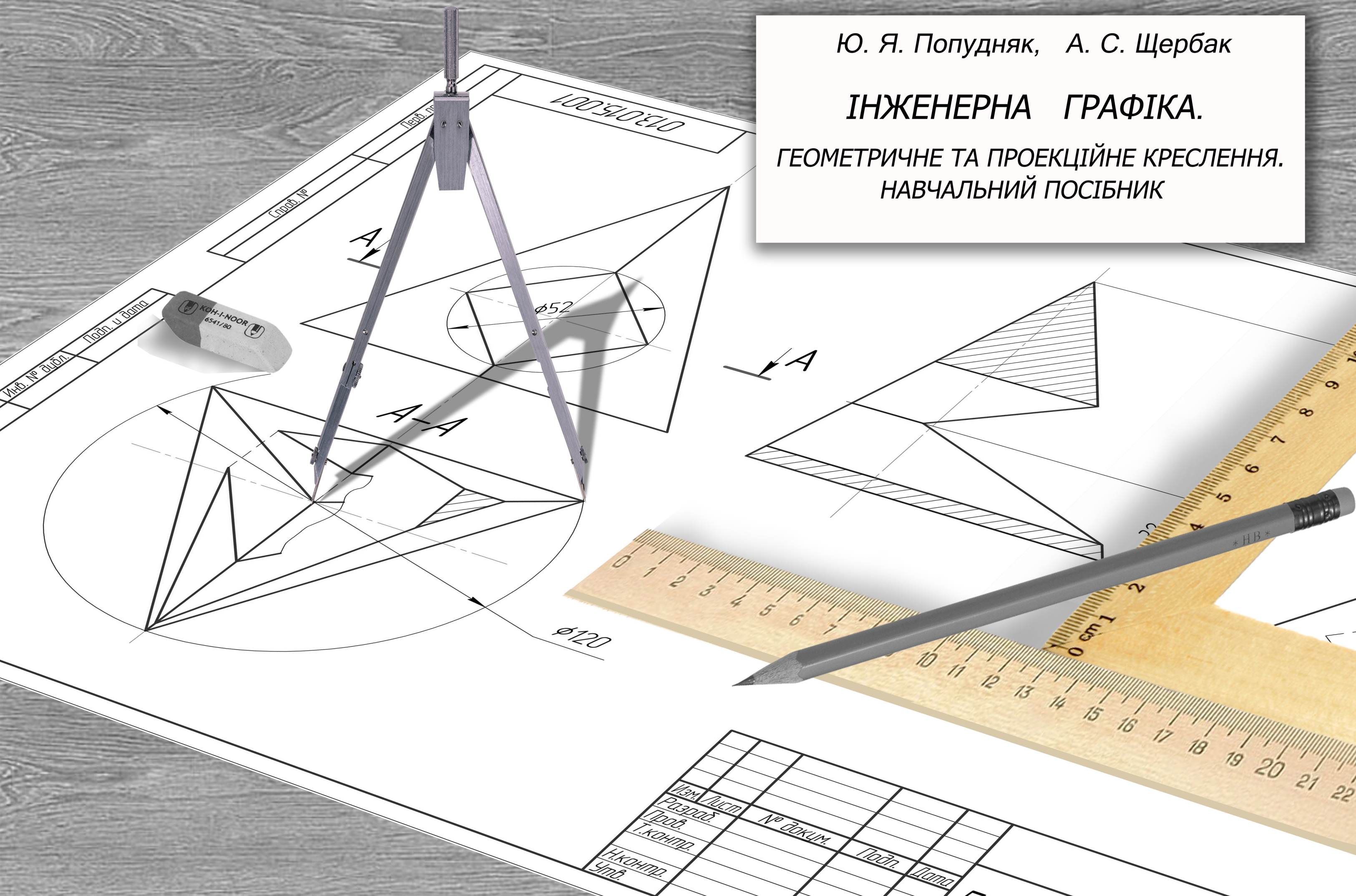


Ю. Я. Попудняк, А. С. Щербак

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА.

ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ.
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

Ю. Я. ПОПУДНЯК, А. С. ЩЕРБАК

***ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА.
ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ.
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК***

Навчальний посібник складено відповідно розділам навчальних програм з інженерної графіки для студентів технічних спеціальностей для самостійного виконання індивідуальних завдань з геометричного та проекційного креслення.

2017

**УДК 744.4
П58**

Рецензенти: **М. В. Шпирько,**
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», завідувач кафедри «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій»,
доктор технічних наук, професор;
В. Д. Петренко,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, професор кафедри «Мости та тунелі», доктор технічних наук, професор;
С. С. Тищенко,
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, професор кафедри вищої математики,
доктор технічних наук, професор

Інженерна графіка. Геометричне та проекційне креслення.
Навчальний посібник / Ю. Я. Попудняк, А. С. Щербак – Дніпро, 2017 р. -140 с.

Навчальний посібник складено відповідно розділам навчальних програм з інженерної графіки для студентів технічних спеціальностей для самостійного виконання індивідуальних завдань з геометричного та проекційного креслення.

Рекомендовано до друку Вченою радою Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (протокол № 9 від 24.04.17).

**УДК 744.4
П58**

З М І С Т

Вступ	5
Формати	6
Масштаби	8
Лінії	9
Шрифти креслярські	11
Графічні позначення матеріалів	13
Нанесення розмірів	14
Геометричне креслення	34
Поділ відрізка прямої на дві і чотири рівні частини	34
Поділ відрізка прямої на будь-яке число рівних частин	34
Побудова перпендикуляра з даної точки до прямої	35
Побудова кута рівного даному	35
Побудова багатокутника рівного заданому	36
Поділ кута на дві рівні частини	37
Поділ прямого кута на три рівні частини	38
Визначення центру дуги кола	39
Побудова дотичної до кола	40
Побудова зовнішньої дотичної до двох дуг кіл	40
Побудова внутрішньої дотичної до двох дуг кіл	41
Поділ кола на вісім рівних частин	42
Поділ кола на три, шість і дванадцять рівних частин	42
Поділ кола на п'ять рівних частин	43
Поділ кола на сім рівних частин	44
Криві конічних перетинів	45
<i>Еліпс</i>	45
<i>Парабола</i>	46
<i>Гіпербола</i>	48

Ухил	49
Конусність	51
Сполучення	53
<i>Сполучення прямих, які перетинаються</i>	53
<i>Сполучення паралельних прямих</i>	55
<i>Сполучення дуги кола з прямою</i>	57
<i>Сполучення дуг кіл дугою кола</i>	59
<i>Порядок побудови сполучення</i>	61
Проекційне креслення	66
Зображення - види, розрізи, перерізи	66
<i>Види</i>	66
<i>Розрізи</i>	71
<i>Перерізи</i>	80
Виносні елементи	84
Умовності і спрощення	85
Штрихування перерізів	91
Побудова прямокутних проекцій геометричних фігур та точок на їх поверхнях	92
Побудова винесеного перерізу фігури похилою площиною	99
Аксонетричні проекції	104
Розв'язання типових задач проекційного креслення	114
Література	140

Вступ

Креслення є одним з головних носіїв технічної інформації, без якої не обходиться жодне виробництво. В даний час не можна уявити собі роботу і розвиток більшості галузей народного господарства, а також науки і техніки без креслень. На знову створювані прилади, машини і споруди спочатку розробляють креслення (проекти). За ним визначають їхні переваги і недоліки, вносять зміни в конструкцію. Тільки після обговорення креслень (проектів) виготовляють експериментальні зразки виробів. Робітники, інженери і техніки повинні вміти читати креслення, щоб зрозуміти як саму конструкцію, так і роботу виробу, а також викласти свої технічні думки, використовуючи креслення. Креслення широко використовуються і в навчальних закладах при вивченні теоретичних, загально технічних і спеціальних предметів.

Проекційне креслення є розділом інженерної графіки, в якому вивчаються способи побудови зображень просторових предметів на площині методом прямокутних проекцій.

Вивчання цього розділу сприяє розвитку просторової уяви, виконанню креслень та їх читанню. Для успішного його вивчення необхідно знати основні положення нарисної геометрії, а саме будувати проекції точок, прямих, площин, многогранних та кривих поверхонь. Треба мати навички побудови проекцій точок і ліній, що належать поверхням.

Зміст завдання полягає у розв'язанні задач на побудову третьої проекції фігури за двома заданими, у виконанні розрізів та перерізів, а також аксонометричних проекцій відповідно до Державних стандартів.

У даному навчальному посібнику наведено зміст та завдання з геометричного і проекційного креслення, довідкові матеріали з Державних стандартів щодо зображень, які застосовуються на кресленнях просторових предметів на площині, принципи утворення та побудови видів, розрізів та перерізів, умовностей та спрощень, що застосовуються на робочих рисунках деталей. Наведено приклади побудови просторових предметів на проекційних рисунках, побудови точок і ліній, що належать поверхням предметів на проекційних рисунках, побудови трьох проекцій предметів з отворами та аксонометричних проекцій предметів.

Навчальний посібник **«Інженерна графіка. Геометричне та проекційне креслення»** допоможе та сприятиме організації самостійної роботи студентів при виконанні індивідуальних завдань.

Формати (ЕСКД ГОСТ 2.301-68)

ГОСТ 2.301-68 встановлює основні і додаткові формати аркушів креслень та інших документів, виконаних в електронній та (або) паперовій формі, передбачених стандартами на конструкторську документацію всіх галузей промисловості і будівництва.

Формати листів визначаються розмірами зовнішньої рамки (виконаної тонкої лінією) оригіналів, дублікатів та копій (рис. 1).

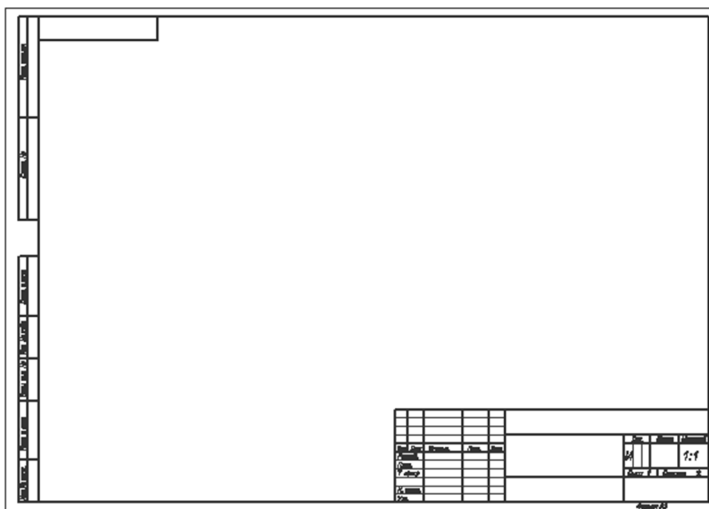


Рис. 1

Формат з розмірами сторін 1189×841 мм, площа якого дорівнює 1 м^2 , і інші формати, одержувані шляхом послідовного ділення його на дві рівні частини, паралельно меншій стороні відповідного формату, приймаються за основні (рис. 2).

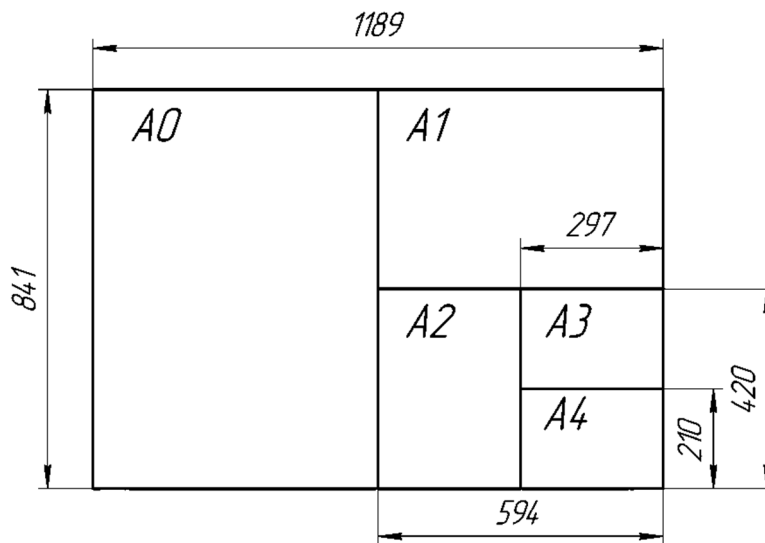


Рис. 2

Позначення і розміри сторін основних форматів повинні відповідати зазначеним у таблиці 1.

Таблиця 1

Позначення і розміри сторін форматів

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

При необхідності допускається застосовувати формат A5 з розмірами сторін 148×210 мм.

Допускається застосування додаткових форматів, утворених збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, кратну їх розмірам.

Розміри похідних форматів, як правило, слід вибирати по таблиці 2.

Таблиця 2

<i>Кратність</i>	<i>Формат</i>				
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>
2	1189×1682	-	-	-	-
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	-	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	-	-	594×2102	420×1486	297×1051
6	-	-	-	420×1783	297×1261
7	-	-	-	420×2080	297×1471
8	-	-	-	-	297×1682
9	-	-	-	-	297×1892

Позначення вихідного формату складається з позначення основного формату і його кратності відповідно до таблиці 2, наприклад, *A0*×2, *A4*×8 т. ін.

Граничні відхилення сторін форматів – таблиця 3.

Таблиця 3

<i>Розміри сторін форматів, мм</i>	<i>Граничні відхилення, мм</i>
до 150	$\pm 1,5$
від 150 до 600	$\pm 2,0$
більш 600	$\pm 3,0$

Масштаби (ЕСКД ГОСТ 2.302-68)

Масштаб – це відношення розмірів зображеного на кресленні предмета до його дійсних розмірів.

При виконанні креслення обов'язкове застосування масштабу. ГОСТ 2.302-68 передбачає наступні масштаби:

Масштаби зменшення	1:2; (1:2,5); 1:4, 1:5, 1:10, (1:15), 1:20, 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

При проектуванні генеральних планів великих об'єктів допускається застосовувати масштаби 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

В необхідних випадках допускається застосовувати масштаби збільшення $(100n):1$, де n – ціле число.

Слід по можливості не застосовувати масштаби 1:2,5; 1:15; 1:75; 2,5:1.

Масштаб, вказаний в призначеній для цього графі основного напису креслення, повинен позначатися на кшталт **1:4; 1:2; 2:1** і т.д.

Якщо масштаб будь-якого зображення відрізняється від масштабу, зазначеного в основному написі, то, згідно з ГОСТ 2.316-68 "Правила нанесення на кресленнях написів, технічних вимог і таблиць", його вказують безпосередньо після напису, який відноситься до зображення, наприклад: **А-А (2:1); Б (1:5), А (1:1).**

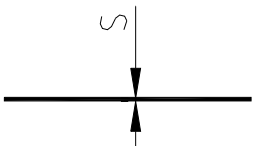
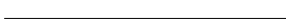
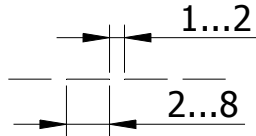
Кращим є масштаб 1:1.

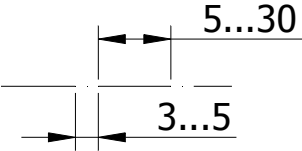
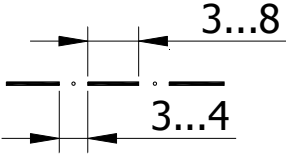
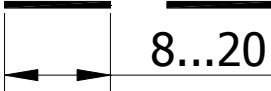
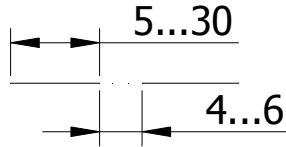
Лінії (ЕСКД ГОСТ 2.303-68)

Найменування, накреслення, товщина ліній по відношенню до товщини основної лінії та основні призначення ліній встановлені ГОСТ 2.303-68 і повинні відповідати зазначеним у таблиці 4.

Таблиця 4

Найменування, накреслення, товщина ліній по відношенню до товщини основної лінії та основні призначення ліній

Найменування	Накреслення	Товщина ліній	Основні призначення
<i>Суцільна товста основна</i>		S	Лінія видимого контуру. Лінії переходу видимі. Лінії контуру перетину (винесеного і входить до складу розрізу).
<i>Суцільна тонка</i>		Від S/3 до S/2	Лінія контуру накладеного перерізу. Лінії розмірні і виносні лінії штрихування. Лінії – виноски. Полки ліній-виносок і підкреслення написів. Лінії для зображення прикордонних деталей ("обстановка"). Лінії обмеження виносних елементів на видах, розрізах і перетинах. Лінії переходу уявні. Сліди площин, лінії побудови характерних точок при спеціальних побудовах.
<i>Суцільна хвиляста</i>		Від S/3 до S/2	Лінії обриву. Лінії розмежування виду і розрізу.
<i>Штрихова</i>		Від S/3 до S/2	Лінії невидимого контуру. Лінії переходу видимі.

Штрих-пунктирна тонка		Від $S/3$ до $S/2$	Лінії осеві і центрові. Лінії перерізів, є осями симетрії для накладених або винесених перерізів.
Штрих-пунктирна потовщена		Від $S/3$ до $S/2$	Лінії, що позначають поверхні, які підлягають термообробці або покриттю. Лінії для зображення елементів, розташованих перед січною площиною ("накладена проекція").
Розімкнута		Від S до $1,5S$	Лінії перерізів.
Суцільна тонка зі зламами		Від $S/3$ до $S/2$	Довгі лінії обриву.
Штрих-пунктирна з двома точками тонка		Від $S/3$ до $S/2$	Лінії згину на розгортках. Лінії для зображення частин виробу в крайніх або проміжних положеннях. Лінії для зображення розгортки суміщеної з видом.

Товщина суцільної лінії S повинна бути в межах від 0,5 до 1,4 мм в залежності від величини і складності зображення, а також від формату креслення.

Товщина ліній одного і того ж типу повинна бути однакою для всіх зображень на цьому кресленні, що викреслюються в однаковому масштабі. Довжину штрихів в штрихових і штрих-пунктирних лініях слід вибирати в залежності від величини зображення. Штрихи в лінії повинні бути приблизно однакової довжини. Проміжки між штрихами в лінії повинні бути приблизно однакової довжини. Штрих-пунктирні лінії повинні перетинатися і закінчуватися штрихами. Штрих-пунктирні лінії, що застосовуються в якості центрових, слід замінювати суцільними тонкими лініями, якщо діаметри кола або розміри інших геометричних фігур в зображенні менше 12 мм. Спеціальні призначення ліній (зображення різьби, шліців, кордони зон з різною шорсткістю і т. і.) визначені у відповідних стандартах ЄСКД.

Шрифти креслярські ГОСТ 2.304-81

Всі написи на кресленнях виконують креслярським шрифтом. Це робить креслення більш чіткими й виразними, полегшує їх читання. Конструкцію літер і цифр креслярського шрифту визначено державним стандартом. В машинобудівному кресленні використовується шрифт типу Б, а в будівельному кресленні шрифт типу А.

Стандарт встановлює начерки двох видів літер українського і латинського алфавітів: великих і малих арабських і римських цифр та деяких знаків для умовних позначень на кресленнях. Шрифт рекомендується писати з нахилом (близько 75°). Написи виконують у два етапи. Спочатку тонкими лініями намічають контури літер і цифр. Пересвідчившись, що вони написані правильно, їх обводять м'яким олівцем. *Літери і цифри стандартного шрифту ні в якому разі не викреслюють, а пишуть від руки.*

Висота великих літер у міліметрах, виміряна перпендикулярно до основи рядка, визначає розмір шрифту. Її позначають h (рис. 3). Написи на кресленнях виконують шрифтами таких розмірів: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28 і 40 мм.

Висота малих літер (її позначають c) відповідає висоті великих літер попереднього розміру шрифту. Наприклад, для шрифту розміром 14 висота малих літер дорівнює 10 мм, для розміру 10 – 7 мм, для розміру 7 – 5 мм тощо.

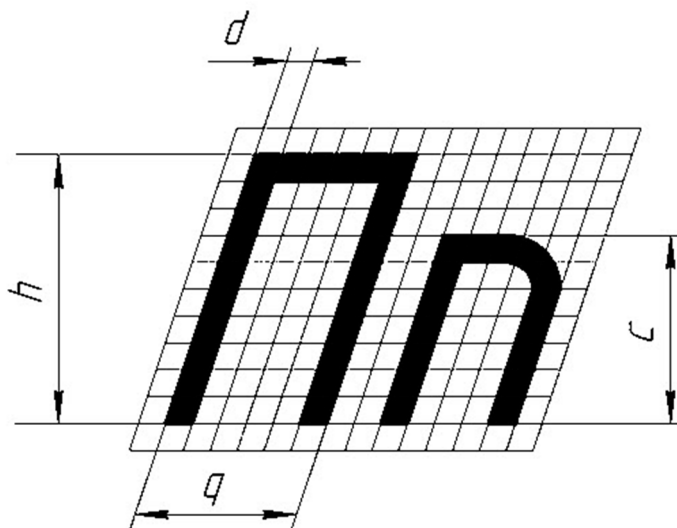


Рис. 3

Відстань між літерами і цифрами в словах $0,2h$, між словами і числами – $0,6h$. Відстань між нижніми лінійками рядків – $1,7h$.

Приклад написання літер української абетки наведено на рис. 4.

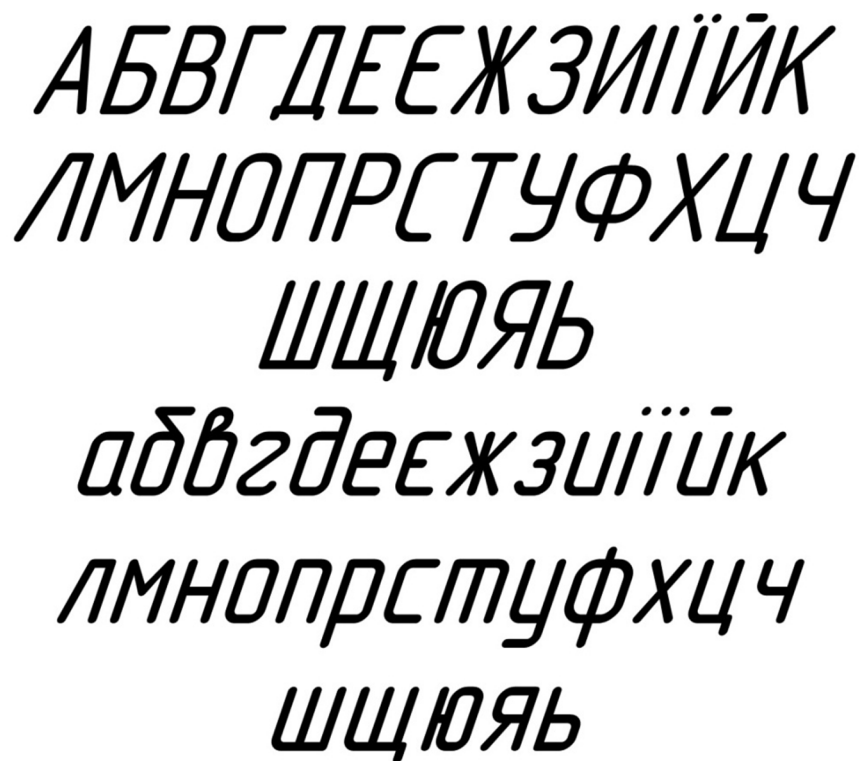


Рис. 4

Товщину ліній шрифту визначають залежно від висоти шрифту. Вона дорівнює $0,1h$ і позначається d . Ширина більшості великих літер має дорівнювати $0,6h$. Ширина літер *А, Д, Ж, М, Ф, Х, Ш, Щ, Ю* – $0,8h$, (включаючи нижні і верхні елементи), а ширина літер *Г, С, З* – $0,5h$. Ширина більшості малих літер дорівнює $0,5h$. Ширина літер *а, м, ц, ь* дорівнює $0,6h$, літер *ж, т, ф, ш, щ, ю* – $0,7h$, *з* та *с* – $0,4h$. Частина літер, які виступають з рядка (зверху або знизу), виконуються за рахунок відстаней між рядками. Висота всіх цифр дорівнює висоті великих літер h . Ширина цифр дорівнює $h/2$ (за винятком цифри *1* ($0,3h$)).

Приклад написання цифр наведено на рисунку 5.



Рис. 5

Приклад написання літер англійської абетки наведено на рисунку 6.

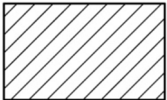
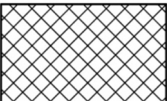
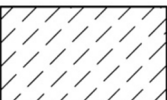
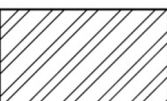
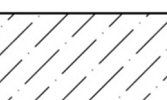
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

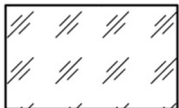
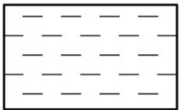
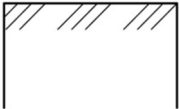
Рис. 6

Графічні позначення матеріалів

ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 (ГОСТ 2.306-68)

Таблиця 5

<i>Матеріал</i>	<i>Позначення</i>
<i>1. Метали і тверді сплави</i>	
<i>2. Неметалеві матеріали</i>	
<i>3. Дерево</i>	
<i>4. Камінь природний</i>	
<i>5. Кераміка</i>	
<i>6. Бетон</i>	

7. <i>Скло</i>	
8. <i>Рідина</i>	
9. <i>Грунт природний</i>	

Нанесення розмірів

Основні вимоги.

Для визначення величини зображеного виробу та його елементів служать розмірні числа, нанесені на кресленні.

Необхідна точність виробу при виготовленні задається зазначенням на кресленні граничних відхилень розмірів, а також граничних відхилень форми і розташування поверхонь.

Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення і контролю виробу.

Не допускається повторювати розміри одного і того ж елемента на різних зображеннях, в технічних вимогах, основного напису і специфікації. Виняток становлять довідкові розміри (перенесені з креслень виробів-заготовок, розміри деталей (елементів) з сортового, фасонного, листового та іншого прокату).

Якщо в технічних вимогах необхідно дати посилання на розмір, заданий на зображенні, то цей розмір або відповідний елемент позначають буквою, а в технічних вимогах поміщають запис, аналогічно наведеному на рисунку 7.

Лінійні розміри і їх граничні відхилення на кресленнях і в специфікаціях вказують в міліметрах, без позначення одиниці виміру. Якщо на кресленні розміри необхідно вказати не в міліметрах, а в інших одиницях виміру (сантиметрах, метрах тощо), то відповідні розмірні числа записують з позначенням одиниці виміру (см, м) або вказують їх в технічних вимогах.

Для розмірів і граничних відхилень, що наведені у технічних вимогах і пояснювальних написах на полі креслення, обов'язково вказують одиниці виміру.

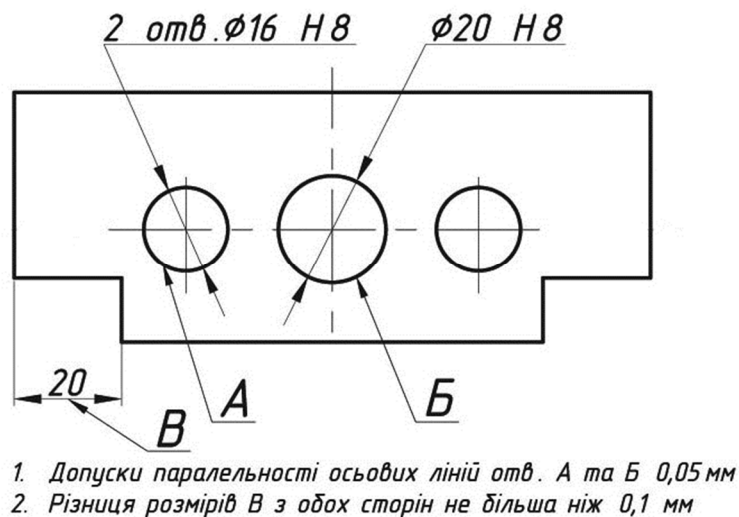


Рис. 7

Кутові розміри і граничні відхилення кутових розмірів вказують в градусах, хвилинах і секундах з позначенням одиниці виміру, наприклад: 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 50' 30''$; $0^\circ 30' 40''$; $0^\circ 18'$; $0^\circ 5' 25''$; $0^\circ 0' 30''$; $30^\circ \pm 1^\circ$; $30^\circ \pm 10'$.

Для розмірних чисел застосовувати прості дробі не допускається, за винятком розмірів у дюймах.

Розміри, що визначають розташування сполучених поверхонь, проставляють, як правило, від конструктивних баз з урахуванням можливостей виконання і контролю цих розмірів.

На рисунку 8 поставленні розміри визначають взаємне розташування кіл від загальної бази.

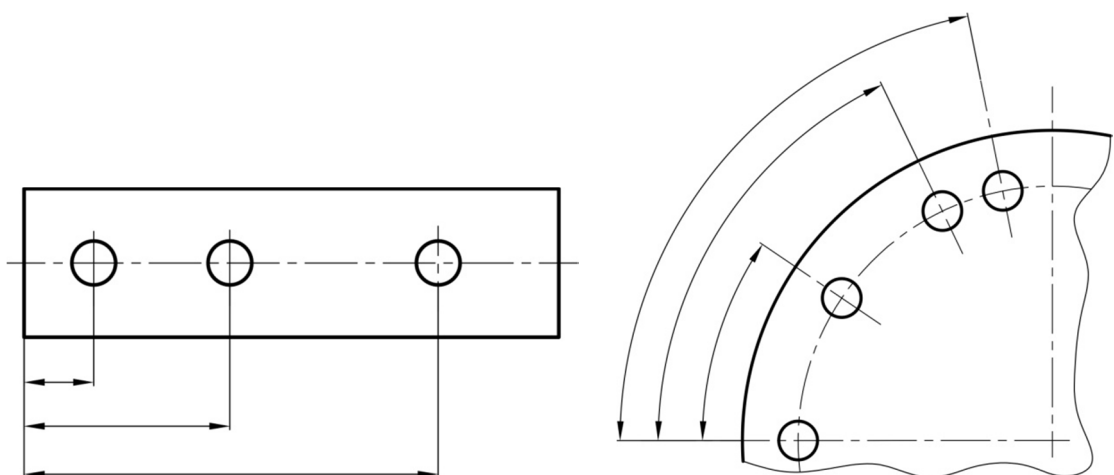


Рис. 8

На рисунку 9 задані розміри кількох груп елементів від декількох баз.

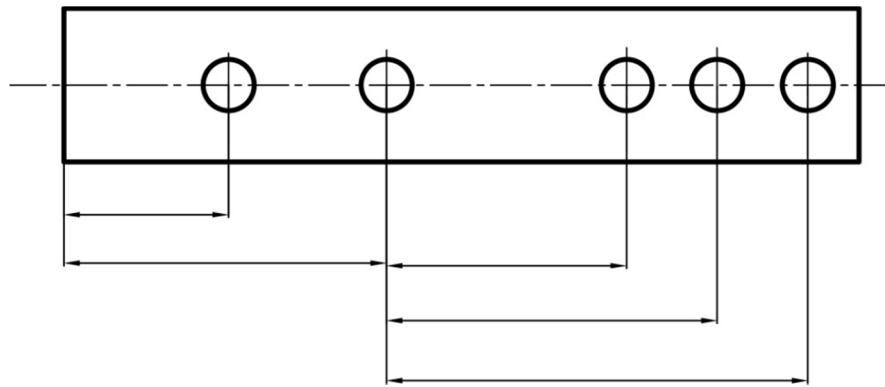


Рис. 9

Завдання розмірів між суміжними елементами ланцюжком (рис. 10).

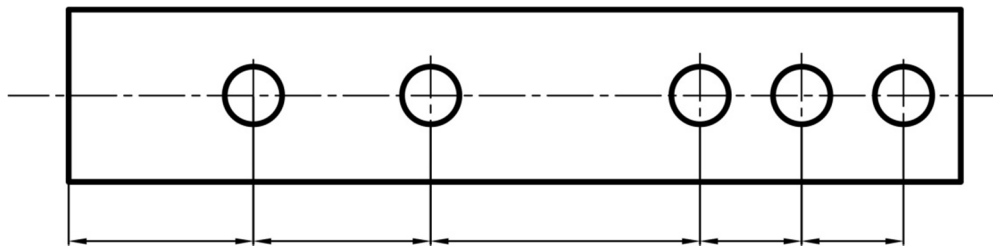


Рис. 10

Розміри на кресленнях не допускається наносити у вигляді замкненого кола, за винятком випадків, коли один з розмірів зазначений як довідковий. Розміри, що визначають положення симетрично розташованих поверхонь у симетричних виробів, наносять, як показано на рисунку 11.

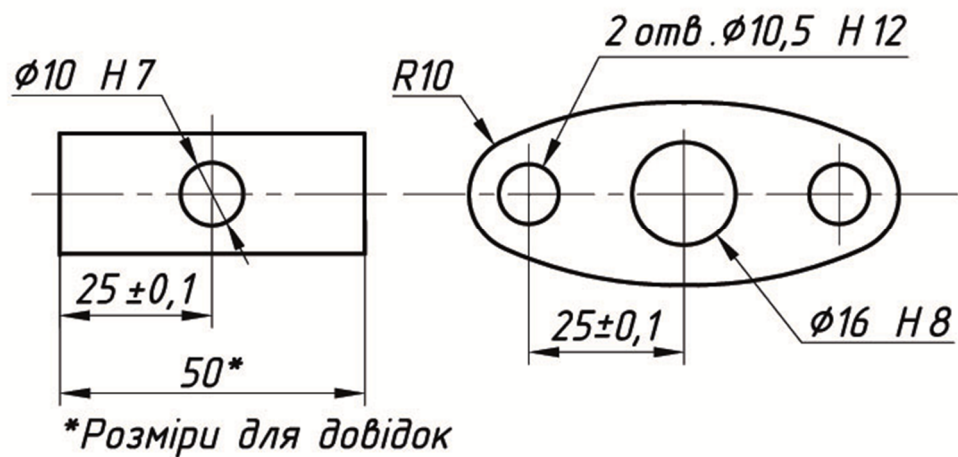


Рис. 11

Нанесення розмірів.

Для нанесення розмірів використовують виносні і розмірні лінії та розмірні числа (рис. 12).

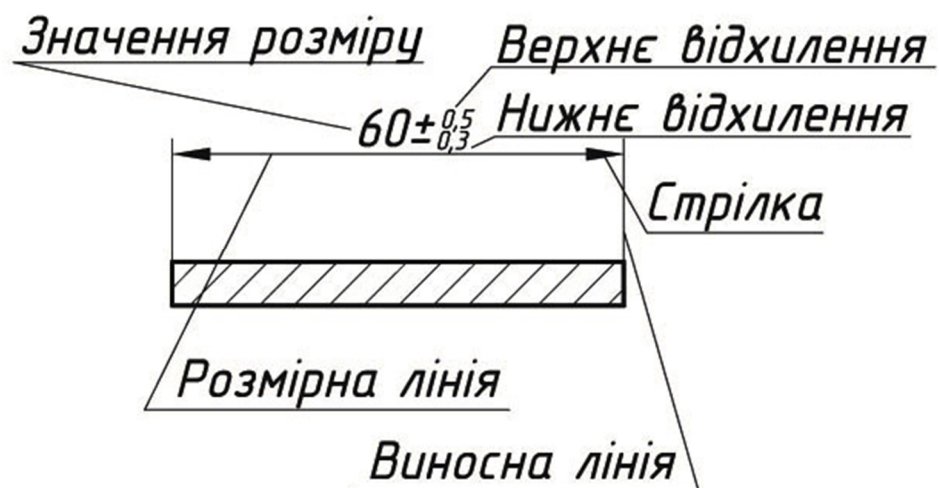


Рис. 12

Розмірні і виносні лінії слід виконувати суцільними тонкими лініями. Розмірні лінії обмежені стрілками. Величина стрілок вибирається залежно від товщини S лінії видимого контуру предмета (рис. 13) і повинна бути приблизно однакова для всіх розмірних ліній креслення.

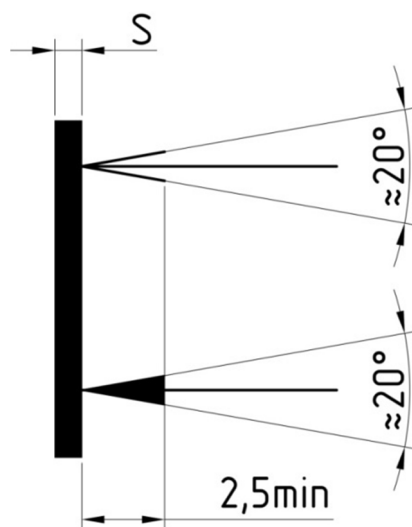


Рис. 13

При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно розмірним (рис. 14).

При нанесенні розмірів деталей, подібних зображенням на рисунку 15, розмірні лінії слід проводити в радіусному напрямку, а виносні по дугам кіл.

При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у його вершині, а виносні лінії – радіально (рис. 16).

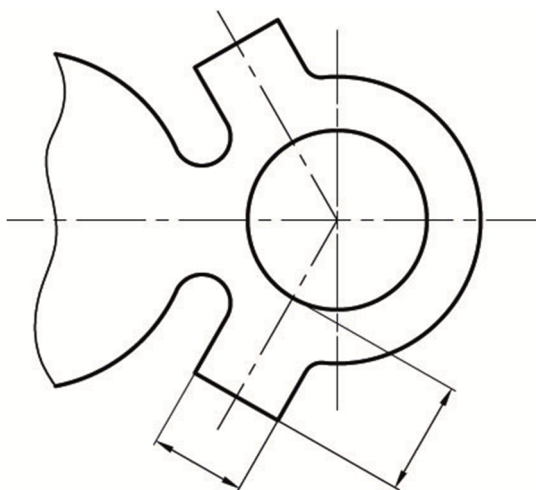


Рис. 14

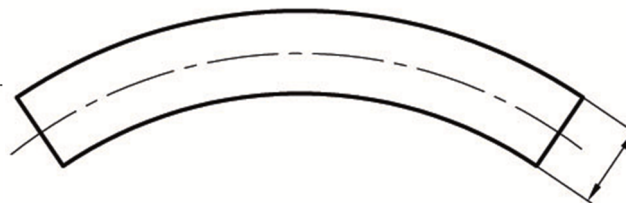


Рис. 15

*При нанесенні розмірів потрібно пам'ятати, що на всіх кресленнях, незалежно від масштабу, вказуються **дійсні розміри виробу**.*

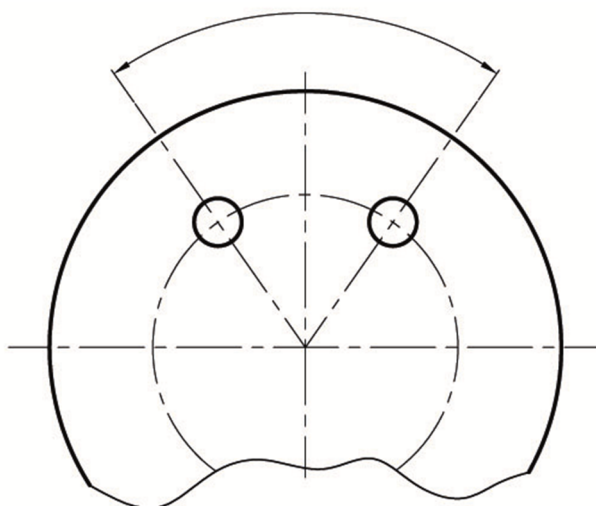


Рис. 16

Розмірні числа в межах одного креслення виконують шрифтом одного розміру. Розмірні числа наносять над розмірною лінією якомога ближче до її середини. При нанесенні декількох паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані один від одного розмірні числа над ними рекомендується розташовувати в шаховому порядку (рис. 17).

Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розташовують як показано на рисунку 18. Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні (див. рис. 18), відповідне розмірне число наносять на полиці лінії-виноски (рис. 19).

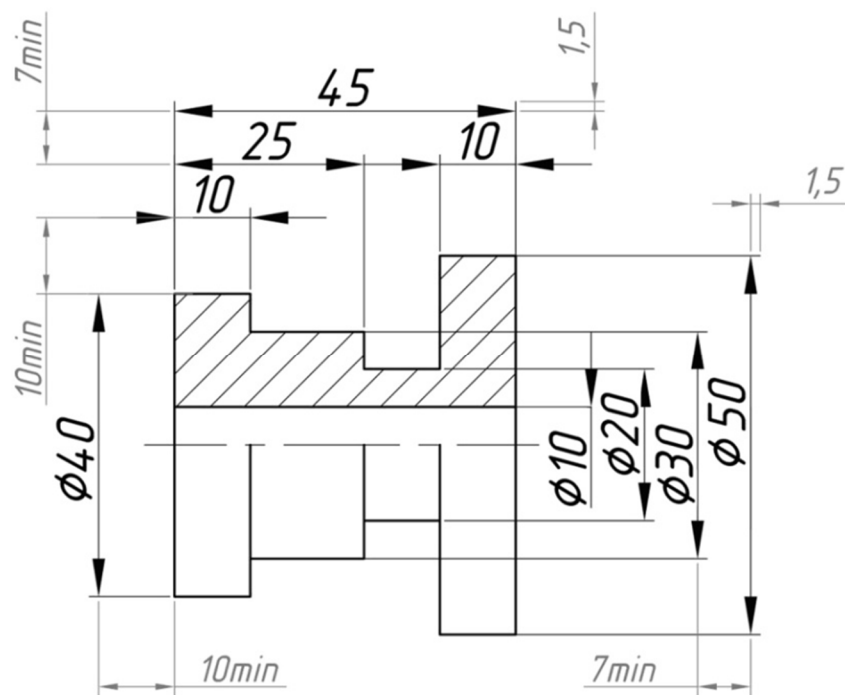


Рис. 17

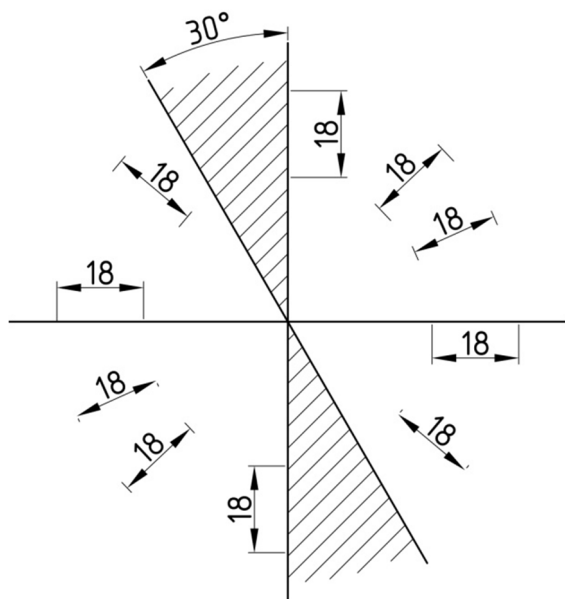


Рис. 18

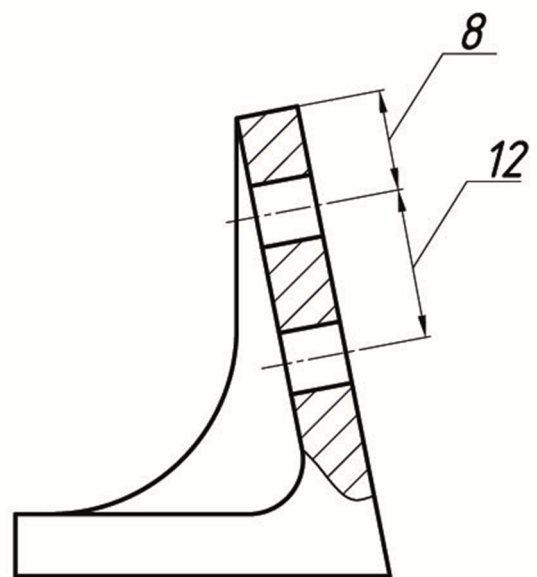


Рис. 19

Кутові розміри наносять так, як показано на рисунку 20. У зоні, розташованій вище горизонтальної осьової лінії, розмірні числа поміщають над розмірними лініями з боку їх опуклості; в зоні, розташованій нижче горизонтальної осьової лінії – з боку угнутості розмірних ліній.

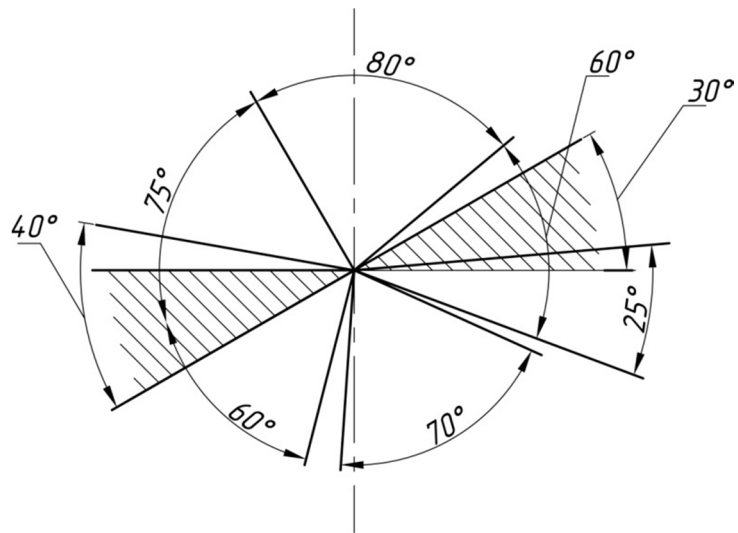


Рис. 20

У заштрихованій зоні наносити розмірні числа не рекомендується. В цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтально нанесених полчках (рис. 20 і 21).

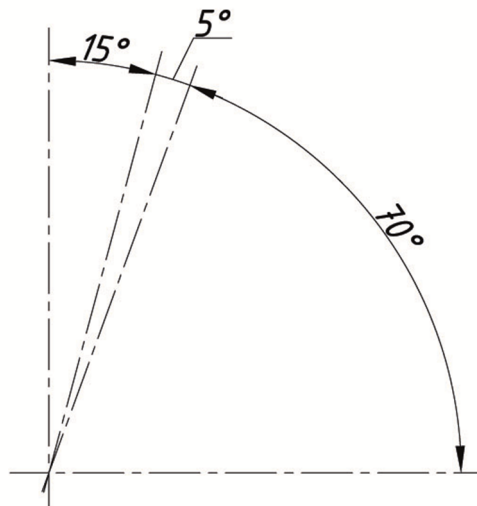


Рис. 21

Стрілки, що обмежують розмірні лінії, повинні упиратися вістрям у відповідні лінії контуру, або виносні, або осьові лінії.

Виносні лінії повинні виходити за кінці розмірних стрілок на 1...5 мм (див. рис. 17).

Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями повинна бути 7 мм, а між розмірною і лінією контуру – 10 мм і обрана в залежності від розмірів зображення і насиченості креслення (див. рис. 17).

У випадках, показаних на рисунку 22, розмірну і виносні лінії проводять так, щоб вони разом з вимірюваним відрізком утворили паралелограм.

Необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній.

Не допускається використовувати лінії контуру, осьові, центрові і виносні лінії в якості розмірних.

Допускається проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осьовим, центровим і іншим лініям.

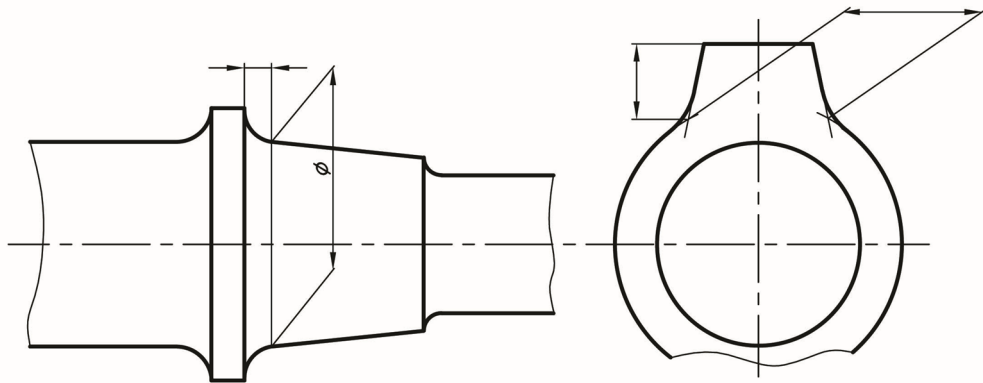


Рис. 22

Виносні лінії проводяться від лінії видимого контуру, за винятком випадків, коли при нанесенні розмірів на невидимому контурі відпадає необхідність в кресленні додаткового зображення.

Якщо вид чи форму симетричного предмета або окремих симетрично розташованих елементів зображують тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, що відносяться до цих елементів, проводять з обривом, і обрив розмірної лінії роблять далі осі чи лінії обриву предмета (рис. 23).

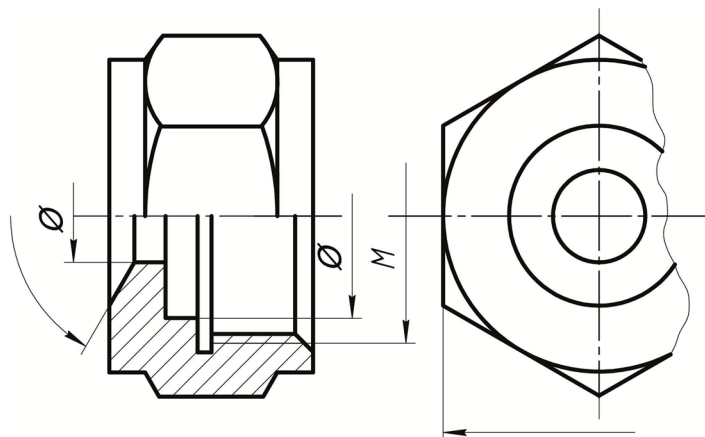


Рис. 23

Розмірні лінії допускається проводити з обривом в наступних випадках:

а) при нанесенні розміру діаметра кола незалежно від того, зображено коло повністю чи частково, при цьому обрив розмірної лінії роблять далі центра кола (рис. 24);

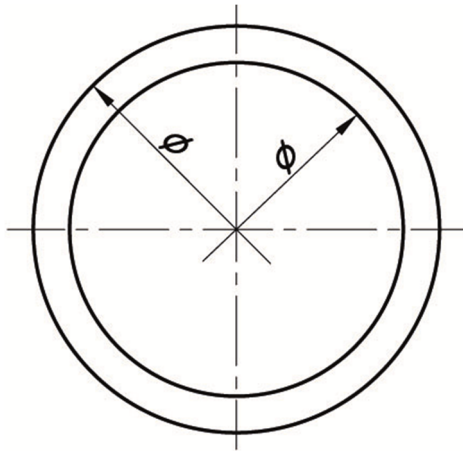


Рис. 24

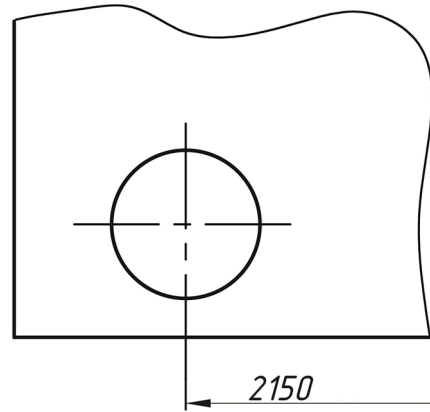


Рис. 25

б) при нанесенні розмірів від бази, що не зображена на даному кресленні (рис. 25).

При зображенні виробів з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 26).

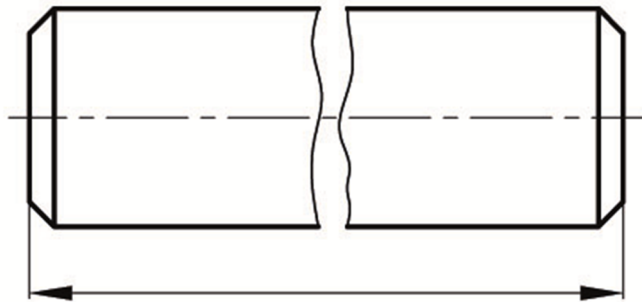


Рис. 26

Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або за контурні, осьові, центрові) і стрілки наносять, як показано на рисунку 27.

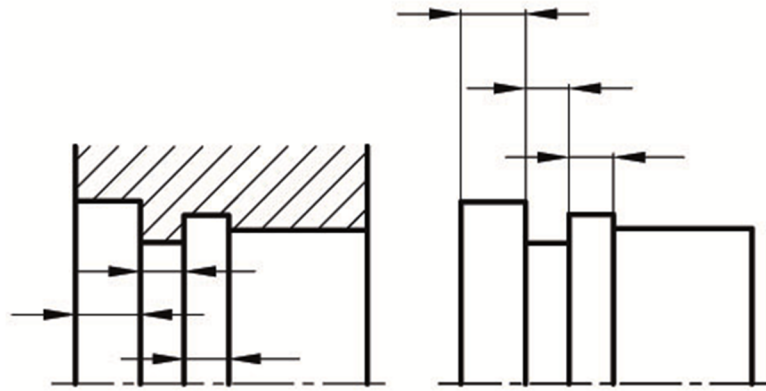


Рис. 27

Якщо не вистачає місця для стрілок на розмірних лініях, розташованих ланцюжком, стрілки допускається замінити зарубками, що наносяться під кутом 45° до розмірної лінії або чітко наносяться точками.

Якщо не вистачає місця для стрілки через близько розташованої контурної або виносної лінії останні допускається переривати.

Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять, як показано на рисунку 28; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять, як показано на рисунку 29.

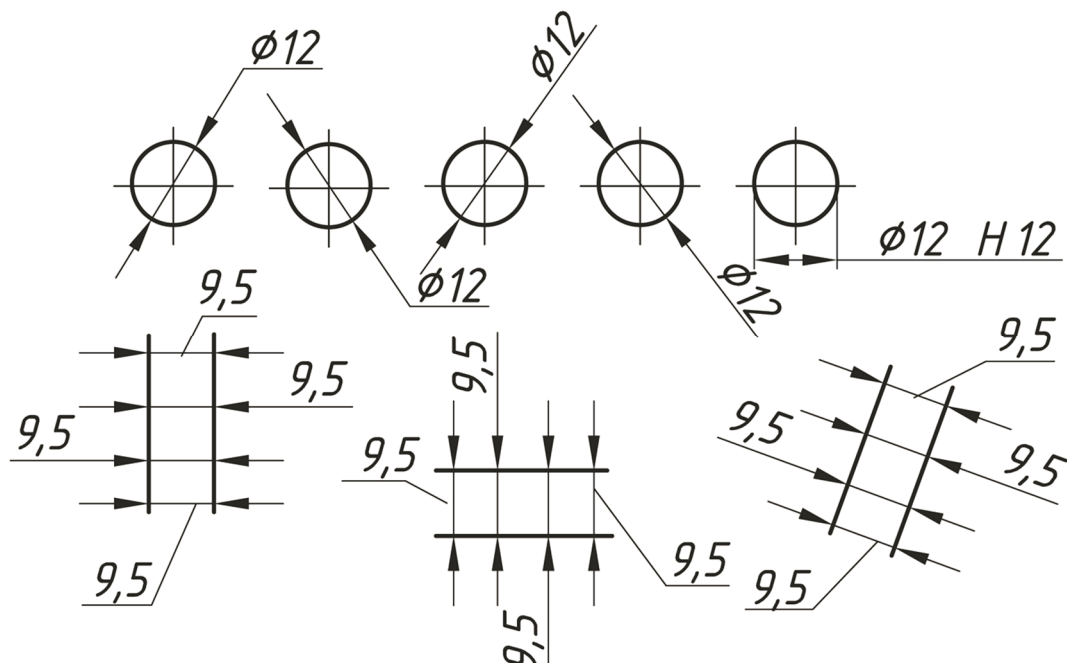


Рис. 28

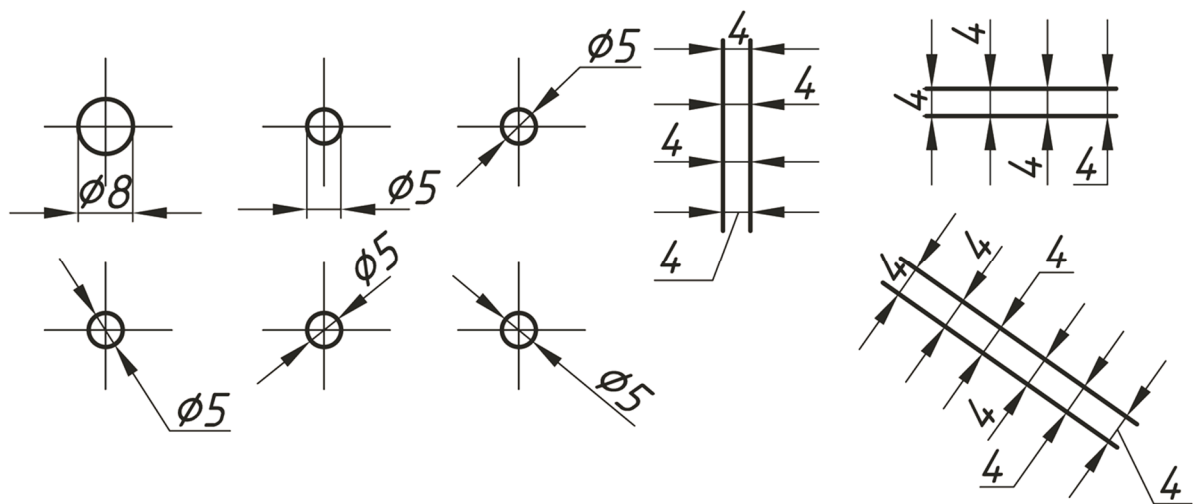


Рис. 29

Спосіб нанесення розмірного числа при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленні визначається найбільшою зручністю читання.

