перетині горизонтальних ліній зв'язку від фронтальних проєкцій точок 2D і 2E та профільних проєкцій окреслюючих твірних 3d та 3c .

3. Задано: точка 2F , що розташована на конічній поверхні (рисунок 2.4е).

Кресленик: Проведемо горизонтальну площину ${}^2\varepsilon$ через фронтальну проекцію точки 2F . Побудуємо коло радіусом $R1$ на горизонтальній проекції цієї площини. Горизонтальну проекцію точки 1F знайдемо в перетині цього кола і вертикальної лінії зв'язку від фронтальної проекції точки 2F . Профільну проекцію точки 3F знайдемо в площині ${}^3\varepsilon$ на відстані Y_F в напрямку додатніх значень осі координат OY .

2.2.4. Призма

Призма – многогранник, утворений перетином призматичної поверхні двома паралельними площинами α і β . На рисунку 2.5а наведено проекції призми і її деяких складових елементів.

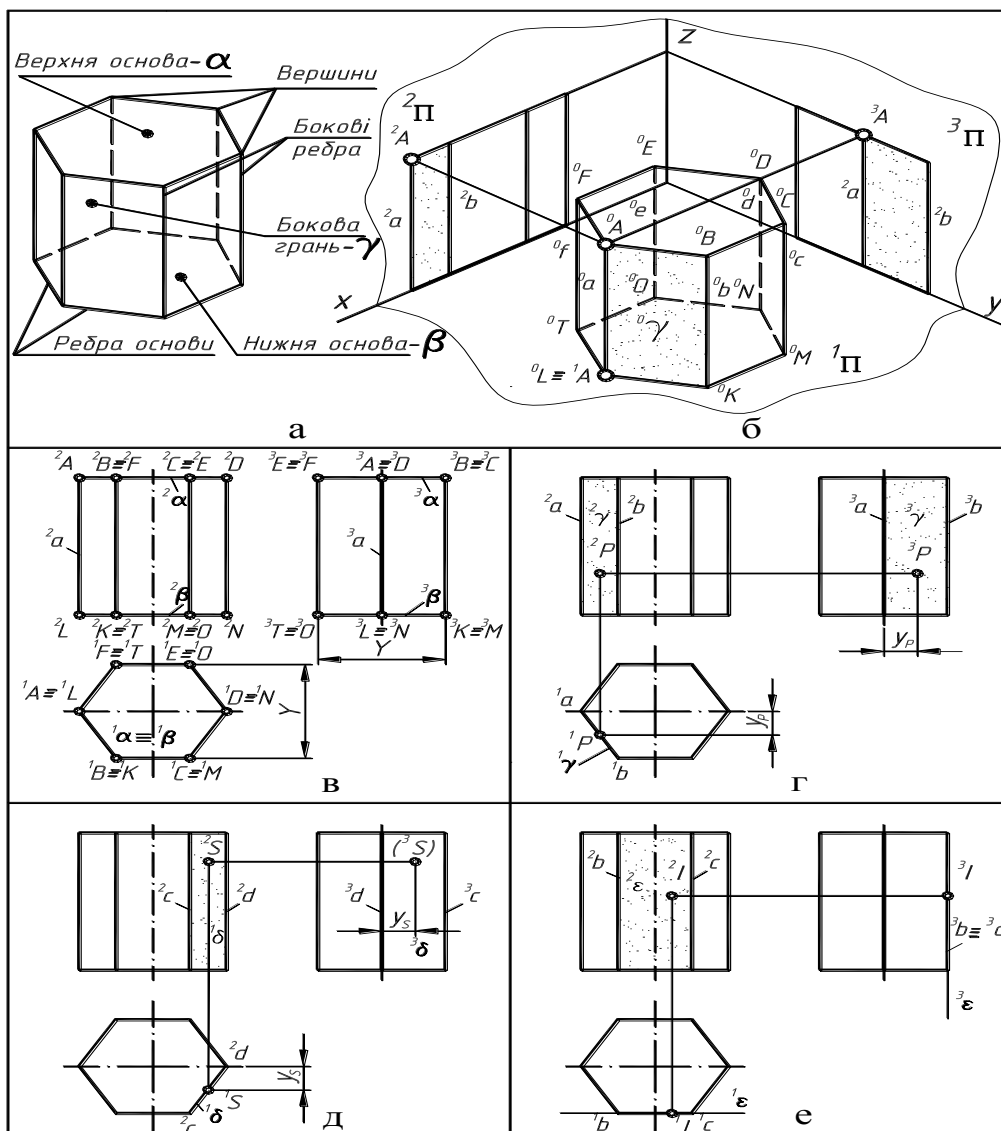


Рисунок 2.5 – Приклади побудови точок на поверхні шестигранної призми

Елементами призм вважають вершини (точки), ребра (прямі), грані (площини). Призму називають прямою, якщо бокові ребра її перпендикулярні до основи. Призму називають правильною, якщо в основі її ‘ правильний багатокутник. Просторове зображення призми наведено на рисунку 2.5б. Призма, яку зображено на рисунку 2.5в, має шість граней, дві основи, вісімнадцять ребер, з них шість бокових a, b, c, d, e, f , дванадцять вершин. Верхня основа паралельна горизонтальній площині проєкцій $^1\Pi$ нижня розташована на $^1\Pi$. Грані $BCMK, FEOT$ – фронтальні площини.

На площині $^3\Pi$ кожна з них проєктується в лінію – слід площини. Інші грані – горизонтально-проєкціюючі площини. Ребра основи – горизонтальні лінії рівня. На горизонтальній проєкції видима верхня основа призми. На фронтальній проєкції видимі грані $ABKL, BCMK, CDNM$, інші – невидимі. На профільній проєкції видимі грані $ABKL, AFTL$, інші – невидимі.

Комплексний кресленик правильної призми слід починати з горизонтальної проєкції. Побудову всіх проєкцій точок на боковій поверхні призми виконують за допомогою ліній зв’язку. Яку б точку ми не взяли на боковій поверхні призми, горизонтальна проєкція цієї точки лежить на основі призми.

Розглянемо декілька прикладів побудови проєкцій точок.

1. **Задано:** проєкція точки 2P розташована на грані $ABKL$ (площина γ , див. рисунок 2.5г).

Кресленик: горизонтальна проєкція точки 1P лежить в основі призми на ребрі $^1K^1L$. Профільну проєкцію точки 3P знаходимо на горизонтальній лінії зв’язку. Її проводимо від фронтальної проєкції точки 2P на відстані Y_P в напрямку додатніх значень осі координат OY .

2. **Задано:** проєкція точки 2S розташована на грані $CDNM$ (площина δ , див. рисунок 2.5д).

Аналіз: грань $CDNM$ видима на горизонтальній, фронтальній та невидима на профільній проєкціях (див. рисунок 2.5б). Позначимо проєкції точки $^1S, ^2S$ і 3S .

Кресленик: горизонтальна проєкція точки 1S розташована в основі призми на ребрі $^1N^1M$. Профільну проєкцію точки 3P знаходимо

на горизонтальній лінії зв'язку. Її проводимо від фронтальної проекції точки 2P на відстані Y_S в напрямку додатніх значень осі координат OY .

3. **Задано:** проекція точки 2I розташована на грані $BCMK$ (площина ${}^2\epsilon$, див. рисунок 2.5е).

Аналіз: грань $BCMK$ – фронтальна площина.

Кресленик: горизонтальна проекція точки 1I розташована в основі призми на ребрі ${}^1K{}^1M$. Профільну проекцію точки 3I знаходимо по горизонтальній лінії зв'язку на проекції грані $BCMK$ (площина ${}^3\epsilon$).

2.2.5. Піраміда

Піраміда – це многогранник, утворений перетином пірамідальної поверхні площиною основи α . На рисунку 2.6а наведено проекції піраміди і її деяких складових елементів. Елементами піраміди є вершини (точки), ребра (прямі), грані (площини). Піраміду називають прямою, якщо її висота перпендикулярна до основи. Піраміду називають правильною, якщо в основі її лежить правильний многокутник. Просторове зображення піраміди приведенне на рисунку 2.6б.

Піраміда, яку зображено на рисунку 2.6в, має шість граней, одну основу, дванадцять ребер (з них шість бокових), сім вершин. Основа піраміди розташована на горизонтальній площині проекцій ${}^1\Pi$. Бокові ребра SA та SD – фронтальні прямі рівня. Інші бокові ребра – прямі загального положення. Ребра основи – горизонтальні лінії рівня. На горизонтальній проекції видимі всі грані піраміди. На фронтальній проекції видимі грані SAB , SBC , SCD , інші – невидимі. На профільній проекції видимі грані SAB , SAF , інші – невидимі.

Комплексний кресленик правильної піраміди слід починати виконувати з горизонтальної проекції.

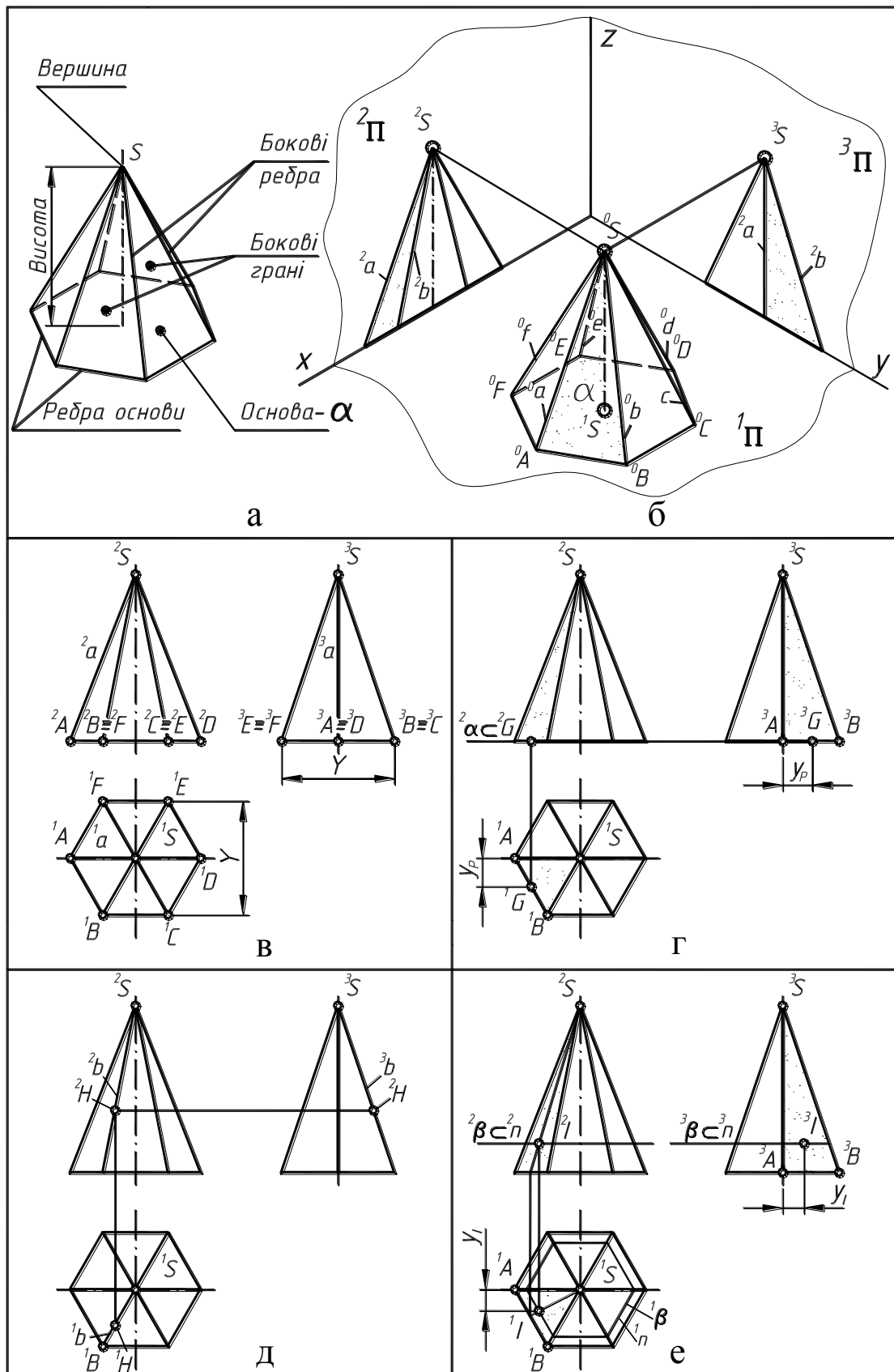


Рисунок 2.6 – Приклади побудови точок на поверхні шестигранної піраміди

Розглянемо декілька прикладів побудови проекцій точок.

1. **Задано:** проекція точки 2G розташована на ребрі AB в основі піраміди (площина α , див. рисунок 2.6г).

Кресленик: горизонтальна проекція точки 1G розташована в основі піраміди на ребрі ${}^1A{}^1B$. Профільну проекцію точки 3G знаходимо на горизонтальній лінії зв'язку, яку проводимо від фронтальної проекції точки 2G на відстані Y_G в напрямку додатніх значень осі координат OY .

2. **Задано:** проекція точки 2H розташована на боковому ребрі SB (див. рисунок 2.6,д).

Кресленик: горизонтальна проекція точки 1H розташована у перетині вертикальної лінії зв'язку та ребра ${}^1S{}^1B$ піраміди. Профільну проекцію точки 3H знаходимо на перетині горизонтальної лінії зв'язку, яку проводимо від фронтальної проекції точки 2H , із ребром ${}^3S{}^3B$.

3. **Задано:** проекція точки 2I розташована на грані SAB (див. рисунок 2.6е).

Аналіз: грань SAB – площина загального положення.

Кресленик: Проведемо горизонтальну площину ${}^2\beta$ через фронтальну проекцію точки 2I . Утворюється лінія перетину n , що розташована на горизонтальній площині: $n \subset \beta$. Горизонтальна проекція точки 1I розташована на перетині вертикальної лінії зв'язку, яку проведено від фронтальної проекції точки 2I , із горизонтальною проекцією лінії 1n . Профільну проекцію точки 3I знаходимо на горизонтальній лінії проекційного зв'язку, яку проводимо від фронтальної проекції точки 2I , на відстані Y_I в напрямку додатніх значень осі координат OY .

2.3. Перетин поверхонь площинами

При перетині поверхонь геометричних тіл площинами одержуємо прямі і плоскі алгебраїчні криві другого порядку (коло, еліпс, парабола, гіпербола). Будь-яка лінія являє собою сукупність точок, тому побудова проекцій ліній, розташованих на поверхнях геометричних тіл, базується на побудові проекцій декількох точок (двох для прямих і більше – для кривих) цих ліній.

На рисунку 2.7 наведено три проекції і просторове зображення призми, яку перетнемо горизонтальною площиною α (рисунк 2.7а); фронтальною β (рисунк 2.7б); профільною γ (рисунк 2.7в); фронтально-проекційною площиною δ (рисунк 2.7г), та побудовані решта проекцій точок, для яких задані точки 1A (див. рисунок 2.7а), 2B (рисунк 2.7б), 3C (рисунк 2.7в), 1D (рисунк 2.7г). Вони належать згаданим вище площинам.

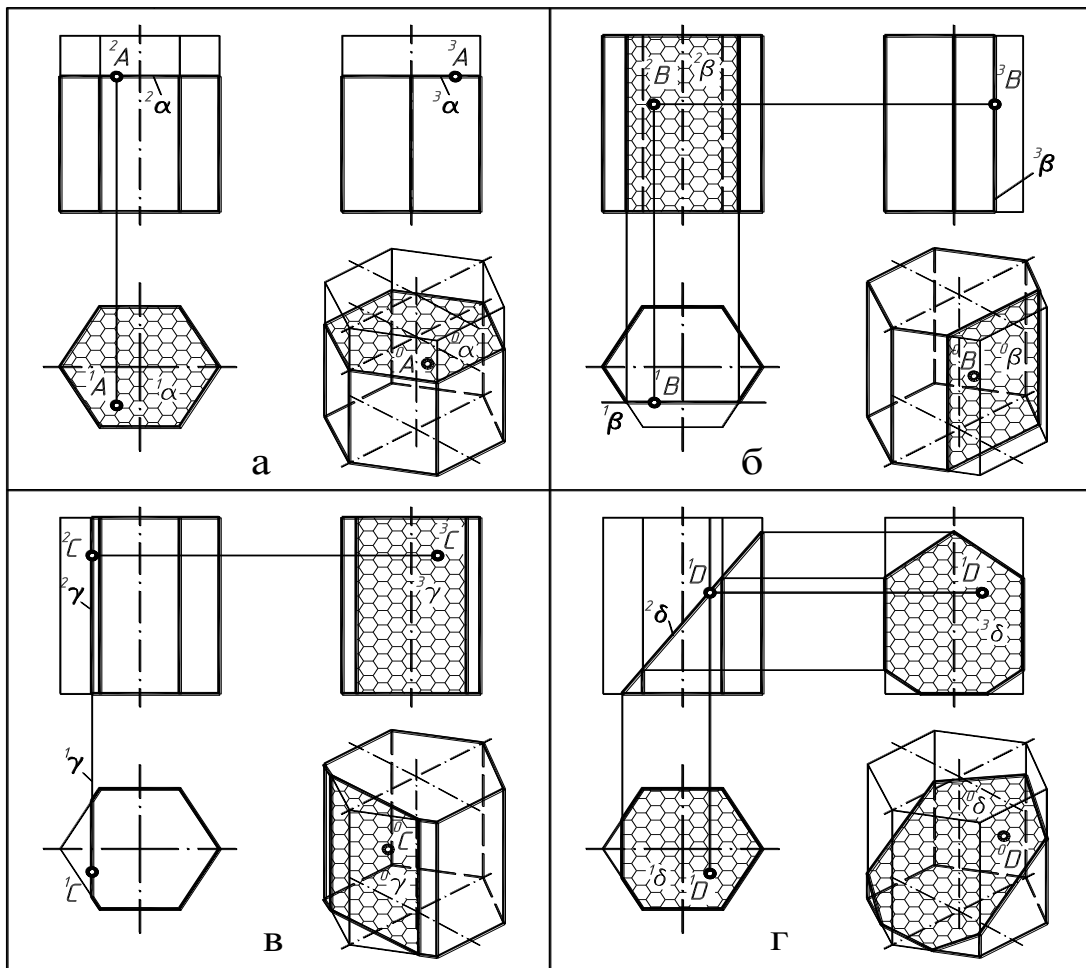


Рисунок 2.7 – Перетин поверхні призми площинами

На рисунку 2.8 наведено три проекції і просторове зображення піраміди, яку перетнемо горизонтальною площиною α (рисунк 2.8а); фронтально-проекційною площиною β (рисунк 2.8б), та побудовані решта проекцій точок, для яких задано 1A (див. рисунок 2.8а), 1B (рисунк 2.8б). Вони належать згаданим вище площинам.

На рисунку 2.9 наведено три проекції і аксонометрія циліндра, який перетнемо фронтально-проекційною площиною α (рисунк 2.9а); профільною площиною рівня β (див. рисунок 2.9б), та

побудовані решта проєкцій точок, для яких задано 1E (рисунок 2.9а), 3F (рисунок 2.9б). Вони належать згаданим вище площинам. Перетин циліндра фронтально-проєкційною площиною α утворює криву лінію на його поверхні, еліпс. На профільній проєкції його будують по точках, визначених проєціюванням на горизонтальну проєкцію циліндра.

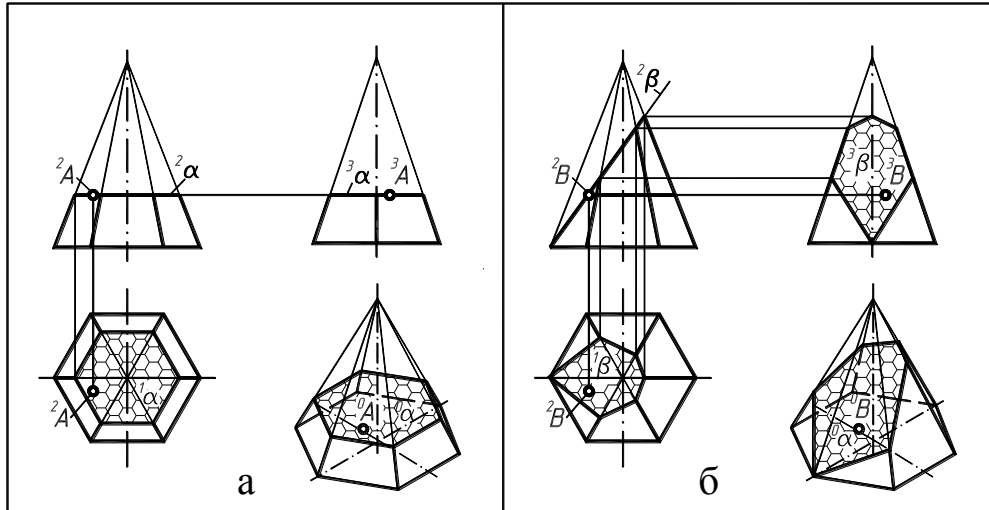


Рисунок 2.8 – Перетин поверхні піраміди площинами

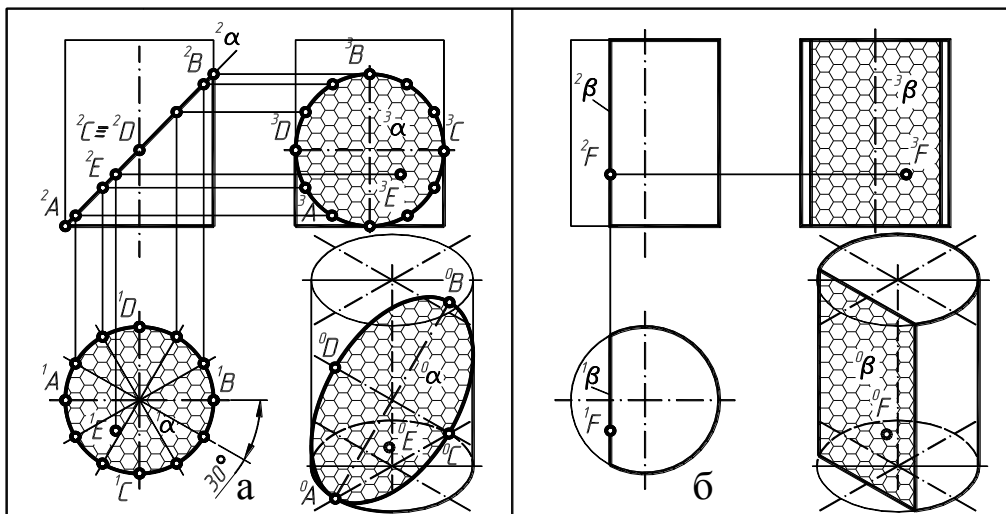


Рисунок 2.9 – Перетин поверхні циліндра площинами

На рисунку 2.10 наведено три проєкції і аксонометрія сфери, яку перетнемо горизонтальною площиною α (рисунок 2.10а); фронтальною β (рисунок 2.10б); профільною γ (рисунок 2.10в); фронтально-проєкційною площиною δ (рисунок 2.10в), та побудовані решта проєкцій точок, для яких задані: належна фронтальному меридіану та площині α проєкція точки 1A (рисунок 2.10а; належна екватору сфери та площині β проєкція точки 2B (рисунок 2.10б);

належна екватору сфери та площині γ проекція точки 3C (рисунок 2.10в).

Перетин сфери фронтально-проекційною площиною δ (рисунок 2.10г) зображується на площинах проекцій $^1\Pi, ^3\Pi$ еліпсами. Зрештою зріз іншими проекційними площинами (горизонтально-проекційною та профільно-проекційною) також зумовить зображення еліпсів на площинах проекцій $^2\Pi, ^3\Pi$ (для горизонтально-проекційної) та $^1\Pi, ^2\Pi$ (для профільно-проекційної).

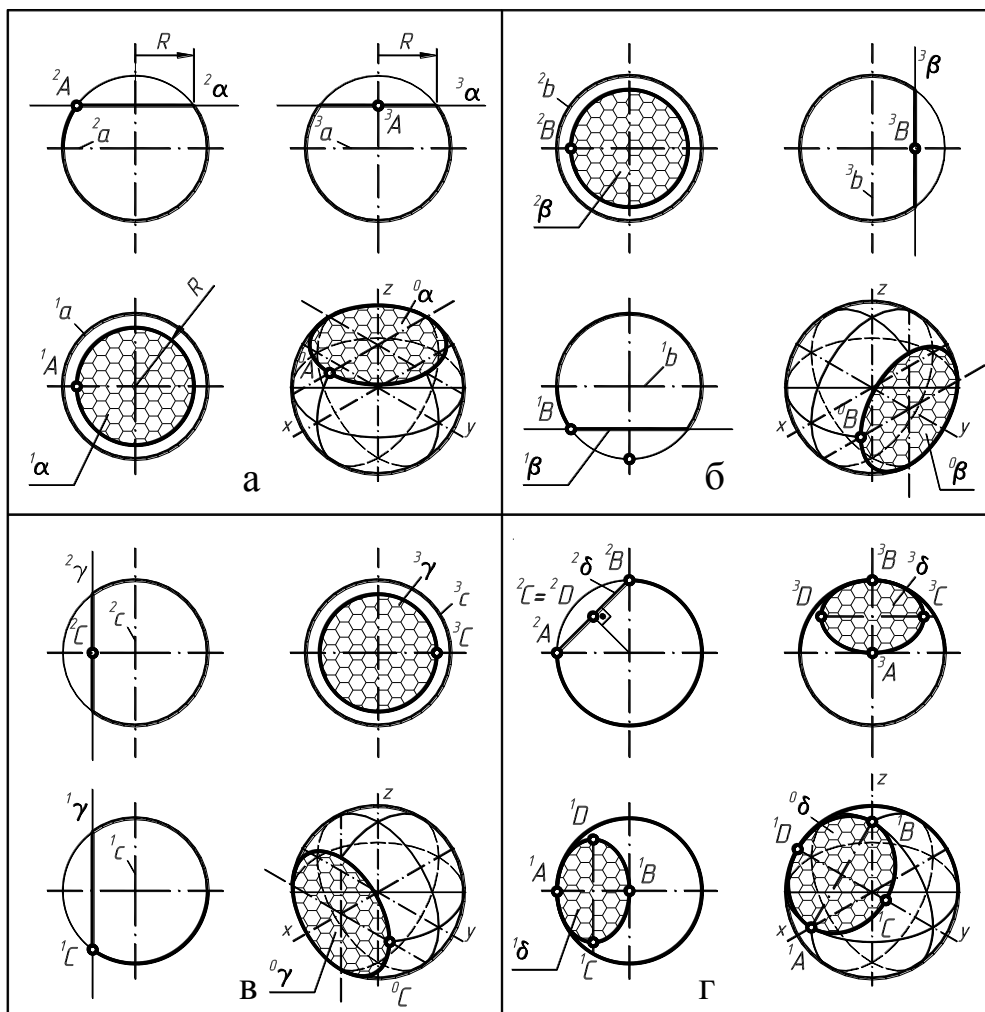


Рисунок 2.10 – Перетин поверхні сфери площинами

На рисунку 2.11а наведені три проекції і просторове зображення конуса, який перетинає горизонтальна площина рівня α . В перетині конічної поверхні утворюється коло.



На рисунку 2.11б наведені три проекції і просторове зображення конуса. Його перетинає фронтально-проекційна площина рівня β , яка проходить через його вершину. В перетині конічної поверхні його дві твірні утворюють трикутник.

На рисунках 2.11в та 2.11г наведені три проекції і просторове зображення конуса. Його перетинає фронтально-проекційна площина γ , яка нахилена до осі конуса під кутом, більшим за кут нахилу твірної конуса до осі. В перетині конічної поверхні утворюється еліпс. Неповний еліпс утворюється, якщо фронтально-проекційна площина перетинає основу конуса. На першому етапі побудови (див. рисунок 2.11в) слід побудувати горизонтальні проекції точок 1A і 1B (велика піввісь еліпса) та 1C і 1D (мала піввісь еліпса). Побудову профільних проекцій таких точок розглянуто вище (див. рисунок 2.4). На другому етапі побудови (див. рисунок 2.11д) проекції допоміжних точок еліпса як належних поверхні конуса точок знаходимо за допомогою кількох допоміжних площин-посередників μ_i , які є горизонтальними площинами рівня, у такій послідовності (рисунок 2.12).

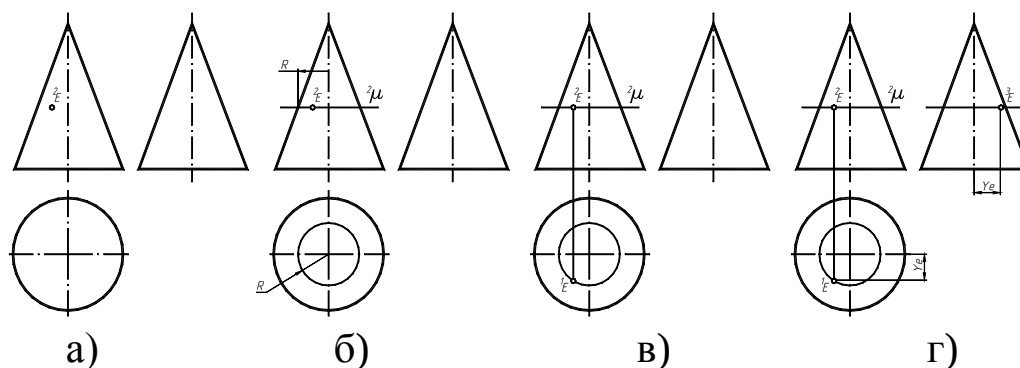


Рисунок 2.12 – Побудова проекцій точки E на поверхні конуса

Через задану на поверхні конуса фронтальну проекцію 2E точки E (рисунок 2.12а) проводимо горизонтальну площину рівня $^2\mu$ як площину-посередник (рисунок 2.12б). Ця площина перетинає конус по колу радіуса R . Будуємо горизонтальну проекцію кола, що являє дійсну величину перерізу конуса площиною μ . На перетині лінії проекційного зв'язку з колом будуємо проекцію 3E .

На рисунку 2.11д наведено три проекції і просторове зображення конуса. Його перетинає фронтально-проекційна площиною $^2\delta$,

паралельна одній твірній конуса. В перетині конічної поверхні фронтально-проекційною площиною ${}^2\delta$ утворюється парабола. Побудову характерних точок параболи 1, 2, 6 розглянуто вище (на рисунках 2.4в, г, д точки B, C, D, E). Проекції допоміжних точок параболи 3, 4, 5 знаходимо за допомогою площин посередників (рисунок 2.11).

На рисунку 2.11е наведено три проекції і просторове зображення конуса. Його перетинає фронтально-проекційна площина ${}^2\varepsilon$, паралельна двом твірним або осі конуса. В перетині конічної поверхні утворюється гіпербола.

2.4. Взаємний перетин поверхонь площинами

2.4.1. Тіло, обмежене сферичною і циліндричною поверхнею

На рисунку 2.13а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі півсферичної поверхні α та циліндричної поверхні β . Їх перетинає чотиригранна поверхня γ . Бачимо також результат поєднання поверхонь α і β та віднімання від них поверхні γ (рисунок 2.13б).

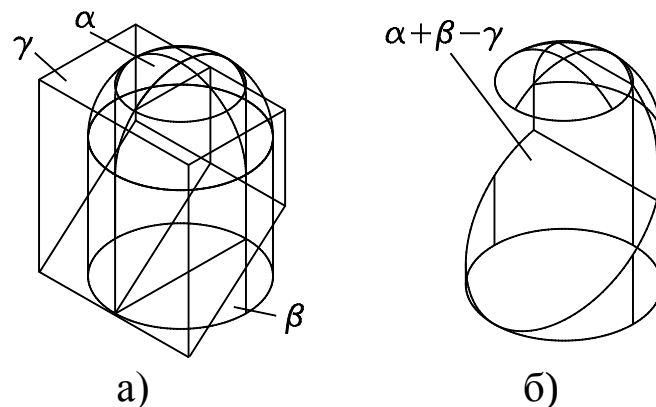


Рисунок 2.13 – Приклад утворення перетину на сферичній та циліндричній поверхні

Перетин сферичної поверхні α гранню γ_1 (горизонтальна площина рівня) утворює колову лінію радіусом R (рисунок 2.14). Перетин сферичної поверхні гранню γ_2 (профільна площина рівня) утворює лінію кола радіусом $R/2$. В перетині площин позначаємо точки 2_1 і 2_2 , що визначають початок та кінець дуги кола радіуса $R/2$ та

початки дуги радіуса $R2$. На лінії екватора сфери позначаємо точки 23 і 24 як кінців дуги радіуса $R2$. Горизонтальні проекції точок 11 і 12 знаходимо на перетині вертикальної лінії зв'язку із колом радіуса $R1$, а точок 13 і 14 – із екватором сфери. На профільній площині проекцій точки 31 і 32 та точок 33 і 34 розташовані на колі радіуса $R2$. Його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

Перетин циліндричної поверхні β гранню γ_2 (профільна площина рівня) проходить по твірних циліндра. На фронтальній проекції циліндра позначимо точки 25 та 26 як кінці вертикальних відрізків. Побудову решти проекцій точок 5 та 6 виконуємо згідно з описом, наведеним на рисунку 2.2.

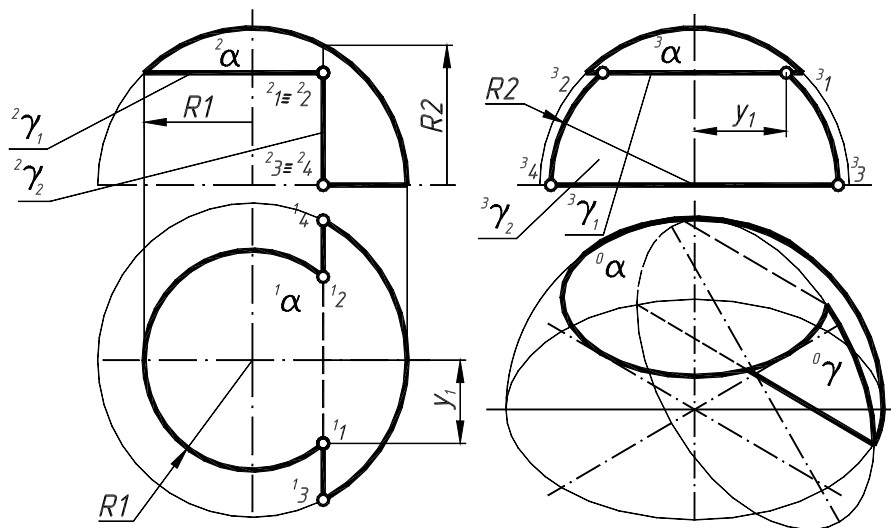


Рисунок 2.14 – Побудова ліній перетину гранної поверхні γ з сферичною поверхнею α

Перетин циліндричної поверхні β гранню γ_3 (фронтально-проекційною площиною) утворює криву лінію на його поверхні – еліпс. На профільній проекції його будують по точках, визначених проєкціюванням на горизонтальну проєкцію циліндра як кола (рисунок 2.15).

Комплексний кресленик геометричного тіла, утвореного поєднанням сферичної та циліндричної поверхні, наведений на рисунку 2.16.

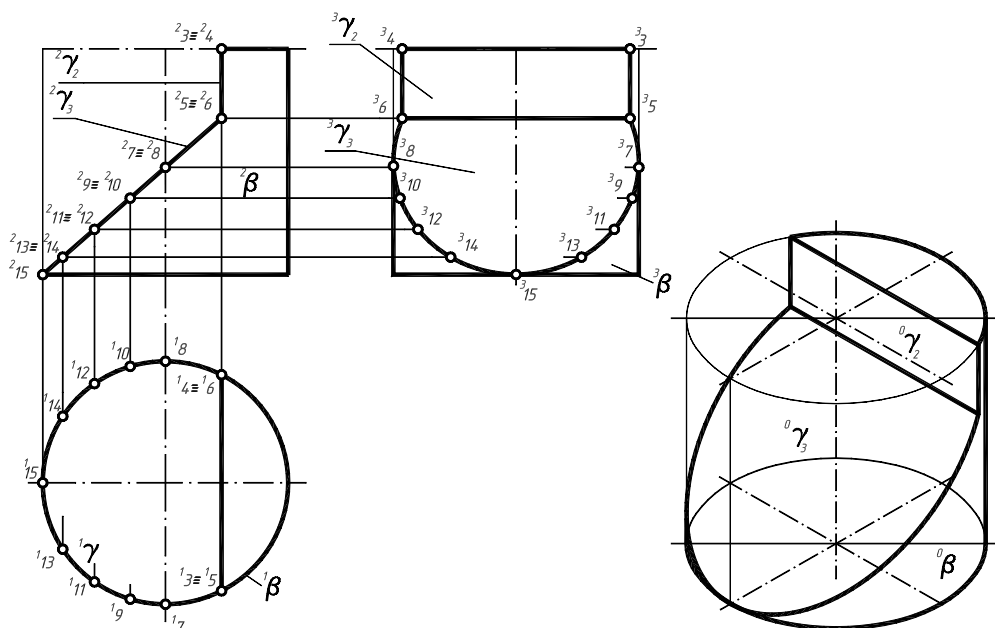


Рисунок 2.15 – Побудова ліній перетину гранної поверхні γ з циліндричною поверхнею β

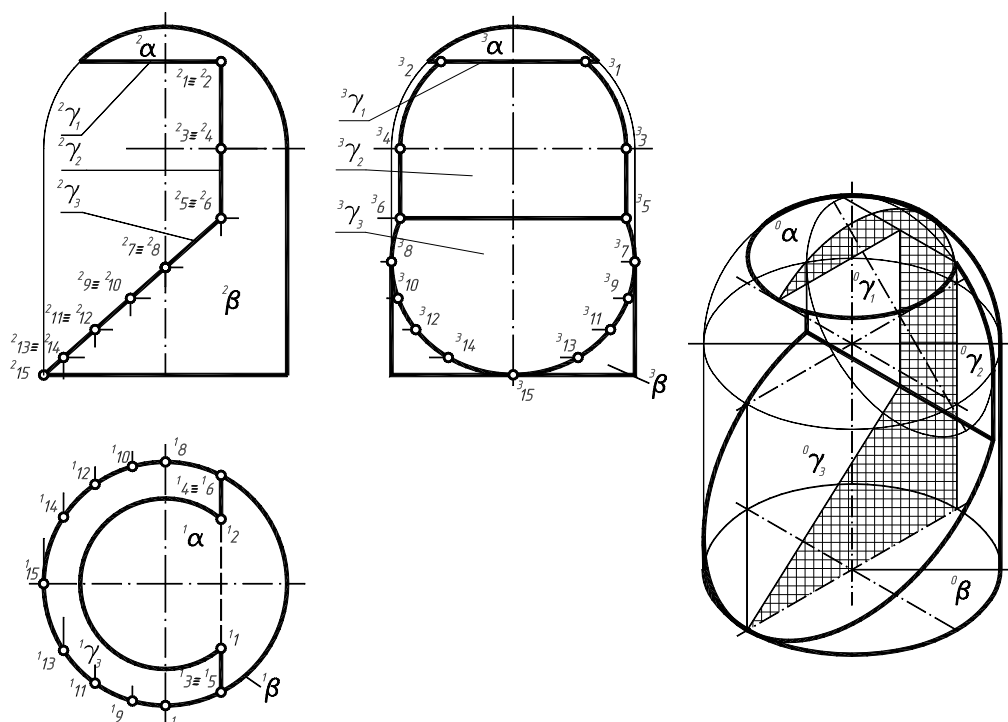


Рисунок 2.16 – Комплексний кресленик поєднаної сферичної та циліндричної поверхні

2.4.2. Тіло, обмежене пірамідальною і циліндричною поверхнею

На рисунку 2.17а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі поверхні піраміди α та циліндричної поверхні β .

Їх перетинає поверхня γ . Бачимо також результат поєднання поверхонь α і β та віднімання від них поверхні γ (рисунок 2.17б).

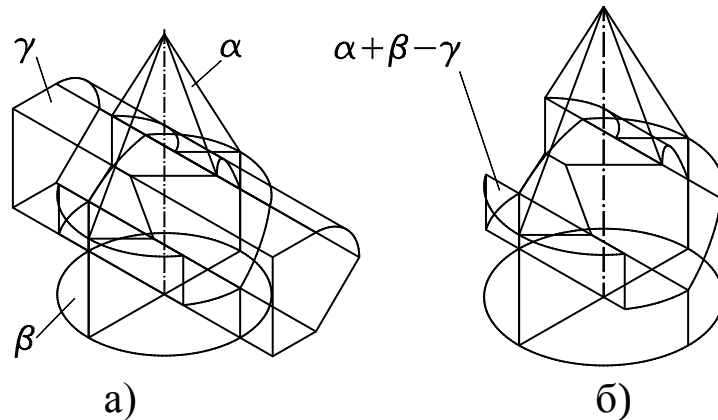


Рисунок 2.17 – Приклад утворення перетину на пірамідальній та циліндричній поверхні

Перетин лівої половини поверхні піраміди α гранню γ_2 (горизонтальна площина рівня) утворює в нашому випадку правильний чотирикутник, подібний основі піраміди (рисунок 2.18а).

Перетин піраміди гранню γ_1 (профільна площина рівня) утворює лінії зрізу, паралельні ребрам піраміди. В основі піраміди позначаємо точки 2_3 і $^2_{11}$. В перетині площини γ_2 з ребрами піраміди позначаємо точки 2_5 і $^2_{13}$. Точки 2_4 і $^2_{12}$ позначаємо на перетині площин $^2\gamma_1$ та $^2\gamma_2$.

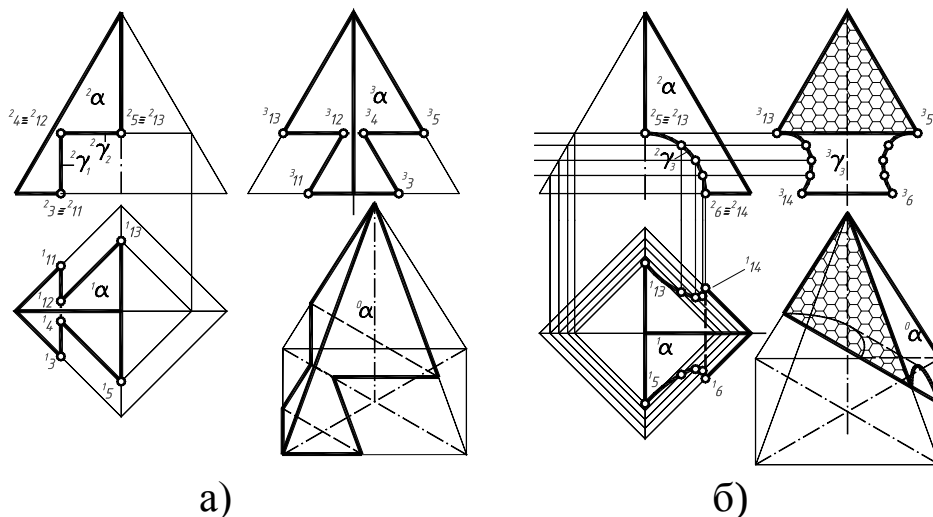


Рисунок 2.18 – Побудова ліній перетину поверхні γ із поверхнею піраміди α

Перетин правої половини поверхні піраміди α циліндричною поверхнею γ_3 утворює просторову криву. Вибір кількості допоміжних площин впливає на докладність побудови кривої. В основі піраміди позначаємо точки 2_6 і $^2_{14}$.

Побудову решти проєкцій точок на поверхні піраміди виконуємо згідно з описом, наведеним до рисунка 2.6.

Перетин циліндричної поверхні β гранню γ_1 (профільна площина рівня) проходить по твірних циліндра. На фронтальній проєкції циліндра позначимо точки 2_1 та 2_9 – кінці вертикальних відрізків (рисунок 2.19а). Побудову решти проєкцій точок 1 та 9 виконуємо згідно з описом, наведеним до рисунка 2.2.

Перетин циліндричної поверхні β гранню γ_4 (фронтально-проєкційною площиною) утворює криву лінію на його поверхні – еліпс. На верхній основі циліндра позначаємо точки 2_7 і $^2_{15}$. Точки 2_8 і $^2_{16}$ позначаємо на перетині площин $^2\gamma_4$ та $^2\gamma_5$. Побудова еліптичної кривої проводиться по дискретних точках за допомогою декількох допоміжних горизонтальних площин рівня. Ці точки на профільній проєкції будують по точках, визначених проєціюванням на горизонтальну проєкцію циліндра як кола (рисунок 2.19б).

Комплексний кресленик геометричного тіла, утвореного поєднанням пірамідальної та циліндричної поверхні, наведено на рисунку 2.20.

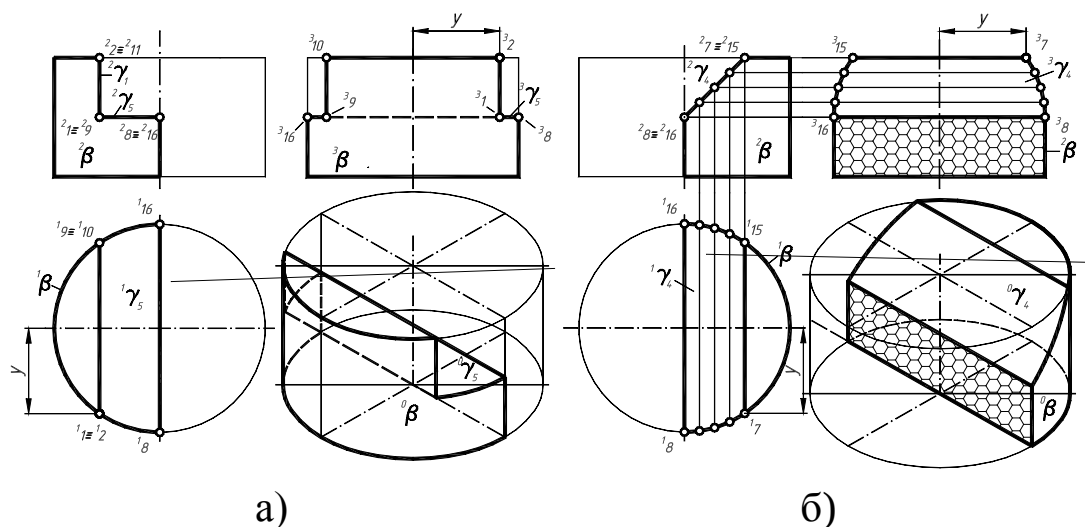


Рисунок 2.19 – Побудова ліній перетину поверхні γ з циліндричною поверхнею β

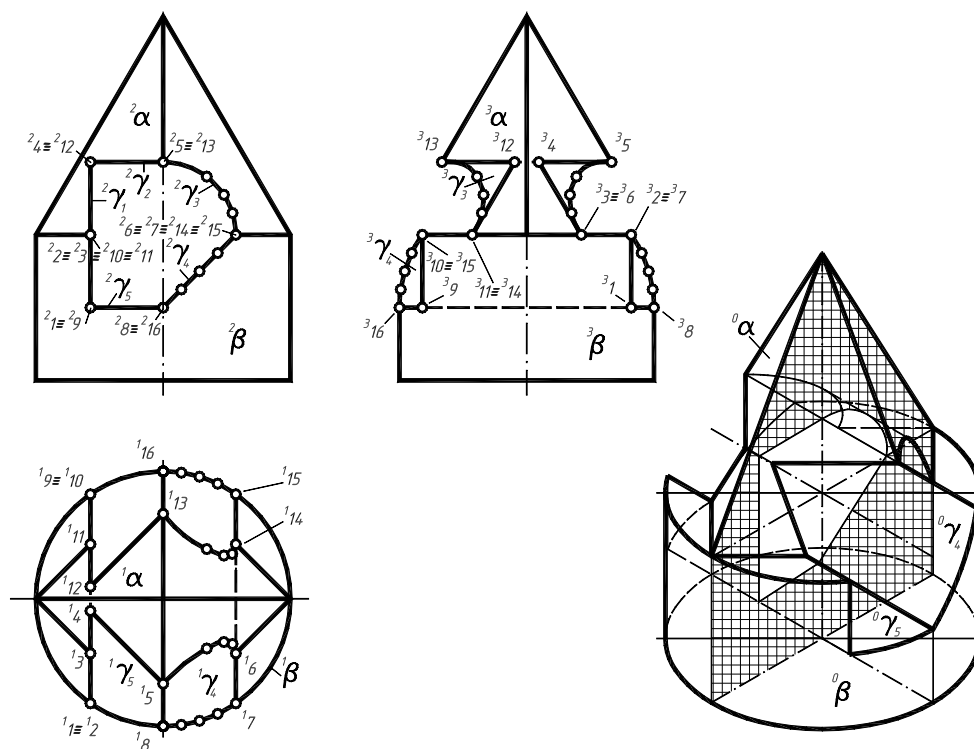


Рисунок 2.20 – Комплексний кресленик поєднаної сферичної та циліндричної поверхні

2.4.3. Тіло, обмежене конічною і сферичною поверхнею

На рисунку 2.21а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі конічної поверхні α та півсферичної поверхні β , які перетинає чотиригранна поверхня γ . Бачимо також результат поєднання поверхонь α і β та віднімання від них поверхні γ (рисунок 2.21б).

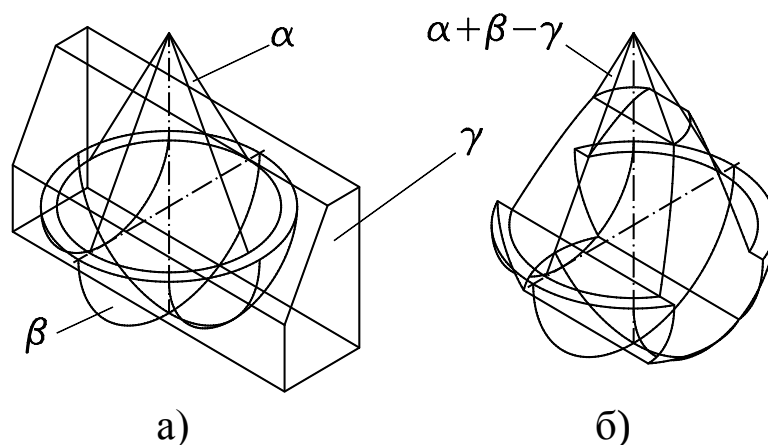


Рисунок 2.21 – Приклад утворення перетину на сферичній та циліндричній поверхні

Перетин конічної поверхні α гранню γ_5 (фронтально-проекційна площина паралельна твірній конуса) утворює параболічну криву на конічній поверхні (рис 2.22а). В основі конуса позначаємо точки 25 і 26 . Точки 213 і 214 позначаємо на перетині площин $^2\gamma_1$ та $^2\gamma_5$. Побудова параболічної кривої проводиться за дискретних точок за допомогою декількох допоміжних горизонтальних площин рівня. Ці точки на горизонтальній проекції знаходять в перетині вертикальних ліній зв'язку з відповідними січними колами (рисунок 2.22а). Побудову профільних проекцій точок на поверхні конуса виконуємо згідно з описом, наведеним на рисунку 2.12.

Перетин конічної поверхні гранню γ_1 (горизонтальна площина рівня) утворює лінію дуги, радіус якої дорівнює відстані від осі до твірної (рисунок 2.22б). Перетин конічної поверхні гранню γ_2 (профільна площина рівня) утворює гіперболічну криву на конічній поверхні (рисунок 2.22б).

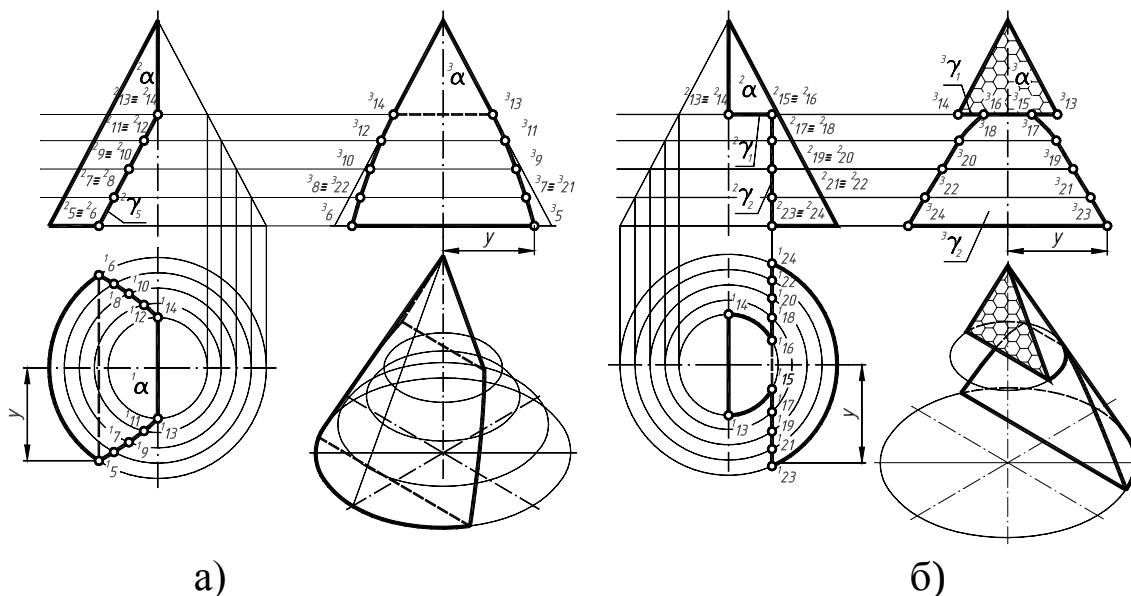


Рисунок 2.22 – Побудова ліній перетину поверхні γ_3 конічною поверхнею α

Перетин сферичної поверхні β гранню γ_4 та гранню γ_2 (профільні площини рівня) утворюють лінії кола радіуса R_3 (рисунок 2.23). Перетин сферичної поверхні гранню γ_3 (горизонтальна площина рівня) утворює лінії кола радіуса R_1 . В перетині площин позначаємо точки 21 і 22 , та 227 і 228 , що визначають початок та закінчення дуги радіуса R_3 та початки дуги радіуса R_1 .

На лінії екватора сфери позначаємо точки 23 і 24 та 225 і 226 , в яких закінчується побудова дуг радіуса $R3$. Горизонтальну проекцію точок 11 і 12 та 127 і 128 знаходимо на перетині вертикальної лінії зв'язку із колом радіуса $R1$, а точок 13 і 14 та 125 і 126 – з екватором сфери. На профільній площині проєкцій точки 31 і 32 та 327 і 328 , 33 і 34 та 325 і 326 розташовані на колі радіуса $R3$. Цей радіус визначено на фронтальній площині проєкцій.

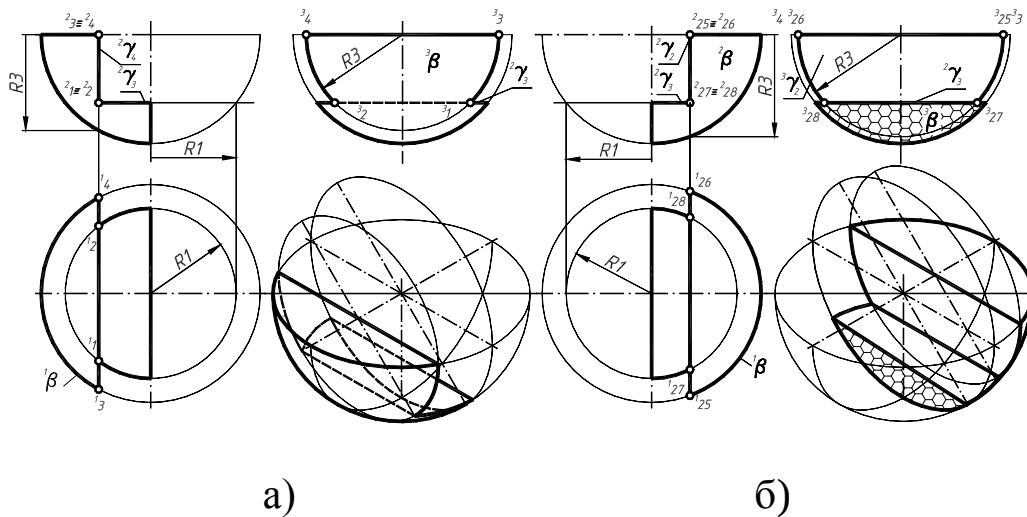


Рисунок 2.23 – Побудова ліній перетину гранної поверхні γ з сферичною поверхнею β

Комплексний кресленик геометричного тіла, утвореного поєднанням конічної та сферичної поверхні, наведений на рисунку 2.24.

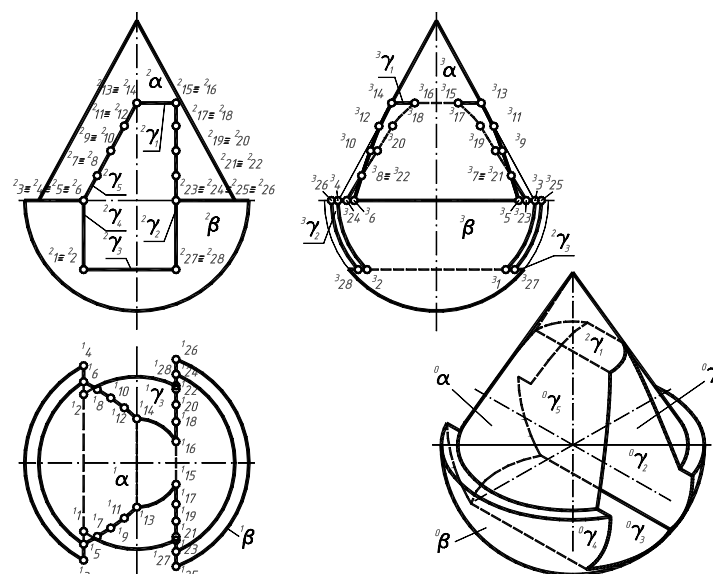
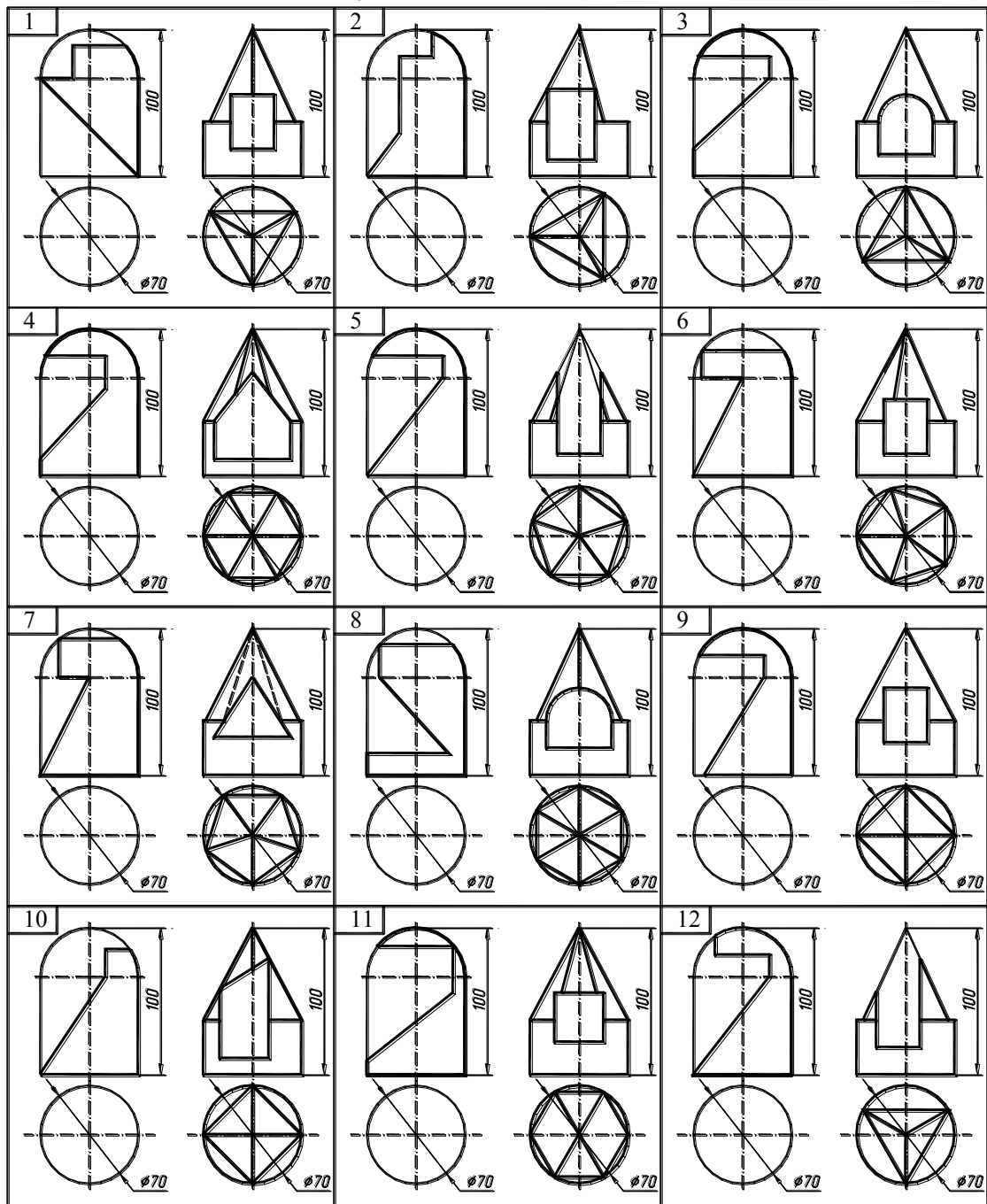


Рисунок 2.24 – Комплексний кресленик поєднаної конічної та сферичної поверхні

Контрольні запитання

1. Який основний метод задання поверхонь?
2. На які класи поділяються поверхні?
3. Назвіть основні поверхні обертання і методи їх утворення.
4. Назвіть основні гранні поверхні і методи їх утворення.
5. У якому випадку при перетині конуса площиною утворюється пряма лінія?
6. Які лінії утворюються при перетині конуса площинами?
7. Виконайте індивідуальне завдання.



