

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**О.П. МОРОЗЕНКО, Ю.Ю. БЕЛІНСЬКА, І.В. ВИШНЕВСЬКИЙ**

**ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА**

**(Навчальний посібник для студентів заочної форми  
навчання, напрям «Металургія»)**

**Дніпропетровськ НМетАУ 2013**

## ВСТУП

Студенти першого курсу вивчають дисципліну «Інженерна графіка», яка сприяє розвитку просторової уяви (мислення), умінню "читати" креслення, передавати свої думки за допомогою креслення, що необхідно майбутньому інженерові.

Робочими програмами передбачено 8 годин лекцій та 12 годин практичних занять. При вивченні дисципліни з інженерної графіки передбачено: лекційне викладання курсу, робота з даним навчальним посібником, практичні заняття, виконання контрольної роботи. Заключним етапом є співбесіда по виконаній контрольній роботі. Знання, уміння, навички і здібності до представлення просторових форм перевіряються на іспиті.

По курсу «Інженерна графіка» для студентів напряду підготовки «Металургія» робочими програмами передбачена одна контрольна робота, яку студенти виконують самостійно та висилають на кафедру для рецензування. Завдання на контрольну роботу індивідуальні. Варіанти завдань відповідають сумі двох останніх цифр номера залікової книжки. Контрольна робота виконується на листі формату А3 (297х420). На форматі необхідно провести лінії рамки (ліве поле на відстані 20мм, інші – на відстані 5мм від краю аркуша). В правому нижньому куті формату розташовується основний напис по ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Креслення завдань виконуються в заданому масштабі. Всі написи виконуються стандартним шрифтом згідно ГОСТ 2.304-81.

Автори даного навчального посібника ставлять задачу оказати допомогу студентам заочної та денної форм навчання в самостійному вивченні дисципліни «Інженерна графіка».

В посібнику викладається теоретичний матеріал, приклади виконання завдань контрольної роботи та розміщені варіанти індивідуальних завдань.

Дисципліна “Інженерна графіка” вивчає основні правила побудови зображень геометричних фігур, а також розвиває просторове уявлення для порозуміння за зображенням конструкції і принципу дії технічного виробу. Інженерна графіка відноситься до загально-інженерних дисциплін.

## Тема . Метод проєкцій. Проєкції геометричних фігур.

### Метод проєкцій. Способи проєкціювання

Будь-яка множина точок як скінченна, так і нескінченна називається геометричною фігурою (Г.Ф.). В просторі Г.Ф. дуже багато, але основними є точки, прямі, площини і поверхні.

Для побудови зображень Г.Ф. на площині користуються методом проєкціювання. Слово “проєкція” – латинське, від *proicere*, що в перекладі означає “кинути наперед”. Отже проєкція – це зображення предмета, “відкинуте “ на площину за допомогою променів. Спроєкціувати предмет – це означає зобразити його на площині.

Проєкції поділяються на центральні і паралельні.

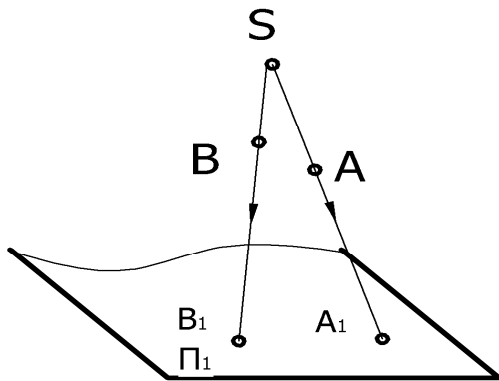


Рис. 1

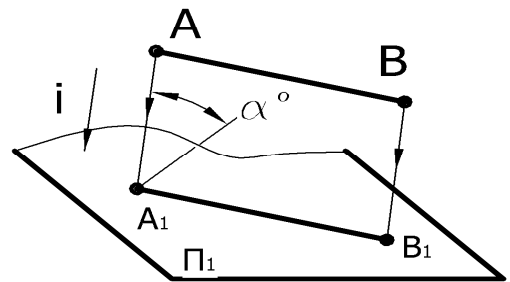


Рис. 2

де  $S$  – центр проєкціювання;

$A, B, \dots$  - точки в просторі;

$A_1, B_1, \dots$  - проєкції точок;

$\Pi_1$  - площина проєкцій;

$AA_1, BB_1$  – проєкціюючі промені;

$i$  - напрямок проєкціювання;

$\alpha$  - кут нахилу променя до площини проєкцій.

Проекціювання з довільної точки простору (S) називається центральним проекціюванням (рис. 1). Якщо центр проекціювання (S) віддалити у нескінченність, то проекціюючі промені будуть паралельними. Таке проекціювання називається паралельним (рис. 2). Проекційні промені можуть складати з площиною проекцій гострі або прямі кути.

1) Косокутне проекціювання;  $\alpha \neq 90^\circ$ .

2) Прямокутне (ортогональне) проекціювання;  $\alpha = 90^\circ$ .

Паралельні і центральні проекції мають такі властивості:

- проекцією точки є точка на площині проекцій;
- проекцією прямої лінії є, як правило, також пряма (рис. 2);
- якщо пряма перпендикулярна площині проекцій, то проекцією прямої є точка;
- якщо пряма, або геометрична фігура паралельні площині проекцій, то вони проекціюються на цю площину в натуральну величину;
- якщо точка поділяє відрізок прямої у заданому відношенні, то проекції точки розділяють проекції прямої у тому ж відношенні.

#### Метод Гаспара Монжа. Проекції точки в системі трьох площин проекцій $\Pi_1$ , $\Pi_2$ та $\Pi_3$

Суть методу Г.Монжа полягає в тому, що, використовуючи паралельне ортогональне проекціювання, будуються проекції на дві, три або більш взаємно-перпендикулярних площин з наступним їхнім суміщенням в одну. При цьому предмет зображується з різних сторін (спереду, зверху, зліва, справа,...).

Проекції Г.Ф. будуються за допомогою:

- наочного зображення (косокутна фронтальна диметрія) (рис. 3); коефіцієнти спотворення за осями  $K_x = 1$ ,  $K_y = 0.5$ ,  $K_z = 1$ , коефіцієнт спотворення – це відношення аксонометричної проекції відрізка координатної осі до довжини самого відрізка цієї осі в натурі;
- комплексного креслення (епюра) (рис. 4). Коефіцієнти спотворення за осями  $K_x = 1$ ,  $K_y = 1$ ,  $K_z = 1$ .

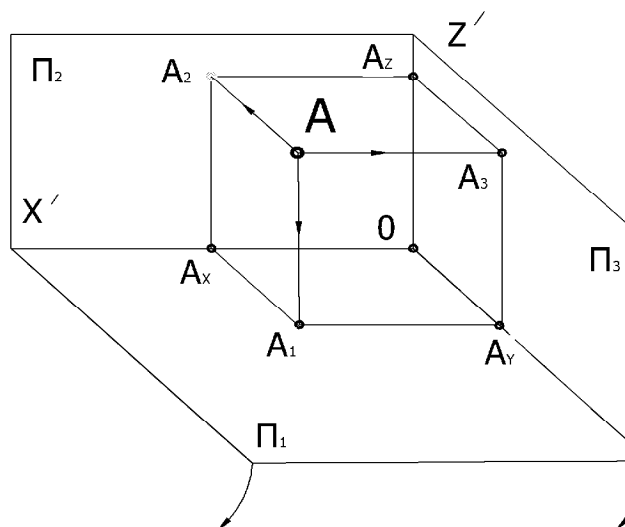


Рис. 3

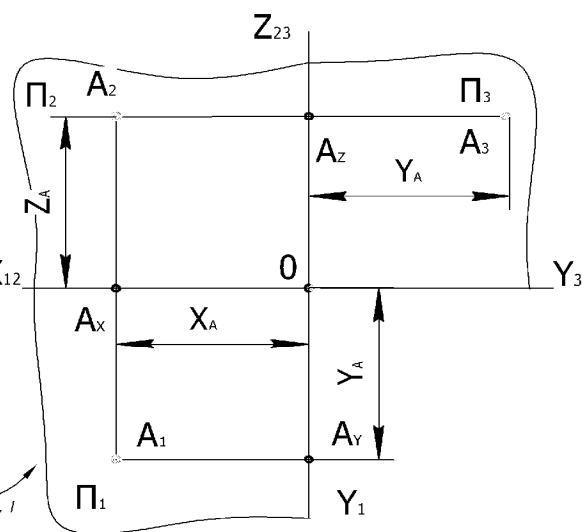


Рис. 4

Скористаємося трьома взаємно-перпендикулярними площинами, що утворюють прямий тригранний кут (рис. 3). Тут  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  – площини проєкцій (горизонтальна, фронтальна та профільна); лінії  $OX'$ ,  $OY'$ ,  $OZ'$  взаємного перетину площин проєкцій – осі проєкцій, т.О – початок осей проєкцій.

Розмістимо в просторі тригранного кута точку А і побудуємо її проєкції на площинах  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ . Для цього з точки А проведемо проєкціюючі промені  $AA_1$ ,  $AA_2$ ,  $AA_3$ , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. Внаслідок дістанемо  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  - горизонтальну, фронтальну, профільну проєкції точки.

Горизонтальна проєкція точки  $A_1$  визначається координатами  $X_A$  та  $Y_A$ , фронтальна проєкція  $A_2$  – координатами  $X_A$  та  $Z_A$ , профільна  $A_3$  –  $Y_A$  та  $Z_A$ . При переході від наочного зображення до комплексного креслення площини проєкцій  $\Pi_1$  та  $\Pi_3$  потрібно сумістити з площиною  $\Pi_2$ . Для суміщення трьох площин необхідно горизонтальну ( $\Pi_1$ ) і профільну ( $\Pi_3$ ) площини обертанням навколо осей  $X$  та  $Z$  відповідно сумістити з площиною  $\Pi_2$  (рис.4) Після суміщення ламані лінії, що з'єднують дві проєкції точок ( $A_2A_1A_3$  та  $A_2A_3A_1$ ), перетворюються в прямі, які перпендикулярні до осей  $X_{12}$ ,  $Z_{23}$ , їх називають лініями проєкційного зв'язку.

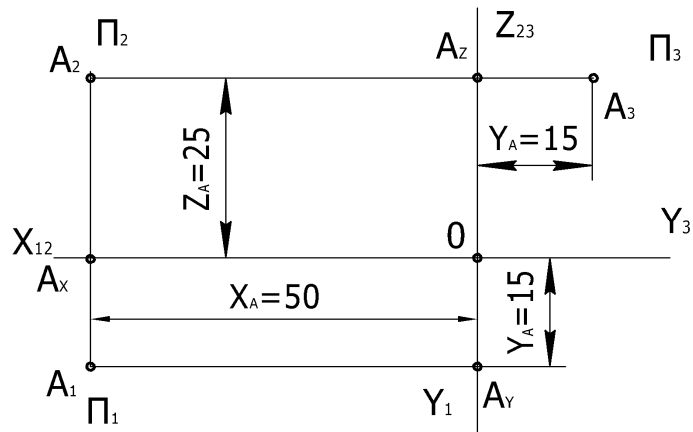
$$A_2A_1 \perp OX_{12} - \text{вертикальна лінія зв'язку};$$

$A_2A_3 \perp OZ_{23}$  – горизонтальна лінія зв'язку.

ПРИКЛАД: Побудувати проекції т.  $A(50, 15, 25)$  за її координатами

Алгоритм:

1.  $OA_x = X_A = 50$ .
1.  $A_2A_1 \cap X_{12} = A_x$ ;  
 $A_2A_1 \perp X_{12}$ .
2.  $A_xA_1 = Y_A = 15$ .
3.  $A_xA_2 = Z_A = 25$ .
4.  $A_2A_3 \cap Z_{23} = A_z$ .  
 $A_2A_3 \perp Z_{23}$ .  
 $A_zA_3 = Y_A$ .



Проекції прямої. Положення прямої відносно площин проекцій

Дві точки повністю визначають положення прямої в просторі. Провівши через точки  $A$  і  $B$  (рис. 5) перпендикуляри до площини  $\Pi_1$ , на перетині знайдемо їх горизонтальні проекції  $A_1$  і  $B_1$ . Відрізок  $A_1B_1$  – горизонтальна проекція прямої  $AB$ . Відрізок  $A_2B_2$  – фронтальна проекція прямої  $AB$ .

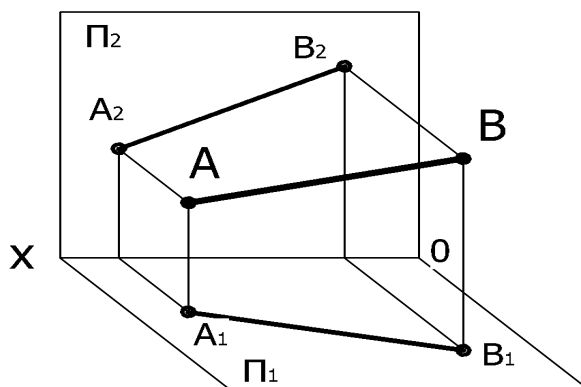


Рис. 5

**Прямою загального положення** називають пряму, розташовану похило до всіх площин проєкцій (рис. 5). Жодна з проєкцій цієї прямої не може бути паралельною осям проєкцій або перпендикулярною до них і не зображується на епюрі в натуральну величину.

Без додаткової побудови з креслення не можна визначити кути нахилу.

Прямі окремого положення поділяються на прямі рівня і проєкціювальні.

**Прямими рівня** називаються прямі, паралельні одній з площин проєкцій.

Пряма АВ (рис. 6 а), паралельна горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ , називається горизонтальною прямою, або, скорочено, горизонталлю.

Пряма CD (рис. 6 б), паралельна фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ , називається фронтальною прямою, або, скорочено, фронталлю.

Пряма MN (рис. 6 в), паралельна профільній площині проєкцій  $\Pi_3$ , називається профільною прямою.

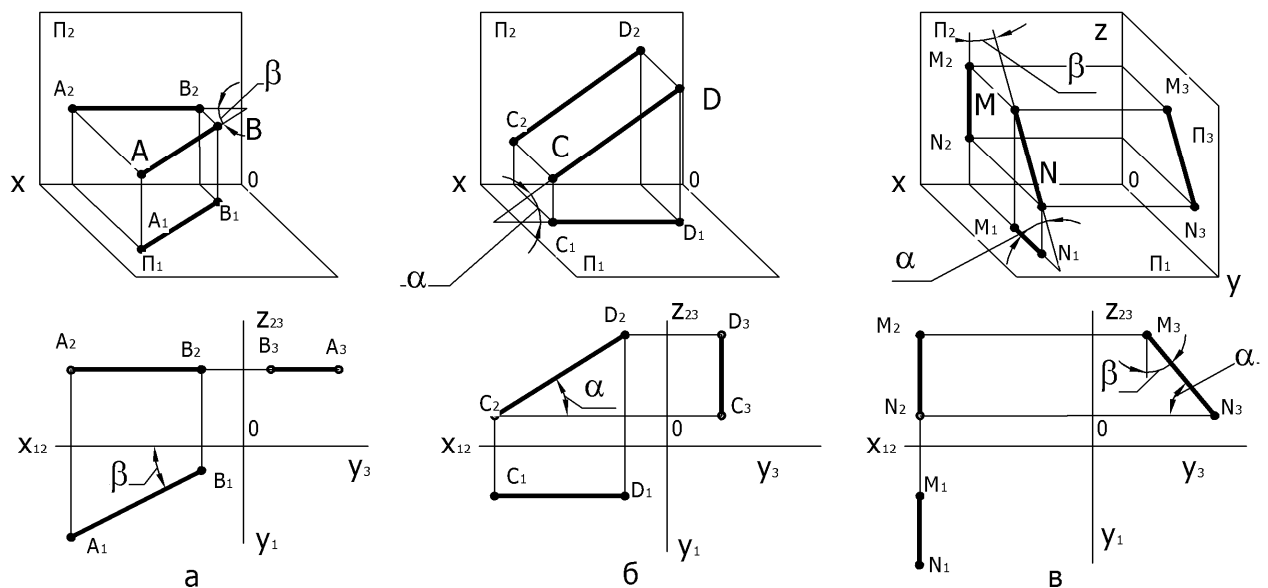


Рис. 6

Властивості прямих рівня

$A_1B_1$  – горизонтальна проєкція  
горизонталі (ГПГ)

$A_2B_2$  – фронтальна проєкція

$C_1D_1$  – горизонтальна проєкція  
фронталі (ГПФ)

$C_2D_2$  – фронтальна проєкція

$M_2N_2 \perp X_{12}$

$M_1N_1 \perp X_{12}$

$M_3N_3 = |MN|$

горизонталі (ФПГ)

ФПГ  $\parallel X_{12}$

$A_1B_1 = |AB|$

Кут нахилу АВ до  $\pi_2$  -  $\beta$

фронталі (ФПФ)

ГПФ  $\parallel X_{12}$

$C_2D_2 = |CD|$

Кут нахилу АВ до  $\pi_1$  -  $\alpha$

**Проекційовальними** називаються прямі, перпендикулярні одній з площин проєкцій, тобто паралельні двом іншим площинам. Пряма АВ (рис. 7 а), перпендикулярна до площини проєкцій  $\Pi_1$ , називається горизонтально-проекційовальною прямою; пряма CD (рис. 7 б), перпендикулярна до площини проєкцій  $\Pi_2$ , називається фронтально-проекційовальною прямою; пряма MN (рис. 7 в), перпендикулярна до площини проєкцій  $\Pi_3$ , називається профільно-проекційовальною прямою.

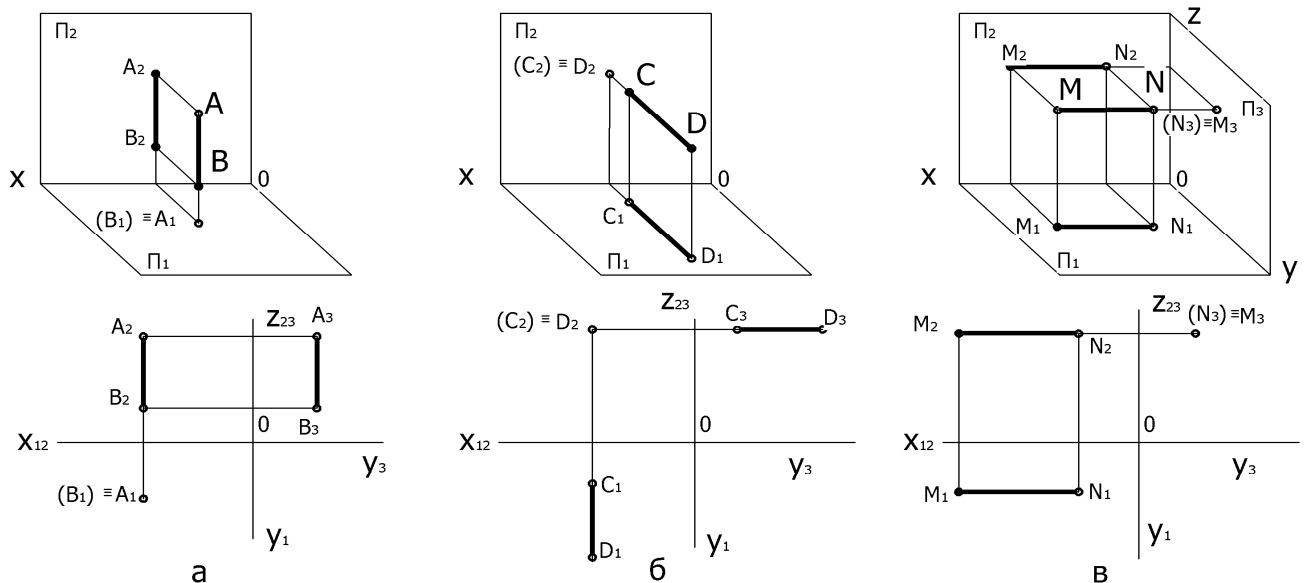


Рис. 7

Властивості проєкційовальних прямих

$$A_2B_2=A_3B_3 = |AB|$$

$$A_2B_2 \perp X_{12}$$

$$C_1D_1= C_3D_3= |CD|$$

$$C_1D_1 \perp X_{12}$$

$$M_2N_2=M_1N_1= |MN|$$

$$M_2N_2 \parallel X_{12}; M_1N_1 \parallel X_{12}$$

Якщо пряма лежить у площині проєкцій, то одна її проєкція (однойменна) співпадає з самою прямою, а дві інші – з осями. Наприклад, пряма АВ (рис. 8)



лежить у площині  $\Pi_1$ . Таку пряму називають нульовою горизонталлю, бо висота її точок дорівнює нулю.  $CD$  (рис. 8) – нульова фронталь.

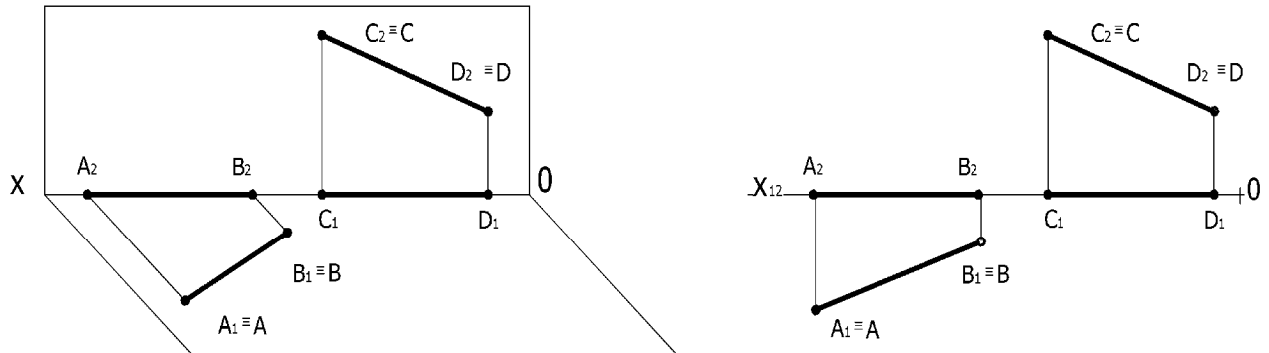


Рис. 8

### Проекції площин. Класифікація площин.

Площина – найпростіша поверхня, з будь-яким напрямком якої суміщається пряма лінія. На кресленні площина може бути задана визначником, відсіком або обрисом.

Визначник – це сукупність мінімального числа ліній і точок, а також додаткових умов, за допомогою яких зображують площину.

Відсік – деяка частина площини, обмежена якимсь довільним контуром.

Обрис – контур видимої частини Г.Ф.

На комплексному кресленні площина може бути задана:

- § проекціями трьох точок, що не лежать на одній прямій (рис. 9 а);
- § проекціями прямої і точки, яка не належить даній прямій (рис. 9 б);
- § проекціями прямих, що перетинаються, або двох паралельних прямих (рис. 9 в,г);
- § проекціями плоскої фігури (рис. 10);
- § слідами площини (рис. 11).

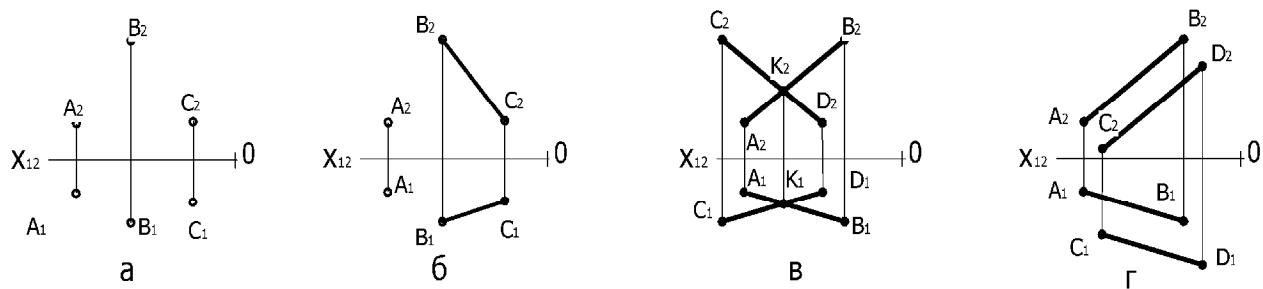


Рис. 9

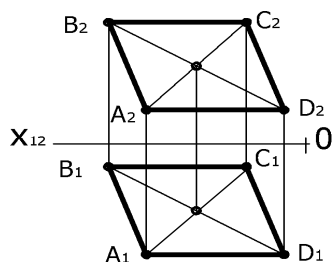


Рис. 10

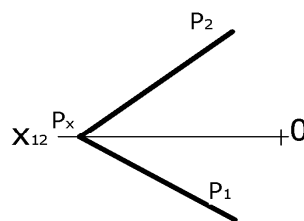


Рис. 11

Слідами площини називаються лінії перетину площини з площинами проєкцій (рис. 12).

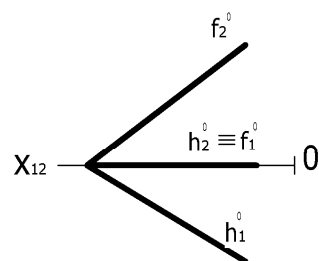
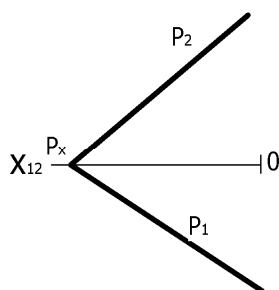
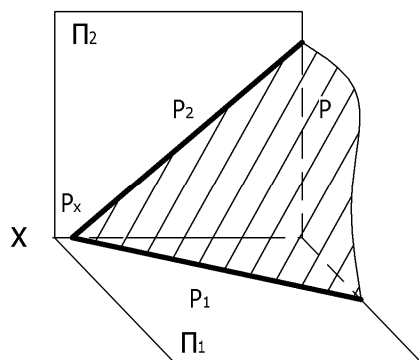


Рис. 12

$P \cap \Pi_1 = P_1$  – горизонтальний слід;

$P \cap \Pi_2 = P_2$  – фронтальний слід;

$P_1 \cap P_2 = P_x$  – точка збігу слідів.

Горизонтальний слід  $P_1$  збігається із своєю горизонтальною проекцією, а фронтальна проекція – з віссю  $OX_{12}$ . Аналогічно, фронтальний слід  $P_2$  збігається зі своєю фронтальною проекцією, а його горизонтальна проекція – з віссю  $OX_{12}$ .

Класифікація площин – це характерне розташування площини відносно площин проекцій. У просторі площини можуть займати загальне і окреме положення.

Площина загального положення – це площина, яка не паралельна і не перпендикулярна жодній площині проекцій (рис. 12).

Площини окремого положення поділяють на:

- § проекціювальні – площини, перпендикулярні до однієї площини проекцій (рис. 13, 14, 15);
- § рівня – площини, паралельні одній площині проекцій (рис. 16 а,б,в).

### Проекціювальні площини



Рис. 13

### Властивості горизонтально-проекціювальної площини

- $P \perp \Pi_1$  – горизонтально-проекціювальна площина;
- $P_2 \perp X_{12}$ ;
- $\beta$  – кут нахилу площини  $P$  до  $\Pi_2$ .

Горизонтальні проєкції точок, прямих, геометричних фігур, які належать горизонтально- проєкціювальній площині, лежать на горизонтальному сліді цієї площини. Ця властивість називається збиральною ( $A_1B_1C_1 \subset P_1$ ).



Рис. 14

#### Властивості фронтально-проєкціювальної площини

$R \perp P_2$  – фронтально- проєкціювальна площина;

$R_1 \perp X_{12}$ ;

$\alpha$  - кут нахилу площини R до  $P_1$ .

Фронтальний слід володіє збиральною властивістю ( $A_2B_2C_2 \subset R_2$ ).

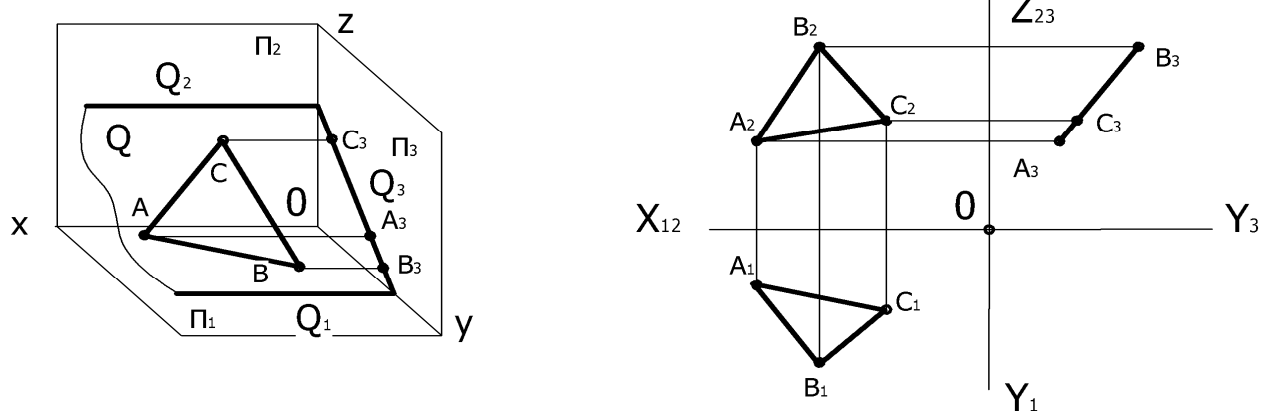


Рис. 15

### Властивості профільно- проекціювальної площини

$Q \perp \Pi_3$  – профільно- проекціювальна площина;

$Q_1, Q_2 \parallel X_{12}$ .

Профільний слід володіє збиральною властивістю ( $A_3B_3C_3 \subset Q_3$ ).

### Площини рівня

Площина, яка перпендикулярна до двох площин проекцій і, як наслідок, паралельна третій площині проекцій, має назву площини рівня (рис. 16).

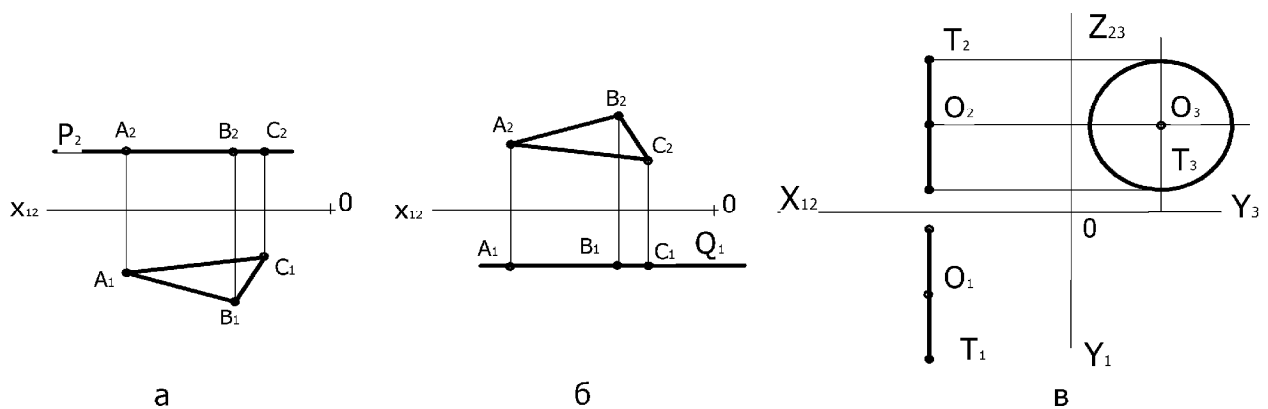


Рис. 16

### Властивості площини рівня

$P(\triangle ABC) \parallel \Pi_1$  – горизонтальна площина;  $A_2B_2C_2 \subset P_2$ ;  $P_2 \parallel X_{12}$ ;  $\triangle A_1B_1C_1 = |\triangle ABC|$ ;

$Q \parallel \Pi_2$  – фронтальна площина;  $A_1B_1C_1 \subset Q_1$ ;  $Q_1 \parallel X_{12}$ ;  $\triangle A_2B_2C_2 = |\triangle ABC|$ ;

$T \parallel \Pi_3$  – профільна площина;  $T_1, T_2 \perp X_{12}$ .