Розмірні числа і граничні відхилення не допускається розділяти або перетинати якими б то не було лініями креслення.

Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа та наносити розмірні числа в місцях перетину розмірних, осьових або центрових ліній.

У місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії та лінії штрихування переривають (рис. 30 і 31).

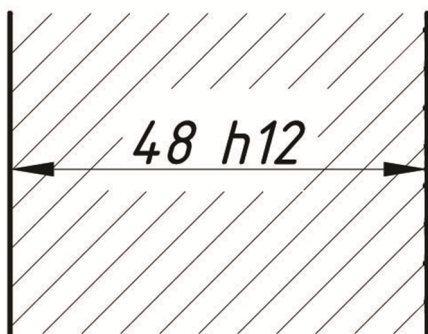


Рис. 30

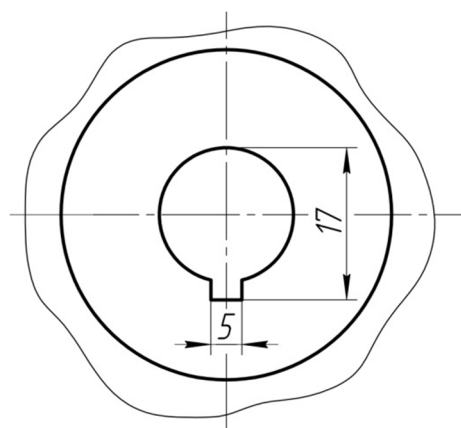


Рис. 31

Розміри, що відносяться до одного і того ж конструктивного елементу (пазу, виступу, отвору та ін.), рекомендується групувати в одному місці, та на тому зображенні, на якому геометрична форма даного елемента показана найбільш повно (рис. 32).

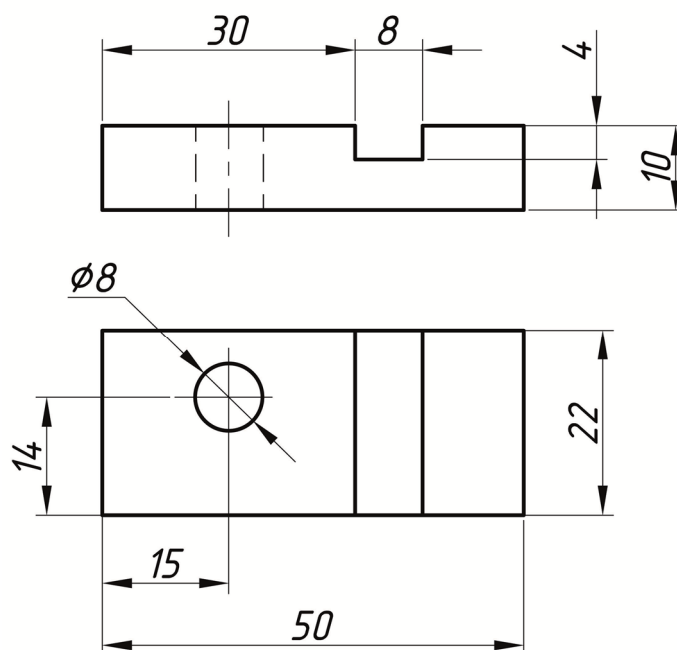


Рис. 32

При нанесенні розміру радіуса перед розмірним числом наносять велику літеру **R**.

Якщо при нанесенні розміру радіуса дуги кола необхідно вказати розмір, який визначає положення її центру, то останній зображують у вигляді перетину центрових або виносних ліній.

При великій величині радіуса центр допускається наближати до дуги, в цьому випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом 90° (рис. 33).

Якщо не потрібно вказувати розміри, що визначають положення центра дуги кола, то розмірну лінію радіуса дозволяється не доводити до центру і зміщувати її відносно центру (рис. 34).

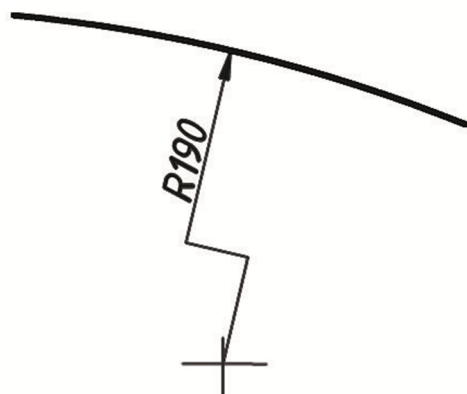


Рис. 33

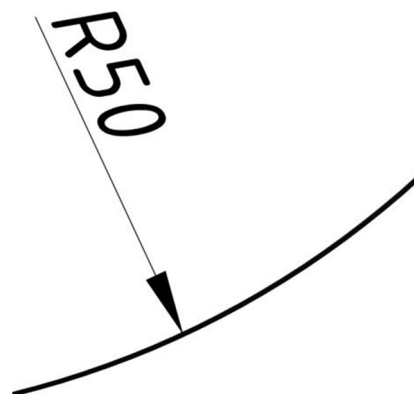


Рис. 34

При проведенні декількох радіусів з одного центру розмірні лінії будь-яких двох радіусів не повинні бути на одній прямій (рис. 35). При збігу центрів декількох радіусів їх розмірні лінії дозволяється не доводити до центру, крім крайніх (рис. 36).

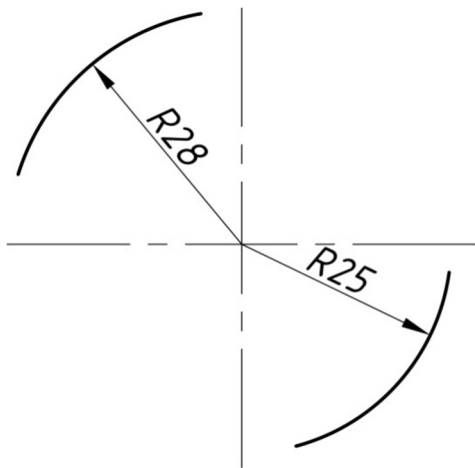


Рис. 35

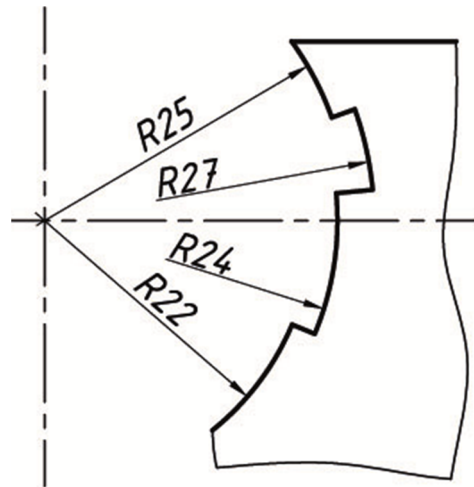


Рис. 36

Розміри радіусів зовнішніх заокруглень наносять, як показано на рисунку 37, внутрішніх заокруглень – на рисунку 38.

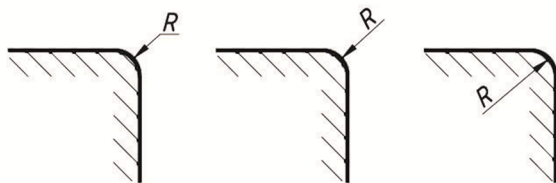


Рис. 37

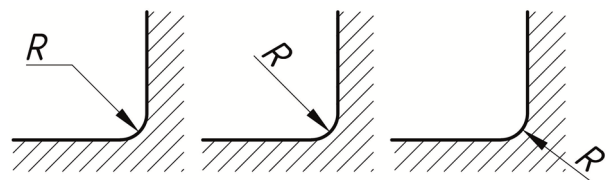


Рис. 38

Радіуси заокруглення, розмір яких в масштабі креслення 1 мм і менше, на кресленні не зображують і розміри їх наносять як показано на рисунку 39.

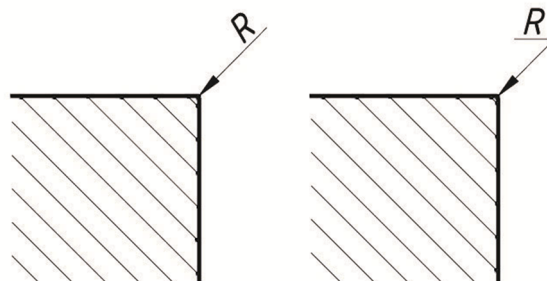


Рис. 39

Спосіб нанесення розмірних чисел при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленні визначаються найбільшою зручністю читання.

Розміри однакових радіусів допускається вказувати на спільній полиці, як показано на рисунку 40.

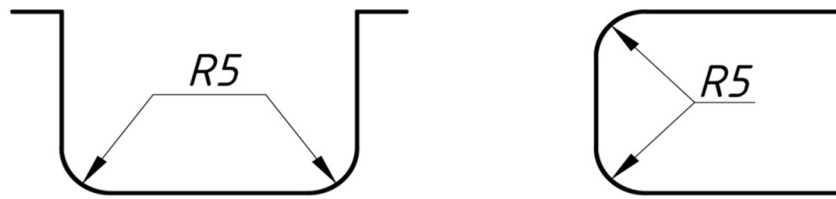


Рис. 40

Якщо радіуси заокруглень, згинів та ін. на всьому кресленні однакові або будь-який радіус є переважаючим, то замість нанесення розмірів цих радіусів безпосередньо на зображенні рекомендується в технічних вимогах робити запис типу: «**Радіуси заокруглень 4 мм**»; «**Внутрішні радіуси згинів 10 мм**»; «**Незазначені радіуси 8 мм**» і т. і.

При позначенні розміру діаметра (у всіх випадках) перед розмірним числом наносять знак « $\emptyset$ ».

Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери так само наносять знак $\emptyset$ (R) без напису «**Сфера**» (рис. 41).

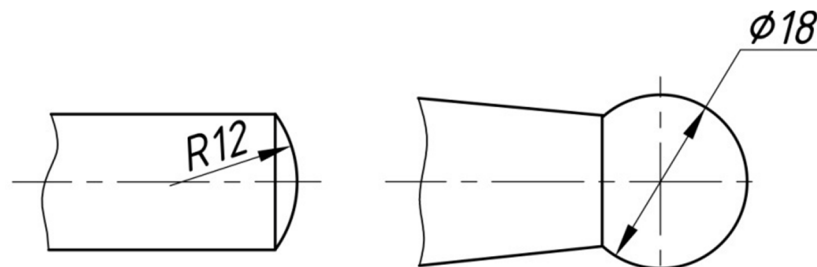


Рис. 41

Якщо на кресленні важко відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається наносити слово «**Сфера**» або знак «O», наприклад, **Сфера Ø18**, **OR12**. Діаметр знака сфери дорівнює розміру розмірних чисел на кресленні.

Розміри квадрата наносять, як показано на рисунку 42. Висота знака « $\square$ » повинна дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленні.

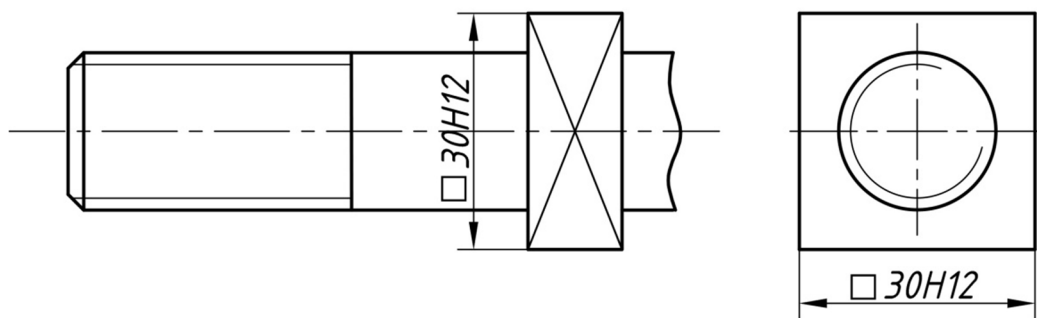


Рис. 42

Розміри фасок під кутом 45° наносять, як показано на рисунку 43. Допускається вказувати розміри не зображеної на кресленні фаски під кутом 45° , розмір якої в масштабі креслення 1 мм і менше, на полиці лінії-виноски, проведеної від межі (рис. 44).

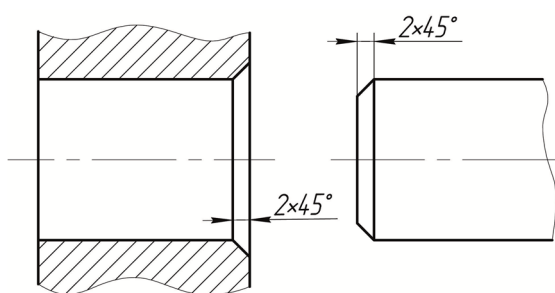


Рис. 43

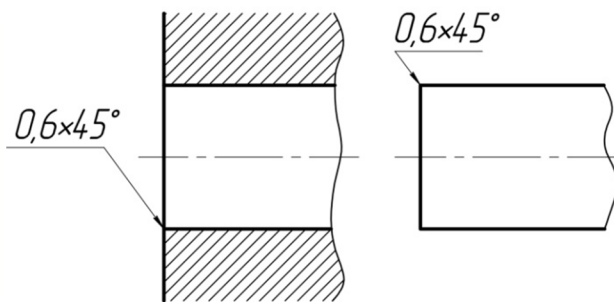


Рис. 44

Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами – лінійним і кутовим розмірами (рис. 45, 46) або двома лінійними розмірами (рис. 47).

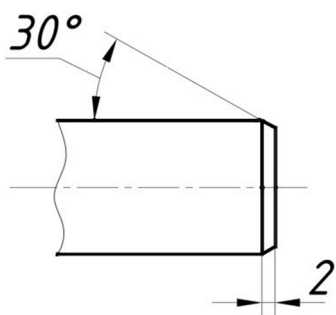


Рис. 45

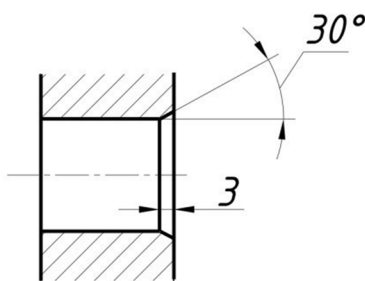


Рис. 46

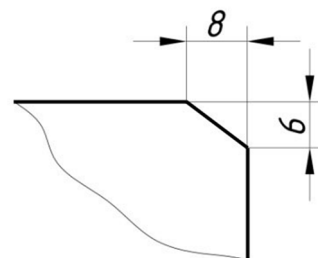


Рис. 47

Розміри кількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз із зазначенням на полиці лінії-виноски кількості цих елементів (рис. 48). Допускається вказувати кількість елементів, як показано на рис. 49.

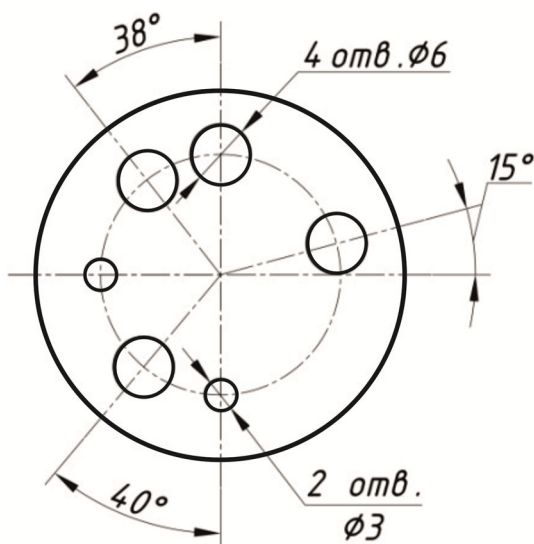


Рис. 48

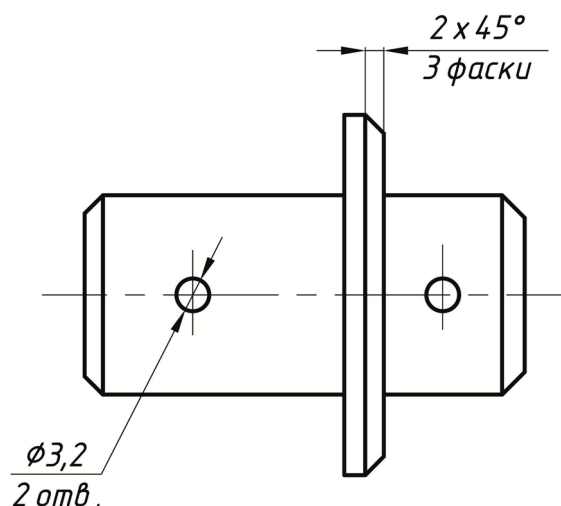


Рис. 49

При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розташованих по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, що визначають взаємне розташування елементів, вказують тільки їх кількість (рис.50, 51, 52).

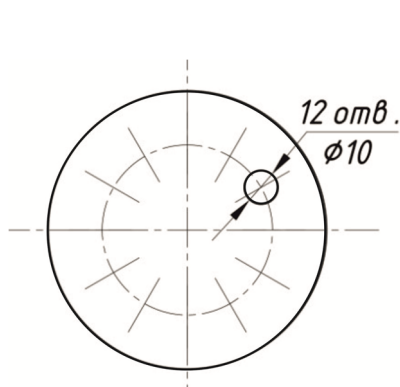


Рис. 50

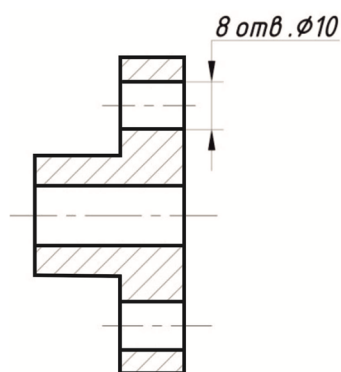


Рис. 51

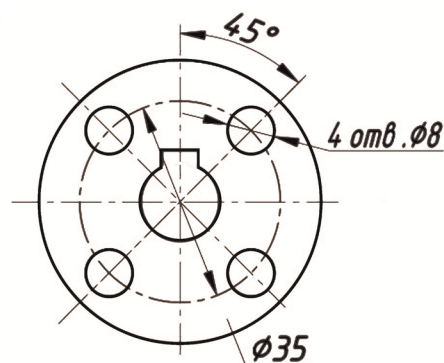


Рис. 52

При нанесенні розмірів визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворів), рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розмір між сусідніми елементами і розмір між крайніми елементами у вигляді суми кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 53).

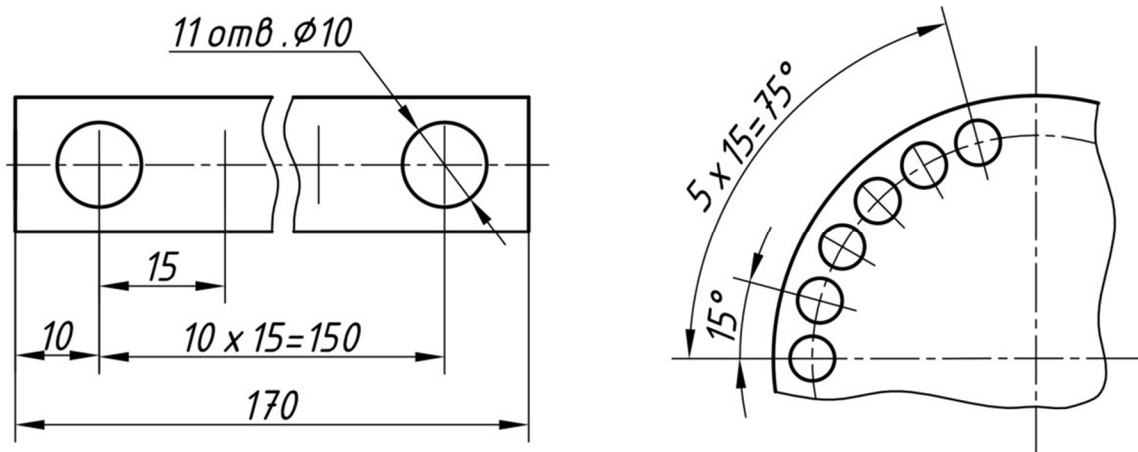


Рис. 53

Допускається не наносити на кресленні розміри радіуса дуги кола між паралельними лініями (рис.54).

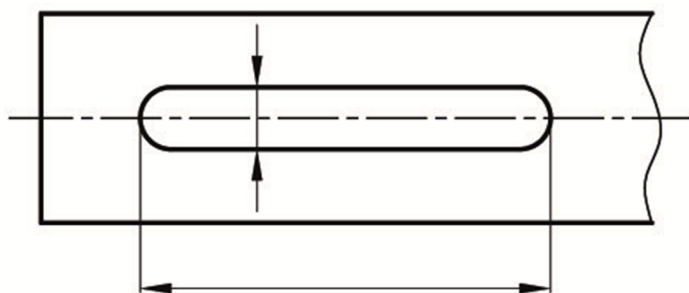


Рис. 54

При великій кількості розмірів, нанесених від загальної бази, допускається наносити лінійні і кутові розміри, як показано на рисунках 55 і 56, при цьому проводять загальну розмірну лінію від позначки «0» і розмірні числа наносять в напрямку виносних ліній біля їх кінців.

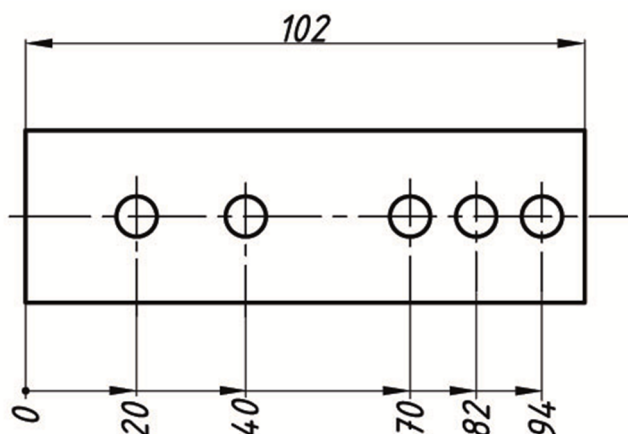


Рис. 55

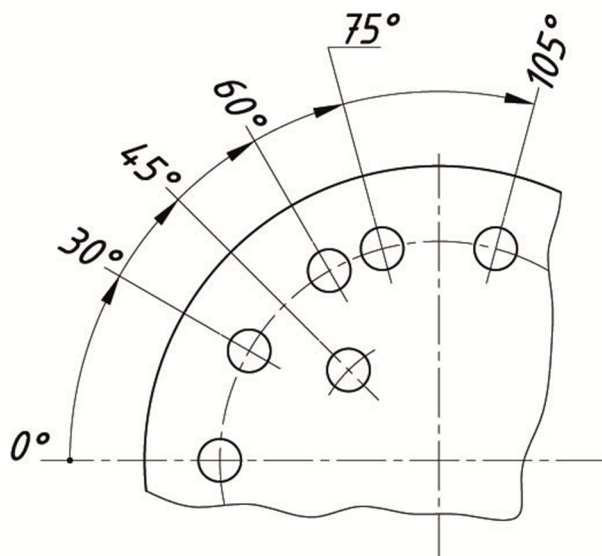


Рис. 56

Розміри діаметрів циліндричного виробу складної конфігурації допускається наносити, як показано на рисунку 57.

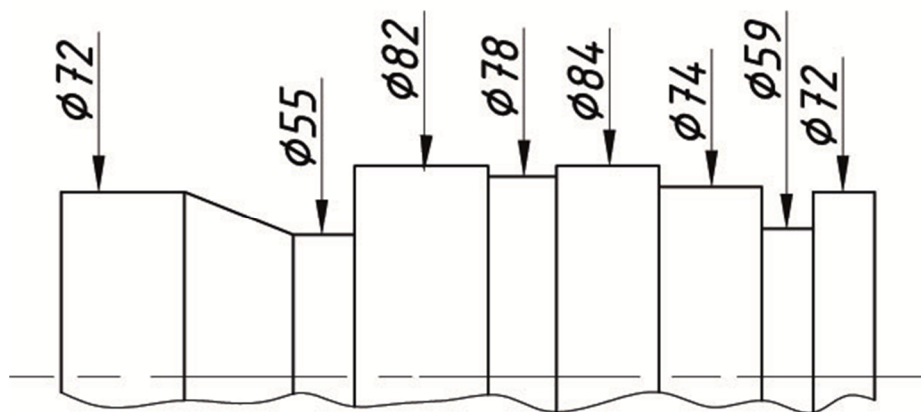


Рис. 57

При великій кількості однотипних елементів виробу, нерівномірно розташованих на поверхні, допускається вказувати їх розміри в зведеній таблиці, при цьому застосовується координатний спосіб нанесення отворів з позначенням їх арабськими цифрами (рис. 58), або позначенням однотипних елементів прописними буквами (рис. 59).

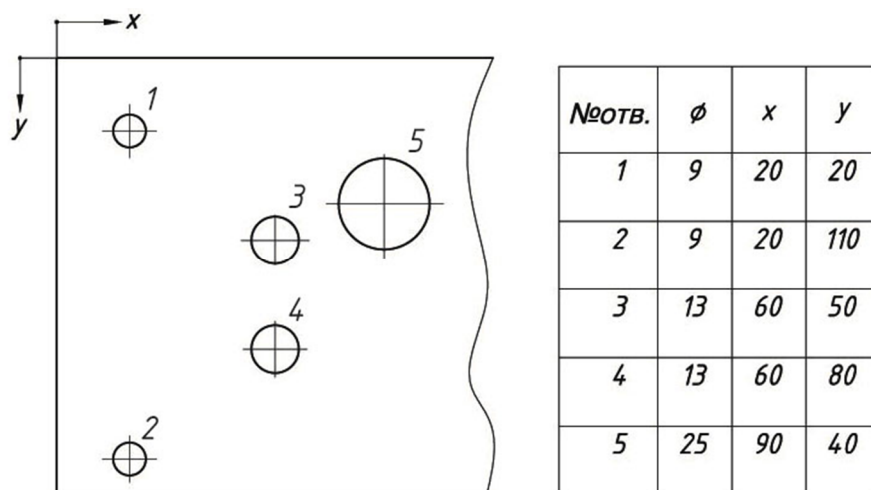


Рис. 58

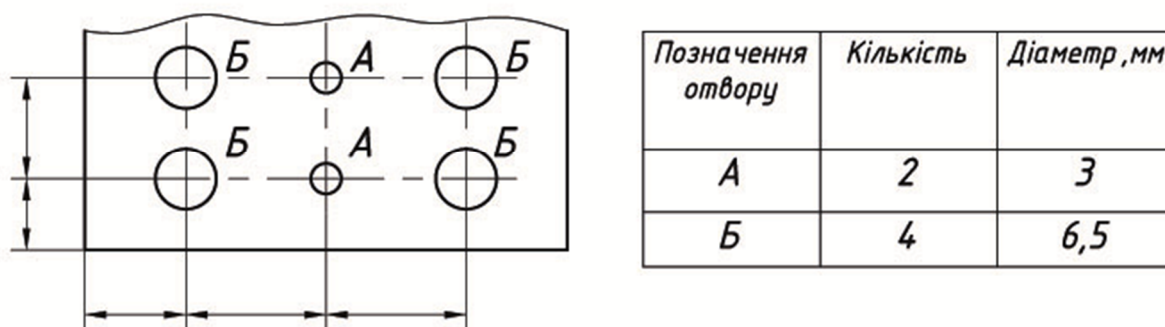


Рис. 59

Допускається повторювати розміри однакових елементів виробу або їх груп (в тому числі отворів), що лежать на одній поверхні, тільки в тому випадку, коли вони значно віддалені один від одного і не пов'язані між собою розмірами (рис. 60).

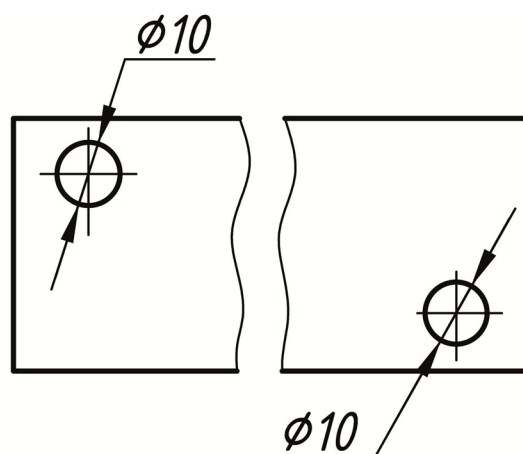


Рис. 60

При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини і довжини наносять, як показано на рисунку 61.

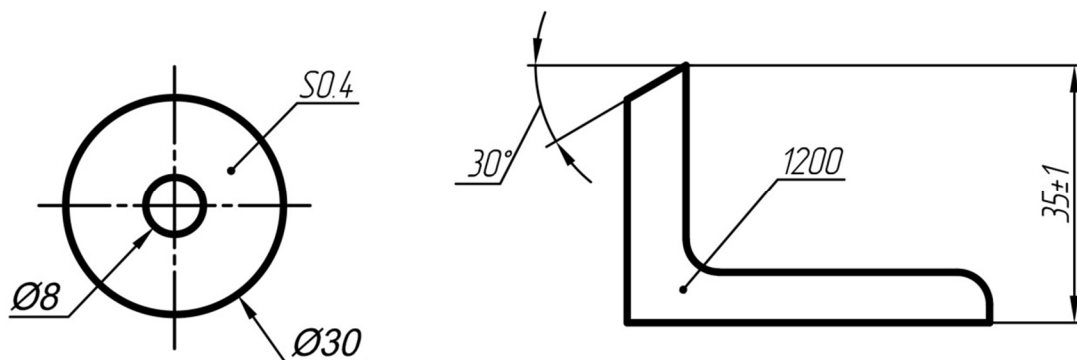


Рис. 61

Розміри деталі або отвори прямокутного перетину можуть бути вказані на поличці лінії-виноски розмірами сторін через знак множення. При цьому на першому місці має бути вказаний розмір тієї сторони прямокутника, від якої проводиться лінія-виноска (рис. 62).

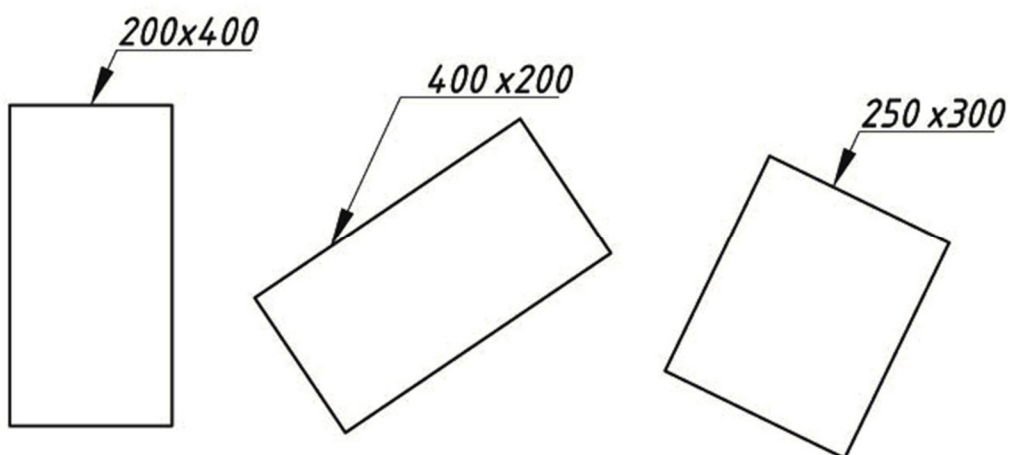


Рис. 62

Геометричне креслення

Поділ відрізка прямої на дві і чотири рівні частини

З кінців відрізка A і B циркулем проводять дві дуги окружності радіусом R , трохи більшим половини відрізка, до взаємного перетину в точках 1 і 2 . Через отримані точки 1 і 2 проведемо пряму, яка перетинає відрізок AB в точці C , що ділить відрізок на дві рівні частини.

Проробивши подібні побудови для відрізків AC і BC , отримаємо точки D і E . Точки C , D і E ділять відрізок AB на чотири рівні частини (рис. 61).

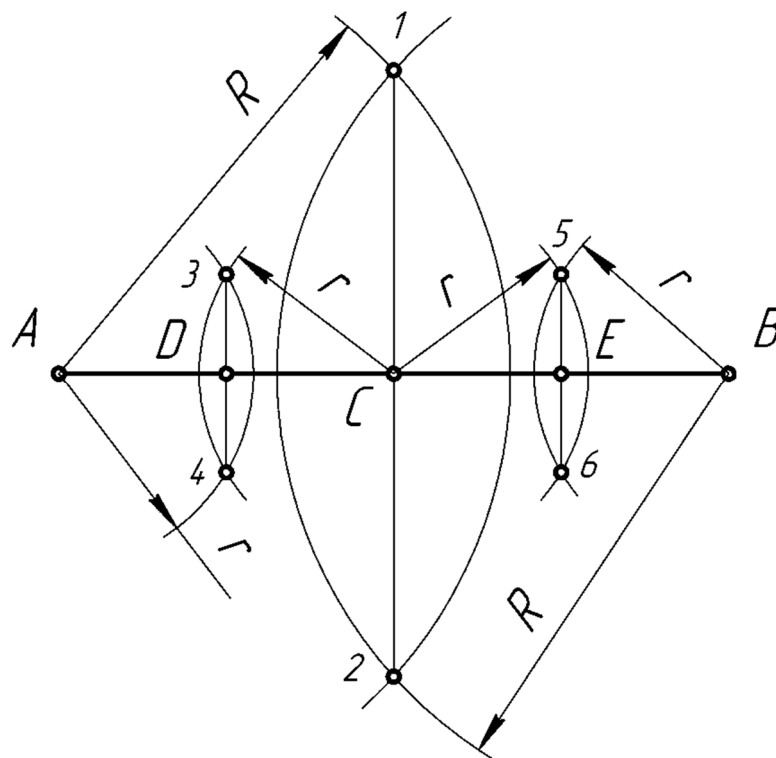


Рис. 61

Поділ відрізка прямої на будь-яке число рівних частин

Нехай відрізок AB потрібно розділити на сім рівних частин. Для цього з будь-якого кінця відрізка (наприклад з точки A) проведемо під гострим кутом до відрізка пряму лінію, на якій від точки A циркулем відкладаємо сім рівних відрізків довільної величини. Точку 7 з'єднуємо з точкою B (кінцем даного відрізка). З точок $1 - 6$ проводимо ряд прямих паралельних до прямої $7B$, які перетинаючи відрізок AB розділять його на сім рівних частин (рис. 62).

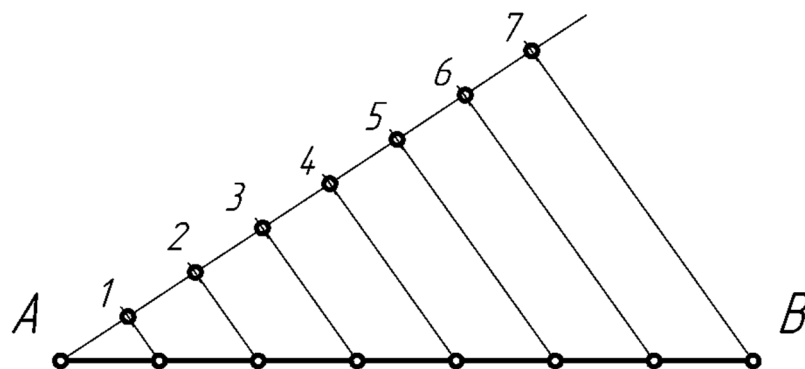


Рис. 62

Побудова перпендикуляра з даної точки до прямої

З заданої точки D проводять дугу кола довільного радіуса R так щоб вона перетинала пряму, задану відрізком AB , в точках 1 і 2 . З цих точок описують дві дуги окружності радіусом r , трохи більшим половини відрізка 12 , до перетину в точці F . Точки D і F з'єднують прямою яка і буде шуканим перпендикуляром (рис. 63).

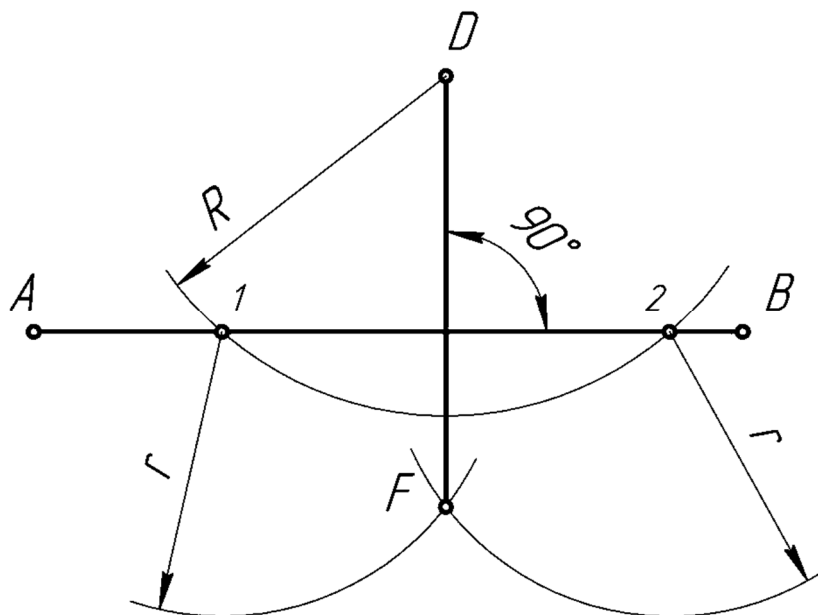


Рис. 63

Побудова кута рівного даному

Нехай заданий кут ABC . Потрібно побудувати такий же кут, але зі стороною DE і вершиною в точці D . Для цього з вершини B даного кута

проведемо дугу кола довільного радіуса R , яка перетне сторони кута в точках 1 і 2 . З вершини D шуканого кута тим же радіусом R проведемо дугу окружності, яка перетне відрізок DE в точці 3 . З точки 3 проведемо дугу радіусом r , що дорівнює відрізку 12 , до перетину з раніше проведеною дугою радіусом R в точці 4 . Через отриману точку 4 і точку D проводимо відсутню сторону шуканого кута DF (рис. 64).

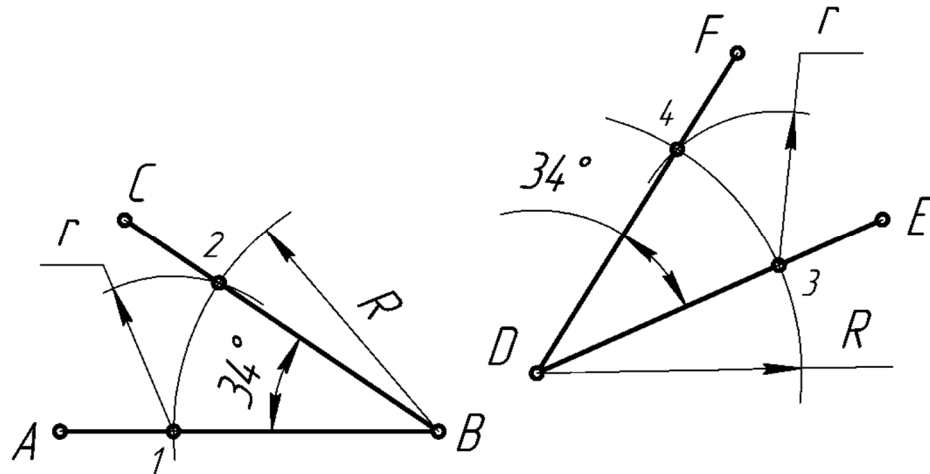


Рис. 64

Побудова багатокутника рівного заданому

Часто контурними обрисами різних деталей є багатокутники. Наприклад, потрібно вирізати з листа п'ятикутник неправильної форми. Розмітка листа може бути виконана за допомогою циркуля.

Побудова багатокутника заснована на послідовній побудові ряду трикутників, що примикають сторонами один до одного. Такий метод побудови називається методом триангуляції. Розіб'ємо заданий п'ятикутник на кілька трикутників: **123**, **234**, **125** (рис. 65а).

Послідовність побудови п'ятикутника в даному випадку наступна:

- 1) вибираємо довільну точку 1 і відкладаємо від неї відрізок $12 = R$ (рис. 65б);
- 2) з точок 1 і 2 проводимо дуги кіл радіусами відповідно $R1$ і $R2$, які перетинаючись визначають положення точки 3 (трикутник **123**) (рис. 65в);
- 3) з точок 1 і 3 проводимо дуги кіл радіусами відповідно $R3$ і $R4$ які перетинаючись визначають положення точки 4 (трикутник **134**) (рис. 65г);
- 4) з точок 1 і 2 проводимо дуги кіл радіусами відповідно $R5$ і $R6$ які перетинаючись визначають положення точки 5 (трикутник **125**) (рис. 65д);

5) з'єднавши отримані вершини побудуємо шуканий п'ятикутник (рис. 65д).

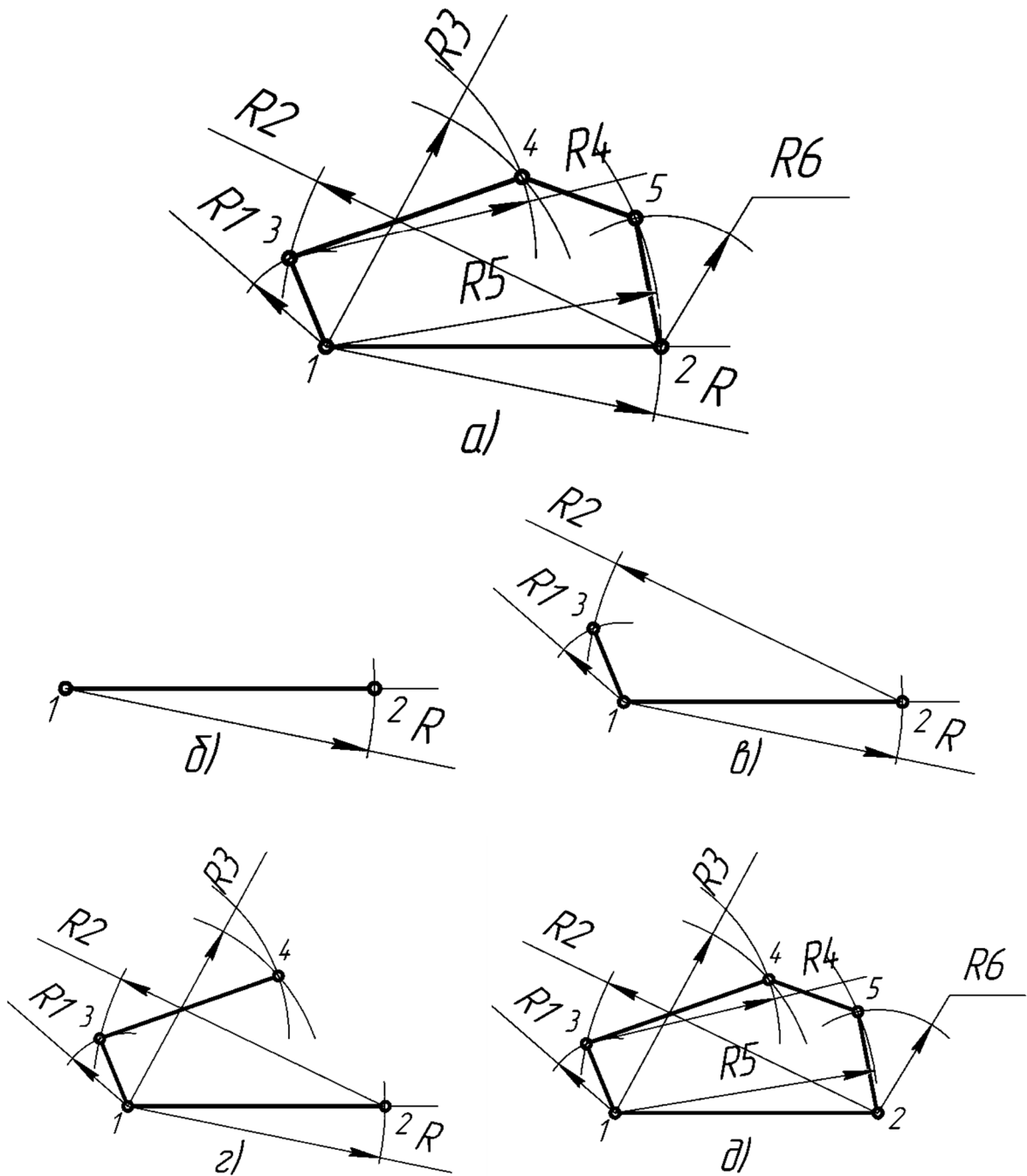


Рис. 65

Поділ кута на дві рівні частини

Для того щоб розділити кут ABC навпіл потрібно провести бісектрису з вершини кута. Побудова бісектриси виконується в наступній послідовності:

- 1) з вершини кута B проводять дугу кола довільного радіуса R до перетину зі сторонами кута в точках 1 і 2 ;

- 2) з отриманих точок проводять дві дуги радіусом r , величина якого більше половини довжини дуги $I2$, до взаємного перетину в точці D ;
- 3) пряма, яка проходить через вершину B і точку D – бісектриса даного кута, тобто ділить кут на дві рівні частини (рис. 66).

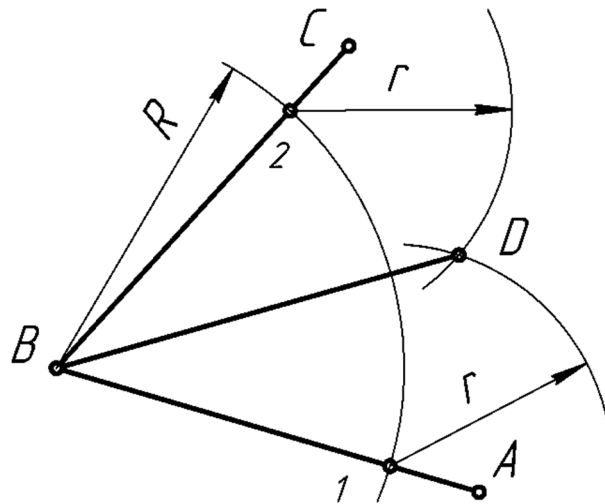


Рис. 66

Поділ прямого кута на три рівні частини

Поділ прямого кута ABC на три рівні частини виконується в наступній послідовності:

- 1) з вершини кута B проводять дугу кола довільного радіуса R до перетину зі сторонами кута в точках I і 2 ;
- 2) з отриманих точок проводять дві дуги тим же радіусом R , до взаємного перетину з дугою $I2$ в точках D і F ;
- 3) точки D і F з'єднують з вершиною B прямими, які розділять кут ABC на три рівні частини (рис. 67).

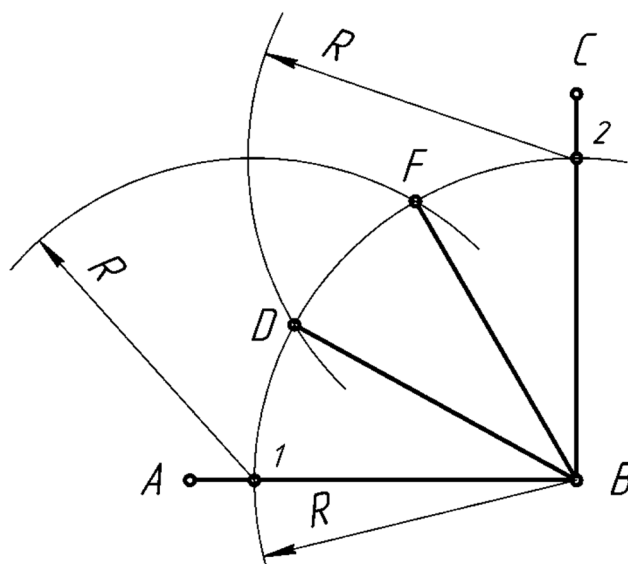


Рис. 67

Визначення центру дуги кола

Визначення положення центру і величини радіусу даної дуги окружності виконується в наступній послідовності:

- 1) на дузі довільно вибирають три точки A , B і C ;
- 2) з'єднують вибрані точки відрізками (хордами);
- 3) до відрізків AB і BC через їх середини відновлюють перпендикуляри;

4) точка O перетину перпендикулярів визначає положення центра дуги, а відрізок OA дорівнює радіусу дуги R (рис. 68).

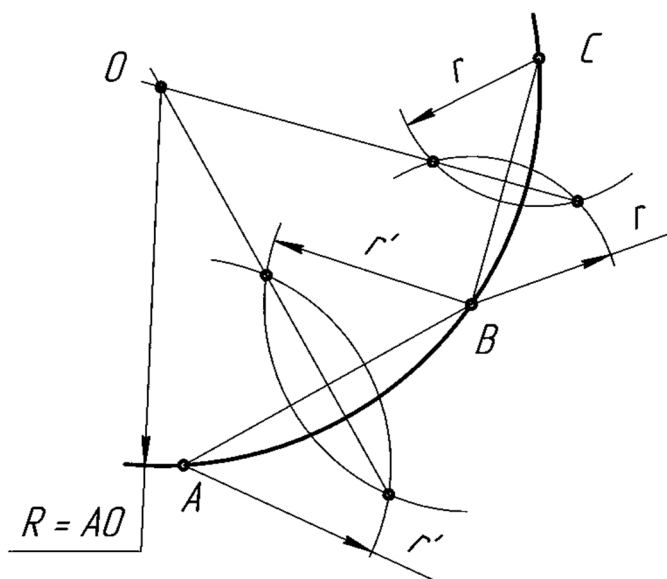


Рис. 68

Побудова дотичної до кола

Дотичну з точки A до кола можна провести наступним чином:

- 1) на відрізку OA як на діаметрі будують коло радіусом $R = 0,5OA$;
- 2) точки 1 і 2 перетину отриманого кола з заданим визначають положення точок дотику;
- 3) відрізки $1A$ і $2A$ визначають положення дотичних a і b проведених з точки A до кола (рис. 69).

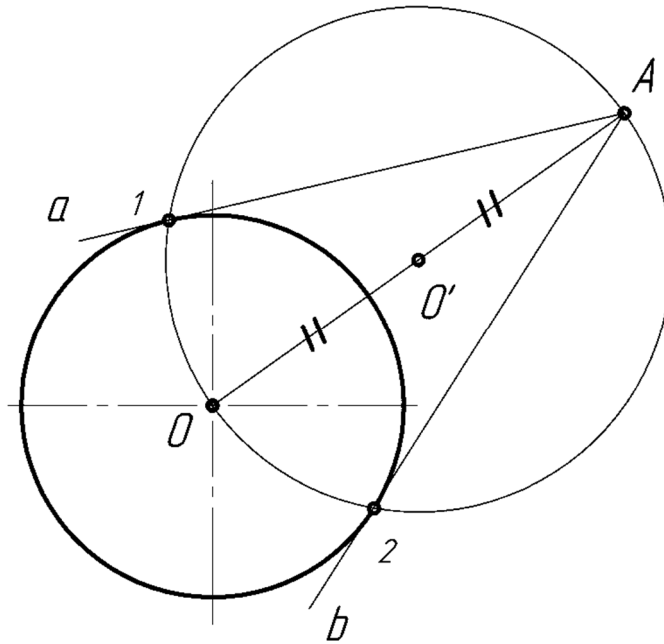
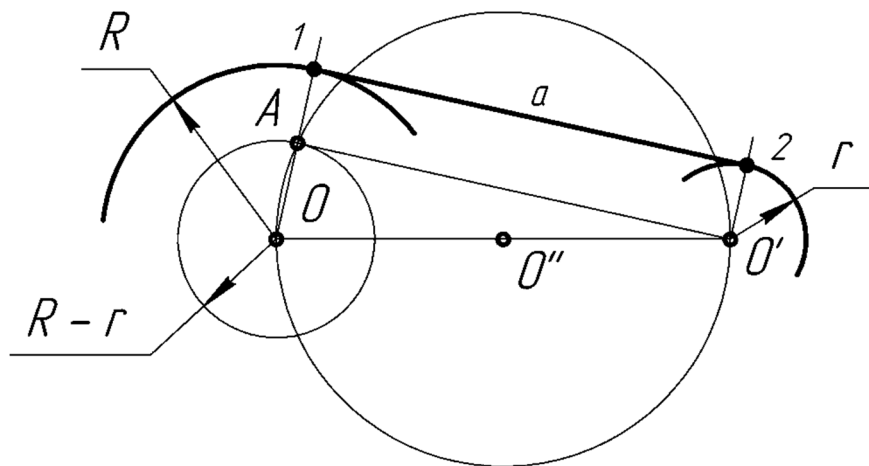


Рис. 69

Побудова зовнішньої дотичної до двох дуг кіл

Зовнішня дотична до двох дуг різного діаметру виконується наступним чином:

- 1) проводять коло радіусом $R - r$ з центру O дуги більшого радіусу;
- 2) до отриманого кола будують дотичну AO' , що проходить через центр дуги меншого радіуса (дивись розділ *Побудова дотичної до кола*);
- 3) на продовженні променя OA позначаємо точку дотику 1 з дугою більшого радіусу;
- 4) з центру O' проводимо промінь паралельний OA до перетину з меншою дугою і позначаємо точку дотику 2 ;
- 5) через точки 1 і 2 проводимо шукану дотичну a (рис. 70).



Побудова внутрішньої дотичної до двох дуг кіл

Внутрішня дотична до двох дуг різного діаметру виконується наступним чином:

- 1) проводять коло радіусом $R + r$ з центру O дуги більшого радіусу;
- 2) до отриманого кола будують дотичну AO' , що проходить через центр дуги меншого радіуса (дивись розділ **Побудова дотичної до кола**);
- 3) на промені OA позначаємо точку дотику 1 (точка перетину променя з дугою радіуса R);
- 4) з центру O' проводимо промінь паралельний OA до перетину з дугою радіусом r і позначаємо точку дотику 2 ;
- 5) через точки 1 і 2 проводимо шукану дотичну a (рис. 71).

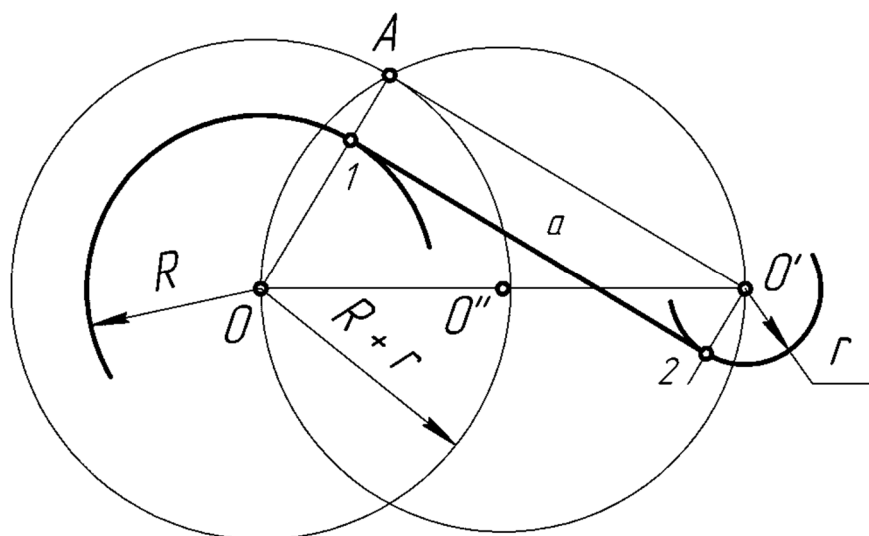


Рис. 71

Поділ кола на вісім рівних частин

Поділ кола на вісім рівних частин проводиться в такій послідовності. Проводять дві перпендикулярні осі, які перетинаючи коло в точках *1,2,3,4* ділять його на чотири рівні частини.

Застосовуючи відомий прийом розподілу прямого кута на дві рівні частини за допомогою циркуля або кутника будують бісектриси прямих кутів, які перетинаючись з колом в точках *5, 6, 7 і 8* ділять кожен четверту частину кола навпіл (рис. 72).