Розділ 3. Проекційне креслення

3.1. Основні поняття проєкціювання

Проекційні кресленики дають змогу наочно відобразити різного виду деталі. **Проекціювання** – це процес побудови проєкції предмета на будь-яку площину (рис 3.1).

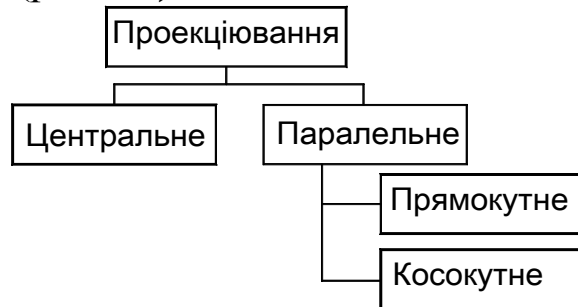


Рисунок 3.1 – Класифікація способів проєкціювання

Центральним називають проєкціювання, у якого всі проєкційні промені виходять з однієї точки. Центральне проєкціювання застосовують у малюванні (рис 3.2а).

Паралельним називають проєкціювання, в якого всі проєкційні промені паралельні, а центр проєкціювання віддалений у безкінечність.

Косокутним називають проєкціювання, в якого всі проєкційні промені паралельні і перетинають площину проєкцій під гострим кутом (рис 3.2б).

Прямокутним називають проєкціювання, в якого всі проєкційні промені паралельні і перетинають площину проєкцій під прямим кутом (рис 3.2в).

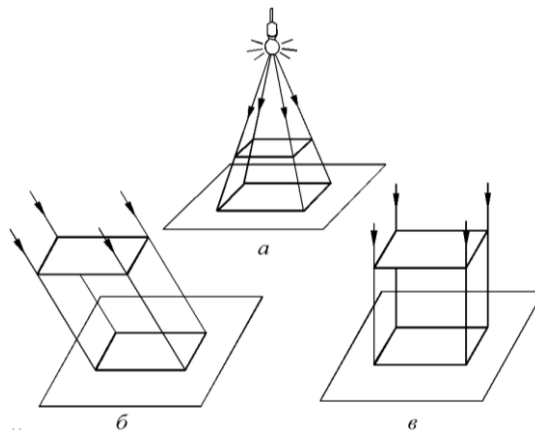


Рисунок 3.2 – Відображення предмета на площину залежно від способу проєкціювання

3.2. Прямокутне проєкціювання

Кресленик деталі повинен максимально чітко передати її вигляд. Для цього застосовують тригранний кут (рисунок 3.3).

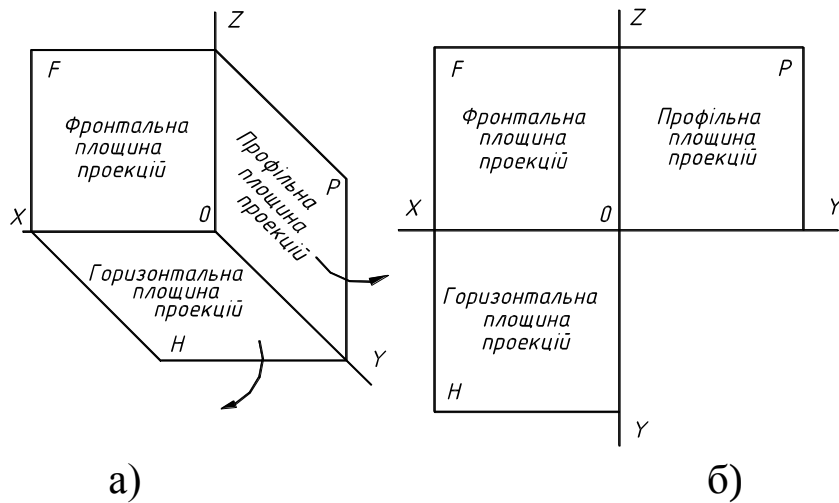


Рисунок 3.3 – Перетворення просторового тригранного кута у пласку проєктивну площину

Деталь, яку проєкціюють, розташовують у просторі тригранного кута, як на рисунку 3.4, і послідовно розглядають з трьох боків: спереду, згори і зліва.

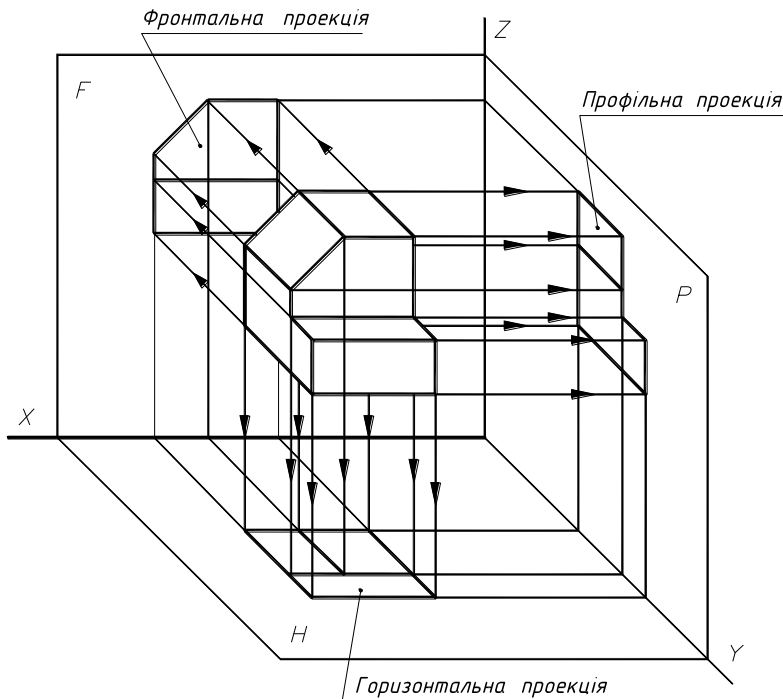


Рисунок 3.4 – Проєкціювання деталі на три площини проєкцій

Щоб побудувати кресленик деталі, три площини проєкцій суміщують в одну площину. Для цього горизонтальну площину

повертають вниз, а профільну – праворуч (рисунок 3.3а) до суміщення з фронтальною площиною проєкцій. Таким чином, кресленик складається з трьох прямокутних проєкцій деталі (рисунок 3.3б): фронтальної, горизонтальної та профільної. На кресленикові три проєкції деталі розташовують у проєкційному зв'язку.

3.3. Побудова третьої проєкції за двома заданими

Щоб побудувати третю проєкцію за двома заданими, необхідно добре уявити зображення деталі, її будову. Проєкції деталі слід будувати в проєкційному зв'язку (рисунок 3.5), використовуючи вісь OY під кутом 45° (рисунок 3.6). Лінії проєкційного зв'язку проводять суцільними тонкими лініями під прямим кутом до осей OX , OY , OZ . На їх перетині формується третя проєкція деталі. Далі необхідно навести контури деталі суцільною товстою лінією.

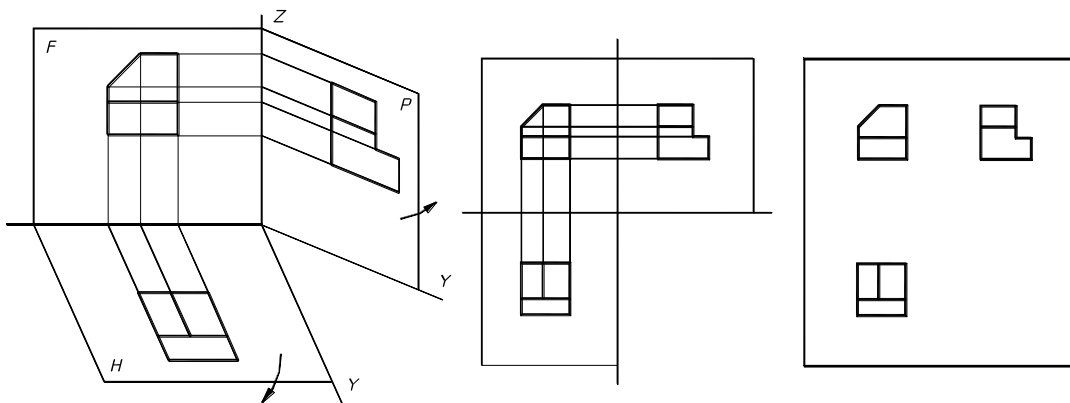


Рисунок 3.5 – Процес і результат побудови трьох проєкцій моделі

Правильне відтворення і розуміння проєкційних зображень геометричних об'єктів можливе, якщо їх виконувати згідно з відповідними стандартами ДСТУ. У проєкційних креслениках, здебільшого, не проводять осі проєкцій. Відсутні також літери у проєкціях характерних точок, що визначають форму деталі. У креслениках в окремих випадках буває достатньо однієї проєкції. Цього досягають спеціальними умовними позначеннями.

На рисунку 3.7 зліва наведено просторову модель деталі з нанесеними розмірами. Процес креслення розпочинають з вивчення будови, аналізу поверхонь, які утворюють деталь. На кресленику вибирають число виглядів деталі, для заданої деталі їх три.

Викреслюють головний вигляд: на рисунку 3.7 праворуч згори. Тонкими суцільними лініями викреслюють прямокутники для горизонтальної та профільної проекцій деталі. Слід самостійно доопрацювати кресленик на рисунку 3.7 за визначеними розмірами.

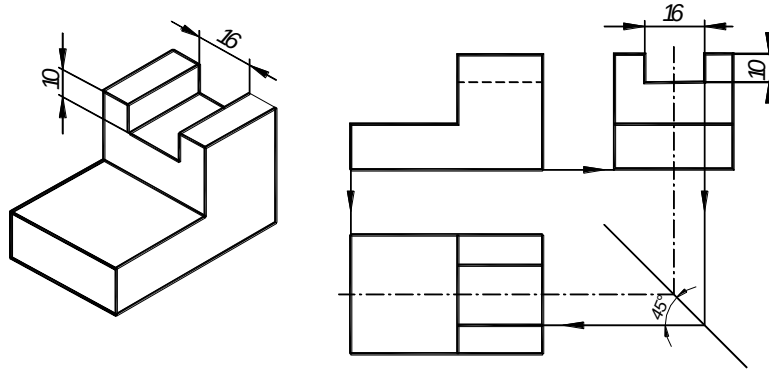


Рисунок 3.6 – Проекційні зв'язки проекцій деталі (показані стрілками)

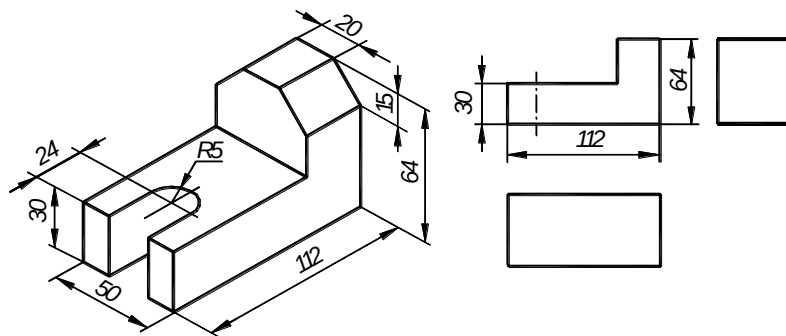
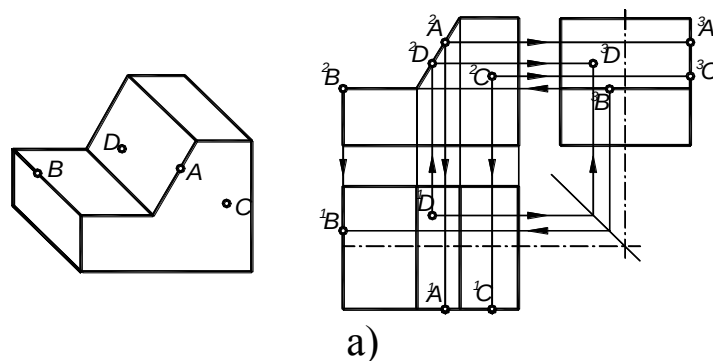


Рисунок 3.7 – Послідовність створення кресленика деталі

3.4. Проекції точок, що лежать на поверхні предмета

Для того, щоб при виконанні креслеників правильно побудувати проекції деталі, необхідно вміти знаходити на їх проекційних зображеннях проекції окремих точок. Розглянемо деталь-опору (рисунок 3.8а).



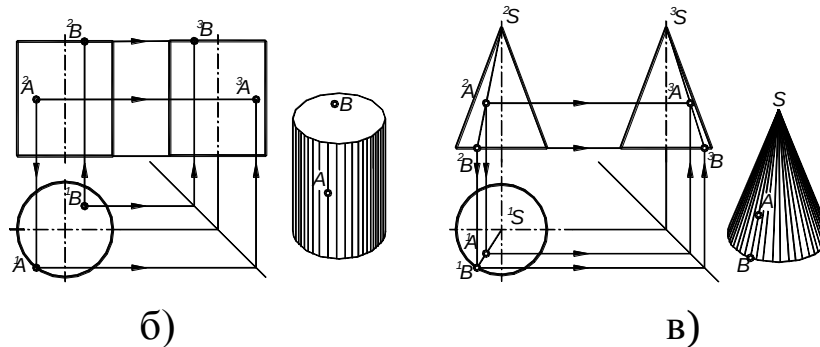


Рисунок 3.8 – Побудова точок на поверхнях деталі та фігур

Щоб побудувати проекції точки A , необхідно знайти проекцію похилої грані, на якій вона розташована, і провести паралельні промені на інші проекції деталі. На перетині проекціюючих променів розміщені проекції точки A . Точка B розташована на лівій горизонтальній грані, тому проекції точки B розташовані на перетині проекціюючих променів, а саме на ребрі. Щоб за однією проекцією точки, яка розташована на грані предмета, знайти інші проекції, треба, насамперед, відшукати проекції цієї грані. Потім за допомогою ліній зв'язку будують проекції точки, які повинні міститися на проекціях граней. Точку C задано на вертикальній грані, яка паралельна фронтальній площині проекцій і перпендикулярна до горизонтальної та профільної площини проекцій. Тому ця грань проекціюється на фронтальну площину в натуральну величину, а на горизонтальну і профільну – у вигляді відрізків прямої. Вигляд спереду відображає фронтальну проекцію точки C . Її горизонтальна і профільна проекції повинні перебувати відповідно на горизонтальній і профільній проекціях грані. Для їх побудови з точки 2C проводять горизонтальну та вертикальну лінію зв'язку до перетину з лініями, що є проекціями грані. У місці перетину одержують точку 1C – горизонтальну проекцію точки C і точку 3C – профільну проекцію точки C .

Точку D задано на похилій грані предмета. Ця грань проекціюється на фронтальну площину проекцій у вигляді відрізка прямої. Вона перпендикулярна до цієї площини проекцій. На горизонтальну та профільну площини проекцій ця грань проекціюється у вигляді прямокутників, що мають спотворені розміри по довжині (на горизонтальній проекції) і по висоті (на профільній проекції). Вигляд згори відображає горизонтальну проекцію точки 1D . Дві інші проекції повинні знаходитись на фронтальній і профільній проекціях грані. Спочатку будують фронтальну проекцію точки, провівши вертикальну лінію зв'язку з точки 1D . У місці її перетину з відрізком прямої

(проекцією грані) розташована точка 2D , яка є фронтальною проекцією точки D . Далі з точок 1D і 2D проводять лінії проекційного зв'язку до їх перетину у точці 3D . Ця точка буде профільною проекцією точки D .

На круглих поверхнях (рисунк 3.8б,в) побудову проекції точок виконують за допомогою твірної. На поверхні циліндра задано точки A і B : точка A розташована на його бічній поверхні, а точка B – на верхній основі. Точка A задана своєю фронтальною проекцією 2A , точка B – горизонтальною проекцією 1B .

Щоб знайти горизонтальну проекцію точки 1A , треба взяти до уваги, що точка A розташована на поверхні циліндра, горизонтальна проекція якої – коло. Отже, проекція точки, що розташована на цій поверхні, буде перебувати на колі. Тому з точки 2A проводять вертикальну лінію проекційного зв'язку і на її перетині з колом знаходять точку 1A . Профільну проекцію 3A отримуємо на перетині ліній проекційного зв'язку. Для побудови фронтальної 2B і профільної 3B проекції точки B достатньо провести лінії проекційного зв'язку до перетину з відрізками прямих, що зображують фронтальну та профільну проекції основи циліндра.

На бічній поверхні конуса розташована точка A , задана своєю фронтальною проекцією 2A (рисунк 3.8в). Щоб знайти відсутні проекції точки A , потрібно виконати деякі додаткові побудови. Для отримання горизонтальної проекції точки 1A на фронтальній проекції конуса від проекції його вершини 2S через задану проекцію 2A проводять допоміжну пряму (твірна конічної поверхні). На перетині цієї прямої з проекцією основи конуса отримують точку 1B . Маючи фронтальні проекції точок, що лежать на прямій, можна знайти їх горизонтальні проекції. Горизонтальна проекція 1S вершини конуса відома. Горизонтальна проекція точки B буде на колі, яке є проекцією основи конуса. На відрізок прямої, що з'єднує точки 1S і 1B , будують точку 1A , яка є горизонтальною проекцією точки A . Профільна проекція 3A точки A розміститься на перетині ліній проекційного зв'язку, проведених відповідно з фронтальної та горизонтальної проекцій конуса.

Контрольні запитання

1. Що означає вираз «проекційний зв'язок»?
2. Для чого застосовують тригранний кут?
3. Що називають проекціюванням?
4. Що називають центральним проекціюванням?

5. Що називають паралельним проєкціюванням?
6. Яка різниця між паралельним прямокутним і паралельним косокутним проєкціюванням?
7. Що таке проєкція?
8. Нанесіть проєкції точок на деталі, зображених на рисунках 3.9 - 3.10.
9. Побудуйте три проєкції деталі у проєкційному зв'язку, нанесіть розміри і проєкції точок (рисунок 3.11).

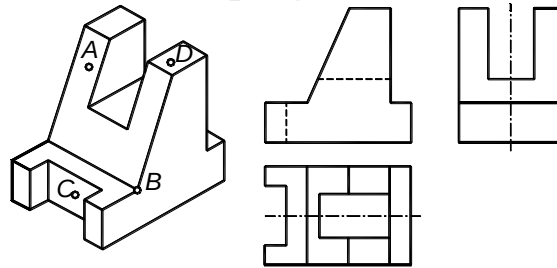


Рисунок 3.9

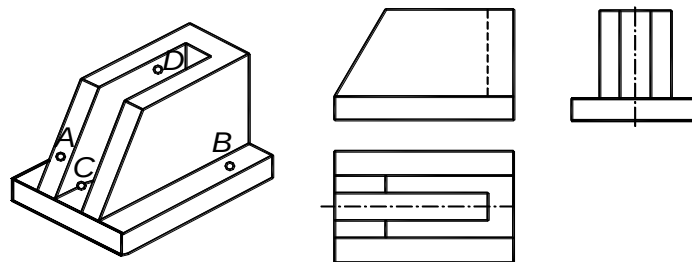


Рисунок 3.10

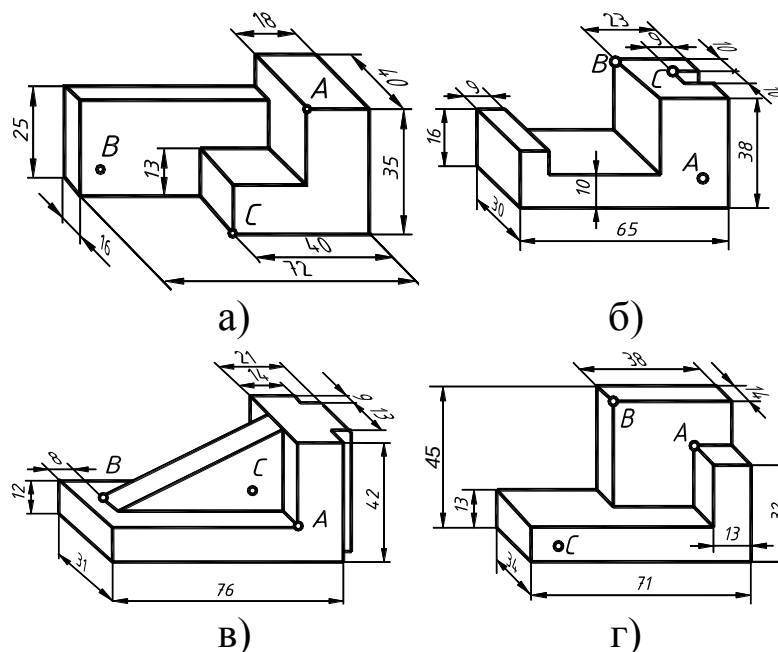


Рисунок 3.11

Розділ 4. Розрізи та перерізи

Значна кількість штрихових ліній, які використовують на виглядах деталей для зображення контурів невидимих поверхонь, може ускладнити читання і розуміння креслеників. Тому в таких випадках для розкриття внутрішньої будови предмета використовують розрізи і перерізи.

4.1. Зображення. Вигляди

Виконуючи робочий кресленик будь-якої деталі, треба пам'ятати про зручність його використання в процесі виготовлення деталі. Тому іноді необхідно збільшувати кількість проекцій. Будь-який кресленик виконують за методом прямокутного (ортогонального) проєкціювання. Проекційні промені проходять перпендикулярно до площин проєкцій. За основні площини проєкцій приймають шість граней куба (рисунок 4.1).

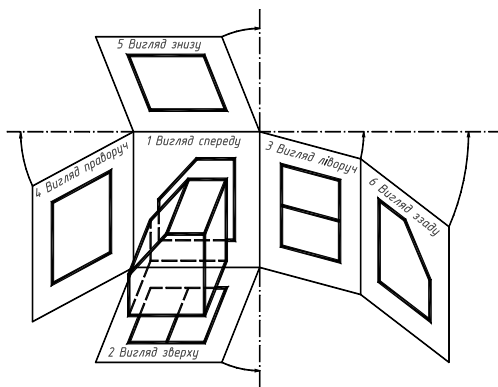


Рисунок 4.1 – Розгортання просторового проєкційного куба

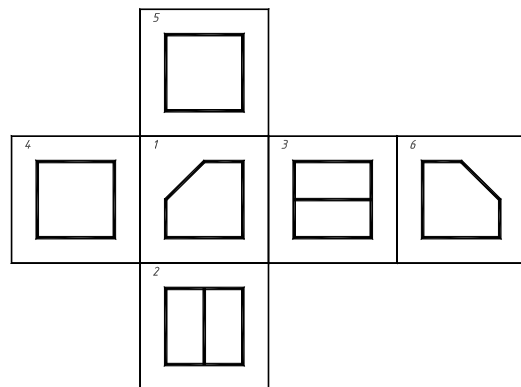


Рисунок 4.2 – Розгортка просторового проєкційного куба

Предмет розташовують у середині куба і проєкціюють на його грані. Всі шість граней куба (площини проєкцій) суміщують у певному порядку з фронтальною площиною проєкцій. Користуючись способами нарисної геометрії у разі такого суміщення граней куба, будуємо всі зображення предмета на полі кресленика у відповідному проєкційному зв'язку щодо його зображення на фронтальній площині проєкцій. Отже, отримуємо комплексний кресленик предмета на відповідних площинах проєкцій (рисунок 4.2).

Зображення в проєкційному кресленикові залежно від їх змісту поділяють на вигляди, розрізи, перерізи. Кількість зображень на креслениках повинна бути мінімальною, але водночас достатньою для повного розуміння форми та розмірів цього предмета.

Вигляд – це зображення повернених до спостерігача видимих частин поверхні предмета.

За характером виконання та змістом вигляди поділяють на **основні**, **додаткові** та **місцеві**. Основними називають вигляди, утворені проєкціюванням предмета на шість граней куба. Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроекційовано предмет. Відповідно існують такі назви виглядів (рисунок 4.1):

вигляд спереду (головний вигляд) – зображення на фронтальній площині проєкцій;

вигляд згору – зображення на горизонтальній площині проєкцій;

вигляд ліворуч – зображення на профільній площині проєкцій;

вигляд праворуч – зображення на профільній площині проєкцій;

вигляд знизу – зображення на горизонтальній площині проєкцій;

вигляд ззаду – зображення на фронтальній площині проєкцій.

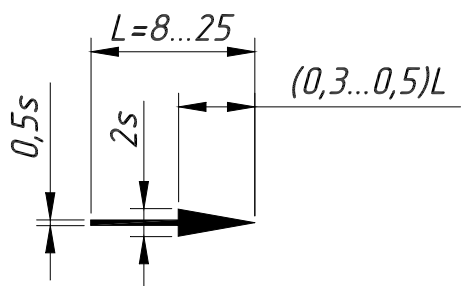


Рисунок 4.3 –
Параметри стрілки
позначення вигляду

Вигляд зверху розташовують під головним виглядом; вигляд ліворуч – з правого боку головного вигляду; вигляд праворуч – з лівого боку головного вигляду; вигляд знизу – розташовують над головним виглядом.

За такого розташування назви виглядів не підписують і не показують лінії зв'язку між зображеннями. Якщо вигляди розташовані не в проєкційному зв'язку, їх позначають великими літерами українського алфавіту, а напрями виглядів показують стрілками (рисунок 4.3) з тими ж літерами.

Віддалі між видами вибирають, беручи до уваги умови розташування їх на полі кресленика, нанесення розмірів, текстових пояснень, таблиць тощо.

Головним для побудови зображення є вигляд спереду (головний вигляд), тобто зображення, утворене на фронтальній площині проєкцій.

Головний вигляд повинен давати найповніше уявлення про форму, розміри та службове призначення предмета (рисунок 4.4).

Правильний вибір головного вигляду предмета зумовлює мінімальну кількість потрібних зображень. На вибір головного

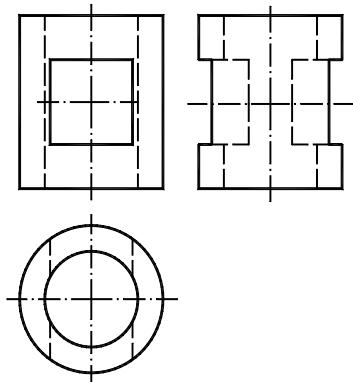


Рисунок 4.4 –
Фігура у трьох
виглядах

вигляду предмета впливають також його конструктивні особливості та технологічні фактори виготовлення.

Якщо будь-яку частину предмета неможливо показати на основних виглядах без спотворення форми і розмірів, то використовують додаткові вигляди.

Додатковий вигляд – зображення, утворене внаслідок проєкціювання частини предмета на додаткову площину, не паралельну основним площинам проєкцій.

Додаткову площину розташовують паралельно до нахиленої частини предмета, яка проєкціюється на додаткову площину в натуральну величину (рисунок 4.5а).

Для зручного розгляду кресленика додатковий вигляд дозволено повертати, але із збереженням, як правило, розташування, прийнятого для цього предмета на головному вигляді. При цьому до напису додається умовне позначення, викреслене у вигляді кола діаметром 10...12 мм із стрілкою (рисунок 4.5б), що означає “вигляд Б повернуто”.

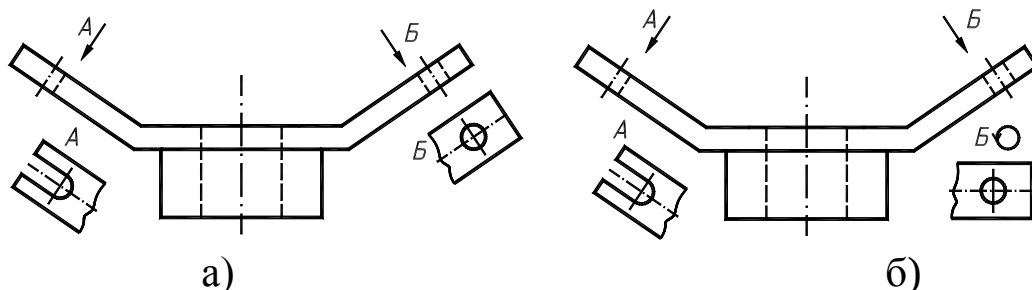


Рисунок 4.5 – Позначення додаткових виглядів

Додаткові вигляди на креслениках позначають стрілками і літерами. Літери, які позначають вигляд, повинні бути більші за розмірні числа на креслениках.

Місцевий вигляд – зображення окремої обмеженої частини поверхні предмета. Його застосовують, коли треба показати форму й розміри окремих елементів предмета, наприклад, отвір у деталі, фланець тощо. Місцевий вигляд можна обмежити лінією обриву (рисунок 4.6, вигляд А) чи не обмежувати (рисунок 4.6, вигляд Б).

Позначення місцевого вигляду не відрізняється від позначення додаткового вигляду. Застосування місцевого вигляду дає змогу

зменшити обсяг графічної роботи, зекономити місце на робочому полі кресленика.

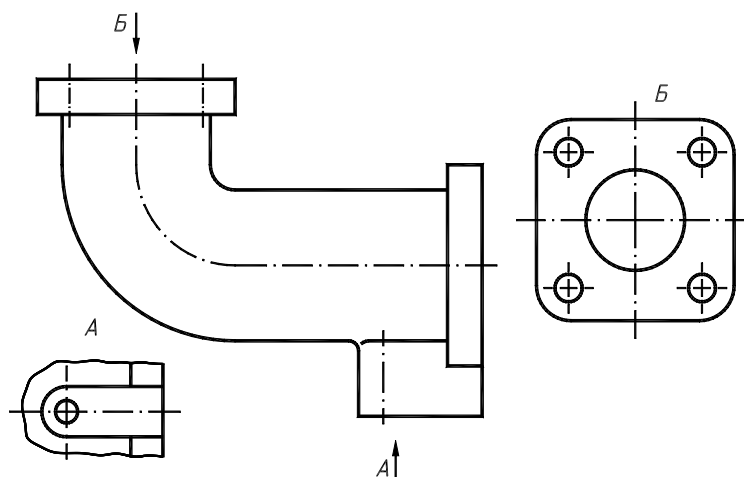


Рисунок 4.6 – Позначення місцевих виглядів

4.2. Розрізи

На рисунку 4.7 наведена загальноприйнята структура означення розрізів.

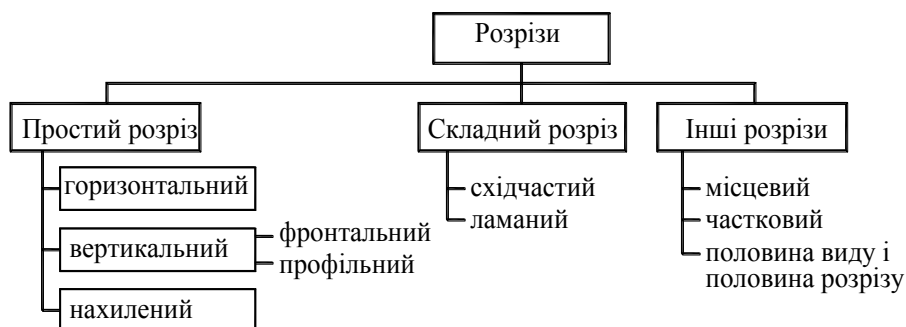


Рисунок 4.7 – Структурна схема означення розрізів

Розріз – зображення предмета, утвореного умовним розрізом його однією або кількома січними площинами. На креслениках у розрізі показують зображення предмета, яке розташоване у відповідних січних площинах і поза ними. Розріз є умовним зображенням, бо під час його виконання тільки умовно проводять січні площини та уявно показують окремі частини предмета, які розташовані між спостерігачем і цими січними площинами. На креслениках внутрішні конфігурації частини предмета у розрізі зображують суцільними лініями як і видимий контур предмета. При цьому зображення, що міститься у січній площині, за винятком порожнин, штрихують тонкою суцільною лінією (рисунок 4.8).

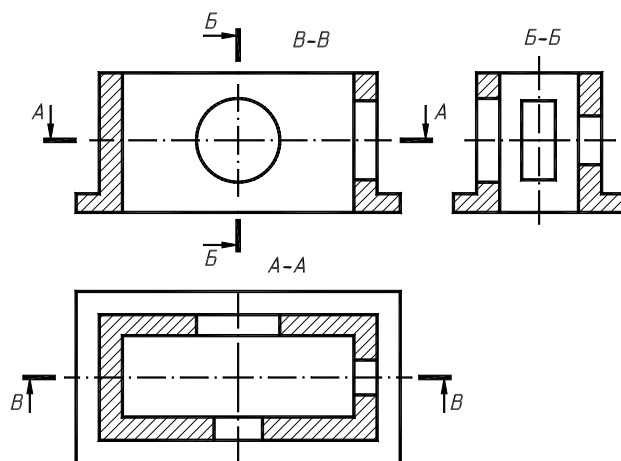


Рисунок 4.8 – Приклад виконання розрізів на кресленикові

Розрізи не повинні погіршувати сприйняття креслеників та змінювати форму предмета загалом, а, навпаки, повинні допомагати розкрити важкодоступні місця для їх кращого розуміння. Такі розрізи ще називають **корисними**. Залежно від положення січної площини щодо основних вимірів предмета розрізи поділяють на повздовжні й поперечні, а залежно від кількості січних площин вони бувають прості та складні, причому останні поділяють на ступеневі та ламані. За повнотою виконання і призначення креслеників розрізи поділяють на повні та місцеві; залежно від розташування на креслениках січних площин щодо площин проекцій поділяють на горизонтальні, фронтальні, профільні та похилі розрізи.

Характеристики та визначення розрізів

Простий розріз, горизонтальний, фронтальний, профільний, нахилений, поперечний та повздовжній, утворюється однією січною площиною. Горизонтальний розріз предмета утворюється січною площиною, паралельною горизонтальній площині проекцій (рисунок 4.8, розріз А-А). Фронтальний розріз утворюється січною площиною, паралельною фронтальній площині проекцій (рисунок 4.8, розріз В-В). Профільний розріз утворюється січною площиною, паралельною профільній площині проекцій (рисунок 4.8, розріз Б-Б).

Нахилений розріз утворюється січною площиною, яка нахилена до горизонтальної площини проекцій під гострим кутом (рисунок 4.9, розріз А-А).

Повздовжній розріз предмета утворюється січною площиною, яка проходить вздовж довжини або висоти предмета (рисунок 4.10а, розріз Б-Б, В-В). Якщо фігура симетрична, то можна поєднувати вигляд і розріз як показано нижче, а позначення розрізів Б-Б, В-В не показувати

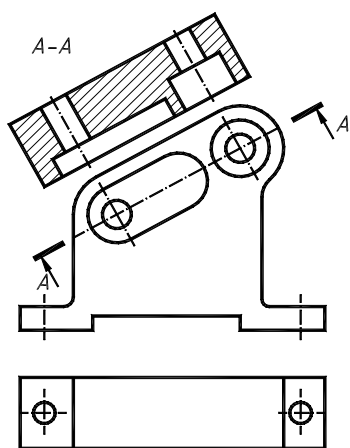


Рисунок 4.9 –
Нахилений розріз

(рисунок 4.10б). Якщо на внутрішній поверхні предмета розташована контурна лінія, яка збігається з віссю симетрії, наприклад, ребро чотирикутної призми, то розріз виконують дещо більшим, ніж половина зображення. Підкреслюють його суцільною тонкою лінією, як це зображено на фронтальній проекції фігури (рисунок 4.10в). За наявності контурної лінії на зовнішній поверхні розріз виконують дещо меншим, ніж половина зображення. Якщо зовнішня та внутрішня контурні лінії

збігаються з віссю симетрії, то суцільну тонку лінію, що розділяє вигляд + розріз, виконують хвилястою (рисунок 4.10в, профільна проекція).

Поперечний розріз утворюється січною площиною, яка проходить перпендикулярно до довжини або висоти предмета (рисунок 4.10, розріз А-А).

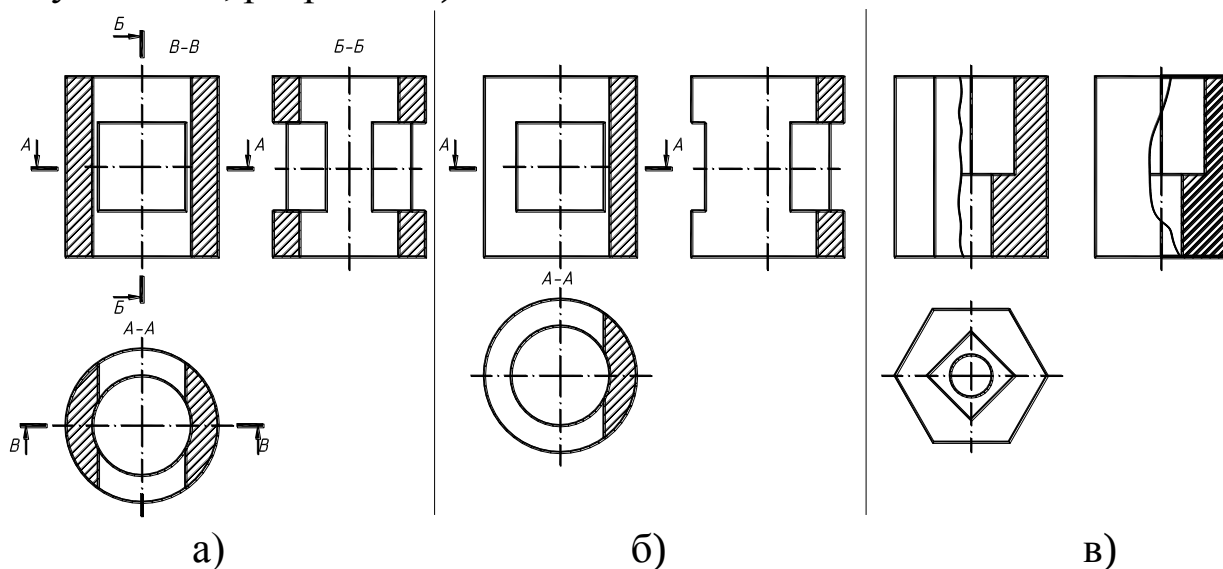


Рисунок 4.10 – Приклади виконання повздовжніх розрізів

Складний розріз, східчастий та ламаний, утворюється двома або кількома січними площинами.

Східчастим називається складний розріз, утворений паралельними січними площинами (рисунок 4.11).

Ламаним називають складний розріз, утворений паралельними січними площинами, причому одна з них або кілька нахилені до горизонтальної площини проекцій (рисунок 4.12).

Місцевий розріз – зображення, що пояснює конструктивні особливості предмета тільки в окремому, обмеженому місці кресленика (рисунок 4.13а).

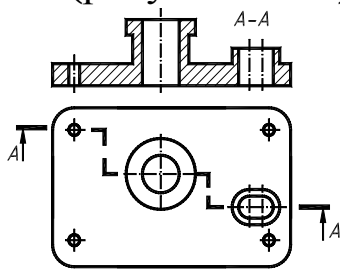


Рисунок 4.11 – Східчастий розріз

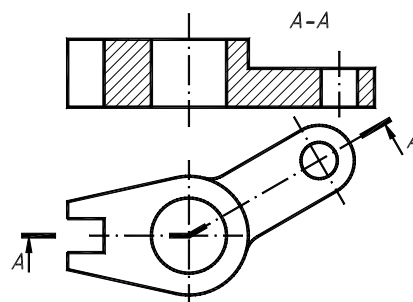
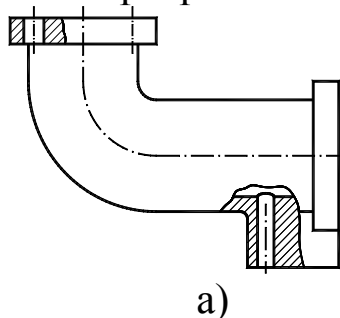
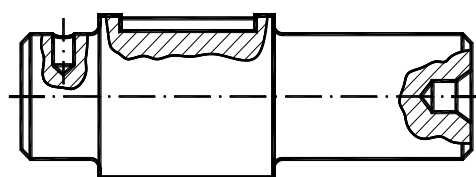


Рисунок 4.12 – Ламаний розріз



а)



б)

Рисунок 4.13 – Приклади позначення місцевих розрізів

Місцевий розріз виділяють тонкою суцільною хвилястою лінією, яка не повинна збігатися з будь-яким зображенням. За допомогою місцевих розрізів на рисунку 4.13б показані отвір під стопорний гвинт, паз для сегментної шпонки та центровий отвір.

Щоб раціонально зменшувати кількість зображень на креслениках, вдаються до поєднання двох зображень: частини вигляду з частиною відповідного розрізу. Тоді замість двох окремих зображень (вигляду і розрізу) на кресленні одержують одне зображення – поєднання частин вигляду і розрізу. Щоб уявити, як це виконується, звернемось до прикладу.

На рисунку 4.14 наведений кресленик деталі з поєднанням частини головного вигляду з частиною фронтального розрізу. Якщо замість частини застосувати повний розріз, то за одним виглядом зверху неможливо буде уявити форму й положення виступу на передньому боці предмета; на фронтальному розрізі він не буде зображений, адже цей елемент випадає разом з умовно видаленою передньою частиною предмета. Тому доцільно поєднати частину вигляду з частиною розрізу в одному зображенні; частину вигляду і відповідного розрізу розділяють суцільною тонкою хвилястою лінією,

яку проводять від руки. Частину розрізу, здебільшого, розташовують праворуч від частини вигляду.

Якщо вигляд і поєднуваний з ним розріз фігури симетричні, то поєднують половину вигляду з половиною відповідного розрізу (рисунок 4.15).

Два вигляди предмета (рисунок 4.15а) дають повне уявлення про його зовнішню форму. Фронтальний розріз і вигляд згори (рисунок 4.15,б) краще виявляють внутрішню будову предмета. Але зовнішня форма при цьому стає менш зрозумілою. На рисунку 4.15в зображено половину головного вигляду, а на рисунку 4.15г – половину розрізу цієї деталі.

Поскілки вигляд і розріз цієї деталі симетричні, то другу половину кожного із зображень легко уявити. Отже, поєднання на кресленикові половини вигляду і половини відповідного розрізу дасть повне уявлення як про зовнішню, так і про внутрішню форми деталі (рисунок 4.15д).

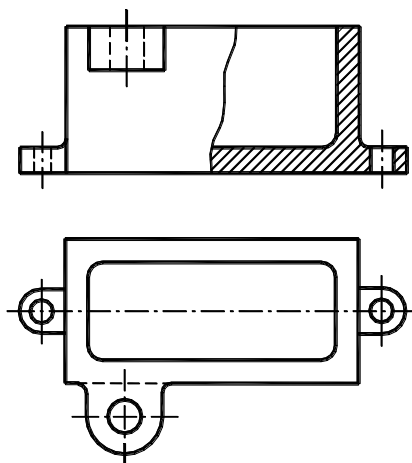


Рисунок 4.14 – Поєднання вигляду та розрізу

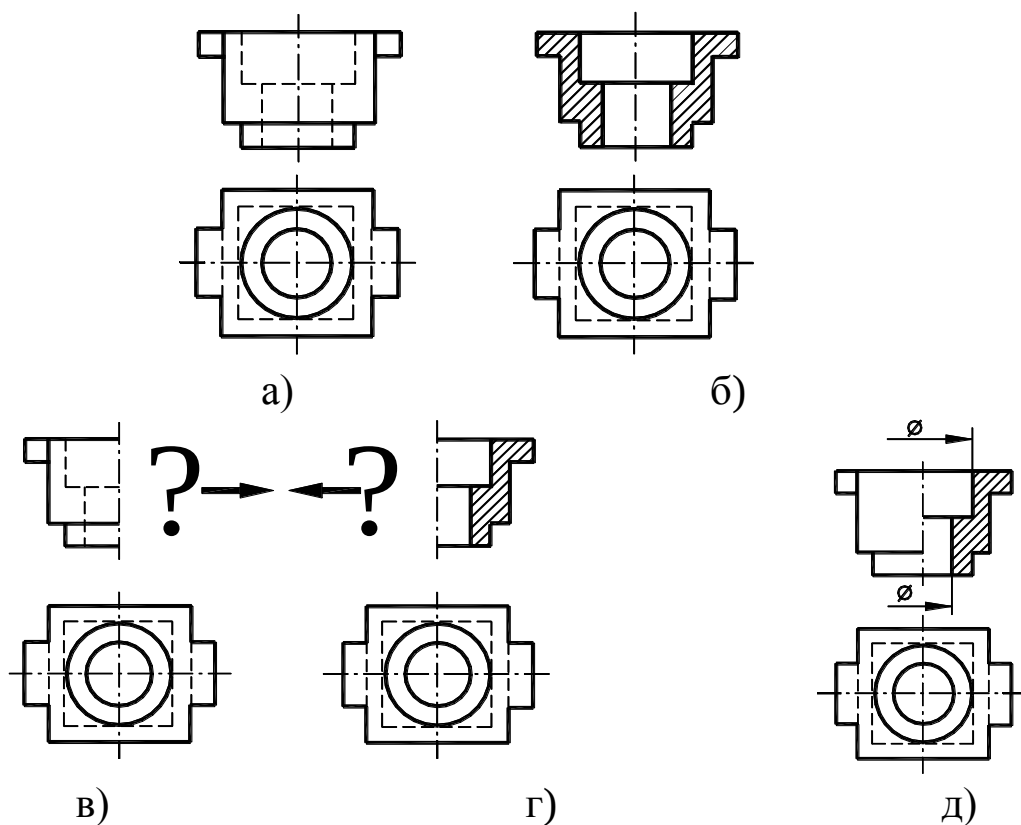


Рисунок 4.15 – Приклад утворення на симетричній фігурі суміщеного вигляду - розрізу

Межею між поєднаними в одному зображенні половиною вигляду і половиною розрізу є вісь симетрії (штрих – пунктирна лінія). Звернемо увагу на те, що на половині вигляду (рисунок 4.1д) відсутні лінії невидимого контура (штрихові). Їх недоцільно проводити, бо предмет симетричний відносно вертикальної осі. Ці лінії не повинні повторювати обриси внутрішнього контура, зображеного на половині розрізу.

Рекомендовано розміри зовнішніх частин предмета наносити з боку вигляду, а внутрішніх – з боку розрізу.

4.3. Перерізи

Переріз – зображення предмета, утворене уявним перетином його однією або декількома площинами. На кресленикові в перерізі показують зображення предмета, яке можна отримати безпосередньо у січній площині. Фігуру перерізу на кресленикові штрихують тонкими лініями під кутом 45° . Частину предмета, розташованого за січною площиною, у перерізі не показують. Переріз є частковим випадком розрізу. Тобто, розріз включає в себе і переріз. На рисунку 4.16а зображено переріз, а на рисунку 4.16б – розріз.

Залежно від розташування на кресленикові розрізняють винесені й накладні перерізи. Винесені перерізи розташовують поза контуром зображення деталі (рисунок 4.17) на будь-якому місці поля кресленика, накладені – безпосередньо на виглядах (рисунок 4.18). Розташований на вільному полі кресленика переріз супроводжують написом, наприклад, А-А (рисунок 4.16а). Якщо переріз розташований на продовженні січної площини, то надпис відсутній (рисунок 4.17).

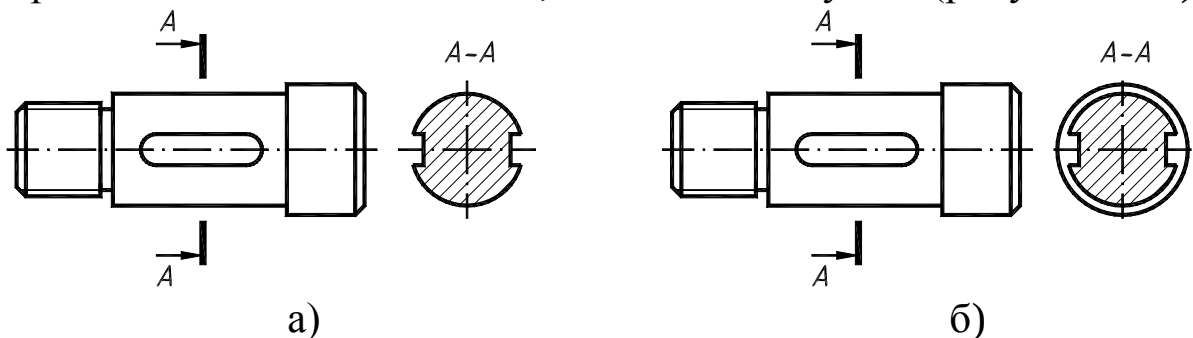


Рисунок 4.16 – Відмінність винесеного перерізу від розрізу

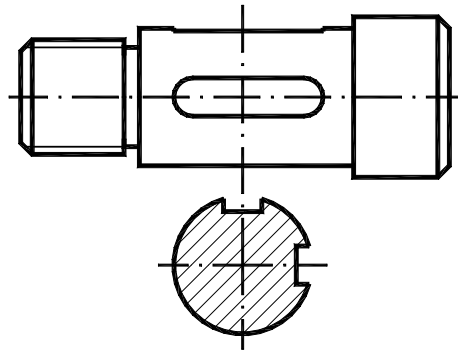


Рисунок 4.17 – Винесений переріз поза контуром деталі

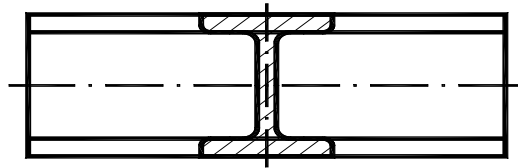


Рисунок 4.18 – Накладений переріз

Винесені перерізи звикористовують частіше, бо вони не ускладнюють зображення зайвими лініями та не погіршують читання кресленика.

Перерізи, як і розрізи, можуть бути складними, зокрема, ламаними й східчастими (рисунок 4.19).

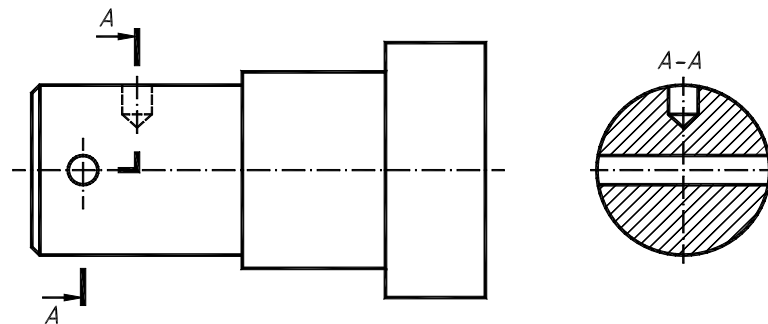


Рисунок 4.19 – Приклад східчастого перерізу А-А

4.4. Вимоги до зображення та позначення розрізів і перерізів

Зображення, зокрема розрізів і перерізів, розташовують раціонально на полі кресленика так, щоб можна було зручно прочитати їх разом з розмірами, позначеннями, написами, таблицями тощо. Для позначення на кресленикові січних площин у розрізах і перерізах використовують розімкнену лінію – потовщені штрихи (рисунок 4.20).

Перпендикулярно до крайніх штрихів (початкового і кінцевого) наносять стрілки, що вказують напрям погляду, і розташовують їх як на рисунку 4.20.

Згідно з вимогами стандарту щодо оформлення креслень, крайні штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення, їх

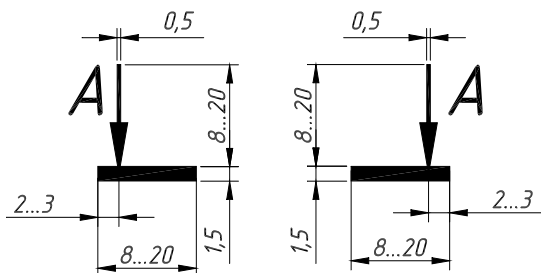
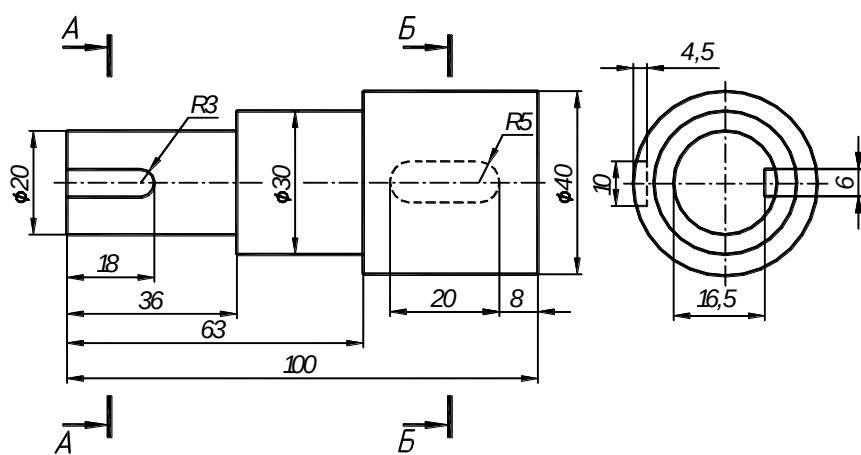


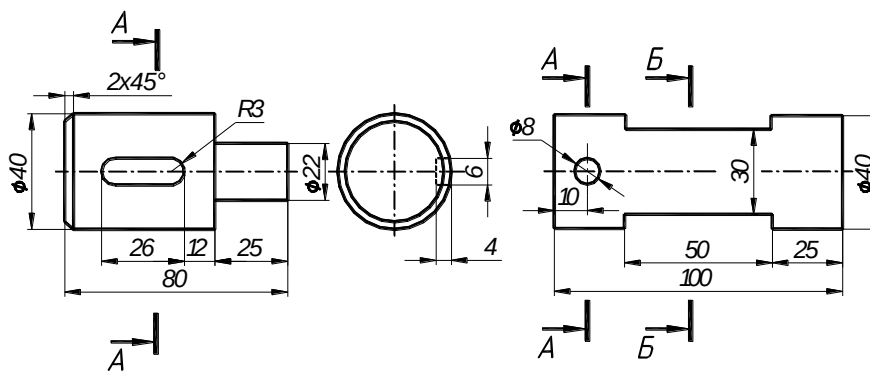
Рисунок 4.20 – Параметри умовностей для позначення січної площини

необхідно позначити великими літерами українського алфавіту (рисунок 4.20). Для позначення розрізів і перерізів застосовують стрілки і літери таких самих розмірів, що й для позначення виглядів, а самі літери на кресленикові проставляють відповідно до розташування

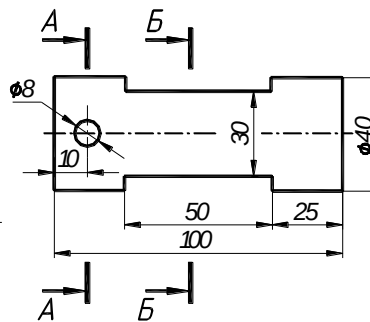
основного напису з зовнішнього боку стрілок, незалежно від їх напрямку (рисунок 4.21). Проставляють літери в алфавітному порядку та стежать за тим, щоб не повторювати їх на одному кресленні. Розрізи та перерізи деталей супроводжують написом А-А, Б-Б і так само.



а)



б)



в)

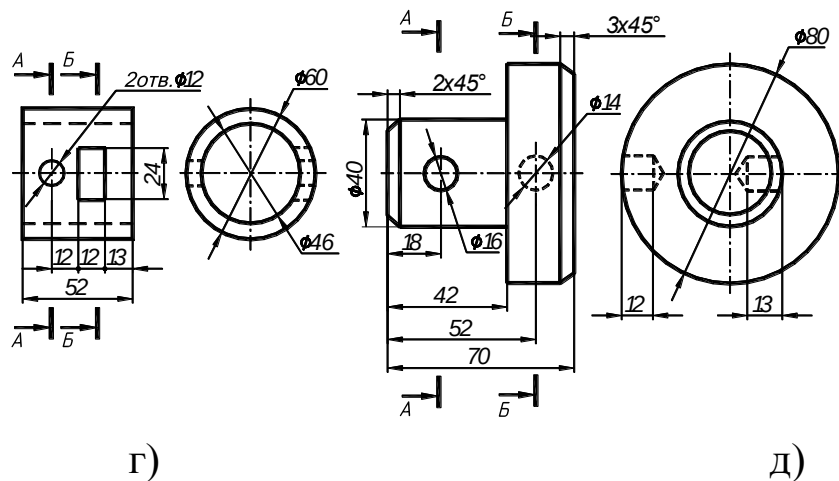


Рисунок 4.21 – Позначення розрізів і перерізів на креслениках

Розглянемо умовності виконання розрізів та перерізів.

1. Для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів розташування січної площини не позначають, а самі розрізи написом не супроводжують, якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета і ці розрізи розташовані в проекційному зв'язку та не розділені будь-якими зображеннями. Необхідно зазначити, що на рисунку 4.8 фронтальний розріз В-В та профільний Б-Б можна було б не позначати.

2. Похилі і складні розрізи та перерізи позначають завжди (рисунок 4.9, рисунок 4.11 та рисунок 4.12).

3. Похилі розрізи, розташовані не в проекційному зв'язку та повернені щодо січної площини, супроводжують написом з умовною позначкою “повернено”.

4. Місцеві розрізи виділяють на виглядах тонкою хвилястою суцільною лінією, яка не повинна збігатись з будь-якими іншими лініями зображення. Їх не позначають і не підписують (рисунок 4.13а,б).

5. Для східчастих розрізів, крім початкового та кінцевого штрихів, у місцях переходу однієї січної площини в іншу ставлять штрихи без літер. Літери наносять лише на крайніх штрихах розімкненої лінії. Зміна ліній напрямку січних площин на зображення не впливає.

6. Для симетричних фігур дозволено поєднувати в одному зображенні вигляд з розрізом (половину вигляду з половиною відповідного розрізу). Лінією поділу вигляду та розрізу є штрих – пунктирна лінія, що збігається з віссю симетрії фігури (рисунок 4.15а). При цьому невидимий контур предмета на вигляді

штриховими лініями не показують, якщо симетричний до нього зображений у розрізі.

7. Коли контурна лінія зображення збігається з віссю симетрії предмета, межею між виглядом і розрізом є хвиляста лінія обриву (рисунок 4.14).

8. Поскільки прийнято вважати читання креслеників зліва направо й згори вниз, то вигляд має перевагу над розрізом. Тому на головному вигляді і на вигляді ліворуч розріз розташовують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на вигляді згори – праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі (рисунок 4.15д).

Контрольні запитання

- 1.Що називається розрізом і як його зображають на кресленні?
- 2.Які бувають розрізи?
- 3.Як позначаються розрізи на кресленнях?
- 4.Що називається перерізом?
- 5.Чим відрізняється розріз від перерізу?
- 6.Як і у яких випадках здійснюють суміщення вигляду з розрізом?

Розділ 5. Аксонометричні проєкції

5.1. Основні поняття, визначення, класифікація

Термін «Просторове зображення» з грецької мови означає вимірювання по осях. Аксонометрична проєкція – це проєкція деталі на осях X , Y , Z . Встановлено п'ять видів аксонометричних проєкцій (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Структура аксонометричних проєкцій

Залежно від положення координатних осей, а отже і самого предмета, відносно площини аксонометричних проєкцій, утворюються різні аксонометричні проєкції. Розглянемо ті з них, які використовують найчастіше.

Утворення аксонометричного зображення косокутним проєкціюванням

Проекціювання здійснюють паралельними променями під гострим кутом (меншим за 90°) до площини аксонометричних проєкцій. На одержаній аксонометричній проєкції передній бік предмета зображають в натуральну величину, а лівий і верхній дещо спотворено. Утворену косокутним проєкціюванням аксонометричну проєкцію називають фронтальною диметричною проєкцією.

