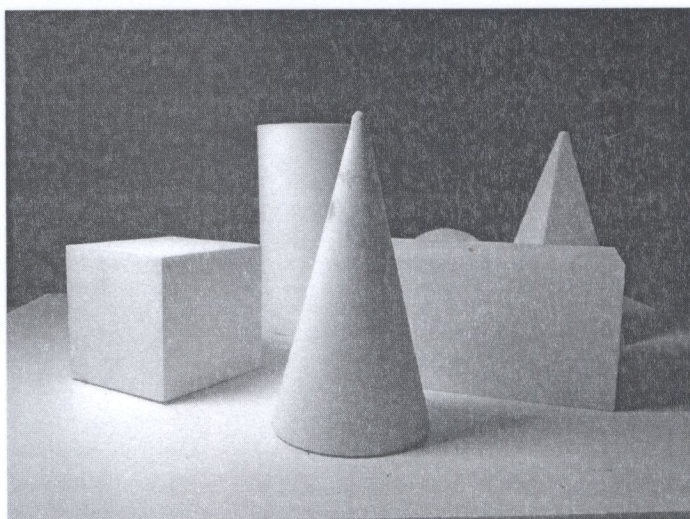


УЧУ (075.8)

Ш 37

**А. В. Шевченко, М. С. Гречанюк**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КУРСУ  
«ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»**



744(075.8)

Ш37

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**А. В. Шевченко, М. С. Гречанюк**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КУРСУ  
«ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»**

Конспект лекцій



744(075.8) Ш37 2017

Шевченко А.В. Конспект лекцій з курсу



Вінниця  
ВНТУ  
2017

УДК 5136:67-4  
Ш37

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 30.11.2015 р.)

Рецензенти:

**М. Ф. Друкований**, доктор технічних наук, професор

**В. В. Біліченко**, доктор технічних наук, професор

**В. Ю. Кучерук**, доктор технічних наук, професор

478769

**Шевченко, А. В.**

Ш37 Конспект лекцій з курсу «Інженерна графіка»: конспект лекцій / А. В. Шевченко, М. С. Гречанюк. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 123 с.

Конспект лекцій складено відповідно до програми з інженерної графіки для студентів всіх форм навчання, може використовуватись для студентів всіх спеціальностей. Він містить необхідний теоретичний матеріал для успішного засвоєння навчального курсу.

УДК 5136:67-4



© ВНТУ, 2017

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 МЕТОДИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ .....	7
1.1 Елементи проєкціювання .....	7
1.2 Властивості ортогональних проєкцій .....	8
1.3 Проєкція точки .....	8
1.4 Проєкціювання точки на три площини проєкцій .....	10
1.5 Точка в різних чвертях простору.....	12
2 ПРОЕКЦІЯ ПРЯМОЇ .....	15
2.1 Положення прямої в просторі.....	15
2.1.1 Пряма загального положення .....	15
2.1.2 Проєкціювальні прямі.....	16
2.1.3 Прямі рівня .....	17
2.2 Позиційні задачі .....	18
2.2.1 Точка і пряма .....	18
2.2.2 Взаємне положення двох прямих .....	18
2.3 Метричні задачі .....	19
2.3.1 Натуральна величина відрізка прямої.....	19
2.3.2 Сліди прямої .....	19
2.3.3 Властивості проєкцій прямого кута .....	20
3 ПЛОЩИНА .....	21
3.1 Способи її зображення.....	21
3.2 Розміщення площини у просторі.....	22
3.2.1 Площини загального положення .....	22
3.2.2 Проєкціювальні площини .....	22
3.2.3 Площини рівня .....	23
3.3 Точка і пряма на площині.....	24
3.4 Особливі лінії площини .....	25
3.5 Взаємне положення прямої та площини.....	26
3.5.1 Паралельність прямої і площини.....	26
3.5.2 Перетин прямої з площиною.....	26
3.6 Взаємне положення двох площин .....	27
3.6.1 Паралельність двох площин.....	27
3.6.2 Перетин двох площин.....	28

4 СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНЬ .....	30
4.1 Спосіб заміни площин проєкцій .....	30
4.1.1 Приклади розв'язання деяких задач способом заміни площин проєкцій.....	33
4.2 Спосіб обертання навколо осі, перпендикулярної до площини проєкцій .....	35
5 ПОВЕРХНІ.....	37
5.1 Класифікація поверхонь .....	37
5.2 Визначник поверхні .....	38
5.3 Циліндрична поверхня.....	38
5.4 Конічна поверхня .....	39
5.5 Поверхня з ребром повороту (торс).....	40
5.6 Прямолінійчаті поверхні обертання.....	41
5.7 Криволінійчаті поверхні обертання .....	41
6 ПЕРЕТИН ГРАННИХ І КРИВИХ ПОВЕРХОНЬ ПЛОЩИНОЮ. РОЗГОРТКА. ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕРІЗУ.....	46
6.1 Побудова перерізу поверхні проєкціовальною площиною. Натуральна величина перерізу. Розгортка .....	46
6.2 Конусні перерізи.....	47
6.3 Побудова перерізу поверхні прямого кругового конуса фронтально-проєкціовальною площиною $\alpha$ .....	50
6.4 Побудова перерізу трикутної піраміди площиною загального положення .....	52
7 ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ З ПОВЕРХНЕЮ.....	54
8 ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ.....	59
8.1 Метод допоміжних січних площин .....	59
8.2 Метод концентричних сфер .....	60
8.3 Теорема Монжа .....	63
9 ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО КРЕСЛЕНЬ .....	64
9.1 Формати (ГОСТ 2.301-68).....	64
9.2 Масштаби .....	67
9.3 Лінії креслення .....	67
9.4 Шрифти креслярські .....	68
9.5 Нанесення розмірів .....	70
9.5.1 Загальні вимоги .....	70

9.5.2 Розмірні та виносні лінії.....	71
9.5.3 Стрілки .....	72
9.5.4 Розмірні числа .....	73
9.5.5 Деякі вимоги до нанесення на кресленні розмірів .....	74
9.6 Спрощення при нанесенні розмірів.....	79
9.7 Методи проставлення лінійних розмірів .....	81
10 ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ.....	84
10.1 Види .....	84
10.2 Розрізи .....	87
10.2.1 Прості розрізи.....	88
10.2.2 Складні розрізи.....	92
10.2.3 Місцеві розрізи .....	93
10.3 Перерізи.....	94
11 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ.....	97
11.1 Загальні положення.....	97
11.2 Графічні позначення на електричних схемах.....	98
11.3 Текстова інформація .....	99
11.4 Схеми принципів електричних .....	100
12 РІЗЬБОВІ З'ЄДНАННЯ.....	102
12.1 Види різьби .....	102
12.2 Зображення і позначення різьби на кресленнях .....	104
12.3 Характеристика стандартних різьб загального призначення.....	106
12.4 Різьбові вироби.....	110
12.4.1 Гайки.....	110
12.4.2 Болти.....	110
12.4.3 Шайби.....	112
12.4.4 Болтові з'єднання .....	112
12.4.5 З'єднання шпилькою .....	113
13 ВИКОНАННЯ ЕСКІЗІВ ДЕТАЛЕЙ ТА ДЕТАЛЮВАННЯ.....	116
13.1 Побудова ескізів деталей.....	116
13.2 Виконання деталювання виробу за його складальним кресленням.....	120
ЛІТЕРАТУРА.....	122

## ВСТУП

Інженерна графіка – це предмет, який функціонально об'єднує методи і засоби побудов та геометричних розрахунків, графічного уявлення науково-технічної інформації, виконання технічних схем та креслень з урахуванням принципів проектування і конструювання, а також з урахуванням технологічних процесів, рівня якості виробів і умов їх експлуатації в зв'язку з сучасними нормами й стандартами.

Конспект лекцій підготовлено відповідно до програми з інженерної графіки вищої школи. Посібник написаний за цією програмою для іноземних студентів заочної форми навчання. З метою допомоги іноземним студентам цей посібник викладений двома мовами: англійською та українською. Він також буде корисним студентам з поглибленим вивченням іноземної мови, також посібником можуть користуватися студенти інших спеціальностей.

Важливим є те, що вимоги вищої школи до посилення самостійності студентів при вивченні тієї чи іншої дисципліни в ньому задовольняються.

В цьому посібнику вказана література, яка допоможе бажаючим ознайомитись з різними варіантами викладення розділів програми та з деякими додатковими питаннями з курсу інженерної графіки.

# 1 МЕТОДИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ

## 1.1 Елементи проєкціювання

Побудова зображень у нарисній геометрії основана на методі проєкцій. Розглянемо елементи проєкціювання.

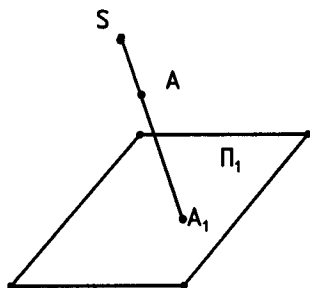


Рисунок 1.1

На рис. 1.1 зображено точки  $A$  і  $S$ , розміщені в просторі перед площиною  $\Pi_1$ . Через ці точки проведено пряму лінію до перетину з площиною  $\Pi_1$ , яка називається площиною проєкцій. Пряма  $A_1S$  – проєкціовальний промінь,  $A_1$  – проєкція точки  $A$  на площину проєкцій  $\Pi_1$ ;  $A$  – об'єкт проєкціювання;  $S$  – центр проєкціювання.

Проєкціювання може бути центральним і паралельним. Центральним називається проєкціювання, за яким усі проєкціовальні промені виходять з однієї точки (рис. 1.2).

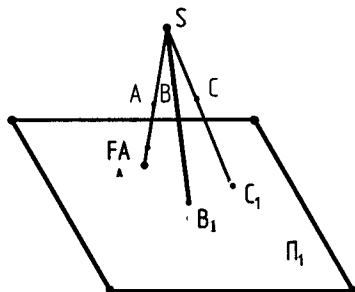


Рисунок 1.2



Якщо центр проєкцій віддалити в нескінченність, то проєкціювальні промені стануть паралельними між собою. Таке проєкціювання називається паралельним (рис. 1.3).

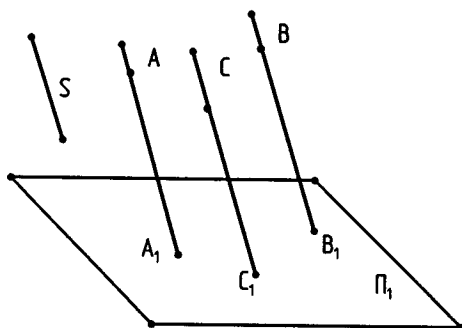


Рисунок 1.3

Промені паралельного проєкціювання можуть утворювати з площиною проєкцій гострі або прямі кути. Залежно від цього розрізняють проєкціювання косокутне (похиле) і прямокутне (ортогональне).

Відповідно до способу проєкціювання проєкції називаються центральними або паралельними. Паралельні проєкції, в свою чергу, поділяються на косокутні та прямокутні. На практиці переважно використовуються паралельні прямокутні проєкції, оскільки вони значною мірою зберігають дійсні величини предметів та їхніх елементів, простіші в побудові.

## 1.2 Властивості ортогональних проєкцій

У курсі нарисної геометрії розглядаються задачі, які можна розділити на два типи: позиційні (задачі на взаємне розташування геометричних об'єктів) і метричні (задачі на вимірювання натуральних величин відрізків, кутів, плоских фігур тощо).

Відповідно до цих типів задач властивості ортогональних проєкцій також бувають двох типів: метричні і позиційні.

Вивчати властивості проєкцій будемо послідовно, розглядаючи проєкції різних геометричних елементів на площинах проєкцій.

## 1.3 Проєкція точки

Для побудови проєкції точки  $A$  (рис. 1.4) на площину проєкцій  $\Pi_1$  через цю точку проведемо проєкціювальний промінь до перетину з площиною  $\Pi_1$ . Точка  $A_1$  – проєкція точки  $A$ .

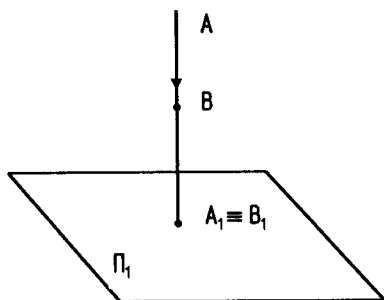


Рисунок 1.4

Якщо на проєкціювальному промені взяти будь-яку кількість точок, усі вони спроектуються в точку  $A_1$ . Таким чином, одна проєкція точки не визначає її положення у просторі.

Положення точки в просторі буде визначено, якщо побудувати проєкції точки на дві площини проєкцій, розміщені одна до одної під прямим кутом.

Розглянемо проєкції точки  $A$  на дві площини проєкцій, розміщені одна до одної під прямим кутом (рис. 1.5).

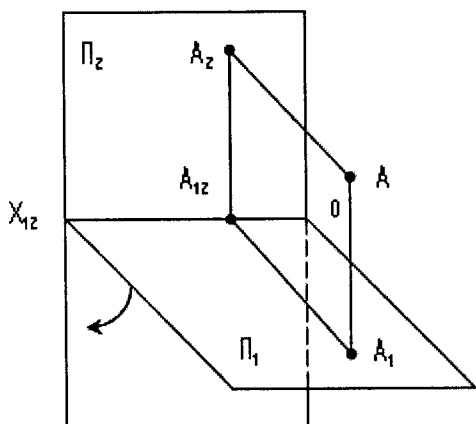


Рисунок 1.5

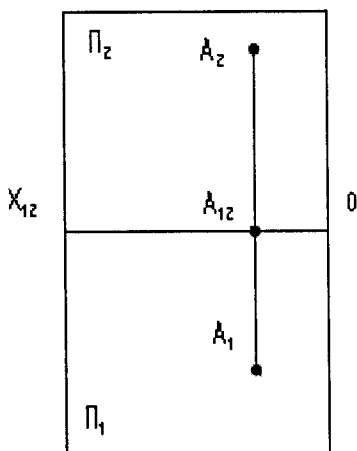


Рисунок 1.6

Для побудови проекції точки  $A$  на площину  $\Pi_1$  опустимо із цієї точки перпендикуляр на  $\Pi_1$ . Точка  $A_1$  – проекція точки  $A$  на  $\Pi_1$ . Аналогічно побудуємо проекцію точки  $A$  на площину  $\Pi_2$  – це буде точка  $A_2$ . Потім площину  $\Pi_1$  повертаємо відносно осі  $OX_{12}$  до суміщення з площиною  $\Pi_2$  і отримуємо плоске креслення – епюр (рис. 1.6).

Площина проекцій  $\Pi_1$  називається **горизонтальною** площиною проекцій, а площина  $\Pi_2$  – **фронтальною**.

Вісь  $OX_{12}$  – вісь проекцій. Точки  $A_1, A_2$  – проекції точки  $A$ , відповідно горизонтальна і фронтальна.

Пряма  $A_1 - A_2$  називається лінією зв'язку.

Оскільки проекціювальні промені  $AA_2$  та  $AA_1$  перпендикулярні до площин проекцій, то лінія зв'язку перпендикулярна до осі проекцій.

У прямокутнику  $AA_2A_{12}A_1$  сторони  $AA_2 = A_1A_{12}$  і  $AA_1 = A_2A_{12}$ . Таким чином, відстань від точки  $A$  до горизонтальної площини проекцій  $\Pi_1$  визначається відрізком  $A_2A_{12}$ , а відстань від точки  $A$  до площини  $\Pi_2$  – відрізком  $A_1A_{12}$  (рис. 1.5).

#### 1.4 Проекціювання точки на три площини проекцій

Розглянемо точку, що знаходиться в системі трьох площин проекцій (рис. 1.7). Площини проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ , а також побудова проекцій точки  $A - A_1$  та  $A_2$  – вже відомі.

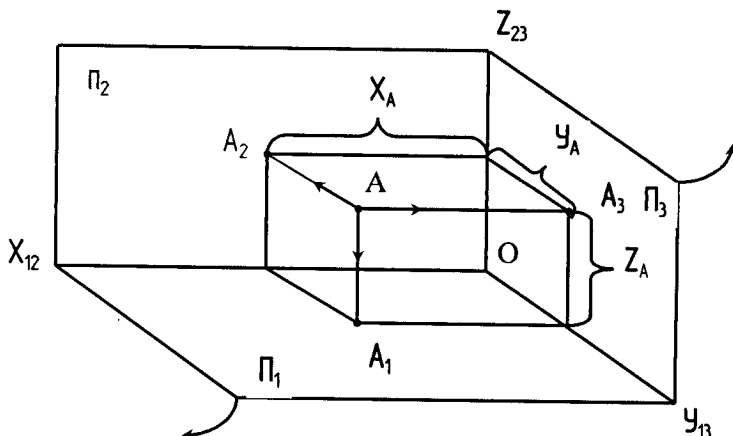


Рисунок 1.7

Площина проекцій  $\Pi_3$  називається **профільною** площиною проекцій. Якщо з точки  $A$  провести перпендикуляр до перетину з  $\Pi_3$ , отримуємо профільну проекцію точки  $A - A_3$ . Осі проекцій –  $OX_{12}, OY_{13}, OZ_{23}$ .

Для отримання епюра (рис. 1.8) площину  $\Pi_1$  розвернемо до суміщення з площиною  $\Pi_2$ , а далі  $\Pi_3$  – до суміщення з  $\Pi_2$ . При цьому осі  $X_{12}$  і  $Z_{23}$  не змінять свого положення як належні до  $\Pi_2$ , а вісь  $OY_{13}$  буде мати два напрямки. Дві суміжні проекції точки будуть лежати на одній лінії зв'язку.

Часто положення точки в просторі задається її координатами. Координати точки  $A$  –  $X_A Y_A Z_A$ . Відстань від точки  $A$  до площини  $\Pi_1$  визначається координатою  $Z_A$ , до площини  $\Pi_2$  – координатою  $Y_A$ , до площини  $\Pi_3$  – координатою  $X_A$ .

Для побудови горизонтальної проекції точки  $A$  за її координатами необхідно знати координати  $X_A$  і  $Y_A$ .

Для побудови фронтальної проекції точки  $A$  за її координатами необхідно знати координати  $X_A$  і  $Z_A$ .

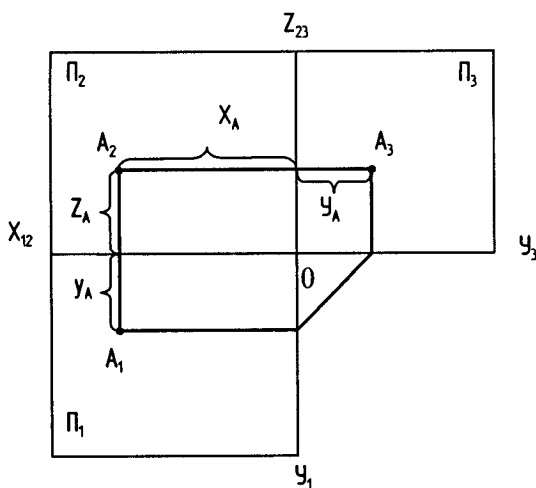


Рисунок 1.8

Побудова фронтальної проекції точки  $A$  ведеться за координатами  $X_A$  і  $Z_A$ , профільної – за координатами  $Y_A$  і  $Z_A$ . Якщо одна з координат точки дорівнює нулю, то точка належить одній з площин проекцій (рис. 1.9).

Якщо дві координати точки дорівнюють нулю, то точка належить осі проекцій.

Пропонуємо самостійно побудувати епюри точки, дві координати якої дорівнюють нулю.

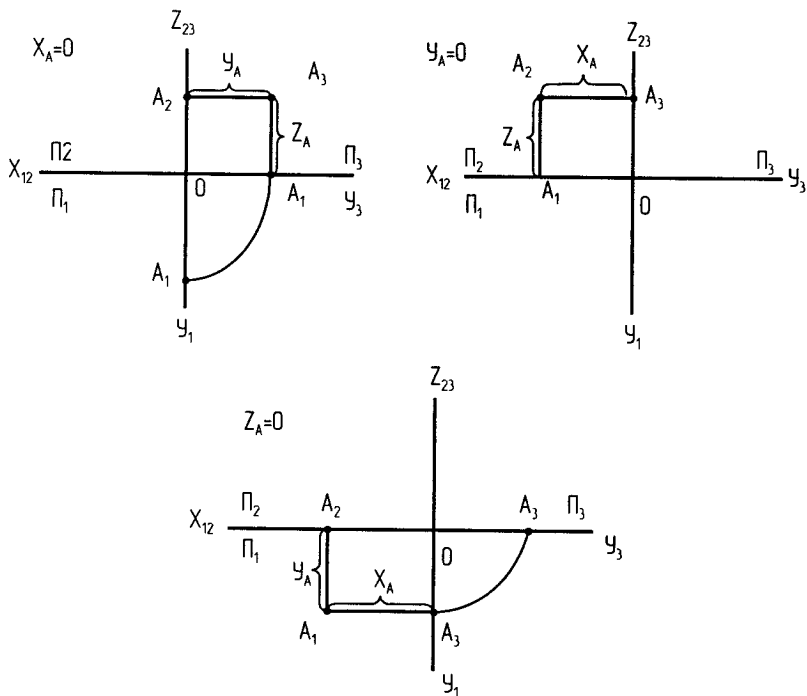


Рисунок 1.9

### 1.5 Точка в різних чвертях простору

Площинами проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  простір ділиться на чотири чверті чи квадранти (рис. 1.10).

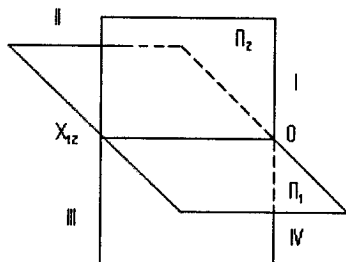


Рисунок 1.10

Для отримання епюра площину проєкцій  $\Pi_1$  повертають відносно осі  $OX_{12}$  за ходом годинникової стрілки до суміщення із площиною  $\Pi_2$ . При цьому передня півплощина  $\Pi_1$  суміститься з нижньою півплощиною  $\Pi_2$ , а задня – з верхньою.

Якщо точка знаходиться у першій чверті, то на епюрі її фронтальна проєкція розміститься над віссю  $OX_{12}$ , а горизонтальна під нею (рис. 1.11).

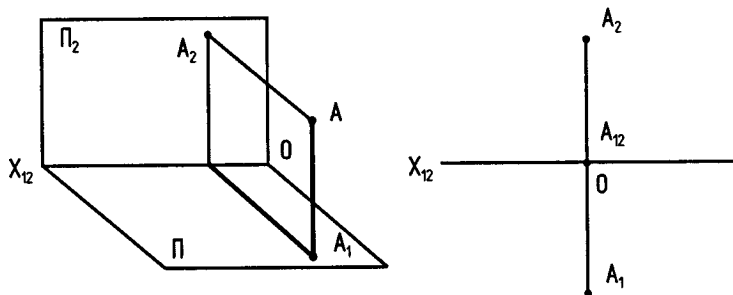


Рисунок 1.11

Якщо точка знаходиться у другій чверті, то на епюрі обидві її проєкції розмістяться над віссю  $OX_{12}$  (рис. 1.12).

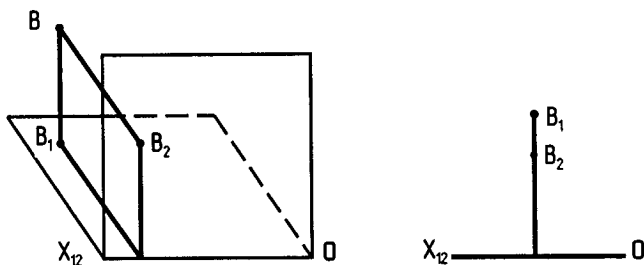


Рисунок 1.12

Якщо точка знаходиться у третій чверті, то на епюрі її горизонтальна проєкція розміститься над віссю  $OX_{12}$ , а фронтальна під нею (рис. 1.13).

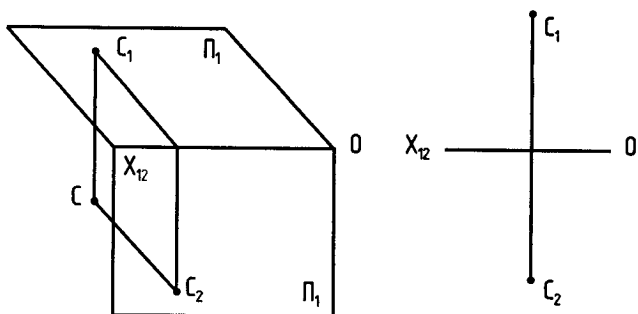


Рисунок 1.13

Якщо точка знаходиться у четвертій чверті, то обидві її проєкції розмістяться під віссю  $OX_{12}$  (рис. 1.14).

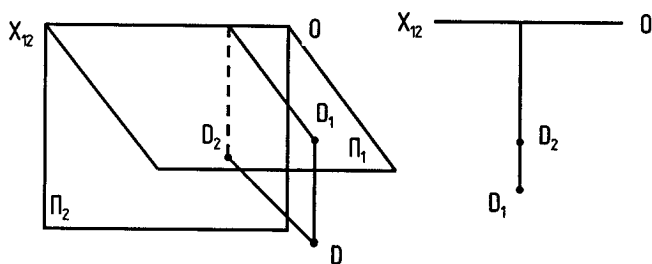


Рисунок 1.14

## 2 ПРОЕКЦІЯ ПРЯМОЇ

### 2.1 Положення прямої в просторі

Положення прямої у просторі визначається двома її точками. Для зображення прямої лінії необхідно побудувати проєкції двох точок, які належать цій прямій. Такими точками є крайні точки відрізка прямої.

Одна проєкція прямої не визначає її положення у просторі. В площині  $\alpha$  можна провести кілька прямих. Їх проєкції будуть збігатися з проєкцією прямої АВ на  $\Pi_1$  (рис. 2.1).

Дві проєкції прямої повною мірою визначають її положення у просторі.

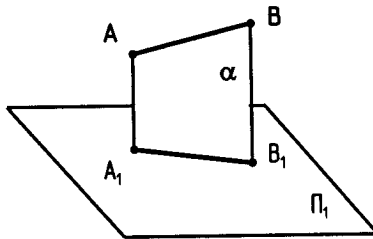


Рисунок 2.1

#### 2.1.1 Пряма загального положення

Пряма загального положення – це пряма, яка не паралельна та не перпендикулярна ні до однієї з площин проєкції (рис. 2.2).

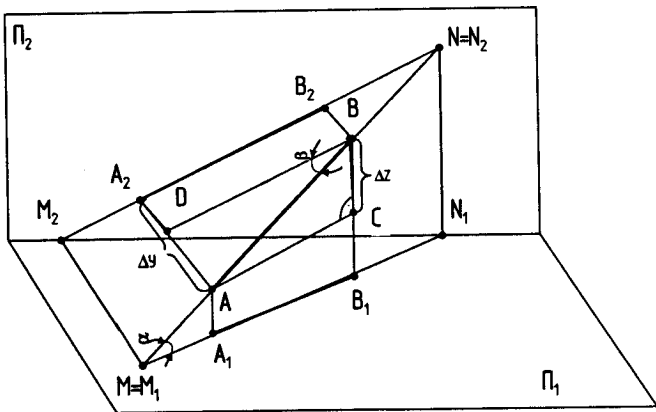


Рисунок 2.2



### 2.1.2 Проекціювальні прямі

Проекціювальними називаються прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій.

Назві проекціювальної прямої відповідає назва площини проєкцій, до якої вона перпендикулярна. Пряма, перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій, називається **горизонтально-проекціювальною** (рис. 2.3).

Пряма, перпендикулярна до  $\Pi_2$ , називається **фронтально-проекціювальною** (рис. 2.4).

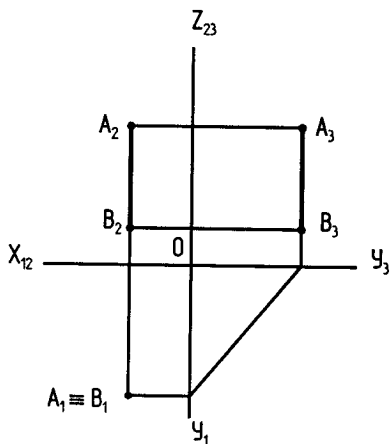


Рисунок 2.3

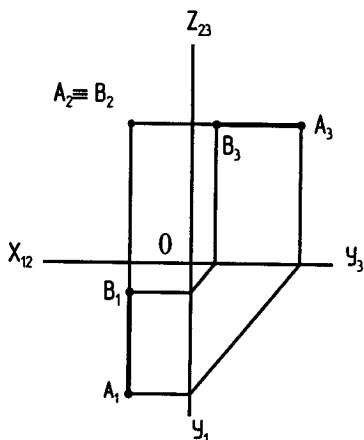


Рисунок 2.4

Пряма, перпендикулярна до  $\Pi_3$ , називається **профільно-проекціювальною** (рис. 2.5).

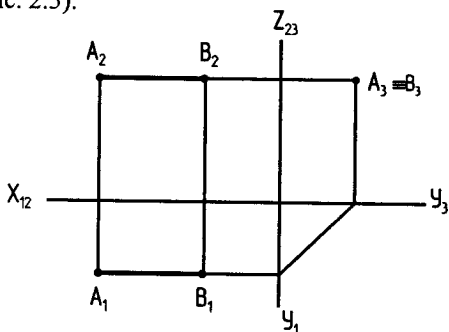


Рисунок 2.5

### 2.1.3 Прямі рівня

Прямі рівня – це прямі, які паралельні одній з площин проєкцій. Назви прямої відповідає назва площини проєкцій, якій паралельна пряма.

Пряма, паралельна горизонтальній площині проєкцій, називається горизонтальною (рис. 2.6), а пряма, паралельна  $\Pi_2$  – фронтальною (рис. 2.7).

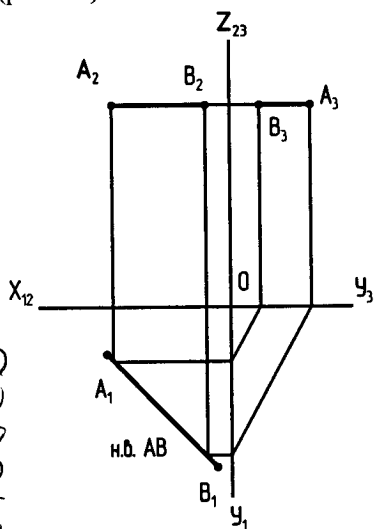


Рисунок 2.6

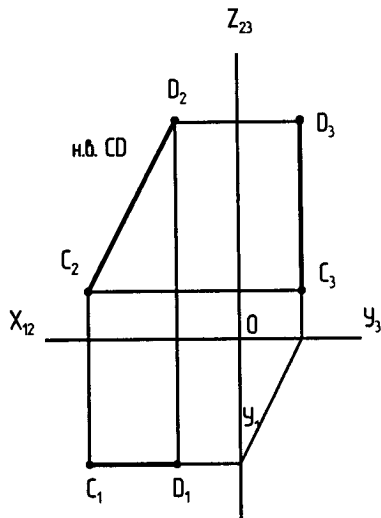


Рисунок 2.7

Пряма, паралельна  $\Pi_3$ , називається профільною (рис. 2.8).

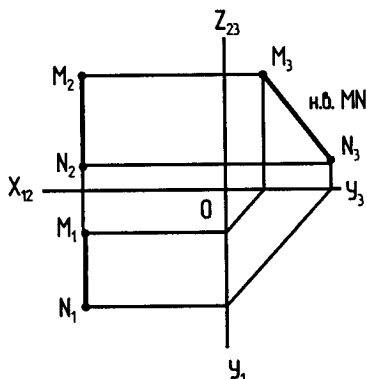
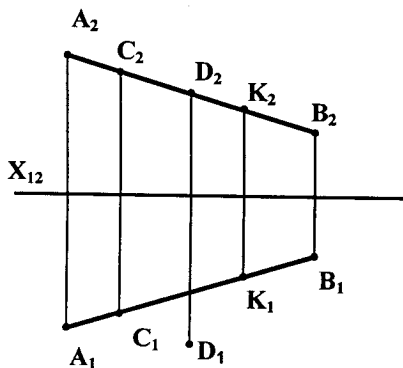


Рисунок 2.8

## 2.2 Позиційні задачі

### 2.2.1 Точка і пряма

Якщо точка належить прямій, то однойменні проєкції точки знаходяться на однойменних проєкціях прямої (рис. 2.9).



