

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

О.П.МОРОЗЕНКО, І.В. ВИШНЕВСЬКИЙ

**КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ
НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ**

ЧАСТИНА 1

**Друкується за Планом видань навчальної та методичної літератури,
затвердженим Вченою радою НМетАУ
Протокол №1 від 01. 02. 2016**

Дніпро НМетАУ 2016

УДК 515(07)

Морозенко О.П., Вишневський І.В. Комп'ютерні методи нарисної геометрії та інженерної графіки. Частина 1. Навч. посібник.– Дніпропетровськ: НМетАУ, 2016. – 53 с.

Викладено теоретичний матеріал основних розділів «Нарисної геометрії», розглянуто рекомендації до виконання завдання побудова трьох проекцій та наочного зображення похилої фігури в графічному редакторі AutoCAD, побудова завдань з проекційного креслення, з яких складається модуль «Елементи нарисної геометрії». Надані приклади оформлення графічних завдань.

Призначений для студентів з вадами слуху напряму 6.050101 – комп'ютерні науки. Може використовуватись для студентів усіх напрямів підготовки.

Іл. 65. Бібліогр.: 6 найм.

Друкується за авторською редакцією.

Відповідальна за випуск О.П. Морозенко, канд. техн. наук, доц.

Рецензенти: І.П. Казіміров, канд. техн. наук, доц. (ДВНЗУДХТУ)

В.І. Товкун, головний конструктор (ПАТ «Агрегатний завод»)

© Національна металургійна академія
України, 2015

© Морозенко О.П., Вишневський І.В., 2016

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ЕЛЕМЕНТИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ.....	5
1.1. Метод проєкцій. Способи проєкціювання.....	5
1.2. Побудова геометричних образів.....	6
1.2.1. Метод Гаспара Монжа. Проєкції точки в системі трьох площин проєкцій.....	6
1.2.2. Проєкції прямої. Положення прямої відносно площин проєкцій.....	8
1.2.3. Проєкції площин. Класифікація площин.....	11
1.3. Властивості проєкцій пар геометричних фігур.....	15
1.3.1. Точка і пряма.....	15
1.3.2. Дві прямі.....	16
1.3.3. Точка і площина.....	17
1.3.4. Пряма і площина. Дві площини.....	17
1.4. Поверхні. Способи утворення поверхонь на кресленні.....	21
1.4.1. Належність точки і лінії поверхні.....	23
1.4.2. Перетин поверхонь проєкціовальною площиною. Натуральна величина перерізу.....	24
1.4.3. Розгортки поверхонь. Метод плоско – паралельного переміщення.....	34
2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ПОБУДОВА ПРОЄКЦІЙ ТА НАОЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ БАГАТОГРАННИКІВ».....	38
2.1. Побудова проєкцій геометричних примітивів в програмі AutoCAD.....	38
2.2. Приклад виконання завдання «Побудова проєкцій та наочного зображення багатогранників».....	43
3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ПРОЄКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ».....	46
3.1. Побудова трьох проєкцій фігур з вирізом.....	46
3.2. Приклад виконання завдання «Проєкційне креслення».....	50
Література.....	52

ВСТУП

Візуалізація інформації про об'єкти, процеси та явища в різних сферах людських знань здійснюється засобами графічної мови.

Традиційні для вишів методики і технології проведення занять розраховані на студентів що чують і спираються, в основному на вербальну передачу навчальної інформації, що створює бар'єри в сприйнятті та засвоєнні графічного і текстового навчального матеріалу для студентів з вадами слуху.

Нарисна геометрія розвиває просторове мислення у студентів з вадами слуху, їх здібності до аналізу, синтезу і перетворенню геометричних форм, що особливо необхідно при сучасній ідеології проектування.

Візуальна освіта дозволяє наочно відображати любі об'єкти і процеси, що дає можливість студентам з вадами слуху знімати бар'єри в освоєнні других дисциплін.

Запропонований навчальний посібник має за мету допомогти студентам у виконанні модуля «Елементи нарисної геометрії». Модуль складається з двох графічних робіт:

1. Побудова трьох проекцій та наочного зображення багатогранників.

2. Проекційне креслення: побудова трьох проекцій фігури з вирізом, натуральної величини похилого перерізу, розгортки поверхні.

В даному навчальному посібнику викладено теоретичний матеріал основних розділів «Нарисної геометрії», розглянуто рекомендації до виконання графічних завдань, які входять до модуля «Елементи нарисної геометрії», наведені приклади побудови геометричних образів в графічному редакторі AutoCAD.

Дано приклади оформлення завдань модуля.

1. ЕЛЕМЕНТИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ.

1.1. 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. Спроєкціювати предмет – це означає зобразити його на площині.

Проєкції поділяються на центральні і паралельні.

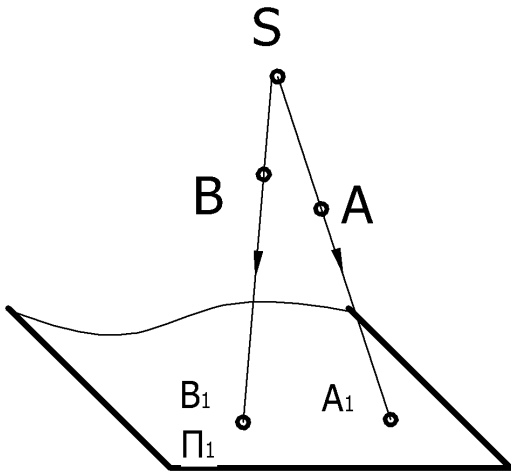


Рис. 1.1

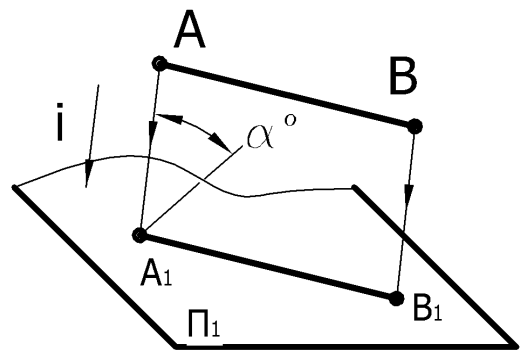


Рис. 1.2

де S – центр проєкціювання;

A, B, \dots – точки в просторі;

A_1, B_1, \dots – проєкції точок;

Π_1 – площина проєкцій;

AA_1, BB_1 – проєкціюючі промені;

i – напрямок проєкціювання;

α – кут нахилу променя до площини проєкцій.

Проєкціювання з довільної точки простору (S) називається центральним проєкціюванням (рис. 1.1). Якщо центр проєкціювання (S) віддалити у нескінченність, то проєкціюючі промені будуть паралельними. Таке

проекціювання називається паралельним (рис. 1.2). Проекційні промені можуть складати з площиною проєкцій гострі або прямі кути.

- 1) Косокутне проєкціювання; $\alpha \neq 90^\circ$.
- 2) Прямокутне (ортогональне) проєкціювання; $\alpha = 90^\circ$.

Паралельні і центральні проєкції мають такі властивості:

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

1.2. Побудова геометричних образів.

1.2.1. Метод Гаспара Монжа. Проєкції точки в системі трьох площин проєкцій .

Суть методу Г.Монжа полягає в тому, що, використовуючи паралельне ортогональне проєкціювання, будуються проєкції 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,...).

Проєкції Г.Ф. будуються за допомогою:

- наочного зображення (косокутна фронтальна диметрія) (рис. 1.3); коефіцієнти спотворення за осями $K_x = 1$, $K_y = 0.5$, $K_z = 1$, коефіцієнт спотворення – це відношення аксонометричної проєкції відрізка координатної осі до довжини самого відрізка цієї осі в натурі;
- комплексного креслення (епюра) (рис. 1.4). Коефіцієнти спотворення за осями $K_x = 1$, $K_y = 1$, $K_z = 1$.

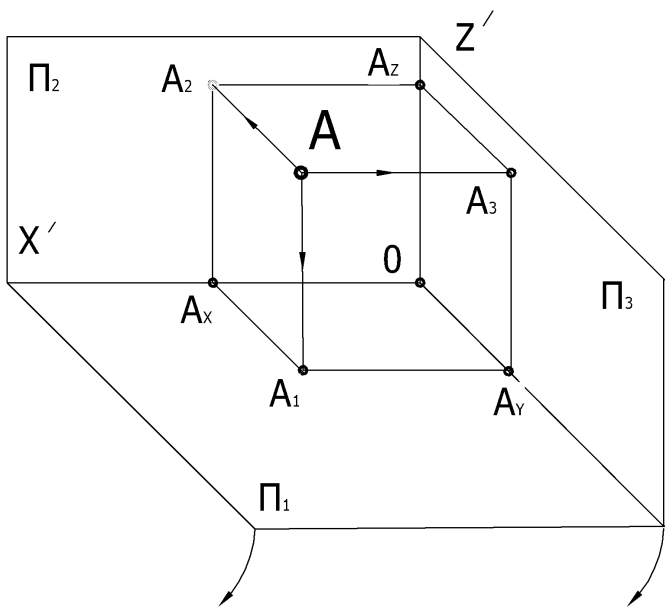


Рис. 1.3

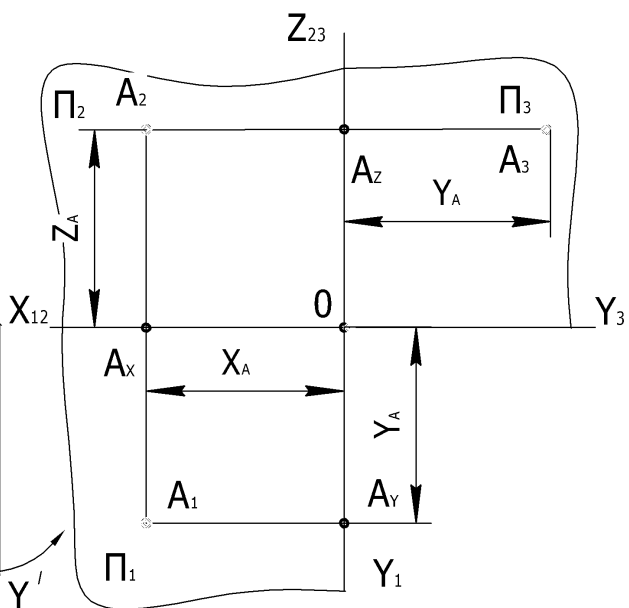


Рис. 1.4

Скористаємося трьома взаємно-перпендикулярними площинами, що утворюють прямий тригранний кут (рис.1.3). Тут Π_1 , Π_2 , Π_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 A і побудуємо її проєкції на площинах Π_1 , Π_2 , Π_3 . Для цього з точки A 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 Π_1 та Π_3 потрібно сумістити з площиною Π_2 . Для суміщення трьох площин необхідно горизонтальну (Π_1) і профільну (Π_3) площини обертанням навколо осей X та Z відповідно сумістити з площиною Π_2 (рис.4) Після суміщення ламані лінії, що з'єднують дві проєкції точок ($A_2A_xA_1$ та $A_2A_zA_3$), перетворюються в прямі, які перпендикулярні до осей X_{12} , Z_{23} , їх називають лініями проєкційного зв'язку.

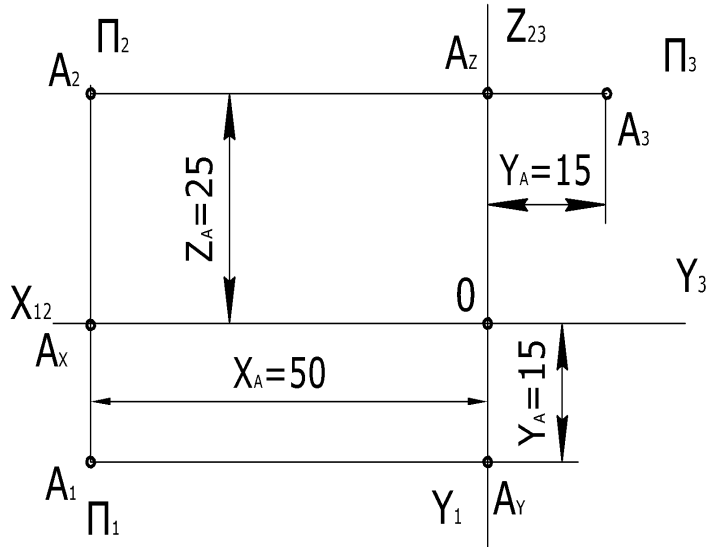
$$A_2A_1 \perp OX_{12} \text{ – вертикальна лінія зв'язку;}$$

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

ПРИКЛАД: Побудувати проєкції 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. $A_2A_3 \cap Z_{23} = A_z$.
 $A_2A_3 \perp Z_{23}$.
 $A_zA_3 = Y_A$.



1.2.2. Проекції прямої. Положення прямої відносно площин проєкцій

Дві точки повністю визначають положення прямої в просторі. Провівши через точки A і B (рис. 1.5) перпендикуляри до площини Π_1 , на перетині знайдемо їх горизонтальні проєкції A_1 і B_1 . Відрізок A_1B_1 – горизонтальна проєкція прямої AB . Відрізок A_2B_2 – фронтальна проєкція прямої AB .

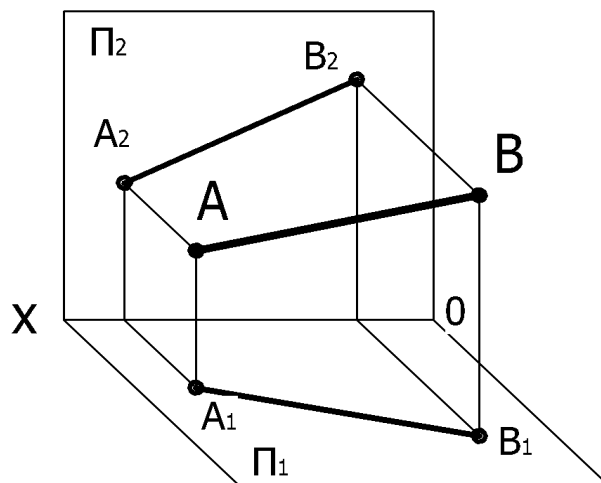


Рис.1.5

Прямою загального положення називають пряму, розташовану похило до всіх площин проєкцій (рис. 1.5). 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. 1.6 а), паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 , називається горизонтальною прямою, або, скорочено, горизонталлю.

Пряма CD (рис. 1.6 б), паралельна фронтальній площині проєкцій Π_2 , називається фронтальною прямою, або, скорочено, фронталлю.

Пряма MN (рис.1.6 в), паралельна профільній площині проєкцій Π_3 , називається профільною прямою.

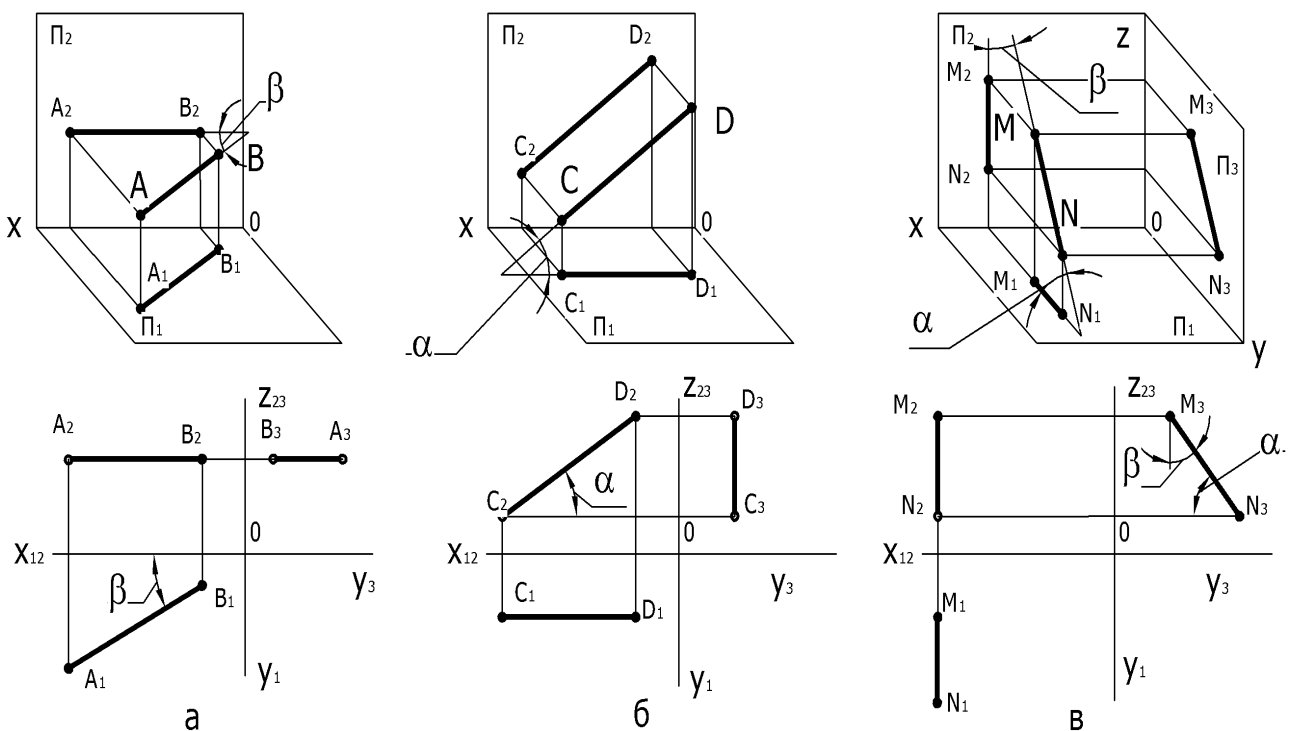


Рис. 1.6

Властивості прямих рівня

A_1B_1 – горизонтальна проєкція горизонталі (ГПГ)

C_1D_1 – горизонтальна проєкція фронталі (ГПФ)

$M_2N_2 \perp X_{12}$

$M_1N_1 \perp X_{12}$

A_2B_2 – фронтальна проекція
горизонталі (ФПГ)

$\Phi\PiГ \parallel X_{12}$

$A_1B_1 = |AB|$

Кут нахилу АВ до π_2 – β

C_2D_2 – фронтальна проекція
фронталі (ФПФ)

$\Gamma\PiФ \parallel X_{12}$

$C_2D_2 = |CD|$

Кут нахилу АВ до π_1 – α

$M_3N_3 = |MN|$

Проекціювальними називаються прямі, перпендикулярні одній з площин проєкцій, тобто паралельні двом іншим площинам. Пряма АВ (рис. 1.7 а), перпендикулярна до площини проєкцій Π_1 , називається горизонтально-проекціювальною прямою; пряма CD (рис. 1.7 б), перпендикулярна до площини проєкцій Π_2 , називається фронтально-проекціювальною прямою; пряма MN (рис. 1.7 в), перпендикулярна до площини проєкцій Π_3 , називається профільно-проекціювальною прямою.