Утворення аксонометричного зображення прямокутним проєкціюванням

Проекціювання здійснюють паралельними променями, спрямованими перпендикулярно до площини аксонометричних проєкцій. На одержаній аксонометричній проєкції видно три боки предмета, але з деяким спотворенням. Коефіцієнти спотворення за аксонометричними осями однакові й дорівнюють 0,82. Утворену

прямокутним проєкціюванням аксонометричну проєкцію називають ізометричною.

Осі аксонометричних проєкцій

Для побудови аксонометричних проєкцій розміри зображень відкладають уздовж аксонометричних осей OX , OY і OZ . Тому побудову аксонометричної проєкції починають з проведення аксонометричних осей.

Осі косокутної фронтальної диметричної проєкції розташовують, як показано на рисунку 5.2а: вісь OX – горизонтально, вісь OZ – вертикально, вісь OY – під кутом 45° до горизонтальної лінії. Осі виходять з однієї точки O – початку аксонометричних осей. Кут 45° будують за допомогою рівнобедреного косинця (рисунок 5.2а). Для побудови зображення у косокутній фронтальній диметричній проєкції вздовж осей OX і OZ (і паралельно їм) відкладають натуральні розміри фігури, а вздовж осі OY її розміри зменшені вдвічі. Звідси й походить назва «диметрія», що по-грецьки означає «подвійні виміри».

Положення осей ізометричної проєкції зображено на рисунку 5.2,б: вісь OZ проводять вертикально, а осі OX і OY – під кутом 30° до горизонтальної лінії (120° між осями) за допомогою косинця з кутами 30° , 60° і 90° (рисунок 5.2б). Для побудови зображення в ізометричній проєкції вздовж OX , OY і OZ і паралельно до них відкладають натуральні розміри предмета. Звідси і походить назва «ізометрія», що з грецької перекладається як «однакові виміри».

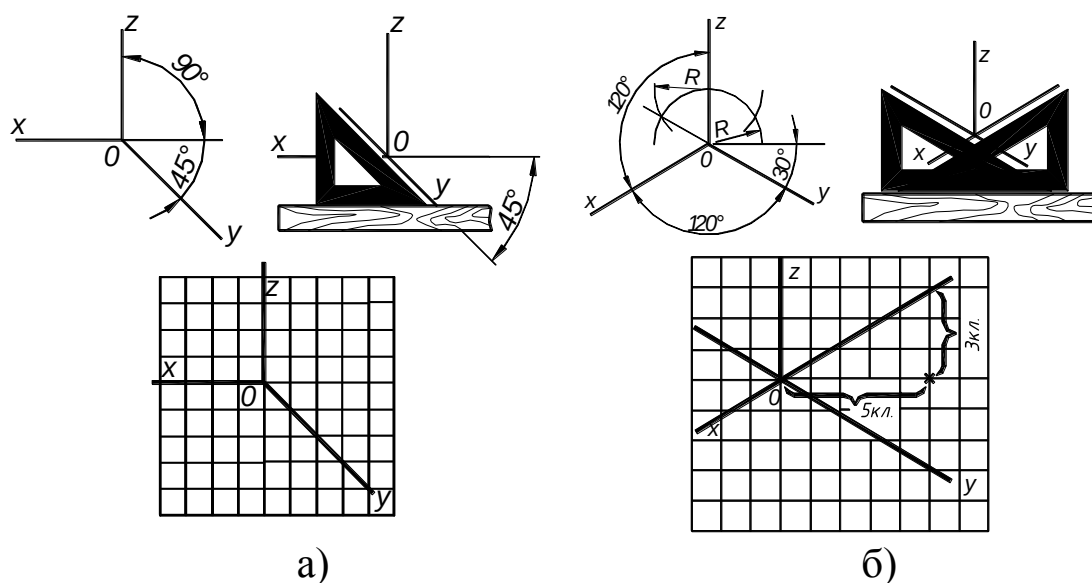


Рисунок 5.2 – Приклади побудови осей аксонометричних проєкцій

5.2. Послідовність побудови аксонометричних проєкцій

Виконаємо у двох розглянутих вище видах проєкцій аксонометрію деталі, кресленик якої виконано у трьох проєкціях, зображений на рисунку 5.3.

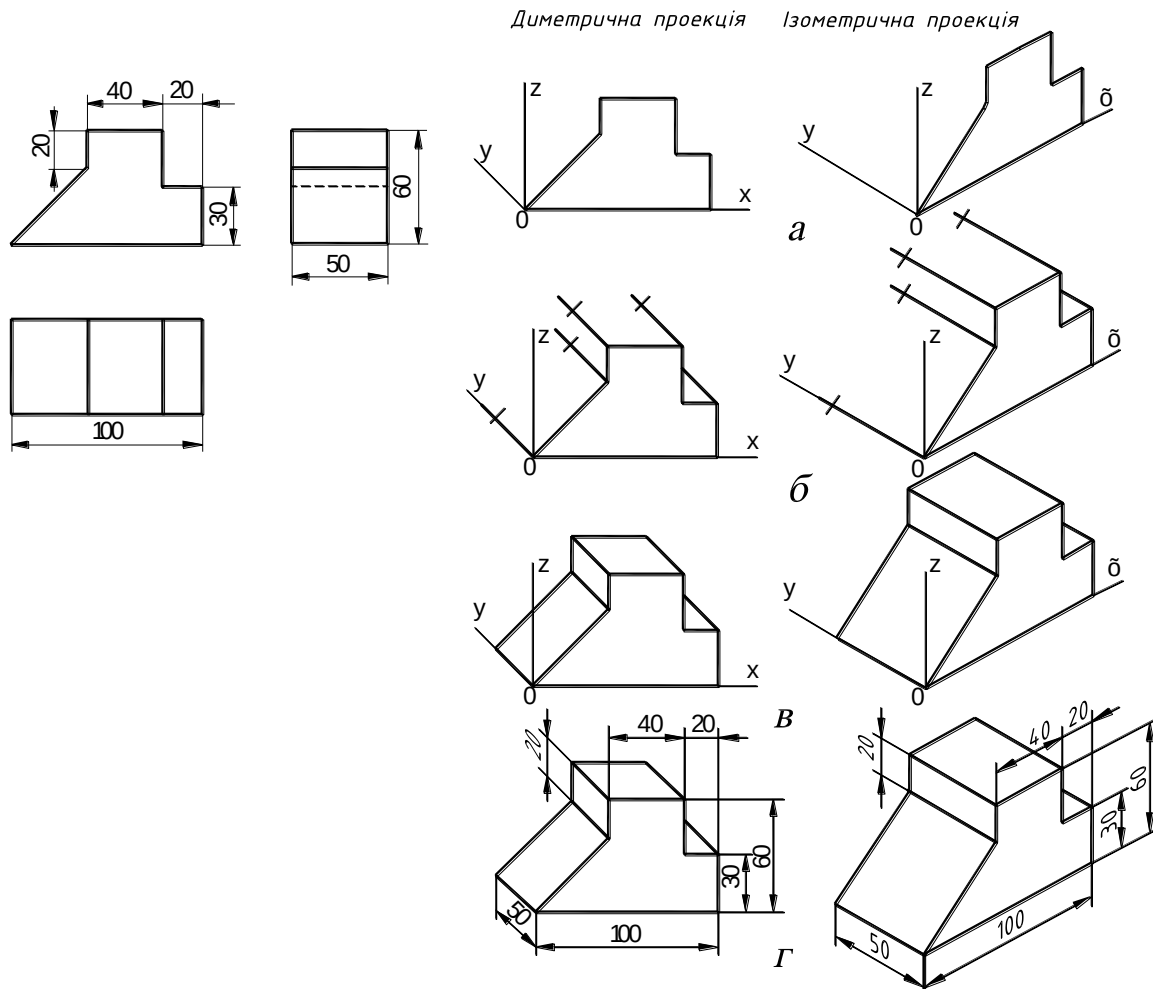


Рисунок 5.3 – Послідовність виконання кресленика у прямокутній диметрії та ізометричній проєкції

1. Проведемо осі симетрії. Накреслимо фронтальну проєкцію деталі на площині осей OX і OZ (рисунок 5.3а).

2. З вершин отриманої фігури паралельно осі OY проводимо ребра, на яких відкладаємо відстань, що дорівнює товщині деталі. (рисунок 5.3б), пам'ятаючи, що на прямокутній диметричній проєкції товщину деталі відкладають удвічі меншою.

3. З'єднаємо крайні точки, дотримуючись правила, що протилежні сторони паралельні між собою (рисунок 5.3в).

4. Витираємо зайві лінії, наведемо контури деталі і нанесемо розміри (рисунок 5.3г).

5.3. Побудова аксонометричних проєкцій кіл

На рисунку 5.4а зображена косокутна фронтальна диметрична проєкція куба з колами, вписаними в його грані. Кола, вписані на гранях куба в ізометричній проєкції, наведені на рисунку 5.4б. У цьому випадку квадрат в ізометрії перетворюється в ромб, а коло – в еліпс.

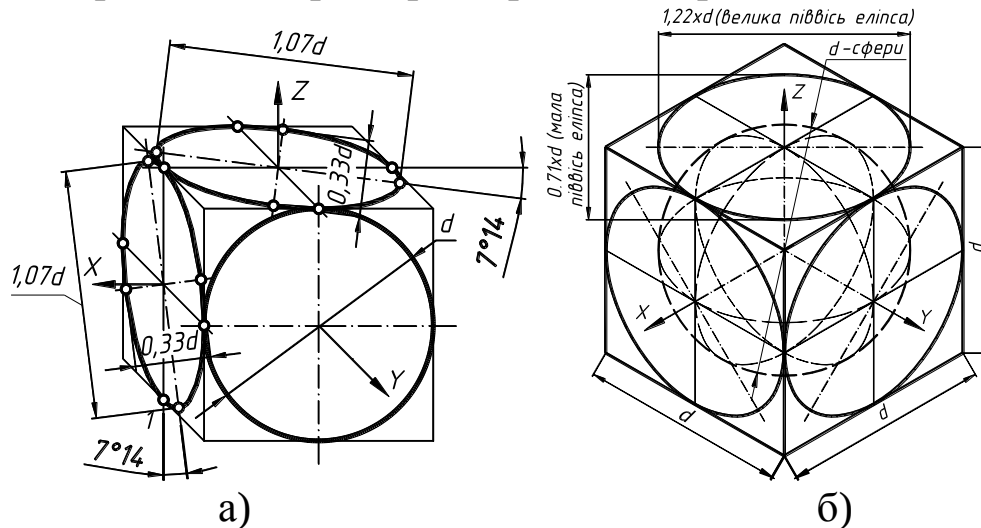


Рисунок 5.4 – Параметри великої та малої осі еліпса у диметрії та ізометрії

Побудова кола в ізометрії

1. Будують ромб зі стороною, що дорівнює діаметру кола (рисунок 5.5). Для цього проводять ізометричні осі OX і OY . На них з початку координат O відкладають відрізки, що дорівнюють радіусу кола. Через точки a , b , c і d проводять прямі, паралельні осям. Отримують ромб.

2. Вписують в ромб овал. Для радіуса $R=Ad=Ac=Ba=Bb$ з вершин, що лежать напроти великої діагоналі до середини протилежної сторони, описують дуги (рисунок 5.5а).

3. З вершин, що лежать напроти великої діагоналі AB , проводять відрізки до середини протилежної сторони. На перетині цих відрізків і великої діагоналі утворились точки C і D . Далі проводимо малі дуги радіуса $R1 = Ca=Cd=Db=Dc$ (рисунок 5.5б).

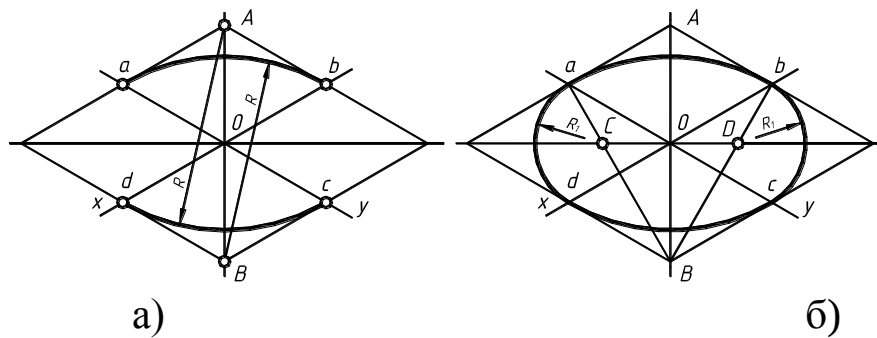


Рисунок 5.5 – Приклад спрощеної побудови еліпса у вигляді овала

Контрольні запитання

1. Які види аксонометричних проєкцій рекомендовані стандартами?
2. Як розміщуються осі в прямокутній аксонометричній проєкції?
3. Як розміщуються осі в прямокутній диметричній проєкції?
4. В якій послідовності будують аксонометричні проєкції?
5. Як здійснюють побудову кола в аксонометричних проєкціях?

Розділ 6. Схеми

6.1. Загальні поняття, визначення, класифікація

Схемою називають конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних зображень і позначень складові частини виробу і зв'язки між ними. Схемами користуються в багатьох галузях промисловості як робочою конструкторською документацією при монтажі виробів радіотехніки і радіоелектроніки, електричних мереж, в інструкціях з експлуатації та ремонту, для пояснення принципу дії різних пристроїв, їх налаштування і регулювання, усунення несправностей, розрахунках виробів і в багатьох інших випадках.

Схеми призначаються:

- на етапі проектування – для виявлення структури майбутнього виробу при подальшому конструкторському проробленню;
- на етапі виробництва – для ознайомлення з конструкцією виробу, розробки технологічних процесів виготовлення і контролю деталей;
- на етапі експлуатації – для виявлення несправностей і використання при технічному обслуговуванні.

При виконанні електричних схем цифрової обчислювальної техніки користуються правилами. Загальні вимоги до виконання схем:

1. Схеми виконуються без дотримання масштабу і дійсного просторового розташування складових частин виробу.
2. Необхідна кількість типів схем, розроблюваних на проєктований виріб, а також кількість схем кожного типу визначаються розроблювачем залежно від особливості виробу. Комплект схем повинний бути по можливості мінімальним, але містити відомості в обсязі, достатньому для проєктування, виготовлення, експлуатації і ремонту виробу. Між схемами одного комплексу конструкторських документів на виріб повинен бути встановлений однозначний зв'язок, що забезпечує можливість швидкого одержання необхідної інформації про елементи, пристрої і з'єднання на всіх схемах даного комплексу.
3. На схемах, як правило, використовують стандартні графічні умовні позначки. Якщо необхідно використовувати нестандартні позначення деяких елементів, то на схемі роблять відповідні пояснення.
4. Варто домагатися найменшого числа зламів і перетинань ліній

зв'язку, зберігаючи між паралельними лініями відстань не менш трьох міліметрів.

5. На схемах допускається поміщати різні технічні дані, що характеризують схему в цілому й окремі її елементи. Ці зведення розташовують або біля графічних позначень, або на вільному полі схеми, як правило над основним написом.

6. Дозволяється виконувати схему на декількох аркушах (об'єднану чи комбіновану схему). Найменування об'єднаної схеми визначається видом і об'єднаними типами схем (наприклад, схема електрична принципова та з'єднань, найменування комбінованої схеми, комбінованими видами і типом схеми. Наприклад, “Схема електрогідравлічна принципова”.

Види і типи схем відповідно до державних стандартів представлені в таблиці.

Таблиця 6.1 – Види та типи схем

Види схем (залежать від елементів та зв'язків, що входять до складу виробу)		Типи схем	
		Вид	код
Електричні	Е	Структурні	1(101)
Гідравлічні	Г	Функціональні	2 (102)
Пневматичні	П	Принципові	3 (201)
Кінематичні	К	З'єднання	4 (301)
Оптичні	Л	(Монтажні)	
Вакуумні	В	Підключень	5 (303)
Газові	Х	Загальні	6 (302)
Автоматизації	А	Розташування	7 (401)
Енергетичні	Р	Об'єднані	0
Комбіновані	С		
Ділення	Є		

Найменування схеми визначається її видом і типом, наприклад: схема електрична принципова, схема розподілу структурна.

Код схеми складається з літери, що визначає вид схеми і цифри, що позначає тип схеми: наприклад: Е3 – схема електрична принципова, Е4 – схема електрична з'єднань. Найменування і код комбінованої схеми визначається комбінованими видами схем і типом схеми, наприклад, схема електрогідравлічна С3, схема пневмогідравлічна з'єднань С4.

При виконанні схем дійсне просторове розташування складових частин виробу не враховують. Розташування умовних графічних позначень на схемі визначається зручністю читання схеми і повинне

забезпечувати найкраще представлення про структуру виробу і взаємозв'язок його складових частин. Для цього при побудові рисунку схеми потрібно дотримуватися таких умов:

- елементи, що спільно виконують визначені функції, повинні бути згруповані і розташовані відповідно до розвитку процесу, ліворуч або праворуч;

- розташування елементів усередині функціональних груп повинне забезпечувати найбільш просту конфігурацію кіл (з мінімальною кількістю зламів і перетинань ліній зв'язку);

- додаткові і допоміжні кола (елементи і зв'язки між ними) повинні бути виведені зі смуги, що зайнята основними колами.

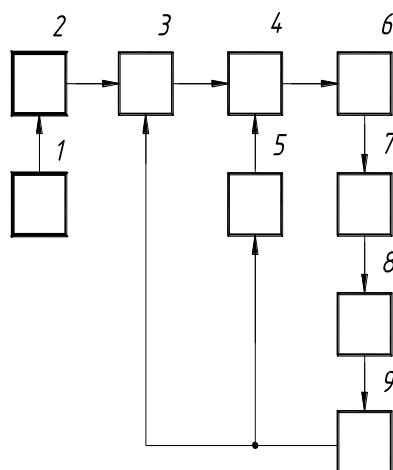
Лінії зв'язку зображують у виді горизонтальних і вертикальних відрізків, що мають мінімальну кількість зламів і взаємних перетинань. Для спрощення малюнка схеми допускається застосовувати нахил лінії, обмежуючи, по можливості, її довжину. Відстань (просвіт) між двома паралельними лініями зв'язку повинна бути не менше трьох міліметрів, між двома сусідніми лініями графічного позначення – не менш чотирьох міліметрів, між окремими умовними графічними позначеннями – не менш двох міліметрів.

6.2. Структурна схема

Структурна схема (Е1) відображає принципи роботи виробу в загальному вигляді. У схемі зображують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи), а також основні взаємозв'язки між ними. Дійсне розташування складових частин виробу не враховують і спосіб зв'язку (провідна, індуктивна, кількість проводів то саме) не розкривають. Побудова схеми повинна давати уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у виробі. Напрямок ходу процесів, що відбуваються у виробі, позначають стрілками на лініях зв'язку (рис 6.2, рис 6.3).



Рисунок 6.2 – Структурна схема радіоприймального пристрою



*Система
автоматичного регулювання
частоти обертання
вала електродвигуна*

*1- генератор задаючий
2- подільник частоти
3- фазовий дискримінаатор
4- суматор
5- дискримінаатор частотний
6- підсилювач потужності
7- електродвигун
8- датчик індукційний
9- підсилювач-обмежувач*

Рисунок 6.3 – Приклад виконання структурної схеми

Функціональні частини на схемі зображують у вигляді прямокутників чи умовних графічних позначень. При позначенні функціональних частин у виді прямокутників їх найменування, типи і позначення вписують всередину прямокутника. Припускається вказувати тип елементів (пристрою) чи позначення документів, на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований.

При великій кількості функціональних частин замість найменувань, типів позначень допускається проставляти порядкові номери, що наносяться праворуч від зображення чи над ним, як правило згори вниз у напрямку зліва направо (рисунок 6.3). У цьому випадку найменування, тип і позначення вказують на полі схеми в таблиці довільної форми.

На схемах простих виробів функціональні частини розташовують у вигляді ланцюжка відповідно до ходу робочого процесу в напрямку зліва направо. Схеми, що утримують кілька основних робочих каналів, рекомендується викреслювати у вигляді паралельних горизонтальних рядків. Додаткові і допоміжні кола (елементи і зв'язки між ними) варто виводити зі смуги, зайнятої основними колами.

Для скорочення довжини складної схеми і підвищення наочності рекомендується по можливості основні кола розташовувати горизонтально, а допоміжні кола – вертикально чи горизонтально в проміжках між основними колами.

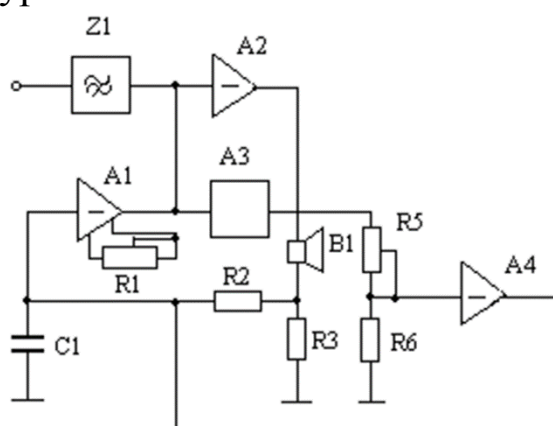
На схемі допускається вказувати технічні характеристики функціональних частин, що пояснюють написи, діаграми, що

визначають послідовність процесів у часі, а також параметри в характерних точках (величини струмів, напруг, форми і величини імпульсів та інше). Дані розташовують поруч із графічними позначеннями чи на вільному полі схеми.

6.3. Функціональна схема

Для складного виробу розроблюють кілька функціональних схем (Е2), що пояснюють процеси, які відбуваються, при різних передбачених режимах роботи. Кількість функціональних схем, розроблюваних на виріб, ступінь їхньої деталізації й обсяг зведень, що поміщаються, визначається розроблювачем з урахуванням особливостей виробу.

На схемі зображують функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи) і зв'язки між ними. Графічна побудова схеми повинна наочно відбивати послідовність функціональних процесів, що ілюструється схемою. Дійсне розташування елементів і пристроїв може не враховуватися. Функціональні частини зв'язку між ними зображуються у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у стандартах (рисунок 6.4). Окремі функціональні частини на схемі допускається зображувати у вигляді прямокутників. У цьому випадку частини схеми з поелементною деталізацією зображують за правилами виконання принципів схем, а при збільшеному зображенні функціональних частин – за правилами структурних схем.



Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Прим.
A1	Підсилювач інвертуючий	1	
A2	Підсилювач потужності НЧ	1	
A3	Пристрій ООС	1	
A4	Підсилювач інвертуючий	1	
B1	Мікрофон	1	
C1	Конденсатор	1	
R1	Резистор підстроювальний	1	
...	і такє інше		
Z1	Фільтр високих частот	1	

Рисунок 6.4 – Приклад виконання функціональної схеми

На функціональній схемі вказують: для функціональних груп – позначення, привласнені їм на принциповій схемі, чи найменування

(якщо функціональна група зображена у вигляді умовного графічного зображення, то її найменування не вказують); для кожного пристрою й елемента, зображеного умовними графічними позначеннями – літерно-цифрове позиційне позначення, привласнене на принциповій схемі, його тип: для кожного пристрою, що зображений прямокутником – позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, його найменування і тип чи позначення документа, на підставі якого пристрій застосований. Позначення документа вказують і для пристрою, зображеного у вигляді умовного графічного позначення. Найменування, типи і позначення функціональних частин, зображених прямокутниками, рекомендується вписувати всередині прямокутника. Скорочення чи умовні найменування повинні бути пояснені на полі схеми.

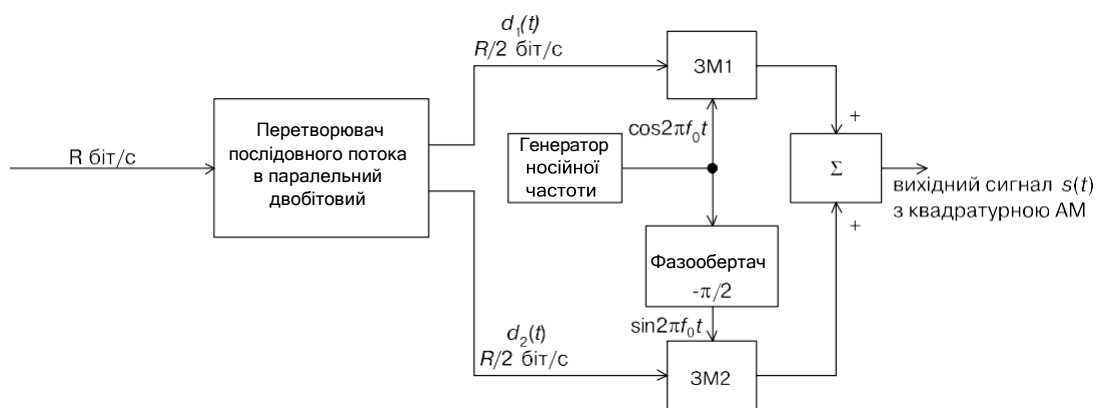


Рисунок 6.5 – Приклад виконання функціональної схеми модулятора

На схемі рекомендується вказувати технічні характеристики функціональних частин поряд з умовними графічними позначеннями або на вільному полі схеми. Елементи і пристрої на схемі допускається зображувати сполученим чи рознесеним способом, а схеми виконувати у багатолінійному чи однолінійному зображенні (рисунок 6.5).

6.4. Схема електрична принципова

Принципова схема (ЕЗ) є найбільш повною електричною схемою виробу, на якій зображують всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи підключення (розніми, затискачі), якими закінчуються вхідні і вихідні кола.

Принципові схеми повинні бути максимально наочними, зручними для читання і найкращим чином відображати логіку розвитку процесу у виробх (рисунок 6.6).

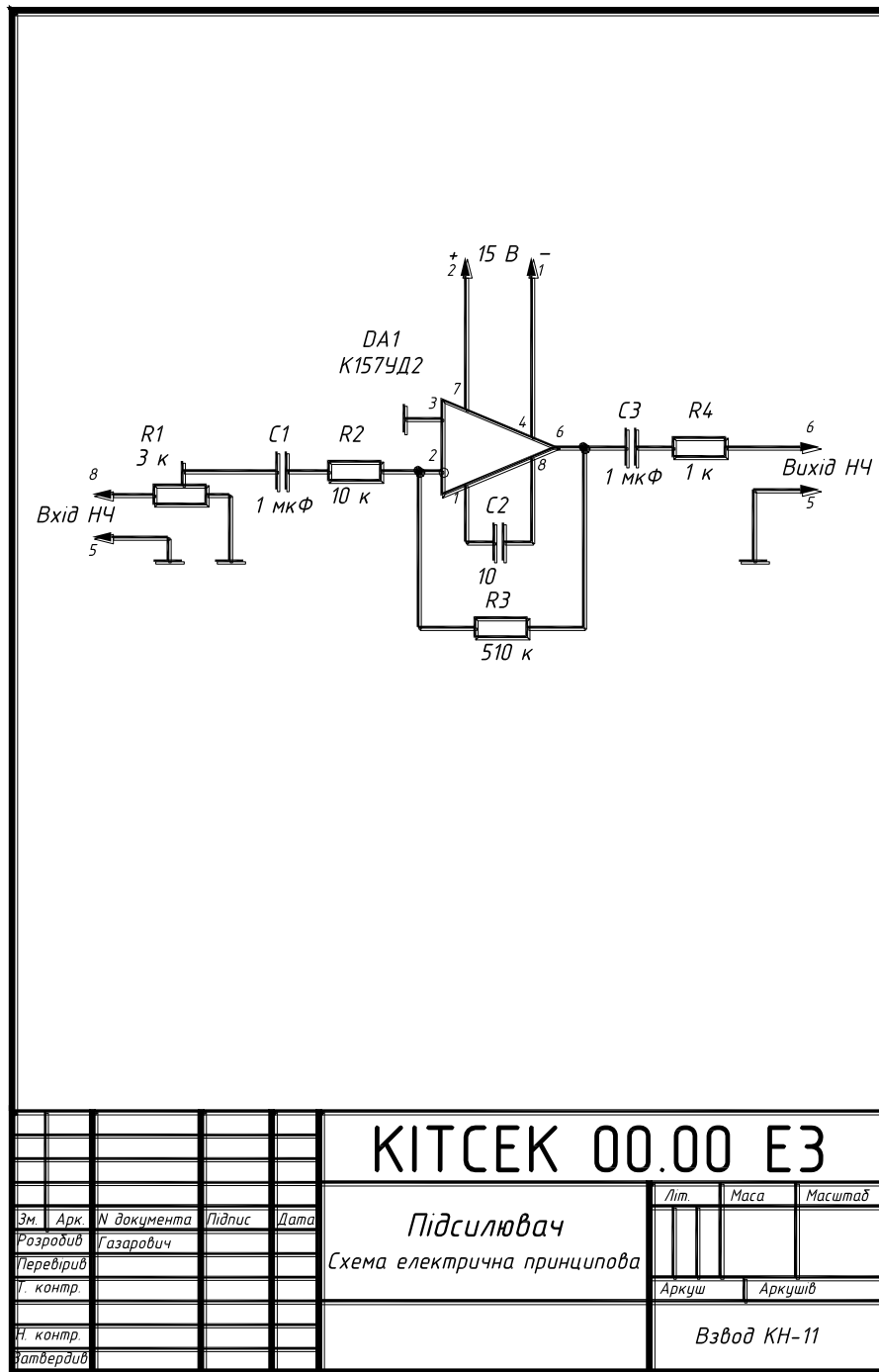


Рисунок 6.6 – Зображення схеми електричної принципової

Все це досягається дотриманням таких умов:

- елементи, що спільно виконують які-небудь функції (функціональні групи), слід на схемах групувати поблизу один від одного;

- елементи усередині функціональних груп слід розташовувати так, щоб конфігурація ланцюгів була простою (щоб кількість зломів і перетинів ліній була найменшою);
- функціональні групи елементів слід розташовувати на схемі в послідовності, відповідній розвитку процесу зліва направо;
- всі додаткові і допоміжні функціональні ланцюги (елементи і зв'язки між ними) треба, як правило, виводити із смуги, зайнятої основними ланцюгами;
- схеми викреслюються для виробів, що знаходяться у відключеному, тобто в знеструмленому положенні.

6.5. Вимоги до графічного оформлення схем

Схеми виконуються без дотримання масштабу, дійсне просторове розташування елементів або не враховується взагалі, або враховується приблизно. Лінії електричного зв'язку на принциповій схемі носять умовний характер і не є зображенням реальних дротів. Лінії зв'язку між елементами схеми розташовують тільки горизонтально або вертикально і вони повинні мати найменшу кількість зломів і взаємних перетинів.

Стандарт встановлює товщину ліній зв'язку від 0,2 до одного мм залежно від формату схеми і розмірів графічних позначень. Товщина, що рекомендується, – від 0,3 до 0,4 мм. Електричні елементи зображуються умовними графічними позначеннями (УГП). Товщина лінії зв'язку дорівнює товщині ліній УГП. Відстань між двома паралельними лініями зв'язку — не менше трьох міліметрів, а між окремими графічними зображеннями — не менше двох міліметрів. На вільному полі схеми поміщають діаграми, таблиці, текстові вказівки.

При виконанні ілюстративних принципових електричних схем на великих форматах допускається всі позначення (таблиця 6.2) пропорційно збільшувати (рисунок 6.7а,б):

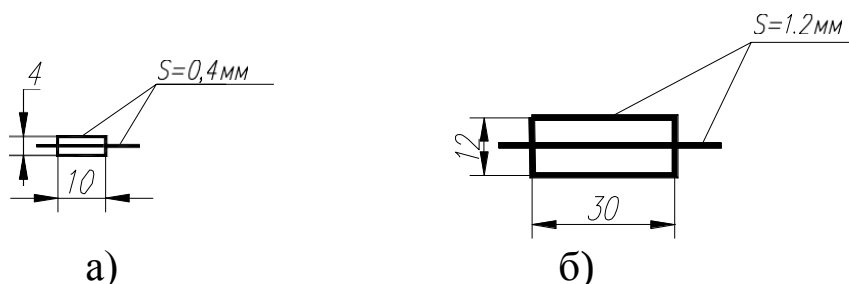


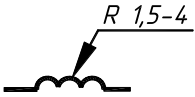
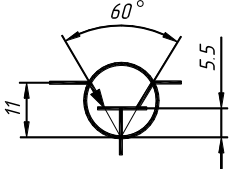
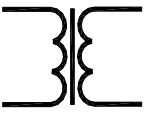
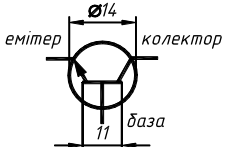
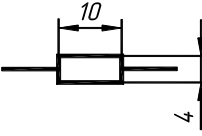
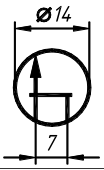
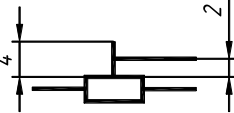
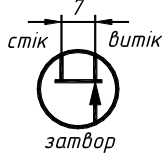
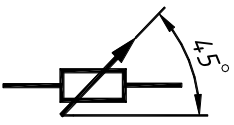
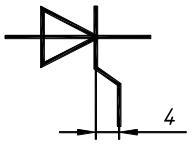
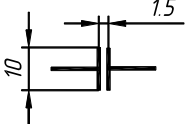
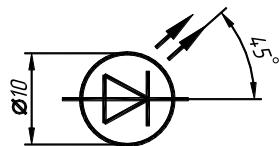
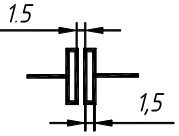
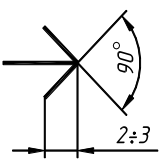
Рисунок 6.7 – Зображення елемента схеми:

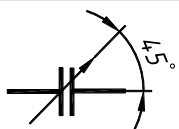
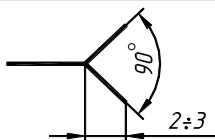
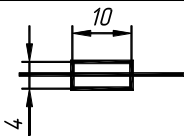
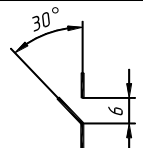
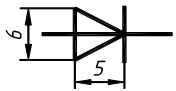
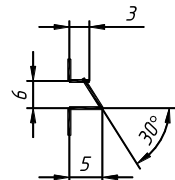
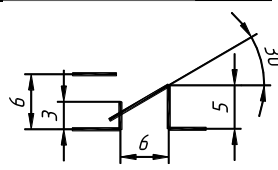
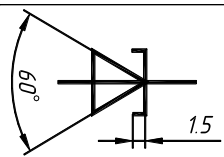
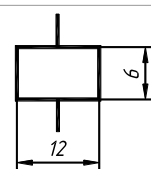
а) у натуральну величину з товщиною ліній 0,4 мм, що рекомендується;

б) у пропорційному збільшенні (наприклад, у три рази).

Для виділення особливих або важливих елементів, а також для вписування в них пояснюючих написів і знаків схеми допускається розміри УГП збільшувати.

Таблиця 6.2 – Стандартизовані умовні графічні позначення елементів на електричних схемах

Назва	Умове графічне позначення	Назва	Умове графічне позначення
Котушка індуктивності, дросель		Транзистор типу <i>p-n-p</i>	
Трансформатор напруги з магнітопроводом		Транзистор типу <i>n-p-n</i>	
Резистор постійного опору		Польовий транзистор (з каналом <i>p</i> - типу)	
Резистор підстроювальний		Польовий транзистор (з каналом <i>n</i> - типу)	
Резистор змінного опору		Тиристор	
Конденсатор постійної ємності		Світлодіод	
Конденсатор електролітичний		Контакт рознімного з'єднання (штирковий)	

Конденсатор змінної ємності		Контакт рознімного з'єднання (гніздовий)	
Запобіжник плавкий		Контакт комутаційний розмикальний	
Діод		Контакт комутаційний замикальний	
Стабілітрон		Контакт комутаційний перемикальний	
Тунельний діод		Котушка реле	

6.6. Позиційні літерно-цифрові позначення електричних схем

Усім зображеним на схемі елементам і пристроям присвоюють умовні літерно-цифрові позиційні позначення відповідно до стандартів. Вони складаються з двох частин, які записують без розділових знаків і пропусків. Перша літера в коді вказує на групу виду елемента або пристрою. Так, *R* – резистори, *C* – конденсатори, *V* – прилади електровакуумні та напівпровідникові. Друга літера вказує на окремий вид. Наприклад *VT* – транзистор, *VD* – діод та ін. Літерні коди елементів представлені в таблиці 6.3. Порядковий номер присвоюють елементам одного і того ж виду, яким присвоєний однаковий літерний код, наприклад, *R1*, *R2*,... *C1*, *C2*,... *VT1*, *VT2*.

Умовні графічні позначення не відображають дійсні розміри елементів, що позначаються, а тільки визначають їх вигляд (тип). Позиційні позначення елементам (пристроєм) привласнюють, починаючи з одиниці, в межах групи елементів (пристроїв) з однаковими позиційними позначеннями, згідно з послідовністю розташування елементів на схемі, рахуючи згори вниз і в напрямі зліва направо. Цифри порядкових номерів і їх буквенні позиційні позначення виконують одним розміром шрифту.

Позиційні позначення проставляють поряд з умовними графічними позначеннями елементів з правого боку або над ними. При зображенні на схемі елемента рознесеним способом позиційне позначення вказують біля кожної складової частини. За наявності у виробі декількох однакових елементів, з'єднаних паралельно, допускається замість зображення всіх гілок паралельного з'єднання зображати тільки одну гілку, вказавши їх кількість за допомогою позначення відгалуження (рис. 6.8). Біля графічного позначення елемента вказують позиційні позначення всіх елементів, що входять у ці з'єднання. У переліку елементи записують в один рядок. На рис. 6.8а) показано декілька паралельних однакових елементів, а на рис. 6.8б) – їх умовне зображення.

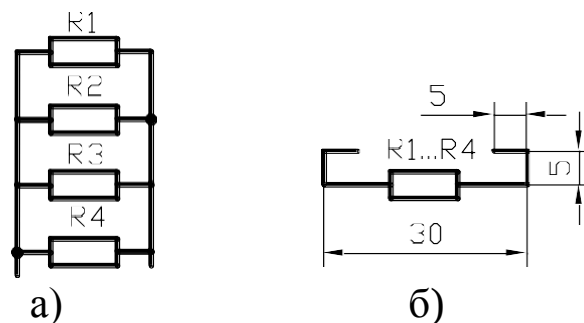


Рисунок 6.8 – Зображення паралельно сполучених однакових елементів: а) — дійсне, б) — умовне

Якщо у виробі є три і більше однакових елементів, з'єднаних послідовно, то на схемі допускається зображати тільки крайні елементи, показуючи електричні зв'язки між ними штриховою лінією (рисунок 6.9), над якою указують загальну кількість однакових елементів. При наданні елементам позиційних позначень повинні бути враховані елементи, не наведені на схемі. На рисунку 6.9 показано зображення декількох однакових елементів, з'єднаних послідовно.

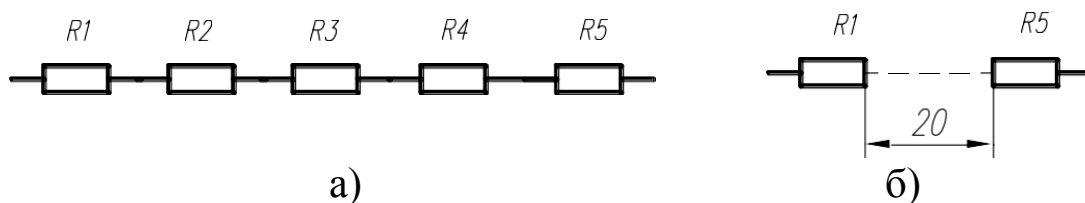


Рис. 6.9 – Зображення послідовно сполучених однакових елементів: а) — дійсне, б.) — умовне

Таблиця 6.3 — Літерні коди найбільш поширених видів елементів

Перша буква коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітний код
<i>A</i>	Пристрої (загальне позначення)	Підсилювачі, прилади телекерування, лазери, мазери	
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) чи, навпаки, аналогові або багаторозрядні перетворювачі чи давачі для реєстрації вимірювання	Гучномовець Магнітострикційний елемент Детектор іонізуючих випромінювань Сельсин - приймач Телефон (капсуль) Сельсин - давач Тепловий давач Фотоелемент Мікрофон Дач тиску Пієзоеlement Дач частоти обертання (тахогенератор) Звукознімач Дач швидкості	<i>BA</i> <i>BB</i> <i>BD</i> <i>BE</i> <i>BF</i> <i>BC</i> <i>BK</i> <i>BL</i> <i>BM</i> <i>BP</i> <i>BQ</i> <i>BR</i> <i>BS</i> <i>BV</i>
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні. Мікроскадання	Схема інтегральна аналогова Схема інтегральна цифрова, логічний елемент Пристрої збереження інформації Пристрої затримки	<i>DA</i> <i>DD</i> <i>DS</i> <i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні (освітлювальні пристрої, нагрівальні елементи)	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна Піропатрон	<i>EK</i> <i>EL</i> <i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої запобіжні	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії Запобіжник плавкий Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FA</i> <i>FP</i> <i>FU</i> <i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення, кварцові осцилятори	Батарея	<i>GB</i>

<i>H</i>	Пристрої індикаторні та сигнальні	Прилади звукової сигналізації Індикатор символічний Прилад світлової сигналізації	<i>HA</i> <i>HG</i> <i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі	Реле струму Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги	<i>KA</i> <i>KN</i> <i>KK</i> <i>KM</i> <i>KT</i> <i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлювання	
<i>M</i>	Двигуни постійного та змінного струму		
<i>P</i>	Прилади, вимірювальне устаткування	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Реєструючий прилад Годинник, вимірювач часу дії Вольтметр Ватметр	<i>PA</i> <i>PC</i> <i>PF</i> <i>PI</i> <i>PK</i> <i>PR</i> <i>PS</i> <i>PT</i> <i>PV</i> <i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі та роз'єднувачі в силових колах (енергопостачання, живлення устаткування тощо)	Вимикач автоматичний Короткозамикач Роз'єднувач	<i>QF</i> <i>QK</i> <i>QS</i>
<i>R</i>	Резистори	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варистор	<i>RK</i> <i>RP</i> <i>RS</i> <i>RU</i>
<i>S</i>	Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації та вимірювальних. <i>Примітка.</i> Позначення <i>SF</i> застосовують для апаратів, які не	Вимикач або перемикач Вимикач кнопочний Вимикач автоматичний Вимикачі, які спрацьовують від різноманітних впливів: рівня тиску положення (шляховий) частоти обертання температури	<i>SA</i> <i>SB</i> <i>SF</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i> <i>SR</i> <i>SK</i>

	мають контактів силових кіл.		
<i>T</i>	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги	<i>TA</i> <i>TS</i> <i>TV</i>
<i>U</i>	Пристрої зв'язку Перетворювачі електричних величин в електричні	Модулятор Демодулятор Дискримінатор Перетворювач частотний, інвертор, генератор частоти, випрямляч	<i>UB</i> <i>UR</i> <i>UI</i> <i>UZ</i>
<i>V</i>	Прилади електровакуумні та напівпровідникові	Діод, стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VT</i> <i>VS</i>
<i>W</i>	Лінії та елементи НВЧ	Відгалужувач Короткозамикач Вентиль	<i>WE</i> <i>WK</i> <i>WS</i>
	Антени	Трансформатор, неоднорідність, фазообертач Атенюатор Антенна	<i>WT</i> <i>WU</i> <i>WA</i>
<i>X</i>	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт змінний Вістря Гніздо З'єднання розбірне З'єднувач високочастотний	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i> <i>XW</i>
<i>Y</i>	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальма з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом	<i>YA</i> <i>YB</i> <i>YC</i> <i>YH</i>
<i>Z</i>	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі	Обмежувач Фільтр кварцевий	<i>ZL</i> <i>ZQ</i>

6.7 Перелік елементів

Перелік елементів оформлюють у вигляді таблиці (рисунок 6.10), що заповнюється згори донизу. Якщо перелік розташовують на першому аркуші схеми, то розташовують його, як правило, трохи вище основного напису схеми.

15	Поз. познач.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
8 min	20	50	70	10	30

Рисунок 6.10 – Загальний вигляд та розміри таблиці переліку елементів

Якщо при такому розміщенні недостатньо місця, то продовження переліку розміщують зліва від основного напису схеми.

Примітки:

1. У графі “Поз. познач.” записують позиційне позначення елемента.
2. У графі “Позначення” записують позначення основного конструкторського документу.
3. У графі “Найменування” записують найменування елемента у відповідності з документом, на базі якого цей елемент використаний, і номер документа.
4. Якщо необхідно зазначити технічні дані елемента, які не наводяться в його найменуванні, то ці дані рекомендовано вказувати в графі “Примітка”.
5. Якщо поле схеми розбито на зони, то тоді в перелік елементів після графі “Поз. познач.” розташовують графу “Зона” (розміром 8 мм), зменшуючи розмір графі “Позначення”.
6. За необхідності у перелік елементів можна вводити додаткові графи, збільшуючи розмір таблиці.

Елементи у перелік записують за таким порядком:

а) елементи з буквено-цифровими позиційними позначеннями – групами у порядку розташування буквених позиційних позначень (у порядку латинського алфавіту). Наприклад, спочатку конденсатори (літера *C*), а потім мікросхеми (літера *D*). В межах кожної групи, що має одне й теж буквене позначення, елементи розташовують у порядку збільшення порядкових номерів. Для полегшення здійснення процесу зміни між окремими групами елементів, а також у випадку великої кількості елементів всередині груп та між елементами дозволяється залишати декілька незаповнених рядків;

б) елементи з цифровими позиційними позначеннями – у порядку зростання номерів. Крізь визначені інтервали дозволено залишати

декілька незаповнених рядків; при цьому нумерація рядків повинна бути неперервною.

Елементи одного типу із однаковими електричними параметрами, що мають на схемі послідовні порядкові номери, можна записувати у перелік одним рядком. В цьому випадку в графі “Поз. познач.” записують тільки літерні позначення з найменшим та найбільшим порядковими номерами, наприклад: *R3, R4; C8...C12*, а у графу “Кільк.” – загальну кількість таких елементів.

Слід звернути увагу на те, що елементи з однаковими номіналами, порядкові номери яких не є послідовні, неможливо записувати у ту саму графу “Поз. познач.”. Завжди слід дотримуватися правила, за яким елемент з меншим порядковим номером не може бути записаний у переліку після елемента із більшим номером. Запис *R3, R4, R8* неправильний, тому що у наступній стрічці переліку елементів необхідно буде вписати елемент із порядковим номером *R5*, що не відповідає правилам.

При багаторазовому використанні у пристрої однотипних елементів для спрощення заповнення переліку елементів рекомендовано замість повторювання найменувань елементів (конденсатор, резистор то саме) у графі “Найменування” проставляти лапки або розміщувати ці найменування у вигляді заголовку; у випадку застосування елементів, що відповідають умовам одного документа, замість повторювання позначення цього документа проставляти лапки або розміщати на полі схеми напис по типу “Резистори”.

Якщо замість повторювання найменувань елементів розташовують ці найменування у вигляді заголовка, то з таблиці можна виключити графу “Найменування”, збільшивши відповідно ширину графи “Позначення” (дивись рисунок 6.10).

КІТ СЕК 00-00 ПЕЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Креслив	Газарович			
Перевіри				
Н контр				
Затверд				
Підсилювач перелік елементів				Літ. Аркуш Аркушів 1 1
				Взвод КН-11

Рисунок 6.11 – Приклад переліку елементів, найменування в якому оформлено як заголовки

При розміщенні переліку елементів на першому аркуші схеми його розташовують над основним написом на відстані не менш 12 мм

від неї. Продовження переліку поміщають ліворуч від основного напису, повторюючи заголовок таблиці. Якщо перелік елементів випускають у вигляді самостійного документа, тойому привласнюють код, що повинен складатися з літери "П" і коду схеми, наприклад, ПЕЗ – код переліку елементів до електричної принципової схеми. При цьому в основному написі переліку під найменуванням виробу, для якого складений перелік, роблять запис "Перелік елементів" шрифтом на один ... два розміри меншим того, яким записане найменування виробу, а в графі "Позначення" основного напису вказують код.

Перелік елементів записують у специфікацію після схеми, до якої він випущений. При розбивці поля схеми на зони перелік елементів доповнюють графою "Зона", вказуючи в ній позначення зони чи номер рядка (при рядковому способі виконання схем), у якій розташований елемент або пристрій (рисунк 6.11).

Характеристики вхідних та вихідних кіл пристрою, а також адреси їх зовнішніх підключень рекомендується записувати у таблиці, що використовуються, замість умовних графічних позначень вхідних (вихідних) елементів – роз'ємів, плат то саме (рисунк. 6.12). Над таблицею допускається вказувати умовне графічне позначення контакту роз'єму – гнізда або штепселя. Таблиці можна виконувати рознесеним способом. Порядок розташування контактів у таблиці визначається зручністю побудови схеми. Таблиці з характеристиками кіл дозволяється розміщувати також і при наявності на схемі умовних графічних позначень вхідних та вихідних елементів– роз'ємів, плат то саме.

Конт.	Коло	Адреса
1	$U_{\text{вих}}=1.5 \text{ В}$	БН-Х1/1
2	$U_{\text{вих}}=5 \text{ В}$	БН-Х1/2
3	$U_{\text{вих}}=10 \text{ В}$	БН-Х1/3
4	$U_{\text{вих}}=15 \text{ В}$	БН-Х1/4

Рисунок 6.12 – Приклад таблиці характеристик кіл

При зображенні пристрою у вигляді прямокутників допускається в прямокутнику замість умовних графічних позначень вхідних і

вихідних елементів розташовувати таблиці з характеристиками кіл, а поза прямокутниками – таблиці з вказівкою адрес зовнішніх приєднань. Кожній таблиці привласнюють позиційне позначення заміненого елемента, наприклад, $X1$, $X2$. У таблиці замість слова "конт." допускається поміщати умовне графічне позначення контакту з'єднувача (рисунок 6.13).

При виконанні принципової схеми на декількох аркушах слід дотримуватися таких правил:

- нумерація позиційних позначень елементів повинна бути наскрізною у межах виробу;
- перелік елементів має бути загальним;
- при повторному зображенні окремих елементів на інших аркушах схеми варто зберігати позиційні позначення, привласнені їм на одному з аркушів схеми. Для скорочення кількості ліній на схемі і спрощення її рекомендується злиття окремих електрично не пов'язаних ліній у лінію групового зв'язку і переривання ліній з'єднань елементів. При злитті ліній у лінію групового зв'язку рекомендується кожен ліній на підході до контактів зображувати окремою лінією. Кожну лінію, що зливається, варто позначити в місці злиття, а за необхідності і на обох кінцях. Позначення можуть бути цифрові, літерні чи літерно-цифрові.

За наявності у виробі декількох однакових елементів (пристроїв, функціональних груп), з'єднаних паралельно, припускається зображувати тільки одну групу, указуючи кількість груп за допомогою позначення відгалуження (рис 6.13а). Біля умовних графічних позначень елементів проставляють їхні позиційні позначення. При цьому враховують всі елементи, що входять в це з'єднання. При послідовному з'єднанні декількох однакових елементів (пристроїв чи функціональних груп) дозволяється зображувати і позначати тільки крайні елементи (рис.6.13б). Електричні зв'язки між ними показують штриховими лініями з вказівкою над ними загального числа однакових елементів. У цих випадках елементи записують в один рядок.

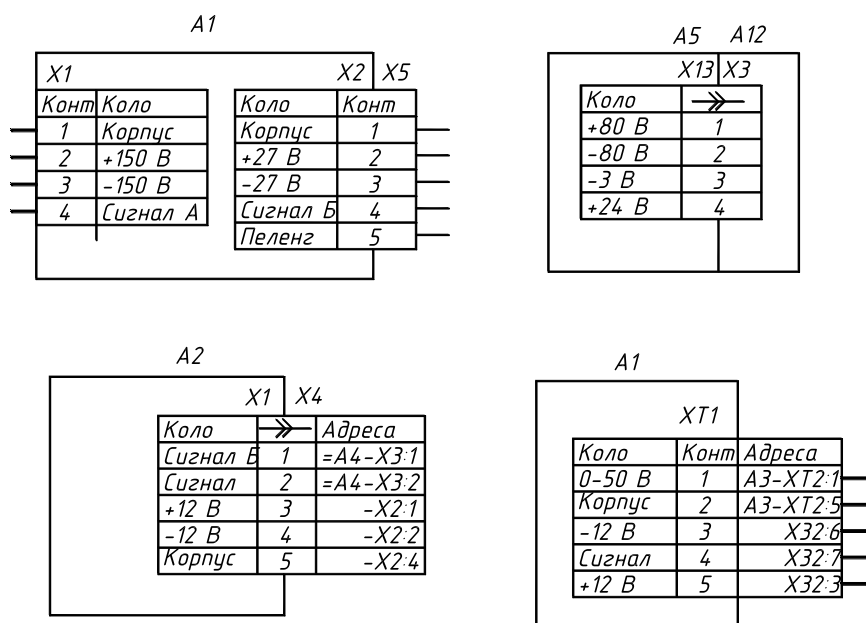


Рисунок 6.13 – Розташування таблиці характеристик кіл при зображенні пристроїв в вигляді прямокутників

Якщо до складу виробу входять однакові пристрої, що мають самостійні принципові схеми, то їх зображують у вигляді прямокутників чи умовних графічних позначень із присвоєнням позиційних позначень (рис.6.14). Прямокутники виконують суцільною лінією, рівної по товщині лініям зв'язку.

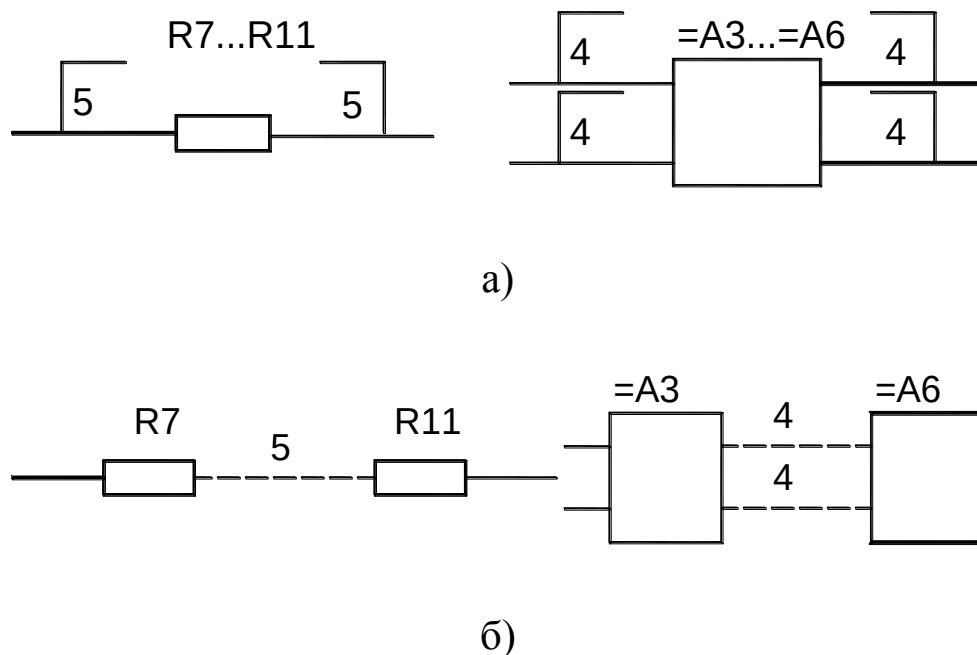


Рисунок 6.14 – Зображення кількох однакових елементів (пристроїв), з'єднаних паралельно – а) та послідовно – б)

Однакові функціональні групи чи однакові пристрої, що не мають самостійних принципових схем, подають на схемах у вигляді повторюваних прямокутників, зображених штрих-пунктирними лініями з указівкою привласненого їм шифру: *A1, A2, ... A7* (рисунок 6.15). Принципову схему такого пристрою чи функціональної групи зображують усередині одного великого прямокутника чи на полі схеми з відповідним написом.

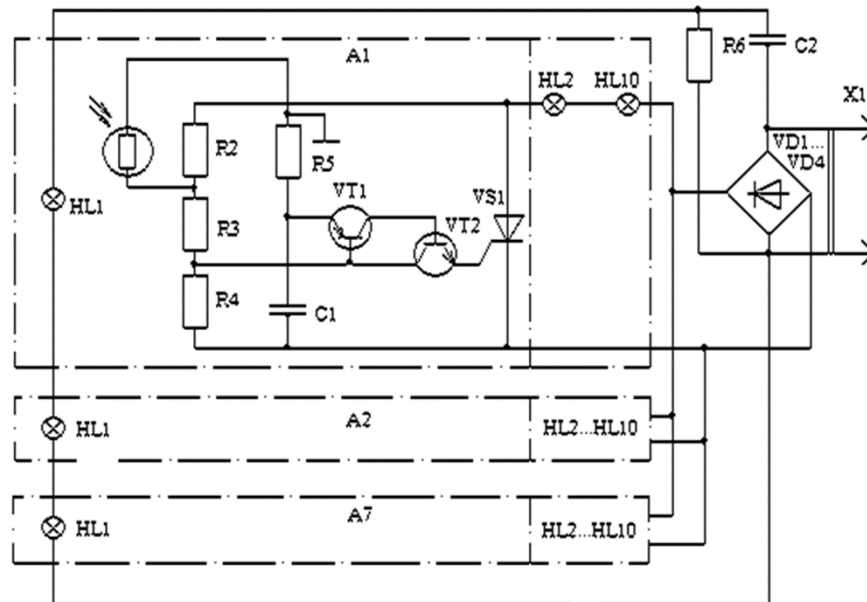


Рисунок 6.15 – Зображення принципової схеми виробу, яка має однакові пристрої

Контрольні запитання

- 1 Який конструкторський документ зветься схемою?
- 2 Перелічить типи схем
- 3 Перелічить види схем
- 4 Який документ зветься електричною принциповою схемою?
- 5 Яку товщину ліній використовують для зображення умовних графічних познач елементів на схемах?
- 6 Яку товщину ліній використовують для зображення ліній електричного зв'язку?
- 7 Поясніть літерно-цифрове позначення елементів на окремих прикладах.
- 8 Де розміщується літерно-цифрове позначення елемента відносно познач графічних елементів на схемі?
- 9 Де розташовують перелік елементів до схеми, якщо він суміщається зі схемою електричною принциповою?
- 10 Як заповнюється перелік елементів?
- 11 Що записують в графах переліку елементів?

Розділ 7. Комп'ютерна графіка

В процесі конструювання, розроблення та оформлення конструкторської документації припадає, як правило, більше часу, ніж безпосередньо на самі креслярські роботи. Тому актуальне значення має автоматизація виконання конструкторської документації із застосуванням комп'ютерної графіки. У широкому розумінні комп'ютерна графіка – це галузь знань зі створення, оброблення та зберігання моделей геометричних форм та їх графічних зображень за допомогою комп'ютера.

Характерною ознакою розвитку сучасного виробництва є його автоматизація, одним з основних компонентів якої є системи автоматизованого проєкціювання (САПР). Вони орієнтовані на розв'язання конкретних завдань, наприклад, лише на виготовлення конструкторської документації. Їх називають локальними системами. На сьогодні існує значна кількість програмних систем комп'ютерного проєктування різної складності та різних за призначенням. Однією з найпоширеніших є графічна система AutoCAD, назва якої утворена від скорочення словосполучення “Automated Computer Aided Drafting and Design”, що в перекладі із англійської мови означає “Автоматизоване креслення та проєкціювання за допомогою комп'ютера”. Вона реалізовує автоматизацію виготовлення та оброблення конструкторської документації.

Можна виділити два підходи до конструювання на основі комп'ютерних технологій. Перший підхід базується на двовимірній моделі виробу – кресленикові, який конструктор створює на основі уявного образу оригіналу і вже безпосередньо по ньому розв'язує геометричні, метричні, позиційні та інші конструкторські завдання. В основі другого підходу лежить комп'ютерна просторова геометрична модель (так звана “твердотільна модель”), яка слугує конструктору основою для розв'язання його завдань.

Перший підхід є традиційним. Комп'ютер тут використовують як “електронний кульман”. Він дає змогу значно прискорити конструювання і при тому досягти високої якості конструкторської документації. Центральне місце за такого підходу до конструювання займає кресленик – документ, який одночасно слугує засобом

графічного зображення виробу, основою для розв’язання конструкторських завдань і містить всю інформацію, необхідну для виготовлення і контролю виробу.

7.1. Перший запуск AutoCAD

Після запуску AutoCAD з’являється вкладка “**New Tab**” із діалоговою панеллю “**Get Started**” для допомоги у виконанні початкових установок сеансу креслення (рисунки 7.1а,б,в,г,д).