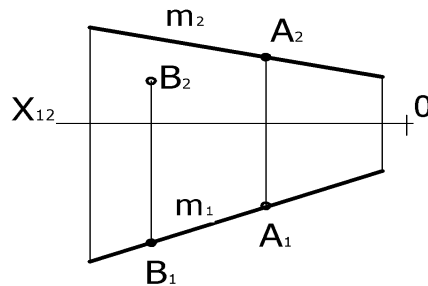
Будь-яка фігура, що належить площині рівня, має дві проекції, що збігаються зі слідами площини (збиральна властивість).

## Тема. Властивості проекцій пар геометричних фігур

### Способи перетворення проекцій

#### Точка і пряма

Точка належить прямій, якщо її проекції належать проекціям прямої і не належить прямій, якщо хоча б одна її проекція не належить проекції прямої



$$A \in m \rightarrow \begin{cases} A_2 \in m_2; \\ A_1 \in m_1; \end{cases}$$

$$B \notin m$$

Рис. 17

### Дві прямі

Дві прямі в просторі одна відносно другої можуть бути взаємно-паралельними, перетинатися і бути мимобіжними.

§ Якщо прямі в просторі паралельні, то їх однойменні проекції на будь-яку площину також паралельні (рис. 18 а).

§ Якщо прямі в просторі перетинаються, то на комплексному кресленні точки перетину однойменних проекцій розташовані на одній лінії проекційного зв'язку (рис. 18 б).

§ Якщо дві прямі в просторі не паралельні між собою і не перетинаються, то такі прямі називаються мимобіжними. Точки перетину однойменних проекцій у мимобіжних прямих лежать на різних перпендикулярах до осі ОХ (рис. 18 в). Точки, проекції яких співпадають на одній площині проекції, називаються конкуруючими (рис. 18 в) – точка 1 і точка 2, точка 3 і точка 4.

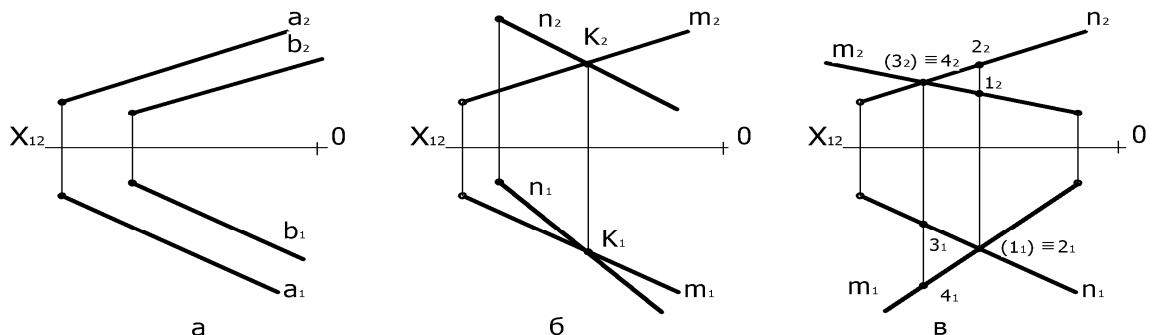


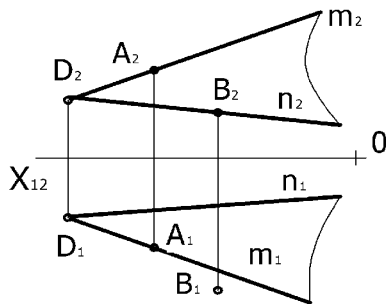
Рис. 18

$$a \parallel b; \quad a_2 \parallel b_2; \quad a_1 \parallel b_1 \quad m \cap n; \quad m_1 \cap n_1 = K_1; \quad m_2 \cap n_2 = K_2; \quad m \div n; \quad 1, 4 \in m; \quad 2, 3 \in n$$

$$K_2 K_1 \perp OX$$

## Точка і площина

Точка може належати площині або не належати їй. Це визначається за допомогою прямої, яка проходить через точку та інцидентна (належить) площині (рис. 19).



$$A \in \Phi(m \cap n) \begin{cases} A \in m \\ m \subset \Phi(m \cap n) \end{cases}$$

Рис. 19

## Пряма і площина. Дві площини

Пряма може:

- належати площині;
- бути паралельна площині;
- перетинати площину.

Пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать цій площині (рис. 20 а, б).

Пряма належить площині, якщо вона проходить через точку, що лежить у площині і паралельна іншій прямій цієї площини (рис. 20 в).

До головних прямих площин відносяться прямі рівня, що належать площині і паралельні будь-якій площині проекцій – горизонталі і фронталі (рис. 20 а, б).

*Горизонталь площини* – це лінія, що належить площині і паралельна горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ .

Фронталь площини – це лінія, що належить площині та паралельна фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ .

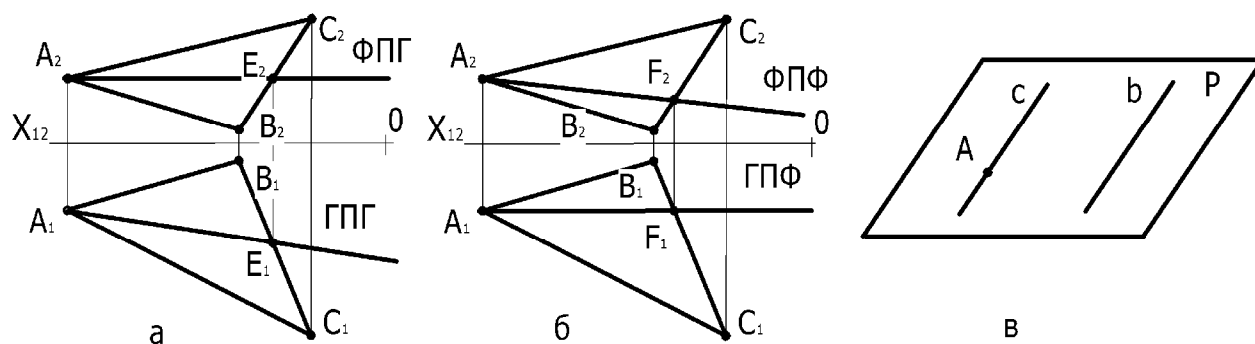


Рис. 20

$$AE \subset ABC \rightarrow \begin{cases} A \in ABC \\ E \in ABC \end{cases}$$

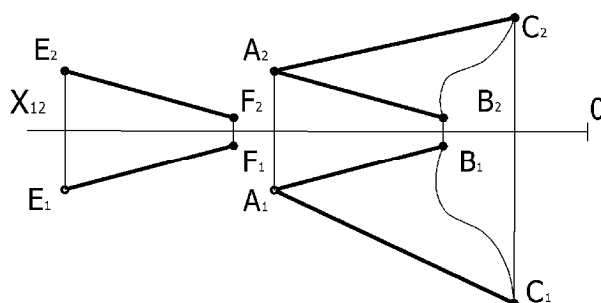
$$AF \subset ABC \rightarrow \begin{cases} A \in ABC \\ F \in ABC \end{cases}$$

$$(c \subset P) \rightarrow \begin{cases} A \in c \\ c \parallel \epsilon \\ \epsilon \subset P \end{cases}$$

$AE \parallel \Pi_1$  – горизонталь;  
 $AF \parallel \Pi_2$  – фронталь.

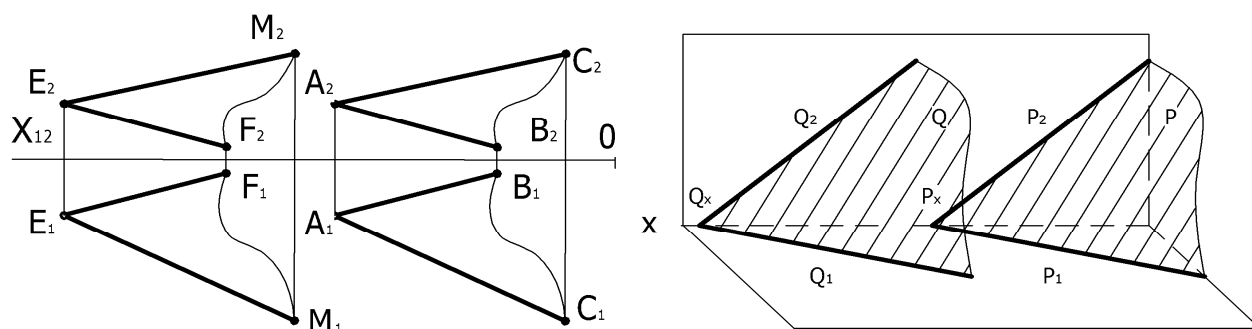
Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій, що лежить у цій площині.

ПРИКЛАД:



Дві площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються - однієї площини паралельні двом прямим, що перетинаються - другої площини.

ПРИКЛАД:





Дві площини можуть перетинатись. Лінія перетину площин визначається двома точками, які одночасно належать заданим площинам. Тут можливі три випадки:

- 1) площини є проєкціювальними відносно однієї й тієї самої площини проєкцій;
- 2) одна з площин – проєкціювальна, або рівня, а друга – загального положення;
- 3) обидві площини є площинами загального положення.

У першому та другому випадках лінія перетину вже є на одній з проєкцій і за нею знаходять другу проєкцію лінії (рис. 21 а, б).

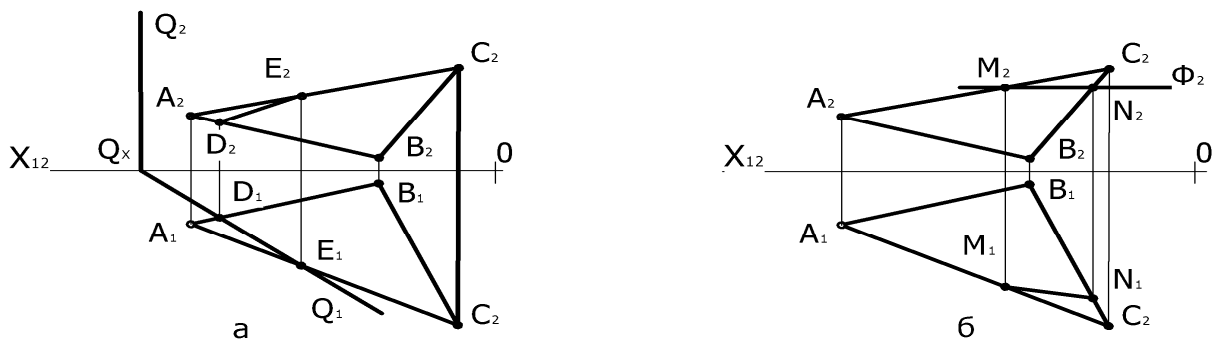


Рис. 21

$\Delta ABC \cap (Q \perp P_1) = DE$ ;  $Q_1$  – володіє збиральною властивістю  $D_1 E_1 \subset Q_1$ ;

$\Delta ABC \cap (\Phi \parallel P_1) = MN$ ;  $M_2 N_2 \subset \Phi_2$  (збиральна властивість).

При розв'язанні задачі на перетин прямої з площиною розглядають три випадки розміщення фігур:

1. Фігури є проєкціювальними відносно різних площин проєкцій.

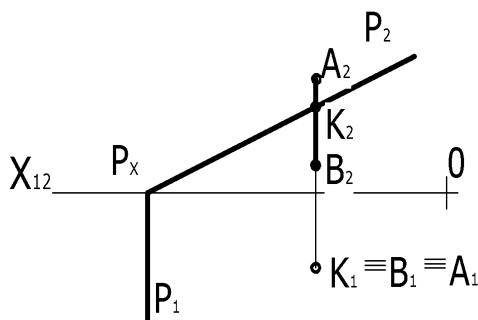


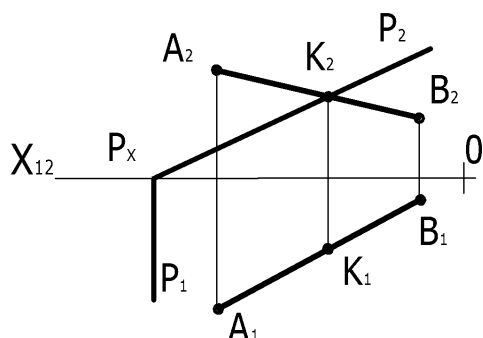
Рис. 22

$P \perp P_2$ ;

$AB \perp P_1$ ;

Точка перетину прямої з площиною визначається на підставі інцидентності.

2. Одна з фігур, що перетинається, є проєкціювальною, а друга – загального положення.



$P \perp P_2$ ;

AB – загального положення;

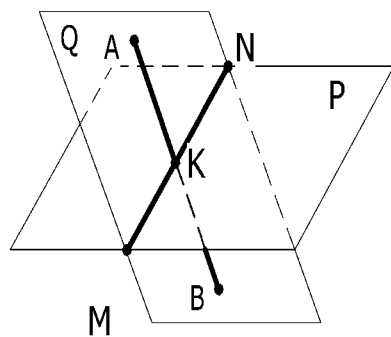
$K_2$  - визначається на підставі інцидентності;

$K_1$  – за вертикальною відповідністю;

$K_1 \in A_1B_1$ .

Рис. 23

3. Обидві фігури займають загальне положення.



Для побудови точки перетину:

1. Пряму поміщають у допоміжну площину (Q).

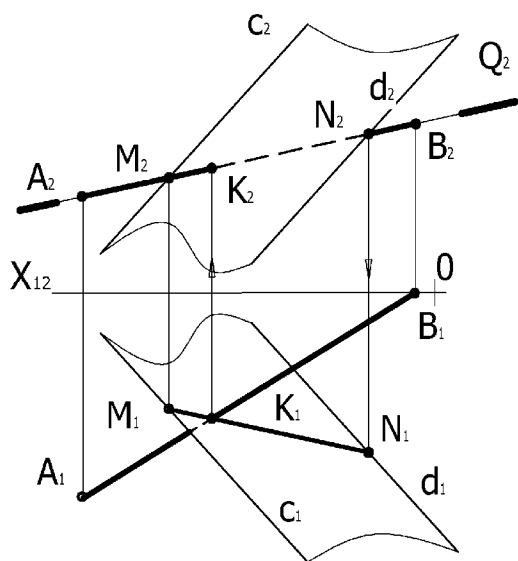
2. Знаходять лінію перетину заданої площини з допоміжною.

3. Визначають точку перетину двох прямих (заданої та лінії перетину):

а)  $AB \subset Q$ ; б)  $MN = P \cap Q$ ; в)  $K = MN \cap AB$ .

Рис. 24

ПРИКЛАД: Побудувати точку перетину прямої загального положення з площиною загального положення.



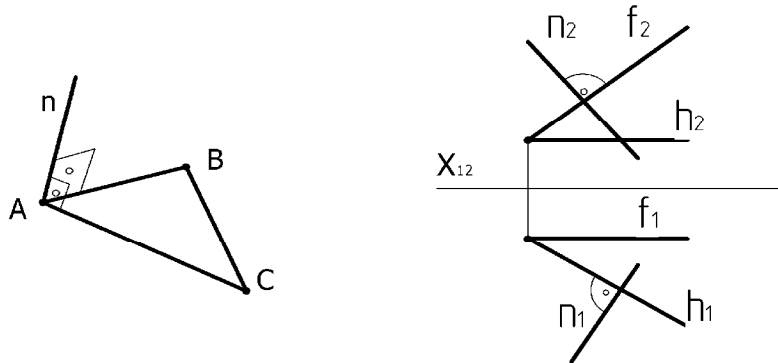
Через пряму AB проводимо фронтально проєкційовальну площину Q ( $A_2B_2 \equiv Q_2$ ).

Знаходимо лінію перетину (MN) заданої площини з допоміжною. Фронтальна проєкція  $M_2N_2 \equiv Q_2$ . Визначаємо горизонтальну проєкцію  $M_1N_1$ . У перетині  $A_1B_1$  з  $M_1N_1$  знаходимо горизонтальну проєкцію шуканої точки  $K_1$  – перетин прямої з площиною. Фронтальну проєкцію ( $K_2$ ) шуканої точки визначають за вертикальною відповідністю. Видимість прямої визначаємо

за допомогою конкуруючих точок.

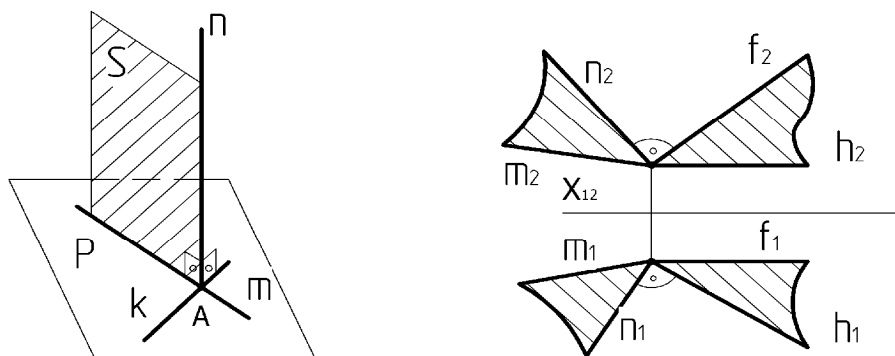
Пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна двом прямим, цієї площини, що перетинаються.

ПРИКЛАД:



Дві площини перпендикулярні між собою, якщо одна з них проходить через пряму, яка перпендикулярна до другої площини.

ПРИКЛАД:



### Способи перетворення проєкцій

Відомо, що при розміщенні фігури, паралельно будь-якій площині проєкцій, вона проєкціюється на цю площину в дійсну величину. В усіх інших випадках елементи фігури (площини) проєкціюються із спотворенням, через що визначення їх справжніх величин ускладнюється.

Для простого і зручного розв'язування задач користуються способами перетворення проєкцій.

### Сутність методів перетворення

Сутність методів перетворення полягає в зміні взаємного положення Г.Ф. і площин проєкцій для того, щоб Г.Ф. займали окреме положення.

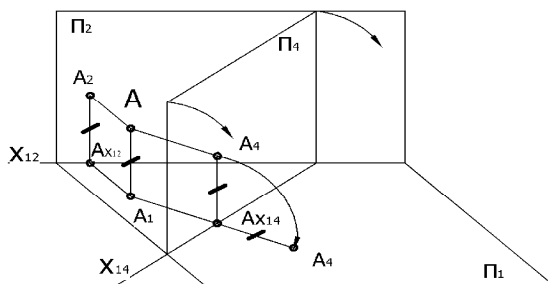
До основних методів відносяться:

1. Метод заміни площин проєкцій (об'єкт проєкціювання залишають незмінним, змінюють саму систему площин проєкцій).
2. Метод плоско-паралельного переміщення (система площин проєкцій лишається незмінною, а нові проєкції фігури утворюються внаслідок обертання її навколо вибраних осей).

### Метод заміни площин проєкцій

Сутність методу заміни площин проєкцій полягає в тому, що положення точок, ліній, плоских фігур у просторі залишається незмінним, а змінюються щодо них площини проєкцій. Замість однієї з існуючих площин проєкцій вводиться нова, при цьому перпендикулярність між площинами зберігається.

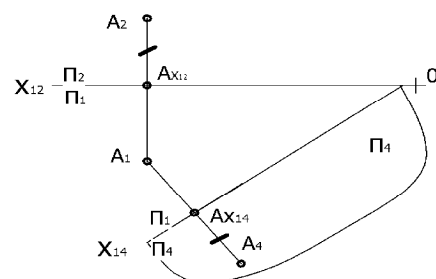
Розглянемо точку  $A$  в системі площин  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$  (рис. 25). Введемо нову вертикальну площину  $\Pi_4$ , слід якої на площині  $\Pi_1$  є  $x_{14}$ . Цим самим від системи площин проєкцій  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$  перейдемо до системи  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ . При цьому горизонтальна проєкція точки не зміниться, а фронтальною проєкцією стане точка  $A_4$ . Як бачимо, відстань від проєкції  $A_2$ , що замінюється, до осі  $x_{12}$  дорівнює відстані від нової проєкції  $A_4$  до нової осі  $x_{14}$ . Цю саму операцію показано на комплексному кресленні.



$$A_2 A x_{12} = A A_1 = A_4 A x_{14}$$

$$A_1 A x_{14} A_4 - \text{лінія зв'язку}$$

$$A_1 A_4 \perp x_{14}$$



$$x_{12} \frac{p_2}{p_1} \rightarrow x_{14} \frac{p_4}{p_1}$$

Рис. 25

Отже при заміні фронтальної площини проєкцій незмінними залишаються координати  $Z$  точок фігури.

**Висновки:**

- § При заміні (фронтальної) площини проєкцій ( $\Pi_2$ ) на нову площину  $\Pi_4$  одна (горизонтальна  $A_1$ ) проєкція точки залишається незмінною.
- § Щоб визначити нову (фронтальну  $A_4$ ) проєкцію, треба з незмінної (горизонтальної  $A_1$ ) проєкції провести перпендикуляр до нової осі  $X_{14}$  і відкласти на ньому відрізок, що дорівнює відстані заміненої проєкції від попередньої осі.

Заміну можна робити послідовно кілька разів до одержання бажаної проєкції.

**Типові задачі методу заміни площин проєкцій**

Перетворення прямої загального положення в пряму рівня

Щоб знайти справжню величину відрізка прямої  $AB$ , замінюють фронтальну площину проєкцій  $\Pi_2$  новою вертикальною площиною  $\Pi_4$  так, щоб вона була паралельна відрізку  $AB$  і залишалась перпендикулярною до площини проєкцій  $\Pi_1$  (рис. 26).

На площину  $\Pi_4$  відрізок спроекціюється в натуральну величину. Проєкцію  $A_4B_4$  на комплексному кресленні (рис. 26) будують в такій послідовності:

- § на довільній відстані від  $A_1B_1$  проводять нову вісь  $X_{14}$ , паралельну горизонтальній проєкції відрізка;
- § з проєкцій  $A_1$  і  $B_1$  проводять лінії проєкційного зв'язку в системі площин  $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ , перпендикулярні осі  $X_{14}$ ;
- § на продовженні цих ліній від нової осі ( $X_{14}$ ) відкладають відрізки, які дорівнюють координатам  $Z$  точок  $A$  і  $B$ , що виміряють на площині проєкцій  $\Pi_2$ ;
- § відрізок  $A_4B_4$  є натуральною величиною відрізка  $AB$ , оскільки він паралельний новій площині проєкцій  $\Pi_4$ .

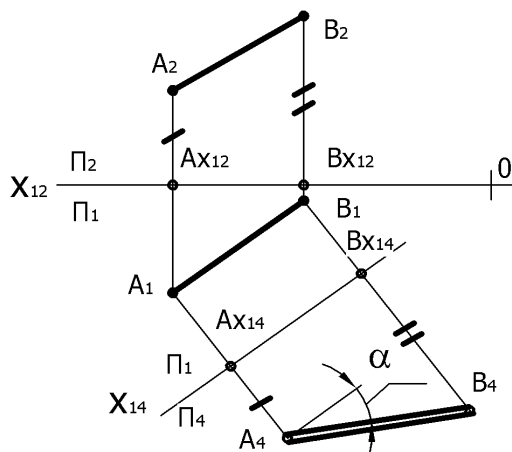


Рис. 26

Вищевикладеними побудовами визначаються:

- § натуральна величина відрізка;
- § кути нахилу прямої до площин проекцій.

Перетворення прямої рівня в проекціювальну

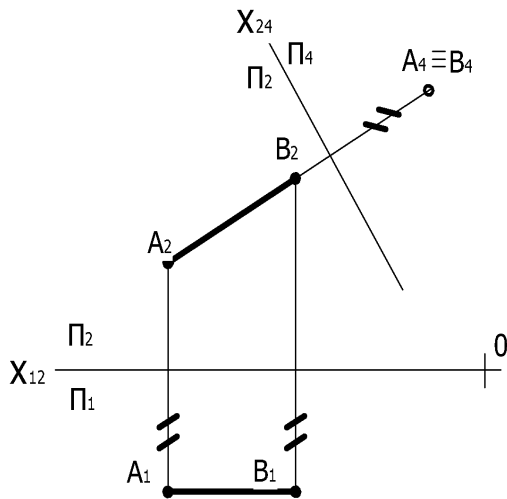


Рис. 27

Типові задачі, розв'язувані перетворенням прямої в проекціювальну:

- § визначення відстані від точки до прямої;
- § визначення відстані між двома паралельними прямими;

$$X_{12} \frac{p_2}{p_1} \rightarrow X_{14} \frac{p_4}{p_1}; \quad \Pi_4 \parallel AB; \quad X_{14} \parallel A_1B_1$$

У системі  $X_{14} \frac{p_4}{p_1}$  AB – фронталь

$$B_2B_{X_{12}} = B_{X_{14}}B_4 \quad A_2A_{X_{12}} = A_{X_{14}}A_4$$

$$A_4B_4 = |AB| \quad \alpha - \text{кут нахилу прямої до } \pi_1$$

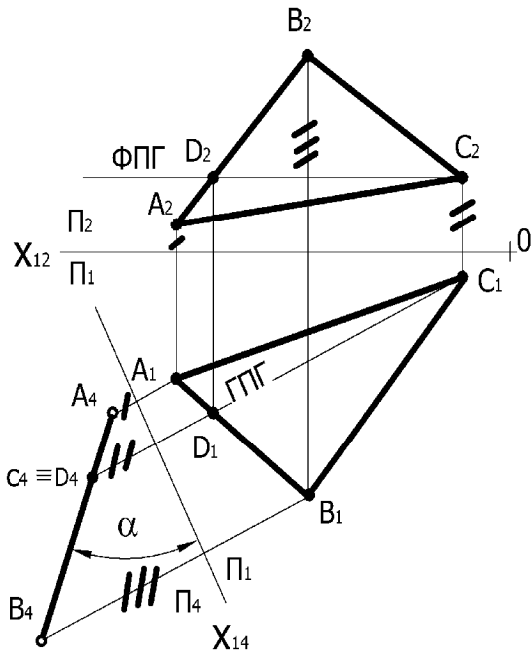
$$X_{12} \frac{p_2}{p_1} \rightarrow X_{24} \frac{p_2}{p_4}; \quad p_4 \perp AB; \quad X_{24} \perp A_2B_2$$

Щоб пряма зайняла проекціювальне положення, досить перпендикулярно до прямої рівня провести нову площину  $\Pi_4$ , її слідом буде  $X_{24}$  (рис. 27). Проекція прямої у вигляді точки розміститься від осі  $X_{24}$  на відстані, що дорівнює відстані від проекції  $A_1B_1$  до осі  $X_{12}$ .

При перетворенні прямої загального положення в проекціювальну послідовно здійснюються дві заміни площин проекцій.

§ визначення відстані між двома мимобіжними прямими.

Перетворення площини загального положення в проекційвальну



Щоб перевести відсік у проекційвальне положення, необхідно й достатньо, щоб будь-яка пряма, що належить йому, спроекціювалася в точку. За таку пряму доцільно взяти лінію рівня, бо для її перетворення в точку досить однієї заміни. На рис. 28 у відсіку проведено горизонталь CD, нову вертикальну площину  $\Pi_4$  взято перпендикулярно до площини  $\theta(\Delta ABC)$ , її слід проводити перпендикулярно до горизонтальної проекції горизонталі ( $C_1D_1$ ). При цьому відсік перетворився у фронтально-проекційвальну площину і спроекціювався у

$$\text{відрізок прямої } A_4B_4 \text{ } X_{12} \frac{p_2}{p_1} \rightarrow X_{14} \frac{p_4}{p_1};$$

$$p_4 \perp ABC; X_{14} \perp ГПГ;$$

Рис. 28

Типові задачі:

§ визначення відстані від точки до площини;

§ визначення кутів нахилу площини до площин проекцій.

Перетворення проекційвальної площини у площину рівня

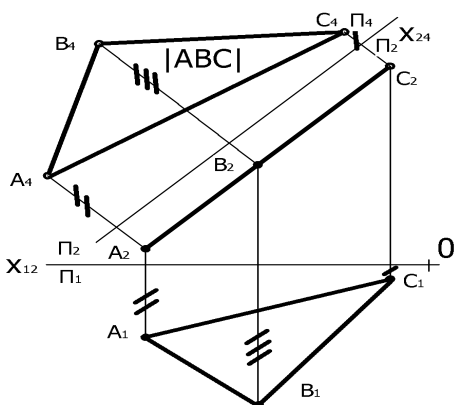


Рис. 29

При заміні вісь  $X_{24}$  проводять паралельно  $A_2C_2$  і від осі відкладають відрізки, що дорівнюють відстані від точок горизонтальної проекції до осі  $X_{12}$ .

$$X_{12} \frac{p_2}{p_1} \rightarrow X_{24} \frac{p_2}{p_4}; \Pi_4 \parallel \Delta ABC;$$

$$X_{24} \parallel A_2C_2 \quad A_4B_4C_4 = |ABC|$$

Типові задачі:

§ визначення натуральних величин плоских фігур;

§ геометричні побудови на базі натуральної величини плоскої фігури.

При перетворенні площини загального положення в площину рівня послідовно здійснюються дві заміни площин проекцій.

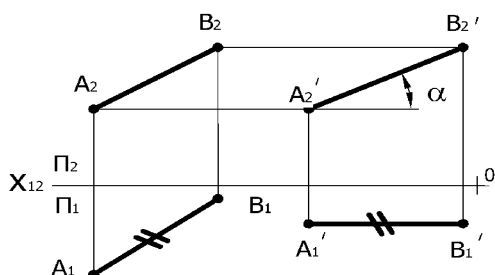
### Метод плоско-паралельного переміщення

Плоско-паралельним переміщенням називається такий рух фігури в просторі, при якому всі її точки переміщуються в площинах, паралельних між собою і паралельних одній із площин проекцій до моменту, коли вона займе окреме положення щодо площин проекцій. Оскільки положення осі обертання не впливає на остаточний результат, то вибір її довільний.

Щоб встановити відрізок прямої загального положення в положення, паралельне фронтальній площині проекцій, треба повернути його навколо “невиявленої” горизонтально-проекціювальної осі і на полі  $\Pi_2$  дістанемо натуральну величину відрізка АВ (рис. 30).

