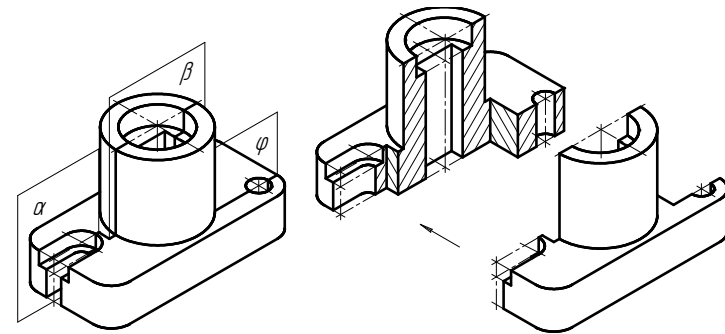


А. Г. Буда, М. С. Гречанюк

КРЕСЛЕННЯ

Частина II
Елементи нарисної геометрії та проєкційне креслення



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. Г. Буда, М. С. Гречанюк

КРЕСЛЕННЯ

Частина II

Елементи нарисної геометрії та проєкційне креслення

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 744(075)

Б90

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 31.05.2018 р.)

Рецензенти:

В. М. Матвійчук, доктор технічних наук, професор

В. В. Біліченко, доктор технічних наук, професор

Т. Ф. Архіпова, кандидат технічних наук, доцент

Буда, А. Г.

Б90 Креслення. Частина II. Елементи нарисної геометрії та проекційне креслення : навчальний посібник / А. Г. Буда, М. С. Гречанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 112 с.

Навчальне видання призначено студентам технічних спеціальностей та містить базові поняття головних тем нарисної геометрії та проекційного креслення.

До розділів нарисної геометрії входять: точка, пряма, площина, поверхні, переріз поверхні січною площиною та деякі метричні задачі. Розділ інженерної графіки містить теми проекційного креслення, аксонометричні проекції та поняття технічного кресленика.

Крім того, навчальний посібник рекомендується до використання студентами-іноземцями всіх спеціальностей бакалаврату.

УДК 744(075)

© ВНТУ, 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЗОБРАЖЕНЬ.....	7
1.1 Методи ортогонального проєкціювання.....	7
1.2 Ортогональне проєкціювання. Означення та позначення.....	8
1.3 Ортогональні проєкції точки. Координатний спосіб задання точки.....	8
1.4 Питання, приклади та вправи для самоконтролю знань.....	10
2 ПРЯМА.....	13
2.1 Ортогональні проєкції відрізка прямої лінії.....	13
2.2 Епюри прямих.....	13
2.3 Інцидентність (належність) точки прямій.....	17
2.4 Питання, приклади та вправи для самоконтролю знань.....	18
3 ПЛОЩИНА.....	19
3.1 Способи задання площини на епюрії.....	19
3.2 Положення площини в просторі.....	21
3.3 Умови інцидентності.....	28
3.4 Питання, приклади для самоконтролю знань.....	28
4 ГЕОМЕТРИЧНІ ТІЛА.....	30
4.1 Найпростіші грані поверхні.....	30
4.2 Найпростіші поверхні обертання.....	36
4.3 Питання для самоконтролю знань.....	39
5 ПЕРЕРІЗ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПРОЕКЦІЮВАЛЬНИМИ ПЛОЩИНАМИ.....	40
5.1 Загальні положення.....	40
5.2 Перерізи гранних поверхонь.....	41
5.3 Перерізи на поверхнях обертання.....	43
5.4 Приклади побудов найпростіших перерізів поверхонь фронтально-проєкціовальною січною площиною.....	45
6 МЕТОДИ ПЕРЕТВОРЕНЬ.....	48
6.1 Спосіб заміни площин проєкції.....	48
6.2 Спосіб обертання навколо проєкціовальної осі.....	53
6.3 Питання для самоконтролю знань.....	54
7 АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ.....	55
7.1 Загальні положення.....	55
7.2 Різновиди аксонометричних проєкцій.....	56
7.3 Аксонометричні проєкції плоских фігур.....	57
7.4 Побудова аксонометрії об'єкта.....	62
7.5 Питання та вправи для самоконтролю знань.....	63

8	ЗОБРАЖЕННЯ. ВИГЛЯДИ. ГОСТ 2.305-2008	64
8.1	Означення та класифікація розрізів.....	64
8.2	Правила розміщення та позначення виглядів	65
8.3	Побудова ортогональних проекцій за аксонометричним зображенням моделі	68
8.4	Питання для самоконтролю знань	70
9	ЗОБРАЖЕННЯ.ПРОСТІ РОЗРІЗИ. ГОСТ 2.305-2008	71
9.1	Означення та класифікація розрізів.....	71
9.2	Правила оформлення, позначення та розміщення розрізів	71
9.3	Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Простий розріз».....	75
9.4	Умовності та спрощення при виконанні розрізів	77
9.5	Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Простий розріз – з'єднання половини вигляду з половиною розрізу»	79
9.6	Означення. Різновиди перерізів	81
9.7	Різновиди перерізів	82
9.8	Питання та вправи для самоконтролю знань.....	82
10	СКЛАДНІ РОЗРІЗИ	87
10.1	Ступінчастий розріз	87
10.2	Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Ступінчастий розріз»	88
10.3	Ламаний розріз.....	91
10.4	Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Ламаний розріз»	92
10.5	Питання та вправи для самоконтролю знань	95
11	ЕСКІЗИ	98
11.1	Правила виконання ескізів	98
11.2	Поняття різьби	99
11.3	Матеріали та їх позначення.....	101
11.4	Загальні правила позначення шорсткості поверхонь	105
11.5	Приклади виконання ескізів.....	106
11.6	Питання для самоконтролю знань	107
	УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК ДЕЯКИХ ТЕРМІНІВ.....	110
	ЛІТЕРАТУРА.....	111

Прийняті позначення

1. Точки в просторі позначаються великими буквами латинського алфавіту A, B, C, \dots , а також цифрами.
2. Лінії в просторі (прямі та криві) – малими літерами латинського алфавіту a, b, c, d, \dots .
3. Площини та кути – малими літерами грецького алфавіту.
4. Лінії окремого положення – малими літерами латинського алфавіту, а саме: горизонталь – h , фронталь – f , профільна пряма – p .
5. Площини проекцій – великими буквами грецького алфавіту, а саме: Π_1 – горизонтальна, Π_2 – фронтальна, Π_3 – профільна, Π_n – додаткова площина проекцій.
6. Проекції точок:
 - на горизонтальну площину $\Pi_1 - A_1, B_1, C_1$;
 - на фронтальну площину $\Pi_2 - A_2, B_2, C_2$;
 - на профільну площину $\Pi_3 - A_3, B_3, C_3$.
7. Осі проекцій – малими літерами латинського алфавіту x_{12}, y_{13}, z_{23} ; початок координат – великою літерою O .
8. Позначення площин, які задані слідами:
 - горизонтальний слід площини h^0 ,
 - фронтальний слід площини f^0 ,
 - профільний слід площини p^0 .Для проєкціювальних площин краще задати слід-проєкцію цієї площини:
 - горизонтально-проєкціювальна площина α_1 ;
 - фронтально-проєкціювальна площина α_2 ;
 - профільно-проєкціювальна площина α_3 .

Найбільш поширені символи

\parallel	паралельність
\perp	перпендикулярність
$=$	дорівнює, результат дії
\equiv	збігається, конкурує
\in	належить, є елементом
\ni	проходить, містить в собі
\cap	перетин (прямих, площин)
\Rightarrow	логічний наслідок
\circ	мимобіжність
\oslash	дотик
$\{\dots\}$	сукупність або складається зі...
$\alpha^\wedge\beta$	кут, кут між площинами α та β
н.в.	натуральна величина.

ВСТУП

В сучасному світі, який швидко розвивається та потребує високого рівня мобільності в передачі інформації, особливо при розробці та вдосконаленні технічних рішень у будь-яких сферах, креслення відіграє роль універсальної «технічної» мови, яка однаково сприймається у будь-якій країні.

Немає сумнівів і в тому, що базові принципи перетворень зображень, які закладені в основу креслення, а саме: елементи нарисної геометрії, є особливо важливими для студентів технічних напрямків підготовки та студентів-іноземців молодших курсів. Власне на початковому етапі навчання і закладаються підвалини їх освітнього зростання як майбутніх фахівців.

Використання однакових систем вимірювання, числення та візуальних стилів дозволяє полегшити читання та сприйняття форми *об'єкта (object)*, зображеного на кресленні. Саме тому від студентів вимагається суворе дотримання вимог стандартів для унеможливлення двоякого розуміння кресленика.

Успішне засвоєння студентами курсу нарисної геометрії та інженерної графіки дозволяє студентам здобути навички застосування графічних методів під час вирішення інженерних завдань, розвинути просторову уяву для більш глибокого розуміння технічного кресленика, створення та розробки нових конструкцій.

Інженер-конструктор, яким в майбутньому може стати випускник будь-якої технічної спеціальності, є важливою ланкою між дизайнером, який лише на папері втілює задум, та власне виробництвом готового зразка продукції, без технічної реалізації у вигляді кресленика його поява була б неможливою.

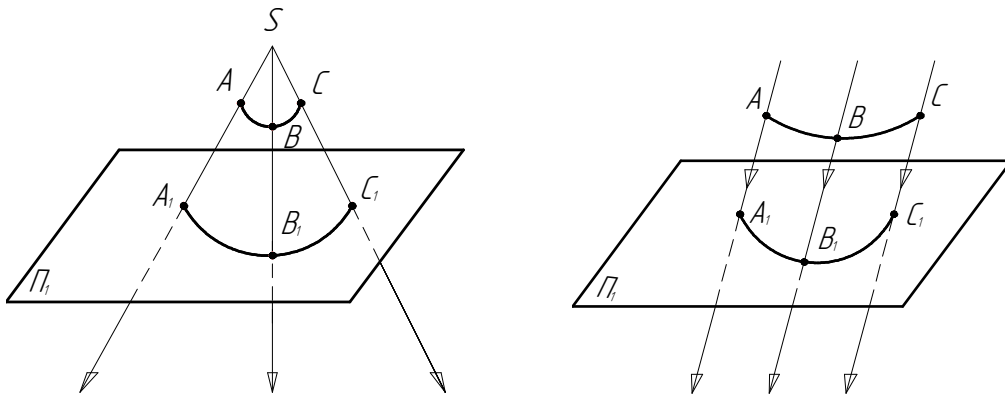
1 МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЗОБРАЖЕНЬ

1.1 Методи ортогонального проєкціювання

Проекції утворюються за допомогою центрального та паралельного проєкціювання.

Центральне проєкціювання (central projection) – проєкціювання, при якому всі промені виходять із однієї точки S , центра проєкцій (рис. 1.1, а).

Паралельне проєкціювання (parallel projection) – проєкціювання, при якому всі промені паралельні між собою (рис. 1.1, б).

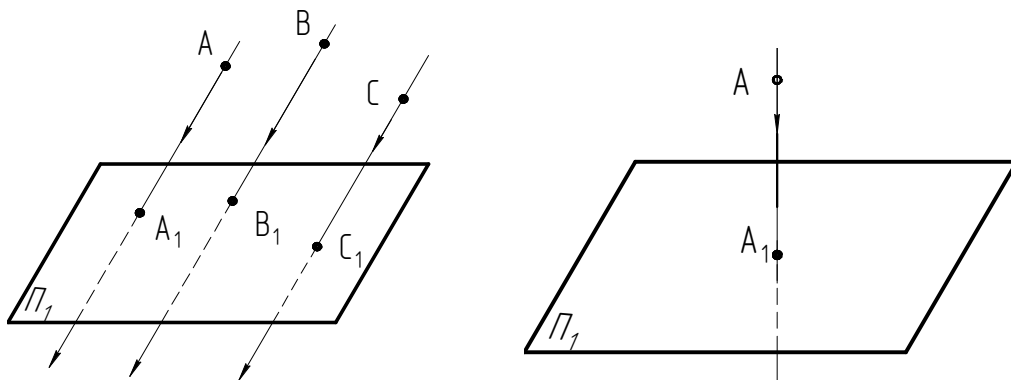


а) центральне проєкціювання

б) паралельне проєкціювання

Рисунок 1.1 – Різновиди проєкціювань

До найбільш поширеного відносять паралельне проєкціювання, яке може бути косокутним або ортогональним (прямокутним) (рис. 1.2, а, б).



а) косокутне

б) ортогональне

Рисунок 1.2 – Паралельне проєкціювання

1.2 Ортогональне проєкціювання. Означення та позначення

Ортогональне проєкціювання (*orthogonal projection*) має свої переваги, оскільки забезпечує наочність при зображенні деталей машин великих розмірів і дозволяє більш легко проводити на них вимірювання.

Положення точки, прямої, будь-якої геометричної фігури найбільш зручно визначити в декартовій системі координат, яка складається з трьох взаємно перпендикулярних площин XOY , XOZ та ZOY . Таку систему координат запропонував французький математик XVI ст. Рене Декарт (рис. 1.3).

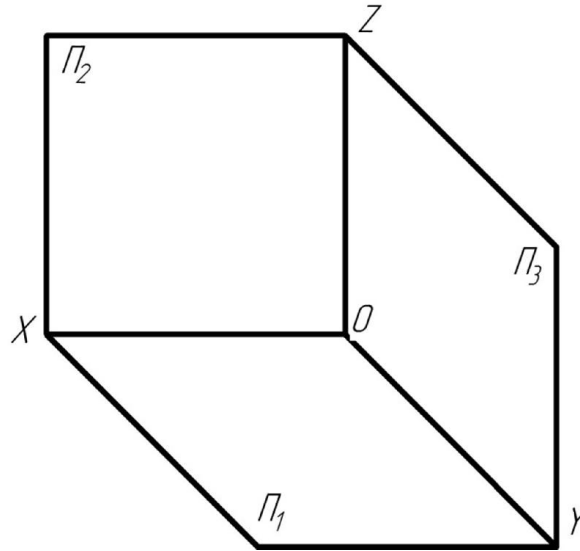


Рисунок 1.3– Декартова система координат

Введемо назви:

площина XOY – горизонтальна (*horisontal*) площина проєкцій Π_1 ;

площина XOZ – фронтальна (*frontal*) площина проєкцій Π_2 ;

площина ZOY – профільна (*profile*) площина проєкцій Π_3 .

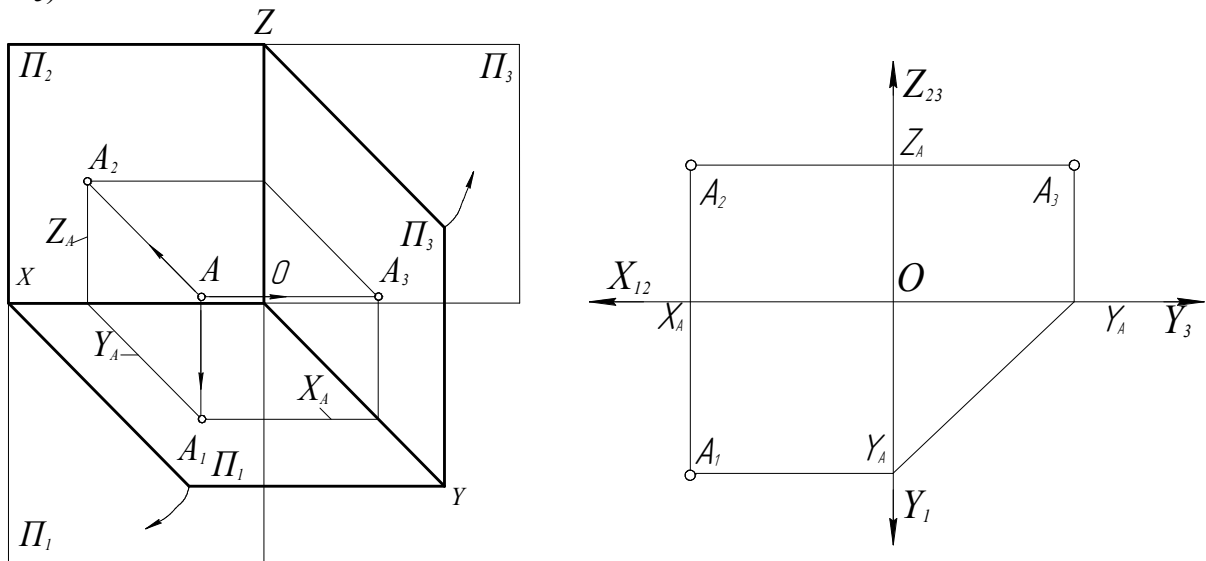
Площину проєкцій позначають великою літерою грецького алфавіту Π (пі) з відповідним індексом: 1, 2, 3. Результатом лінії перетину площин XOY та XOZ є вісь абсцис (*abscissa axis*) X , площин XOY та ZOY – вісь ординат (*ordinate axis*) Y , площин XOZ та ZOY – вісь аплікат (*applicat axis*) Z .

1.3 Ортогональні проєкції точки. Координатний спосіб задання точки

Визначником (*identifier*) точки A у просторі (рис. 1.4, а) є її координати X , Y , Z , тобто відстані від трьох координатних площин. Умовний запис визначника, наприклад, точки A , записують так:

$$A(X, Y, Z).$$

Епюр (*drawing*) точки – це плоский рисунок, який складається з двох або трьох ортогональних проєкцій. Епюр точки (її плоский рисунок) одержують суміщенням горизонтальної Π_1 та фронтальної Π_2 площин проєкцій відносно осі Z , тобто обертанням горизонтальної Π_1 та профільної Π_3 площин проєкцій навколо їх ліній перетину X та Z в одну площину, яка суміщається з фронтальною площиною проєкцій (рис. 1.4, а). При суміщенні вказаних площин площини проєкцій Π_1 та Π_3 роз'єднані вздовж осі Y . Тому надалі під позначенням осі Y (рис. 1.4, б) будемо розуміти відповідно Y_1 (як та, що належить Π_1) та Y_3 (як та, що належить Π_3).



а) наочне зображення (*visual image*)
точки A

б) епюр точки A

Рисунок 1.4 – Утворення епюра точки A

При зображенні епюра лінії перетину площин проєкцій задаються осями координат: X_{12} – віссю абсцис, Y_1, Y_3 – віссю ординат, Z_{23} – віссю аплікату, O – початком координат.

Тому відповідні проєкції, наприклад, точки A , в символічному вигляді записують таким чином: $A_1(x, y)$, $A_2(x, z)$, $A_3(y, z)$. Лінії A_1A_2 та A_2A_3 називаються, відповідно, вертикальною та горизонтальною лініями зв'язку.

Точка (point) належить одній із площин проєкцій, якщо у неї відсутня одна з координат.

Якщо абсциса точки $X=0$, то точка належить Π_1 ; ордината $Y=0$, то точка належить Π_2 ; апліката $Z=0$, то точка належить Π_3 . Наприклад, якщо точка N належить площині проєкцій Π_2 ($N \in \Pi_2$), то умовний запис визначника такий: $N(X, 0, Z)$.

Точка належить одній із координатних осей, якщо у неї відсутні дві координати. Якщо у точки координати $Y=0, Z=0$, то точка належить осі абсцис X ; якщо у точки координати $X=0, Z=0$, то точка належить осі

ординат Y ; якщо у точки координати $X=0$, $Y=0$, то точка належить осі аплікат Z .

Положення точок, що знаходяться в площинах проєкцій та на певних координатних осях, показані на рис. 1.5, 1.6.

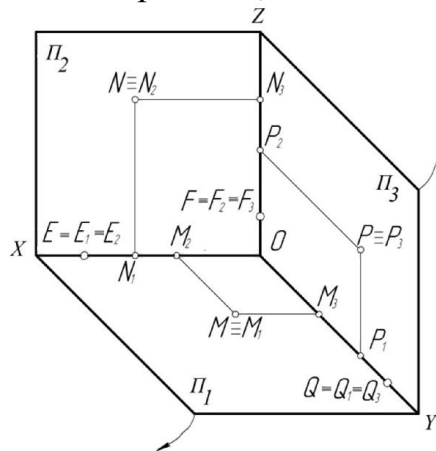


Рисунок 1.5 – Наочні зображення точок в площинах проєкцій та на координатних осях

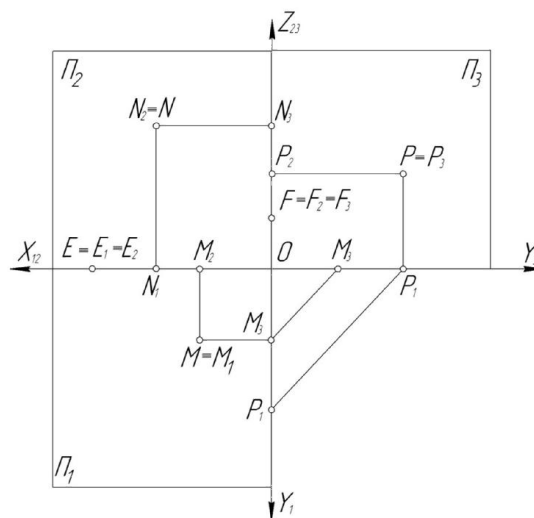


Рисунок 1.6 – Епюри точок в площинах проєкцій та на координатних осях

1.4 Питання, приклади та вправи для самоконтролю знань

Питання

1. Які різновиди проєкціювання Вам відомі?
2. Як утворюється епюр точки?
3. Скільки проєкцій має точка?
4. Що таке визначник точки? Наведіть його приклад.
5. Якими координатами характеризується точка, що знаходиться в одній з площин проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 ?