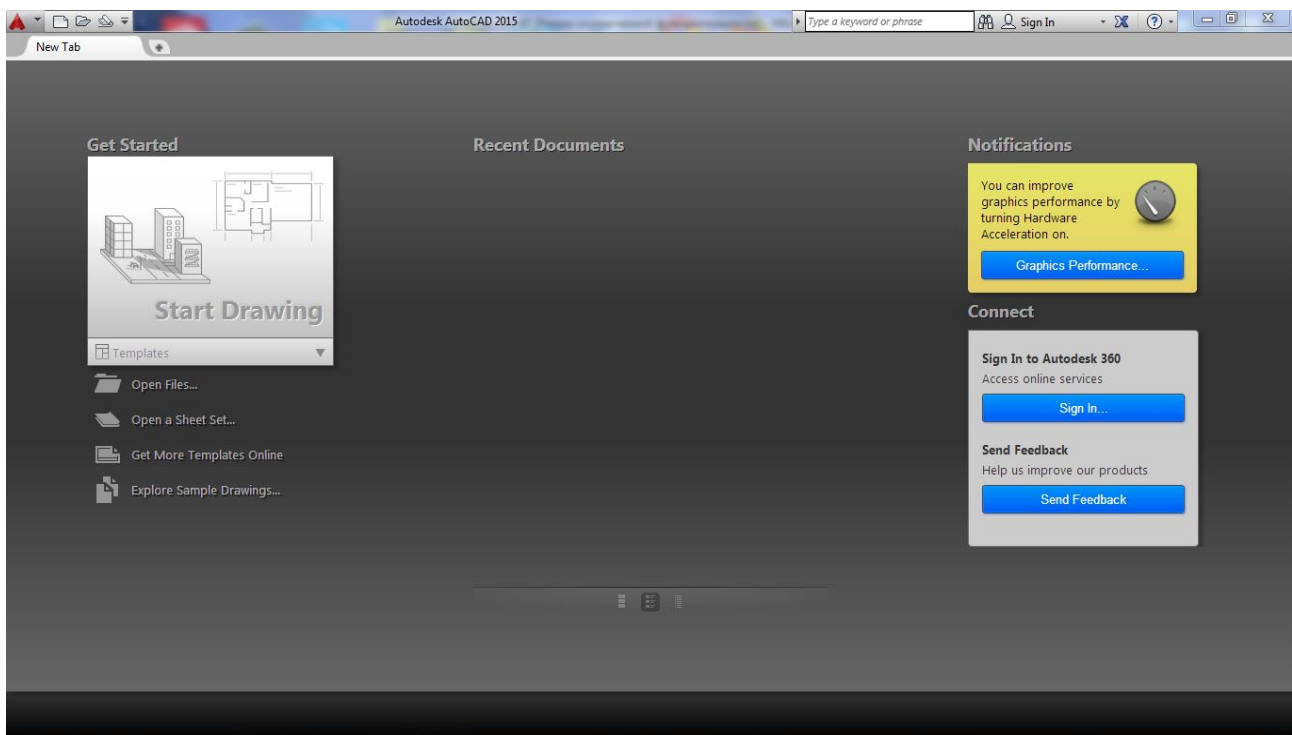


Рисунок 7.1а – Вкладка **New Tab**

Наведемо наш переклад із коментарями для цієї діалогової панелі:

- оберіть натиском лівої кнопки миші зображення із текстом **Start Drawing**, щоб негайно пройти через установку сеансу креслення;
- оберіть спадне меню **Templates** (перелік існуючих шаблонів для виконання креслення), щоб розпочати креслення, засноване на метричному шаблоні Acadiso.dwt, у якому розмір креслення становить 420x297 мм;

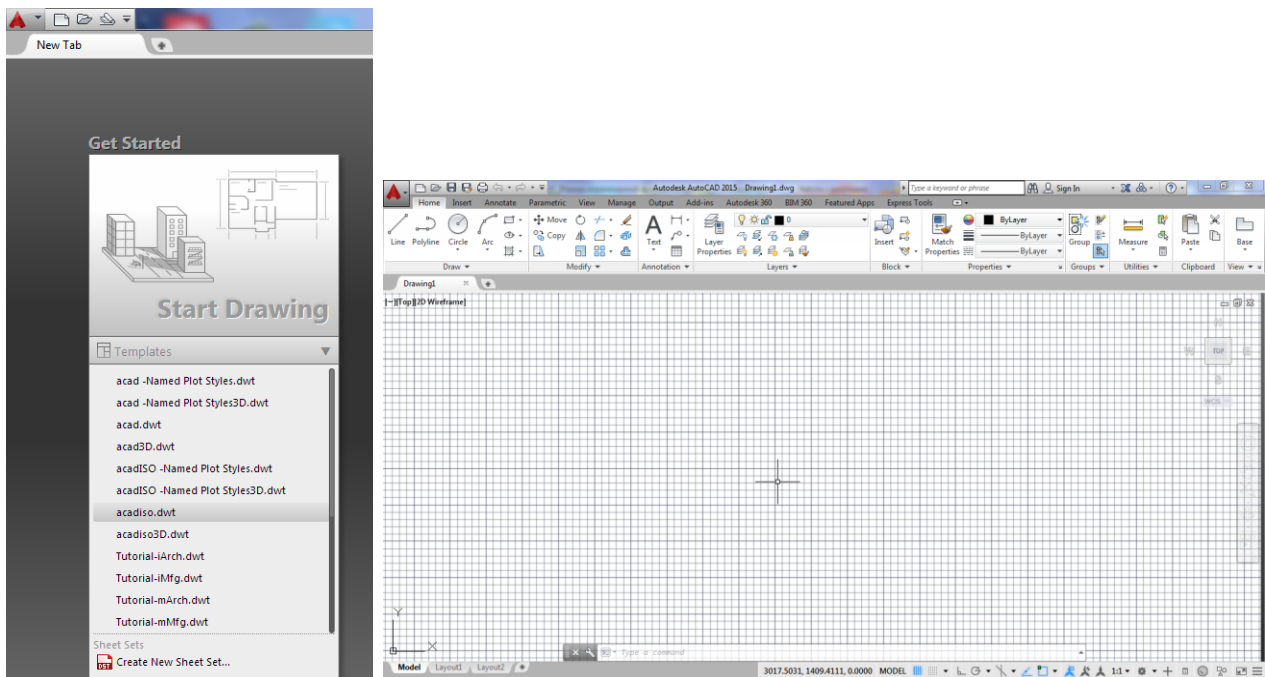


Рисунок 7.1б – Спадає меню **Templates** (ліворуч) із обиранням шаблону кресленика **acadiso.dwt** та результатом запуску програми (праворуч)

– оберіть піктограму **Open Files**, щоб відкрити створений кресленик, який було збережене на диску комп'ютера;

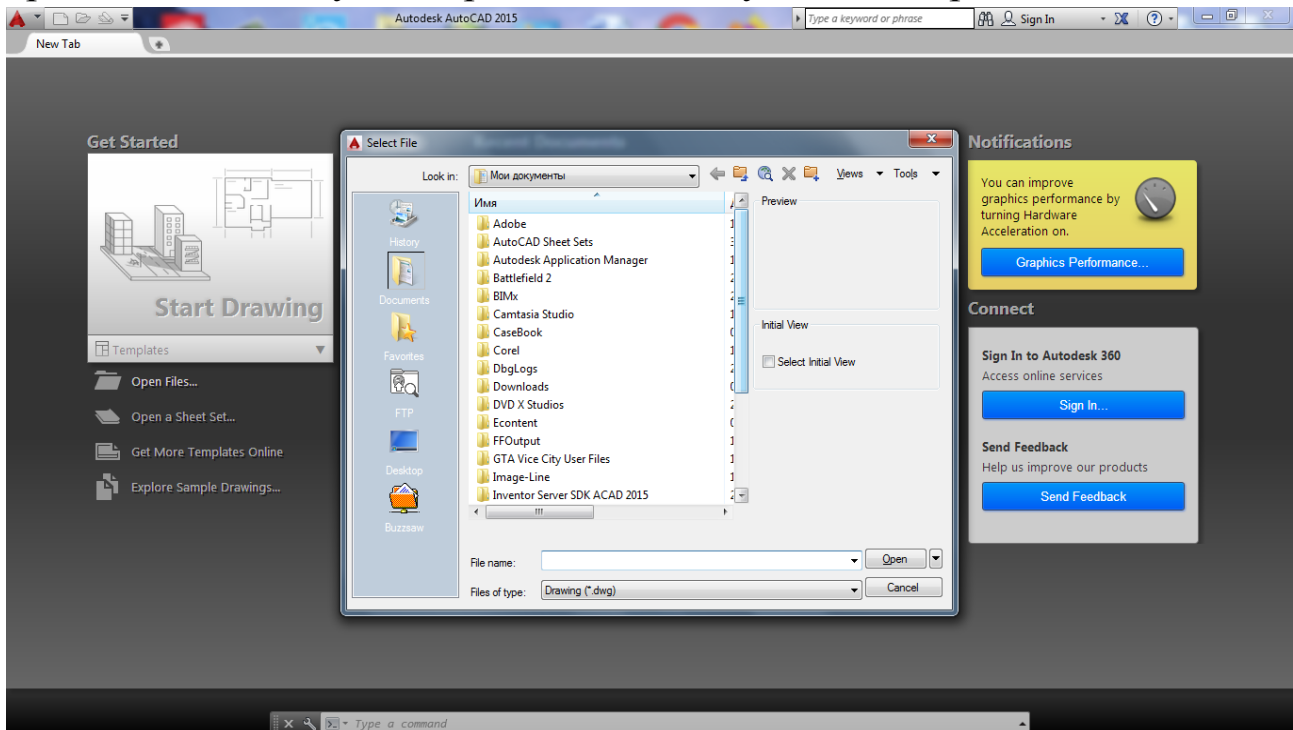


Рисунок 7.1в – Результат виконання пункту **Open Files**

– оберіть піктограму **Open a Sheet Sets**, щоб відкрити раніше створені набори із виконаних креслень;

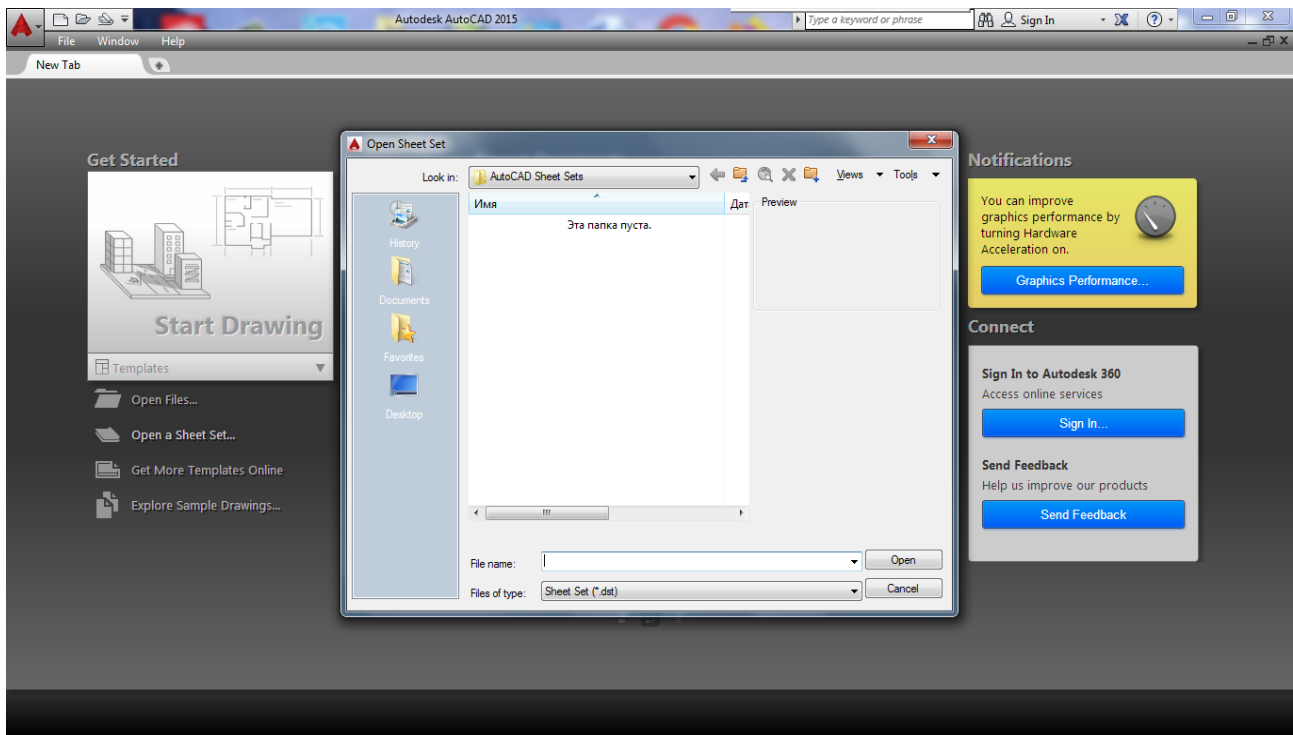


Рисунок 7.1г – Результат виконання пункту **Open a Sheet Sets**

– оберіть піктограму **Get More Templates Online**, щоб відкрити шаблони файлів, розташованих у інтернеті та створених незалежними розробниками;

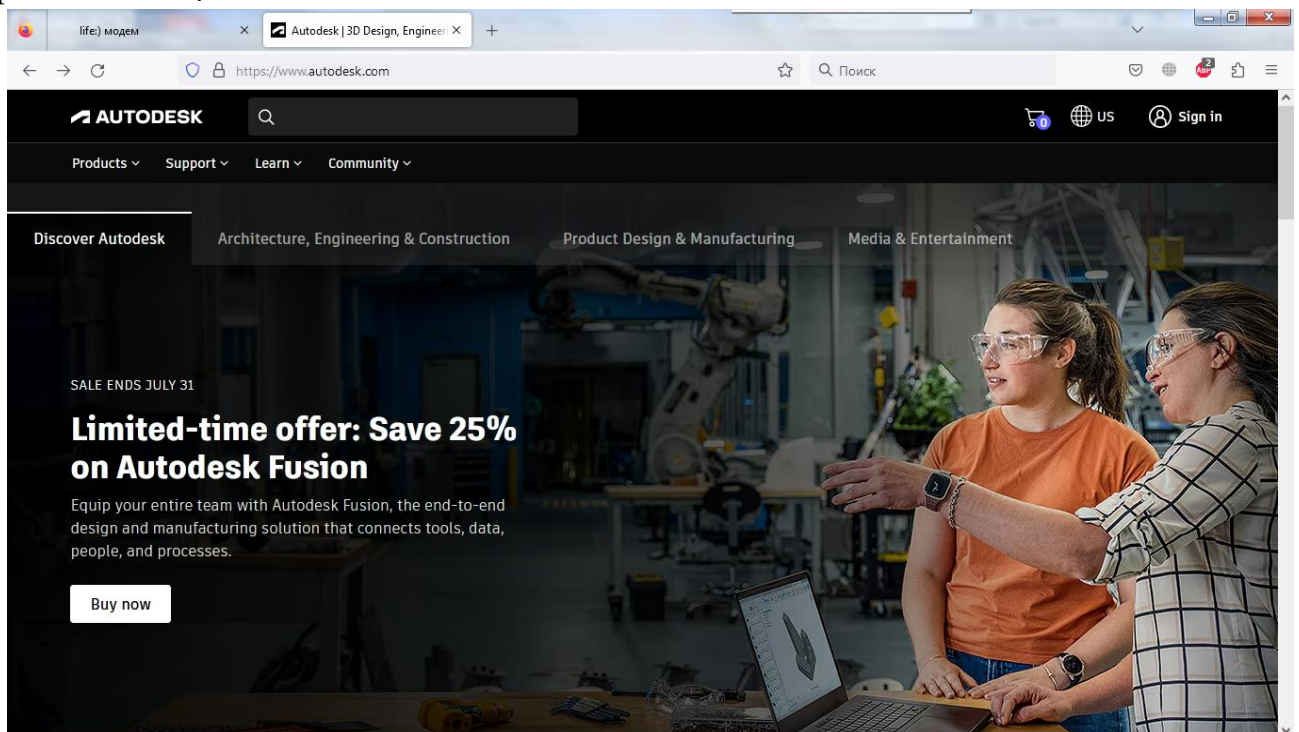
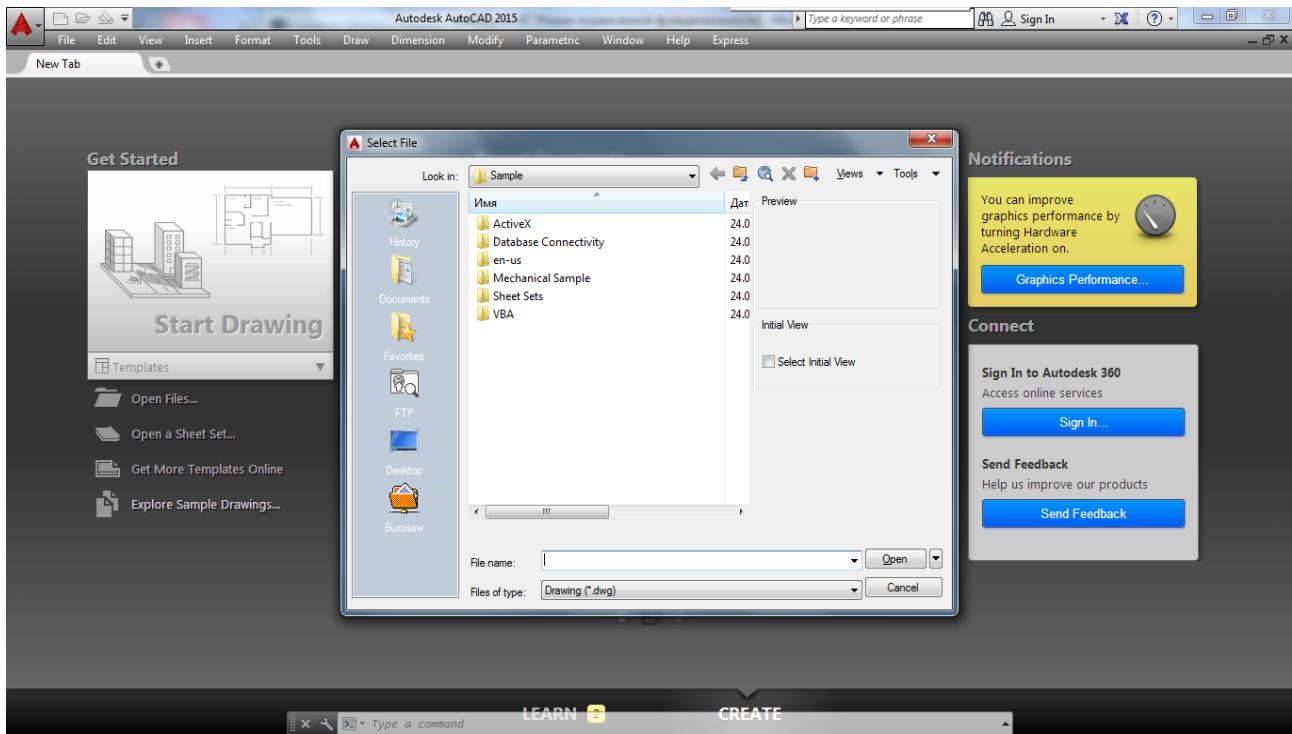


Рисунок 7.1д – Результат виконання пункту **Get More Templates Online**

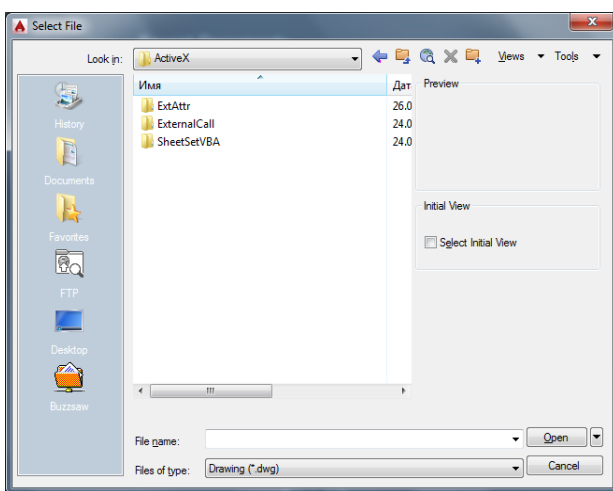
– оберіть піктограму **Explore Sample Drawings** для перегляду

зразкових файлів, що створені незалежними розробниками.

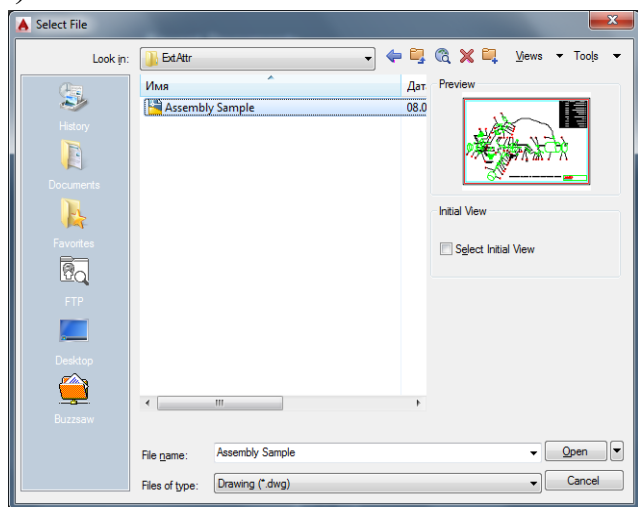
Зразок пошуку довільного файла представлено на рисунку 7.2а, б, в, г.



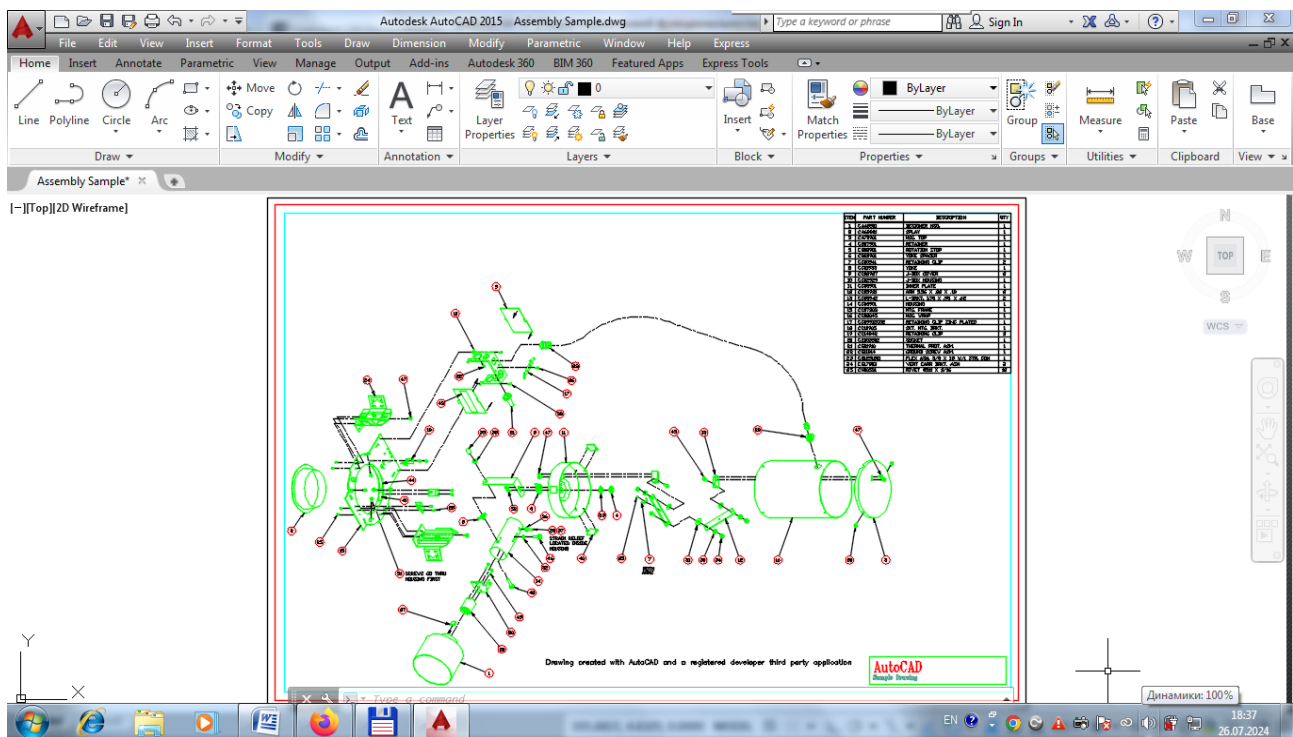
а)



б)



в)



г)

Рисунок 7.2 – Результат виконання пункту Explore Sample Drawings

Файли (назва довільною мовою та обов'язкове розширення **.DWG**) можна перейменувати засобом **Save As** і надалі використовувати для самостійної роботи із програмою (рисунок 7.3).

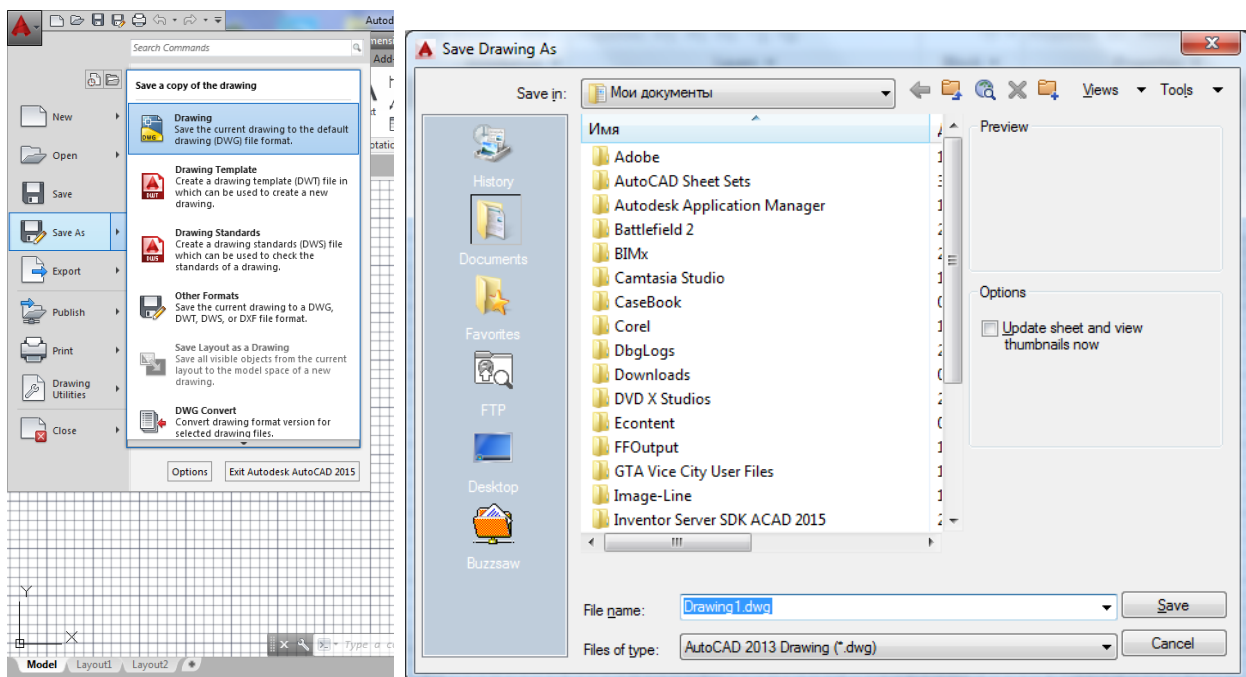


Рисунок 7.3 – Застосування засобу Save As для перейменування файлів

7.2. Налаштування графічного редактора AutoCAD

Розглянемо структуру робочого вікна графічного редактора (рисунок 7.4).

1. Зона відображення кресленика (картате поле).

2. На верхній панелі розміщені піктограми файлових операцій: створення нового кресленика на основі шаблону **acadiso.dwt**; відкриття вже існуючого кресленика (файл з розширенням ******.dwg**); запис робочого файла; запис робочого файла під іншою назвою; роздрук на принтері (плоттері); команда **UNDO** відміняє графічну операцію; команда **REDO** відміняє дію команди **UNDO**.

3. Панель назви файла.

4. Стрічка інструментів, розділена на окремі панелі: **Draw** (команди викреслення графічних примітивів); **Modify** (команди редагування графічних примітивів); **Annotation** (написання текстів, постановка розмірів); **Layers** (робота із пошаровим кресленням); **Block** (створення та редагування блоків, об'єднаних в одне ціле декілька графічних примітивів); **Properties** (редагування властивостей графічних примітивів – колір, тип лінії, вага лінії); **Groups** (об'єднання або роз'єднання об'єктів у групи); **Utilities** (допоміжні інструменти для обрахунку лінійної довжини, площі, об'єму); **Clipboard** (команди роботи із буфером обміну **OLE**); **View** (налаштування стилю відображення кресленика).

5. Спада панель із інструментами відображення твердотільних моделей: погляд зору на модель та спосіб трасування зображення.

6. Спосіб відображення кресленика у просторі **Model** (моделі) або у просторі **Paper Space** (аркуша паперу) для виводу на принтер (плотер).

7. Стрічка набору команд з клавіатури. Їй передують запрошення “**Command:**”, після якого слід набрати назву команди і виконати усі її вказівки, отримати результат на дисплеї. Після цього знову з'явиться запрошення “**Command:**” для вводу наступної команди.

8. Стрічка відображення координат курсора по осях **X, Y, Z**. При виконанні плоского кресленика проходить зміна координат тільки по осях **X, Y**.

9. Статусна стрічка налаштувань параметрів кресленика, що включає у себе: перемикач між **Model/Paper Space** (простір модель або простір аркуша); **Gridmode** (відображення сітки на екрані); **Snapmode** (об'єктна привязка); **Orthomode** (побудова відрізка

ортогонально / під кутом); **Polar Tracking** (полярне відстежування); **Isodraft** (кресленник у ізометрії) тощо.

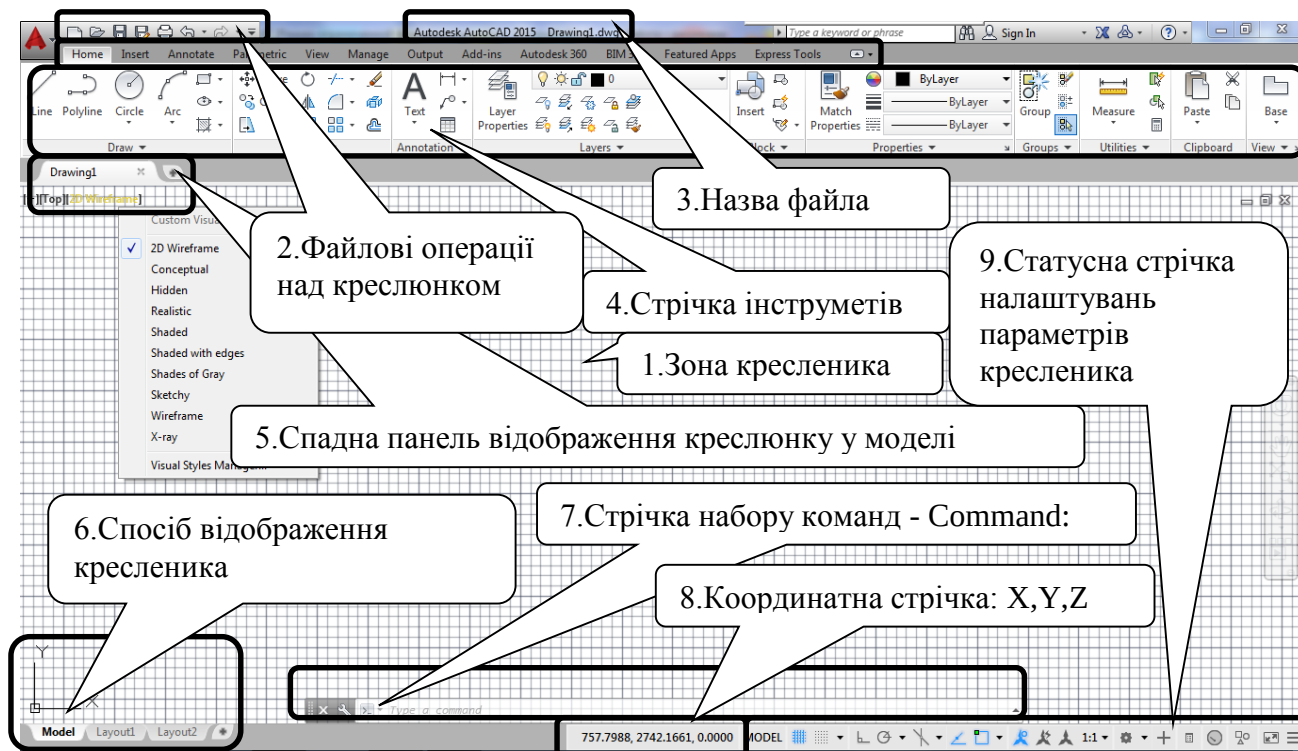


Рисунок 7.4 – Структура робочого вікна програми

Ознайомимось із способами вводу команд у програму.

Перший – за допомогою клавіатури: - Стрічка набору команд- **Command** (дивись рисунок 7.4, пункт 7).

Другий – за допомогою - Стрічки інструментів- (дивись рисунок 7.4, пункт 4).

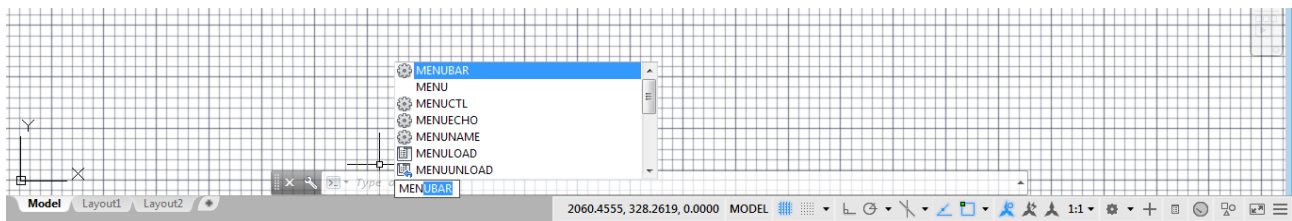
Третій – за допомогою спадаючих панелей. Але на екрані вони не присутні. Їх необхідно викликати спеціальною командою. Покажемо як це робиться.

У командному рядку після двокрапки потрібно набрати назву команди **MENUBAR** і з клавіатури замість нуля (за умовчанням) ввести одиницю та натиснути клавішу **Enter** (умовно позначимо знаком ↵).

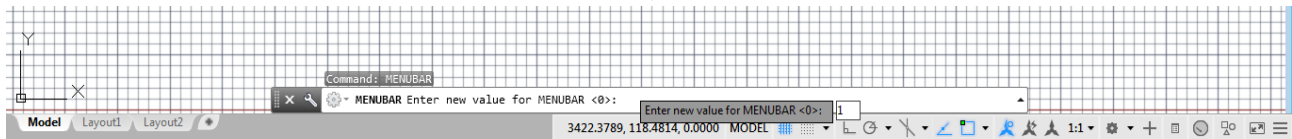
*Command: **MENUBAR***

Enter new value for MENUBAR <0>: 1↵

На рисунку 7.5а зображено пошук та вибір команди **MENUBAR** у командній стрічці. На рисунку 7.5б – процес набору команди, а на рисунку 7.6 – результат виконання цієї команди: поява нової панелі із спадаючими меню команд.



a)



б)

Рисунок 7.5 – Вибір у спадаючому меню **Tools діалогового вікна **Drafting Settings****

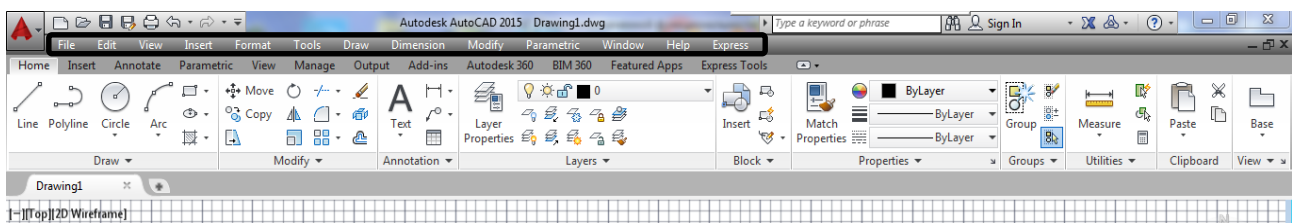


Рисунок 7.6 – Результат виконання команди **MENUBAR**

Ми отримали додаткове меню команд **MENUBAR**, більш розширене, ніж наявні у стрічці команд. Надалі будемо його використовувати для пояснення роботи команд **AutoCAD**.

Зроблено перший крок у середовищі програми, яка спілкується із користувачем різними мовами світу, через: командну стрічку; стрічку команд; спадними панелями інструментів. Надалі інтерфейс програми мовою інтерпретатора **AutoLISP** передає вказівки користувача компілятору мовою CІ. Результат: на екрані комп'ютера з'являється векторне зображення графічного елемента.

Надалі розглянемо первинні налаштування графічного редактора під власні потреби. Обираючи із спадного меню **TOOLS** діалогове вікно **Drafting Settings**, можна змінити параметри команд **Snap** та **Grid** на власний розсуд (рисунок 7.7).

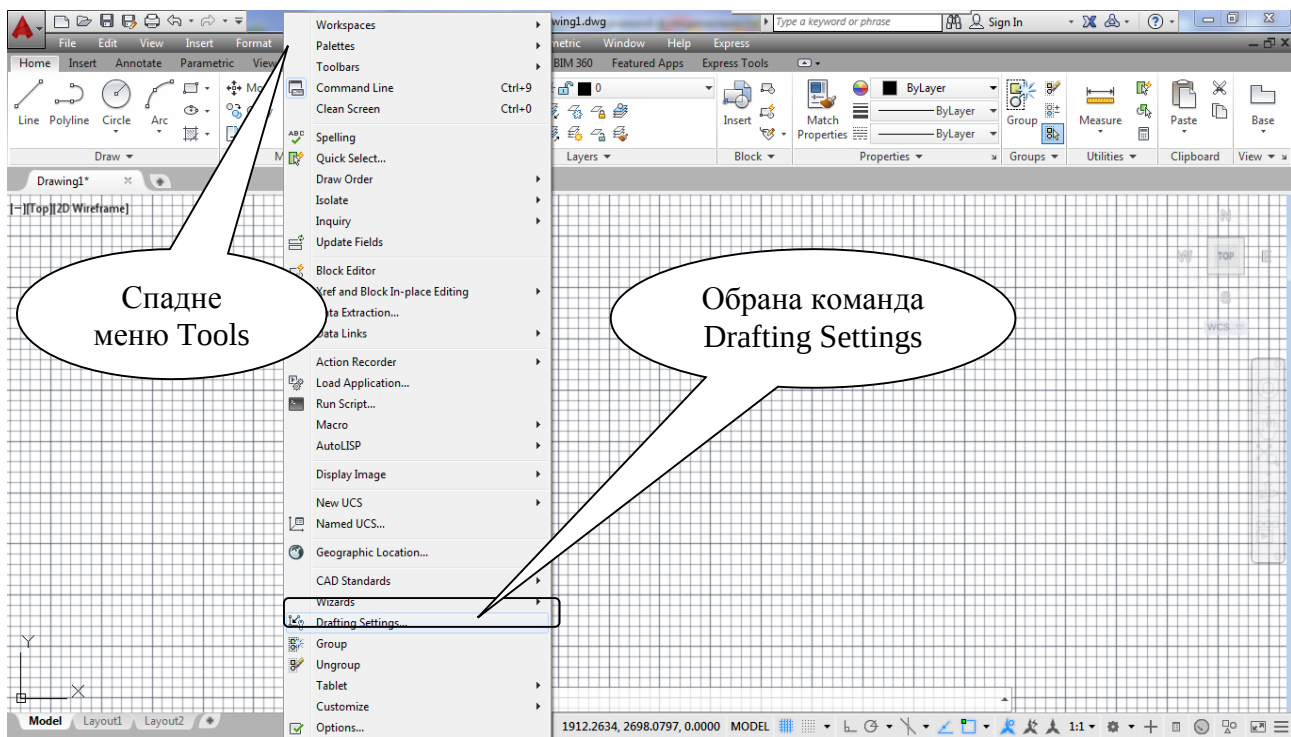


Рисунок 7.7 – Вибір у спадаючому меню **Tools діалогового вікна **Drafting Settings****

Команда **SNAP** задає покроковий рух курсора за умовчанням в десять одиниць (рекомендуємо обрати одиницю) по напрямку осей *x* та *y*. Вона встановлює базову точку прив'язки і обертання в площині *x, y*. Крок прив'язки можна перемикає між **ON/OFF** функціональною клавішею **F9**, або здійснюючи подвійний натиск лівою клавішею мишки в полі **SNAP ON**. Ця опція при первинному запуску **AutoCAD** вимкнена (рисунок 7.8).

Існує альтернативний варіант зміни цієї опції. Так, у командному рядку після двокрапки потрібно набрати назву команди і з клавіатури ввести число, наприклад, 20 та натиснути клавішу **Enter** (умовно позначимо знаком ↵).

Command: SNAP

Snap spacing or ON/OFF/Aspect/Rotate/Style <10.0000>:20↵

(Довжина прив'язки або ВКЛ/ВИКЛ/Вид/Поворот/Стиль)

У кутових дужках < 10.0000> міститься підказка попереднього значення кроку.

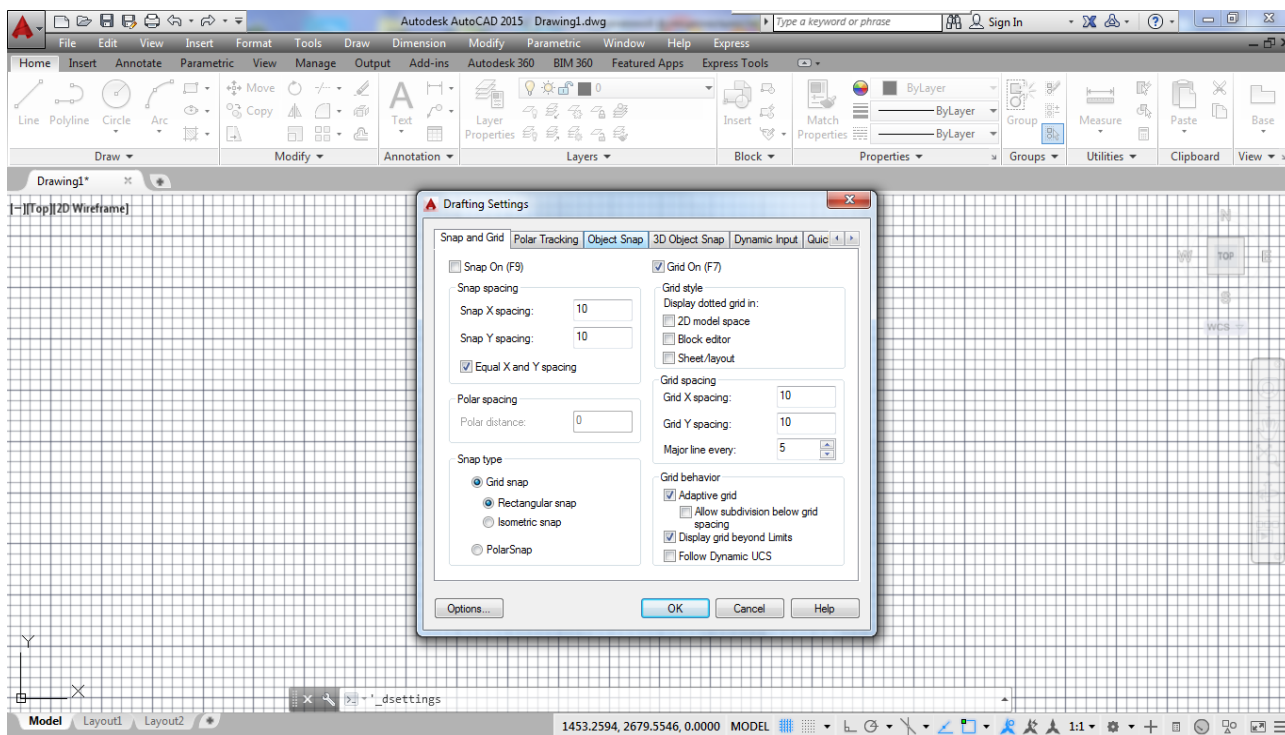


Рисунок 7.8 – Діалогове вікно **Drafting Settings**

Команда **Grid** задає інтервал сітчастого растра (за замовчуванням встановлений у шаблоні **Acadiso.dwt** таким, що дорівнює десять одиниць). Значення **X** та **Y** можуть не дорівнювати одне одному. Відображення точок сітки можна перемикає між (ON/OFF) функціональною клавішею **F7** або виконуючи подвійне натискання лівою клавішею мишки у полі **GRID**. Сітковий зразок відображується тільки в межах поля, обмеженого лімітами кресленика (для шаблону **Acadiso.dwt** ліміти кресленика становлять 420x297 мм). Нижче наводимо альтернативний варіант зміни цієї опції.

Command: GRID

Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Major/aDaptive/Limits/Follow/Aspect] <10.0000>: 20↵

(Інтервал сітки(X) абоВКЛ/ВИКЛ/Крок/Вид)

Налаштування команд **SNAP** та **GRID** завершено.

Щоб змінити формат кресленика, створеного на базі шаблонного файла **Acadiso.dwt**, вибираємо у спадаючому меню **Format** опцію **Drawing Limits** (рисунок 7.9).

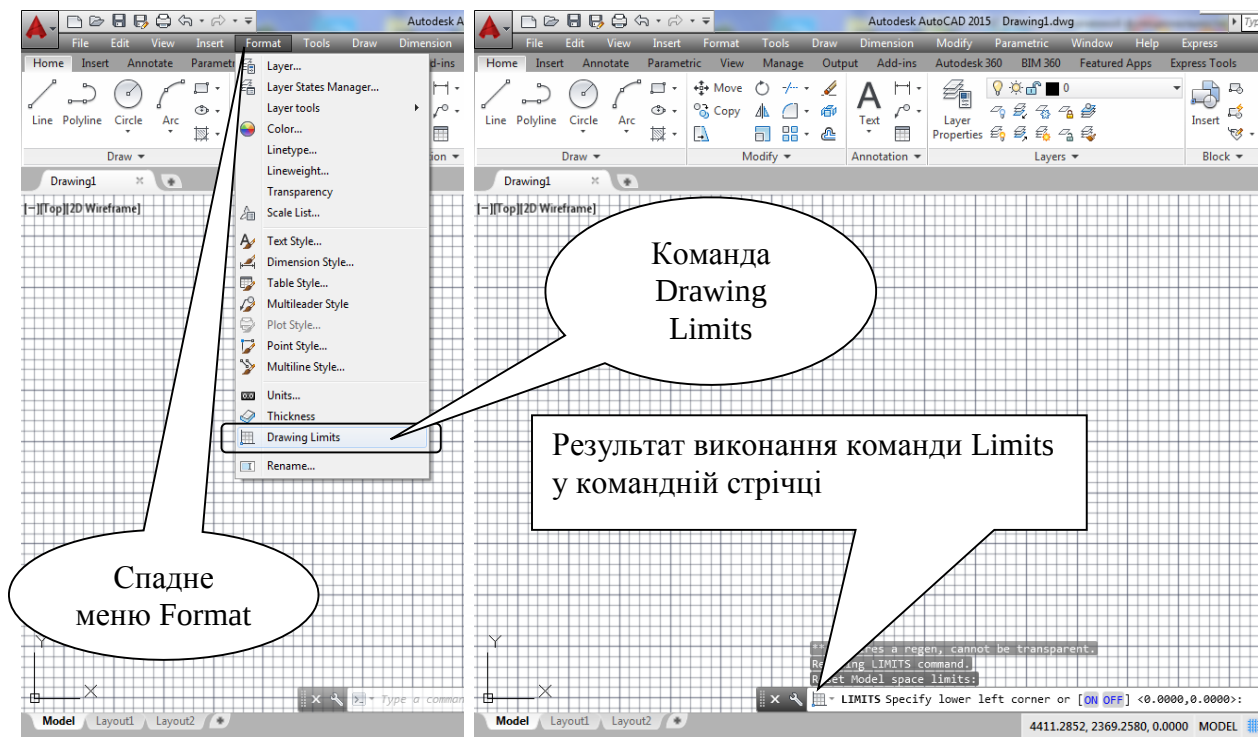


Рисунок 7.9 – Вибір у меню **Format піктограми команди **Drawing Limits****

У командному рядку відповідаємо на запитання команди **LIMITS**.

Command: LIMITS

Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>:↵

(Координата нижнього лівого кута)

Specify upper right corner <420.0000,297.0000>:594,841↵ (Змінена координата верхнього правого кута)

Наступним кроком налаштування є виконання зміни відображення екрана дисплея у новому форматі кресленика A1. Для цього застосуємо команду **ZOOM**, що розміщена у спадаючому меню **VIEW** (рисунок 7.10). Подамо виконання цієї команди із командної стрічки. Опція **All** цієї команди (скорочений набір – клавіша **A**).

Command: ZOOM

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or [All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window/Object] <real time>: _all↵

(Все/Центр/Динаміка/Межі/Попередній/Масштаб/Вікно/Масштаб)

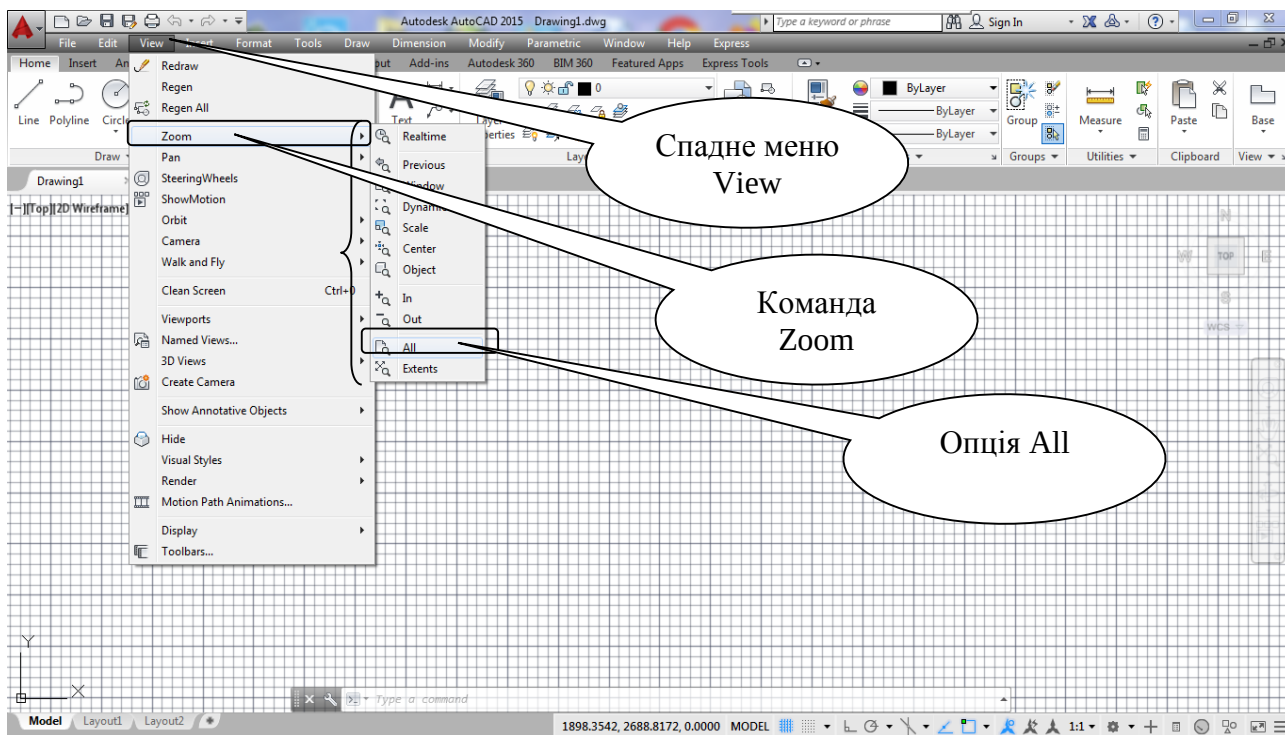


Рисунок 7.10 – Вибір у меню **View** піктограми команди **Zoom** з подальшим вибором опції **All**

Надалі виводимо новий формат A1 на екран за допомогою опції **All** (рисунок 7.11).

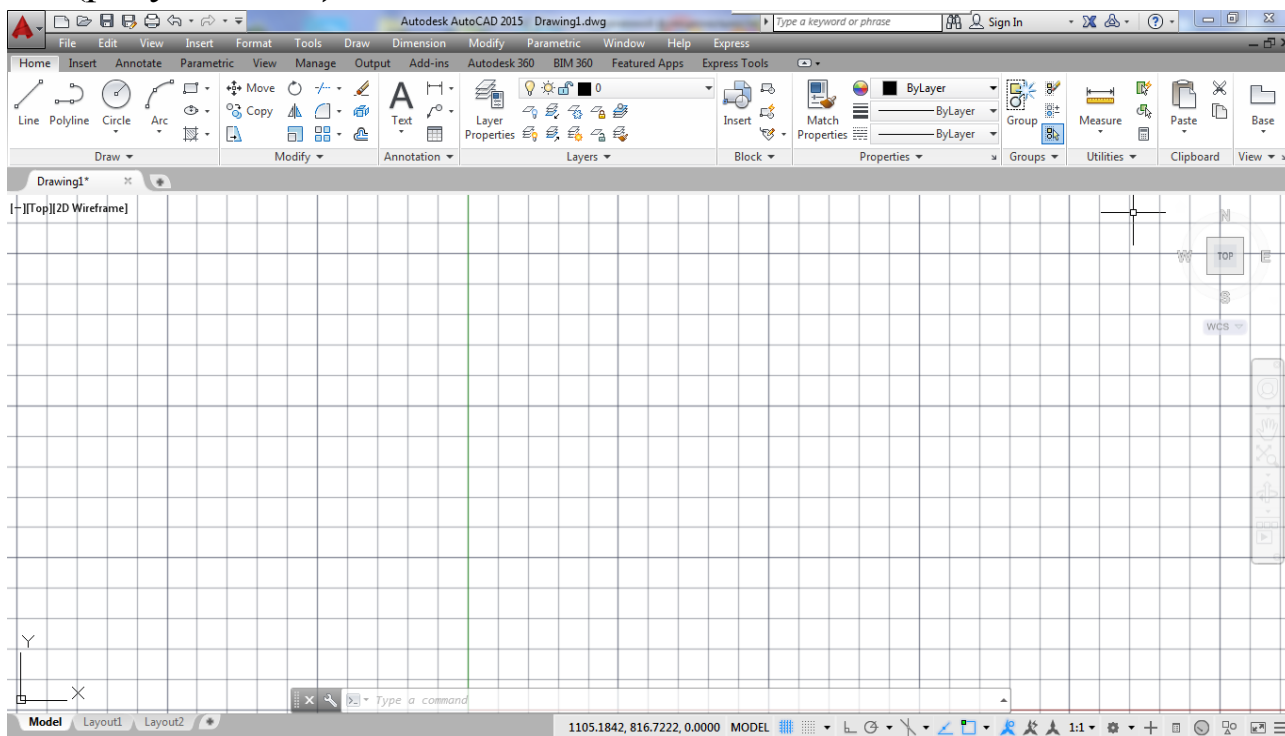


Рисунок 7.11 – Результат виводу нового формату A1 на весь екран

7.3. Інструменти для створення примітивів

Під графічним примітивом у комп'ютерній графіці розуміється елемент відображений на екрані комп'ютера, що сприймається програмою як єдине ціле, але не множина створених у растрових графічних редакторах точок. Усі кресленики в **AutoCAD** будують як набір графічних примітивів. До графічних примітивів належать точка, відрізок, коло, дуга, еліпс тощо. Всі вони розташовані в підменю **DRAW**.

7.3.1. Інструмент «Точка»

Графічний примітив **Точка** створюється командою **POINT** (рисунок 7.12а,б).

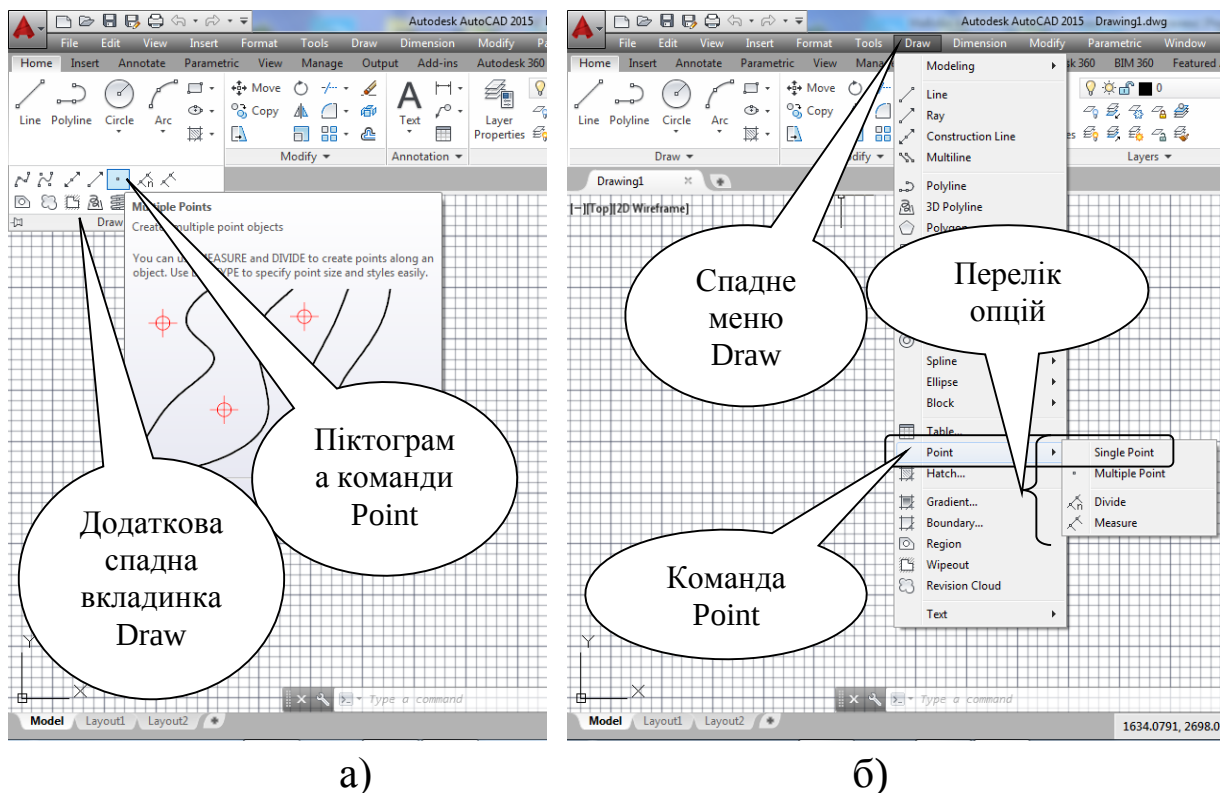


Рисунок 7.12 – Розташування команди **POINT** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** - б)

Координати точки вводять з клавіатури або за допомогою курсора у вигляді двох взаємно перпендикулярних паралельних осей координат ліній, місце перетину яких задає точку. Із клавіатурного вибору можна задати абсолютні або відносні, декартові або полярні координати точки (рисунок 7.13).