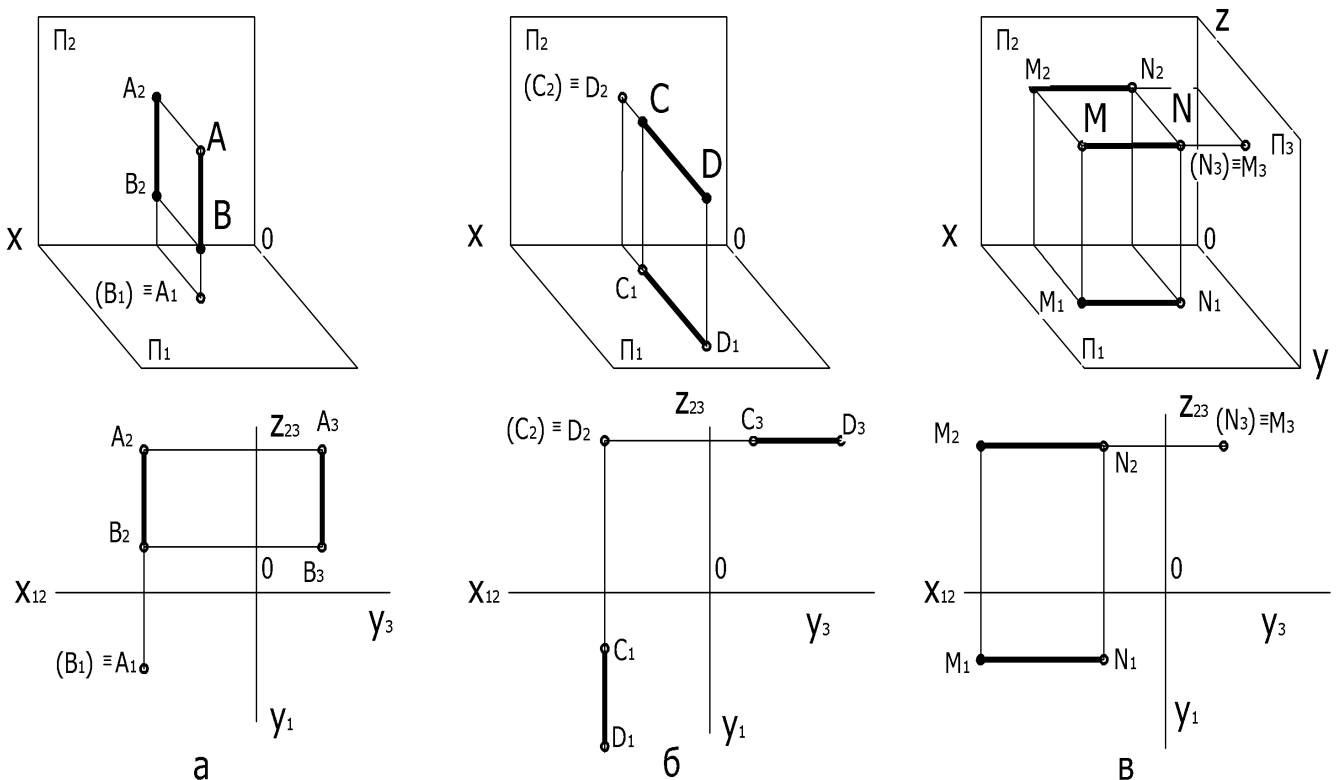


Рис.1. 7

Властивості проєкціювальних 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 Π_1 . Таку пряму називають нульовою горизонталлю, бо висота її точок дорівнює нулю. CD (рис. 1.8) – нульова фронталь.

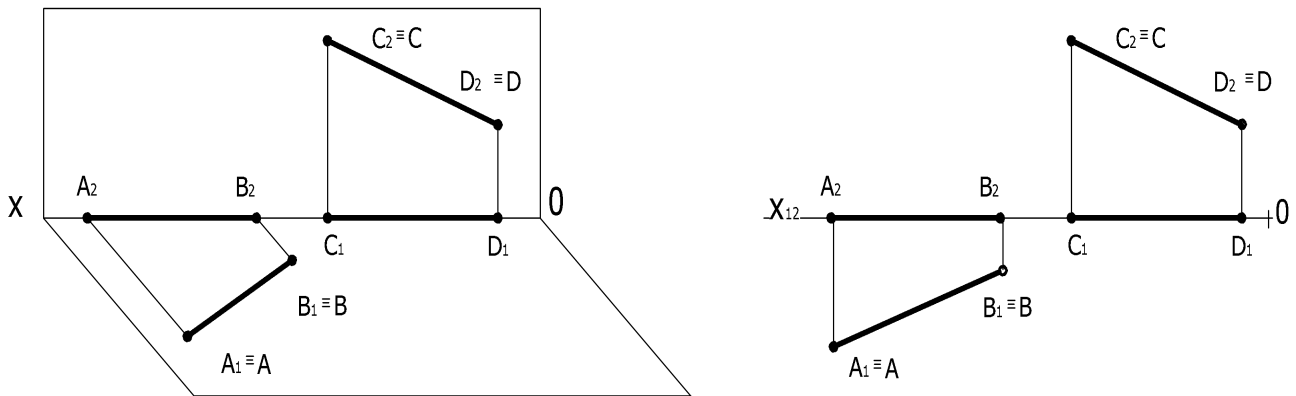


Рис. 1.8

1.2.3. 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:

- проєкціями трьох точок, що не лежать на одній прямій (рис. 1.9 а);
- проєкціями прямої і точки, яка не належить даній прямій (рис. 1.9 б);
- проєкціями прямих, що перетинаються, або двох паралельних прямих (рис. 1.9 в,г);
- проєкціями плоскої фігури (рис. 1.10);
- слідами площини (рис. 1.11).

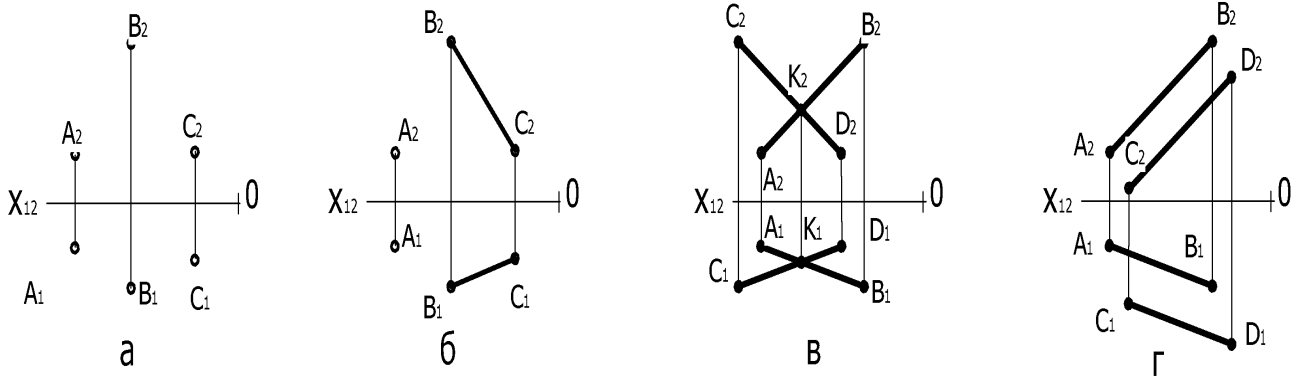


Рис. 1.9

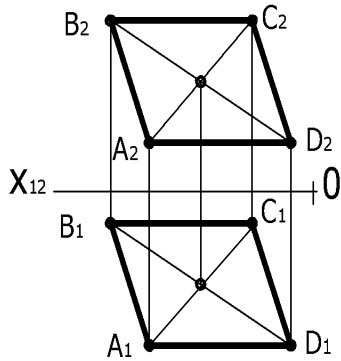


Рис. 1.10

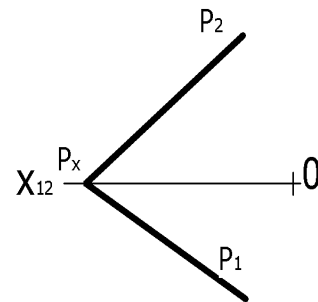


Рис. 1.11

Слідами площини називаються лінії перетину площини з площинами проєкцій (рис. 1.12).

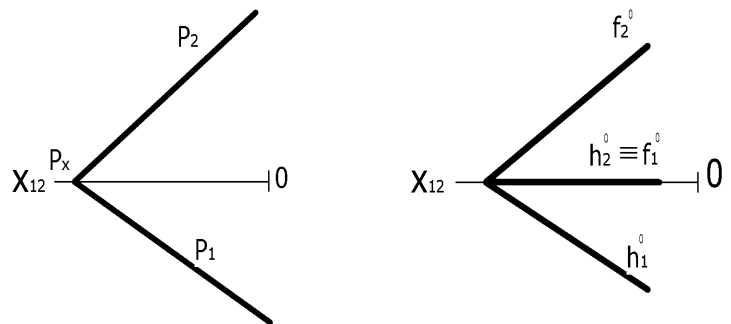
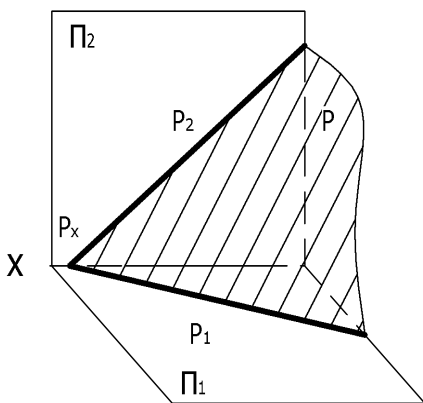


Рис. 1.12

$P \cap \Pi_1 = P_1$ – 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. 1.12).

Площини окремого положення поділяють на:

- проєкціювальні – площини, перпендикулярні до однієї площини проекцій (рис. 1.13, 1.14, 1.15);
- рівня – площини, паралельні одній площині проекцій (рис. 1.16 а, б, в).

Проекціювальні площини

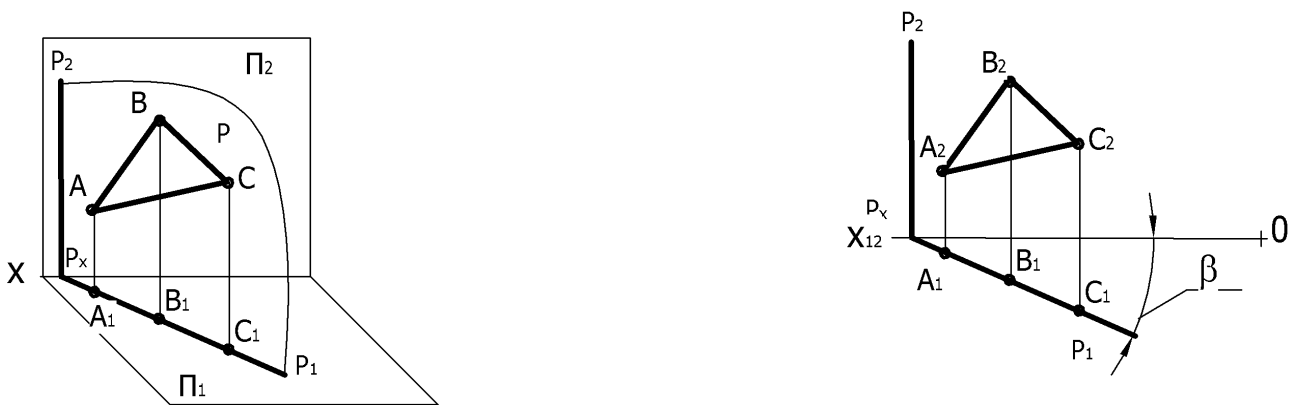


Рис. 1.13

Властивості горизонтально-проекціювальної площини

$P \perp P_1$ – горизонтально-проекціювальна площина;

$P_2 \perp X_{12}$;

β – кут нахилу площини P до P_2 .

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

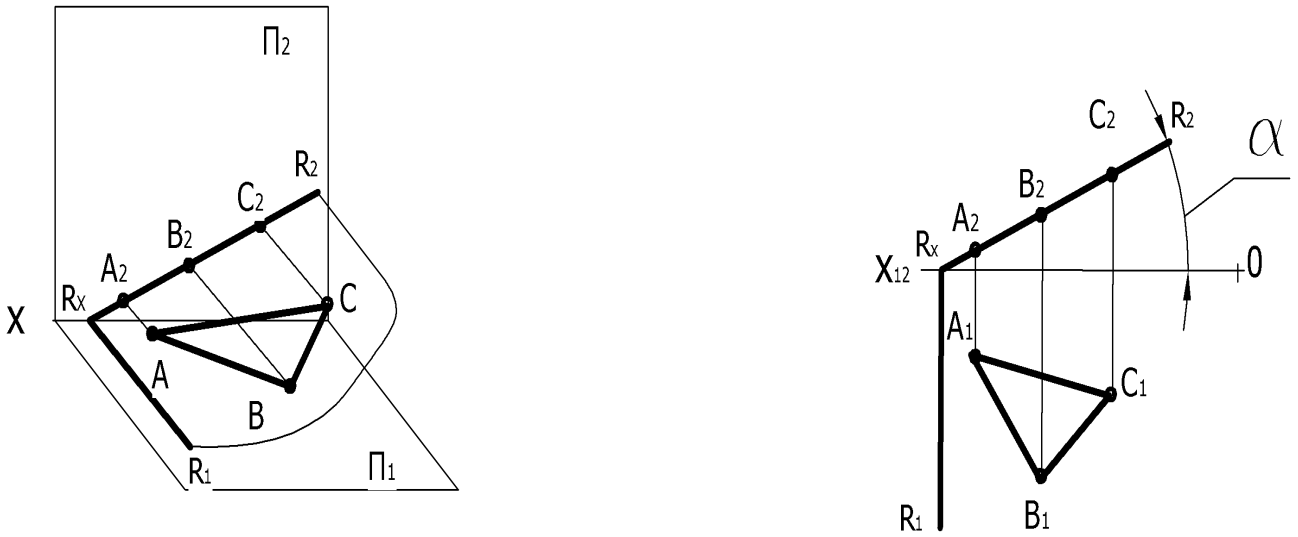


Рис. 1.14

Властивості фронтально-проекціювальної площини

$R \perp \Pi_2$ – фронтально- проекціювальна площина;

$R_1 \perp X_{12}$;

α – кут нахилу площини R до Π_1 .

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

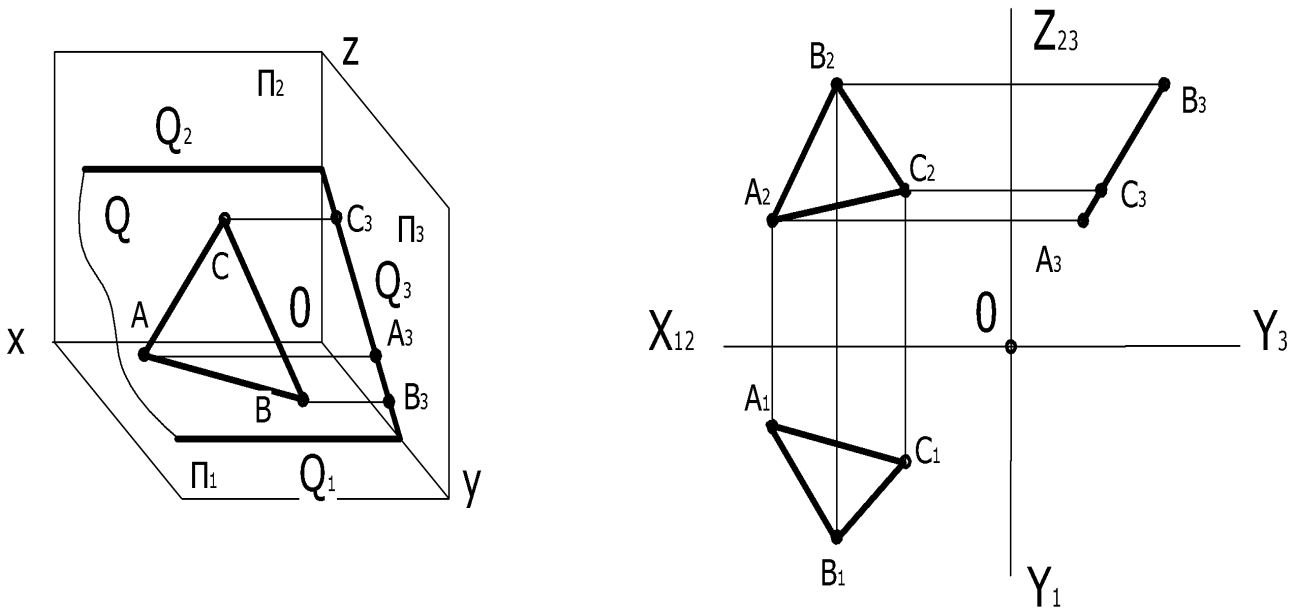


Рис. 1.15

Властивості профільно- проекціовальної площини

$Q \perp \Pi_3$ – профільно- проекціовальна 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).