$C_2 \in A_2B_2 \quad C_1 \in A_1B_1 \Rightarrow C \in AB$   
 $D_2 \in A_2B_2 \quad D_1 \notin A_1B_1 \Rightarrow D \notin AB$   
 $K_2 \in A_2B_2 \quad K_1 \in A_1B_1 \Rightarrow K \in AB$

Рисунок 2.9

### 2.2.2 Взаємне положення двох прямих

Дві прями у просторі можуть бути:

- 1) паралельними;
- 2) такими, що перетинаються;
- 3) мимобіжними.

Якщо дві прями паралельні, то паралельні також однойменні їх проєкції (рис. 2.10).

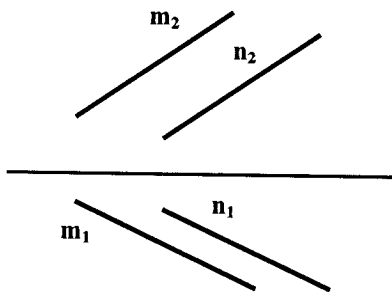


Рисунок 2.10

## 2.3 Метричні задачі

### 2.3.1 Натуральна величина відрізка прямої

Натуральна величина відрізка прямої загального положення дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, один з катетів якого є горизонтальною (фронтальною) проекцією відрізка, а другий дорівнює різниці координат  $Z(Y)$  кінців відрізка (рис. 2.11).

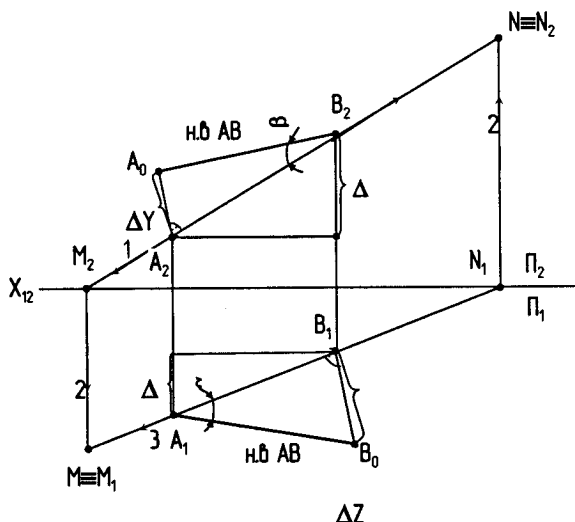


Рисунок 2.11

Кут  $\alpha(\beta)$  між горизонтальною (фронтальною) проекцією відрізка прямої і натуральною її величиною є кутом нахилу відрізка прямої до  $\Pi_1$  ( $\Pi_2$ ).

### 2.3.2 Сліди прямої

Слідом прямої називається точка її перетину з площиною проекції (див. рис. 2.2 та рис. 2.11). Точка  $M$  – горизонтальний слід прямої  $AB$ , точка  $N$  – фронтальний. Для побудови горизонтального сліду прямої  $AB$  необхідно продовжити фронтальну проекцію відрізка  $AB(A_2B_2)$  до перетину з віссю  $X_{12}$  в точці  $M_2$  і з цієї точки провести перпендикуляр до осі  $X_{12}$  до перетину з продовженням горизонтальної проекції прямої  $AB(A_1B_1)$  в точці  $M_1 \equiv M$ . Точка  $M_2$  – фронтальна проекція фронтального сліду прямої  $AB$ , а точка  $M_1$  – горизонтальна проекція горизонтального сліду цієї прямої (вона збігається зі слідом  $M_1 \equiv M$ ).

Для побудови фронтального сліду прямої  $AB$  на епюрі (рис. 2.11) необхідно продовжити горизонтальну проекцію прямої  $AB(A_1B_1)$  до перети-

ну з віссю  $X_{12}$  в точці  $N_1$  і з цієї точки провести перпендикуляр до перетину з продовженням фронтальної проекції прямої  $AB(A_2B_2)$  в точці  $N_2 \equiv N$ . Точка  $N_1$  – горизонтальна проекція фронтального сліду прямої  $AB$  і точка  $N_2$  є фронтальною проекцією фронтального сліду цієї прямої (вона збігається з самим слідом  $N \equiv N_2$ ).

### 2.3.3 Властивості проєкцій прямого кута

Якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій, а друга не перпендикулярна до неї, то прямий кут проєкціюється на цю площину проєкцій у натуральну величину (рис. 2.12).

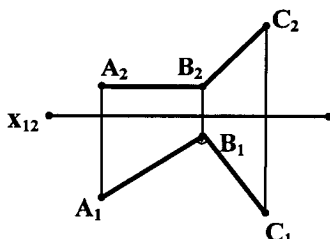


Рисунок 2.12

**Задача 1.** Визначити відстань від точки  $A$  до прямої  $l$ , що паралельна  $\Pi_1$  (рис. 2.13).

**Розв'язання.** Для визначення відстані від точки  $A$  до прямої  $l$  необхідно провести перпендикуляр  $AC$  із точки  $A$  до прямої  $l$ . Оскільки  $l \parallel \Pi_1$ , то прямий кут між  $l$  і  $AC$  проєкціюється в натуральну величину на  $\Pi_1$ . Проводимо  $A_1C_1 \perp l_1$ , потім будемо  $A_2C_2$  і за методом прямокутного трикутника визначаємо натуральну величину  $AC$ .

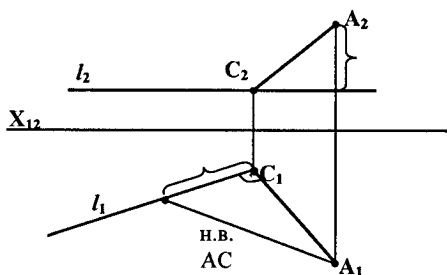


Рисунок 2.13

## 3 ПЛОЩИНА

### 3.1 Способи її зображення

Площину можна задати у просторі шістьма способами. Розглянемо їх.

1. Площину можна провести через 3 точки, що не лежать на одній прямій (рис. 3.1).
2. Площину можна провести через пряму й точку, що не лежить на цій прямій (рис. 3.2).

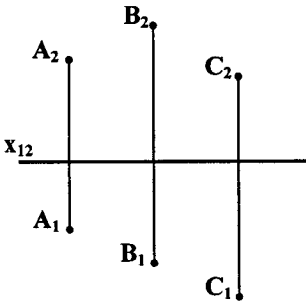


Рисунок 3.1

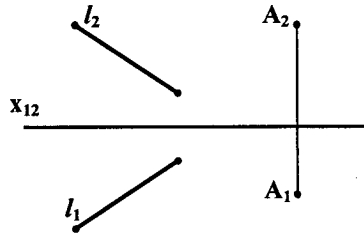


Рисунок 3.2

3. Площину можна провести через дві паралельні прямі (рис. 3.3).
4. Площину можна провести через дві прямі, що перетинаються (рис. 3.4).

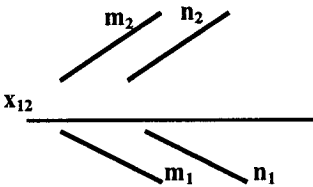


Рисунок 3.3

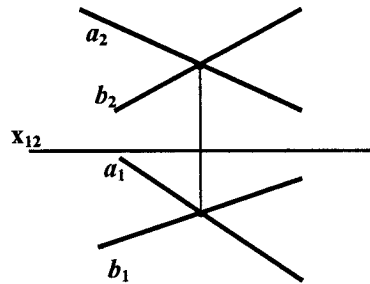


Рисунок 3.4

5. Площина задається відськом будь-якої форми (рис. 3.5).

6. Площина задається слідами (рис. 3.6).

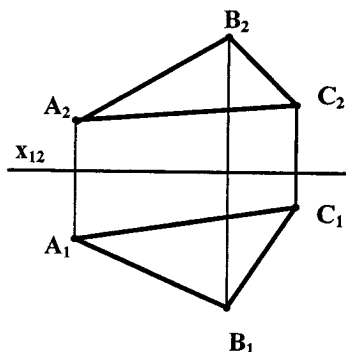


Рисунок 3.5

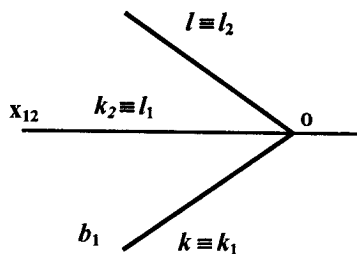


Рисунок 3.6

Слідом площини називається пряма, по якій площина пересікається з площиною проєкцій.

Фронтальний слід  $l$  площини збігається з його фронтальною проєкцією  $l_2$ , а горизонтальний слід  $k$  площини – з його горизонтальною проєкцією  $k_1$ . Горизонтальна проєкція фронтального сліду  $l_1$  збігається з фронтальною проєкцією горизонтального сліду  $k_2$  і знаходиться на осі  $OX_{12}$ .

## 3.2 Розміщення площини у просторі

### 3.2.1 Площини загального положення

Площиною загального положення називається площина, не паралельна і не перпендикулярна ні одній із площин проєкцій (див. рис. 3.1 – 3.6).

### 3.2.2 Проекціювальні площини

**Проекціювальні площини** – це площини, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій. Їх назва відповідає назві тієї площини проєкцій, до якої вони перпендикулярні.

Площина, перпендикулярна до  $\Pi_1$ , називається **горизонтально-проекціювальною**, а площина, перпендикулярна до  $\Pi_2$ , – **фронтально-проекціювальною**, площина, перпендикулярна до  $\Pi_3$ , – **профільно-проекціювальною**.

Горизонтальні проєкції всіх точок, що належать горизонтально-проекціювальній площині, розміщуються на одній прямій – горизонтальному сліду цієї площини (рис. 3.7).

Ця властивість горизонтального сліду горизонтально-проекціювальної площини називається збірною. Аналогічну властивість мають фронтальний

слід фронтально-проекціовальної площини та профільний слід профільно-проекціовальної площини.

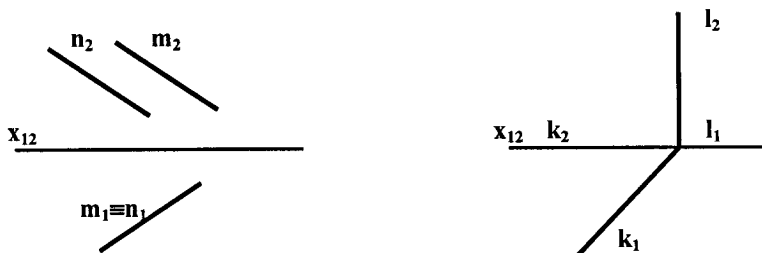


Рисунок 3.7

### 3.2.3 Площини рівня

**Площини рівня** – це площини, паралельні одній з площин проєкцій. Площини, паралельні  $\Pi_1$ , називаються **горизонтальними** (рис. 3.8), площини, паралельні  $\Pi_2$ , – **фронтальними** (рис. 3.9), а площини, паралельні  $\Pi_3$ , – **профільними** (рис. 3.10).

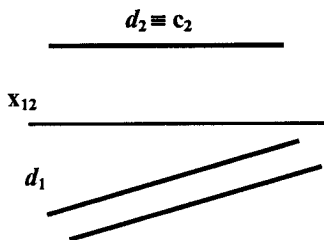


Рисунок 3.8

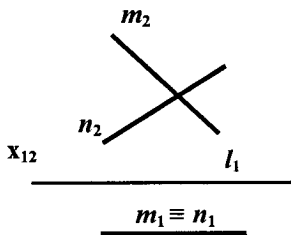


Рисунок 3.9

Пропонується самостійно побудувати проєкції фронтально- й профільно-проекціовальних площин, заданих будь-яким способом.

Сліди площин рівня, як і сліди проєкціовальних площин, характеризуються збірною властивістю.



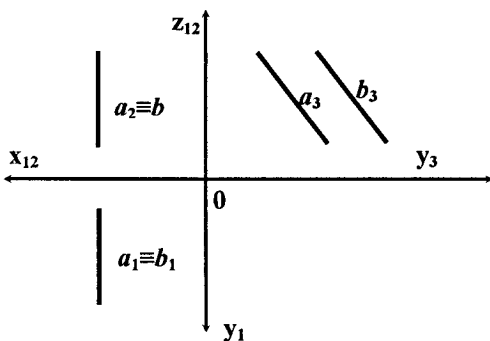


Рисунок 3.10

### 3.3 Точка і пряма на площині

Пряма належить площині, якщо вона має з нею дві спільні точки (рис. 3.11).

Точка належить площині, якщо вона знаходиться на прямій, яка належить цій площині (рис. 3.11).

Пряма належить площині, яку задано трикутником  $ABC$ , тому що вона має з нею дві спільні точки  $1$  і  $2$ .

Точка  $K$  належить площині  $ABC$ , тому що вона знаходиться на прямій  $l$ , яка належить цій площині.

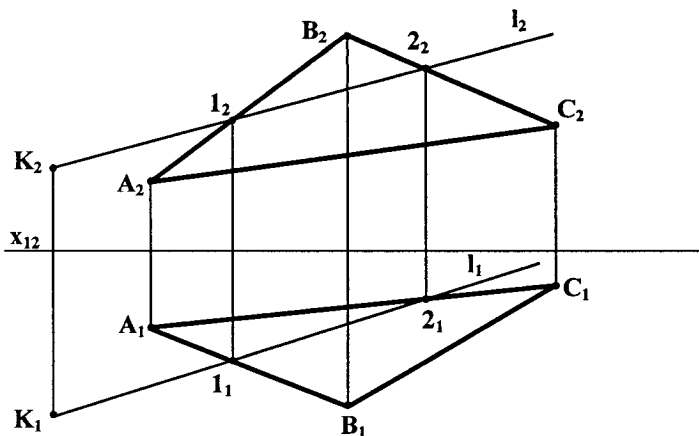


Рисунок 3.11

### 3.4 Особливі лінії площини

До особливих ліній площини належать **горизонталь**, **фронталь** і **лінія найбільшого нахилу**.

Пряма  $h$ , що належить цій площині й паралельна горизонтальній площині  $\Pi_1$ , – **горизонталь площини**; пряма  $f$ , що також належить цій площині й паралельна фронтальній площині  $\Pi_2$ , – **фронталь площини** (рис. 3.12). Пряма  $h_2$  – фронтальна проекція горизонталі, пряма  $h_1$  – горизонтальна. Пряма  $f_2$  – фронтальна проекція фронталі, пряма  $f_1$  – горизонтальна.

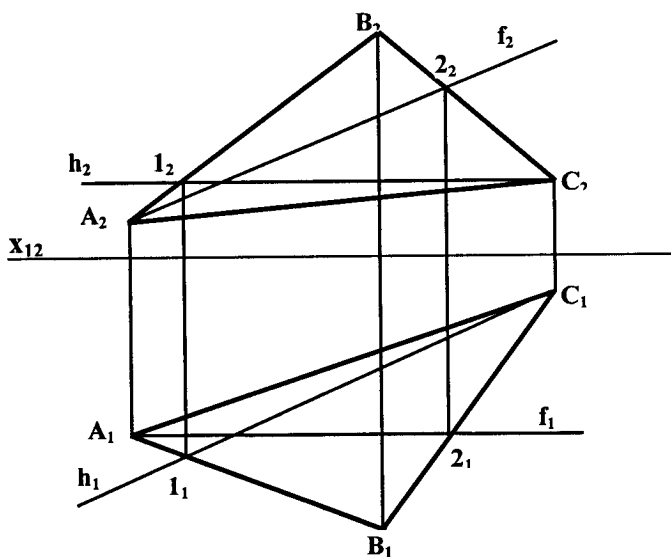


Рисунок 3.12

**Лінією найбільшого нахилу площини** називається пряма, що належить цій площині й перпендикулярна до її сліду.

Лінія найбільшого нахилу відносно  $\Pi_1$  називається **лінією найбільшого спаду**. Вона перпендикулярна до горизонтального сліду цієї площини або до її горизонталі. Кут нахилу лінії найбільшого спаду до  $\Pi_1$  є кутом нахилу цієї площини до  $\Pi_1$ .

Лінія найбільшого нахилу відносно  $\Pi_2$  перпендикулярна до фронтального сліду площини або до її фронталі. Кут між лінією найбільшого нахилу і  $\Pi_2$  є кутом нахилу цієї площини до  $\Pi_2$ .

### 3.5 Взаємне положення прямої та площини

#### 3.5.1 Паралельність прямої і площини

Пряма лінія паралельна площині, якщо ця пряма паралельна хоча б одній прямій, що належить цій площині (рис. 3.13).

**Задача 1.** Через точку  $A$  провести пряму, паралельну цій площині (рис. 3.13).

**Розв'язання.** На площині, що задана двома паралельними прямими  $(m||n)$ , проводимо будь-яку пряму  $l$ , яка належить площині  $(m||n)$ . Далі будемо пряму  $k$ . Вона проходить через точку  $A$  і паралельна прямій  $l$ , а отже, і площині  $(m||n)$ .

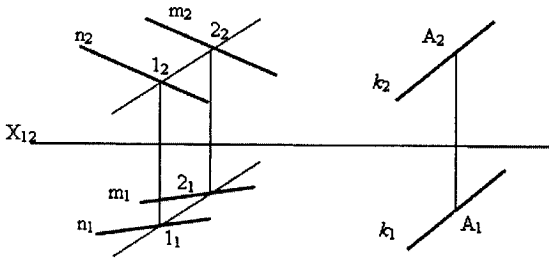


Рисунок 3.13

#### 3.5.2 Перетин прямої з площиною

**Задача 1.** Побудувати проєкції точки перетину прямої  $l$  з площиною  $ABC$  (рис. 3.14).

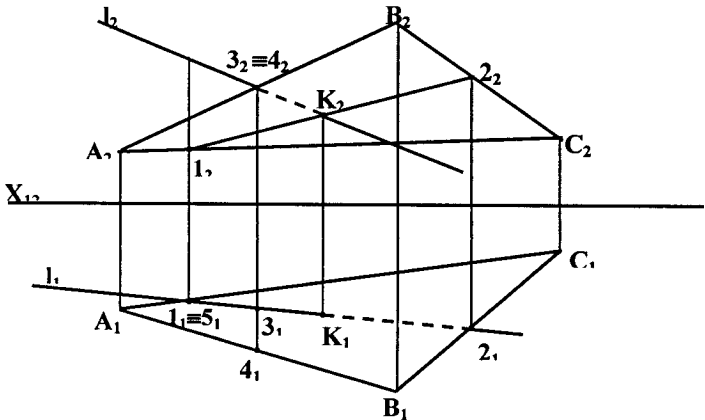


Рисунок 3.14

### Розв'язання.

1. Через пряму  $l$  проводимо допоміжну площину особливого положення. У цій задачі площина  $\alpha$  – горизонтально-проеціювальна.

2. Знаходимо проєкції лінії перетину допоміжної площини  $\alpha$  із заданою площиною (лінії  $l_1 - 2_1, l_2 - 2_2$ ).

3. Визначаємо точку перетину прямої з площиною – точку  $K$ .

4. За допомогою конкуруючих точок визначаємо видимість прямої та площини.

**Задача 2.** Побудувати (самостійно) точку перетину прямої  $m$  з площиною (рис. 3.15).

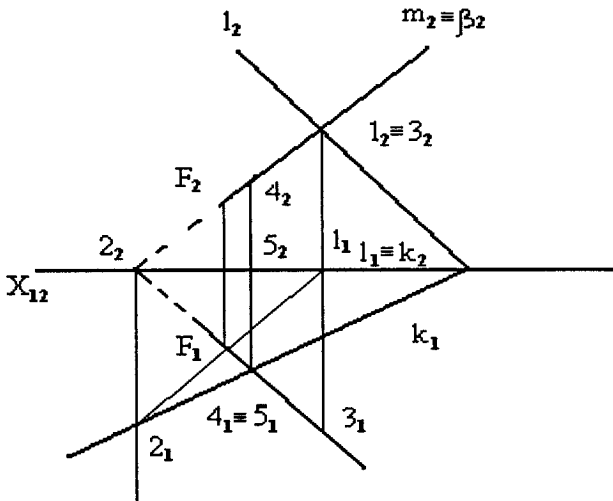


Рисунок 3.15

### 3.6 Взаємне положення двох площин

Площини можуть займати одна відносно одної такі положення:

- 1) площини паралельні між собою;
- 2) площини перпендикулярні;
- 3) площини перетинаються.

#### 3.6.1 Паралельність двох площин

Дві площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини паралельні двом прямим, що перетинаються, другої площини (рис. 3.16).

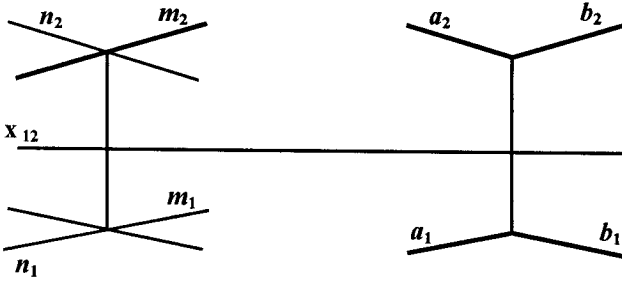


Рисунок 3.16

### 3.6.2 Перетин двох площин

Дві площини перетинаються по прямій лінії, положення якої визначається двома точками. Необхідно знайти дві точки, спільні для обох площин і з'єднати їх.

Якщо одна з площин, що перетинаються, проєкціювальна, то проєкція лінії перетину площин збігається з проєкцією проєкціювальної площини. Лишається тільки побудувати другу проєкцію прямої.

Розглянемо дві площини:  $ABC$  – площина загального положення, яка задана трикутником, друга площина – горизонтально-проєкціювальна  $\alpha$ .

Горизонтальна проєкція лінії перетину ( $1_1-2_1$ ) збігається з горизонтальним слідом проєкціювальної площини  $\alpha$  і належить трикутнику  $ABC$  (рис. 3.17). Знаходимо фронтальну проєкцію лінії перерізу двох площин ( $1_2-2_2$ ).

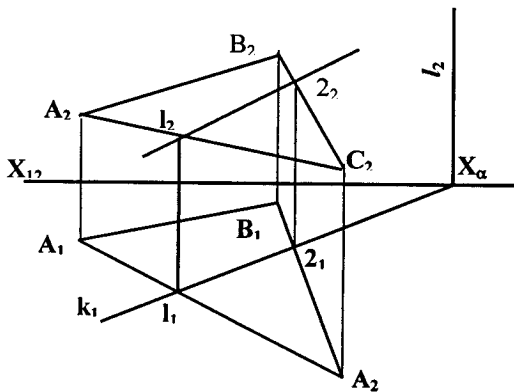


Рисунок 3.17

Якщо перетинаються дві площини загального положення, то лінія їх перетину знаходиться способом допоміжних січних площин, якими можуть бути площини рівня або проєкційвальні площини (рис. 3.18).

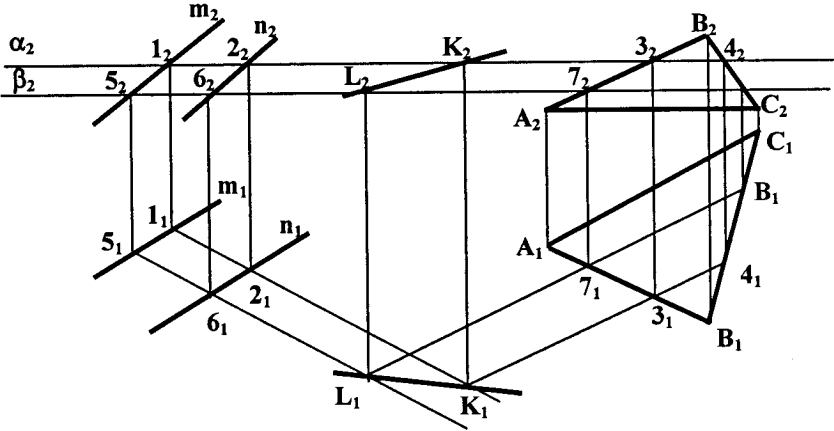


Рисунок 3.18

## 4 СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

### 4.1 Спосіб заміни площин проєкцій

Суть способу заміни площин проєкцій полягає в тому, що положення зображених точок, ліній, плоских фігур у просторі залишається незмінним, а система площин  $\Pi_1, \Pi_2$  доповнюється новими площинами, що утворюють з  $\Pi_2$  і  $\Pi_1$  або між собою системи двох взаємно перпендикулярних площин, які прийнято за площини проєкцій.

Кожну нову систему площин проєкції вибирають так, щоб отримати положення, найзручніше для виконання необхідної побудови.

Використання способу зміни площин проєкцій для розв'язання різних задач ґрунтується на розв'язуванні чотирьох основних задач.

**Задача 1.** Пряму  $l(l_1, l_2)$  загального положення в новій системі площин проєкцій зробити лінією рівня.

**Розв'язання.** Задамо на кресленні пряму  $l$  загального положення відрізком АВ (рис. 4.1).

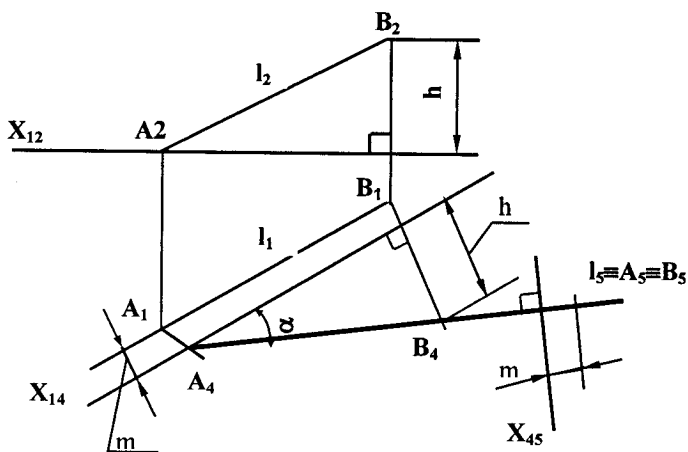


Рисунок 4.1

Використовуючи можливість вибору положення осі проєкцій – «бази відліку відстаней», на комплексному кресленні можна провести цю вісь ( $X_{12}$ ) через точку  $A_2$ , що має найменшу висоту. З рис. 4.1 видно, що пряма  $l$  не є лінією рівня, бо жодна її проєкція не паралельна осі  $X_{12}$ . Тому, щоб  $l$  стала лінією рівня, наприклад фронталлю, відносно нової площини проєк-

цій паралельно  $l$ , проведемо горизонтально проєкціювальну площину  $\Pi_4$  і перейдемо від системи  $(\Pi_1, \Pi_2)$  до системи  $(\Pi_1, \Pi_4)$ . Нову вісь проєкції потрібно вибрати паралельно  $l_1$ . Для побудови нової фронтальної проєкції прямої  $l$  проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно до  $X_{14}$  і відмічаємо на них нові проєкції точок  $A$  і  $B$  – точку  $A_4$  на осі  $X_{14}$  і точку  $B_4$  на висоті  $h$ . З'єднавши знайдені точки, одержимо нову проєкцію прямої  $l_4 (A_4B_4)$ .

Таким чином, пряма  $l (l_1, l_4)$  у новій системі площин проєкцій  $(\Pi_1, \Pi_4)$  є фронтальною лінією рівня, оскільки  $l_1 \parallel X_{14}$ , а отже,  $l_1 \parallel \Pi_4$ . Тому відрізок  $A_4B_4$  дорівнює натуральному відріzkу  $AB$ .

Таким чином, після заміни площини  $\Pi_2$  площиною  $\Pi_4$  досягнуто таке:

- 1) пряма  $l (l_1, l_2)$  стала лінією рівня;
- 2) відрізок  $A_4B_4$  дорівнює натуральному відріzkу  $AB$ ;
- 3) кут  $\alpha$ , утворений проєкцією  $A_4B_4$  з віссю  $X_{14}$ , дорівнює натуральній величині кута нахилу прямої  $l (AB)$  до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

**Задача 2.** Пряму  $l$  загального положення в новій системі площин проєкцій зробити проєкціювальною прямою.

**Розв'язання.** Раніше було розглянуто перетворення прямої загального положення на лінію рівня способом заміни однієї площини проєкцій (рис. 4.1).

Для перетворення прямої  $l (AB)$  на проєктувальну необхідно замінити ще одну площину проєкцій, якщо від системи  $(\Pi_1, \Pi_4)$  переходить до системи  $(\Pi_4, \Pi_5)$ .

Нову площину проєкцій  $\Pi_5$  вибираємо перпендикулярно до площини проєкцій  $\Pi_4$  та перпендикулярно до прямої  $AB$ .

На кресленні (див. рис. 4.1) нову вісь проєкцій необхідно провести перпендикулярно до  $A_4B_4 (X_{45} \perp A_4B_4)$ . Отже, лінії зв'язку  $A_4A_5$  і  $B_4B_5$  будуть у цьому разі збігатися з прямою  $A_4B_4$ . Відкладаючи на лінії зв'язку від нової осі  $X_{45}$  відрізок  $m$ , який дорівнює відстані точок прямої  $l$  до площини  $\Pi_4$ , отримаємо проєкцію заданої прямої на площину  $\Pi_5$  у вигляді точки  $l \equiv A_5 \equiv B_5$ .

Таким чином, після того, як зроблено другу заміну площини проєкцій, переходимо до системи площин  $(\Pi_4, \Pi_5)$ . При цьому добиваємося, що пряма  $AB$  стає проєкціювальною лінією відносно площини  $\Pi_5$  у вигляді однієї точки  $A_5 \equiv B_5$ .

**Задача 3.** Площину  $\theta$  – загального положення в новій системі площин проєкцій зробити проєкціювальною.

**Розв'язання.** Площину загального положення  $\theta$  на кресленні задамо трикутником  $ABC$ . Щоб зробити площину  $\theta$ , наприклад, фронтально-проєкціювальною, необхідно площину  $\Pi_2$  замінити новою площиною  $\Pi_4$ , обираючи останню перпендикулярною до  $\theta$  (рис. 4.2).



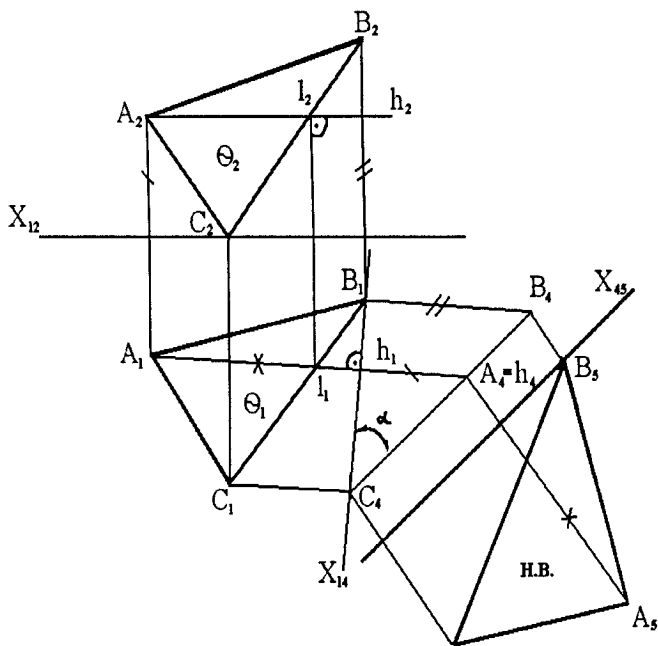


Рисунок 4.2

Для цього на площині  $\theta$  проведемо горизонталь  $h$ . Нову площину проєкцій  $\Pi_4$  проведемо перпендикулярно до цієї горизонталі, а значить, також перпендикулярно до площини проєкцій  $\Pi_1$ . Тоді горизонталь і площина  $\theta$  стануть проєкціювальними відносно площини  $\Pi_4$ .

Для виконання заміни на комплексному кресленні проводимо нову вісь  $X_{14}$  перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі  $h$  ( $X_{14} \perp h_1$ ). З кожної точки ( $A_1, B_1, C_1$ ) перпендикулярно до  $X_{14}$  проводимо лінії зв'язку на  $\Pi_4$ . На цих лініях відкладаємо координати  $Z$  точок, які беремо з  $\Pi_2$ . У результаті одержимо нові проєкції точок  $A_4, B_4, C_4$ , що розміщені на одній прямій – новій проєкції площини  $\theta$ .

Отже, замінюючи площину  $\Pi_2$  площиною  $\Pi_4$ :

- 1) площина  $ABC$  стала проєкціювальною;
- 2) кут  $\alpha$ , утворений проєкцією  $A_4B_4C_4$  з віссю  $X_{14}$ , дорівнює натуральній величині кута нахилу площини  $\theta$  до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

**Задача 4.** Площину  $\theta$  загального положення в новій системі площин проєкцій зробити площиною рівня.

**Розв'язання.** Раніше було розглянуто перетворення площини загального положення в проекціювальну площину способом заміни однієї площини проекцій (див. рис. 4.2).