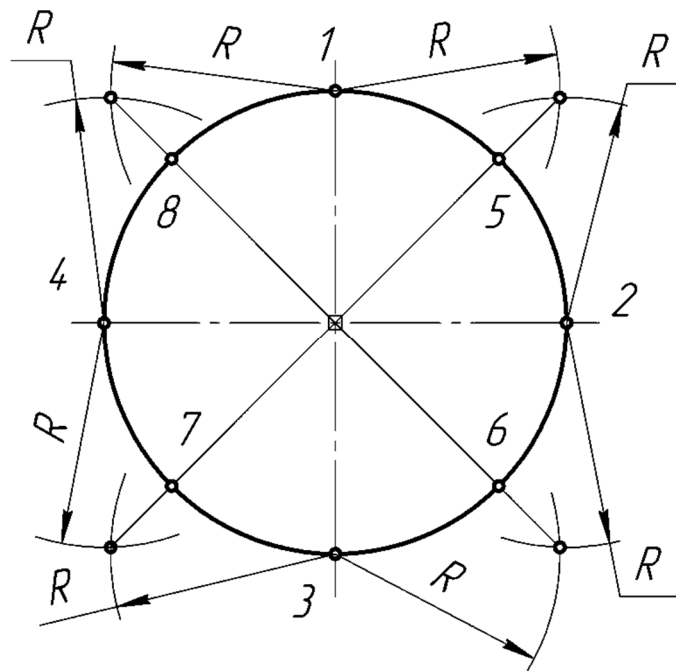


Рис. 72

Поділ кола на три, шість і дванадцять рівних частин

Поділ кола на три, шість і дванадцять рівних частин виконується в наступній послідовності:

- 1) вибираємо в якості точки *1*, точку перетину осьової лінії з колом;
- 2) з точки *5* перетину осьової лінії з колом проводимо дугу радіусом рівним радіусу кола *R* до перетину з колом в точках *2 і 3*;
- 3) точки *1, 2 і 3* ділять коло на три рівні частини;
- 4) з точки *1* перетину осьової лінії з колом проводимо дугу радіусом рівним радіусу кола *R* до перетину з колом в точках *4 і 6*;
- 5) точки *1 - 6* ділять коло на шість рівних частин;

- 6) дуги радіусом R , проведені з точок 8 і 11 перетнуть коло в точках $7, 9, 10$ і 12 ;
- 7) точки $1 - 12$ ділять коло на дванадцять рівних частин (рис. 73).

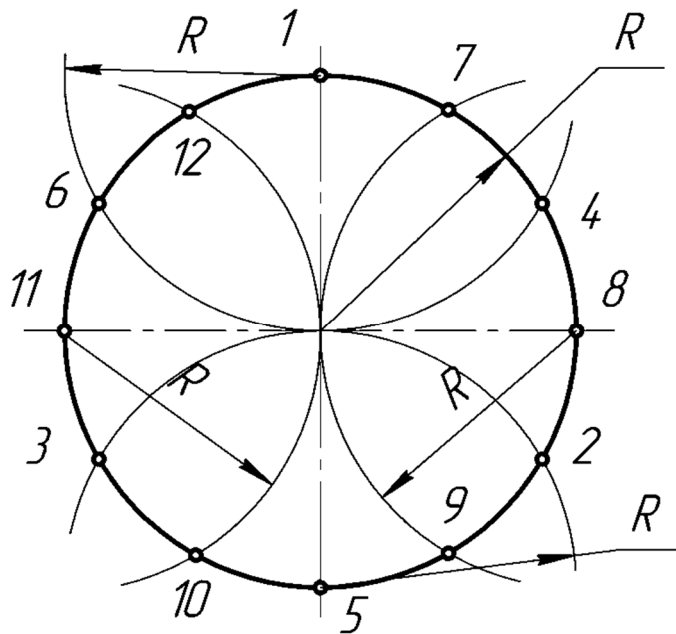


Рис. 73

Поділ кола на п'ять рівних частин

Поділ кола на п'ять рівних частин виконується в наступній послідовності:

- 1) з точки A радіусом, рівним радіусу кола R , проводимо дугу, яка перетне коло в точці B ;
- 2) з точки B опускають перпендикуляр на горизонтальну осьову лінію;
- 3) з підстави перпендикуляра – точки C , радіусом рівним $R1$, проводять дугу кола, яка перетне горизонтальну осьову лінію в точці D ;
- 4) з точки 1 радіусом рівним $R2$, проводять дугу до перетину з колом в точці 2 , дуга 12 дорівнює $1/5$ довжини кола;
- 5) точки $3, 4$ і 5 знаходять відкладаючи циркулем по даному колу хорди, які дорівнюють $R2$ (рис. 74).

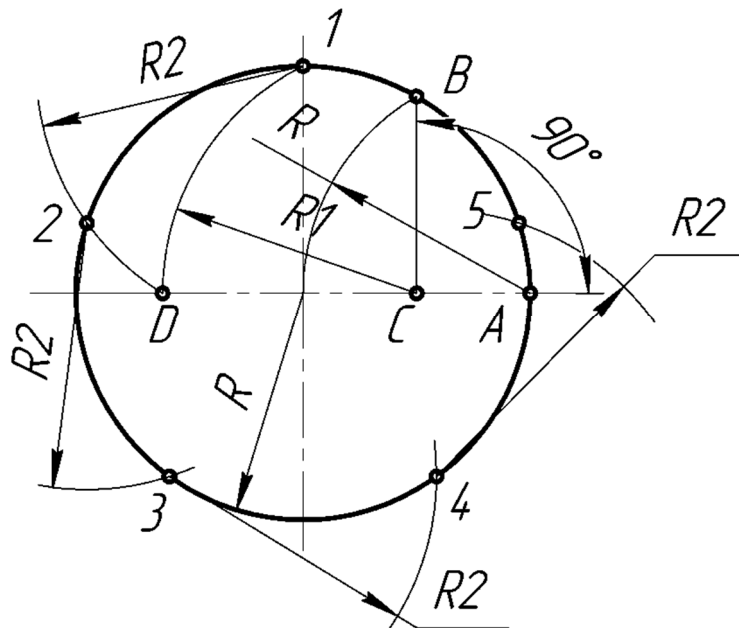


Рис. 74

Поділ кола на сім рівних частин

Поділ кола на сім рівних частин виконується в наступній послідовності:

- 1) з точки *A* радіусом, рівним радіусу кола *R*, проводимо дугу, яка перетне коло в точці *B*;
- 2) з точки *B* опускають перпендикуляр на горизонтальну осьову лінію;
- 3) довжину перпендикуляра $BC = R1$ відкладають від точки *1* по колу сім разів і отримують шукані точки *1* – *7* (рис. 75).

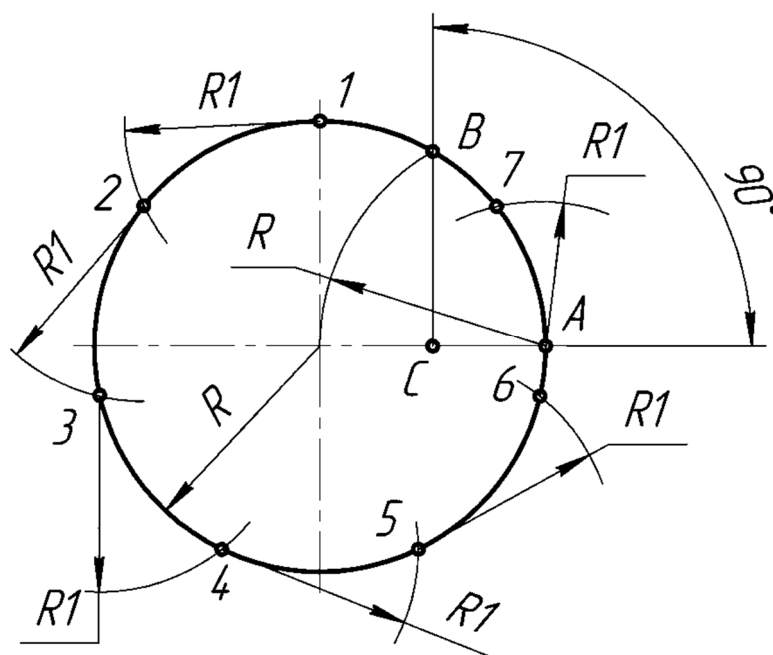


Рис. 75

Криві конічних перетинів

Еліпс

Еліпс – замкнута плоска опукла крива, сума відстаней кожної точки якої до двох даних точок (фокусів), що лежать на його великій осі, є величина постійна і дорівнює довжині великої осі.

У техніці широко застосовується спосіб побудови еліпса по великій ***AB*** і малій ***CD*** осях.

Побудова проводиться в такій послідовності:

- 1) проводять дві перпендикулярні осьові лінії;
- 2) від точки їх перетину відкладають вгору і вниз по вертикальній осі відрізки, рівні довжині малої півосі, а вліво і вправо по горизонтальній осі – відрізки, рівні довжині великої півосі (точки ***A***, ***B***, ***C*** і ***D***);
- 3) проводимо два концентричні кола діаметрами ***AB*** і ***CD***;
- 4) проводимо ряд променів діаметрів;
- 5) з точок перетину променів з колами проводять лінії, паралельні осям еліпса, до взаємного їх перетину в точках, що належать еліпсу;
- 6) отримані точки з'єднують плавною кривою (рис. 76).

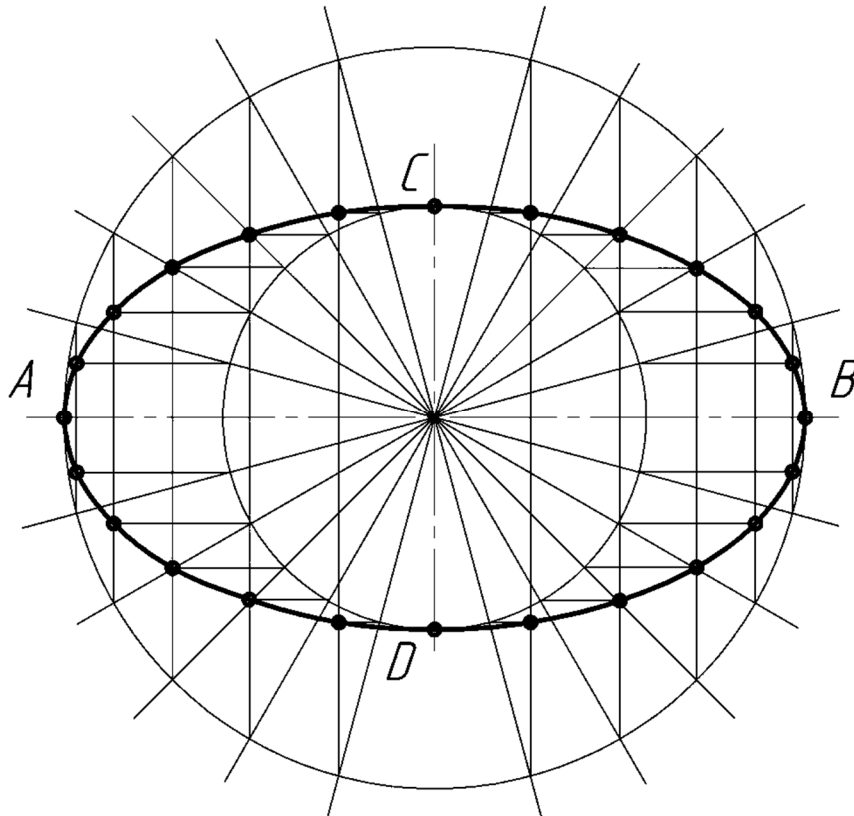


Рис. 76

Парабола

Парабола – плоска крива, кожна точка якої рівновіддалена від директриси DD_1 – прямої, яка перпендикулярна осі симетрії параболі, і від фокусу F – точки, розташованої на осі симетрії параболі.

Відстань KF між директрисою і фокусом називається параметром p параболі. Точка O , що лежить на осі симетрії параболі, називається вершиною параболі і ділить параметр p навпіл (рис. 77).

Побудова параболі при заданій величині параметра p .

Побудова параболі при заданій величині параметра p виконується в наступній послідовності:

- 1) проводять вісь симетрії параболі і відкладають на ній відрізок $KF = p$;
- 2) через точку K перпендикулярно осі симетрії проводять директрису DD_1 ;
- 3) відрізок KF ділять навпіл і отримують вершину O параболі;
- 4) від вершини відміряють ряд довільних точок $1, 2, 3, 4, 5$, з відстанню між ними, яка поступово збільшується;
- 5) через ці точки проводять допоміжні прямі, які перпендикулярні осі параболі;
- 6) на допоміжних прямих роблять зарубки радіусом з центром в точці F рівним відстані від прямої до директриси;
- 7) отримані точки з'єднують плавною кривою (рис. 77).

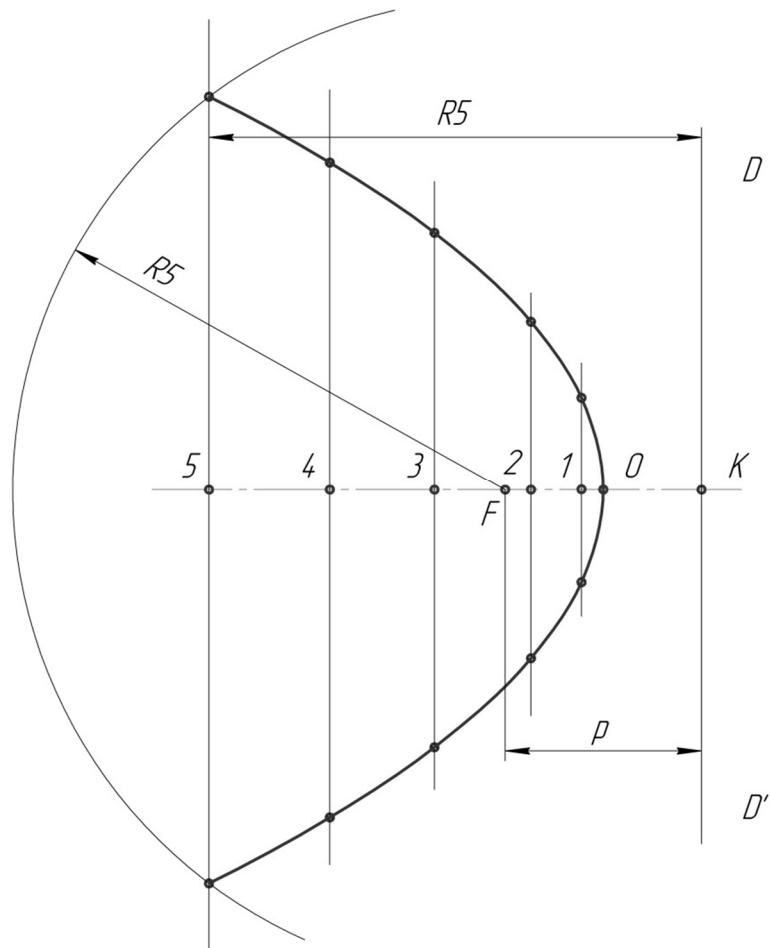


Рис. 77

Побудова параболи при даній вершині A , осі OC і точці B .

Побудова параболи при заданій вершині O , осі OC і точці B проводиться в такій послідовності:

- 1) будують допоміжний прямокутник $ABCO$;
- 2) сторони AB і AO ділять на рівні частини і отримані точки нумерують;
- 3) горизонтальний ряд точок $1-9$ з'єднують з вершиною O , а через вертикальний ряд поділів (точки $1'-9'$) проводять прямі паралельні осі параболи;
- 4) точки перетину горизонтальних прямих з променями $01-09$ належать параболі;
- 5) отримані точки з'єднують плавною кривою (рис. 78).

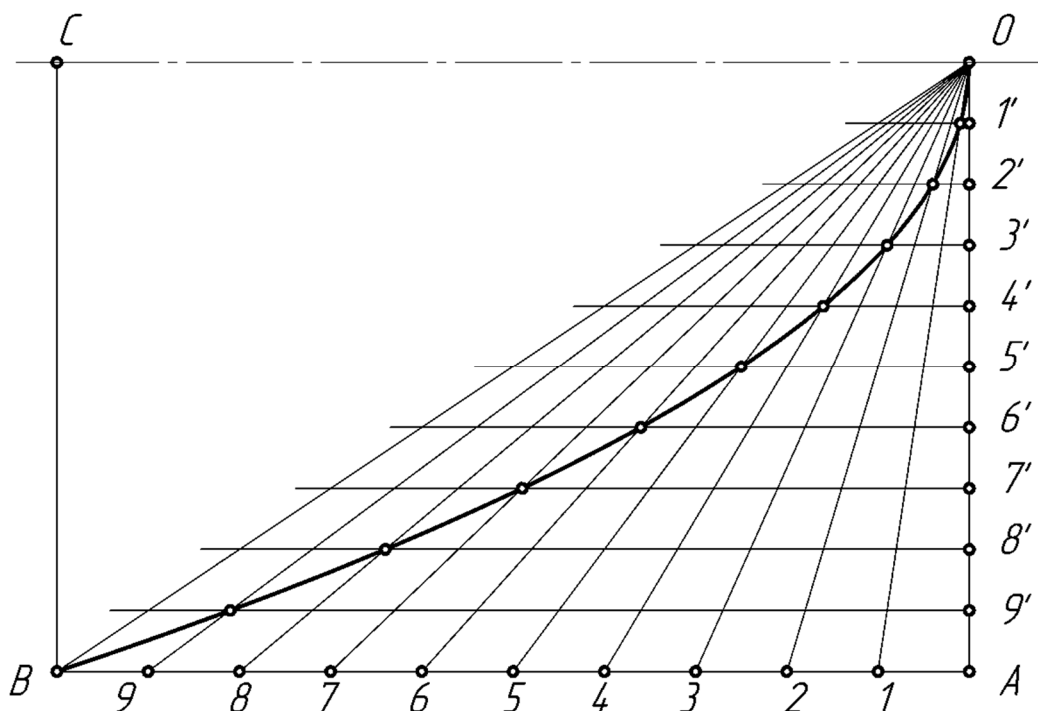


Рис. 78

Гіпербола

Гіпербола – плоска крива, що складається з двох розімкнутих, симетрично розташованих гілок. Різниця відстаней від кожної точки гіперболи до фокусів F і F_1 є величина постійна і дорівнює відстані між вершинами гіперболи.

Розглянемо алгоритм побудови гіперболи по заданих вершинах A і B та фокусної відстані FF_1 :

- 1) ділимо фокусну відстань навпіл і отримуємо точку O ;
- 2) зліва від фокусу F позначаємо ряд довільних точок $1, 2, 3, 4, \dots$, відстань між якими поступово збільшується;
- 3) будують допоміжні кола з центром у фокусі F радіусами $R_1 = 1B$, $R_2 = 2B$, $R_3 = 3B$, $R_4 = 4B$, ...;
- 4) будують допоміжні кола з центром у фокусі F_1 і радіусами $r_1 = 1A$, $r_2 = 2A$, $r_3 = 3A$, $r_4 = 4A$, ...;
- 5) допоміжні окружності перетинаючись визначають положення точок гіперболи (C, C_1 – точки перетину кіл радіусів R_1 і r_1 ; D, D_1 – точки перетину кіл R_2 і r_2 і т.д.);
- 6) поєднавши точки плавною кривою отримаємо праву гілку гіперболи;
- 7) аналогічно будується ліва гілка (рис. 79).

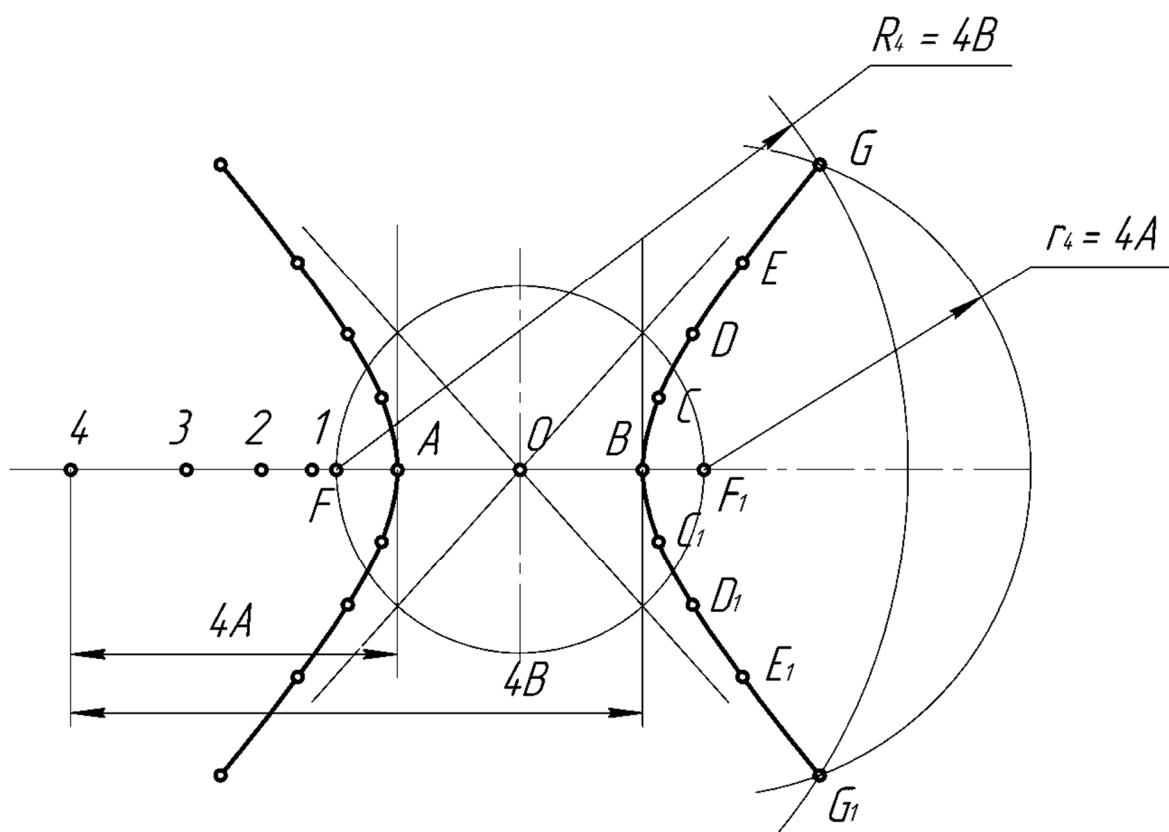


Рис. 79

Ухил

Ухил це відхилення прямої лінії від вертикального або горизонтального положення.

Визначення ухилу. Ухил визначається як відношення протилежного катета кута прямокутного трикутника до прилеглого катета, тобто він виражається тангенсом кута α . Ухил можна порахувати за формулою $i = AC / AB = \operatorname{tg} \alpha$ (рис. 80).

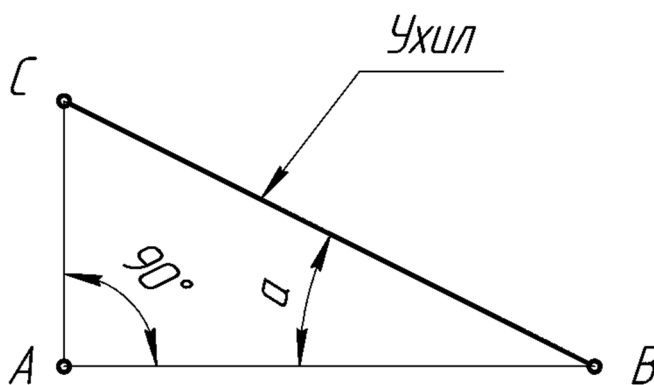


Рис. 80

Побудова ухилу. На прикладі (рис. 81) наочно продемонстровано побудову ухилу. Наприклад для побудови ухилу 1:1, , потрібно на сторонах прямого кута відкласти довільні, але рівні відрізки. Такий ухил, буде відповідати куту в 45 градусів. Для того щоб побудувати ухил 1:2, потрібно по горизонталі відкласти відрізок рівний за значенням двом відрізкам відкладеним по вертикалі. Як видно з креслення, ухил є відношення катета протилежного до катету прилеглому, тобто він виражається тангенсом кута α .

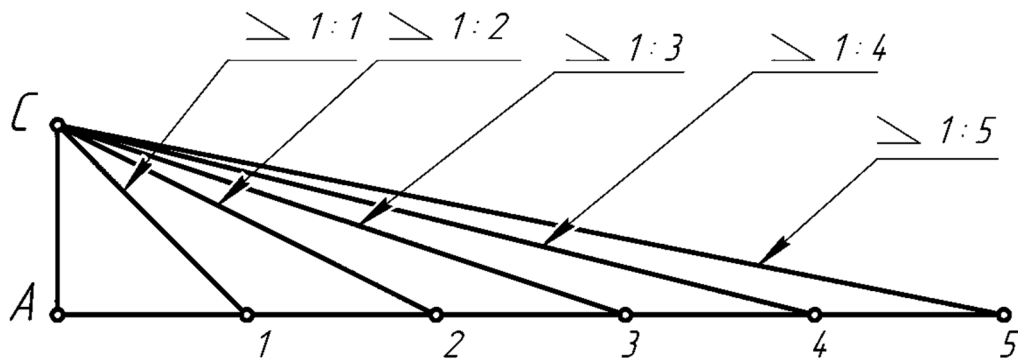


Рис. 81

Позначення ухилу на кресленнях. Позначення ухилів на кресленні виконується відповідно до ГОСТ 2.307-68. Ухил поверхні слід вказувати безпосередньо на зображенні поверхні ухилу або на полиці лінії-виноски у вигляді співвідношення (рис. 82), у відсотках (рис. 83) або в проміле (рис. 84). Перед розмірним числом, що визначає ухил, наносять знак « $\angle$ », гострий кут якого повинен бути направлений в бік ухилу.

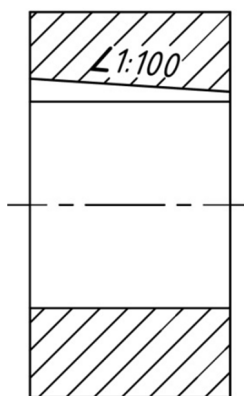


Рис. 82

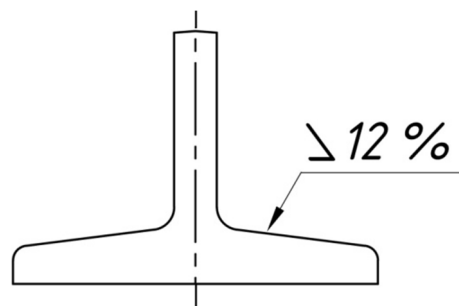


Рис. 83

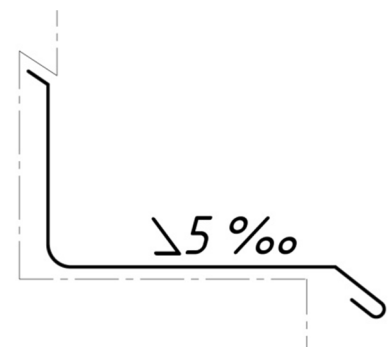


Рис. 84

Конусність

Конусність – відношення діаметра підстави конуса до висоти. Конусність розраховується за формулою:

$$K = D / h,$$

де D – діаметр основи конуса,

h – висота.

Якщо конус усічений, то конусність розраховується як відношення різниці діаметрів усіченого конуса до його висоти. У разі усіченого конуса, формула конусності матиме вигляд: $K = (D - d) / h$ (рис. 85).

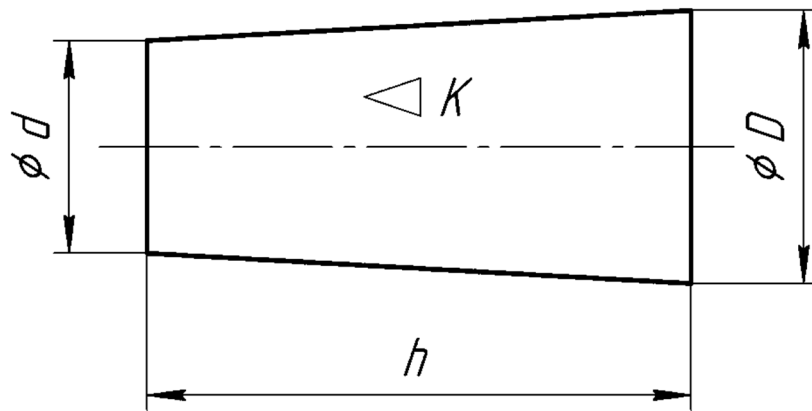


Рис. 85

Позначення конусності на кресленнях. Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак « $\triangleleft$ », гострий кут якого повинен бути направлений в бік вершини конуса (рис. 86 і 87).

Форму і величину конуса також можуть позначати нанесенням трьох з перерахованих розмірів: 1) діаметр великої підстави D ; 2) діаметр малої підстави d ; 3) діаметр в заданому поперечному перерізі D_s , що має задане осьове положення L_s ; 4) довжина конуса L ; 5) кут конуса α ; 6) конусність c (рис. 86). Також на кресленні допускається вказувати і додаткові розміри, як довідкові.

Розміри стандартизованих конусів не потрібно вказувати на кресленні. Досить на кресленні привести умовне позначення конусності за відповідним стандартом.

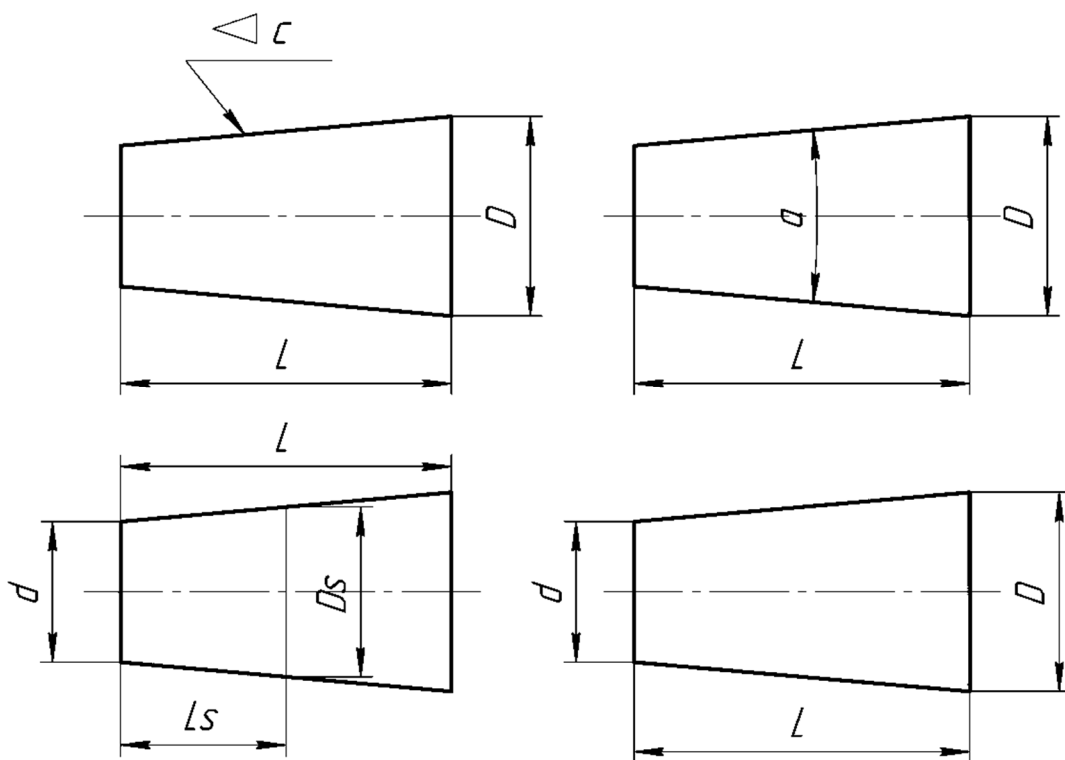


Рис. 86

Конусність, як і ухил, може бути вказана в градусах, дробом (простим, як відношення двох чисел або десятковим) та в відсотках.

Наприклад, конусність 1:5 (рис. 87) може бути також позначена як відношення 1:5, $11^{\circ}25'16''$, десятковим дробом - 0,2 і в відсотках - 20%.

Для конусів, які застосовуються в машинобудуванні, ОСТ / ВКС 7652 встановлює ряд нормальних конусностей. Нормальні конусності – 1:3; 1:5; 1:8; 1:10; 1:15; 1:20; 1:30; 1:50; 1:100; 1:200. Також можуть бути використані – 30° , 45° , 60° , 75° , 90° і 120° .

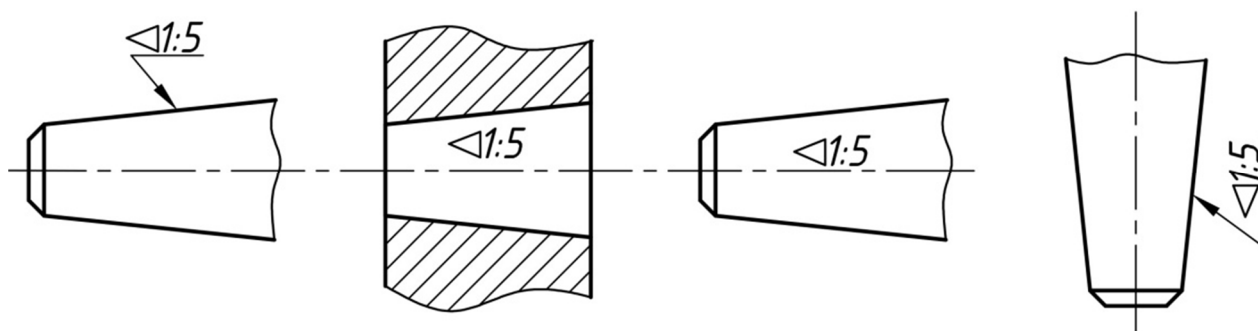


Рис. 87

Сполучення

Сполученням називається плавний перехід по кривій від однієї лінії до іншої. Сполучення бувають циркульні і лекальні. Побудова їх заснована на властивостях дотичних до кривих ліній. Сполучення відрізків прямих з циркульними кривими буде можливо, якщо точка сполучення є одночасно і точкою дотику прямої до дуги кривої. Отже, радіус сполучення повинен бути перпендикулярним до прямої в точці дотику.

Сполучення циркульних кривих можливо тоді, коли точка сполучення буде одночасно і точкою дотику сполучених дуг. Отже, точка дотику повинна знаходитися на лінії центрів дуг кіл.

Сполучення прямих, які перетинаються

Сполучення прямого кута.

Сполучення прямого кута, що має вершину O , дугою радіусом R здійснюється в наступній послідовності:

- 1) з вершини O проводять дугу заданим радіусом R , до перетину зі сторонами кута в точках 1 і 2 (точки сполучення);
- 2) центр заокруглення O' повинен знаходитись на геометричному місці точок, рівновіддалених від сторін кута, тобто на бісектрисі кута $1O2$ і визначається точкою перетину дуг радіусом R , проведених з точок сполучення 1 і 2 ;
- 3) проводять дугу 12 радіусом R і центром O' (рис. 88).

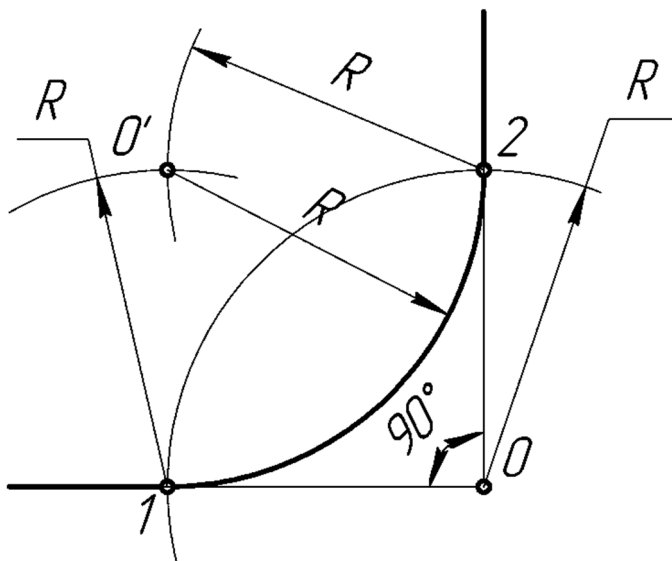


Рис. 88

Сполучення гострого кута.

Сполучення гострого кута дугою радіусом R можна виконати в наступній послідовності:

- 1) геометричним місцем точок, рівновіддалених від сторін кута, будуть прямі, які паралельні сторонам кута і проходять від них на відстані R ;
- 2) точка перетину цих прямих визначає центр сполучення O' ;
- 3) перетин перпендикулярів опущених з центру сполучення зі сторонами кута визначають положення точок сполучення 1 і 2 ;
- 4) проводимо дугу 12 з центру O' радіусом R (рис. 89).

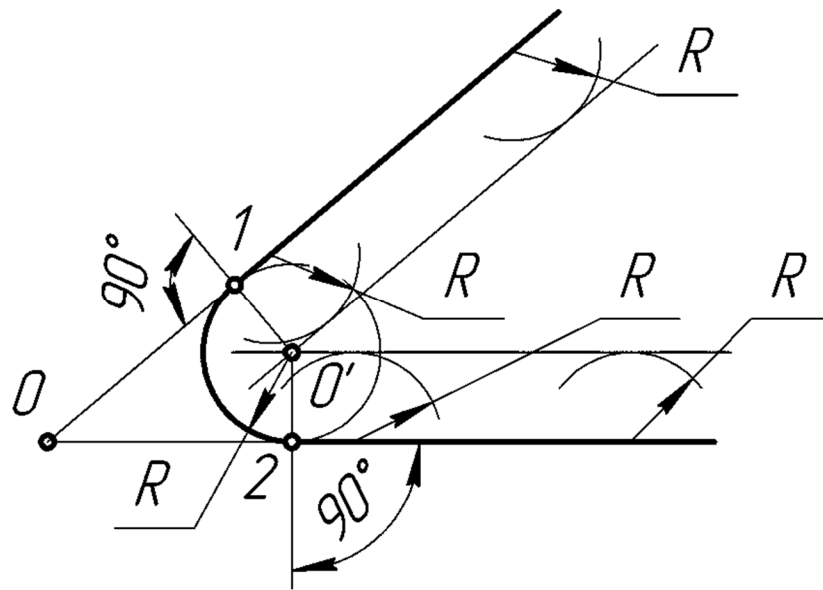


Рис. 89

Сполучення тупого кута.

Сполучення тупого кута проводиться так само, як і гострого.

Можна дещо змінити хід побудови, якщо скористатися бісектрисою кута:

- 1) будують бісектрису кута OZ (див. розділ **Розподіл кута на дві рівні частини**);
- 2) проводять пряму, паралельну одній із сторін кута і віддалену від неї на відстані R ;
- 3) точка перетину цієї прямої з бісектрисою визначає положення центра заокруглення O' ;
- 4) перетин перпендикулярів опущених з центру заокруглення зі сторонами визначають положення точок сполучення 4 і 5 ;
- 5) проводять дугу 45 з центру O' радіусом R (рис. 90).

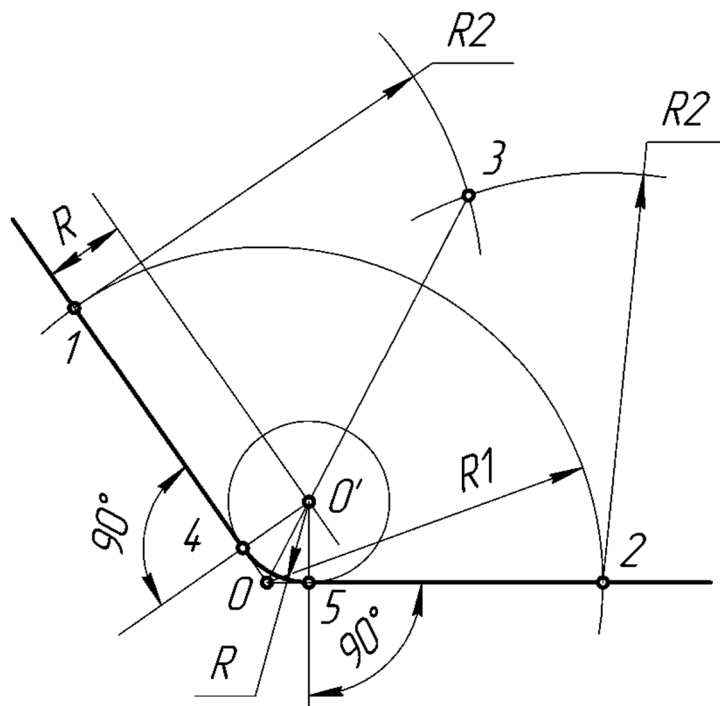


Рис. 90

Сполучення паралельних прямих

Приклад 1. Дано дві паралельні прямі a і b та точки сполучення A і B (рис. 91). Треба побудувати плавне сполучення циркульними кривими так, щоб воно проходило через задану точку K , посередині відрізка AB .

Для визначення радіусів і центрів дуг сполучення ділимо відрізки AK і BK прямими так, щоб вони були перпендикулярні цим відрізкам і ділили їх навпіл (дивись розділ **Розподіл відрізка прямої на дві і чотири рівні частини**). Так як радіус сполучення повинен бути перпендикулярним до прямої в точці сполучення, то для знаходження центрів O дуг сполучення будуємо з точок A і B перпендикуляри до перетину їх з раніше проведеними перпендикулярами до прямої AB .

Точки перетину цих перпендикулярів визначають положення центрів сполучень $O-O$, а рівні між собою відрізки OA і OB дадуть величини радіусів сполучень (див. рис. 91).

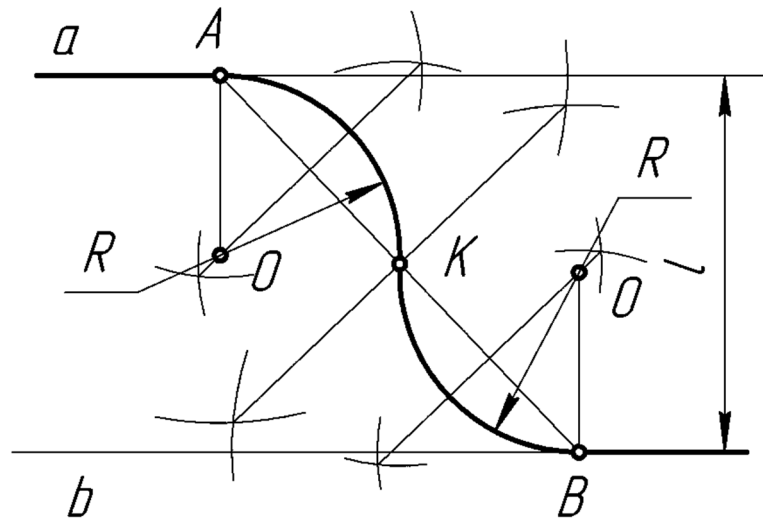


Рис. 91

Приклад 2 (рис.92). Цей приклад відрізняється від попереднього тим, що точка K взята на прямій AB довільно, на деякій відстані від прямої b ; отже, радіуси сполучень R і R_1 – різні за величиною. Хід побудови сполучень такий же, як і в попередньому прикладі.

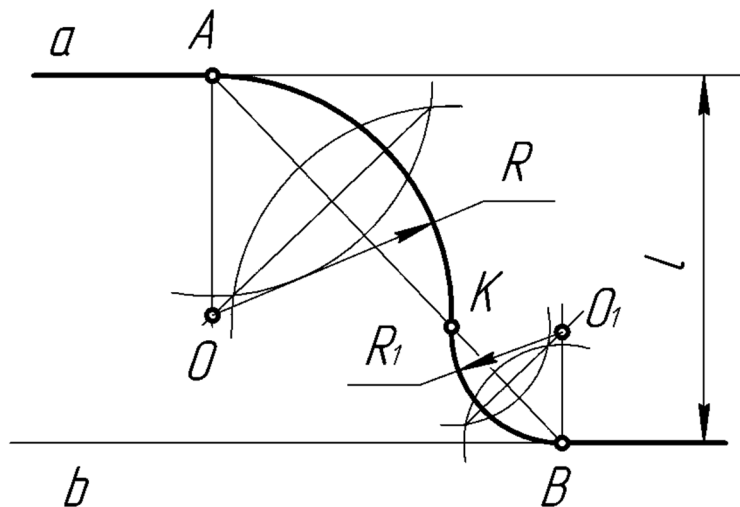


Рис. 92

Приклад 3. Дано: відстань між двома паралельними прямими a і b , яка дорівнює загальній кількості сполучених радіусів R і R_1 , і точка сполучення A (рис. 93).

Для побудови сполучення проводимо паралельно прямій a на відстані R допоміжну пряму $O-O_1$. Центр сполучення O для радіуса R буде перебувати на перетині перпендикуляра, проведеного з точки A до допоміжної прямої. Описуючи з точки O дугу радіусом R , знайдемо точку K , з якої радіусом R_1 робимо на допоміжній прямій зарубку, яка визначає центр

The diagram shows a quarter-circle arc in the first quadrant of a Cartesian coordinate system. The horizontal axis is labeled a and the vertical axis is labeled b . The arc starts at point A on the a -axis and ends at point B on the b -axis. The center of the arc is point O . A point K is marked on the arc. A line segment OK is drawn, labeled R . A point O_1 is marked on the b -axis. A line segment O_1K is drawn, labeled R_1 . The distance from the origin to O_1 is labeled R_1 .

Сполучення дуги кола з прямою

На ній буде знаходитися центр сполучення O_I , для визначення якого проводимо паралельно a на відстані R_I допоміжну пряму до перетину з проведеною дугою. Поєднавши точки O і O_I , знайдемо точку сполучення 1 . Для визначення точки 2 опускаємо з O_I перпендикуляр на пряму a . Далі, радіусом R_I з центру O_I сполучаємо точки 1 і 2 .

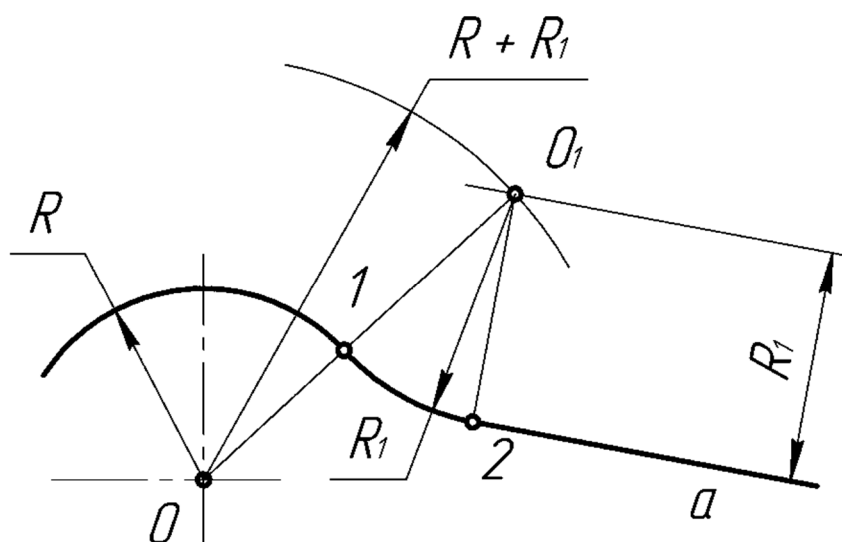


Рис. 94

Приклад 2. Дано: дуга радіусом R , пряма a і точка сполучення A . Потрібно знайти точку сполучення B і радіус сполучення R_1 (рис. 95).

Проводимо через точку A перпендикуляр до прямої a і відкладаємо вниз відрізок AF , який дорівнює R . З'єднуємо центр O з точкою F . Для знаходження центру сполучення O_1 проводимо через середину відрізка OF перпендикулярну пряму, яка буде перетинатися з прямою AF в точці O_1 . Поєднавши O_1 з O знайдемо точку сполучення B .

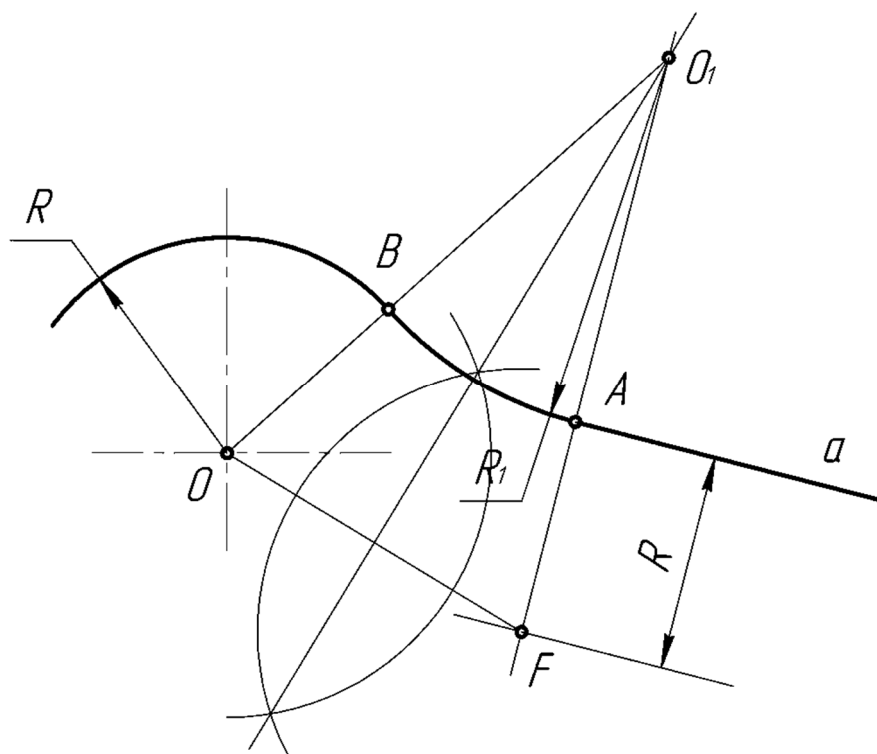


Рис. 95

Сполучення дуг кіл дугою кола

Сполучення дуг кіл може бути зовнішнім (рис. 96, 97) або внутрішнім (рис. 98, 99). В обох випадках сполучення можуть бути виконані якщо: 1) відстань між центрами O_1 і O_2 сполучених дуг більше суми їх радіусів R_1 і R_2 (рис. 96 і 98), тобто $O_1O_2 > R_1 + R_2$ і 2) коли $O_1O_2 < R_1 + R_2$ (рис. 97 і 99). Сполучення виконати неможливо, якщо один з радіусів сполучених дуг виявиться більшим чи рівним сумі величини радіуса другої дуги і відстані між центрами сполучених дуг, тобто якщо вийде співвідношення $R \geq O_1O_2 + R_2$ або $R \geq O_1O_2 + R_1$. Для зовнішнього сполучення дуг, сполучення виявиться також неможливим, якщо радіус дуги сполучення R буде менше напіврізниці $O_1O_2 - (R_1 + R_2)$, тобто $R < (O_1O_2 - (R_1 + R_2)) / 2$. У всіх випадках рішення задачі зводиться до знаходження центру O дуги сполучення радіусом R і точок сполучення 1 і 2.

Зовнішнє сполучення. Дано: дуги радіусів R_1 і R_2 та відстань O_1O_2 між центрами цих дуг і радіус сполучення R (Рис. 96). Потрібно побудувати сполучення за умови, що $O_1O_2 > R_1 + R_2$.

Для побудови сполучення необхідно визначити центр O і точки сполучення 1 і 2. Для знаходження центру O проводимо з центру O_1 дугу радіусом $R_1 + R$, а з центру O_2 дугу радіусом $R_2 + R$. Перетин цих дуг визначить центр O . Поєднавши прямими центри O_1 і O_2 з центром O , знайдемо на перетині цих прямих з відповідними дугами точки сполучення 1 і 2. Отримані точки сполучаємо радіусом R .

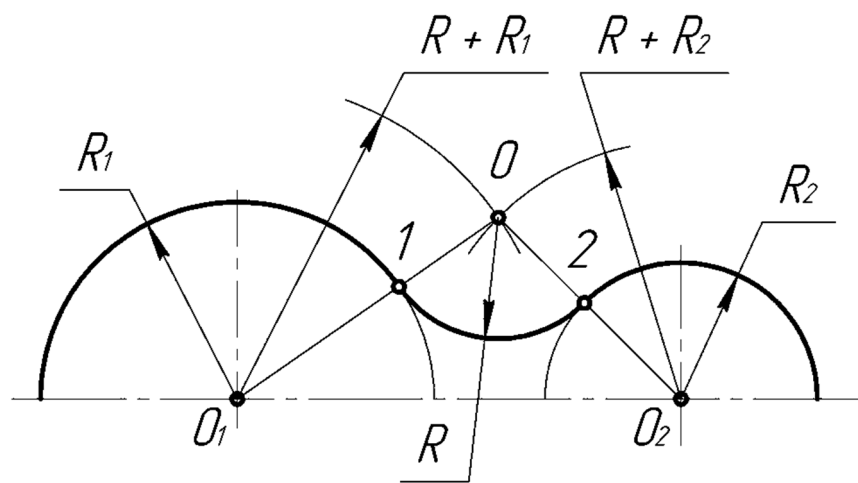


Рис. 96

Побудова сполучення для випадку, коли $O_1O_2 < R_1 + R_2$, наведено на рисунку 97. Побудова цього сполучення нічим не відрізняється від попередньої побудови.

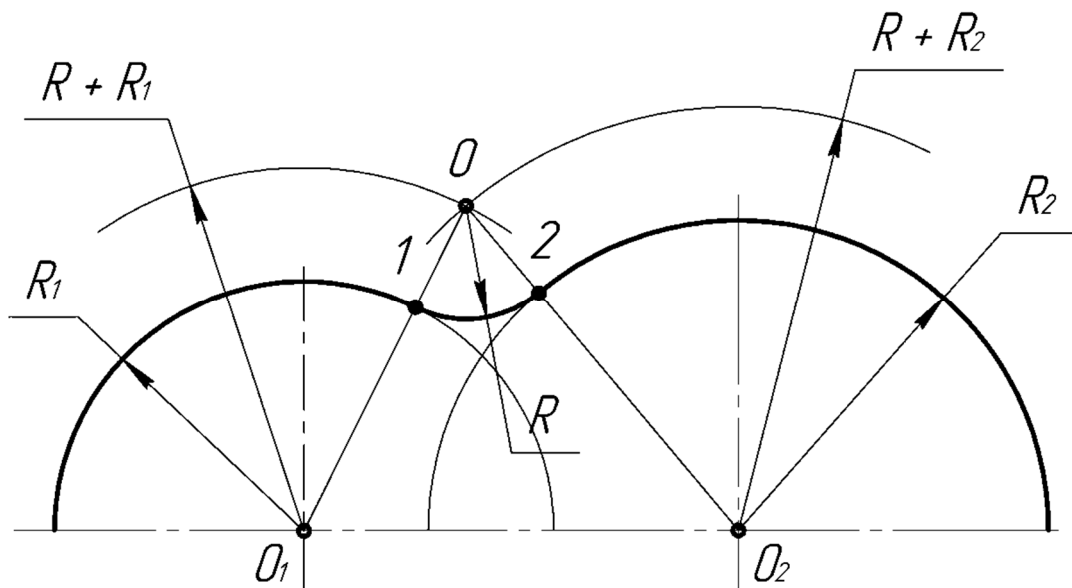


Рис. 97

Внутрішнє сполучення. Дано: дуги радіусами R_1 і R_2 , відстань O_1O_2 між центрами цих дуг і радіус сполучення R (рис. 98). Потрібно побудувати сполучення, якщо $O_1O_2 > R_1 + R_2$.

Вирішення цього завдання таке ж, як і у попереднього, з тією лише різницею, що з центрів O_1 і O_2 проводяться дуги радіусами $R - R_1$ і $R - R_2$.

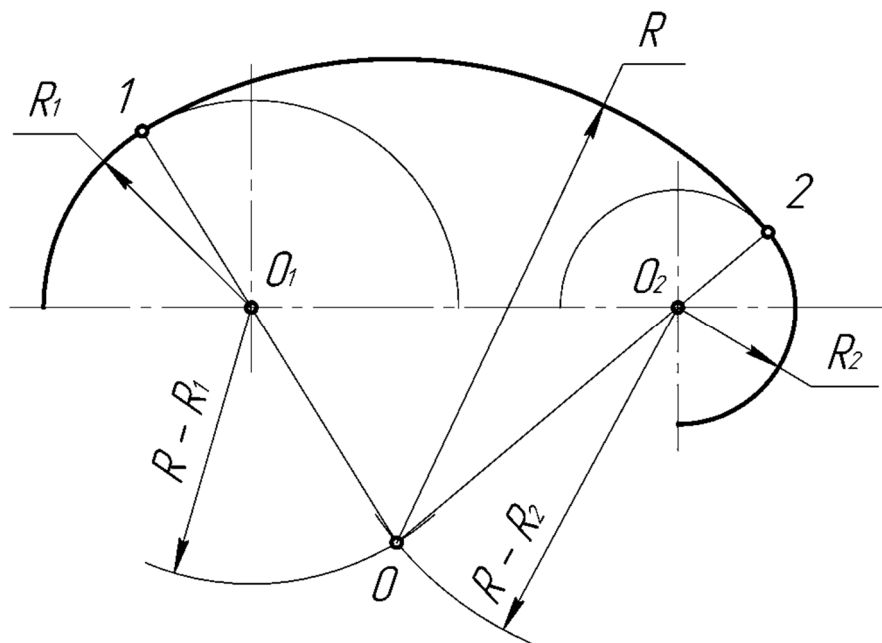


Рис. 98

На рисунку 99 наведено побудову сполучення для випадку, коли $O_1O_2 < R_1 + R_2$. Ця побудова нічим не відрізняється від побудови, наведеної в попередньому прикладі (дивись рис. 98).