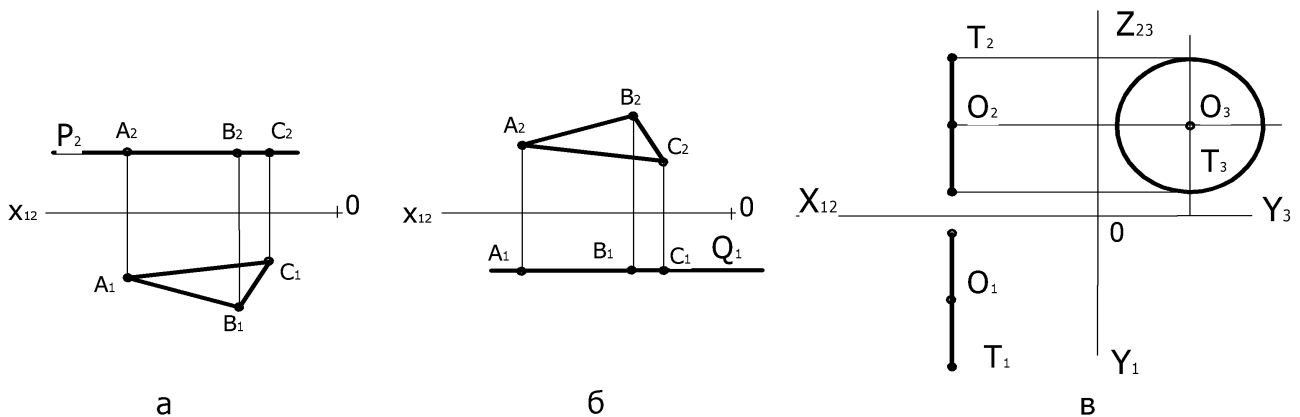


Рис. 1.16

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; $A_1B_1C_1 \subset Q_1$; $Q_1 \parallel X_{12}$; $\triangle A_2B_2C_2 = |\triangle ABC|$;

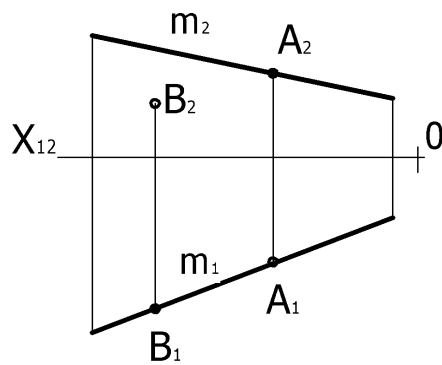
$T \parallel \Pi_3$ – профільна площина; $T_1, T_2 \perp X_{12}$.

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

1.3. Властивості проекцій пар геометричних фігур

1.3.1. 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. 1.17

1.3.2. 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 проєкції на будь-яку площину також паралельні (рис. 1.18 а).
- Якщо прямі в просторі перетинаються, то на комплексному кресленні точки перетину однойменних проєкцій розташовані на одній лінії проєкційного зв'язку (рис. 1.18 б).
- Якщо дві прямі в просторі не паралельні між собою і не перетинаються, то такі прямі називаються мимобіжними. Точки перетину однойменних проєкцій у мимобіжних прямих лежать на різних перпендикулярах до осі ОХ (рис. 1.18 в). Точки, проєкції яких співпадають на одній площині проєкції, називаються конкуруючими (рис. 1.18 в) – точка 1 і точка 2, точка 3 і точка 4.

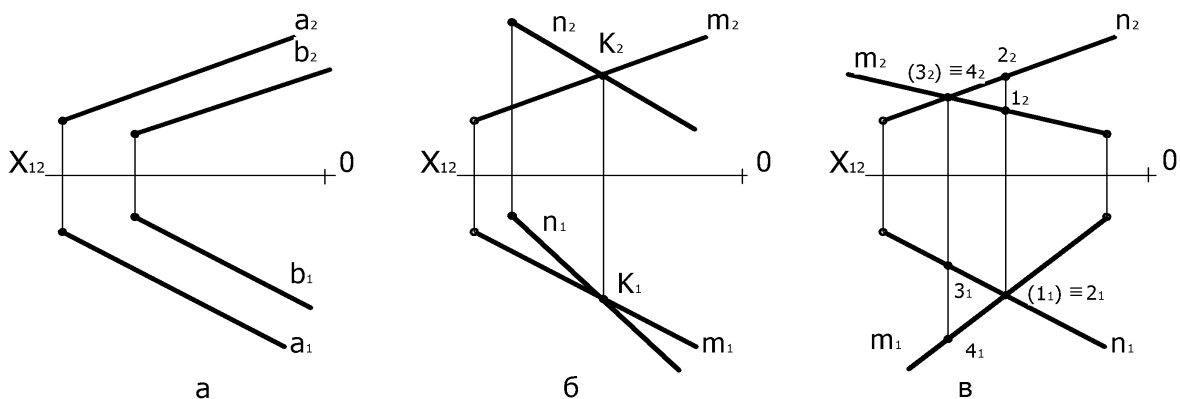


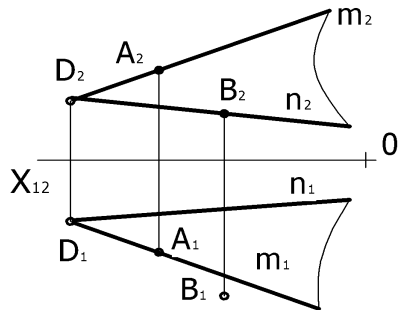
Рис. 1.18

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

$$K_2 K_1 \perp OX$$

1.3.3. 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. 1.19).



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

$$B \notin \Phi$$

Рис. 1.19

1.3.4. 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. 1.20 а, б).

Пряма належить площині, якщо вона проходить через точку, що лежить у площині і паралельна іншій прямій цієї площини (рис. 1.20 в).

До головних прямих площин відносяться прямі рівня, що належать площині і паралельні будь-якій площині проєкцій – горизонталі і фронталі (рис. 1.20 а, б).

Горизонталь площини – це лінія, що належить площині і паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

Фронталь площини – це лінія, що належить площині та паралельна фронтальній площині проєкцій Π_2 .

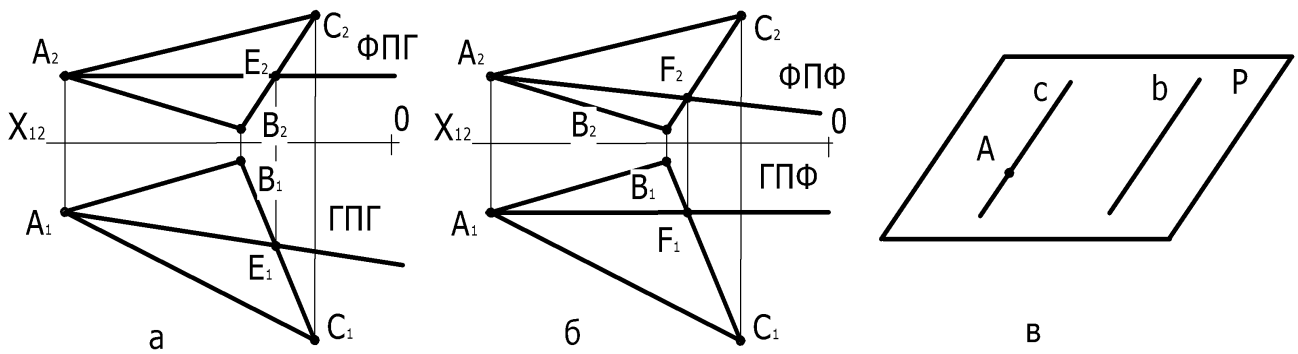


Рис. 1.20

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

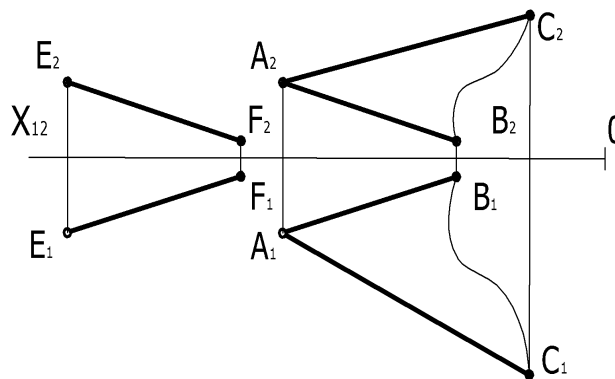
$$AF \subset ABC \rightarrow \begin{cases} A \in ABC \\ F \in ABC \end{cases}$$

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

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

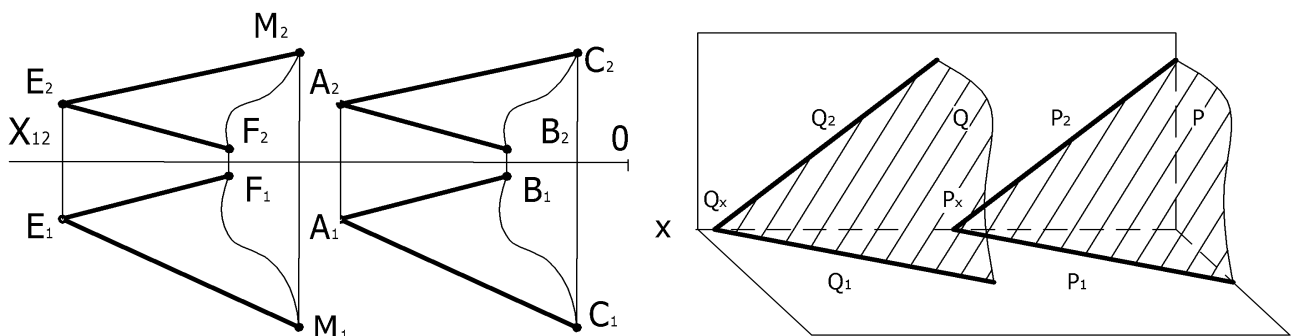
Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій, що лежить у цій площині.

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. 1.21 а, б).

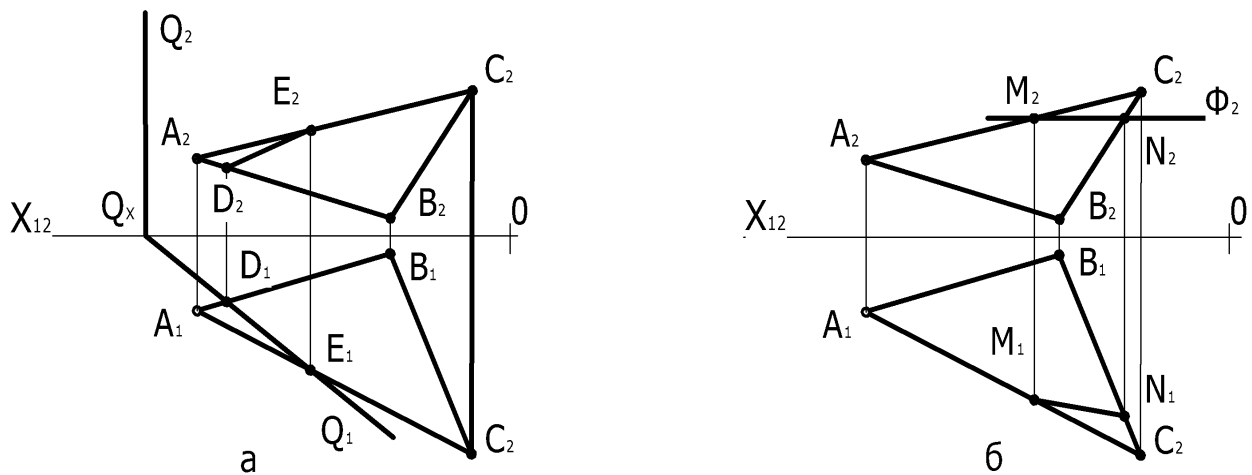


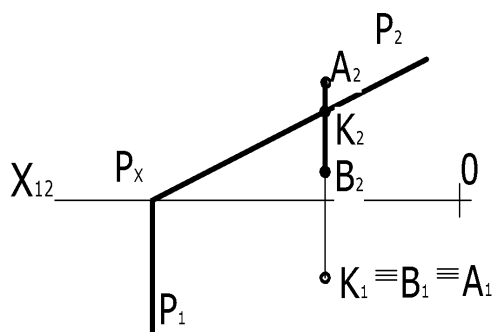
Рис.1.21

$\Delta ABC \cap (Q \perp \Pi_1) = DE$; Q_1 – володіє збиральною властивістю $D_1E_1 \subset Q_1$;

$\Delta ABC \cap (\Phi \parallel \Pi_1) = MN$; $M_2N_2 \subset \Phi_2$ (збиральна властивість).

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

1. Фігури є проєкціювальними відносно різних площин проєкцій.

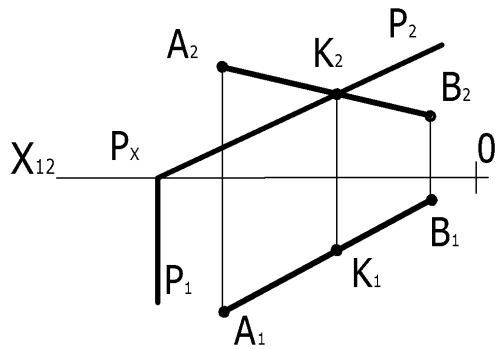


$P \perp \Pi_2$;

$AB \perp \Pi_1$;

Точка перетину прямої з площиною визначається на підставі інцидентності.

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



$P \perp P_2$;

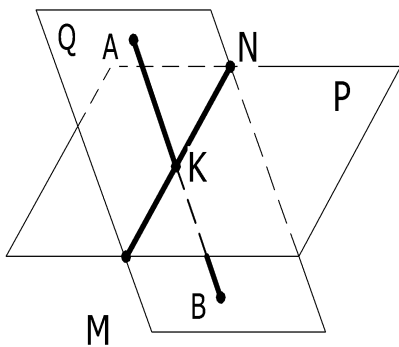
AB – загального положення;

K_2 - визначається на підставі інцидентності;

K_1 – за вертикальною відповідністю;

$K_1 \in A_1B_1$.

3. Обидві фігури займають загальне положення.

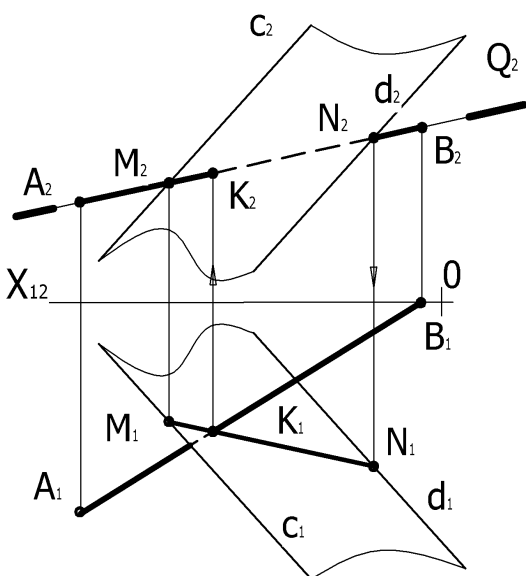


Для побудови точки перетину:

1. Пряму поміщують 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) $K = MN \cap AB$.

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

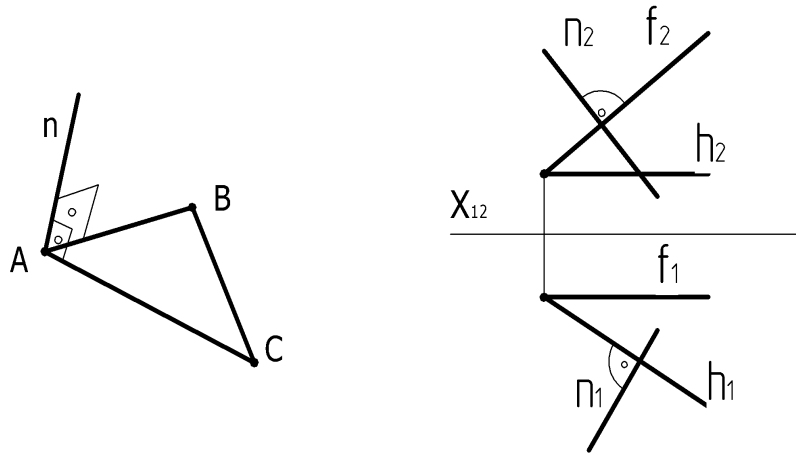


Через пряму AB проводимо фронтально проєкційвальну площину Q ($A_2B_2 \equiv Q_2$).

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.

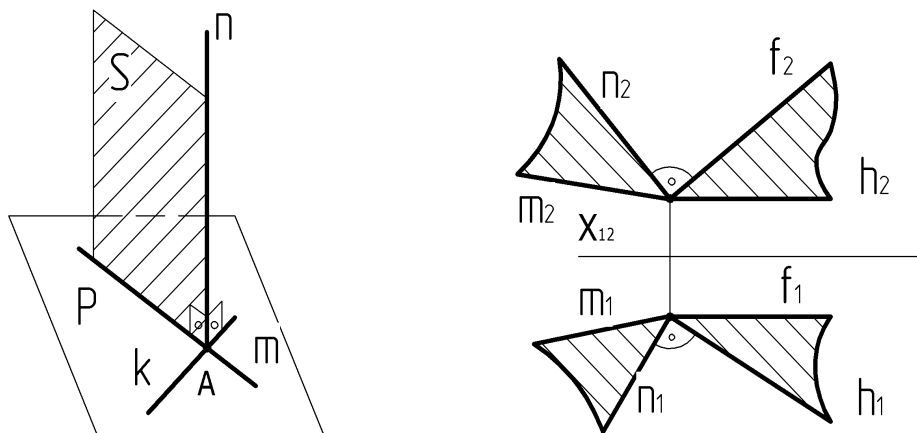
Пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна двом прямим, цієї площини, що перетинаються.