6. Якими координатами характеризується точка, що знаходиться на одній з координатних осей X , Y , Z ?

Приклади (з поясненнями) виконання побудов нижченаведених задач

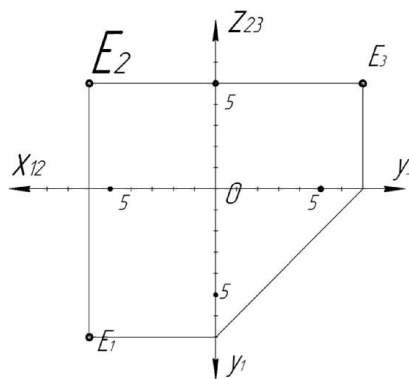
Задача 1. Побудуйте проєкції точки $E(6, 7, 5)$.

Запис в дужках $(6, 7, 5)$ означає, що абсциса X точки E дорівнює 6, ордината $Y = 7$, апліката $Z = 5$.

Для побудови горизонтальної проєкції E_1 точки E враховуємо абсцису $X = 6$ та ординату $Y = 7$.

Для побудови фронтальної проєкції E_2 точки E враховуємо абсцису $X = 6$ та аплікату $Z = 5$.

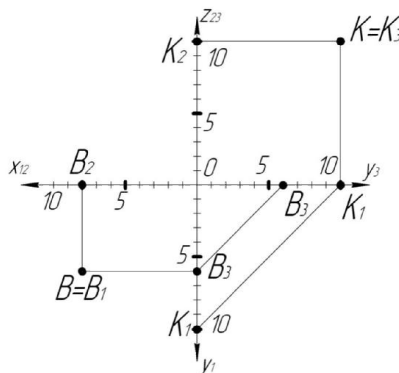
Для побудови профільної проєкції E_3 точки E враховуємо ординату $Y = 7$ та аплікату $Z = 5$.



Задача 2. Побудуйте проєкції точок $B(8, 6, 0)$ та $K(0, 10, 10)$.

Запис в дужках $(8, 6, 0)$ для точки B означає, що абсциса X точки B дорівнює 8, ордината $Y = 6$, апліката $Z = 0$. Значить, точка B належить горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

Запис в дужках $(0, 10, 10)$ для точки K означає, що її абсциса X дорівнює нулю, а ордината Y та апліката Z дорівнюють 10. Отже, точка K належить профільній площині проєкцій Π_3 .

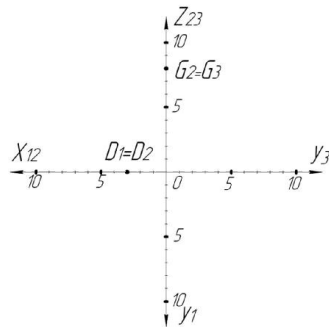


Задача 3. Побудуйте проєкції точок $D(3, 0, 0)$ та $G(0, 0, 8)$.

Запис в дужках $(3, 0, 0)$ для точки D означає, що лише абсциса X точки D має певне числове значення (3), а ордината Y та апліката Z дорівнює 0.

Якщо у точки відсутні її дві координати, то ця точка (т. D) належить координатній осі, в даному випадку, осі абсцис X .

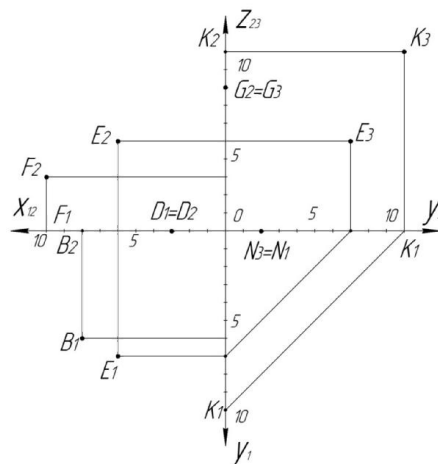
Аналогічно, доходимо висновку, що точка $G(0, 0, 8)$ знаходиться на осі Z .



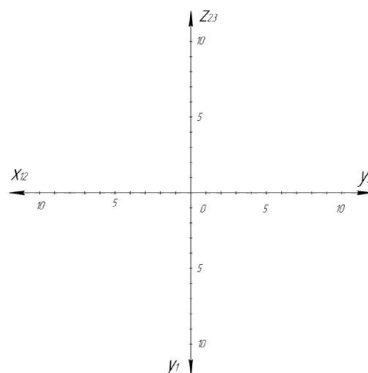
Вправи

Вправа 1. Проаналізуйте побудови епюрів показаних точок та визначте:

- яка з точок належить фронтальній площині проєкцій Π_2 ;
- яка з точок належить осі ординат.



Вправа 2. Побудуйте проєкції точок $A(2, 3, 7)$, $C(5, 0, 9)$ та $D(4, 8, 0)$. Визначте положення кожної з точок.



2 ПРЯМА

2.1 Ортогональні проєкції відрізка прямої лінії

Пряму (*straight line*) в просторі можна задати двома точками або точкою з відповідним напрямом.

Визначником прямої (рис. 2.1, а) у просторі є дві точки A та B , умовний запис визначника цієї прямої: AB (A_1B_1, A_2B_2). Також пряму l (l_1, l_2), визначають її двома проєкціями прямої, що проходить через точку A .

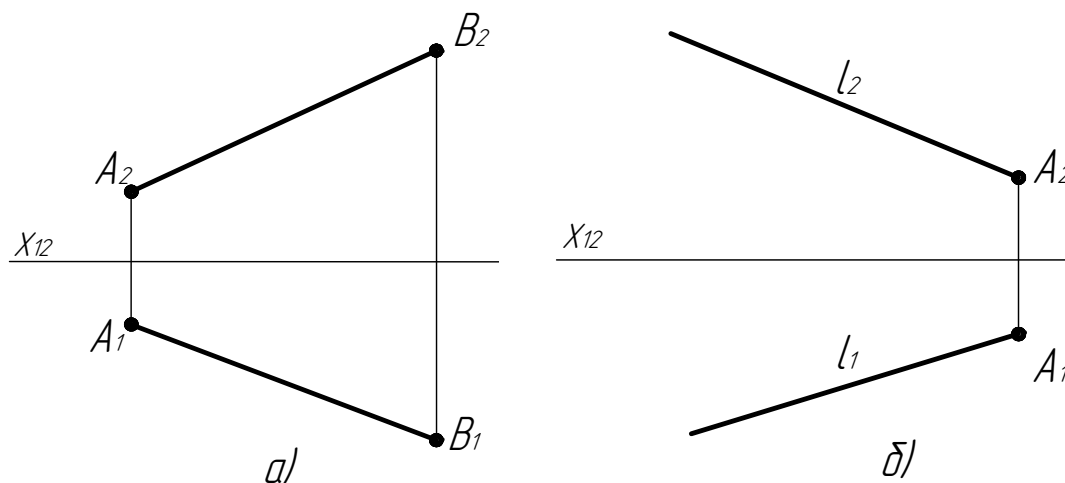


Рисунок 2.1 – Ортогональні зображення прямої

2.2 Епюри прямих

Прямі бувають загального та окремого положення.

Пряма окремого положення – пряма, яка паралельна тільки одній із площин проєкцій або перпендикулярна тільки до однієї із площин проєкцій. До цих прямих відносять: прямі рівня та проєкціювальні.

Пряма загального положення – це пряма, яка непаралельна жодній з площин проєкцій і неперпендикулярна ні до жодної з площин проєкцій. Відображення (*reflection*) прямої загального положення на горизонтальну Π_1 , фронтальну Π_2 та профільну Π_3 площини проєкцій показано на рис. 2.2.

Пряма рівня – це пряма, яка паралельна тільки одній із площин проєкції та утворює кути нахилу з двома іншими. Прямим рівня відповідають назви площин проєкцій, яким вони паралельні.

Горизонтальна пряма (горизонталь) – пряма, яка паралельна горизонтальній Π_1 площині проєкцій та утворює кути нахилу з фронтальною Π_2 та профільною Π_3 площинами проєкцій (рис. 2.3, а, б).

Фронтальна пряма (фронталь) – пряма, яка паралельна фронтальній Π_2 площині проєкцій, та утворює кути нахилу з горизонтальною Π_1 і профільною Π_3 площинами проєкцій (рис. 2.4, а, б).

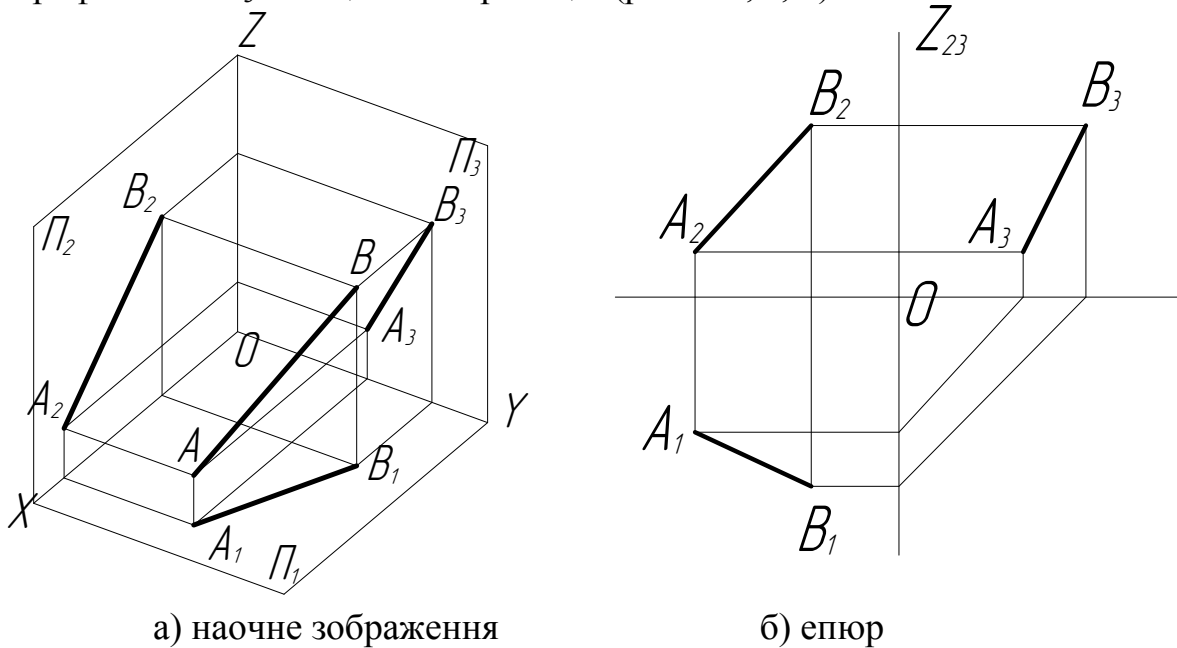


Рисунок 2.2 – Відображення проєкцій *прямої загального положення*

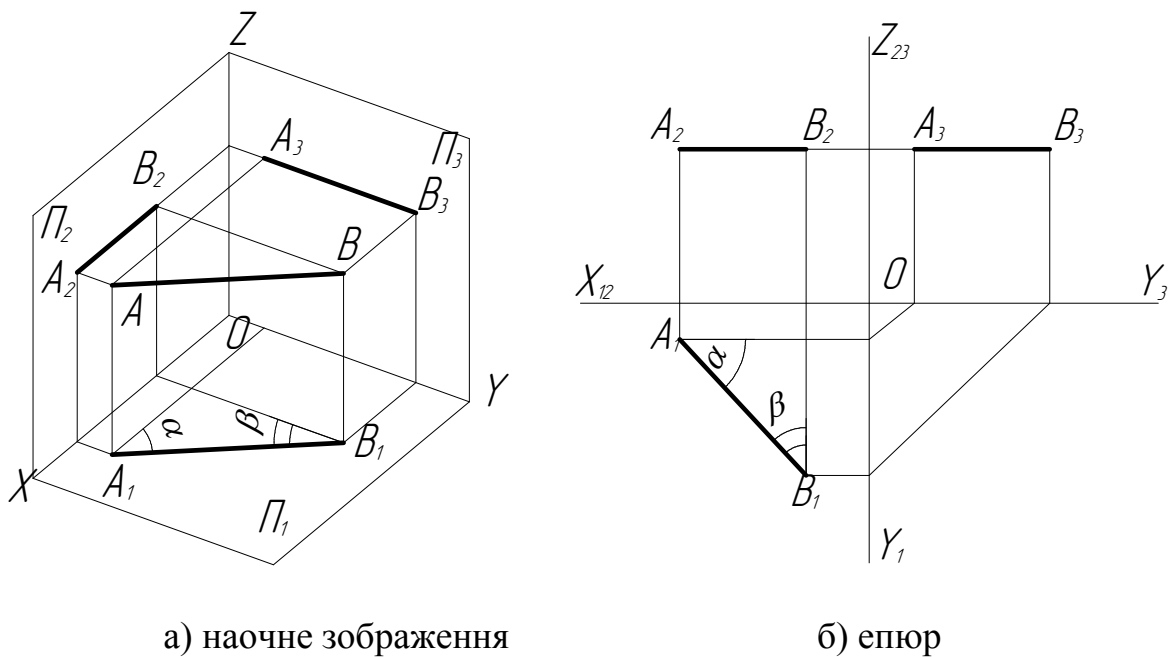
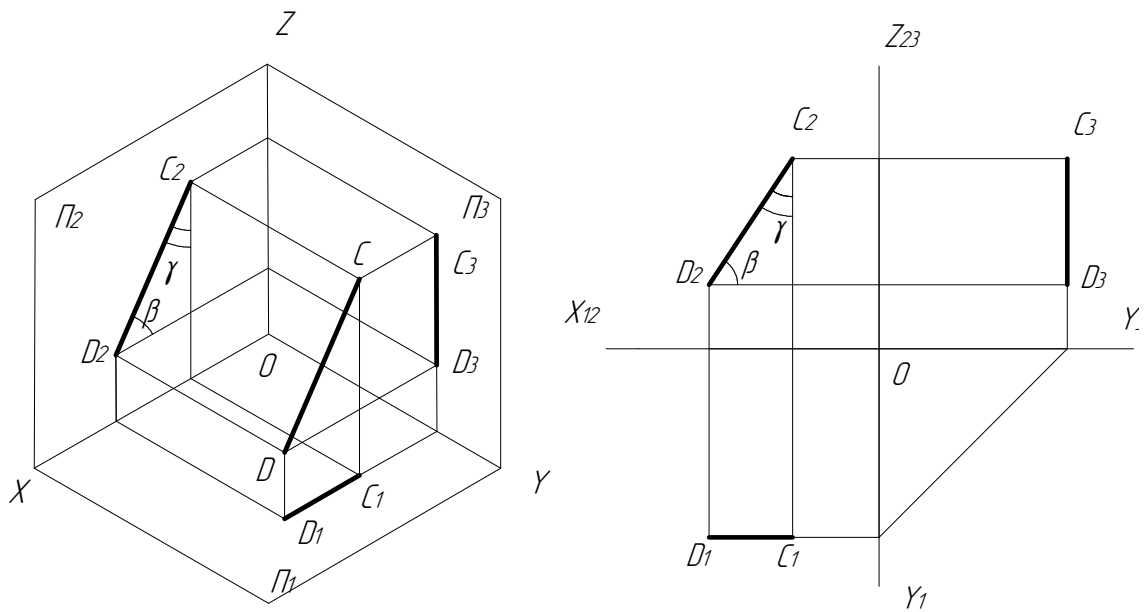


Рисунок 2.3 – Відображення проєкцій *горизонтальної прямої*

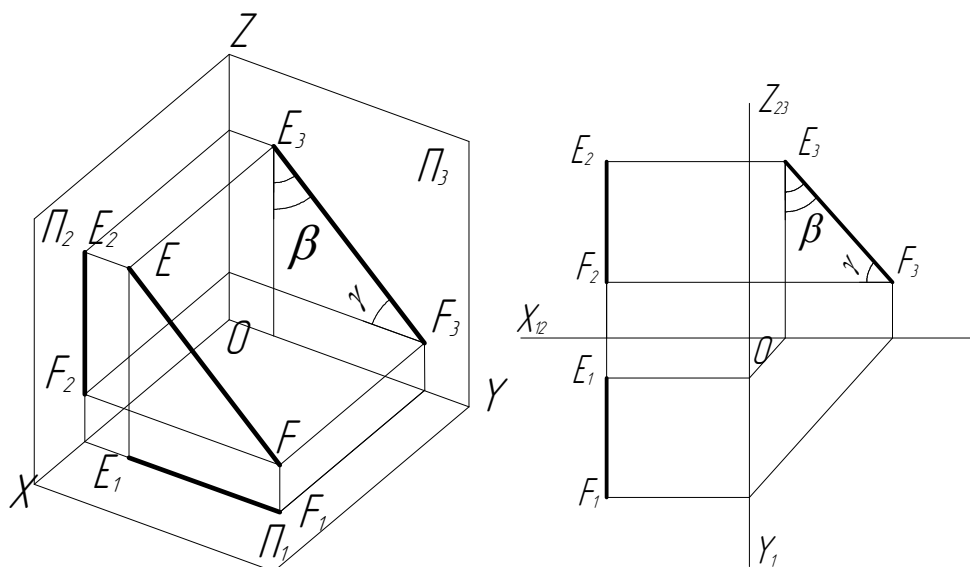
Профільна пряма – пряма, яка паралельна профільній Π_3 площині проєкцій та утворює кути нахилу з горизонтальною Π_1 і фронтальною Π_2 площинами проєкцій (рис. 2.5, а, б).



а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 2.4 – Відображення проєкцій фронтальної прямої



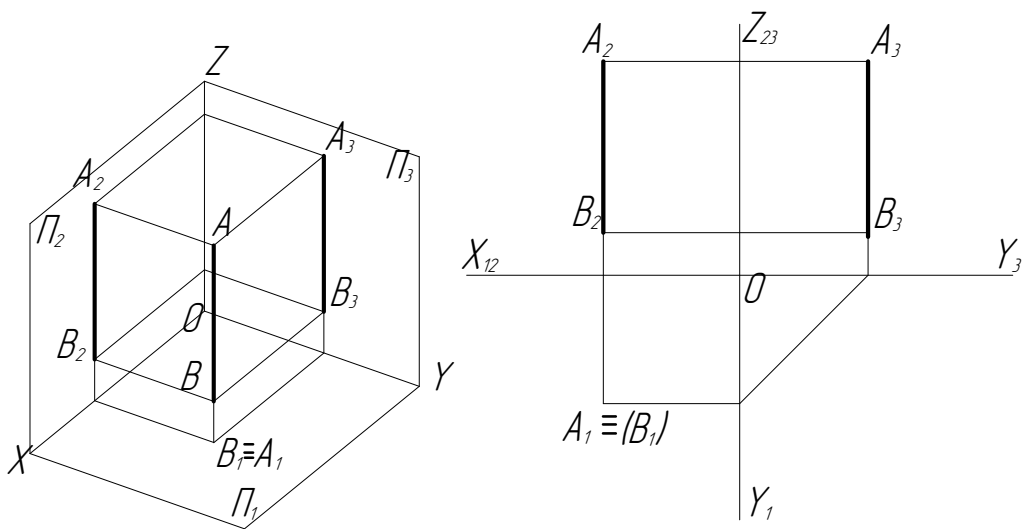
а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 2.5 – Відображення проєкцій профільної прямої

Проекціювальна пряма – це пряма, яка перпендикулярна лише до однієї з площин проєкцій та паралельна двом іншим площинам проєкцій. Назви цих прямих відповідають назвам площин, до яких ці прямі перпендикулярні.