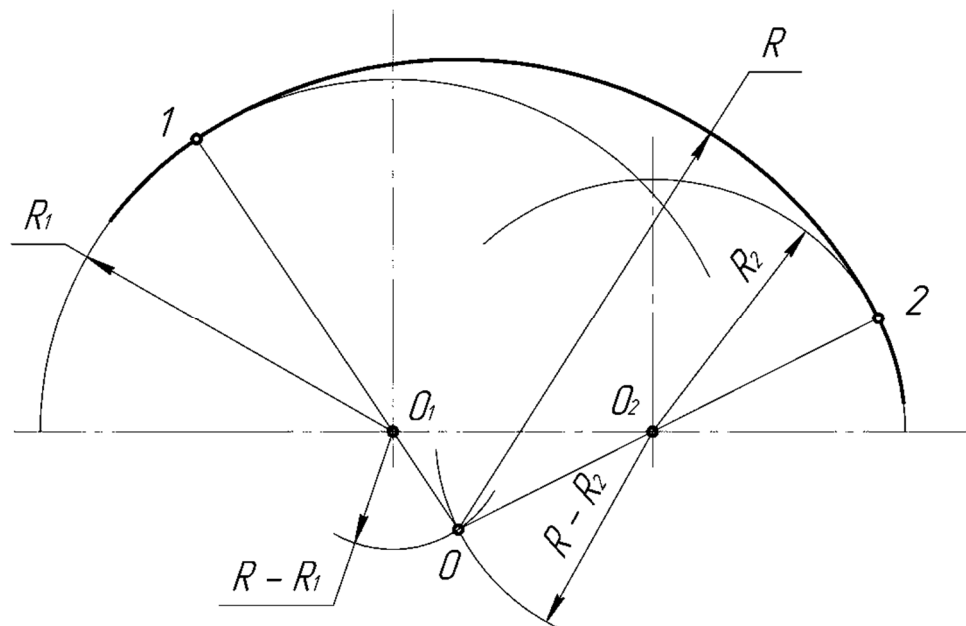


Рис. 99

Побудова змішаного сполучення двох кіл

При змішаному сполученні (рис. 100) центр сполучення O визначається в перетині двох геометричних місць – допоміжних кіл радіусами $R + R_1$ та $R - R_2$, проведених відповідно з центрів O_1 і O_2 . Точки сполучення 1 і 2 лежать на перетині ліній центрів OO_1 і OO_2 з дугами заданих кіл.

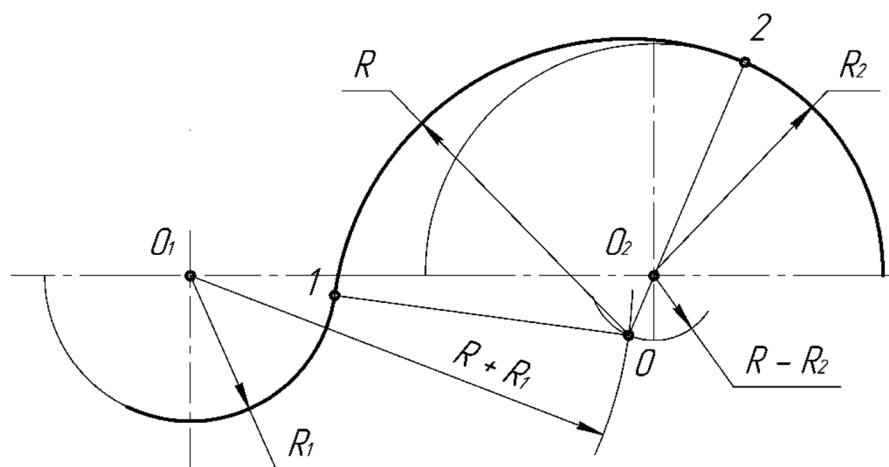


Рис. 100

Порядок побудови сполучення, яке задано на рисунку 101, зрозумілий з рисунків 102-110.

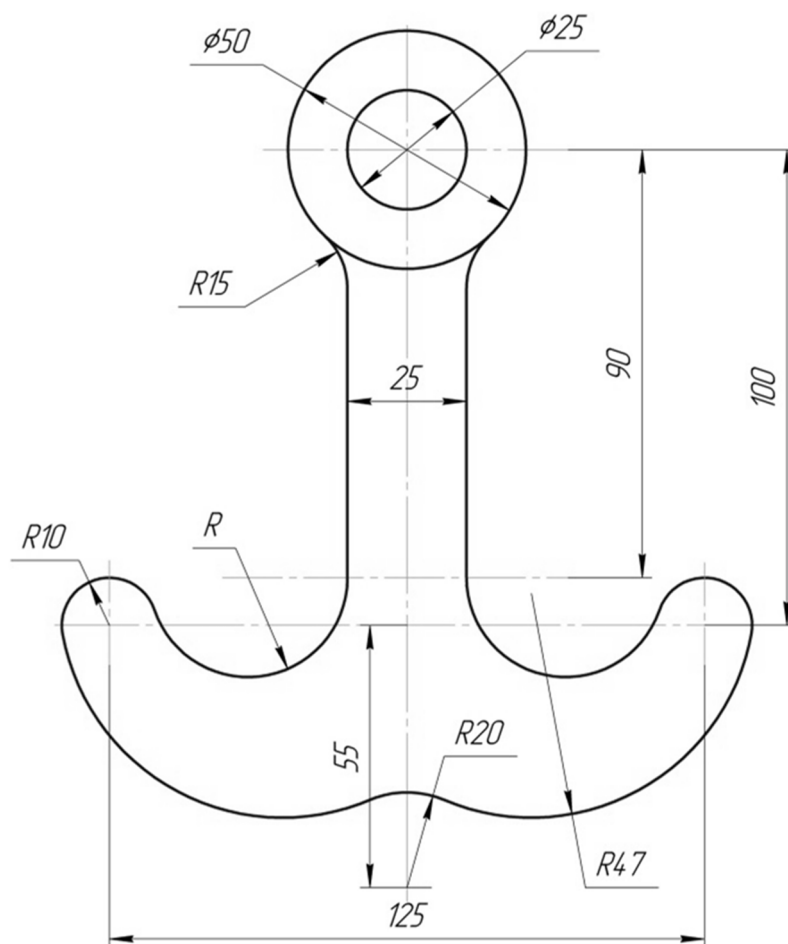


Рис. 101

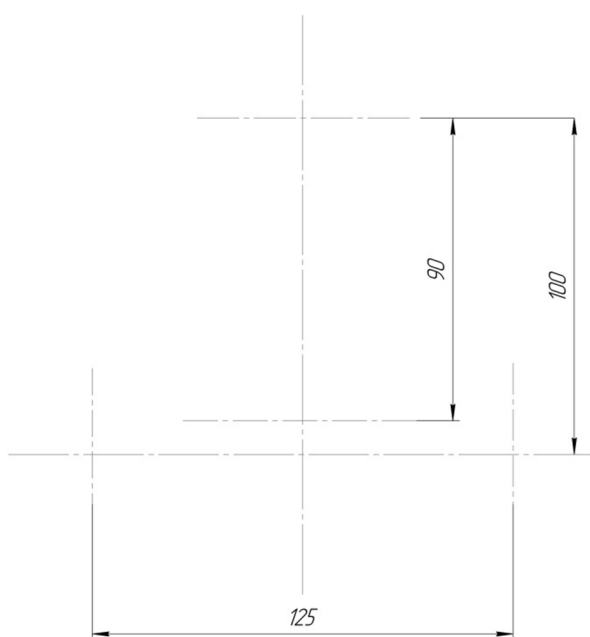


Рис. 102

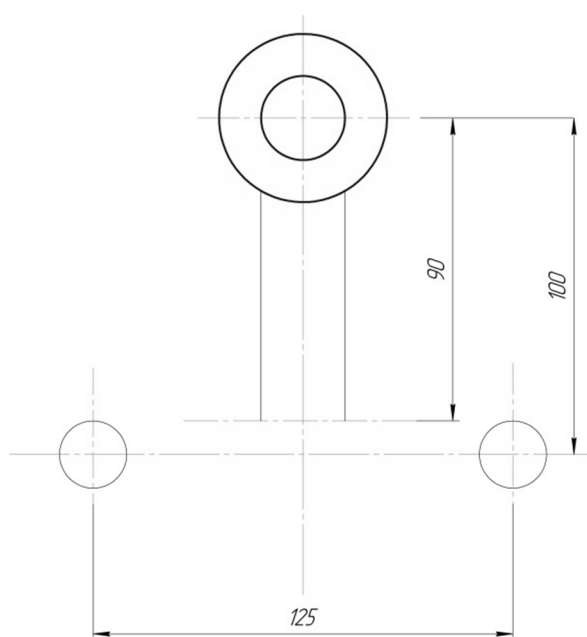


Рис. 103

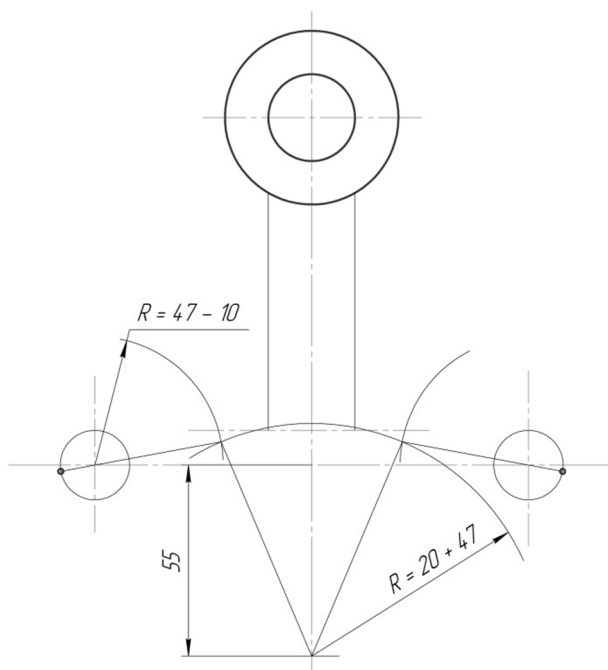


Рис. 104

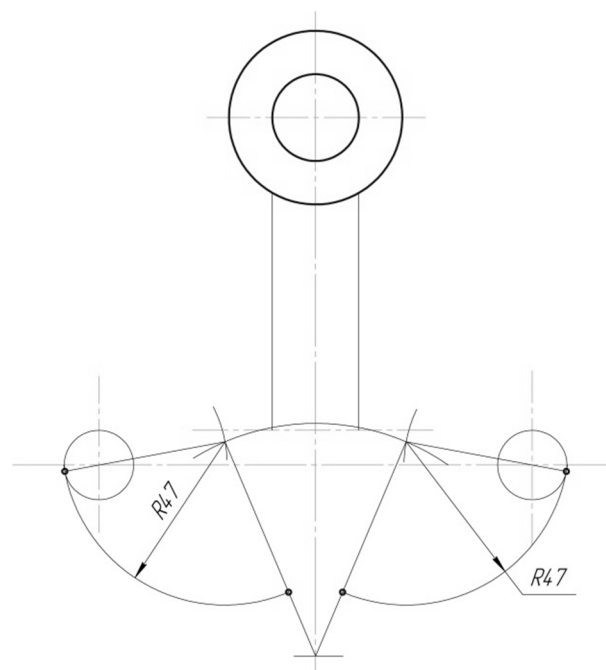


Рис. 105

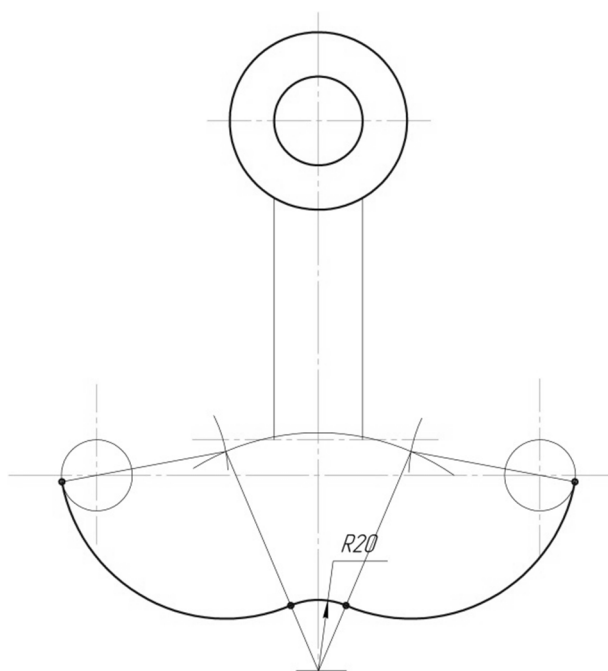


Рис. 106

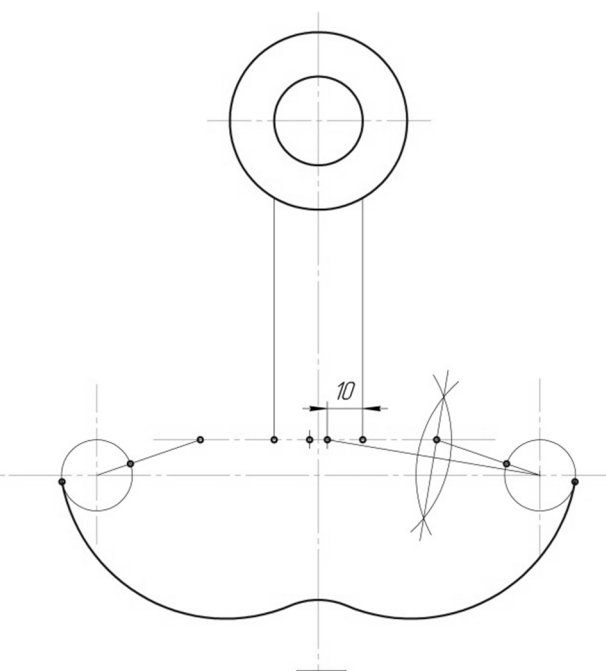


Рис. 107

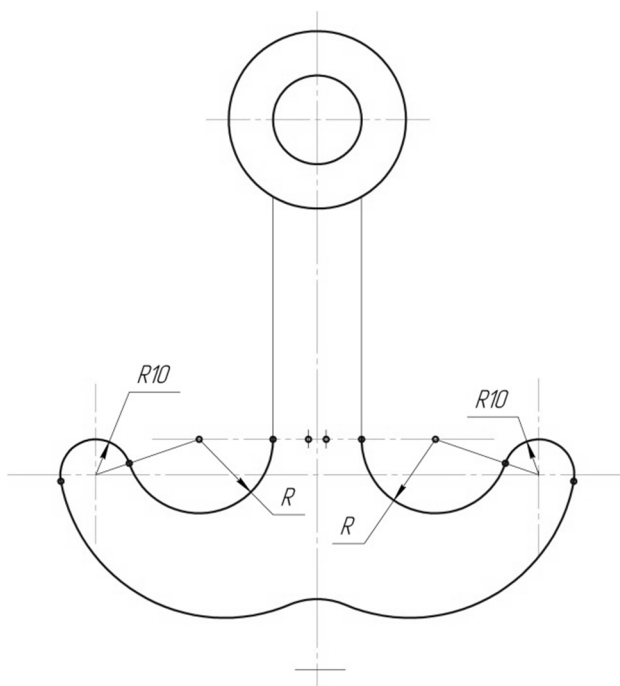


Рис. 108

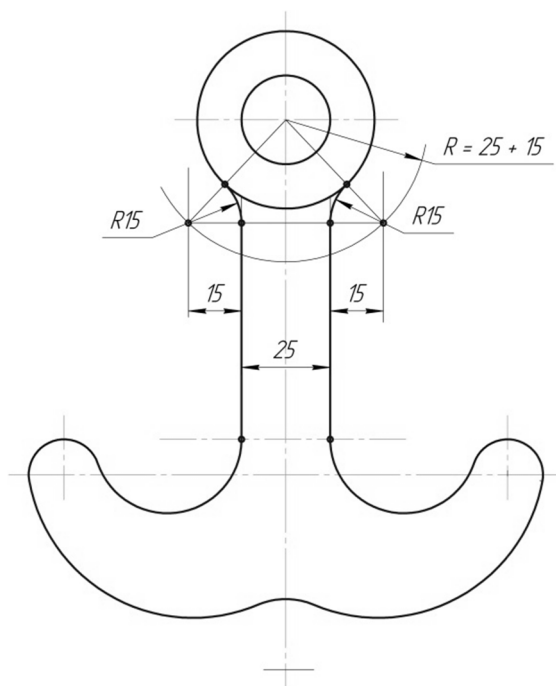


Рис. 109

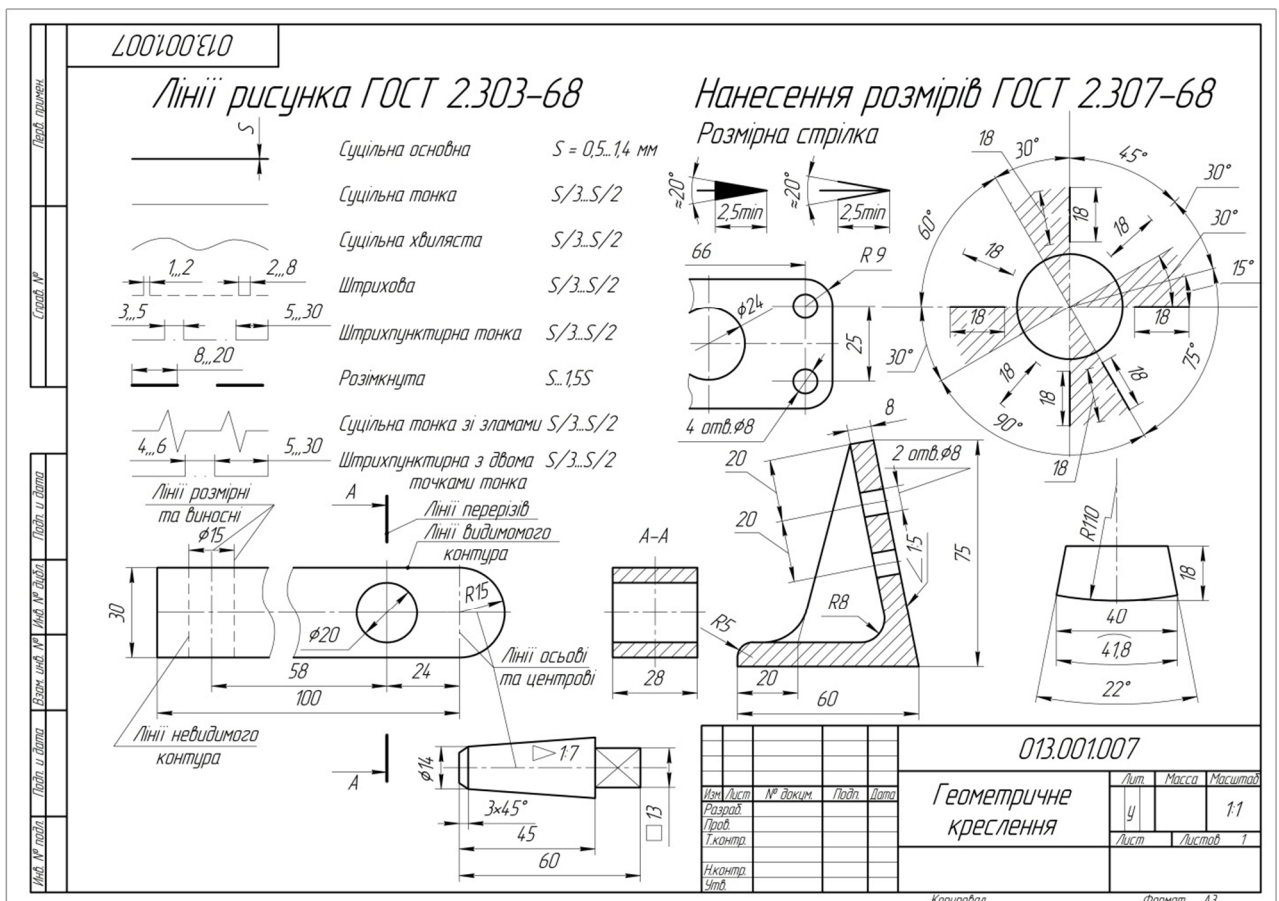


Рис. 111

Проекційне креслення

Зображення - види, розрізи, перерізи (ЄСКД ГОСТ 2.305-68)

Зображення на кресленні залежно від їх змісту поділяються на види, розрізи, перерізи.

Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів) має бути найменшим, але повинна забезпечувати повне уявлення про предмет при застосуванні встановлених у відповідних стандартах умовних позначень, знаків і написів.

Види

Вид – зображення поверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній.

Встановлюються такі назви видів, відображених на основних площинах проєкцій:

1. вид спереду (головний вид);
2. вид зверху;
3. вид зліва;
4. вид праворуч;
5. вид знизу;
6. вид ззаду (рис.112).

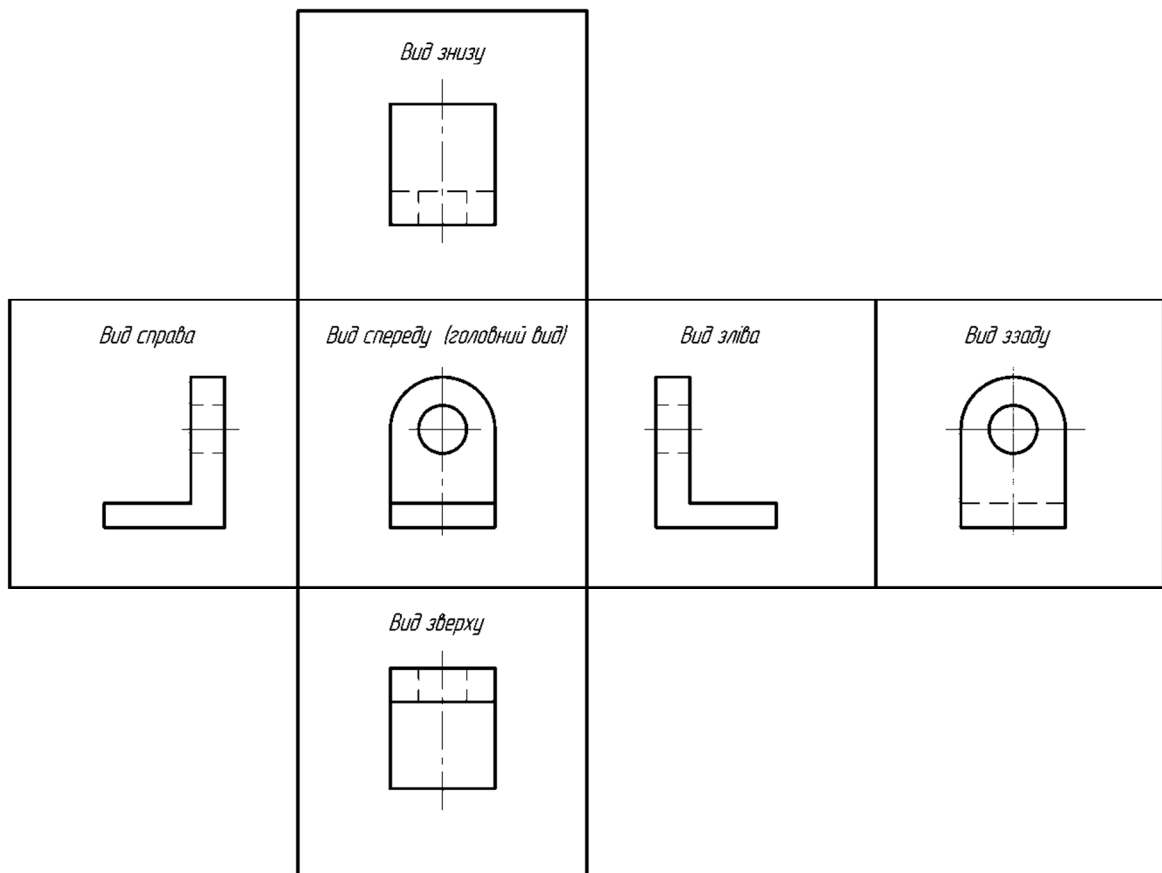


Рис. 112

Назви видів на кресленнях надписувати не слід, за винятком випадку, коли види зверху, зліва, справа, знизу, ззаду не знаходяться в безпосередньому проєкційному зв'язку з головним зображенням (видом або розрізом, зображеним на фронтальній площині проєкцій).

При порушенні проєкційного зв'язку, напрямок проєктування повинен бути зазначений стрілкою поблизу відповідного зображення. Над стрілкою і над отриманим зображенням (видом) слід нанести одну і ту ж велику літеру (рис. 113). Креслення оформляють так само, якщо перераховані види відокремлені від головного зображення іншими зображеннями або розташовані не на одному аркуші з ним.

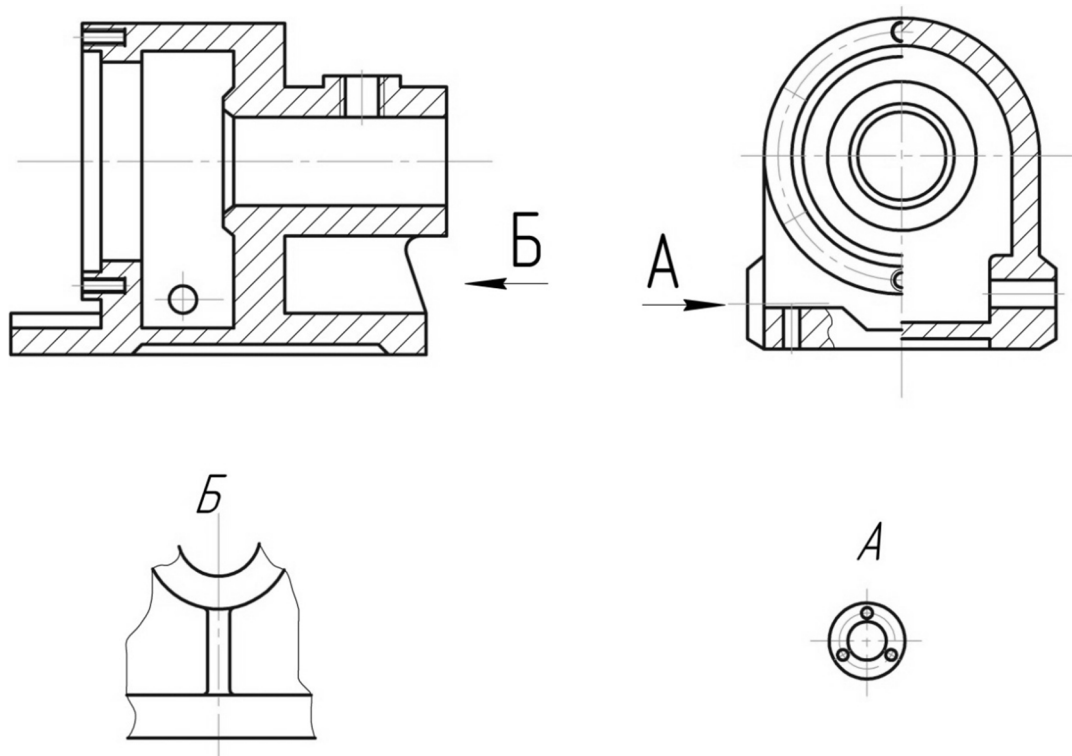


Рис. 113

Якщо будь-яку частину предмета неможливо показати на основних видах без спотворення форми і розмірів, то застосовують **додаткові види**, які будують на площинах, непаралельних основним площинам проекцій (рис. 114, 115, 116).

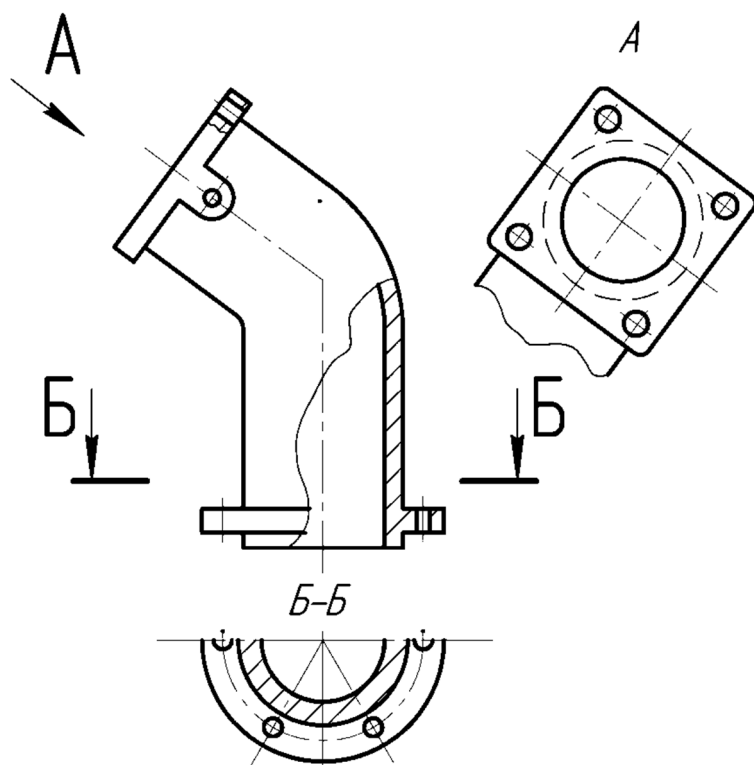


Рис. 114.

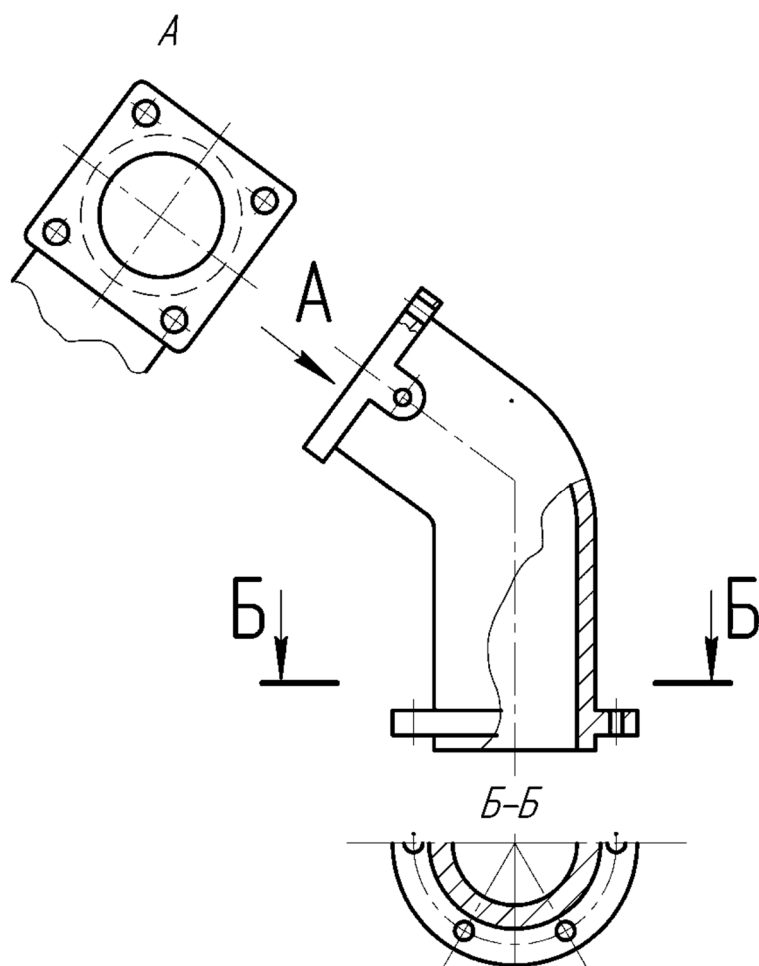


Рис. 115.

Додатковий вигляд побудований без порушення проекційного зв'язку.

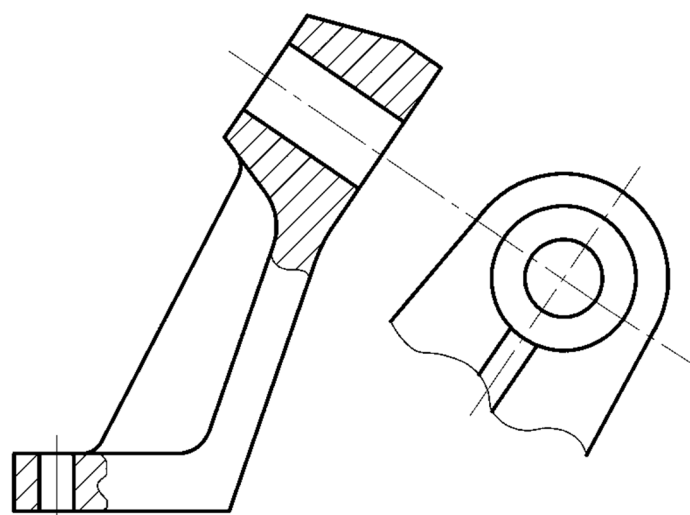


Рис. 116.

Додатковий вид повинен бути позначений на кресленні великою літерою (рис. 114, 115), а у пов'язаного з додатковим видом зображення

предмета повинна бути поставлена стрілка, що вказує напрямок погляду, з відповідним літерним позначенням (стрілка *A*, рис. 114, 115).

Коли додатковий вид розташований в безпосередньому проекційному зв'язку з відповідним зображенням, стрілку і позначення виду не вказують (рис. 116).

Додаткові види розташовують, як показано на рисунках 114, 115, 116. Розташування додаткових видів переважніше виконувати, як показано на рисунках 114 і 116.

Додатковий вид допускається повертати, але зі збереженням, як правило, положення, прийнятого для даного предмета на головному зображенні; при цьому позначення виду повинно бути доповнено умовним графічним позначенням .

Кілька однакових додаткових видів, що відносяться до одного предмета, позначають однією буквою і креслять один вид. Якщо при цьому пов'язані з додатковим видом частини предмета розташовані під різними кутами, то до позначення виду умовне графічне позначення не додають.

Зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета називається **місцевим видом** (рис. 117). Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву, по можливості в мінімальній величині, або не обмежений. Місцевий вид повинен бути позначений на кресленні подібно додатковому виду.

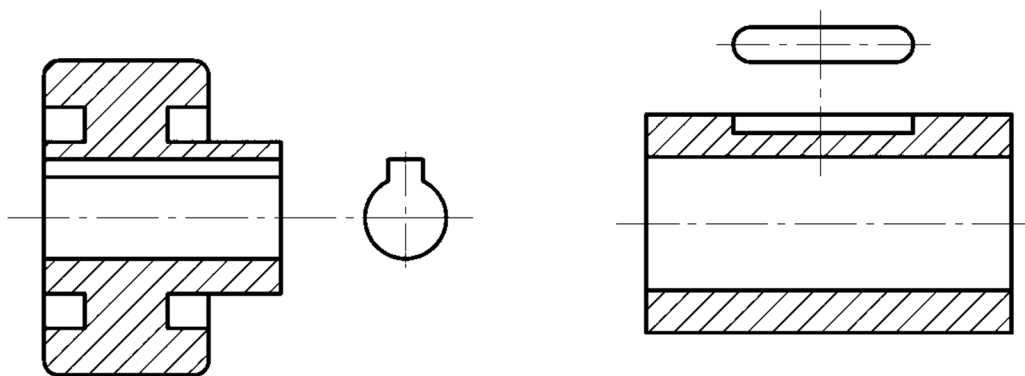


Рис. 117

Співвідношення розмірів стрілок, що вказують напрямок погляду, має відповідати розмірам вказаним на рис. 118.

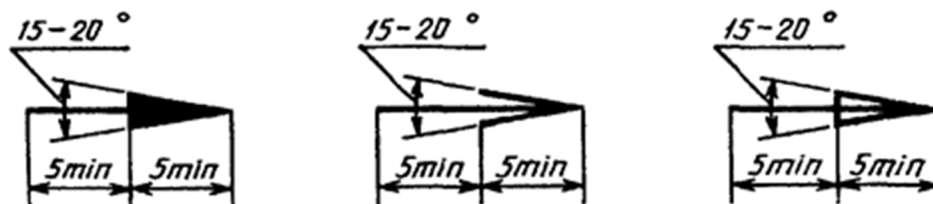


Рис. 118

Розрізи

Розрізом (ГОСТ 2.305-68) називається зображення предмета, уявно розрізаного однією або декількома площинами. При цьому уявний розріз предмета стосується тільки даного розрізу і не тягне за собою зміни інших зображень того ж предмета. *На розрізах показується те, що знаходиться в січній площині та те, що розташовано за нею* (рис. 119).

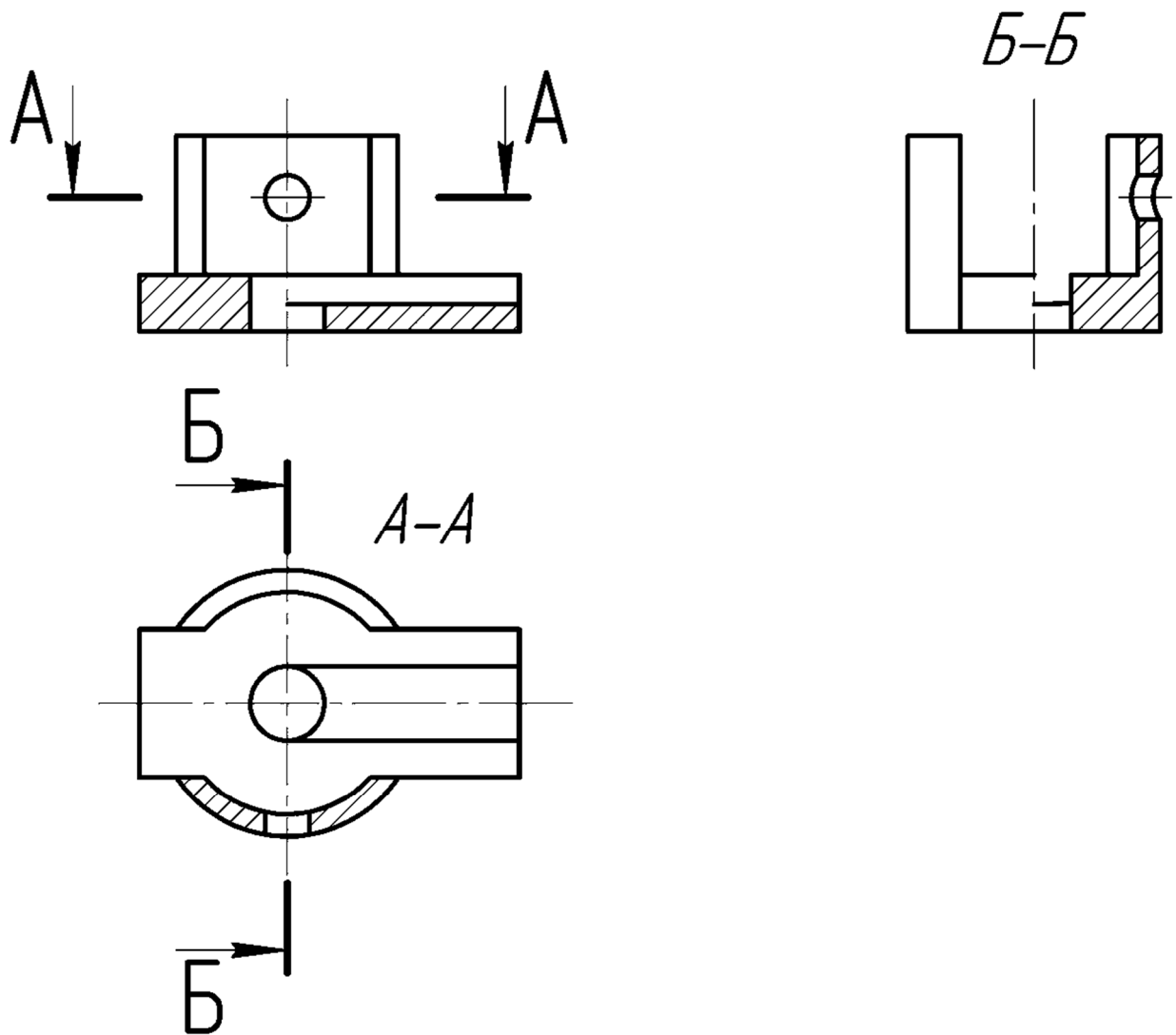


Рис. 119

Допускається зображати не все, що розташовано за січною площиною, якщо це вимагається для пояснення конструкції предмета.

Кожному розрізу відповідає своя січна площина. Ці площини не пов'язані між собою, тобто виконання одного розрізу не тягне за собою виконання другого. Наприклад на рисунку 119 на трьох видах виконано розрізи і кожен з них отримано за допомогою власної січної площини: розріз

на головному виді виконано за допомогою січної площини, яка паралельна фронтальній площині проєкцій; розріз **Б-Б** на виді зліва – за допомогою площини, що паралельна профільній площині проєкцій; розріз **А-А** на виді зверху – за допомогою горизонтальної січної площини.

Тобто, щоб отримати на кресленні розрізи предмета, слід виконати:

- 1) в необхідному місті предмета в уяві провести січну площину;
- 2) в уяві видалити частину предмета, яка знаходиться між спостерігачем і січною площиною;
- 3) спроектувати ту частину предмета яка залишилась на відповідну площину проєкцій і виконати її на місці одного з видів або на вільному полі креслення;
- 4) виконати отриманий розріз нанесенням штриховки, відповідних написів і стрілок.

Розрізи поділяються, в залежності від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій, на:

горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій (наприклад, розріз **А-А**, рис. 119) (в будівельних кресленнях горизонтальним розрізам можуть присвоюватися інші назви, наприклад, «**план**»);

вертикальні – січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій (наприклад, розрізи **А-А**, **В-В**, **Г-Г**, рис. 120); вертикальний розріз називається **фронтальним**, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій, та **профільним**, якщо січна площина паралельна до профільної площини (наприклад, рис. 119, розріз **Б-Б**);

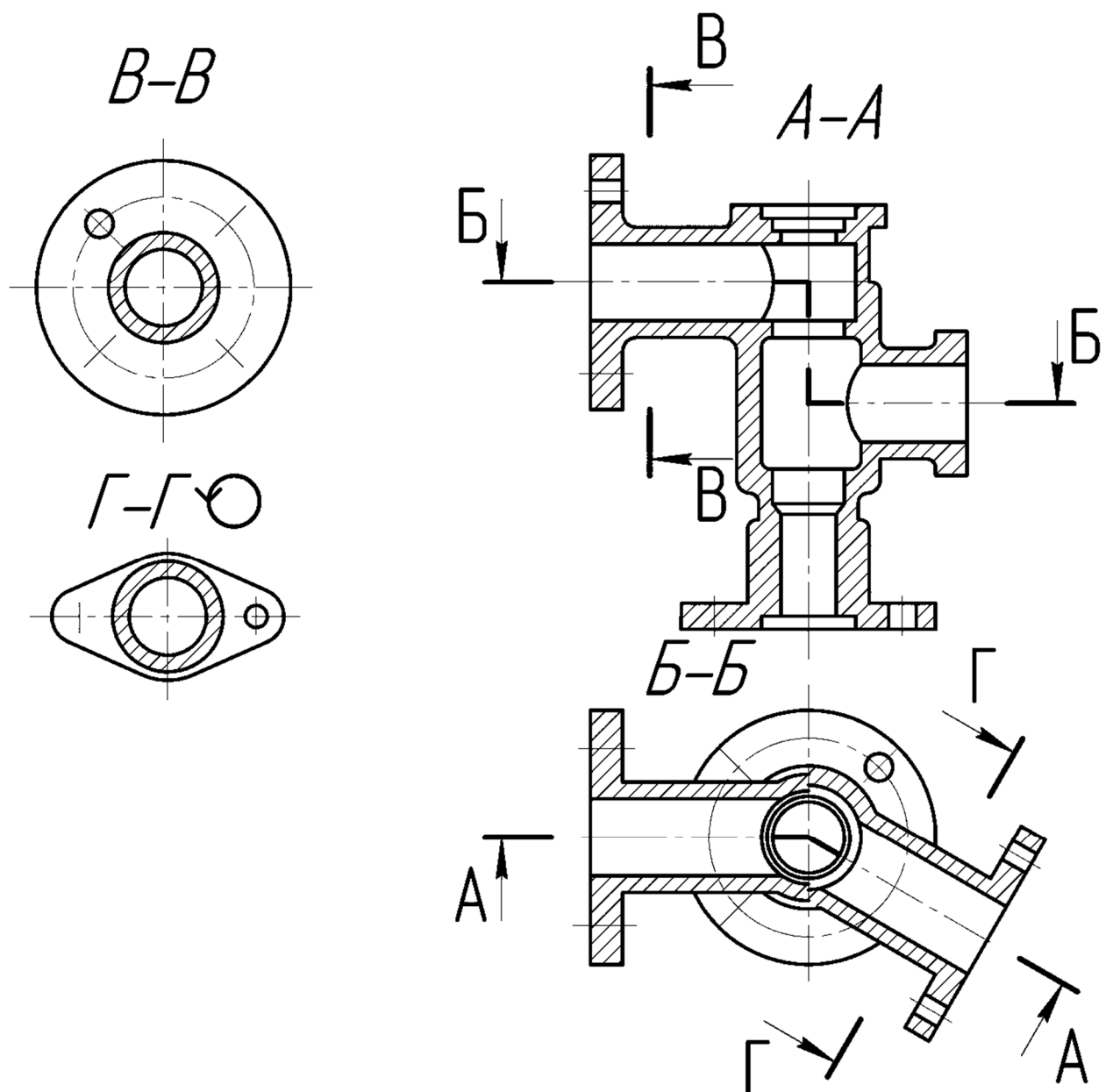


Рис. 120

похилі – січна площина становить з горизонтальною площиною проєкцій кут, відмінний від прямого (наприклад, розріз *A-A*, рис. 121).

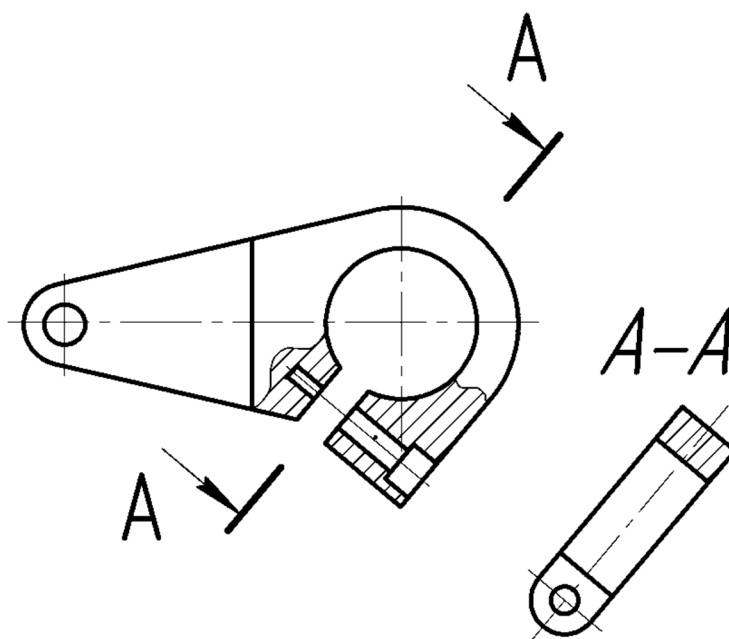


Рис. 121

Залежно від числа січних площин розрізи поділяються на:

прості – при одній січній площині (наприклад, розріз **Б-Б** рис. 114 і 115);

складні – при декількох січних площинах (наприклад, розрізи **А-А** і **Б-Б**, рис. 120).

Складні розрізи бувають **ступінчасті**, якщо січні площини паралельні (наприклад, ступінчастий горизонтальний розріз **Б-Б**, рис. 120), і **ламані**, якщо січні площини перетинаються (наприклад, розріз **А-А**, рис. 120).

Розрізи називаються **поздовжніми**, якщо січні площини спрямовані уздовж довжини або висоти предмета (рис. 122), і **поперечними**, якщо січні площини спрямовані перпендикулярно довжині або висоті предмета (наприклад, розрізи **А-А** і **Б-Б**, рис. 123).

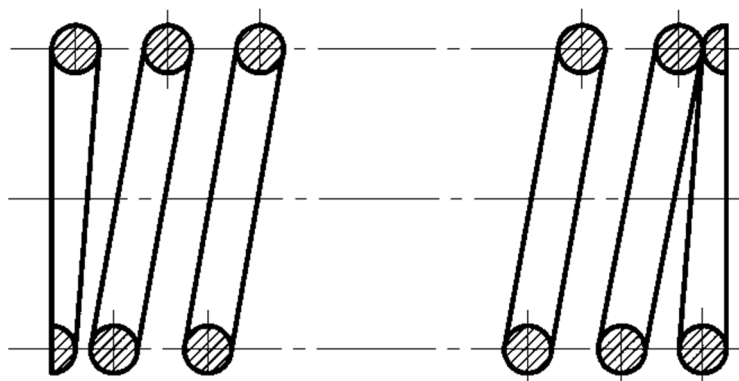


Рис. 122

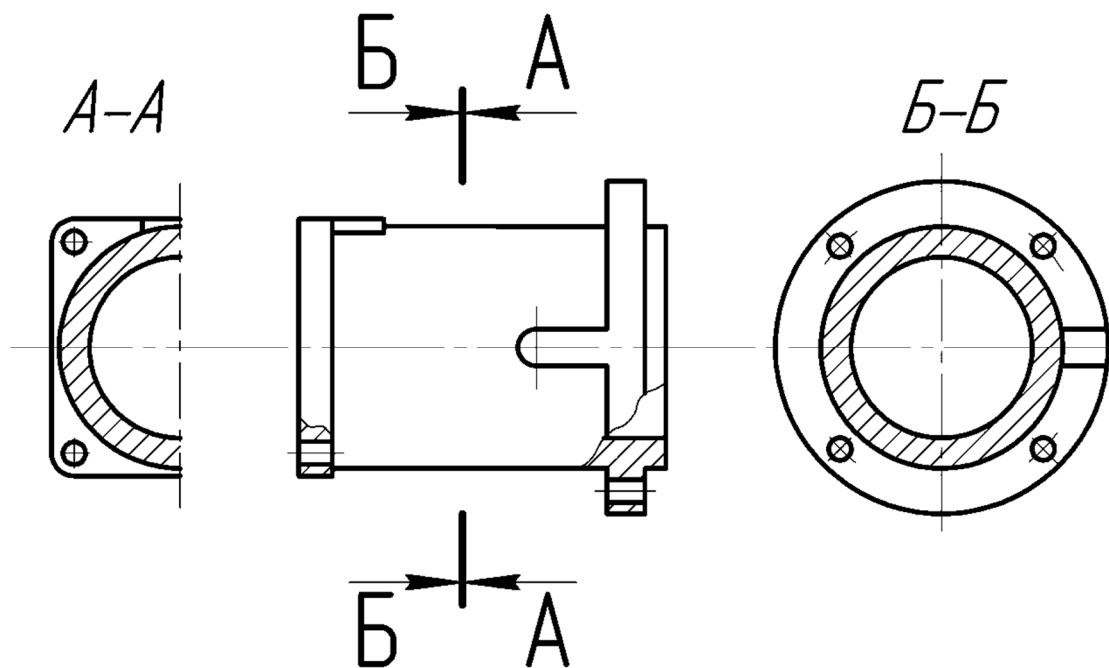


Рис. 123

Розріз, який необхідний для з'ясування устрою предмета лише в окремому, обмеженому місці, називається *місцевим*.

Місцевий розріз виділяється на виді суцільною хвилястою лінією (рис. 124) або суцільною тонкою лінією зі зломом (рис. 125). Ці лінії не повинні збігатися з будь-якими іншими лініями зображення.

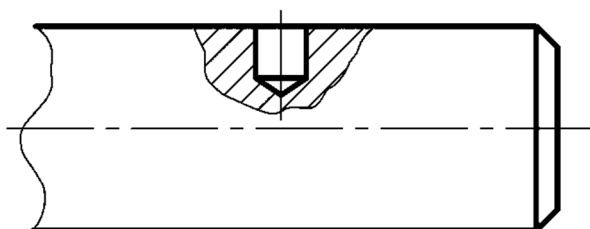


Рис. 124

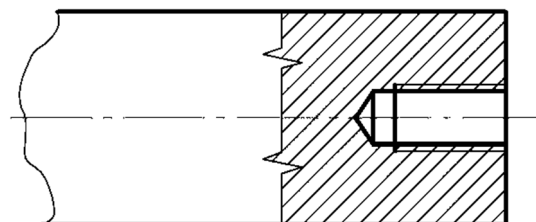


Рис. 125

Положення січної площини вказують на кресленні лінією перетину. Для лінії перетину повинна застосовуватися розімкнута лінія. При складному розрізі штрихи проводять також у місці перетину січних площин між собою. На початковому і кінцевому штрихах слід ставити стрілки, що вказують напрямок погляду (рис. 114, 115, 119, 120, 121, 123); **стрілки повинні наноситися на відстані 2-3 мм від кінця штриха**.

Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення.

У випадках, подібних вказаних на рисунку 123, стрілки, що вказують напрямок погляду, наносяться на одній лінії.

У початку і кінці лінії перетину, а при необхідності і у місці перетину січних площин ставлять одну й ту ж велику літеру українського алфавіту. Літери наносять поблизу стрілок, що вказують напрямок погляду, і в місцях перетину з боку зовнішнього кута.

Розріз повинен бути позначений написом на кшталт «**A-A**» (завжди двома буквами через тире).

У будівельних кресленнях у лінії перетину замість букв допускається застосовувати цифри, а також надписувати назву розрізу (плану) з присвоєним йому літерним, цифровим або іншим позначенням.

Коли січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розташовані на одному й тому ж аркуші в безпосередньому проекційному зв'язку і не розділені будь-якими іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів **не позначають положення січної площини, і розріз написом не супроводжують.**

Фронтальним і профільним розрізам, як правило, надають положення, що відповідають прийнятому для даного предмета на головному зображенні креслення. Горизонтальні, фронтальні і профільні розрізи можуть бути розташовані на місці відповідних основних видів.

При ламаних розрізах січні площини умовно повертають до суміщення в одну площину, при цьому напрямок повороту може не збігатися з напрямком погляду (рис. 126).

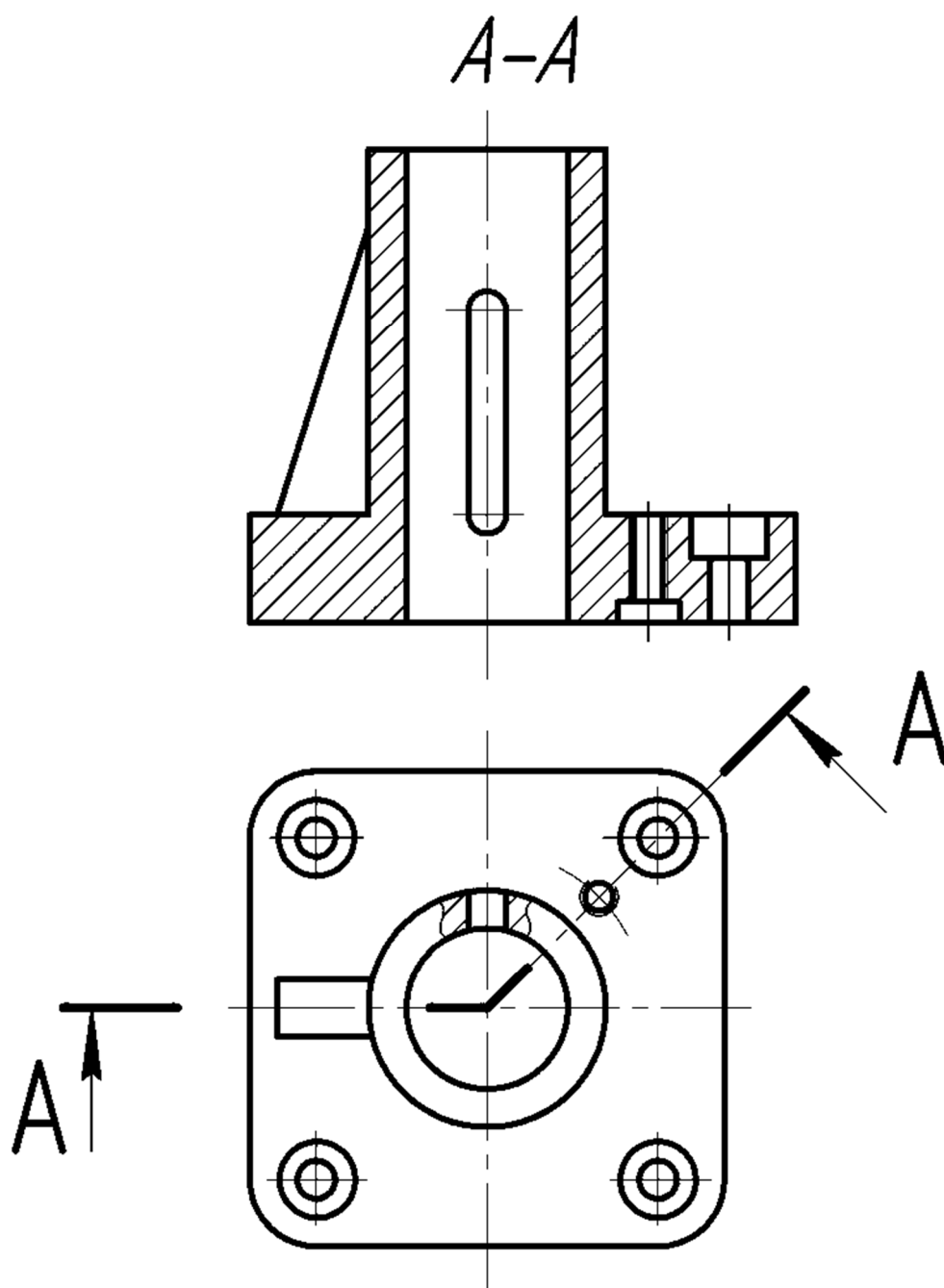


Рис. 126

Якщо суміщені площини виявляються паралельними до одної з основних площин проєкцій, то ламаний розріз допускається поміщати на місці відповідного виду (розріз *A-A*, рис. 120). При повороті січної площини елементи предмета, розташовані за нею, викреслюють так, як вони проєктуються на відповідну площину, з якої виробляється суміщення (рис. 127).