ПРИКЛАД:



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

ПРИКЛАД:



1.4. 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. 1.22). Описаний спосіб утворення поверхні називається кінематичним.

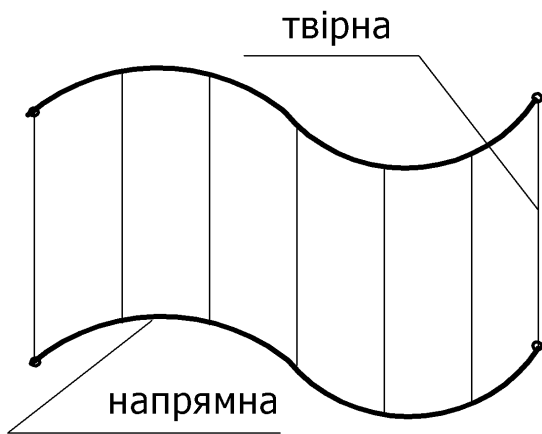


Рис. 1.22

Наприклад, для завдання циліндра обертання потрібні геометрична (вісь циліндра i та одна твірна АВ (рис. 1.23) і алгоритмічна (вказівка на те, що твірна обертається навколо осі) частини.

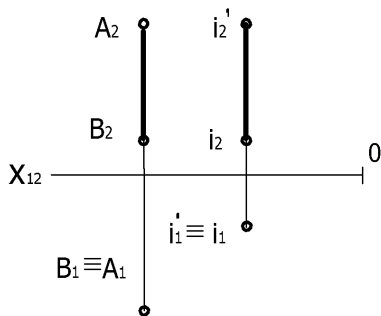


Рис. 1.23

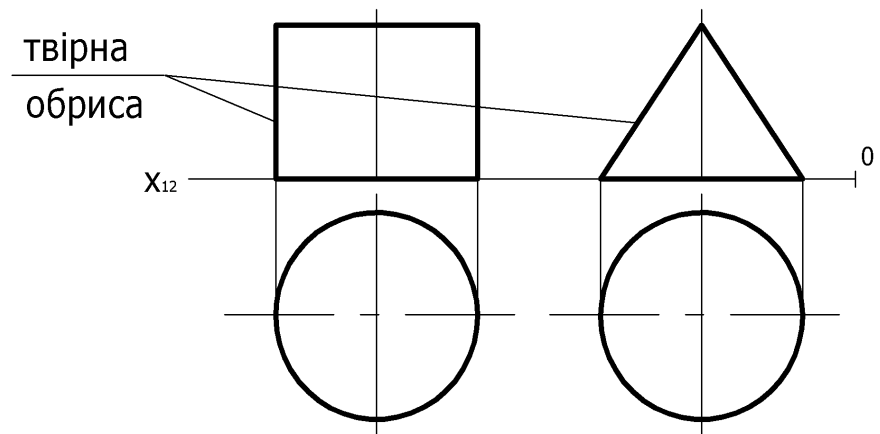


Рис. 1.24

Крім того, поверхня може бути задана на кресленні обрисом (рис.1.24.) Геометричні фігури на рис. 1.24 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.

1.4.1. Належність точки і лінії поверхні

Лінія належить поверхні, якщо всі точки лінії належать поверхні. Лінії, які належать поверхні, можуть бути плоскими і просторовими. В практичних умовах лінію будують приблизно через достатню кількість точок, які належать поверхні

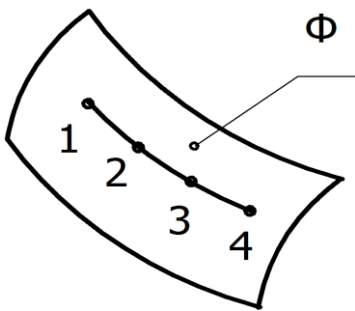
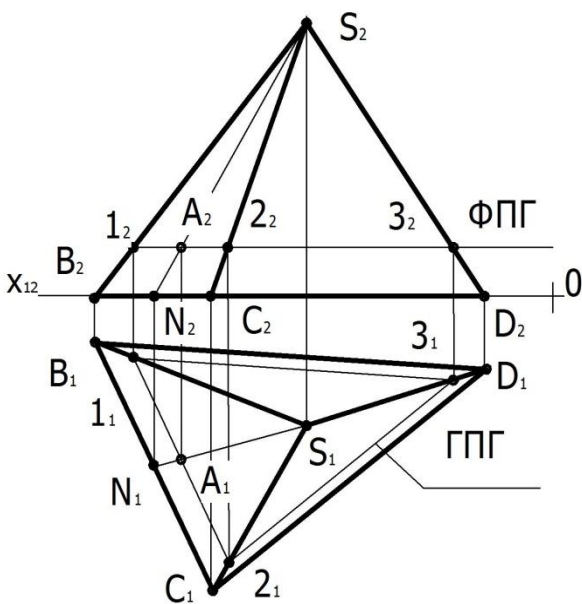


рис. 1.25

До головних ліній поверхні відносяться лінії рівня, що належать поверхні і паралельні будь-якій площині проєкцій (горизонталі і фронталі). Точка належить поверхні, якщо вона належить будь-якій лінії цієї поверхні. Для визначення належності точки поверхні на практиці використовують такі лінії як горизонталі, фронталі, лінії нарису, твірні.

Проекції цих ліній або задані на кресленні, або легко визначаються.

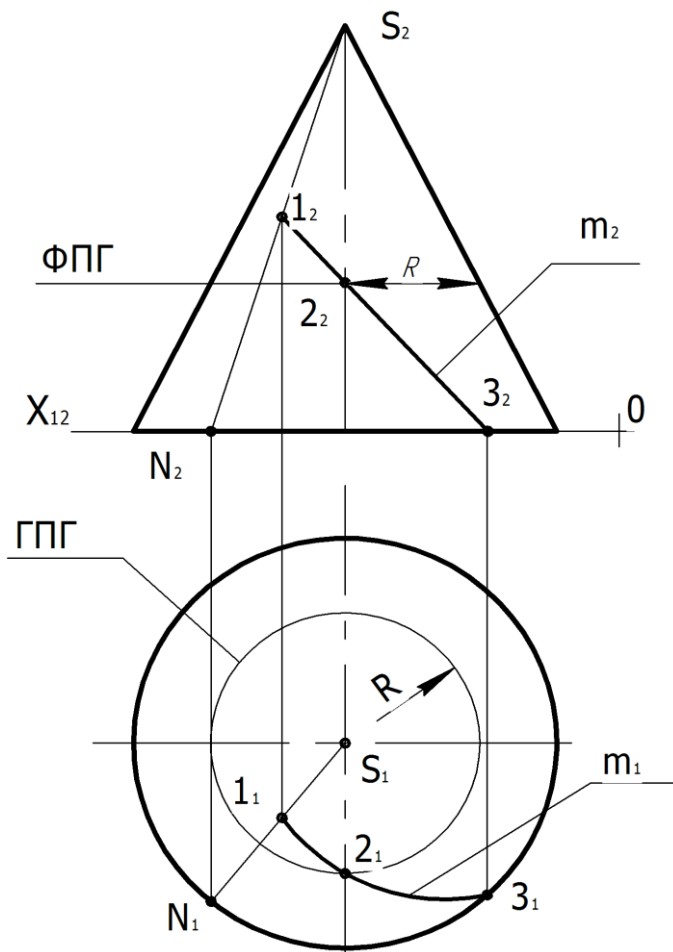
ПРИКЛАД: Побудувати горизонтальну проєкцію точки А, яка належить поверхні піраміди (A_2 – задана).



Алгоритм рішення:

1. Через фронтальну проєкцію A_2 будуємо фронтальну проєкцію твірної $A_2 \in S_2N_2$ або $\Phi ПГ(1_2 2_2 3_2) \parallel X_{12}$.
2. Будуємо горизонтальну проєкцію S_1N_1 (т. $N \in BC$), або $ГПГ$ (це трикутник зі сторонами, паралельними основі піраміди).
3. По лінії зв'язку будуємо горизонтальну проєкцію A_1 .

ПРИКЛАД: Побудувати горизонтальну проекцію лінії m , яка належить поверхні конуса. Фронтальна проекція лінії m задана.



Алгоритм рішення.

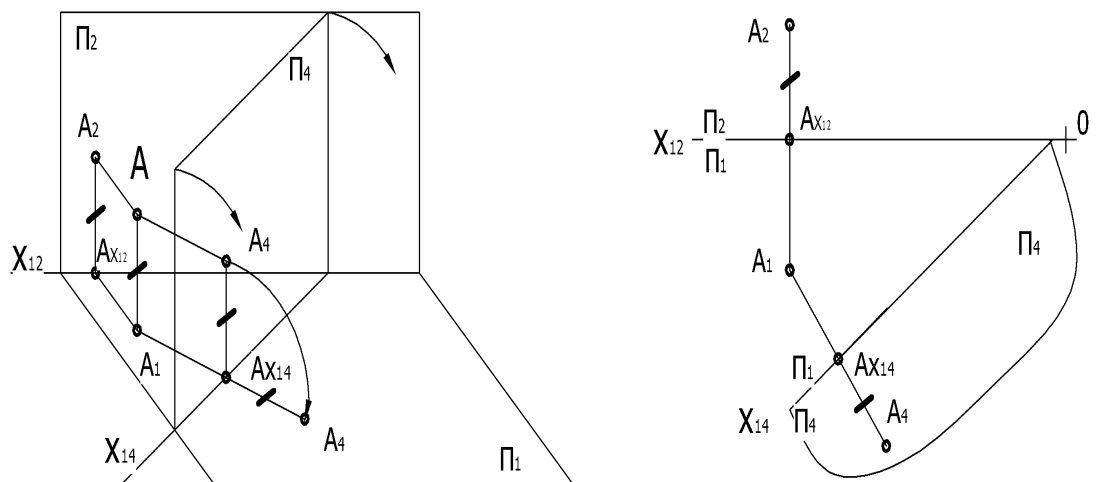
1. Горизонтальна проекція т. 1 знайдена за допомогою твірної SN $1_2 \in S_2N_2$; $1_1 \in S_1N_1$.
2. Горизонтальна проекція т. 2 знайдена за допомогою горизонталі $2_2 \in \Phi_{ПГ} \parallel X_{12}$; $2_1 \in \Gamma_{ПГ}$ (коло радіусом R).
3. Точки 3 і N належать основі конуса.

1.4.2. Перетин поверхонь проекціовальною площиною. Натуральна величина перерізу.

При перетинанні багатогранної поверхні проекціовальною площиною у перерізі буде багатокутник, вершини якого знаходяться на ребрах, а сторони – лінії перетину його граней із січною площиною. Одна з проекцій перетину буде збігатися зі слідом січної площини. Натуральна величина перерізу визначається методом заміни площин проекцій.

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

Розглянемо точку A в системі площин Π_1 та Π_2 (рис. 1.26). Введемо нову вертикальну площину Π_4 , слід якої на площині Π_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.



$$A_2Ax_{12} = AA_1 = A_4Ax_{14}$$

$A_1Ax_{14}A_4$ – лінія зв'язку

$$A_1A_4 \perp x_{14}$$

$$x_{12} \frac{\pi_2}{\pi_1} \rightarrow x_{14} \frac{\pi_4}{\pi_1}$$

Рис. 1.26

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

Висновки:

- При заміні (фронтальної) площини проєкцій (Π_2) на нову площину Π_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 проекцій.

Перетворення прямої загального положення в пряму рівня.

Щоб знайти справжню величину відрізка прямої АВ, замінюють фронтальну площину проекцій Π_2 новою вертикальною площиною Π_4 так, щоб вона була паралельна відрізку АВ і залишалась перпендикулярною до площини проекцій Π_1 (рис. 1.27).

На площину Π_4 відрізок спроекціюється в натуральну величину. Проекцію A_4B_4 на комплексному кресленні (рис. 1.27) будують в такій послідовності:

- на довільній відстані від A_1B_1 проводять нову вісь X_{14} , паралельну горизонтальній проекції 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 А і В, що виміряють на площині проєкцій Π_2 ;
- відрізок A_4B_4 є натуральною величиною відрізка АВ, оскільки він паралельний новій площині проєкцій Π_4 .

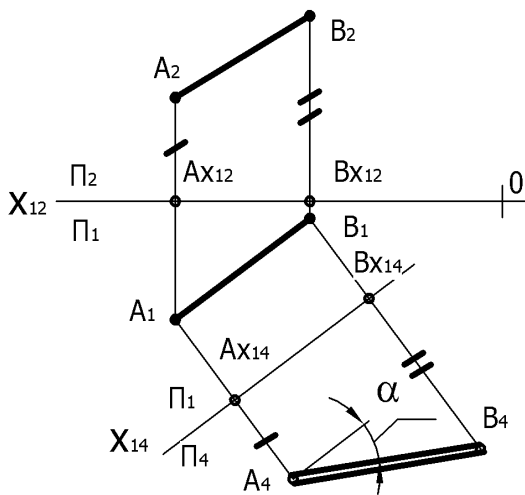


Рис. 1.27

$$X_{12} \frac{\pi_2}{\pi_1} \rightarrow X_{14} \frac{\pi_4}{\pi_1}; \Pi_4 \parallel AB; X_{14} \parallel A_1B_1$$

У системі $X_{14} \frac{\pi_4}{\pi_1}$ АВ – фронталь

$$B_2V_{X_{12}} = V_{X_{14}}B_4$$

$$A_2A_{X_{12}} = A_{X_{14}}A_4 \quad A_4B_4 = |AB|$$

α – кут нахилу прямої до π_1

Вищевикладеними побудовами визначаються:

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

Перетворення прямої рівня в проекціювальну

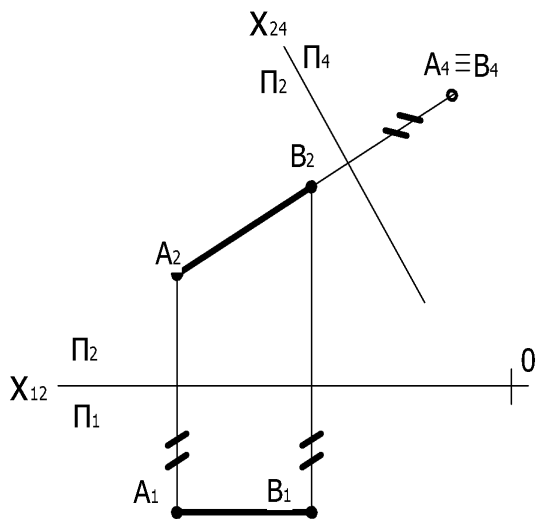


Рис. 1.28

$$X_{12} \frac{\pi_2}{\pi_1} \rightarrow X_{24} \frac{\pi_2}{\pi_4}; \pi_4 \perp AB; X_{24} \perp A_2B_2$$

Щоб пряма зайняла проекціювальне положення, досить перпендикулярно до прямої рівня провести нову площину Π_4 , її слідом буде X_{24} (рис. 1.28). 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.

Типові задачі, розв'язувані перетворенням прямої в проекціювальну:

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

Перетворення площини загального положення в проекціювальну

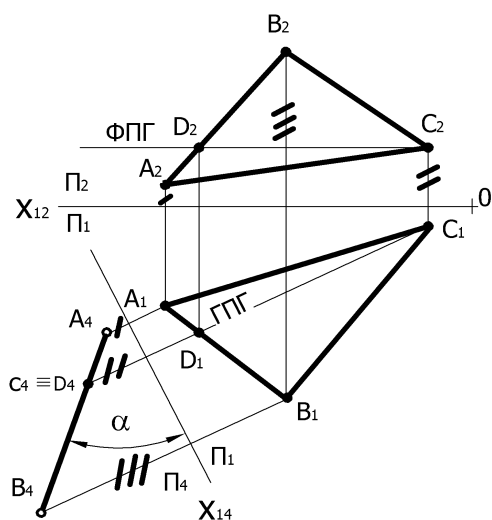


Рис. 1.29

Щоб перевести відсік у проекціювальне положення, необхідно й достатньо, щоб будь-яка пряма, що належить йому, спроектувалася в точку. За таку пряму доцільно взяти лінію рівня, бо для її перетворення в точку досить однієї заміни. На рис. 1.29 у відсіку проведено горизонталь CD , нову вертикальну площину Π_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-проекціювальну площину і спроекціювався у відрізок прямої A_4B_4

$$X_{12} \frac{\pi_2}{\pi_1} \rightarrow X_{14} \frac{\pi_4}{\pi_1} \quad \pi_4 \perp ABC; X_{14} \perp ГПГ$$

Типові задачі:

- визначення відстані від точки до площини;
- визначення кутів нахилу площини до площин проекцій.

Перетворення проекціювальної площини у площину рівня

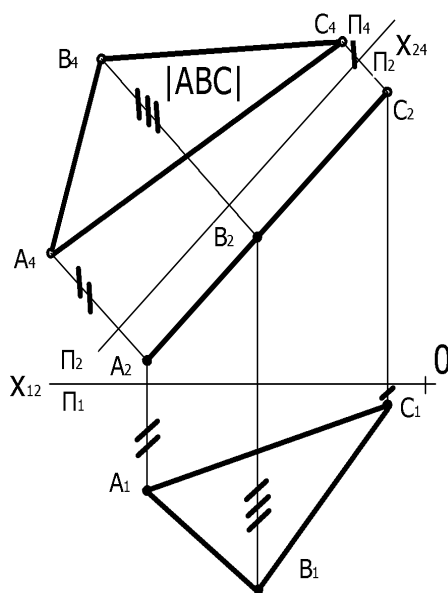


Рис. 1.30

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} . $X_{12} \frac{\pi_2}{\pi_1} \rightarrow X_{24} \frac{\pi_2}{\pi_4}$; $\Pi_4 \parallel \Delta ABC$;

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

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.