Наприклад, точку з координатами $x = 145,7$; $y = 201,5$ вводять із клавіатури, набираючи:

Command: POINT

Point: 145.7,201.5↵

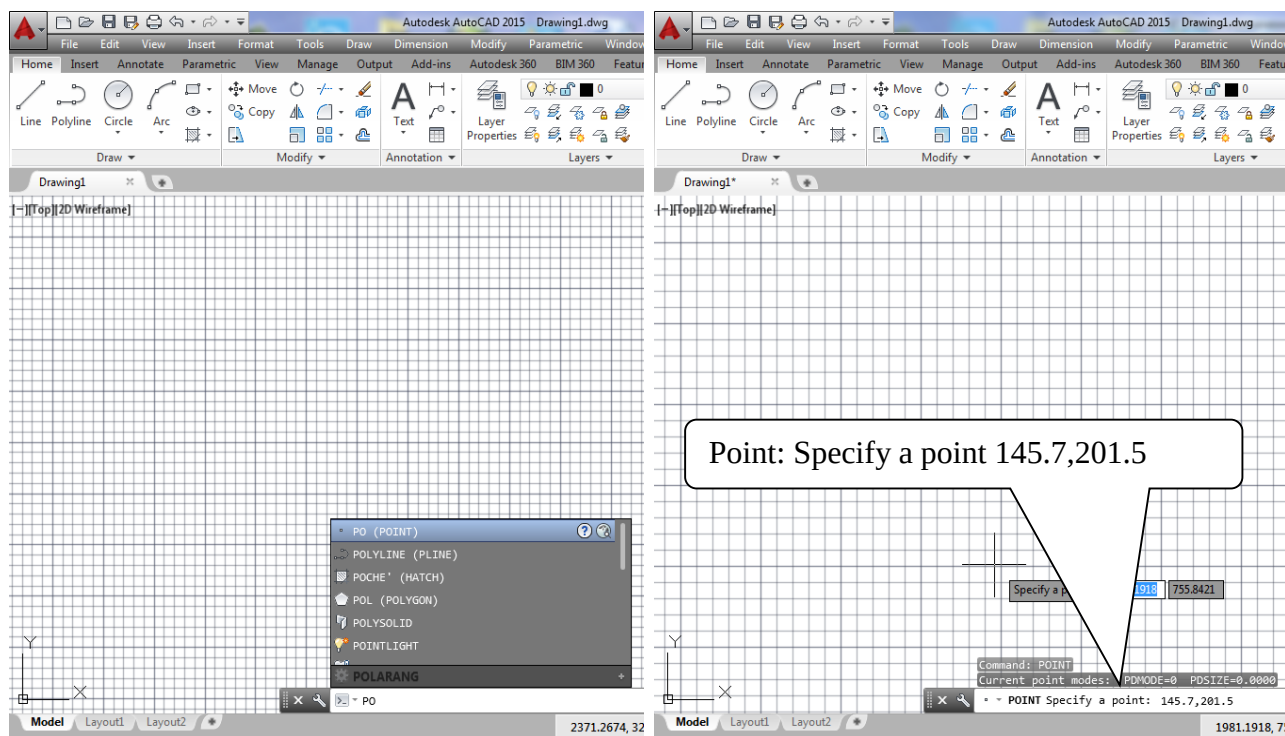


Рисунок 7.13 – Приклад вводу команди **POINT** з клавіатури

Відносні координати задають за допомогою символу @. Наприклад, якщо треба ввести точку, яка розташована на 25 одиниць лівіше і на 17 вище від попередньо заданої точки, необхідно виконати:

Command: POINT

Point: @-25,17↵

Використовуючи полярні координати, потрібно задати віддаль, на яку переміститься точка щодо заданої, та кут нахилу до осі x в градусах (додатний напрямок – проти годинникової стрілки, від’ємний – за стрілкою) за допомогою символів @ та <. Наприклад, якщо щодо заданої точки необхідно ввести нову точку на відстані 125 одиниць під кутом 30° в напрямку годинникової стрілки, треба ввести

Command: POINT

Point:@125<-30↵

7.3.2. Інструмент «Відрізок прямої лінії»

Відрізки прямої лінії будують за допомогою команди **LINE** під час виклику її з піктографічного меню **Draw** (рисунок 7.14а,б).

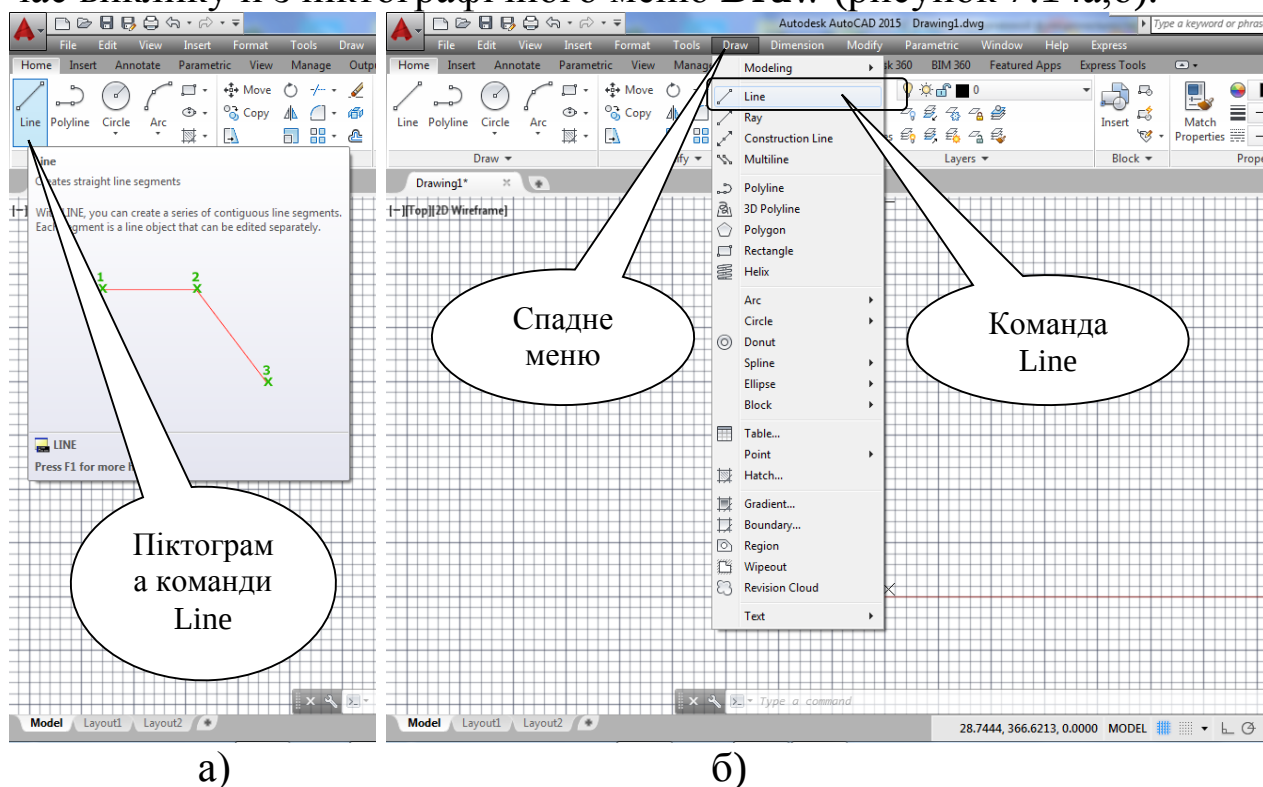


Рисунок 7.14 – Розташування команди **LINE** у вкладинці **Draw** на ленті команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)

Також можна викликати команду введенням її з клавіатури. Тоді з'являється спадаюча підказка із спільними назвами команд, які містять склад із літер **LI** (рисунок 7.15).

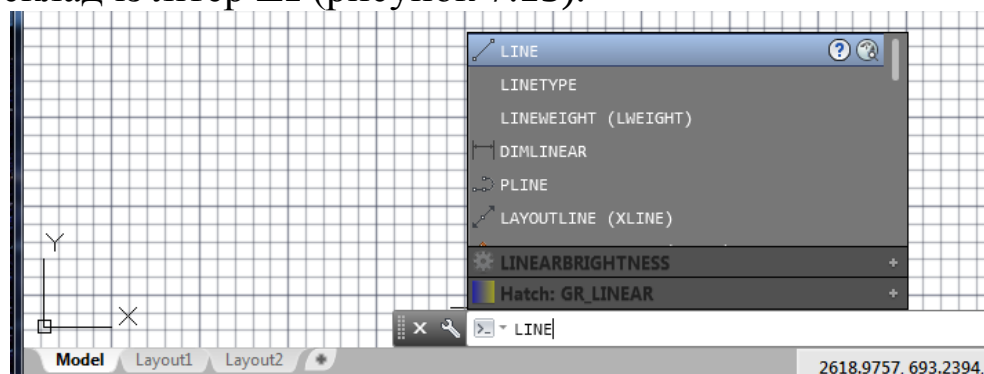


Рисунок 7.15 – Приклад вводу команди **LINE** з клавіатури

Command: LINE

Specify first point: 0,0 ↵

(Від точки 1)

Specify next point or [Undo]: 100,100 ↵

(До точки 2)

Specify next point or [Undo]: ↵

(Завершення команди)

Specify first point: Тут задають координати початкової точки відрізка з клавіатури або за допомогою курсора (так само як для команди **POINT**). Після їх введення з'являється напис **Specify next point or [Undo]:** (До точки або відміна вводу) і вводяться координати кінцевої точки відрізка. Після цього дія команди не закінчується, а знову з'являється напис **Specify next point or [Undo]:** і продовжується запит координат таких точок. Тобто команда **LINE** дає змогу будувати будь-яку ламану лінію. Якщо треба завершити побудову ламаної лінії, замість введення координат наступної точки потрібно натиснути клавішу **Enter** (умовно ми позначаємо значком ↵). Для побудови замкненої ламаної лінії замість введення координат початкової точки як кінцеву точку останнього відрізка можна використати опцію **Close** (Замкни), тобто набрати скорочення **Cl**.

7.3.3. Інструмент «Коло»

Коло будують за допомогою команди **CIRCLE** (рисунок 7.16 а,б).

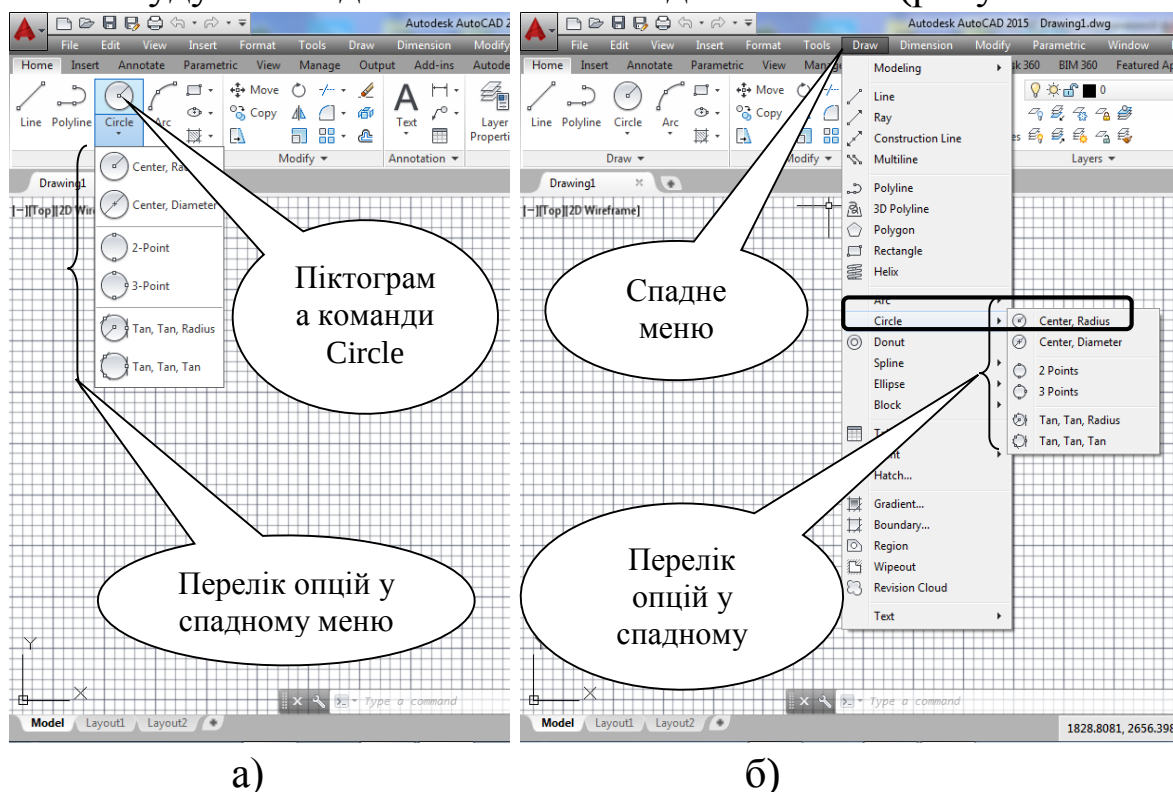


Рисунок 7.16 – Розташування команди **CIRCLE** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** - б)

Після введення цієї команди з екранного меню необхідно ввести одну з опцій – способів побудови кола. Коло можна побудувати одним з таких способів, заданням таких параметрів:

<i>CEN, RAD</i>	(центр, радіус)
<i>CEN, DIA</i>	(центр, діаметр)
<i>3P</i>	(3 точки, що не лежать на одній прямій)
<i>2P</i>	(2 точки, що лежать на діаметрі кола)
<i>Tan, Tan, Radius</i>	(дві дотичні до кола, радіус)
<i>Tan, Tan, Tan</i>	(три дотичні до кола)

У перших двох випадках спочатку за замовчуванням задають координати центра кола, а потім – радіус або діаметр.

Command: CIRCLE

3P/2P/TTR/<Center>: ..., ... ↵ (Ввести числове значення координати X та Y)

Diameter/<Radius>: DRAG... ↵ (Ввести величину радіуса кола)

Якщо задається не радіус, а діаметр

Command: CIRCLE

3P/2P/TTR/<Center>: ..., ... ↵ (Ввести числове значення координати X та Y)

Diameter/<Radius>: D ↵ (Обрати опцію «Діаметр»)

Diameter: ... ↵ (Ввести величину діаметра кола)

Під час побудови кола за трьома точками використовують такі опції:

Command: CIRCLE

3P/2P/TTR/<Center>: 3P ↵ (Обрати опцію «Три точки»)

First point: ..., ... ↵ (координати X та Y першої точки)

Second point: ..., ... ↵ (координати X та Y другої точки)

Third point: ..., ... ↵ (координати X та Y третьої точки)

Побудова за двома точками на діаметрі кола відрізняється тим, що у першому рядку замість *3P* буде *2P*. Тоді не потрібно вводити координати третьої точки.

Для побудови кола за двома дотичними і радіуса необхідно, щоб насамперед на екрані ці дотичні були побудовані: два непаралельні відрізки, дуги або кола. Ці дві лінії потрібно в будь-якій точці

відмітити на екрані курсором у вигляді квадрата з двома лініями, що перетинаються в його центрі. У разі, коли хоча б одна з дотичних – коло чи дуга, можливі декілька варіантів побудови кола заданого радіуса. З можливих варіантів побудови комп'ютером буде вибраний той, за якого точки дотику розташовані ближче до точок, відмічених курсором (точок вибору об'єктів) (рисунок 7.17а)

Command: CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center>: TTR

Enter Tangent spec: ↵ (ЛКМ вказати перше дотичне коло)

Enter second Tangent spec: ↵ (ЛКМ вказати друге дотичне коло)

Radius: ... ↵ (Ввести величину радіуса кола).

Для побудови кола за трьома дотичними необхідно, щоб ці дотичні були побудовані: три непаралельні відрізки, три дуги або кола. Ці три графічні примітиви потрібно в будь-якій точці відмітити на екрані курсором. Він прийме вигляд квадрата з двома лініями, що перетинаються в його центрі (рисунок 7.17б).

Command: CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center point>: 3p ↵

First point: _tan to (ЛКМ вказати перше коло дотику)

Second point: _tan to (ЛКМ вказати друге коло дотику)

Third point: _tan to (ЛКМ вказати третє коло дотику)

Цифри в квадратах після опцій команд відповідають цифрам на рисунку 7.17 біля відповідних точок вибору об'єктів.

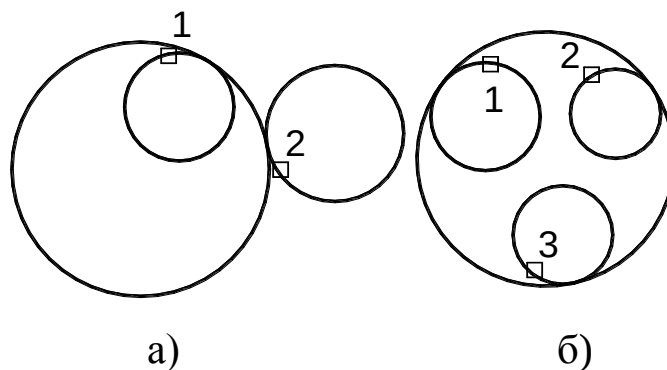


Рисунок 7.17 – Побудова кола за допомогою опції TTR

7.3.4. Інструмент «Дуга»

Дугу кола будують за допомогою команди **ARC** одним з таких способів, у кожному з яких задають три параметри дуги (рисунок 7.18а,б):

3 points (3 точки)

<i>S,C,E</i>	(початкова точка, центр, кінцева точка)
<i>S,C,A</i>	(початкова точка, центр, центральний кут)
<i>S,C,L</i>	(початкова точка, центр, довжина хорди)
<i>S,E,A</i>	(початкова і кінцева точки, центральний кут)
<i>S,E,R</i>	(початкова і кінцева точки, радіус)
<i>S,E,D</i>	(початкова і кінцева точки, напрямок дотичної)
<i>C,S,E</i>	(центр, початкова і кінцева точки)
<i>C,S,A</i>	(центр, початкова точка, центральний кут)
<i>C,S,L</i>	(центр, початкова точка, довжина хорди)

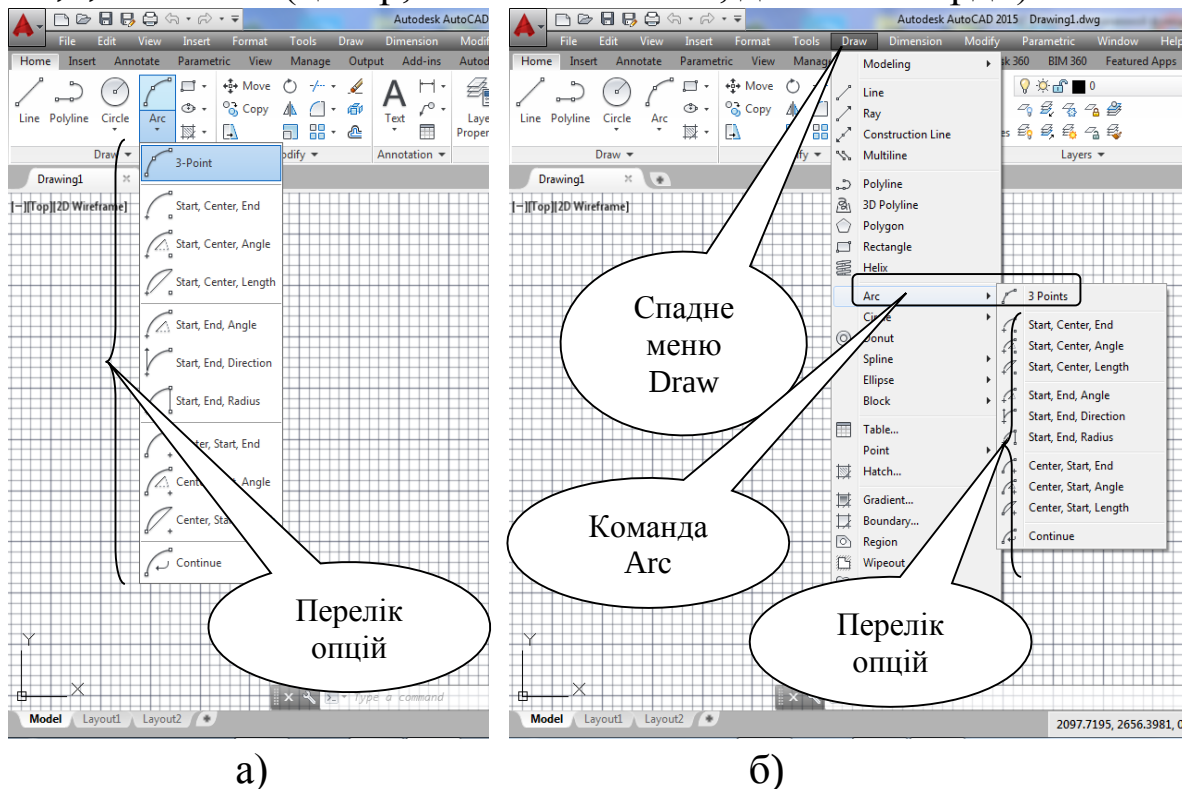


Рисунок 7.18 – Розташування команди **ARC** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)

Великі латинські літери відповідають таким параметрам:

S – starting point (початкова точка дуги), *C* – center (центр дуги), *E* – end point (кінцева точка дуги), *A* – included angle (центральний кут дуги в градусах, додатний напрямок – проти годинникової стрілки), *L* – length of chord (довжина хорди дуги; додатна величина для центрального кута, меншого 180° , від’ємна – для кута, більшого за 180°), *R* – radius (радіус дуги, за його від’ємного значення будують дугу з центральним кутом, більшим за 180°), *D* – direction from starting point (напрямок дотичної в початковій точці дуги в градусах щодо напрямку осі *x*, додатний напрямок – проти годинникової стрілки).

Варто зауважити, що під час побудови дуги за початковою і кінцевою точками та центром (S, C, E або C, S, E) кінцева точка, яка може не належати дузі (рисунок 7.19б), задає напрямок уявної лінії, що проходить через цю точку, центр дуги та дійсну кінцеву точку дуги. У наведених нижче прикладах показані опції команд побудови дуг для різних способів:

Command: ARC 3 points

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: ...,...↵

End point: ...,...↵

Command: ARC S,C,E

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: C

Center: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: ...,...↵

Command: ARC S,C,A

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: C

Center: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: A

Included angle: ...↵

Command: ARC S,C,L

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: C

Center: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: L

Length of chord: ...↵

Command: ARC S,E,A

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: E

End point: ...,...↵

Angle/Direction/Radius/<Center point>: A

Included angle: ...↵

Command: ARC S,E,R

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: E

End point: ...,...↵

Angle/Direction/Radius/<Center point>: R

Radius: ...↵

Command: ARC

S,E,D

Center/<Start point>: ...,...↵

Center/End/<Second point>: E

End point: ...,...↵

Angle/Direction/Radius/<Center point>: D

Direction from start point: ...↵

Command: ARC

C,S,E

Center/<Start point>: C

Center: ...,...↵

Start point: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: ...,...↵

Command: ARC

C,S,A

Center/<Start point>: C

Center: ...,...↵

Start point: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: A

Included angle: ...↵

Command: ARC

C,S,L

Center/<Start point>: C

Center: ...,...↵

Start point: ...,...↵

Angle/Length of chord/<End point>: L

Length of chord: ...↵

У наведених прикладах трьома точками позначені числові значення параметрів (координати точок, розмір радіуса тощо), які задають з клавіатури або за допомогою курсора. Приклади побудови дуг командою **ARC** проілюстровано на рисунку 7.19.

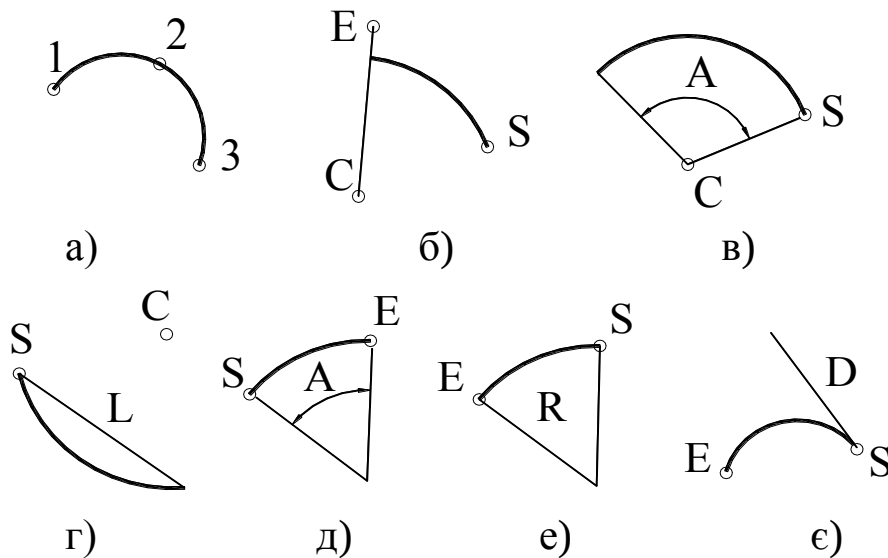


Рисунок 7.19 – Приклад використання опцій команди **ARC**

7.3.5. Інструмент «Полілінія»

У системі **AutoCAD** будь-яке зображення створюють за допомогою базового набору примітивів (рисунок 7.20).

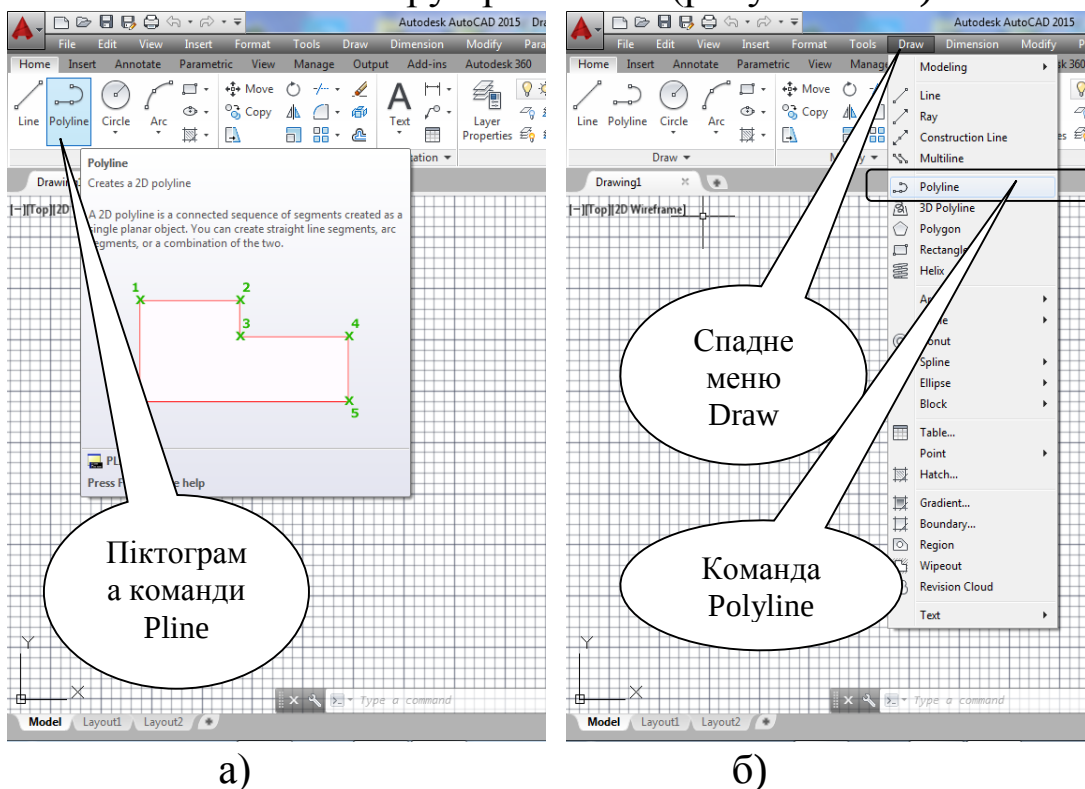


Рисунок 7.20 – Розташування команди **PLINE** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)

Полілінія – один з найцікавіших примітивів, який, будучи досить простим з геометричного погляду, пропонує при цьому значний спектр можливостей для користувача.

Полілінія – об'єкт, який відображається на екрані як сукупність лінійних та дугових сегментів заданої товщини. Важливою особливістю полілінії є те, що ширина в початковій та кінцевій точках сегменту може бути як однаковою, так і різною. Внаслідок цього можна отримати як сегменти постійної ширини, так і сегменти з рівнозмінною шириною.

Для побудови полілінії передбачена команда **PLINE**, яка розташована в меню **DRAW** (рисунок 7.20а,б):

Потрібно зауважити, що всі сегменти, побудовані однією командою **PLINE**, сприймаються **AutoCAD**, як один об'єкт.

Command: PLINE From point:

Після введення початкової точки повідомляється біжуче (прийняте на цей момент) значення її ширини і пропонується зробити свій вибір з такого списку опцій:

Current line-width is 0.0000 (біжуче значення ширини полілінії дорівнює 0.0000 у обраних нами одиницях виміру)

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<End point of line>:

Біжуча ширина полілінії визначає ширину всіх викреслюваних сегментів доти, поки не буде задане інше значення ширини.

Як бачимо, команда **PLINE** володіє багатьма опціями, що визначає її широкі можливості у використанні. За замовчуванням вважається, що користувач введе кінцеву точку наступного прямолінійного сегмента. У цьому режимі команда **PLINE** працює аналогічно команді **LINE**.

Розглянемо опції команди **PLINE**:

<i>Arc</i>	Переключає команду в режим відрисовування дуг, дотичних до попереднього сегменту
<i>Close</i>	Замикає полілінію. Замикаючий сегмент буде відрисований у вигляді дуги або відрізка прямої залежно від біжучого режиму. Опція <i>Close</i> завершує виконання команди
<i>Halfwidth</i>	Дозволяє задати величину півширини полілінії
<i>Length</i>	Дає змогу будувати відрізок заданої довжини в тому самому напрямку, що і попередній. Якщо попередній сегмент є дугою, то новий лінійний буде дотичним до цієї дуги

<i>Undo</i>	Дає змогу відмінити останній сегмент. (Необхідно розрізняти опцію <i>Undo</i> з командою UNDO (відміни). Остання слугує для відміни дії цілої команди)
<i>Width</i>	Дає змогу задавати початкову та кінцеву ширину наступного сегмента в умовних одиницях, тобто будувати сегмент зі змінною по довжині товщиною. Приймавши кінцеву ширину такою, що дорівнює початковій, отримаємо сегмент з постійною товщиною. Значення ширини, яке дорівнює нулю, призводить до побудови на дисплеї лінії мінімальної товщини.

За необхідності побудови дуги потрібно скористатись опцією **Arc** (необхідно розрізняти її із командою **ARC**). При тому буде запропоновано такий список опцій:

Angle/Center/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Secondpt/Undo/Width/

<End point of arc>:...,...

Як бачимо, знову ж за замовчуванням очікується введення другої точки сегмента, на цей раз дугового. Він буде побудований в напрямку останнього викресленого елемента. Якщо необхідно відрисувати іншу дугу, то потрібно скористатись однією з таких опцій:

<i>Angle</i>	Дозволяє задати центральний кут дуги введенням числа, після чого можна задати або кінцеву точку, або радіус, або центр
<i>Center</i>	Дозволяє задати центр дуги, після чого можна задати або кут, або довжину, або кінцеву точку
<i>Direction</i>	Дає змогу задати напрямок дотичної в початковій точці дуги (за замовчуванням дуга будується по дотичній до попереднього сегмента)
<i>Line</i>	Переводить команду в режим побудови відрізків
<i>Radius</i>	Дає змогу задати радіус дуги, після чого можна задати кут чи кінцеву точку
<i>Second pt</i>	Дається запит на другу, а потім на третю точки дуги для побудови її по трьох точках

Як бачимо, команда **PLINE** володіє значними можливостями, зокрема, дає змогу відрисовувати як лінійні, так і дугові сегменти. Крім того, задавши ненульову товщину, її можна використовувати як товсту основну суцільну лінію для відрисовування контурів зображення.

У полілінію в **AutoCAD** можна перетворити відрізок, правильний багатокутник, кільце та еліпс (розглянемо це нижче). Приклад використання команди **PLINE** показаний на рисунках 7.21, 7.22.

Command: PLINE

From point:40,10 ↵ (координати X та Y початкової точки 1)
Current line-width is 0.0000 (біжуче значення ширини полілінії)
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:w↵
 (вибір опції «Ширина»)
Starting width: 0.5↵ (встановлення початкової ширини полілінії)
Ending width: 0.5↵ (встановлення кінцевої ширини полілінії)
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:50,12 ↵
 (координати X та Y точки 2)
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:w↵
 (вибір опції «Ширина»)
Starting width: 3↵ (початкова ширина полілінії)
Ending width: 0↵ (кінцева ширина полілінії)
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:60,14↵
 (точка 3)
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:.)↵
 (завершення команди)

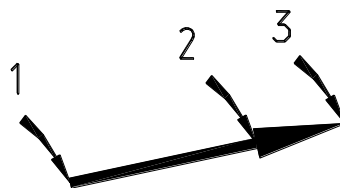


Рисунок 7.21 – Результат побудови лінійних сегментів із встановленням їх товщини

Command: PLINE

From point:40,8 ↵ (координати X та Y початкової точки 1)
Current line-width is 0.0000
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/⟨End point of line⟩:a↵
 (вибір опції «Дуга»)
Angle/Center/Close/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width/⟨Endpoint of arc⟩:a↵ (вибір опції «Кут»)
Included angle:60↵ (величина кута- точка 2)
Center/Radius/⟨Endpoint⟩:c↵ (вибір опції «Центр»)
Center point:40,24↵ (координати центра точка 3)
Angle/Center/Close/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width/⟨Endpoint of arc⟩:.)↵ (завершення команди)

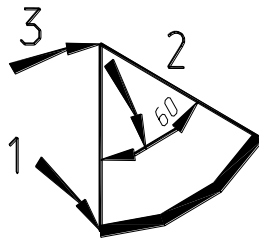


Рисунок 7.22 – Результат побудови дугового сегмента

7.3.6. Інструмент «Багатокутник»

Для побудови правильних багатокутників в **AutoCAD** передбачено команду **POLYGON**, що розташована в підменю **DRAW** (рисунок 7.23а,б).

Згідно з цією командою необхідно задати кількість сторін багатокутника, після чого **AutoCAD** пропонує на вибір користувача три варіанти побудови, а саме:

- за центром і радіусом описаного кола;
- за центром і радіусом вписаного кола;
- за стороною.

Command: POLYGON

Number of sides: ... (кількість сторін)

Edge/<Center of polygon>:... (вибір побудови по відомій довжині сторони багатокутника або координаті його центра)

За замовчуванням система **AutoCAD** очікує введення центра багатокутника. Перед тим, як задати радіус кола, пропонує зробити вибір: вписаним у коло чи описаним навколо кола має буде багатокутник:

Inscribed in circle/Circumscribed about circle (I/C) <I>:

(за умовчанням <I> він вписаний у коло або, змінивши на <C>, він буде описаний навколо кола)

Radius of circle: ... (введіть величину радіуса кола)

Зауважимо, що радіус кола можна задати числом або заданням координати точки рухом маніпулятора «миша». У першому випадку нижня сторона багатокутника буде вирівняна по осі X. Якщо ж для вписаного багатокутника радіус описаного кола задається точкою, то у вказаній точці буде розташована одна з вершин багатокутника. Тим самим буде визначена не лише довжина сторони, а і орієнтація всієї

фігури. Для описаного навколо кола багатокутника у вказану точку потрапить середина сторони багатокутника (точка дотику кола).

Під час побудови багатокутника по стороні необхідно задати дві точки, що визначають першу сторону. У цьому разі вважається, що центр багатокутника розташована ліворуч за напрямком руху від першої точки до другої.

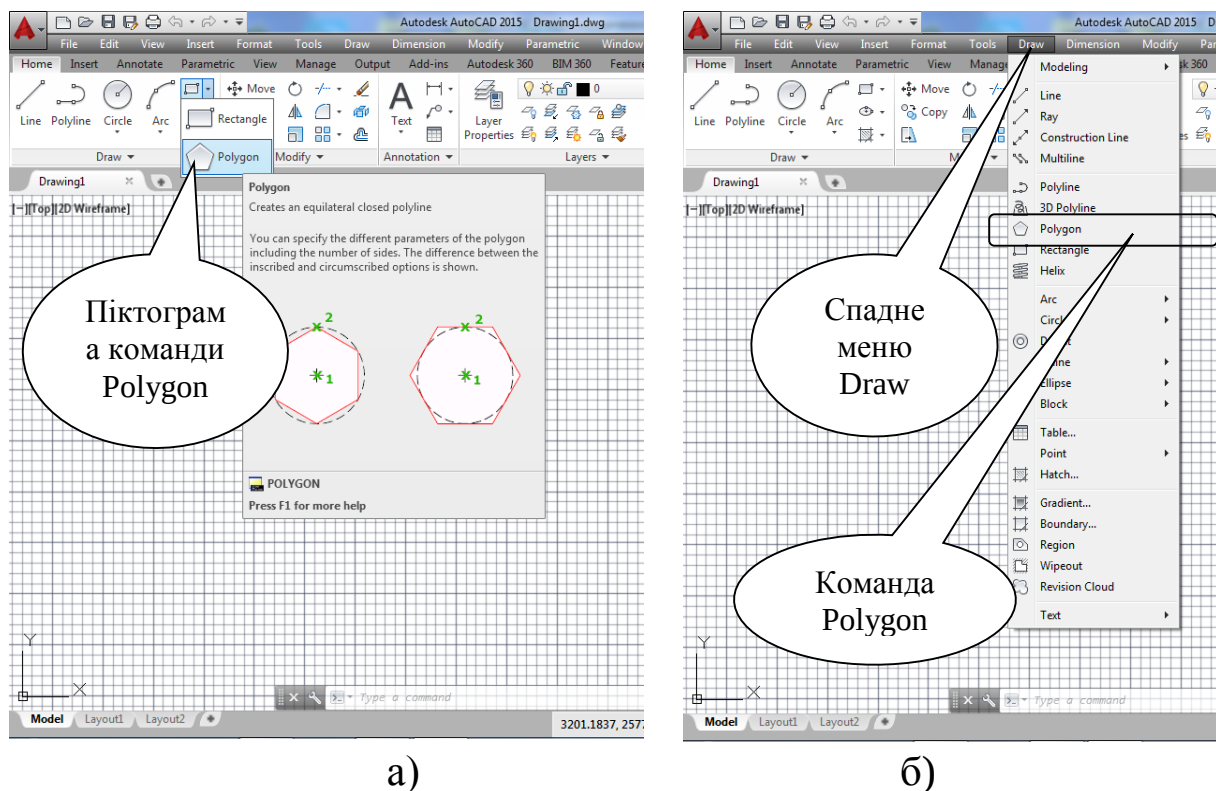


Рисунок 7.23 – Розташування команди POLYGON у вкладинці Draw на стрічці команд – а) та у спадному меню Draw– б)

Приклад використання команди показано на рисунках 7.24, 7.25.

Command: POLYGON

Number of sides<4>:6↵ (зміна кількості сторін правильного багатокутника)

Edge/<Center of polygon>:45,15↵ (координати X та Y точки центра -1)

Inscribed in circle/Circumscribed about circle (I/C) <I>:c↵ (описаний)-

Radius of circle:8↵

(радіус вписаного кола- 2)

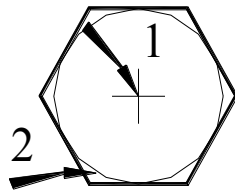


Рисунок 7.24 – Побудова правильного шестикутника, описаного навколо кола

Command: POLYGON

Number of sides<4>:7↵ (зміна кількості сторін правильного «багатокутника»)

Edge/Center of polygon:e↵ (вибір опції «Довжина сторони багатокутника»)

First endpoint of edge:40,30↵ (координати першої точки на стороні)

Second endpoint of edge:50,30↵ (координати другої точки на стороні)

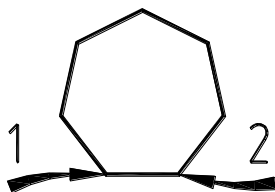
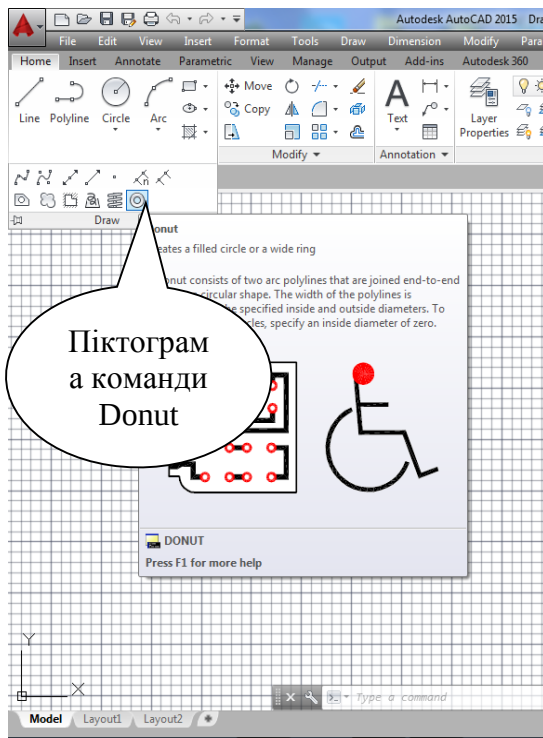


Рисунок 7.25 – Побудова правильного семикутника за його стороною

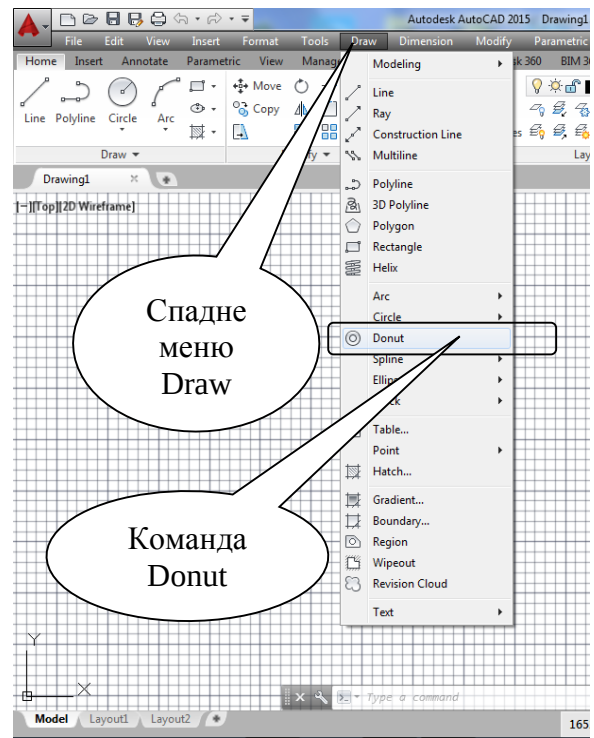
7.3.7. Інструмент «Кільце»

Для побудови кола із заданою товщиною лінії в **AutoCAD** передбачена команда **DONUT** (рисунок 7.26а, б). Вона викреслює замкнену полілінію, що складається з двох дугових сегментів. Команда вимагає задати спочатку внутрішній діаметр, надалі зовнішній, після чого потребує координату центра кільця.

Варто зауважити, що побудову кола з заданою товщиною лінії можна виконати і за допомогою команди **PLINE**: у режимі побудови дуг (опція **Arc**) викреслити дугу (або півколо), після чого замкнути його за допомогою опції **Close**. Проте цей спосіб значно складніший порівняно з використанням команди **DONUT** (рисунок 7.14).



а)



б)

Рисунок 7.26 – Розташування команди **DONUT** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)

Command: DONUT

<i>Inside diameter<0.5>:15 ↵</i>	(внутрішній діаметр 1)
<i>Outside diameter<1>:18 ↵</i>	(зовнішній діаметр 2)
<i>Center of doughnut:30,20 ↵</i>	(центр кільця 3)
<i>Center of doughnut:↵</i>	(завершення команди)

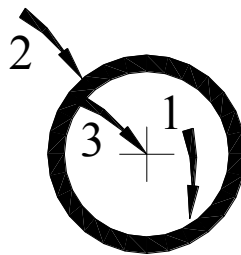


Рисунок 7.27 – Побудова кола із заданою товщиною лінії

7.3.8. Інструмент «Еліпс»

Команда **ELLIPSE** будує замкнену полілінію, що складається з коротких дугових сегментів (рисунок 7.28а, б). Отже, **AutoCAD** насправді відрисовує не еліпс, а дванадцятицентровий овал.

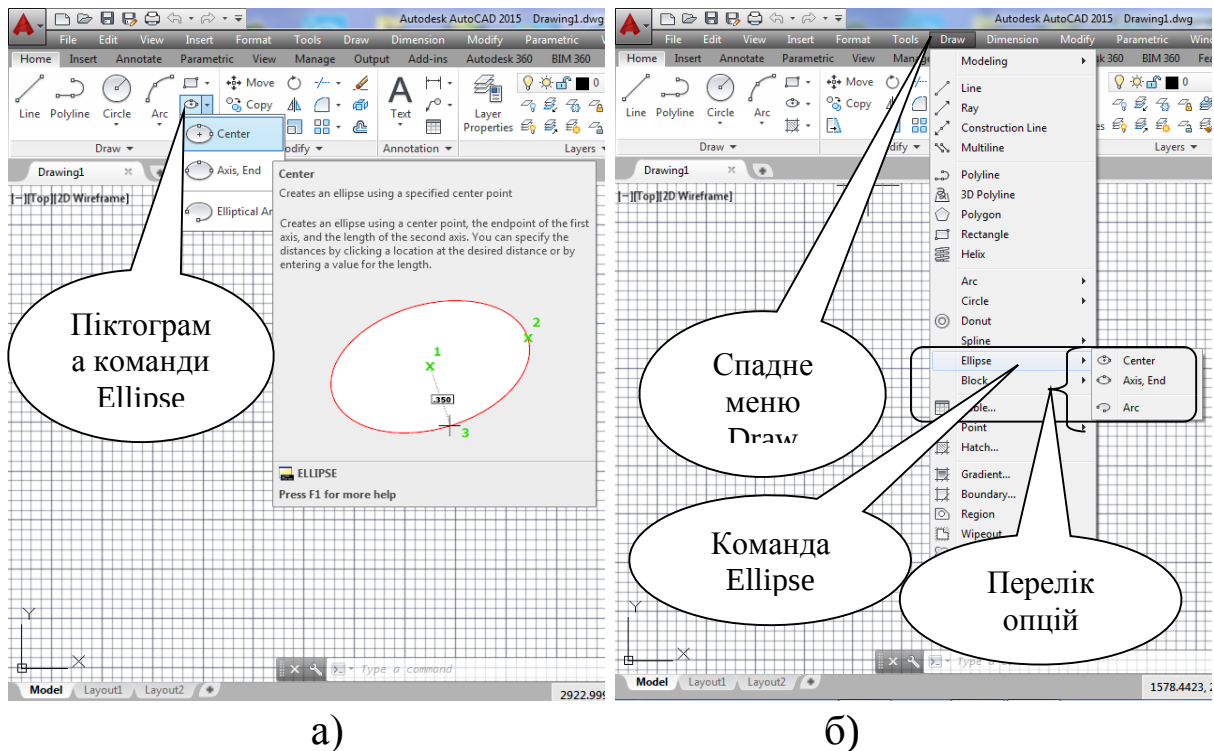


Рисунок 7.28 – Розташування команди **ELLIPSE у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)**

Ця команда передбачає чотири способи побудови еліпса:

- 1) по осі та півосі;
 - 2) по осі і куту повороту уявного кола щодо площини побудови (як відомо, проекцією кола буде еліпс);
 - 3) по центру і двох півосях;
 - 4) по центру, довжині півосі і куту повороту уявного кола.
- За замовчуванням еліпс будують по двох точках на головній осі і довжині другої півосі.

Приклади побудови еліпса показані на рисунках 7.29а, по осі і півосі, 7.29б, по центру і двох півосях.

Command: *ELLIPSE*

<Axis endpoint 1>/Center:30,10 ↵ (точка на осі еліпса 1)

Axis endpoint 2:50,30 ↵ (точка на осі еліпса 2)

<Other axis distance>/Rotation:4 ↵ (довжина другої півосі)

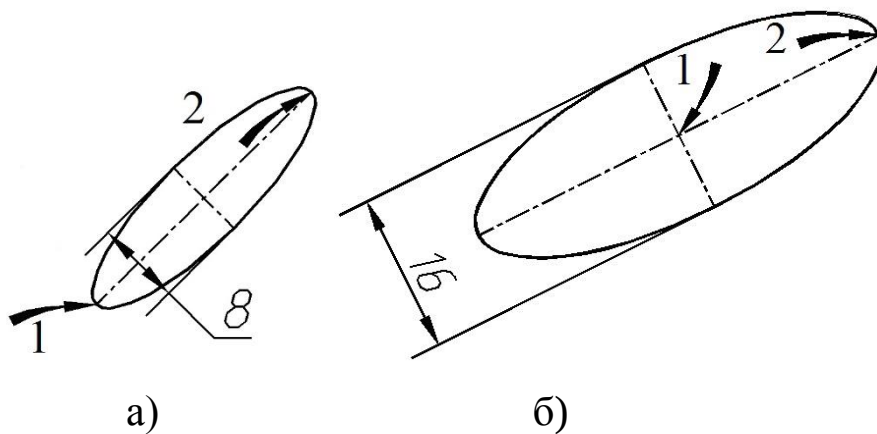


Рисунок 7.29 – Побудова еліпса

Command: ELLIPSE

<Axis endpoint 1>/Center:c ↵ (задати опцію «Центр»)

Center of ellipse:30,20 ↵ (координати центра 1)

Axis endpoint:50,30 ↵ (точка на осі еліпса 2)

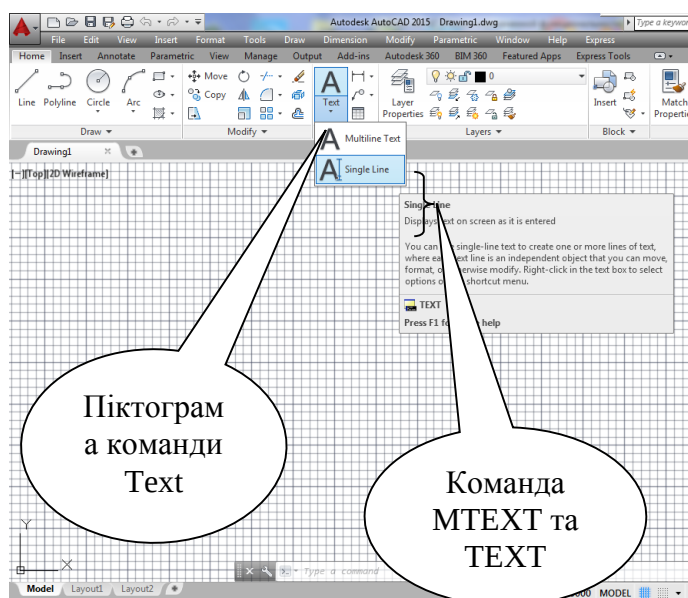
<Other axis distance>/Rotation:8 ↵ (довжина другої півосі)

7.3.9. Інструмент «Текстове повідомлення»

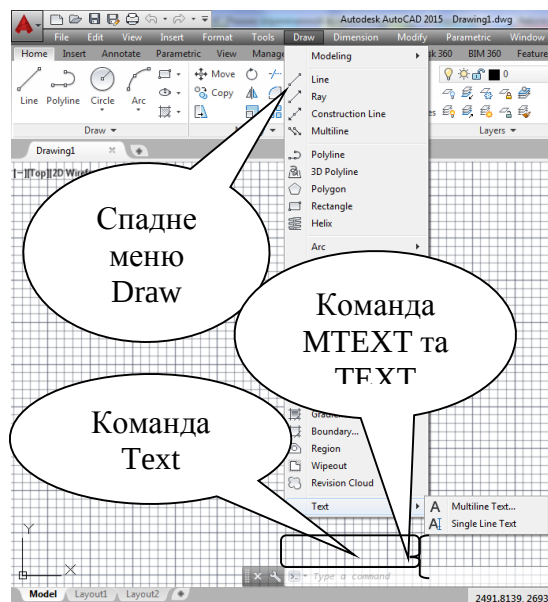
Команда **MTEXT** записує багатострічковий параграф текстового повідомлення. Команда **TEXT** записує повідомлення у текстовому рядку (рисунок 7.30а,б).

За умовчанням у шаблоні **Acadiso.dwt** прийнято тип шрифту **ARIAL TTF** під назвою **Standard** -. На рисунку 7.31 зображено його вигляд у діалоговому вікні **Text Style**. Цей тип шрифту, як і всі інші, що розташовані у **AutoCAD**, не подібні до прийнятого креслярського шрифту згідно ДСТУ ISO 3098-6:2007.

Створимо новий стиль шрифту під умовною назвою - **isocpeur**, натиснувши кнопку **NEW** (рисунок 7.32). З'явиться вікно **Text Style** в полі запису **Font Name:** знайдемо назву **ISOCPEUR**. Натиснемо кнопку **APPLY**(застосуй).

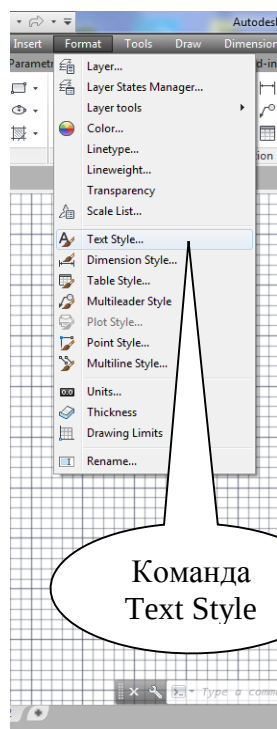


а)

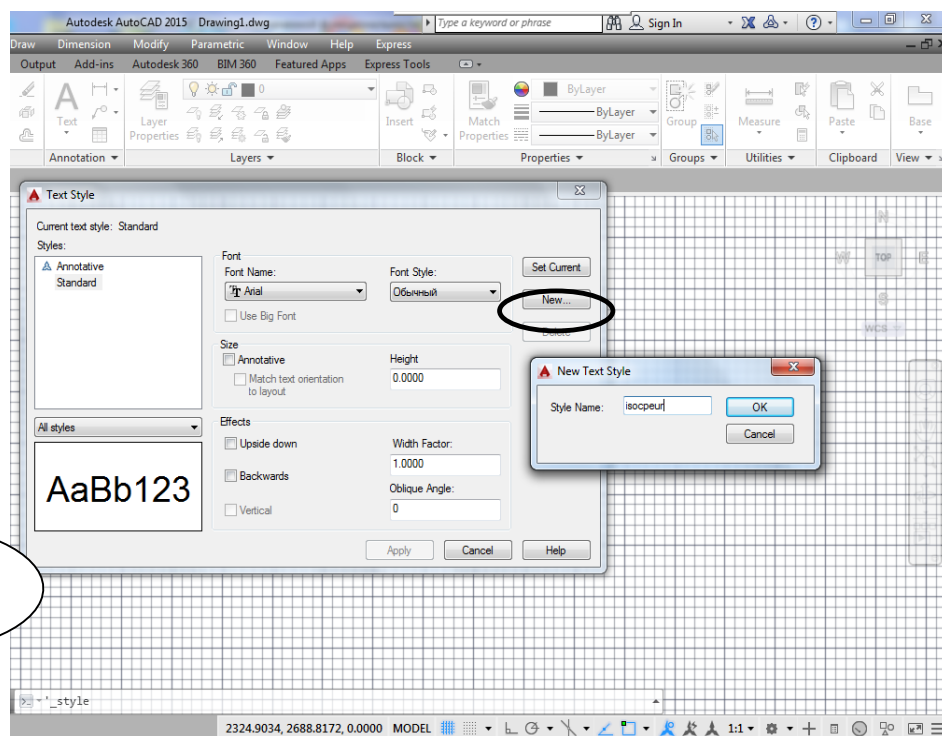


б)

Рисунок 7.30 – Розташування команди TEXT у вкладинці Draw на стрічці команд – а) та у спадному меню Draw – б)



а)



б)

Рисунок 7.31 – Створення нового текстового стилю

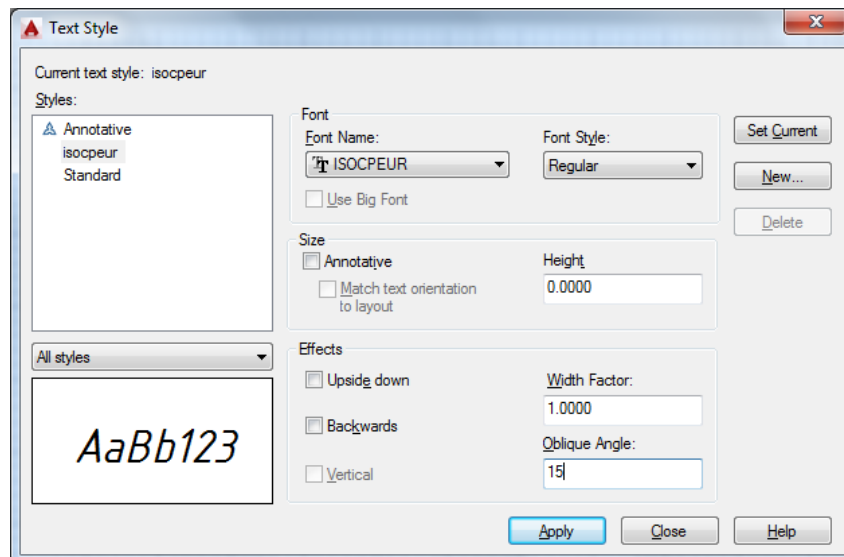


Рисунок 7.32 – Вибір назви шрифту ISOCPEUR

За потребою можемо призначити висоту шрифту в мм, набравши у полі запису **Height**. За потреби можемо зробити наш шрифт похилим (під кутом 15°), набравши число 15 у полі запису **Oblique Angle**, що розташована в полі **Effects** (рисунок 7.32). Для завершення вибору натиснемо кнопку **APPLY**.

Послідовність створення текстового рядка у командній стрічці наведено нижче.

Command: TEXT

Justify/Style/<Start point>: 320,50↵

(Вирівнювання/Стиль/<Координати початкової точки>)

Height <0.0000>: 5↵ (Висота текстового рядка)

Rotation angle <0>:↵ (Кут повороту рядка)

Text: Планка↵ (Вводимо необхідний текст «Планка»)

7.3.10. Інструмент «Штрихування»

Команда **HATCH** (рисунок 7.33а,б) виконується лише у замкненому контурі: лінійних відрізків замкнених самих на себе, кіл, замкнених самих на себе дугових сегментів, прямокутників, багатокутників, еліпсів, кілець, або поєднання при об'єднанні математичного перетину усіх перелічених примітивів.

Виберемо у меню **Draw** команду **Hatch** (штрихування). З'явиться діалогове вікно (рисунок 7.34) **Boundary Hatch** (штрихування за обмеженням).

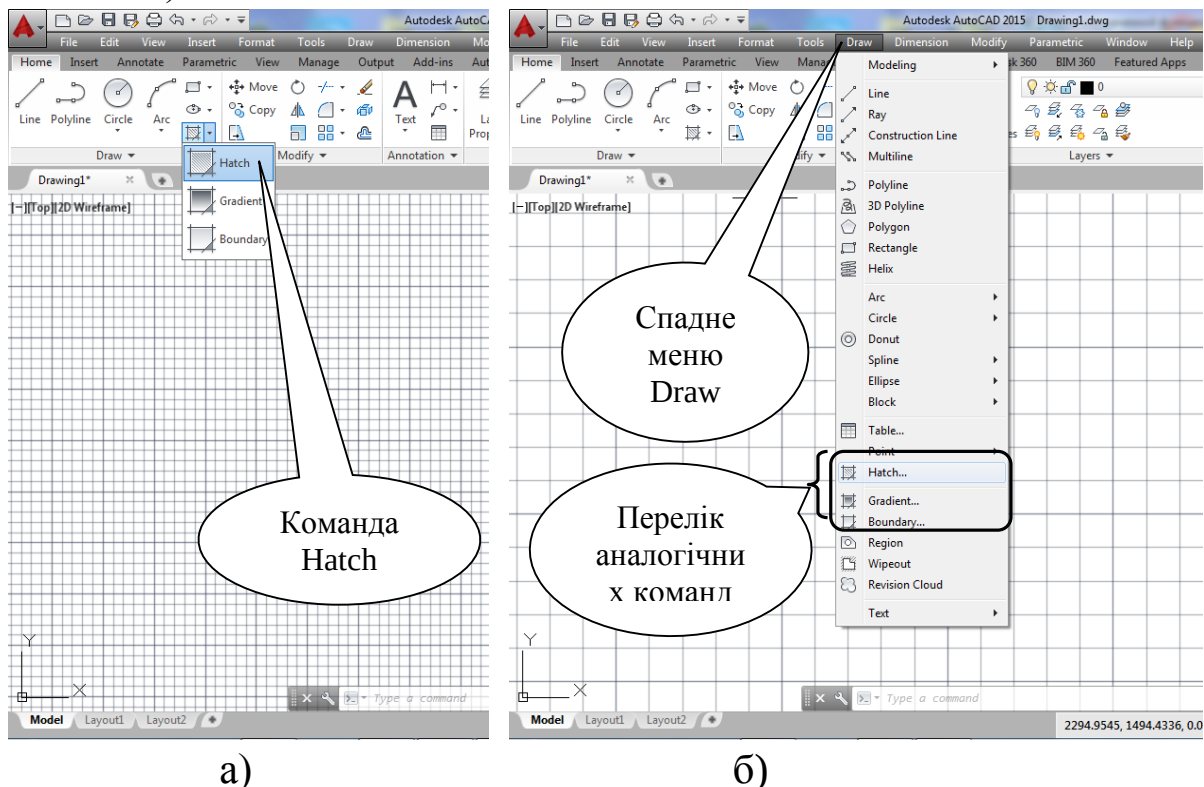


Рисунок 7.33 – Розташування команди **HATCH** у вкладинці **Draw** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Draw** – б)

У полі **Pattern** (шаблони штрихувань) оберемо курсором поле прокручування, і знайдемо шаблон **ANSI31**. У полі **Properties** доступні: опції **Pattern** – спадюче меню альтернативних інструментів штрихування; **Scale** – масштаб штрихування; **Angle** – кут нахилу штрихування для модифікації обраного шаблону **ANSI31** (рисунок 7.34).