Для цього горизонтальну проекцію  $A_1B_1$ , не змінюючи її величини, розташовують на вільному полі креслення, паралельно осі проекцій  $X_{12}$  ( $A'_1B'_1 = A_1B_1$ ). З фронтальних проекцій точок  $A_2$  і  $B_2$  проводять прямі, паралельні осі  $X_{12}$ , до перетину з вертикальними лініями проекційного зв'язку, проведеними з точок  $A'_1$  і  $B'_1$ .

$A'_2B'_2$  – фронтальна проекція переміщеного відрізка АВ – дорівнює натуральній (дійсній) величині відрізка. Кут  $\alpha$  є кутом нахилу прямої АВ до горизонтальної площини проекцій.



$$A'_1B'_1 = A_1B_1;$$

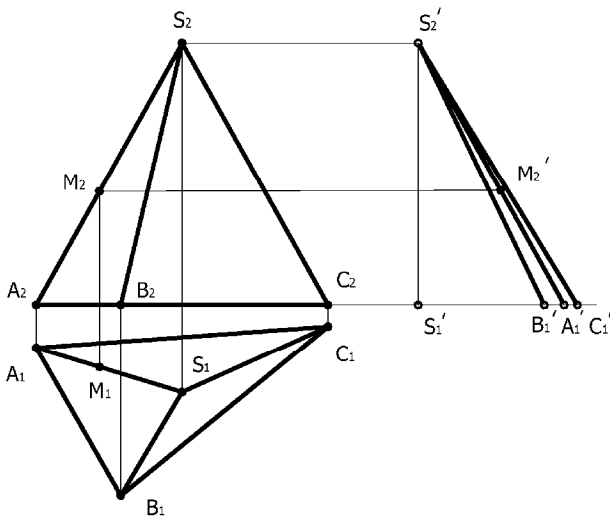
$$A'_1B'_1 \parallel X_{12}; A_2A'_2 \parallel X_{12}; B_2B'_2 \parallel X_{12}$$

$$AB \parallel \Pi_2; A'_2B'_2 = |AB|$$

Рис. 30



ПРИКЛАД: Побудувати дійсну величину ребер піраміди  $SABC$ .



$$S'_1A'_1 = S_1A_1; S'_1B'_1 = S_1B_1;$$

$$S'_1C'_1 = S_1C_1$$

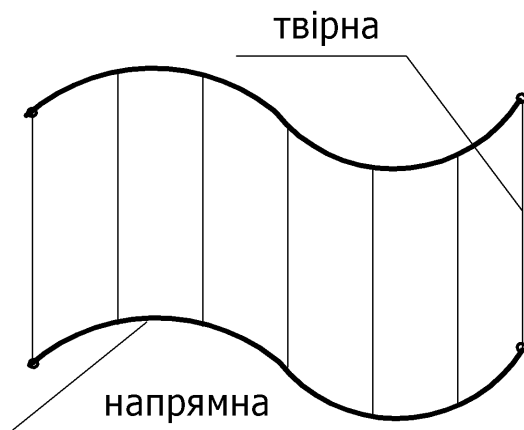
$S'_2B'_1, S'_2A'_1, S'_2C'_1$  – дійсні величини ребер.

$M \in SA, S'_2M'_2$  – дійсна величина відрізка  $SM$ .

## Тема. Поверхні.

Поверхні. Способи утворення поверхонь на кресленні

Поверхню зручно розглядати як сукупність послідовних положень певної лінії (твірної), що переміщується в просторі за визначеним законом. Закон переміщення твірної доцільно задавати у вигляді сімейства ліній (напрямні), по яких переміщуються твірні (рис. 31). Описаний спосіб утворення поверхні називається кінематичним.



При кінематичному способі утворення поверхонь їх зручно задавати визначником. Визначником поверхні називають сукупність умов, необхідних і достатніх для задання поверхні. Визначник складається з двох частин: геометричної та алгоритмічної.

Рис. 31

Наприклад, для завдання циліндра обертання потрібні геометрична (вісь циліндра  $i$  та одна твірна АВ (рис. 32) і алгоритмічна (вказівка на те, що твірна обертається навколо осі) частини.

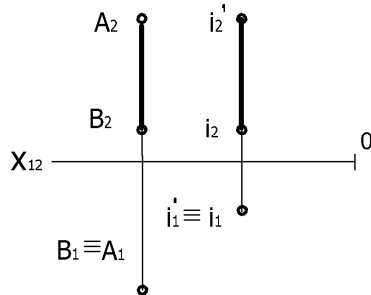


Рис. 32

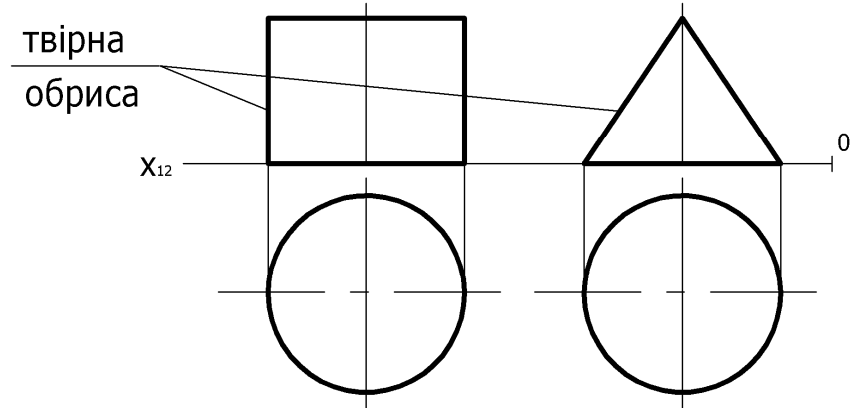


Рис. 33

Крім того, поверхня може бути задана на кресленні обрисом (рис. 33). Геометричні фігури на рис. 33 мають лише геометричну частину. Поверхню вважають заданою в тривимірному просторі, якщо відносно будь-якої точки цього простору можна сказати, належить вона цій поверхні чи ні.

За формою твірної поверхні поділяються на лінійчаті (твірна пряма лінія) та нелінійчаті (твірна крива лінія).

*Лінійчаті* – призматичні, пірамідальні, циліндричні, конічні, торси, гвинтові та ін.

*Нелінійчаті* – поверхні обертання, поверхні паралельного перенесення та інші.

У залежності від того, чи можна сумістити відсік поверхні з площиною без розривів і складок, поверхні поділяються на розгортні та нерозгортні.

### Перетин багатогранної поверхні площиною

При перетинанні багатогранної поверхні проєкціовальною площиною у перерізі буде багатокутник, вершини якого знаходяться на ребрах, а сторони – лінії перетину його граней із січною площиною. Одна з проєкцій перетину буде збігатися зі слідом січної площини.

**ПРИКЛАД:** Побудувати проєкції лінії перетину трикутної призми фронтально-

проекціювальною площиною Р (рис. 34). Побудувати натуральну величину фігури перерізу.

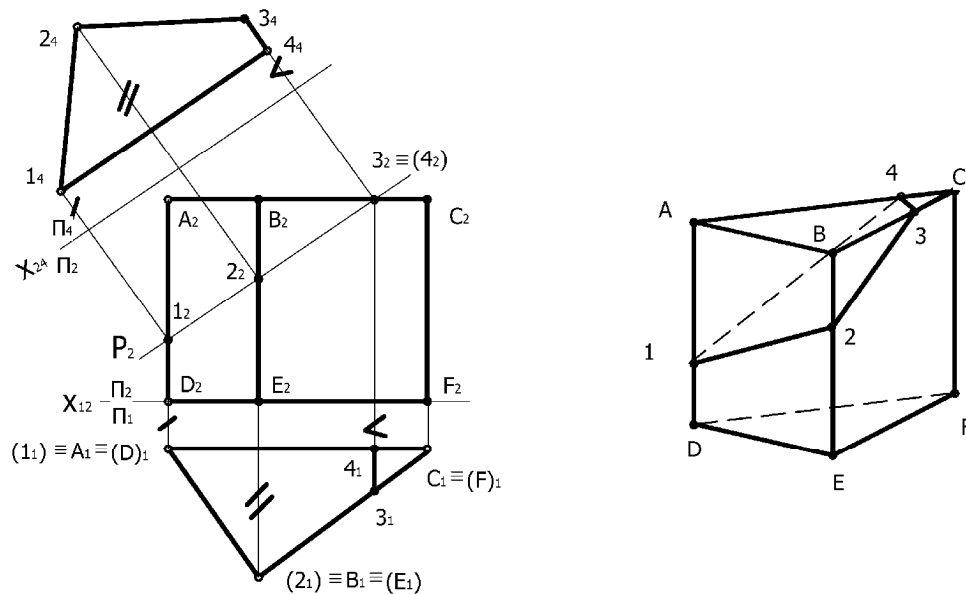


Рис. 34

У перерізі трикутної призми такою площиною буде чотирикутник, тому що січна площина перетинає верхню основу. Фронтальна проекція фігури перерізу збігається зі слідом січної площини, вершини чотирикутника будуть знаходитися на ребрах .

$$1_2 2_2 3_2 4_2 \subset P_2; \quad 1 \in AD; \quad 2 \in BE; \quad 3 \in BC; \quad 4 \in AC.$$

Горизонтальні проекції  $1_1, 2_1$  збігаються з горизонтальними проекціями відповідних ребер, а проекції  $3_1$  та  $4_1$  дістанемо, якщо проведемо вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною проекцією верхньої основи призми.

$$\text{Отже, } 1_1 \equiv A_1 \equiv D_1; \quad 2_1 \equiv B_1 \equiv E_1; \quad 3_1 \in B_1 C_1; \quad 4_1 \in A_1 C_1.$$

Натуральна величина перерізу визначається методом заміни площин проекцій.

Проводимо нову площину  $\Pi_4$ , паралельно площині Р. Вісь  $X_{24}$  проводимо паралельно  $P_2$ . З фронтальних проекцій точок  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$  опускаємо перпендикуляр на нову вісь і відкладаємо на них відрізки, що дорівнюють відстані від точок  $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$  до осі  $X_{12}$ .

**ПРИКЛАД:** Побудувати проекції лінії перетину піраміди фронтально-проекціювальною площиною Р. Побудувати натуральну величину

фігури перерізу (рис. 35).

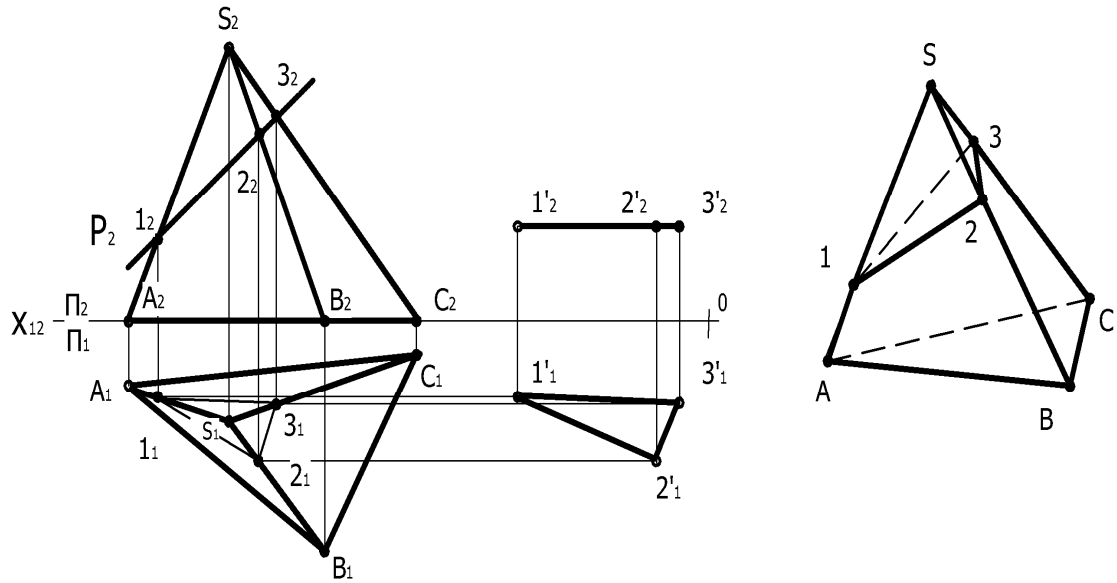


Рис. 35

У перетині трикутної піраміди такою площиною буде трикутник, фронтальна проекція якого збігається зі слідом січної площини  $1_2 2_2 3_2 \subset P_2$ .

Вершини трикутника будуть знаходитися на ребрах:

$$1 \in SA, \quad 2 \in SB, \quad 3 \in SC.$$

Отже  $1_1 \in S_1 A_1, \quad 2_1 \in S_1 B_1, \quad 3_1 \in S_1 C_1$ .

Натуральну величину перерізу знаходимо методом плоско-паралельного переміщення. Поворотом навколо “невиявленої” фронтально-проекціовальної осі встановлюємо трикутник в горизонтальне положення  $1'_2 2'_2 3'_2 = 1_2 2_2 3_2 \parallel X_{12}$ . На площині  $\Pi_1$  трикутник зобразиться в натуральну величину.

Перетин циліндричної поверхні площиною

При перетинанні прямого кругового циліндра площиною утворяться наступні лінії:

- § коло – площина, перпендикулярна осі циліндра (Р).
- § прямокутник – січна площина, перпендикулярна основі (Ф, Т).
- § еліпс – площина, що нахилена до осі циліндра (R).

Неповний еліпс буде, якщо площина перетинає основу циліндра (N, Q).

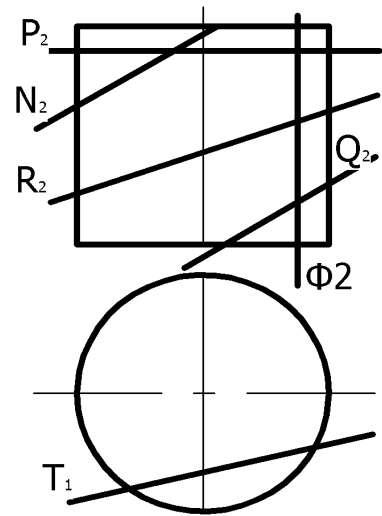


Рис. 36

**ПРИКЛАД:** Побудувати проєкції лінії перетину циліндра проєкціювальною площиною. Побудувати натуральний вид перерізу (Рис. 37).

У перетині циліндра такою площиною буде еліпс. Фронтальна проєкція перетину збігається зі слідом площини.

$1_2 3_2 5_2 4_2 2_2 \subset P_2$  тому, що площина проєкціювальна.

Горизонтальна проєкція перерізу збігається з основою циліндра, тому що циліндр є горизонтально-проєкціювальною поверхнею. Горизонтальна проєкція циліндра має збиральну властивість. Натуральний вид перерізу визначимо методом заміни площин проєкцій.

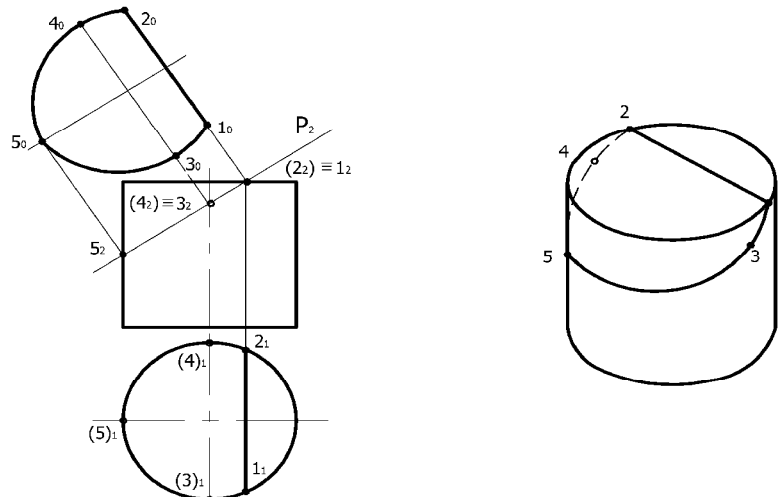


Рис. 37

Перетин конічної поверхні площиною

Конічні перерізи обмежені або кривою лінією другого порядку (коло, еліпс, гіпербола, парабола), або прямими лініями. При перетинанні прямого кругового конуса проекційвальними площинами утворюються наступні лінії (рис. 38):

- а) коло – січна площина, перпендикулярна до осі конуса (Q);
- б) трикутник – січна площина проходить через вершину конуса (P) ;
- в) еліпс – січна площина перетинає всі твірні конуса і нахилена до його осі (T);
- г) парабола – січна площина, паралельна одній з твірних конуса (R);
- д) гіпербола – січна площина, паралельна двом твірним (Φ).

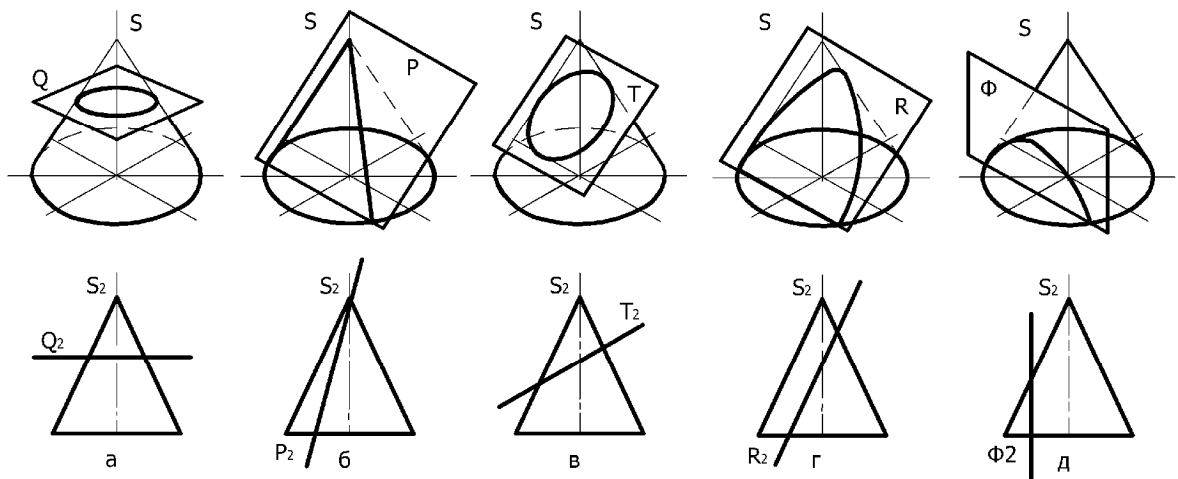


Рис. 38

**ПРИКЛАД:** Побудувати проекції перерізу прямого кругового конуса проекційвальною площиною P (рис. 39).

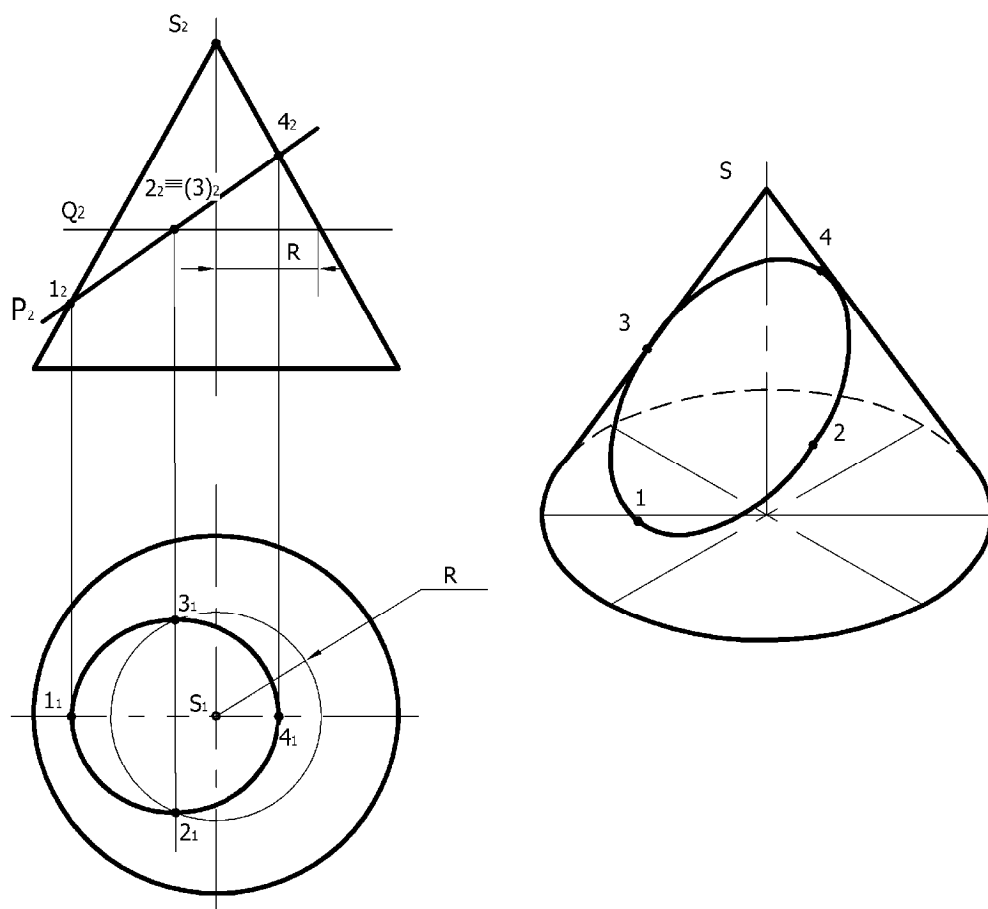


Рис. 39

Оскільки площина  $P$  нахилена до осі конуса під кутом, більшим за кут нахилу твірної, і перетинає всі його твірні, то фігурою перерізу буде повний еліпс.

Фронтальні проекції  $1_2, 2_2, \dots$  точок еліптичного перерізу збігаються з фронтальним слідом  $P_2$ . Відрізок  $1_2 4_2$  буде фронтальною проекцією фігури перерізу.  $1_2 4_2$  – є велика вісь еліпса. Мала вісь проєкціюється на площину  $\Pi_2$  в точки  $2_2$  ( $3_2$ ), яка ділить на дві рівні частини відрізок  $1_2 4_2$ . Щоб знайти горизонтальну проєкцію малої осі (і одночасно її натуральну величину), проводять через точки  $2_2$  ( $3_2$ ) допоміжну площину  $Q$ , що перетинає бічну поверхню конуса по колу радіусом  $R$ .

Аналогічно, за допомогою ряду допоміжних площин можна знайти довільну кількість точок еліпса.

## Перетин сферичної поверхні площиною

Сферичні перерізи обмежені завжди колом, що проєкціюється у вигляді:

- § кола – якщо площина паралельна площині проєкцій;
- § прямої – якщо площина перпендикулярна площині проєкцій;
- § еліпса – якщо площина нахилена до площини проєкцій.

ПРИКЛАД: Побудувати проєкції перерізу сфери проєкціовальною площиною (рис. 40).

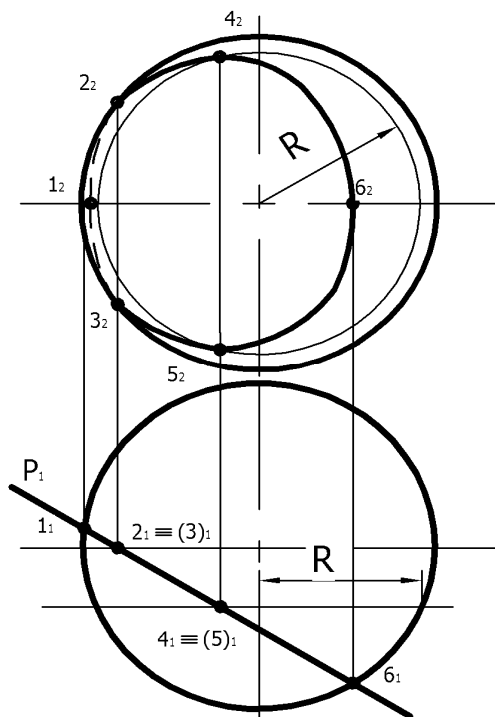


Рис. 40

У результаті перетину утворюється коло, яке проєкціюється на фронтальну площину проєкцій як еліпс.

Точки 1 і 6 належать екватору сфери, тому визначаються за вертикальною відповідністю. Точки на фронтальному меридіані 2 і 3 є точками, що відділяють на полі  $\Pi_2$  видиму частину еліпса від невидимої. Кінці великої осі еліпса (4, 5) лежать на вертикальній прямій, що проходить через середину малої осі  $1_2 6_2$ . За допомогою фронталі знаходять проєкції  $4_2, 5_2$ .

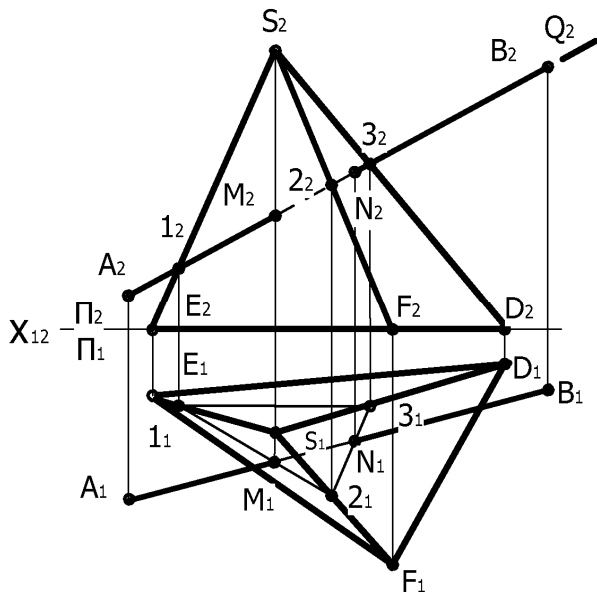
## Перетин прямої з поверхнею

Для побудови точок перетину необхідно виконати наступні дії:

- § через пряму провести допоміжну площину;
- § знайти лінію перетину поверхні з допоміжною площиною;
- § визначити точки перетину заданої прямої з побудованою лінією.



ПРИКЛАД: Знайти точки перетину трикутної піраміди з прямою АВ.



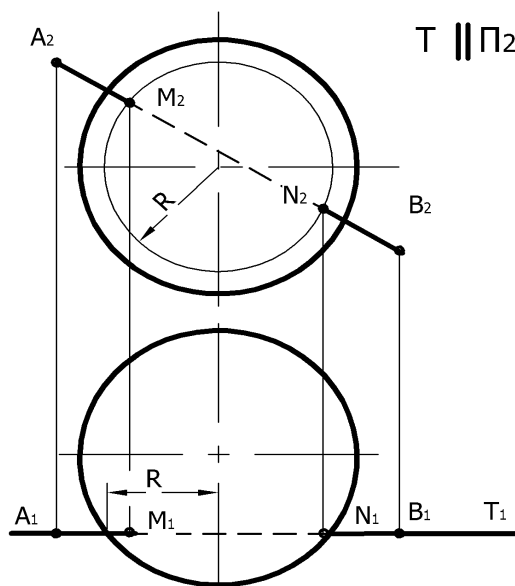
Через пряму проводимо фронтально-проекціювальну площину Q.

Будуємо проекції лінії перетину піраміди з площиною Q (123).

Горизонтальна проекція перерізу ( $1_1 2_1 3_1$ ) перетинає горизонтальну проекцію прямої ( $A_1 B_1$ ) в т.  $M_1$  і  $N_1$ . Фронтальні проекції цих точок визначають за допомогою відповідності  $M \in AB$ ;  $N \in AB$ .

Видимість прямої визначається за допомогою конкуруючих точок.

ПРИКЛАД: Знайти точки перетину прямої АВ зі сферою.



Через пряму АВ проводимо фронтальну площину. У результаті перетину площини зі сферою утворюється коло радіуса R, яке проєкціюється на фронтальну площину проєкцій в натуральну величину.

Фронтальні проекції шуканих точок  $M_2$  та  $N_2$  будуть на перетині кола і фронтальної проекції  $A_2 B_2$  прямої. Горизонтальні проекції точок сполучають за вертикальною відповідністю.

### Спосіб допоміжних січних поверхонь

При конструюванні складних форм машинобудівних деталей або інженерних конструкцій виникає необхідність у побудові ліній перетину простих геометричних фігур, що утворюють ці складні форми.

Лінію, спільну для двох поверхонь, що перетинаються, називають лінією перетину (переходу). Характер лінії перетину залежить від того, які геометричні тіла або поверхні перетинаються. У залежності від положення поверхонь ліній взаємного перетину може бути дві (наскрізне проникнення), чи одна (врізання).

Щоб визначити проекції цієї лінії треба знайти проекції точок, спільних для поверхонь, що розглядаються.

Алгоритм побудови спільних точок поверхонь (рис. 41):

- задані Г.Ф. перетинають третьою допоміжною поверхнею, яку називають посередником;
- будуються лінії перетину допоміжної поверхні з кожною із заданих поверхонь;
- визначають точки (точку) перетину побудованих ліній, які є спільними точками заданих поверхонь.

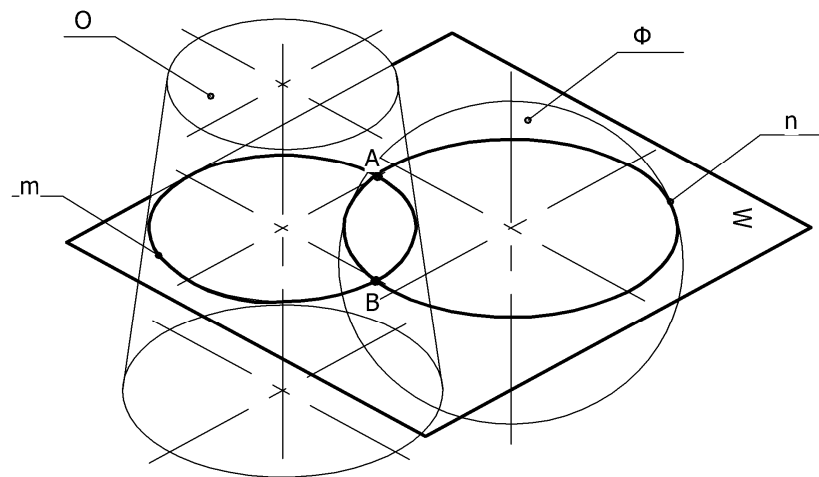
Виконавши таку операцію кілька разів, дістають потрібну кількість точок для проведення лінії взаємного перетину.

Під допоміжною січною поверхнею мають на увазі будь-яку поверхню, у тому числі і площину. Січну допоміжну поверхню вибирають таку, котра перетинала б задані Г.Ф. по зручних для побудови лініях (пряма, коло).

Це можуть бути:

- § площини (рівня, проекціювальні, загального положення);
- § поверхні (сферичні, циліндричні, конічні).

Побудову проекцій лінії перетину починають з визначення опорних точок, до яких відносяться точки видимості, точки дотику проекцій лінії перетину до обрисів проекцій поверхонь і екстремальні точки (ближня, дальня, ліва, права, вища, нижча). Потім будують проміжні точки.