Для перетворення площини  $\theta$ , заданої трикутником  $ABC$ , у площину рівня від системи площин проекцій  $(\Pi_1, \Pi_4)$  необхідно перейти до нової системи  $(\Pi_4, \Pi_5)$ , тобто додатково замінити площину  $\Pi_1$  новою площиною  $\Pi_5 \parallel \theta$ . Для цього на кресленні проводимо нову вісь  $X_{45}$  паралельно  $\theta$  ( $A_4B_4C_4$ ) на будь-якій відстані від останньої. З кожної точки  $A_4, B_4, C_4$  проводимо лінії зв'язку на  $\Pi_5$  перпендикулярно до  $X_{45}$ . Від осі  $X_{45}$  на лініях зв'язку відкладаємо координати відповідних точок із  $\Pi_1$  до осі  $X_{14}$ . Таким чином, одержимо проекції точок  $A_5, B_5, C_5$  на  $\Pi_5$ . З'єднавши їх, утворимо нову проекцію трикутника  $ABC$  на  $\Pi_5$  (див. рис. 4.2).

Отже, послідовно замінюючи обидві площини проекцій  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$ :

- 1) площина  $ABC$  стала площиною рівня відносно площини  $\Pi_5$ ;
- 2) проекція  $(A_5B_5C_5)$  дорівнює натуральній величині трикутника  $ABC$ .

#### 4.1.1 Приклади розв'язання деяких задач способом заміни площин проекцій

**Задача 1.** Визначити відстань від точки  $M$  до площини  $\alpha$  загального положення. На рис. 4.3 площина  $\alpha$  задана слідами.

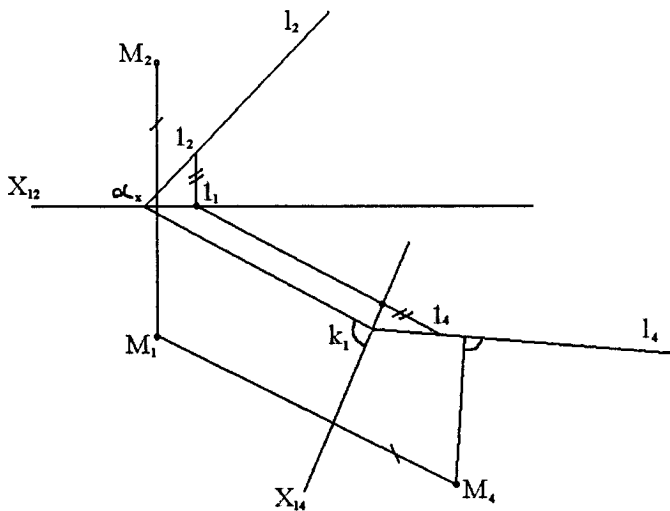


Рисунок 4.3

**Розв'язання.** Вводимо додаткову площину проєкцій  $\Pi_4$  перпендикулярно до сліду  $K_1$ , тобто до лінії перетину цієї площини з  $\Pi_1$ . Таким чином площина  $\Pi_4$  буде перпендикулярною до  $\Pi_1$  і заданої площини  $\alpha$ . Щоб одержати слід площини  $\alpha$  на  $\Pi_4$ , візьмемо точку  $l_2$  на сліді  $l_2$  і перенесемо її на  $\Pi_4$ . З'єднавши точку збігу слідів з точкою  $l_4$ , одержимо слід площини  $\alpha$ , перпендикулярної до  $\Pi_4$ .

На лінії зв'язку від точки  $M_1$  на  $\Pi_4$  від осі  $X_{14}$  відкладаємо відрізок, який дорівнює відрітку від точки  $M_2$  до осі  $X_{12}$  – одержуємо точку  $M_4$ . Шукана відстань від точки  $M$  до площини  $\alpha$  визначається перпендикуляром, проведеним із точки  $M_4$  на слід площини  $\alpha$ .

**Задача 2.** Визначити найкоротшу відстань між двома мимобіжними прямими.

**Розв'язання.** У побудові, показаній на рис. 4.4, одна з мимобіжних прямих (AB) спроекційована в точку на додаткову площину проєкцій  $\Pi_5$ . Виконано такий план побудови:

- від системи  $\Pi_1, \Pi_2$  перейти до системи  $(\Pi_1, \Pi_4)$ , де  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ;  $\Pi_4 \parallel AB$  (задача 1);
- від системи  $(\Pi_1, \Pi_4)$  перейти до системи  $(\Pi_4, \Pi_5)$ , де  $\Pi_5 \perp \Pi_4$ ;  $\Pi_5 \perp AB$  (задача 2);
- одержавши на площині проєкцій  $\Pi_5$  проєкцію прямої  $AB$  у вигляді точки й проєкцію другої прямої  $C_5D_5$ , а також провівши з  $A_5B_5$  перпендикуляр на  $C_5D_5$ , знайдемо шукану відстань між мимобіжними прямими  $AB$  і  $CD$ .

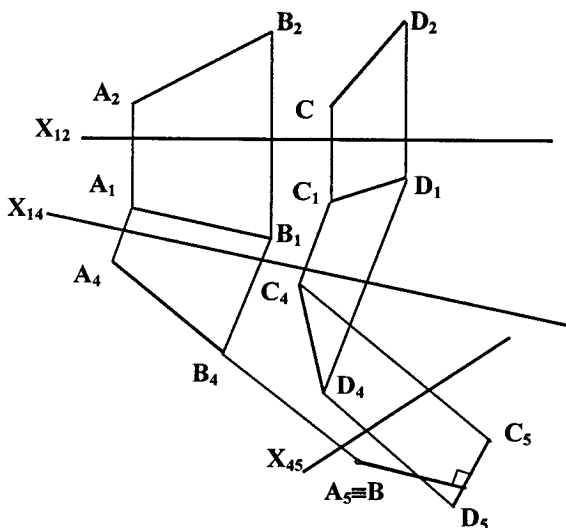


Рисунок 4.4

## 4.2 Спосіб плоскопаралельного переміщення (вісь обертання не вказується)

Суть цього способу полягає в тому, що площини проєкцій залишаються нерухомими, а фігури (точка, лінія, площина) у просторі переміщуються до бажаного положення. При цьому одна з проєкцій фігури, переміщається в необхідне положення, не змінюючи свого вигляду і величини. Вісь обертання не вказується.

Застосування способу плоскопаралельного переміщення ґрунтується на розв'язанні чотирьох основних задач.

**Задача 1.** Відрізок АВ прямої загального положення повернути таким чином, щоб він став паралельним площині  $\Pi_2$  (рис. 4.5).

**Розв'язання.** Беремо горизонтальну проєкцію  $A_1B_1$  і переміщаємо її паралельно осі  $X_{12}$ , що відповідає паралельності самого відрізка  $\Pi_2$ . При цьому  $A_1B_1 = A'_1B'_1$ . Щоб одержати фронтальну проєкцію точок А і В, проводимо лінії зв'язку перпендикулярно до осі  $X_{12}$ , а від проєкцій точок  $A_2B_2$  – лінії зв'язку паралельно осі  $X_{12}$ . На перетині цих ліній зв'язку одержимо проєкції точок  $A'_2B'_2$ , тобто натуральну величину відрізка прямої АВ. Тут же можна позначити кут нахилу  $\alpha$  цієї прямої до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

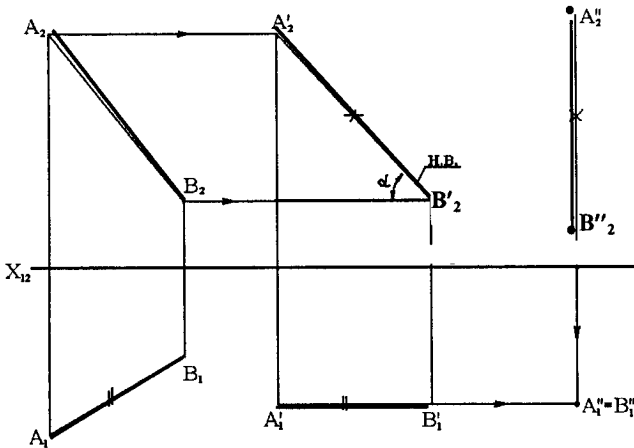


Рисунок 4.5

**Задача 2.** Перемістити відрізок  $AB \perp \Pi_1$ .

**Розв'язання.** Спочатку розв'язуємо задачу 1. Далі розміщуємо проєкцію  $A'_2B'_2 \perp X_{12}$ , причому  $A'_2B'_2 = A''_2B''_2$  (рис. 4.5). На перетині ліній зв'язку

від  $A_2B_2$  перпендикулярно до осі  $X_{12}$  і від  $A'_1B'_1$  паралельно осі  $X_{12}$  одержимо  $A''_1 \equiv B''_1$ , тобто відрізок  $AB \perp \Pi_1$ .

При одному переміщенні проєкція точки має таке ж позначення з однією рискою над буквою, при другому – з двома рисками. Виконані побудови відповідають поворотам навколо осей, перпендикулярних до площин проєкцій, але осі ці не показані.

**Задача 3.** Площину загального положення, задану трикутником  $ABC$ , перемістити до фронтально-проєкціювального положення (рис. 4.6).

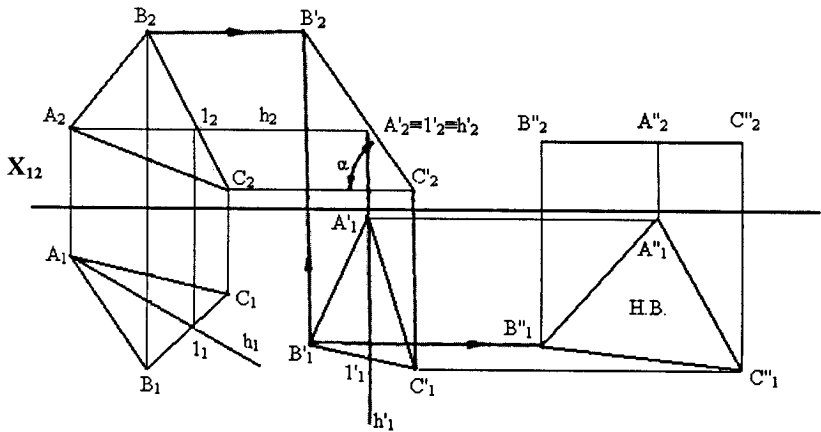


Рисунок 4.6

**Розв'язання.** У площині трикутника  $ABC$  потрібно взяти горизонталь ( $h_2, h_1$ ) і повернути її до положення, перпендикулярного до  $\Pi_2$ . Тоді й трикутник, якому належить ця горизонталь, стане перпендикулярним до  $\Pi_2$ . Оскільки побудову виконуємо не вказуючи осі обертання, то проєкцію  $A_1B_1C_1$  розміщуємо довільно, але так, щоб горизонталь стала перпендикулярною до  $X_{12}$ . На горизонталі відмічаємо точки  $A'_1$  і  $l'_1$ , зберігаючи відстань  $A_1l_1$ . Нове положення точок  $B_1$  та  $C_1$  одержуємо за допомогою циркуля засічками. При цьому горизонтальна проєкція трикутника зберігає свій вигляд і величину ( $A_1B_1C_1 = A'_1B'_1C'_1$ ), змінюється тільки її положення. На перетині ліній зв'язку з точок  $A_1, B_1, C_1$  перпендикулярно до осі  $X_{12}$  і ліній зв'язку з точок  $A_2, B_2, C_2$ , паралельних осі  $X_{12}$ , одержимо фронтальну проєкцію трикутника у вигляді прямої лінії, тобто фронтально-проєкціювального положення ( $A'_2B'_2C'_2 \perp \Pi_2$ ). Тут також можна відмітити кут  $\alpha$  – кут нахилу цієї площини до горизонтальної площини проєкцій.

## 5 ПОВЕРХНІ

### 5.1 Класифікація поверхонь

Класифікацію поверхонь показано на рис. 5.1.

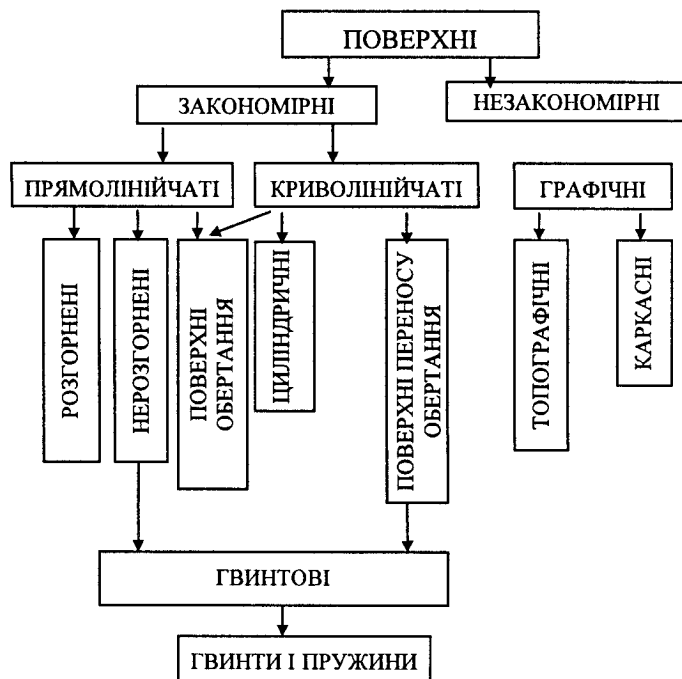


Рисунок 5.1

**Поверхнею** називається геометричне місце послідовних положень ліній (твірних), що переміщуються у просторі за якимось законом (напрямними).

Така уява про поверхню дозволяє назвати її кінематичною. Поверхня, що утворена за наявності закону переміщення твірних, називається **закономірною**, на відміну від **незаконмірної** поверхні.

На будь-якій кінематичній поверхні виділяють два типи ліній: твірні й напрямні, які можуть мінятися ролями. Таким чином, одна поверхня може бути утворена переміщенням різних ліній. Якщо твірна поверхні – пряма

лінія, поверхня називається прямолінійчатою, а якщо крива, – поверхня називається криволінійчатою.

Крива лінія може бути утворена переміщенням точки у просторі, перетином криволінійчастих поверхонь площиною, взаємним перетином двох поверхонь. Криві лінії бувають плоскими і просторовими.

Плоскими називаються криві лінії, всі точки яких лежать в одній площині, просторовими – криві лінії, всі точки яких не належать одній площині.

Поверхні, які можна точно сумістити з площиною креслення без складок і розривів, називаються розгорненими.

Розгорненими можуть бути тільки ті поверхні, в яких два нескінченно близьких положення твірні або паралельні між собою, або перетинаються. До розгорнутих поверхонь належать циліндр, конус і торс. Усі інші поверхні нерозгорнені.

## 5.2 Визначник поверхні

Сукупність основних параметрів поверхні називається визначником поверхні. Визначник поверхні складається з двох частин.

Перша – геометрична частина визначника (ГЧВ). Це перелік усіх геометричних елементів, що беруть участь в утворенні цієї поверхні.

Друга – алгоритмічна (АЧВ), тобто алгоритм формування поверхні з геометричних елементів, що входять у склад визначника.

Визначник поверхні позначимо  $\phi$ . Запишемо визначник циліндричної поверхні:

$$\begin{array}{l} \text{ГЧВ } \phi(\tilde{a}; l, S) \\ \text{АЧВ } \left| \begin{array}{l} l_i \times \tilde{a} \\ l_i \parallel S \end{array} \right| \end{array}$$

де  $\tilde{a}$  – напрямна крива лінія;  $l$  – твірна лінія;  $S$  – заданий напрям.

АЧВ показує: будь-яка твірна циліндра (у будь-якому положенні) повинна перетинати напрямну криву  $\tilde{a}$  і залишатися паралельною заданому напрямку  $S$ .

## 5.3 Циліндрична поверхня

При побудові циліндричної поверхні твірна  $l$  у будь-якому положенні повинна перетинати напрямну  $\tilde{a}$  і бути паралельною заданому напрямку  $S$  ( $S_2, S_1$ ) (рис. 5.2).

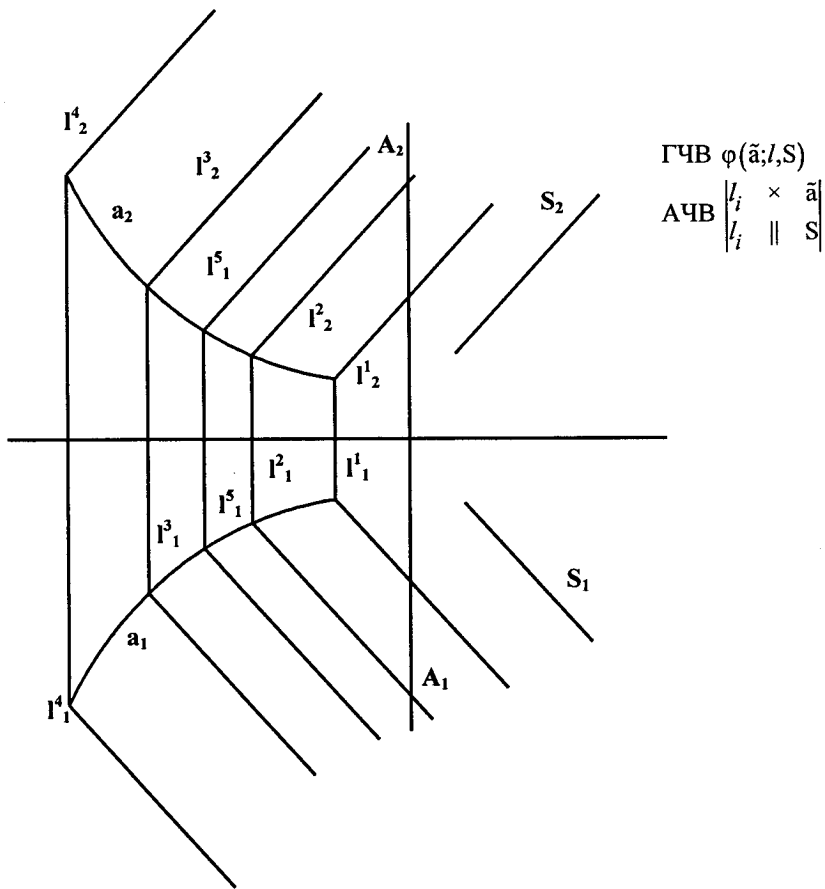


Рисунок 5.2

Проекції точки, що належить поверхні, знаходяться на проекціях твірної  $l^i$ .

#### 5.4 Конічна поверхня

Конічна поверхня утворюється при переміщенні твірної  $l$ , що проходить через одну нерухому точку  $S$  – вершину конуса (рис. 5.3).



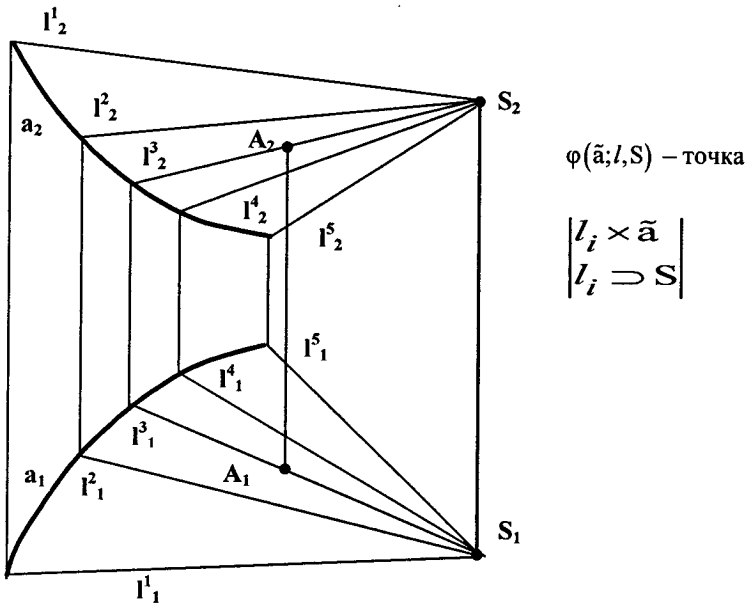


Рисунок 5.3

### 5.5 Поверхня з ребром повороту (торс)

Ребром повороту може бути будь-яка напрямна крива, якщо вона просторова. Поверхня торса утворюється тоді, коли в будь-якій точці цієї прямої (твірна) буде дотичною (рис. 5.4).

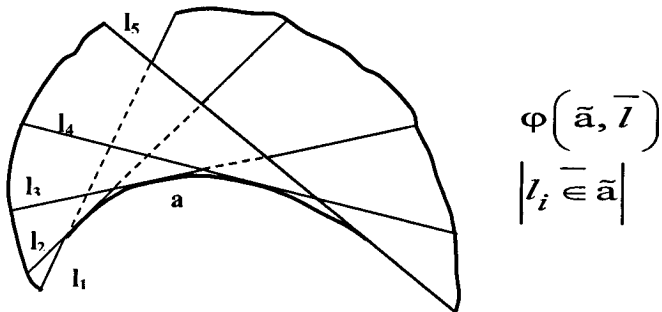


Рисунок 5.4

## 5.6 Прямолинійчаті поверхні обертання

Прямолинійчатою поверхнею обертання називається поверхня, утворена обертанням твірної (прямої лінії) навколо нерухомої осі.

Розглянемо три випадки.

1. Твірна  $l$  та вісь  $i$  перетинаються (круговий конус) (рис. 5.5).
2. Твірна пряма  $l$  паралельна осі обертання – круговий циліндр (рис. 5.6).

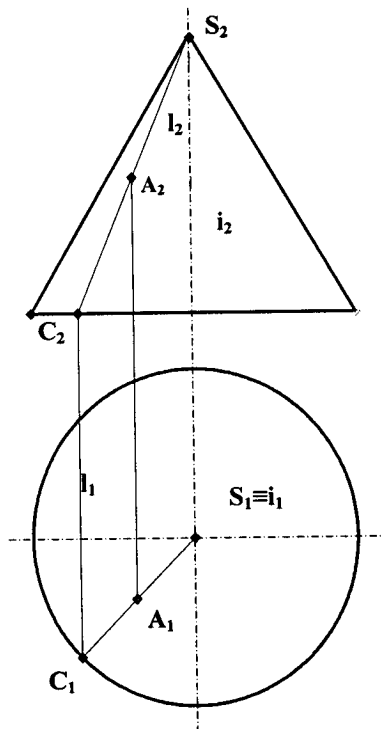


Рисунок 5.5

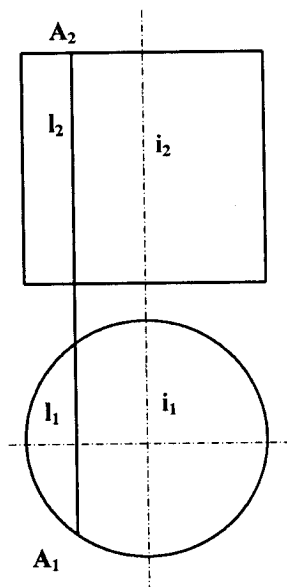


Рисунок 5.6

## 5.7 Криволінійчаті поверхні обертання

Це поверхні, які одержують обертанням твірної (крива лінія) навколо нерухомої осі. Твірна може бути кривою як плоскою, так і просторовою (рис. 5.7).

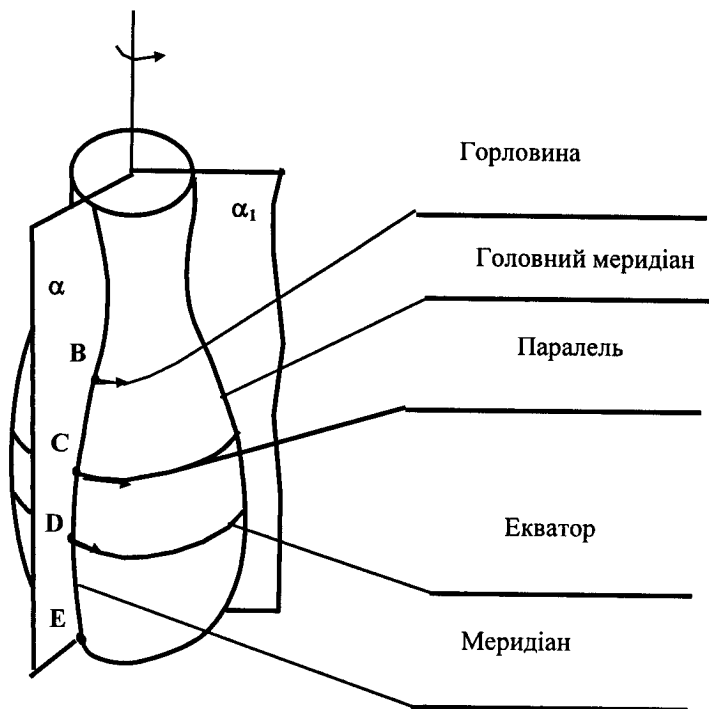


Рисунок 5.7

При обертанні твірної кожна точка на ній описує коло з центром на осі обертання  $i$ . Ці кола називаються паралелями.

Паралель, діаметр якої більший за діаметри інших паралелей, називається екватором, а паралель, діаметр якої менший за діаметри інших паралелей, – горловиною.

У загальному випадку поверхня обертання може мати кілька екваторів і горловин. Площини  $\alpha$ , що проходять через вісь обертання, називаються меридіональними, а лінії, по яких вони перетинають поверхню – меридіанами.

Меридіональна площина  $\alpha$ , паралельна площині проєкції, називається головною меридіональною площиною, а лінія її перетину з поверхнею обертання – головним меридіаном.

Проєкції поверхні обертання і побудова проєкцій точки на ній зображені на рис. 5.8.

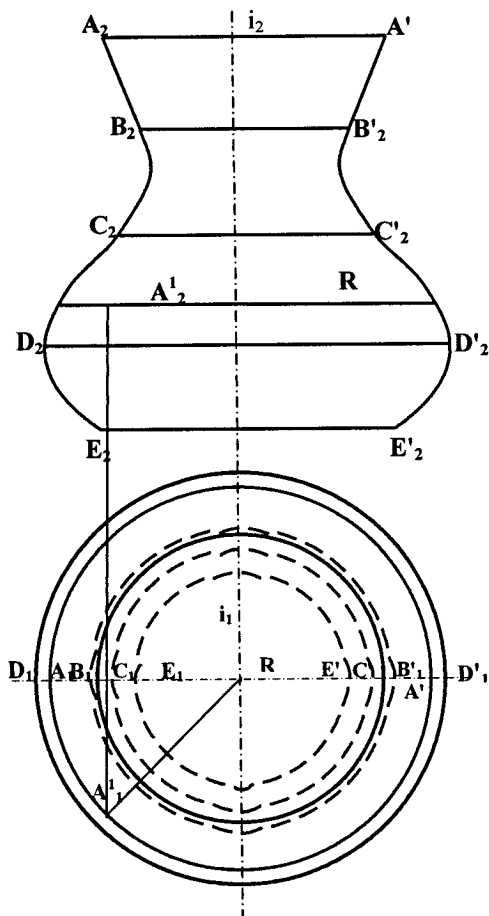


Рисунок 5.8

Розглянемо деякі поверхні обертання.

1. Сфера.

Поверхня сфери утворюється при обертанні кола навколо його діаметра (рис. 5.9).

2. Тор.

Поверхня тора утворюється при обертанні твірного кола навколо осі  $i$  (рис. 5.10).

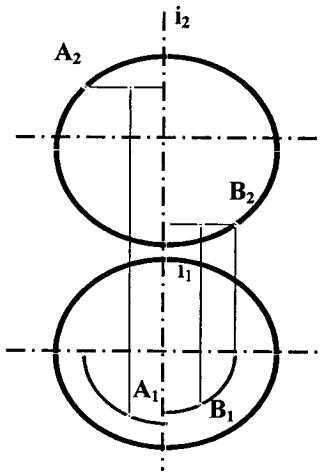


Рисунок 5.9

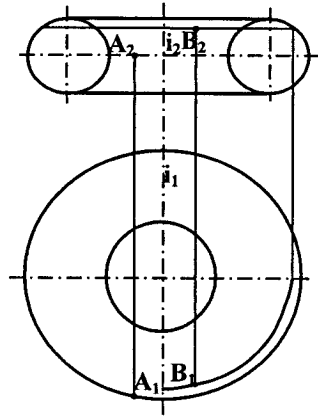


Рисунок 5.10

Відомі два види тора:

- а) відкритий – твірне коло не перетинає вісь обертання;
- б) закритий – твірне коло перетинає вісь обертання.

3. Еліпсоїд обертання.

Поверхня еліпсоїда обертання утворюється при обертанні еліпса навколо його осі (рис. 5.11).

4. Параболоїд обертання.

Поверхня параболоїда обертання утворюється при обертанні параболи навколо її осі (рис. 5.12).

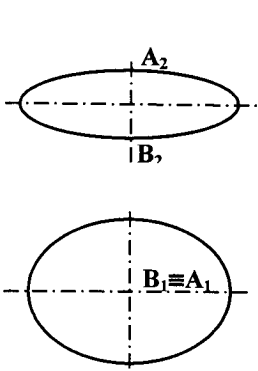


Рисунок 5.11

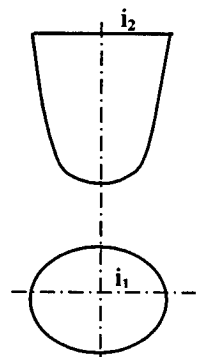
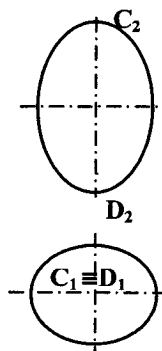


Рисунок 5.12

5. Гіперboloїд обертання.

Однопорожнинний гіперboloїд обертання утворюється при обертанні гіперболи навколо її уявної осі (рис. 5.13), а двопорожнинний – при обертанні гіперболи навколо її дійсної осі (рис. 5.14).

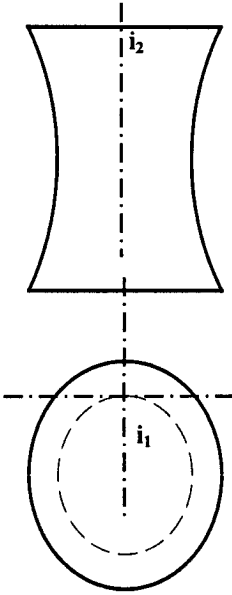


Рисунок 5.13

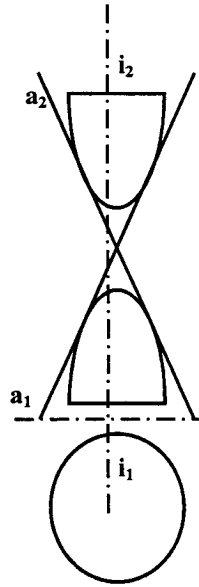


Рисунок 5.14

## 6 ПЕРЕТИН ГРАННИХ І КРИВИХ ПОВЕРХОНЬ ПЛОЩИНОЮ. РОЗГОРТКА. ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕРІЗУ

При перетині поверхонь площиною отримуємо плоску фігуру, що називається перерізом і належить січній площині.

Визначення проєкцій лінії перерізу звичайно починають з побудови опорних точок – точок, розміщених на крайніх контурних твірних поверхні, найвищих і найнижчих точок фігури, точок, які визначають границю видимості. Після цього визначають довільні точки фігури перерізу.

### 6.1. Побудова перерізу поверхні проєкціювальною площиною. Натуральна величина перерізу. Розгортка

**Задача 1.** Побудувати лінію перетину сфери фронтально-проєкціювальною площиною  $\alpha$  (рис. 6.1).

**Розв'язання.** Сфера перетинається площиною  $\alpha$  по колу. Фронтальна проєкція цього кола збігається з проєкцією січної площини. Залишається побудувати горизонтальну проєкцію. Це буде еліпс. Спочатку будуємо проєкції основних точок. Найвища точка фігури перерізу – точка А ( $A_1, A_2$ ), найнижча – точка В ( $B_1, B_2$ ).

На екваторі сфери відмічено точки М ( $M_1, M_2$ ) і N ( $N_1, N_2$ ), які є точками видимості. Ці точки ділять горизонтальну проєкцію кривої на дві частини – видиму й невидиму. Знаходимо осі еліпса, в якому коло цього перерізу спроєкціюється на площину  $\Pi_1$ . Мала вісь  $A_1B_1$  еліпса збігається з горизонтальною проєкцією головного меридіана сфери.