Горизонтально-проекціювальна (horizontal-projectioning) пряма – пряма (рис. 2.6, а, б), яка перпендикулярна до горизонтальної Π_1 площини проєкцій та паралельна фронтальній Π_2 і профільній Π_3 площинам проєкцій.

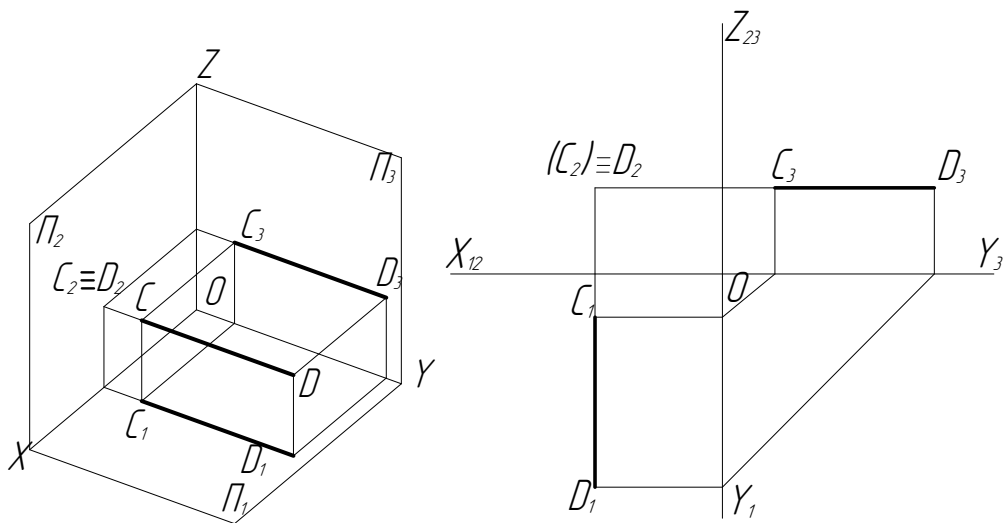


а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 2.6 – Відображення проєкцій горизонтально-проєкціювальної прямої

Фронтально-проєкціювальна пряма – пряма, яка перпендикулярна до фронтальної Π_2 площини проєкцій та паралельна горизонтальній Π_1 і профільній Π_3 площинам проєкцій (рис. 2.7, а, б).

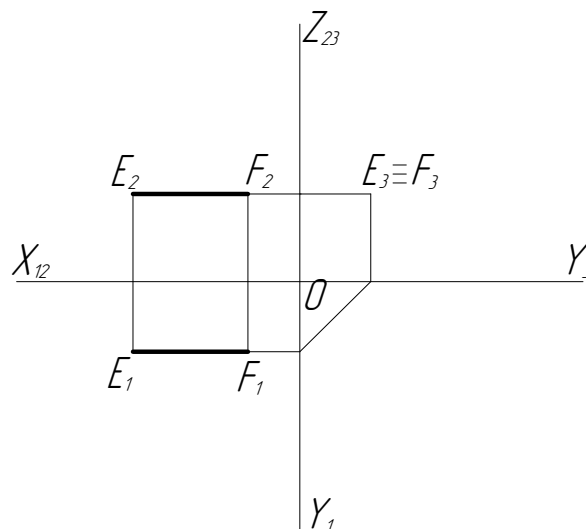
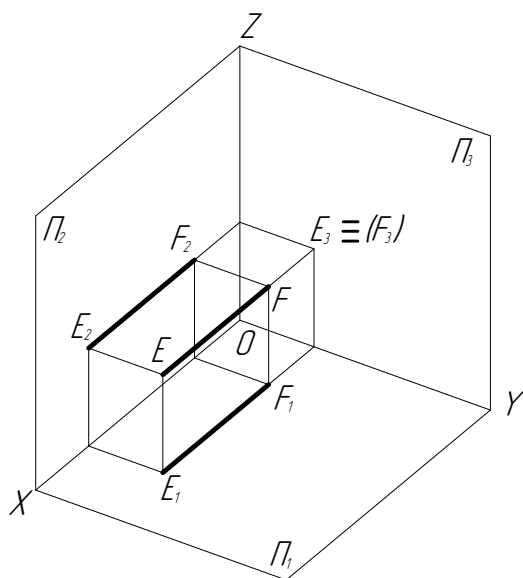


а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 2.7 – Відображення проєкцій фронтально-проєкціювальної прямої

Профільно-проєкціювальна пряма – пряма, яка перпендикулярна до профільної Π_3 площини проєкцій та паралельна горизонтальній Π_1 і фронтальній Π_2 площинам проєкцій (рис. 2.8, а, б).



а) наочне зображення

б) епюр

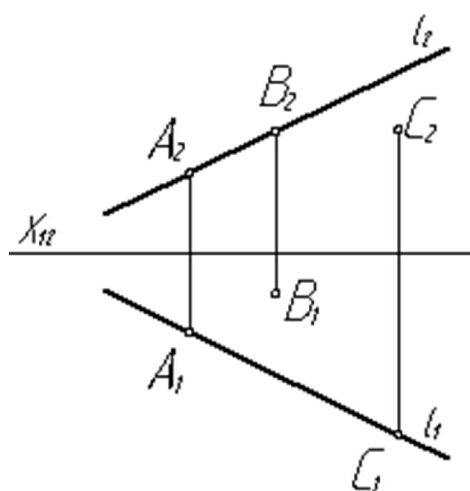
Рисунок 2.8 – Відображення проєкцій фронтально-проєкціювальної прямої

2.3 Інцидентність (належність) точки прямій

Умова інцидентності – точка належить прямій, якщо її проєкції належать однойменним проєкціям цієї прямої (рис. 2.9).

В такому випадку з трьох вказаних точок A, B, C (згідно з означенням) лише точка A належить прямій l .

Символьний запис:



$$A \subset l \Rightarrow \begin{cases} A_1 \subset l_1, \\ A_2 \subset l_2. \end{cases}$$

Рисунок 2.9 – Інцидентність (incidence) точки прямій

2.4 Питання, приклади та вправи для самоконтролю знань

Теоретичні питання

1. Що називають проекцією прямої?
2. Яким чином задають пряму в просторі?
3. Які різновиди прямих Вам відомі?
4. Сформулюйте умову інцидентності точки прямиї.

Вправи

Вправа 1. Побудуйте проекції прямої AB за її координатами $A(10, 20, 30)$; $B(40, 30, 15)$.

Вправа 2. Вкажіть номер рисунка (рис. 2.10, а–д), на якому показані фронтальна та горизонтально-проекціювальна прями.

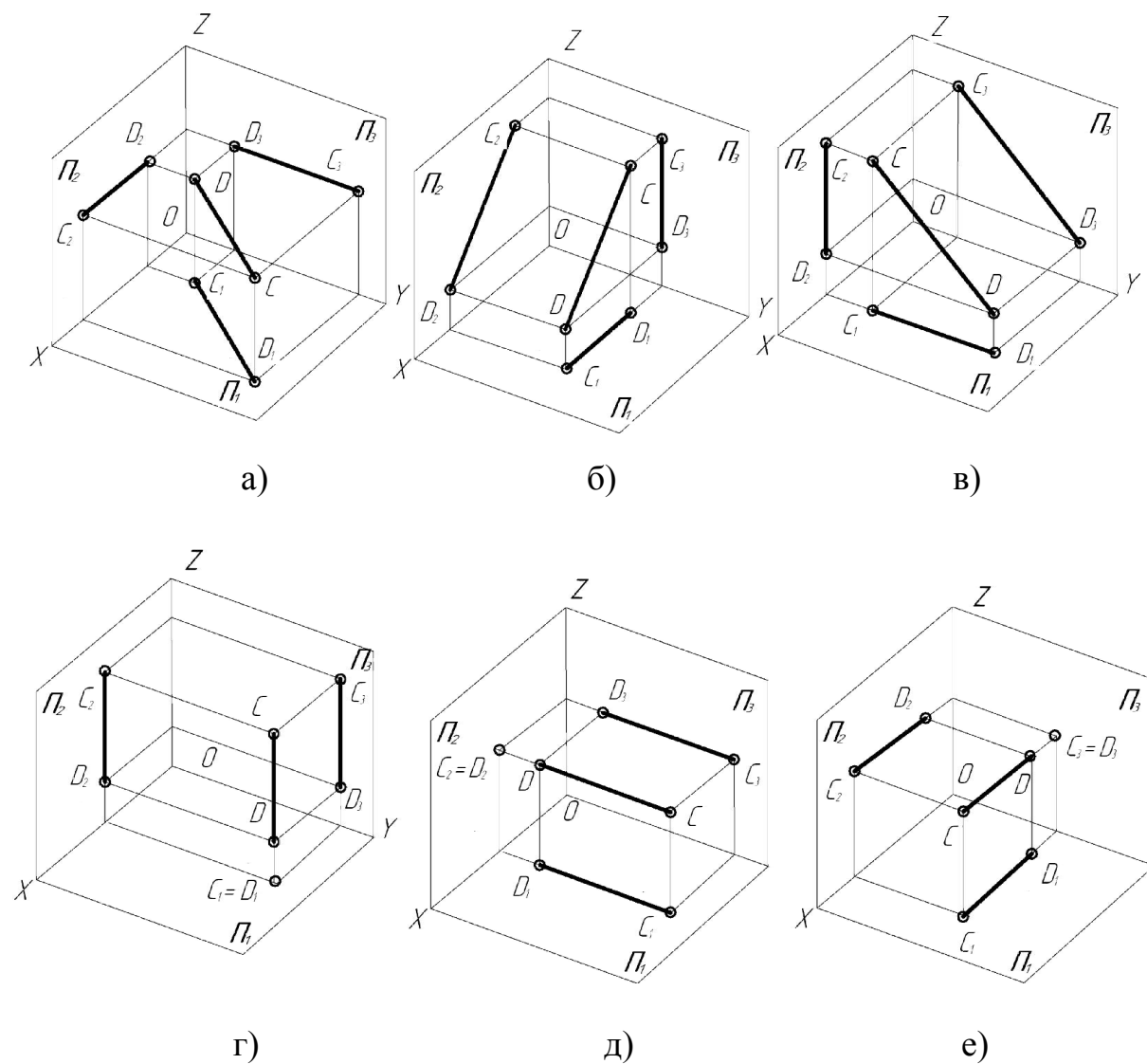


Рисунок 2.10– Наочні зображення прямих

3 ПЛОЩИНА

3.1 Способи задання площини на епюрі

Площина (plane) у просторі нескінченна. Існує шість способів задання площини на епюрі.

1. Положення площини у просторі визначається трьома точками (рис. 3.1, а, б), які не лежать на одній прямій.

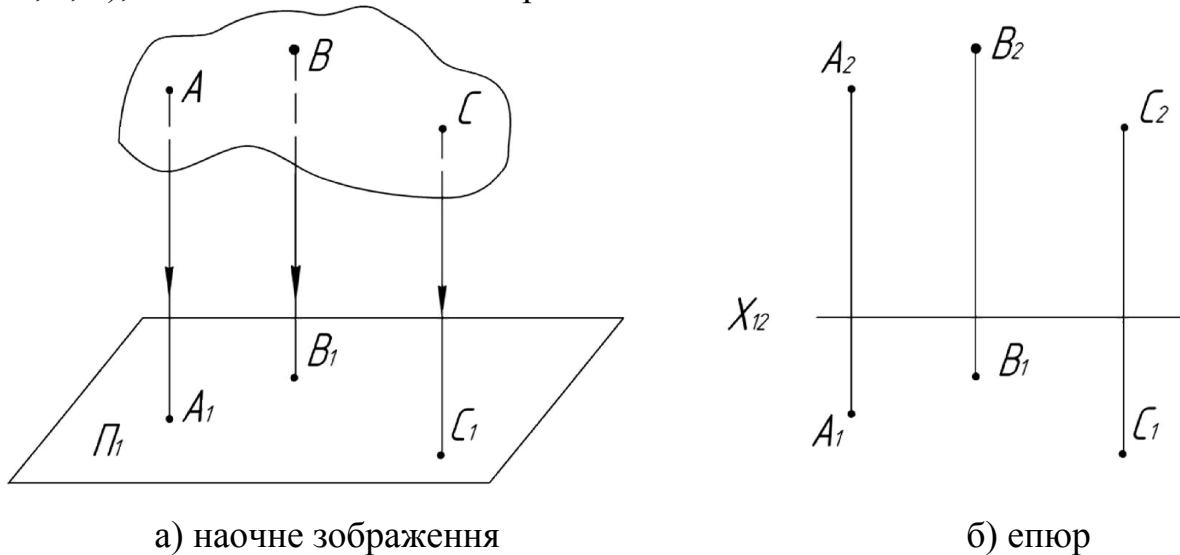


Рисунок 3.1 – Приклад задання площини трьома точками A, B, C

2. Задання площини плоскою фігурою, наприклад, трикутником KLM (рис. 3.2, а, б).

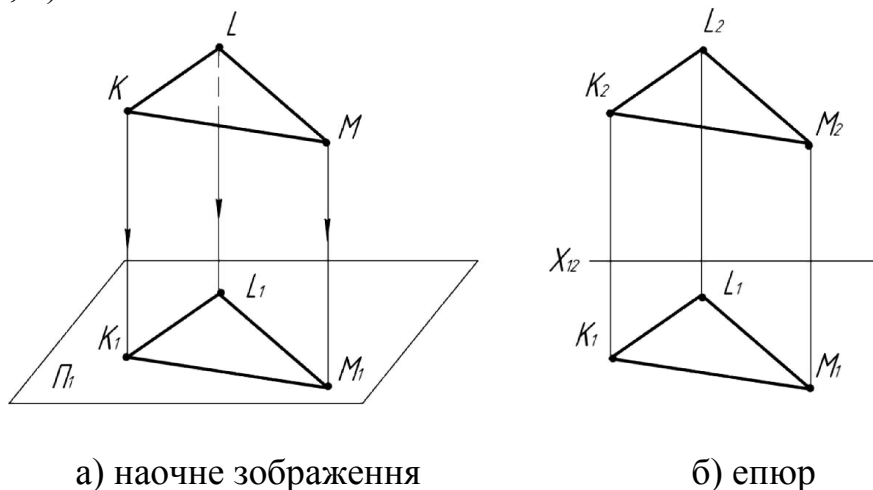
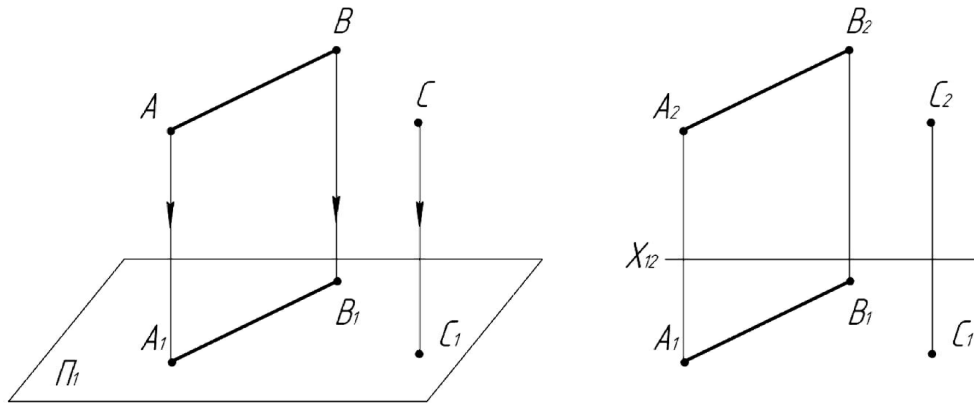


Рисунок 3.2 – Приклад задання площини плоскою фігурою KLM

Крім цього, площина може бути задана прямою та точкою, яка не лежить на цій прямій; двома паралельними прямими; двома прямими, які перетинаються; слідами.

3. Площина задана прямою AB та точкою C , яка не лежить на цій прямій (рис. 3.3, а, б).

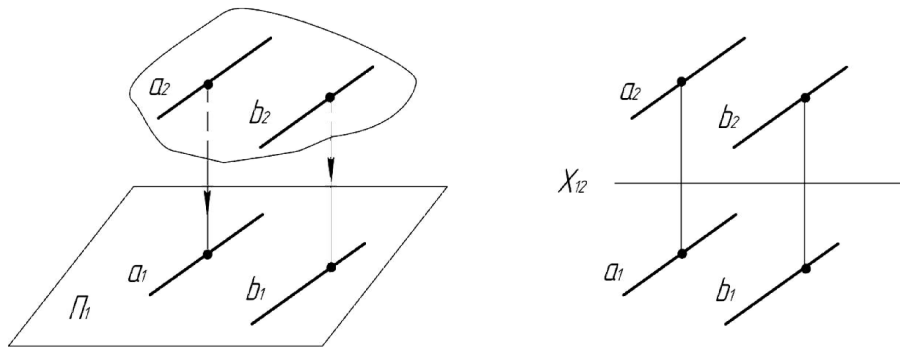


а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 3.3 – Приклад задання площини прямою та точкою (AB, C)

4. Площина задана двома паралельними прямими a та b (рис. 3.4, а, б).

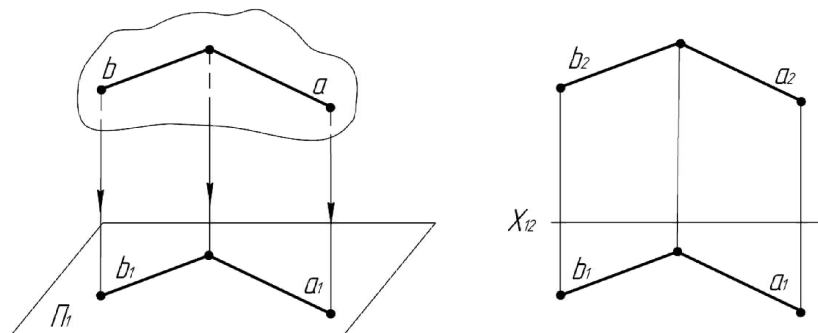


а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 3.4 – Приклад задання площини двома паралельними прямими $a \parallel b$

5. Площина задана двома прямими a та b (рис. 3.5, а, б), що перетинаються.

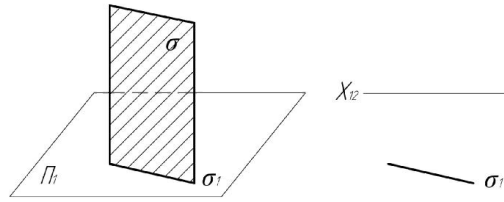


а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 3.5 – Приклад задання площини двома прямими, що перетинаються $a \cap b$

6. Площина задана слідом-проекцією σ (рис. 3.6, а, б).



а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 3.6 – Приклад задання площини слідом-проекцією $\sigma(\sigma_1)$

3.2 Положення площини в просторі

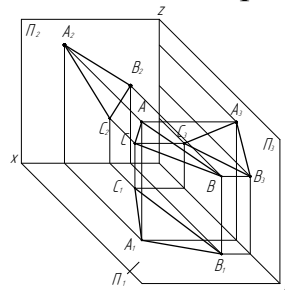
Відносно площин проекцій Π_1, Π_2, Π_3 площини можуть займати такі положення: бути паралельними площинам проекцій або перпендикулярними до них, непаралельними площинам проекцій та неперпендикулярними до них.

Площини бувають загального та окремого положення. До площин окремого положення відносять площини рівня та проєкціювальні.

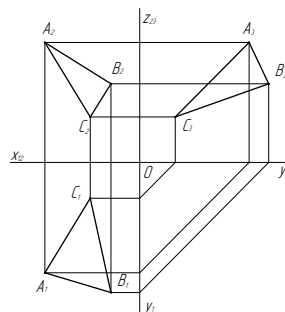
3.2.1 Ортогональні проєкції площин

Площина загального положення – це площина, яка непаралельна жодній з площин проекцій та неперпендикулярна ні до жодної з них.

Відображення площини загального положення на горизонтальну Π_1 , фронтальну Π_2 та профільну Π_3 площини проекцій показано на рис. 3.7.