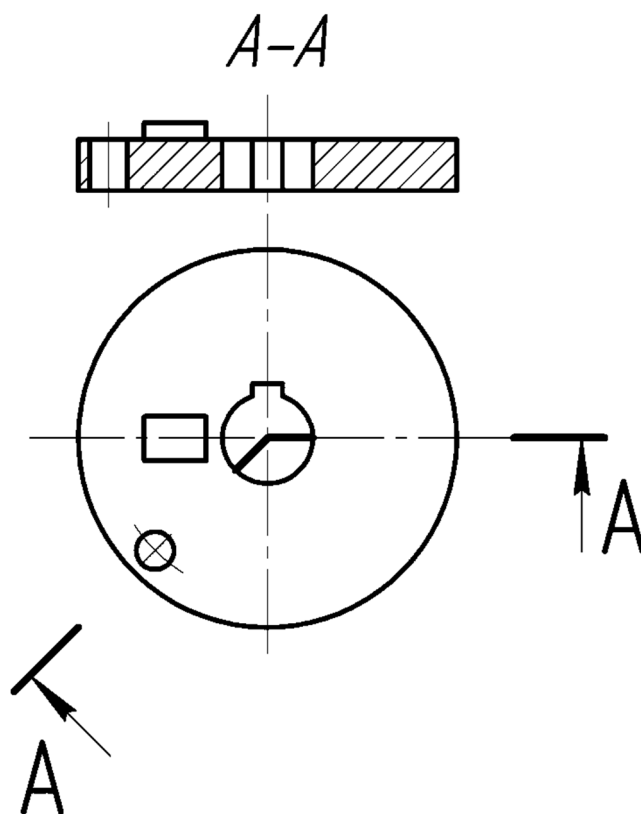


Рис. 127

Спиці маховиків, шківів, коліс, тонкі стінки та ребра жорсткості показують розрізними, але *умовно не штрихують* і відділяють від іншої частини предмета суцільною основною лінією (див. рис. 126).

Частину виду і частину відповідного розрізу допускається з'єднувати, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом (рис. 128, 130). Якщо при цьому з'єднуються половина виду і половина розрізу, кожен з яких є симетричною фігурою, то лінією розділу служить вісь симетрії (рис. 119, розріз *Б-Б*).

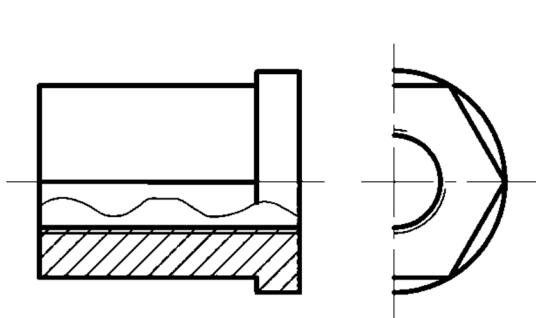


Рис. 128

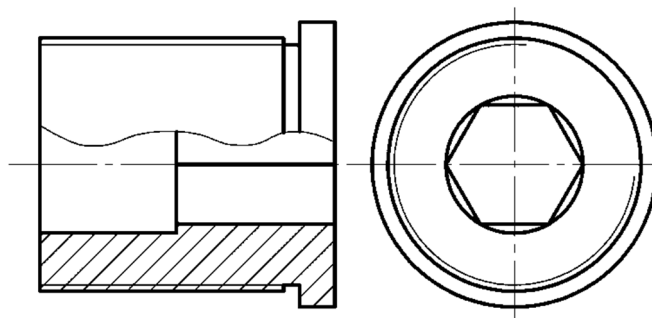


Рис. 129

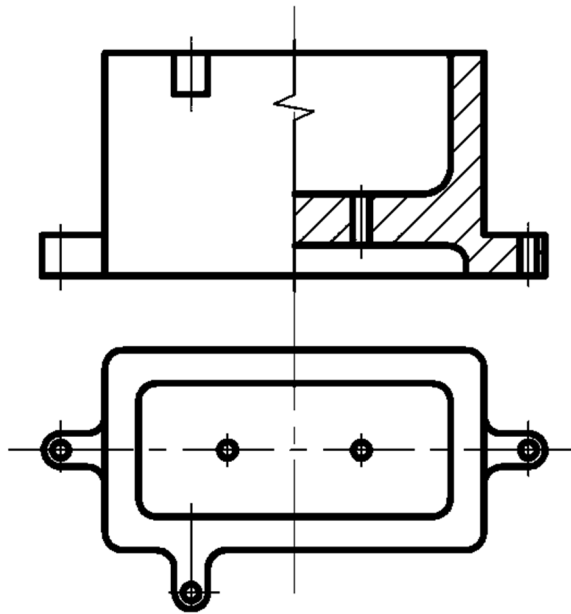


Рис. 130

Якщо в симетричній деталі вісь симетрії збігається з лінією контуру, кордон виду і розрізу зміщують від осі і оформляють як показано на рисунках 128 і 129.

Допускається також поділ розрізу та виду штрих-пунктирною тонкою лінією, що збігається зі слідом площини симетрії не всього предмета, а лише його частини, якщо вона представляє тіло обертання (рис. 131).

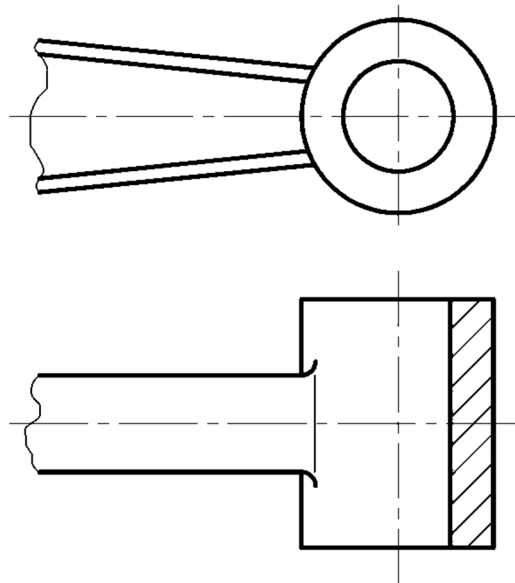


Рис. 131

Допускається з'єднувати чверть виду і чверті трьох розрізів: чверть виду, чверть одного розрізу і половину другого і т. і., за умови, що кожне з цих зображень окремо симетрично (рис. 132).

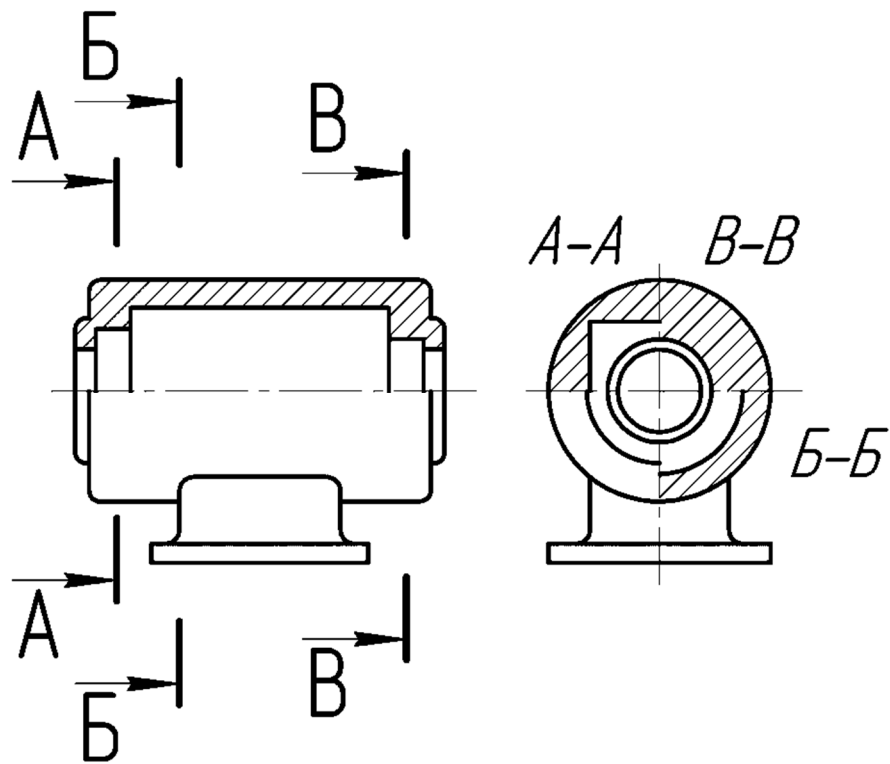


Рис. 132

Перерізи

Переріз – зображення фігури, що виходить при уявному розсіченні предмета однією або декількома площинами (рис. 133). *На перерізі показується тільки те, що виходить безпосередньо до січної площини.*

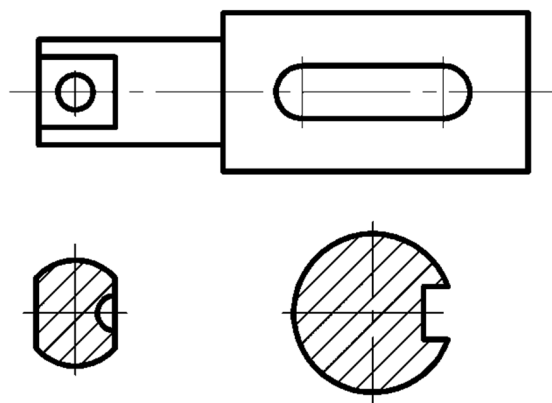


Рис. 133

Переріз, як і розріз, є умовним зображенням.

Допускається як січну застосовувати циліндричну поверхню, яка розгортається потім в площину (рис. 134).

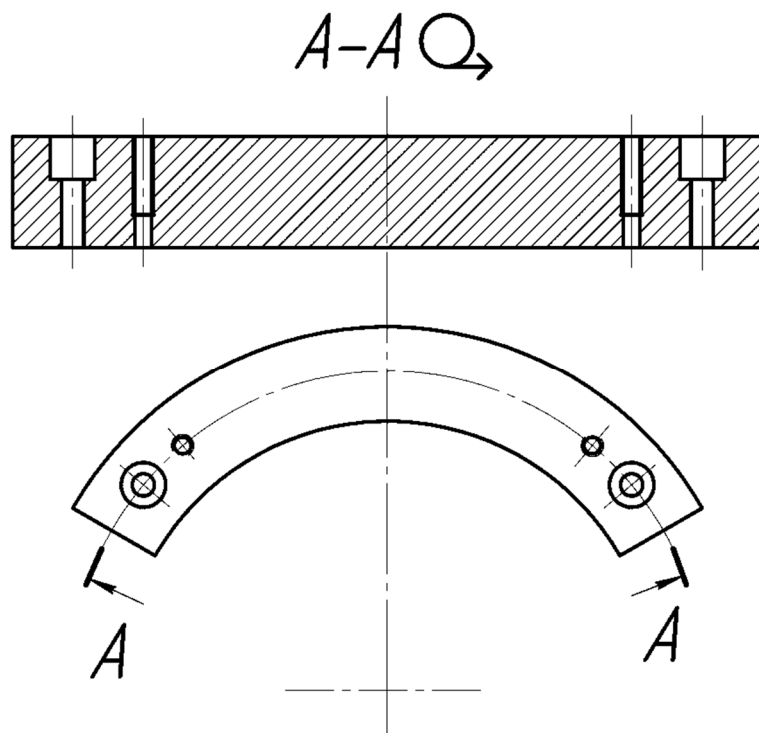


Рис. 134

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на:
винесені (рис. 133, 135) і **накладені** (рис. 136).

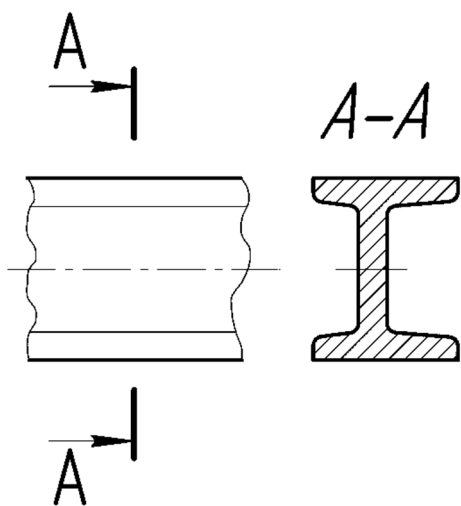


Рис. 135

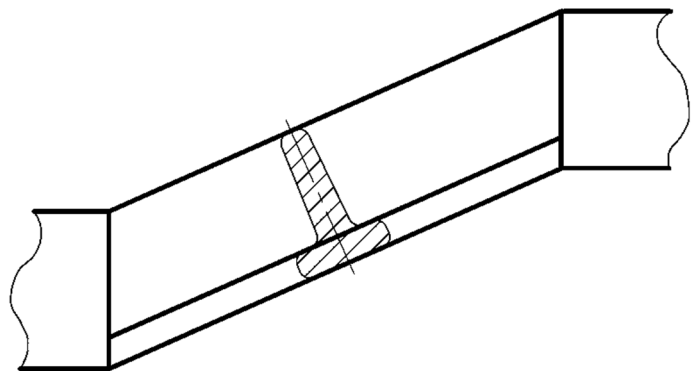


Рис. 136

Винесені перерізи є кращими і їх допускається розташовувати в розриві між частинами одного і того ж виду (рис. 137).

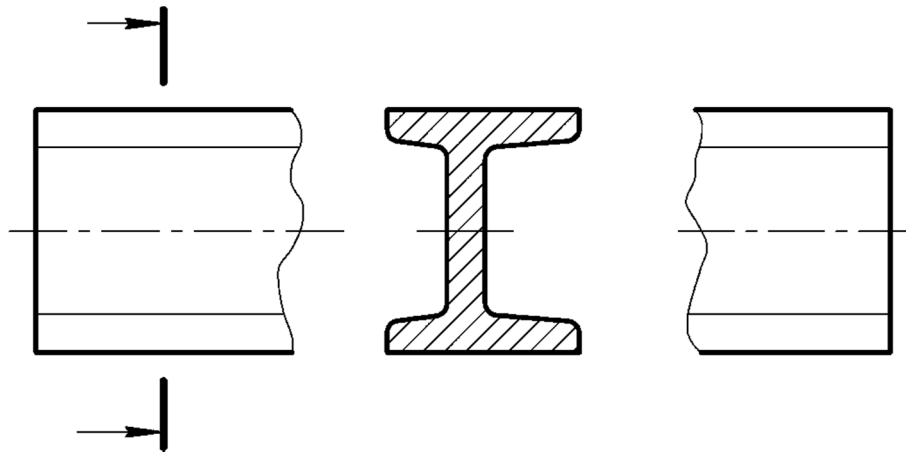


Рис. 137

Контур винесеного перерізу, а також перерізу, що входить до складу розрізу, зображують *суцільними основними лініями*, а контур накладеного перерізу – *суцільними тонкими лініями*, причому контур зображення в місці розташування накладеного перерізу *не переривають*.

Вісь симетрії винесеного або накладеного перерізу (рис. 133, 136) вказують штрих-пунктирною тонкою лінією без позначення літерами і стрілками та лінію перетину не проводять.

Для несиметричних перерізів, розташованих в розриві (рис. 137) або накладених (рис. 138), лінію перетину проводять зі стрілками, але буквами не позначають.

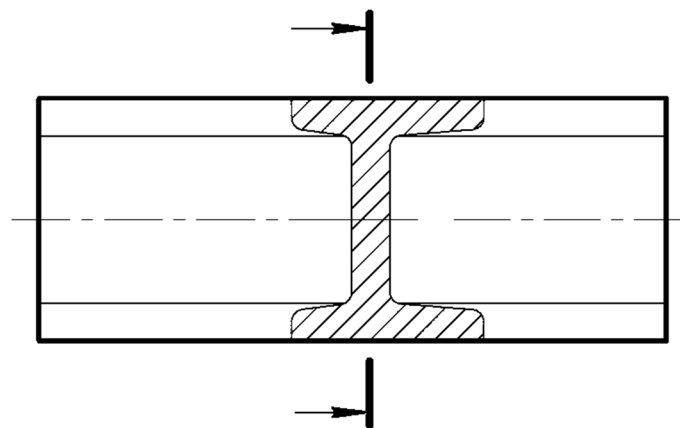


Рис. 138

Побудова і розташування перерізу має відповідати напрямку, зазначеному стрілками (рис. 135). Допускається розташовувати переріз на будь-якому місці поля креслення, а також з поворотом з додаванням умовного графічного позначення ☉.

Для кількох однакових перерізів, які стосуються одного предмету, лінії перерізу позначають однією буквою і креслять один переріз (рис. 139).

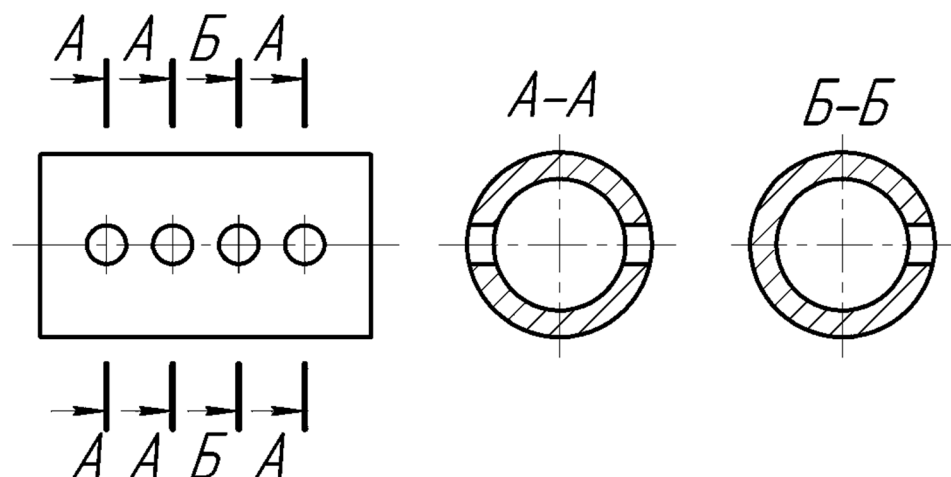


Рис. 139

Січні площини вибирають так, щоб отримати нормальні поперечні перерізи.

Якщо при цьому січні площини спрямовані під різними кутами (рис. 140), то умовне графічне позначення $\odot$ не вказують.

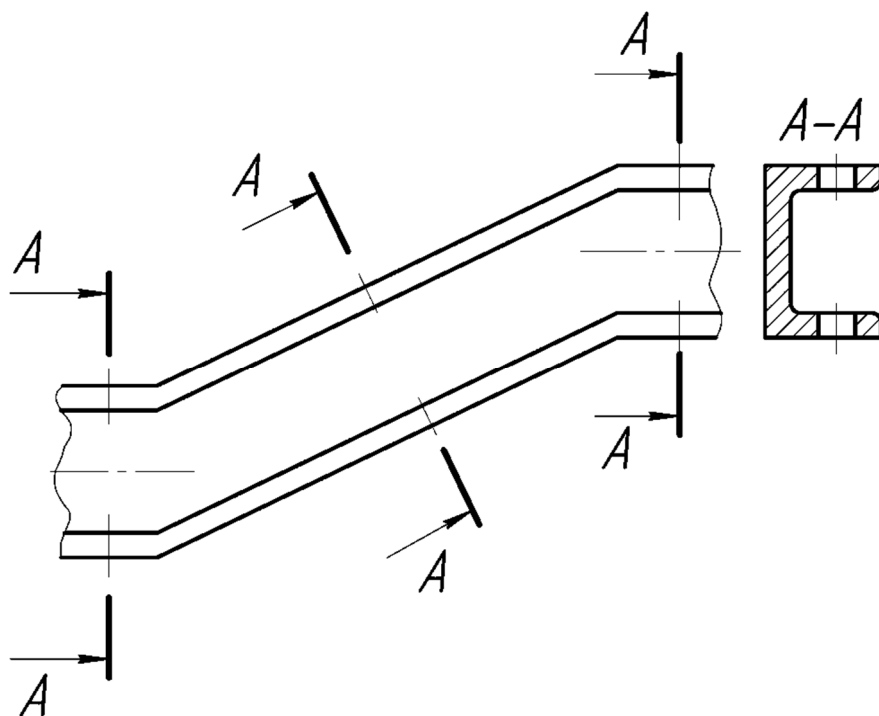


Рис. 140

Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, яка обмежує отвір або поглиблення, то контур отвору або поглиблення в перерізі показують повністю (рис. 141).

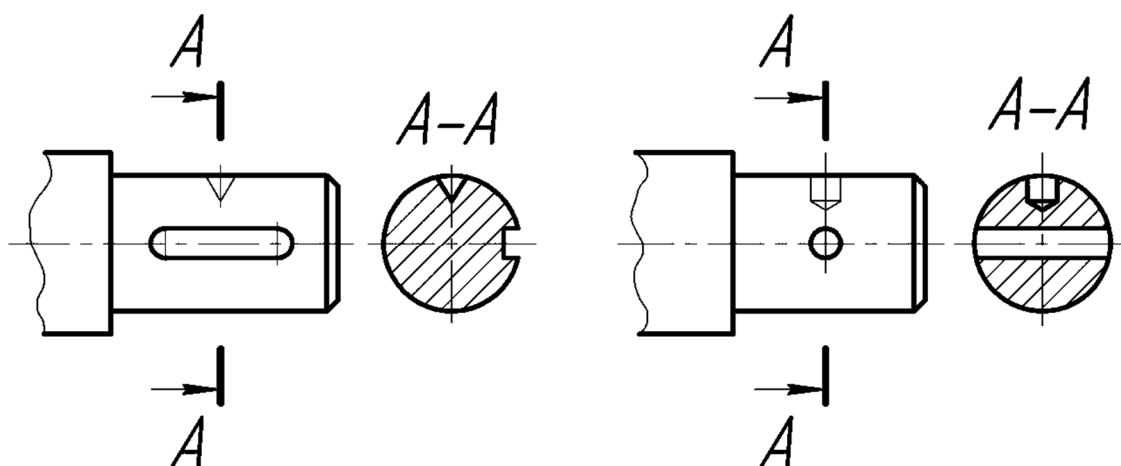


Рис. 141

Виносні елементи

Виносний елемент – додаткове окреме зображення (зазвичай збільшене) будь-якої частини предмета, що вимагає графічного та інших пояснень щодо форми, розмірів та інших даних.

Виносний елемент може містити подробиці, які не вказані на відповідному зображенні, і може відрізнятися від нього за змістом (наприклад, зображення може бути видом, а виносний елемент – розрізом). При застосуванні виносного елемента відповідне місце позначають на вигляді, розрізі або перетині замкнутою суцільною тонкою лінією – колом, овалом і т. і., з позначенням виносного елемента великою літерою або поєднанням великої літери з арабською цифрою на полиці лінії-виноски. Над зображенням виносного елемента вказують позначення і масштаб, в якому він виконаний (рис. 142).

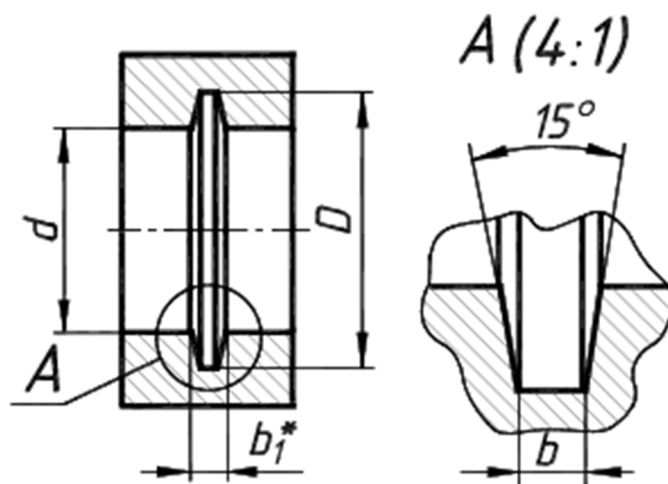


Рис. 142

Виносний елемент слід розташовувати, по можливості, ближче до відповідного місця на зображенні предмета.

Умовності і спрощення

Умовності і спрощення це правила, які дозволяють зробити креслення більш простим, зрозумілим і зменшити час на його виконання. ГОСТ 2.305-68 встановлює такі умовності і спрощення:

1. Якщо вид, розріз або переріз представляє симетричну фігуру, допускається викреслювати половину зображення обмежену осьовою лінією або трохи більше половини зображення з проведенням в останньому випадку лінії обриву (рис. 128, 129).

2. Якщо предмет має кілька однакових, рівномірно розташованих елементів, то на зображенні цього предмета повністю показують один-два таких елемента (наприклад, одно-два отвори, рис. 120), а інші елементи показують спрощено або умовно. Допускається зображати частину предмета (рис. 143) з належними вказівками про кількість елементів, їх розташування і т. і.

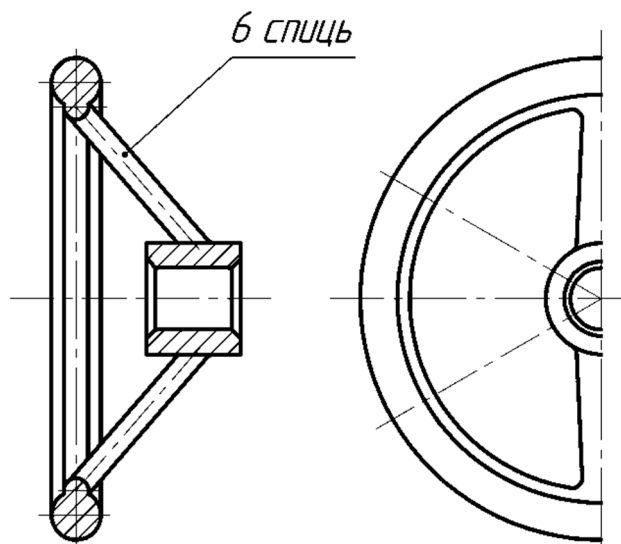


Рис. 143

3. На видах і розрізах допускається спрощено зображати проекції ліній перетину поверхонь, якщо не потрібно точної їх побудови. Наприклад, замість лекальних кривих проводять дуги окружності і прямі лінії (рис. 144).

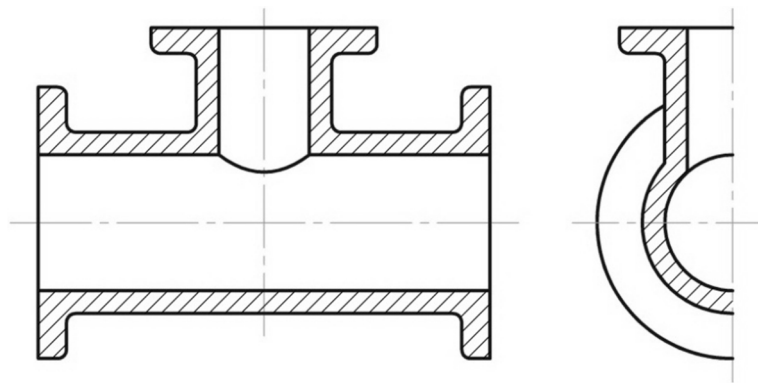


Рис. 144

4. Плавний перехід від однієї поверхні до іншої показується умовно (рис. 145, 146) або зовсім не показується (рис. 147). Допускаються спрощення, подібні до зазначених на рисунках 148, 149.

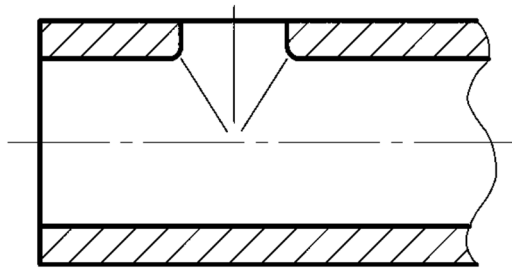


Рис. 145

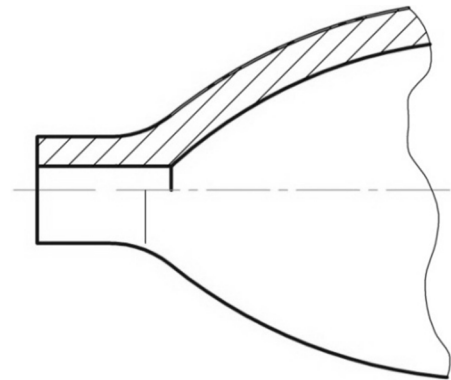


Рис. 146

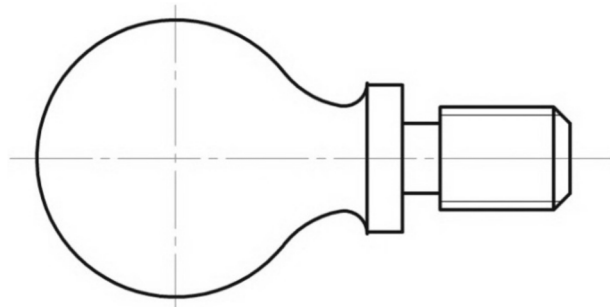


Рис. 147

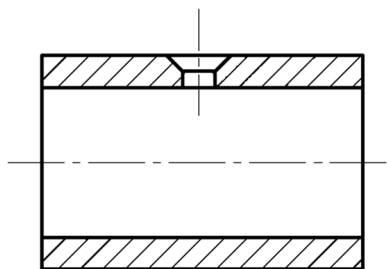


Рис. 148

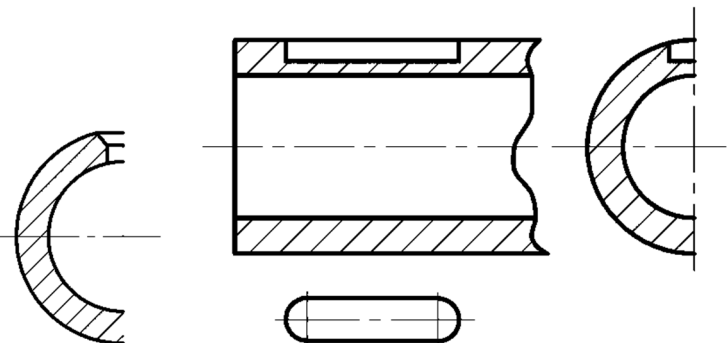


Рис. 149

5. Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, не пустотілі вали і шпинделі, шатуни, рукоятки і т. і. при поздовжньому розрізі показують **нерозрізаними**. Кульки завжди показують нерозрізаними. Як правило, показуються нерозрізаними на складальних кресленнях гайки і шайби. Такі елементи, як спиці маховиків, шківів, зубчастих коліс, тонкі стінки типу ребер жорсткості і т. і. показують не заштрихованими, якщо січна площина спрямована вздовж осі або довгої сторони такого елемента (рис. 143). Якщо в подібних елементах деталі є місцеве свердління, поглиблення і т. і., то роблять місцевий розріз.

6. Пластини, а також елементи деталей (отвори, фаски, пази, поглиблення і т. і.) розміром (або різницею в розмірах) на кресленні 2 мм і менше зображують з відступом від масштабу, прийнятого для всього зображення, в сторону збільшення.

7. Допускається незначну конусність або ухил зображати зі збільшенням. На тих зображеннях, на яких ухил або конусність чітко не виявляються, наприклад, головний вид на рисунку 150 або вид зверху на рисунку 151, проводять тільки одну лінію, відповідну меншому розміру елемента з ухилом або меншій основі конуса.

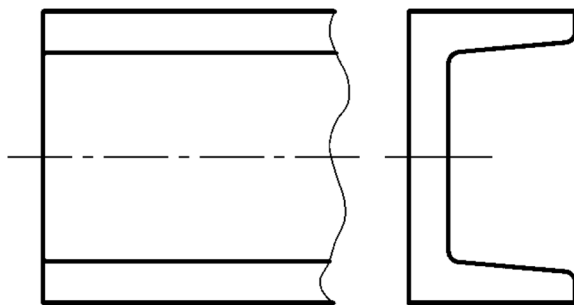


Рис. 150

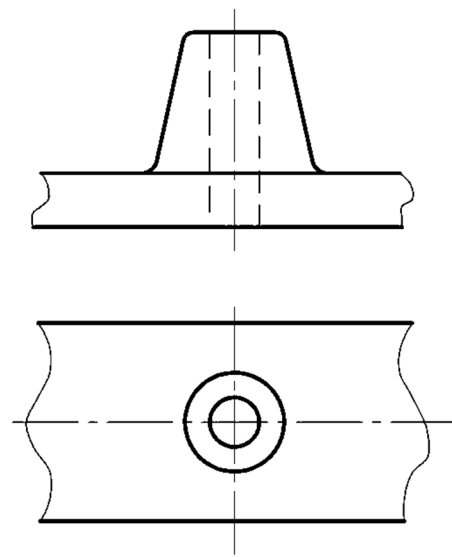


Рис. 151

8. При необхідності виділення на кресленні плоских поверхонь предмета на них проводять діагоналі суцільними тонкими лініями (рис. 152).

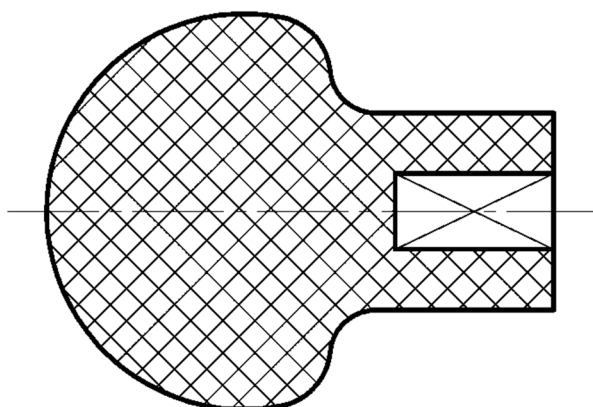


Рис. 152

9. Предметы або елементи, які мають постійний або поперечний переріз, який закономірно змінюється (вали, ланцюги, прутки, фасонний прокат, шатуни і т. і.), допускається зображати з розривами. Часткові зображення і зображення з розривами обмежують одним із таких способів:

9.1. Суцільною тонкою лінією зі зломом, яка може виходити за контур зображення на довжину від 2 до 4 мм. Ця лінія може бути похилою щодо лінії контуру (рис. 153);

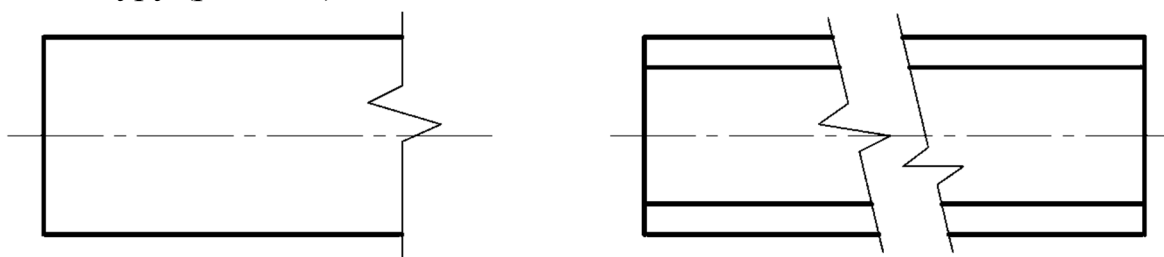


Рис. 153

9.2. Суцільною хвилястою лінією, що з'єднує відповідні лінії контуру (рис. 154);

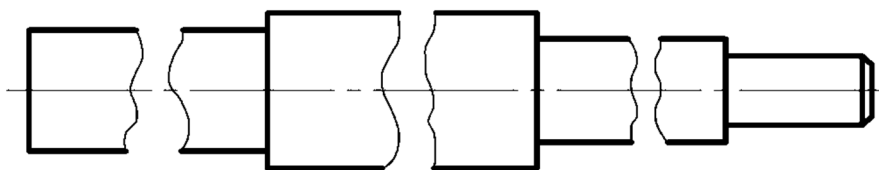


Рис. 154

9.3. Лініями штрихування (рис. 155).

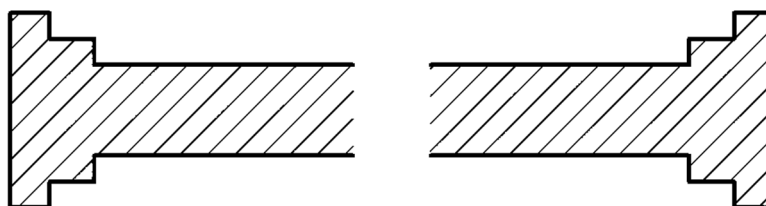


Рис. 155

10. На кресленнях предметів з суцільною сіткою, плетінкою, орнаментом, рельєфом, накаткою і т. і. допускається зображати ці елементи частково, з можливим спрощенням (рис. 156).

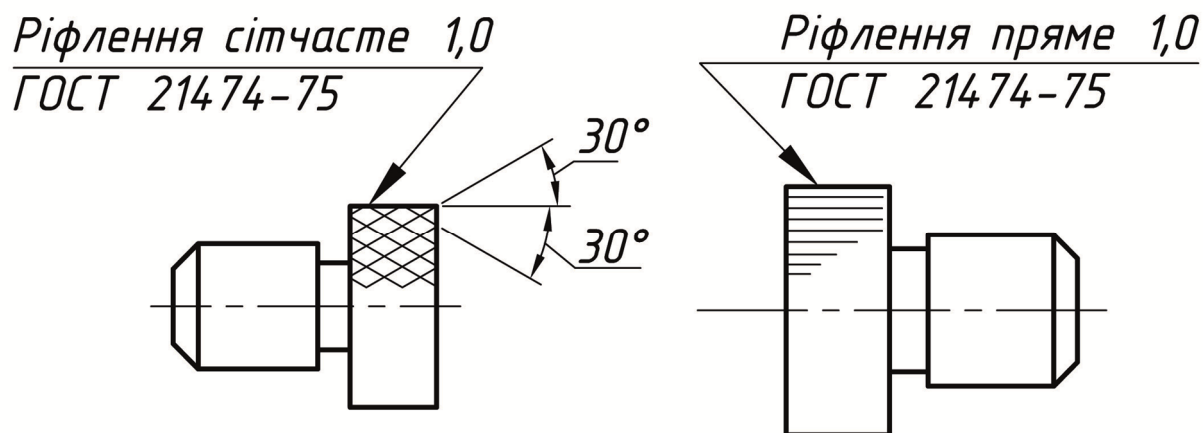


Рис. 156

11. Для спрощення креслень або скорочення кількості зображень допускається:

11.1. Частину предмета, що знаходиться між спостерігачем і січною площиною, зображати штрих-пунктирною потовщеною лінією безпосередньо на розрізі (накладена проекція, рис. 157);

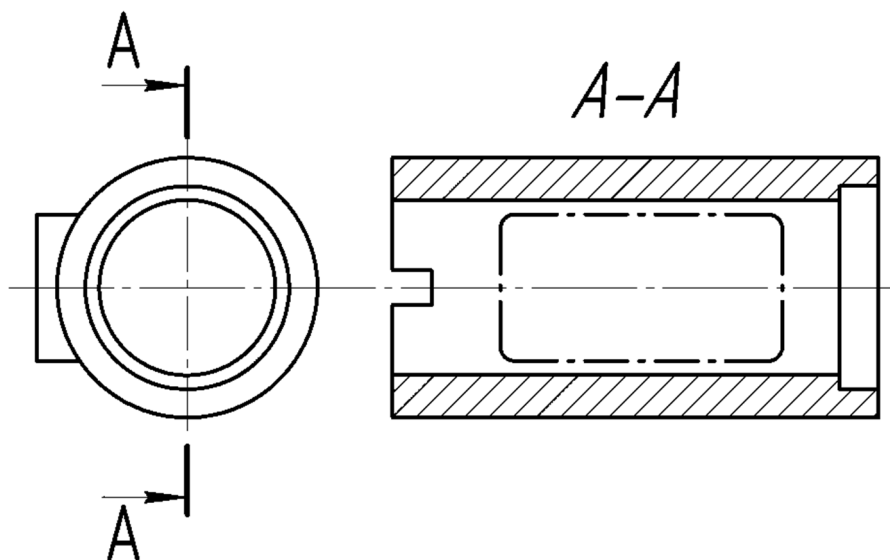


Рис. 157

11.2. Застосовувати складні розрізи (рис. 158);

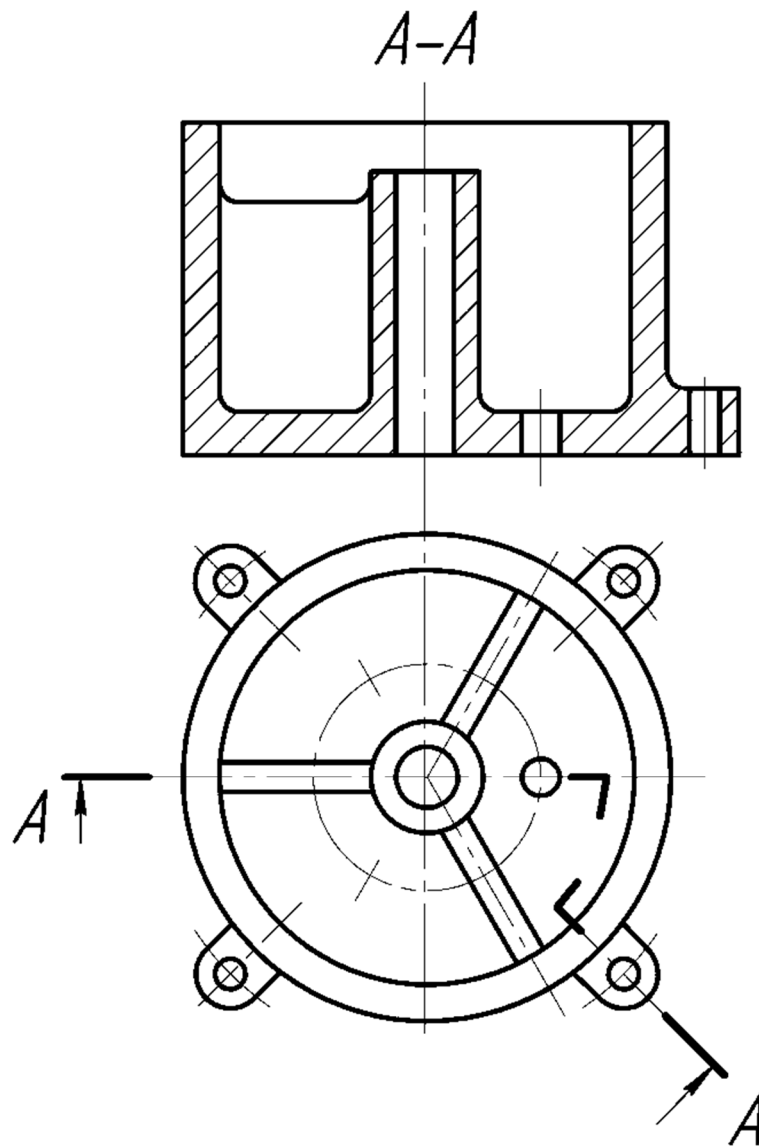


Рис. 158

11.3. Для показу отворів в маточинах зубчастих коліс, шківів і т. і., а також для шпонкових пазів замість повного зображення деталі давати лише контур отвору або паза (рис. 117);

11.4. Зображати в розрізі отвори, розташовані на круглому фланці, коли вони не потрапляють в січну площину (рис. 120, розріз *A-A*).

12. Якщо вид зверху не є необхідним і креслення складається із зображень на фронтальній та профільній площинах проекцій, то при ступінчастому розрізі лінія перетину і написи, що відносяться до розрізу, наносяться так, як показано на рисунку 159.

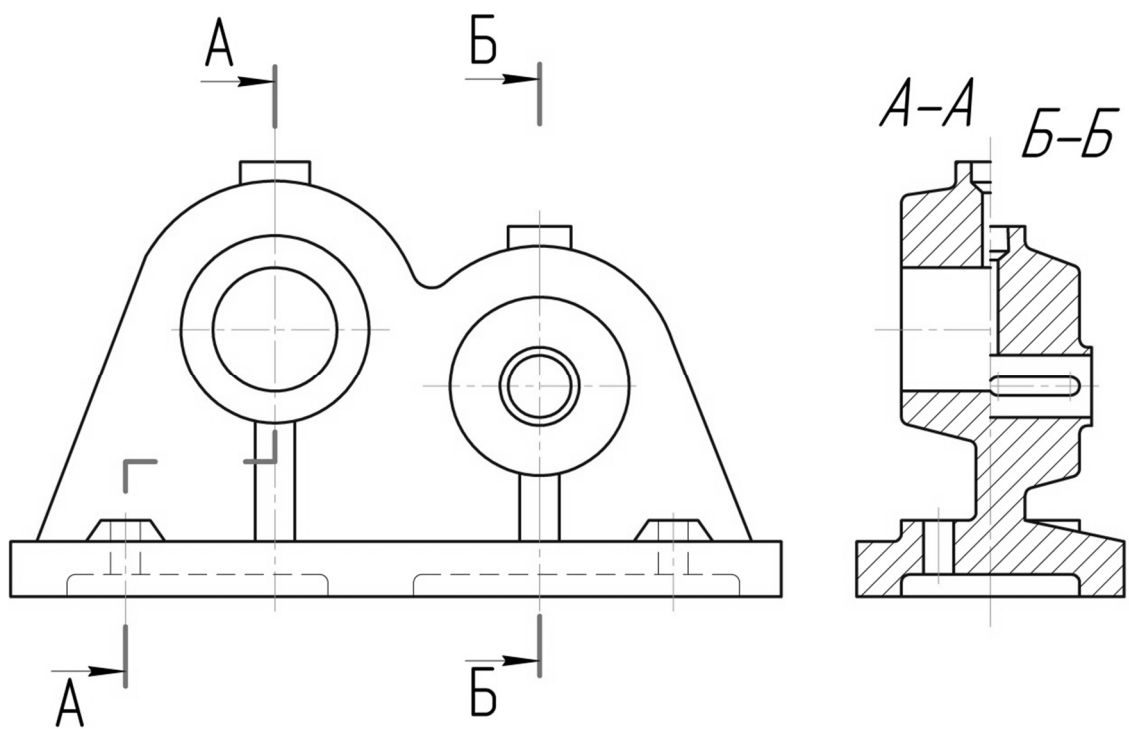


Рис. 159

13. Умовності і спрощення, які допускаються в нероз'ємних з'єднаннях, в кресленнях електротехнічних і радіотехнічних пристроїв, зубчастих зачеплень і т. і., встановлюються відповідними стандартами.

14. Умовне графічне позначення «повернуто» має відповідати рисунку 160 і «розгорнуто» – рисунку 161.

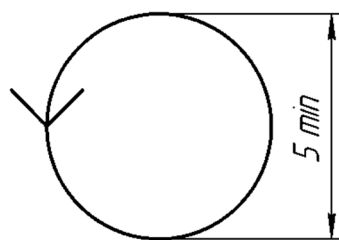


Рис. 160

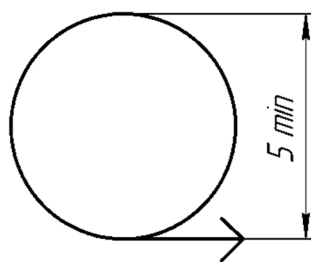


Рис. 161

Штрихування перерізів

Фігуру перерізу виділяють штрихуванням, відповідно до графічних позначень матеріалів на перерізах (дивись розділ «**Графічні позначення матеріалів і правила їх позначення на кресленнях**»). Лінії штриховки наносять під кутом 45° до рамки креслення або до лінії контуру зображення чи до його осі (рис. 162). Допускається проводити лінії штриховки під кутом

30° або 60°, якщо під кутом 45° вони збігаються за напрямком із лініями контуру, або з осьовими лініями (рис. 163 і 164).

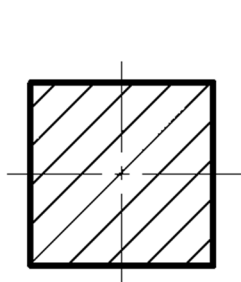


Рис. 162

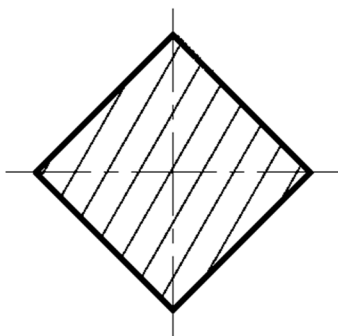


Рис. 163

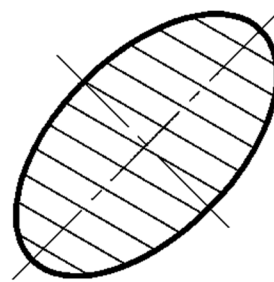


Рис. 164

Залежно від площі фігури перерізу відстань між лініями штриховки має бути в межах 1...10 мм і однакова та рівномірна для всіх перерізів одного предмета на кресленні. На навчальних кресленнях 1...5 мм. Нахил ліній штриховки можна виконувати як вліво так і вправо. ***Для різних перерізів одного і того ж предмета напрямок штриховки та відстань між лініями штриховки повинні бути однаковими.***

Побудова прямокутних проекцій геометричних фігур та точок на їх поверхнях

Для побудови третьої проекції фігури за двома заданими треба вміти розв'язати основну задачу проекційного креслення: за однією проекцією точки, що належить заданій поверхні, побудувати дві її інші проекції.

Із нарисної геометрії відомо, що точка належить поверхні, якщо вона лежить на прямій, що належить поверхні. Враховуючі цю властивість, можемо скласти алгоритм розв'язання основної задачі:

1. Через задану проекцію точки провести однойменну проекцію лінії на поверхні. Бажано щоб ця лінія була простою – пряма або коло.
2. Побудувати другу проекцію цієї лінії за умови, що вона належить поверхні.
3. За допомогою лінії проекційного зв'язку на другій проекції допоміжної лінії побудувати проекцію заданої точки.
4. За двома проекціями заданої точки побудувати третю її проекцію.

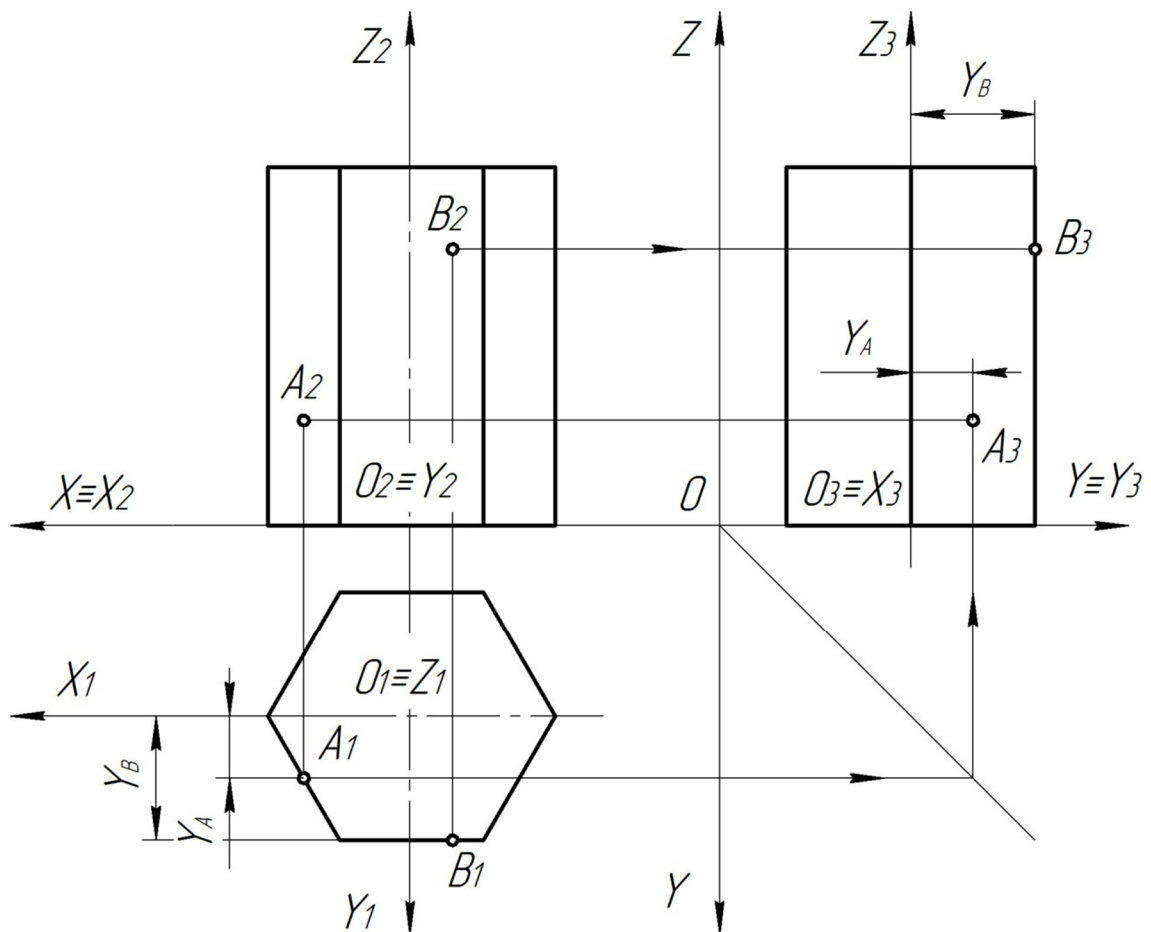


Рис. 165

Розглянемо застосування цього алгоритму на прикладах.

На рисунку 165 задано шестигранну призму, бокові грані та ребра якої перпендикулярні до горизонтальної площини проєкцій. Контур її фронтальної проєкції (вигляд спереду) є прямокутник, а горизонтальної (вигляд зверху) – шестикутник. Сторони шестикутника це вироджені горизонтальні проєкції граней призми, а вершини – ребер призми. Тобто вся бокова поверхня призми зображена на горизонтальній площині проєкцій шестикутником. За двома проєкціями побудована третя, профільна проєкція.

Профільну проєкцію можна побудувати різними способами (див. рис. 165). Для спрощення побудов та підвищення їх точності доцільно ввести додаткову (локальну) координатну систему **OXYZ** пов'язану з основними вимірами фігури, розташовуючи осі та площини координат так, щоб вони співпадали з гранями, осями та площинами симетрії фігури або її елементів.

На рисунку 165 локальна координатна система задана так, що координатна площина **XOZ** співпадає з фронтальною площиною симетрії призми, **YOZ** – з профільною площиною симетрії. Горизонтальні проєкції X_I , Y_I координатних осей співпадають з осями симетрії шестикутника. Задано

відомі фронтальні проекції A_1, B_1 точок A, B , що належать поверхні призми. Горизонтальні їх проекції побудовані за допомогою вертикальних ліній проекційного зв'язку на горизонтальній, виродженій проекції бокової поверхні призми – шестикутника. Вимірюємо на горизонтальній проекції координати Y_A, Y_B і відкладаємо їх на горизонтальних лініях проекційного зв'язку, проведених через задані проекції A_2 та B_2 відповідно. Отримуємо профільні проекції заданих точок – A_3, B_3 .

Введення локальної системи координат дозволяє раціонально розташовувати зображення на форматі креслення, забезпечуючи рівномірні проміжки між зображеннями (виглядами) для нанесення розмірів, написів та ін. Пояснимо це на наступному прикладі.