Якщо обрати кнопку **Pick Points**, то поле штрихування визначається автоматично вказівкою курсора у замкненому контурі із створених графічних примітивів. Якщо обрати кнопку **Select** у полі **Boundaries**, то поле штрихування треба визначати вручну, вказівкою на окремі графічні примітиви (відрізки, кола, дуги, що створюють замкнений контур).

Обираючи поле **Option**, можемо задати стиль штрихування. У **AutoCAD** передбачено три стилі штрихування: **Normal** (нормальний), **Outer** (зовнішній), **Ignoring** (ігноруючий). Варто зауважити, що використання стилю має зміст лише за умови, коли вказаний для

штрихування контур містить інші (внутрішні) контури або перетинається з ними (рисунок 7.34).

Нормальний стиль **Normal** встановлює штрихування у **AutoCAD**, яке починається із зовнішнього контура, та у разі виявлення внутрішнього (вкладеного) контура команда штрихування виявляє ще один вкладений контур та аналогічні. Отже, всі непарні поля будуть заштриховані, а парні – ні.

Зовнішній стиль **Outer** забезпечує штрихування лише поля між зовнішнім контуром і першим виявленим внутрішнім.

Ігноруючий стиль **Ignore** об'єднує режим пошуку і аналізу внутрішніх контурів. При тому штрихування заповнює все поле, що визначається зовнішнім вказаним контуром.

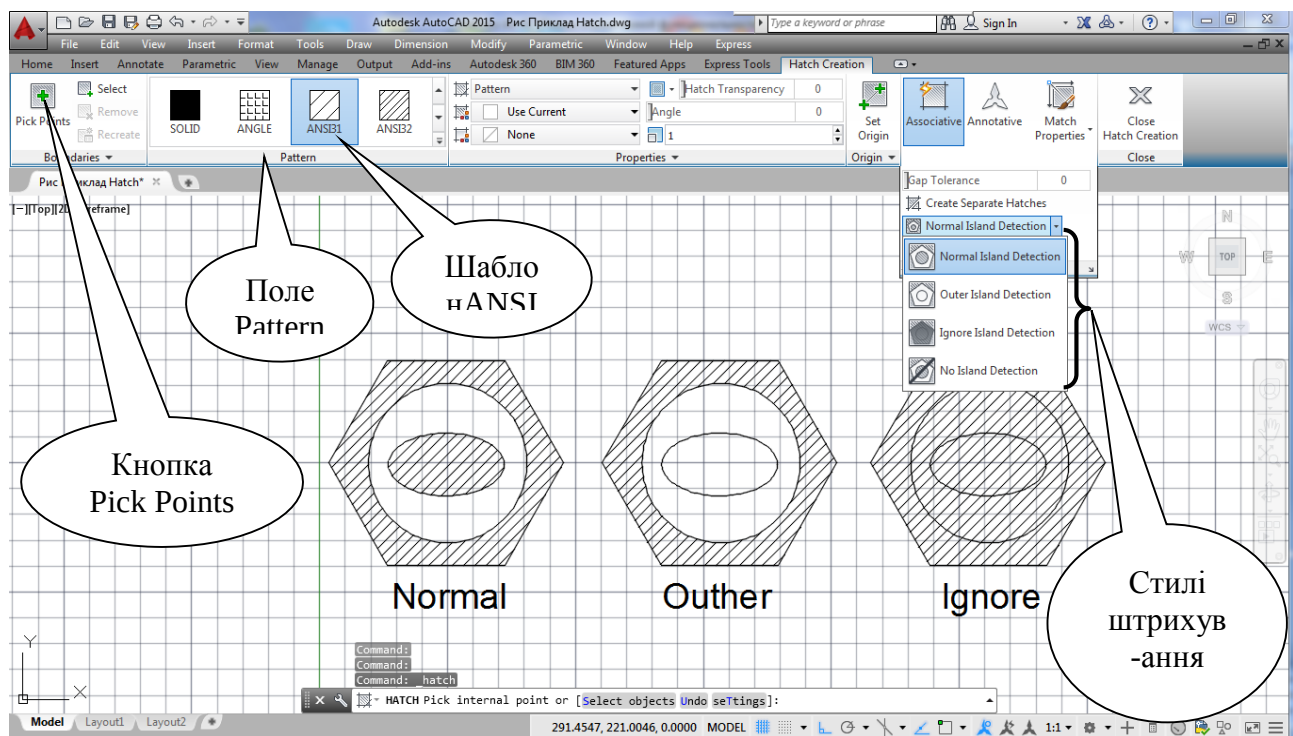


Рисунок 7.34 – Приклад використання команди HATCH з різними параметрами виконання

У полі діалогового вікна **Attributes** за замовчуванням вибирають асоціативне штрихування, опція **Associate** (штрихування зв'язане з контуром і за його модифікацією змінюватиме свої контури). Під час вибору опції **Explode** штрихування не буде асоціативним об'єктом, а швидше набором окремих ліній. Нижче наводимо альтернативний варіант введення цієї команди з клавіатури:

Command: HATCH

Pick internal point or [Select objects/Undo/Settings]: Selecting everything...

Selecting everything visible...

Analyzing the selected data...

Analyzing internal islands...

7.4. Редагування графічних примітивів

У графічному редакторі **AutoCAD** існують команди, які дають змогу коригувати вже існуючі графічні об'єкти: переносити, обертати, виконувати спряження, фаски тощо. Ці команди розміщені в підменю **Modify**.

7.4.1. Інструмент «Усунення об'єктів»

Для усунення (стирання із віртуального екрана) об'єктів використовують команду **ERASE** (рисунок 7.35а,б). Вибір об'єктів, як і в попередніх командах, виконують за допомогою курсора у вигляді квадрата або за допомогою опції **Window**. В останньому випадку всі об'єкти повинні бути повністю всередині вікна. Якщо будь-який графічний примітив буде розміщений всередині вікна вибору не повністю, а лише частково, то він не стирається.

Command: ERASE

Select objects: ... (Вибір 1 об'єкта – ліва кнопка миші)

Select objects: ... (Вибір N- го об'єкта – ліва кнопка миші)

Select objects: ↵ (Завершення вибору N об'єктів – права кнопка миші або клавіша Enter)

*Select objects: ↵ (Завершення команди – права кнопка миші або клавіша **Enter**)*

Після вибору об'єктів вони спочатку стають видимі у пунктирних лініях, але стираються тільки після натискання правої кнопки миші або клавіші **Enter**.

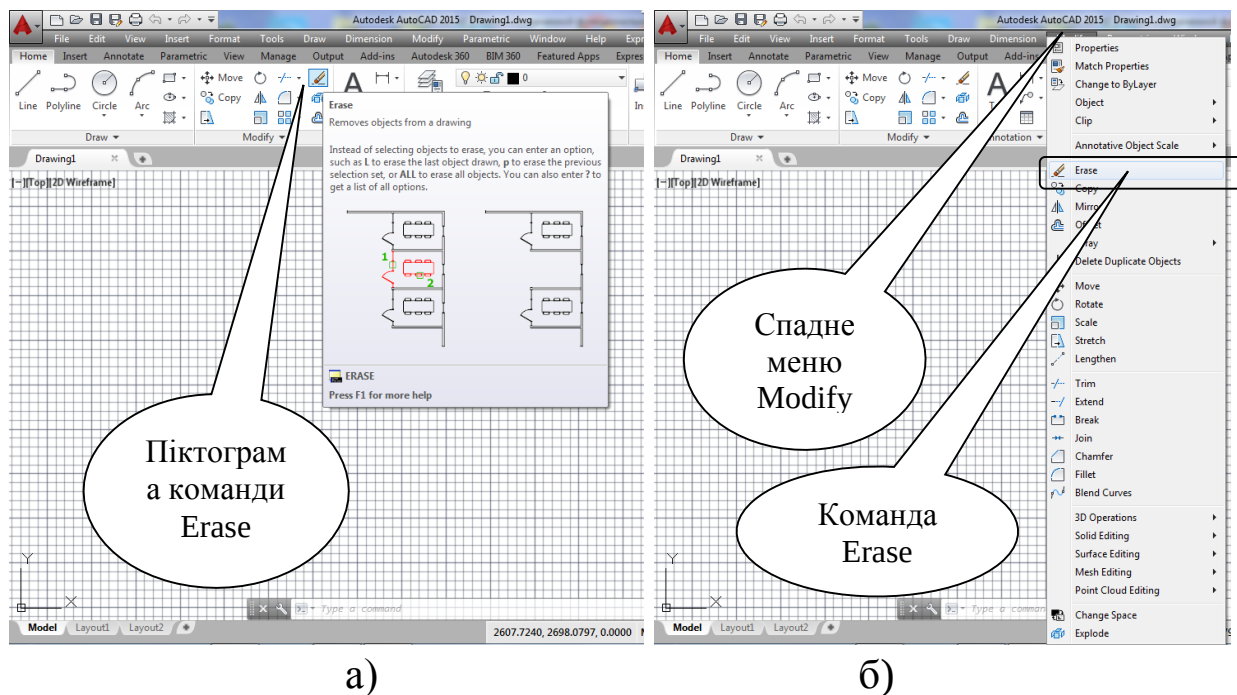


Рисунок 7.35 – Вибір команди **ERASE на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify****

7.4.2. Інструмент «Копіювання об'єктів»

Команда **COPY** (рисунок 7.36а, б) виконує копіювання об'єктів. При цьому можливе створення багатьох копій у різних місцях робочої зони кресленика (без можливості їх обертання). Наведемо приклад вибору об'єктів за допомогою опції **Window** (рисунок 7.37):

Command: COPY

Select objects: w↵

First corner: ① ↵ Other corner: ② ↵

<Base point of displacement>/Multiple: m↵
(Базова точка переміщення/Багаторазово)

Base point: ③ ↵ Second point: ④ ↵ Second point: ⑤ ↵

Якщо не застосовувати опцію **Multiple**, а виконувати команду за замовчуванням, то її дія буде аналогічна до дії команди **MOVE** з тією різницею, що об'єкти в базовому місці залишаються видимі.

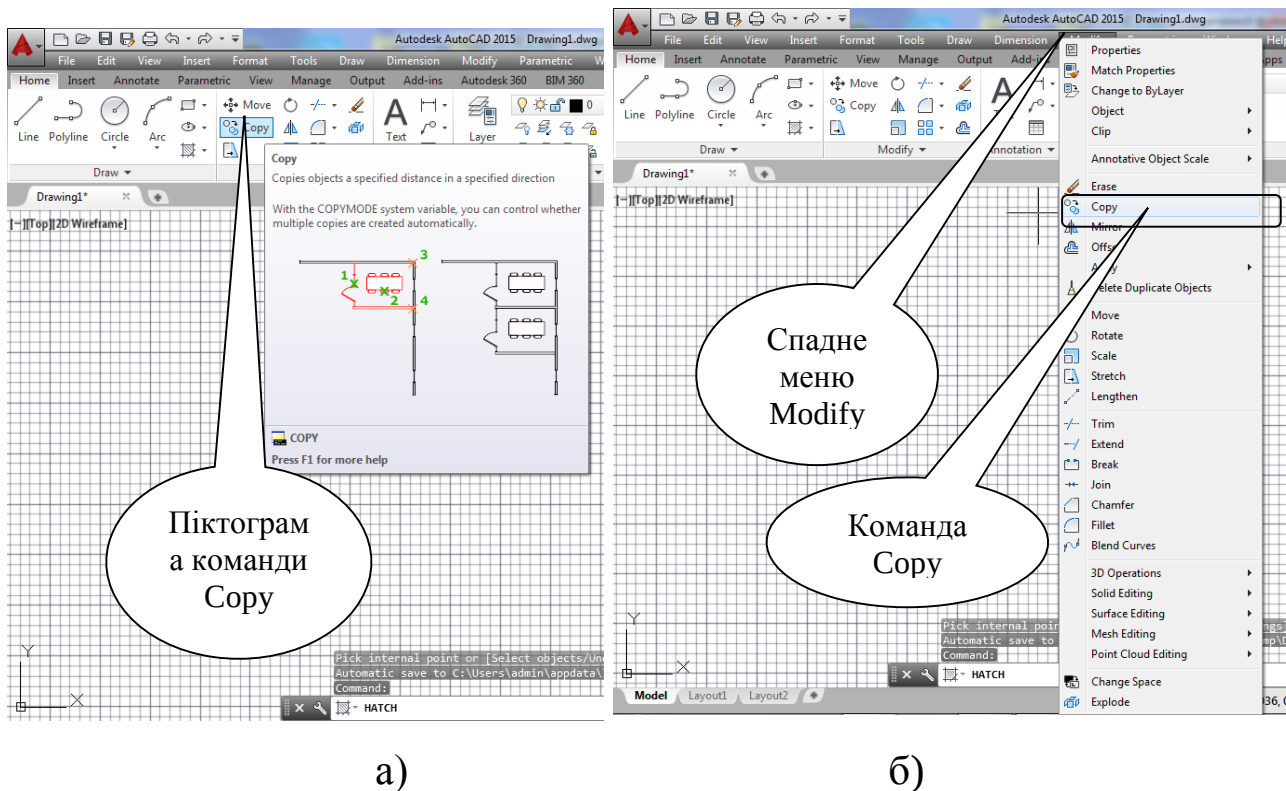


Рисунок 7.36 – Вибір команди **COPY на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify****

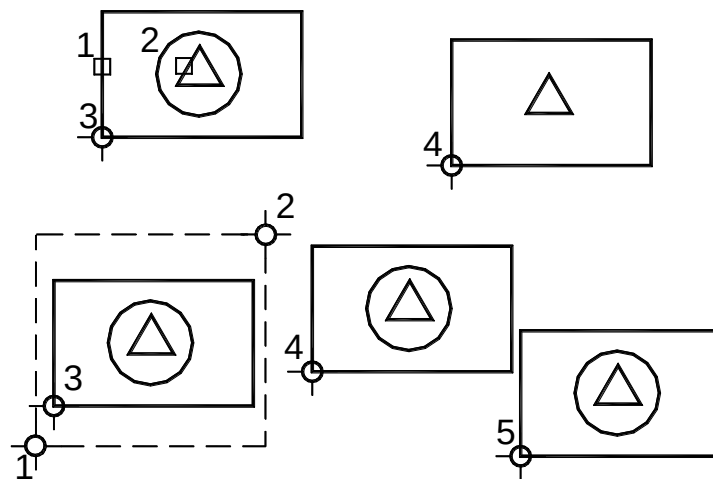
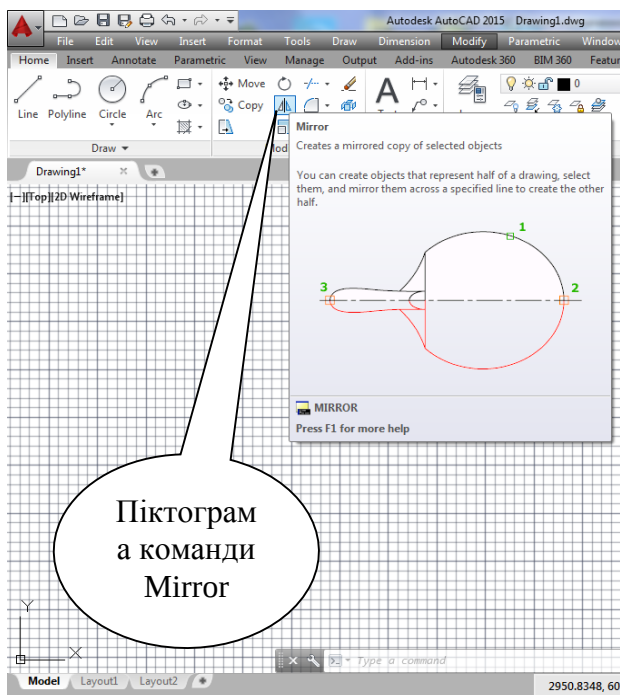


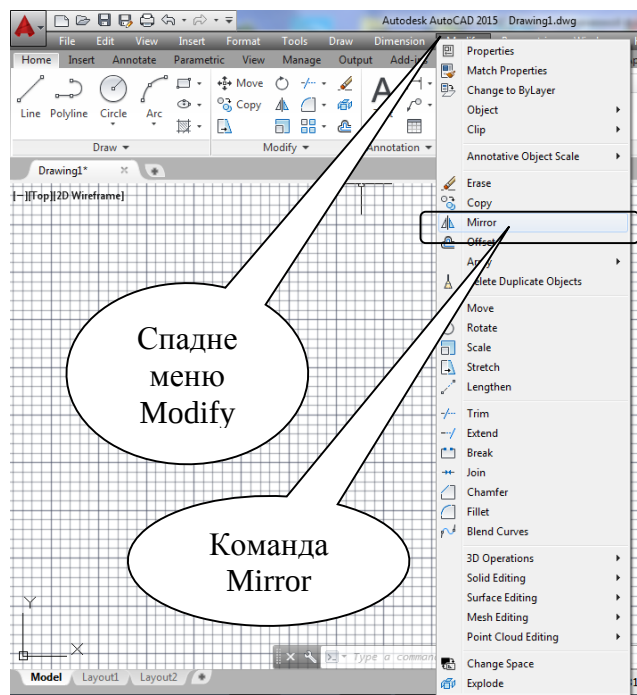
Рисунок 7.37 – Послідовність виконання команди копіювання

7.4.3. Інструмент «Симетричне відображення об'єктів»

Команда **MIRROR** дає змогу формувати симетричне відображення існуючого набору об'єктів щодо заданої лінії, знищуючи або зберігаючи оригінали (рисунок 7.38а, б).



а)



б)

Рисунок 7.38 – Вибір команди **MIRROR на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify****

Command: MIRROR

Select objects: w↵

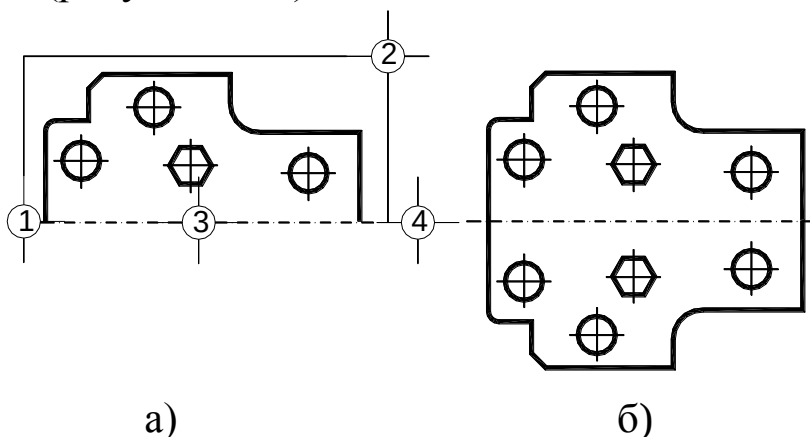
First corner: ① ↵ Other corner: ② ↵

First point of mirror line: ③ ↵ (Перша точка лінії відображення)

Second point of mirror line: ④ ↵ (Друга точка лінії відображення)

Delete objects? <N>: ↵ (Знищити об'єкти? <ні>)

Під час виконання останньої опції за замовчуванням базові об'єкти не знищуються (рисунок 7.39).



а)

б)

Рисунок 7.39 – Створення симетричної копії

7.4.4. Інструмент «Формування масиву»

Команда **ARRAY** (рисунок 7.40а, б) дає змогу формувати з графічних об'єктів масив у прямокутній або полярній системі координат. У прямокутній системі координат об'єкт (або набір об'єктів) копіюється вздовж осі *x*, утворюючи рядок, та вздовж осі *y*, утворюючи стовпець, у заданих кількостях із заданими кроками (відстанями по осях) (рисунок 7.41).

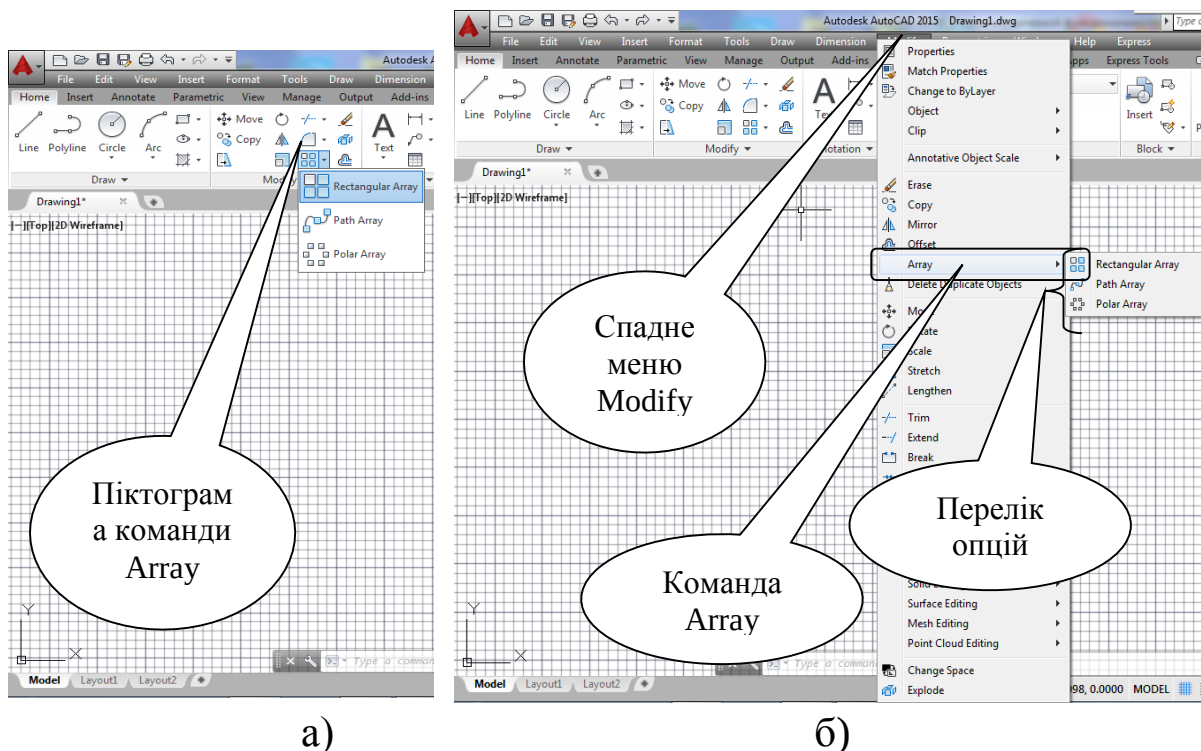


Рисунок 7.40 – Вибір команди **ARRAY** на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify**

Command: ARRAY

Select objects: ↵ (Вибір примітиву)

Select objects: ↵

Rectangular or Polar array (R/P): R ↵

(Прямокутний чи полярний масив)

Number of rows (---) <1>: 4 ↵ (Кількість рядків)

Number of columns (// /): 5 ↵ (Кількість стовпців)

Unit cell or distance between rows (---): ↵ (Клітинка масиву або відстань між рядками)

Distance between columns (/ / /): ↵ (Відстань між стовпцями)

Замість відстані між рядками і стовпцями можна задати розмір клітинки масиву (на рисунку 7.41 показана штриховою лінією). Для цього потрібно задати за допомогою курсора або з клавіатури координати кутових точок вікна.

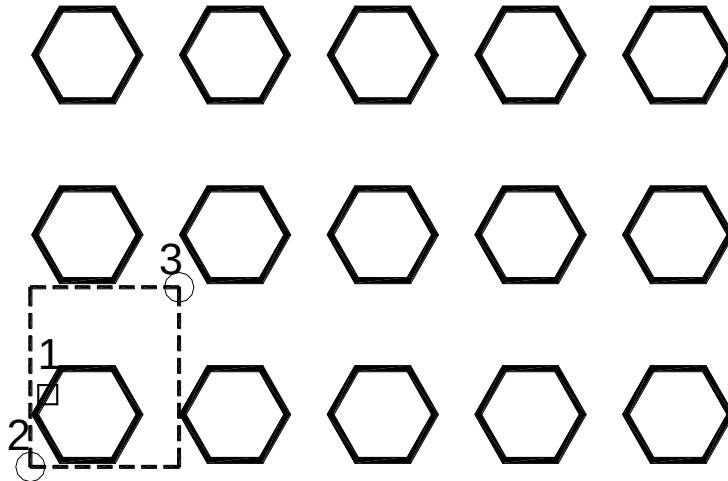


Рисунок 7.41 – Приклад побудови прямокутного масиву

Command: ARRAY

Select objects: [1] ↵

Rectangular or Polar array (R/P): R ↵

Number of rows (---): ... ↵

Number of columns (/ / /): ... ↵

Unit cell or distance between rows (---): (2) ↵

Other corner: (3) ↵

У полярній системі координат об'єкт (або їх набір) копіюється по колу або дузі кола з певним кроком (рисунок 7.42a).

Command: ARRAY

Select objects: [2] ↵

Select objects: ↵

Rectangular or Polar array (R/P): p ↵

Center point of array: (1) ↵ (Центральна точка масиву)

Number of items: 4 ↵ (Кількість набору об'єктів)

Angle to fill (+ = ccw, - = cw) <360>: -70 ↵

(Кут заповнення, додатний напрям проти годинникової стрілки)

Rotate objects as they are copied? <Y>: N ↵

(Чи обертати об'єкти, які копіюють?)

Остання опція дає змогу обертати об'єкти так, щоб вони були розташовані радіально щодо центра масиву (рисунок 7.42б). Для цього треба виконати опцію за замовчуванням.

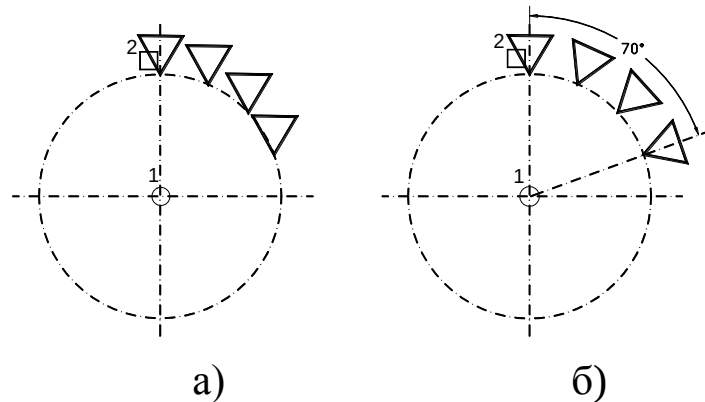


Рисунок 7.42 – Приклад побудови полярного масиву

7.4.5. Інструмент «Переміщення об'єктів»

Команда **MOVE** (рисунок 7.43а, б) дає змогу виконати плоско-паралельне переміщення об'єктів або їх набору. При цьому вказується базова точка, щодо якої передбачається переміщення, та її нове розташування. Об'єкти тут, як і в таких командах, можна вибирати як по одному за допомогою курсора у вигляді квадрата (або задавши з клавіатури одну з точок графічного примітива), так і за допомогою вікна (опції **Window**). У наступному прикладі об'єкти вибирають по одному. Тут, як і далі, цифрою в колі показано розташування точки, що вибирається курсором у вигляді двох прямих, що перетинаються.

Command: MOVE

Select objects: 2 ↵

1 selected, 1 found (Оберемо об'єкти) (1 вибрано, 1 знайдено)

Select objects: ↵ (Завершення вибору об'єктів для редагування)

Base point of displacement: 3 ↵ (Базова точка переміщення)

Second point of displacement: 4 ↵ (Друга точка переміщення)

Під час переміщення об'єктів їх видимість у базовому місці втрачається.

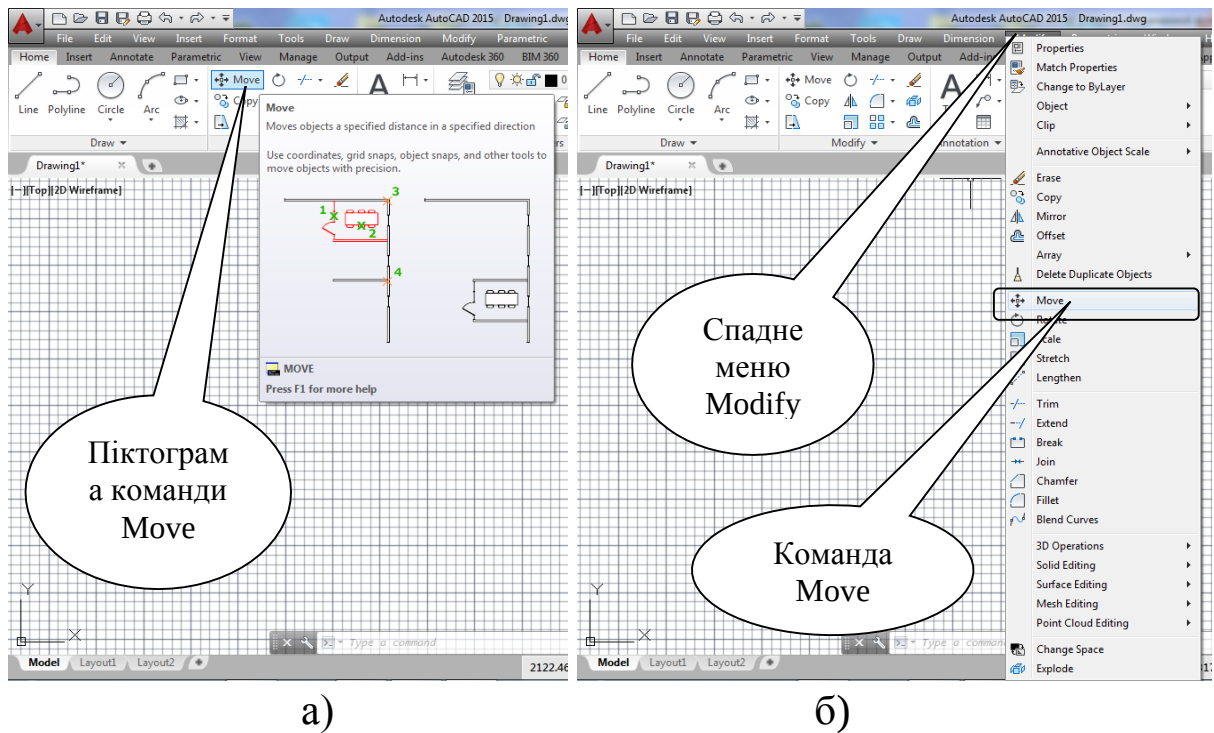


Рисунок 7.43 – Вибір команди **MOVE** на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify**

7.4.6. Інструмент «Обертання об'єктів»

Команда **ROTATE** (рисунок 7.44а, б) дає змогу обертати об'єкти щодо базової точки на заданий кут (у градусах), додатний напрямком проти годинникової стрілки (рисунок 7.45).

Command: ROTATE

Select objects: ↵ ↵ ↵ (Почергово оберемо об'єкти)

Select objects: ↵ (Завершена вибору об'єктів для редагування)

Base point: ↵ (Координати точки центра обертання)

<Rotation angle>/ Reference: 30 ↵ (Кут обертання/Посилання)

У цьому випадку кут обертання 30°. Опція **References** дає змогу здійснити обертання об'єкта, змінивши існуюче значення кута обертання.

Command: ROTATE

Select objects: ↵ ↵ ↵ (Почергово оберемо об'єкти)

Select objects: ↵ (Завершена вибору об'єктів для редагування)

Base point: ...,... ↵ (Координати точки центра обертання)

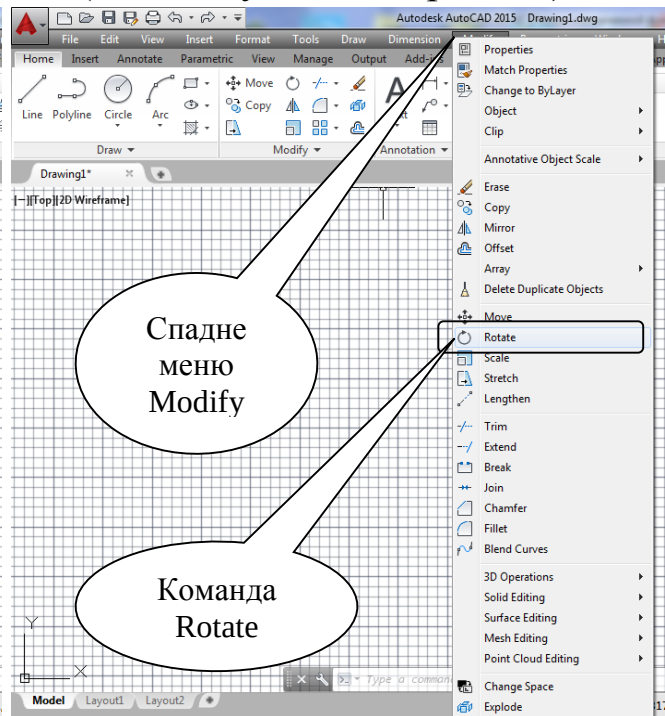
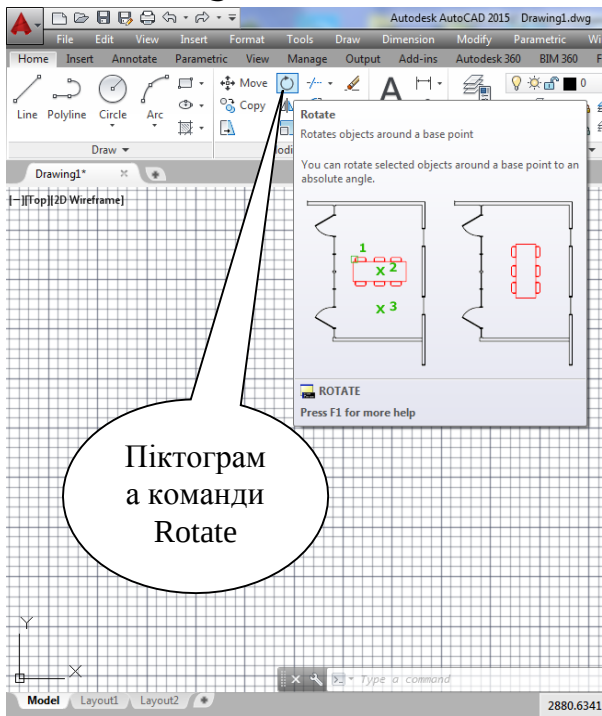
<Rotation angle>/ Reference: r ↵ (Опція кута посилання)

Reference angle: 0 ↙

New angle: 30 ↙

(Кут посилаання)

(Новий кут для обертання)



а)

б)

Рисунок 7.44 – Вибір команди **ROTATE** на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify**

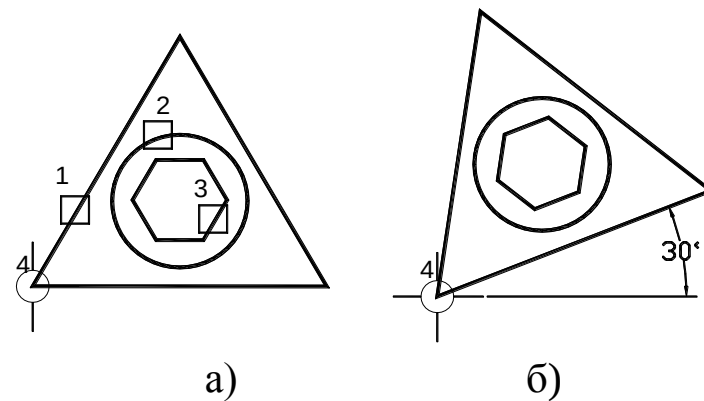


Рисунок 7.45 – Приклади використання команди **Rotate**

7.4.7. Інструмент «Створення фасок»

Команда **CHAMFER** (рисунок 7.46а, б) виконує “підрізьку” двох непаралельних відрізків на вказаній відстані від точки їх перетину та з’єднує кінці відрізків новим відрізком.

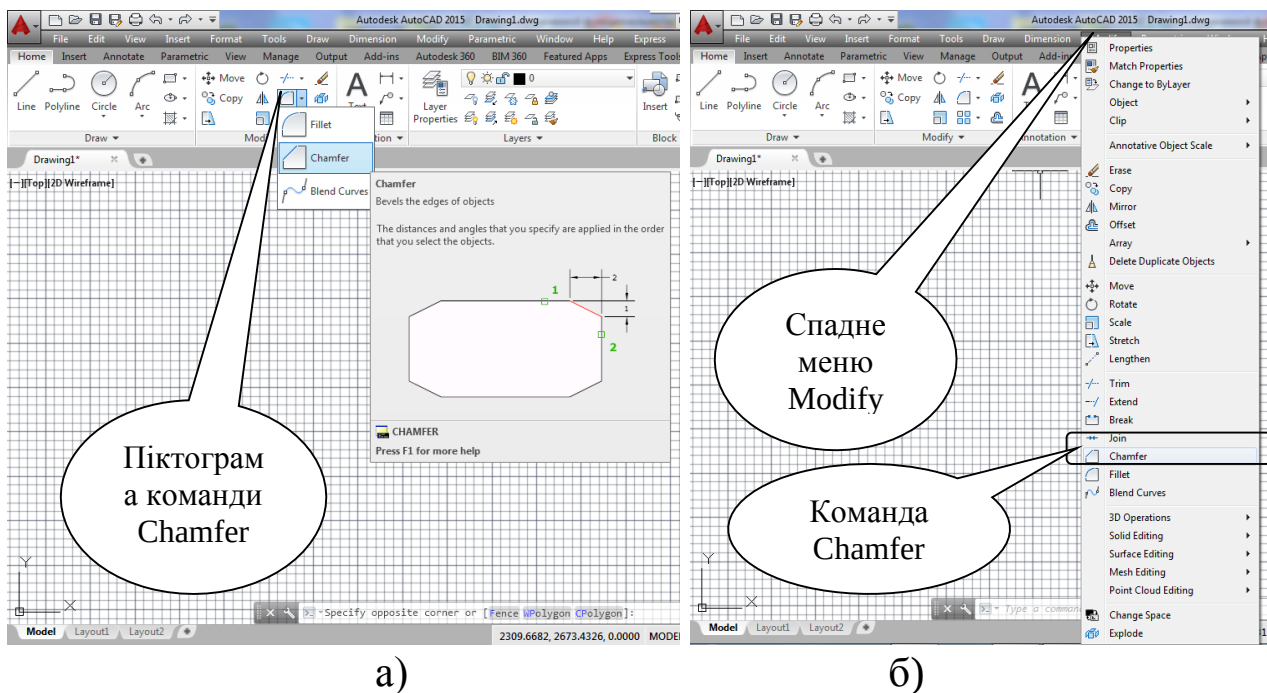


Рисунок 7.46 – Вибір команди CHAMFER на стрічці команд у вкладниці **Modify та із спадного меню **Modify****

Спочатку треба задати розміри фасок, тобто відстані від точки перетину відрізків до майбутньої фаски. Для прикладу на рисунку 7.47, де розміри фаски 4 мм x 2 мм, виконуються такі опції.

Command: CHAMFER

Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/<Select first line>: d ↵
(Полілінія/Відстані/Вибрати першу лінію)

Enter first chamfer distance<0.00>: 4 ↵ (Ввести величину першої фаски)

Enter second chamfer distance<4.00>: 2 ↵ (Ввести величину другої фаски)

Як і в інших командах, опцію (в нашому випадку **Distances**) можна вибрати за допомогою курсора на екранному меню. Після цього необхідно курсором, який як і в більшості команд підменю **EDIT**, має вигляд маленького квадрата, відмітити за допомогою лівої клавіші миші кожен з двох відрізків у будь-якій точці, або ввести координати цих точок з клавіатури. Причому послідовність відмічання повинна відповідати послідовності введення розмірів фасок, якщо вони різні.

Command: CHAMFER

Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/<Select first line>: 1 ↵

Select second line: 3 ↵

Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/<Select first line>: 2 ↵

Select second line: 3 ↵

Якщо на екрані відрізки не перетинаються, за цією командою вони продовжуються до перетину, а потім утворюється фаска. Опція **Polyline** дає змогу утворювати фаски на полілінії.

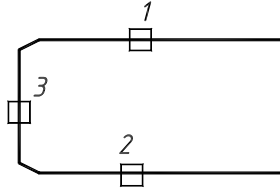
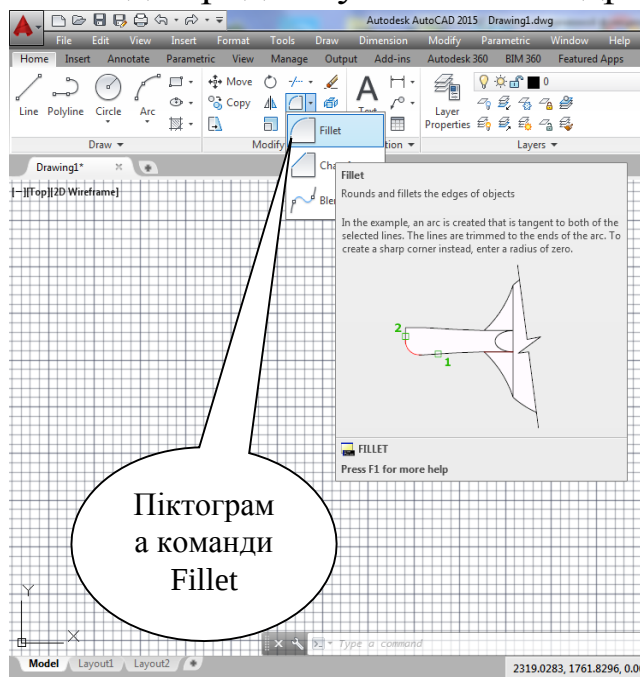


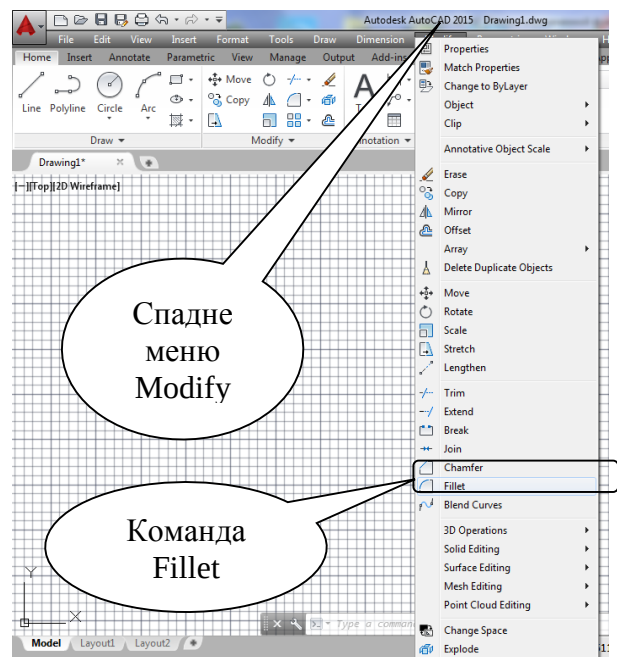
Рисунок 7.47 – Приклад створення фасок

7.4.8. Інструмент «Виконання зовнішніх спряжень»

Команда **FILLET** (рисунок 7.48а, б) виконує спряження двох відрізків, двох кіл, двох дуг, відрізка і кола, відрізка і дуги, кола і дуги. Команда продовжує лінії або відрізає їх у точці спряження.



а)



б)

Рисунок 7.48 – Вибір команди **FILLET на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify****

Спочатку треба задати радіус спряження, потім відмітити об'єкти спряжень курсором у вигляді квадрата (або задати ці точки з клавіатури). У разі спряження дуг або кіл з кількох можливих варіантів

будують спряження, кінцеві точки якого розміщені ближче до точок вибору об'єктів, а дугу спряження проводять проти годинникової стрілки. На рисунку 7.49а зображено спряження двох прямих; б – спряження прямої і кола; в – двох кіл.

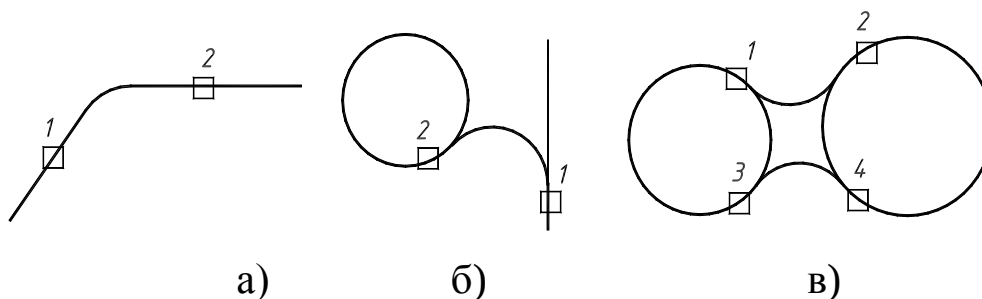


Рисунок 7.49 – Приклади побудови спряжень

Command: FILLET

Polyline/Radius/Trim/<Select first object>:r ↵ (Вибір опції *радіус*)
(*Полілінія/Радіус/Обрізка<Вибрати перший об'єкт>*)

Enter fillet radius<0.00>: ... ↵ (Ввести радіус спряження)

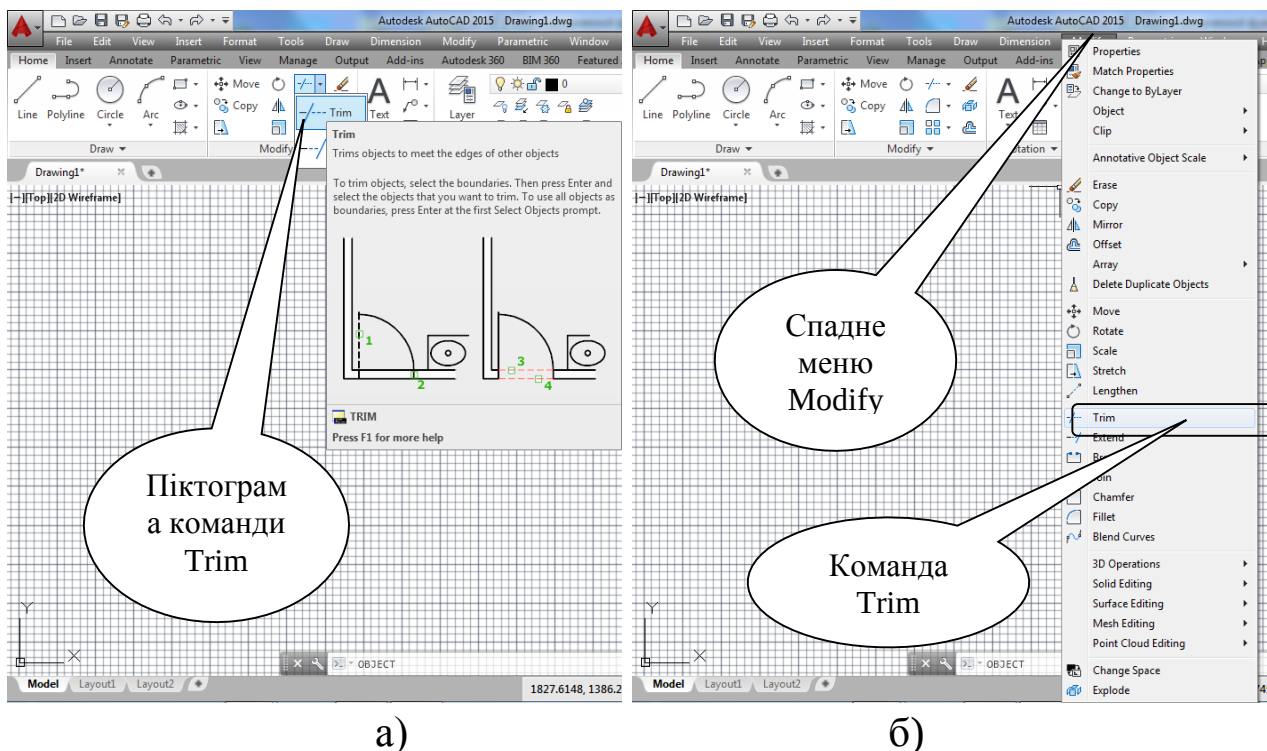
Polyline/Radius/Trim/<Select first object> [1] :↵ (Вибір курсором миші першого об'єкта)

Select second object: [2] ↵ (Вибір курсором миші другого об'єкта)

Спряження неможливо побудувати для паралельних відрізків, якщо відстань між ними не дорівнює двом радіусам, та якщо відстань між колами або дугами більша від двох радіусів спряження.

7.4.9. Інструмент «Ножиці»

Команда **FILLET** дає змогу виконати тільки зовнішні спряження дуг або кіл. Побудувати внутрішні або комбіновані спряження можна так. Спочатку потрібно побудувати коло радіусом, що дорівнює радіусові спряження, вважаючи дугу або коло, що спряжуються, дотичними, за допомогою команди **CIRCLE** з опцією **TTR**. Потім за допомогою команди **TRIM** (рисунок 7.50а,б) треба підрізати частину кола між точками дотику.



а)

б)

Рисунок 7.50 – Вибір команди **TRIM на стрічці команд у вкладинці **Modify** та із спадного меню **Modify****

Створимо внутрішнє спряження двох менших кіл великим колом
Command: CIRCLE

3P/2P/TTR/<Center>: TTR ↵ (Набір опції Дотик, дотик, радіус)

Enter Tangent spec: ↵ (Вказівка курсором миші першого кола дотику)

Enter second Tangent spec: ↵ (Вказівка курсором миші другого кола дотику)

Radius: ↵ (Ввести радіус спряження)

Наступною дією буде обирання у меню **MODIFY** команди **TRIM**.
Command: TRIM ↵

Select cutting edges: (Projmode = UCS, Edgemode = No exten
(Обрати ріжучі крайки)

Select objects: ↵ (Вказівка курсором миші першої крайки)

Select objects: ↵ (Вказівка курсором миші другої крайки)

Select objects: ↵ (Завершення обрання крайок)

<Select object to trim>/Project/Edge/Undo: ↵ (Обрати об'єкт для видалення)

Мітку 5 для видалення потрібно вказувати на тій частині кола, яка буде видалена (рисунок 7.51).

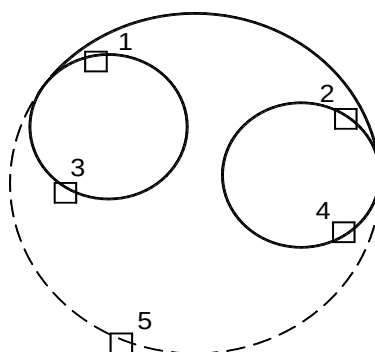


Рисунок 7.51 – Приклад побудови внутрішнього спряження із застосуванням команди **TRIM**

7.4.10. Інструмент «Редагування полілінії»

Багато переваг, пов'язаних з використанням полілінії, неможливо усвідомити без зв'язку з командами редагування, які для полілінії об'єднані у “власну” окрему команду **PEDIT** (рисунок 7.52а,б).

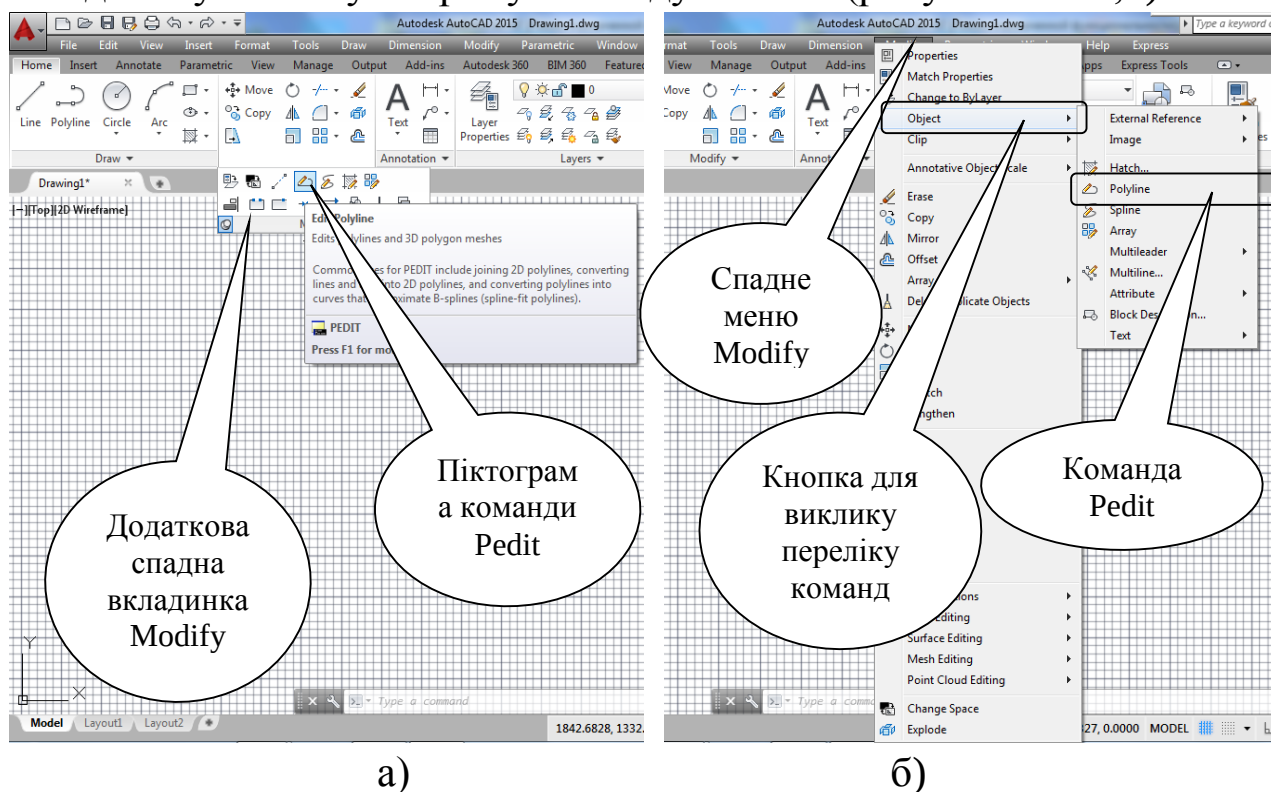


Рисунок 7.52 – Розташування команди **PEDIT** у вкладинці **Modify** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Modify** – б)

Command: PEDIT :

Select polyline or [Multiple]:M

Варто зауважити, що ця команда працює лише з одним примітивом, для вибору декількох слід ввести із клавіатури опцію **Multiple**. Після вибору об'єкта **AutoCAD** перевіряє, чи є вказаний примітив полілінією. У разі, якщо він є відрізком чи дугою, видається повідомлення:

Object selected is not a polyline (Вказаний примітив не є полілінією)
Do you want to turn it into one? <Y> (перетворити об'єкт у полілінію)

За замовчуванням команда **PEDIT** перетворить вказаний об'єкт у полілінію, що складається з одного сегмента (нагадаємо: якщо вказати декілька, то в полілінію перетвориться перший з них). Тепер вибрані об'єкти можна редагувати командою **PEDIT**, в якій запропоновано такий список опцій:

Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Undo/eXit <X>:

Якщо вибрана замкнена полілінія, то замість опції **Close** буде **Open**.

Розглянемо опції команди **PEDIT**:

<i>Close/Open</i>	Замикає (або розмикає) полілінію, з'єднуючи останню і початкову точки сегментом
<i>Join</i>	Додає послідовно до незамкненої полілінії інші полілінії або відрізки чи дуги, перетворюючи їх сегменти в полілінії. Таким чином ця опція дає змогу об'єднати довільну кількість сусідніх відрізків, дуг та поліліній в одну полілінію (в один примітив). Варто зауважити: якщо примітиви побудовані неточно і їхні вершини не збігаються, то їх не можна об'єднати в одну полілінію
<i>Width</i>	Встановлює єдине значення ширини для всіх сегментів, що входять у полілінію
<i>Edit vertex</i>	Викликає режим редагування вершин
<i>Fit</i>	Округлює полілінію дуговими сегментами
<i>Spline</i>	Округлює полілінію сплайном
<i>Decurve</i>	Знімає округлення і відновлює попередню форму полілінії
<i>Undo</i>	Відмінняє дію останньої опції редагування, не виходячи з команди PEDIT
<i>eXit</i>	Забезпечує вихід з режиму редагування (завершує роботу команди PEDIT)

Command: PEDIT

Select polyline or [Multiple]:

Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: C
 Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: W
 Specify new width for all segments: 1
 Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: F
 Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: S
 Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: O
 Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: D
 Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: ↵ (рисунок 7.53).



Рисунок 7.53 – Редагування полілінії шляхом послідовної зміни опцій

Великі можливості з редагування полілінії забезпечує опція **Edit vertex**. Вона пропонує вибрати одну з вершин полілінії і виконати над нею і сусідніми сегментами різні операції редагування. Якщо викликати опцію **Edit vertex**, то з'явиться новий список опцій, призначених спеціально для редагування вершин:

Command: PEDIT

Select polyline or [Multiple]: 1

Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Reverse/Undo]: E
 Enter a vertex editing option
 [Next/Previous/Break/Insert/Move/Regen/Straighten/Tangent/Width/eXit]
 <N>: N
 Enter a vertex editing option

На екрані в першій вершині з'явиться Х-подібна мітка, яка переміщатиметься від вершини до вершини під час вибору опцій **Next** чи **Previous**. Розглянемо опції режиму **Edit vertex**:

<i>Next/Previous</i>	Переміщає маркер до попередньої або наступної вершини
<i>Break</i>	Розриває полілінію у вказаній вершині. При тому запам'ятовується її положення і пропонується вибір: <i>Next/Previous/Go/eXit<N></i> : Використовуючи опції Next/Previous, можна задати дві вершини і за допомогою опції Go витерти всі сегменти полілінії між ними. Якщо ж задана лише одна вершина (без переміщення маркера), то полілінія буде розірвана у вказаній вершині
<i>Insert</i>	Додає нову вершину до полілінії після тієї, що відмічена маркером. Для того потрібно ввести положення нової вершини на такий запит: <i>Enter location of new vertex:</i>
<i>Move</i>	Переносить помічену маркером вершину у вказане нове положення: <i>Enter new location:</i>
<i>Regen</i>	Використовується після виконання дії опції <i>Width</i> , проводячи регенерацію для оновлення зміненого зображення
<i>Straighten</i>	Випрямляє полілінію від вершини, поміченої маркером на момент виклику цієї опції, до тієї вершини, в якій буде встановлено маркер з подальшим введенням опції <i>Go</i> . Всі вершини між вказаними будуть видалені і всі сегменти на цій ділянці будуть замінені прямолінійним сегментом. Якщо задано лише одну вершину, то буде випрямлено наступний за вершиною сегмент
<i>Tangent</i>	Пропонує задати напрямок дотичної в поміченій вершині для наступного використання її під час округлення полілінії
<i>Width</i>	Змінює початкову та кінцеву ширину одного сегмента, розташованого за поміченою вершиною. Для того, щоб побачити результат, необхідно провести регенерацію опцією <i>Regen</i>
<i>eXit</i>	Забезпечує вихід з режиму редагування вершин

Полілінію можна заокруглити дугами кола (опція **Fit curve**), що проходять через всі вершини ламаної полілінії, використовуючи при

цьому задані напрямки дотичних, і поліномами різного порядку (опція **Spline**). Під час заокруглення в полілінію додаються нові вершини, а старі вершини, залишаючись в описі полілінії, переводяться в особливий стан контрольних точок. Тому таке заокруглення характеризується зворотністю: в будь-який момент можемо відмінити заокруглення (опція **Decurve**). При тому додані додаткові вершини полілінії будуть відмінені, а істинні вершини полілінії – відновлені.

7.5. Заміна типів ліній

Заміну типу лінії проводять за допомогою команди **LINETYPE**, яку викликають із вкладинки **Properties**, або спадного меню **Format** (рисунок 7.54а, б).