ПРИКЛАД: Побудувати проекції лінії перетину трикутної призми фронтально-проекціювальною площиною P (рис. 1.31). Побудувати натуральну величину фігури перерізу.

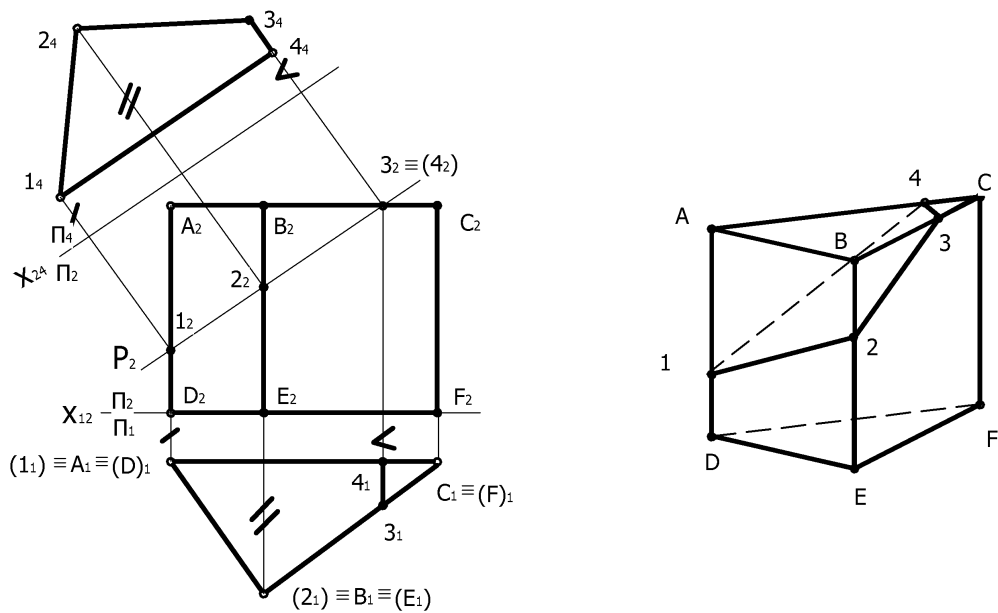


Рис. 1.31

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.

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

Визначимо натуральну величину перерізу методом заміни площин проекцій.

Проводимо нову площину Π_4 , паралельно площині P . 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-проекціовальною площиною P . Побудувати натуральну величину фігури перерізу (рис. 1.32).

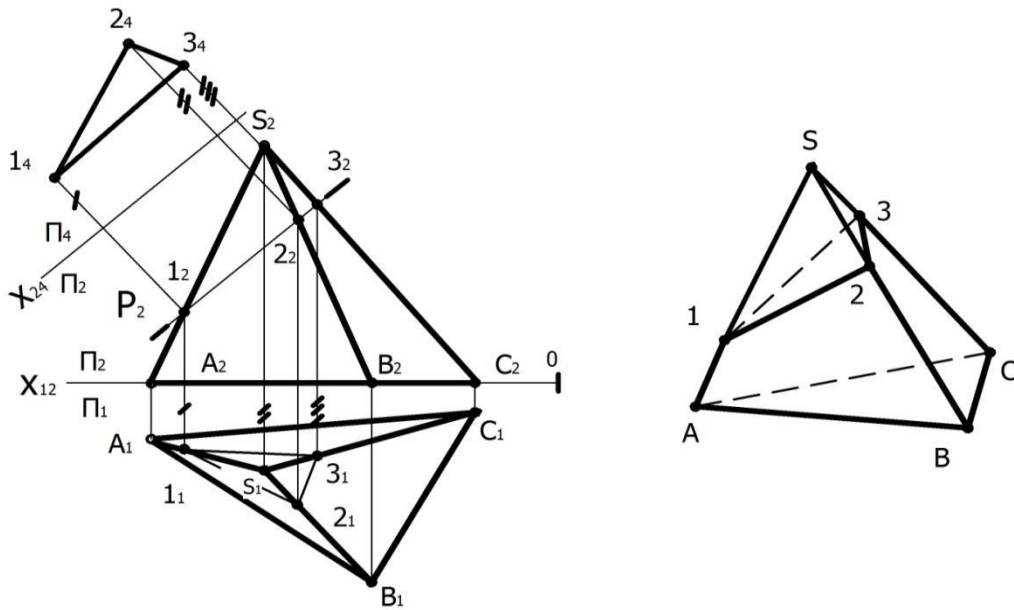


Рис. 1.32

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

Натуральну величину перерізу знаходимо методом заміни площин проекцій.

Перетин циліндричної поверхні площиною

При перетинанні прямого кругового циліндра площиною утворяться наступні лінії:

- коло – площина, перпендикулярна осі циліндра (P).
- прямокутник – січна площина, перпендикулярна основі (Φ, T).
- еліпс – площина, що нахилена до осі циліндра (R).

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

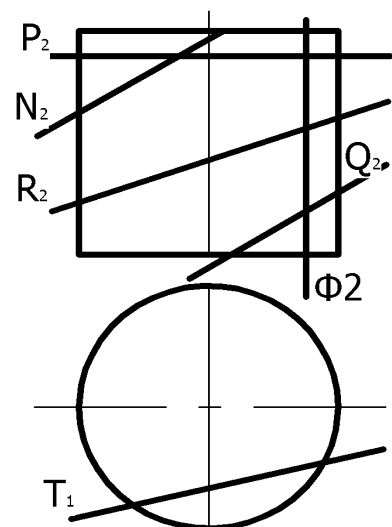


Рис. 1.33

ПРИКЛАД: Побудувати проєкції лінії перетину циліндра проєкціювальною площиною. Побудувати натуральний вид перерізу (Рис. 1.34).

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.

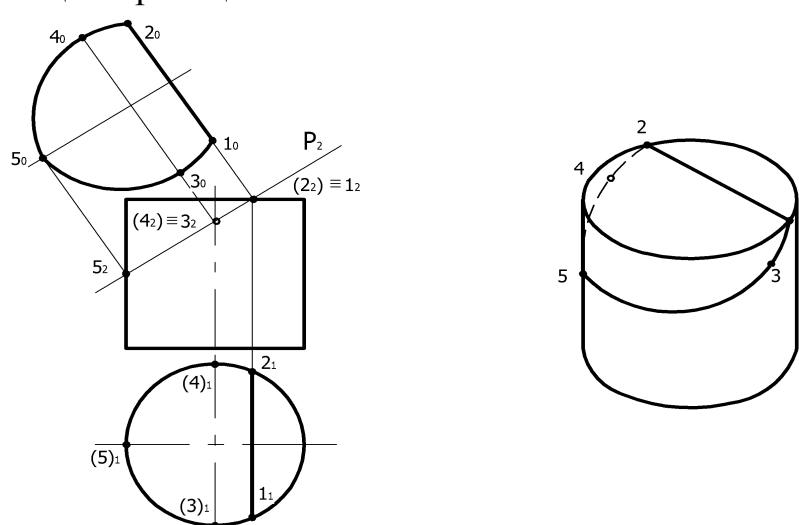


Рис. 1.34

Перетин конічної поверхні площиною

Конічні перерізи обмежені або кривою лінією другого порядку (коло, еліпс, гіпербола, парабола), або прямими лініями. При перетинанні прямого кругового конуса проєкціювальними площинами утворюються наступні лінії (рис. 1.35):

- 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 (Ф).

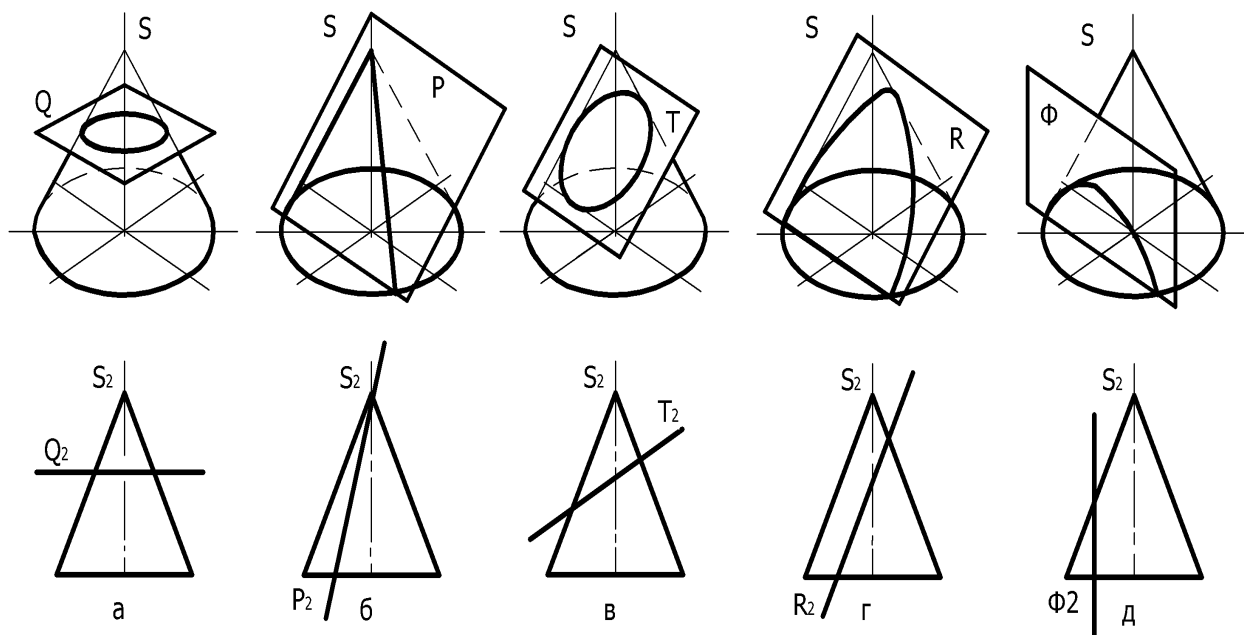


Рис. 1.35

ПРИКЛАД: Побудувати проєкції перерізу прямого кругового конуса проєкціювальною площиною P (рис. 1.36).

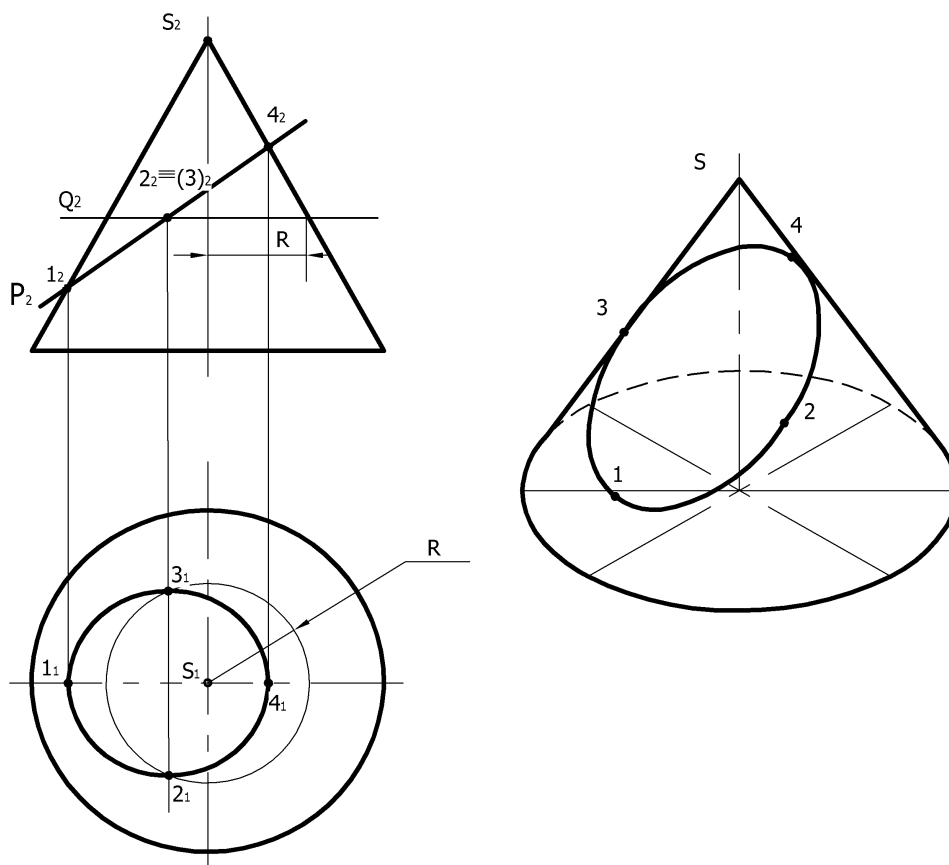


Рис. 1.36

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 проєкції $1_2, 2_2, \dots$ 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 Π_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 проєкціювальною площиною (рис. 1.37).

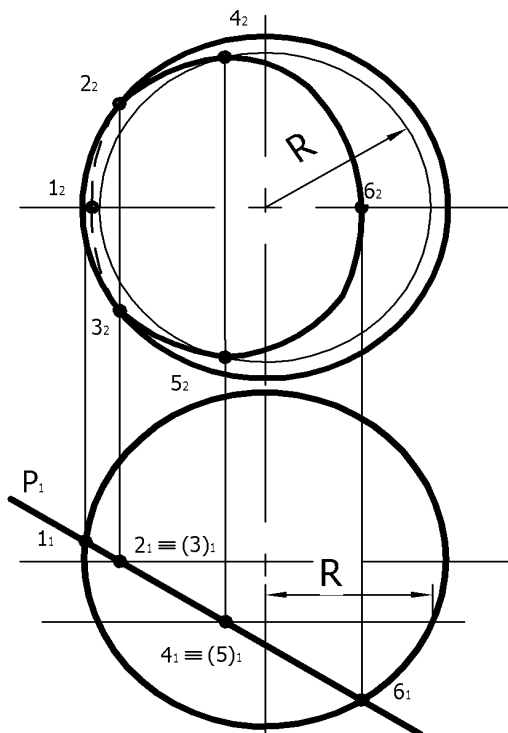


Рис. 1.37

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 Π_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 $4_2, 5_2$.

1.4.3. Розгортки поверхонь. Метод плоско – паралельного переміщення

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).

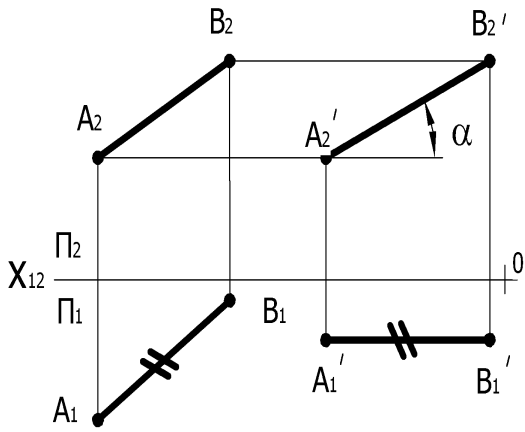
Всі інші поверхні розгортаються приблизно. Поверхня, що не розгортається, апроксимується (замінюється) багатогранною поверхнею.

Розгортки будують як сукупність натуральних величин усіх її граней. Натуральні величини ребер визначаємо методом 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 проєкцій до моменту, коли вона займе окреме положення щодо площин проєкцій. Оскільки положення осі обертання не впливає на остаточний результат, то вибір її довільний.

Щоб встановити відрізок прямої загального положення в положення, паралельне фронтальній площині проєкцій, треба повернути його навколо “невиявленої” горизонтально-проєкціовальної осі і на полі Π_2 дістанемо натуральну величину відрізка АВ (рис. 1.38).