На рисунку 166 зображено три види шестигранної піраміди. Порядок їх побудови наступний. Спочатку за заданим завданням (розмірами, розташуванням елементів фігури відносно площин проекцій) креслимо вид піраміди зверху. Його контуром буде шестикутник $1_1 2_1 3_1 4_1 5_1 6_1$, осі симетрії якого розташовані горизонтально та вертикально, це буде вид на основу піраміди зверху. Ця основа є горизонтальною (за умовою). Для побудови основи піраміди на виді спереду проводимо горизонтальну пряму на довільній (раціональній) відстані від виду зверху і за допомогою вертикальних ліній проекційного зв'язку (на рисунку не показані) будуємо на ній фронтальні проекції $1_2, 2_2 \equiv 6_2, 3_2 \equiv 5_2, 4_2$ вершин основи піраміди. Побудувавши вершину піраміди (за даними умовами задачі), проводимо проекції ребер піраміди на видах зверху і спереду. Для побудови виду зліва проводимо профільну проекцію осі Z_3 локальної системи координат на довільній (раціональній) відстані від виду спереду. На виді зверху вимірюємо координати, наприклад $Y_{2,3}$, вершин основи і відкладаємо їх на горизонтальній лінії проекційного зв'язку, проведених через фронтальні проекції вершин основи. Оскільки для точок $1, 4, S$ ці координати дорівнюють нулю, то їх профільні проекції розташовуються на вертикальній прямій, що співпадає з проекцією координатної осі Z_3 . З'єднавши профільні проекції вершин основи з проекцією S_3 вершини, отримуємо вид піраміди зліва.

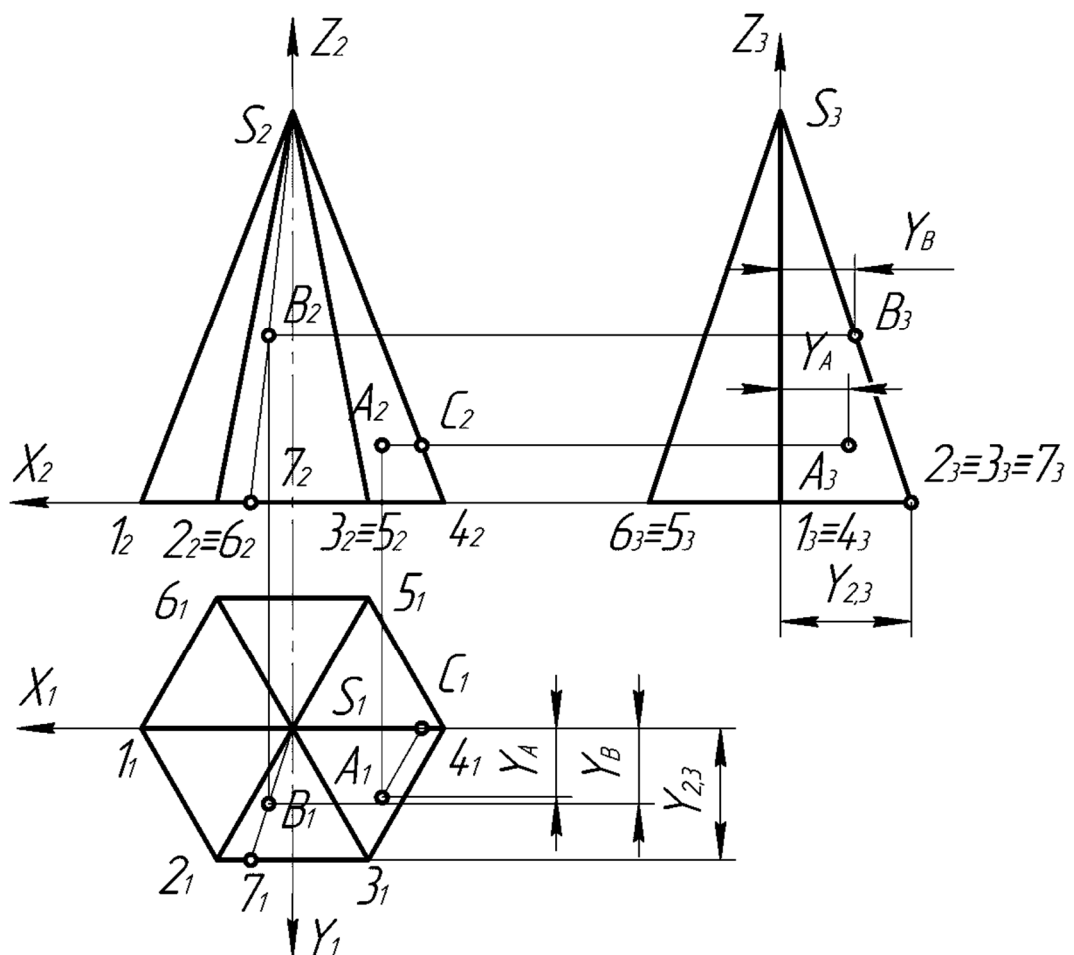


Рис. 166

Нехай на поверхні піраміди задана видима фронтальна проекція A_2 точки A . Побудову двох інших її проекцій виконуємо за алгоритмом:

1. Через задану проекцію A_2 проводимо фронтальну проекцію прямої, наприклад горизонталі грані $S34 - A_2C_2$.
2. Будуємо горизонтальну проекцію горизонталі – вона буде паралельна проекції 3_14_1 .
3. За допомогою лінії проекційного зв'язку будуємо горизонтальну проекцію A_1 точки A .
4. На виді зверху вимірюємо в локальній системі координат координату Y_A і відкладаємо її на горизонтальній лінії проекційного зв'язку, проведеної через проекцію A_2 . Отримуємо профільну проекцію A_2 точки A . Ця проекція на виді зліва буде невидима, бо лежить на невидимій на виді зліва половині піраміди.

На поверхні цієї ж піраміди (див. рис.166) дано горизонтальну проекцію B_1 точки B . Її фронтальна проекція B_2 побудована за допомогою прямої $S7$. Побудова профільної проекції B_3 зрозуміла з рисунка.

На рисунку 167 побудовано три види циліндра обертання, вісь якого вертикальна. Побудова видів та проекції точки A , що належить поверхні циліндра зрозуміла з рисунка.

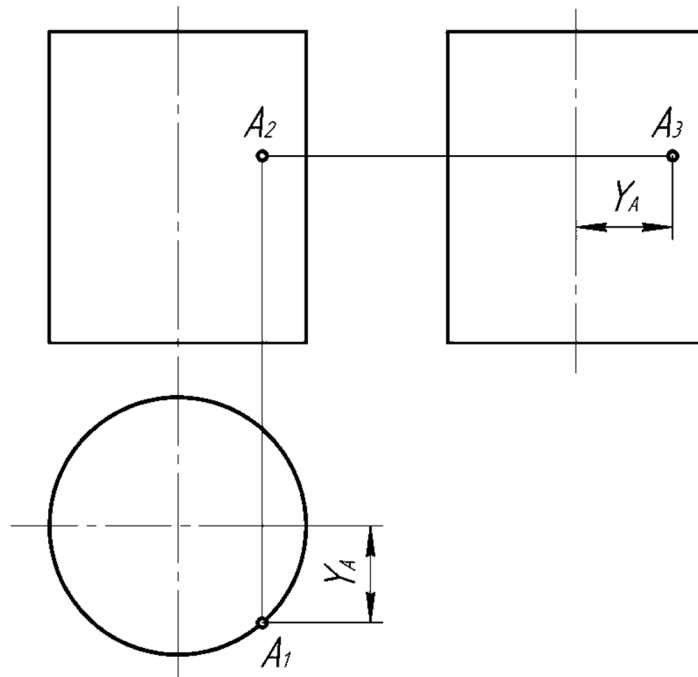


Рис. 167

Побудову точок на поверхні конуса обертання показано на рисунку 168. Тут задано невидиму проекцію (A_2) точки A , що належить поверхні конуса. Через задану проекцію проведена фронтальна проекція кола, яка належить поверхні конуса. Її можна отримати як переріз конуса площиною γ , яка перпендикулярна до осі конуса. Радіус R_A цього кола вимірюємо на виді спереду. Горизонтальною його проекцією буде коло радіусом R_A з центром на проекції S_1 . Через проекцію A_2 проводимо вертикальну лінію проекційного зв'язку до перетину з горизонтальною проекцією допоміжного кола і отримуємо горизонтальну проекцію A_1 точки A . На виді зверху вимірюємо координату Y_A та відкладаємо її на горизонтальній лінії проекційного зв'язку, яка проведена через проекцію A_2 . Отримуємо профільну проекцію A_3 точки A . На цьому ж конусі на виді зверху задано горизонтальну проекцію B_1 точки B , що належить поверхні конуса. Фронтальна проекція B_2 побудована за допомогою твірної SM конуса. Хід побудови цієї проекції показано стрілками.

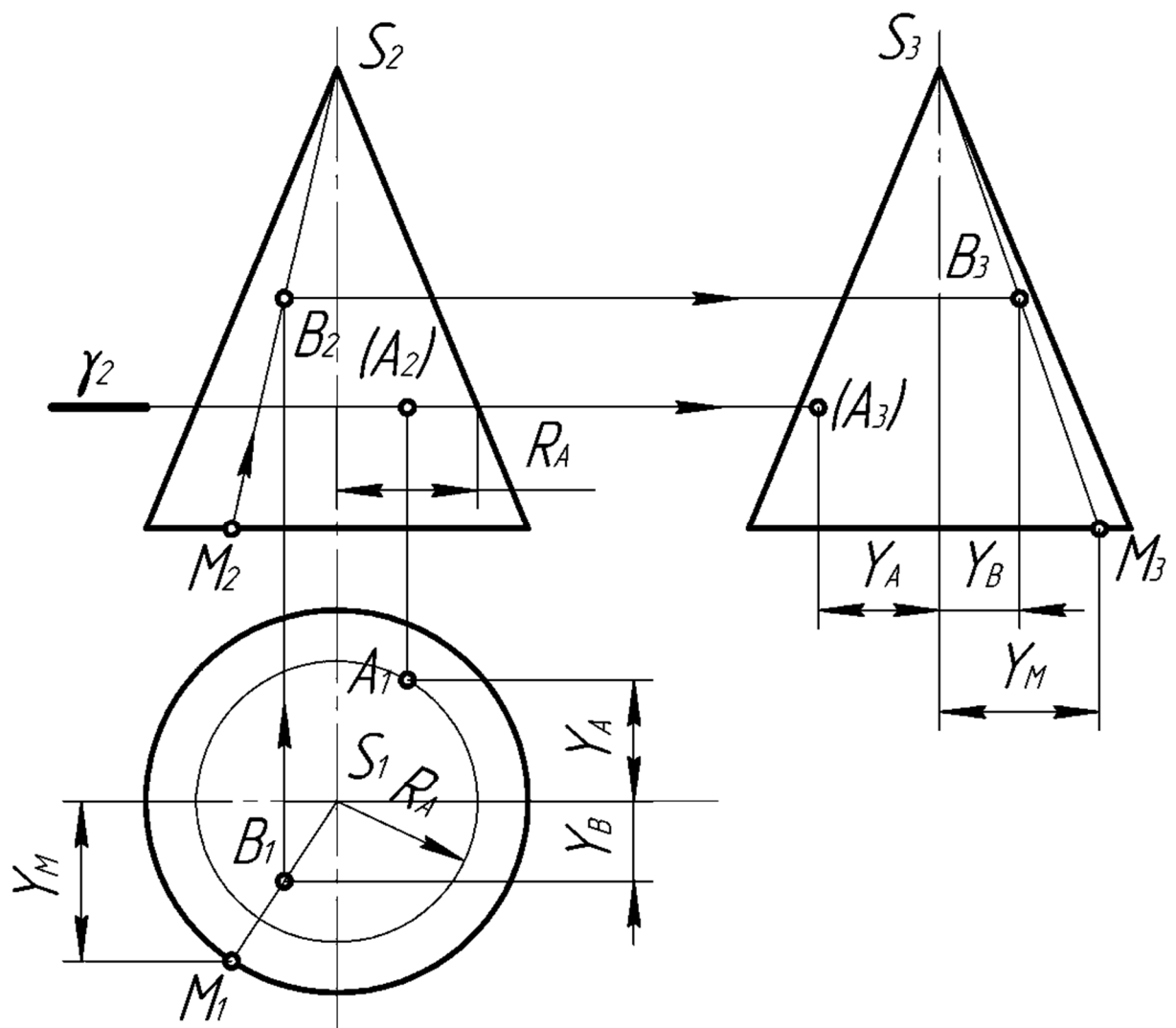


Рис. 168

На рисунку 169 задано три види сфери, фронтальна A_2 та горизонтальна B_1 проєкції точок A і B , що належать сфері. Для побудови інших проєкцій точок використані горизонтальна (γ) та фронтальна (φ) площини. Горизонтальна площина γ перетинає сферу по колу радіусом R_A . Горизонтальна проєкція цього кола – коло радіусом R_A з центром O_1 . На останньому лежить горизонтальна проєкція A_1 точки A . Фронтальна проєкція B_2 точки B побудована за допомогою фронтальної площини φ , яка перетинає сферу по колу радіусом R_B (вимірюємо на виді зверху). На вигляді спереду проводимо коло радіусом R_B із центром O_2 . Побудова профільних проєкцій точок зрозуміла з рисунка.

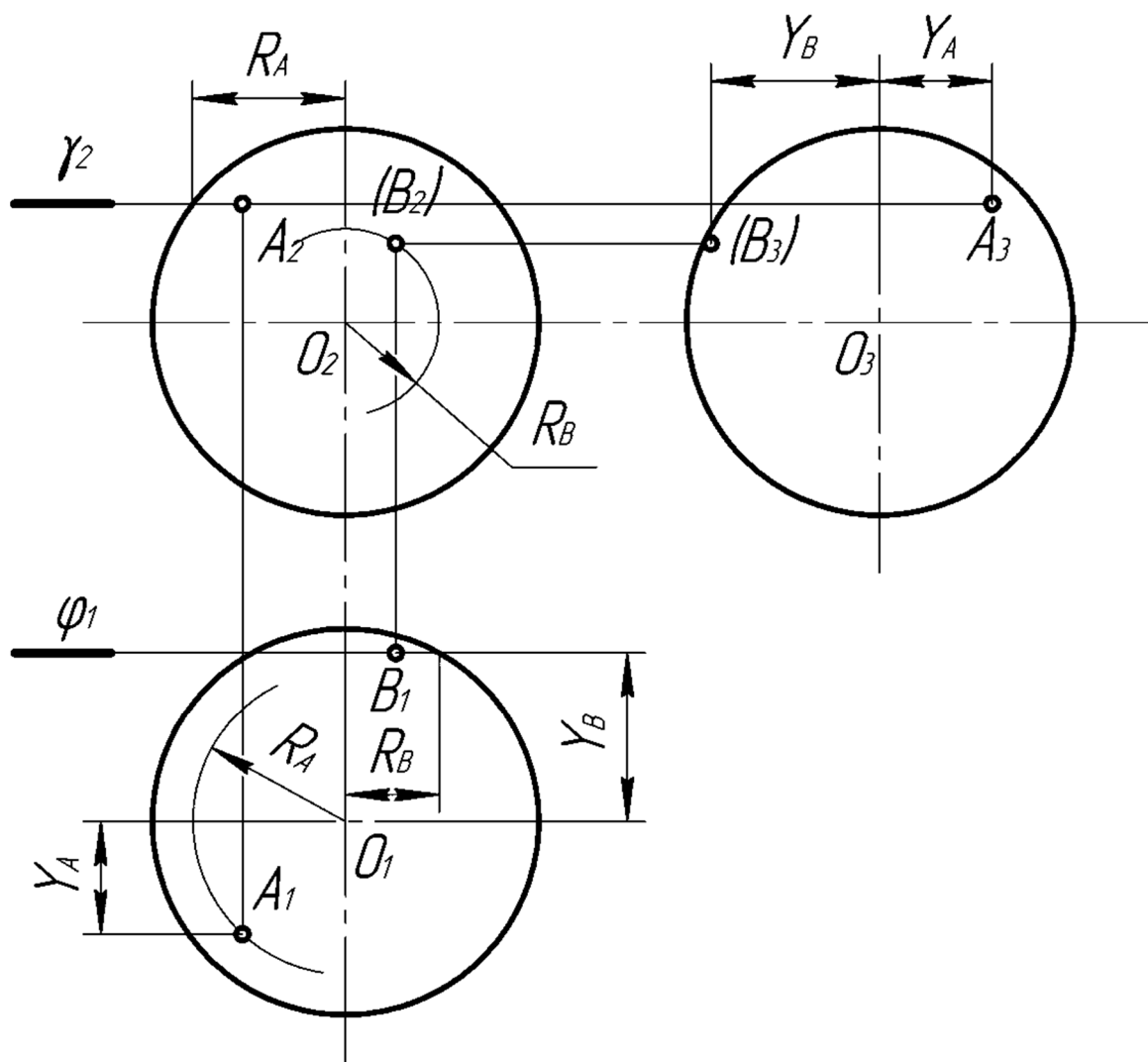


Рис. 169

На рисунку 170 задано половину поверхні обертання, яку називають тором. Вона утворюється обертанням кола навколо осі i (i_1, i_2). Для побудови проєкцій точки A , що лежить на поверхні тора, за заданою горизонтальною проєкцією A_1 проведена допоміжна фронтальна площина φ . Ця площина перпендикулярна до осі обертання і в перерізі тора дає два кола радіусами R_A і R_A' . Фронтальні проєкції цих кіл є теж кола радіусами R_A і R_A' з центром i_2 . Якщо задана горизонтальна проєкція A_1 видима, то її фронтальна проєкція лежить на колі радіусом R_A . Якби за умовою задачі A_1 була невидимою, то її фронтальна проєкція лежала б на колі радіусом R_A' . Профільна проєкція A_3 точки A побудована аналогічно попереднім прикладам.

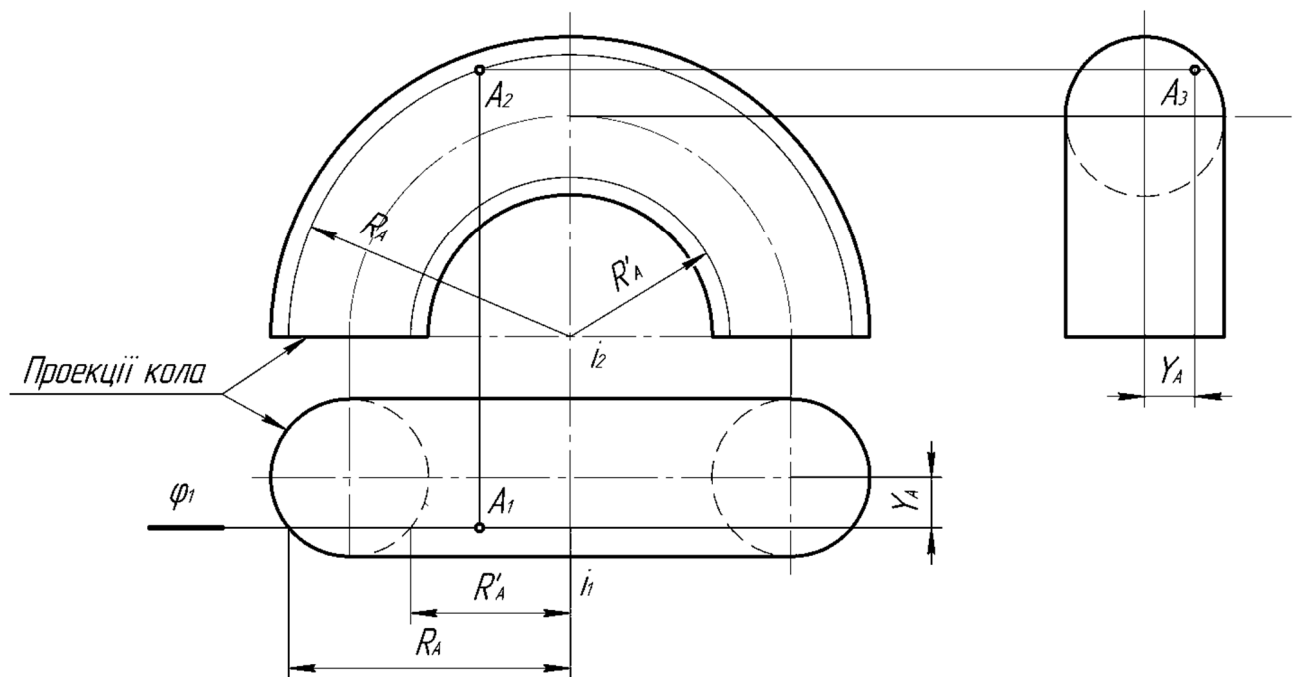


Рис. 170

Побудова винесеного перерізу фігури похилою площиною

На технічних рисунках часто зустрічаються деталі, для виявлення внутрішніх конфігурацій яких необхідно виконувати перерізи та розрізи. При визначенні натуральних видів перерізів використовують спосіб заміни площин проекцій, який розглядається в нарисній геометрії. Нижче наведено ряд задач на побудову видів, розрізів і перерізів, розв'язання яких допоможуть студентам при виконанні індивідуальних завдань.

Форма будь-якого предмета (деталі) утворюється як комбінація простих поверхонь. Тому розглянемо на ряді прикладів побудову винесеного перерізу для найпростіших фігур.

На рисунку 171 задано два види прямої тригранної призми, яка перерізається площиною $A-A$. Перерізом призми цією площиною є трикутник 123 . Задамо локальну систему координат (дивись попередній розділ). На рисунку показано тільки горизонтальні проекції X_1 , Y_1 осей X , Y . Для спрощення побудов Y_1 проведена так, що вона співпадає з горизонтальною проекцією 1_12_1 сторони 12 перерізу.

На будь-якому місці рисунка проводимо нову проекцію осі X_4 паралельно січній площині. Вимірюємо на виді зверху координати Y_2 , Y_3 вершин перерізу і відкладаємо їх на новій проекції X_4 , Y_4 системи координат. Отримуємо натуральну величину перерізу.

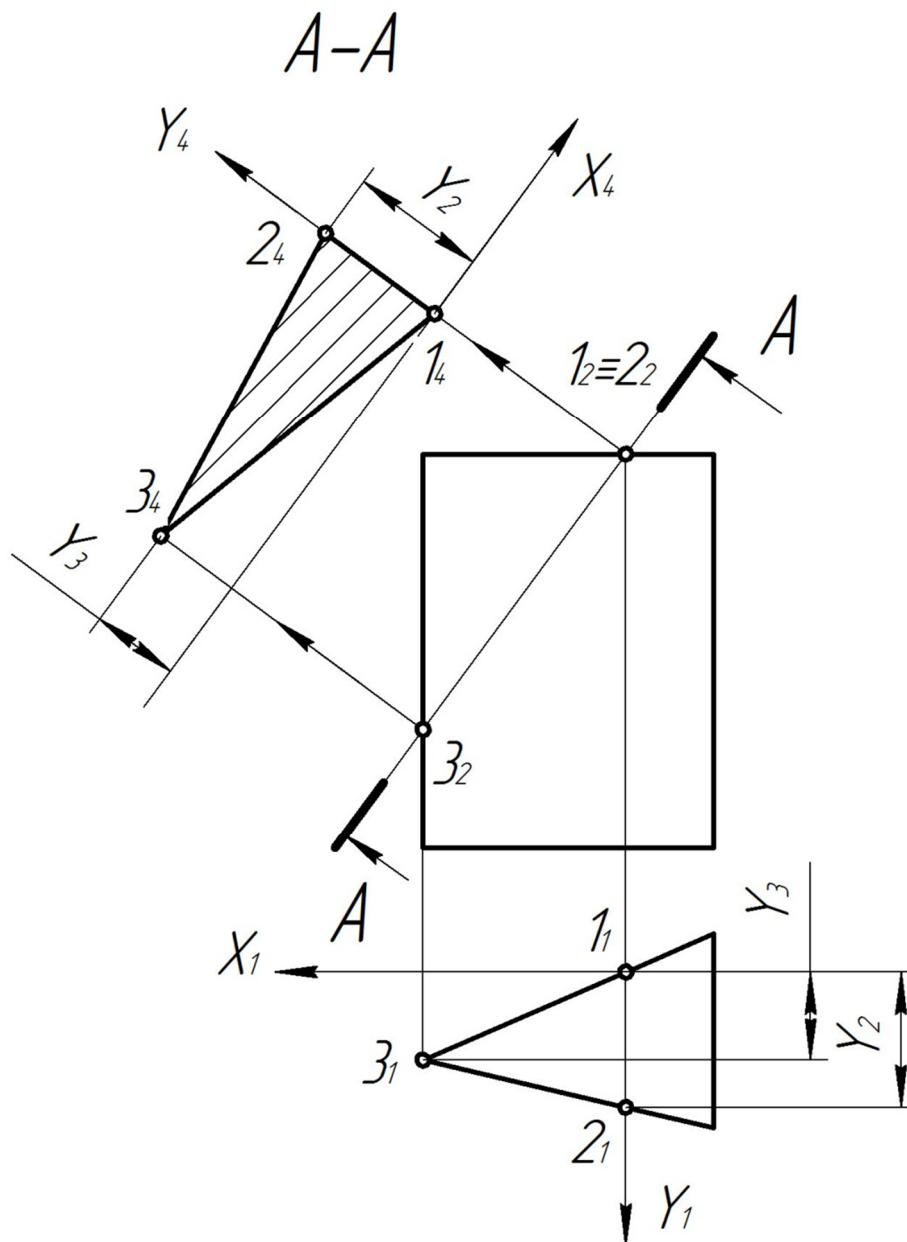


Рис. 171

На рисунку 172 задано трихгранну піраміду перерізану площиною $A-A$. Фігурою перерізу є чотирикутник 1234 . Локальна система координат на виді зверху задана проекціями X_1, Y_1 осей X, Y . Будуємо нові проекції X_4, Y_4 цих осей. Проекцію X_4 обов'язково треба провести паралельно до січної площини. Вимірюємо координати Y вершин перерізу на виді зверху та відкладаємо їх на відповідних лініях проекційного зв'язку проведених перпендикулярно лінії перерізу $A-A$. З'єднуючи нові проекції вершин перерізу, отримуємо його натуральну величину.

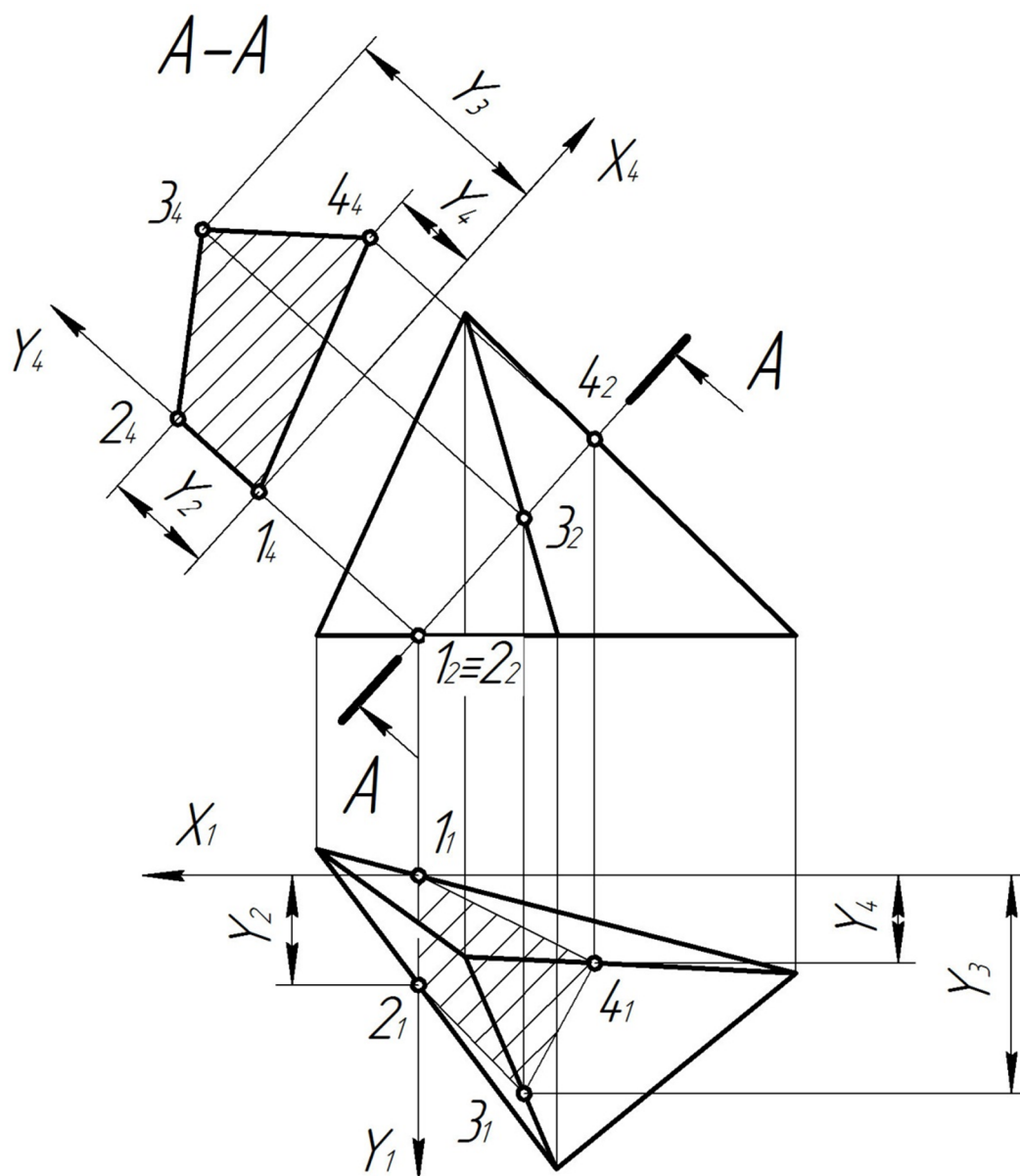


Рис. 172

На рисунку 173 показано побудову натуральної величини перерізу циліндра обертання. Циліндрична поверхня перетинається площиною $A-A$ по еліпсу, фронтальна проекція якого співпадає з лінією перерізу $A-A$, а горизонтальна – з колом, що є горизонтальною проекцією бокової поверхні циліндра. На фронтальній проекції призначають множину проекцій точок, таких наприклад, як проекції $3_2 \equiv 4_2$ і будують їх горизонтальні проекції 3_1 , 4_1 . Задають локальну систему координат. На виді зверху показано проекції осей X_1 , Y_1 і накреслено нові їх проекції X_4 , Y_4 . Вимірюють координати Y точок еліпса на виді зверху та відкладають їх на відповідних лініях проекційного зв'язку проведених через фронтальні проекції точок еліпса так, як це показано для точок 3 і 4 . Оскільки січна площина перерізає основи циліндра, то натуральна величина буде представляти частину еліпса.

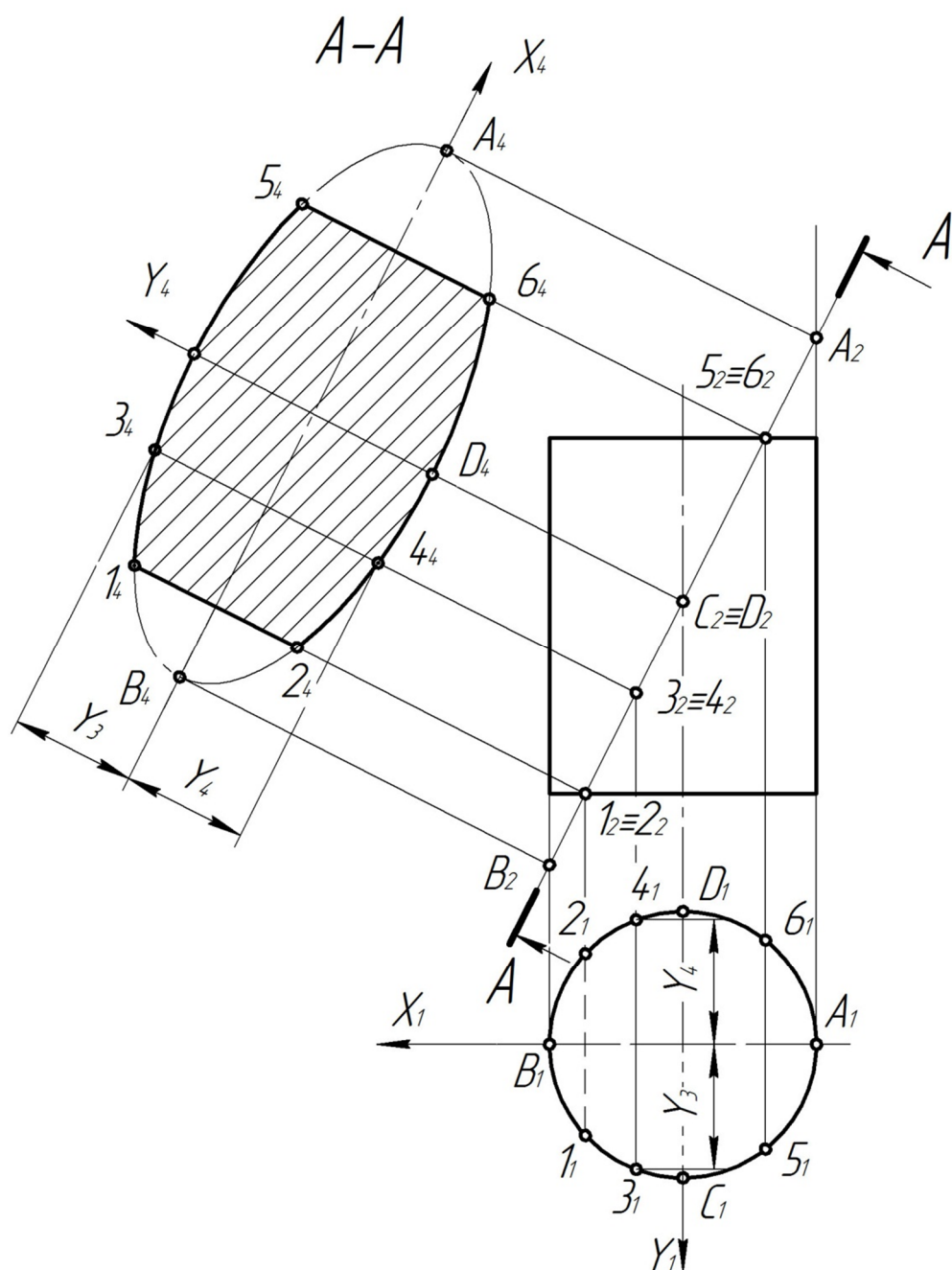


Рис. 173

На рисунку 174 побудовано натуральну величину перерізу конуса обертання площиною $A-A$. В цьому прикладі січна площина перерізає бокову поверхню конуса по еліпсу, а оскільки вона перерізає основу конуса, то перерізом буде еліптичний сегмент. Побудову точок еліпса розглянемо на прикладі точок $1, 2$. Їх фронтальні проекції $1_2 \equiv 2_2$ призначено довільно, а горизонтальні будуються з використанням допоміжної горизонтальної площини γ . Будуємо на вигляді зверху коло радіусом R_1 , по якому січна площина перерізає поверхню конуса. Величину радіуса R_1 вимірюють на виді спереду. Їх горизонтальні проекції 1_1 і 2_1 лежать на горизонтальній проекції кола радіусом R_1 .

Далі, як і в попередніх прикладах, призначається локальна система координат на виді зверху (X_1, Y_1), будується її нова проекція X_4, Y_4 , вимірюються координати Y_1 і Y_2 на виді зверху, які відкладаються на новій лінії проекційного зв'язку проведеній через проекції $1_2 \equiv 2_2$ перпендикулярно до лінії перерізу, від осі X_4 . Побудовані проекції $1_4, 2_4$ належать контуру натурального виду перерізу – еліпсу. Зрозуміло, що для того, щоб провести плавну лекальну криву, треба побудувати достатню кількість точок, аналогічно тому, як це робилось з точками $1, 2$, щоб «побачити» та обвести криву.

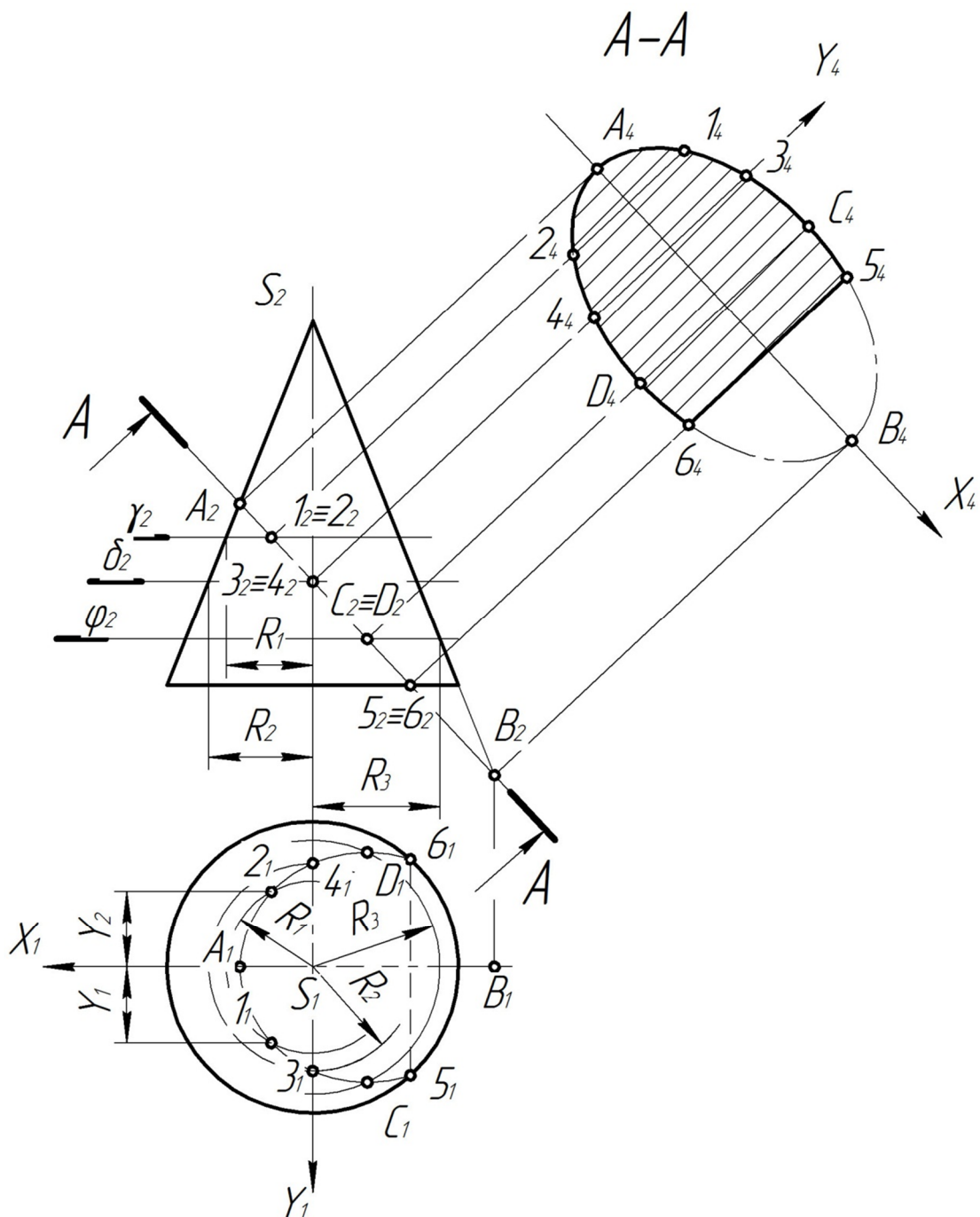


Рис. 174

АксонOMETричні проєкції

Загальні відомості.

Стандартом ГОСТ 2.317-69 (СТ РЕВ 1979-79) рекомендується застосовувати п'ять видів аксонометричних зображень: прямокутні ізометрія (рис. 175) і діаметрія (рис. 176), а також косокутні проєкції, які менш наочні, проте зручніші для зображення предметів з колами в одній з площин (рис. 177).

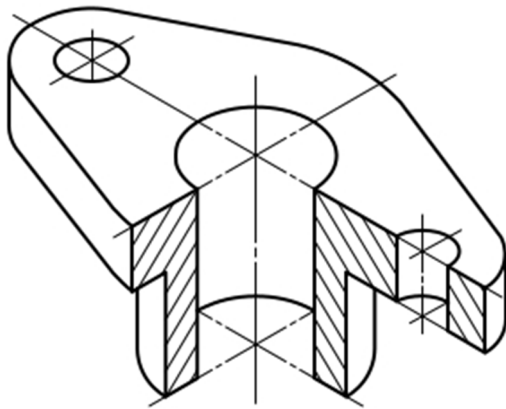


Рис. 175

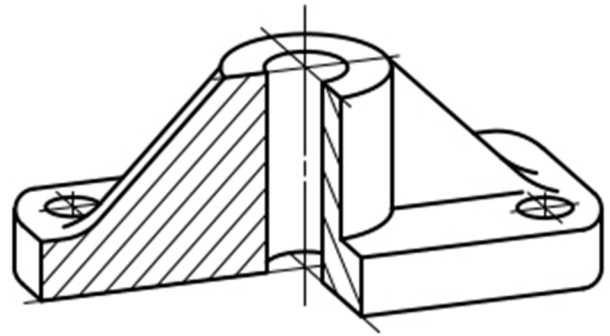


Рис. 176

Побудову аксонометрії кола (тобто еліпса) можна виконати, описавши навколо нього квадрат, який в ізометрії зображується ромбом. Зручніше будувати еліпси по їх осях (великої і малої). У прямокутній ізометрії і діаметрії велика вісь еліпса перпендикулярна до однієї з аксонометричних осей.

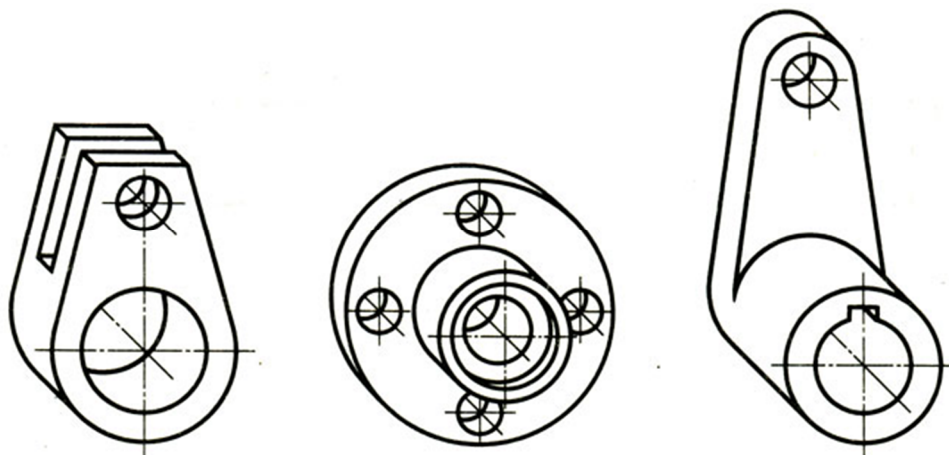


Рис. 177

Приймаючи до виконання аксонометричної проєкції деталі, потрібно з'ясувати, з яких елементарних геометричних тіл складається деталь

(циліндр, конус, куб та ін.). Зобразити їх ескізно (на "чернетці") в дрібному масштабі без конструктивних особливостей. Такий прийом значно полегшує процес подальшого виконання рисунка і дозволяє вибрати таке зображення, яке має більшу наочність. Після зображення всієї деталі необхідно виконати розріз, який показує її внутрішній устрій. Напрямок "штрихування" в перетинах визначається діагоналями квадратів, побудованих в аксонометричних площинах.

Аксонометричні прямокутні проекції.

Розташування аксонометричних осей прямокутної ізометричної проекції показано на рисунку 178.

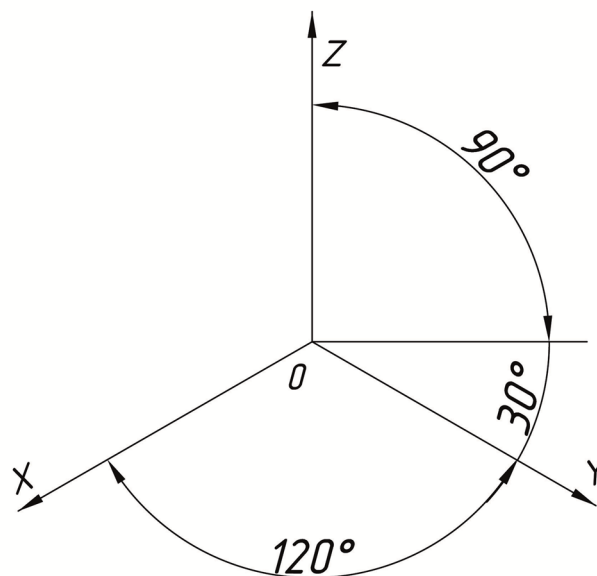


Рис. 178

Коефіцієнт спотворення по осях X , Y , Z дорівнює 0.82. Ізометричну проекцію для спрощення, як правило виконують без спотворення по осях X , Y , Z , тобто прийнявши коефіцієнт спотворення рівним 1.

Кола, що лежать в площинах, паралельних площинам проекцій, проектуються на аксонометричну площину проекцій в еліпси (рис.179). Якщо аксонометричну проекцію виконують без спотворення по осях X , Y , Z , то велика вісь еліпсів 1, 2, 3 (рис.179) дорівнює 1,22, а мала вісь – 0.71 діаметра кола.

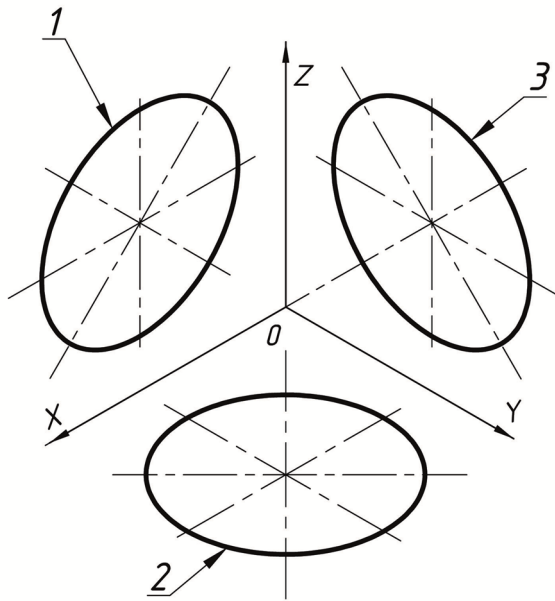


Рис. 179

Приклад ізометричної проекції деталі наведено на рисунку 175.

Діметрична прямокутна проекція.

Положення аксонометричних осей наведено на рисунку 180. Коефіцієнт спотворення по осі Y дорівнює 0.47, а по осях X і Z – 0.94.

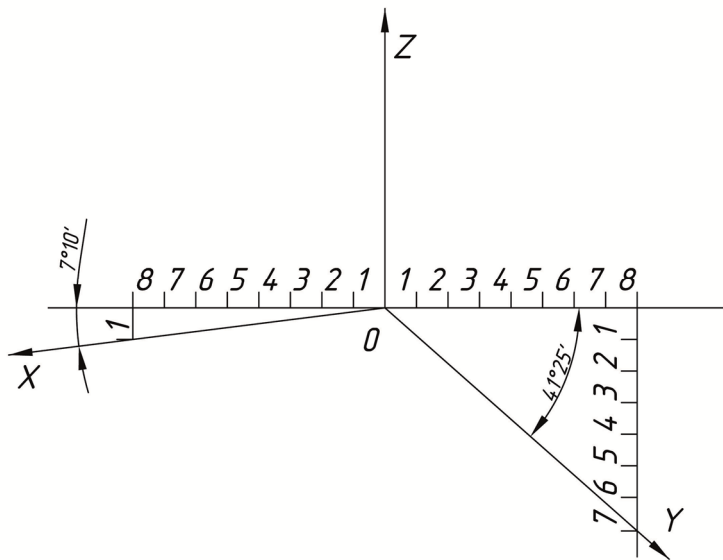


Рис. 180

Діметричні проекції, як правило, виконують без спотворення по осях X і Z та з коефіцієнтом спотворення 0,5 по осі Y .

Кола, що лежать в площинах, паралельних площинам проекцій, проектуються на аксонометричні площини проекцій в еліпси (рис. 181).

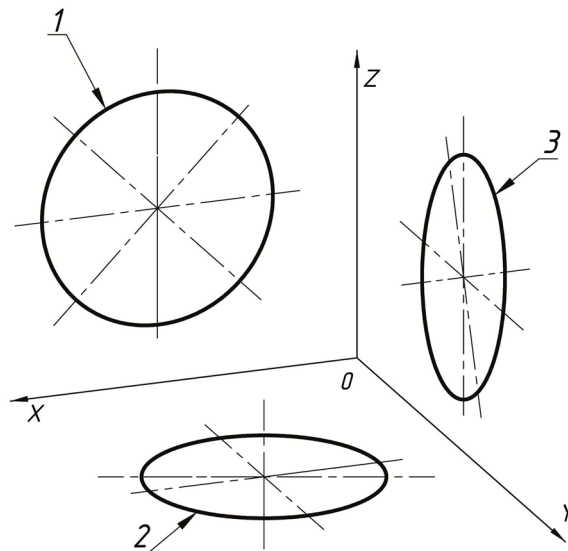


Рис. 181

Якщо діаметричну проекцію виконують без спотворення по осях X і Z то велика вісь еліпсів 1, 2, 3 (див. рис. 181) дорівнює 1,06 діаметра кола, а мала вісь еліпса 1 – 0.95, еліпсів 2 і 3 – 0.35 діаметра кола.

Приклад діаметричної проекції деталі наведено на рисунку 176.

Умовності і нанесення розмірів.

Лінії штрихування перерізів в аксонометричних проекціях наносять паралельно одній з діагоналей проекцій квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 182).

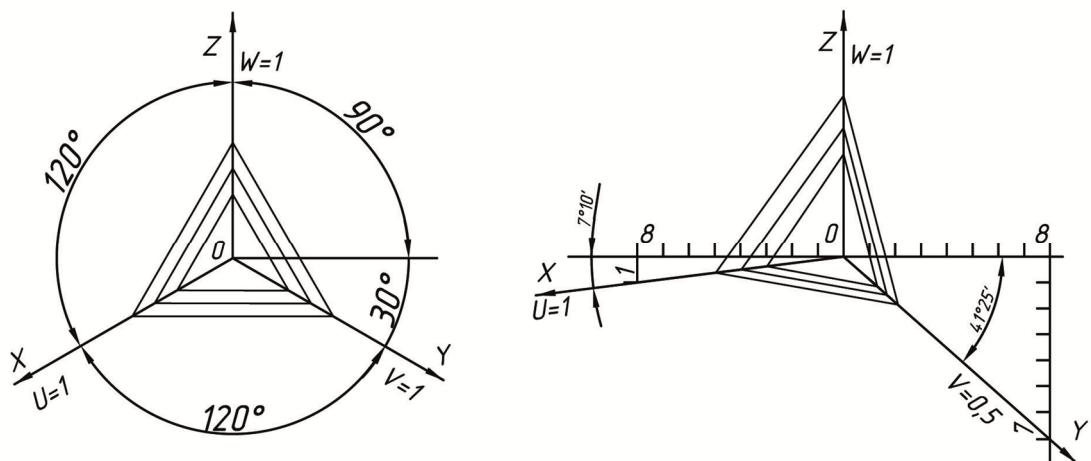


Рис. 182

При нанесенні розмірів виносні лінії проводяться паралельно аксонометричним осям, розмірні лінії – паралельно вимірюваному відрізку (рис. 183).

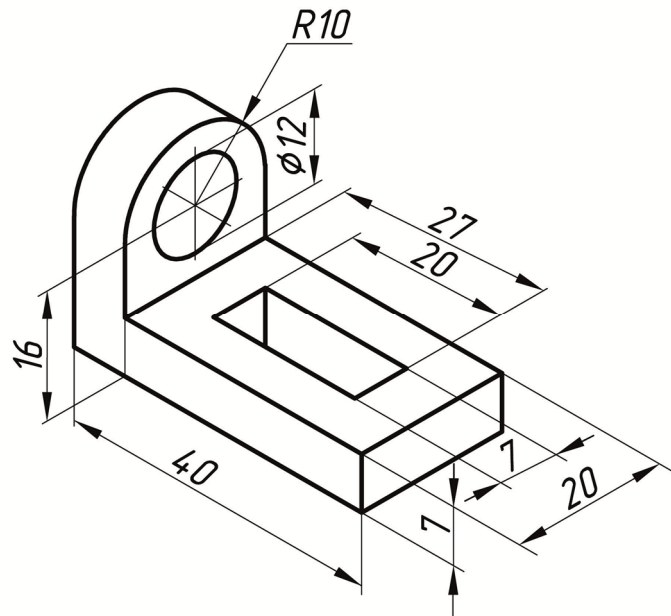


Рис. 183

У розрізах на аксонометричних проекціях спиці маховиків і шківів, ребра жорсткості і подібні елементи штрихують (див. рис. 176).

При виконанні в аксонометричних проекціях зубчастих коліс, рейок, черв'яків і подібних елементів допускається застосовувати умовності по ГОСТ 2.402-68.

В аксонометричних проекціях різьбу зображують по ГОСТ 2.311-68.

Допускається зображати профіль різьби повністю або частково, як показано на рисунку 184.

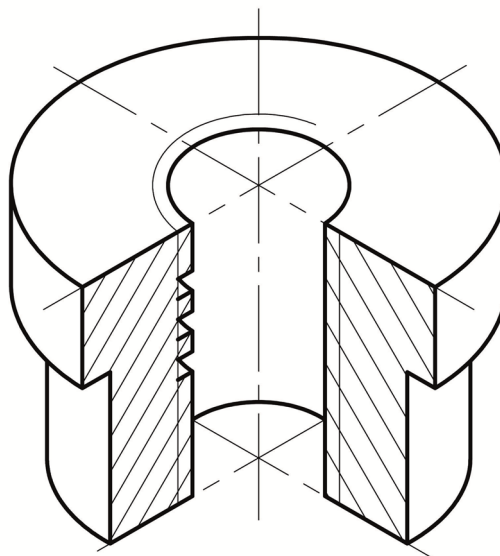


Рис. 184

В необхідних випадках допускається застосовувати інші теоретично обґрунтовані аксонометричні проекції.

Побудова кола в ізометрії.

Існує кілька способів побудови кола в ізометрії. На практиці еліпс замінюють близьким до нього овалом.

Спосіб 1.

1. Будують ромб зі стороною, що дорівнює діаметру кола (рис. 185). Для цього через точку O проводять ізометричні осі x та y і на них з точки 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 цього радіусом $B=A d=A c=B a=B b$ з вершин, що лежать навпроти великої діагоналі до середини протилежної сторони, описують дуги (рис. 185а).
3. З вершин, що лежать навпроти великої діагоналі A, B проводять відрізки до середини протилежної сторони. На перетині цих відрізків і великої діагоналі утворились точки C і D . Далі проводять малі дуги радіусом $R_1=C a=C d=D b=D c$ (рис. 185б).

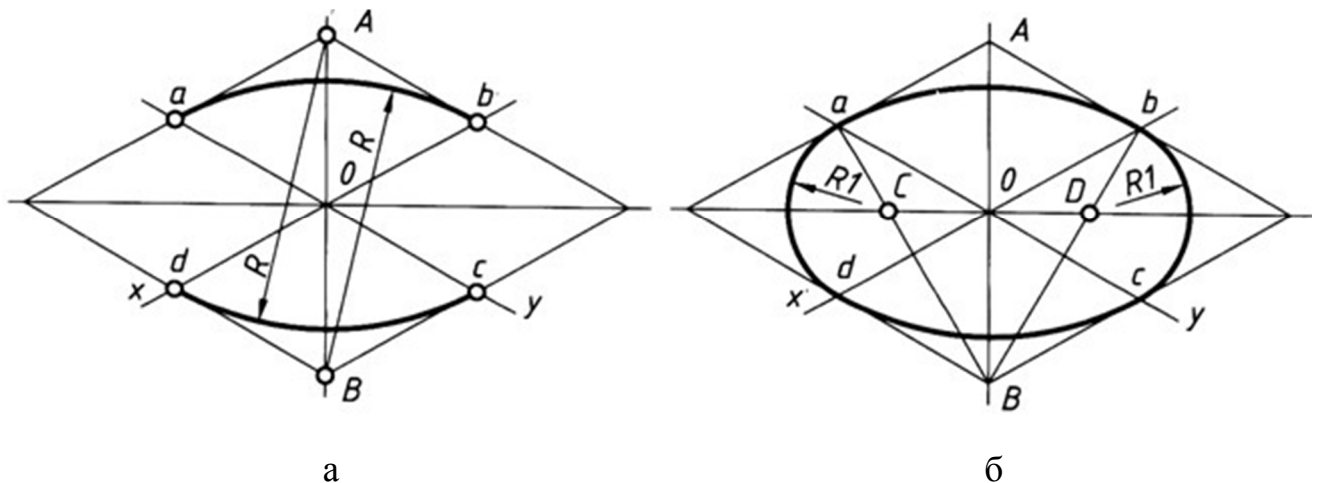


Рис. 185

Спосіб 2.