Проєкція  $E_2D_2$  великої осі еліпса перерізу на площину  $\Pi_2$  – точка, що лежить на середині відрізка  $A_2B_2$ . Допоміжну горизонтальну площину  $\beta$  проведемо так, щоб її фронтальний слід  $\beta_2$  пройшов через точку  $E_2 \equiv D_2$ . Ця площина перетинає сферу по колу радіуса  $r$ . Із точки  $C_1$  як центра проведемо коло радіуса  $r$ , яке перетне лінію зв'язку, проведену через точки  $E_2D_2$ , у точках  $E_1$  і  $D_1$ . Відрізок  $E_1D_1$  – велика вісь еліпса. Інші точки перерізу можна побудувати з допомогою допоміжних горизонтальних площин. Так, з допомогою площини  $\gamma$  знайдено точки К ( $K_1, K_2$ ) і L ( $L_1, L_2$ ).

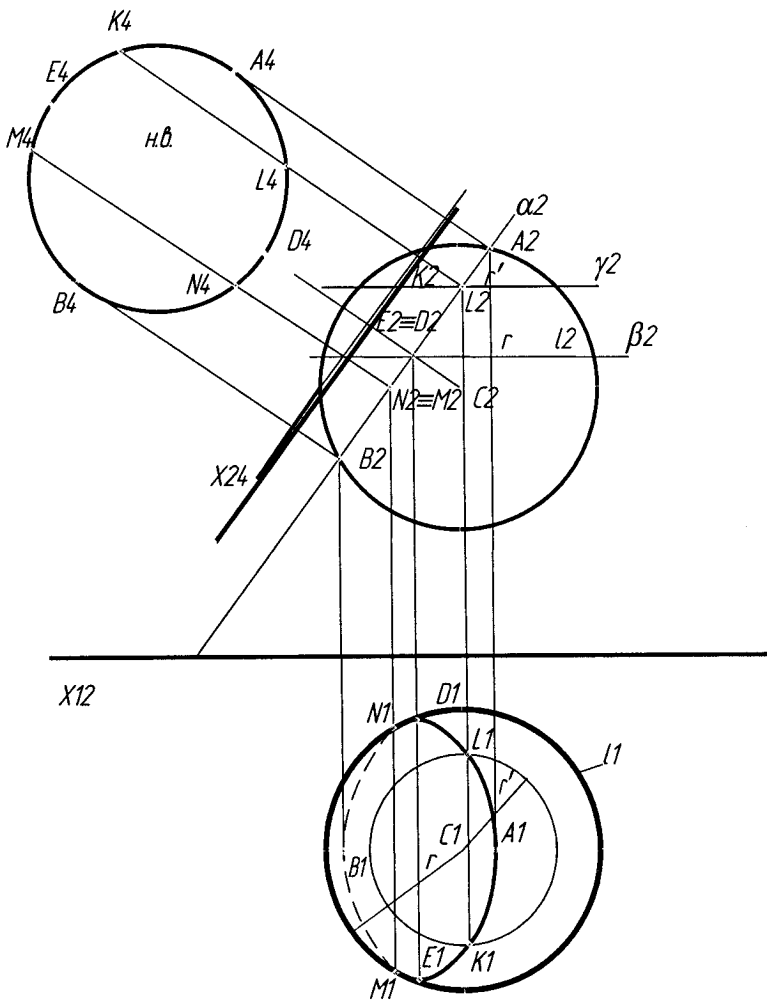


Рисунок 6.1

## 6.2. Конусні перерізи

На поверхні прямого кругового конуса від перетину площиною можна отримати такі лінії:

1) дві твірні, якщо січна площина проходить через вершину конуса (рис. 6.2, площина  $\alpha$ );



2) коло, якщо січна площина перпендикулярна до осі конуса (рис. 6.2, площина  $\beta$ );

3) гіперболу, якщо січна площина паралельна двом довільним твірним конуса або якщо ця площина паралельна осі конуса (рис. 6.3, площина  $\alpha$ );

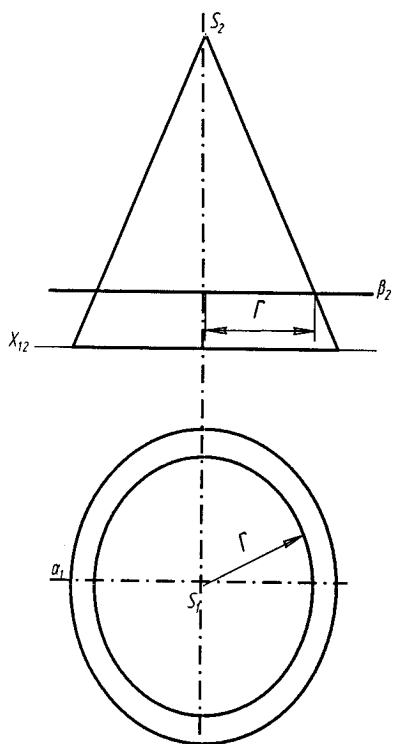


Рисунок 6.2

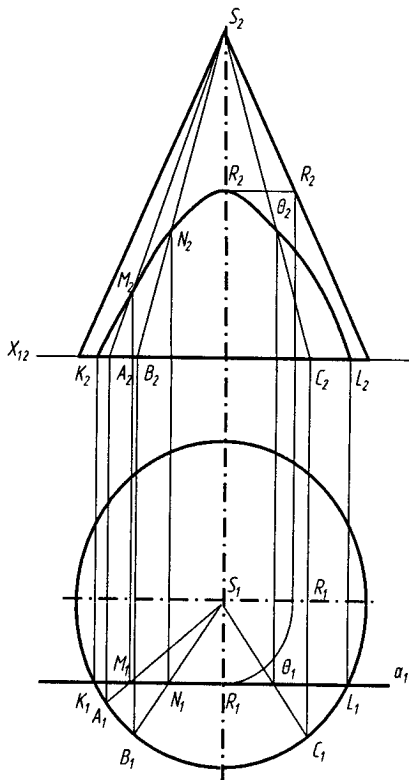


Рисунок 6.3

4) параболу, якщо січна площина паралельна одній з твірних конуса (рис. 6.4, площина  $\alpha$ );

5) еліпс, якщо площина перетинає всі твірні конуса і вона не перпендикулярна до осі конуса (рис. 6.5, площина  $\alpha$ ).

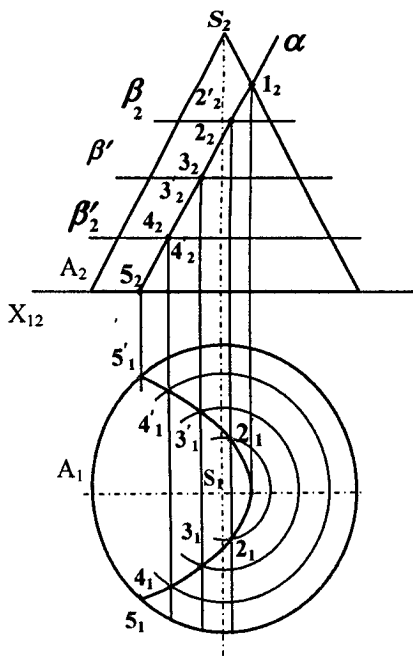


Рисунок 6.4

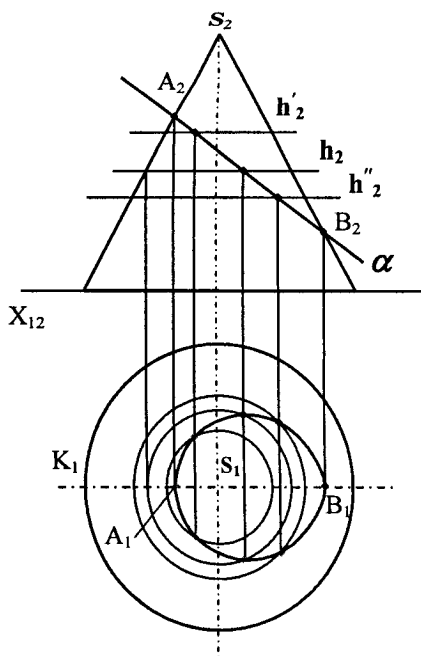


Рисунок 6.5

**Задача 1.** На рис. 6.3 показано переріз конуса фронтальною площиною  $\alpha$ , що не проходить через вершину конуса. У такому випадку на боковій поверхні конуса отримаємо гіперболу, що проєкціюється на площину  $\Pi_1$  у пряму лінію, паралельну двом твірним конуса, а на площину  $\Pi_2$  – у натуральну величину. Точки  $K$  і  $L$  гіперболи, в яких вона перетинається з площиною  $\Pi_1$ , визначаються перетином основи конуса зі слідом січної площини  $\alpha$ . Фронтальні проєкції  $K_1$  і  $L_2$  цих точок будуть на осі  $OX$ .

Для побудови фронтальної проєкції  $R_2$  основної точки  $R$  – вершини гіперболи – з точки  $S_1$  як з центра проводимо коло, радіус якого дорівнює відстані від точки  $S_1$  до сліду  $\alpha$ . Це коло є горизонтальною проєкцією перерізу конуса горизонтальною площиною, що проходить через точку  $R$ .

Щоб знайти фронтальну проєкцію цього кола, через  $R'_1$  проводимо лінію зв'язку до перетину з фронтальною проєкцією правої твірної конуса в точці  $R'_2$ . Відрізок прямої, проведений через точку  $R_2$  паралельно осі  $OX$ , є проєкцією на площину  $\Pi_2$  допоміжної окружності радіуса  $S_1R'_1$ . Точка  $R_2$  – середина цього відрізка.

Проекції інших точок (M,N,Q) на площину  $\Pi_2$  можна знайти, провівши кілька твірних конуса. На рис. 6.3 точки M,N,Q, що належать гіперболі, знайдено проведенням твірних SA, SB і SC конуса. З'єднавши точки  $K_2, M_2, N_2, R_2, Q_2, C_2$ , одержимо фронтальну проекцію гіперболи.

**Задача 2.** Побудувати проекції перерізу поверхні прямого кругового конуса фронтально-проекціовальною площиною  $\alpha$  (див. рис. 6.4).

**Розв'язання.** Оскільки площина  $\alpha$  паралельна одній крайній твірній конуса, то в перерізі отримаємо параболу. Фронтальна проекція параболи збігається зі слідом-проекцією  $\alpha_2$  січної площини.

Для побудови горизонтальної проекції параболи проводимо кілька допоміжних горизонтальних площин ( $\beta, \beta', \beta''$ ) кожна з яких перетинає поверхню конуса по колу, а площину  $\alpha$  – по прямій, перпендикулярній до  $\Pi_2$ . На перетині горизонтальних проекцій цих прямих з горизонтальними проекціями відповідних кіл отримаємо точки  $2_12'_1, 3_13'_1$  і  $4_14'_1$ . Горизонтальну проекцію  $1_1$  вершини параболи, а також точки  $5_15'_1$ , що лежать на параболі і на колі основи конуса, отримаємо безпосередньо, провівши лінії зв'язку з точок  $1_2$  і  $5_2$ . Якщо точки  $5_1-1_1-5'_1$  з'єднаємо плавною кривою, отримаємо горизонтальну проекцію параболи. Штрихова лінія  $5_15'_1$  – горизонтальна проекція прямої, по якій площина  $\alpha$  перетинає площину основи конуса.

### 6.3 Побудова перерізу поверхні прямого кругового конуса фронтально-проекціовальною площиною $\alpha$

Оскільки площина  $\alpha$  не перпендикулярна до осі конуса, то в перерізі отримаємо еліпс, велика вісь АВ якого спроекціюється на площину  $\Pi_2$  без спотворення ( $A_2B_2$ ), а мала вісь еліпса CD спроекціюється на площину  $\Pi_2$  в точку  $C_2D_2$ , розміщену посередині відрізка ( $A_2B_2$ ). Величина малої осі (CD) визначається з умови  $(CD) \cap \alpha$  (див. рис. 6.5).

Через  $C_2D_2$  проводимо фронтальну проекцію паралелі поверхні h. Для побудови її горизонтальної проекції з горизонтальної проекції фокуса еліпса  $S_1$ , проводимо коло радіусом  $1_22_2$  і позначаємо точки її перетину  $C_1$  та  $D_1$  з перпендикуляром, опущеним з точки  $C_2 \equiv D_2$ .

Довільні точки MN і FE отримаємо з допомогою паралелей поверхні відповідно  $h'$  і  $h''$ . З'єднавши послідовно одержані точки, отримаємо горизонтальну проекцію перерізу – еліпс.

Задачу можна розв'язати також з допомогою твірних (рис. 6.6). Для цього через вибрані точки ( $C_2 \equiv D_2, E_2 \equiv F_2, N_2 \equiv M_2$ ) на фронтальному сліді площини  $\alpha$  і вершині  $S_2$  конуса проводимо спочатку фронтальні проекції твірних, а потім – горизонтальні. За лініями зв'язку знаходимо горизонтальні проекції цих точок на горизонтальних проекціях твірних.

Натуральну величину фігури перерізу можна знайти заміною площин проекцій. Паралельно площині  $\alpha_2$  вводимо площину  $\Pi_4$  і замінюємо  $\Pi_1$  на

П<sub>4</sub>. Від точок, що лежать на перерізі, проводимо лінії зв'язку, перпендикулярні до  $X_{24}$ , і на них від осі  $X_{24}$  відкладаємо відстань від цих точок до  $\Pi_2$ . Отримані точки з'єднуємо плавною кривою.

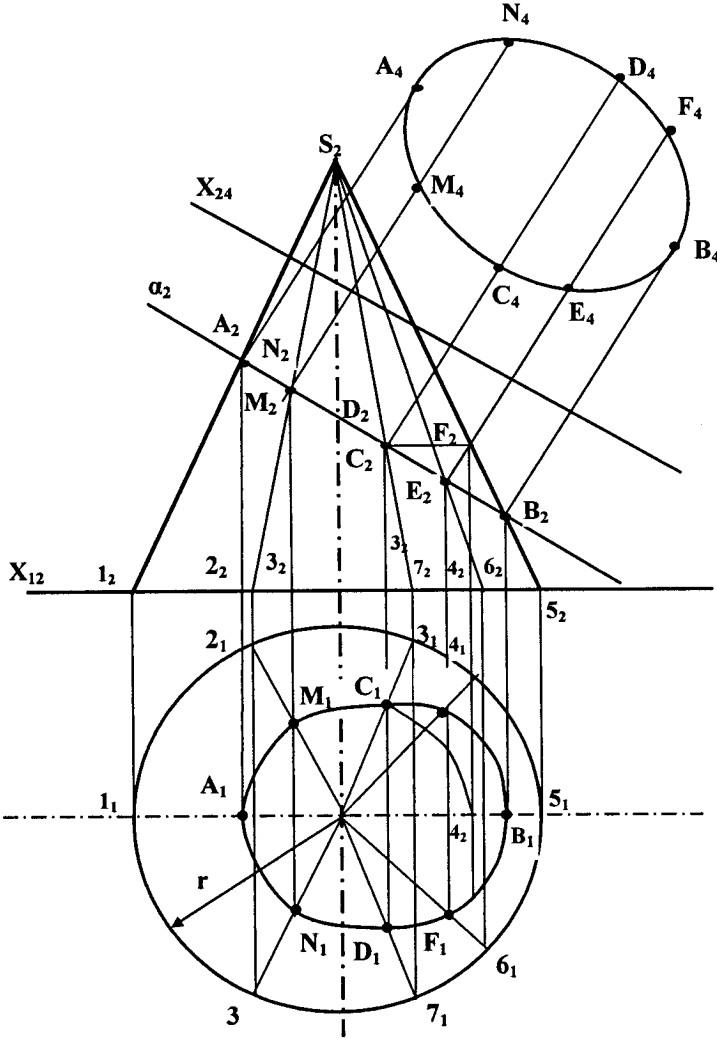


Рисунок 6.6

#### 6.4 Побудова перерізу трикутної піраміди площиною загального положення

Задачу розв'язуємо способом заміни площини проєкцій у такій послідовності.

1. Площину, задану слідами, перетворюємо на  $\Pi_4$  у проєкціювальну. Для цього вводимо допоміжну площину  $\Pi_4$  перпендикулярно до горизонтального сліду  $K_1$ . На фронтальному сліді  $l_2$  беремо довільну точку  $P$  і її координату по осі  $Z$  переносимо на  $\Pi_4$ . З'єднавши точку перетину горизонтального сліду  $K_1$  і осі  $X_{14}$  з точкою  $P_4$ , одержимо проєкціювальну площину на  $\Pi_4$  (рис. 6.7).

2. Будуємо піраміду на  $\Pi_4$ . Для цього з кожної точки основи і вершини піраміди на  $\Pi_1$  перпендикулярно до  $X_{14}$  проводимо лінії зв'язку. Основа піраміди  $ABC$  буде розміщена на осі  $X_{14}$ , а вершина  $S$  – на відстані, яка дорівнює відстані від точки  $S$  до  $\Pi_1$ .

3. Отримані точки перерізу  $1_42_43_4$  проєктуємо на відповідні ребра по лініях зв'язку спочатку на  $\Pi_1$ , а потім – на  $\Pi_2$ . З'єднавши прямими відповідні проєкції точок 1, 2, 3, одержимо горизонтальну й фронтальну проєкції перерізу. На  $\Pi_1$  усі лінії перерізу будуть видимими. Оскільки грань  $ABS$  на  $\Pi_2$  невидима, то лінія перерізу  $1_22_2$  також буде невидимою.

4. Натуральний вигляд перерізу будуємо способом плоскопаралельного переміщення. Для цього переріз, спроєкційований на  $\Pi_4$  в пряму ліній ( $1_42_43_4$ ), переміщуємо на вільне місце паралельно осі  $X_{14}$ , не змінюючи відстані між точками. На перетині ліній зв'язку від точок  $1'_42'_43'_4$ , перпендикулярних до осі  $X_{14}$ , і ліній зв'язку від точок  $1_12_13_1$ , паралельних осі  $X_{14}$ , отримаємо трикутник  $1_02_03_0$ , тобто натуральну величину перерізу.

5. Щоб виконати розгортку бокової поверхні піраміди з нанесеними на її грані сторонами трикутного перерізу, потрібно знайти натуральну величину кожного бокового ребра й відрізка на ньому. На рис. 6.7 це зроблено з допомогою способу повороту навколо осі, перпендикулярної до  $\Pi_1$ , яка проходить через точку  $S$ . Своєю основою піраміда стоїть на  $\Pi_1$ , тому сторони  $AB$ ,  $BC$ ,  $AC$  мають на  $\Pi_1$  натуральну величину. Спочатку будуємо розгортку грані  $A_0S_0B_0$  по трьох сторонах:  $A_0B_0=A_1B_1$ , а бокові сторони дорівнюють натуральним їх величинам  $A_0S_0=A'_2S_2$ ,  $B_0S_0=B'_2S_2$ . Трикутник  $A_0S_0B_0$  будуємо з допомогою циркуля засічками. Далі на стороні  $B_0S_0$  будуємо другий трикутник, причому дві інші сторони взято таких розмірів: сторона  $B_0C_0$  дорівнює горизонтальній проєкції  $B_1C_1$ , сторона  $S_0C_0$  відрізка  $S_2C'_2$ . Так само побудуємо третій трикутник. Внаслідок буде одержано розгорнуту бокову поверхню піраміди. Якщо тепер на сторонах  $A_0S_0$ ,  $B_0S_0$ ,  $C_0S_0$  відкласти відрізки  $A_01_0$ ,  $B_02_0$ ,  $C_03_0$ , які дорівнюють відрізкам відповідно  $A'_21'_2$ ,  $B'_22'_2$ ,  $C'_23'_2$ , то одержимо ламану лінію  $1_02_03_01_0$ , що складається з

сторін фігури перерізу. Щоб одержати повну розгортку, до бокової розгортки прибудовуємо основу піраміди  $A_0B_0C_0=A_1B_1C_1$ .

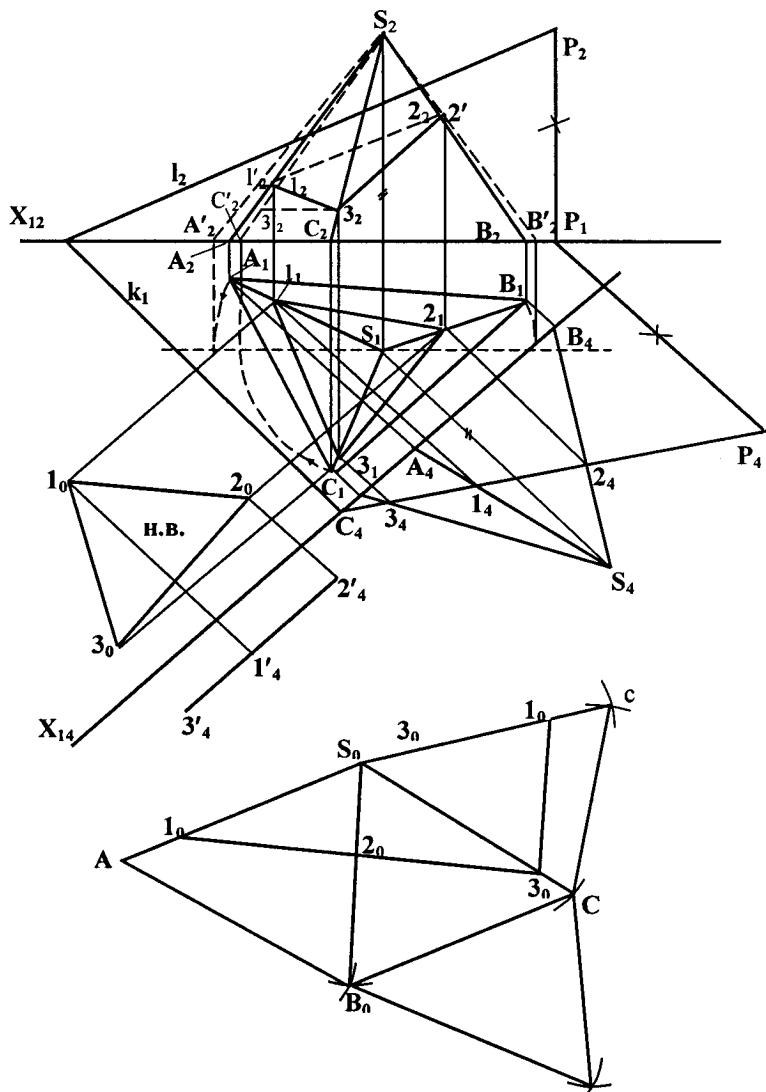


Рисунок 6.7

## 7 ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ З ПОВЕРХНЕЮ

Для побудови проєкцій точок перетину прямої з поверхнею необхідно:

- 1) через задану пряму лінію провести допоміжну площину;
- 2) побудувати лінію перетину допоміжної площини із заданою поверхнею;
- 3) відмітити точки перетину прямої з поверхнею;
- 4) визначити видимість прямої лінії відносно поверхні.

При виборі допоміжної площини потрібно враховувати, що ця площина при перетині з поверхнею повинна давати таку лінію, як коло, трикутник, паралелограм тощо.

**Задача 1.** Побудувати точки перетину прямої  $l$  з конусом (рис. 7.1).

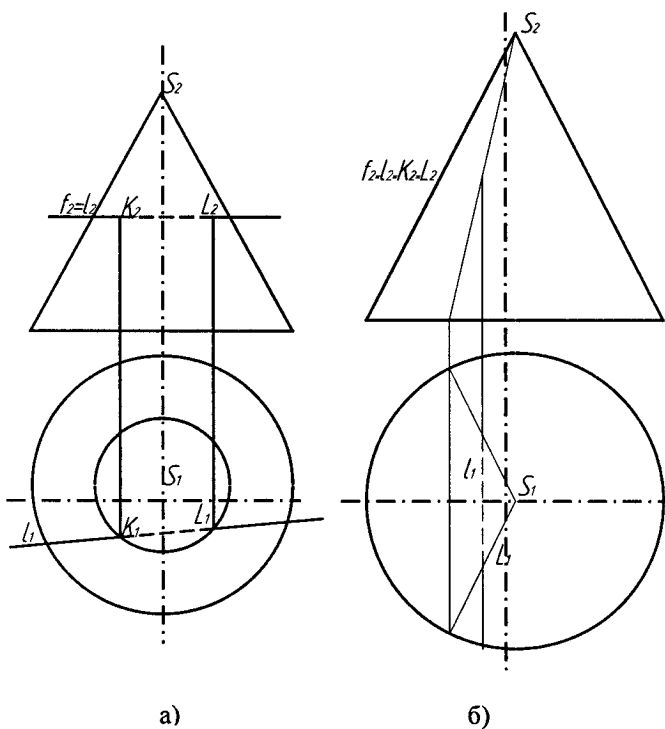


Рисунок 7.1

**Розв'язання.** Через пряму  $l$  (рис. 7.1, а) проводимо горизонтальну площину, яка при перерізі конуса утворює на його поверхні коло. Так знаходимо точки  $K$  і  $L$  й визначаємо видимість.

Через пряму  $l$  (рис. 7.1, б) проводимо фронтально-проекціювальну площину, яка проходить через вершину конуса і в перерізі на поверхні конуса утворює трикутник.

**Задача 2.** Побудувати лінію перерізу прямої  $l$  зі сферою (рис. 7.2).

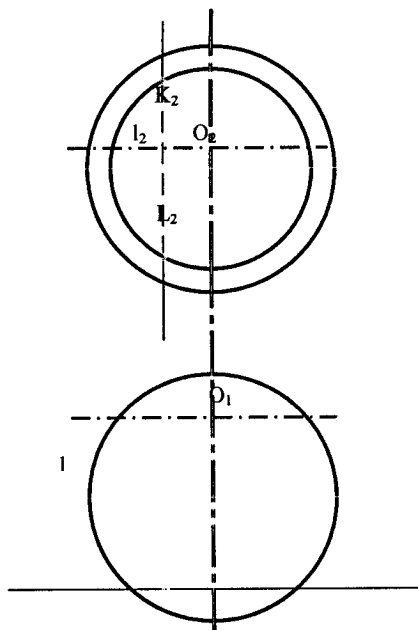


Рисунок 7.2

**Розв'язання.** Через пряму  $l$  (рис. 7.2) проводимо фронтальну площину, яка при перетині сфери утворює на її поверхні коло.

**Задача 3.** Побудувати лінію перетину прямої  $l$  тором (рис. 7.3).

**Розв'язання.** Через пряму  $l$  проводимо горизонтально-проекціювальну площину  $\alpha$ , будемо лінію перерізу площини  $\alpha$  із тором і знаходимо точки перетину прямої  $l$  із тором. Визначаємо видимість.



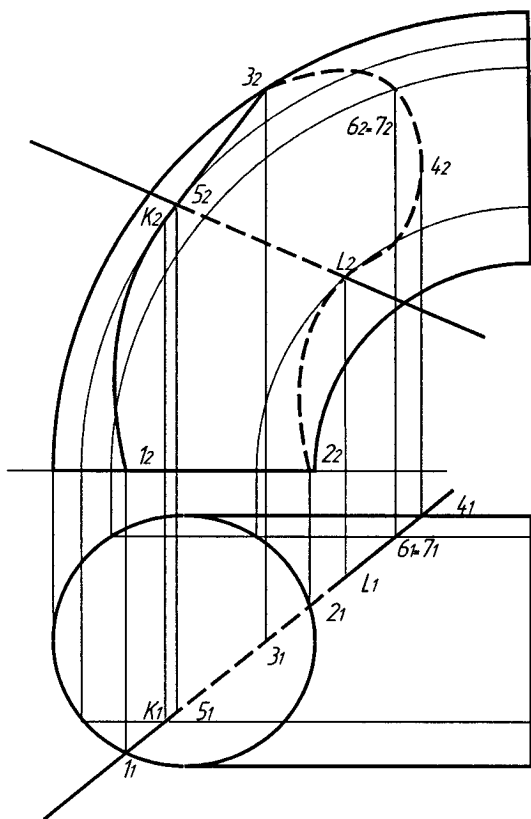


Рисунок 7.3

**Задача 4.** Побудувати точки перетину прямої загального положення  $l$  із конусом (рис. 7.4). При розв'язанні цієї задачі через пряму  $l$  можна провести допоміжну проєкціювальну площину особливого положення, яка при перерізі конуса утворить криву лінію. Найпростіший спосіб розв'язання цієї задачі є такий, у якому через пряму  $l$  проводиться допоміжна площина загального положення.

Ця площина обов'язково повинна проходити через вершину конуса, утворюючи при його перерізі на поверхні конуса трикутник.

**Розв'язання.** 1. Через вершину конуса  $S$  проводимо пряму  $m$ , яка перетинається з прямою  $l$  в точці  $A$ . Отримуємо площину, задану двома прямими  $l$  і  $m$ , що перетинаються.

2. Будуємо горизонтальний слід січної площини. Для цього визначаємо горизонтальні сліди прямих  $l$  і  $m$  й з'єднуємо їх.

3. Зважаючи на те, що основа конуса і горизонтальний слід січної площини лежать в  $\Pi_1$ , позначаємо точки перетину сліду січної площини з основою конуса. З'єднавши ці точки з вершиною конуса, одержимо переріз конуса допоміжною площиною – трикутником.

4. Позначаємо точки перетину прямої  $l$  перерізом і визначаємо видимість.

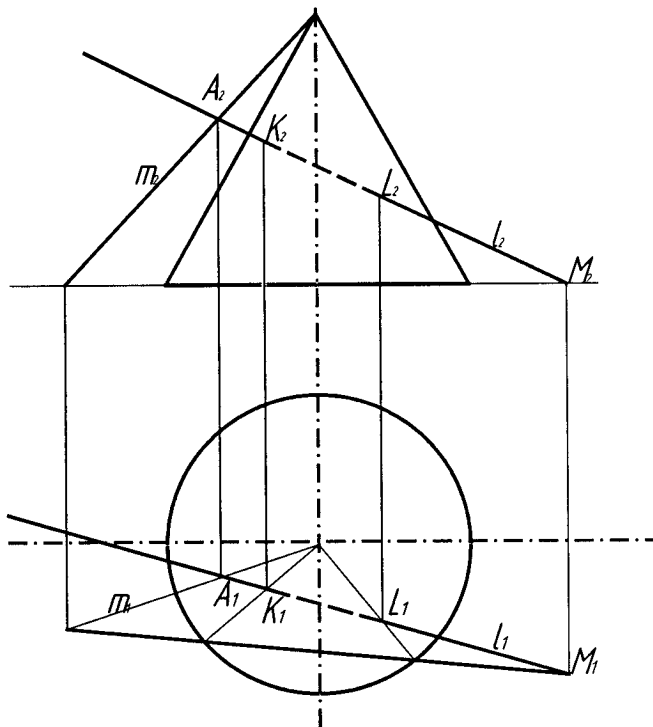


Рисунок 7.4

**Задача 5.** Побудувати точки перетину прямої загального положення  $l$  з циліндром (рис. 7.5).

**Розв'язання.** У цій задачі за допоміжну беремо площину загального положення, паралельну твірним циліндра. Ця площина задається двома

прямими  $l \times m$ . При перетині циліндра такою площиною на його поверхні утворюється паралелограм. Позначаємо точки перетину прямої  $l$  з циліндром і визначаємо видимість.

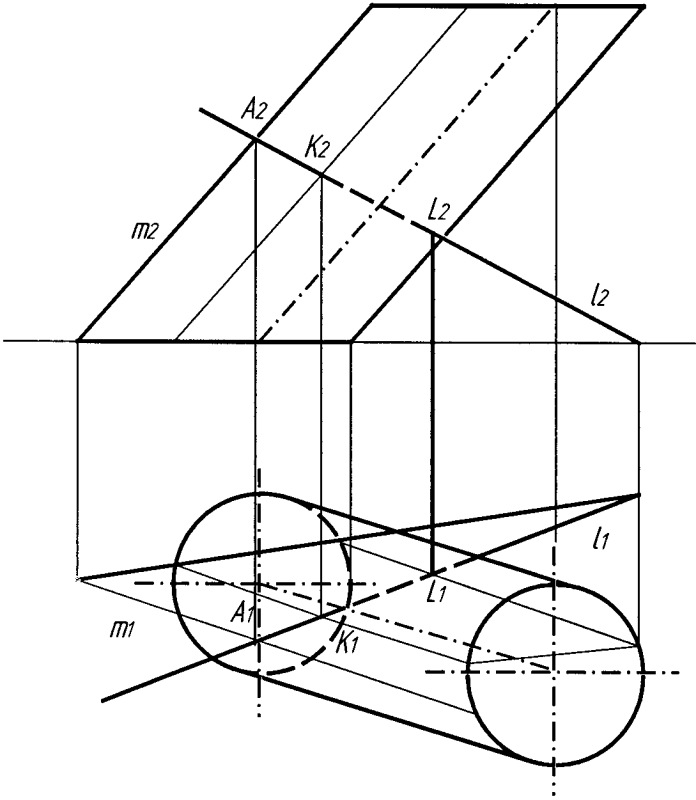


Рисунок 7.5

## 8 ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ

Лінія взаємного перетину двох поверхонь є лінією, яка одночасно належить обом поверхням, що перетинаються. Для побудови такої лінії необхідно знайти кілька точок, що одночасно належать обом поверхням. При цьому використовують допоміжні січні поверхні. Часто за допоміжні поверхні приймають площини або сфери. Залежно від цього є два методи побудови лінії перетину поверхонь – січних площин і сфер.