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

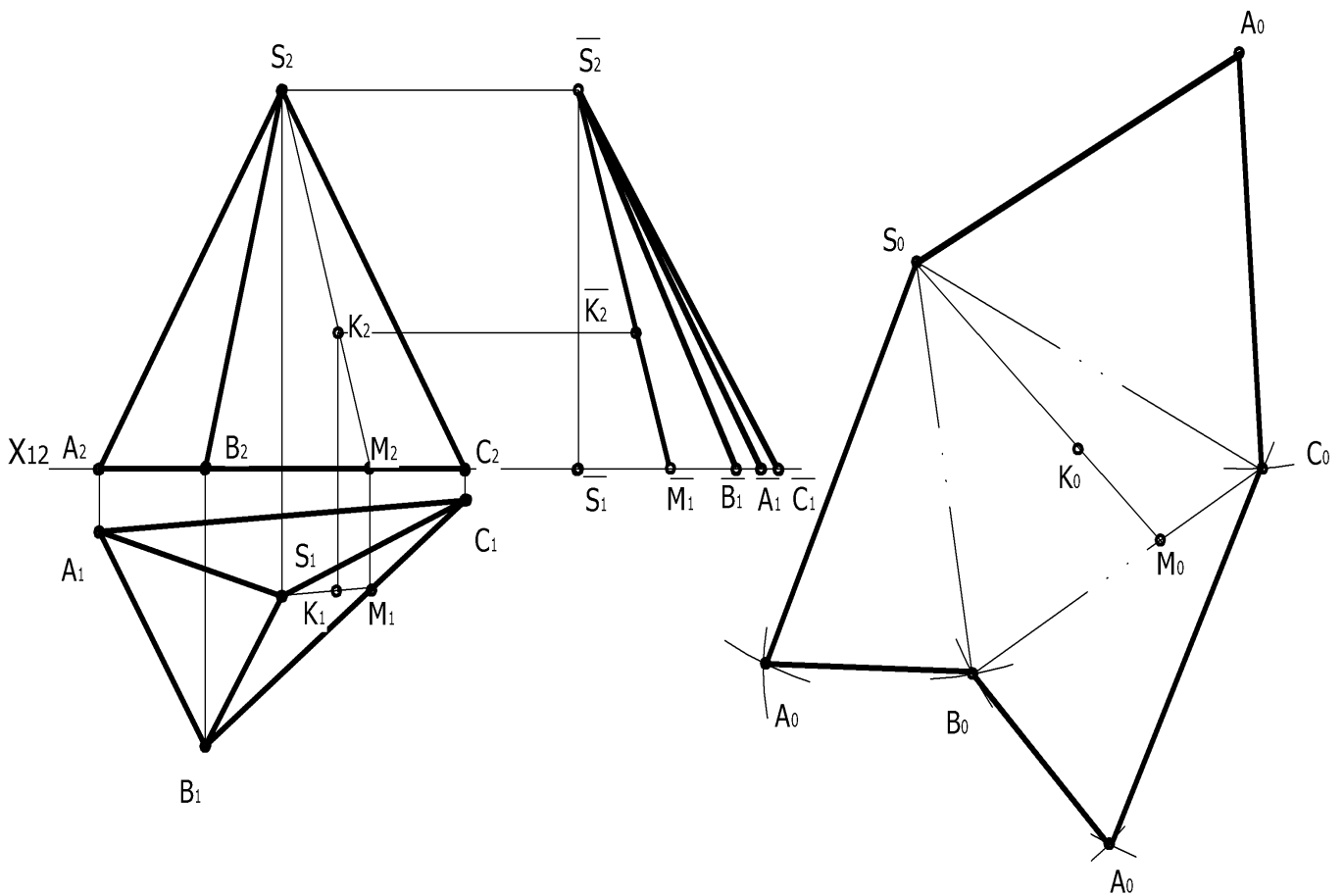


$A'_2B'_2$ – фронтальна проекція переміщеного відрізка AB – дорівнює натуральній (дійсній) величині відрізка. Кут α є кутом нахилу прямої AB до горизонтальної площини проєкцій. $A'_1B'_1 = A_1B_1$;
 $A'_1B'_1 \parallel X_{12}$; $A_2A'_2 \parallel X_{12}$; $B_2B'_2 \parallel X_{12}$
 $AB \parallel \Pi_2$; $A'_2B'_2 = |AB|$

Рис.1.38

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

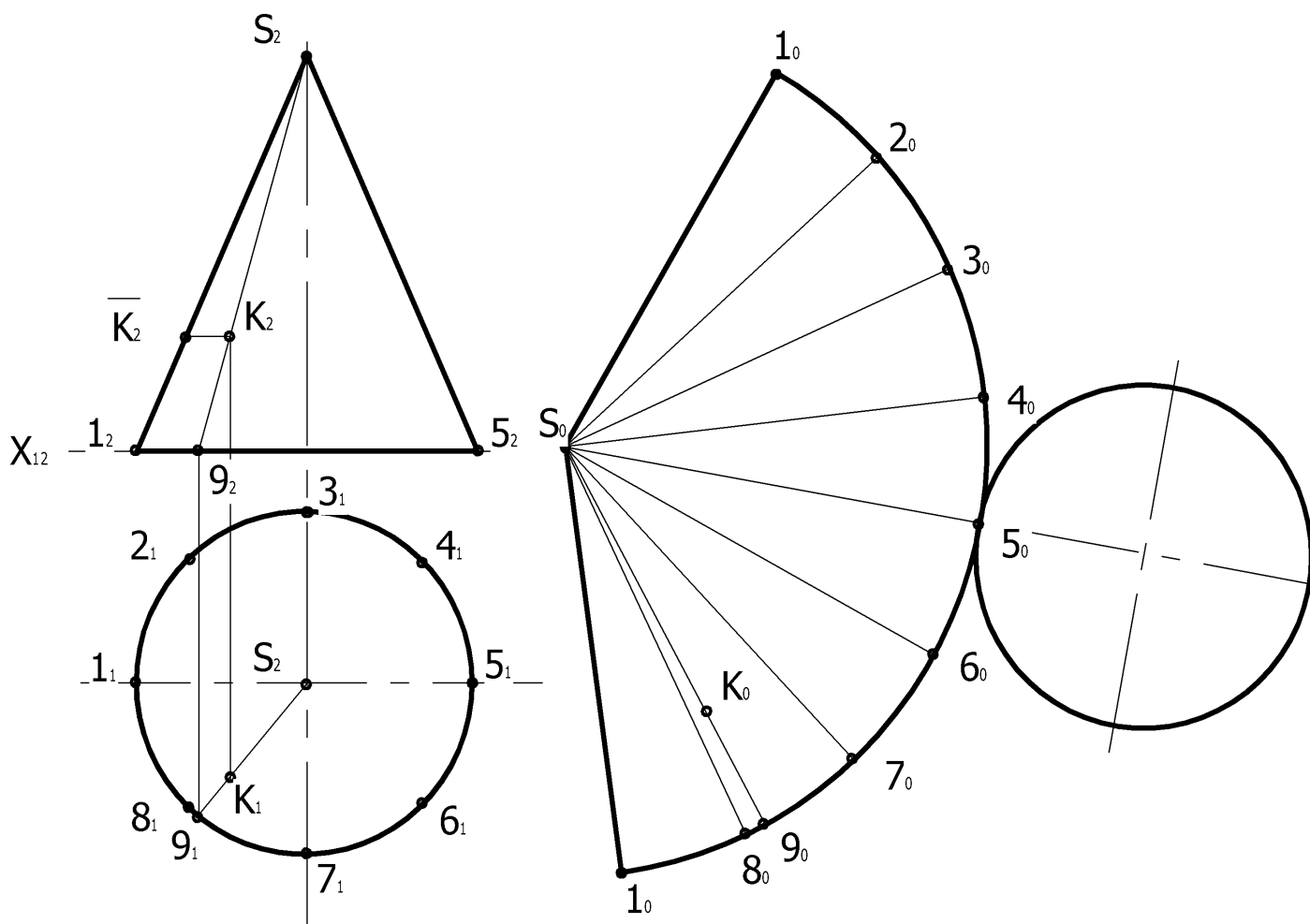
ПРИКЛАД: Побудувати розгортку поверхні прямого кругового конуса з нанесенням на неї точки K, що належить бічній поверхні конуса.

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 $S_2I_2 = S_2J_2$ – натуральна величина твірних.

Щоб знайти на розгортці точку K, треба спочатку перемістити її фронтальну проєкцію (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 Π_1 . Утворений після обертання натуральний відрізок твірною відкладають на розгортці, тобто $S_0K_0 = S_2K_2$.



2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ПОБУДОВА ПРОЕКЦІЙ ТА НАОЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ БАГАТОГРАННИКІВ»

2.1. Побудова проєкцій геометричних примітивів в програмі AutoCAD

В навчальному посібнику [3] викладено основи, наведено опис основних команд та особливості роботи у програмі AutoCAD. Треба звернути увагу, що в програмі AutoCAD координата X змінює знак на протилежний, тобто вибрано позитивний напрямок вісі X від 0 вправо, а негативний – вліво.

Задача.

Побудувати на епюрі та в наочному зображенні точку $A(10;40;25)$ за допомогою програми AutoCAD.

Побудову проєкцій точок в системі трьох площин проєкцій розглянуто в даному посібнику (див. 1.2.1). Приклад виконання (рис. 2.1).

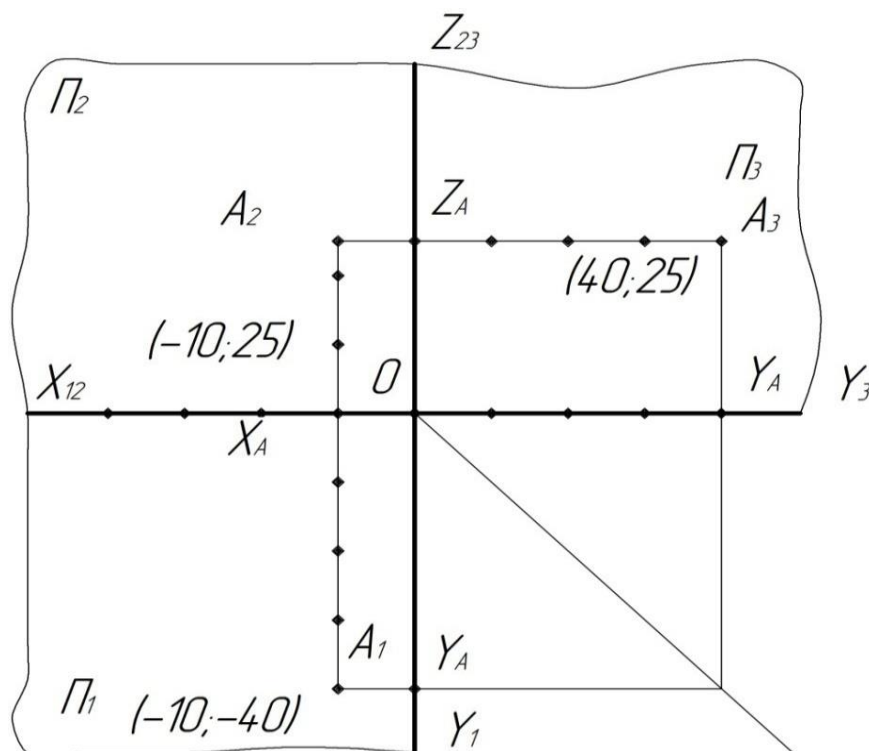


Рис. 2.1

Послідовність виконання завдання в редакторі AutoCAD.

Перша дія: показати рамки креслення.

На стандартній панелі інструментів вибрати Зуммирование рамкой.

Первый угол: -50,-50 [Enter]

Противоположный угол: 50,50 [Enter]

Побудова осьових ліній.

Виберемо команду *Отрезок* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

Формат виконання:

Команда: Отрезок Первая точка: -50,0 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: 50,0 [Enter]

Відміняється тільки остання дія.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована горизонтальна осьова лінія.

Для повторення попередньої команди *Отрезок* натискаємо *[Пробел]*.

Команда: Отрезок Первая точка: 0,-50 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: 0,50 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована вертикальна осьова лінія.

Виберемо *Текст (Многострочный)* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*.

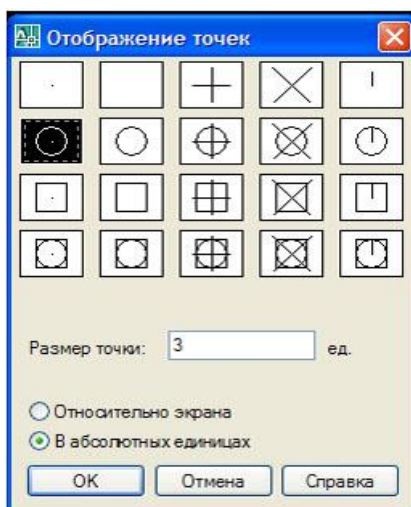
Підпишемо початок координат т.0 та осьові лінії X_{12}, Z_{23}, Y_{13} .

Зберегти побудову.

Зберегти файл як «*Оси эюр*» для використання в наступних завданнях.

Виберемо зображення точки на кресленні.

В меню інструментів *Формат Отображение точек*.



Переважна форма точки вказана на рис 2.2.

Розмір точки – 3 (в абсолютних одиницях).

Рис. 2.2

Починаємо побудову проєкцій точки A .
 Виберемо *Точка (Одиночная)* меню *Рисование*.
 Укажіть точку: -10,-40 [Enter]
 Буде побудована горизонтальна проєкція A_1 .
 Укажіть точку: -10,25 [Enter]
 Буде побудована фронтальна проєкція A_2 .
 Укажіть точку: 40,25 [Enter]
 Буде побудована профільна проєкція A_3 .
 Побудова ліній проєкційного зв'язку.
 Виберемо *Отрезок* в меню *Рисование*.
 За допомогою мишки з'єднаємо проєкції точок лініями зв'язку.
 Підпишемо проєкції точок A_1, A_2, A_3 .
 Зберегти файл як «Задача 1».
 Побудова наочного зображення точки A .
 Приклад виконання на рис. 2.3.

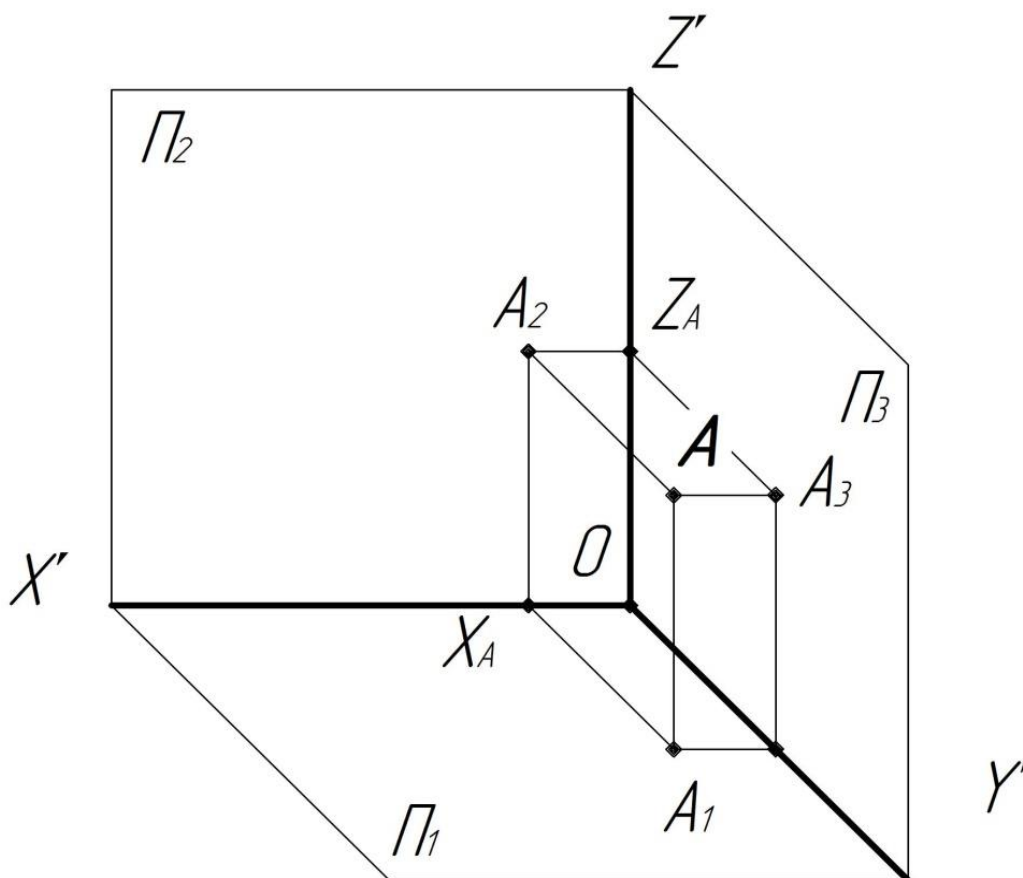


Рис. 2.3

Побудова осьових ліній з використанням відносної полярної системи координат.

Виберемо команду *Отрезок* в меню *Рисование*.

Команда: Отрезок Первая точка: 0,0 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]]: @50<180 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована вісь X'.

Для повторення попередньої команди *Отрезок* натискаємо *[Пробел]*.

Команда: Отрезок Первая точка: 0,0 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]]: @50<90 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована вісь Z'.

Для повторення попередньої команди *Отрезок* натискаємо *[Пробел]*.

Команда: Отрезок Первая точка: 0,0 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]]: @50<315 або @50<-45 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована вісь Y'.

Зберегти файл як «*Оси диметрия*».

Побудова точки A (10;40;25) в наочному зображенні.

Команда: Отрезок Первая точка: 0,0 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]]: @10<180 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]]: @20<-45 [Enter]

(координата При побудові фронтальної диметрії коефіцієнт спотворення по вісі Y дорівнює 0,5, тому координата Y зменшується вдвоє).

Следующая точка или [Отменить]]: @25<90 [Enter]

Следующая точка или [Отменить]: [Esc]

Побудована точка A.

Профільну та фронтальну проекції точки A будуємо за допомогою команд *Редактирования (Копировать с базовой точкой, Вставить)*.

Підпишемо креслення.

Зберегти файл як «Задача 2»

Побудова проекції прямої АВ з координатами кінців $A(35;10;15)$, $B(10;20;25)$ за допомогою програми AutoCAD.

Приклад виконання на рис. 2.4.

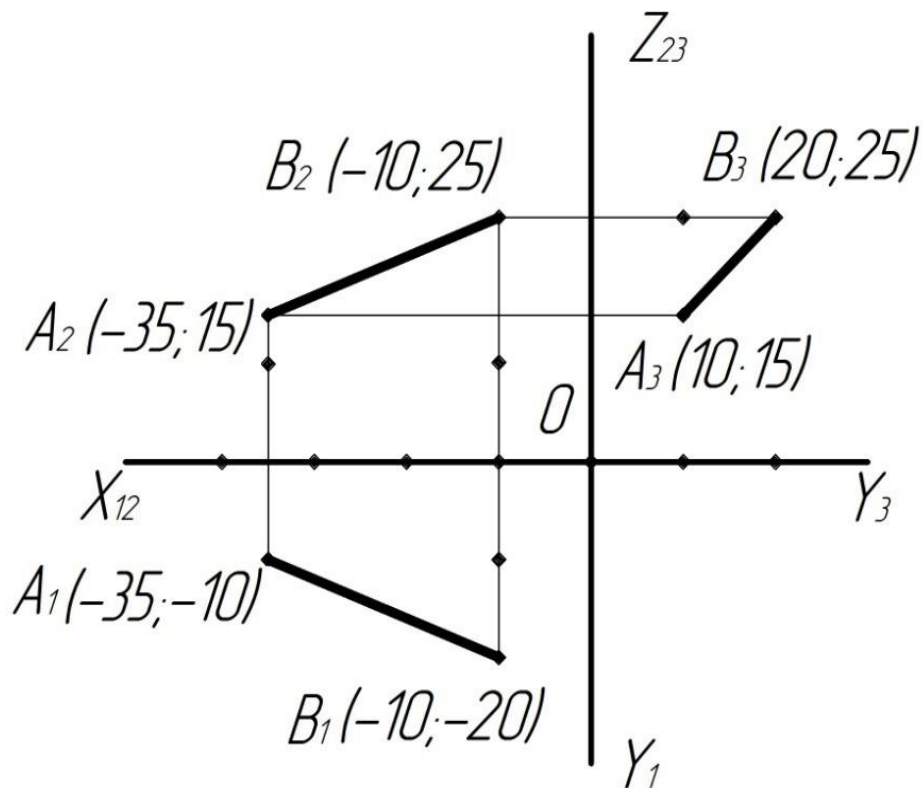


Рис.2.4

Відкриваємо файл «Оси етор».