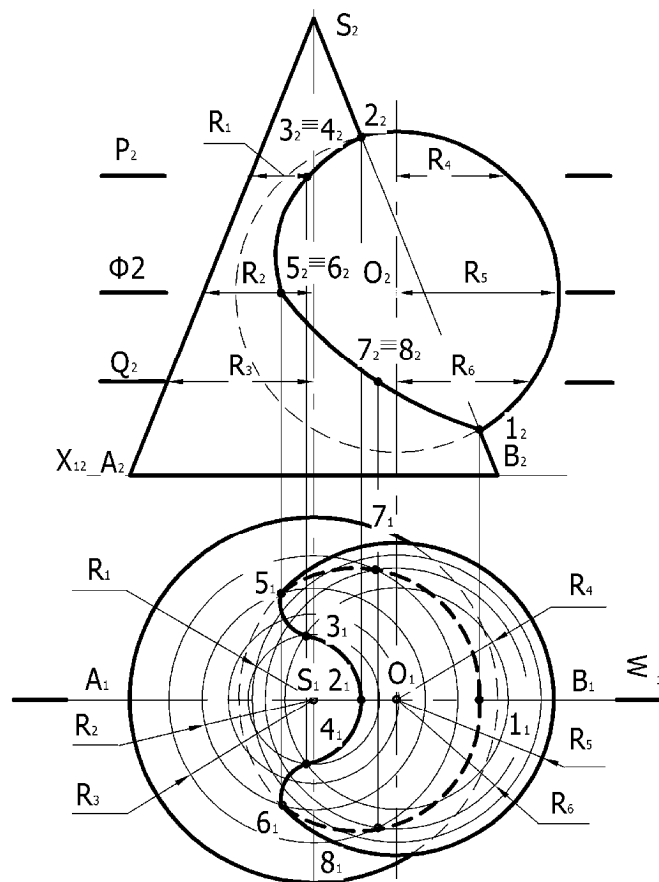
$W \cap \theta = m$ ;  $W \cap \Phi = n$ ;  $m \cap n = A, B$  – спільні точки

Рис. 41

Побудова ліній перетину поверхонь за допомогою січних площин

Застосовується у випадках взаємного перетину багатогранників, лінійчатих поверхонь з багатогранниками і поверхонь обертання, що мають паралельні осі.

ПРИКЛАД: Побудувати лінію перетину конуса обертання та сфери.



#### Алгоритм рішення:

1. Точки лінії перетину знаходимо за допомогою горизонтальних допоміжних січних площин, що перетинають конус і сферу по колах.
2. Найвищу 2 і найнижчу 1 точки визначаємо за допомогою фронтальної площини  $\Sigma$ , яка проходить через вершину конуса  $S$ . Площина  $\Sigma$  перетне конус по трикутнику ( $ABS$ ), а сферу по фронтальному меридіану. На перетині цих ліній на полі  $\Pi_2$  знаходимо  $2_2$  і  $1_2$ . Горизонтальні проекції точок  $1_1$ ,  $2_1$  знаходимо за відповідністю точок поверхні конуса.
3. Точки обмеження видимості (5, 6) лінії перетину на  $\Pi_1$  визначають за допомогою горизонтальної січної площини  $\Phi$ . Ця площина перетне конус по колу радіусом  $R_2$ , сферу по екватору ( $R_5$ ). На перетині цих ліній на площині  $\Pi_1$  знаходимо горизонтальні проекції точок  $5_1, 6_1$ . Фронтальні проекції точок  $5_2, 6_2$  знаходять на  $\Phi_2$ .
4. Проміжні точки (3,4,7,8) знаходимо за допомогою ще кількох горизонтальних січних площин ( $P, Q$ ).
5. Сполучаючи знайдені точки, проводять криву з урахуванням видимості. Ділянка кривої буде видимою лише при перетині обох видимих ділянок поверхонь.

#### Спосіб сферичних посередників.

При перетині поверхонь обертання, які мають загальну площину симетрії, для побудови лінії перетину доцільно застосовувати сімейство концентричних сфер. Якщо перетинаються сферичні поверхні з іншою поверхнею обертання, вісь якої проходить через центр сфери і паралельна до однієї з площин проекцій, то проекція лінії перетину на одній площині проекцій – пряма, а на іншій – коло чи еліпс. На рис. 42 зображено перетин тіл обертання, що мають спільну вісь: сфери і циліндра (рис.42 а), сфери і конуса (рис. 42 б). У двох випадках лінія перетину є коло, яке на площину, паралельну осі обертання,

проекціюється у вигляді прямої, перпендикулярної до осі. Ця властивість і лежить в основі способу допоміжних сфер.

Умови застосування сферичних посередників:

- § обидві задані поверхні повинні бути поверхнями обертання;
- § осі поверхонь повинні перетинатися між собою;
- § осі поверхонь повинні бути паралельні одній з площин проекцій.

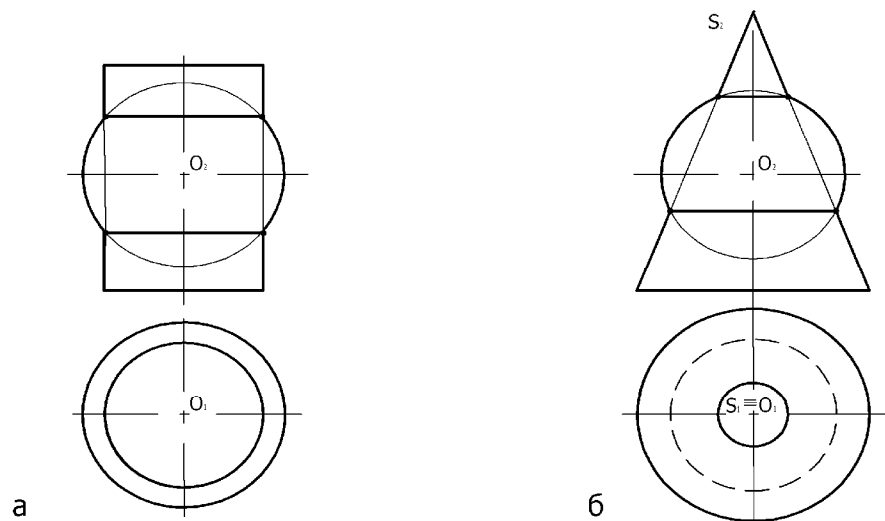


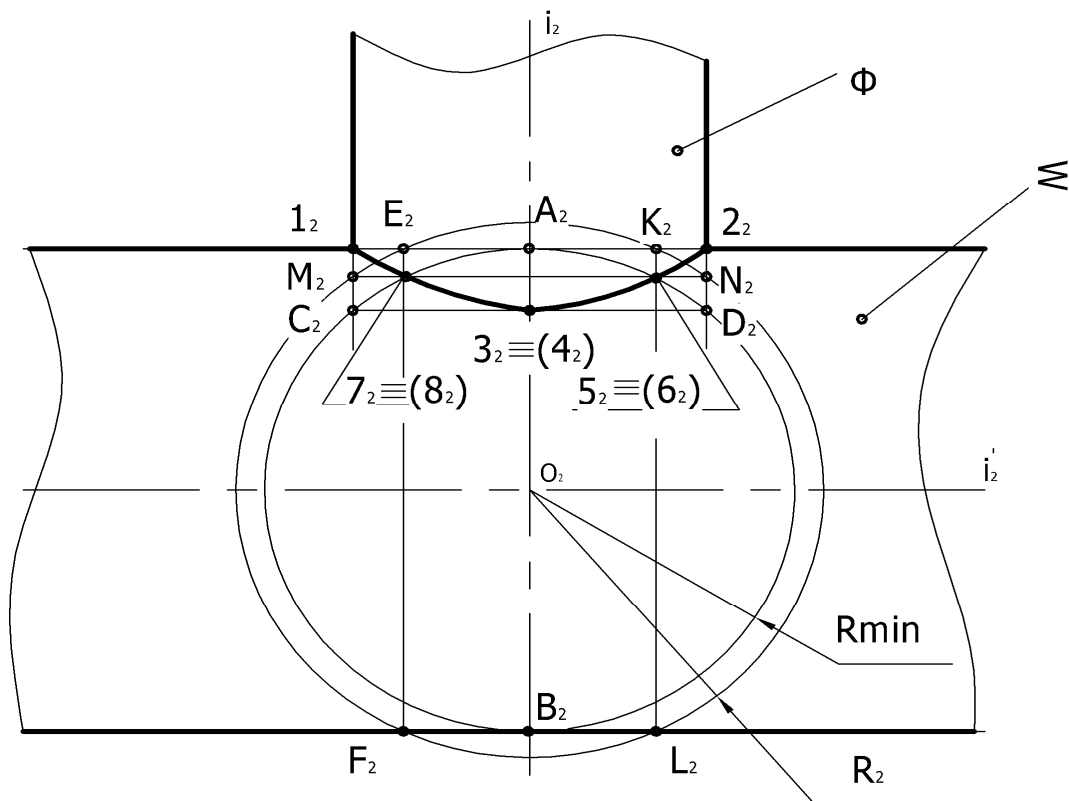
Рис. 42

Алгоритм побудови лінії перетину за допомогою концентричних сфер:

- § з точки перетину осей заданих поверхонь як із центра проводять допоміжні сфери;
- § знаходять кола, по яких допоміжні сфери перетинаються окремо з кожною із заданих поверхонь;
- § знаходять спільні точки перетину утворених кіл.

ПРИКЛАД. Побудувати лінію перетину двох циліндрів.

У даному випадку всі умови виконуються. Обидві поверхні обертання. Осі поверхонь перетинаються та паралельні фронтальній площині проекцій.



- § Дві точки (1 і 2) знаходять без побудови, бо вони лежать на перетині твірної горизонтального циліндра з обрисними твірними вертикального циліндра;
- § Точку  $O_2$  перетину осей беруть за центр і будують допоміжну сферу  $R_{min}$  дотичну до циліндра більшого діаметра ( $\Sigma$ ). Ця сфера перетинає циліндр по колу, фронтальна проекція якого є відрізок  $A_2B_2$ , поверхню меншого циліндра ( $\Phi$ ) – по колу, що проєкціюється у відрізок  $C_2D_2$ . Перетин проєкцій  $A_2B_2$  і  $C_2D_2$  ліній дає проєкції найнижчих точок  $3_2, 4_2$  лінії перетину;
- § Щоб знайти проміжні точки, будують сферу з центра  $O_2$  довільним радіусом, але не більше, ніж  $(O_21_2)$  і не менше, ніж  $R_{min}$ . Ця сфера перетинає циліндр  $\Phi$  по колу, проєкція якого є відрізок  $M_2N_2$ , а циліндр  $\Sigma$  – по двох колах, що спроекціюються у відрізки  $E_2F_2$  і  $K_2L_2$ . Перетин цих ліній дає точки  $(5_2 \equiv 6_2)$  і  $(7_2 \equiv 8_2)$ . Точки сполучають плавною кривою.

### Розгортка поверхонь.

У різних галузях техніки при виготовленні виробів з листового матеріалу часто мають справу з розгортками поверхонь.

Розгорткою поверхні називається плоска фігура, утворена сполученням усіх точок і ліній поверхні з площиною без розривів і складок.

Усі поверхні поділяються на розгортні і нерозгортні. Всі багатогранні поверхні розгортні. Кривими поверхнями, що розгортаються, можуть бути тільки лінійчаті, у яких суміжні твірні паралельні чи перетинаються (циліндричні, конічні, торсові).

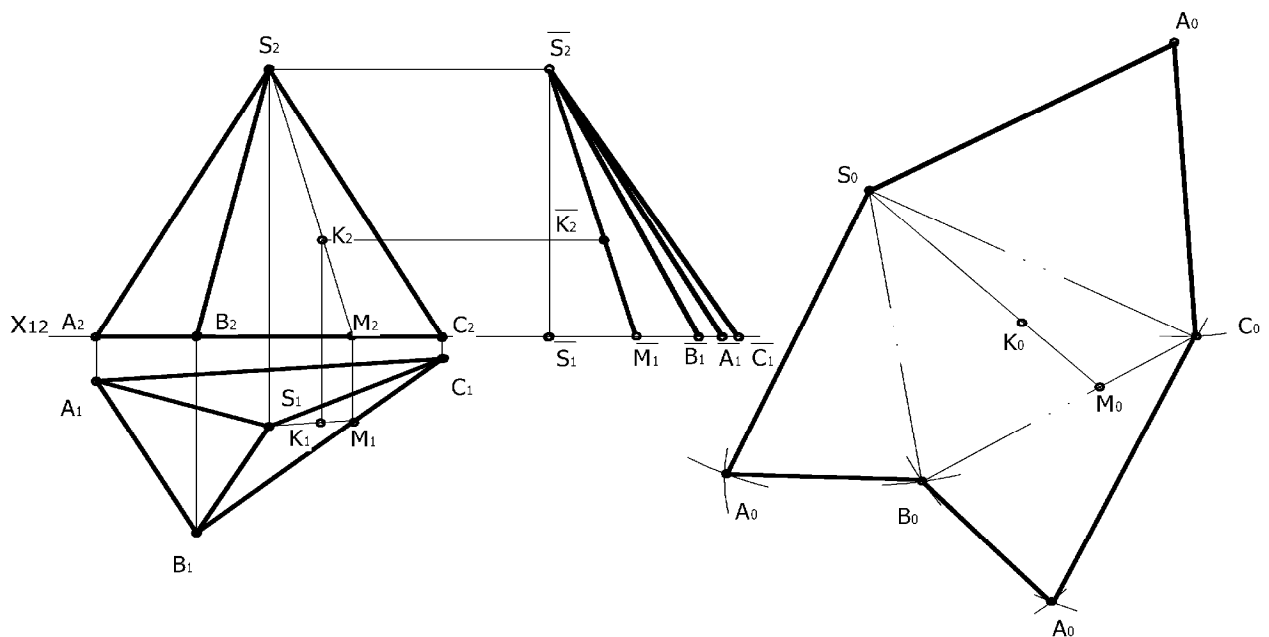
Всі інші поверхні розгортаються приблизно. Поверхня, що не розгортається, апроксимується (замінюється) багатогранною поверхнею.

Розгортки будують як сукупність натуральних величин усіх її граней. Найбільш розповсюджені методи побудови розгорток: суміщення, трикутників, розкочування, тріангуляції.

### Розгортка поверхні піраміди

**ПРИКЛАД:** Побудувати розгортку поверхні піраміди з нанесенням на неї точки  $K$ , що належить грані піраміди.

Будуємо розгортку неправильної трикутної піраміди, основа якої лежить на горизонтальній площині проєкцій. Розгортку виконуємо розрізанням поверхні піраміди вздовж бічного ребра, та суміщенням трьох бічних граней піраміди з площиною її основи.



Розгортка трикутної піраміди складається з трьох трикутників бічних граней і трикутника основи.

Трикутники будують за натуральними величинами ребер піраміди.

План розв'язання.

1. Методом плоско-паралельного переміщення визначаємо натуральні величини ребер SA, SB, SC.

$$S_1A_1 = S_1A_1; S_2A_1 = |SA|; S_2B_1 = |SB|; S_2C_1 = |SC|; S_2M_1 = |SM|;$$

2. Будуємо натуральні величини граней  $S_0A_0B_0$ ;  $S_0B_0C_0$ ;  $S_0A_0C_0$  і основи  $A_0B_0C_0$  за трьома відомими сторонами.
3. Наносимо точку K на розгортку (виходячи з її приналежності відповідній прямій).

$$B_0M_0 = B_1M_1; S_0K_0 = S_2K_2$$

Розгортка поверхні прямого кругового конуса

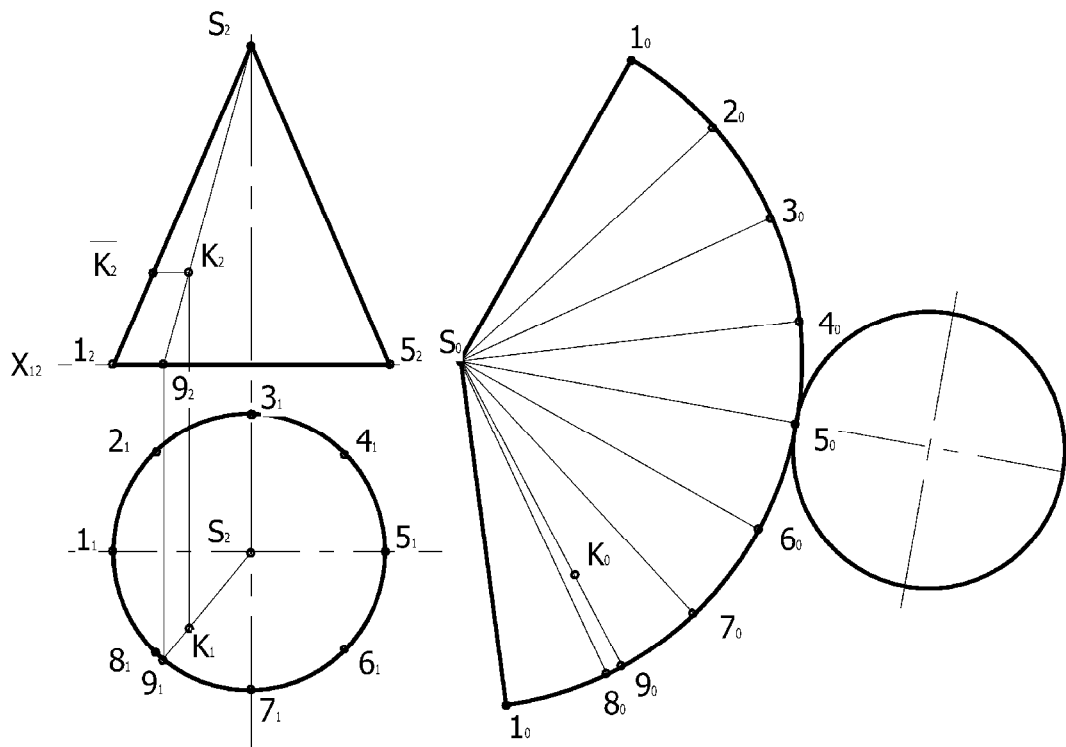
**ПРИКЛАД:** Побудувати розгортку поверхні прямого кругового конуса з нанесенням на неї точки K, що належить бічній поверхні конуса.

Для побудови розгортки конічної поверхні коло її основи розбивають на 8 рівних частин, тобто в конус вписують восьмигранну піраміду.

Розгортку бокової поверхні конуса будують як сукупність трикутних граней піраміди. Всі твірні конуса рівні між собою. Твірні  $S_1$  і  $S_5$  – фронталі, тому  $S_2I_2 = S_2I_5$  – натуральна величина твірних.

Щоб знайти на розгортці точку K, треба спочатку перемістити її фронтальну проекцію ( $K_2$ ) паралельно осі  $X_{12}$  до положення  $K_2$ . Це відповідає обертанню твірних до положення, паралельного фронтальній площині проєкцій навколо осі, що проходить через вершину конуса, перпендикулярно до площини  $\Pi_1$ . Утворений після обертання натуральний відрізок твірною відкладають на розгортці, тобто  $S_0K_0 = S_2K_2$ .





### Вигляди ГОСТ 2.305 -68.

Способи побудови на площині зображень тривимірних предметів вивчає нарисна геометрія. Практичне застосування ці способи знаходять в кресленні.

Особливе поширення в кресленні здобули два способи зображення: аксонометричні проекції та комплексні креслення в ортогональних проекціях.

На рисунку 43 двома способами зображена геометрична фігура. Перше зображення (рис. 43а) дає наочне уявлення про фігуру. Це аксонометрична проекція. Друге зображення (рис. 43б) – комплексне. Воно складається із трьох зображень, які називаються ортогональними проекціями.

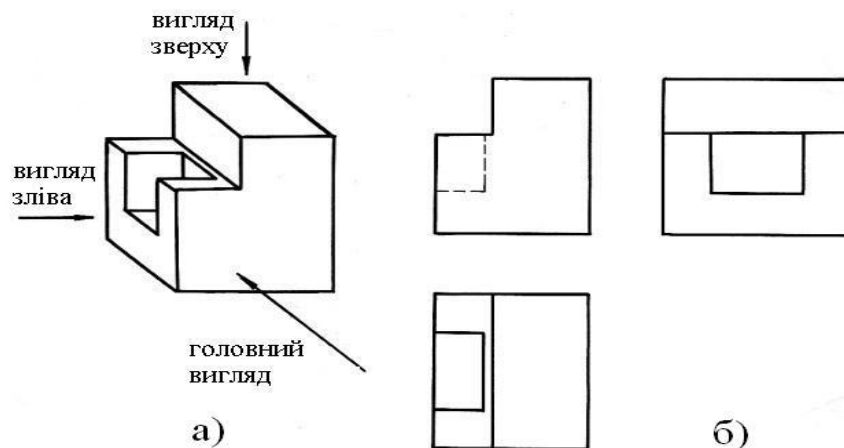


Рис. 43

Для побудови проєкцій користуються способом прямокутного проєкціювання. Основними площинами проєкцій вважають шість граней куба (рис. 44), всередині якого уявно розміщують предмет і проєкціюють його на внутрішні грані куба. Спроєкціювавши предмет, розрізають куб по ребрах і розгортають його так, щоб усі грані сумістилися з фронтальною площиною. Внаслідок цього утворюється плоске комплексне креслення. Одержані зображення в кресленні називаються виглядами.

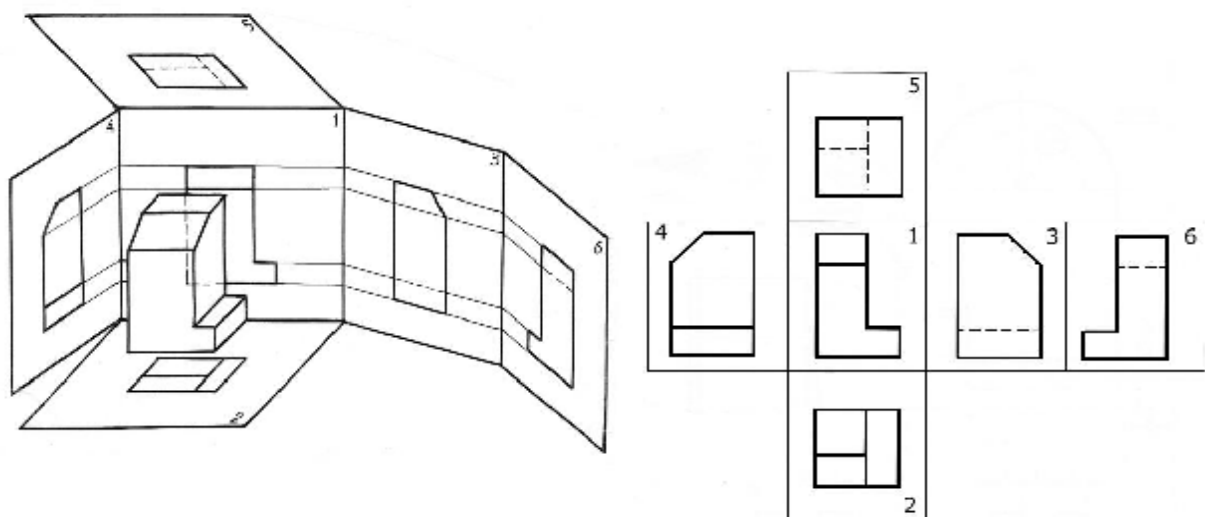


Рис. 44

Виглядом називають зображення повернутої до спостерігача видимої поверхні предмета. Зображення на фронтальній площині проєкцій вважають головним (1). Для побудови головного вигляду предмет потрібно розміщувати відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб якнайповніше виявити форму і розміри предмета. Відносно головного вигляду будують вигляди зверху (2), зліва (3), справа (4), знизу (5), ззаду (6). Правильний вибір головного зображення зумовлює і мінімальну кількість потрібних зображень. Кількість їх повинна бути найменшою, але достатньою для створення повного уявлення про зображуваний предмет.

Вигляди поділяють на основні, додаткові та місцеві.

Основними називають вигляди, утворені проєкціюванням предмета на шість основних площин проєкцій (рис. 44).

Якщо креслення виконано на одному аркуші паперу і основні вигляди розміщено у взаємному проєкційному зв'язку, то їх не надписують. Якщо вигляди зміщені відносно головного зображення або розміщені не на одному аркуші з головним зображенням, то їх позначають на кресленні великою буквою. На головному вигляді напрям проєкціювання показують стрілкою з тією ж самою великою буквою (рис. 45).

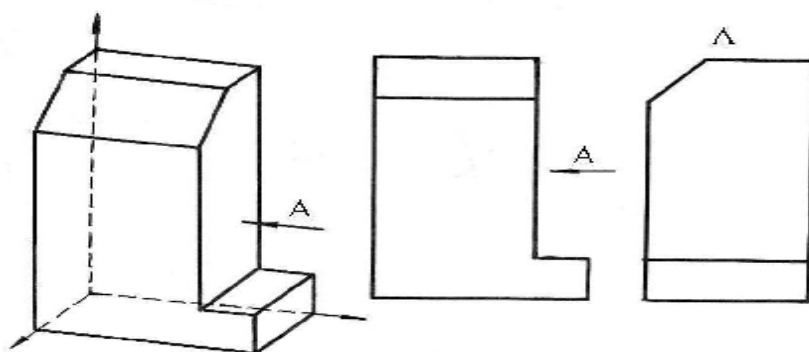


Рис. 45

Додатковими називають вигляди, утворені внаслідок проєкціювання на довільну площину, не паралельну основним площинам проєкцій. Використовують ці вигляди тоді, коли частина предмета нахилена до основних площин проєкцій і зображується на них у спотвореному вигляді. Додаткову площину розміщують паралельно нахиленому елементу деталі. Напрямок проєкціювання показують стрілкою (рис. 46а). Якщо додатковий вигляд зміщено відносно головного зображення (рис. 46а) або повернуто (рис. 46 б), то його позначають великою буквою, а до повернутого додають умовне графічне позначення. Якщо додатковий вигляд розміщено у проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, то стрілку не показують і напису не роблять.

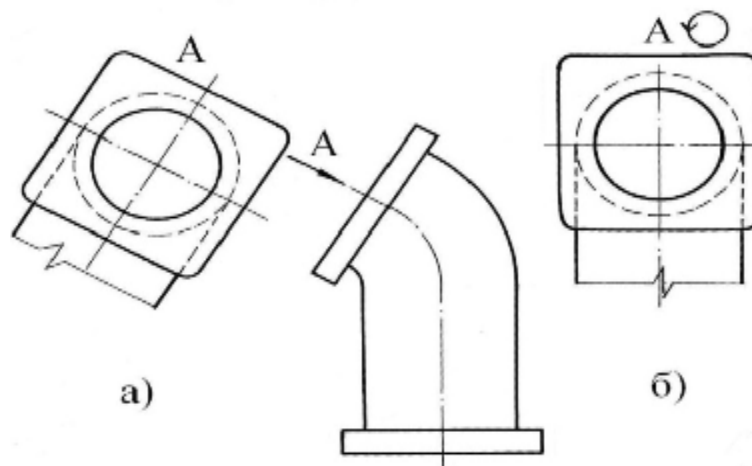


Рис. 46

У деяких випадках припустимо замість повного вигляду креслити тільки частину вигляду предмета – місцевий вигляд.

Місцевим виглядом називають зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета. Місцеві вигляди роблять для того, щоб виявити форму і розміри якогось невеликого елемента деталі. Місцевий вигляд обмежують хвилястою лінією обриву (рис. 47а), або не обмежують (рис. 47б). Проєкційний зв'язок місцевого вигляду з головним зображенням здійснюється за допомогою осі (рис.47а).

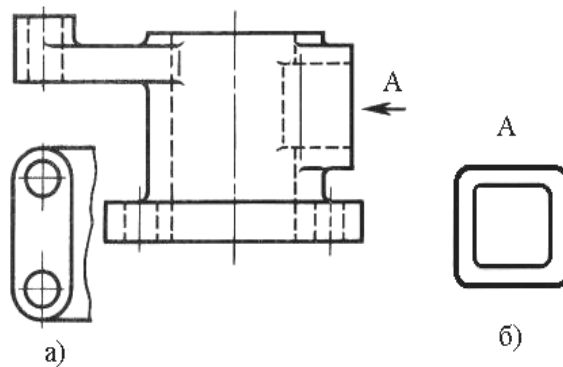


Рис. 47

Для зображення скривлених і гнутих предметів використовують розгорнуті вигляди (рис. 48), їх контури виконують суцільною основною лінією, а місця згинання – тонкою штрих-пунктирною лінією з двома точками.

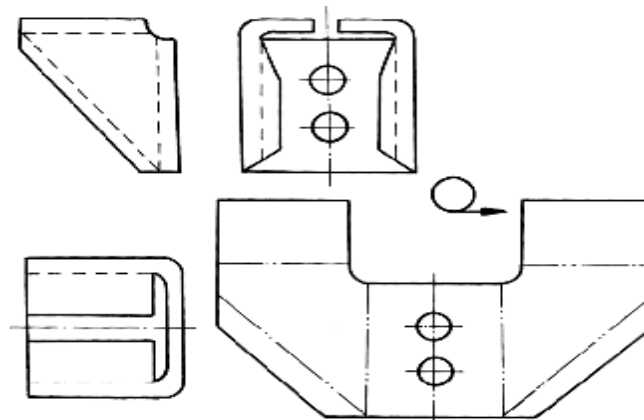


Рис. 48

### Розрізи ГОСТ 2.305 -68.

Креслення повинно давати повне уявлення про зовнішню та внутрішню форму виробу. Щоб розкрити внутрішню будову предмета, використовують розрізи.

Розрізом називається зображення предмета, який умовно розсічено однією або кількома уявними площинами. На розрізі показують те, що утворюється в січній площині і те, що розміщено за нею. Внутрішні обриси деталі на розрізі показують суцільними основними лініями, як і видимий контур предмета.

На рисунку 49а зображено три вигляди деталі. На головному вигляді циліндричний отвір і прямокутний паз зображені штриховими лініями (лініями невидимого контуру), а зріз нижньої основи – суцільною основною лінією. На рисунку 49б зображена та сама деталь, але на місці головного вигляду виконано розріз. Для того щоб побудувати розріз, потрібно провести уявну січну площину через вісь циліндричного отвору вздовж паза; потім уявно відкинути частину предмета, яка розміщена між спостерігачем і січною площиною. Частину, яка залишилась, зобразити повністю на місці головного вигляду. При цьому контури отвору та паза зображуються лініями видимого контуру – суцільними основними. Лінія зрізу нижньої основи на розрізі не показується - її було відкинуто з передньою частиною предмета. На розрізі те, що попадає в січну площину (переріз), виділяють штриховкою. Розріз розміщено на місці головного вигляду, що ніяк не змінює виглядів зверху та зліва.