а) наочне зображення

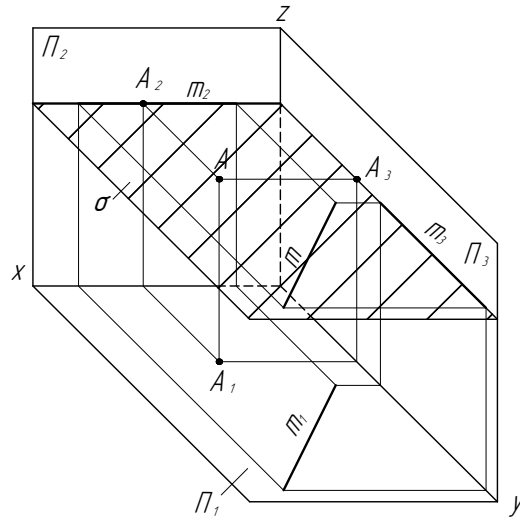


б) епюр

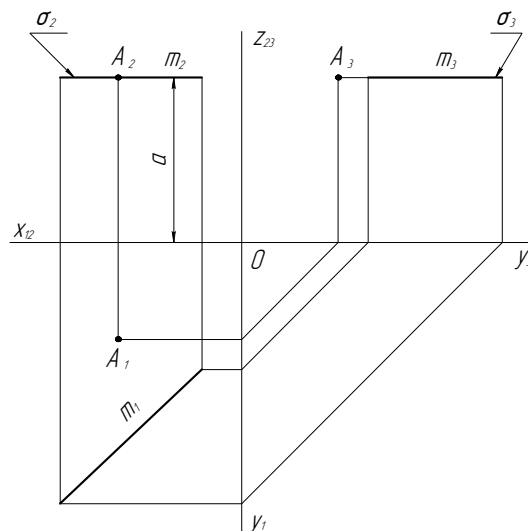
Рисунок 3.7 – Відображення площини загального положення

Площина рівня – це площина, яка паралельна одній із координатних площин.

Горизонтальна площина – площина, яка паралельна горизонтальній Π_1 площині проєкцій та перпендикулярна до фронтальної Π_2 і профільної Π_3 площин проєкцій (рис. 3.8, а, б). В такому випадку площина задана точкою A та прямою m .



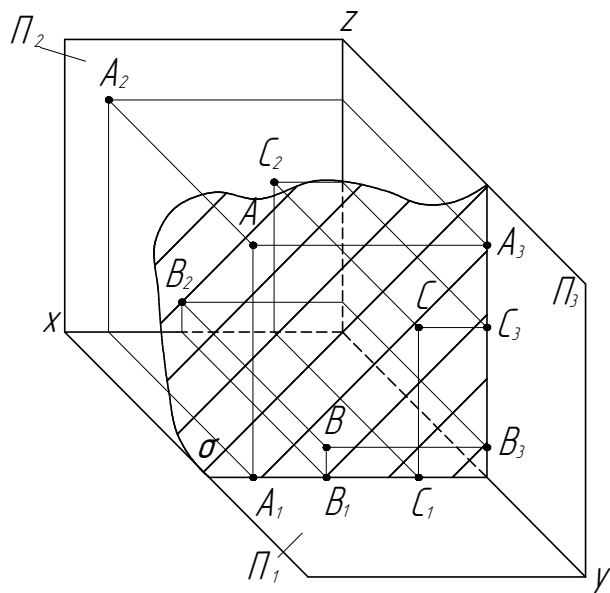
а) наочне зображення



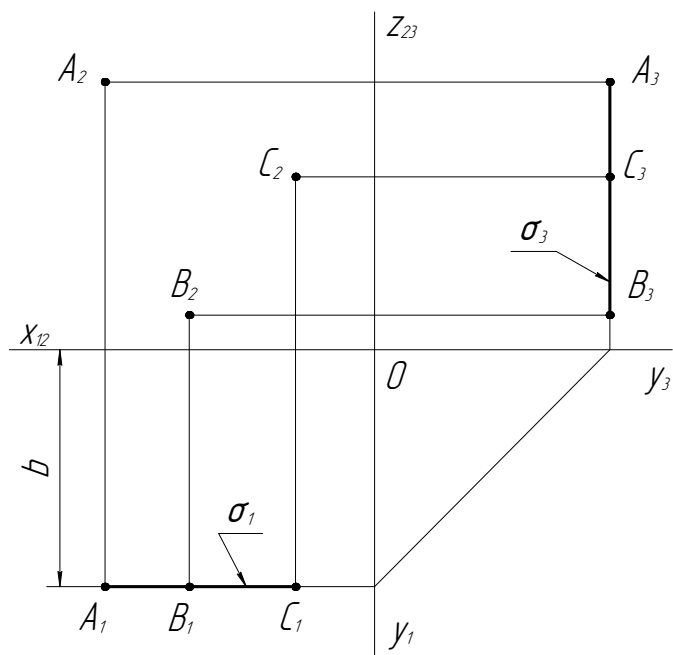
б) епюр

Рисунок 3.8 – Відображення горизонтальної площини

Фронтальна площина – площина, яка паралельна фронтальній Π_2 площині проєкцій та перпендикулярна до горизонтальної Π_1 і профільної Π_3 площин проєкцій (рис. 3.9, а, б). В такому випадку площина задана трьома точками A, B, C , що не лежать на одній прямій.



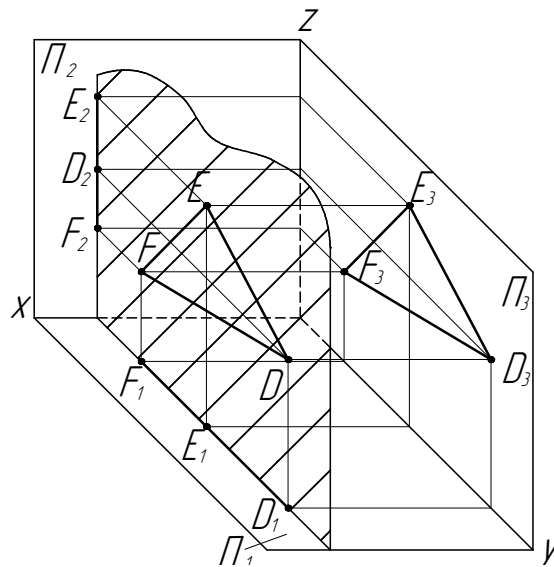
а) наочне зображення



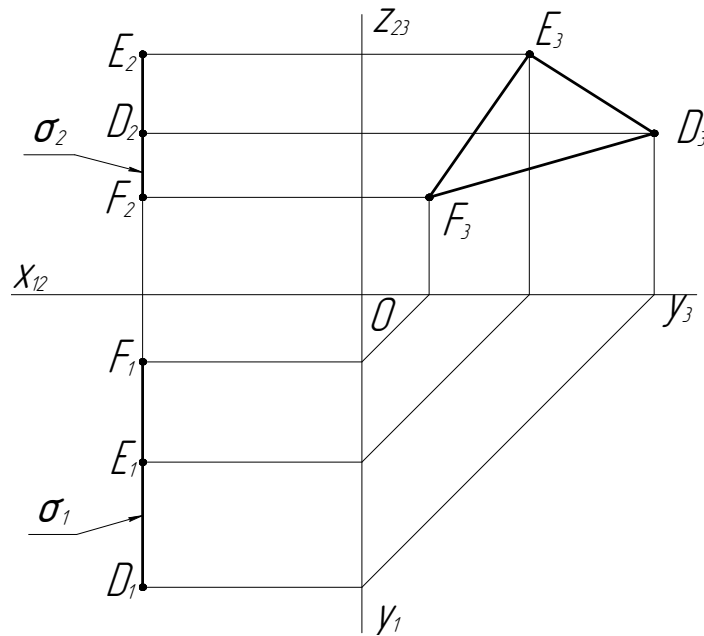
б) епюр

Рисунок 3.9 – Відображення фронтальної площини

Профільна площина – площина, яка паралельна фронтальній Π_3 площині проєкцій та перпендикулярна до горизонтальної Π_1 і фронтальної Π_2 площин проєкцій (рис. 3.10, а, б). В такому випадку площина задана трикутником EFD .



а) наочне зображення

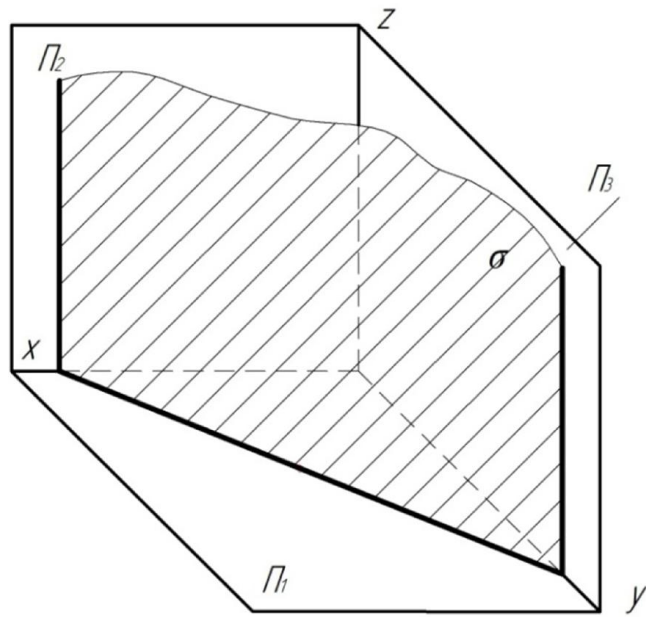


б) епюр

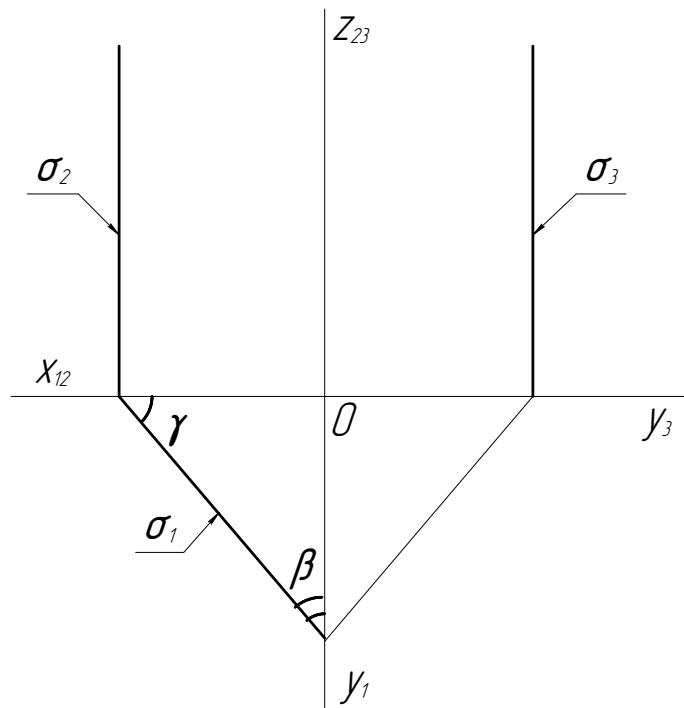
Рисунок 3.10 – Відображення *профільної* площини

Проекціювальна площина – це площина, яка перпендикулярна до однієї з координатних площин.

Горизонтально-проекціювальна площина – площина, яка перпендикулярна до горизонтальної Π_1 площини проєкцій та утворює кути нахилу з фронтальною Π_2 і профільною Π_3 площинами проєкцій (рис. 3.11, а, б). В такому випадку площина задана слідами.



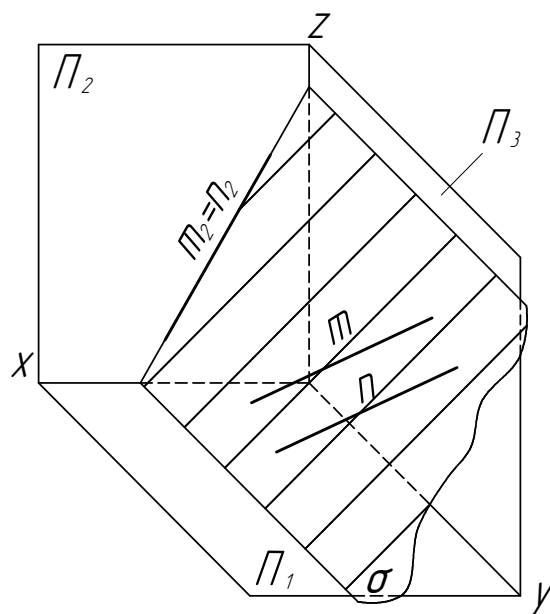
а) наочне зображення



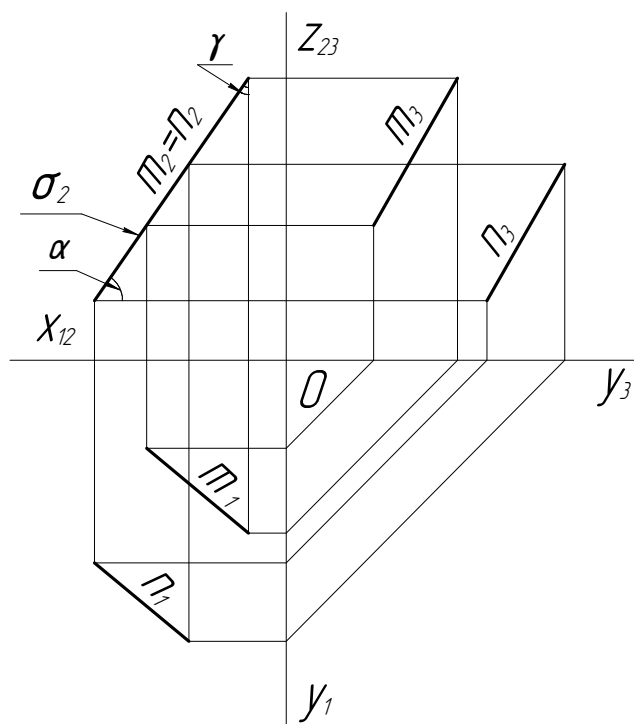
б) епюр

Рисунок 3.11 – Відображення горизонтально-проекціовальної площини

Фронтально-проекціовальна площина – площина, яка перпендикулярна до фронтальної Π_2 площини проєкцій та утворює кути нахилу з горизонтальною Π_1 і профільною Π_3 площинами проєкцій (рис. 3.12, а, б). В такому випадку площина задана двома паралельними прямими m та n .



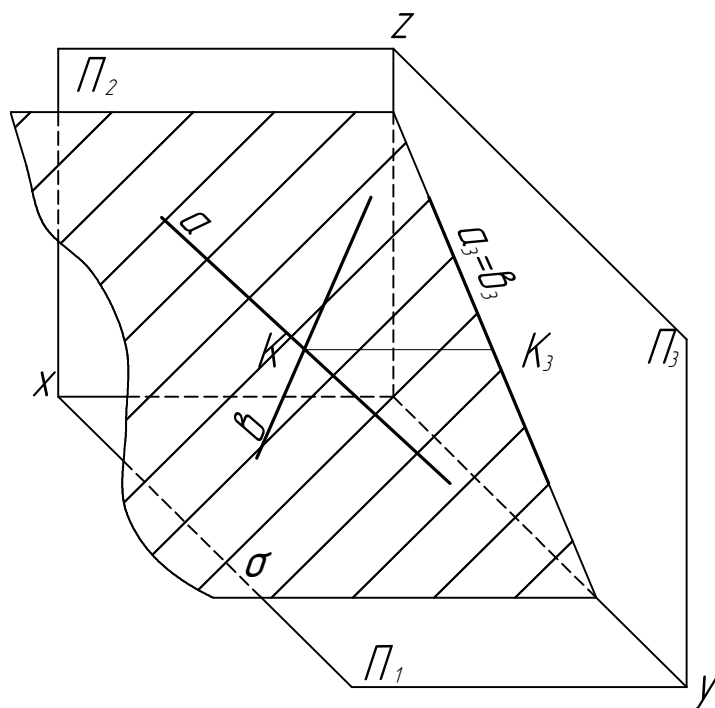
а) наочне зображення



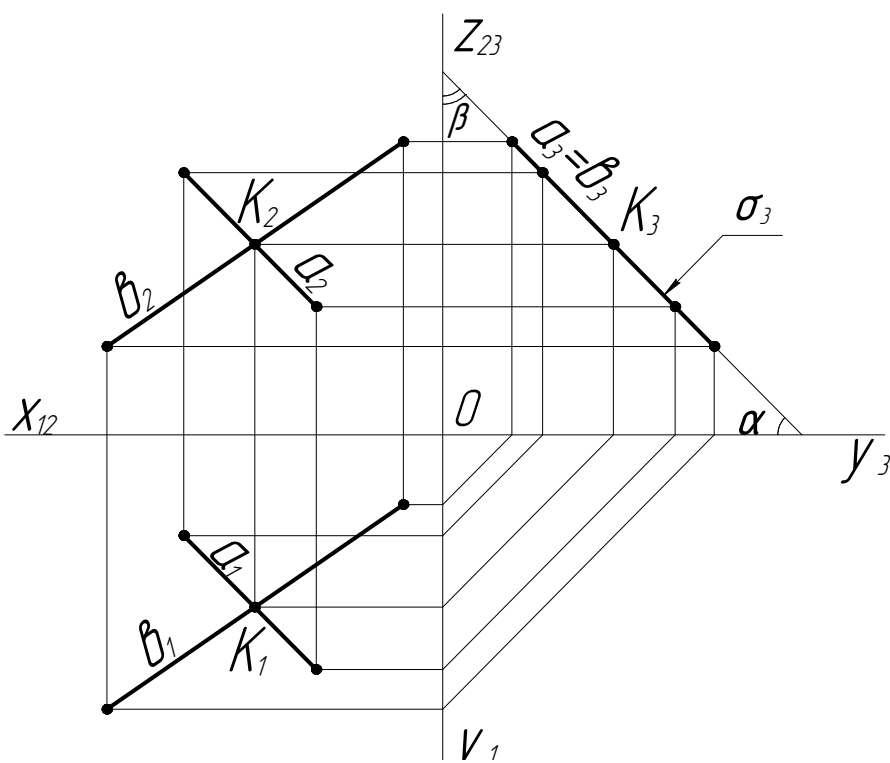
б) епюр

Рисунок 3.12 – Відображення фронтально-проекціювальної площини

Профільно-проекціювальна площина – площина, яка перпендикулярна до профільної Π_3 площини проєкцій та утворює кути нахилу з горизонтальною Π_1 і фронтальною Π_2 площинами проєкцій. В такому випадку площина задана двома прямими a та b , що перетинаються (рис. 3.13, а, б).



а) наочне зображення



б) епюр

Рисунок 3.13 – Відображення профільно-проекціувальної площини

3.3 Умови інцидентності

1-а умова – пряма l належить площині $(a \parallel b)$, якщо вона проходить через дві точки 1 та 2 , які належать цій площині (рис. 3.14, а).

2-а умова – точка A належить площині $(m \cap n)$, якщо вона належить прямій l , яка знаходиться в цій площині (рис. 3.14, б).

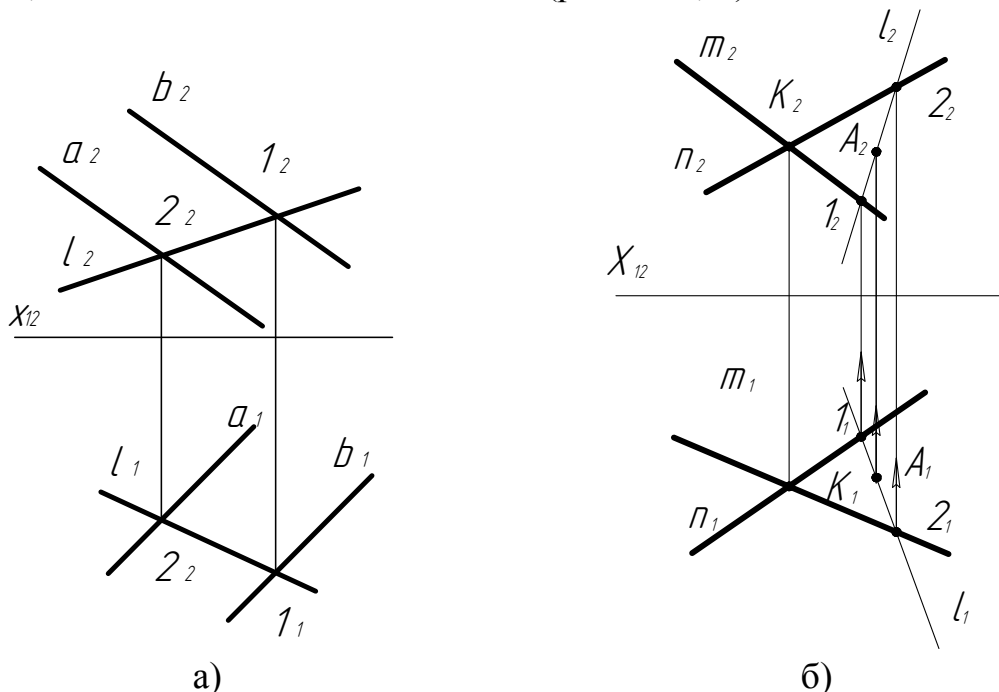


Рисунок 3.14 – Умови інцидентності

3.4 Питання, приклади для самоконтролю знань

Теоретичні питання

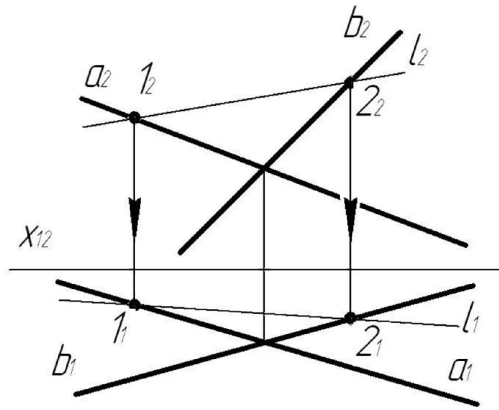
1. Які способи задання площини на епюрі Ви знаєте?
2. Які положення площин вам відомі?
3. Сутність умов інцидентності точки та прямої площині.