1. Будують допоміжне коло радіусом, що відповідає натуральній величині заданого кола $R_{\text{кола}}$, та позначають точки O_1 та O_2 на осі Z – центри великих дуг еліпса, та точку I – на перетині кола з віссю Y (рис. 186).

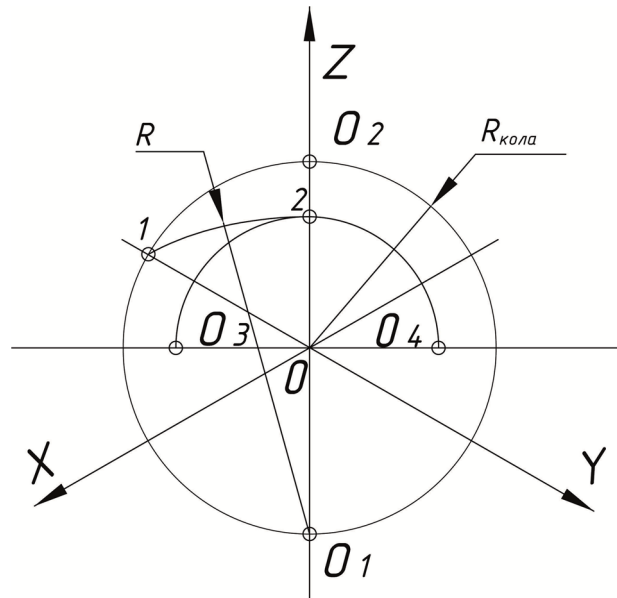


Рис. 186

2. З точки 1 до точки 2 будують дугу кола радіусом R . Ставлять ніжку циркуля в точку O , та побудувавши дугу радіусом $O-2$, позначають точки O_3 та O_4 – центри малих дуг еліпса (див. рис. 186).
3. Проводять чотири промені з точок O_1 та O_2 через точки O_3 та O_4 (рис. 187).

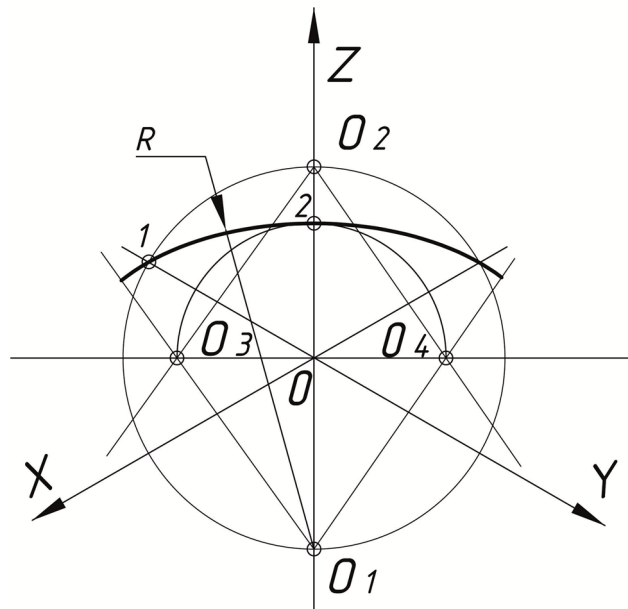


Рис. 187

4. З точок O_1 та O_2 будують великі дуги еліпса радіусом R , що обмежуються точками $3-4$ та $5-6$ (див. рис. 187).
5. Закінчують побудову еліпса малими дугами радіусом r , з точки O_3 від 3 до 5 , та з точки O_4 від 4 до 6 (рис. 188).

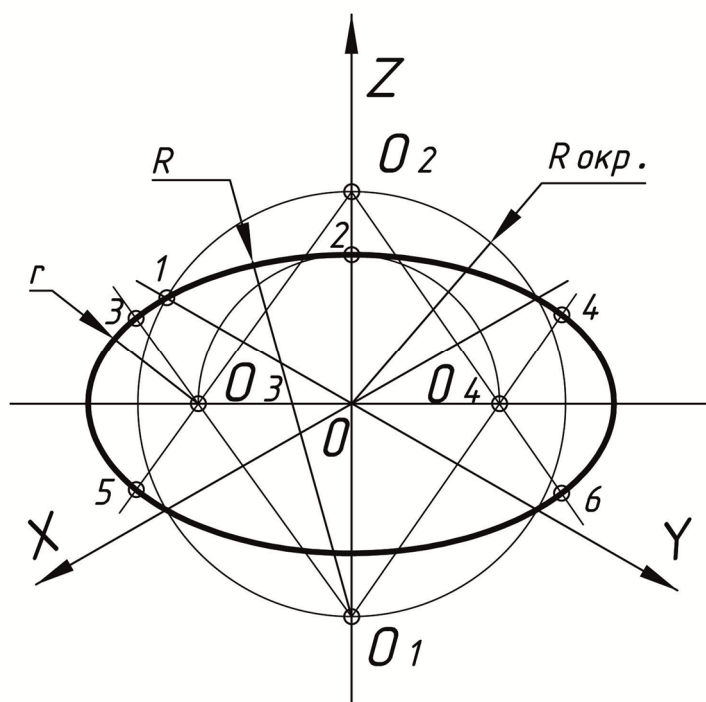


Рис. 188

Побудова кола в діаметрії.

1. Для побудови еліпса, що відповідає в прямокутній діаметрії колу радіусом $R_{\text{кола}}$, проводять осі та горизонтальну лінію (рис. 189). З точки O , як з центра, проводять окружність заданого радіусу $R_{\text{кола}}$ та визначають точки 1 і 3 перетину з віссю X . На осі Z відкладають від O в обидва боки відстані, рівні $2R_{\text{кола}}$. Позначають центри O_1 і O_2 для великих дуг еліпса.

2. З'єднують прямими лініями точки O_1 і 1 та O_2 і 3 . На перетині з великою віссю еліпса позначають точки O_3 і O_4 (центри малих дуг еліпса).

3. Будують точки симетричні точкам 1 і 3 відносно горизонтальної лінії, що проходить через точку O (точки 4 і 2).

4. Проводять з центрів O_1 та O_2 дуги радіусами O_1D і O_2C від точок 1 і 2 та 3 і 4 відповідно.

5. Для замикання еліпса з'єднують радіусом r з центрів O_3 і O_4 точки 1 та 4 і 2 та 3 .

В результаті одержують еліпс з величиною малої осі $CD = 0,35d$ і великої осі $AB = 1,06d$.

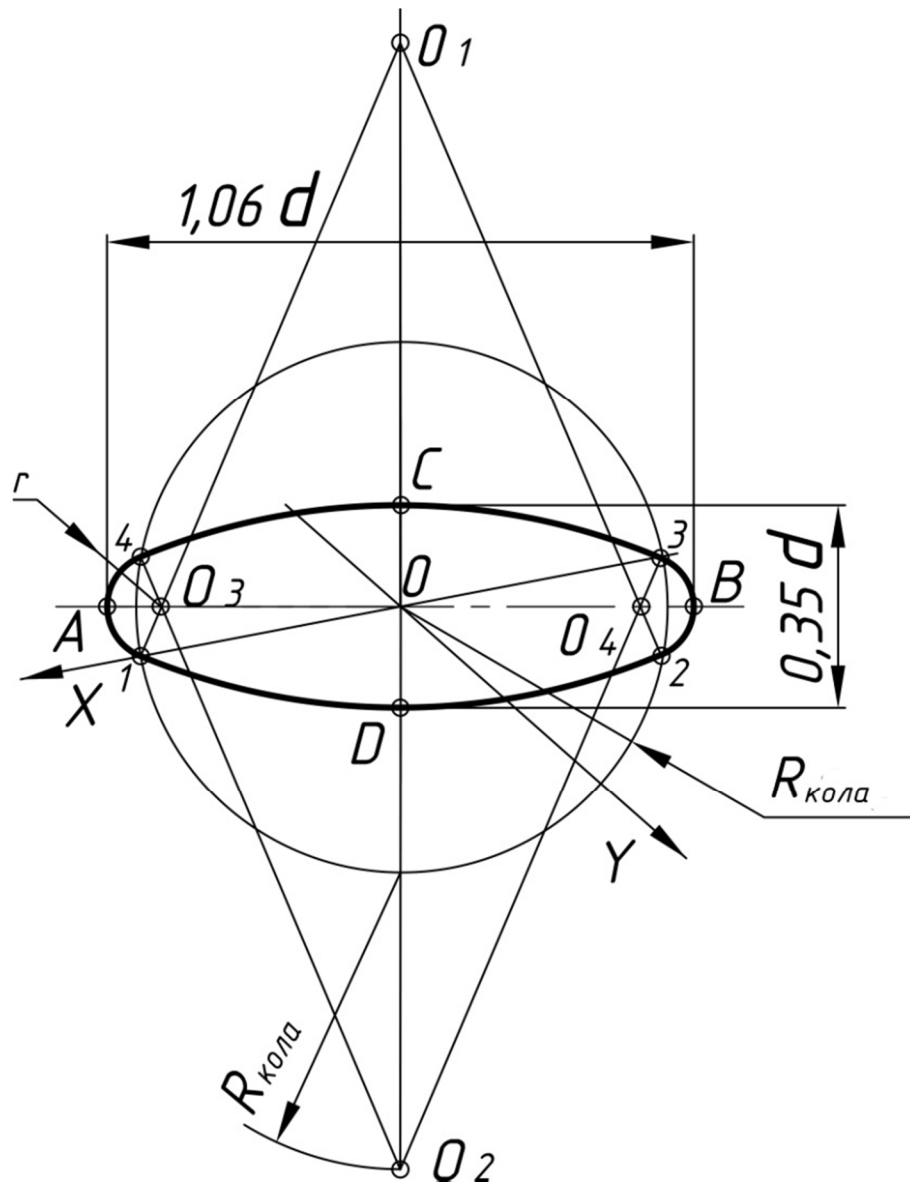


Рис. 189

Побудова аксонометричної проекції правильного шестикутника.

По осі x вправо і вліво від точки O (рис. 190) відкладають відрізки, рівні сторонам шестикутника x_1 (точки 1 і 4). По осі y симетрично точці O відкладають відрізки y_3 , рівні половині відстані між протилежними сторонами шестикутника (для фронтальної діаметричної проекції ці відрізки зменшують удвічі). Від точок M і N , отриманих на осі y , проводять вправо і вліво паралельно осі x відрізки, рівні половині сторони шестикутника x_5 (точки $2, 3, 5$ і 6). Отримані точки з'єднують відрізками прямих.

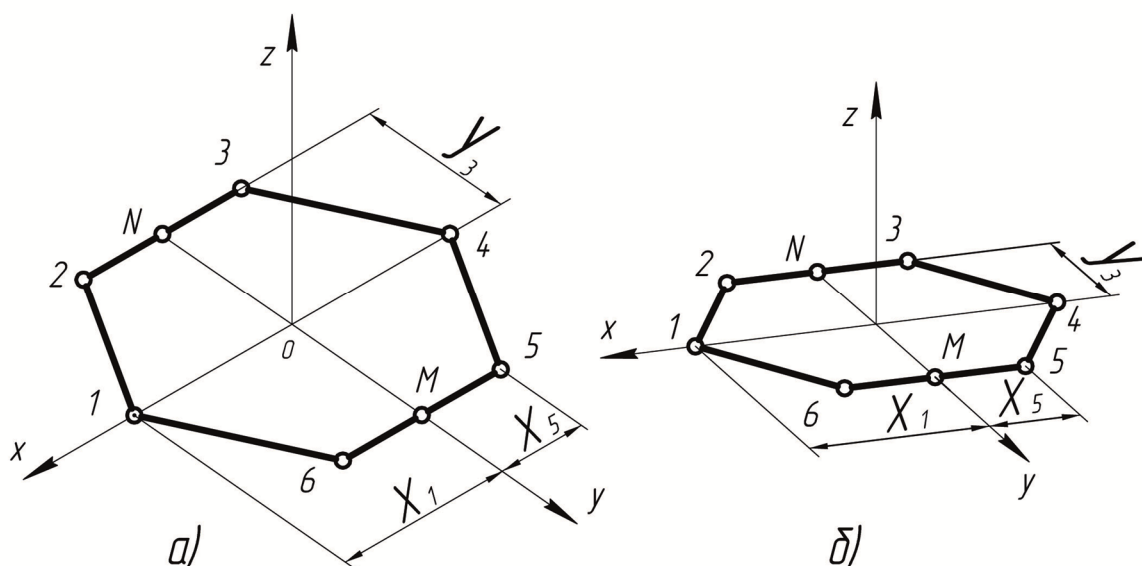


Рис. 190

Порядок виконання аксонометричних проєкцій.

В більшості випадків деталь слід креслити в прямокутній ізометричній або прямокутній діаметричній проєкції. Вибір проєкцій залежить від форми зображуваної деталі. Найпростіше будувати деталь в ізометричній проєкції, так як спотворення по всіх трьох осях в ізометрії однакові, але якщо деталь містить форму чотирикутної призми або має чотирикутний отвір, то цей елемент буде в ізометрії не наочний, тому для таких деталей краще вибрати прямокутну діаметричну проєкцію (рис. 191).

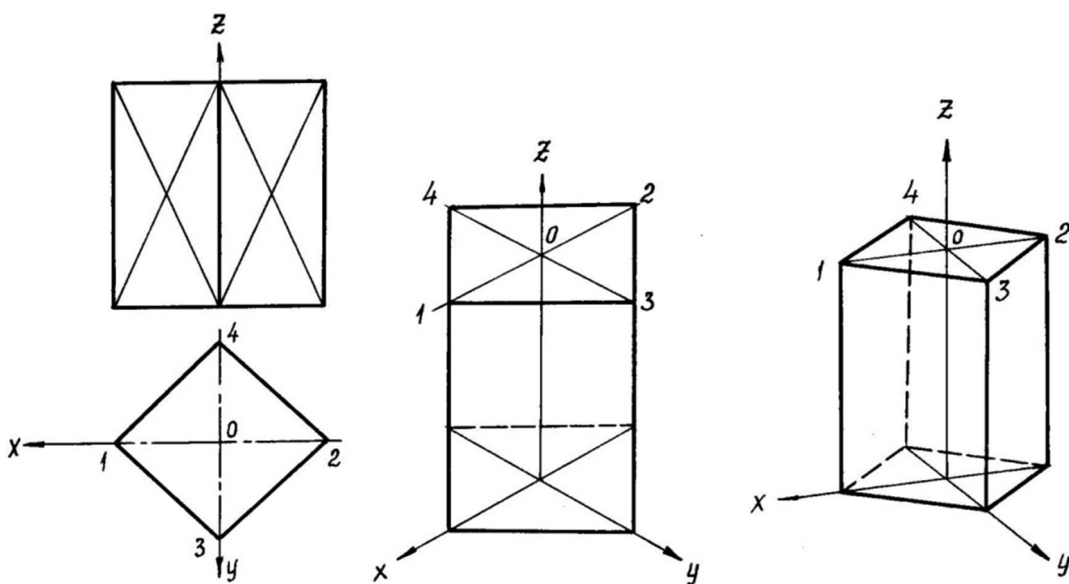


Рис. 191

Слід підкреслити, що при всіх інших рівноцінних умовах діаметричні проєкції сприймаються більш природно, ніж ізометричні. Однак побудова діаметричних проєкцій більш трудомістка.

Побудову аксонометричних проєкцій починають з проведення аксонометричних осей (див. рис. 172 і 174).

Осі ізометричної проєкції X і Y розташовані під кутом 30° до горизонтальної лінії (кут 120° між осями). Побудову осей зручно проводити за допомогою кутника з кутами 30° , 60° і 90° .

При побудові діаметрії по осях X і Z (і паралельно їм) відкладають справжні розміри; по осі Y (і паралельно їй) розміри скорочують в 2 рази, звідси і назва "діаметрія", що в перекладі з грецької мови означає "подвійний вимір".

При побудові ізометричної проєкції по осях X , Y , Z і паралельно їм відкладають справжні розміри предмета, звідси і назва "ізометрія", що в перекладі з грецької мови означає "рівні виміри".

Розв'язання типових задач проєкційного креслення

Розглянемо приклади виконання завдань.

Задача 1. За наочним зображенням (рис. 192) побудувати три види деталі і виконати необхідні розрізи.

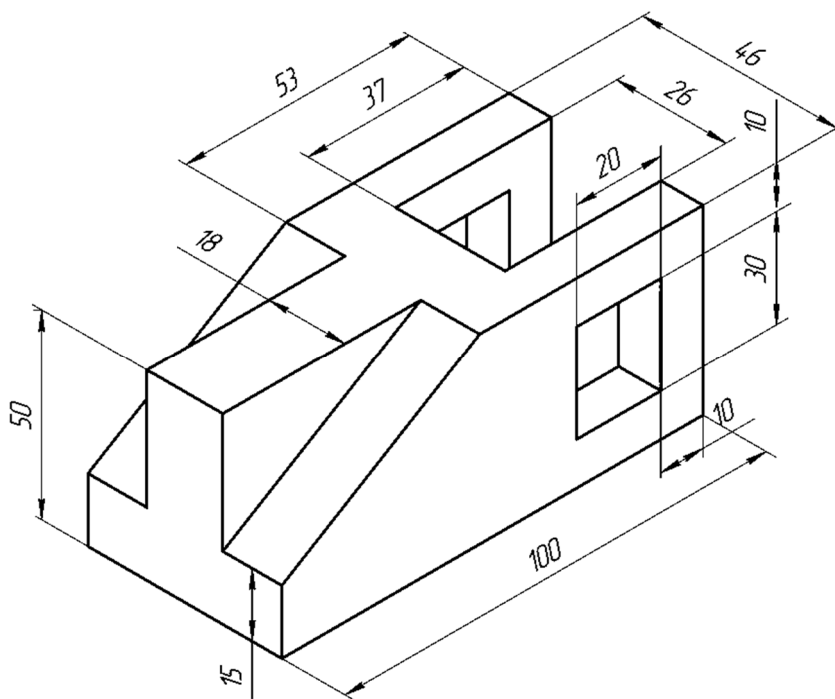


Рис. 192

Порядок виконання:

1. Розглянути наочне зображення заданої фігури та встановити які поверхні її обмежують.
2. Визначити головний вид заданої фігури і по габаритним розмірам положення кожного з трьох видів на форматі, враховуючі проекційний зв'язок та розміри, які необхідно буде нанести (рис. 193).

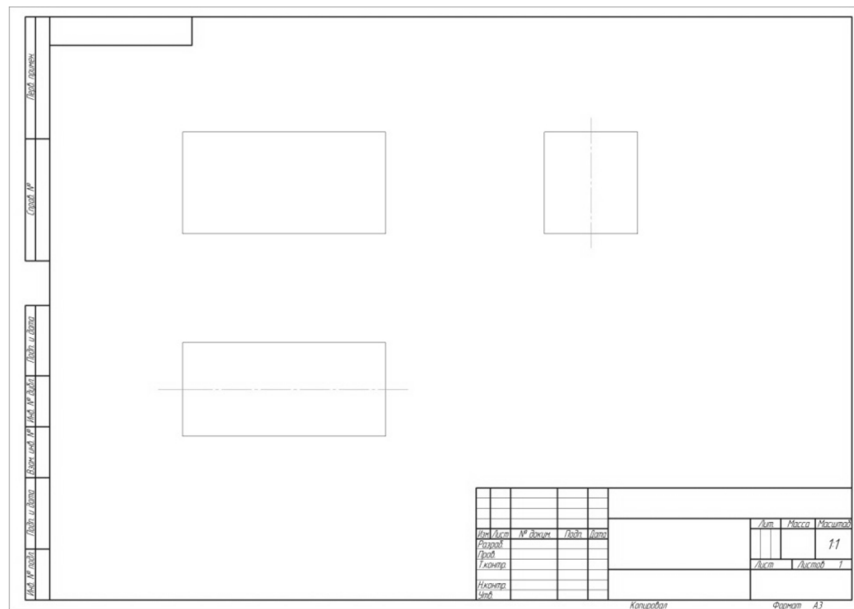


Рис. 193

3. За заданими розмірами побудувати три види заданої фігури з лініями невидимого контуру (рис. 194).

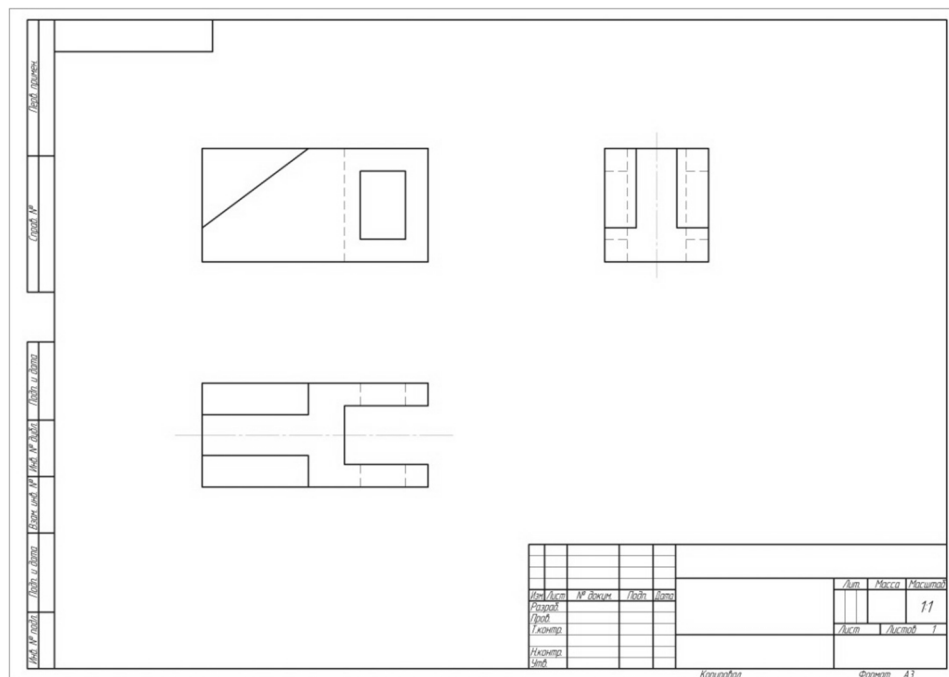


Рис. 194

4. Виконати розрізи. Для даної фігури достатньо виконати два місцевих (горизонтальний та фронтальний) розрізи (рис. 195).

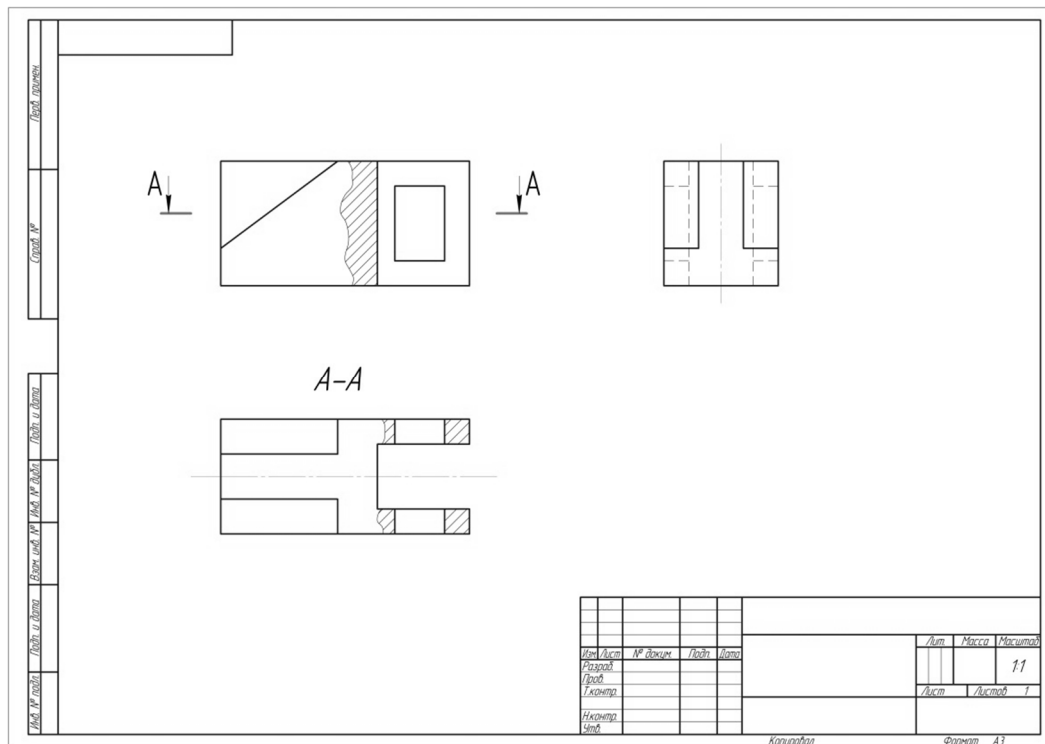


Рис. 195

5. Нанести розміри (рис. 196) користуючись ГОСТ 2.307-68 (дивись розділ **Нанесення розмірів**).

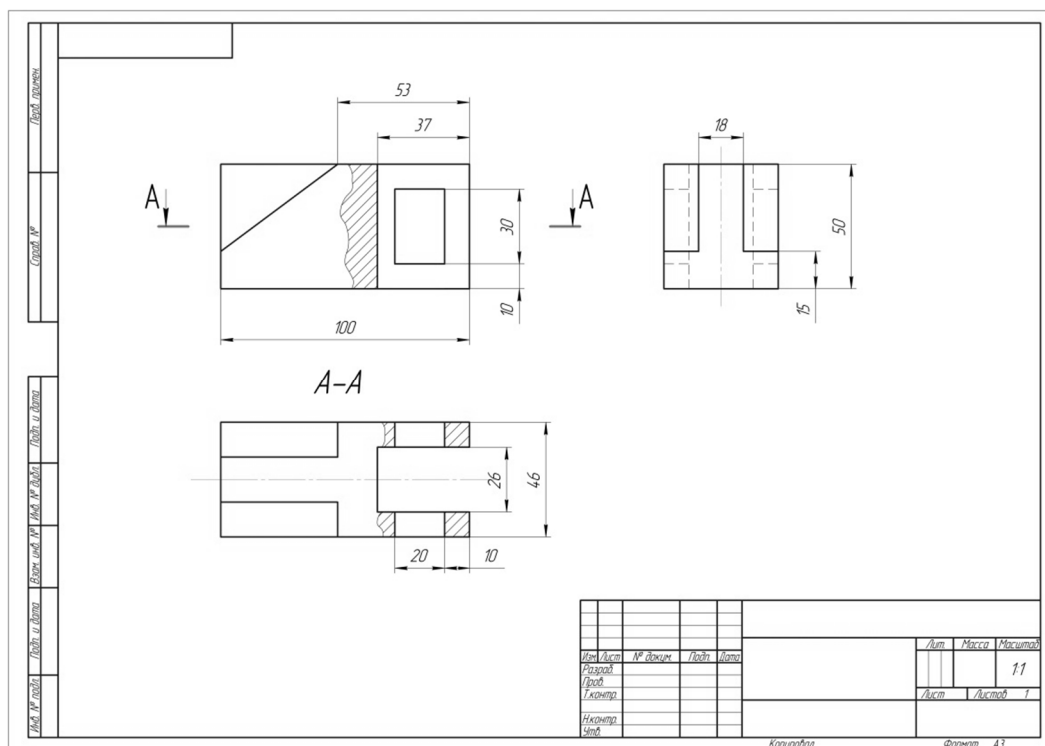


Рис. 196

6. Обвести креслення і прибрати зайві лінії, в тому числі штрихові. Заповнити основний напис (рис. 197).

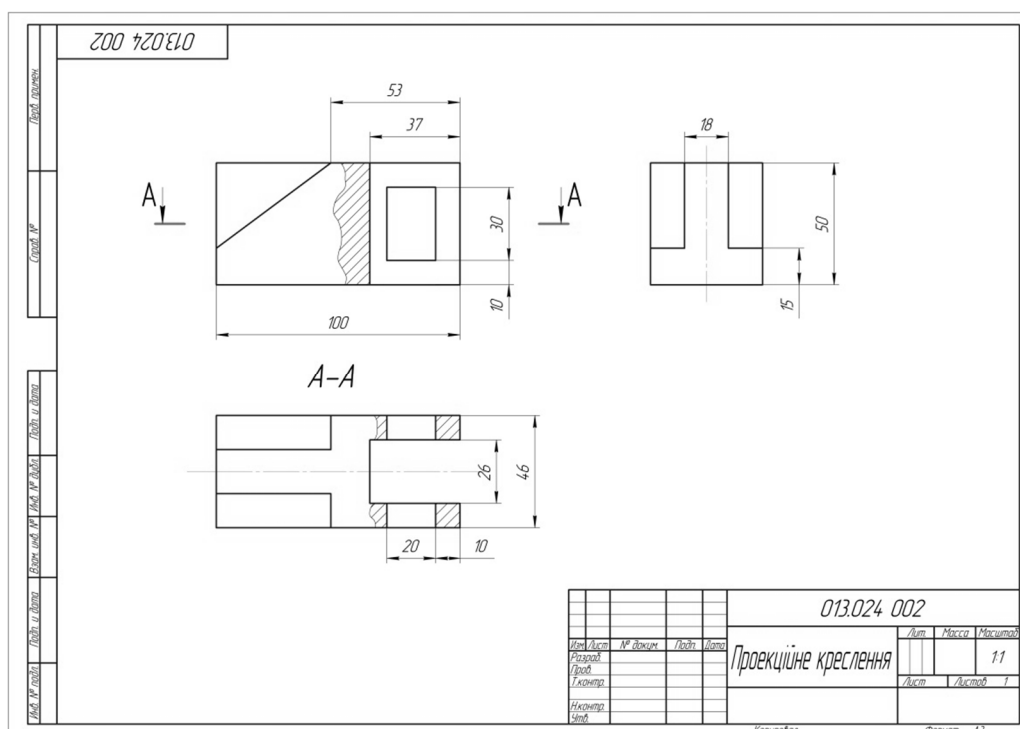


Рис. 197

Задача 2. За двома видами циліндра обертання з призматичним отвором (рис. 198) побудувати вид зліва. Виконати необхідні розрізи. Побудувати ізометрію.

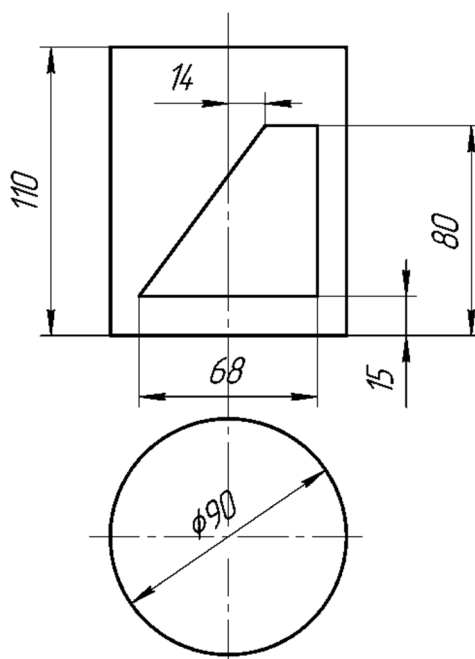


Рис. 198

Порядок виконання:

1. Якщо вісь циліндра перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій, то такий циліндр є горизонтально-проєктуючим (на горизонтальну площину проєкується у вигляді кола, а на дві інші у вигляді прямокутників). Площини граней отвору (похила, дві горизонтальні та профільна) перпендикулярні до фронтальної площини проєкцій. Тому вид зверху побудувати не складно (рис. 199).

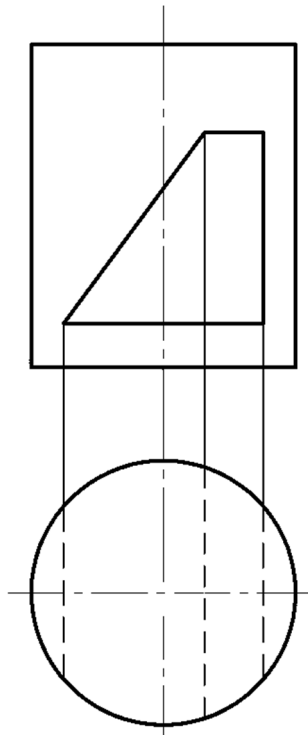


Рис. 199

2. Похила площина перетинає поверхню циліндра по еліпсу. Для побудови його на виді зліва треба на фронтальній проєкції еліпса призначити ряд фронтальних проєкцій точок (**1, 3, 4, 6**) і побудувати їх профільні проєкції, так як це показано на прикладі точки **6** (дивись розділ «**Побудова прямокутних проєкцій геометричних фігур та точок на їх поверхнях**»). У цьому ряді точок обов'язково повинна бути та, що лежить у площині симетрії циліндра (точка **3**). Її профільна проєкція розмежовує проєкцію еліпса на видиму і невидиму частину (рис. 200).

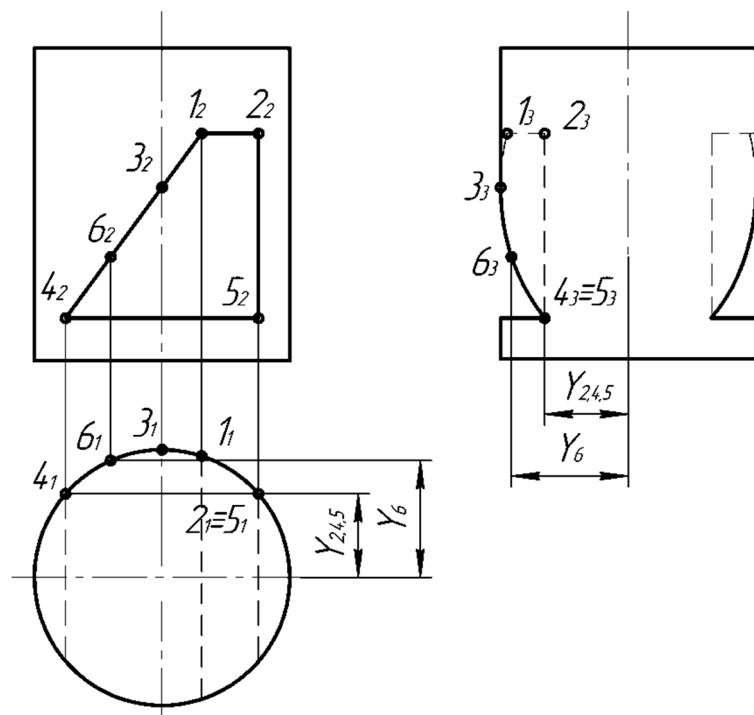


Рис. 200

3. Виконати горизонтальний (*А-А*) і профільний (*Б-Б*) розрізи (рис. 201).
Про утворення та побудову розрізів вказано вище.

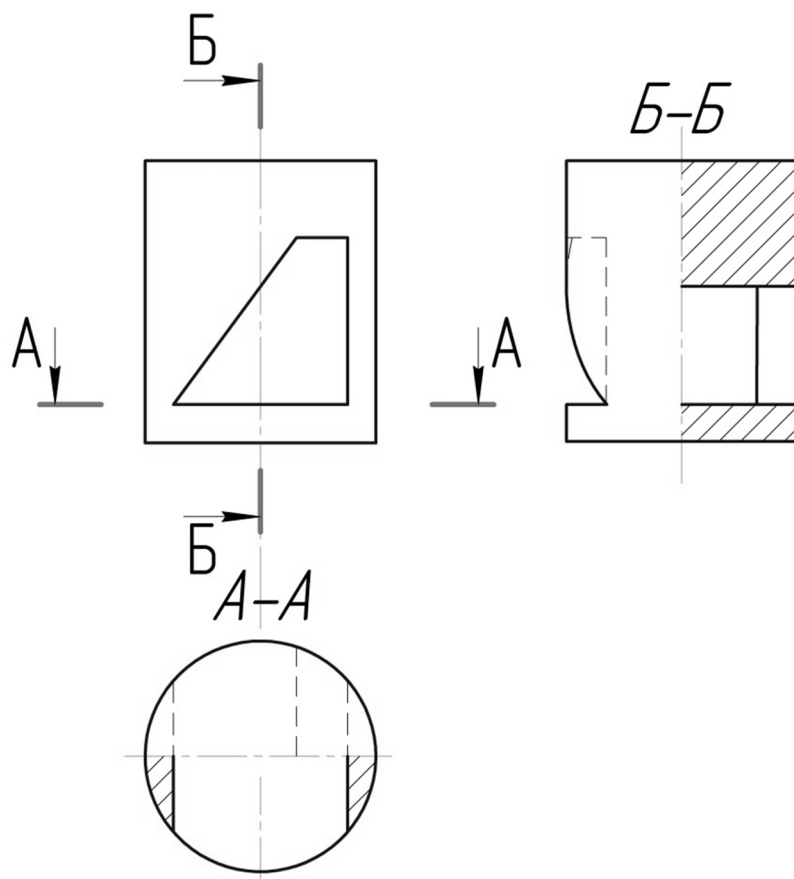


Рис. 201

4. Нанести розміри користуючись ГОСТ 2.307-68 (дивись розділ **Нанесення розмірів**).
5. Обвести креслення і заповнити основний напис (рис. 202).

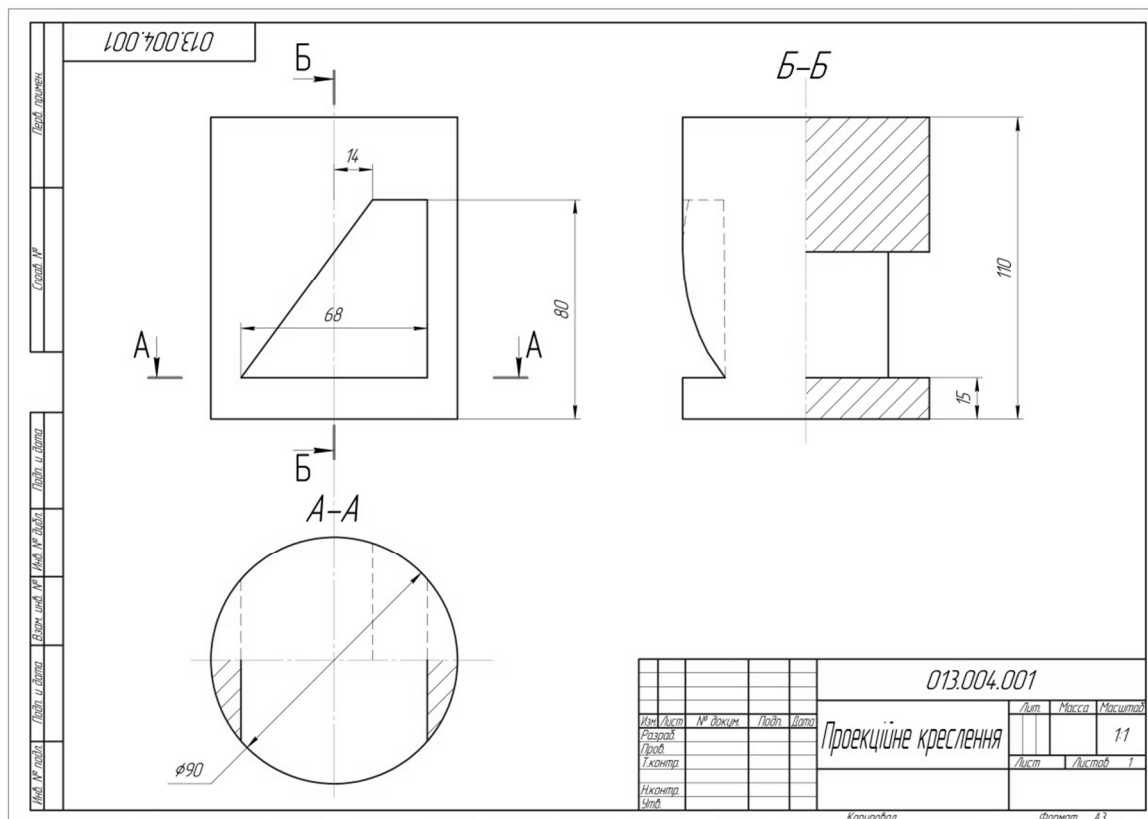


Рис. 202

6. Для побудови прямокутної ізометрії заданої фігури починають з вибору початку координат (точка **O**). Його краще обрати в центрі нижньої основи фігури. Далі будують координатні осі (див. розділ **Аксонетричні проєкції**), визначають центр кола верхньої основи (точка **O'**) та викреслюють еліпси (рис. 203).
7. Побудувати горизонтальний призматичний отвір, як показано на рисунках 204-206 (рис. 204 – горизонтальні грані отвору, 205 – профільна, 206 – похила). Для побудови похилої грані отвору необхідно знайти на аксонетричній проєкції ряд точок (див. рис. 200) та з'єднати їх плавною кривою лінією під лекало (рис. 206).
8. Обвести видимі контури аксонетрії заданої фігури (рис. 207).
9. Побудувати виріз $\frac{1}{4}$ фігури (рис. 208).
10. Виконати штриховку по ГОСТ 2. 317-70, обвести креслення і заповнити основний напис (рис. 209).

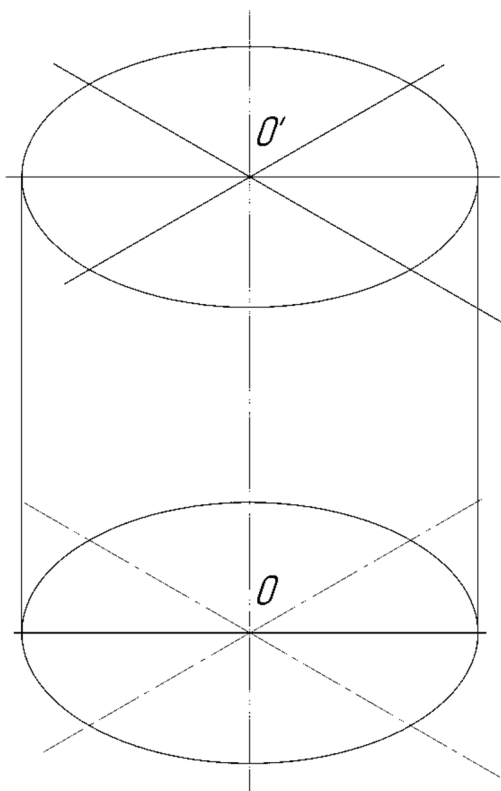


Рис. 203

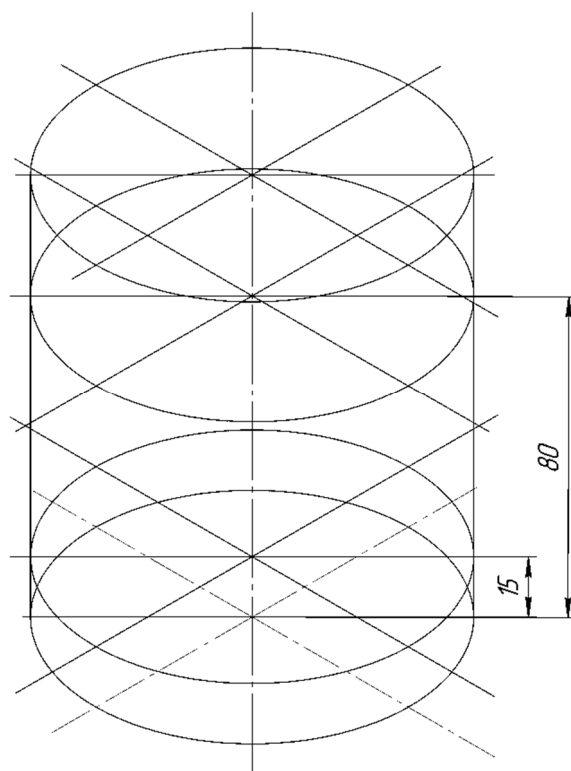


Рис. 204

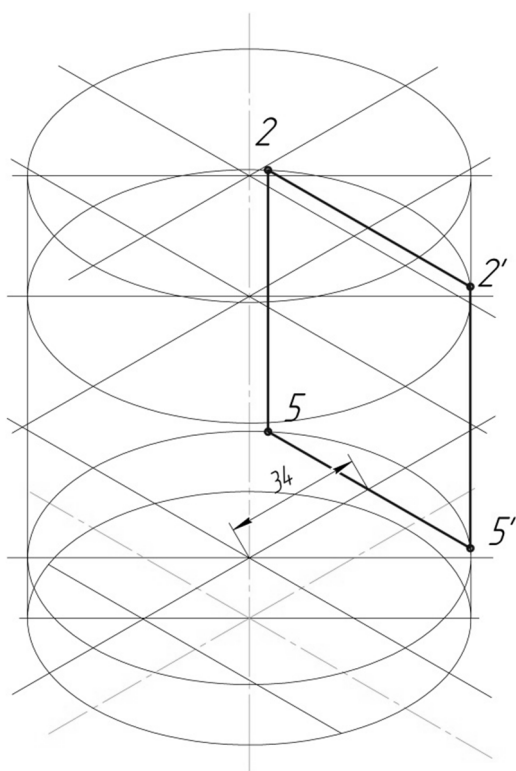


Рис. 205

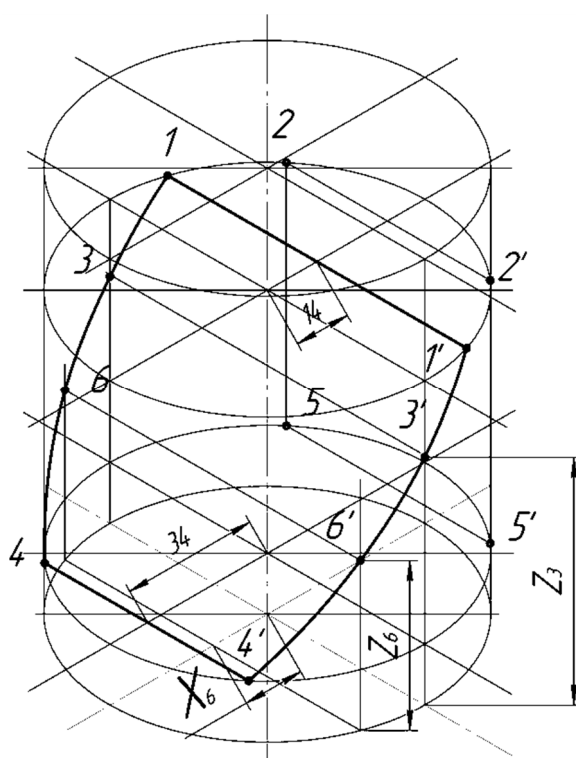


Рис. 206

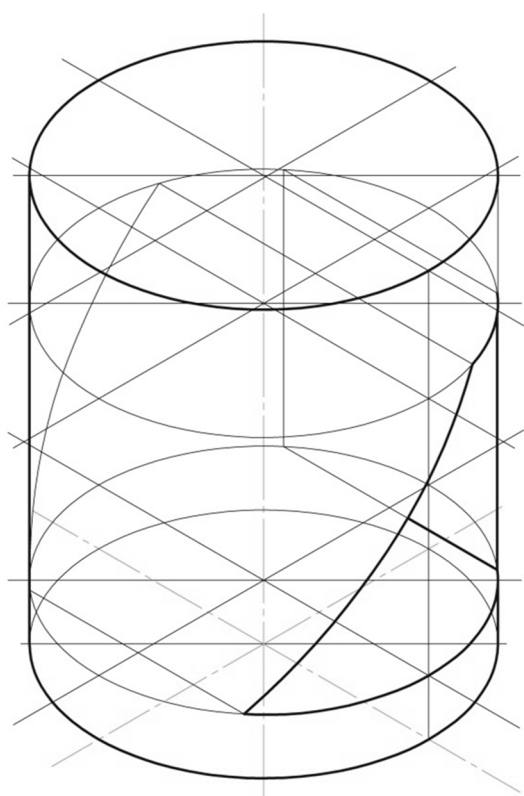


Рис. 207

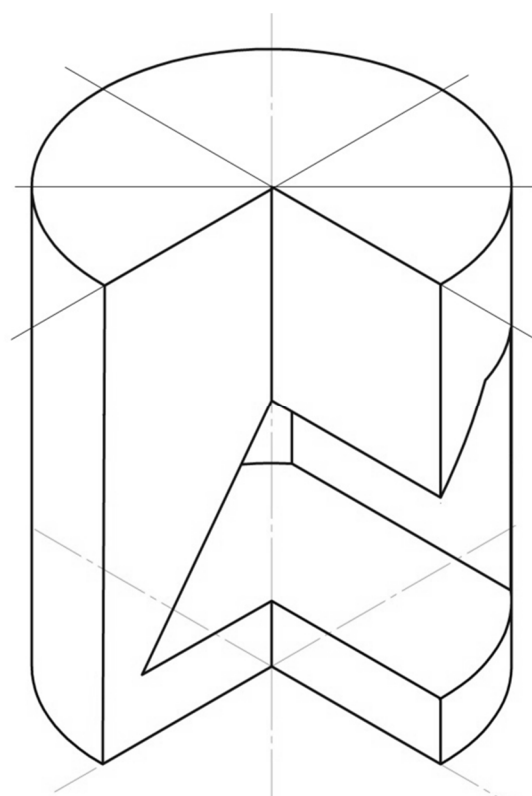


Рис. 208

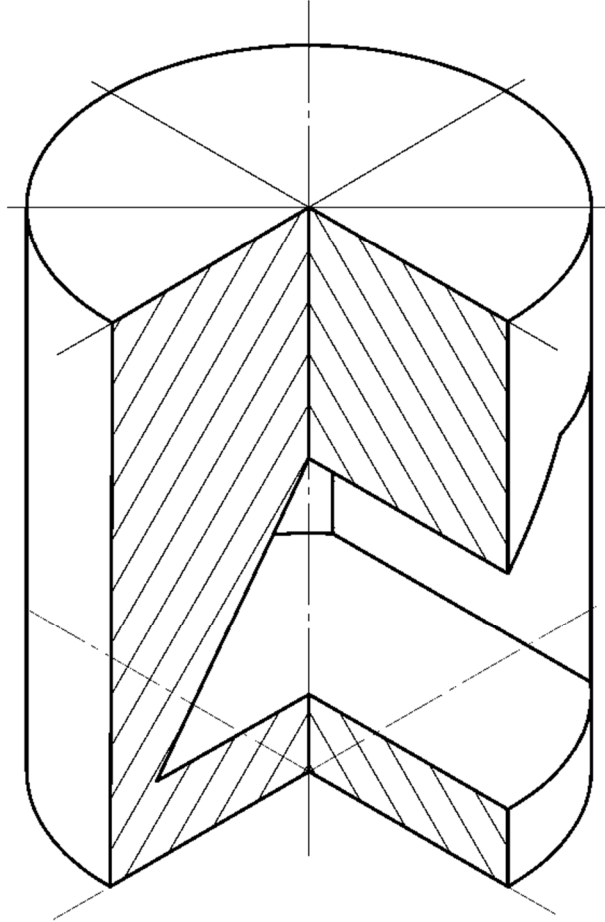
Перв. примеч.		013.004.002																																																
Стор. №																																																		
Подп. и дата																																																		
Инв. №																																																		
Взам. инв. №																																																		
Подп. и дата		013.004.002																																																
Инв. № подл.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 20%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.					Пров.					Т.контр.					Н.контр.					Утв.					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Лит.</td> <td style="width: 20%;">Масса</td> <td style="width: 60%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>			Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист		Листов			1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																														
Разраб.																																																		
Пров.																																																		
Т.контр.																																																		
Н.контр.																																																		
Утв.																																																		
Лит.	Масса	Масштаб																																																
		1:1																																																
Лист		Листов																																																
		1																																																
Инв. № подл.		Проекційне креслення				Формат A4																																												
Копировав																																																		

Рис. 209

Задача 3. Побудувати види зверху і зліва. Виконати горизонтальний та профільний розрізи. Побудувати прямокутну діаметрію (рис. 210).

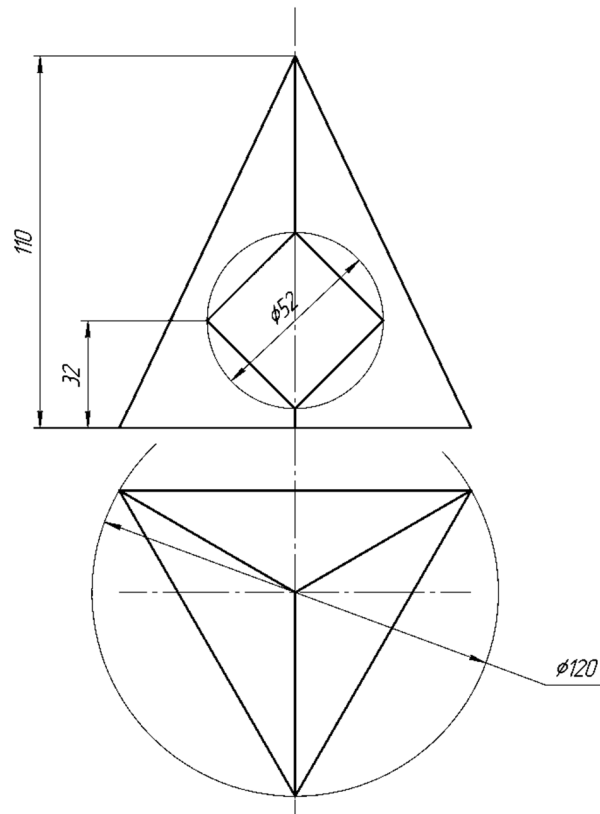


Рис. 210

1. Оскільки піраміда в системі прямокутних проекцій не є проектуючою поверхнею, то за умовою задачі тільки вид спереду задано повністю. Тому спочатку треба побудувати отвір на виді зверху.
2. Отвір на виді зверху можна побудувати за допомогою горизонтальних січних площин γ , γ' і γ'' , кожна з яких буде перерізати піраміду по трикутнику. Горизонтальна проекція кожного трикутника буде подібна горизонтальній проекції основи піраміди. Будуються горизонтальні проекції цих трикутників за допомогою точок K , M і N . Через горизонтальні проекції K_I , M_I , N_I цих точок проводяться прямі паралельні горизонтальним проекціям сторін основи піраміди. На них лежатимуть горизонтальні проекції точок 1_I , $1'_I$, 2_I , $2'_I$, 3_I , $3'_I$, 4_I , $4'_I$. Оскільки отвір наскрізний, то горизонтальна його проекція на площині задньої грані є чотирикутник $1_I 2_I 3_I 4_I$, а на двох передніх гранях – ламана лінія $1'_I 2'_I 4'_I 3'_I$ (рис. 211).
3. Побудова виду зліва та профільного розрізу зрозуміла з рисунка 212. Слід зауважити, що вид зліва – несиметрична фігура, тому треба виконувати повний розріз.

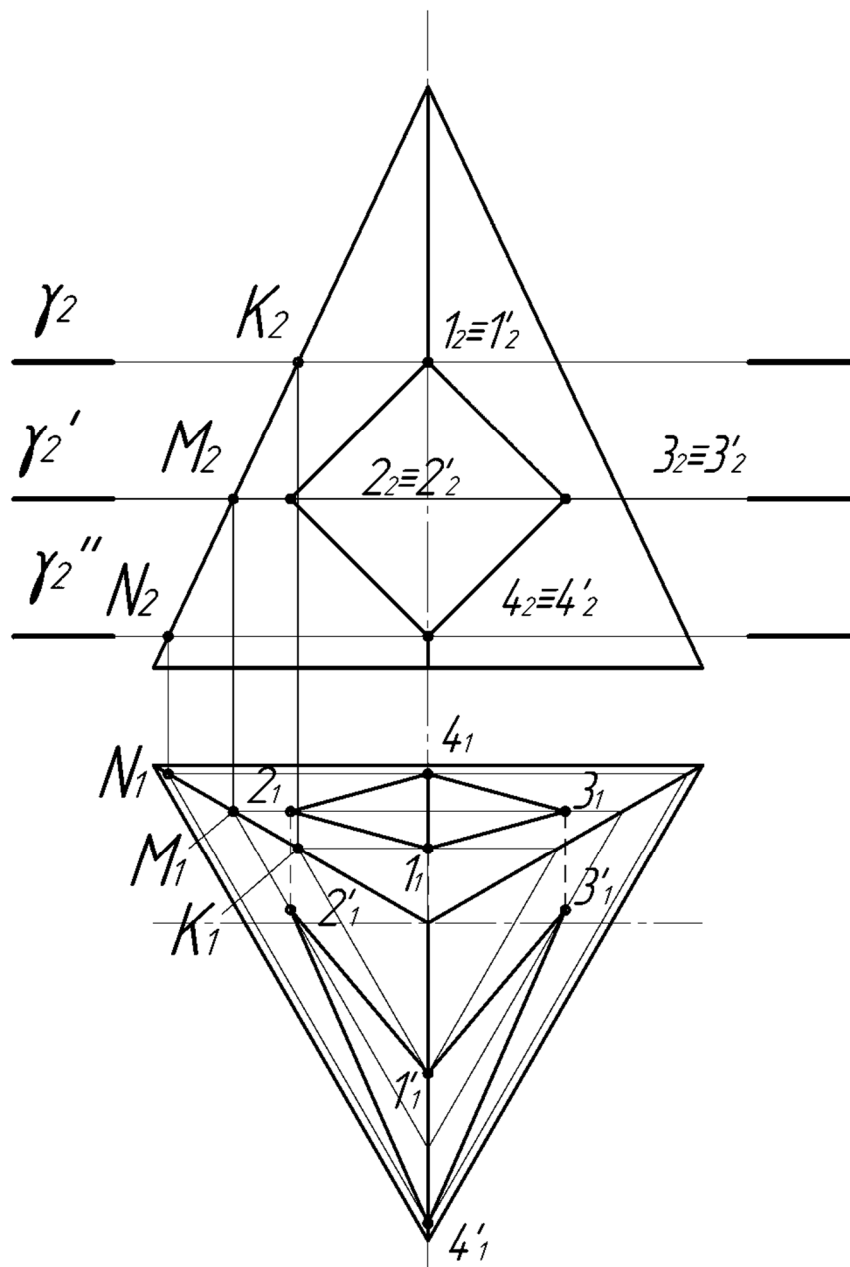


Рис. 211

4. Побудувати горизонтальний розріз. Звернути увагу на те, що на ось симетрії проектується ребро піраміди, тому частина виду і частина розрізу розмежовані тонкою хвилястою лінією – лінією обриву (рис. 213).
5. Нанести розміри користуючись ГОСТ 2.307-68 (дивись розділ **Нанесення розмірів**).