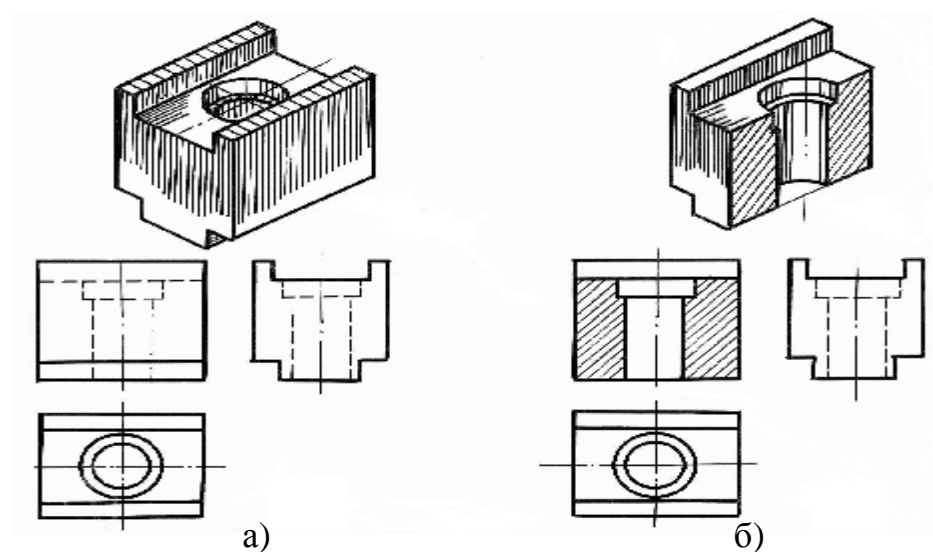


Рис. 49

Розрізи класифікуються за різними ознаками.

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяються на:

- прості – утворені однією січною площиною (рис. 49б, 50, 51, 52а, 52б);
- складні – утворені двома і більше січними площинами (рис. 53, 54).

Залежно від положення січної площини прості розрізи поділяють на горизонтальні (рис. 51), вертикальні (фронтальні рис. 52б та профільні рис.50) і похилі (рис. 52а,б).

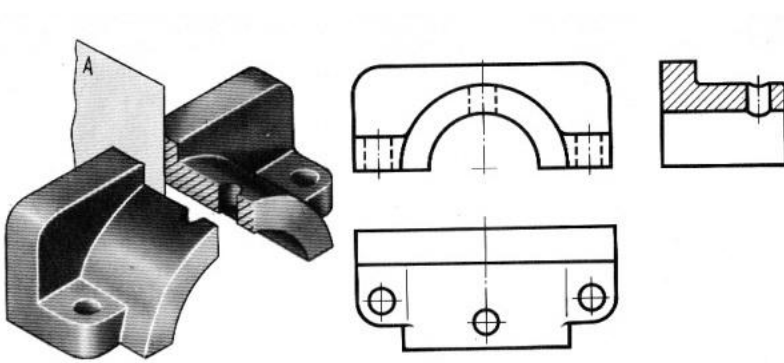


Рис. 50

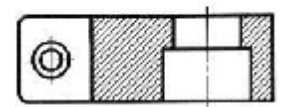
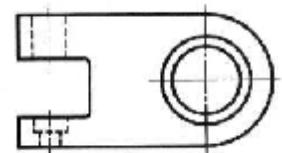
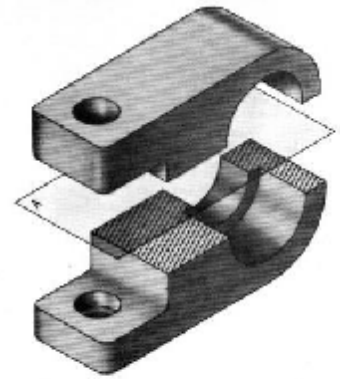
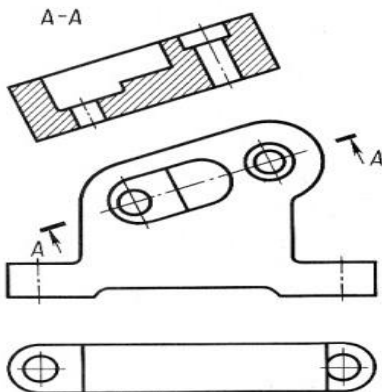
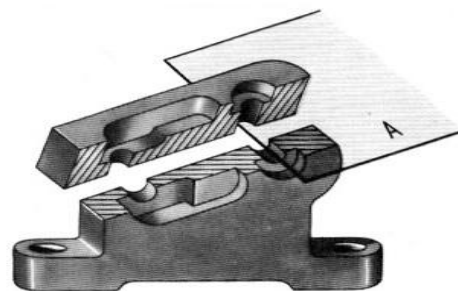
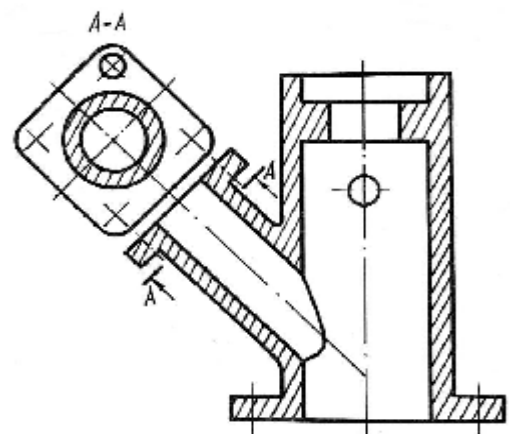


Рис. 51



а)



б)

Рис. 52

Складні розрізи поділяють на:

- ступінчасті, якщо січні площини паралельні (рис. 53);
- ламані, якщо січні площини перетинаються (рис. 54).

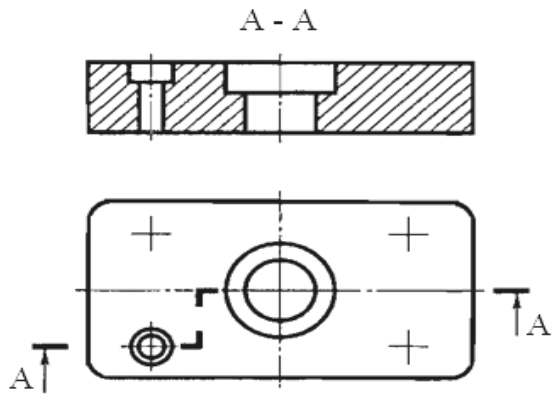


Рис. 53

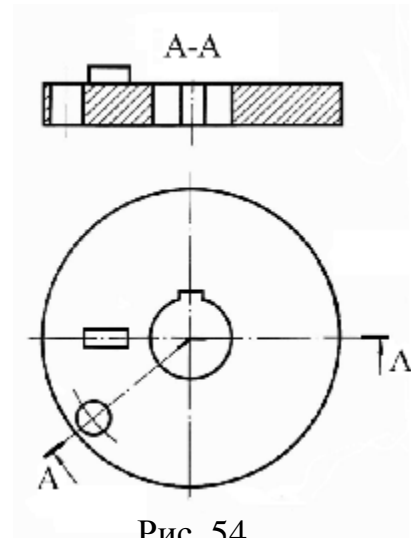


Рис. 54

Залежно від положення січної площини відносно вимірів предмета розрізи поділяють на поздовжні, якщо січна площина напрямлена уздовж висоти або довжини предмета, і поперечні, якщо січна площина напрямлена перпендикулярно до висоти або довжини предмета.

Залежно від повноти виконання розрізи поділяють на повні та місцеві. Місцевим розрізом називають зображення, що виявляє внутрішню будову деталі лише в окремому, обмеженому місці (рис. 55). Місцевий розріз відокремлюють суцільною хвилястою лінією або лінією зі зломом.

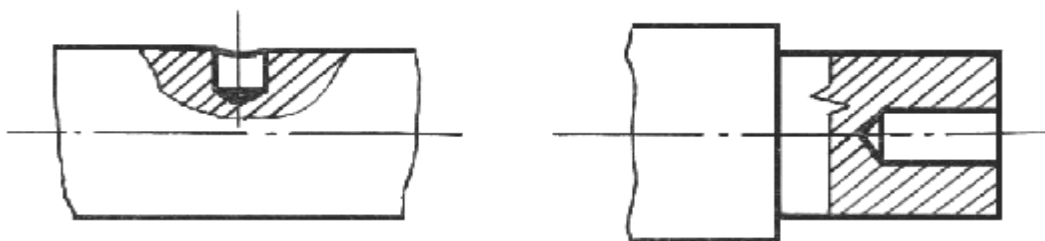


Рис. 55

При зображенні симетричної фігури можна поєднувати в одному зображенні половину вигляду з половиною відповідного розрізу. Лінією їх



розділення є вісь симетрії фігури. На розрізі завжди зображують нижню або праву половину предмета (рис. 56).

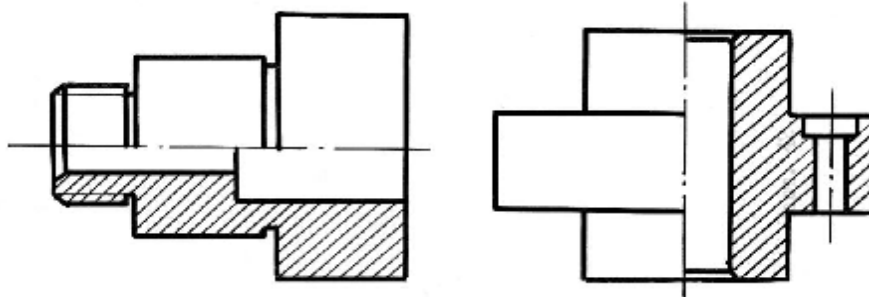


Рис. 56

Якщо на осі симетрії розташована лінія видимого або невидимого контуру, то видимість її зберігають, накресливши хвилясту лінію більш вліво (рис. 57) або більш вправо (рис. 58) від осі симетрії.

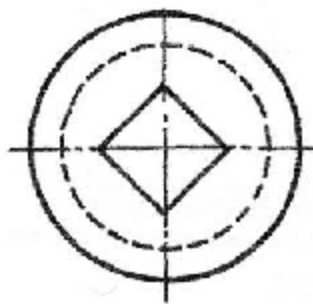
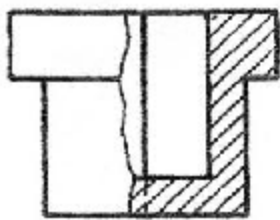


Рис. 57

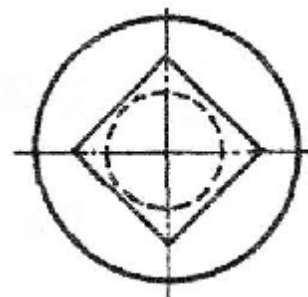
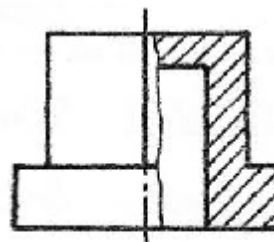


Рис. 58

Положення січної площини показують на кресленні по лінії розсічення предмета штрихами суцільною основної розімкненої лінії. Товщину лінії

беруть від  $S$  до  $1,5S$ , де  $S$  – товщина лінії видимого контуру. Для складних розрізів штрихи проводять також в місцях перетину січних площин між собою (рис. 53, 54). Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. На початковий і кінцевий штрихи ставлять стрілки, які показують напрям погляду. Приклад креслення стрілки подано на рисунку 59.

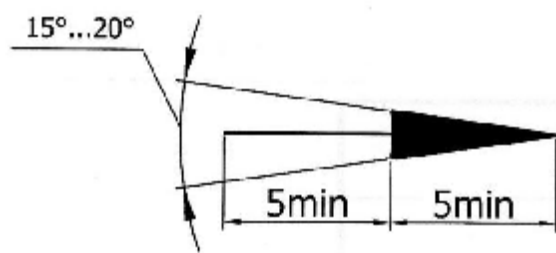


Рис. 59

Стрілки повинні наноситися на відстані 2–3 мм від кінця штриха. На початковому (над стрілкою) та кінцевому (під стрілкою) штрихах ставлять одну й ту саму велику букву. Біля зображення розрізу роблять

напис, що складається з тих самих великих букв через тире А-А (рис. 53, 54).

Положення січної площини не позначають, і сам розріз не супроводжується написом, якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета, а відповідні зображення розміщені на одному аркуші в проекційному зв'язку і не розділені якимись іншими зображеннями (рис. 55, 56). Половинчасті розрізи не позначають. Горизонтальні, фронтальні та профільні розрізи можуть бути зображені на місці відповідних основних виглядів.

При зображенні повернутих і розгорнутих розрізів до написів над ними додаються умовні знаки рис. 60, 61.

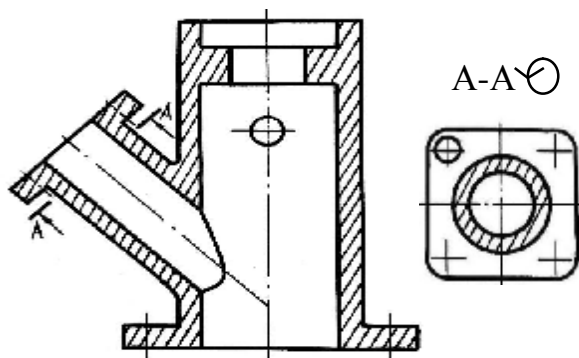


Рис. 60

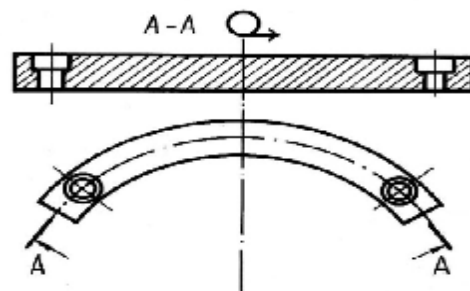


Рис. 61

### Перерізи ГОСТ 2.305 -68.

Перерізом називають зображення фігури, яке утворюється при умовному розсіченні деталі однією або кількома уявними площинами. У перерізі показують тільки те, що утворюється в січній площині.

Перерізи поділяють на такі, що входять до складу розрізів, і такі, що існують як самостійні зображення. Останні в свою чергу поділяються на винесені та накладені.

Побудову перерізів наведено на прикладі рисунку 62. На рисунку 62 а зображено двоступінчастий вал із шпонковим пазом і плоскими зрізами. Для виявлення поперечної форми і глибини шпонкової канавки та форми зрізів вал умовно розсікають двома площинами Р і Q, перпендикулярними осі вала (рис. 62 б). Потім уявно відкидають відрізані частини вала і розглядають плоскі фігури, які утворилися внаслідок розсічення. Щоб зобразити фігури перерізів в натуральну величину, їх розвертають до положення, паралельного фронтальній площині проєкцій. Одержані фігури зображують на кресленні з нанесенням штриховки під кутом  $45^\circ$  до основного напису (рис. 62 в,г).

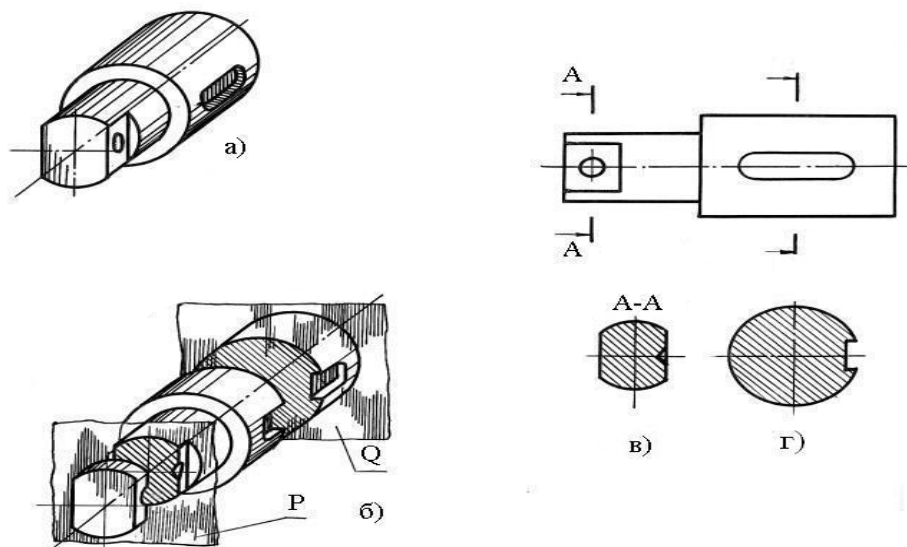


Рис. 62

Перерізи називаються винесеними, якщо вони виконані окремо від відповідного зображення.

Для винесених перерізів січні площини позначають на кресленні по лінії розсічення предмета, напрямок проектування показують стрілками і надписують однаковими великими буквами. Винесені перерізи обводять суцільною основною лінією. Зображення перерізів супроводжують написом А-А (рис. 62в). Винесені перерізи дозволяється розташовувати у будь-якому місці аркуша з повертанням зображення. У цьому випадку до напису над перерізом А-А додають знак повернуто.

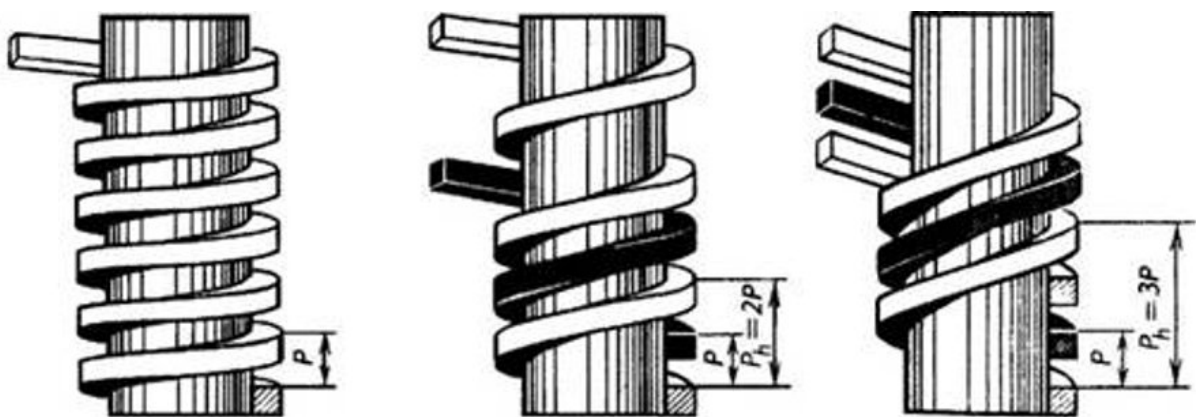
Перерізи називаються накладеними, якщо вони розміщені на самому зображенні предмета. Накладені перерізи обводять суцільною тонкою лінією і буквами не позначають.

### **З'єднання**

З'єднання бувають рознімними та нерознімними.

Рознімними називаються з'єднання, для яких операції складання та розбирання можливі без руйнування їхніх складових частин (різьбові, шпонкові, шліцьові). З'єднання, які не можна скласти або розібрати без руйнування їхніх складових частин, називають нерознімними (зварні, заклепкові, паяні та інші). Різьбові з'єднання є найбільш поширеними в техніці. Геометричною основою цих з'єднань є гвинтові поверхні, особливістю яких є гвинтова лінія.

Різьба - це елемент деталі, утворений гвинтовим переміщенням контуру (профілю) по циліндричній, або конічній поверхні.



### Класифікація різьб

1. За формою поверхні - циліндричні та конічні.
2. За розташуванням — внутрішні та зовнішні.
3. Залежно від напрямку гвинтової лінії - праві та ліві.
4. За числом ходів, тобто за кількістю напрямних гвинтових ліній - одно і багатиходові.
5. За призначенням - кріпильні, ходові та спеціальні.
6. Залежно від форми профілю, яка обумовлює її назву-трикутні (метрична, дюймова, трубна), трапецеїдальні, упорні, прямокутні та круглі.

### Параметри різьби

$d$ - зовнішній діаметр, який дорівнює діаметру уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої різьби;

$p$  - крок різьби - це виміряна паралельно осі різьби відстань між відповідними точками двох сусідніх витків;

$t$  - хід різьби — це виміряна паралельно осі різьби відстань між відповідними точками на одній гвинтовій поверхні за один оберт профілю.

Для одноходової різьби  $t = p$ , для багатиходової  $t = n \times p$ , де  $n$  - число ходів;

$\alpha$  - кут профілю різьби - кут між бічними сторонами профілю;

с - фаска;

п - число ниток на довжині 1" ( 1 дюйм = 25,4 мм) для дюймових та трубних різьб;

*l* - довжина різьби;

Умовне зображення різьб ГОСТ 2.311-68 .

Будь-які різьби незалежно від їхнього типу зображують на кресленні умовно.

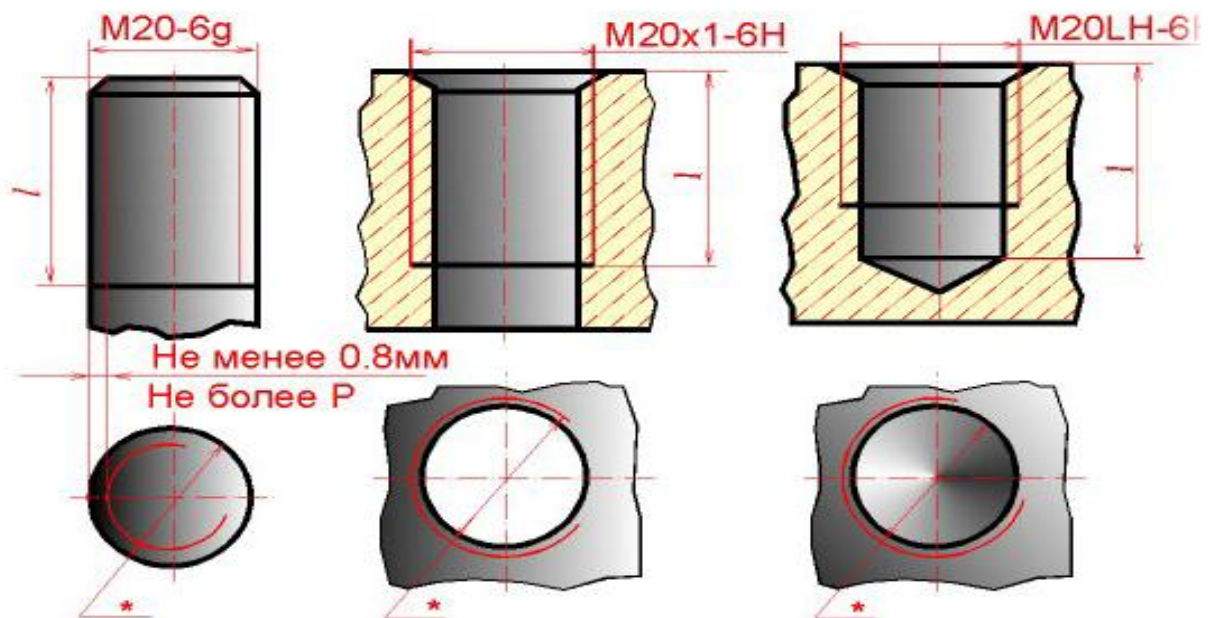


Рис.63

На стріжні різьбу зображують основними лініями по зовнішньому діаметру і суцільними тонкими - по внутрішньому (рис.63). На виглядах, паралельних осі стріжня суцільна тонка лінія повинна перетинати межу фаски. На виглядах, перпендикулярних до осі стріжня, суцільну тонку лінію проводять на  $\frac{3}{4}$  довжини дуги кола, причому ця лінія може бути розірвана в будь-якому місці (рис. 63 ).

В отворі різьбу на розрізах і перерізах уздовж осі зображують сцільними основними лініями по внутрішньому діаметру і суцільними тонкими по зовнішньому (рис. 63). При зображенні на площині перпендикулярній до осі отвору, суцільною тонкою проводять приблизно  $\frac{3}{4}$  довжини дуги кола, розриваючи її в будь-якому місці.

Суцільну тонку лінію наносять на відстані не менш як 0,8 мм від основної лінії і не більше величини кроку різьби (  $P$  ).

#### Умовне позначення різьб.

Позначення всіх різьб, крім трубної та конічної, розміщують на розмірній лінії, яка відповідає номінальному зовнішньому діаметру.

Позначення трубної і конічної різьб розміщують на поличці лінії – виноски, яка закінчується стрілкою. Стрілка повинна вказувати на суцільну основну лінію.

Метрична (М) – профіль різьби рівносторонній трикутник,  $\alpha=60^\circ$ .

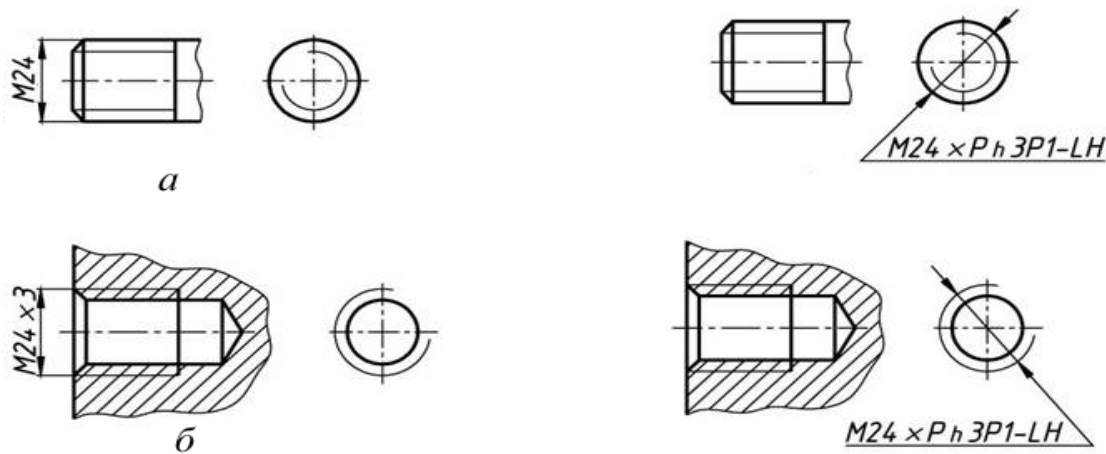


Рис.64

Метричну різьбу з великим кроком позначають літерою М, та числом, що дорівнює зовнішньому діаметру – М24 (рис. 64 а).

Метричну різьбу з дрібним кроком позначають літерою М, та числом, що дорівнює зовнішньому діаметру та кроком – М24х3 (рис. 64 б).

Для лівої різьби після позначення ставлять літери LH.

Трубна циліндрична (G) - профіль різьби рівнобокий трикутник,  $\alpha=55^\circ$ .

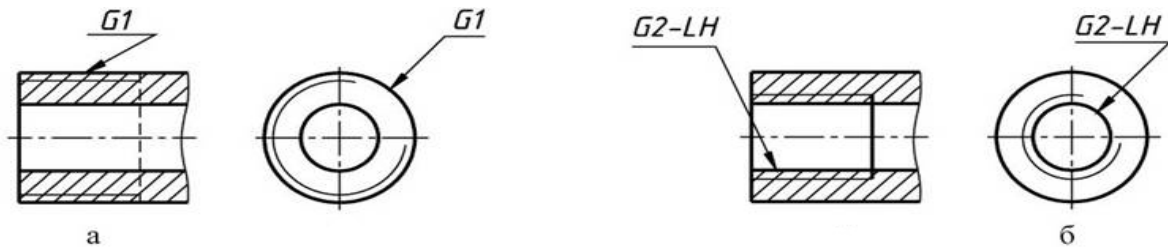


Рис. 65

Позначають літерою G (зовнішня рис.65 а, та внутрішня рис. 65 б) та числом, що характеризує не зовнішній діаметр різьби, а умовний прохід у дюймах, що наближно дорівнює внутрішньому діаметру труби, зовні якої нарізана трубна різьба - G1, G2.

Трапецеїдальна (Tr) - профіль різьби рівнобока трапеція,  $\alpha=30^\circ$ .



Рис.66

Трапецеїдальна однозахідна Tr 16х4 – позначення містить Tr, номінальний діаметр та крок (рис. 66).





Рис.67

Трапецеїдальна, багатозахідна, ліва  $Tr\ 16 \times 8(P4)LH$  – позначення містить номінальний діаметр 16 (мм), 8 – хід, 4 крок (мм), ліва LH (рис. 67).

Різьба двохзахідна, кількість заходів дорівнює  $8 : 4 = 2$ .

Упорна (S) - профіль різьби нерівнобічна трапеція,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 3^\circ$ .



Рис.68

Упорна однозахідна  $S28 \times 10$  – позначення містить S, номінальний діаметр та крок (рис. 68).

Прямокутна – профіль цієї різьби не стандартизовано, тому на кресленні наводять усі данні, потрібні для її виготовлення та контролю (рис.69).

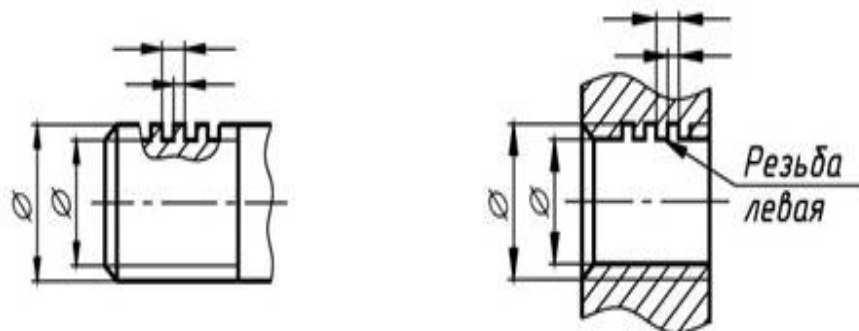


Рис.69

Трубна конічна (R) - профіль різьби рівнобокий трикутник,  $\alpha=55^\circ$ .

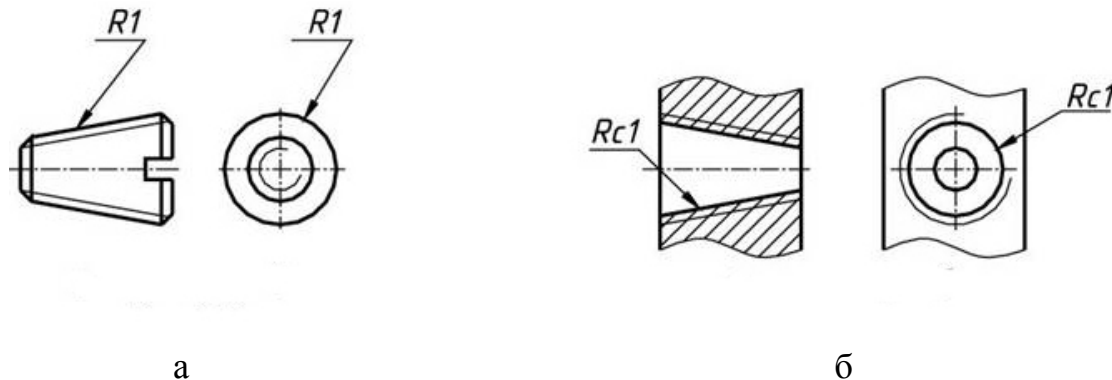


Рис. 70

Трубна конічна зовнішня R1 (рис. 70 а), внутрішня Rc1 (рис.70 б).

Всі різьби починаються з фасок. Розміри фасок, збігів, недорізів та проточок регламентує ГОСТ 10549-80.

### Ескізи деталей

Ескізом називається креслення, тимчасового характеру виконане як правило без використання креслярських інструментів та без дотримання масштабу.

Ескізи виконують за всіма вимогами, які ставлять до робочих креслень. Послідовність виконання ескіза деталі з натури можна поділити на дві стадії підготовчу і основну.

Підготовча стадія виконання ескіза:

1. Уважно розглядаючи деталь, ознайомлюються з її конструкцією, виявляють наявні отвори, приливи, фланці, виступи, проточки, канавки, різьбу, симетрію чи асиметрію деталі в цілому і окремих її частин тощо. Аналізуючи деталь, уявно поділяють її на прості геометричні форми і розглядають, як ці форми поєднані в одне ціле.