Приклади та вправи

Приклад 1. Для заданої площини побудована пряма, що належить площині. Виконаний символний запис задання площини.

Пояснення

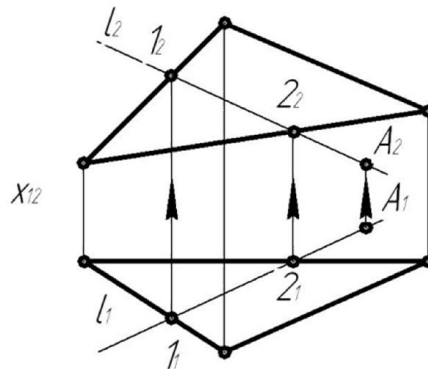
1. Площина задана двома прямими a та b , що перетинаються.
2. Пряма l з заданою площиною має дві спільні точки перетину $1, 2$. Точка 1 належить прямій a , точка 2 – прямій b .
3. Символьний запис цієї задачі такий: $l \in \sigma(a \cap b)$.



Приклад 2. Побудова проекції т. A , яка належить площині. Виконаний символний запис задання площини.

Пояснення

1. Площина σ задана трикутником, тобто $\sigma(\Delta)$.
2. Через точку A проведена пряма l , яка має з заданою площиною дві спільні точки перетину $1, 2$.
3. Символьний запис цієї задачі такий: $A \in \sigma(\Delta)$.



Вправа 1. За наочним зображенням площин рівня визначте їх спосіб задання (рис. 3.15).

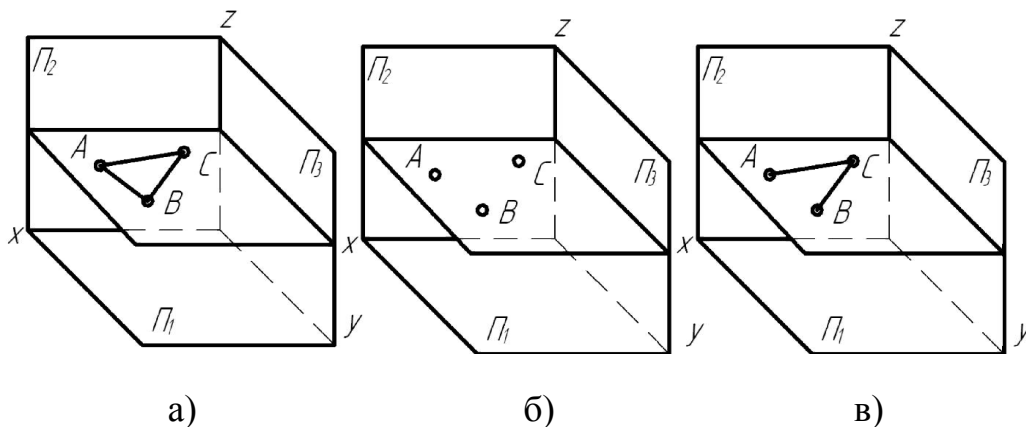


Рисунок 3.15 – Наочні зображення площин рівня

4 ГЕОМЕТРИЧНІ ТІЛА

4.1 Найпростіші гранні поверхні

Призма (prism). Призму задають за допомогою основи та висоти її ребер. В такому випадку основа призми (трикутник) паралельна площині проєкцій Π_1 , ребра (edge) перпендикулярні до Π_1 (рис. 4.1).

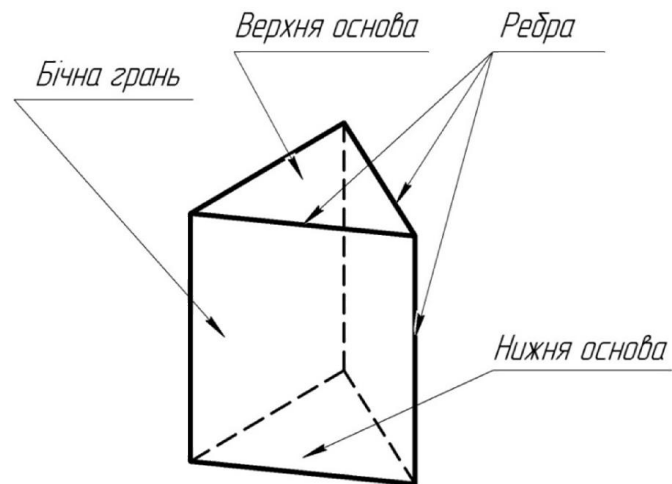
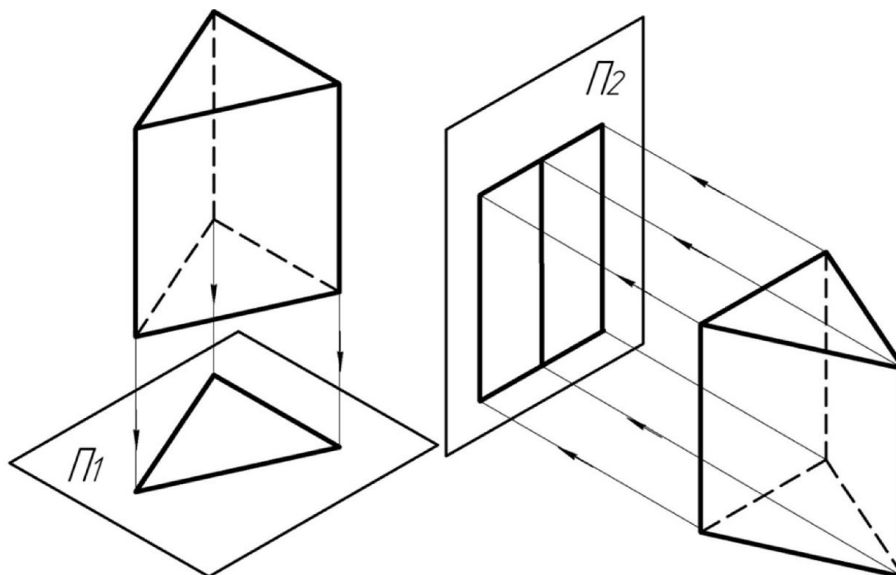


Рисунок 4.1 – Назви елементів призми

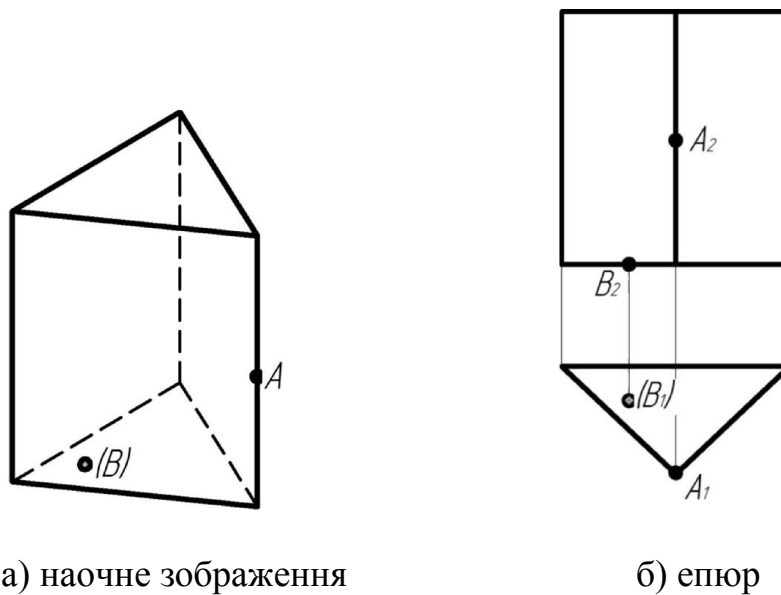
З врахуванням ортогонального проєкціювання призма переходить в трикутник на горизонтальній площині проєкцій Π_1 (рис. 4.2, а), в два прямокутники – на фронтальній площині проєкцій Π_2 (рис. 4.2, б).



а) проєкціювання призми на Π_1 б) проєкціювання призми на Π_2

Рисунок 4.2 – Ортогональне проєкціювання призми на Π_1 та Π_2

Точка на поверхні призми. На рис. 4.3 показані дві точки A та B , причому точка A належить одному з бічних ребер, а точка B – нижній основі призми, яка на Π_1 є невидимою.



а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 4. 3 – Точки на поверхні призми

Всі три бічні ребра (грані) призми перпендикулярні до Π_1 . Верхня та нижня *грані (border)* паралельні горизонтальній площині проєкцій Π_1 . В цих гранях всі ребра займають горизонтальне положення, тобто паралельні горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

Піраміда (pyramid). Піраміду (рис. 4.4) задають за допомогою основи, *вершини (peak)* та її ребер. В такому випадку основа призми (правильний шестикутник) паралельна площині проєкцій Π_1 , ребра перетинаються в спільній вершині S .

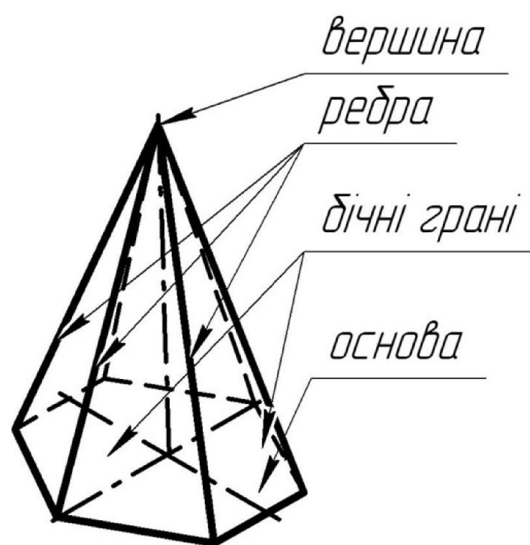
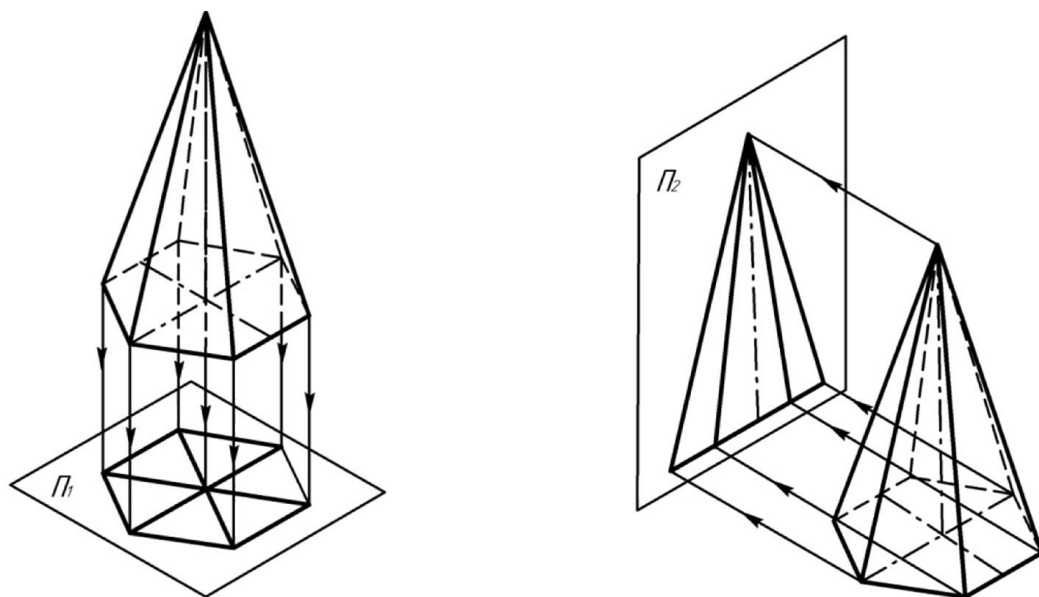


Рисунок 4.4 – Назви елементів піраміди

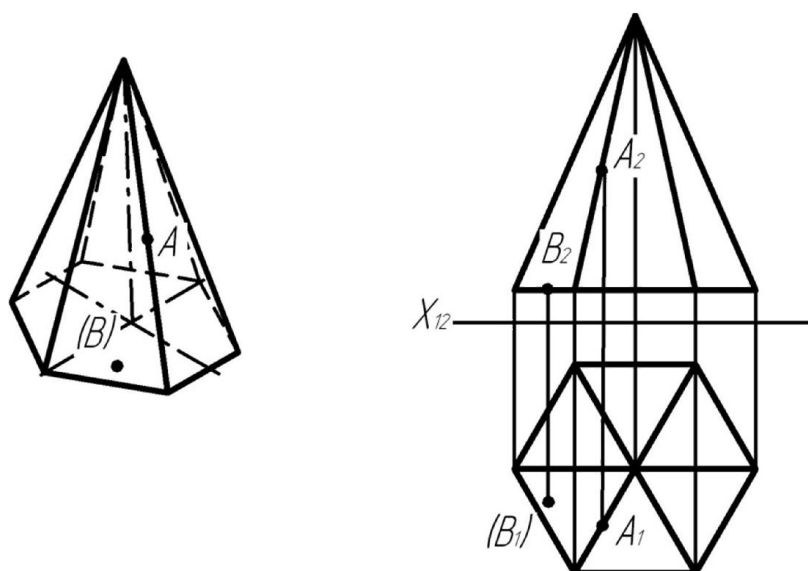
З урахуванням ортогонального проєкціювання піраміда має певні відображення на горизонтальній Π_1 (рис. 4.5, а) та на фронтальній Π_2 (рис. 4.5, б) площинах проєкцій.



а) проєкціювання піраміди на Π_1 б) проєкціювання піраміди на Π_2

Рисунок 4.5 – Ортогональне проєкціювання піраміди на Π_1 та Π_2

Точка на поверхні піраміди. На рис. 4.6 показані дві точки A та B , причому точка A належить одному з бічних ребер, а точка B – нижній основі призми, яка на Π_1 є невидимою (рис. 4.6).

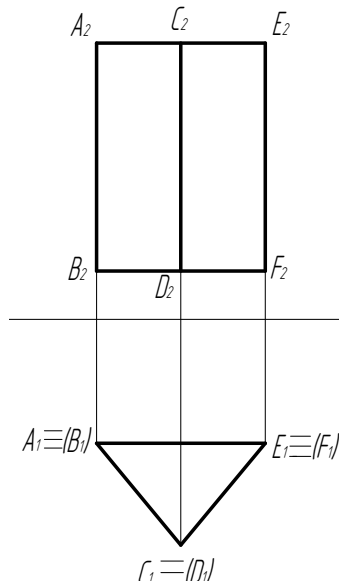


а) наочне зображення б) епюр

Рисунок 4.6 – Точки на поверхні піраміди

4.1.1 Приклади для виконання графічних робіт на тему «Аналіз ребер та граней многогранника»

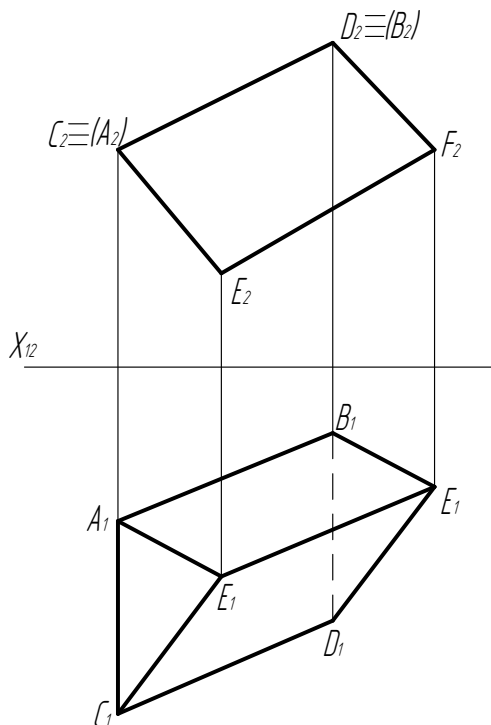
Приклад 1. На підставі показаних зображень (рис. 4.7) прямої призми ознайомтесь з положенням її ребер та граней.



Положення	Ребра	Грані
Загального положення	–	–
Горизонтальні	AC, EC, BD, DF	ACE, BDF
Фронтальні	–	ABFC
Профільні	–	–
Горизонтально-проекціювальні	AB, EF, CD	ABDC, CEFD
Фронтально-проекціювальні	–	–
Профільно-проекціювальні	AE, BF	–

Рисунок 4.7 – Аналіз ребер та граней прямої тригранної призми

Приклад 2. На підставі показаного зображення (рис. 4.8) похилої (inclined) призми ознайомтесь з положенням її ребер та граней.



Положення	Ребра	Грані
Загального положення	AC, C, BE, DE	ABEF, CEFD
Горизонтальні	–	–
Фронтальні	–	–
Профільні	–	–
Горизонтально-проекціювальні	AB, EF, CD	–
Фронтально-проекціювальні	AC, DB	ACE, DBF, CADB
Профільно-проекціювальні	–	–

Рисунок 4.8 – Аналіз ребер та граней похилої тригранної призми

Приклад 3. Самостійно ознайомтесь з побудовою третьої проекції похилої тригранної піраміди та аналізом її ребер і граней (рис. 4.9).

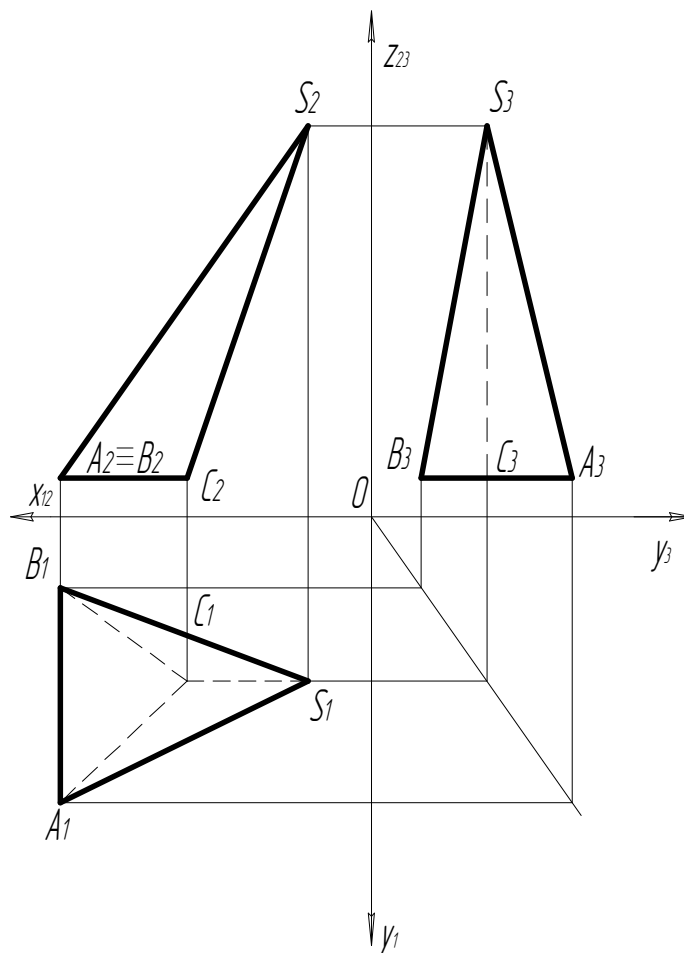
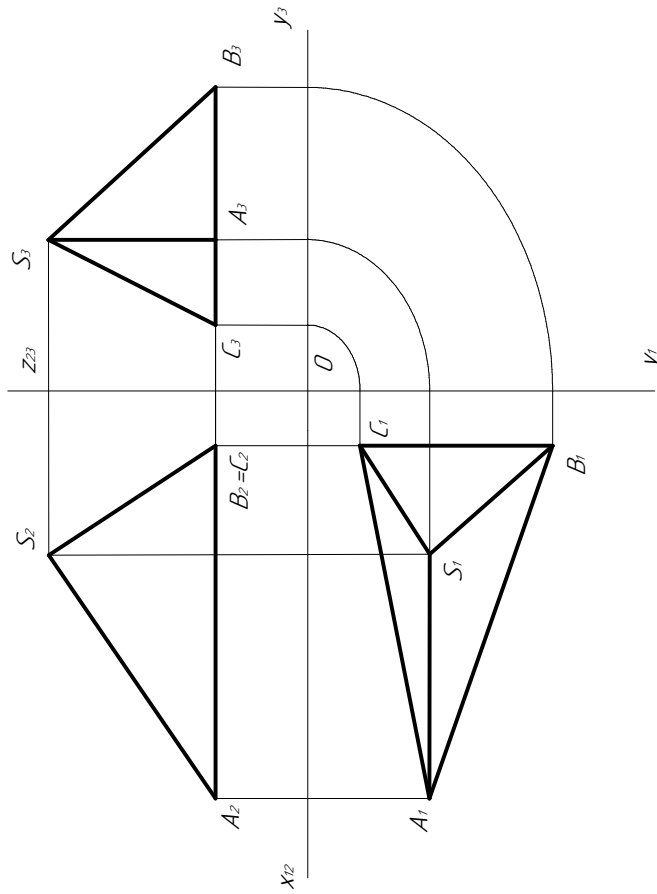


Рисунок 4.9 – Аналіз ребер та граней похилої тригранної піраміди

Положення	Ребра	Грані
Загального положення	BS, AS	BCS, ACS
Горизонтальні	AC, BC	ABC
Фронтальні	CS	–
Профільні	–	–
Горизонтально-проекціювальні	–	–
Фронтально-проекціювальні	AB	SAB
Профільно-проекціювальні	–	–

Приклад виконання графічної роботи «Аналіз ребер та граней многогранника» показаний на рис. 4.10 (роботу виконують на форматі А3).