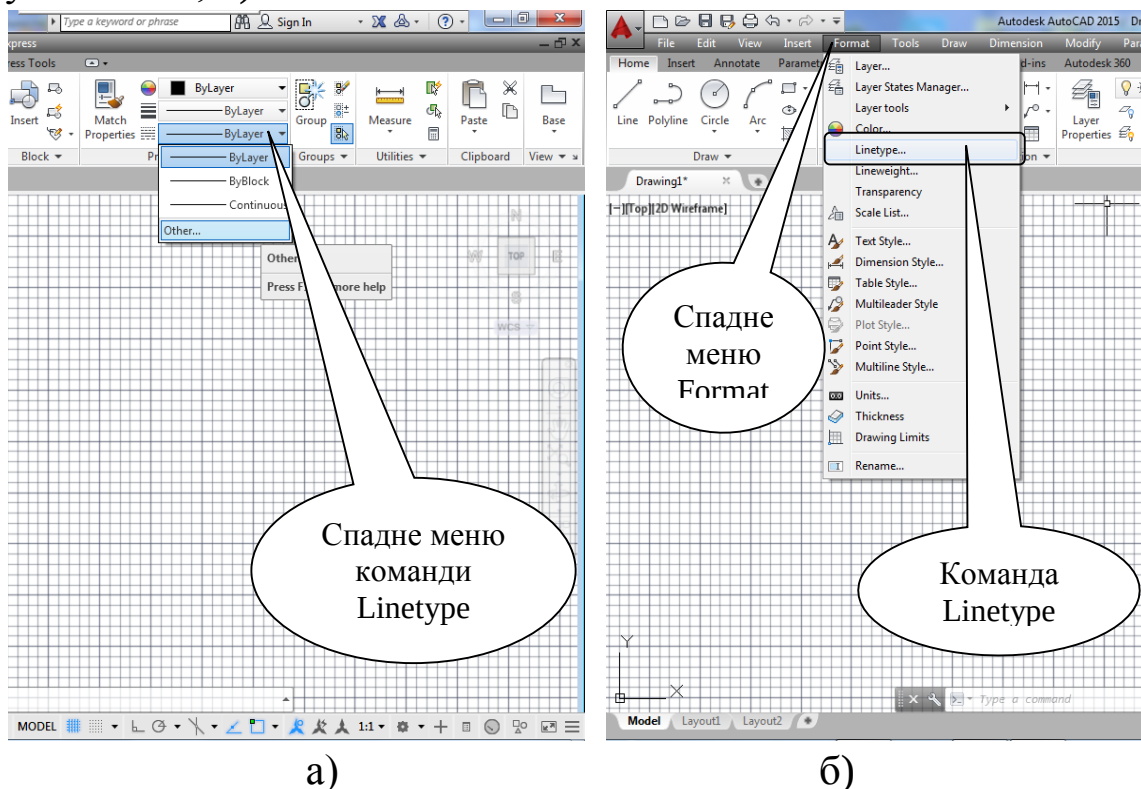


Рисунок 7.54 – Розташування команди **LINETYPE у вкладинці **Properties** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Format**– б)**

Створімо новий тип лінії – осьову лінію. Виберемо з меню **Format** опцію **Linetype** (тип лінії). З’явиться діалогове вікно **Layer&Linetype Properties** (шар та тип лінії). Натиснемо кнопку **Load** (завантажити). З’явиться діалогове вікно **Load or Reload Linetypes**. Виберемо тип лінії **Acad_iso10w100**. Натиснемо кнопку **OK**. Вибраний тип лінії буде занесений в базу доступних типів ліній (рисунок 7.55). Для **AutoCAD**

достатньо скороченого набору з клавіатури **Lt (Linetype)**, щоб з'явилося діалогове вікно **Layer&Linetype Properties**.

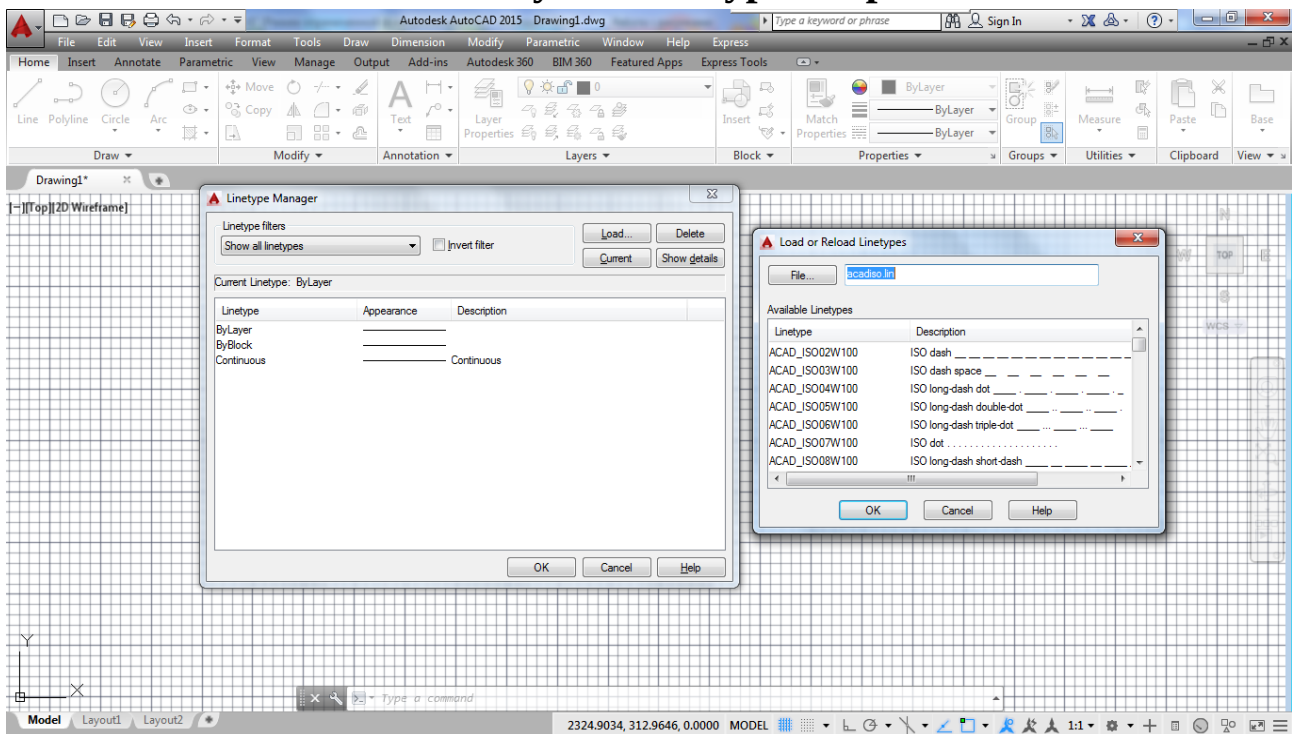


Рисунок 7.55 – Створення нового типу лінії

Нижче наводимо альтернативний варіант введення цієї команди з клавіатури

Command: LINETYPE

? / Create / Load / Set: L↵

Linetype(s) to load: Acad_iso10w100↵

(?/Створи/Завантаж/Встанови:) (Завантажити тип лінії)

7.6. Створення нового шару кресленика

Створення нового шару кресленика проводять за допомогою команди **LAYER**. Шар кресленика у **AutoCAD** потрібно розглядати як частину кресленика, де розташовані об'єкти (рисунок 7.56а,б).

Кожний графічний примітив може належати певному шару. Створюючи кресленик, можемо: вводити нові шари (кількість шарів не обмежується), позбуватись їх (крім нульового шару); переназивати шари; змінювати їх властивості.

Створимо новий шар кресленика, в якому будемо креслити осьові і центрові лінії. Виберемо з меню **Format** опцію **Layer** (шар

кресленика). З'явиться діалогове вікно **Layer Properties Manager** (рисунок 7.57). Натиснемо кнопку **New Layer** (новий шар). З'явиться прямокутник з написом **Layer1**. Замінімо назву шару **Layer1** на *Осьова* (рисунок 7.58).

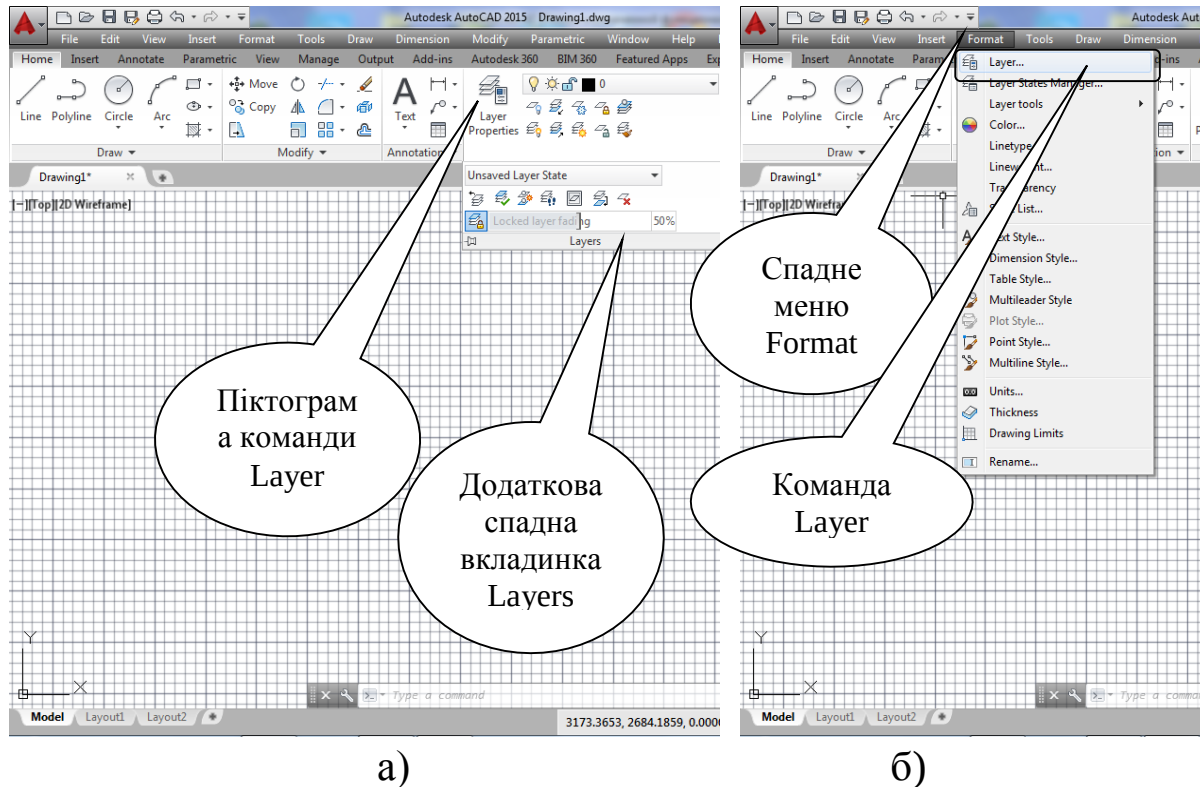


Рисунок 7.56 – Розташування команди **LAYER** у вкладинці **Layers** на стрічці команд – а) та у спадному меню **Format** – б)

. Змінімо тип лінії в новому шарі з **Continuous** на тип лінії **Acad_iso10w100**, який щойно з'явився. Курсором вкажемо тип лінії **Continuous** у шарі *Осьова* з'явиться діалогове вікно **Select Linetype**. Курсором вкажемо тип лінії **Acad_iso10w100**. Натиснемо кнопку **OK** (рисунок 7.59).

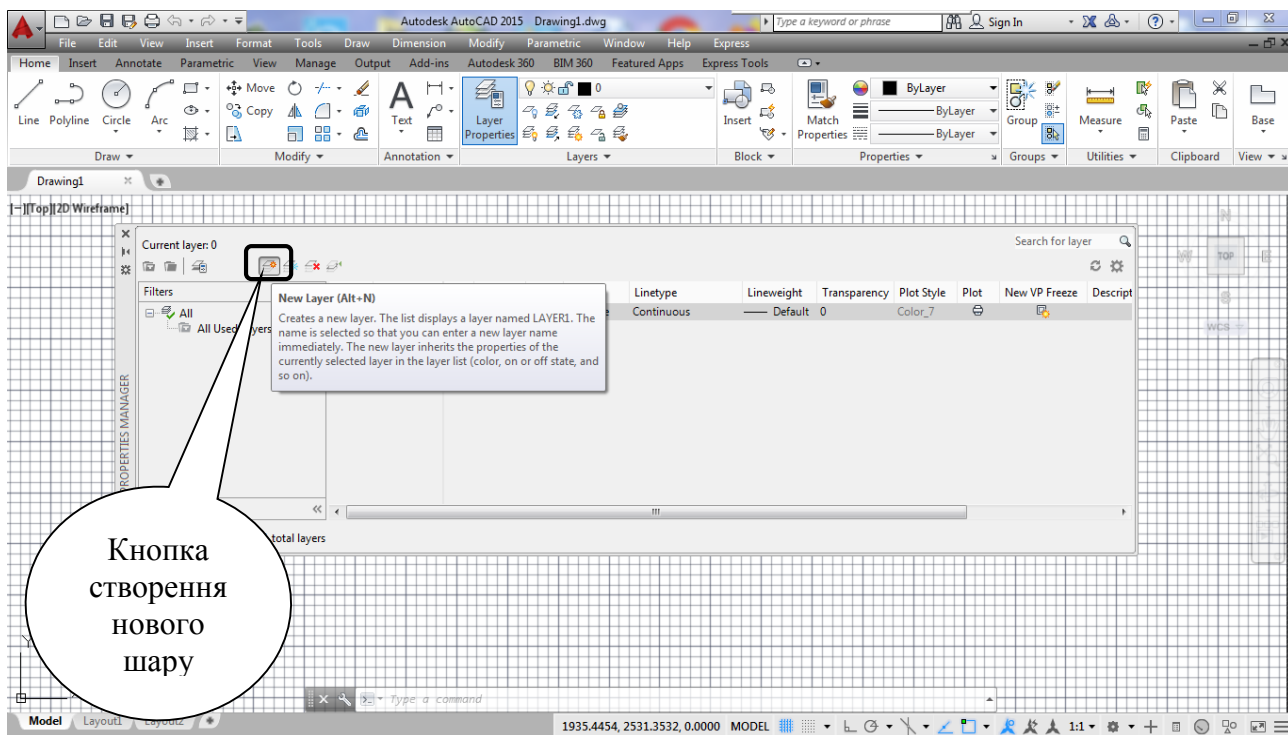


Рисунок 7.57 – Створення нового шару кресленика

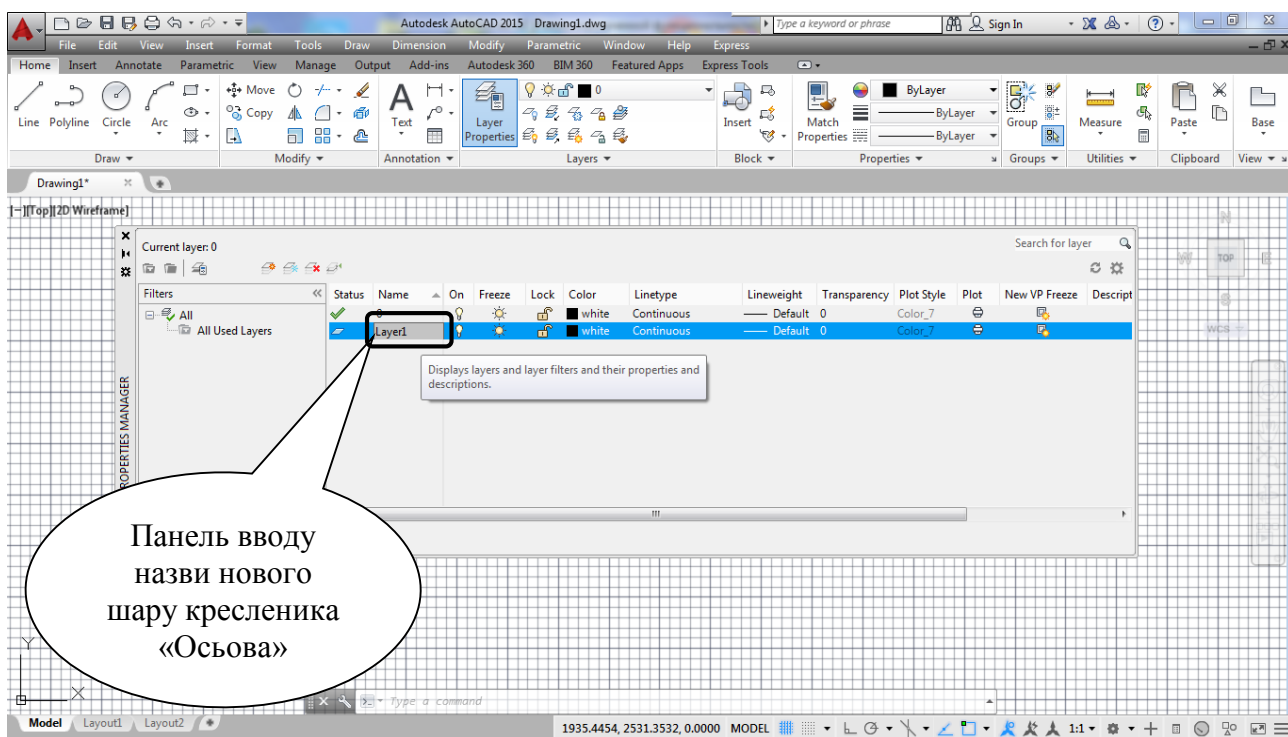


Рисунок 7.58 – Зміна назви нового шару кресленика

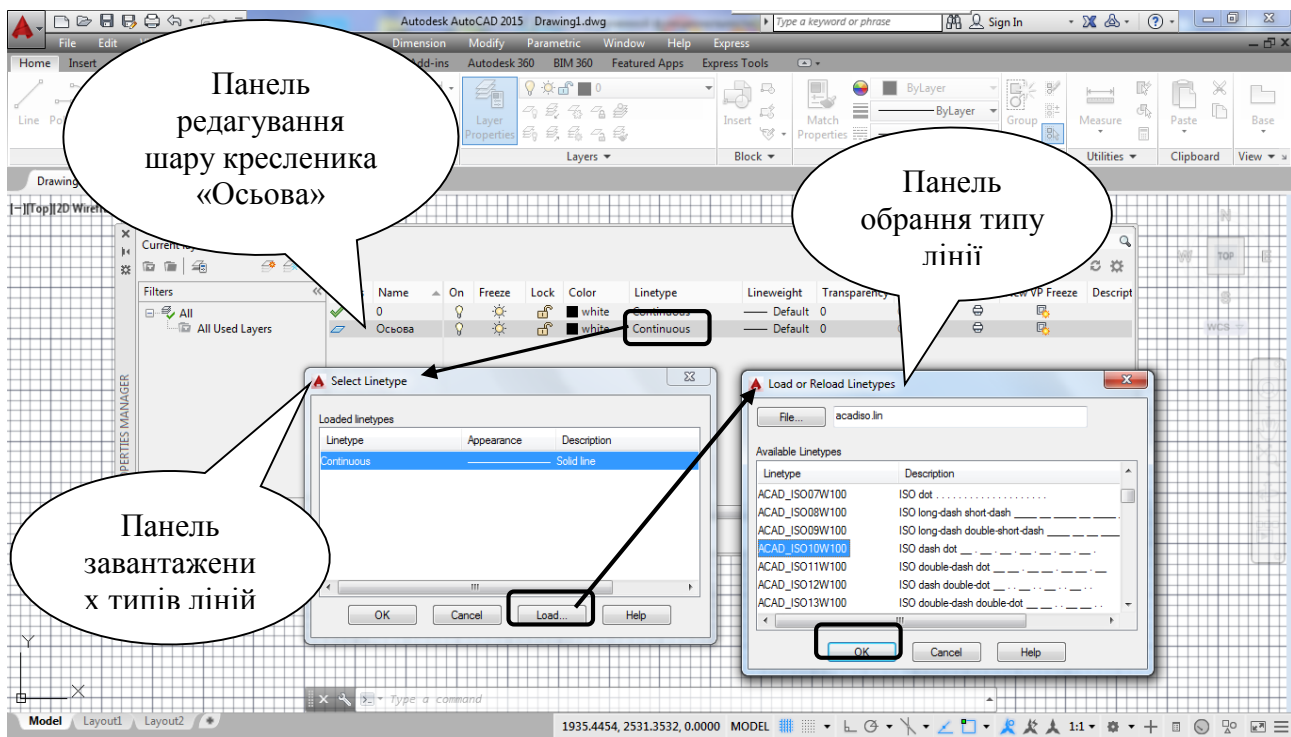


Рисунок 7.59 – Створення нового шару кресленика

7.7. Нанесення розмірів

Нанесення розмірів на кресленні виконують за допомогою команди **DIM** (рисунок 7.60).

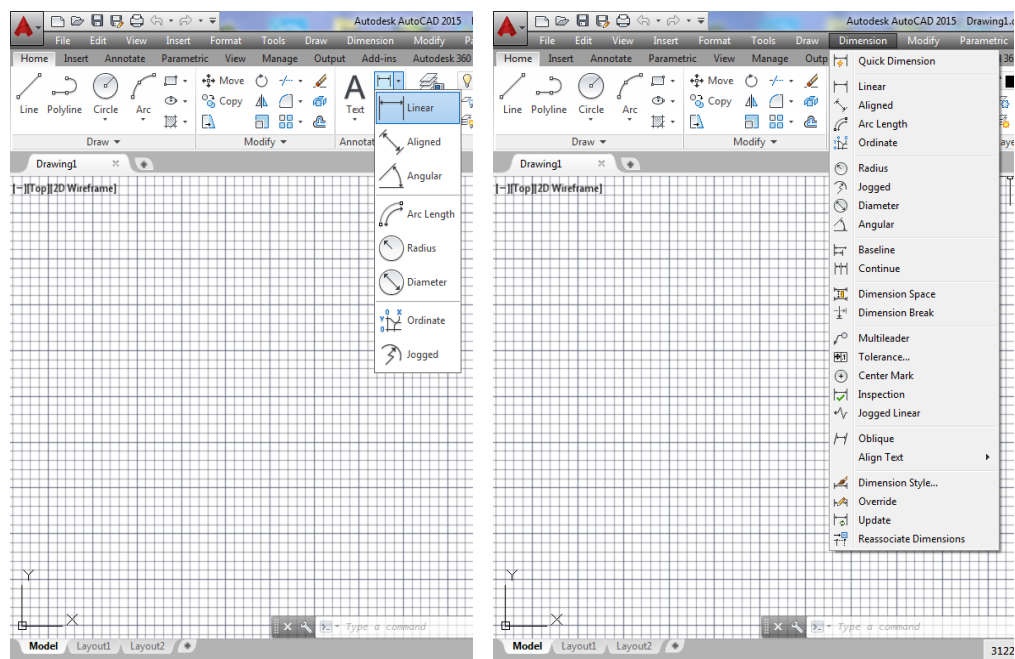


Рисунок 7.60 – Розташування команди **DIM** у вкладинці **Annotation** та у спадному меню **Dimension**

Змінимо стиль нанесення розмірів. Виберемо з меню **Dimension** (Розміри) опцію **Style** (Стиль) (рисунок 7.61). З'явиться діалогове вікно **Dimension Style** (рисунок 7.62).

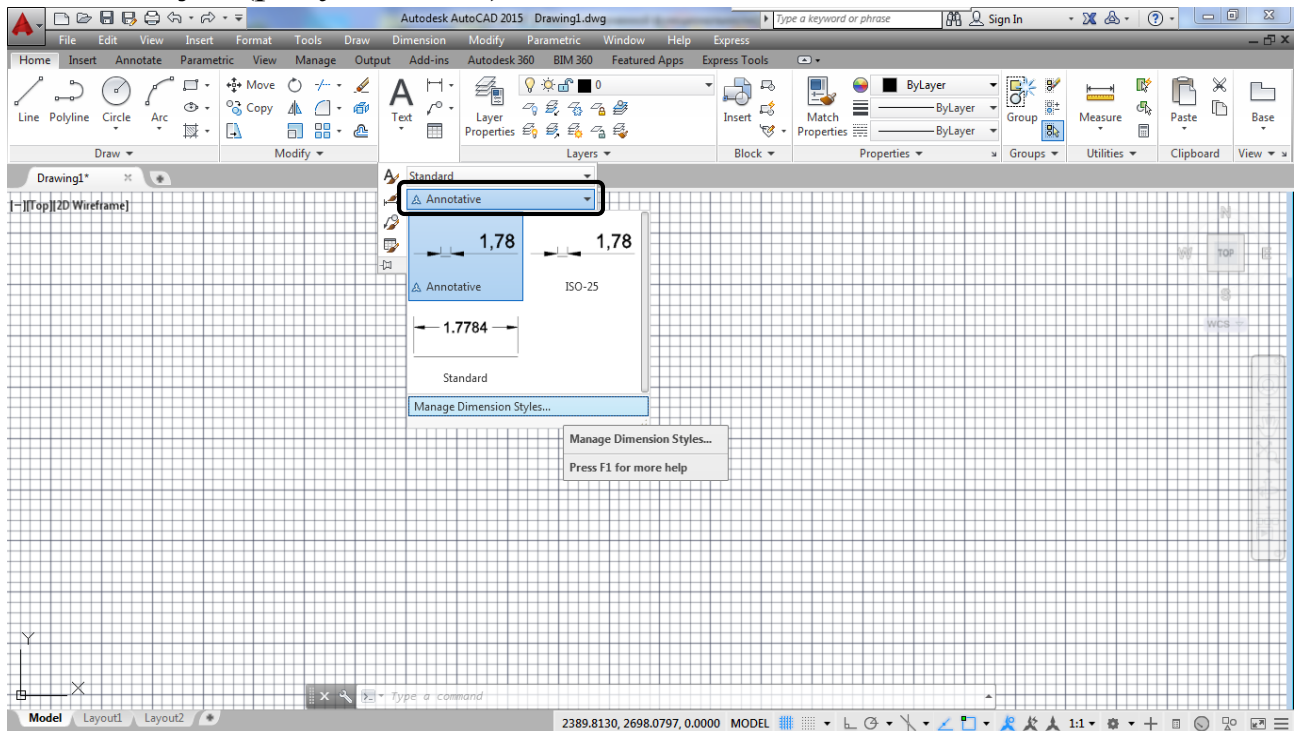


Рисунок 7.61 – Зміна стилю нанесення розмірів

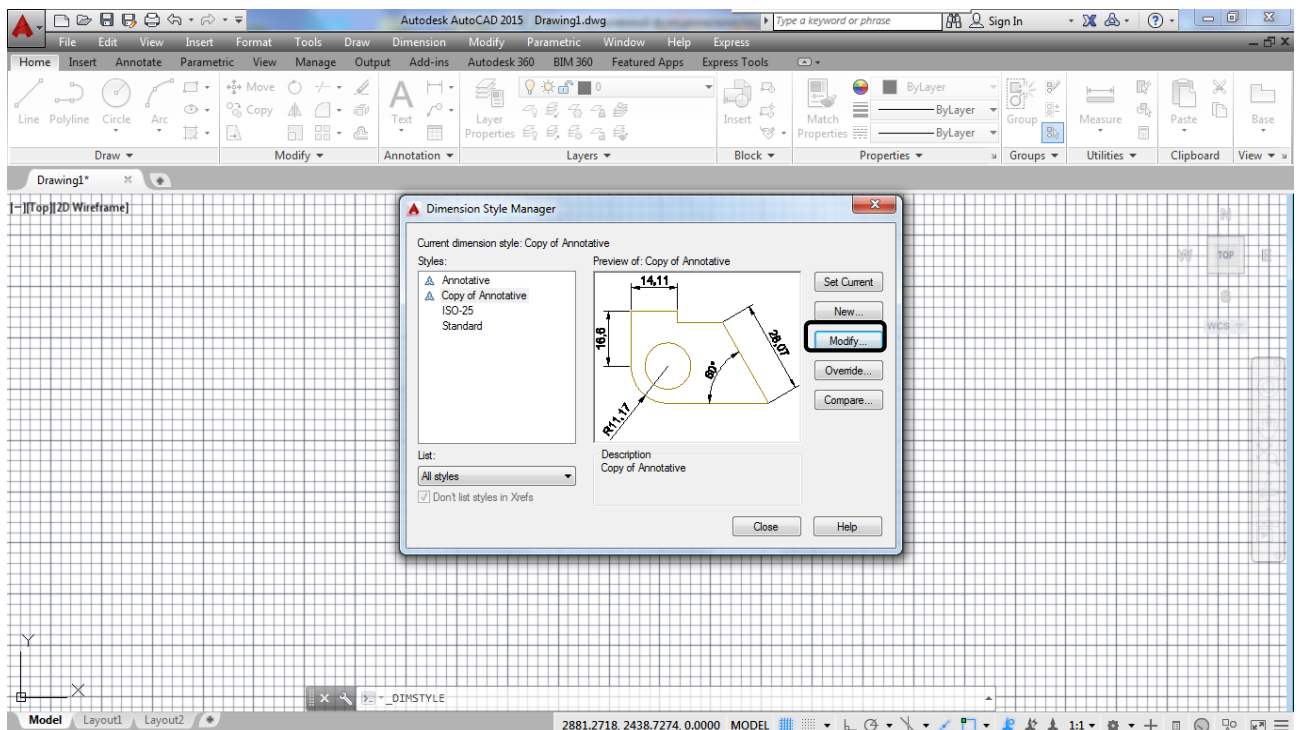


Рисунок 7.62 – Вікно менеджера розмірних стилів

Обравши кнопку **Modify**, отримаємо діалогове вікно для редагування існуючого стилю нанесення розмірних ліній (рисунок 7.63) . Поле **Dimension line** керує викреслюванням розмірної лінії.

Опція **Supress**. Дає змогу задавати першу половину розмірної лінії, другу її половину або цілу розмірну лінію. Це необхідно для виконання розмірних ліній з розривом.

Опція **Extension** стає активною під час вибору деяких типів стрілок (архітектурні засічки) і дозволяє задавати довжину виходу розмірної лінії за виносні лінії.

Опція **Spacing**. Визначає відстань між сусідніми лініями розмірного ланцюга або базового розміру.

Вибір курсором кнопки **Color** спричинить появу діалогового вікна **Select Color**, в якому можна вибрати один з 255 кольорів розмірної лінії.

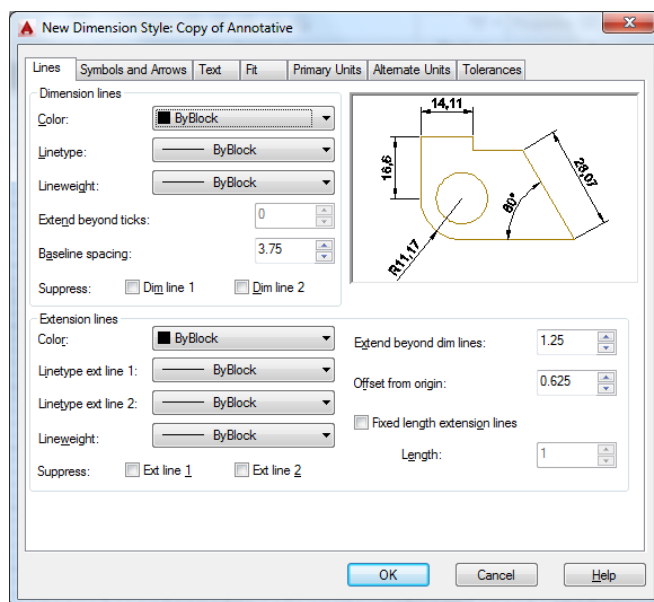


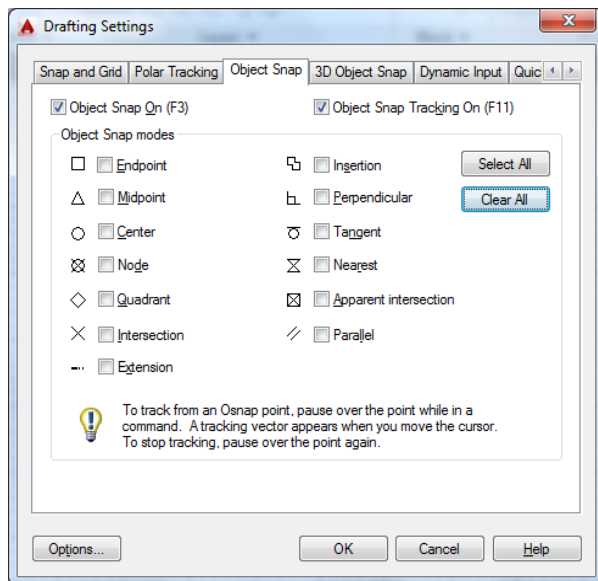
Рисунок 7.63 – Діалогове вікно редагування стилів ліній

7.8. Об'єктна прив'язка

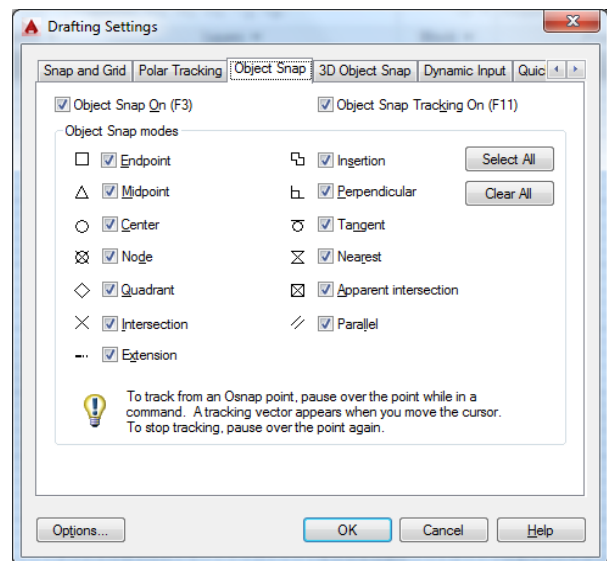
Конструювання нерозривно пов'язане з виконанням точних геометричних побудов, коли необхідно побудувати перпендикуляр, дотичну, визначити кінцеві точки та середину відрізка, дуги тощо. Зрозуміло, що подібні завдання не можна розв'язати простим вказанням точок на екрані. Для цього в **AutoCAD** існує спеціальний

засіб – об’єктна прив’язка, в режимі якої можна точно визначити координати характерних точок примітивів.

Існує два режими об’єктної прив’язки – постійний і одноразовий. Постійний режим встановлюється командою **OSNAP**. Режим постійної прив’язки зручно використовувати тоді, коли під час побудови використовують точки одного типу (наприклад, точки перетину під час обведення контура). Проте значно частіше в одній і тій самій команді необхідно зробити прив’язку до різних за особливостями точок. Тоді зручніше користуватись режимом одноразової прив’язки, за якого прив’язка діє лише на одне задання точки. Наберемо з клавіатури команду **OSNAP** та викличемо панель **Osnap Settings** (рисунок 7.64а) натисканням функціональної клавіші F3 на клавіатурі (це перемикач вкл/викл режиму об’єктної прив’язки). Курсором вкажемо на білий квадрат для вибору необхідної опції об’єктної прив’язки (рисунок 7.64б).



а)



б)

Рисунок 7.64 – Панель опцій об’єктної прив’язки

Опції об’єктної прив’язки такі:

<i>CENter</i>	Прив’язка до центра вказаної дуги або кола
<i>ENDpoint</i>	Прив’язка до кінцевої точки вказаного примітиву
<i>INSert</i>	Прив’язка до точки вставки блока чи текстового рядка
<i>INTersec</i>	Прив’язка до точки перетину двох об’єктів
<i>MIDpoint</i>	Прив’язка до середини відрізка чи дуги

<i>NEArest</i>	Прив'язка до найближчої точки, розташованої на вказаному об'єкті
<i>NODE</i>	Прив'язка до координат окремої точки
<i>PERpendicular</i>	Визначення точки об'єкта, що розташована на перпендикулярі до нього, проведеному з попередньої вказаної точки
<i>TANgent</i>	Визначення точки дотику відрізка до вказаної дуги, кола або еліпса
<i>QUAdrant</i>	Визначення точок, що лежать на перетині вказаної дуги чи кола з уявними лініями, які паралельні до осей прийнятої системи координат і проходять через центр дуги чи кола
<i>Quick</i>	Швидка

На рисунку 7.65 наведено приклад використання об'єктної прив'язки.

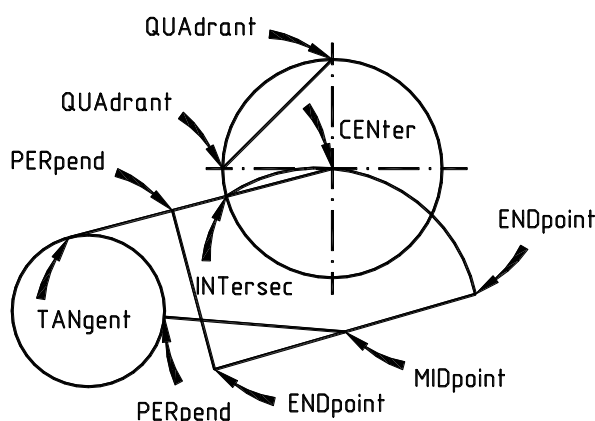


Рисунок 7.65 – Приклад використання об'єктної прив'язки

За включеного режиму об'єктної прив'язки до перехрестя графічного курсора додається квадратик, який називають “прицілом” об'єктної прив'язки. Для того, щоб вказати, наприклад, кінцеву точку відрізка, достатньо навести “приціл” на відрізок і натиснути ліву клавішу миші. Перехрестя курсора при цьому не обов'язково повинно знаходитись поряд з шуканою точкою, достатньо, щоб “приціл” об'єктної прив'язки перетинав відрізок (**AutoCAD** визначить потрібну точку на вказаному об'єкті автоматично).

Досить часто на вказаному об'єкті існує декілька точок, які відповідають умовам прив'язки, наприклад, у відрізка є дві кінцеві точки. У такому разі **AutoCAD** вибере ту точку, яка розташована ближче до місця вказання на об'єкті.

8. Практичне застосування графічної програми AutoCAD

8.1. Побудова графоаналітичної моделі прокладки ущільнювальної напірного патрубку пожежної помпи ПН-40 УВ

Зображення ущільнювальної прокладки напірного патрубка пожежної помпи ПН – 40УВ та її графоаналітична модель наведені на рисунку 7.66 а, б.

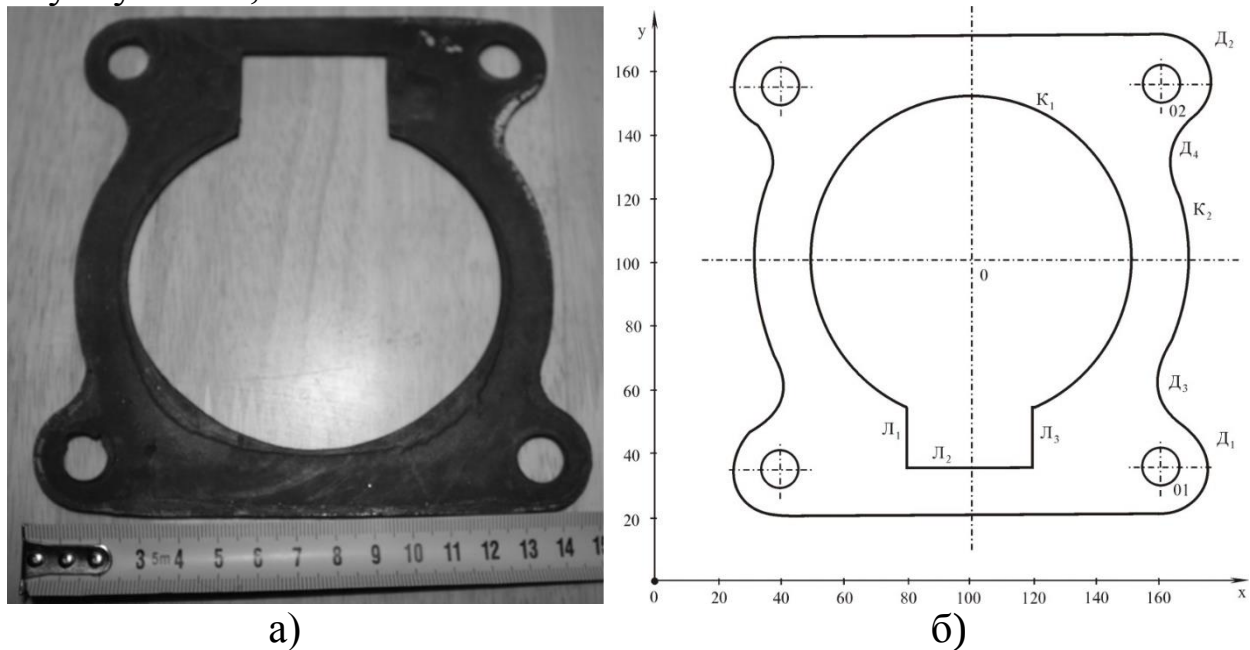


Рис. 7.66 – Ущільнювальна прокладка напірного патрубка пожежної помпи ПН – 40УВ – а) та завдання на її виконання – б)

Побудуємо комп'ютерну модель прокладки, використовуючи взяті з її графоаналітичної моделі розміри. Оскільки задача однозначна, то послідовність її розв'язування може бути різною. Проаналізуємо геометричні примітиви, з яких складається зображення прокладки. Прокладка товщиною 3 мм містить отвір у вигляді кола K_1 діаметром 100 мм з центром в точці з координатами $x=100$ мм, $y=100$ мм з вушком шириною 40 мм, обмеженим відрізками прямих L_1 , L_2 , L_3 . Його горизонтальна сторона L_2 віддалена від центра кола K_1 , точка O , на 65 мм. Прокладка обмежена згори і знизу відрізками горизонтальних прямих V_1 і V_2 , віддалених від центра кола K_1 відповідно на 70 і 80 мм. Праворуч і зліва прокладка обмежена дугами кола K_2 діаметром 140 мм. У прокладці передбачені 4 колових отвори діаметром 10 мм. Центри кіл віддалені від вертикальної та горизонтальної штрих – пунктирної лінії на 60 мм і слугують центрами дуг D_1 і D_2 радіуса 15 мм. Дуги D_1 і D_2 і радіуса і дуги кола K_2 з'єднані спряженнями дуг

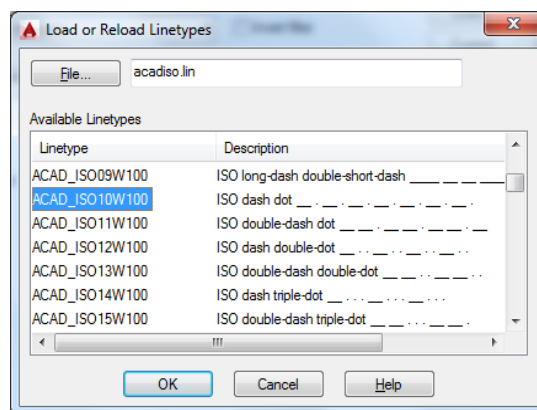
Д3 і Д4 радіуса 15 мм. Прокладка симетрична відносно вертикальної штрих – пунктирної лінії.

8.2. Командний діалог побудови комп'ютерної моделі прокладки ущільнювальної напірного патрубка пожежної помпи ПН-40 УВ

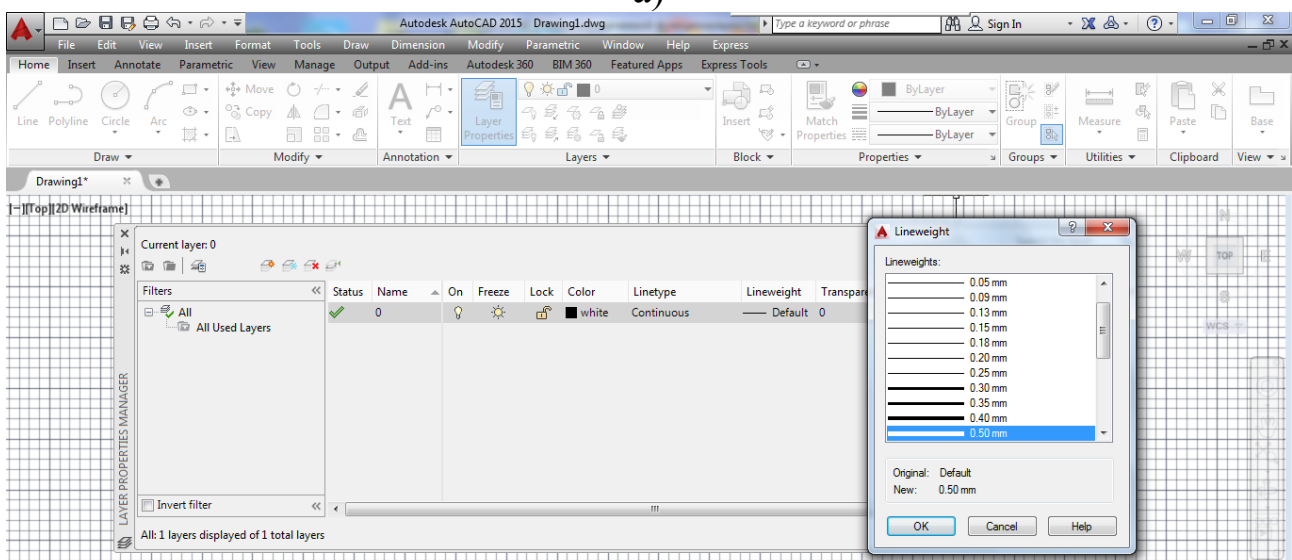
Побудову зображення прокладки виконаємо у декілька етапів.

Етап 1

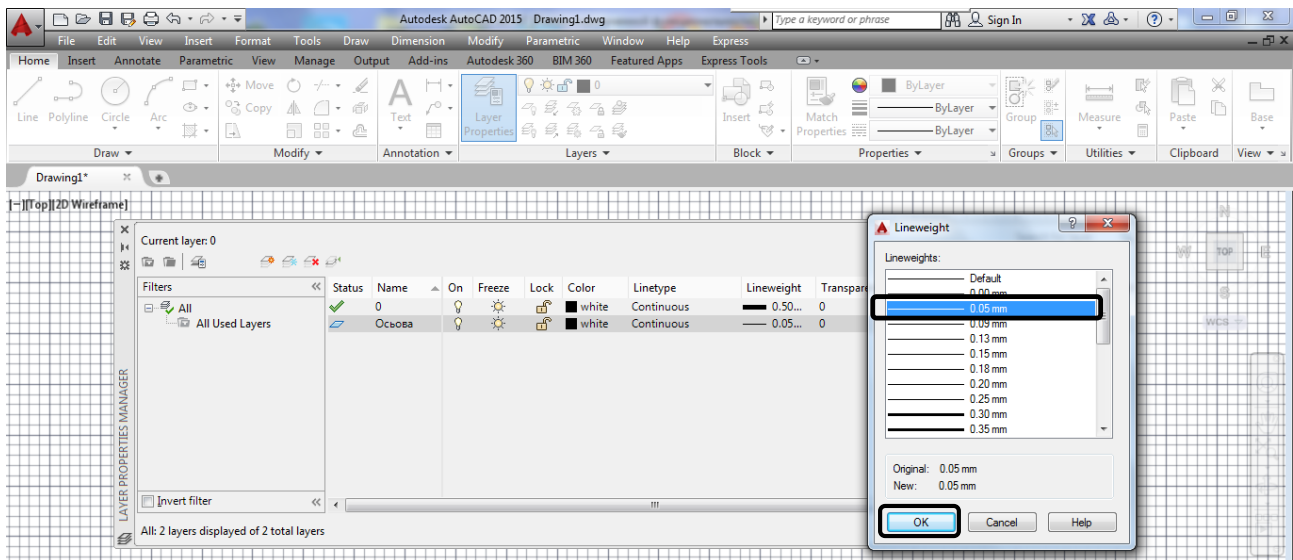
Встановлюємо типи ліній: суцільну у шарі «0» і штрих-пунктирну лінію ACAD_ISO10W100 (рис.7.67а). Призначаємо товщини суцільної лінії 0.5 мм і штрих-пунктирної, наприклад, 0,05 мм у шарі (рис.7.67б, в). Активуємо у шарі «Осьова» тип лінії ACAD_ISO10W100 (рис.7.67г).



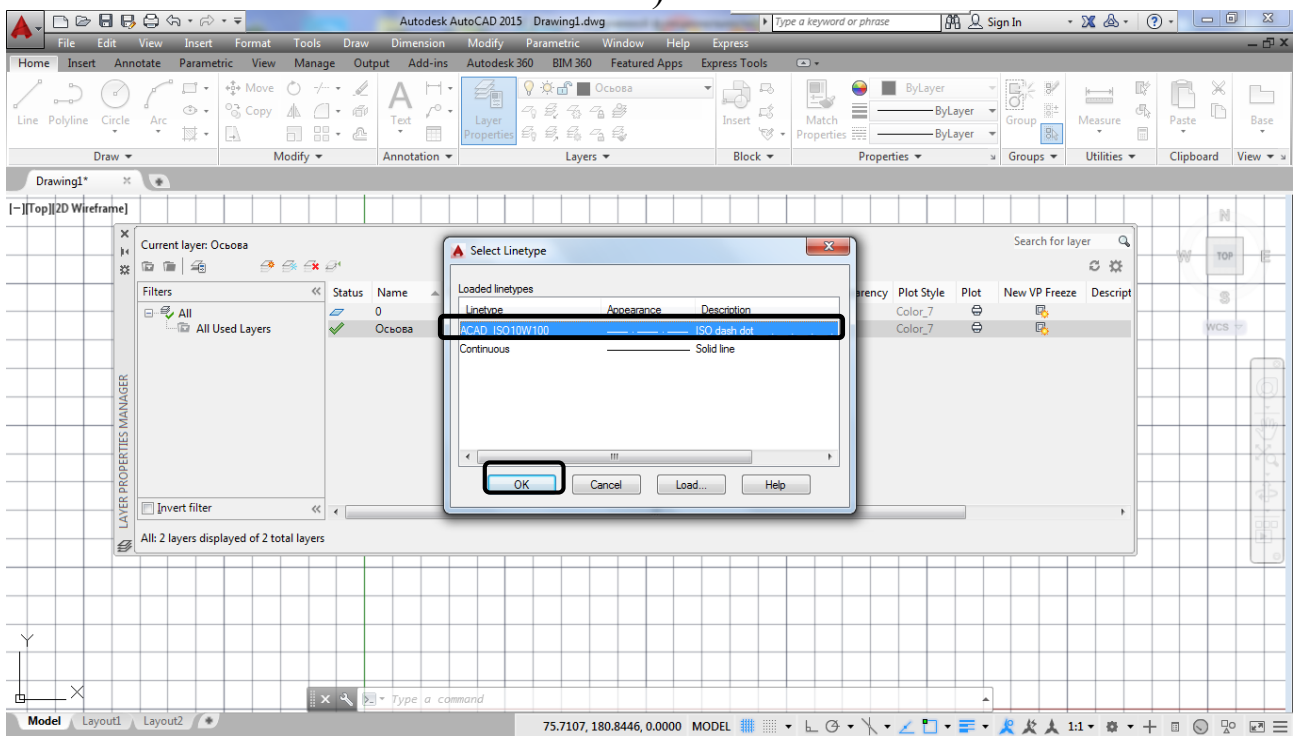
а)



б)



В)



Г)

Рисунок 7.67 – Налаштування відображення графічних примітивів по шарах

Етап2

Встановлюємо границі кресленика, наприклад, 200*180 мм, використовуючи команду **RECTANG** (рис.7.68) :

Command: RECTANG

Specify first corner point or

[Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: 0,0↵

Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: 200,180↵

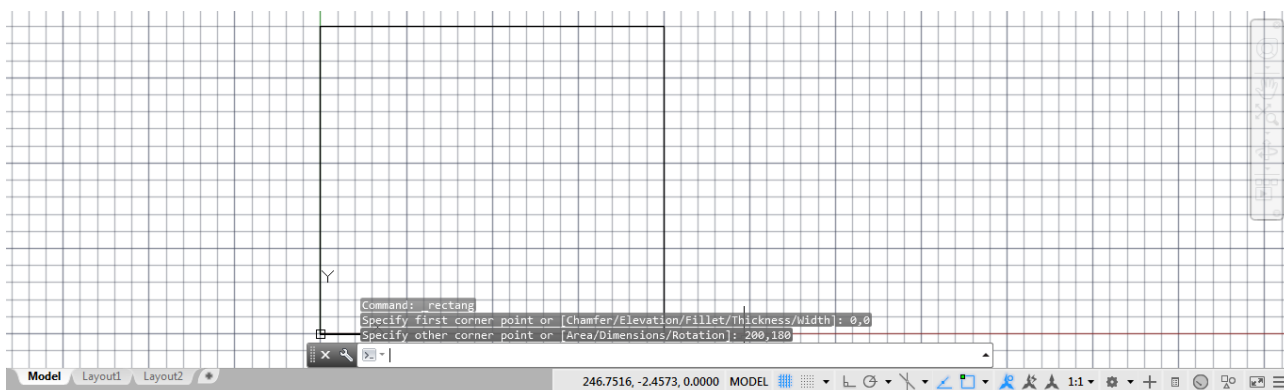
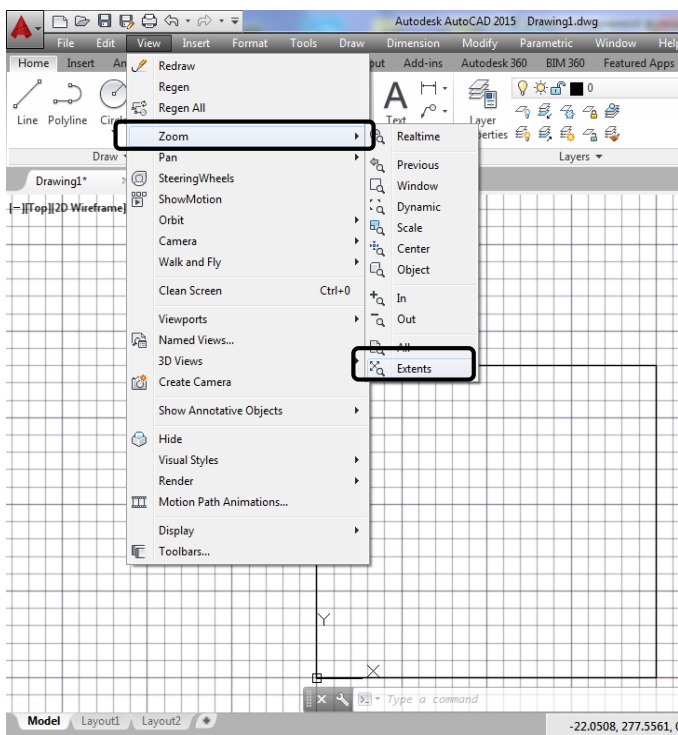


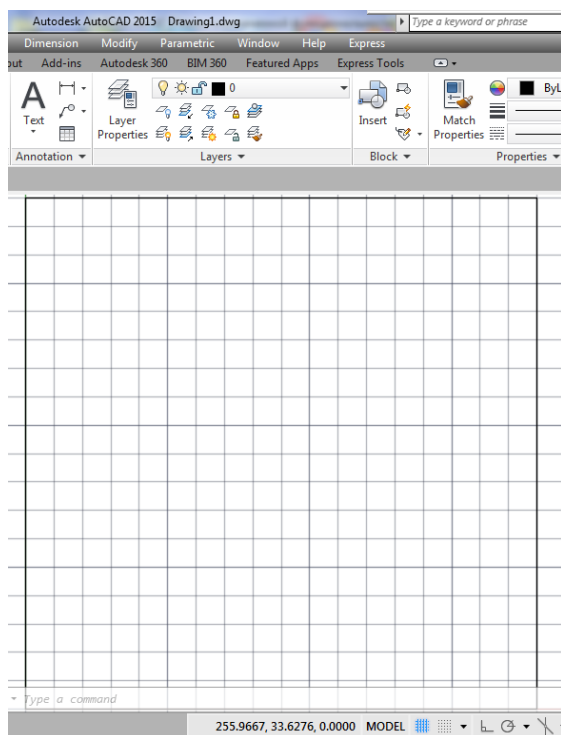
Рисунок 7.68 – Встановлення границь кресленика

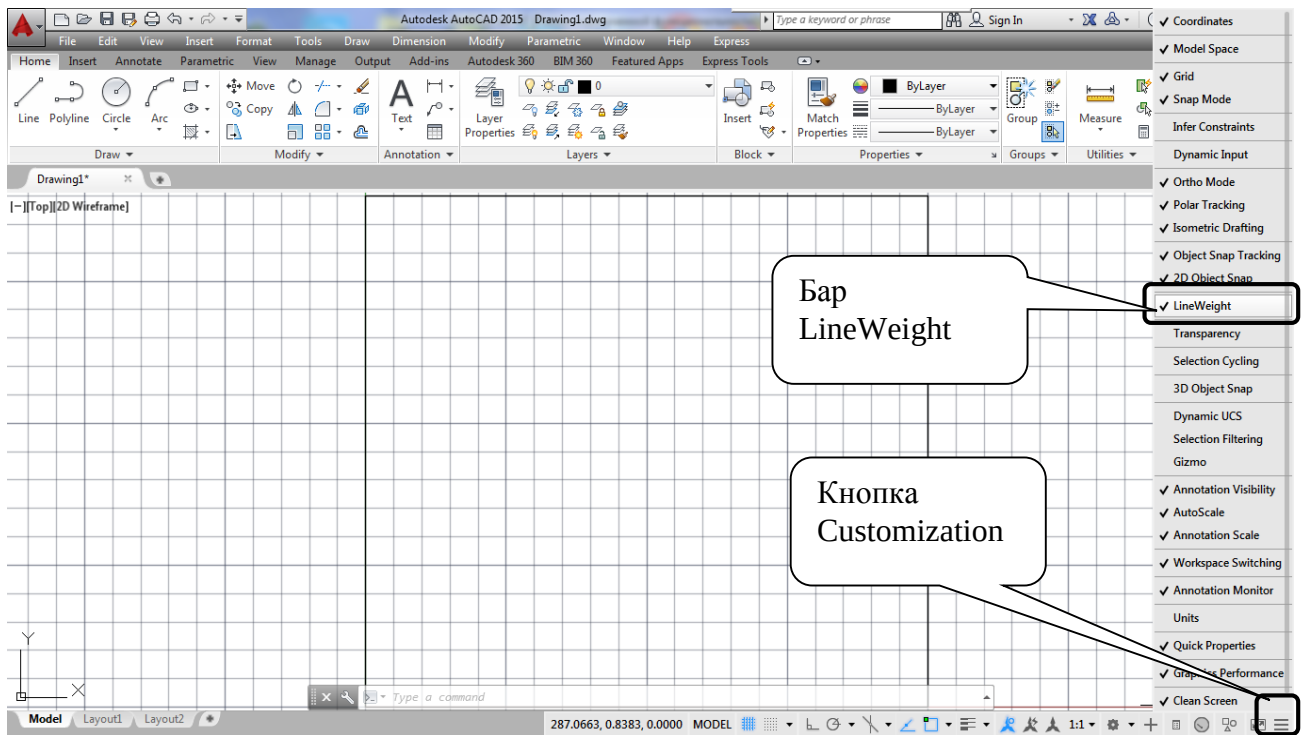
Етап 3

Використовуючи опції меню **View- Zoom- Extents** (рис.7.69а), встановимо границі прямокутника в межах екрана. Підключимо, скориставшись кнопкою спадного меню **Customization**, бар **LineWeight**, щоб активувати функцію візуалізації товщини ліній (рис.7.69б). Товщину ліній 0,5 мм візуалізуємо, скориставшись кнопкою **Show/Hide Lineweight** (рис.7.69в).

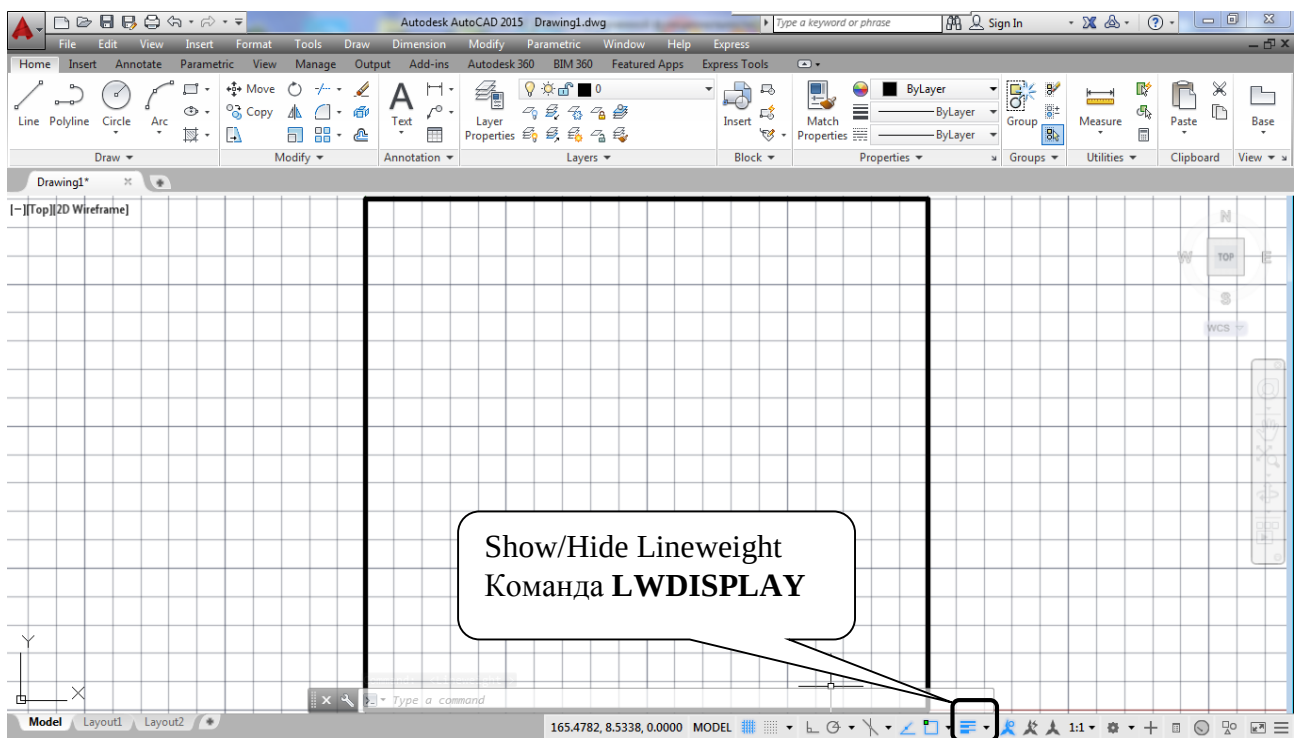


a)





б)



в)

Рисунок 7.69 – Візуалізація прямокутника в межах екрана

Етап 4

Перед викреслюванням центрових штрих-пунктирних ліній активуємо шар «Осьова» (рис. 7.70).