2. З'ясовують призначення деталі, її назву, робоче положення в механізмі, матеріал, з якого її виготовлено, умови роботи тощо.

3. Вибирають положення деталі для побудови її головного зображення.

Головним зображенням може бути вигляд, фронтальний розріз або поєднання розрізу з виглядом.

Головне зображення повинно дати якнайповніше уявлення про форму і розміри предмета. Вибираючи головне зображення, слід урахувувати деякі вимоги технологічного і конструктивного порядку. Так, деталі, які обробляють на токарному верстаті (осі, втулки, кільця, вали, шпинделі тощо), розміщують так, щоб їх осі займали горизонтальне положення (рис. 71 а, б); штамповані деталі розміщують на головному зображенні відповідно до їх положення при пресуванні (рис. 71 в); корпусні деталі, які виготовляють литтям, показують у тому вигляді, яке вони займають на головному зображенні у конструкції виробу (рис. 71 г).

4. Вибирають потрібні зображення: вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи, які повністю розкривають зовнішню і внутрішню будову деталі.

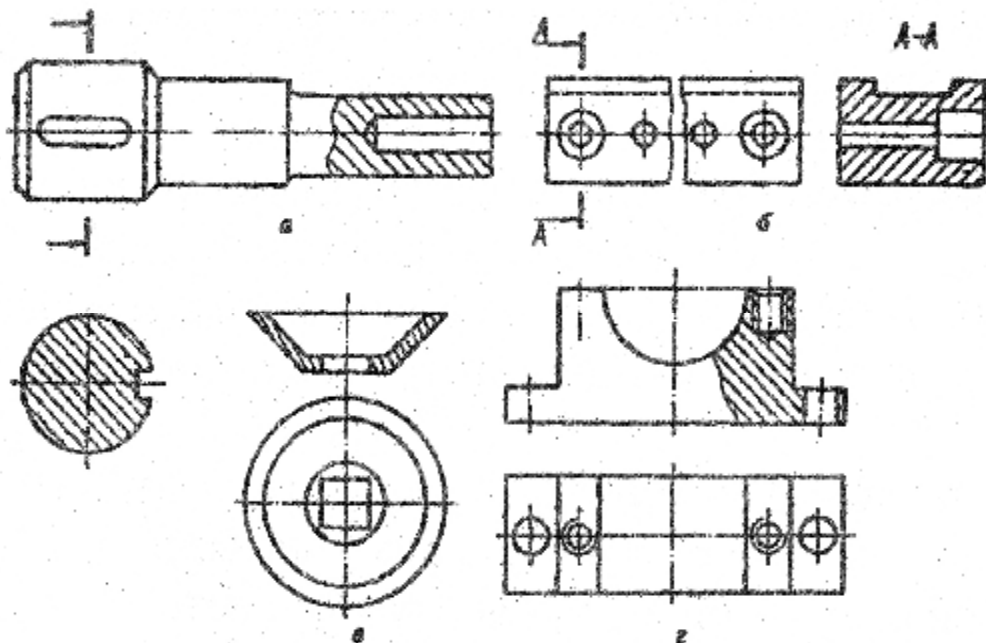


Рис. 71

Основна стадія виконання ескіза:

1. На вибраному форматі паперу наносять рамку і в правому нижньому куті виділяють місце для основного напису.

2. Установлюють на око габаритні розміри зображуваної деталі, тобто співвідношення довжини, висоти та ширини, і наносять габаритні прямокутники - місця розташування зображень предметів. При цьому враховують і площу, яка потрібна для нанесення розмірів, написів, позначень, технічних умов. Правильне планування формату (компонування) має і певне естетичне значення.

3. Проводять осі симетрії деталі і центрові осі отворів. За встановленими на око пропорціями на зображеннях наносять контури елементів деталі і будують зовнішній її обрис у цілому. Виконують конструктивні і технологічні елементи - фаски, галтелі, скруглення, проточки, уклони тощо.

4. Тонкими лініями намічають контури розрізів и перерізів. При цьому слід урахувати таке: а) внутрішня поверхня деталі звичайно паралельна зовнішній; б) осі отворів для болтів, гвинтів і шпильок повинні бути перпендикулярні до опорних площин головок і гайок, а розміри цих площин - достатні для їх розміщення; в) центри отворів розташовуються, як правило, симетрично відносно осей деталі або у вершинах правильних багатокутників тощо.

5. Виконують потрібні виносні елементи, додаткові і місцеві вигляди, які б повніше розкривали зображувану деталь.

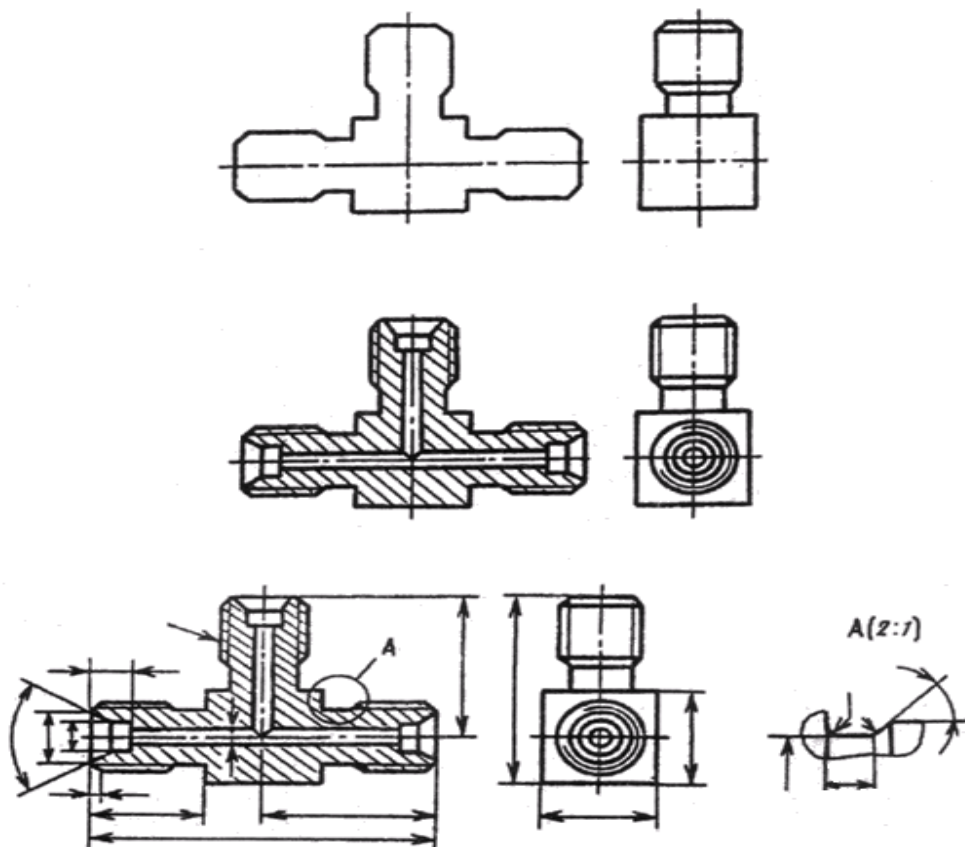
6. Усувають зайві лінії (проекційного зв'язку, невидимого контуру, габаритні прямокутники та ін.), перевіряють усі виконані зображення і обводять видимий контур суцільною основною лінією, заштриховують розрізи і перерізи.

7. Наносять виносні і розмірні лінії. Розміри на ескізах можна розбити на

три групи: а) розміри, що визначають деталь у цілому, - габаритні; б) розміри, які встановлюють взаємне положення окремих елементів деталі, - відносні розміри; в) розміри окремих елементів деталі. Розміри зовнішніх елементів розміщують, як правило, з боку вигляду, а внутрішніх - з боку розрізу. Проставляють розміри з урахуванням конструктивних і технологічних баз. 8. Вимірюють деталь і проставляють розмірні числа за правилами ГОСТ 2.307-68.

9. Виконують потрібні написи, технічні умови, заповнюють основний опис і остаточно оформлюють ескіз.

На рис. 72 показано етапи виконання ескіза трійника.







образа на одну площину разом з осями декартової системи координат, до якої Г.Ф. віднесені з указівкою коефіцієнтів спотворення по цих осях (рис. 75).

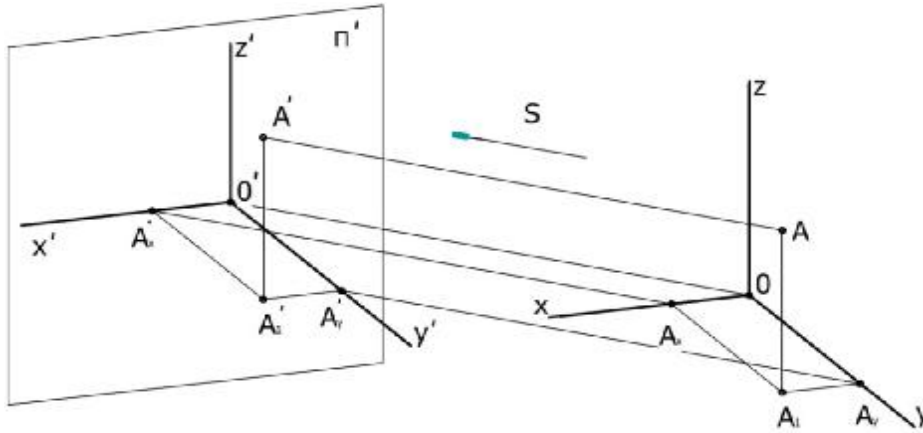


Рис. 75

$\Pi'$  - площина аксонометричних проекцій;

$S$  - напрямок аксонометричного проєкціювання;

$A'$  - аксонометрична проєкція точки  $A$ ;

$A_1'$  - вторинна проєкція точки  $A$ .

Коефіцієнт (показник) спотворення – це відношення аксонометричної величини відрізка до його натуральної величини, обмірюване однією і тією ж масштабною одиницею. Коефіцієнти спотворення визначають тільки по напрямку, паралельному аксонометричним осям.

$$\frac{A'_x O'}{A_x O} = p; \frac{A'_x A'_1}{A_x A_1} = q; \frac{A'_y A'_1}{A_y A_1} = r,$$

де  $p, q, r$  – коефіцієнти спотворення.

Залежно від співвідношення між показниками спотворення розрізняють:

а) ізометрію, коли  $p = q = r$  ;

б) диметрію, коли  $p = r \neq q$ ;

в) триметрію, коли  $p \neq q \neq r$  .

В залежності від кута, що утворюється між напрямком проєкціювання та площиною аксонометричних проєкцій, використовуються аксонометрії:



а) косокутні, коли  $S \perp \pi'$ ;

б) прямокутні, коли  $S \perp \pi'$ .

ГОСТ 2.317-68 передбачає наступні стандартні аксонометрії: прямокутну ізометрію та диметрію, косокутну фронтальну диметрію; косокутну фронтальну і горизонтальну ізометрії.

Прямокутні аксонометричні проєкції більшою мірою відповідають вимогам наочності зображення, ніж косокутні. Тому на практиці використовують прямокутні ізометрію та диметрію.

### Стандартні аксонометричні проєкції

#### Прямокутна ізометрія

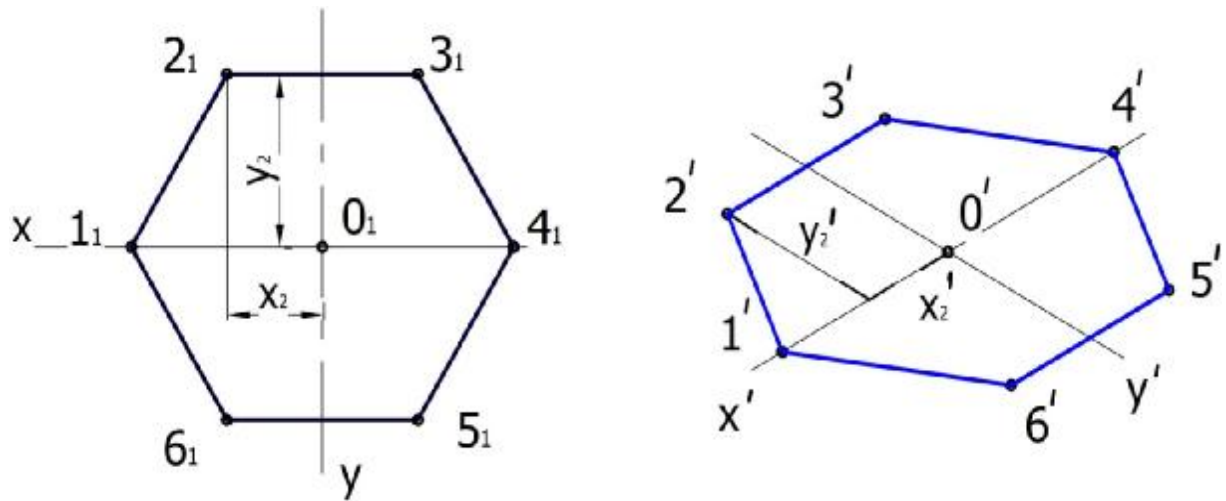
Прямокутна ізометрія – прямокутна аксонометрія, при якій усі координатні осі нахилені до аксонометричної площини проєкцій під однаковими кутами, і, таким чином, мають однакові значення коефіцієнтів сполучення.

$p = q = r \approx 0,82$  - теоретичний коефіцієнт;

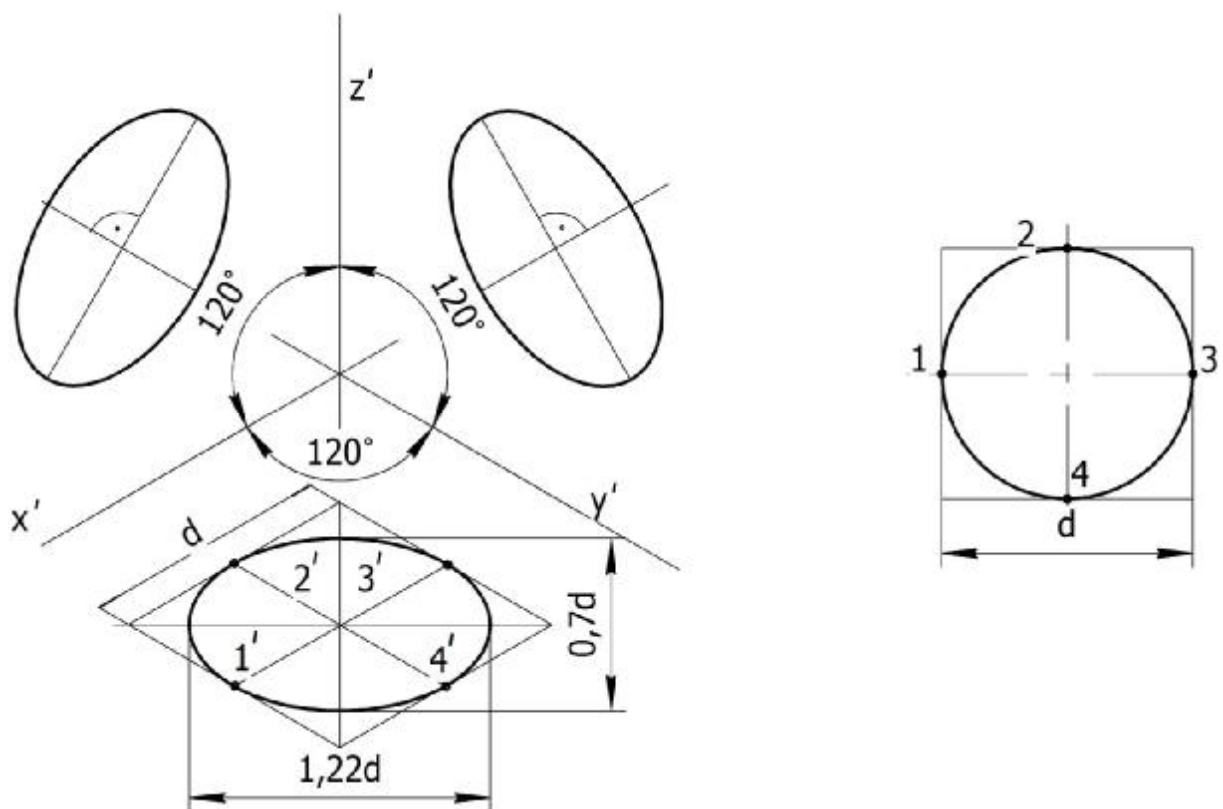
$0,82 \times 1,22 = 1$  - практичний коефіцієнт.

На практиці користуються так званими зведеними показниками спотворення. В прямокутній ізометрії при побудові зображень відкладають паралельно осям натуральні величини, в результаті дістають аксонометричне зображення, збільшене в 1,22 рази ( $1 : 0,82 = 1,22$ ). Вісь  $O'Z'$ , як правило, розміщують вертикально, а осі  $O'X'$  та  $O'Y'$  утворюють з нею кути по  $120^0$ . Далі розглянемо побудови Г.Ф. у прямокутній ізометрії.

### Аксонетрична проекція багатокутника



### Аксонетрична проекція кола



У практиці побудови зображення еліпсів замінюються близькими їм овалами. У літературі /4/ наведені побудови овалів для кожного конкретного випадку. Розглянемо один з них (рис. 76).

1. Відкладаємо  $R$  заданого кола по всіх осях точки (1, 2, 3, 4, 5, 6).
2. З'єднуємо точки 1 і 3, 4 і 6. Одержуємо точки 7 і 8.
3. З точок 1 і 4 радіусом 1,3 і 4,6 проводимо дугу 3,5 і 2,6 ( $R$ ).
4. З точок 7 і 8 радіусом 7,3 і 8,6 проводимо дуги 2,3 і 5,6 ( $r$ ).

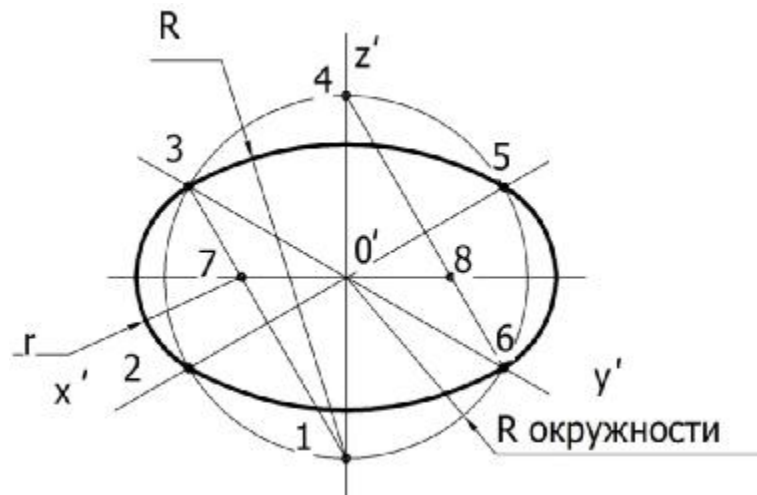


Рис. 76

#### Прямокутна диметрія

Показники спотворення у цій системі такі:  $p = 0,94$ ,  $q = 0,47$ ,  $r = 0,94$ . Відкладаючи натуральні та половинні розміри, дістаємо зображення, збільшене в 1,06 рази ( $1 : 0,94 = 1,06$ ;  $0,5 : 0,47 = 1,06$ ). Вісь  $O'X'$  у диметрії утворює з горизонтальним напрямом кут  $7^\circ 10'$ ; а вісь  $O'Y'$  - кут  $41^\circ 25'$  (рис. 77).

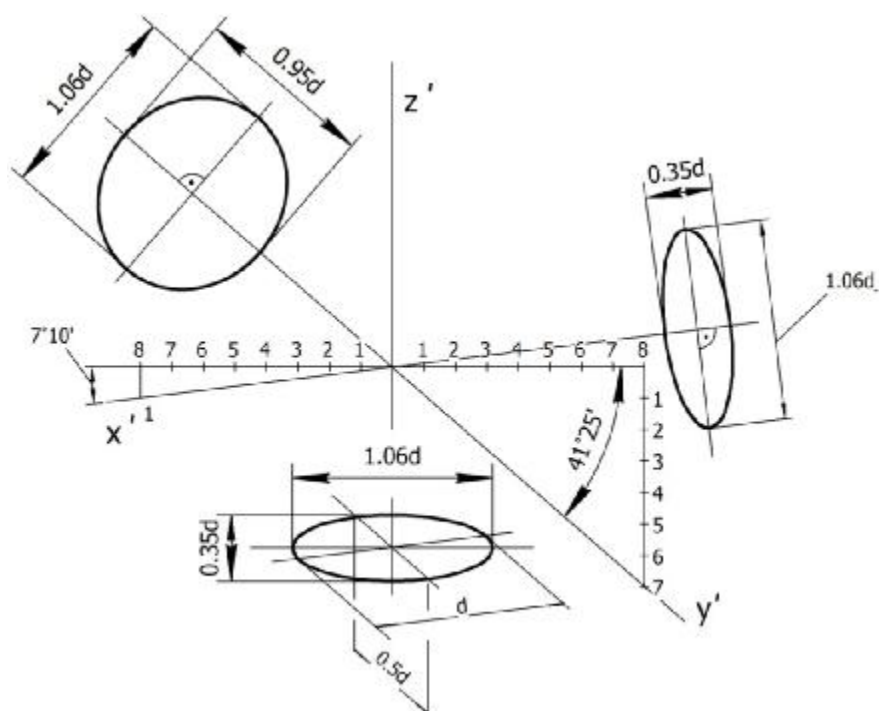


Рис. 77

### Косокутна фронтальна диметрія

В цій системі осі  $O'X'$  та  $O'Z'$  взаємно перпендикулярні, а вісь  $O'Y'$  утворює з горизонтальним напрямом кут  $45^\circ$ . Таку аксонометричну систему застосовують тоді, коли необхідно накреслити велику кількість кіл. Коло у фронтальній площині зображується без спотворення; в інших площинах проекцій кола зображуються еліпсами, їхні осі нахилені (рис. 78).

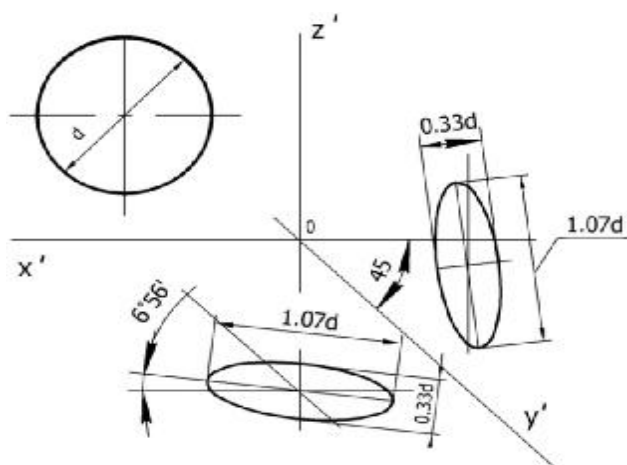


Рис. 78

Побудова зображення в прямокутній ізометрії технічного виробу.

ПРИКЛАД. Побудувати зображення деталі в прямокутній ізометрії.

Зробити виріз чверті.

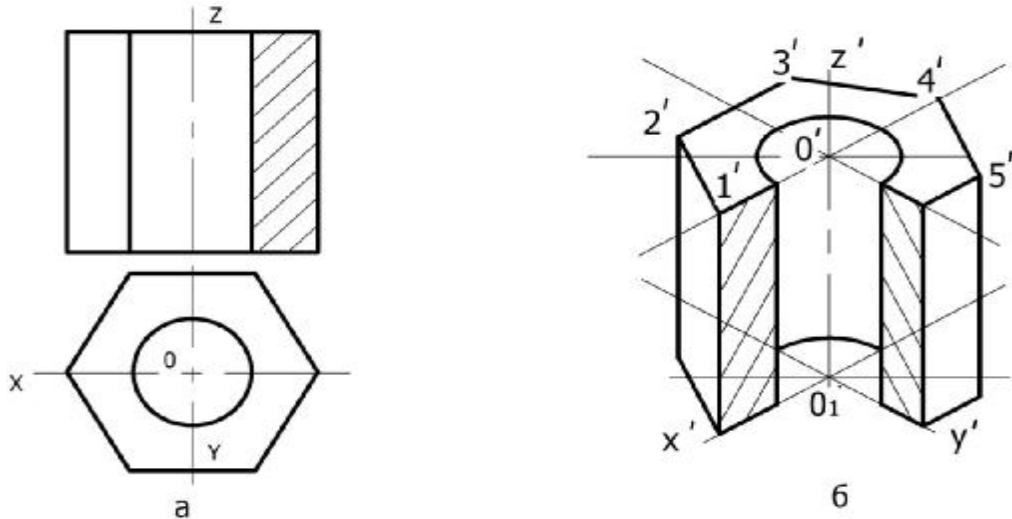


Рис. 79

Вивчаючи зображення (рис. 79 а) комплексного креслення деталі, визначимо, що зовнішня поверхня є шестигранна призма, форма основ – шестикутники. По всій висоті деталі виконано наскрізний циліндричний отвір. Спочатку виконуємо побудову верхньої основи деталі з центра  $O'$ . Із точок  $1', 2', 3', 4', 5', 6'$  проводимо вертикальні лінії, на яких відкладаємо висоту ребер. Нижню основу будуємо сполучивши шість вершин. Щоб побудувати отвір, треба накреслити на осях з центрами  $O'$  і  $O_1$  два овала радіусами, що дорівнюють радіусу внутрішнього циліндра (рис. 76). Якщо деталь має порожнину, то її аксонометрію виконують з розрізами – вирізами, що утворюються січними площинами, які переважно зливаються з координатними площинами (або їм паралельними). Частина деталі виділена січними площинами і розташована перед взірцем – прибирається, при цьому “відкривається” внутрішня форма деталі: видимі перерізи, утворені при виконанні вирізу в деталі, заштриховують. Напрям ліній штриховки визначають після відкладення на осях однакових відрізків (рис. 79 б).

## Правила виконання та оформлення креслень.

### Формати

Відповідно до ГОСТ 2.301-68, формат аркуша креслення визначається розмірами його сторін. Кожний формат має позначення, наприклад, А4. Основні формати визначаються послідовним діленням навпіл довгих сторін формату А0 (841x1189 мм), площа якого дорівнює  $1\text{ м}^2$ . Розміри основних форматів наведено у таблиці.

Позначення формату	А0	А1	А2	А3	А4
Розміри сторін в мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

Допускається використання додаткових форматів, довга сторона яких повинна бути кратною короткій стороні основного формату. Позначення додаткових форматів складається з позначення основного формату і кратності довгої сторони додаткового формату короткій стороні основного формату. Наприклад, формат 420x1486 позначається А3х5.

На форматі виконується рамка на відстані 20мм від лівого краю і на відстані 5 мм від краю з трьох сторін аркуша (рис. 80).



Рис. 80

Формати, за винятком А4, можуть компоуватись як горизонтально, так і вертикально. Формат А4 компоується тільки вертикально.

### Основні написи

Основний напис розміщують у правому нижньому куті креслення. Стандарт установлює єдину форму основного напису.

Основний напис, який відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 призначається для всіх типів креслень, за винятком будівельних, наведено на рисунку 81.

У графах основного напису вказується:

Графа1 – Найменування виробу, а також найменування документа.

Графа2 – Позначення документа по прийнятій на кафедрі формі.

Графа3 – Позначення матеріалу деталі (цю графу заповнюють тільки на кресленнях деталей).

Графа4 – Літера креслення (навчальне креслення – Н).

Графа5 – Маса виробу.

Графа6 – Масштаб.

Графа7 – Порядковий номер аркуша.

Графа8 – Загальна кількість аркушів документа.

Графа9 – Назва навчального закладу і шифр групи.

Графа10 – Характер роботи особи, яка підписує документ.

Графа11 – Прізвище осіб, які підписали документ.

Графа12 – Підписи осіб, прізвища яких вказані в графі11.

Графа13 – Дата підписання документа.

Графи14-18 – Зміни, які заповнюються згідно з вимогами ГОСТ 2.503-74.

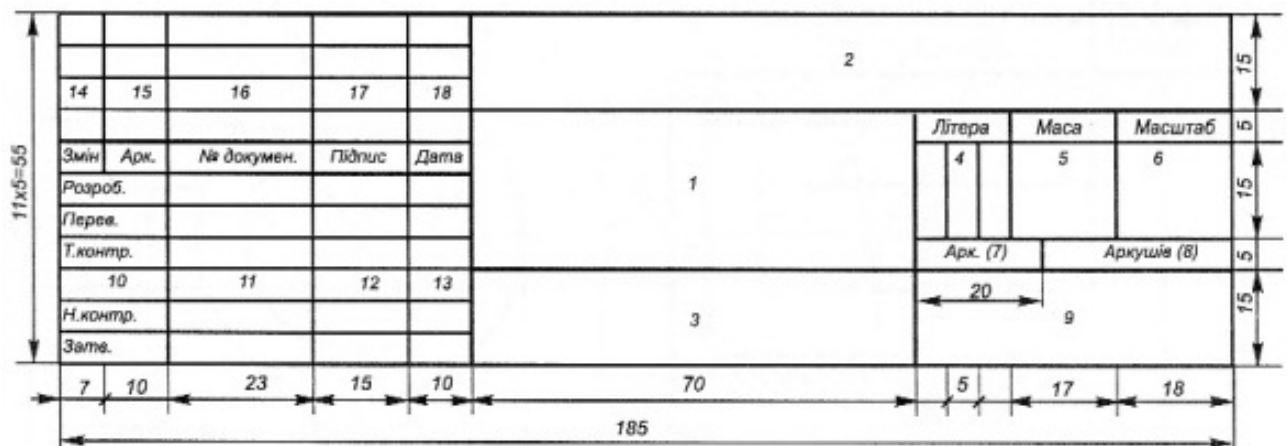
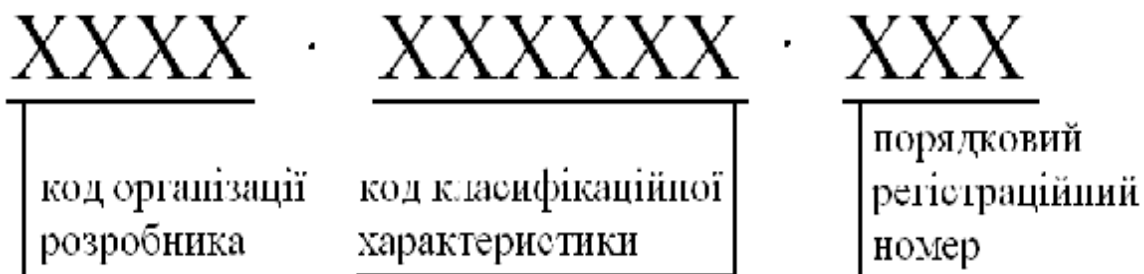


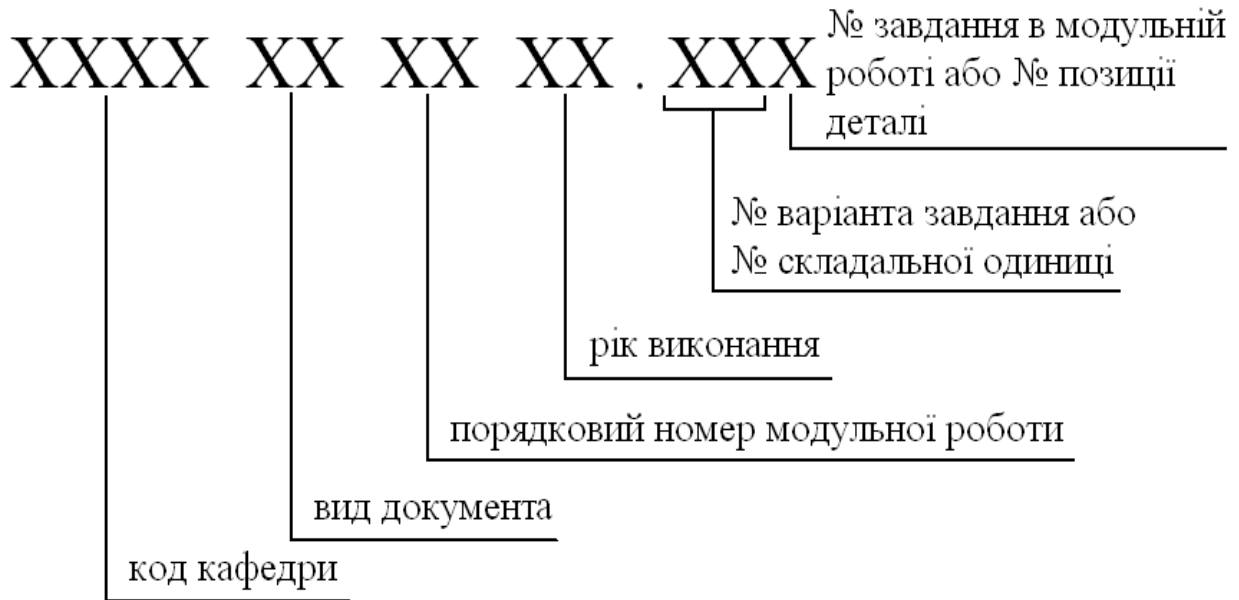
Рис. 81

Примітка. Для графи 2 по ГОСТ 2.201-80 встановлюється наступна структура позначення виробу та основного конструкторського документа.