Положення	Ребра	Грани
Горизонтальне	AB, AC	ABC
Фронтальне	AS	-
Профільне	-	-
Горизонтально-проекційвальне	-	-
Фронтально-проекційвальне	BC	BSC
Профільно-проекційвальне	-	-
Загального положення	SC, SB	ASC, ASB
Взаємне положення		
Паралельні	-	-
Перетинаються	AC∩AB, CS∩BS	ABC∩BSC
Мимобіжні	AC∩BD, AD∩BC	-

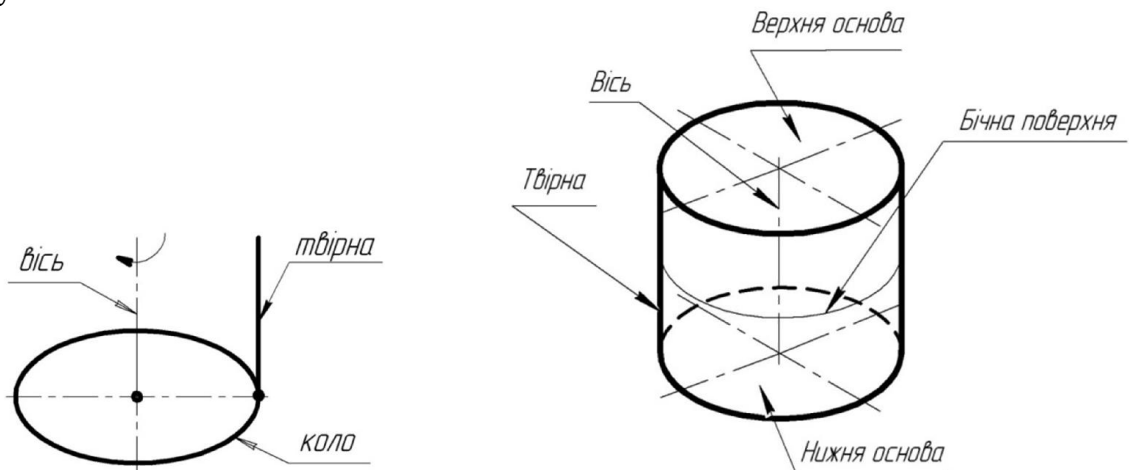
Епюр №1
 Виконав: ст. гр. 1М-10 Мельничук М.Є.
 Перевірив: доц. Буда А.Г.

Рисунок 4.10 – Зразок виконання графічної роботи «Аналіз ребер та граней многогранника»

4.2 Найпростіші поверхні обертання

Циліндр обертання (cylinder of rotation). Циліндр утворюється обертанням *твірної (generating line)* навколо осі (рис. 4.11, а), яка паралельна їй.

Елементи циліндра. Циліндр (рис. 4.11, б) складається з бічної *поверхні (surface)* та її основ (верхньої та нижньої). *Бічна поверхня (side surface)* складається з твірних. Відстань за перпендикуляром між основами називається висотою циліндра. Віссю циліндра називається пряма, яка проходить через центри основ. Вона паралельна твірним. Радіус циліндра – радіус його основ.

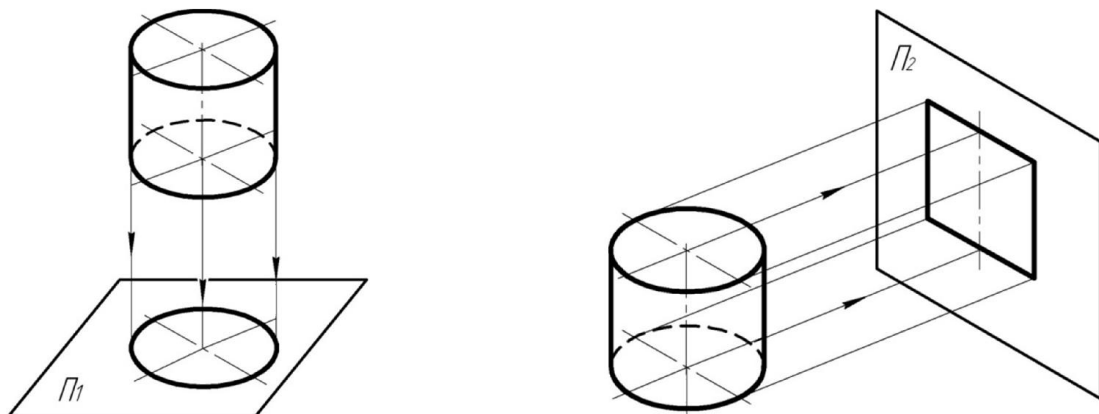


а) утворення циліндра

б) назви елементів циліндра

Рисунок 4.11 – Циліндр обертання

При ортогональному проєкціюванні циліндра на горизонтальну та фронтальну площини проєкцій Π_1 та Π_2 отримані відповідні відображення (рис. 4.12, а) і (рис. 4.12, б).



а) проєкціювання циліндра на Π_1

б) проєкціювання циліндра на Π_2

Рисунок 4.12 – Ортогональне проєкціювання циліндра на Π_1 та Π_2

Вісь та твірні циліндра (бічна поверхня) перпендикулярні до Π_1 . Дві основи паралельні горизонтальній площині проєкцій Π_1 (рис. 4.13).

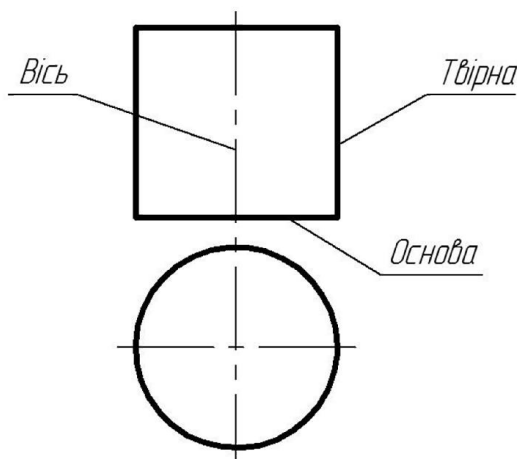
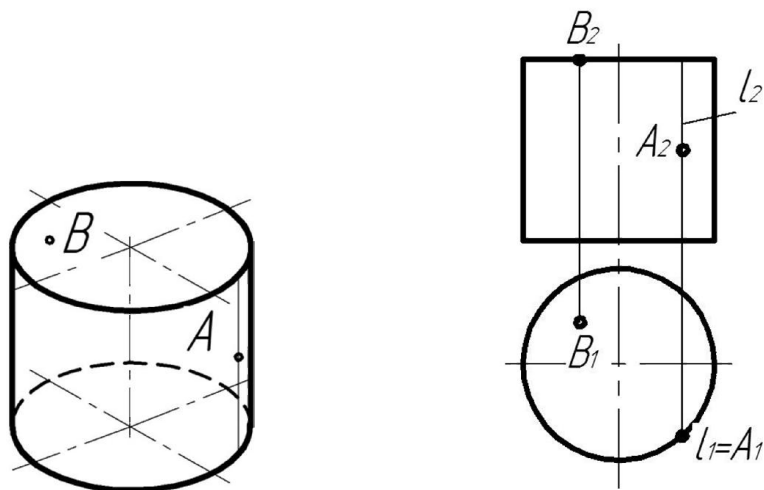


Рисунок 4.13 – Назви елементів циліндра в ортогональних проєкціях

Точка на поверхні циліндра. На рис. 4.14 (а, б) показані дві точки A та B , причому точка A належить бічній поверхні, а точка B – верхній основі циліндра, яка на Π_1 є видимою.



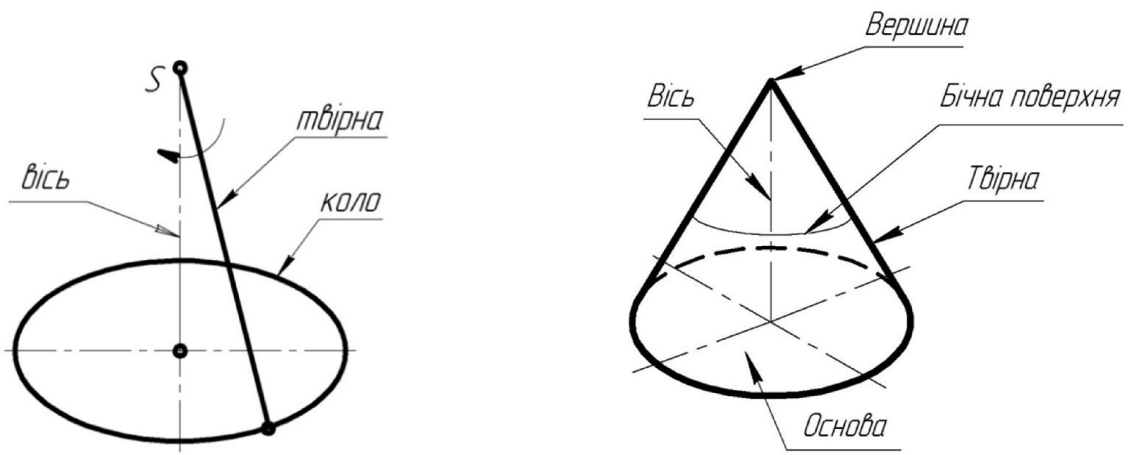
а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 4.14 – Точки на поверхні циліндра

Конус обертання (cone of rotation). Конус утворюється обертанням твірної навколо осі (рис. 4.15, а), що проходить через вершину конуса.

Елементи конуса. Конус (рис. 4.15, б) складається з бічної поверхні та її основи. Бічна поверхня складається з твірних. Відрізки, що з'єднують вершину конуса з точками кола основи, називаються твірними. Відстань за перпендикуляром від центра основи до вершини конуса називається висотою конуса. Віссю конуса називається пряма, яка проходить через центр основи та його вершину. Радіус конуса – радіус його основи.

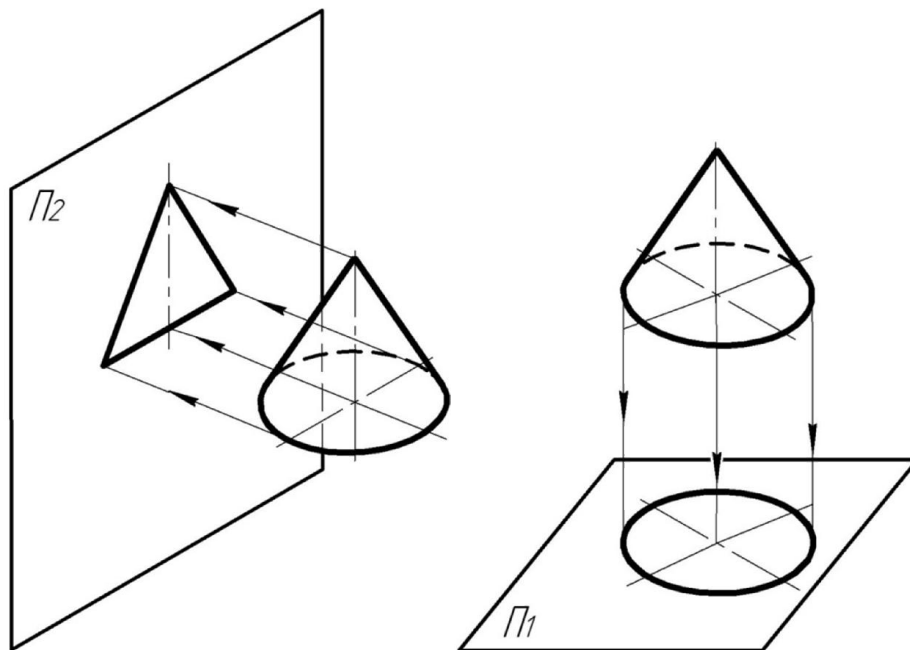


а) утворення конуса

б) назви елементів конуса

Рисунок 4.15 – Конус обертання

При ортогональному проєкціюванні конуса на горизонтальну та фронтальну площини проєкцій Π_1 та Π_2 отримані відповідні відображення (рис. 4.16, а) і (рис. 4.16, б).



а) проєкціювання конуса на Π_1

б) проєкціювання конуса на Π_2

Рисунок 4.16 – Ортогональне проєкціювання конуса на Π_1 та Π_2

Вісь конуса перпендикулярна до Π_1 . Основа паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 (рис. 4.17).

Точка на поверхні конуса. На рис. 4.18, а, б показані дві точки A та B . Точка A належить бічній поверхні, а точка B – основі конуса, яка на Π_1 є невидимою.

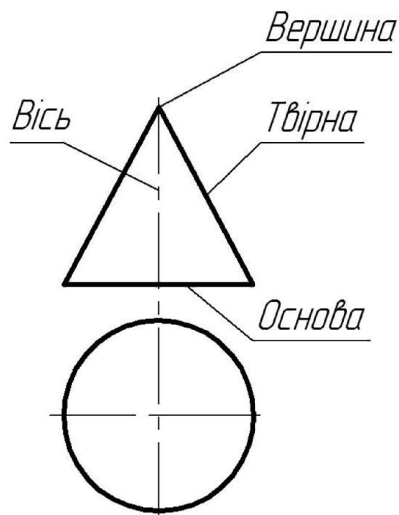
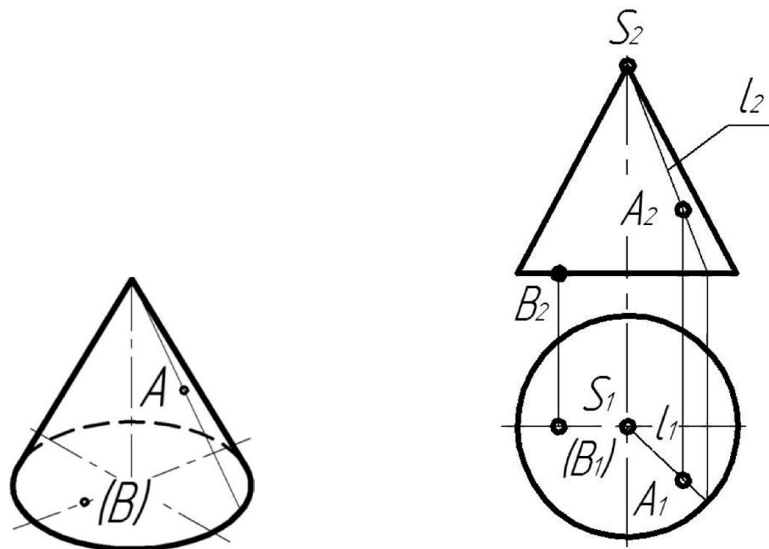


Рисунок 4.17 – Назви елементів циліндра в ортогональних проєкціях

На епюрі проєкції точки A (A_1, A_2) знаходять за допомогою твірної l (рис. 4.18, б).



а) наочне зображення

б) епюр

Рисунок 4.18 – Точки на поверхні конуса

4.3 Питання для самоконтролю знань

1. Як утворюється поверхня циліндра (конуса)?
2. Які елементи для циліндра та конуса є спільними, а які – відмінними?
3. В чому різниця між гранними поверхнями та поверхнями обертання?
4. В чому різниця між ребром та гранню?
5. Як виконується побудова твірної на циліндрі (конусі)?
6. Які відмінності при утворенні призми та піраміди?

5 ПЕРЕРІЗ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПРОЕКЦІОНОВАЛЬНИМИ ПЛОЩИНАМИ

5.1 Загальні положення

Для побудови *лінії перерізу* (*line of section*) поверхні площиною слід враховувати характерні форми тієї чи іншої поверхні.

При перерізі многогранної поверхні площиною утворюється ламана лінія (рис. 5.1, а), при перерізі криволінійної поверхні (рис. 5.1, б–г) – *крива* (*curve*) лінія (еліпс, коло, парабола, гіпербола і под.).