Виберемо *Точка (Одиночная)* меню *Рисование*.

Укажите точку: -35,-10 [Enter]

Буде побудована горизонтальна проекція A_1 .

Укажите точку: -35,15 [Enter]

Будет побудована фронтальна проекція A_2 .

Укажите точку: 10,15 [Enter]

Будет побудована профільна проекція A_3 .

Проекції точки В будуються аналогічно.

Виберемо *Отрезок* в меню *Рисование*.

Підпишемо проекції точок.

За допомогою мишки проводимо проекції відрізка АВ та лінії проекційного зв'язку.

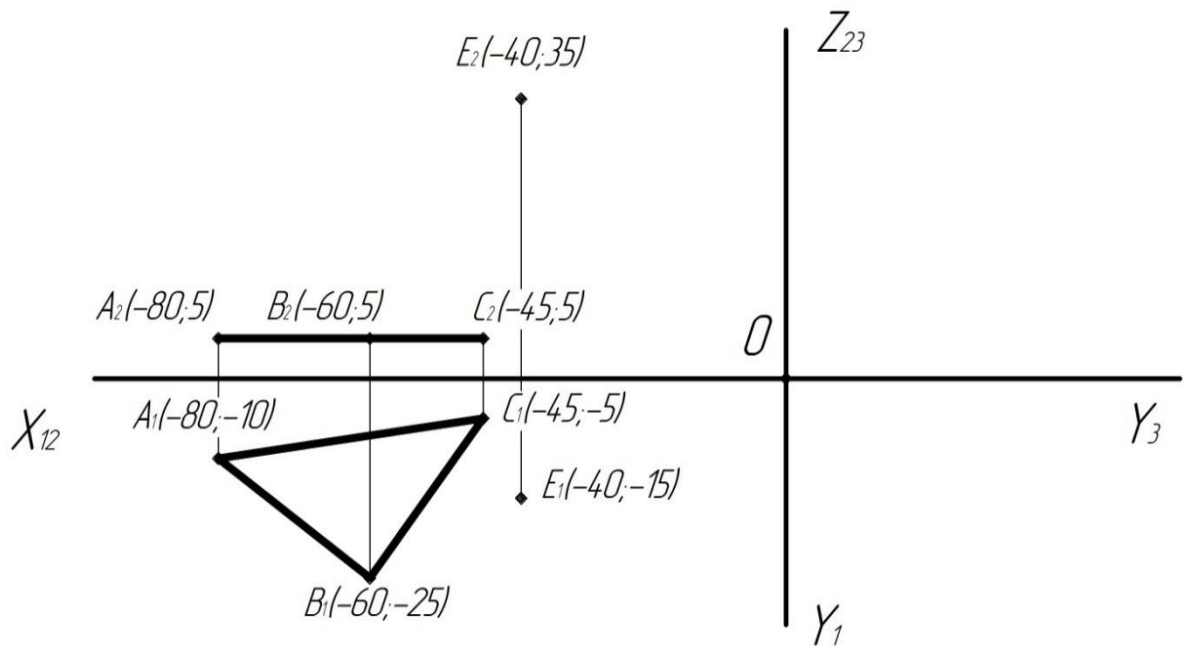
Зберегти файл як «Задача 3».

2.2. Приклад виконання завдання «Побудова проєкцій та наочного зображення багатогранників»

Дано: Координати точок $A(80;10;5)$, $B(60;25;5)$, $C(45;5;5)$, $E(40;15;35)$.

Побудувати: Три проєкції наклонної трьохгранної призми $ABC EFK$ (невидимі ребра показати штриховою лінією), наочне зображення призми, горизонтальну пряму, належну грані $AEFB$ і розташовану на відстані 30 мм від площини Π_1 .

Відкриваємо файл «Оси етюр». За координатами будуємо умови задачі. Приклад побудови розглядався в задачах 1, 3.



Будуємо фронтальну та горизонтальну проєкції ребер AE (рис.2.5).

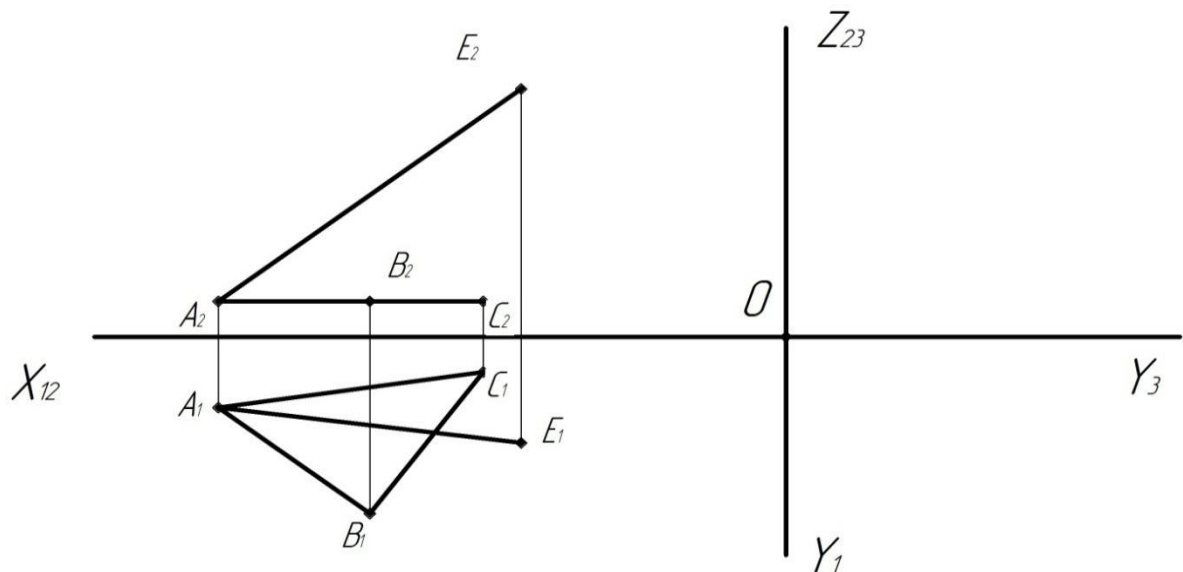


Рис. 2.5

За допомогою команд *Редактирования* (*Копировать с базовой точкой, Вставить*) будемо ребра BF і СК паралельно ребру AE (рис.2.6).

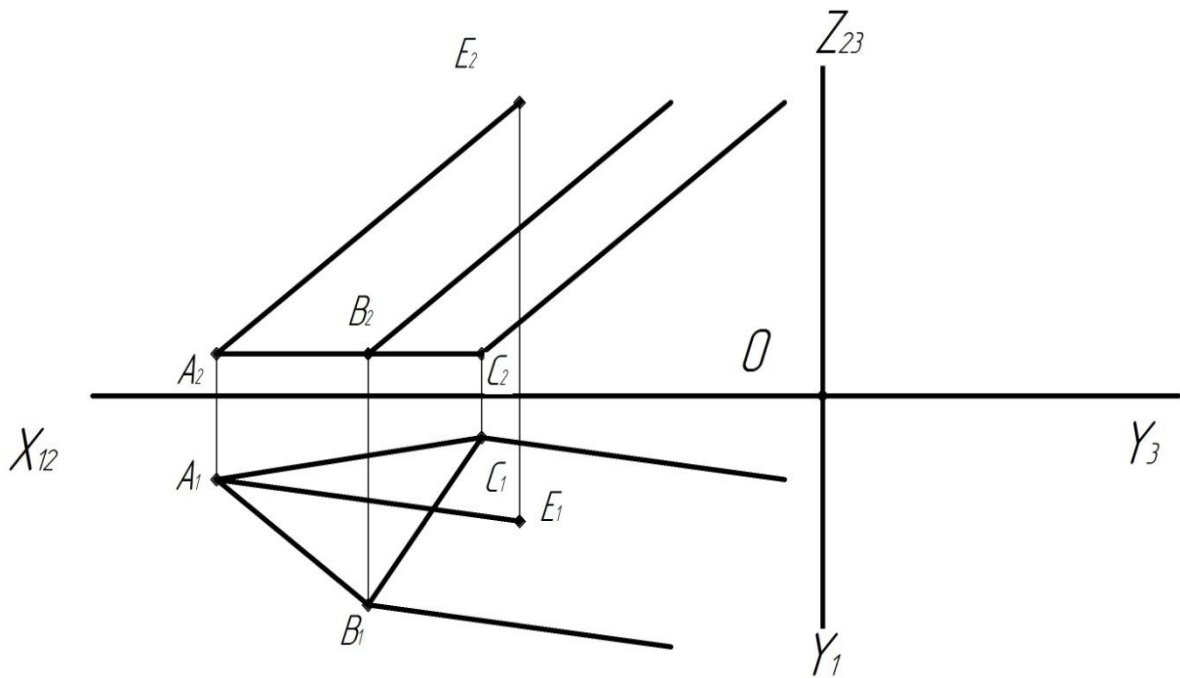


Рис.2.6

За допомогою команд *Редактирования* (*Копировать с базовой точкой, Вставить*) будемо основу EFK паралельно ABC (рис.2.7).

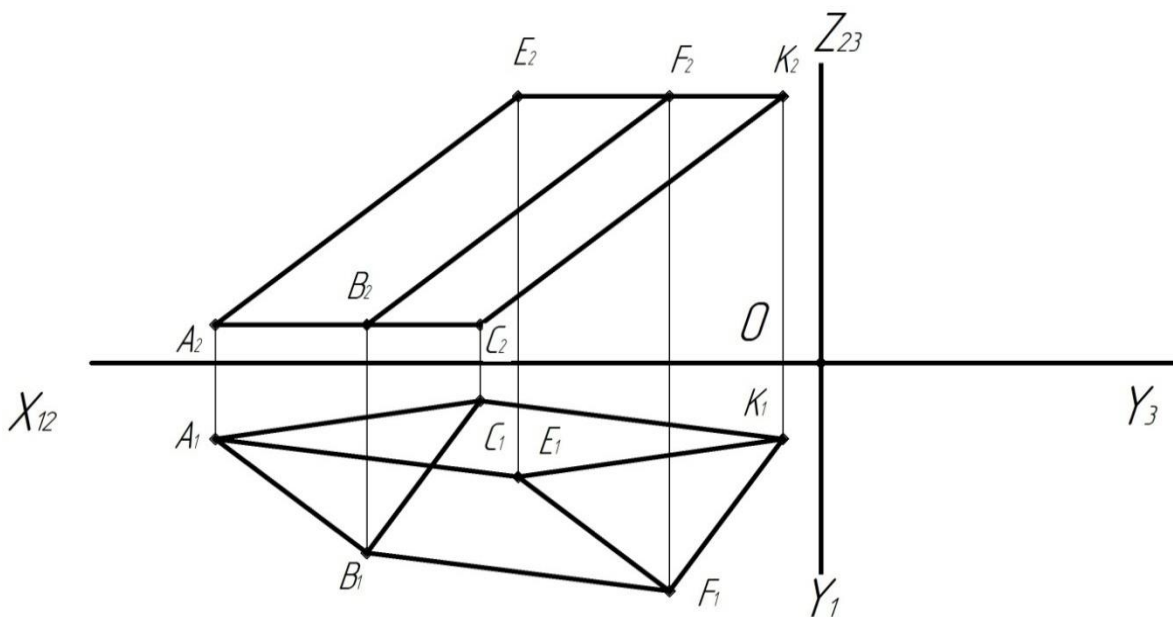


Рис.2.7

Будуємо профільну проекцію призми.

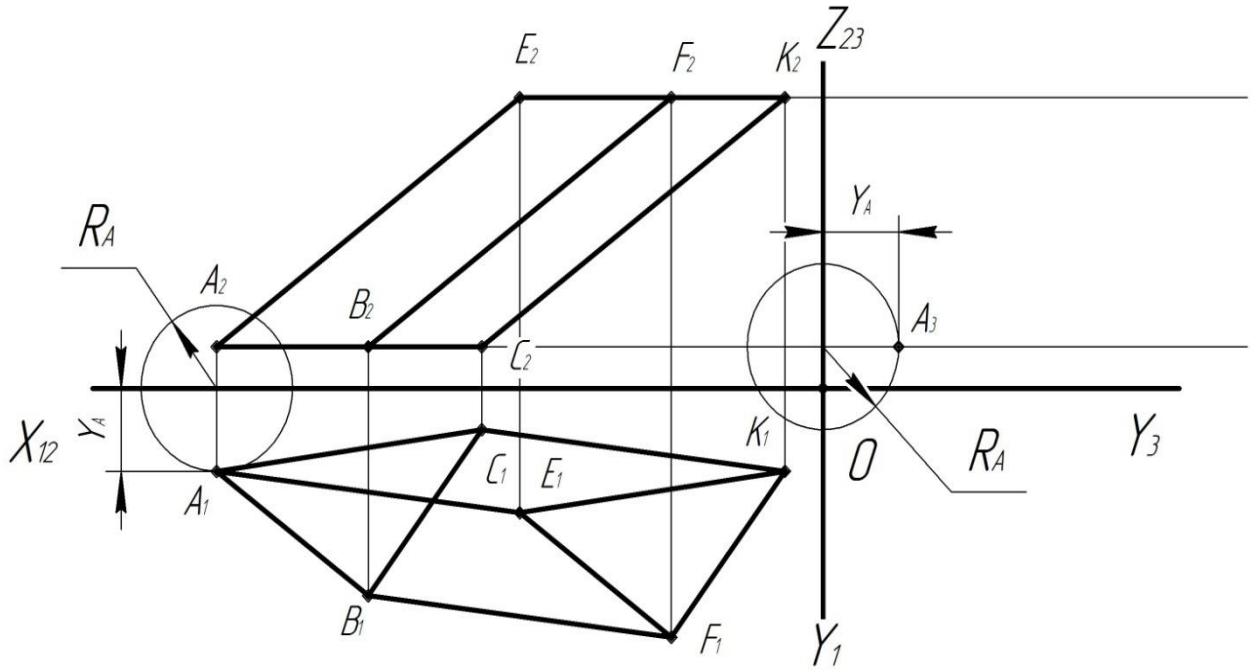


Рис. 2.8

Будуємо горизонтальні лінії проекційного зв'язку, на яких відкладаємо координати Y усіх вершин призми. Відміряти координати зручно побудовою кіл за допомогою команди *Круг*. Потім коло переміщується в профільну площину (рис.2.8).

За допомогою конкуруючих точок визначаємо видимість ребер (рис. 2.9).

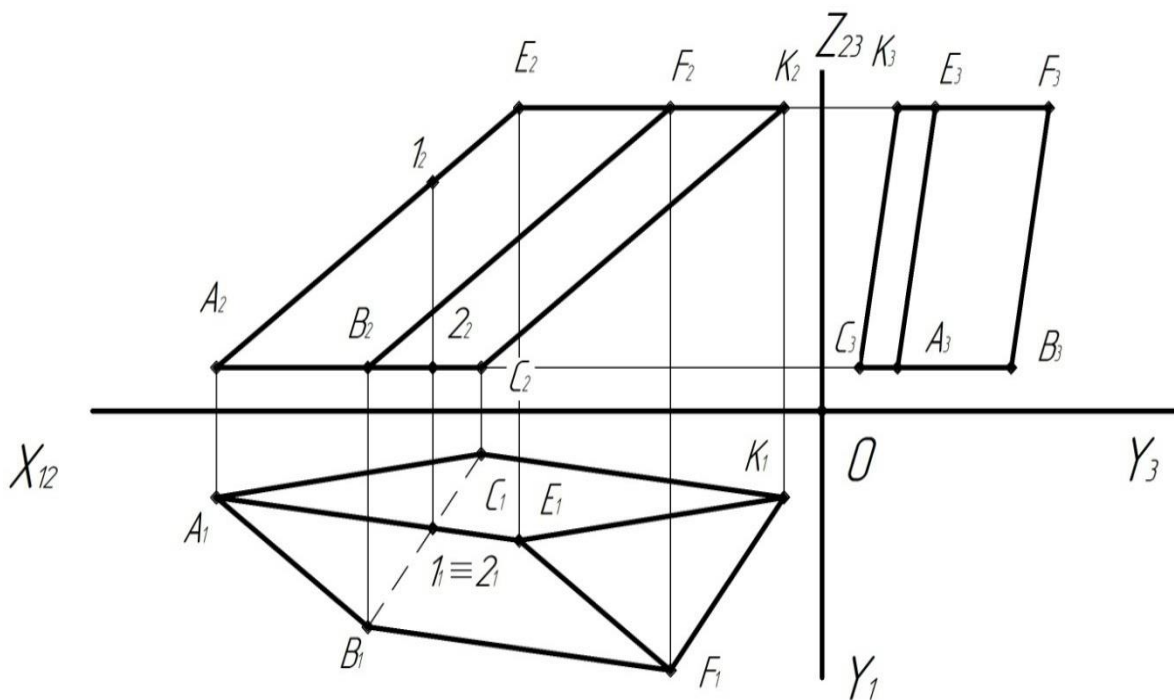


Рис. 2.9

Точка 1, яка належить ребру АЕ, знаходиться над точкою 2, тому ребро АЕ знаходиться над ребром ВС. На горизонтальній проекції ребро ВС – невидиме.

Наочне зображення призми будуюмо згідно з прикладом (задача 2).

Побудова ліній належних площинам розглядалась в даному посібнику а розділі 1.3.4.