На кафедрі графіки та нарисної геометрії НМетАУ прийнята наступна структура позначення:



Наприклад:

КГНГ.КР.01.12.361, де

КГНГ – кафедра графіки та нарисної геометрії

КР – контрольна робота

01 – номер контрольної роботи

12 – рік виконання

36 – номер варіанта або номер складального вузла

1 – номер завдання в контрольній роботі або номер позиції деталі.

## Масштаби

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображеного на кресленні предмета до його дійсних розмірів.

Відповідно до ГОСТ 2.302-68 для виконання креслень рекомендуються масштаби, які наведені в таблиці.

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

У відповідній графі основного напису масштаб позначається по типу 1:1, 4:1 і т.д. На полі креслення цифри ставлять в дужках (рис. 82), в тексті – по типу: М1:2, М10:1.

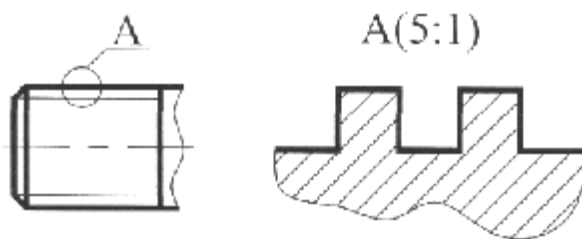


Рис. 82

Слід пам'ятати, що в якому б масштабі не виконувалось зображення, розмірні числа на розмірах креслення наносять дійсні.

## Лінії

При виконанні креслень використовують лінії, які наведені в таблиці відповідно до ГОСТ 2.303-68.

Товщина ліній, довжина штрихів і відстань між ними штрихових і штрих-пунктирних ліній повинні бути однаковими для всіх зображень на форматі.

Штрихові та штрих-пунктирні лінії повинні закінчуватись і перетинатись штрихами, а не точками.

На рисунку 83 показано застосування різних за призначенням ліній. Цифри показують номери ліній різного призначення.

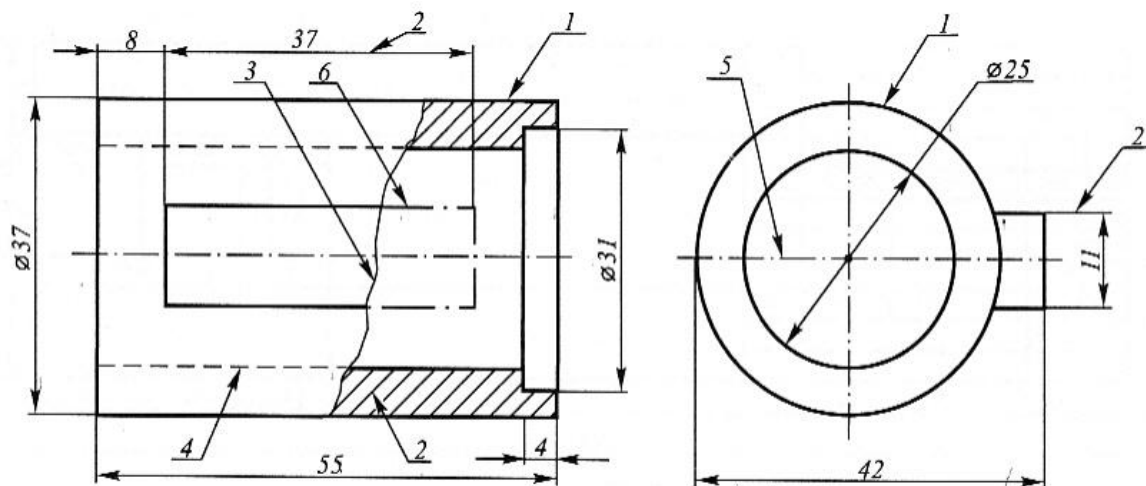
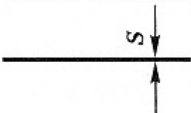


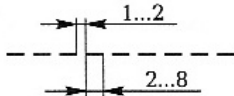
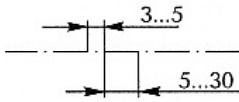
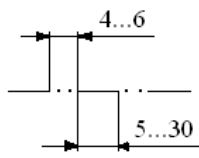
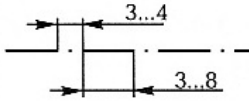
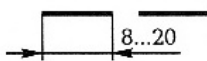



Рис. 83

## Лінії

№ /п	Назва	Зображення	Товщина	Призначення
1	Суцільна товста основна		$S$ від 0,5мм до 1,4мм	Лінії видимих контурів, лінії контурів перерізів (винесених і таких, які входять до складу розрізу)
2	Суцільна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії контурів накладених перерізів, розмірні та виносні лінії. Лінії штрихування, полиці ліній-виносок і підкреслювання написів
3	Суцільна хвиляста		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії розмежування виду і розрізу. Лінії обриву
4	Штрихова		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії невидимого контуру
5	Штрих-пунктирна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Осові та центрові лінії
6	Штрих-пунктирна тонка з двома точками		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії згину на розгортці. Зображення частин виробів в крайніх або проміжних положеннях
7	Штрих-пунктирна потовщена		від $\frac{S}{2}$ до $\frac{2S}{3}$	Позначення поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю. Зображення елементів, розташованих перед січною площиною
8	Розімкнена		від $S$ до $1\frac{1}{2}S$	Лінії перерізів
9	Суцільна тонка зі зламом		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву

## Шрифти креслярські

Якість виконання написів на кресленнях повинна бути дуже високою. Недбало та невиразно написані букви та цифри можуть бути помилково прочитані, що неминуче веде до технічного браку.

Написи на кресленнях виконують креслярським шрифтом відповідно до ГОСТ 2.304-81.

Розмір шрифту визначає висота  $h$  великих букв в міліметрах. Стандарт установлює такі розміри шрифту: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40, а також наступні типи шрифтів:

1. Тип А без нахилу, де  $d=1/14h$  - товщина лінії шрифту в мм.
2. Тип А з нахилом під кутом  $75^\circ$  ( $d=1/14h$ ).
3. Тип Б без нахилу ( $d=1/10h$ ).
4. Тип Б з нахилом під кутом  $75^\circ$ .

Параметри шрифтів наведені в таблиці.

	Тип А	Тип Б
Розмір шрифту	$h$	$h$
Висота великих літер і цифр	$h$	$h$
Висота рядкових літер	$10h/14$	$7h/10$
Відстань між літерами	$2h/14$	$2h/10$
Мінімальний крок рядків	$22h/14$	$17h/10$
Мінімальна відстань між словами	$6h/14$	$6h/10$

Шрифт типу А з нахилом.



## Основні правила нанесення розмірів

Простановка розмірів одна з найбільш відповідальних стадій розробки креслення, яка регламентується відповідно до ГОСТ 2.307-68 Нанесення розмірів.

Розміри на кресленні вказують розмірними лініями і розмірними числами. Розмірне число повинно відповідати дійсним розмірам предмета, незалежно від того, в якому масштабі виконане креслення.

Загальне число розмірів на кресленні повинно бути мінімальним, але достатнім для виготовлення і контролю виробу.

Розміри поділяють на лінійні – довжина, ширина, висота, величина діаметрів, радіусів та кутові – величина кутів. Лінійні розміри проставляють у міліметрах, не зазначаючи одиниць вимірювання, а кутові - у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниць вимірювання, наприклад,  $10^{\circ}40'$ .

При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно до розмірної.

При нанесенні розмірів кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром в його вершині, а виносні лінії – радіально.

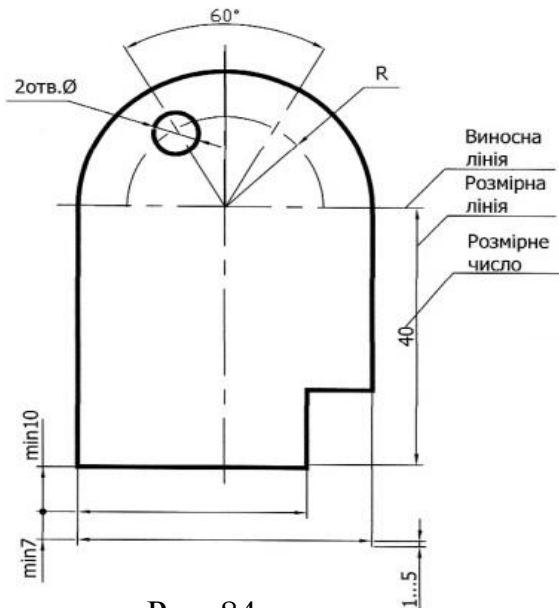


Рис. 84

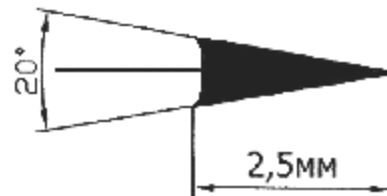


Рис. 85

Розмірні і виносні лінії виконують суцільними тонкими лініями.

Розмірні лінії краще наносити поза контуром зображення. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями 7 мм, а між розмірною і лінією контуру – 10 мм. Не допускається взаємний перетин розмірних ліній, а також використання лінії контуру, осьових, центрових та виносних ліній в якості розмірних. Виносні лінії повинні виходити за межі розмірних стрілок на 1...5 мм (рис. 84).

Розміри стрілок вибирають залежно від товщини лінії видимого контуру  $S$  і однаковими для всіх розмірних ліній креслення. Форма стрілки і співвідношення її елементів показано на рисунку 85.

Якщо недостатньо місця для стрілок на розмірних лініях, розташованих ланцюгом, стрілки допускається замінити засічками, які наносять під кутом  $45^\circ$  до розмірної лінії, або чітко накресленими точками (рис. 86).

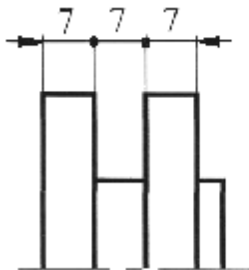


Рис. 86

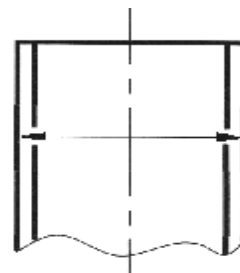
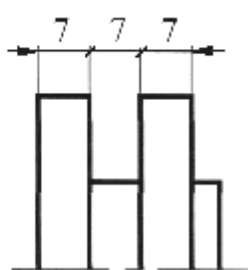


Рис. 87

Якщо недостатньо місця для виконання стрілки із-за близько розташованої контурної лінії, цю лінію припустимо переривати (рис. 87).

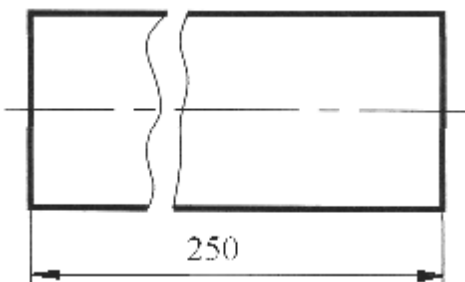


Рис. 88

При зображенні виробу з розривом розмірну лінію проводять повністю і проставляють дійсний розмір (рис. 88).

Розмірні числа наносять над розмірною лінією, паралельно їй і якомога ближче до її середини. Не дозволяється розділяти або

перетинати розмірні числа будь-якими лініями креслення, наносити ці числа у місцях перетину розмірних, осьових, центрових ліній. Також не можна допускати взаємного перетину розмірних ліній.

На рисунку 89 показано, як наносити числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній. Розмірні числа для відрізків, розташованих у межах заштрихованих кутів  $30^\circ$ , наносять над поличкою лінії – виноски.

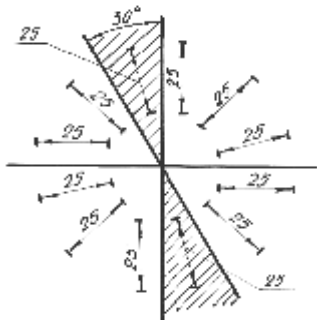


Рис. 89

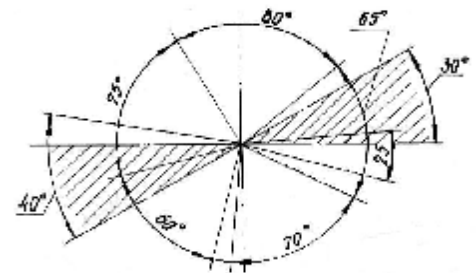


Рис. 90

Кутові розміри проставляють так, як показано на рисунку 90. Не рекомендується ставити розмірні числа в заштрихованій зоні.

Різні варіанти постановки розмірів у випадках, коли недостатньо місця для написання розмірного числа або місця для стрілок, показано на рисунку 91.

Якщо вигляд або розріз симетричного предмета зображують тільки до осі або з обривом, то розмірні лінії, які відносяться до цих елементів, проводять з обривом і роблять їх далі осі або лінії обриву предмета (рис. 92).

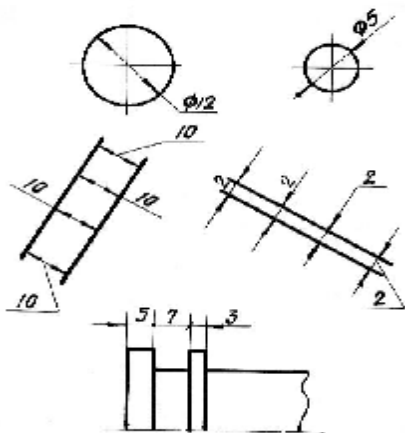


Рис. 91

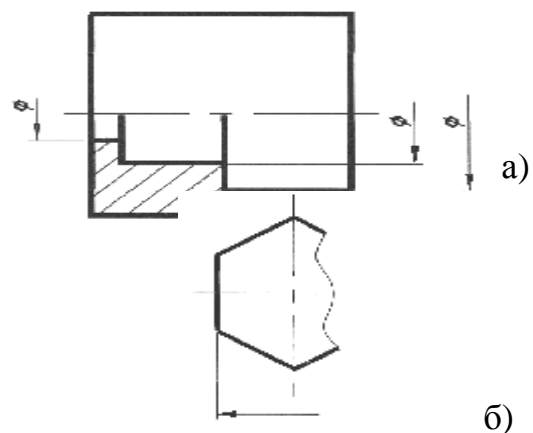


Рис. 92



Якщо деталь має кілька однакових отворів, розташованих рівномірно по колу, то проставляють діаметр осевого кола і діаметр одного отвору із зазначенням кількості отворів (рис. 93). Розміри товщини деталі, форма якої задана одним виглядом, наносять як показано на рисунку 2.12: перед числом проставляють велику букву S.

Розміри невеликих конічних і пірамідальних зрізів (фасок) проставляють, як показано на рисунку 94.

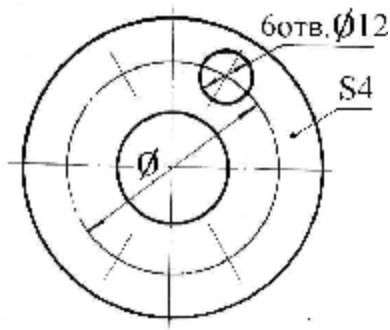


Рис. 93

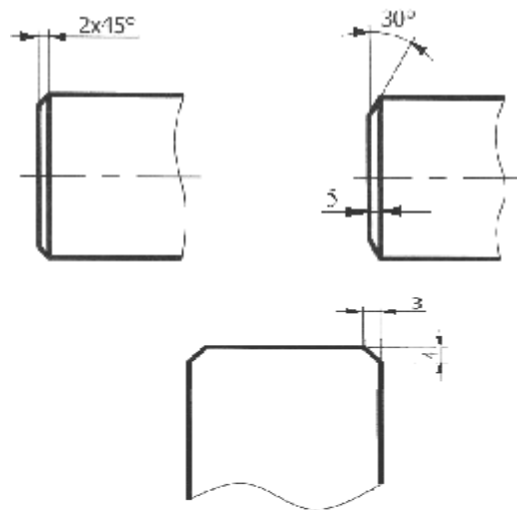
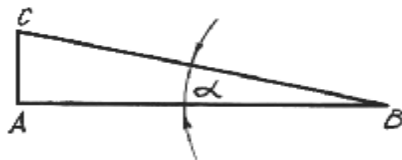


Рис. 94

### Уклон і конусність

Нахил однієї лінії відносно іншої, розташованої горизонтально або вертикально, характеризує величину, яка називається уклоном.

Уклон однієї прямої до іншої є тангенс кута між ними (рис. 95).



$$i = \frac{AC}{AB} = \operatorname{tg} \alpha$$

Рис. 95

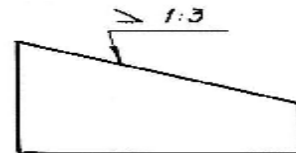


Рис. 96

Вершина умовного знака уклону напрямлена в бік уклону «  $\triangleright$  ». Розмірне число уклону подають у вигляді простого дробу або у відсотках (рис. 96).

Конусністю називають відношення діаметра основи конуса до його висоти. Якщо конус зрізаний, то для нього конусність визначають як відношення різниці діаметрів двох основ конуса до відстані між ними (рис. 97).

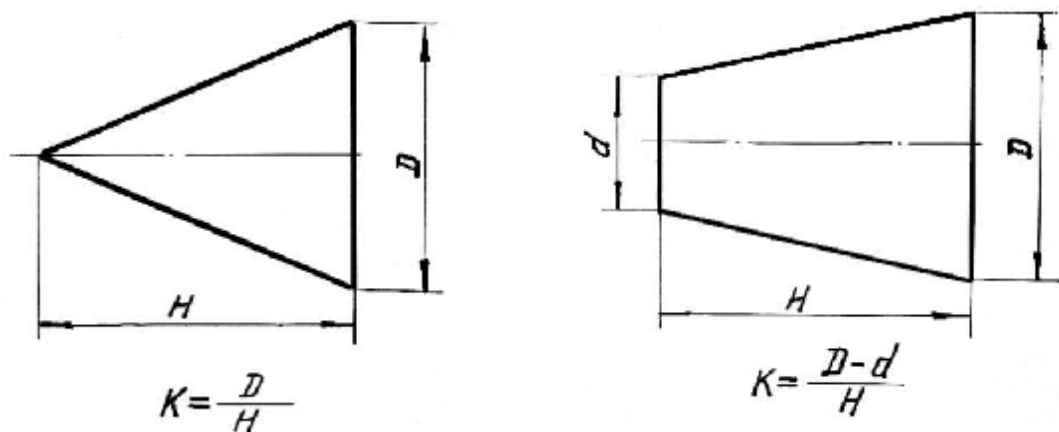


Рис. 97

Розмірне число конусності подають у вигляді простого дробу, наприклад, 1:2; в процентах (50%) або градусах. Вершина умовного знака конусності «  $\triangleleft$  » напрямлена в бік вершини конуса. Напис розміщують так, як показано на рисунку 98.

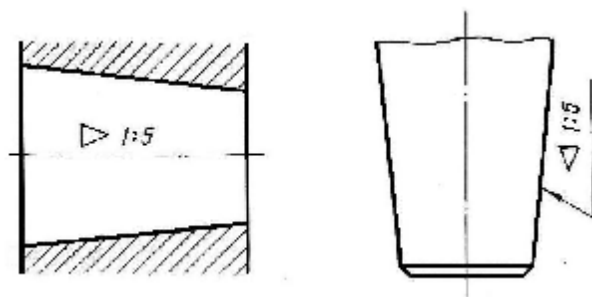


Рис. 98

Для конусів, які використовуються в машинобудуванні, встановлено ряд нормальних конусностей за ГОСТ 8593-81: 1:200; 1:100; 1:50; 1:30; 1:20; 1:15; 1:12; 1:10; 1:8; 1:7; 1:5; 1:3; 1:1,866; 1:1,207; 1:0,866; 1:0,652; 1:0,5; 1:0,289.

## **КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

### **Завдання 1.**

Побудувати три проекції та наочне зображення (фронтальну діаметрію) похилої фігури за заданими координатами (таблиця 1). На всіх зображеннях накреслити горизонтальну та фронтальну прямі, які належать одній із граней фігури. Визначити натуральну величину одного з ребер фігури методом заміни площин проекцій.

### **Завдання 2.**

Побудувати три проекції заданих поверхонь та лінію їх взаємного перетину згідно варіанту.

### **Завдання 3.**

Побудувати розгортку однієї фігури згідно варіанту.

### **Завдання 4.**

По наочному зображенню побудувати три вигляди фігури згідно варіанту.

### **Завдання 5.**

Побудувати креслення болтового або шпилькового з'єднання згідно варіанту.

### **Завдання 6.**

Побудувати ескізи двох деталей, робоче креслення та аксонометричне зображення однієї деталі (картку з завданням видає викладач).

Таблиця 1

№ Варіанту	A			B			C			D			E			S вершина			Фігура	Позначення
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z		
1	95	85	70	68	70	30	40	54	50							125	10	45	Піраміда	S ABC
2	38	90	50	54	90	64	32	90	94	12	90	54	88	10	14				Призма	ABCD EFKN
3	130	36	30	106	74	56	85	16	78							33	60	5	Піраміда	S ABC
4	38	0	10	60	0	30	32	0	46	18	0	28	132	76	80				Призма	ABCD EFKN
5	125	15	45	111	40	14	100	60	75							44	6	25	Піраміда	S ABC
6	45	16	0	30	7	0	10	40	0				93	93	93				Призма	ABC EFK
7	80	20	0	30	32	0	46	74	0	95	60	0				125	90	80	Піраміда	S ABCD
8	85	0	5	105	0	35	120	0	15				10	52	55				Призма	ABC EFK
9	65	50	0	50	20	0	30	30	0	5	70	0				115	90	70	Піраміда	S ABCD
10	40	0	90	5	0	80	20	0	56				120	70	40				Призма	ABC EFK
11	120	50	10	90	25	10	70	20	10	100	70	10				20	70	80	Піраміда	S ABCD
12	18	24	0	35	52	0	58	15	0				125	54	75				Призма	ABC EFK
13	130	0	25	100	0	60	75	0	50							32	74	5	Піраміда	S ABC
14	100	26	0	62	17	0	85	60	0				5	45	87				Призма	ABC EFK
15	60	80	60	15	44	50	35	60	25							110	15	10	Піраміда	S ABC
16	95	14	0	78	60	0	53	30	0				47	53	80				Призма	ABC EFK
17	10	40	0	40	20	0	60	58	0	30	78	0				110	8	85	Піраміда	S ABCD
18	48	5	0	32	28	0	12	18	0				96	82	85				Призма	ABC EFK

Зразок виконання завдання 1.

Дано: координати т.  $A(32;10;15)$ ,  $B(47;10;33)$ ,  $C(28;10;65)$ ,  $D(11;10;28)$ ,  $E(102;72;55)$ . Побудувати три проекції та наочне зображення похилої призми  $ABCD E FKN$ . На всіх зображеннях накреслити горизонтальну та фронтальну прямі, які належать одній із граней фігури. Визначити натуральну величину одного з ребер фігури методом заміни площин проекцій.

Алгоритм виконання:

1. Побудувати за координатами задані точки  $A, B, C, D, E$ .
2. Накреслити проекції основи  $ABCD$ , а також ребра  $AE$ .
3. Враховуючи, що бокові ребра призми паралельні, накреслити проекції відрізків  $BF$ ,  $CK$ ,  $DN$  паралельно проекціям  $AE$  (довжина проекцій ребер дорівнює довжині відповідних проекцій  $AE$ ).
4. Побудувати вісі фронтальної діаметрії. Коефіцієнти спотворення по вісям  $X, Z - 1$ , по  $Y - 0.5$ . За координатами накреслити наочне зображення призми.
5. На грані  $BFKC$  будуюмо фронталь  $12$  ( $t.1 \in BF$ ,  $t.2 \in CK$ ,  $1_1 2_1 \parallel X_{12}$ ), фронтальну та профільну проекції будуюмо по належності точок відповідним ребрам. Аналогічно будуюмо горизонталь  $23$  ( $t.2 \in CK$ ,  $t.3 \in KF$ ,  $2_2 3_2 \parallel X_{12}$ ).
6. Побудувати натуральну величину ребра  $DN$  методом заміни площин проекцій.



## Завдання 2.

Побудувати три проекції прямого кругового конуса та трьохгранної призми та лінію їх взаємного перетину.

Алгоритм виконання:

Лінію перетину будуємо за допомогою метода січних площин (розд.3.9.)

1. Вибрати характерні точки  $1_2, 2_2 \dots 12_2$ .
2. Через вибрані точки провести горизонтальні січні площини Р, N, М.
3. Побудувати перерізи кожної із поверхонь січними площинами Р, N, М. В перерізі конуса будуть кола, радіуси яких вимірюються на фронтальній проекції. Перерізи призми площинами N, М-прямокутники, а площиною Р – ребро.
4. Знаходимо точки перетину побудованих перерізів.
5. Будуємо лінію перетину, враховуючи видимість.

Technical drawing of a 12-spoke wheel. The drawing includes a front view (top), a side view (bottom left), and a top view (bottom right). The front view shows the rim profile with points 1-12 and the hub profile with points 1-12. The side view shows the rim profile with points 1-12 and the hub profile with points 1-12. The top view shows the circular rim with points 1-12 and the rectangular hub with points 1-12. The drawing is labeled with 'P2', 'N2', 'M2', 'P1', 'N1', 'M1' and 'P2', 'N2', 'M2'.