### 8.1 Метод допоміжних січних площин

Для побудови лінії перетину двох поверхонь з допомогою цього методу використовують допоміжні січні площини особливого положення. Розглянемо цей метод на прикладі розв'язання задачі побудови лінії перетину циліндра і півсфери (рис. 8.1).

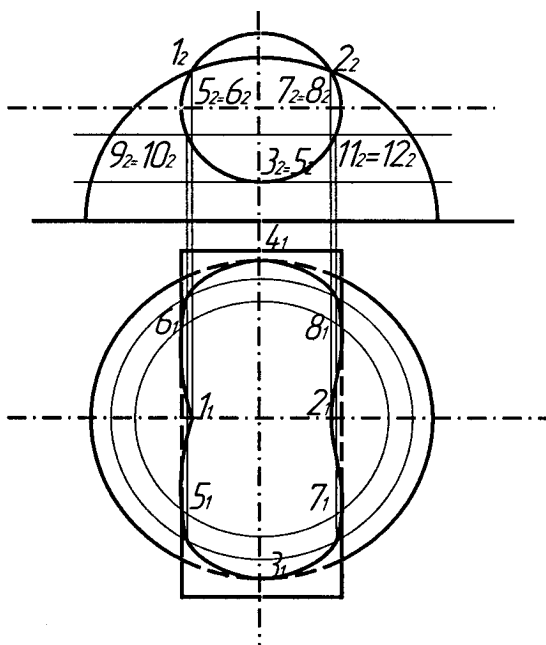


Рисунок 8.1

Розв'язання задачі розпочинаємо з аналізу умови. Оскільки циліндр займає фронтально-проекціовальне положення, то лінія перетину проєкціюється на  $\Pi_2$  на коло – проєкцію циліндра. Визначаємо основні точки лінії перетину. Найвищими є точки 1 і 2. Для побудови горизонтальних проєкцій точок 3 та 4 використовуємо горизонтальну січну площину  $\alpha$ . Ця площина в перерізі зі сферою дає коло радіуса  $R_1$ , а з циліндром – пряму лінію. Там, де ця пряма і коло  $R_1$  перетинаються, помічаємо точки 3 та 4, спільні для сфери, січної площини і циліндра, тобто ці точки належать лінії перетину сфери і циліндра. Точки 5 – 8 лежать на межі видимості по циліндру. Для їхньої будови використовуємо січну площину  $\beta$ , що в перерізі зі сферою дає коло радіуса  $R_2$ , а з циліндром – прямокутника. Аналогічно з допомогою січної площини  $\gamma$  знаходимо проєкції проміжних точок 9 – 12.

Отримані точки з'єднуємо, враховуючи їх видимість. Метод січних площин можна також використовувати при побудові лінії перетину поверхні оберտання з гранними поверхнями.

### 8.2 Метод концентричних сфер

Перш ніж розглянути побудову лінії двох поверхонь з допомогою сфер, потрібно ознайомитися з співвісними поверхнями.

Дві поверхні оберտання називаються *співвісними*, якщо вони мають спільну вісь оберտання. Якщо центр сфери лежить на осі оберտання будь-якої поверхні, така пара поверхонь також називається співвісною. Дві співвісні поверхні завжди перетинаються по колу (рис. 8.2 – 8.4). Якщо сфера перетинається з будь-якою поверхнею оберտання і центр сфери знаходиться на осі оберտання цієї поверхні, то лінією перетину цих поверхонь є коло.

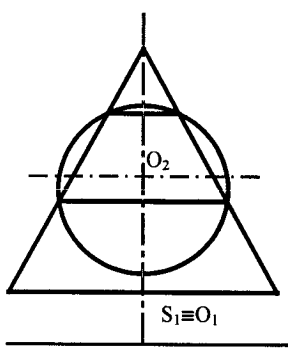


Рисунок 8.2

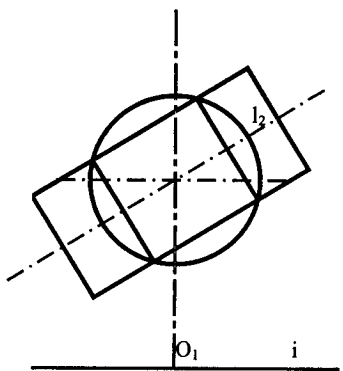


Рисунок 8.3

У перерізі утворюється стільки кіл, скільки обрис сфери перетинається з обрисом поверхні обертання (рис. 8.2 – 8.4). Якщо вісь поверхні обертання паралельна площині проєкції або перпендикулярна до неї, то ці кола проєкціюються на площину проєкцій як прямі лінії.

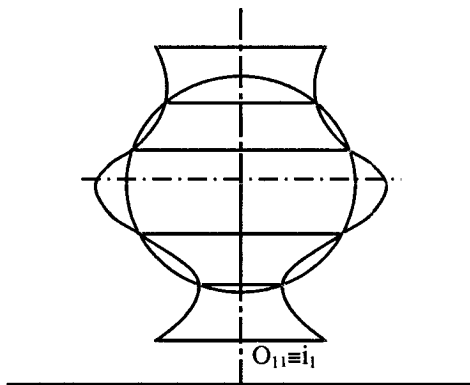


Рисунок 8.4

Для використання методу концентричних сфер необхідно, щоб виконувалися такі умови:

- 1) обидві поверхні, що перетинаються, повинні бути поверхнями обертання;
- 2) осі обертання поверхонь повинні перетинатися/знаходитися в одній площині;
- 3) площина, в якій перетинаються осі обертання, повинна бути паралельна будь-якій площині проєкцій.

**Задача.** Добудувати лінію перетину циліндра з конусом (рис. 8.5).

**Розв'язання.** Визначасмо точки перетину обрисів заданих поверхонь. Проводимо допоміжну сферу радіуса  $R_{\min}$ , яка вписується в більшу з поверхонь і перетинається з другою. У цій задачі сфера радіуса  $R_{\min}$  вписується в конус. Сфера  $R_{\min}$  має з конусом спільне дотичне коло, діаметр якого АВ. Сфера  $R_{\min}$  перетинається з циліндром по двох колах з діаметрами CD і MN.

На перетині кола АВ з колами CD і MN позначасмо точки 5,5' і 6,6'. Для побудови допоміжних точок візьмемо сферу, радіус якої трохи більший, ніж  $R_{\min}$ , і перетнемо цією сферою конус і циліндр. При перетині сфери з конусом утворюється коло діаметром EF, а при перетині з циліндром – два кола діаметрами GK і QL. На перетині цих кіл позначасмо точки 7,7' і 8,8', які з'єднуємо плавною лінією. Будуємо проєкцію лінії перетину на  $\Pi_1$ .

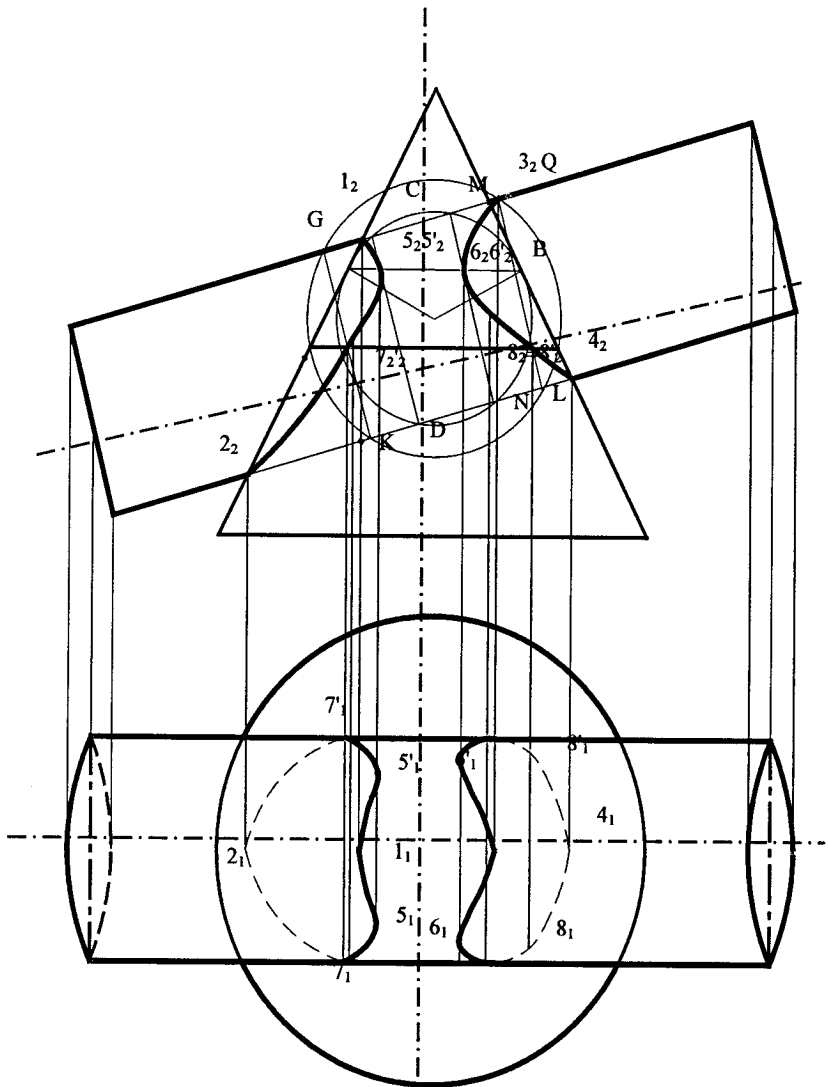


Рисунок 8.5

### 8.3 Теорема Монжа

Якщо в дві поверхні обертання, що перетинаються, можна вписати сферу, то лінія перетину цих поверхонь розпадається на дві плоскі криві — еліпси (рис. 8.6).

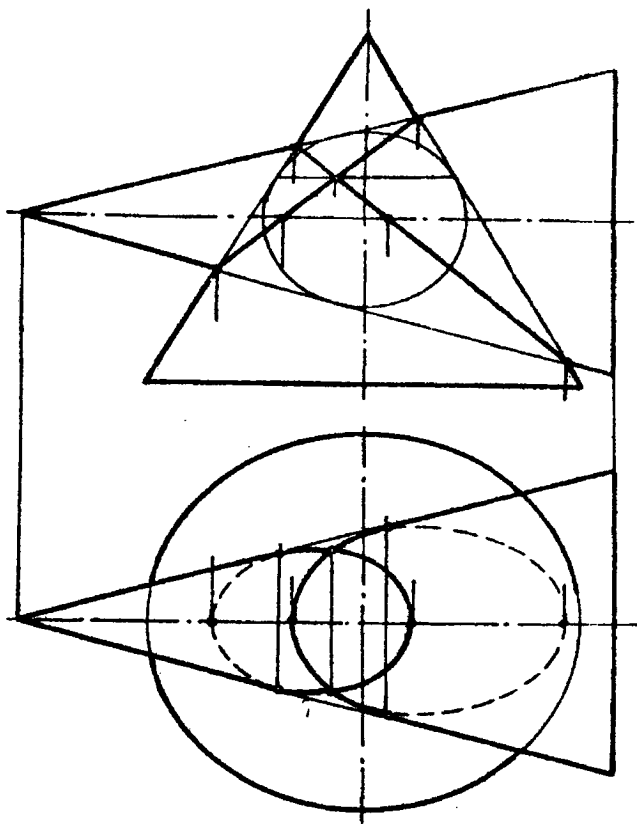


Рисунок 8.6



## 9 ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО КРЕСЛЕНЬ

### 9.1 Формати (ГОСТ 2.301-68)

Технічні креслення виконуються на папері стандартних розмірів, які визначаються розмірами зовнішньої рамки. Площа формату А0 дорівнює  $1 \text{ м}^2$ .

Інші основні формати можуть визначатися послідовним діленням більшої сторони попереднього формату на дві рівні частини.

Державний стандарт ГОСТ 2.301-68 визначає 5 основних форматів креслення: А0, А1, А2, А3, А4, які подані на рис. 9.1 і в табл. 9.1.

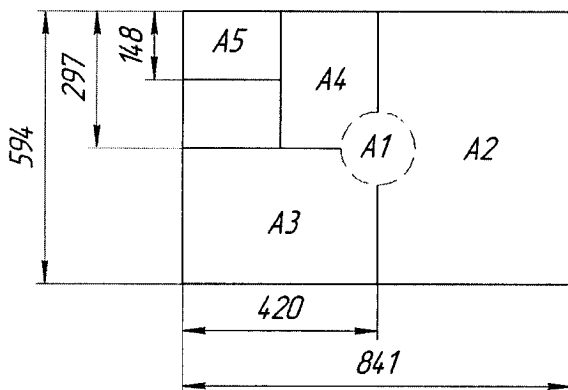


Рисунок 9.1

Таблиця 9.1 – Основні формати креслення

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

Перед виконанням креслення, спочатку потрібно накреслити на форматі внутрішню рамку (рис. 9.2). Лінія рамки поля креслення проводиться паралельно лівій стороні на відстані 20 мм від зовнішньої рамки та паралельно іншим сторонам на відстані 5 мм, як показано на рис. 9.2.

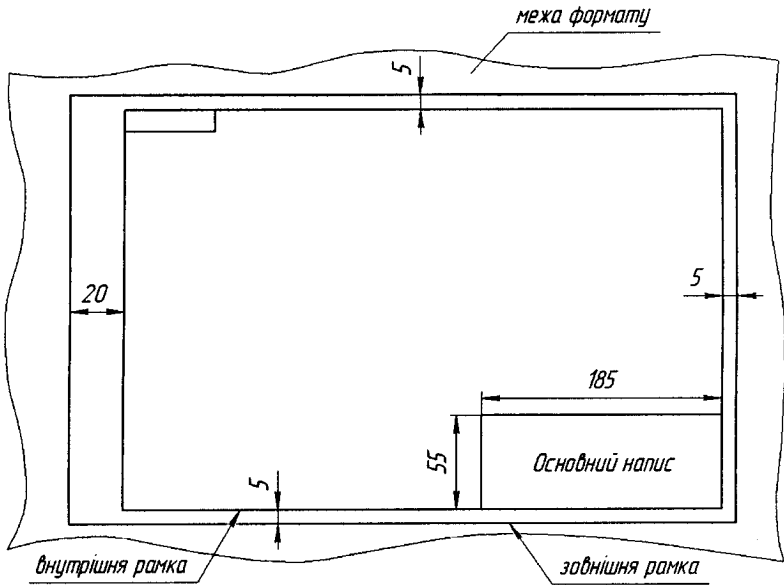


Рисунок 9.2

У правому нижньому куті креслення розташовують основний напис, як показано на рис. 9.3. Товщина лінії внутрішньої рамки дорівнює приблизно 0,7 – 1,2 мм.

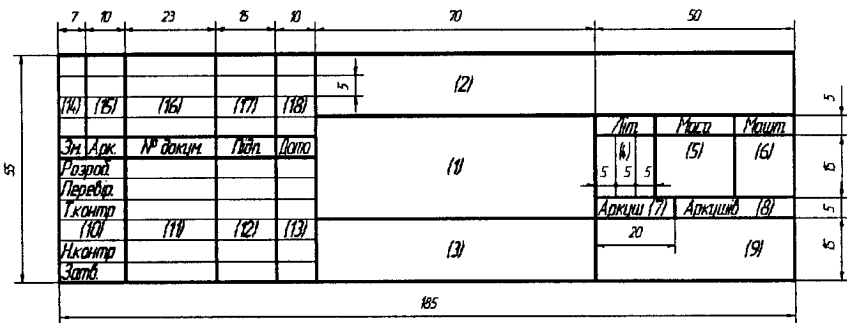


Рисунок 9.3

Форми основних написів та порядок їх заповнення на кресленні встановлює ГОСТ 2.104-68.

Графи основного напису складального креслення містять такі відомості:

- графа 1 – назва складальної одиниці, зображеної на кресленні. Запис роблять в називному відмінку однини, наприклад, Гвинт, Вісь. У найменуваннях, що складаються із двох і більше слів, на першому місці пишеться назва деталі, наприклад: Кришка права, Колесо зубчасте;

- графа 2 – позначення креслення за ГОСТ 2.201-80. У позначення можуть входити літери (індекс виробу), а також номери і буквені знаки, які присвоєні окремим частинам виробу і деталям;

- графа 3 – дані про матеріал, з якого повинна бути виготовлена деталь. Указують найменування, марку матеріалу і номер стандарту, наприклад сталь 45 ГОСТ 1050-60. У тому випадку, якщо в позначенні марки міститься скорочене найменування матеріалу, наприклад Ст (сталь), СЧ (сірий чавун), КЧ (ковкий чавун), Бр (бронза), допускається не писати найменування, наприклад СЧ – 18 ГОСТ 1412-58;

- графа 4 – проставляють літеру креслення (літеру, що вказує, до якого виду належить це креслення). Креслення, що призначені для установчої серії, позначають літерою А, яку вносять у першу клітинку. Під установчою серією розуміється партія виробів, виготовлена перед початком їх серійного або масового виробництва. Кресленням серійного або масового виробництва присвоюють літеру Б. Цю літеру вписують у крайню клітинку;

- графа 5 – указують масу деталі, виражену в кілограмах, без подання одиниці виміру;

- графа 6 – позначення масштабу креслення (без літери М);

- графа 7 – порядковий номер аркуша (на кресленні, який складається з одного аркуша, графу не заповнюють);

- графа 8 – загальна кількість аркушів креслення (графу заповнюють тільки на першому аркуші);

- графа 9 – назва або індекс підприємства, що випускає креслення (на навчальних кресленнях – індекс навчального закладу, номер навчальної групи і в разі потреби варіант завдання);

- графа 10 – характер роботи, яка виконується особою, що підписує креслення;

- графа 11 – прізвища осіб, які підписують креслення – викладач і студент;

- графа 12 – підписи тих осіб, які вказані у графі 11;

- графа 13 – дата підпису креслення;

- графи 14 – 18 являють собою табличку змін, куди вносять дані про виправлення, що зроблено на цьому кресленні після його випуску.

## 9.2 Масштаби

Масштаб – це відношення лінійних розмірів предмета на кресленні до його реальних розмірів.




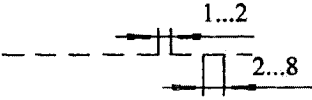
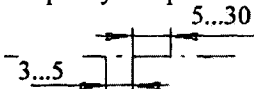


ГОСТ 2.302-68 визначає такі масштаби:

- натуральна величина – 1:1;
- масштаб зменшення – 1:2; 1:2,2; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; ...; 1:1000; 1:50000;
- масштаб збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

## 9.3 Лінії креслення

ГОСТ 2.301-68 встановлює такі лінії, які наведені в табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Лінії креслення

Тип лінії	Товщина відношення лінії до товщини суцільної товстої лінії
1. Суцільна товста лінія 	$s$
2. Суцільна тонка лінія 	від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$
3. Суцільна хвиляста 	від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$
4. Штрихова 	від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$
5. Штрихпунктирна тонка 	від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$
6. Розімкнена 	від $s$ до $1\frac{1}{2}s$
7. Суцільна тонка зі зламами 	від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$

Два типи ліній – товста та тонка – рекомендовані як основні в кресленні.

Товщина  $S$  суцільної товстої лінії може дорівнювати 0,5 – 1,4 мм. Цю лінію використовують для нанесення видимого контуру предмета. На кресленні ці лінії мають бути чіткі і виділятися на контрасті від інших. Цей контраст потрібен для того, щоб чітко і легко зрозуміти креслення.

Точна товщина лінії може змінюватись, залежно від розміру та типу рисунка. Наприклад, коли лінії дуже близькі одна до одної, то суцільна товста лінія може бути трохи більшою ніж тонка.

Товщина суцільної тонкої лінії від  $S/3$  до  $S/2$ , де  $S$  – це товщина суцільної основної лінії. Головним застосуванням цієї лінії є креслення розмірних, виносних ліній, ліній штрихування, ліній-виноски, підкреслення написів тощо. Збільшувальні лінії вимірювання використовуються, коли вимірюється об'єкт.

Третій тип лінії, який використовується на кресленні є суцільна хвиляста лінія. Товщина цієї лінії  $S/3 - S/2$ , де  $S$  – це товщина суцільної товстої основної лінії. Основне використання цієї лінії – це зображення ліній обриву.

Лінії обриву використовуються, коли бажано скоротити вид довгої частини деталі.

Четвертий тип ліній, який використовується на кресленні, є штрихова лінія, товщина якої від  $S/3$  до  $S/2$ . Ця лінія застосовується, щоб показати поверхні невидимого контуру деталі.

П'ятий тип ліній це штрихпунктирна тонка, її товщина від  $S/3$  до  $S/2$ . Ця лінія застосовується для того, щоб показати центр отвору та вісь симетрії об'єктів. Довжина риски залежить від розміру креслення.

Шостий тип ліній – це розімкнена лінія, товщина якої від  $S$  до  $1,5S$ . Вона використовується для позначення розмірів, перерізів (це лінія січної площини).

Сьомий тип ліній – це суцільна тонка зі зломами лінія, товщина цієї лінії від  $S/3$  до  $S/2$ . Використовується для зображення довгих ліній обриву.

## 9.4 Шрифти креслярські

Всі написи на кресленні виконуються за допомогою різних шрифтів. Креслярські шрифти встановлює ГОСТ 2.304-81. Шрифти відрізняються один від одного за розміром та типом. Розмір шрифту визначається висотою великих літер. Встановлені такі розміри шрифту  $h$ : 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Висота малих літер визначається розміром шрифту  $h$ .

Наприклад, висота великої літери для шрифту 3,5 дорівнює 3,5 мм, а висота малої літери дорівнює 2,5 мм.

Тип шрифту визначається товщиною  $d$  лінії літери.

Для типу А –  $d = (1/14)h$ .

Для типу В –  $d = (1/10)h$ , де  $h$  – висота великих літер.

Шрифти можуть бути вертикальними чи з нахилом  $75^\circ$ , рис. 9.4.

Шрифти з нахилом виконують на допоміжній сітці.

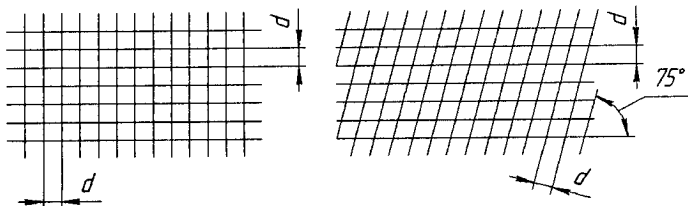


Рисунок 9.4

Крок ліній сітки визначається залежно від товщини  $d$  ліній літери.

Далі ми будемо користуватися шрифтом В з нахилом. Конструкція літер і цифр цього шрифту та його розміри показані на рис. 9.5 та табл. 9.3.

*АБВГДЕЄЖЗИІЙК*  
*ЛМНОПРСТУФХЦЧ*  
*ШЩЮЯЬ*  
*абвгдеєжзиіїйкл*  
*мнопрстуфхцчш*  
*щюяь*  
*1234567890*

Рисунок 9.5

Таблиця 9.3 – Основні параметри і розміри шрифту типу Б

Великі літери і цифри					
Висота (розмір шрифту)	10/10 <i>h</i>	3,5	5,0	7,0	10
Ширина літер: <i>Б, В, Д, И, Е</i>	6/10 <i>h</i>	2,1	3,0	4,2	6,0
- <i>Ж, Ф, Ш, Щ</i>	8/10 <i>h</i>	2,8	4,0	5,6	8,0
- <i>А, М, Ы, Х, Ю</i>	7/10 <i>h</i>	2,5	3,5	4,9	7,0
- <i>Г, Е, З, С</i> і цифр: 2, 3, 5	5/10 <i>h</i>	1,8	2,5	3,5	5,0
- <i>1</i>	3/10 <i>h</i>	1,1	1,5	2,1	3,0
- <i>4</i>	6/10 <i>h</i>	2,1	3,0	4,2	6,0
Малі літери					
Висота літер: <i>а, з, е, ж, з</i>	7/10 <i>h</i>	2,5	3,5	5,0	7,0
- <i>б, в, д, р, у, ф</i>	10/10 <i>h</i>	3,5	5,0	7,0	10
Ширина літер: <i>а, б, в, г, д, е</i>	5/10 <i>h</i>	1,8	2,5	3,5	5,0
- <i>ж, т, ф, ш, щ</i>	7/10 <i>h</i>	2,5	3,5	4,9	7,0
- <i>м, ы, ю</i>	6/10 <i>h</i>	2,1	3,0	4,2	6,0
- <i>з</i>	4,5/10 <i>h</i>	1,6	2,3	3,2	4,5
- <i>с</i>	4/10 <i>h</i>	1,4	2,0	2,8	4,0
Товщина ліній шрифту					
<i>d</i>	1/10 <i>h</i>	0,4	0,5	0,7	1,0
Відстань між літерами, цифрами і знаками					
<i>a</i>	2/10 <i>h</i>	0,7	1,0	1,4	2,0
Відстань між словами					
<i>e</i>	6/10 <i>h</i>	2,1	3,0	4,2	6,0
Відстань між основами рядків					
<i>b</i>	17/10 <i>h</i>	6,0	8,5	12	17

## 9.5 Нанесення розмірів

### 9.5.1 Загальні вимоги

Розміри на кресленнях наносять відповідно до вимог ГОСТ 2.307-68. Розмірні числа – основа для визначення розмірів зображуваного виробу.

Розміри поділяються на кутові та лінійні. Лінійні проставляють в міліметрах, а кутові – в градусах.

Кожний розмір наносять на кресленнях тільки один раз. Загальна кількість розмірів на рисунку повинна бути мінімальною, але достатньою для того, щоб за ними можна було виконати виріб.

Розміри габаритні – це довжина, висота та ширина (товщина).

### 9.5.2 Розмірні та виносні лінії

Розміри на рисунках вказують розмірними числами та розмірними лініями. Розмірна лінія вказує межу вимірювання предмета, її проводять між виносними лініями контуру, осьовими та центровими лініями (рис. 9.6).

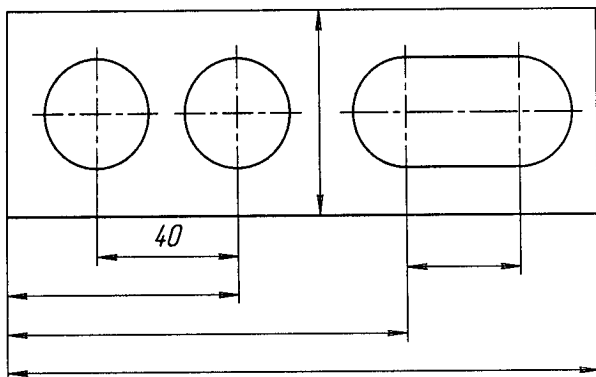


Рисунок 9.6

Розмірні та виносні лінії проводять суцільними тонкими лініями товщиною від  $S/2$  до  $S/3$ .

Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями повинна бути 7 мм, а між розмірною та лінією контуру – 10 мм.

Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілки розмірної лінії на 1 – 3 мм.

Не допускається використання осьових, центрових та виносних ліній, як обмежувачів розмірних ліній контуру.

Перетин розмірних ліній не допускається, а виносних – допускається.

Основні випадки проведення розмірних ліній (рис. 9.7):

а) при нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно до розмірної (рис. 9.7, а);

б) при нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у вершині кута, виносні лінії розташовують радіально (рис. 9.7, б);

в) при нанесенні дуги кола, розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута, над розмірним числом наносять позначку  $\frown$  дуги (рис. 9.7, в);

г) при нанесенні розміру радіуса, розмірну лінію проводять між дугою та її центром (рис. 9.7, г);

д) при нанесенні розміру діаметра кола, розмірну лінію проводять через центр (рис. 9.7, д) чи паралельно одному з діаметрів.



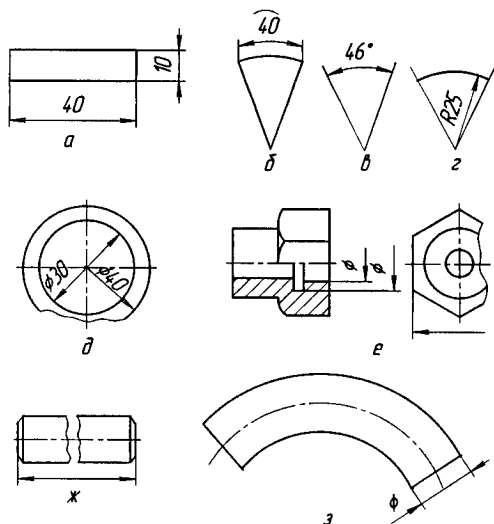


Рисунок 9.7

В таких випадках розмірні лінії проводять з обривом:

а) якщо вид або розріз симетричного предмета зображується тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірну лінію проводять також з обривом, перетинаючи трохи вісь або лінію обриву самого предмета (рис. 9.7, е);

б) при зображенні предмета з розривом розмірну лінію проводять повністю (рис. 9.7, ж);

в) при нанесенні діаметра кола незалежного від того, зображене коло повністю чи частково, розмірну лінію обривають трохи далі центра кола, (рис. 9.7, д).

### 9.5.3 Стрілки

Залежно від товщини лінії видимого контуру вибирають величину стрілки розмірної лінії та зображують їх приблизно однаковими на кресленні (рис. 9.8).

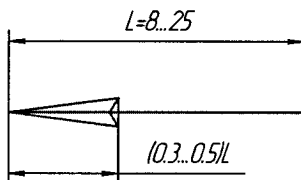


Рисунок 9.8

Якщо недостатньо місця для стрілок на розмірних лініях, то стрілки допускається замінити засічками, які наносяться під кутом  $45^\circ$  до розмірних ліній, або чіткими точками (рис. 9.9, 9.10). Якщо недостатньо місця для стрілки через близьке розташування контурної або виносної лінії, ці лінії допускається переривати (рис. 9.11).

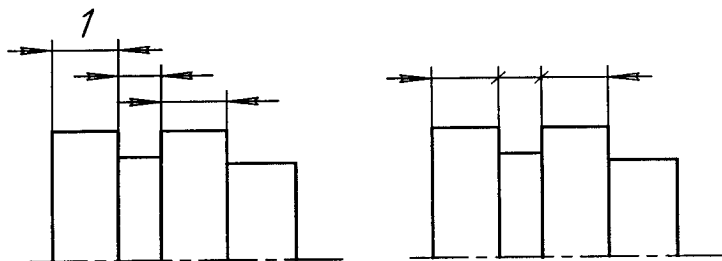


Рисунок 9.9

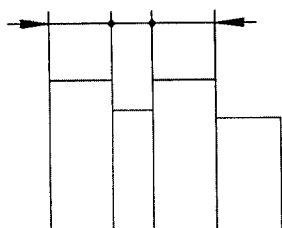


Рисунок 9.10

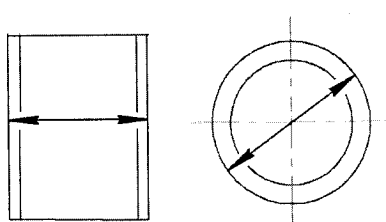


Рисунок 9.11

#### 9.5.4 Розмірні числа

Розмірні числа пишуть чітким стандартним шрифтом і розташовують над розмірною лінією якомога ближче до її середини. Число не торкається розмірної лінії, а знаходиться від неї на відстані приблизно 1 мм. Нахил цифр –  $75^\circ$ .

Рисунок виконується в будь-якому масштабі, але на ньому необхідно проставити числа дійсних розмірів предмета.

Розмірні числа не допускається розділяти або перетинати будь-якими іншими лініями рисунка. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа та наносити розмірні числа в місці перетину розмірних, осевих або центрових ліній. В місцях нанесення розмірного числа осеві, центрові та штрихові лінії переривають (рис. 9.12, рис. 9.13).

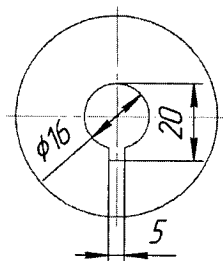


Рисунок 9.12

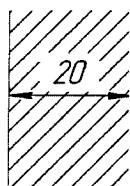


Рисунок 9.13

### 9.5.5 Деякі вимоги до нанесення на кресленні розмірів

**Лінійні розміри.** У випадку, який показаний на рис. 9.14, розмірні числа

розміщують над розмірною лінією у шаховому порядку.