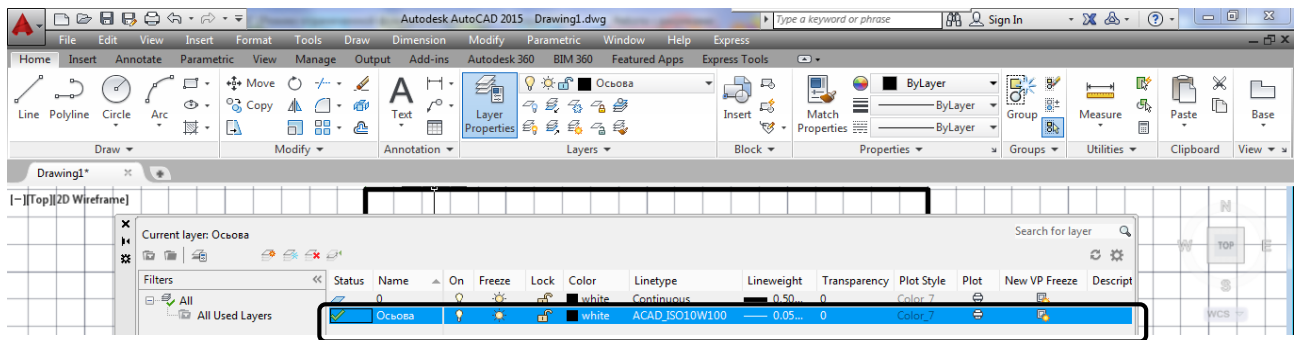


Рисунок 7.70 – Активація шару «Осьова»

Оскільки наступні побудови графічних примітивів будемо проводити шляхом вводу абсолютних координат, тому необхідно виключити функцію динамічного вводу координат на екрані комп'ютера і перевести введення з командної стрічки. Підключимо, скориставшись кнопкою спадного меню **Customization**, бар **Dynamic Input**, щоб активувати функцію динамічного вводу (рисунок 7.71).

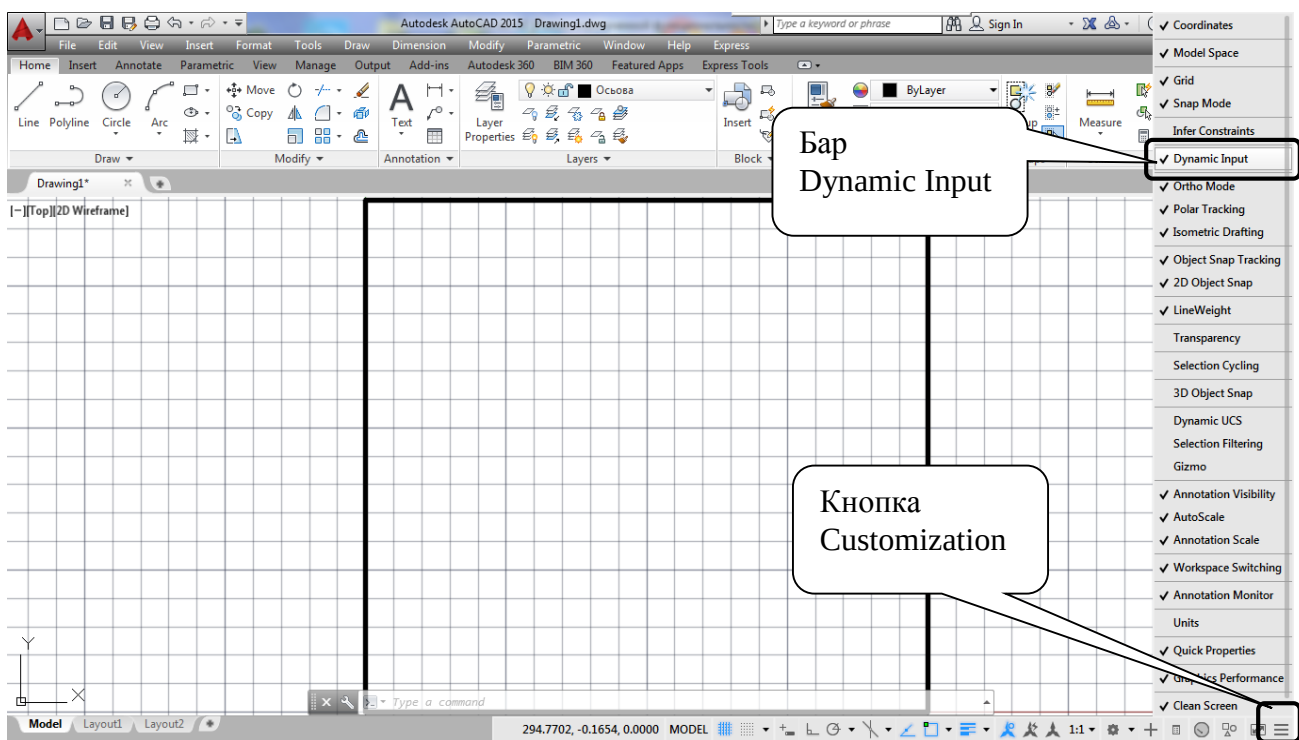


Рисунок 7.71 – Активація функції динамічного вводу

Надалі слід цю функцію відключити – **Off** (рисунок 7.72).

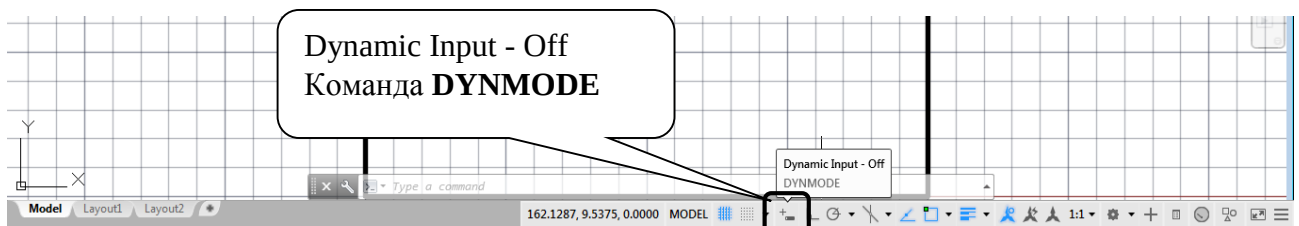


Рисунок 7.72 – Відключення функції динамічного вводу

Викреслюємо центрові штрих-пунктирні лінії у шарі «Осьова» (рис. 7.73):

Command: LINE

Specify first point: 100,174↵

Specify next point or [Undo]: 100,16↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: LINE

Specify first point: 26,100↵

Specify next point or [Undo]: 174,100↵

Specify next point or [Undo]: ↵

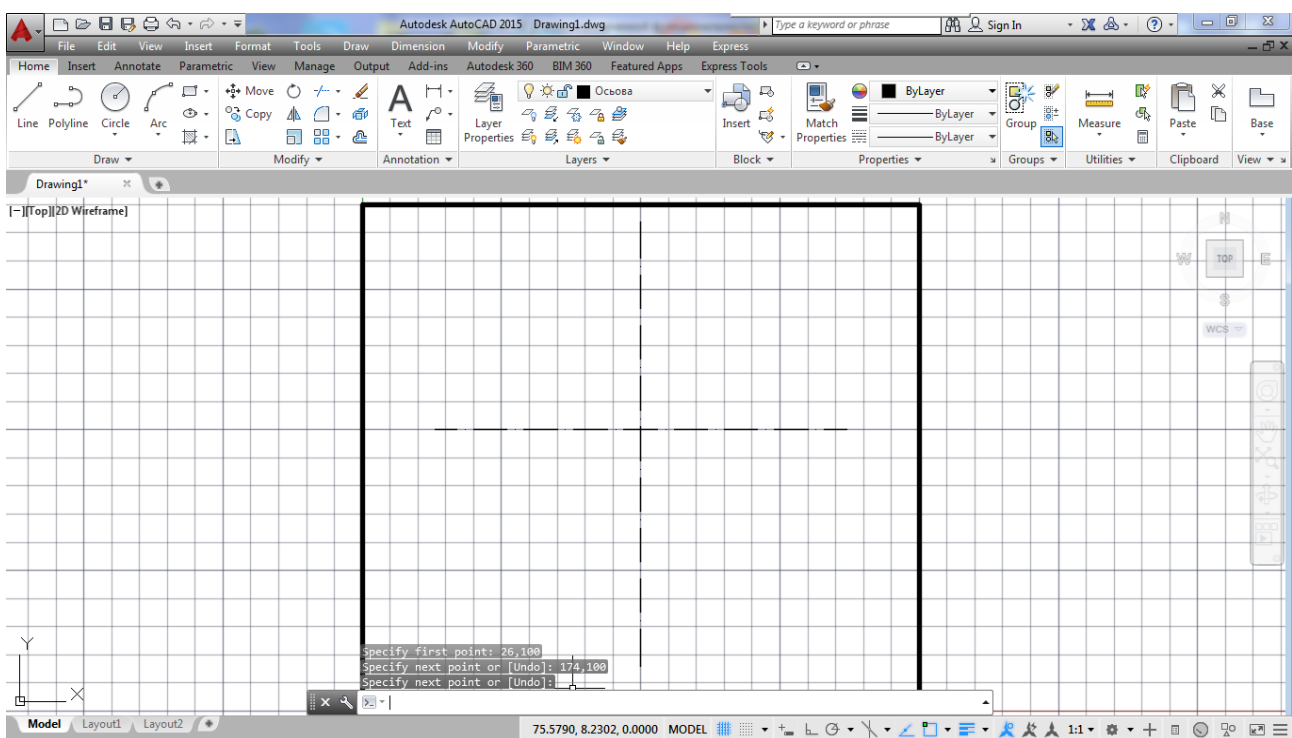


Рисунок 7.73 – Викреслювання центрових штрих-пунктирних ліній

Етап 5

Викреслюємо коло K1 діаметром 100 мм з центром в точці О з координатами $x = 100$ мм, $y = 100$ мм (рис.7.74):

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: 100,100↵

Specify radius of circle or [Diameter]: 50↵

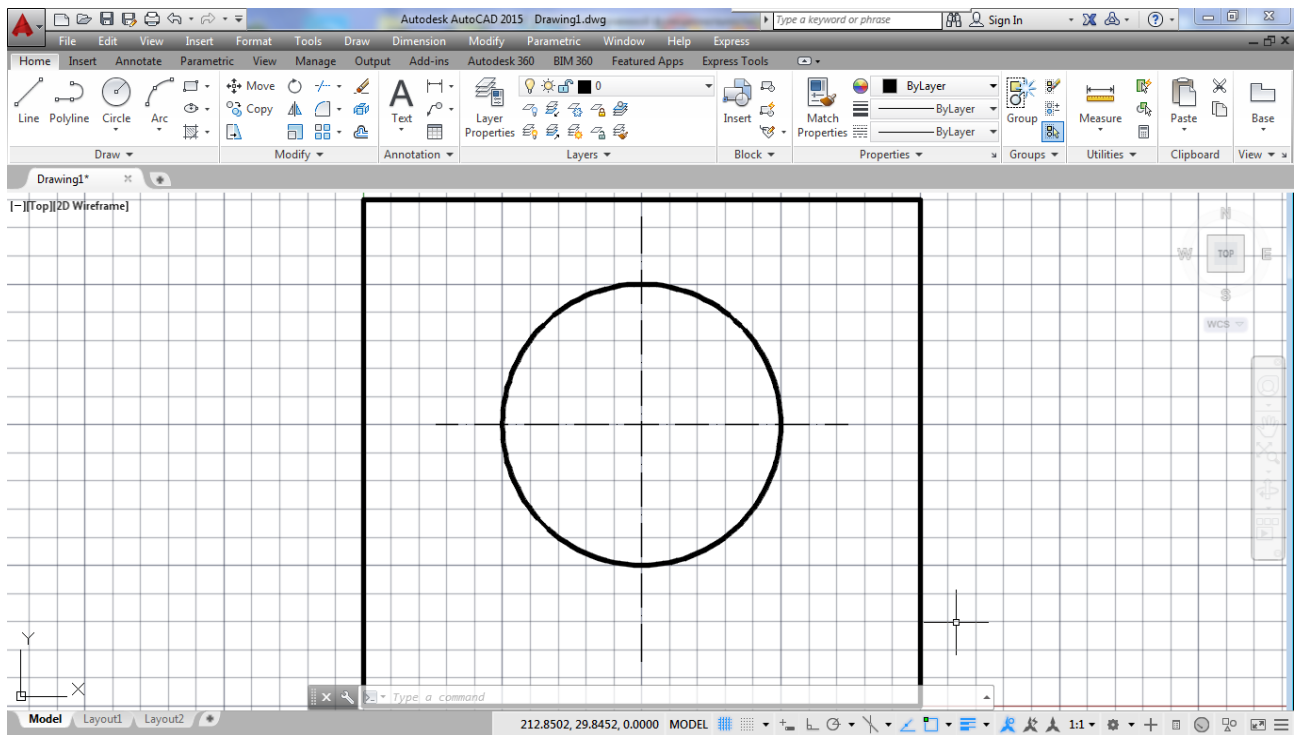


Рисунок 7.74 – Викреслювання кола К1

Етап 6

Викреслюємо граничні лінії Л1, Л2, Л3 вушка (рис.7.75). Точки перетину відрізків Л1, Л2 з колом визначимо, скориставшись командою **TRIM**. Тому координати у горішніх вершин відрізків Л1, Л2 прийемо більшими за координати у точок перетину:

6.1. Викреслюємо лінію Л1 з верхнім продовженням

Command: LINE

Specify first point: 80,70↵

Specify next point or [Undo]: 80,35↵

6.2. Викреслюємо лінію Л2

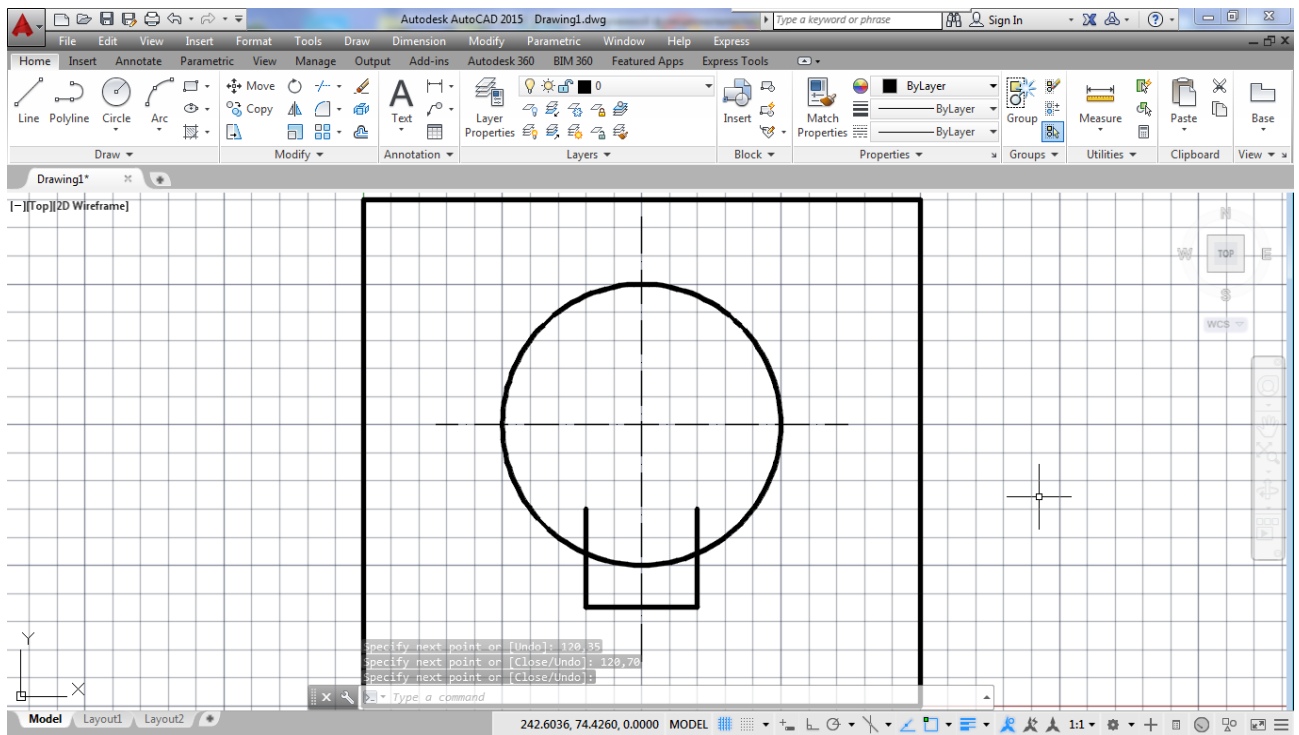
Specify next point or [Undo]: 120,35↵

6.3. Викреслюємо лінію Л3 з верхнім продовженням (рис.7.75a)

Specify next point or [Close/Undo]: 120,70↵

Specify next point or [Close/Undo]: ↵

6.4. Командою **TRIM** вилючаємо зайві лінії. Спочатку вилучимо дугу кола між лініями Л1 і Л3. В якості ріжучих кромek обираємо курсором лінії Л1 і Л3 (рис.7.75б).



a)

Command: TRIM

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select cutting edges ...

Select objects or <select all>: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↵

Наводимо курсор на дугу кола між лініями Л1 і Л3

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: ↵

Вилучимо горішні частини відрізків Л1 і Л3. В якості ріжучих кромek обираємо курсором дугу кола Л1 (рис.7.75в)

Command: TRIM

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select cutting edges ...

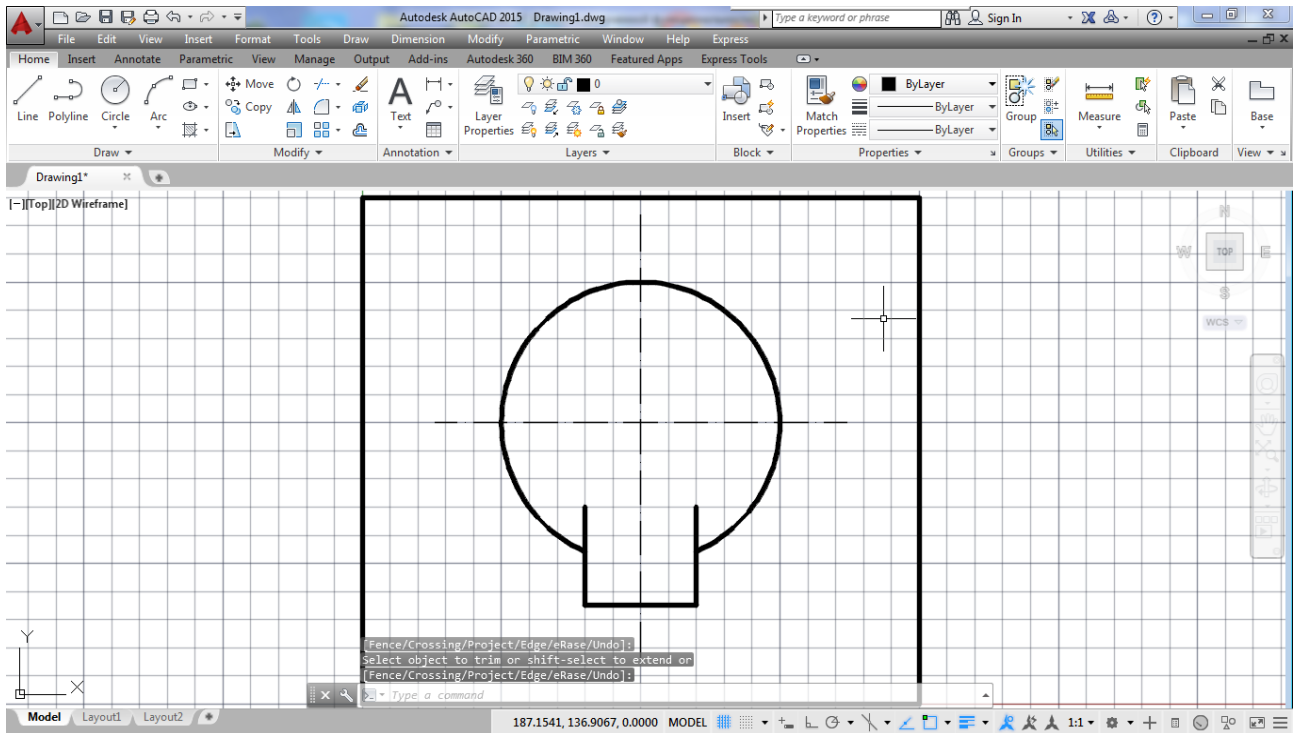
Select objects or <select all>: 1 found

Select objects:

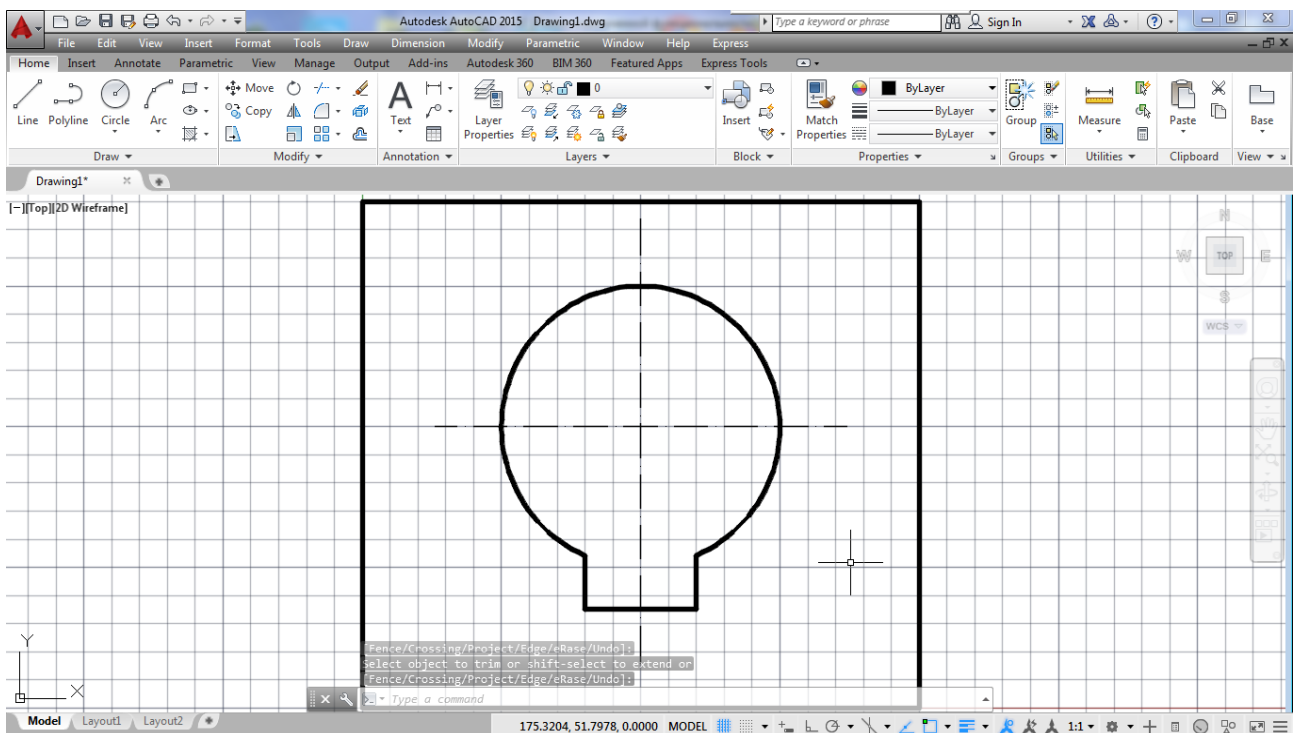
Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:

Select object to trim or shift-select to extend or
 [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:
 Select object to trim or shift-select to extend or
 [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: ↵



б)



в)

Рисунок 7.75 – Викреслювання граничних ліній Л1, Л2, Л3 вушка

Етап 7

Зображення прокладки симетричне відносно вертикальної штрихпунктирної лінії. Побудуємо решту графічних примітивів для правої частини прокладки і, скориставшись командою **Дзеркало**, одержимо кінцевий варіант зображення прокладки.

Викреслюємо коло K2 діаметром 140 мм з центром в точці O з координатами $x = 100$ мм, $y = 100$ мм. Командою **Розірвати** вилучаємо ліву частину дуги кола від точки з координатами $x = 100$ мм, $y = 170$ мм до точки з координатами $x = 100$ мм, $y = 30$ мм (рис.7.76):

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:
100,100↵

Specify radius of circle or [Diameter] <50.0000>: 70↵

Command: BREAK

Select object:

Specify second break point or [First point]: F↵

Specify first break point: 100,170↵

Specify second break point: 100,30↵

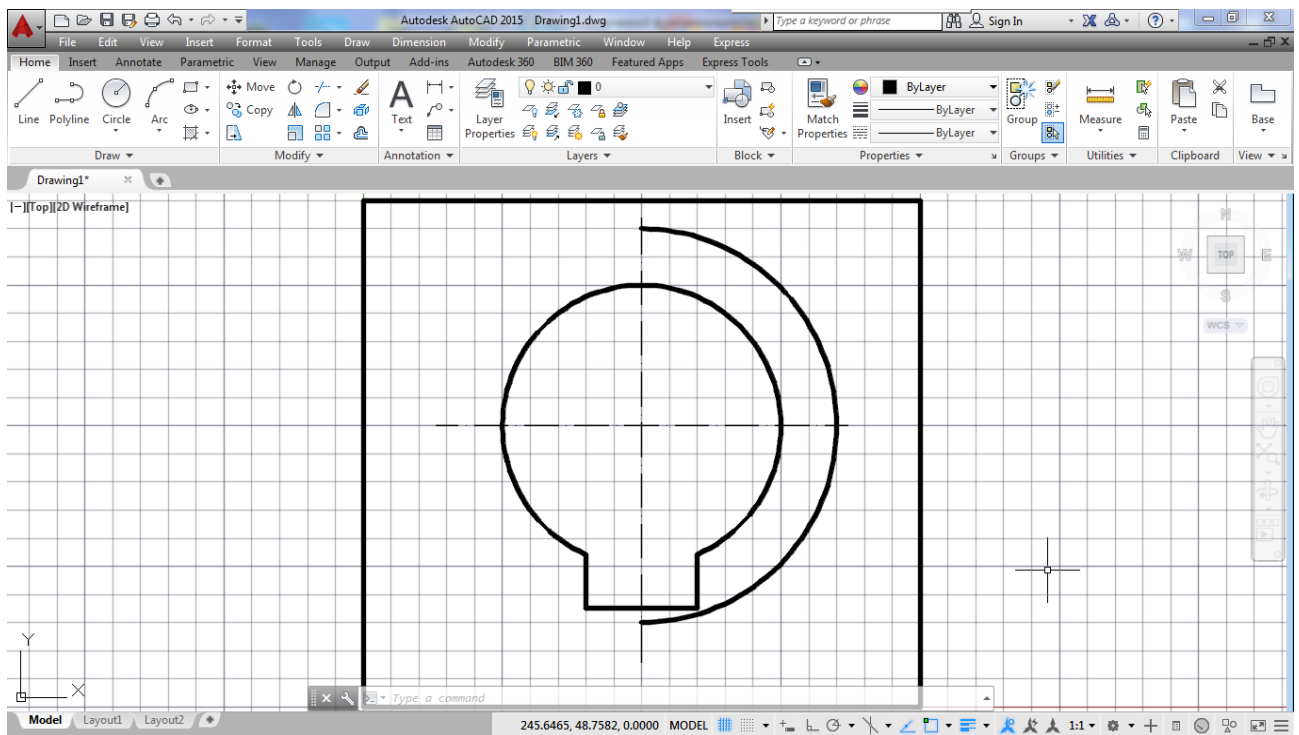


Рисунок 7.76 – Викреслювання дуги кола K2

Етап 8

Викреслюємо центрові штрих-пунктирні лінії у шарі «Осьова» та коло діаметром 10 мм з центром в точці O1 з координатами $x = 160$ мм, $y=35$ мм у шарі «0» (рис.7.77):

Command: LINE

Specify first point: 151,35↵

Specify next point or [Undo]: 169,35↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: LINE

Specify first point: 160,26↵

Specify next point or [Undo]: 160,44↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: 160,35↵

Specify radius of circle or [Diameter] <70.0000>: 5↵

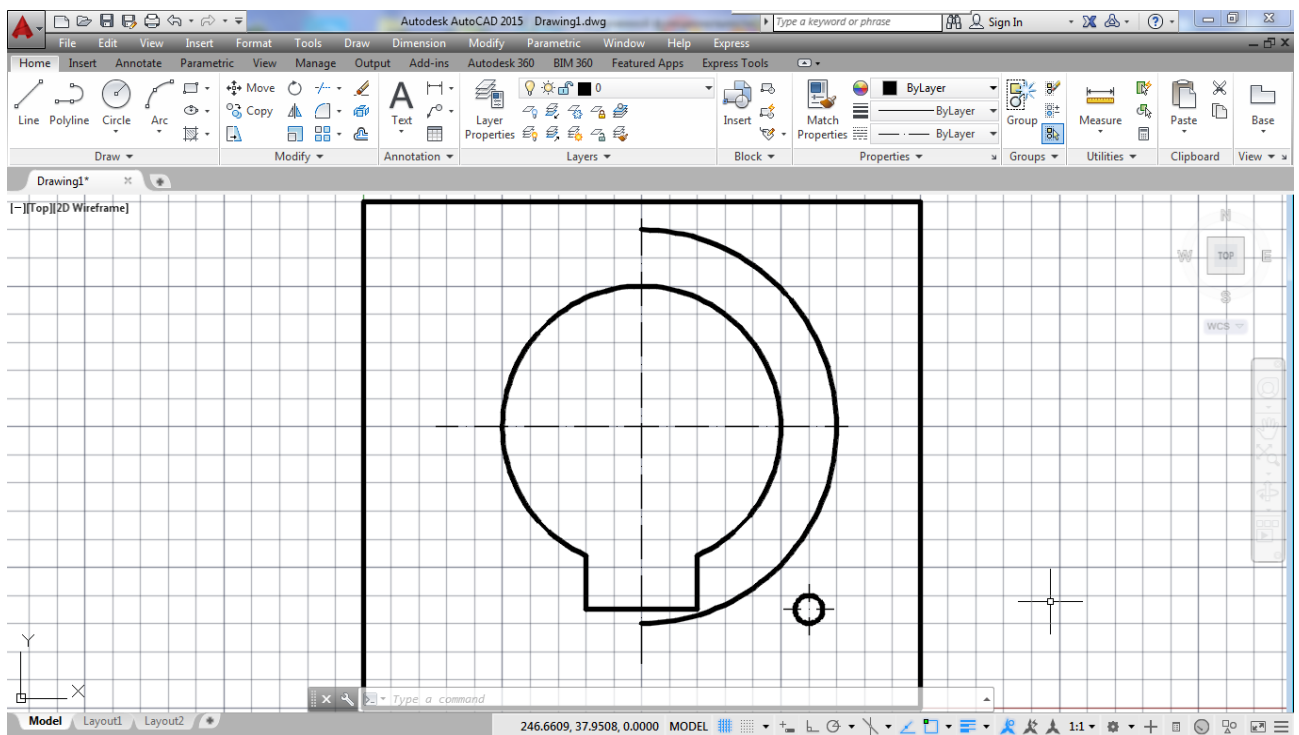


Рисунок 7.77 – Викреслювання кола діаметром 10 мм

Етап 9

Командами **LINE** і **ARC** будуюмо праву частину відрізка В2 та дугу Д1. З урахуванням спряження дугою Д3 приймемо для дуги Д1 значення центрального кута, наприклад, 180 град. (рис.7.78):

Command: LINE

Specify first point: 100,20↵

Specify next point or [Undo]: 160,20↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: ARC

Specify start point of arc or [Center]: 160,20↵

Specify second point of arc or [Center/End]: C↵

Specify center point of arc: 160,35↵

Specify end point of arc (hold Ctrl to switch direction) or [Angle/chord Length]: A↵

Specify included angle (hold Ctrl to switch direction): 180↵

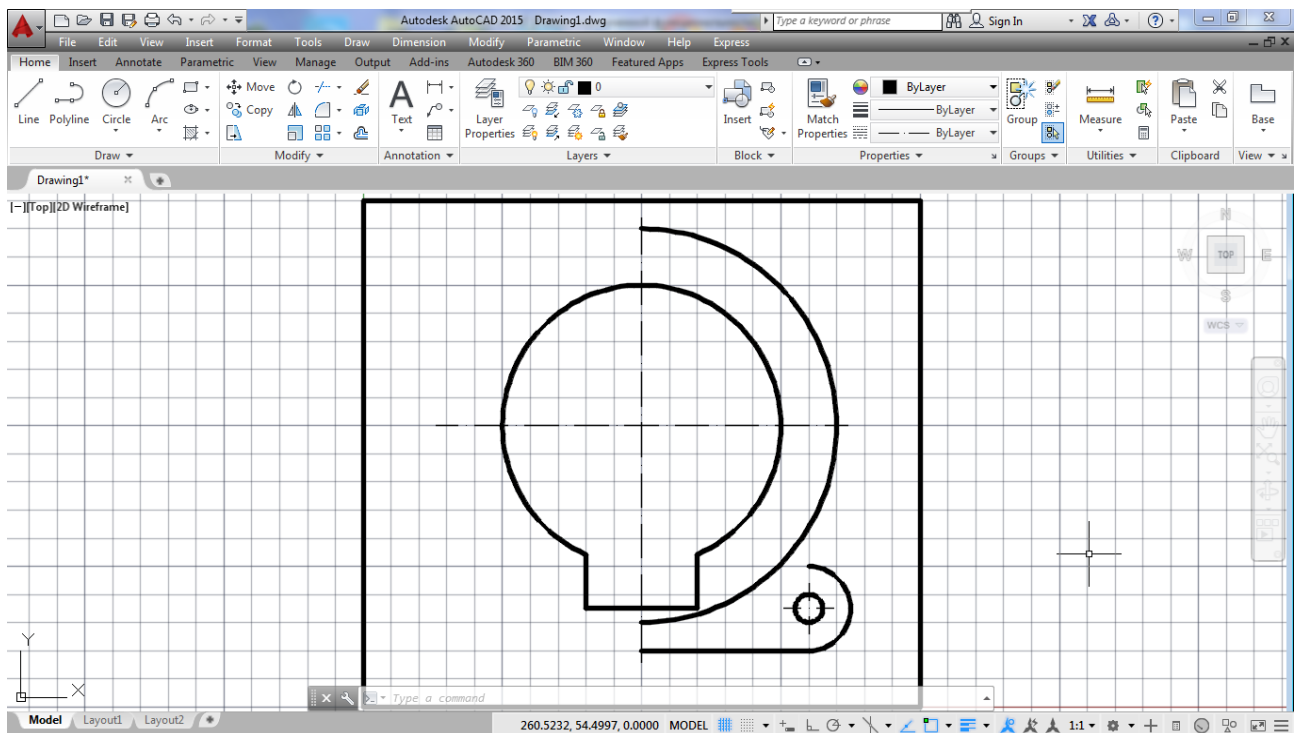


Рисунок 7.78 – Викреслювання лінійного та дугового сегмента прокладки

Етап 10

Командою **Дзеркало** будуюмо праву частину відрізка В1 та дугу Д2 як дзеркальне відображення відрізка В2 та дуги Д1 відносно осі, $y=95$ мм (рис.7.79):

Command: MIRROR

В якості об'єктів вибираємо відрізок, дугу, дві штрих – пунктирні лінії та коло О1:

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: 1 found, 3 total

Select objects: 1 found, 4 total

Select objects: 1 found, 5 total

Select objects: ↵

Призначаємо координати осі відображення

Specify first point of mirror line: 26,95↵

Specify second point of mirror line: 174,95↵

Вихідні об'єкти зберігаємо

Erase source objects? [Yes/No] <N>:↵

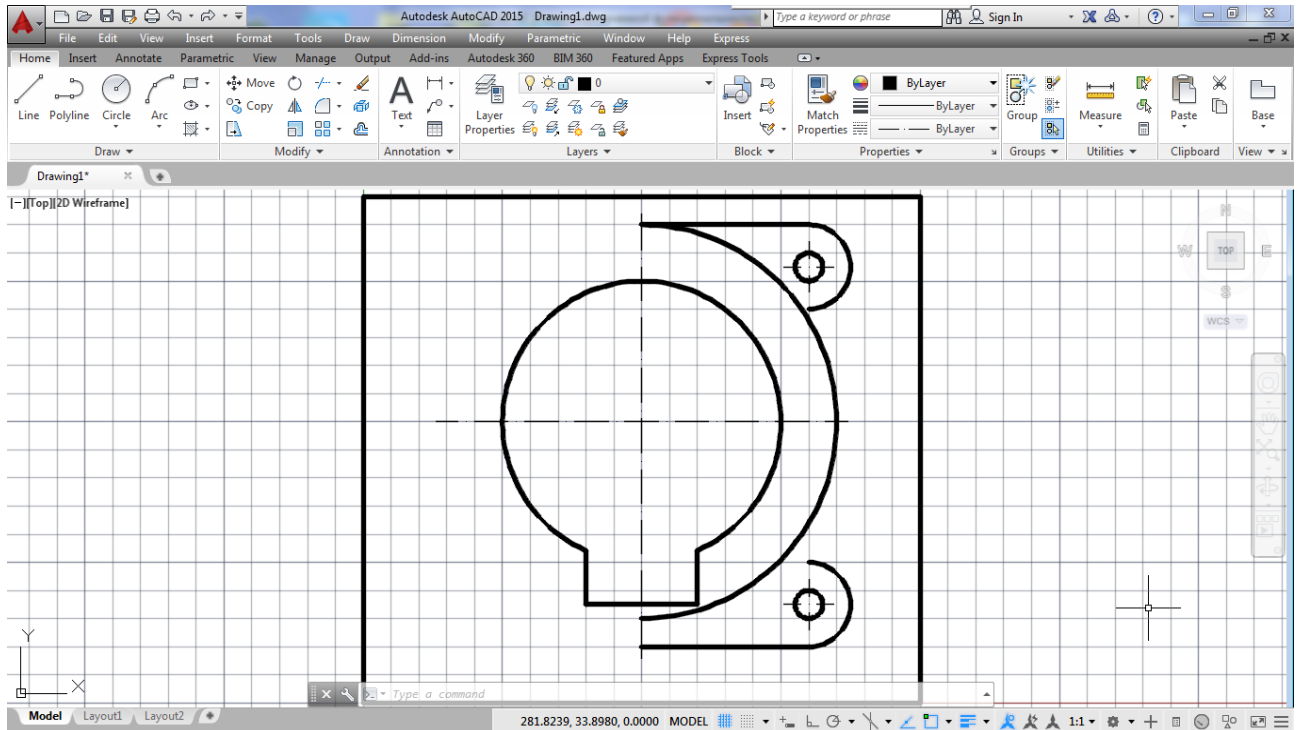


Рисунок 7.79 – Побудова дзеркальних зображень лінійного та дугового сегмента прокладки

Етап 11

Командою **FILLET** виконуємо спряження кола К2 і дуг Д1, Д2 з одночасною обрізкою крайок (*Mode = TRIM*) :

Command: FILLET

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: R↵

Specify fillet radius <0.0000>: 15↵

Вибираємо об'єкти спряження дугу кола К2 і Д1: побудова дуги спряження виконується проти годинникової стрілки (рис.7.80а)

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]:

Select second object or shift-select to apply corner or [Radius]:

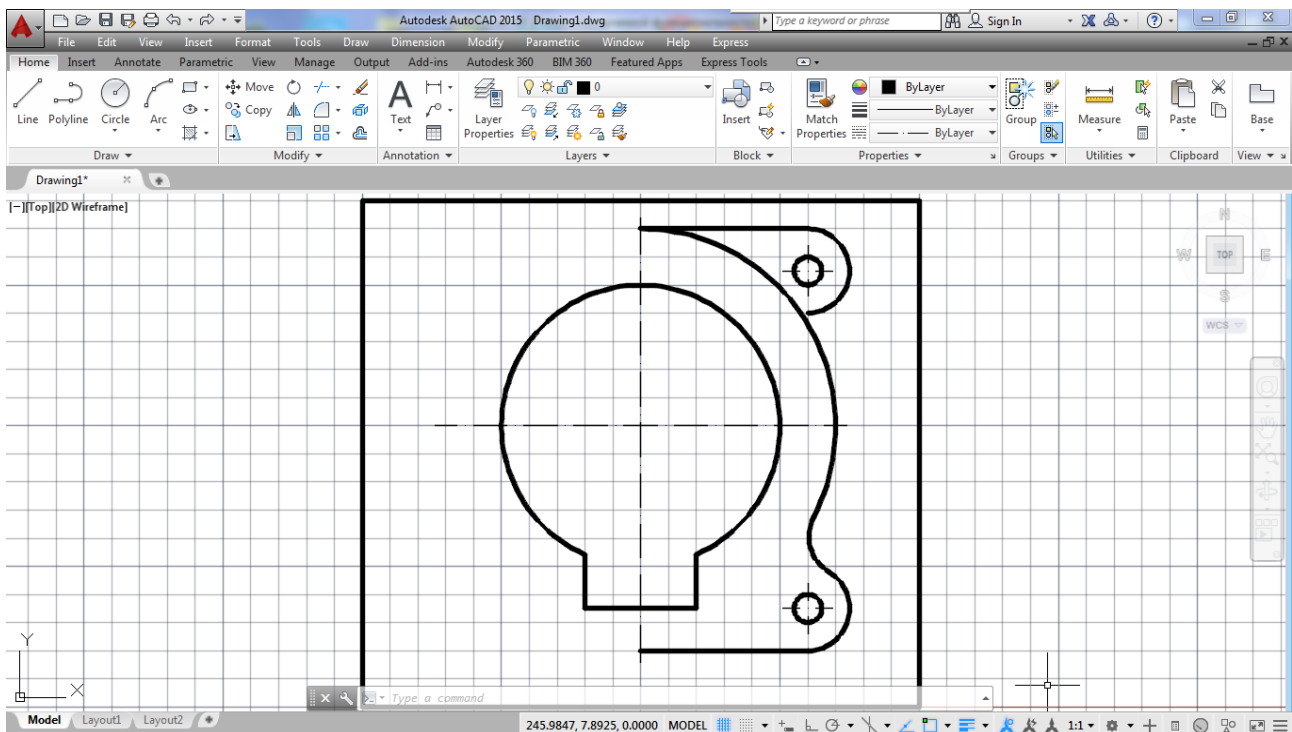
Command: FILLET

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 15.0000

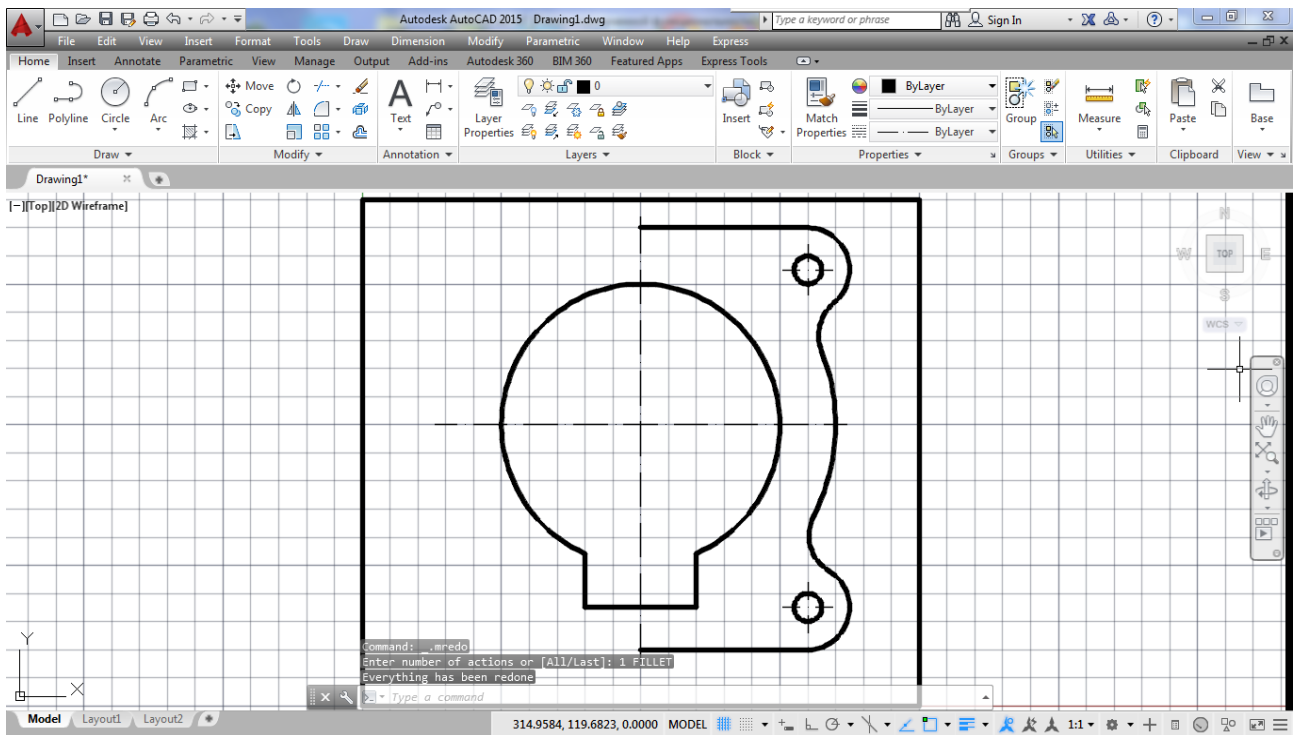
Вибираємо об'єкти спряження: дугу Д2 і дугу кола К2 (рис.7.80б):

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]:

Select second object or shift-select to apply corner or [Radius]:



a)



б)

Рисунок 7.80 – Побудова спряжень

Етап 12

Командою **Дзеркало** будуюмо ліву частину прокладки відносно вертикальної штрих – пунктирної прямої. Вибираємо об'єкти лівої частини прокладки (рис.7.81а):

Command: MIRROR

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: 1 found, 3 total

Select objects: 1 found, 4 total

Select objects: 1 found, 5 total

Select objects: 1 found, 6 total

Select objects: 1 found, 7 total

Select objects: 1 found, 8 total

Select objects: 1 found, 9 total

Select objects: 1 found, 10 total

Select objects: 1 found, 11 total

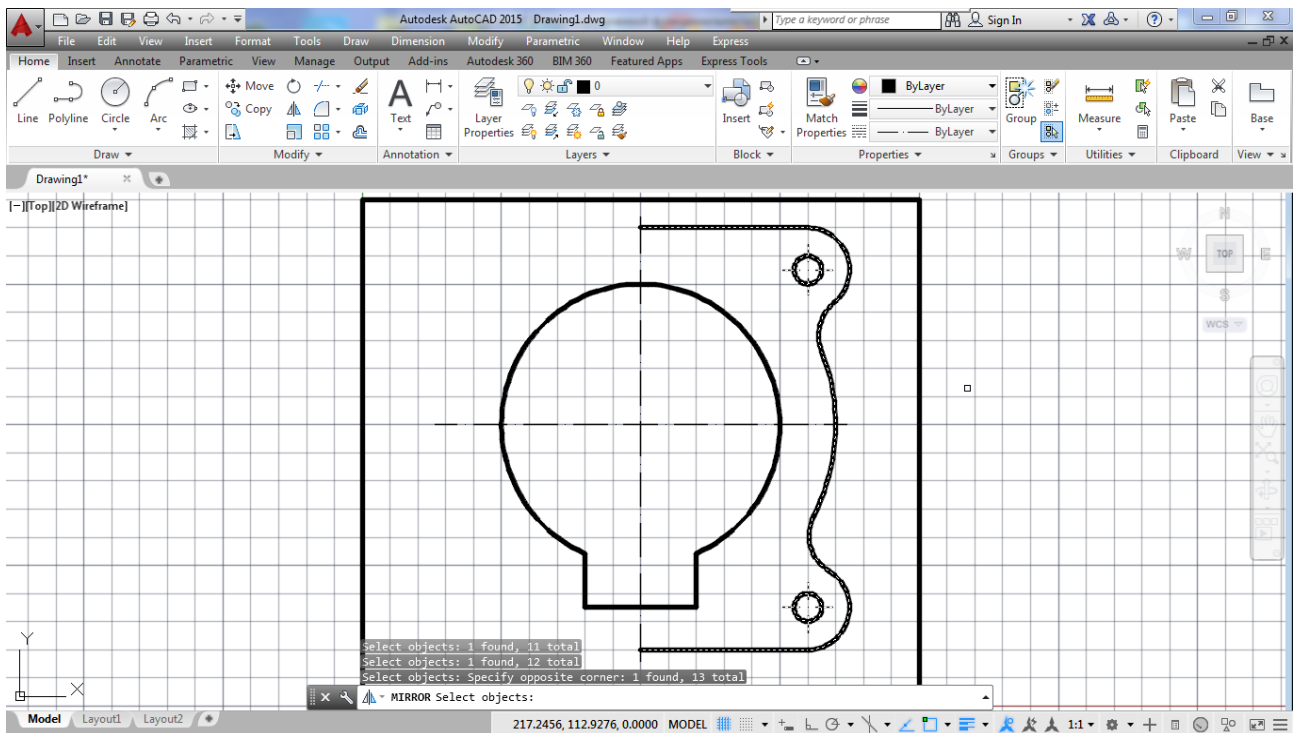
Select objects: 1 found, 12 total

Select objects: 1 found, 13 total

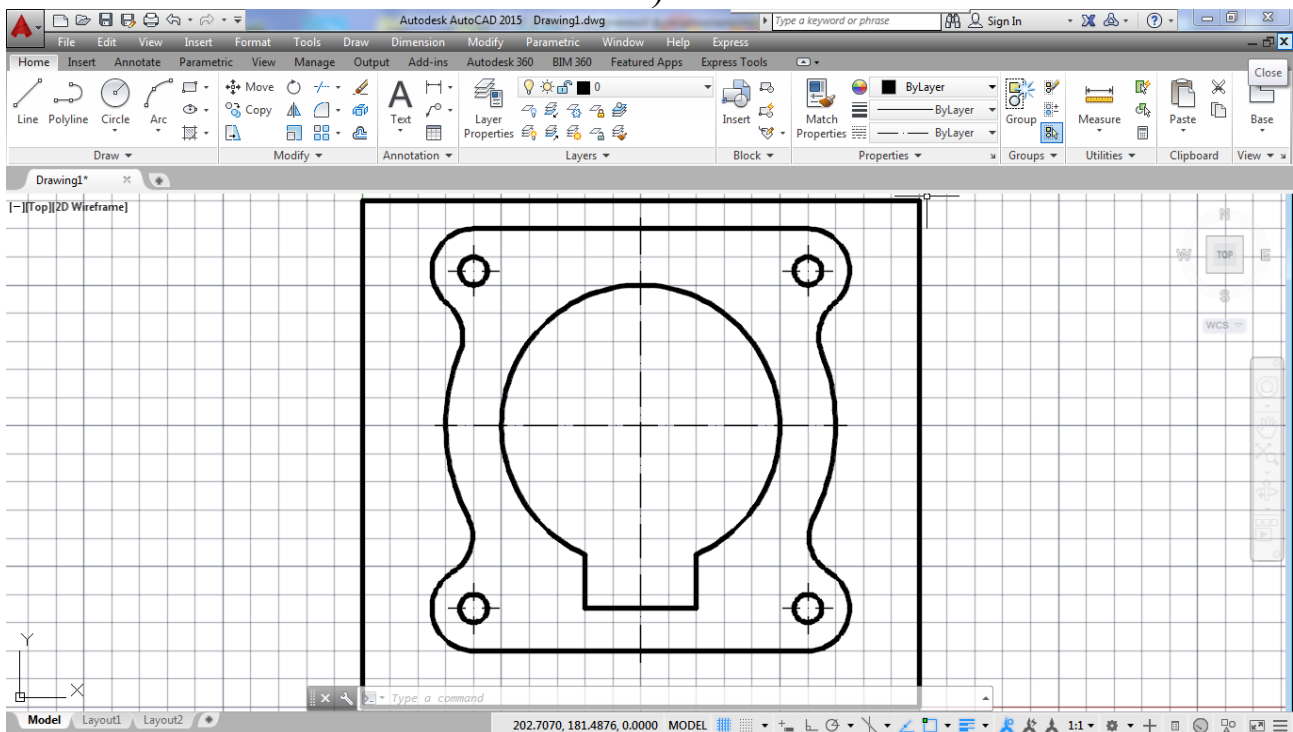
Select objects: ↵

Призначаємо координати осі відображення (рис.7.81б):

Specify first point of mirror line: 100,174↵
 Specify second point of mirror line: 100,16↵
 Erase source objects? [Yes/No] <N>:↵



a)



б)

Рисунок. 7.81 – Побудова лівої частини прокладки

Етап 13

Границі кресленника вилучаємо, використовуючи команду **Стерти** (рисунок 7.82):

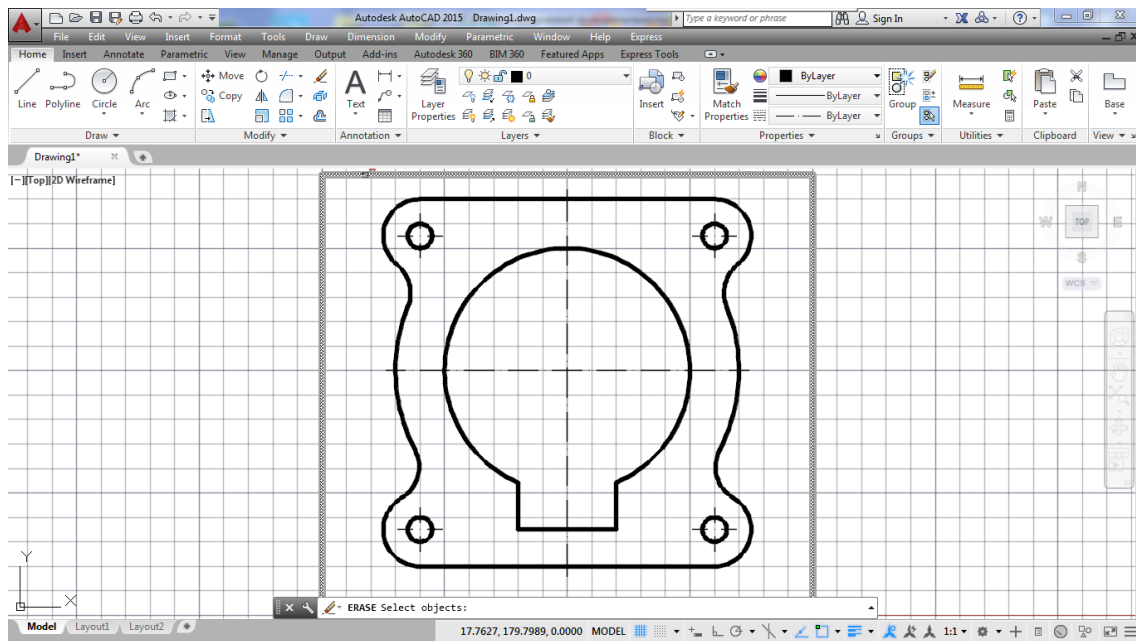
Command: ERASE

При наведенні курсора на рамку її колір змінюється (рис.7.82а)

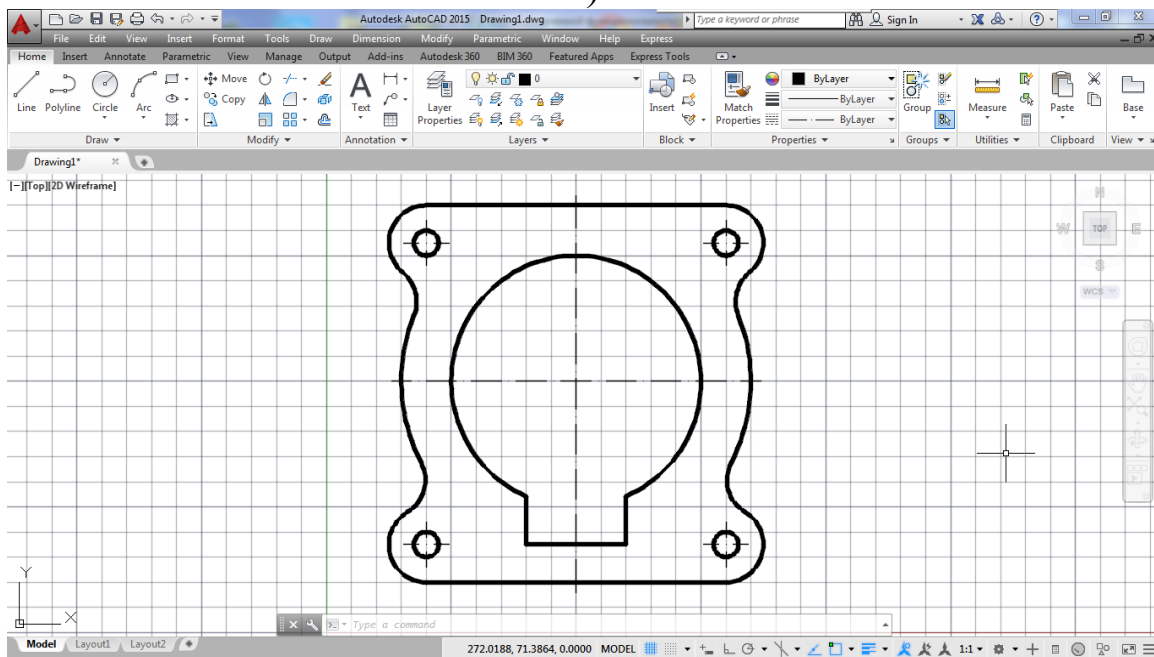
Select objects: 1 found

Після натискання клавіші **Enter** рамка щезає з екрана (рис.7.82б)

Select objects: ↵



а)



б)

Рисунок. 7.82 – Вилучення границь кресленника

Перелік використаних джерел

1. Морозенко О.П., Малишко Г.В. Правила виконання та оформлення креслень : навч. посібник. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2012. 49 с.
2. Михайленко В. Є., Найдіш В. М., Підкоритов А. М., Скидан І. А. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник. Київ : Слово, 2011. 352 с.
3. Скиба О. П. Комп'ютерна графіка : навч. посібн. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 182 с.
4. Ванін В.В., Перевертун В. В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD : навч. посібн. Київ : Каравела, 2008. 336 с.
5. Веселовська Г. В., Ходаков В. Є. Основи комп'ютерної графіки : навч. посібн. Херсон: Олді – Плюс, 2001. 216 с.
6. Волошкевич П.П., Бойко О.О., Панкевич Б.В., Мартин Є.В., Беспалов А.Л. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка : навч. посіб. Львів : НУЛП, 2007. 240 с.
7. Волошкевич П. П., Бойко О. О, Мартин Є. В., Панкевич Б. В., Беспалов А. Л. Курс нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки : навч. посібн. Львів : НУЛП, 2008. 364с.
8. Волошкевич П.П., Бойко О.О., Базишин П. А., Мацура Н.О. Технічне креслення та комп'ютерна графіка : навч. посібн. Київ : КОНДОР, 2017. 234 с.

Навчальне видання

**Євген МАРТИН, Петро ВОЛОШКЕВИЧ
Олександр БОЙКО, Олександр ХЛЕВНОЙ**

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Навчальний посібник

**для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”**

Літературний редактор:
Комп’ютерна верстка:
Друк:

**Галина ПАДИК
Євген МАРТИН
Назарій ПЕТРОЛЮК**

Підписано до друку 14.08.2025 р.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 11,7.

Друк ЛДУБЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
Тел. /факс: (032)233-24-79
E-mail: vnrd@ldubgd.edu.ua
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК №7249 від 09.02.2021 р.