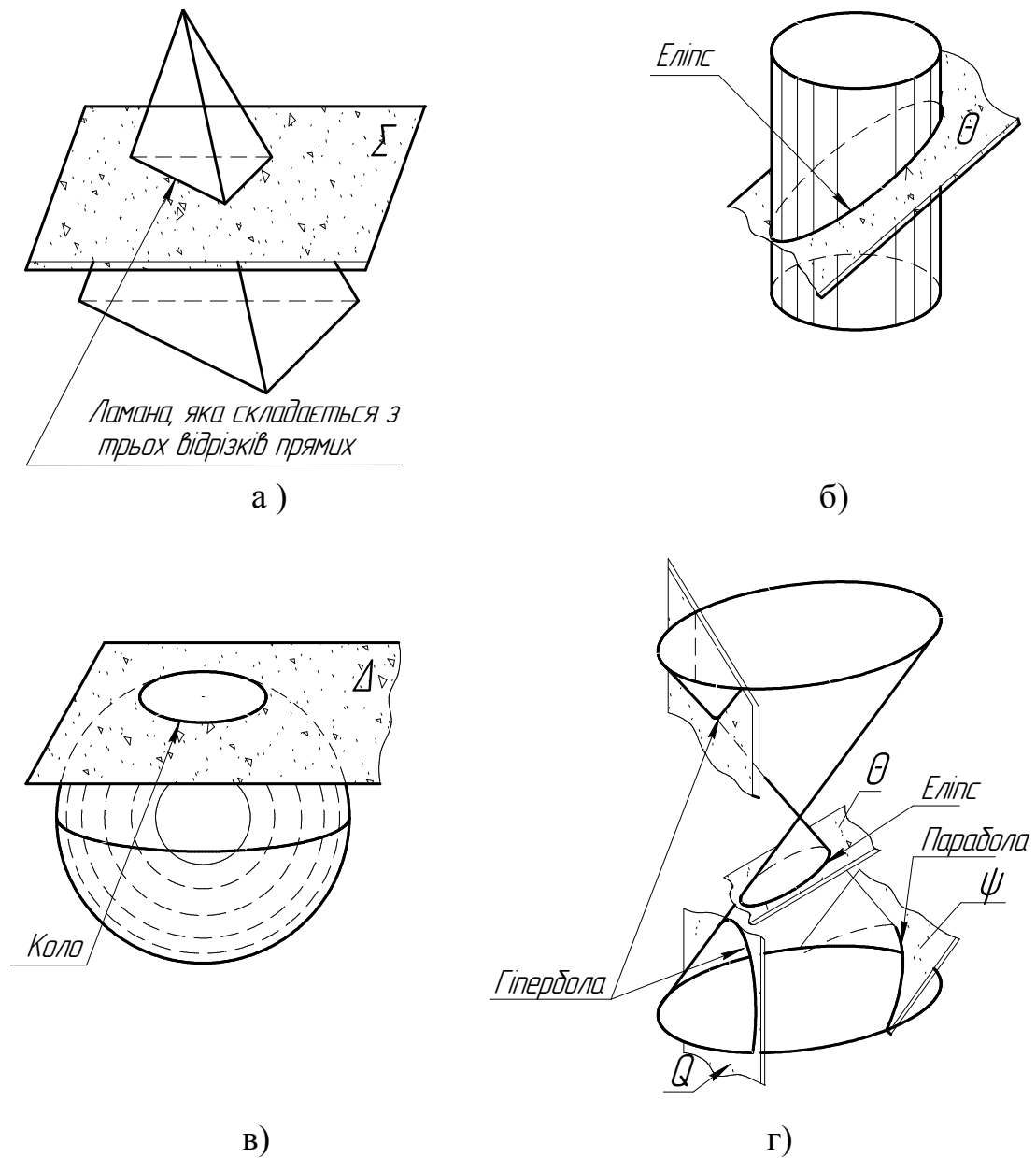
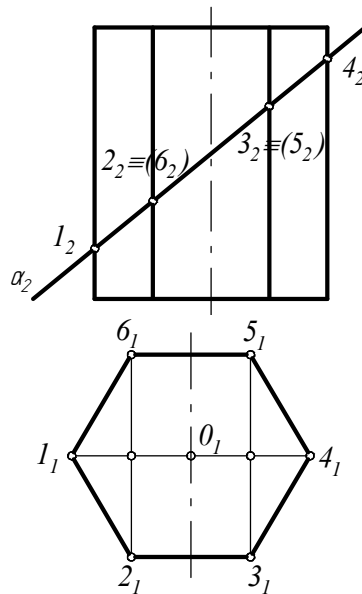


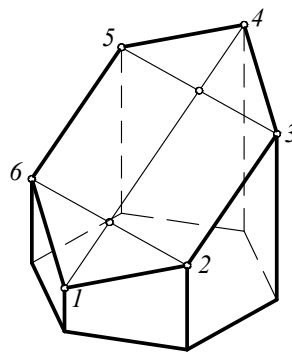
Рисунок 5.1 – Перерізи поверхонь

5.2 Перерізи гранних поверхонь

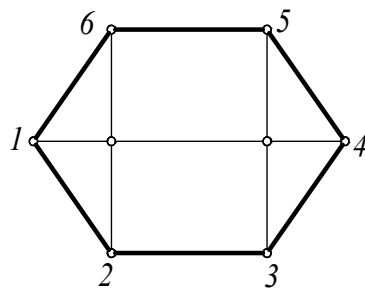
Призма. При перерізі шестикутної призми (рис. 5.2) фронтально-проекціовальною площиною α ми отримуємо шестикутник, кожна точка 1–6 якого визначена на відповідному ребрі призми. Лінія перерізу належить проекціовальній бічній поверхні призми.



а) ортогональні проекції перерізу



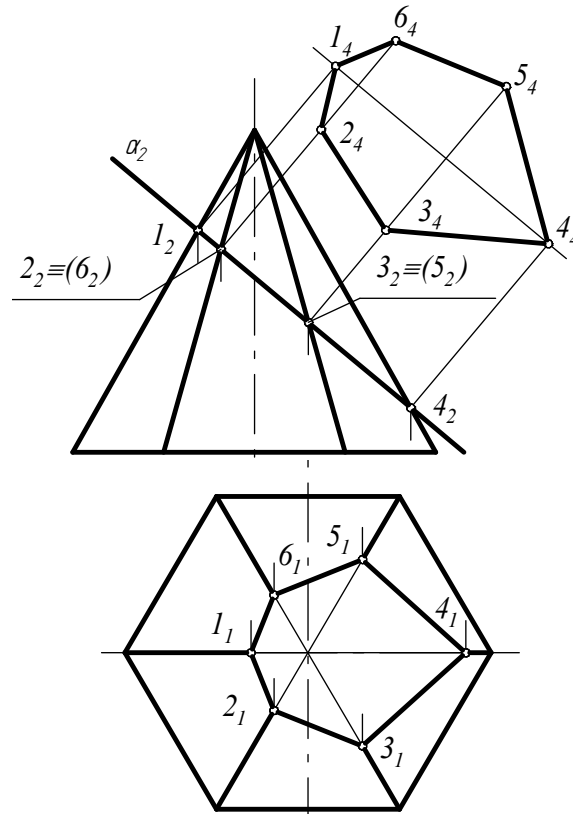
б) наочне зображення зрізаної призми



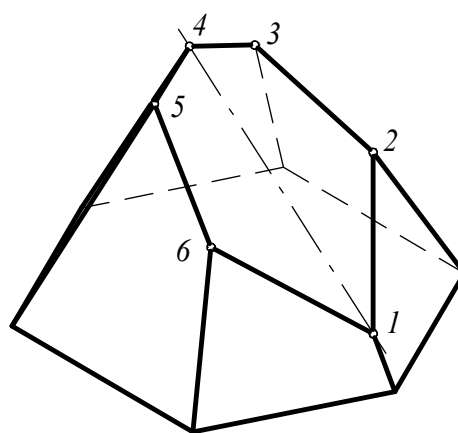
в) натуральна величина фігури перерізу

Рисунок 5.2 – Січна (transverse) площина перерізає призму по шестикутнику

Піраміда. При перерізі шестикутної піраміди (рис. 5.3) фронтально-проекціювальною площиною α ми отримуємо шестикутник, кожна точка 1–6 якого визначена на відповідному ребрі піраміди. Лінія перерізу – багатокутник (шестикутник), число сторін якого дорівнює числу бічних ребер піраміди.



а) ортогональні проекції перерізу та її натуральна величина



б) наочне зображення зрізаної піраміди

Рисунок 5.3 – Січна площина перерізає піраміду по шестикутнику

5.3 Перерізи поверхонь обертання

Циліндр обертання. При перерізі циліндра обертання фронтально-проекціювальною площиною θ (див. рис. 5.1, б) утворюється *еліпс (ellipse)*, при перерізі січною площиною σ – зрізаний еліпс (рис. 5.4, а).

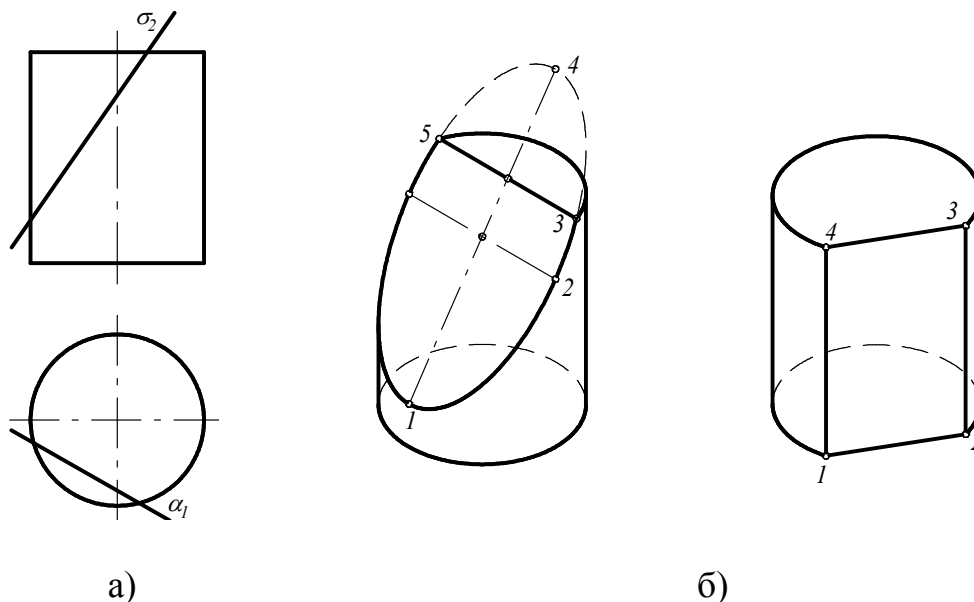


Рисунок 5.4 – Січні площини σ та α перерізають циліндр

Січна площина α паралельна осі циліндра, перерізає циліндр за двома твірними 1,4 та 2,3 (рис. 5.4, б).

Конус обертання. При перерізі конуса обертання горизонтальною площиною $T(T_2)$ ми отримуємо коло (рис. 5.5), оскільки січна площина перпендикулярна до осі обертання конуса. Діаметр кола залежить від конкретного положення січної площини і визначається відстанню між точками 1_1-3_1 або 2_1-4_1 .

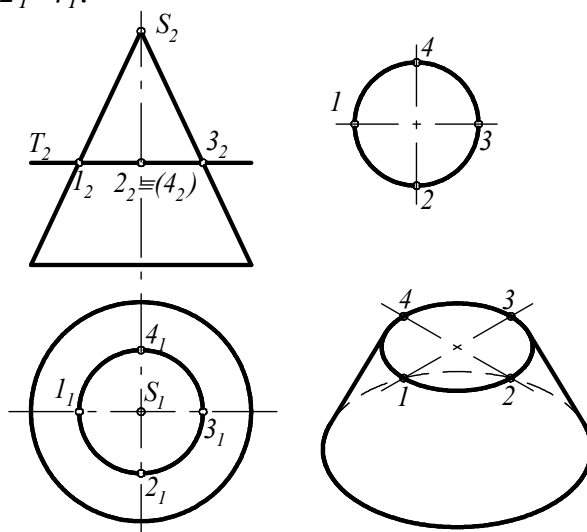


Рисунок 5.5 – Січна площина перерізає конус по колу

Якщо січна площина $T(T_2)$ проходить через вершину конуса S та перерізає основу в точках $1, 2$ (рис. 5.6), $S, 1$ та $S, 2$ – твірні конуса.

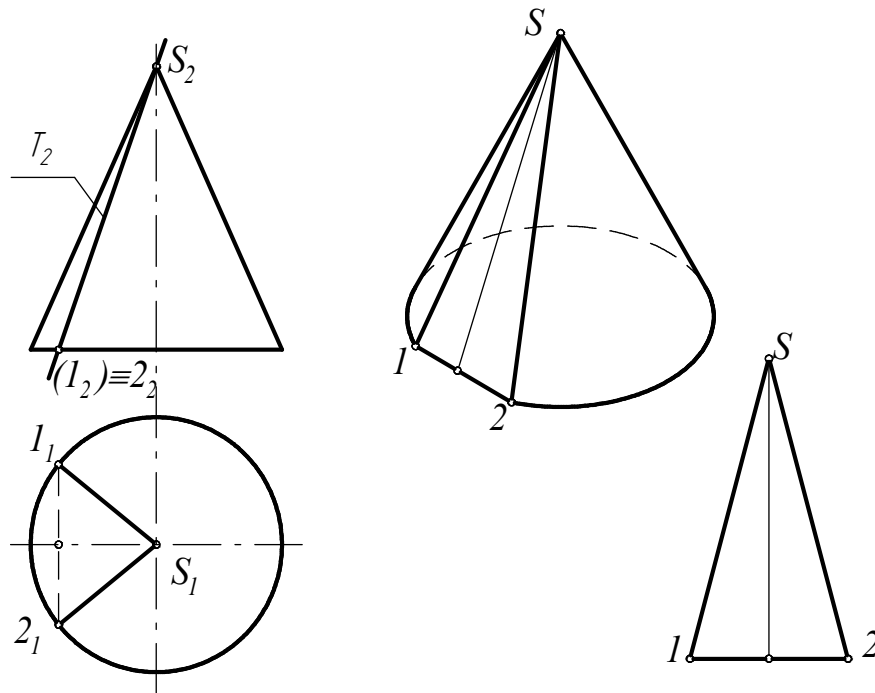


Рисунок 5.6 – Січна площина перерізає конус по трикутнику

Якщо фронтально-проекціувальна площина $T(T_2)$ перерізає всю бічну поверхню конуса (рис. 5.7), то утворюється еліпс.

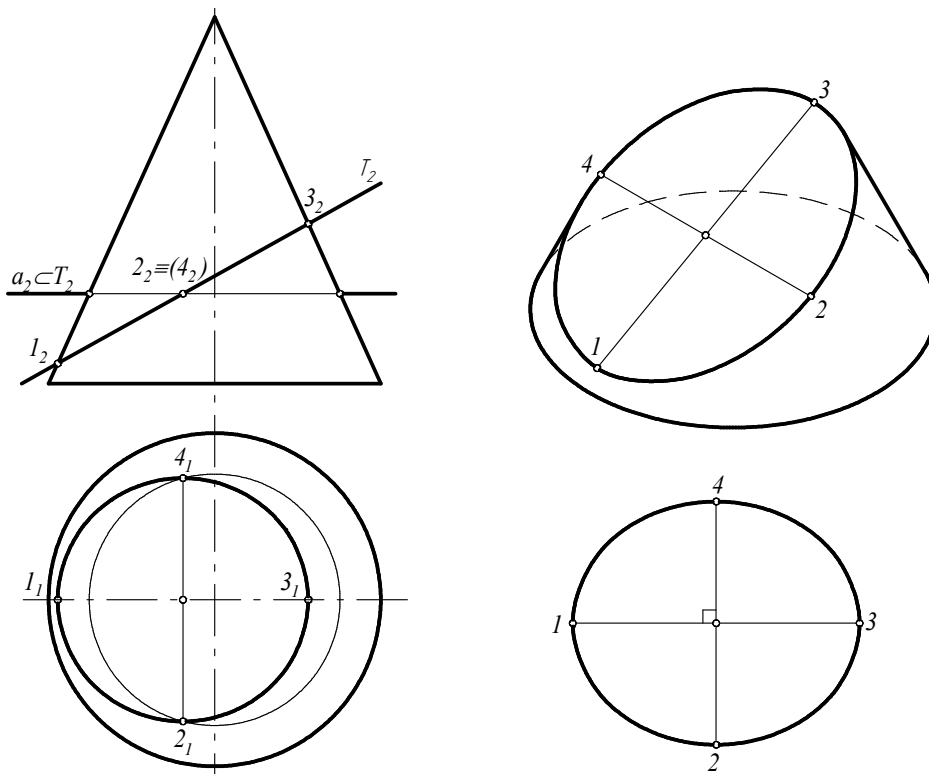


Рисунок 5.7 – Січна площина T перерізає конус по еліпсу

5.4 Приклади побудов найпростіших перерізів поверхонь фронтально-проекціувальною січною площиною

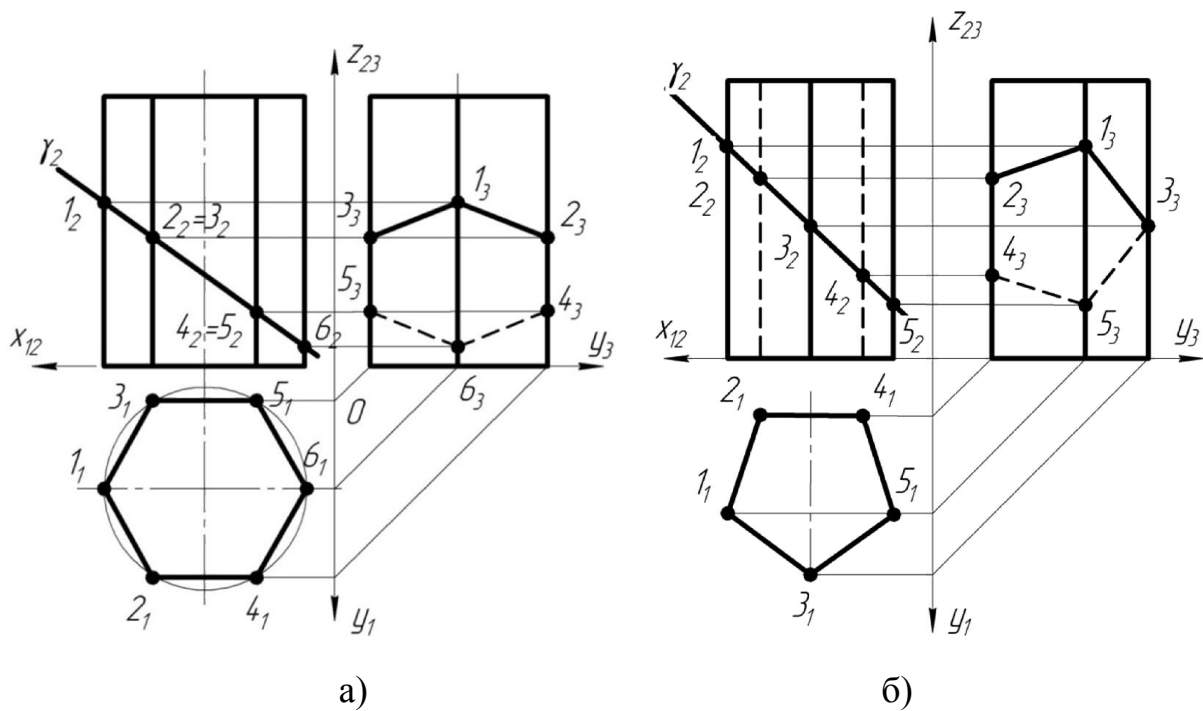


Рисунок 5.8 – Лінії перерізу шестигранної призми січною площиною γ

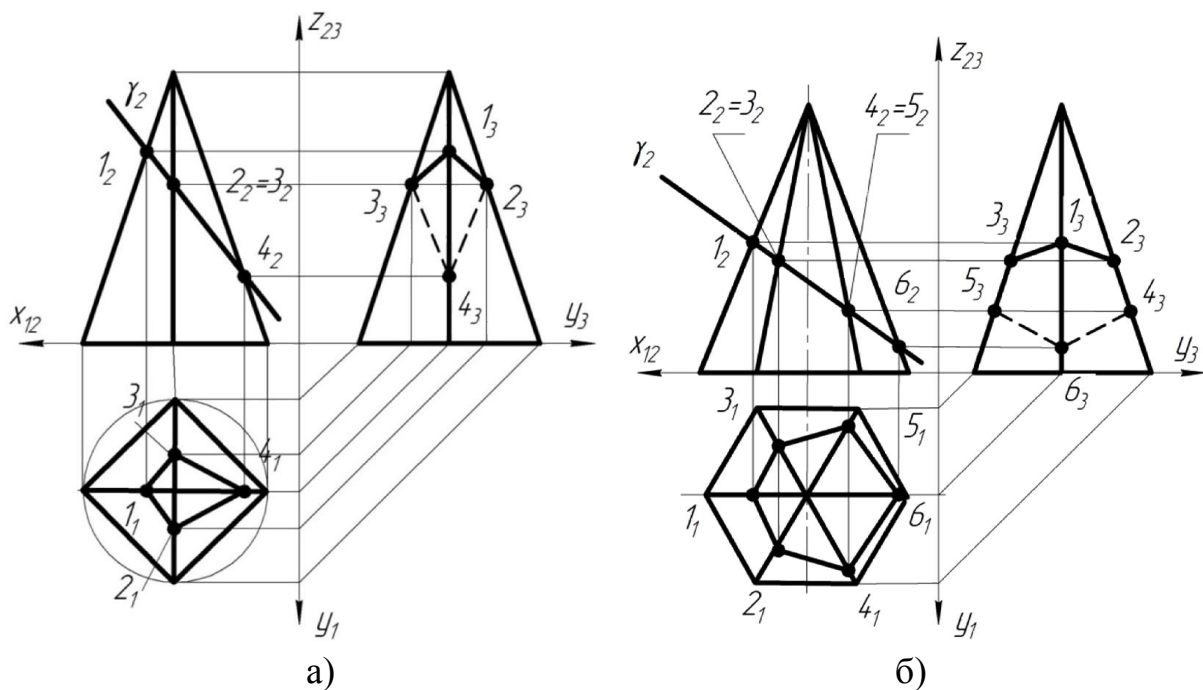


Рисунок 5.9 – Лінії перерізу піраміди січною площиною γ

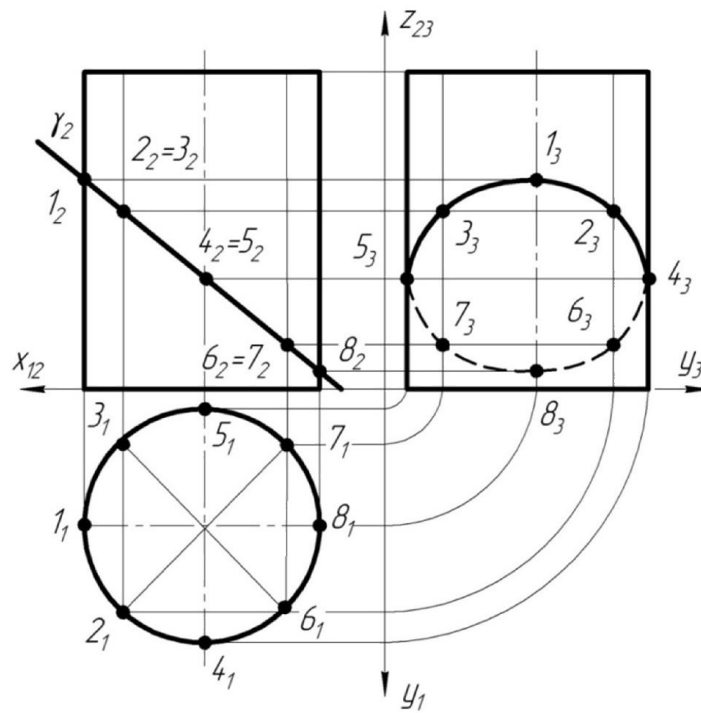


Рисунок 5.10 – Лінії перерізу циліндра січною площиною γ

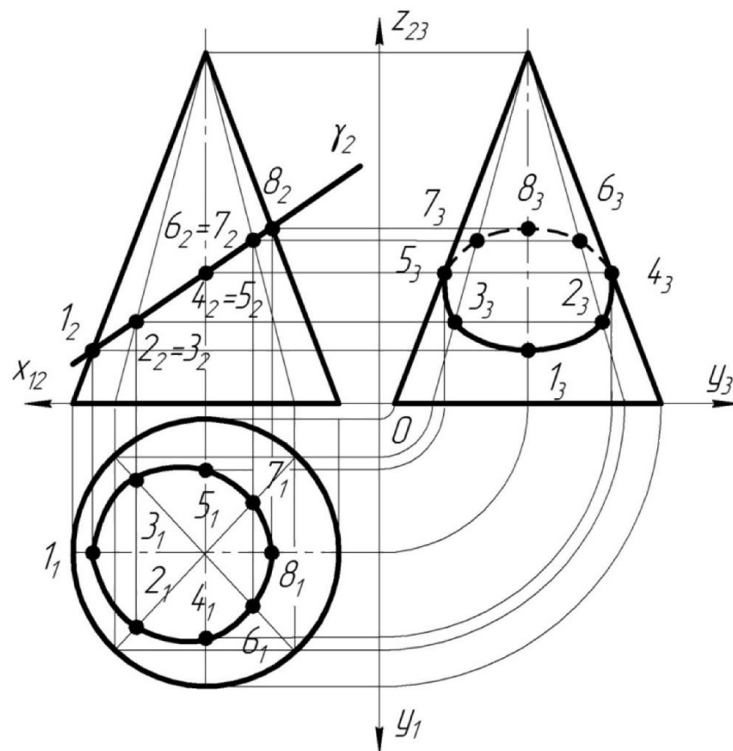


Рисунок 5.11 – Лінії перерізу конуса січною площиною γ

Студенту пропонується ознайомитись з варіантами побудов проекцій ліній перерізу січною площиною γ для інших різновидів призм (рис. 5.12) та пірамід (рис. 5.13).