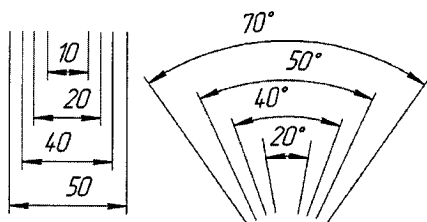


Рисунок 9.14

Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розміщують як показано на рис. 9.15, 9.16.

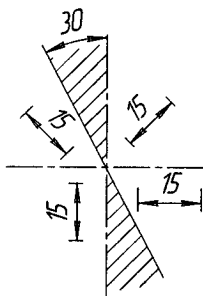


Рисунок 9.15

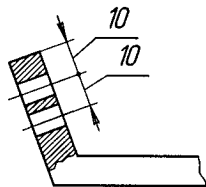


Рисунок 9.16

Якщо над розмірною лінією недостатньо місця, то розмірні числа наносять на її продовженні або виносять на полицю, яка розміщується паралельно головному надпису (рис. 9.17).

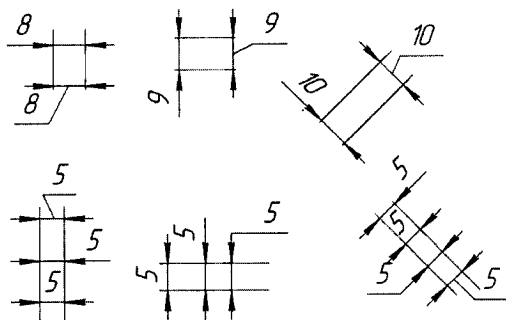


Рисунок 9.17

**Кутові розміри.** На рис. 9.18 показано, як наносять ці розміри. Потрібно звернути увагу на те, що в зоні, розташованій вище горизонтальної осової лінії, розмірні числа поміщають над розмірними лініями з боку їх випуклості, а в зоні, розташованій нижче горизонтальної лінії – з боку вгнутості.

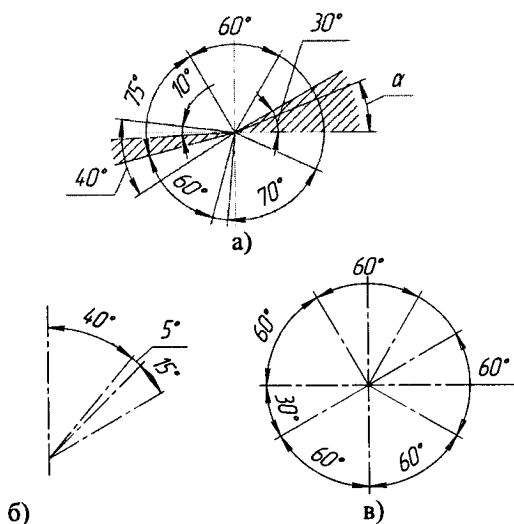


Рисунок 9.18

В заштрихованій зоні (рис. 9.18, а) наносити розмірні числа небажано. В цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтальних полицях. Для кутів малих розмірів, якщо недостатньо місця, розмірні числа поміщають на полицях ліній-виносок в будь-якій зоні (рис. 9.18, б).

Допускається наносити кутові розміри горизонтально та без полиць (рис. 9.18, в).

**Радіуси.** Перед розмірним числом радіуса розміщують велику літеру R, висота якої дорівнює висоті цифри. Розмірну лінію радіуса проводять із центра дуги (рис. 9.19, а). Ця лінія має одну стрілку, яка впирається в контур дуги. Розміри радіусів зовнішніх скруглень наносять, як показано на рис. 9.19, а, б, внутрішніх – на рис. 9.19, в.

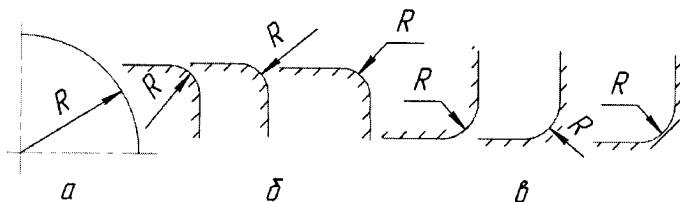


Рисунок 9.19

**Діаметри.** Перед розмірним числом діаметра в будь-яких випадках наносять позначку діаметра  $\varnothing$ , висота якого дорівнює висоті цифри (рис. 9.20).

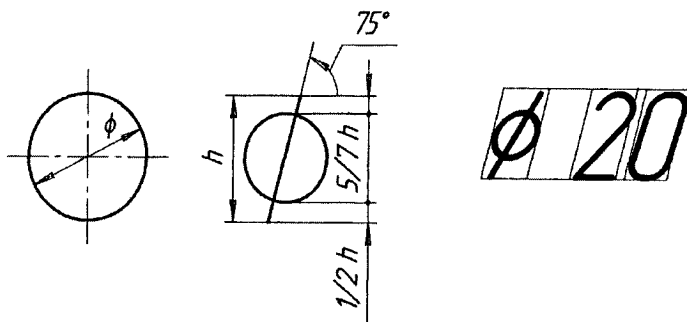


Рисунок 9.20

Якщо для нанесення розмірного числа недостатньо місця, площина над розмірною лінією або числом перетинається осьовими лініями, то розміри наносять, як показано на рис. 9.21, а, б.

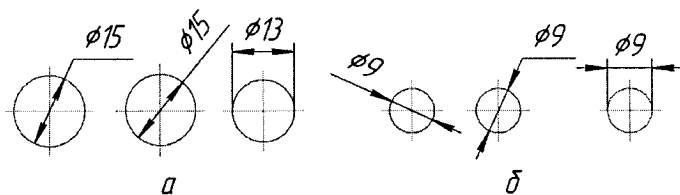


Рисунок 9.21

**Сфера.** На рис. 9.22 показані варіанти проставлення розмірних ліній сфери. Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери наносять позначку  $\emptyset$ . Допускається слово «сфера» писати у випадках, коли на рисунку важко відрізнити сферу від інших поверхонь.

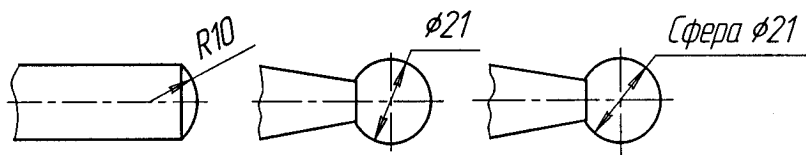


Рисунок 9.22

**Квадрат.** Для позначення квадрата (охоплюючи і квадратний отвір) перед числом квадрата потрібно ставити позначку  $\square$  (рис. 9.23).

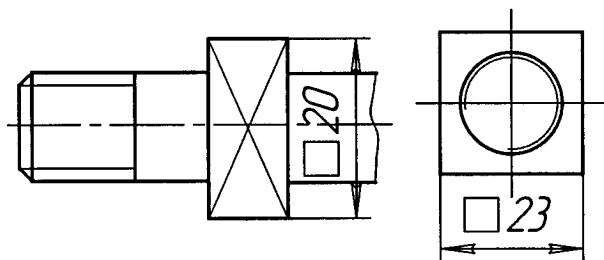


Рисунок 9.23

**Конусність.** Конусність – це відношення різниці діаметрів зрізаного конуса до його висоти (рис. 9.24). Конусність позначають на рисунках умовно. Розмірне число конусності вказує відношення чисел, наприклад, 1:2. Перед розмірним числом конусності наносять позначку  $\triangleright$ , гострий кут якої направлений в бік вершини конуса.

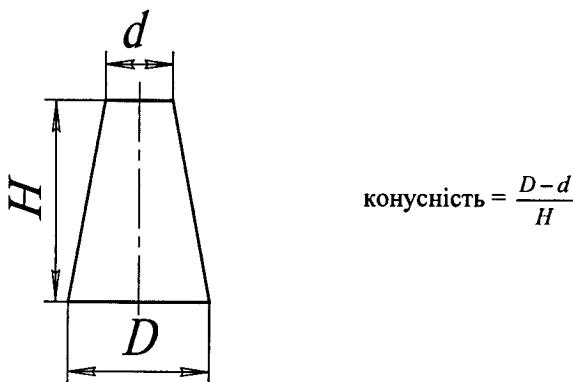


Рисунок 9.24

Значення конусності пишуть над віссю конуса або на полиці виносної лінії (рис. 9.25).

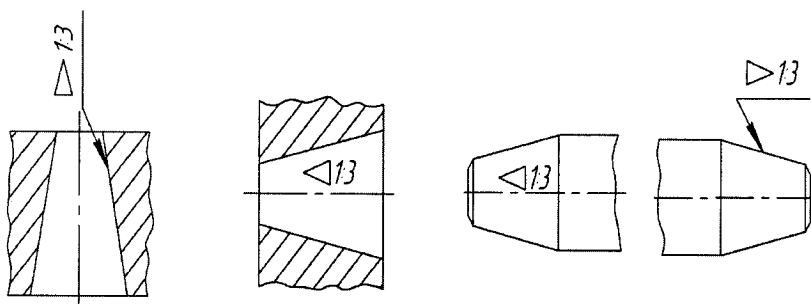


Рисунок 9.25

За ГОСТ 8593-81 встановлені такі значення нормальної конусності: 1:500; 1:200; 1:100; 1:150; 1:130; 1:120; 1:15; 1:12; 1:10; 1:8; 1:7; 1:6; 1:5; 1:4; 1:3; 1:1,886; 1:1,207; 1:0,866; 1:0,651; 1:0,500; 1:0,288.

**Фаски.** Розміри фасок під кутом  $45^\circ$  наносять, як показано на рис. 9.26. Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами – лінійними та кутовими розмірами (рис. 9.27) або двома лінійними розмірами (рис. 9.28). Допускається вказувати фаски, розміри яких в масштабі рисунка 1 мм та менше на полиці виносної лінії (рис. 9.29).

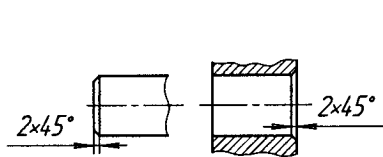


Рисунок 9.26

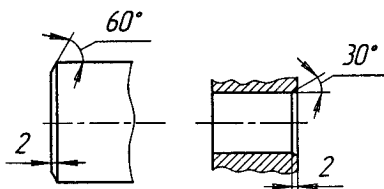


Рисунок 9.27

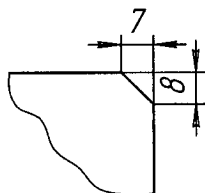


Рисунок 9.28

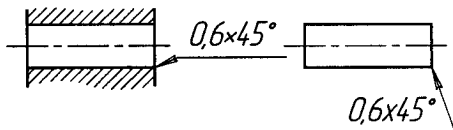


Рисунок 9.29

## 9.6 Спрощення при нанесенні розмірів

Якщо необхідно показати положення центра дуги з великим радіусом, то його приближують до дуги. В цьому випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом  $90^\circ$  (рис. 9.30).

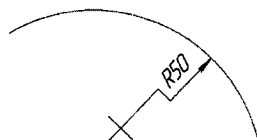


Рисунок 9.30

При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини або довжини наносять як показано на рис. 9.31.

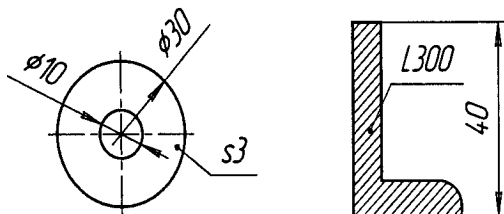


Рисунок 9.31



Розміри однакових елементів деталі (наприклад отворів) допускається наносити один раз, вказуючи кількість елементів, що повторюються (рис. 9.32, 9.33).

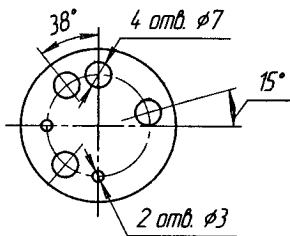


Рисунок 9.32

Якщо рівномірно розташовані по колу однакові елементи (наприклад, отвори, ребра), то допускається вказувати тільки кількість елементів (рис. 9.31, 9.32).

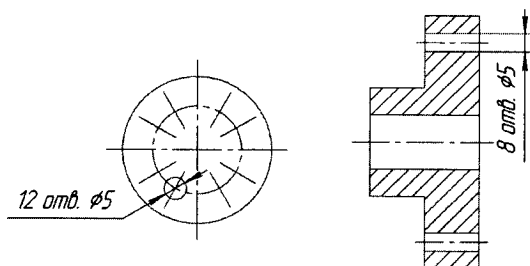


Рисунок 9.33

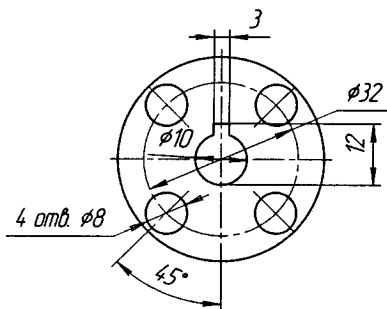


Рисунок 9.34

При нанесенні розмірів, що визначають відстані між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується наносити розмір між сусідніми елементами та розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 9.35).

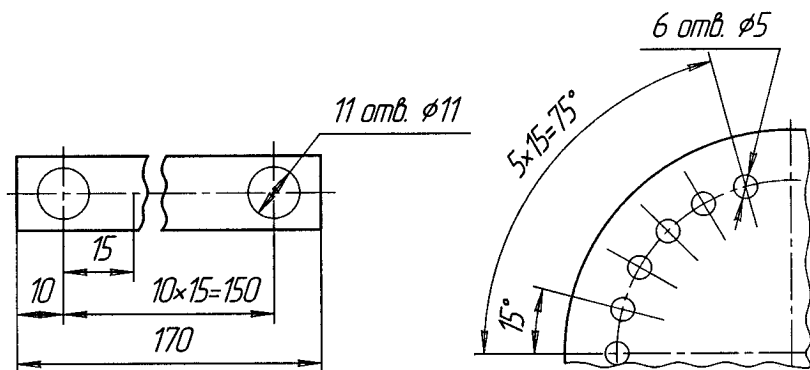


Рисунок 9.35

## 9.7 Методи проставлення лінійних розмірів

Кількість розмірів на рисунку повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу та контролю.

Розрізняють ланцюжковий, координатний та комбінований характер розташування розмірів на рисунку. При ланцюжковому розміщенні розміри проставляють послідовно один за одним (рис. 9.36).

Ланцюжковий характер зручний у випадках проставлення розмірів міжцентрових відстаней, коли важливо витримати відстань між центрами кіл (рис. 9.36, а). Не допускаються замкнуті ланцюги.

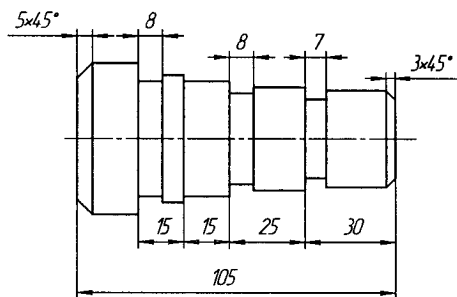
При координатному способі проставлення розмірів кожний розмір є координатою, яка визначає положення елемента деталі відносно вибраної технологічної бази (рис. 9.36, б).

Базою може бути:

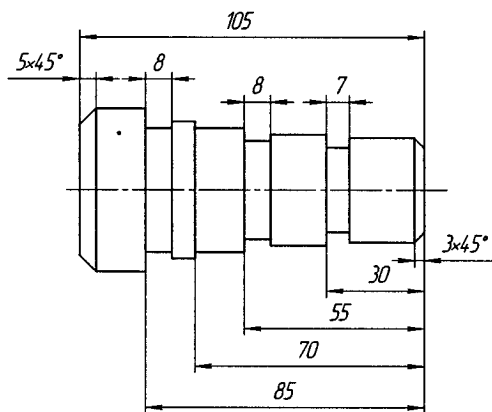
- площина, від якої починається обробка;
- прямі лінії – вісь симетрії, осі отворів;
- точка – центр будь-якої деталі, що обертається.

Приклад проставлення розмірів від баз показаний на рис. 9.36, а, б.

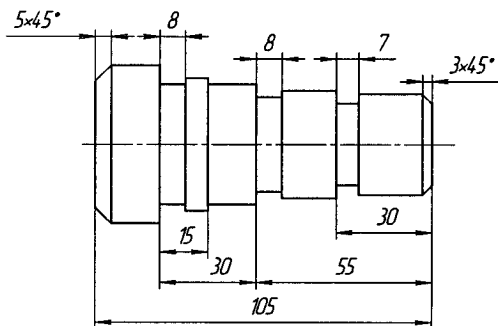
Комбінований спосіб проставлення розмірів є поєднанням ланцюжкового та координатного способів (рис. 9.36, в).



a)



б)



в)

Рисунок 9.36

При обробці зовнішньої поверхні втулки на токарному верстаті спочатку обробляється циліндрична поверхня діаметра  $d_0$  на довжині  $l$  (рис. 9.37, а, б), вимірювання від правого торця, який і буде слугувати технологічною базою розмірів по довжині. Далі деталь обточується до діаметра  $d$  на довжині  $l_1$ , потім – до діаметра  $d_1$  на довжині  $l_2$ .

Таке проставлення розмірів довжин відповідає послідовності обробки зовнішньої поверхні.

Від технологічної бази лівого торця деталі проставлені розміри довжин внутрішніх циліндричних поверхонь.

Послідовність обробки:

- а) свердять отвір найменшого діаметра  $D$  на довжину  $C_0$ ;
- б) виконують розточування до діаметра  $D_1$   $D_1$  на глибину  $C$  і виконують розточування до діаметра  $D_2$   $D_2$  на глибину  $C_2$ ;
- г) виконують внутрішнє виточування шириною  $C_3$  на відстані  $C_1$  від торця.

На рис. 9.37 подано приклад неправильного проставлення розмірів. На цьому рисунку неправильно вибрана базова поверхня, тому що токар буде намагатись виконати вимірювання від лівого торця. Розміри  $K_1$  і  $K_2$  виміряти практично неможливо.

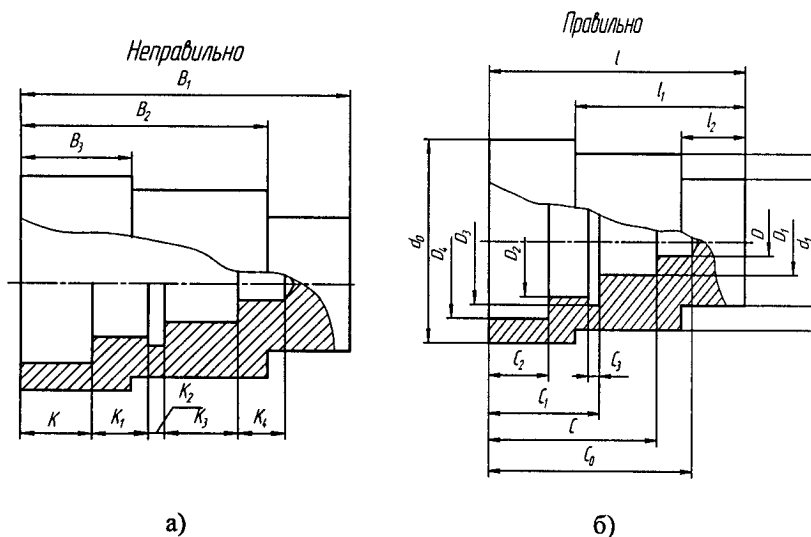


Рисунок 9.37

## 10 ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ

Відповідно до ГОСТ 2.305-68 зображення предметів, виробів або їх складових частин виконують методом прямокутного проєкціонування. При цьому предмет, який потрібно зобразити, розміщують між спостерігачем та площиною проєкцій. Залежно від змісту зображення на кресленні виділяють види, розрізи, перерізи.

### 10.1 Види

**Вид** – зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. При виконанні креслень за основні площини проєкцій приймають шість граней пустотілого куба, які розташовують як показано на рис. 10.1 та суміщають їх з фронтальною площиною проєкцій (гранню 1 куба) (рис. 10.2).

Предмет розміщують відносно фронтальної площини проєкцій таким чином, щоб зображення на цій площині давало найбільш повне уявлення про його форму та розміри. Це зображення називають головним видом чи видом спереду.

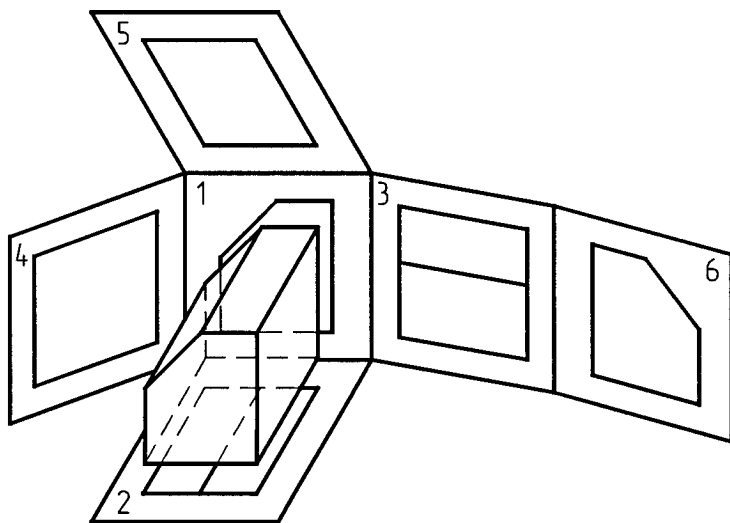


Рисунок 10.1

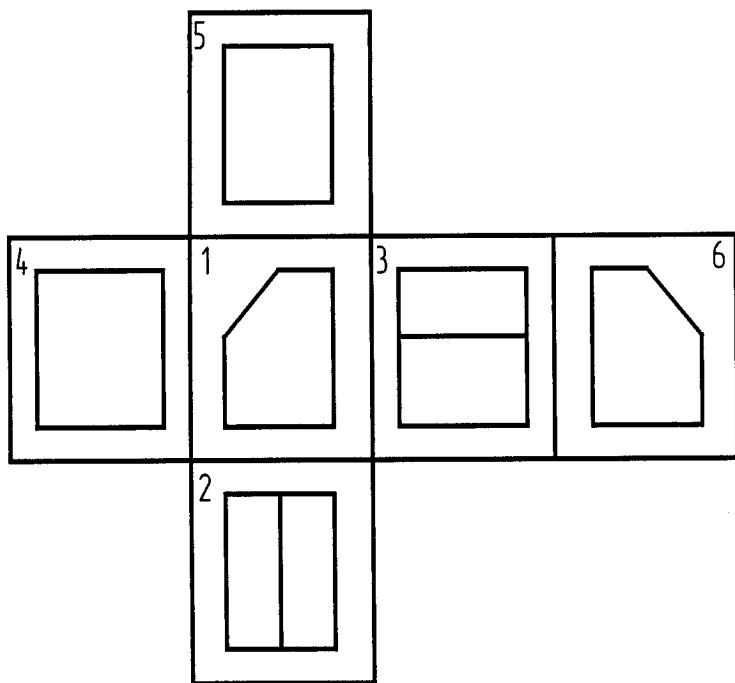


Рисунок 10.2

Решту зображення називають (рис. 10.1 та рис. 10.2): вид зверху (зображення на грані 2 куба), вид зліва (на грані 3 куба), вид справа (на грані 4 куба), вид знизу (на грані 5 куба) та вид ззаду (на грані 6 куба).

Коли виконують креслення предмета, то не обов'язково роблять зображення на всіх гранях куба. Кількість зображень повинна бути мінімальною, але достатньою для уявлення його форми з урахуванням умовностей, спрощень, відповідних знаків та написів.

Вид ззаду можна розмістити також зліва від виду справа. Основні види (рис. 10.2) на кресленні, як правило, знаходяться у проекційному зв'язку, і в цьому випадку їх назви не надписують.

Коли один з видів не знаходиться у безпосередньому проекційному зв'язку з головним зображенням чи між ними є інші зображення, то необхідно його позначити як показано на рис. 10.3. Сюди входять позначення напрямку погляду стрілкою з великою літерою українського алфавіту.

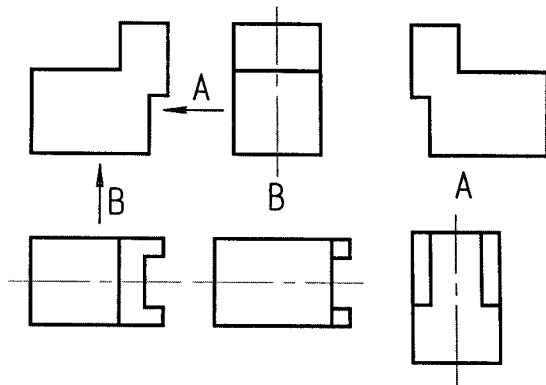


Рисунок 10.3

Коли яку-небудь частину предмета неможливо показати на основних видах без спотворення форми і розмірів, то застосовують додатковий вид (наприклад, додатковий вид на площину  $\Pi_4$ ) (рис. 10.4).

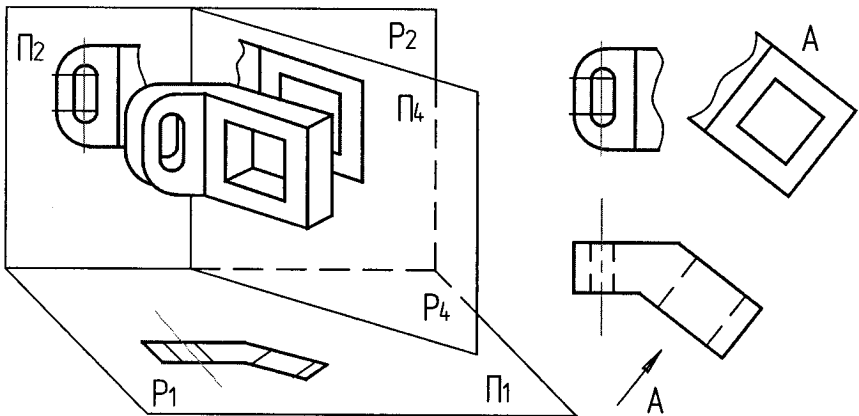


Рисунок 10.4

Додатковий вид супроводжується написом – велика літера українського алфавіту (рис. 10.4), а біля зображення, пов'язаного з ним стрілкою (рис. 10.5), показують напрям погляду.

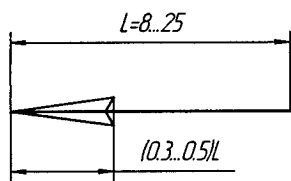


Рисунок 10.5

Додатковий вид можна зробити з поворотом, тоді до напису додається позначка  $\odot$  (рис. 10.6, а). У випадку, коли додатковий вид розміщений у безпосередньому проекційному зв'язку з відповідним основним видом, стрілка та напис не позначаються (рис. 10.6, б).

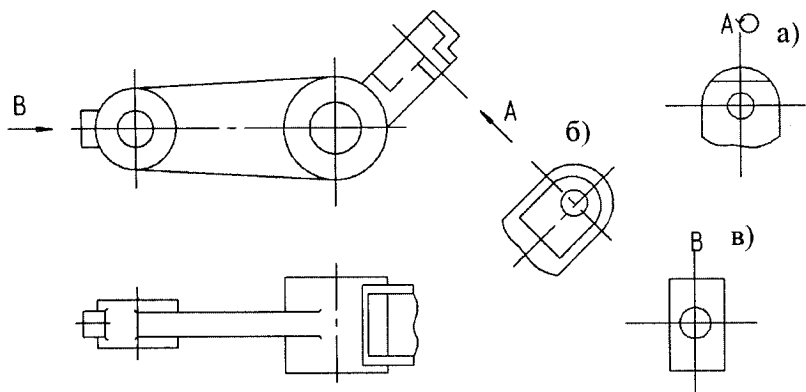


Рисунок 10.6

Зображення окремого місця предмета, як правило, робиться за допомогою місцевого виду, який може бути обмежений лінією обриву (рис 10.6, б) або не обмежений (рис. 10.6, в). На кресленні місцевий вид позначається як і додатковий (рис. 10.6, а, б, в).

## 10.2 Розрізи

Розрізи – зображення предмета, уявно розрізаного однією або кількома площинами, при цьому уявне розрізання предмета належить тільки до цього розрізу і не веде до змін інших зображень того ж предмета. На розрізі показують те, що знаходиться у січній площині і що розташоване за нею. Дозволяється зображувати не все, що розташовано за січною площиною,



якщо цього не потребує розуміння конструкції предмета. Залежно від кількості січних площин розрізи поділяються на прості (одна січна площина) та складні (декілька січних площин).

### 10.2.1 Прості розрізи

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій прості розрізи поділяються на:

- **горизонтальні** – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій (рис. 10.7, рис. 10.8);

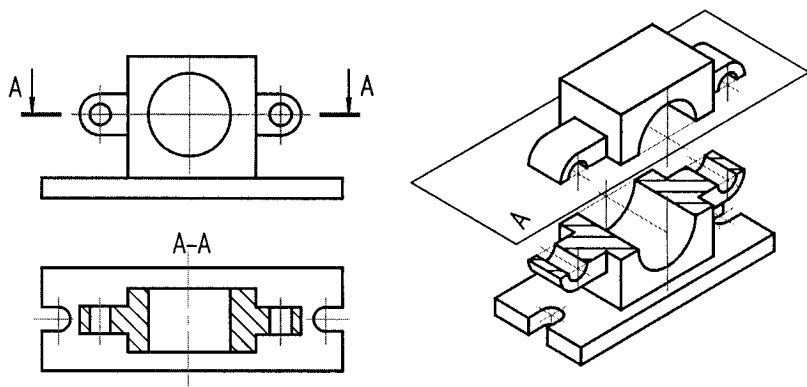


Рисунок 10.7

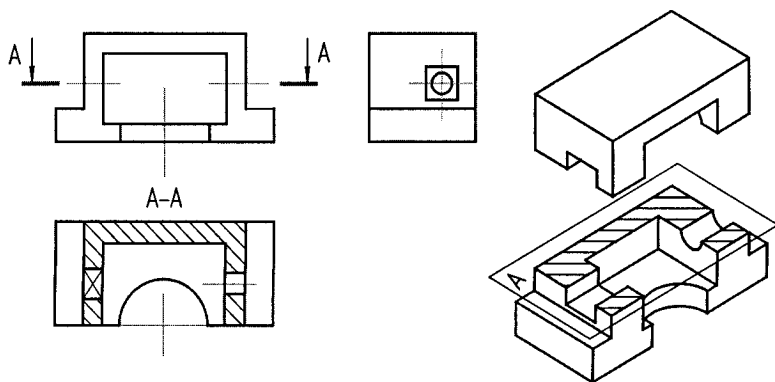


Рисунок 10.8

- вертикальні – січна площина перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис. 10.9, рис. 10.10).

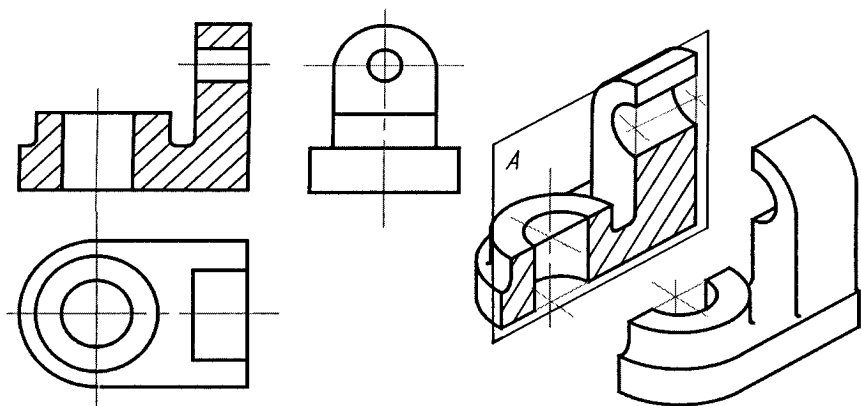


Рисунок 10.9

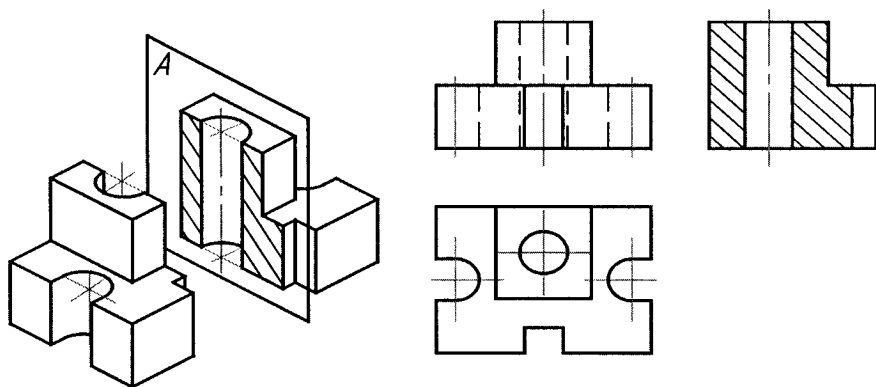


Рисунок 10.10

Вертикальні розрізи називаються фронтальними, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій (рис. 10.9), та профільними, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій (рис. 10.10);

- **похилі** – січна площина утворює з горизонтальною площиною проєкцій кут, що відрізняється від прямого (рис. 10.11).