6. Побудувати прямокутну діаметрію заданої фігури (див. розділ **Аксонетричні проекції**). Порядок побудови прямокутної діаметрії (рис. 214-219) схожий на побудову прямокутної ізомерії (див. **Задачу 2**).
7. Обвести креслення і заповнити основний напис (рис. 220).

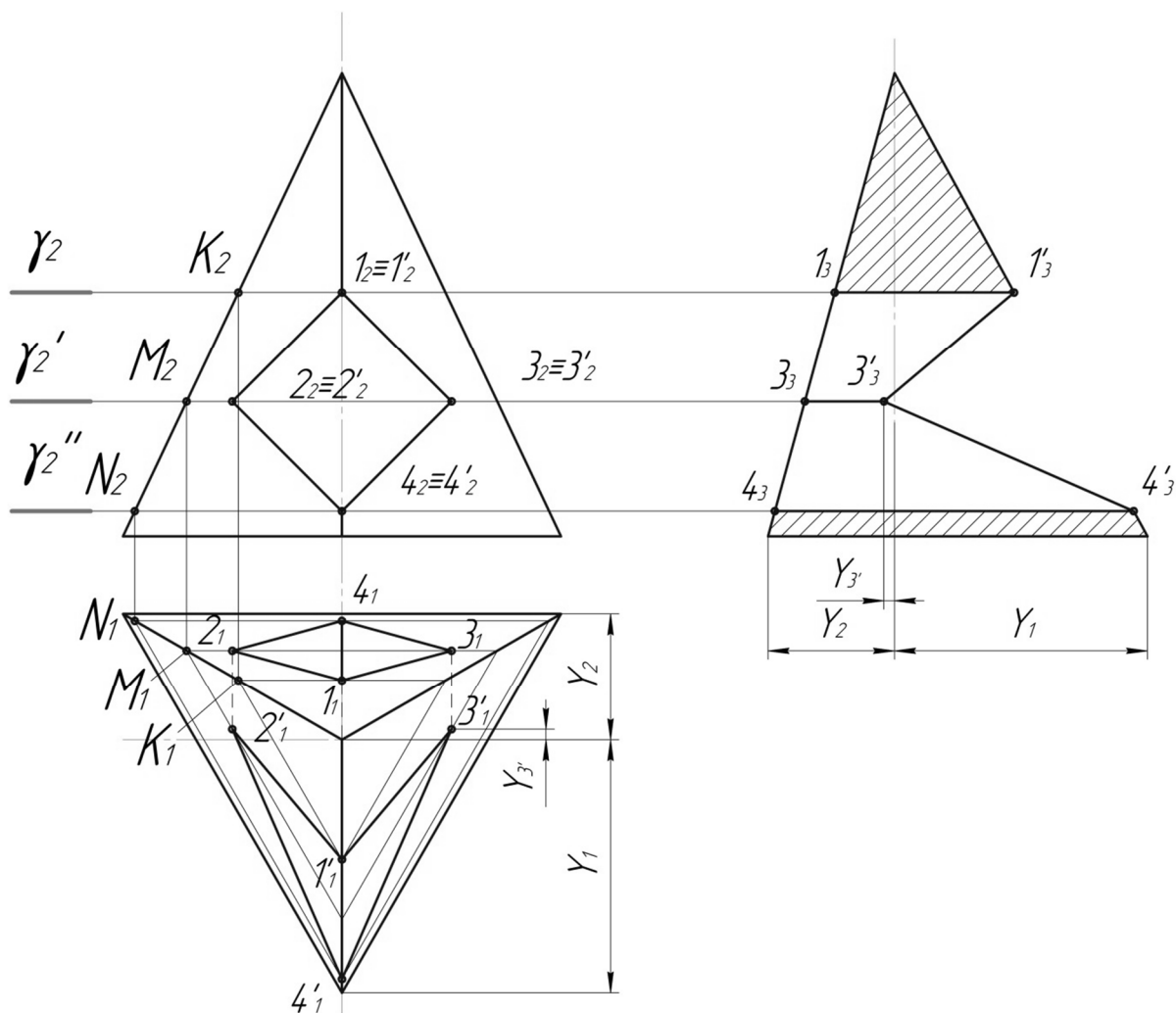


Рис. 212

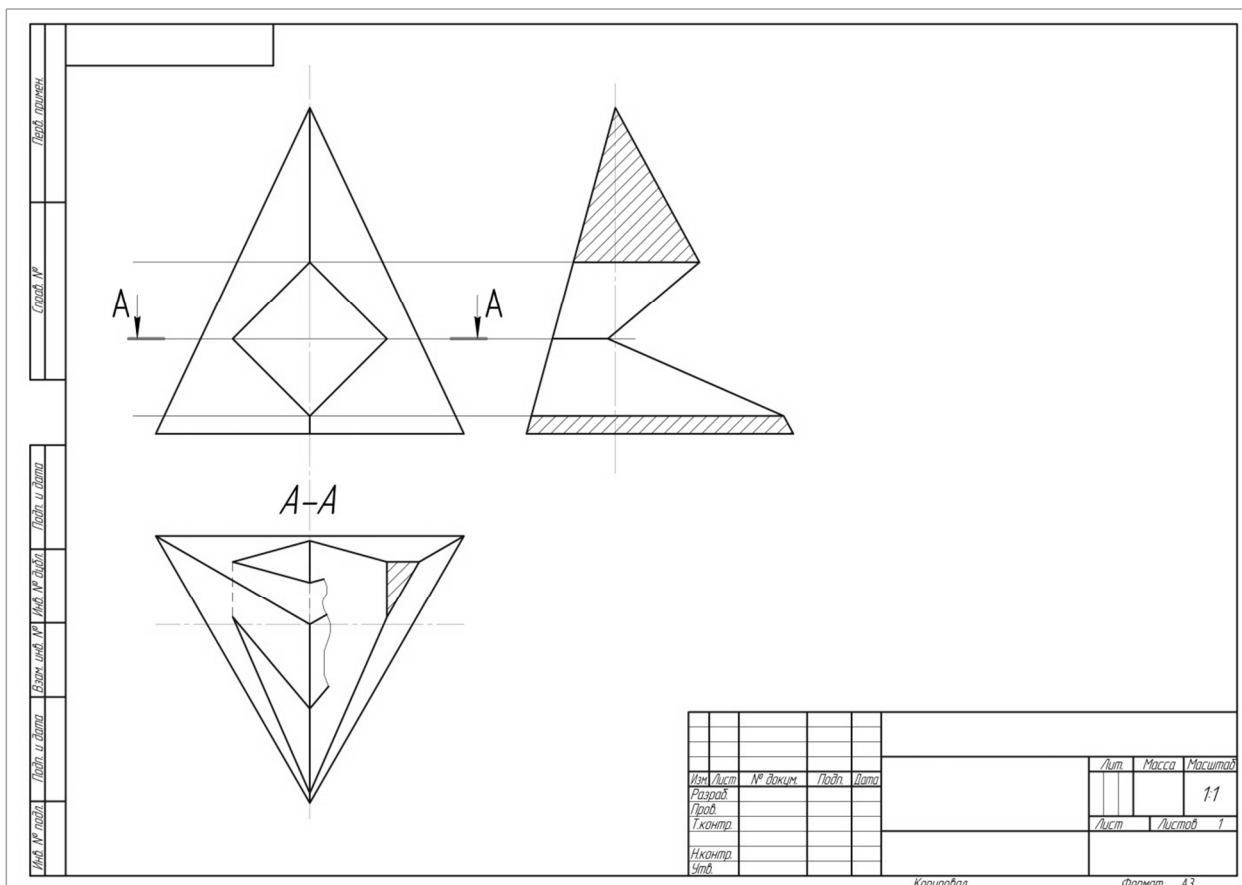


Рис. 213

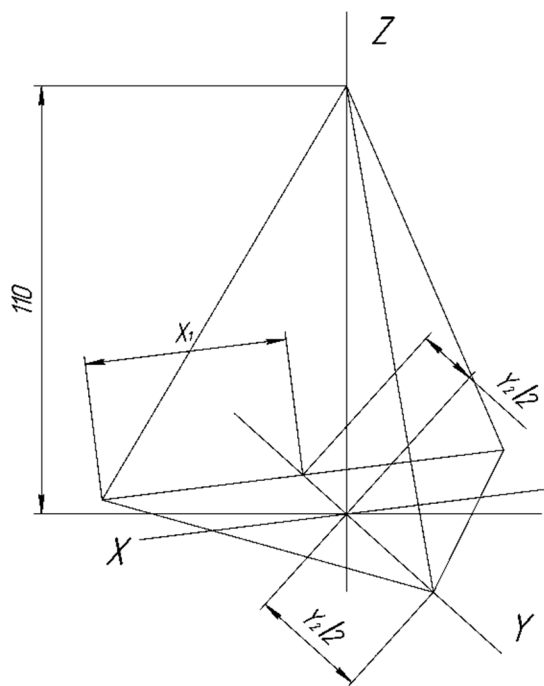


Рис. 214

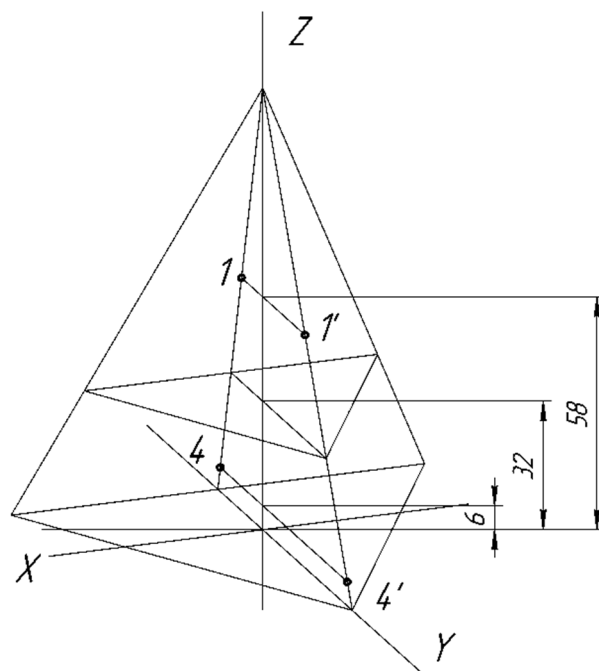


Рис. 215

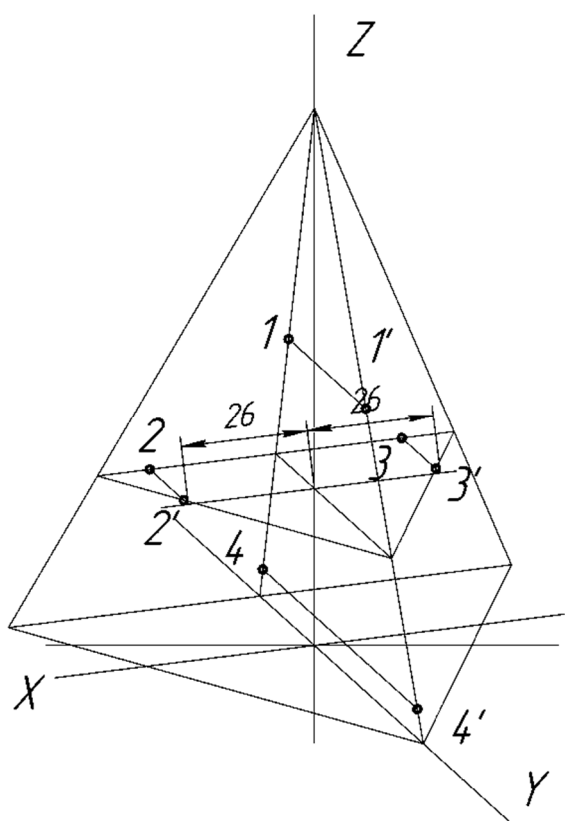


Рис. 216

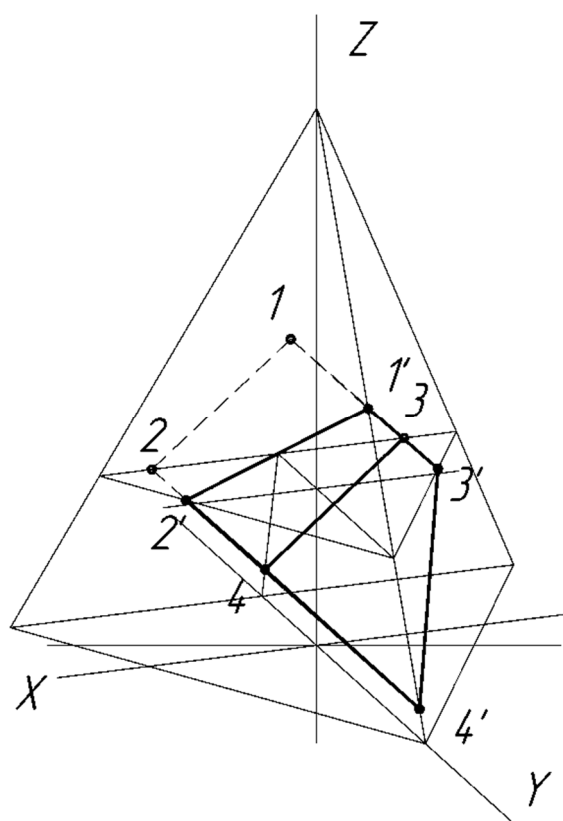


Рис. 217

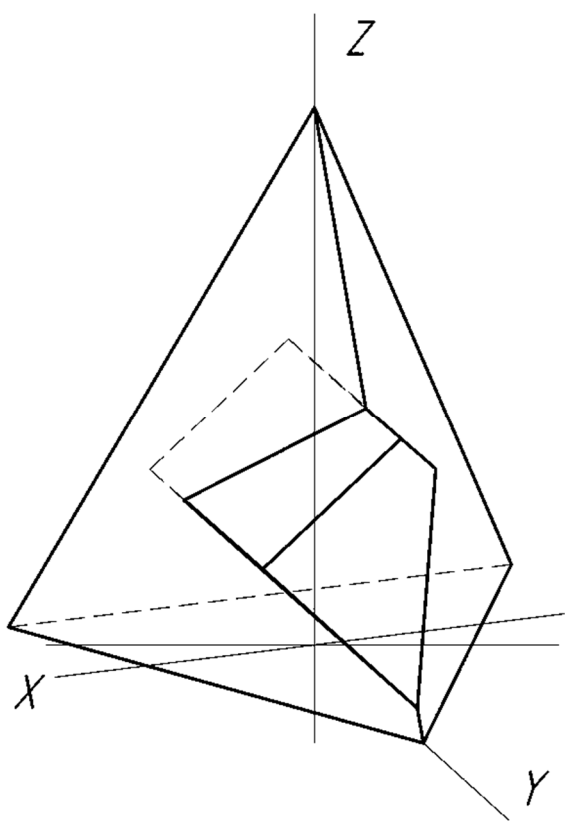


Рис. 218

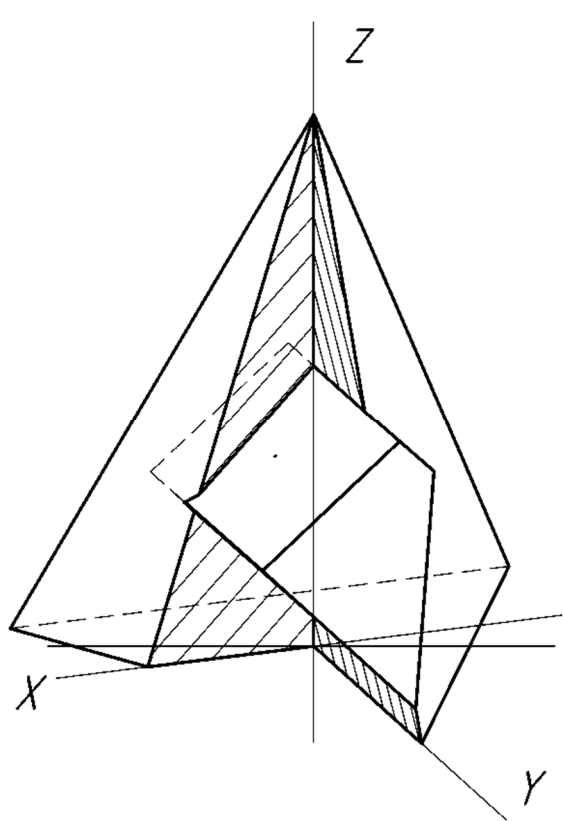


Рис. 219

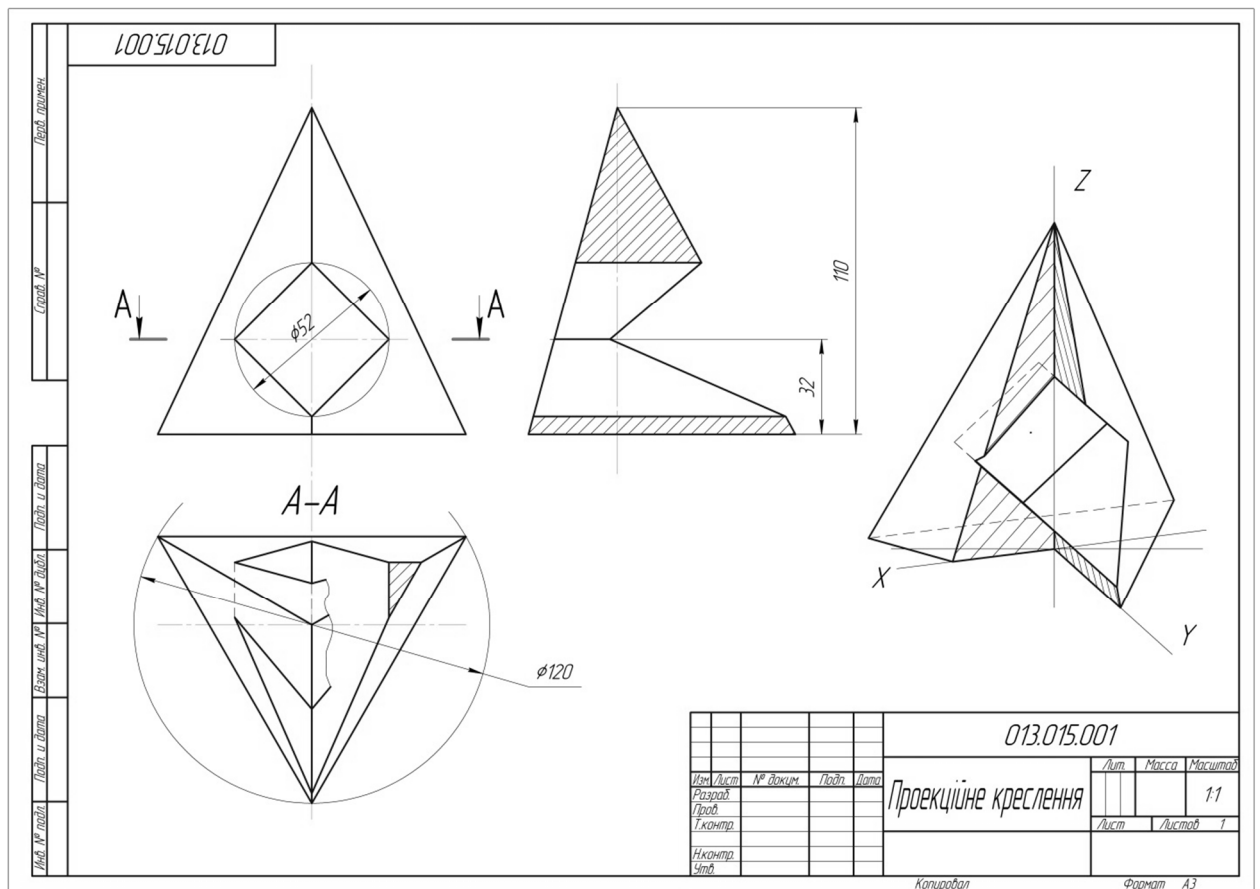


Рис. 220

Задача 4. Побудувати види зверху і зліва. Виконати горизонтальний та профільний розрізи (рис. 221).

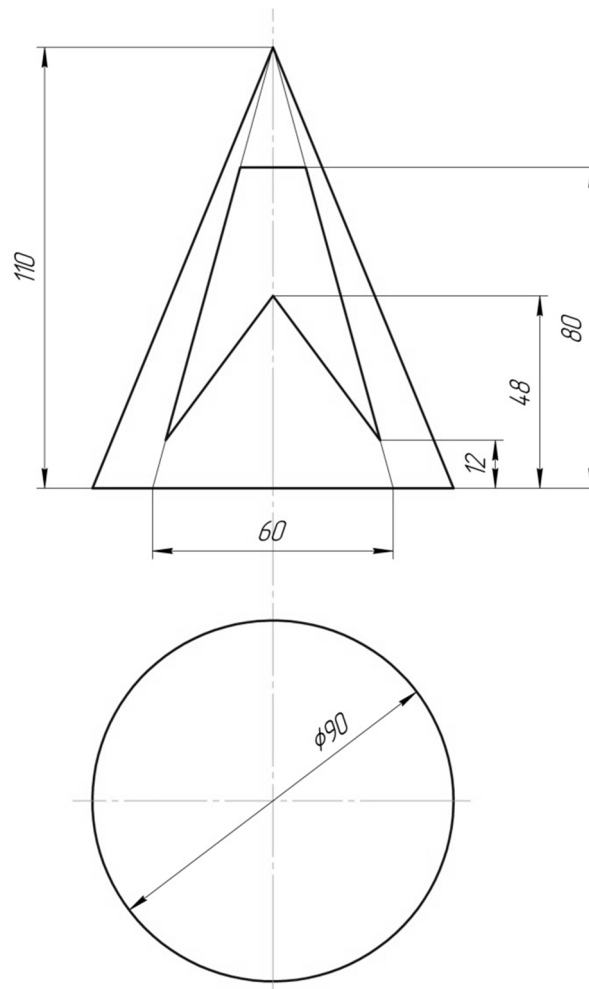


Рис. 221

1. Спочатку слід побудувати горизонтальну проекцію отвору. Його верхня грань лежить в горизонтальній площині γ і є дугами кола (1-2) радіусом R по якому ця площина перерізає поверхню конуса (рис. 222).
2. Грані 1-3 та 2-4 лежать в площинах α і β , які перерізають конус через його вершину S утворюючи трикутні перерізи. Побудова горизонтальних проекцій точок 3_I і 4_I зрозуміла з рисунка 223.
3. Площини δ і τ перерізають конус утворюючи в перерізі частини еліпса (грані 3-5 і 4-5). Для побудови їх горизонтальних проекцій потрібно на фронтальній проекції конуса призначити ряд фронтальних проекцій точок і побудувати їх горизонтальні проекції, так як це показано на прикладі точки 6 (рис. 224).
4. Побудова виду зліва зрозуміла з рисунка 225.
5. Виконати горизонтальний та профільний розрізи (рис. 226).
6. Нанести розміри, обвести креслення і заповнити основний напис (рис. 227).

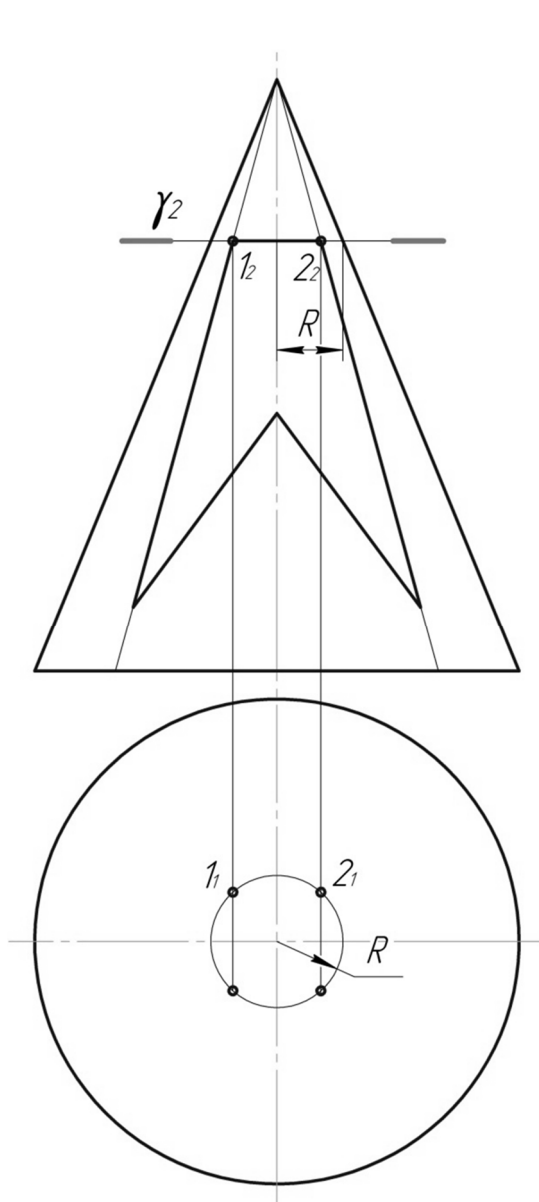


Рис. 222

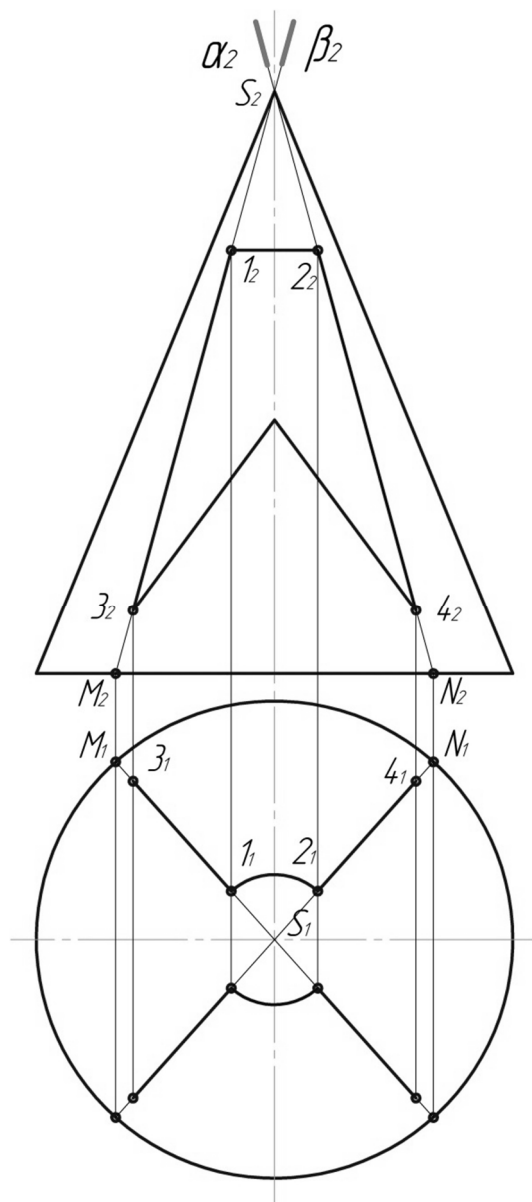


Рис. 223

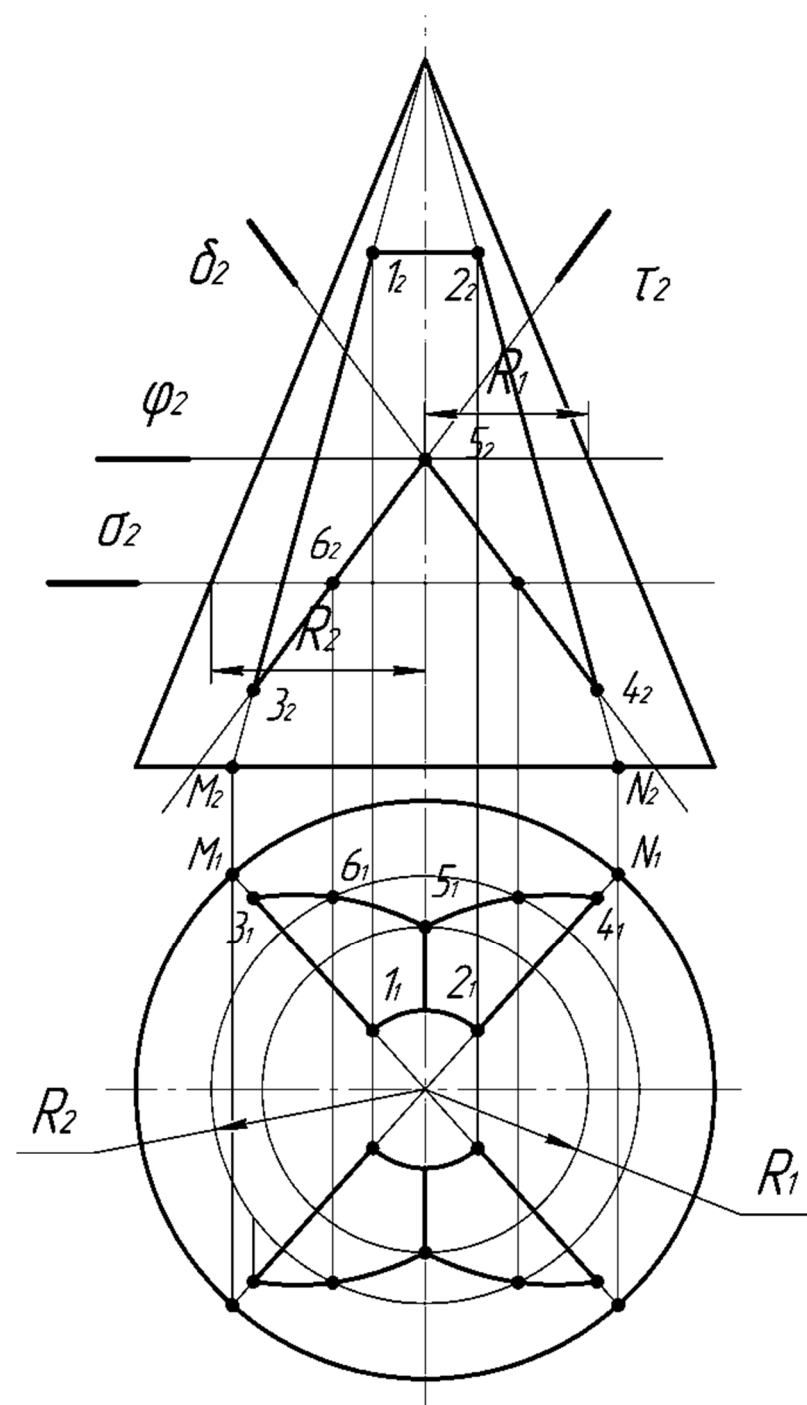


Рис. 224

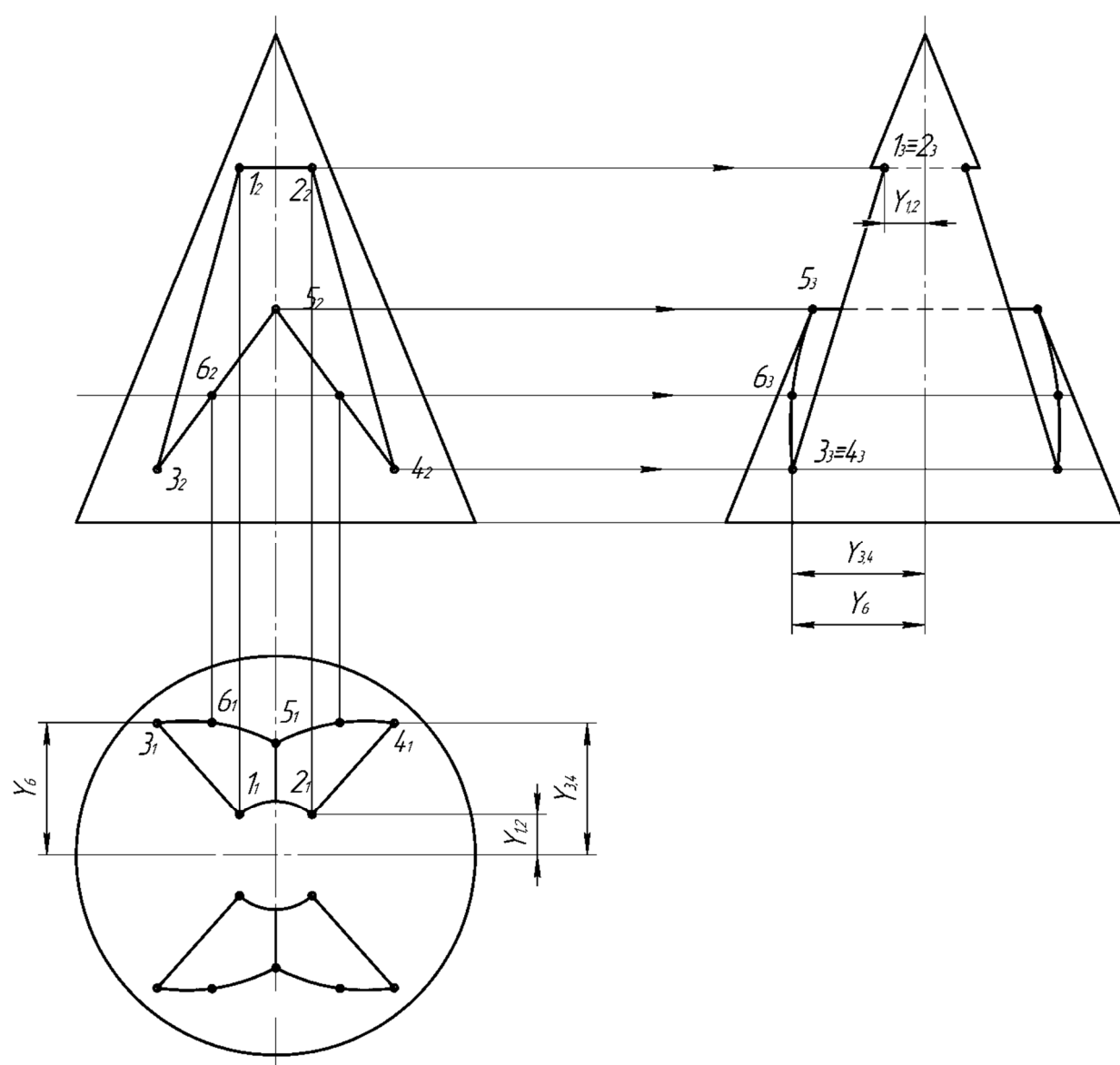


Рис. 225

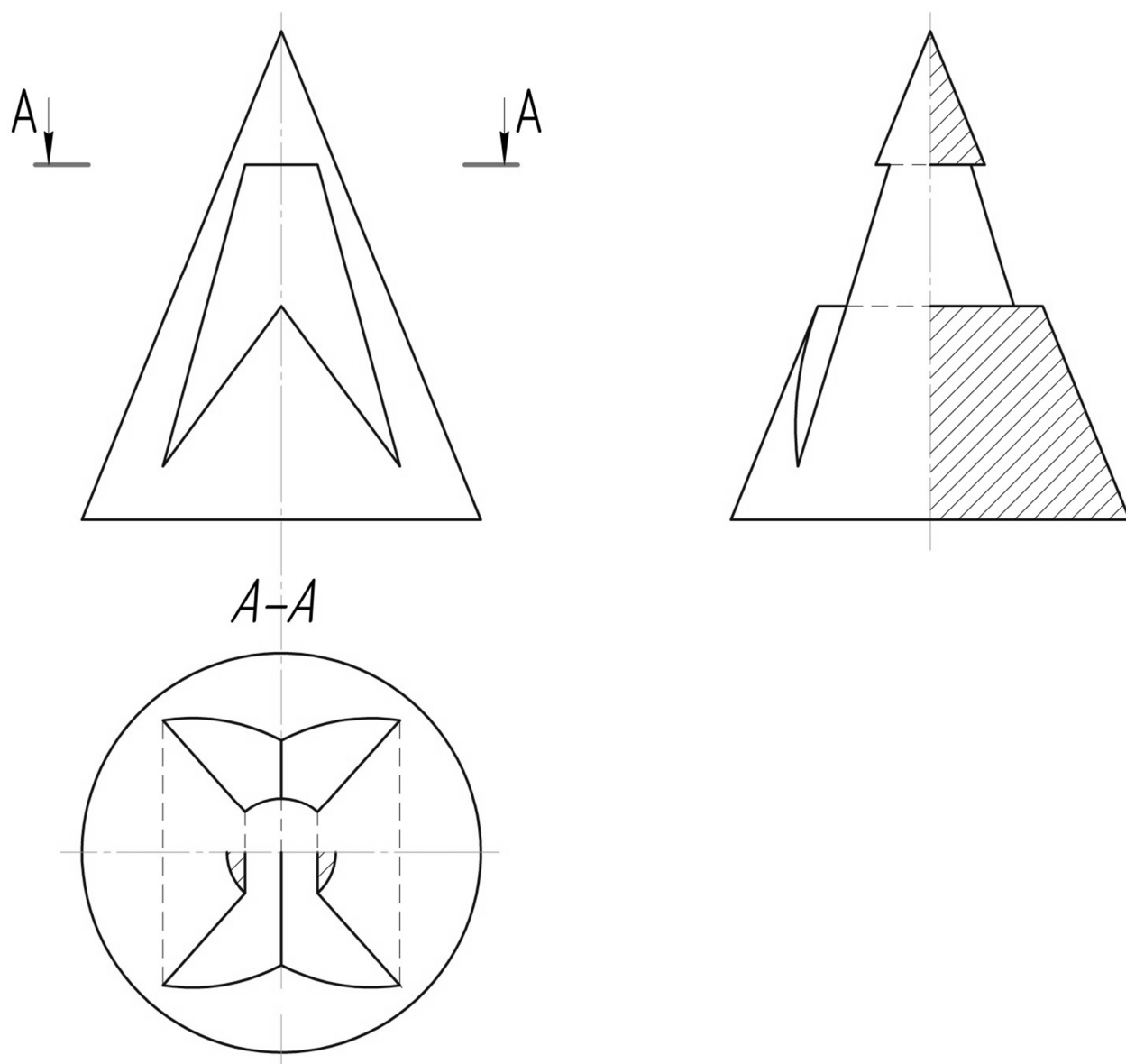


Рис. 226

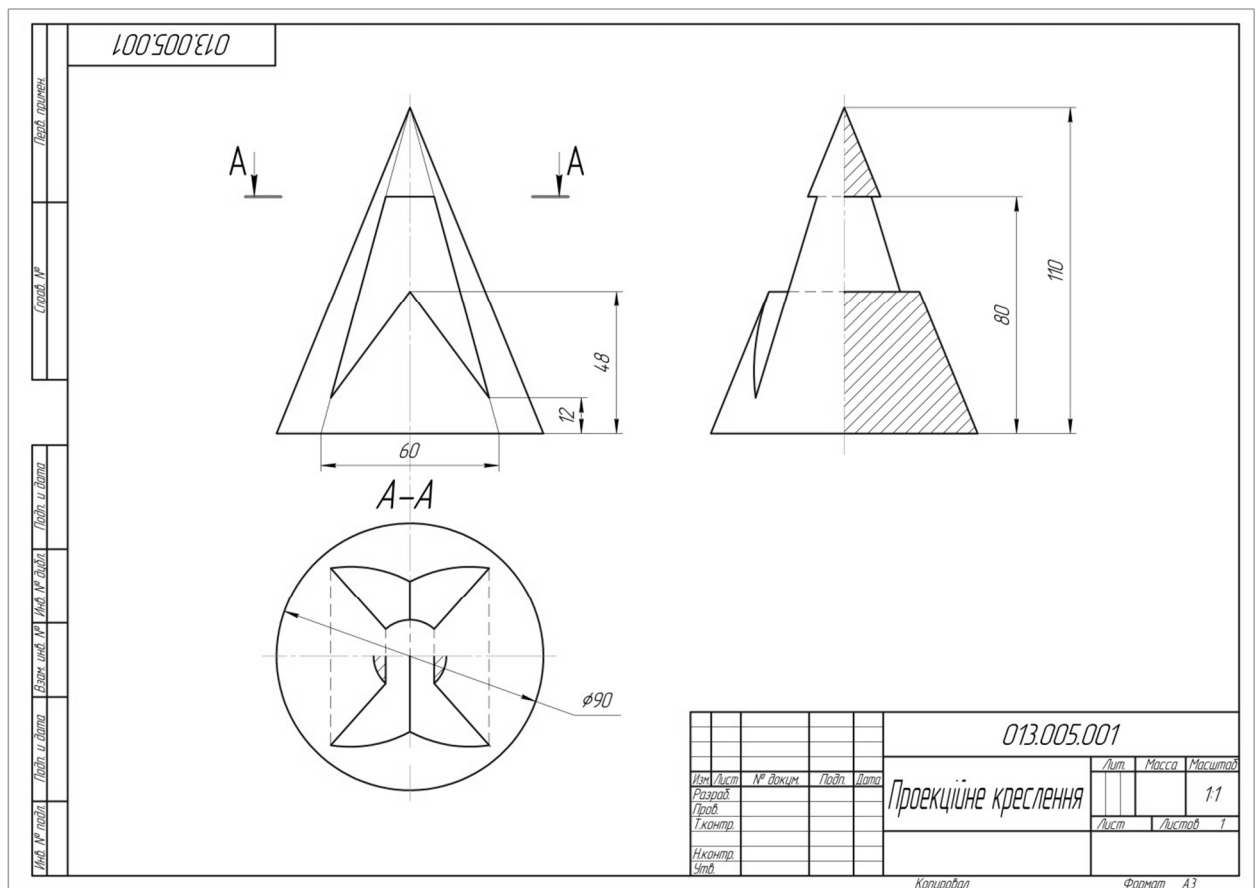


Рис. 227

Задача 5. Побудувати види зліва і зверху. Виконати горизонтальний та профільний розрізи (рис. 228).

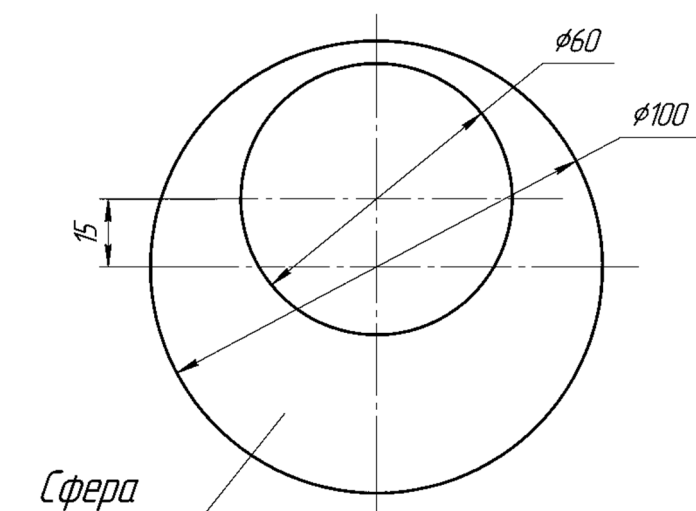


Рис. 228

1. Дана сфера з горизонтальним циліндричним отвором. Вид спереду задано повністю. Вид зверху можна побудувати користуючись

горизонтальними січними площинами, так як це вказано на рисунку 229.

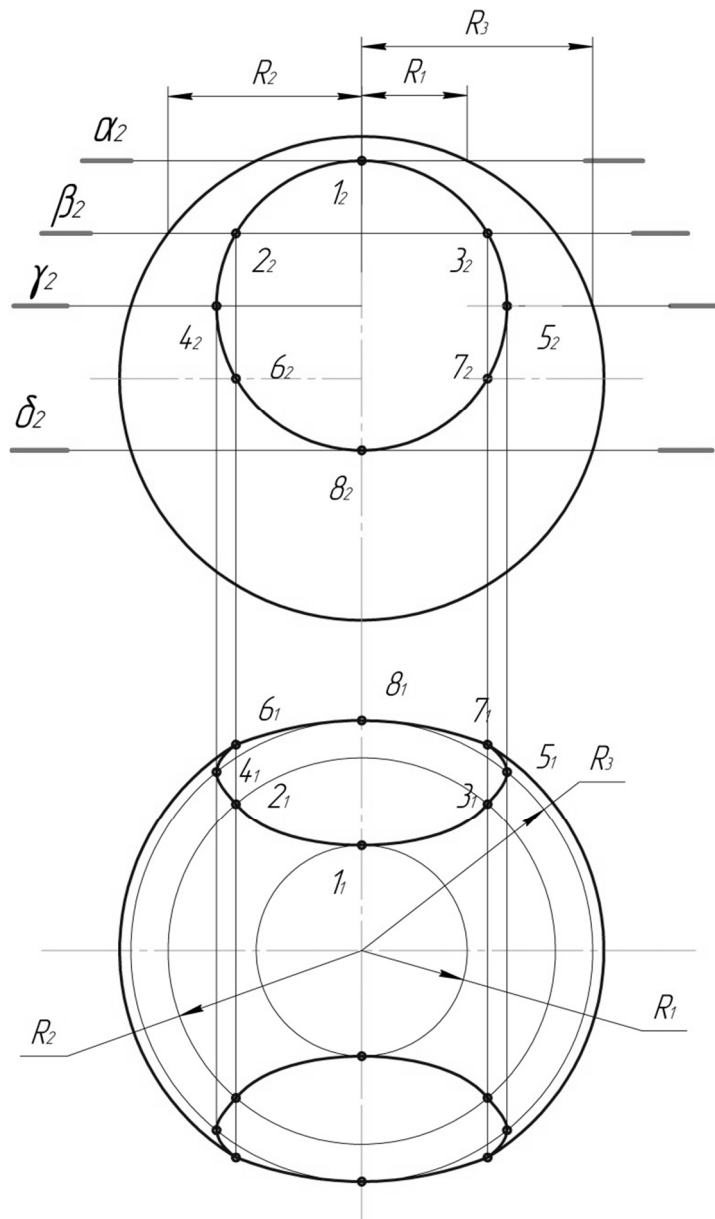


Рис. 229

2. Вид зліва будується за допомогою профільних допоміжних січних площин. Побудова виду зліва зрозуміла з рисунку 230.

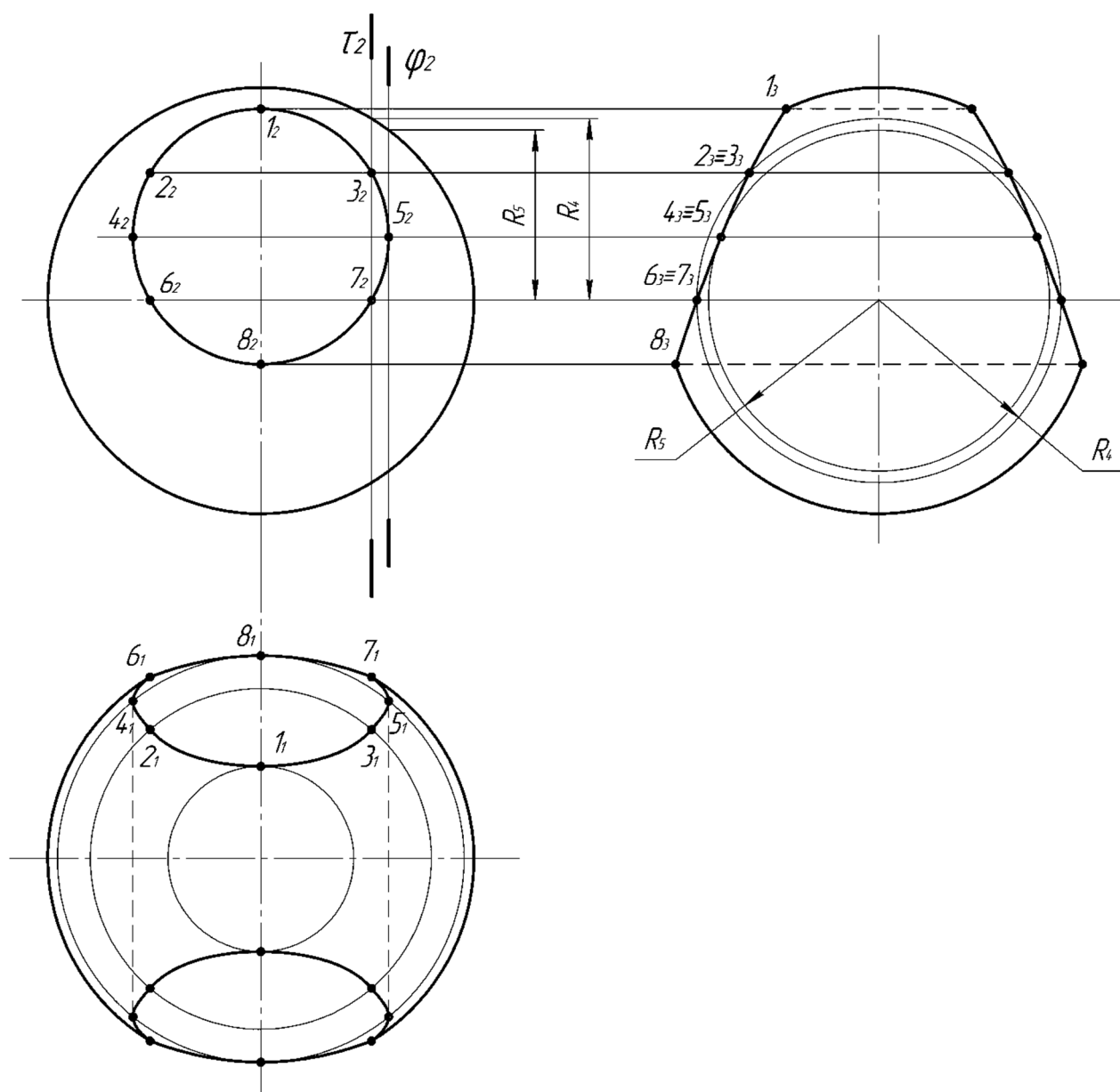


Рис. 230

3. Виконати горизонтальний та профільний розрізи (рис. 231).

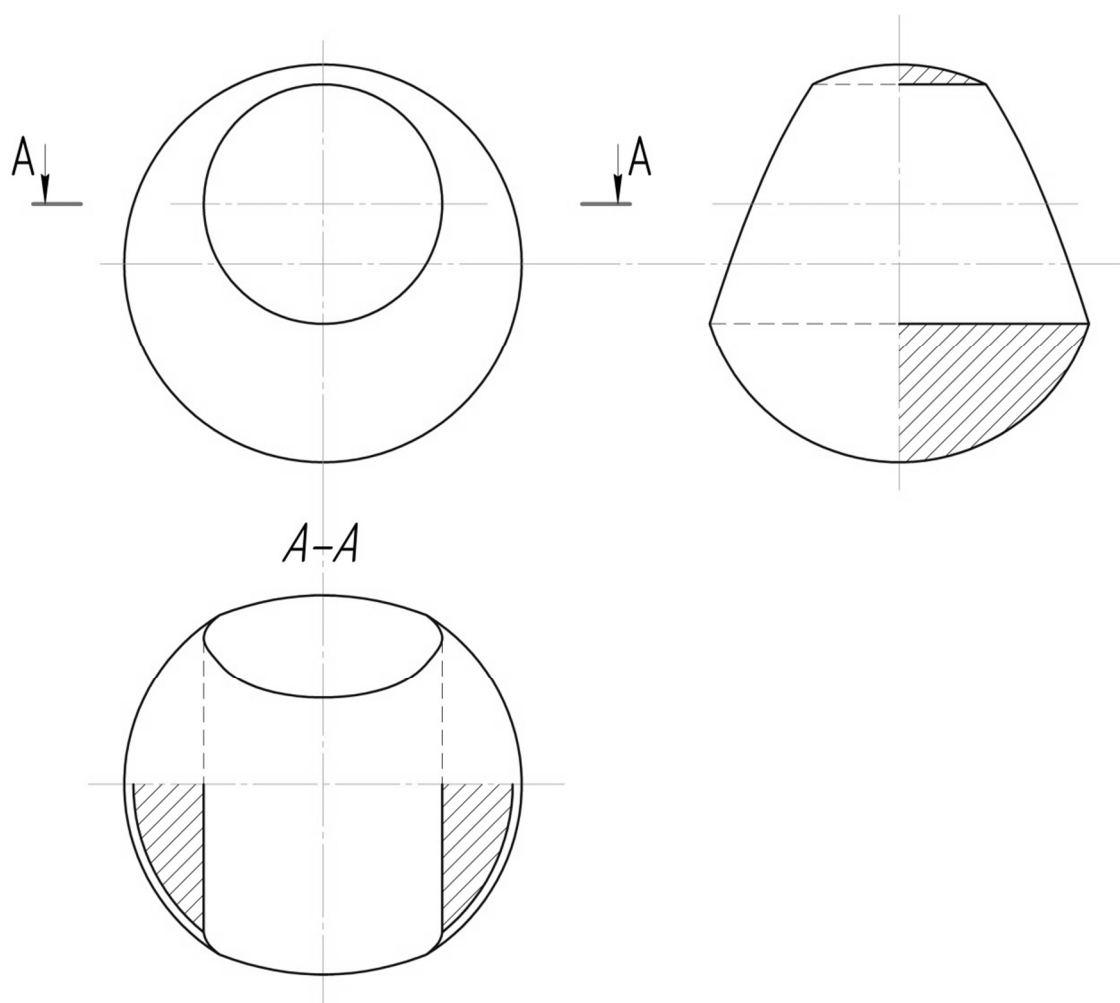


Рис. 231

4. Нанести розміри, обвести креслення і заповнити основний напис (рис. 232).

Література

1. Суворов, С. Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах: (справочник)/ С. Г. Суворов, Н. С. Суворова.-2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение,1992.-366с.
2. Техническое черчение. Годик Е. И., Лысянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. – 5-е изд., перераб. И доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 440 с.
3. Федоренко В. А. Справочник по машиностроительному черчению/ В. А. Федоренко, А. И. Шошин,- Изд.16-стер.;м Перепеч. с 14-го изд.1981г.-М.: Альянс,2007.-416с.
4. Боголюбов, С. К. Инженерная графика: Учебник для сред. спец. учеб. заведений по спец. техн. профиля/ С.К.Боголюбов.-3-е изд., испр. и доп.-М.: Машиностроение, 2000.-351с.
5. Вышнепольский, И. С. Техническое черчение е. Учеб. для нач. проф. образования/ И. С. Вышнепольский.-4-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО.- М.: Высш. шк.: Академия, 2000.-219с.
6. Проекційне креслення: Методичні вказівки до виконання завдань/ Дніпропетр. Нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В. Лазаряна; Укл. А. Д. Малий, І. В. Волкова, Є. О. Данилов. – Д. 2006. – 30 с.
7. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для втузов/В. С. Левицкий.-6-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО.-М.: Высш. шк., 2004.-435с.
8. Павлова, А. А. Начертательная геометрия: учеб. для вузов/ А. А. Павлова-2-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО.- М.: Владос, 2005.-301с.
9. ГОСТ 2.305-68. Изображения: виды, разрезы, сечения / Единая система конструкторской документации. - М.: Изд-во стандартов, 1968.
10. ГОСТ 2.307-68. Нанесение размеров и предельных отклонений/Единая система конструкторской документации. - М.: Изд-во стандартов,1968.
11. Нанесение размеров и предельных отклонений (ЕСКД ГОСТ 2.307-68). Режим доступа:
http://graph.power.nstu.ru/wolchin/umm/eskd/eskd/GOST/2_307.htm – Дата звернення 29.03.2016.
- 12.Годик Е. И. и Хаскин А. М. Справочное руководство по черчению. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974 (IV кв.).