Для побудови горизонталі, яка належить грані АЕФВ, треба вибрати дві точки, належні цій грані, на відстані 30 мм від Π_1 ($Z=30\text{мм}$). ФПГ побудувати паралельно X_{12} .

Нижче наведено приклади оформлення завдання «Побудова проєкцій та наочного зображення багатогранників». Завдання виконується на двох форматах А4, з заповненням основного напису (рис 2.10, рис.2.11).

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ»

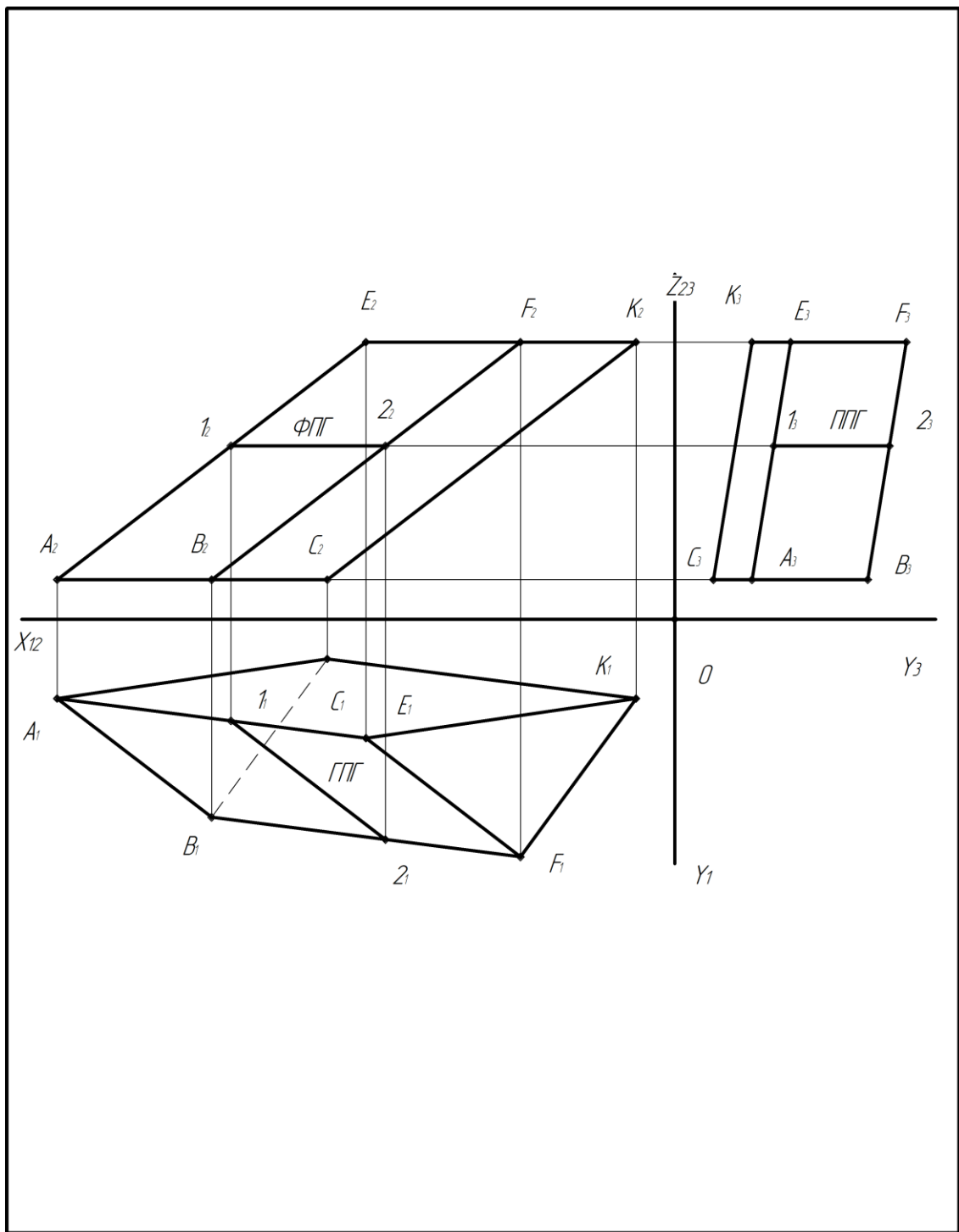
Завдання «Проекційне креслення» складається з наступних задач:

1. Побудувати три проєкції фігури з вирізом.
2. Визначити натуральну величину похилого перерізу.
3. Побудувати розгортку поверхні з нанесенням лінії вирізу.

Тема «Проекційне креслення» розглядалась в даному посібнику в розділі 1.4.

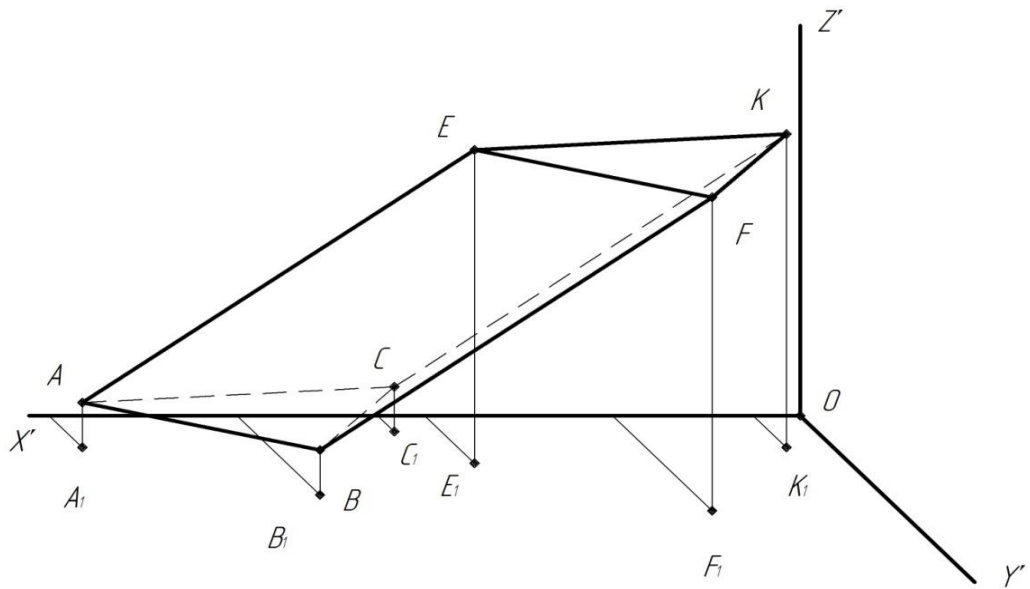
3.1. Побудова трьох проєкцій фігур з вирізом

Для побудови проєкції лінії, належній поверхні, використовуємо метод допоміжних перерізів. Суть метода складається в тому, що в якості допоміжних ліній використовуються лінії перерізів поверхні площинами, які проходять через задану точку лінії. Площина вибирається така, що форма перерізу була зручною для креслення. Побудову проєкцій лінії перетину починають в визначення характерних точок (вища, нижча, точки видимості, точки дотику проєкцій ліній перетину до обрису проєкції поверхні). Кількість точок залежить від характеру лінії перетину.



					<i>КГНГ.МР.01.16.201</i>			
Змін.	Лист	№докум.	Підп.	Дата	<i>ТРИ ПРОЕКЦІЇ ПРИЗМИ</i>	Літ.	Маса	Масштаб
Креслив	Иванов							<i>1:1</i>
Перевірив	Иванов					Лист	Листов	
					<i>КН 01 - 16</i>			

Рис. 2.10



					<i>КГНГ.МР.01.16.202</i>				
Змін.	Лист	№докум.	Підп.	Дата	<i>АКСОНОМЕТРІЯ ПРИЗМИ</i>		Літ.	Маса	Масштаб
Креслил		Иванов							<i>1:1</i>
Перебiрив		Иванов					Лист 2	Листов	
					<i>КН 01 - 16</i>				

Рис. 2.11

Побудову трьох проекцій фігури розглянемо на прикладі прямого кругового конуса з вирізом (рис. 3.1).

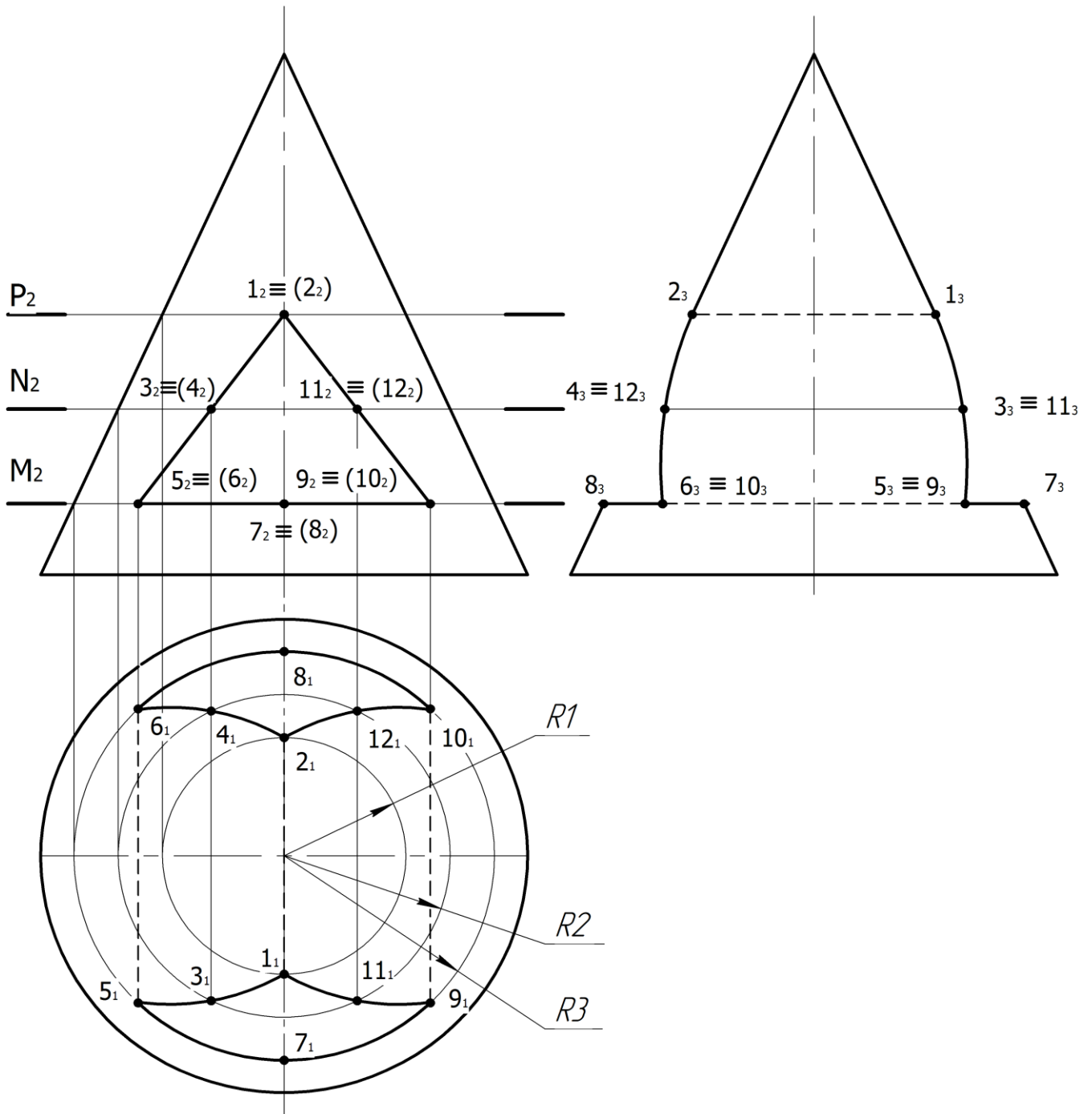


Рис. 3.1

З креслення видно, що похилі грані вирізу не паралельні обрисовим твірним, тому вони перетинають конус по еліпсам, а грань, яка паралельна основі – по колу (рис. 1.35).

Алгоритм побудови лінії перетину:

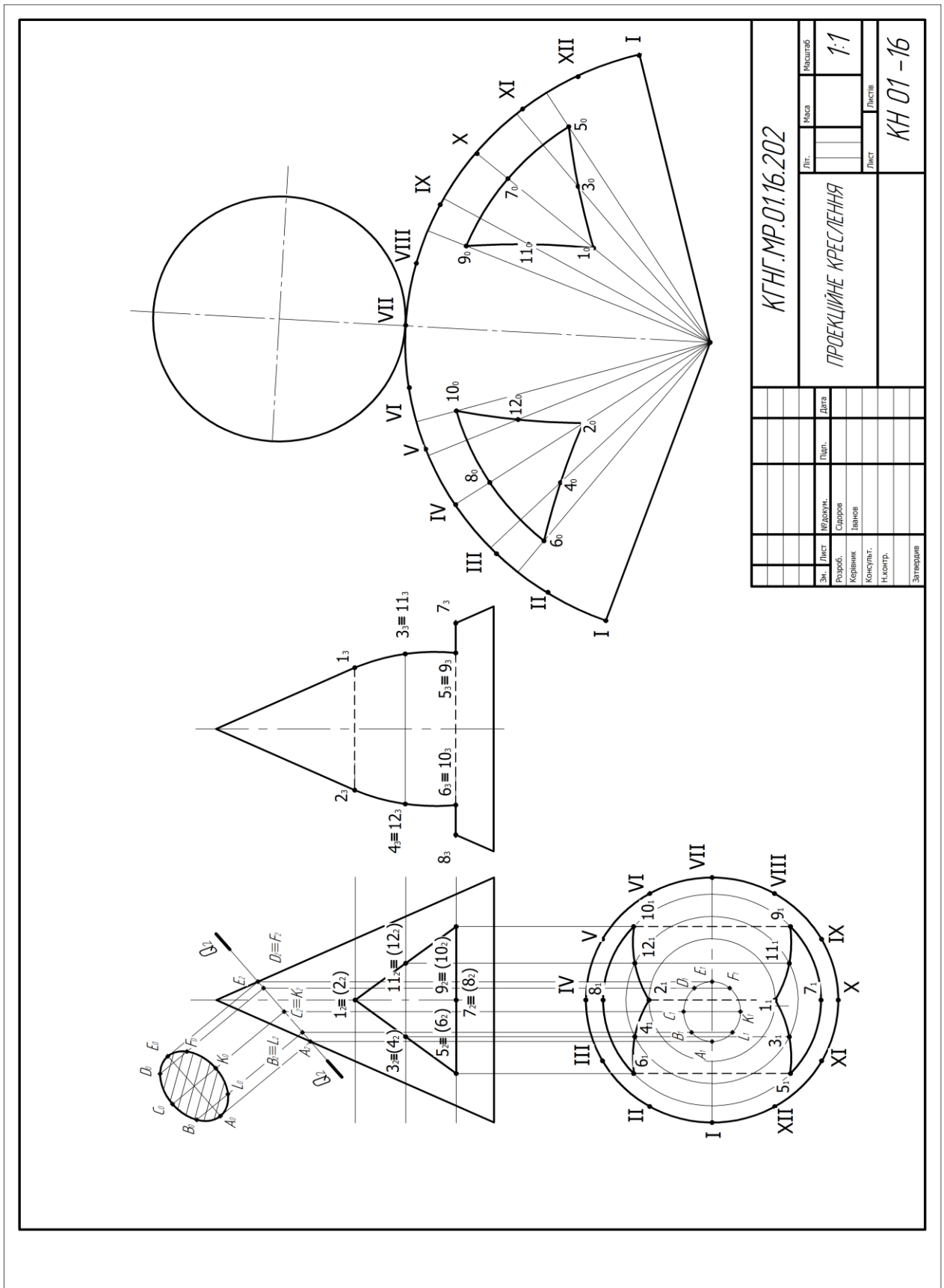
1. На фронтальній проекції конусу вибираємо характерні точки ($1_2 \dots 12_2$).
2. Через вибрані точки проводимо допоміжні січні площини P,N,M (горизонтальні площини рівня).
3. Будуємо перерізи конуса площинами P,N,M, це кола радіусами R_1, R_2, R_3 .
4. На перерізах знаходимо горизонтальні та профільні проекції вибраних точок ($1_1 \dots 12_1, 1_3 \dots 12_3$).
5. Сполучаючи знайдені точки, проводять лінії перетину.

Для побудови натуральної величини похилого перерізу використовується метод заміни площин проекцій (розділ 1.4.2).

Побудова розгортки поверхні розглядалась в розділі 1.4.3.

3.2. Приклад виконання завдання «Проекційне креслення»

Нижче наведено приклад оформлення завдання «Проекційне креслення». Завдання виконується на форматі А3, з заповненням основного напису (рис. 3.2).



КГНГ.МР.01.16.202		Лист	Листів	Маса	Розмір
ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ		Поп.	Дата		1:1
Зм.	Лист	Модифік.	Поп.	Дата	
Розроб.	Стороб.	Стороб.	Панов		
Керівник	Консульт.	Консульт.			
Н.контр.	Н.контр.				
Затвердив					КН 01 - 16

Рис 3.2

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. Комп'ютерна графіка: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. –38 с.
4. Морозенко О.П. Інженерна графіка: Конспект лекцій.- Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. – 52 с.
5. Хмеленко О.С. Нарисна геометрія. –К.: Кондор, 2008. –438 с.
6. Морозенко О.П. Правила виконання та оформлення креслень : Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 48 с.

Навчальне видання

Морозенко Олена Петрівна

Вишневський Ігор Володимирович

Навчальний посібник

Тем. план. 2016, поз. 136

Підписано до друку 10.11.2016. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.
Облік.-вид. арк. 3,11. Умов. друк. арк. 3,07. Тираж 100 пр. Замовлення № 122.

Національна металургійна академія України
49600, м.Дніпро-5, пр. Гагаріна,4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