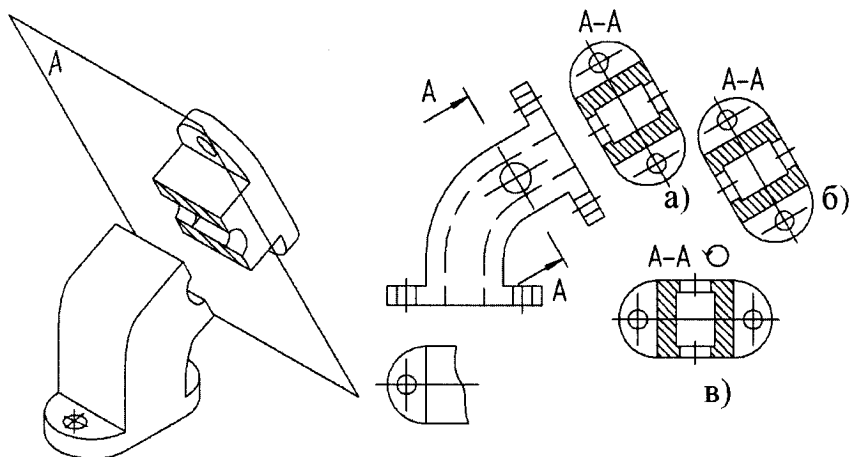


Рисунок 10.11

Горизонтальний, фронтальний та профільний розрізи розташовуються на місці відповідного виду: горизонтальний – на виді зверху або на виді знизу; фронтальний – на головному виді; профільний – на виді зліва або на виді справа (див. рис. 10.7 – 10.10).

Похилий розріз повинен розташовуватись у проєкційній відповідності щодо лінії перерізу (рис. 10.11, а). Дозволяється розташовувати розрізи в будь-якому місці креслення. При цьому виконаний розріз має бути "А-А" (рис. 10.11, б) – завжди лише двома літерами через тире.

Якщо похилий розріз виконаний із порушенням проєкційної відповідності, що дозволено стандартом, то до його позначення додається спеціальний символ  $\odot$  (рис. 10.11, в).

Положення січної площини позначається лінією перерізу, для цього використовують розізмкнену лінію. На початковому і кінцевому штрихах роблять позначення стрілкою напряму зору на відстані 2 або 3 мм від кінця штриха. Біля стрілок ставлять одну й ту саму літеру українського алфавіту з боку зовнішнього кута. Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. Розріз повинен бути позначений написом типу "А-А" (рис. 10.11).

На горизонтальних та вертикальних розрізах, отриманих в результаті перерізу предмета січною площиною, яка збігається з його площиною си-

метрії, відповідні зображення розміщені на місці основного виду січної площини не показують і розріз не супроводжують написом (рис. 10.9, рис. 10.10).

Коли розріз (а також вид або переріз) є симетричною фігурою, дозволяється креслити половину зображення (рис. 10.12) або з'єднати розріз з половиною виду. Частину виду від розрізу при цьому розділяють штрихпунктирною лінією – віссю симетрії (рис. 10.13).

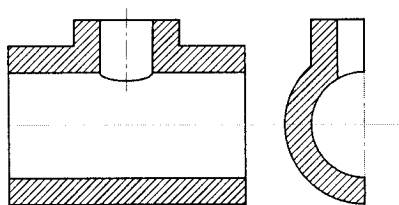


Рисунок 10.12

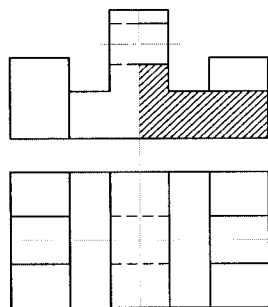


Рисунок 10.13

Коли зі слідом площини збігається лінія видимого контуру, то частину виду від частини розрізу потрібно розділяти суцільною хвилястою лінією (рис. 10.14). Суцільна хвиляста лінія розділяє частини виду та розрізу і тоді, коли вони не є симетричними фігурами (рис. 10.15). Ніякими написами вони в цьому випадку не супроводжуються.

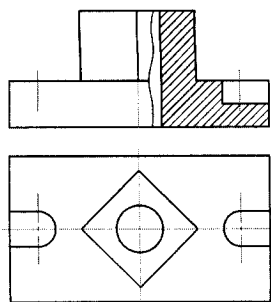


Рисунок 10.14

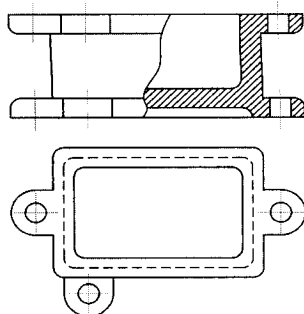


Рисунок 10.15

Якщо січні площини перетинають в повздовжньому напрямку гвинта, заклепки, шпонки, непустотілі вали, рукоятки, спиці, ребра жорсткості тощо (рис. 10.16), то їх в розрізі показують не розрізаними, тобто не заштрихованими. Кулі ніколи не штрихуються. На складальних кресленнях гайки та шайби показують не розрізаними.

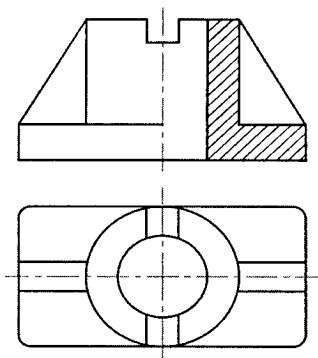


Рисунок 10.16

### 10.2.2 Складні розрізи

Складні розрізи бувають ступінчастими та ламаними. Ступінчастим називається розріз, отриманий в результаті перетину предмета паралельними площинами (рис. 10.17).

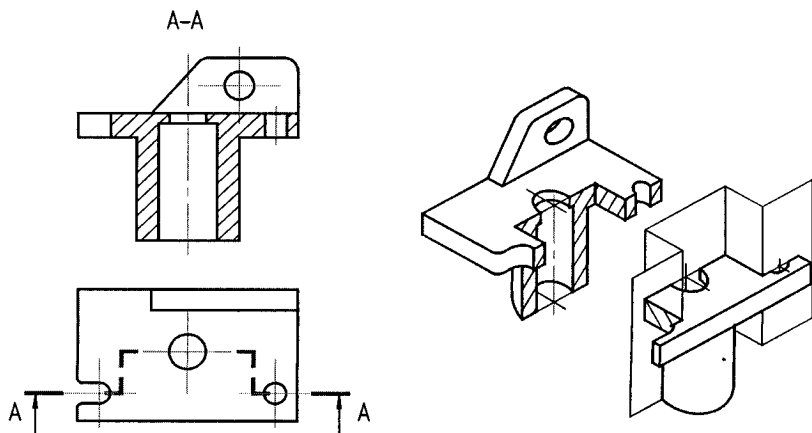


Рисунок 10.17

Ламаним називають розріз, отриманий в результаті перетину предмета перетинними площинами (рис. 10.18). При виконанні ламаних розрізів січні площини умовно повертають до суміщення в одну площину.

Складні розрізи можуть бути розташовані на місці відповідного виду (рис. 10.17, рис. 10.18).

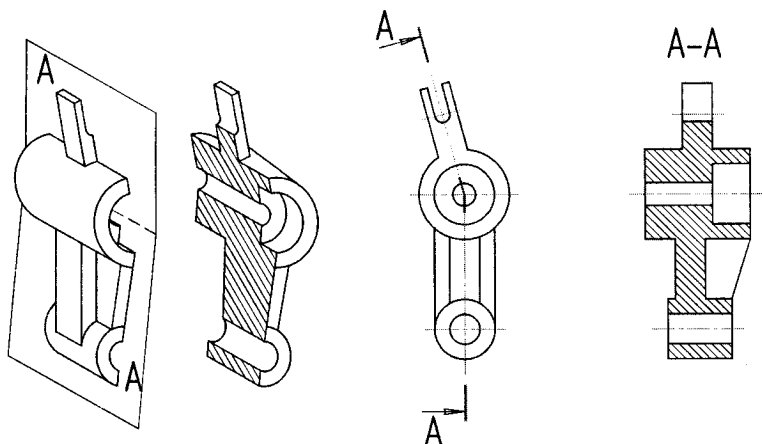


Рисунок 10.18

Стрілка на лінії перерізу показує напрямок проєкціонування предмета, а не напрямок повороту січної площини. Елементи, розміщені за січною площиною, залишаються нерухомі. При виконанні складних розрізів штрихи, які визначають лінію перерізу, потрібно проводити і у перегині цієї лінії.

### 10.2.3 Місцеві розрізи

Місцевими називаються розрізи, які показують будову предмета лише в окремому обмеженому місці. На виді місцевий розріз виділяється суцільною хвилястою лінією, яка не повинна збігатися з будь-якими іншими лініями зображення (рис. 10.19).

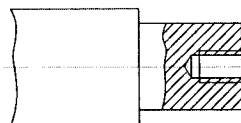


Рисунок 10.19

### 10.3 Перерізи

**Переріз** – це плоска фігура, що зображає тільки те, що міститься в січній площині. Переріз входить як складова частина до кожного розрізу, хоча може бути самостійним зображенням. Фігуру перерізу позначають штрихуванням.

Перерізи, які не входять до складу розрізу, поділяють на винесені (рис. 10.20) та накладені (рис. 10.21).

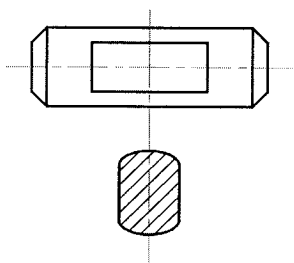


Рисунок 10.20

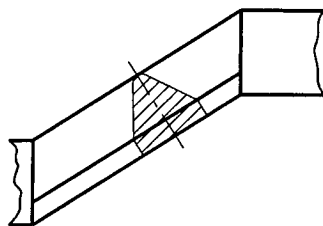


Рисунок 10.21

Контур винесеного перерізу, а також перерізу, що входить до складу розрізу, зображують суцільними товстими основними лініями, а контур накладеного – суцільними тонкими.

Винесені перерізи можна розташувати на продовженні сліду у січній площині (рис. 10.20), в розриві між частинами того ж виду (рис. 10.22), а також в будь-якому вільному місці креслення (рис. 10.23).

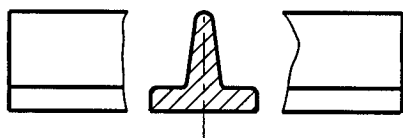


Рисунок 10.22



Рисунок 10.23

У вищеперахованих випадках лінія перерізу не проводиться і не позначається. Якщо фігура накладеного перерізу чи винесеного перерізу, розташованого в розриві виду, не симетрична відносно осі, яка паралельна сліду січньої площини (рис. 10.25, рис. 10.26), лінію перерізу показують розімкнутою лінією зі стрілками, але без позначень літерами. В решті випадків лінії перерізу показують розімкнутою лінією зі стрілками (напрямку зору) і позначають двома однаковими літерами українського алфавіту. Пе-

перізи при цьому супроводжуються написом типу "А-А" (рис. 10.24, 10.27, 10.28). Якщо переріз виконаний з поворотом, то додається позначка  $\circ$  (рис. 10.24).

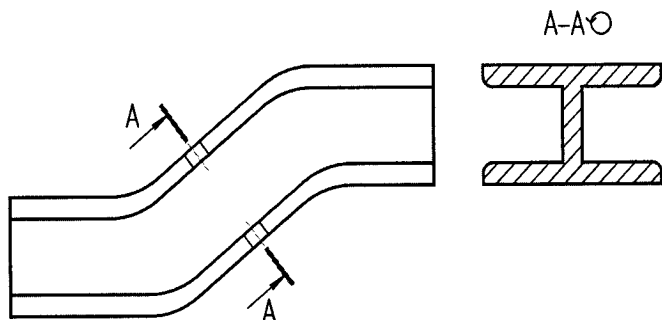


Рисунок 10.24

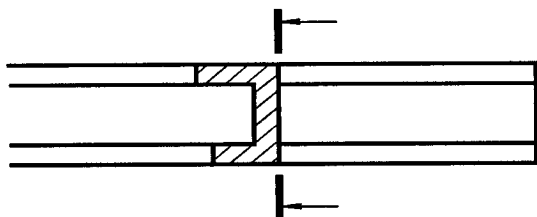


Рисунок 10.25

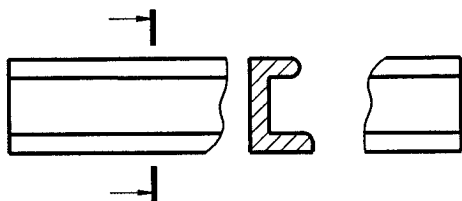


Рисунок 10.26

Коли предмет має декілька однакових перерізів, то лінії перерізів позначають однією і тією ж літерою і креслять один переріз (рис. 10.27). У випадку, коли поверхня обертання обмежує отвір чи заглиблення та січна площина проходить через вісь цієї поверхні, то контур отвору чи заглиблення в перерізі показують повністю (рис. 10.28).



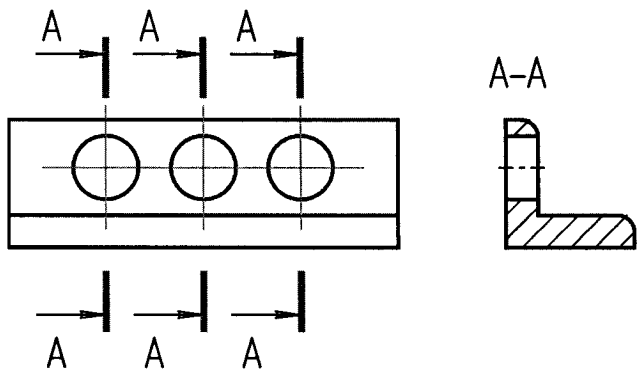


Рисунок 10.27

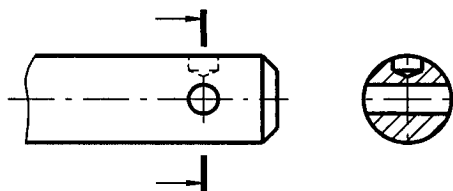


Рисунок 10.28

## 11 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ

### 11.1 Загальні положення

**Схема** – конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу та зв'язки між ними.

**Елементи схеми** – складова частина схеми, яка виконує певну функцію у виробі та не може бути розділена на частини, які мають самостійне призначення (резистори, діоди, транзистори тощо).

**Пристрій** – сукупність елементів, що являє собою єдину конструкцію (блок, плата, панель тощо).

**Лінія взаємозв'язку** – відрізок прямої, що свідчить на наявність електричного зв'язку між елементами та пристроями.

Класифікацію схем за видами та типами встановлює ГОСТ 2.701-84. Види схем визначаються залежно від видів елементів та зв'язків, які входять до складу виробу і позначаються літерами українського алфавіту. Розрізняють десять видів схем: електрична – Е, гідравлічна – Г, пневматична – П, газова – Х, кінематична – К, вакуумна – В, оптична – Л, енергетична – Р, ділення – Е, комбінована – С.

Схеми залежно від призначення поділяють на типи і позначають арабськими цифрами.

Встановлено вісім типів схем: структурна – 1, функціональна – 2, принципова (повна) – 3, з'єднань – 4, підключення – 5, загальна – 6, розташування – 7, об'єднана – 0.

Загальні правила виконання схем встановлює ГОСТ 2.701-84 та ГОСТ 2.702-75. Схеми виконують без додержання масштабу, дійсне просторове розташування складних частин не розраховується або розраховується приблизно.

Формати аркушів для виконання схем вибирають із головного ряду форматів за ГОСТ 2.301-73.

Лінії на схемах всіх типів виконують відповідно до вимог ГОСТ 2.303-68.

Товщину лінії вибирають в межах від 0,2 до 1,0 мм та витримують постійними. Графічні позначення елементів та ліній взаємозв'язку виконують лініями однакової товщини.

На одній схемі рекомендується застосовувати не більше трьох типорозмірів ліній за товщиною.

На електричній схемі зображають елементи та пристрої у вигляді графічних позначень, лінії взаємозв'язку, літерно-цифрові позначення, таблиці, розташовують текстову інформацію, основний напис.

## 11.2 Графічні позначення на електричних схемах

Для зображення на електричних схемах елементів та пристроїв використовують умовні графічні позначення, які встановлюються стандартами.

Розміри умовних графічних позначень елементів схеми наведені у відповідних стандартах. Лінійні та кутові розміри допускається в окремих випадках пропорційно збільшувати або зменшувати. Розміри умовних графічних позначень збільшують за необхідності: графічно виділити важливе значення відповідного елемента; помістити всередину умовного графічного позначення кваліфікаційний символ та додаткову інформацію.

Для забезпечення візуального сприйняття схеми відстань між будь-якими графічними елементами (точками, лініями тощо) умовного позначення не повинна бути меншою ніж 0,8 мм.

Вибрані розміри умовних графічних позначень та товщина ліній для них повинні бути витримані постійними на цьому рисунку.

Умовні графічні позначення елементів зображують на схемі у положенні, в якому вони наведені у відповідних стандартах, або повернуті на кут, кратний  $90^\circ$ , а також дзеркально повернутими (рис. 11.1).



Рисунок 11.1

Допускається умовні позначення повертати на кут  $45^\circ$ , якщо це спрощує графіку схеми (рис. 11.2)

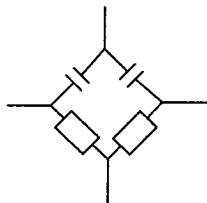


Рисунок 11.2

### 11.3 Текстова інформація

Текстова інформація, подана на вільному полі схеми, може мати такі форми запису: технічні умови, пояснення, таблиці (перелік елементів).

Кожний елемент, зображений на електричній схемі, повинен мати літерно-цифрове позиційне позначення. Позиційне позначення утворюється за допомогою великих літер латинського алфавіту, арабських цифр та знаків за ГОСТ 2.710-81.

Структура літерно-цифрового позначення складається із обов'язкових та додаткових частин. Обов'язкова частина – літерний код та номер елемента. Літерний код встановлює ГОСТ 2.710-81, номер елемента визначається місцезнаходженням елемента на схемі і присвоюється в напрямку зверху вниз та зліва направо.

Дані цих елементів повинні бути записані в перелік елементів. Перелік елементів оформляють у вигляді таблиці за формою, яка показана на рис. 11.3.

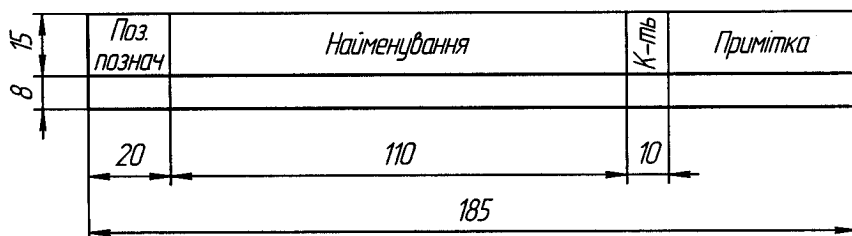


Рисунок 11.3

Таблицю розмішують над основним написом на відстані не менше 12 мм. Також перелік елементів можна додавати у вигляді самостійного документа (специфікації), за форматом А4.

В графах переліку розмішують дані: в графі «Поз. позначення» позиційне літерно-цифрове позначення елемента або пристрою і позначення документа, на основі якого цей елемент або пристрій застосовані; в графі «Примітка» – технічні дані, які не значаться в позначенні типу елемента, значення параметрів та інші.

Елементи в переліку записують групами в алфавітному порядку літерно-позиційних позначень.

Елементи одного типу з однаковими електричними параметрами записують в перелік в один рядок, при цьому в графі «К-ть» вказують загальну кількість однакових елементів.

## 11.4 Схеми принципів електричних

Схема електрична принципова визначає повний склад елементів виробу і дає детальне уявлення про її роботоздатність. Принципова схема є основою для розробки інших конструкторських документів, рисунків конструкції виробів і є найбільш повним документом для вивчення принципу роботи виробу.

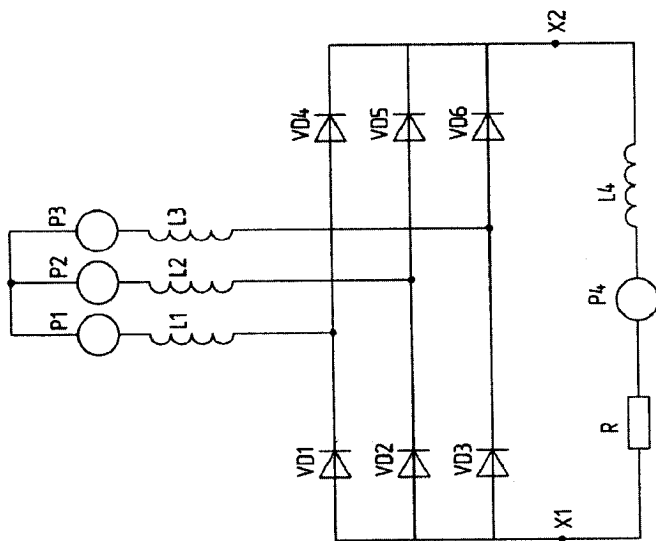
На принциповій схемі зображують всі електричні елементи та пристрої, які необхідні для втілення і контролю у виробі заданих електричних процесів, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні кола (роз'єми, затискачі).

Елементи зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених ЄСКД та державними стандартами.

Кожний елемент або пристрій на схемі повинні мати позиційне літерно-цифрове позначення відповідно до умов ГОСТ 2.710-81.

Порядкові номери елементам присвоюють, починаючи з одиниці в межах групи елементів, які мають однакові літерно-позиційні позначення, наприклад, R1, R2, C1, C2 тощо. Приклад схеми подано на рис. 11.4.

Порядкові номери присвоюють відповідно до послідовності розташування елементів на схемі в напрямі зверху вниз і зліва направо. Позиційні позначення проставляють поряд з графічним позначенням з правої сторони або над ним.



Позначення	Найменування	Кількість	Прим.
P1-P4	Прилад електричної ізоляції	4	
L1-L4	Катушка індуктивності	4	
VD1-VD6	Діод	6	
X1-X2	Контакт нероз'єднаного з'єднання	2	
R	Резистор	1	

*Основний напис*

Рисунок 11.4

## 12 РІЗЬБОВІ З'ЄДНАННЯ

### 12.1 Види різьби

У сучасній техніці велике поширення мають різьбові з'єднання, що застосовуються для рознімного з'єднання деталей. До їх позитивних якостей належать універсальність, надійність, зручність складання та розбирання, простота виготовлення.

**Різьба** – це поверхня, утворена при гвинтовому переміщенні плоского контуру по циліндричній або конічній поверхні.

У будь-якій різьбі відповідно до стандартів розрізняють такі основні елементи: профіль різьби; кут профілю; висоту профілю; крок різьби; зовнішній, зведений середній та внутрішній діаметри різьби.

**Профіль різьби** розглядається в перерізі, що проходить через вісь болта чи гайки.

**Кут профілю  $j$**  – кут між суміжними бічними сторонами різьби у площині осьового перерізу. У метричній різьбі цей кут дорівнює  $60^\circ$ , у дюймовій –  $55^\circ$ .

**Крок різьби  $P$**  – відстань по лінії, паралельній осі різьби, між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю різьби, що лежать в одній осьовій площині по один бік від осі різьби.

**Висота профілю різьби  $H_1$**  – відстань між вершиною та западиною різьби в площині осьового перерізу в напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

**Зовнішній діаметр різьби  $d$**  – діаметр уявлюваного циліндра, описаного навколо різьбової поверхні. Зовнішній діаметр вимірюється у болтів по вершинах профілю різьби, у гайок – по западинах.

**Внутрішній діаметр різьби  $d_1$**  – діаметр уявлюваного циліндра, вписаного в різьбову поверхню. Внутрішній діаметр вимірюється у болтів по западинах, у гайок – по вершинах різьби.

**Середній діаметр  $d_2$**  – діаметр уявлюваного циліндра, співвісного з різьбою, твірні якого діляться бічними сторонами профілю на рівні відрізки.

**Хід різьби** – відстань між відповідними точками на поверхні гвинтової нитки за один оберт контуру, вимірювана паралельно осі різьби.

**Число заходів різьби** – кількість ниток, які утворюють різьбу. Кожний вид різьби характеризується зовнішнім, внутрішнім і середнім діаметрами, кутом і висотою профілю.

**Гвинтова нитка** – це виступ гвинтової різьби, утворений одним профілем.

Сукупність циліндра з утвореним гвинтовим виступом називається **гвинтом**. Якщо на поверхні циліндра одночасно переміщати не один, а два, три або більше плоских профілів, рівномірно зміщених по колу один відносно одного, то можна утворити гвинти відповідно з двома, трьома або більше заходами. У двозахідній різьби трикутні профілі зміщені один відносно одного на  $180^\circ$ . Число заходів гвинта легко визначити на його торцевій поверхні.

Різьби розрізняють:

– за формою поверхні: **циліндрична** (G) – різьба, утворена на поверхні циліндра; **конічна** (R) – різьба, утворена на поверхні конуса;

– за формою профілю: трикутні, прямокутні, трапецієподібні, круглі тощо. Найчастіше застосовується циліндрична трикутна різьба, яку використовують на кріпильних деталях: гвинтах, шпильках, гайках, болтах.

**Прямокутна різьба** має прямокутний профіль (квадратний). Застосовується дуже рідко.

**Трапецієподібна різьба** (Tr) має переріз у формі трапеції з кутом профілю  $30^\circ$ . Застосовується для передачі руху або великих зусиль (металорізальні верстати, домкрати, преси).

**Упорна різьба** (S) має профіль у вигляді нерівносторонньої трапеції з робочим кутом при вершині  $30^\circ$ . Ця різьба застосовується тоді, коли гвинт має передавати одностороннє велике зусилля (гвинти пресів, домкратів).

**Кругла різьба** (Rd) має профіль, утворений двома дугами, спряженими з невеликими прямолінійними ділянками, та кутом  $30^\circ$ . Застосовується в патронах, запобіжниках, цоколях ламп;

– за характером поверхні: **зовнішня** – різьба, утворена на зовнішній поверхні циліндра чи конуса; **внутрішня** – різьба, утворена на внутрішній поверхні циліндра чи конуса;

– за напрямом різьби: **права** – різьба, утворена контуром, який обертається за рухом годинникової стрілки і переміщується вздовж осі у напрямі від спостерігача; **ліва** – різьба, утворена контуром, який обертається проти руху годинникової стрілки і переміщується вздовж осі у напрямі від спостерігача;

– за числом заходів (виступів і канавок): **однозахідна** – різьба, утворена однією гвинтовою ниткою; **багатозахідна** (дво-, тризахідна і т. д.) – різьба, утворена двома, трьома і т. д. гвинтовими нитками;

– за величиною кроку: **нормальний** (великий) і **малий** крок;

– за експлуатаційним призначенням: **кріпильні** (метричні); **кріпильно-ущільнювальні** (трубні, конічні); **ходові** (трапецієподібні, упорні); **спеціальні**;

– за одиницями вимірювання кроку (метрична (M), дюймовая).



## 12.2 Зображення і позначення різьби на кресленнях

На кресленнях прийнято зображати різьбу і позначати умовно відповідно до ГОСТ 2.311-68. Характер умовного зображення однаковий для всіх видів стандартизованих різьб.

Відповідно до нового стандарту «Зображення різьби», який встановлює правила зображення і нанесення позначення різьби на рисунках усіх галузей промисловості і будівництва, різьбу зображають:

а) на стержні – суцільними основними лініями по зовнішньому діаметру різьби і суцільними тонкими – по внутрішньому.

На зображеннях, які спроекційовані на площину, паралельну осі стрижня, суцільну тонку лінію по внутрішньому діаметру різьби проводять на всю довжину різьби без збігу (рис. 12.1).

На зображеннях, які спроекційовані на площину, перпендикулярну до осі стрижня, по внутрішньому діаметру різьби проводять дугу, що приблизно дорівнює  $3/4$  кола і розімкнута у будь-якому місці (рис. 12.1);

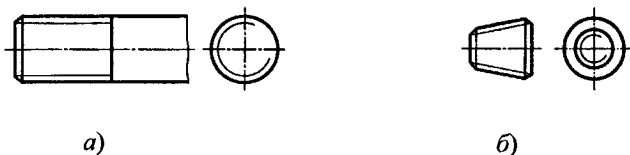


Рисунок 12.1

б) в отворі – суцільними основними лініями по внутрішньому діаметру різьби і суцільними тонкими – по зовнішньому (рис. 12.2).



Рисунок 12.2

На розрізах, які дістали проектуванням на площину, паралельну осі отвору, суцільну тонку лінію по зовнішньому діаметру різьби проводять на всю довжину різьби без збігу. На зображеннях, які дістали проектуванням на площину, перпендикулярну до осі отвору, по зовнішньому діаметру різьби проводять дугу, що приблизно дорівнює  $3/4$  кола і розімкнута у будь-якому місці (рис. 12.2).

Межа повного профілю різьби, не враховуючи збігу, на стержні і в отворі проводиться до лінії зовнішнього діаметра різьби і зображується суцільною основною лінією, перпендикулярною до осі різьби, і штриховою, коли різьба зображується як невидима (рис. 12.1, а).

Штрихування в розрізах і перерізах потрібно доводити до лінії зовнішнього діаметра різьби на стержні і до лінії внутрішнього діаметра в отворі, тобто в обох випадках до суцільної основної лінії (рис. 12.2 і 12.3).

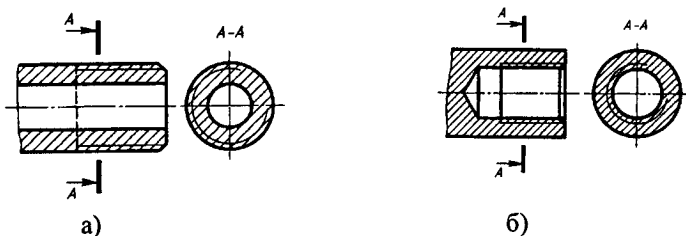


Рисунок 12.3

Розмір довжини різьби потрібно показувати відповідно до рис. 12.4.

Розміри довжини різьби в отворах потрібно показувати відповідно до рис. 12.5.

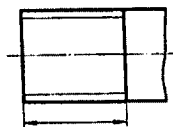


Рисунок 12.4

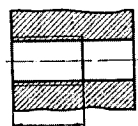


Рисунок 12.5

Глухий отвір з різьбою називають гніздом. Кінцева частина висвердленого гнізда звичайно має конічну форму (кут при вершині дорівнює  $120^\circ$ ) як це показано на (рис. 12.6, а і б). На рисунках, за якими різьбу не виготовляють, кінець глухого отвору допускається зображати як показано на рис. 12.6, б і в.

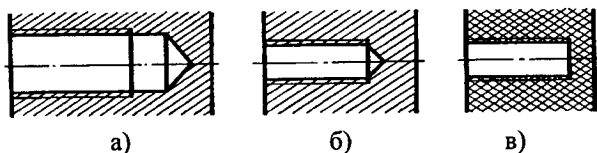


Рисунок 12.6

Фаски на стержні з різьбою і в отворі з різьбою, які не мають спеціального конструктивного призначення, у проекції на площині, перпендикулярній до осі стержня чи отвору, не зображуються (рис. 12.7). Суцільна тонка лінія зображення різьби на стержні повинна перетинати лінію межі фаски (рис. 12.7, а).

Крім розмірів і граничних відхилень різьби, на рисунках зазначають додаткові дані про лівий напрям різьби і т. п. (при цьому додають слово "рїзьба").



Рисунок 12.7

На розрізах різьбового з'єднання на площині, паралельній його осі, потрібно в отворі показувати лише ту частину різьби, яка не закрита вкрученим у нього стержнем (рис. 12.8).