The diagram shows a fan-shaped sector divided into 12 parts, labeled I through XII. A circular base is shown on the left, with a vertical dashed line through its center. The sector is divided into 12 parts by radial lines. The points on the arc are labeled I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII. The points on the radial lines are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. The points are connected by lines to form a grid of points. The points are labeled as follows:

- Points on the arc: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII
- Points on the radial lines: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

The points are connected by lines to form a grid of points. The points are labeled as follows:

- Points on the arc: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII
- Points on the radial lines: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

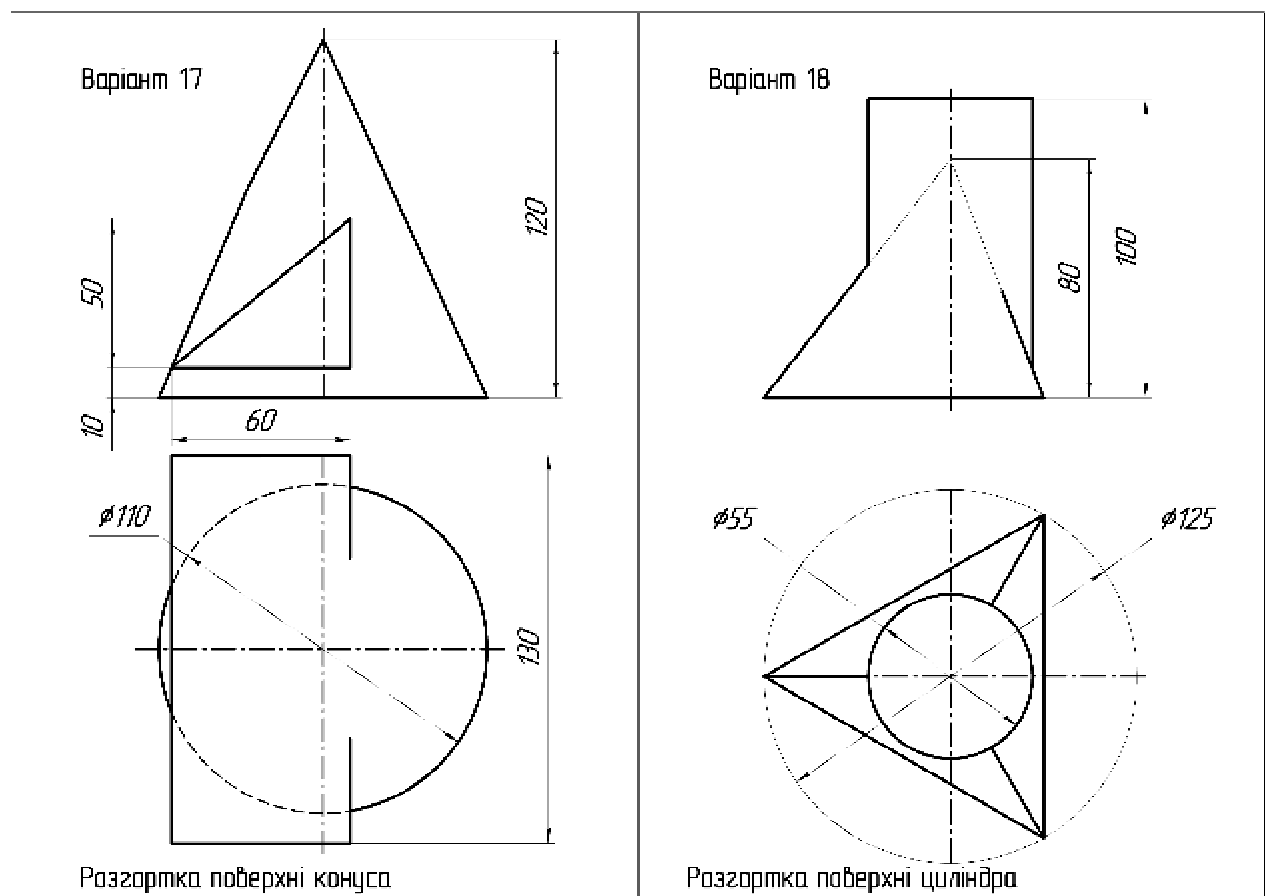
## Варіанти другого та третього завдань контрольної роботи







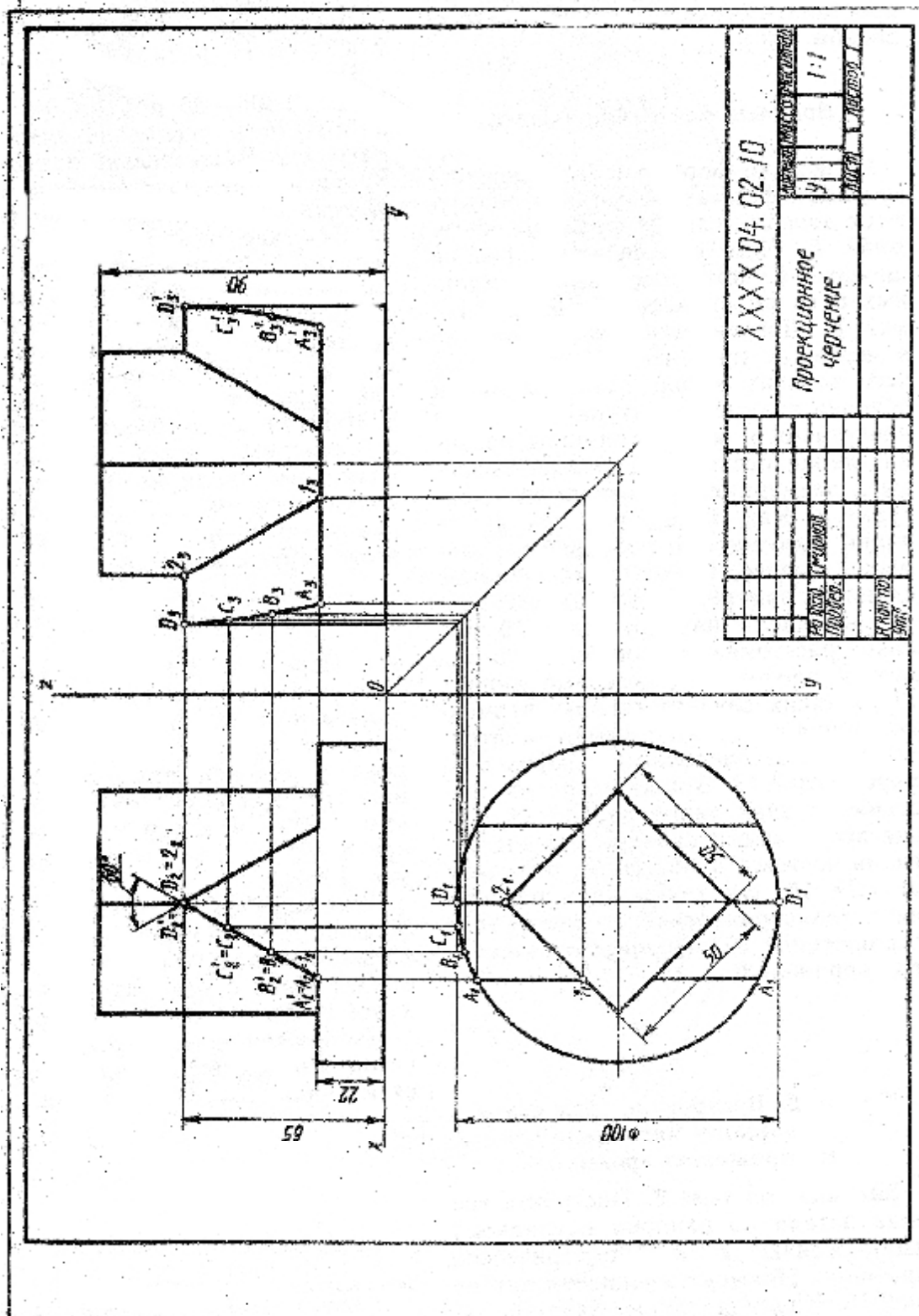




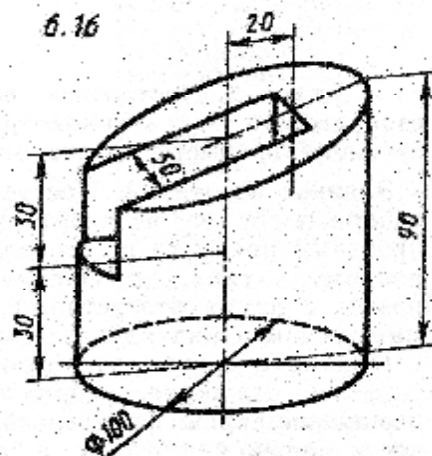
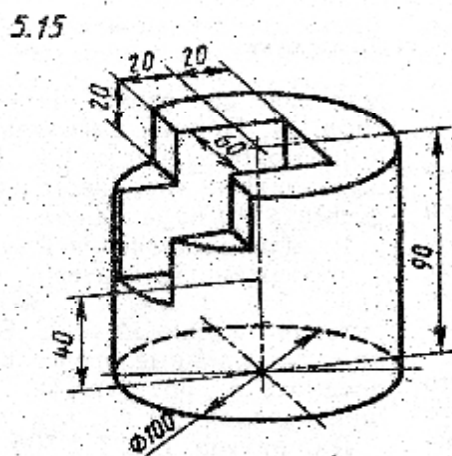
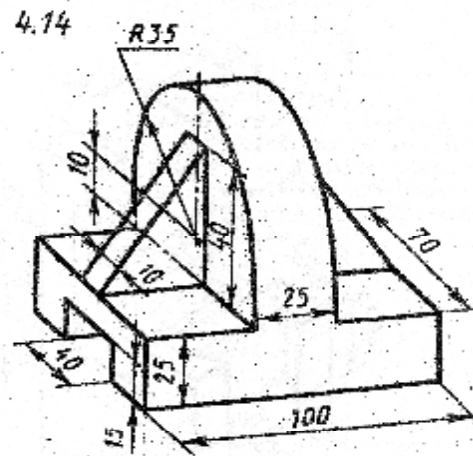
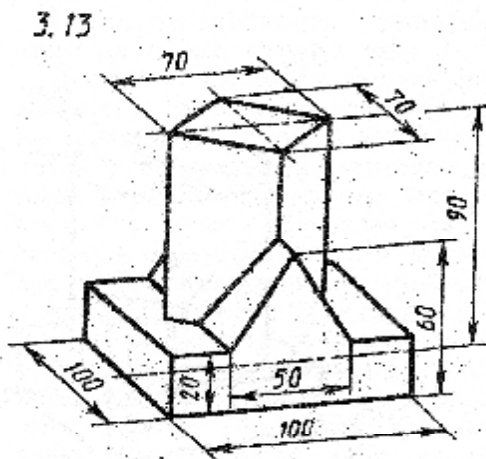
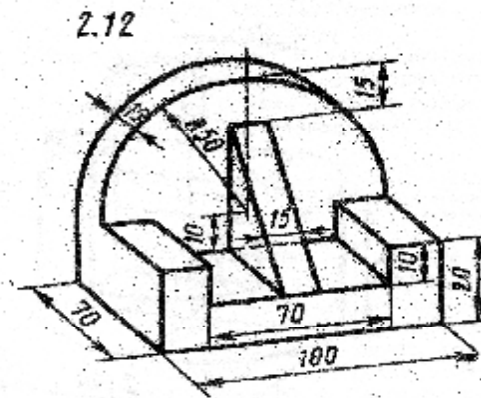
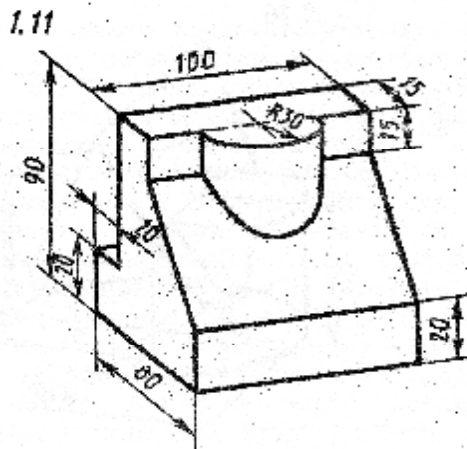
Завдання 4.

По наочному зображенню побудувати три вигляди фігури згідно варіанту.

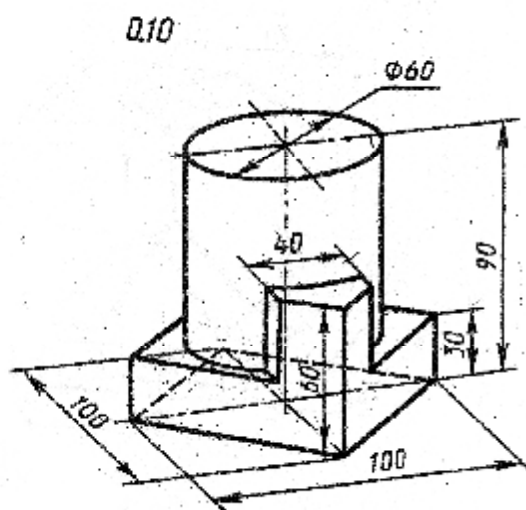
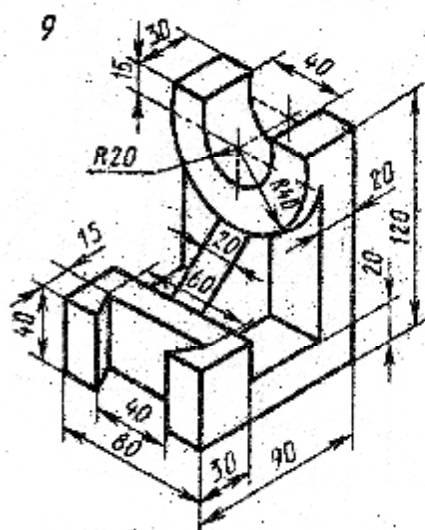
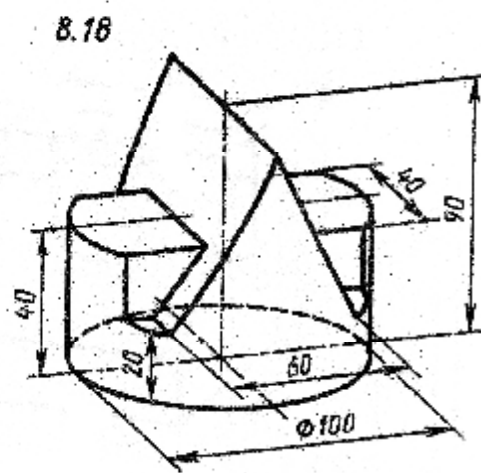
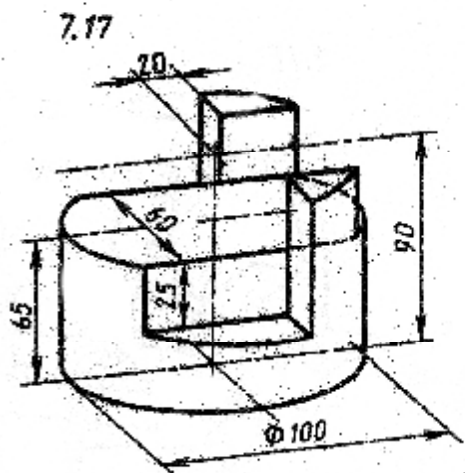
Приклад виконання завдання 4.



Варіанти завдання 4.







Завдання 5.

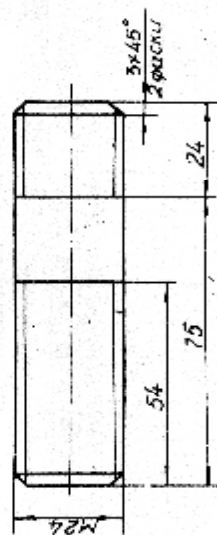
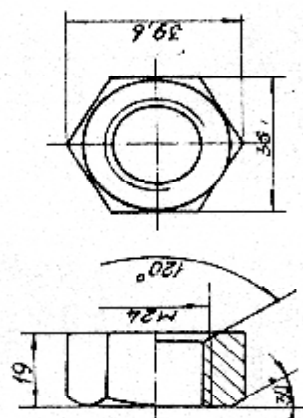
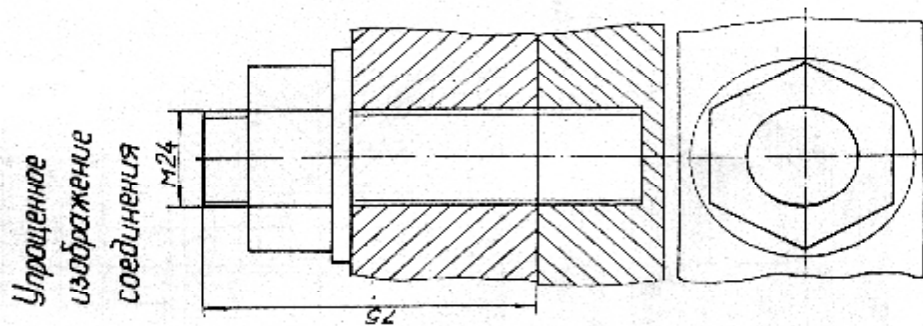
Побудувати креслення болтового або шпилькового з'єднання згідно варіанту.

Приклад виконання завдання 5.

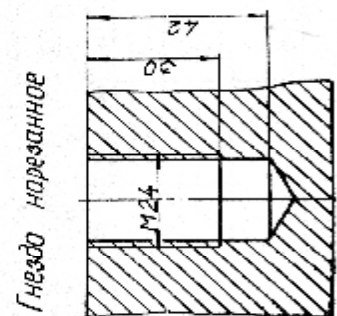
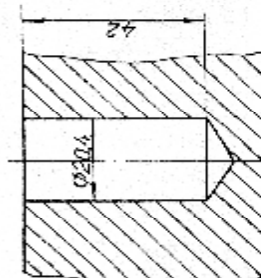
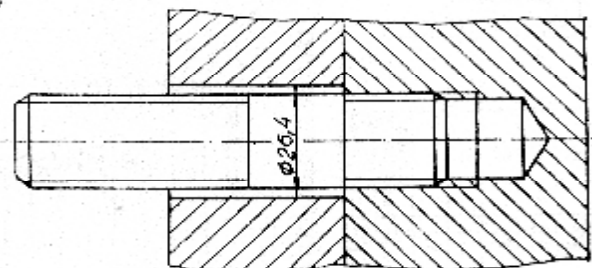
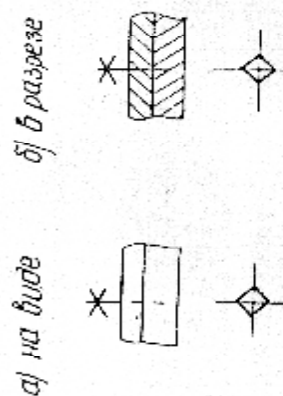
# Приклад шпилькового з'єднання

## З'єднання шпилькою

Шпилька М24-75, ГОСТ 22032-76, L-а Гайка М24 ГОСТ 5915-70



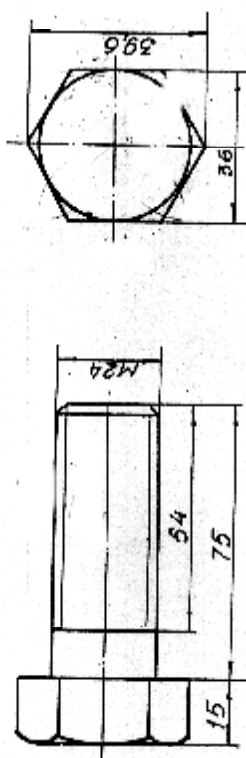
Условное изображение соединения



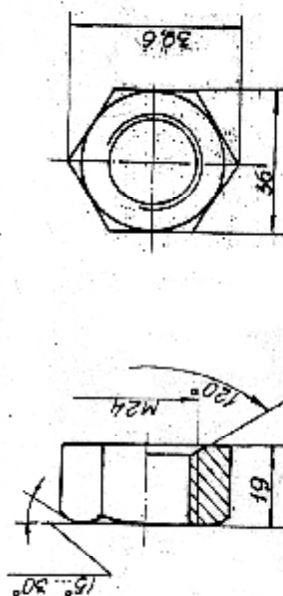
# Приклад болтового з'єднання

## Соединение болтом

болт М24х75 ГОСТ 798-70

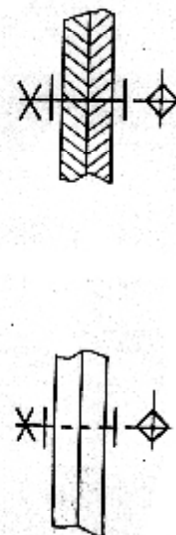


Гайка М24 ГОСТ 5915-70

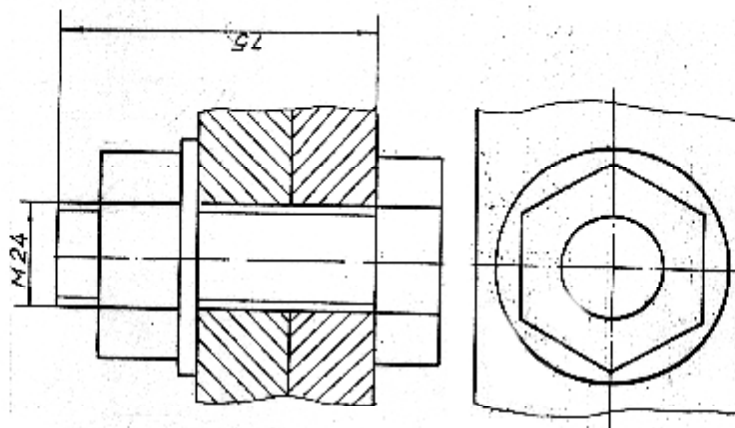


Условное изображение соединения

а) на виде б) в разрезе



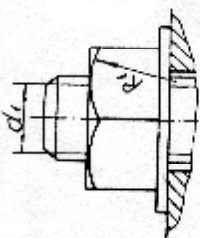
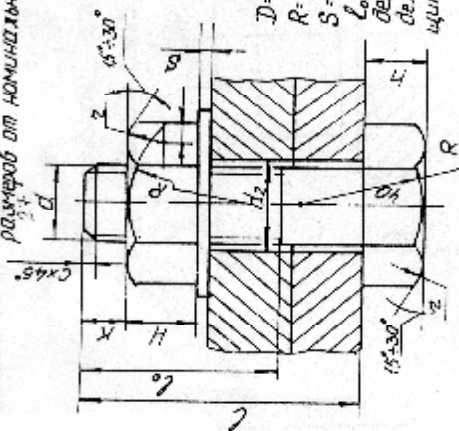
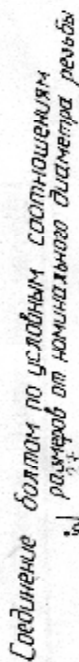
Упрощенное изображение соединения



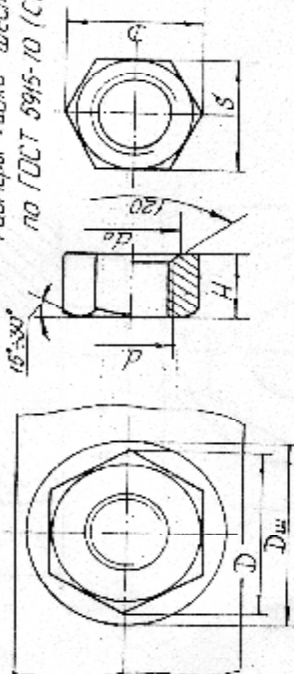
Варіанти завдання 5.

З'єднання болтом			З'єднання шпилькою	
№	d – діаметр болта l – ділина болта ГОСТ 7798-70	Масштаб	d – діаметр шпильки l – ділина шпильки l <sub>1</sub> – ділина завінченого кінця шпильки	Масштаб
1	M30x10	2:1		
2			M22x65, l <sub>1</sub> =1d, ГОСТ 22032-76	1:1
3	M42x10	1:2		
4			M24x45, l <sub>1</sub> =1,25d, ГОСТ 22034-76	1:1
5	M16x70	1:1		
6			M18x50, l <sub>1</sub> =1,6d, ГОСТ 22036-76	1:1
7	M22x65	1:1		
8			M36x70, l <sub>1</sub> =2d, ГОСТ 22038-76	1:2
9	M39x120	1:2		
10			M42x95, l <sub>1</sub> =1,25d, ГОСТ 22038-76	1:2
11	M30x120	1:2		
12			M48x110, l <sub>1</sub> =1d, ГОСТ 22032-76	1:2
13	M18x65	1:1		
14			M42x90, l <sub>1</sub> =1,25d, ГОСТ 22034-76	1:2
15	M27x70	1:1		
16			M20x40, l <sub>1</sub> =1,6d, ГОСТ 22036-76	1:1
17	M22x60	1:1		
18			M12x45, l <sub>1</sub> =2d, ГОСТ 22038-76	2:1

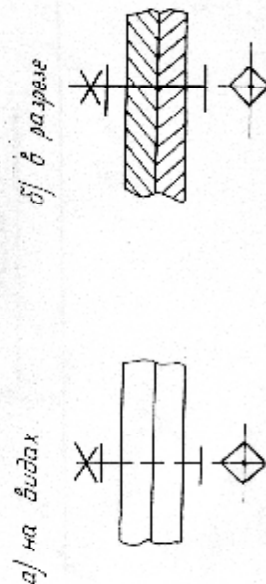
Основные размеры деталей с шестифланковой головкой и резьбы в фланцевых соединениях


$$\begin{aligned} D &= 2d; \quad d_1 = 0.5d; H = 0.6d; \quad h = 0.7d; \\ R &= 1.5d; \quad R_1 = d; \quad D_w = 2.2d; \quad d_2 = 1.1d; \\ S &= 0.15d; \quad c = 0.15d; \quad x = 0.25d; \\ l_0 &= 2d + 6mm; \quad k = 0.2 \dots 0.3d; \quad 2 \cdot \text{число} \\ &\quad \text{шлицев в соединении} \cdot \text{шаг шлицев}; \quad Z - \\ &\quad \text{число зубьев в зацеплении}; \quad \text{отсюда} \\ &\quad \text{определяется диаметр} \end{aligned}$$

Размеры габиты шестигранной классы точности В (нормальной точности)



Участное предприятие  
с ограниченной  
ответственностью



Основные размеры шибнормальных по ГОСТ 11344-78 и шибнормальных по ГОСТ 5958-78.

Наименование размера		Номинальный диаметр резьбы d												
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42
Шар	Крупный	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5
резьбы	Средний	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Диаметр	отверстия	14,4	18,4	21,1	24,5	26,8	30,2	33,6	35,8	40,5	43,9	46,6	55	65
Размер, мм	отверстия	5	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	55
Высота резьбы	отверстия	5,6	7,0	8,0	9,0	10	12	13	14	15	17	19	23	26
Диаметр внутр.	С	1,6	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3	4	4

Наименование размера	Номинальный диаметр резьбы, д													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
План размеры	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5		
Номер обозначения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Размерная группа, Д	13	17	19	21	23	24	27	30	32	36	40	45	50	55
Размерная группа, Н	6,5	8,0	10	11	13	15	16	18	19	22	24	28	34	38
Нр. черт. не более	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
d <sub>a</sub>	8,75	10,8	13	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9	29,2	32	36,9	43,4	51,8

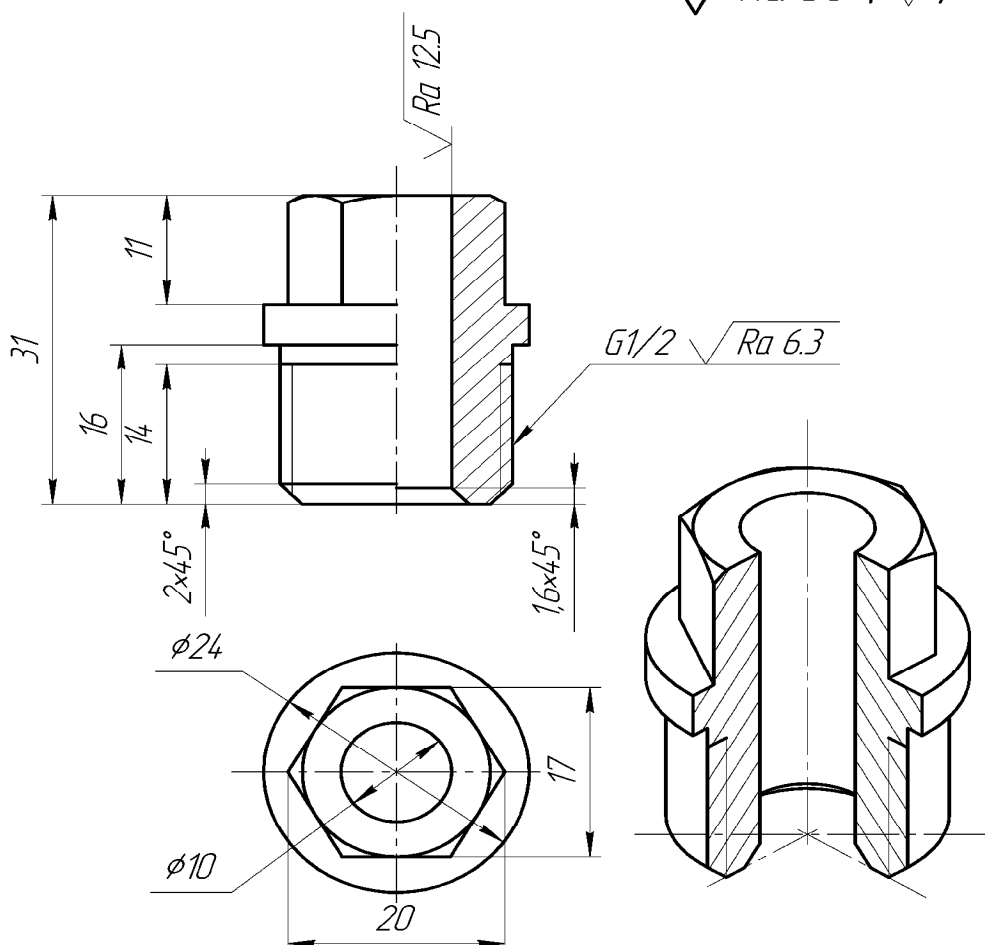
$\rho = 15^\circ$ Угол наклона стержня к оси	Высота стержня в основании	$d_1$	Размеры в мм	
			$d_2$	$d_3$
$\alpha = 15^\circ$	40	14	28	2,5
	48	16	30	3
	56	18	32	3
	60	20	34	3
$\alpha = 30^\circ$	65	22	37	3
	70	24	39	3
	80	27	44	4
	90	30	50	4
$\alpha = 45^\circ$	100	36	56	4
	120	42	66	5
	140	48	78	6
	160	50	82	6



### Завдання 6.

Побудувати ескізи двох деталей, робоче креслення та аксонометричне зображення однієї деталі (картку з завданням видає викладач).

Приклад виконання завдання 6.

Перв. примен.	КГНГ.КР.06.13.014			$\sqrt{Ra\ 50\ (\checkmark)}$									
Стор. №													
Підп. і дата	<p>1. Неуказанные литейные радиусы 2мм.</p>												
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	КГНГ.КР.06.13.014				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Лит.</td> <td style="width: 25%;">Масса</td> <td style="width: 25%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">0,04</td> <td style="text-align: center;">2:1</td> </tr> </table>		Лит.	Масса	Масштаб		0,04	2:1
Лит.	Масса	Масштаб											
	0,04	2:1											
Підп. і дата	Инв. №	Инв. № дубл.	Подп.	Дата	<p><b>Деталь</b></p>		Лист	Листов					
Инв. № подл.	Разраб.	Пров.	Т.контр.	Н.контр.	Утв.	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>		1					
Копировал						<p>НМетАУ Группа МЕ-08 Формат А4</p>							

Довідковий матеріал.

УМОВНЕ ПОЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

1. Чугуни: 1.1. Сірий  
СЧ 20 ГОСТ 1412-85
- 1.2. Ковкий  
КЧ 33-8 ІЗІ5-79
2. Сталь: 2.1. Вуглищева звичайної якості (Ст.0+Ст.6)  
Ст.6 ДСТУ 2651-94
- 2.2. Вуглищева якісна  
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
- 2.3. Легована конструкційна  
Сталь 45 Х ГОСТ 4543-71
- 2.4. Високолегована та із спеціальними властивостями  
Сталь ІХІВН9Т ГОСТ 5632-72
- 2.5. Ливарна  
Сталь 20Л ГОСТ 977-88
3. Мідь: МІ ГОСТ 858-76
4. Алюміній: 4.1. Ливарний  
АК9чДСТУ 2639-94
- 4.2. Деформівний  
ДІ6 ГОСТ 4764-74
5. Бронзи: 5.1. Олов'яна  
Бр.06Ц5С5 ГОСТ 613-79
- 5.2. Деформівна  
Бр. АК9-4 ГОСТ 16175-78
- 5.3. Ливарна  
Бр. А9ЖЗЛ ГОСТ 493-79
6. Резина: Пластина І, лист, ОМБ 5 ГОСТ 7338-90
7. Картон: Картон А2 ГОСТ 9373-74
8. Пластмаса: Ливарний поліамід 610 ГОСТ 10589-87
9. Набивка: Набивка кручена марки АПЗІ ГОСТ 5152-84



## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайленко В.Е. Инженерная графика / В.Е. Михайленко, А.М. Пономарев-К.: Вища школа, 1980. -279 с.
2. Михайленко В.Е. Інженерна та комп'ютерна графіка / В.Е. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов.- К.: Вища школа, 2001. -349 с.
- 3.Морозенко О.П. Інженерна графіка/Морозенко О.П., Кукель С.Е., Карпенко І.П., Вишневський І.В.: Конспект лекцій.- Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011.- 52с.
4. Хмеленко О.С. Нарисна геометрія.-К.: Кондор, 2008.-438 с.
- 5.Федоренко В.А. Справочник по машиностроительному черчению / В.А. Федоренко, А.И. Шошин. Л.: «Машиностроение», 1972.-304с.
6. Морозенко О.П. Правила виконання та оформлення креслень / Морозенко О.П., Малишко Г.В.: Навчальний посібник.- Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012.- 48с.
7. Інженерна графіка: Довідник / В.М.Богданов, А.П.Верхола, Б.Д.Коваленко та ін. За ред. А.П.Верхоли. – К.: Техніка, 2001. – 268 с.
8. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
9. Годик Є.І. та ін. Технічне креслення. – К.: Вища школа, 1971. – 248 с.
10. В.П.Куликов Стандарты инженерной графики: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 240 с.
11. Г.Н.Попова, С.Ю.Алексеев Машиностроительное черчение: Справочник. – СПб.: Политехника, 2008. – 474 с.
12. Л.И.Новичихина Справочник по техническому черчению. – Мн.: Книжный дом, 2005. – 320 с.