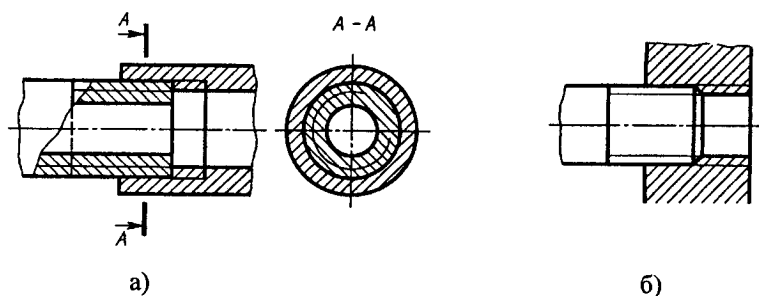


Рисунок 12.8

### 12.3 Характеристика стандартних різьб загального призначення

Метрична різьба є основним типом кріпильної різьби в нашій країні.

Профіль метричної різьби визначається кутом, що дорівнює  $60^\circ$  (рис. 12.9); форма западини різьби може бути як плоско-зрізаною, так і заокругленою. Метрична різьба стандартизована (ГОСТ 9150-81) і поділяється на різьбу з великим кроком і різьбу з малим кроком.

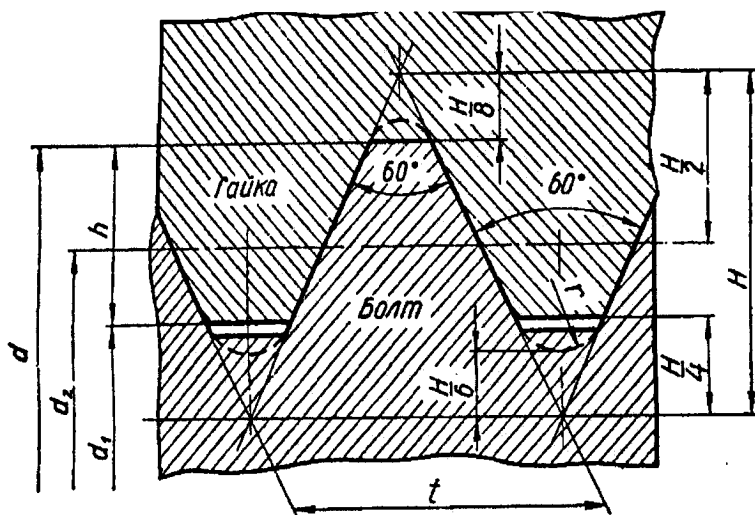


Рисунок 12.9

Метрична різьба з великим кроком позначається літерою «М» і зовнішнім діаметром, наприклад: М20 (рис. 12.10, а). Метрична різьба з малим кроком позначається літерою «М», зовнішнім діаметром і кроком, наприклад: М68×3 (рис. 12.10, б). На рисунку різьбу позначають по зовнішньому діаметру.

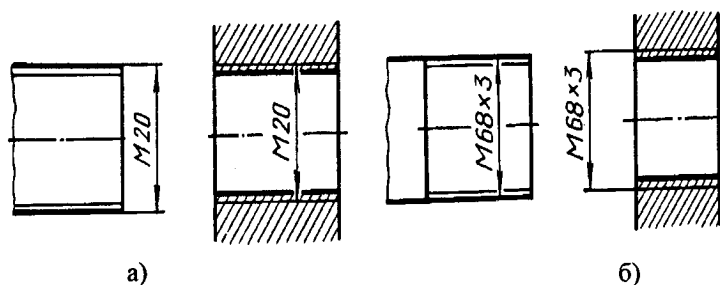

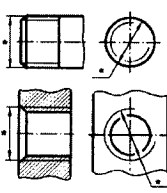
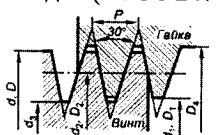
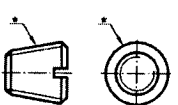
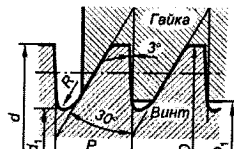
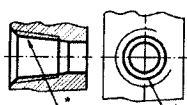
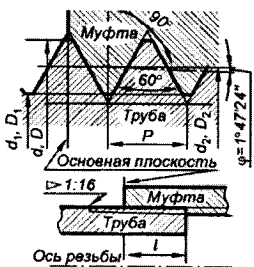
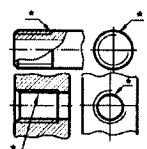


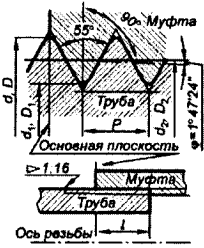
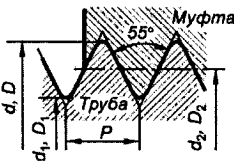
Рисунок 12.10

В табл. 12.1 наведено характеристику та приклади зображення і позначення інших стандартних різьб загального призначення

Таблиця 12.1 – Характеристика стандартних різьб

Різьба	Приклади зображення	Приклади позначення
<p>1</p> <p>Метрична (ГОСТ 824-81, ГОСТ 24705-81, ГОСТ 16967-81)</p>  <p>(ГОСТ 9150-81)</p>	<p>2</p> 	<p>3</p> <p>3 нормальним кроком, права однозахідна: <b>M42</b></p> <p>3 малим кроком, ліва однозахідна: <b>M42×1,5LH</b></p> <p>Тризахідна, крок 1мм: <b>M42×3(P1)</b></p>
<p>Трапецієподібна: однозахідна (ГОСТ 24738-82, ГОСТ 24737-81); багатозахідна (ГОСТ 24739-81)</p>  <p>(ГОСТ 9484-81)</p>		<p>Однозахідна: права: <b>Tr80×10</b> ліва: <b>Tr40×7LH</b></p> <p>Багатозахідна, крок 3мм, хід 9мм: <b>Tr60×9(P3)</b></p>
<p>Упорна (ГОСТ 10177-82)</p> 		<p>Однозахідна, ліва, хід 10мм: <b>S80×10LH</b></p> <p>Багатозахідна, хід 16мм; крок 8мм: <b>S48×16(P8)</b></p>
<p>Конічна дюймовая (ГОСТ 6111-52)</p> 		<p>Умовне позначення у дюймах: внутрішня: <b>K3/4</b> зовнішня: <b>R1/4</b></p>

Продовження таблиці 12.1

1	2	3
<p>Трубна конічна (ГОСТ 6211-52)</p> 		<p>Внутрішня; умовне позначення у дюймах: <b>Re1</b></p>
<p>Трубна циліндрична (ГОСТ 6357-81)</p> 		<p>Ліва; умовне позначення у дюймах: <b>G1½LH</b></p>

Стандартні різьби на кресленнях зображуються однаково. За умовним зображенням не можна визначити, якого типу різьба має бути нарізана на деталі.

Тип різьби та її основні розміри вказують на кресленнях особливим написом, який називається позначенням різьби.

Перш ніж нанести позначення різьби, потрібно провести виносні та розмірні лінії. Виносні лінії для нанесення розмірної лінії проводять від зовнішнього діаметра різьби. Позначення трубних і конічних різьб розташовують на полицках з лінією-виноскою, що закінчується стрілкою. Лінію-виноску доводять до контуру різьби.

Позначення різьби виконують за ГОСТ 2.311-68 і відповідними стандартами на окремі різьби. Для всіх різьб, крім конічних і трубної циліндричної, позначення відносять до зовнішнього діаметра і проставляють над розмірною лінією, на її продовженні або на полицці. Позначення конічних різьб і трубної циліндричної відносять до контуру різьби і проставляють на полицці лінії-виноски; лінію-виноску закінчують стрілкою, що впирається в зображення різьби.

## 12.4 Різьбові вироби

### 12.4.1 Гайки

**Гайка** – це деталь, яка має різьбовий отвір для нагвинчування на болт або шпильку.

За формою поверхні розпізнають гайки шестигранні, шестигранні прорізні, корончасті, круглі, гайки-барабанчики, з однією і двома фасками.

За висотою шестигранні гайки бувають нормальної висоти, низькі, високі і особливо високі.

Шестигранні гайки мають три види виконання.

За рівнем точності виконання гайки виготовляють нормальної – В, підвищеної – А і грубої – С точності.

Гайки класу точності А і В мають метричну різьбу з великим або малим кроком, а гайки класу точності С – різьбу тільки з великим кроком.

Певний тип гайки вибирають залежно від її призначення і умов роботи. Конструкція і розміри гайок стандартизовані.

Приклад умовного позначення гайки:

Гайка М16.5 ГОСТ 5915-70.

Гайка шестигранна, виконання 1, нормальної точності виготовлення, з діаметром різьби  $d = 16$  мм, великим кроком різьби і полем допуску 7Н, класу міцності 5, без покриття.

### 12.4.2 Болти

**Болт** – це різьбовий виріб, який має вигляд стрижня з різьбою для гайки на одному кінці і головкою на іншому. Болти відрізняються за формою та розмірами головки, формою стрижня, характером різьби, точністю виготовлення тощо.

Різьба на стандартних болтах використовується з великим та малим кроком і полями допусків 8g і 6g. Вибираючи кроки різьби, потрібно надавати перевагу великим.

За рівнем точності болти виготовляють трьох класів: А – підвищеного класу, В – нормального, С – грубого. В умовному позначенні потрібно ставити відповідну букву. Клас В в умовному позначенні не вказується, якщо стандартом обумовлюється два класи точності (А і В).

Болти з шестигранною головкою нормальної точності (ГОСТ 7798-70) і підвищеної (ГОСТ 7805-70) бувають чотирьох виконань (рис. 12.11).

Запис «Болт М16 × 70.58 ГОСТ 7798-70» означає: болт виконання 1, нормальної точності, з діаметром різьби  $d = 16$  мм, великим кроком різьби і полем допуску 8 g довжиною  $l = 70$  мм, класу міцності 5.8, без покриття.

Основний розмір болта – зовнішній діаметр  $d$  різьби. Решту розмірів, крім довжини, знаходять за довідковими таблицями.

Довжину болта  $l$  вибирають залежно від товщини деталей, які з'єднуються.

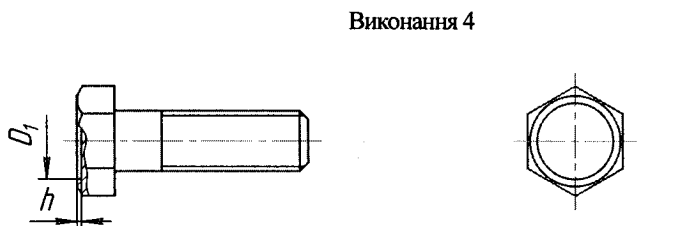
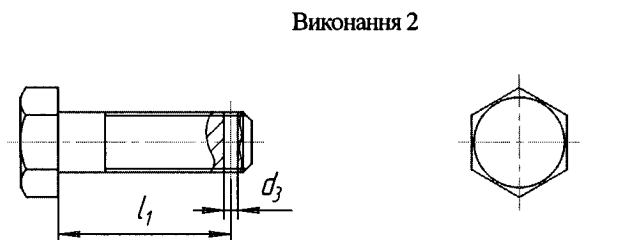


Рисунок 12.11



### 12.4.3 Шайби

**Шайба** – деталь, яку підкладають під гайку чи головку болта для запобігання появі задирів та зім'яття на поверхні деталі при затягуванні гайки, а також для запобігання самовідгвинчування кріпильної деталі. Шайби розділяються на круглі, пружинні, косі, стопорні тощо.

Приклад умовного позначення шайби:

Шайба 14.01.07 КП.06 ГОСТ 11371-78.

Шайба кругла, виконання 1 за ГОСТ 11371-78 для кріпильної деталі діаметром 14 мм, товщиною, обумовленою стандартом, із сталі, марки 07КП, з цинковим покриттям товщиною 6 мкм.

### 12.4.4 Болтове з'єднання

**Болтове з'єднання** – це вузол (рис. 12.12), який складається з болта, гайки, шайби і з'єднувальних деталей.

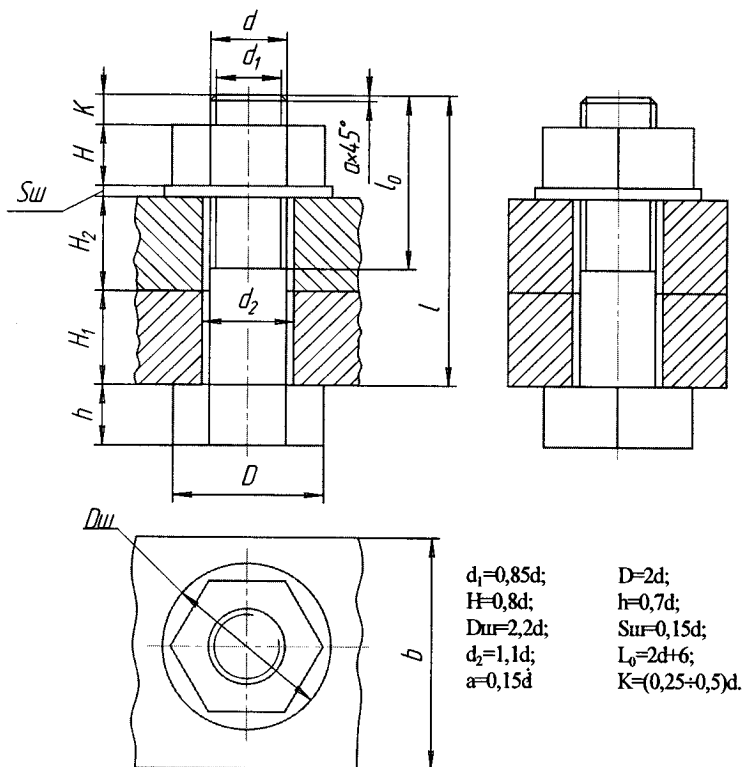


Рисунок 12.12

При виконанні складальних креслень болти, гайки, шайби інколи креслять за відносними розмірами. При цьому всі розміри деталей є функцією зовнішнього діаметра болта  $a$ . У деталей 1 і 2, які потрібно з'єднати, просвердлюють отвір діаметром  $a_2 = (1,05 \dots 1,1)a$ . В отвір вставляють болт, на нього надівають шайбу і нагвинчують гайку.

Довжина болта:

$$l = H_1 + H_2 + S_{\text{ш}} + H + K,$$

де  $H_1, H_2$  – товщина деталей;

$S_{\text{ш}}$  – товщина шайби;

$H$  – висота гайки;

$K$  – запас різьби на виході із гайки.

Розрахункову довжину болта порівнюють з рядом довжин, обумовлених стандартом і вибирають найближче значення довжини болта.

#### 12.4.5 З'єднання шпилькою

Шпилька має вигляд циліндричного стрижня, на одному кінці якого є різьба довжиною  $l_1$  (для загвинчування шпильки в одну із з'єднаних деталей), а на іншому – різьба довжиною  $l_0$  (для нагвинчування гайки) (рис. 12.13).

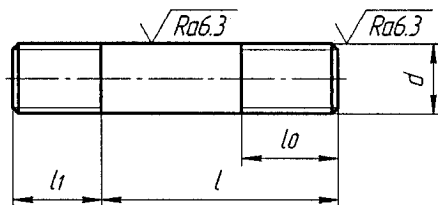


Рисунок 12.13

Шпильки виготовляють з метричною різьбою великого та малого кроку. За характером виконання шпильки бувають нормальної та підвищеної точності.

Довжиною шпильки вважають величину  $l$ , на яку надівають скріплювану деталь і нагвинчують гайку.

Довжина  $l_1$  вгвинчуваного кінця залежить від матеріалу деталі.

Для різьбових отворів в деталі із сталі, бронзи, латуні  $l_1 = d$ ; із сірого та ковкого чавуну  $l_1 = (1,25 - 1,6)d$ ; із легких сплавів  $l_1 = 2d$ ;  $l_1 = 2,5d$ .

**Примітка.** Ряд довжин  $l$  шпильок 10, 12, 14, 16, (18), 20, (22), 25, (28), 30, (32), 35, (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, (95), 100, (105), 110, 115, 120, 130, 140, 150.

Довжина гайкового кінця  $l_0$  може розраховуватися за співвідношеннями:

$$l_0 = 2d + 6 \text{ мм при } l \leq 150 \text{ мм;}$$

$$l_0 = 2d + 12 \text{ мм при } l \geq 160 \text{ мм.}$$

Приклад умовного позначення шпильки:

Шпилька M20.6 g  $\times$  70. 58 ГОСТ 22032-76.

Шпилька нормальної точності, з діаметром різьби  $d = 20$  мм, великим кроком і полем допуску 6 g, довжиною вгвинчуваного кінця  $l_1 = l$ , довжиною  $l = 70$  мм, класу міцності 5.5, без покриття.

**Шпилькове з'єднання** – це вузол, який складається із шпильки, гайки, шайби і скріплюваних деталей (рис. 12.14).

В одній із з'єднаних деталей (базовій) свердлять глухий отвір-гніздо, в якому нарізають різьбу. У іншій – свердлять наскрізний отвір діаметром  $1,1d$ . Шпильку одним різьбовим кінцем загвинчують у різьбовий отвір, а на інший – надівають скріплювану деталь. На виступний кінець шпильки надівають шайбу і нагвинчують гайку.

Шпилькове з'єднання і окремі його елементи можна креслити за розмірами, взятими із відповідних стандартів, або за умовним співвідношенням.

Діаметр висвердленого гнізда в базовій деталі:

$$d_1 = 0.85d.$$

Глибина гнізда:

$$L = l_1 + 0.5d, \text{ або } L = l_1 + 0.6t,$$

де  $l_1$  – довжина вгвинчування шпильки;

$d$  – діаметр різьби;

$t$  – крок різьби.

Довжина шпильки – це стандартна величина, тому спочатку студенти для свого варіанта визначають розрахункову довжину шпильки:

$$l_p = H_2 + S_{ш} + H + a + c,$$

де  $H_2$  – площа деталі;

$S_{ш}$  – товщина шайби  $S_{ш} = 0,15$ ;

$H$  – висота гайки  $H = 0,8$ ;

$a$  – вихід кінця шпильки  $a = 0,2$ ;

$c$  – висота фаски  $c = 0,15$ .

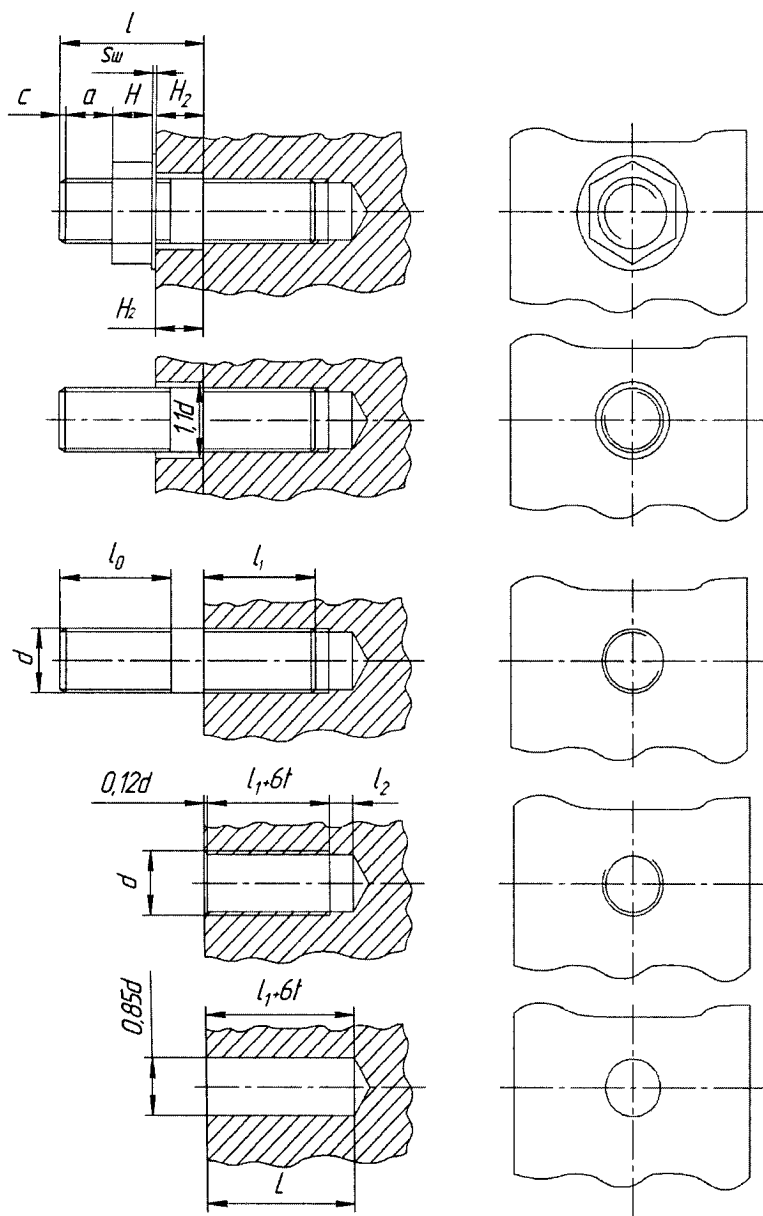


Рисунок 12.14

## 13 ВИКОНАННЯ ЕСКІЗІВ ДЕТАЛЕЙ ТА ДЕТАЛЮВАННЯ

### 13.1 Побудова ескізів деталей

Ескіз – це креслення тимчасового характеру, виконане від руки без застосування креслярських інструментів у довільному масштабі, але зі збереженням пропорцій усіх частин деталі на око. За ескізом може складатися робоче креслення деталі чи виготовлятися деталь, тому вимоги до ескізів такі ж, як і до креслення деталі.

Креслення деталі (або ескіз) виконується на окремому аркуші стандартного формату, на якому наноситься рамка й основний напис. Кількість зображень на кресленні деталі має бути мінімальною, але достатньою для передачі форми деталі, що дозволяє нанести всі необхідні розміри. На робочому кресленні вказують розміри, граничні відхилення, шорсткість поверхонь та інші дані про те, що деталь повинна мати при надходженні для складання.

#### Послідовність виконання ескізів

1. Уважно оглянути деталь, вивчити її конструкцію, зрозуміти, з яких геометричних форм складені окремі частини й елементи деталі. Найбільш розповсюджені елементи деталей зображені на рис. 13.1.

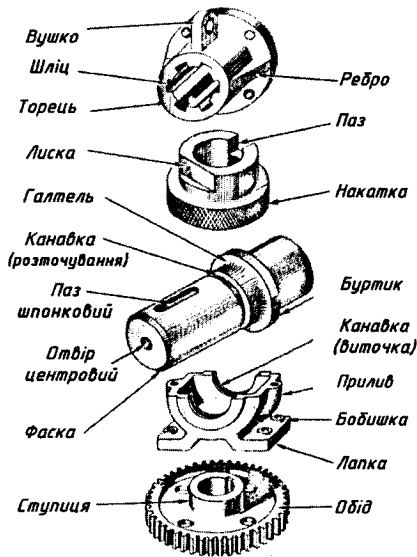


Рисунок 13.1

2. Установити найменування деталі, її призначення і робоче положення у виробі. Найменування деталі в основному написі вказують у називному відмінку одиниці, наприклад: «колесо зубчасте» (іменник на першому місці).

3. Установити матеріал, із якого виготовлена деталь (на підставі огляду і даних паспортів). Умовну позначку матеріалу наводять в основному написі. Позначення матеріалу повинне містити його найменування, марку і номер стандарту.

4. Вибрати положення деталі для побудови її головного зображення. При цьому необхідно враховувати деякі конструктивні та технологічні особливості деталі. Наприклад, деталі, оброблювані на токарському верстаті (вали, втулки, кільця і т. п.), зображують так, щоб їхня вісь була горизонтальна (рис. 13.2). Штамповані деталі поміщають на головному зображенні відповідно до їхнього положення при штампуванні (рис. 13.3).

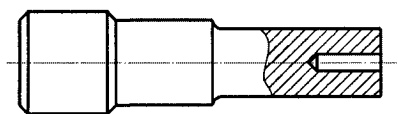


Рисунок 13.2

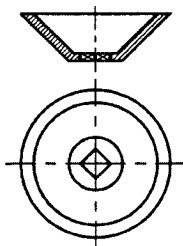


Рисунок 13.3

Литі деталі розташовують так, як вони знаходяться у виробі чи процесі розмітки на розмічувальній плиті. При цьому основна оброблена поверхня деталі займає горизонтальне положення і є технологічною базою (рис. 13.4).

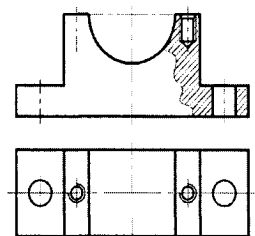


Рисунок 13.4

5. Визначити мінімально необхідну кількість зображень, установити величину зображення і вибрати відповідний формат паперу. Ескізи рекомендується виконувати на міліметровці чи аркуші в клітинку олівцями М, МТ. Послідовність складання ескізу наведена на прикладі конкретної деталі (рис. 13.5).

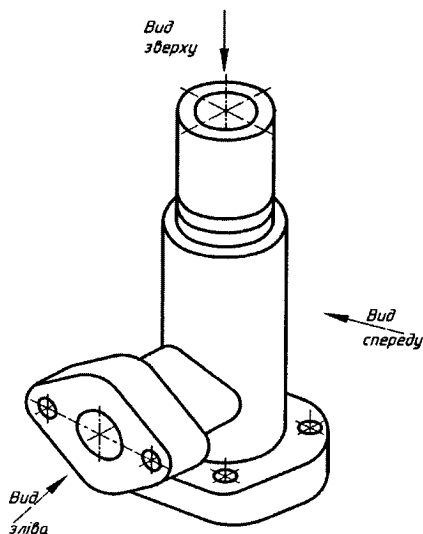


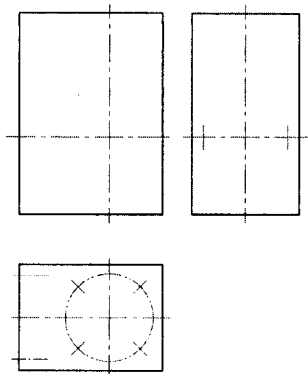
Рисунок 13.5

6. Виконати компоунання креслення – намітити тонкими лініями прямокутники всіх планованих зображень, провести осі симетрії й осі отворів (рис. 13.6). Нанести зовнішні контури кожного зображення, визначаючи співвідношення між частинами й елементами деталі на око, без обмірювання (рис. 13.7).

7. Тонкими лініями намітити контури розрізів та перетинів. Накреслити деталі в різних видах та розрізах з урахуванням умовностей і спрощень за ГОСТ 2.305-68 (рис. 13.8).

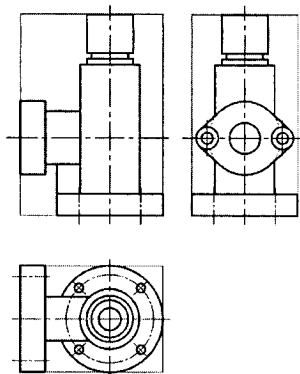
8. Перевірити виконані зображення, прибрати зайві лінії, обидва видимі контури накреслити суцільною основною лінією і заштрихувати розрізи й перетини.

9. Нанести виносні та розмірні лінії, обміряти деталі й нанести розмірні числа за ГОСТ 2.307-68 (рис. 13.9).



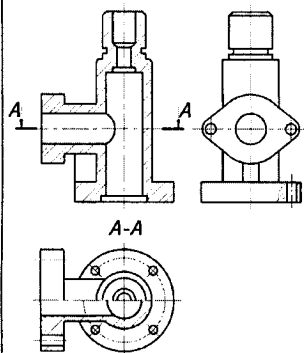
*Основний нарис*

Рисунок 13.6



*Основний нарис*

Рисунок 13.7



*Основний нарис*

Рисунок 13.8

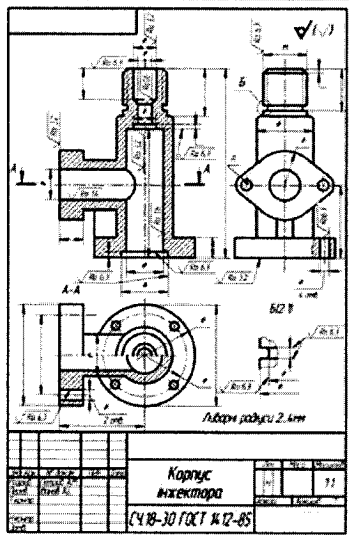


Рисунок 13.9



### 13.2. Виконання деталювання виробу за його складальним кресленням

Деталюванням називається виконання креслень деталей за кресленням загального виду або за складальним кресленням. У процесі деталювання уточнюються і пов'язуються з іншими деталями розміри і форму кожної деталі, що проектується. На робочому кресленні потрібно мати не тільки зображення деталі, але і всі дані для її виготовлення та контролю, тобто розміри, допуски, позначення шорсткості поверхонь, марку матеріалу, покриття, термічну обробку і т. ін. Процес деталювання складається з підготовчої стадії і стадії безпосереднього виконання робочого креслення. Розглянемо більш докладно його зміст:

1. По специфікації вивчають і відмічають всі оригінальні деталі, що підлягають виконанню у вигляді робочих креслень. Стандартизовані і покупні деталі при деталюванні не враховують.

2. Потрібну деталь знаходять на всіх зображеннях складального креслення, вивчають її зовнішню і внутрішню форму та визначають габаритні розміри.

3. Відповідно до ГОСТ 2.305-68 вибирають головне зображення деталі. Головним зображенням може бути вид чи розріз, поєднаний з видом для симетричних деталей. Положення головного зображення деталі на робочому кресленні може і не відповідати її розташуванню на головному зображенні складального креслення.

4. Визначають необхідну кількість зображень деталі (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів), виходячи з того, що вона повинна бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про форму і розміри деталі. Кількість і характер зображень деталі на робочому кресленні можуть не відповідати кількості зображень на складальному кресленні.

5. Вибирають масштаб зображення відповідно до ГОСТ 2.302-68. Не обов'язково дотримуватись одного масштабу для всіх деталей виробу. Деталі малого розміру чи складної форми рекомендується креслити в збільшеному масштабі.

6. Відповідно до ГОСТ 2.301-68 вибирають формат, потрібний для виконання робочого креслення. У разі потреби використовують не тільки основні, але і додаткові формати.

7. Роблять компоновання креслення, тобто намічають розміщення всіх зображень деталі на прийнятному форматі.

8. Виконують види, розрізи, перерізи і виносні елементи, дотримуючись вимог ГОСТ 2.305-68.

9. Проводять виносні і розмірні лінії.

10. Визначають дійсні розміри елементів деталі і проставляють їх на робочому кресленні. Особливу увагу звертають на те, щоб номінальні роз-

міри деталей, що з'єднуються, не мали розбіжностей. Розміри конструктивних елементів (фасок, центрових отворів, проточок, ухилів та ін.) визначають не по складальному кресленню, а за відповідними стандартами на ці елементи.

11. Наносять позначення шорсткості поверхонь, виходячи з технології виготовлення чи призначення деталі.

12. Виконують штрихування розрізів і перерізів.

13. Перевіряють креслення, якщо необхідно, вносять виправлення, заповнюють основний напис, записують технічні вимоги і т. ін.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайленко В. Є. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. – [3-тє вид.]. – К. : Каравела, 2012. – 368 с.
2. Александров К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
3. Гетлинг Б. В. Чтение схем и чертежей электроустановок : учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ / Б. В. Гетлинг – [6-е изд., исправл.]. – М. : Высшая школа, 1980. – 120 с.
4. Шевченко А. В. Інженерна графіка. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів всіх форм навчання : навчальний посібник / Шевченко А. В., Сухоруков С. І., Ткаченко О. В. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 173 с.
5. Антонович Є. А. Креслення : навч. посібник / Антонович Є. А., Васишин Я. В., Шпільчак В. А. – Львів : Світ, 2006. – 512 с.
6. Нарисна геометрія : [підручник] / В. С. Михайленко, М. Ф. Євстифєєв, С. М. Ковальов, О. В. Кашенко; за ред. В. С. Михайленка. – К. : Вища школа, 1993. – 271 с.
7. Чекмарев А. А. Инженерная графика (машиностроительное черчение) : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов высшего образования в машиностроении / Чекмарев А. А. – Москва : ИНФРА-М, 2014. – 396 с.

*Навчальне видання*

**Шевченко Алла Володимирівна  
Гречанюк Микола Сергійович**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КУРСУ  
«ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»**

Конспект лекцій

Редактор Є. Плетньова

Оригінал-макет підготовлено М. Гречанюком

Підписано до друку 27.09.2017 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 7,16. . Зам. № 2017-349.  
Наклад 50 (1-й запуск 1–20) пр

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
інформаційний редакційно-видавничий центр.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.  
[press.vntu.edu.ua](mailto:press.vntu.edu.ua);  
*E-mail:* [kivc.vntu@gmail.com](mailto:kivc.vntu@gmail.com).  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.