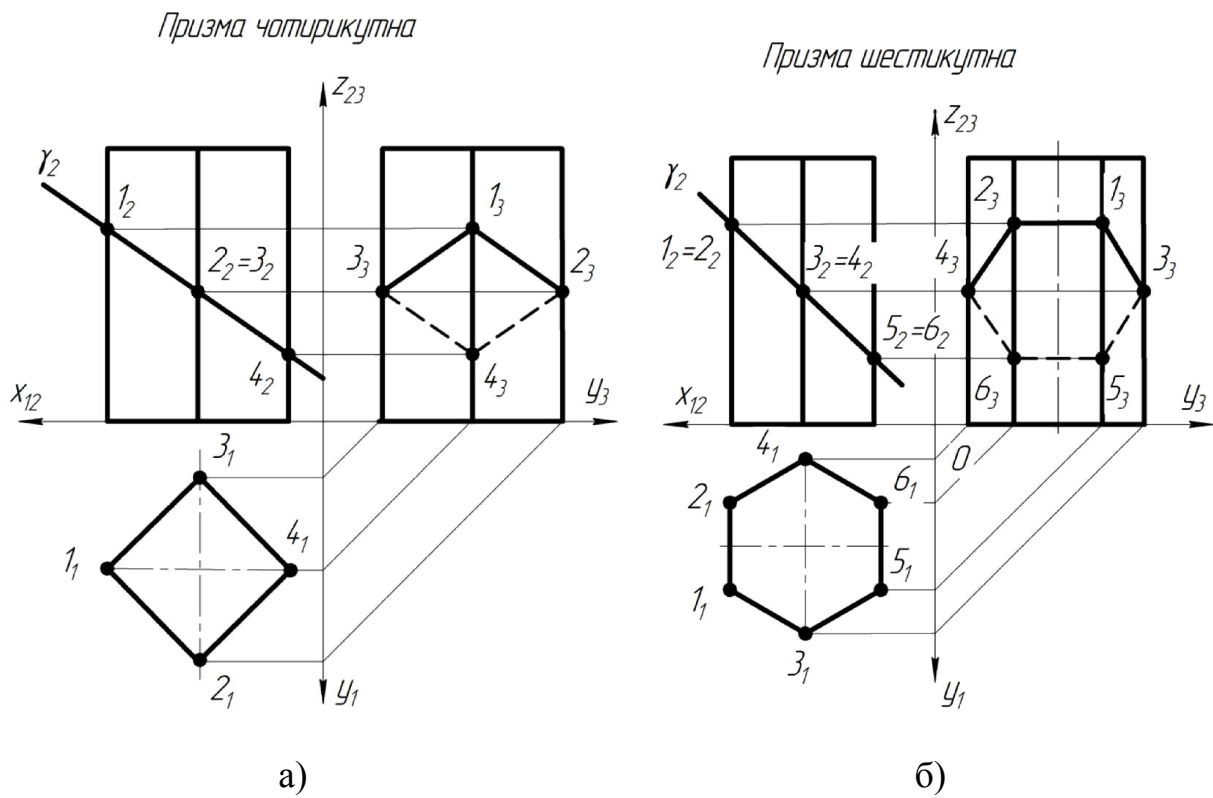


Рисунок 5.12 – Побудова лінії перерізу призм січною площиною γ

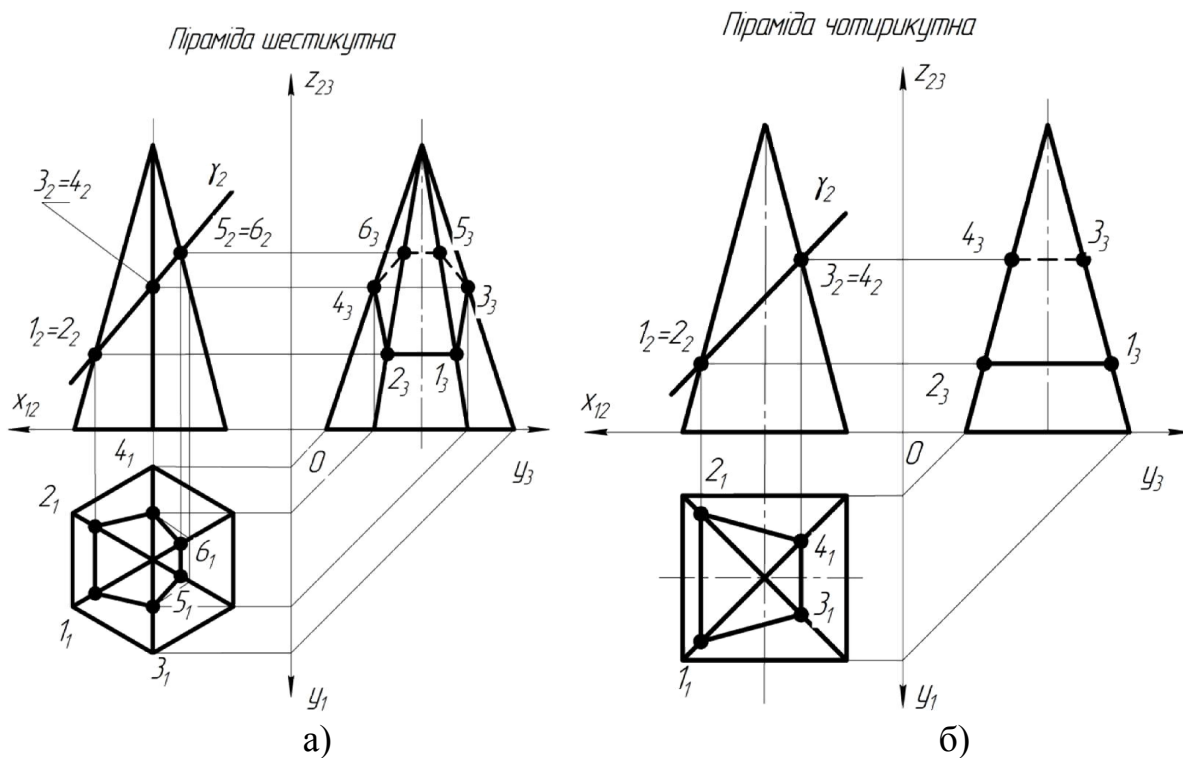


Рисунок 5.13 – Побудова лінії перерізу пірамід січною площиною γ

6 МЕТОДИ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Задання прямих ліній та плоских фігур, які займають окреме положення, дозволяє спростити побудови та розв'язання задач.

Якщо прямі лінії та плоскі фігури займають загальне положення відносно площин проєкцій Π_1 та Π_2 , то за рахунок способів перетворень можна розв'язувати ряд метричних задач.

Для геометричних побудов, пов'язаних з прямими та точками, використовують алгоритм, який дозволяє визначати відстані між двома точками, паралельними та мимобіжними прямими; від точки до прямої, кути нахилу прямих до горизонтальної та фронтальної площин проєкцій.

Для метричних задач (*metric task*), що стосуються площин, використовують інший алгоритм, яким користуються для визначення натуральних величин плоских фігур (площа, периметр), кутів нахилу заданих площин до площин проєкцій, відстаней від точки до площини, між двома паралельними площинами.

6.1 Спосіб заміни площин проєкції

Сутність методу: об'єкт проєкціювання (пряма та площина) залишають нерухомим, а нову площину проєкції вводять так, як це зручно для розв'язання задач. Причому, додаткова площина проєкції, яка замінює попередню Π_2 (Π_1), має бути перпендикулярною до тієї, що залишається, тобто $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ($\Pi_4 \perp \Pi_2$) (рис. 6.1, а, б).

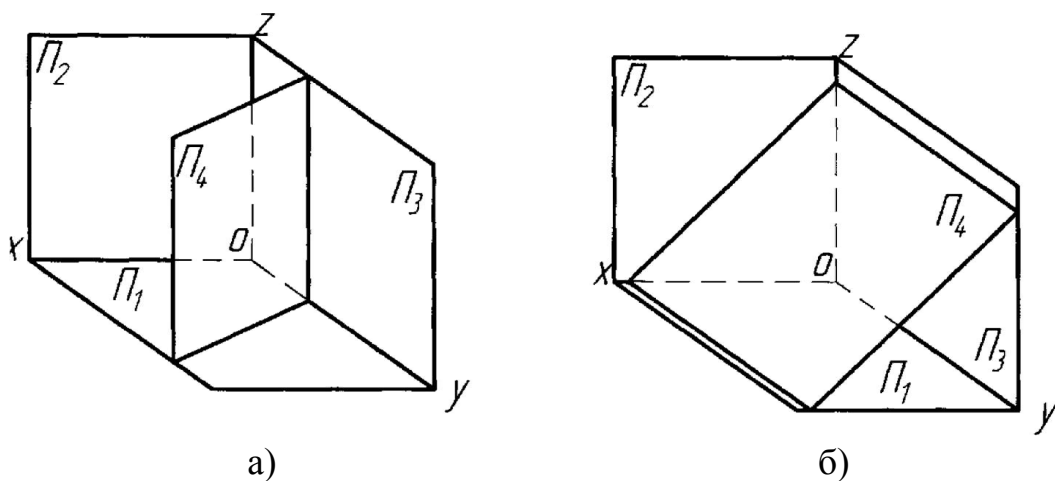


Рисунок 6.1 – Введення допоміжної площини проєкції відносно основних площин проєкцій Π_1 та Π_2

При виконанні побудови епюра для подальших побудов профільна площина проєкцій Π_3 до уваги не береться.

Задача 1. Прямій EF надайте окремі положення та визначте кути нахилу цієї прямої до площин проекцій Π_1 та Π_2 (рис. 6.2).

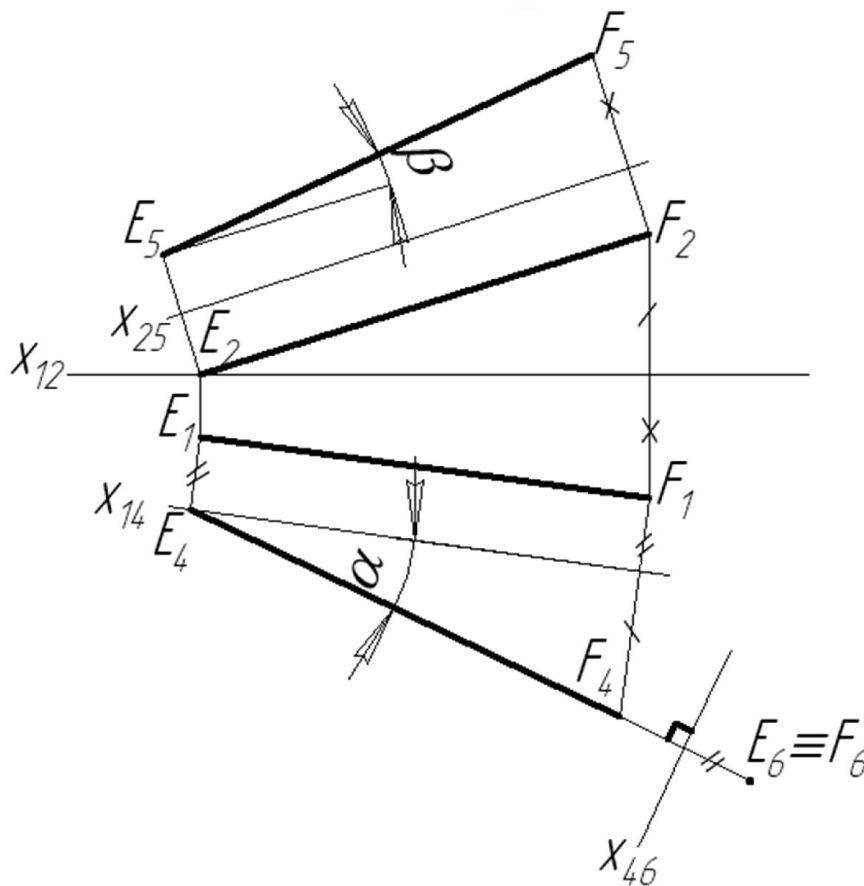


Рисунок 6.2 - Основні положення прямої EF

Алгоритм розв'язання

1. Для визначення кута нахилу прямої EF до горизонтальної площини Π_1 нову площину проекцій Π_4 вводять таким чином, щоб вона була перпендикулярною до Π_1 та паралельною прямій EF . Ознакою цих побудов є:

$$\Pi_1 \cap \Pi_4 = X_{14}, X_{14} \parallel E_1F_1.$$

2. Будуємо фронтальну проекцію прямої EF в новій площині проекцій Π_4 . Для цього ортогонально до нової осі X_{14} проєкціюємо точки E та F , враховуючи сталість координати Z , тобто: $Z_{E, F} = const$. В новій площині проєкцій натуральна величина (н. в.) $EF = E_4F_4$, причому пряма EF утворює кут нахилу з горизонтальною площиною проєкцій Π_1 , який дорівнює α , тобто $E_4F_4 \wedge \Pi_1 = \alpha$.

3. Шляхом введення нової площини проєкцій Π_6 на підставі аналогічних побудов, які пояснюються в пунктах 1, 2, знаходимо натуральну величину

відрізка прямої EF та кут нахилу β до фронтальної площини проєкцій. В символному вигляді хід розв'язання можна записати так:

$$X_{25} \parallel E_2 F_2, \quad Y = const, \quad E_5 F_5 = n. v. EF, \quad E_5 F_5 \wedge \Pi_2 = \beta.$$

4. Пряма загального положення EF може бути перетворена в проєкціювальну в тому випадку, якщо попередньо вона перетворена в пряму рівня. Тоді наступна нова площина проєкцій вводиться перпендикулярно до натуральної величини цієї прямої, наприклад до $E_4 F_4$, тобто, $X_{46} \perp E_4 F_4$.

Задача 2. Площині загального положення (трикутник ABC) надайте окремі положення.

Для побудов передбачаються два етапи:

- 1) перетворення площини в проєкціювальну;
- 2) перетворення проєкціювальної площини в площину рівня.

Рис. 6.3 демонструє перший етап перетворення площини $\triangle ABC$ у проєкціювальну. Нова площина проєкцій Π_4 проводиться перпендикулярно до Π_1 та горизонталі площини h , тобто $\Pi_1 \perp \Pi_4 = X_{14}$ та $h (h_1) \perp \Pi_4$.

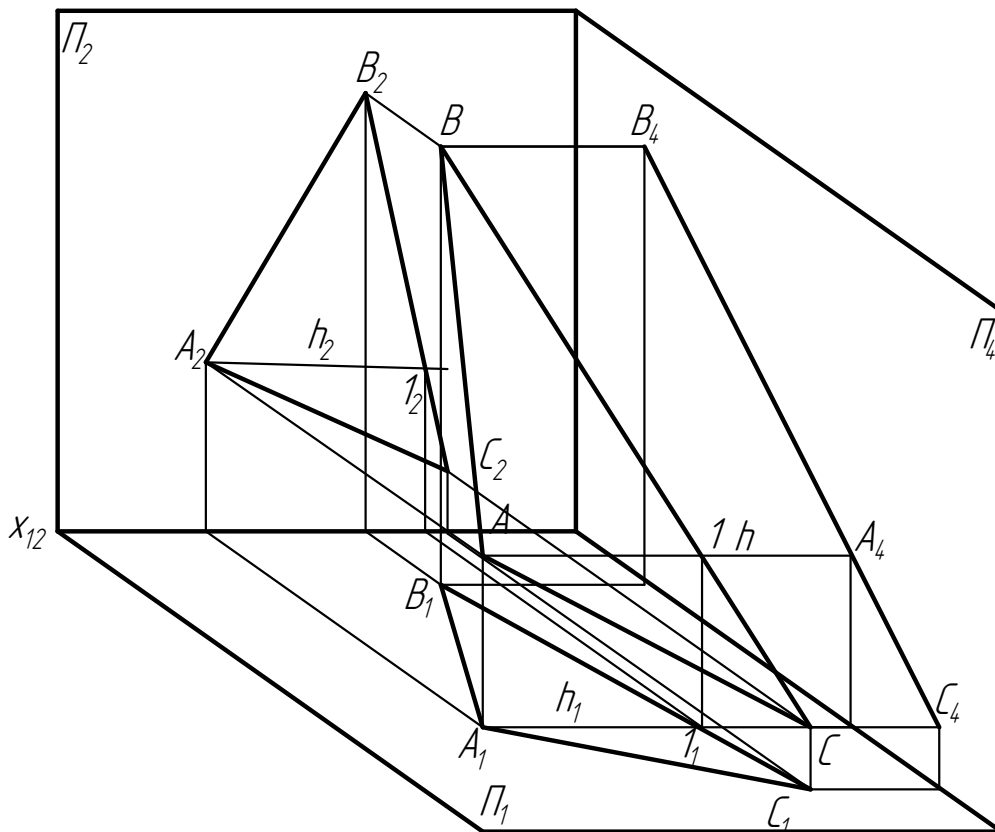


Рисунок 6.3 – Перетворення площини загального положення у проєкціювальну

Для виконання другого етапу побудов необхідно замість горизонтальної площини проєкцій Π_1 ввести нову Π_5 . Нова площина проєкцій Π_5 має бути паралельною сліду проєкціовальної площини σ_4 ($\Delta A_4 B_4 C_4$), тобто $X_{45} \parallel \sigma_4$ (рис. 6.4).

В новій площині проєкцій побудована натуральна величина ΔABC , що, залежно від поставленої задачі, може передбачати визначення периметра трикутника ($p = A_5 B_5 + C_5 A_5 + C_5 B_5$) або площі трикутника (потрібно додатково побудувати висоту трикутника).

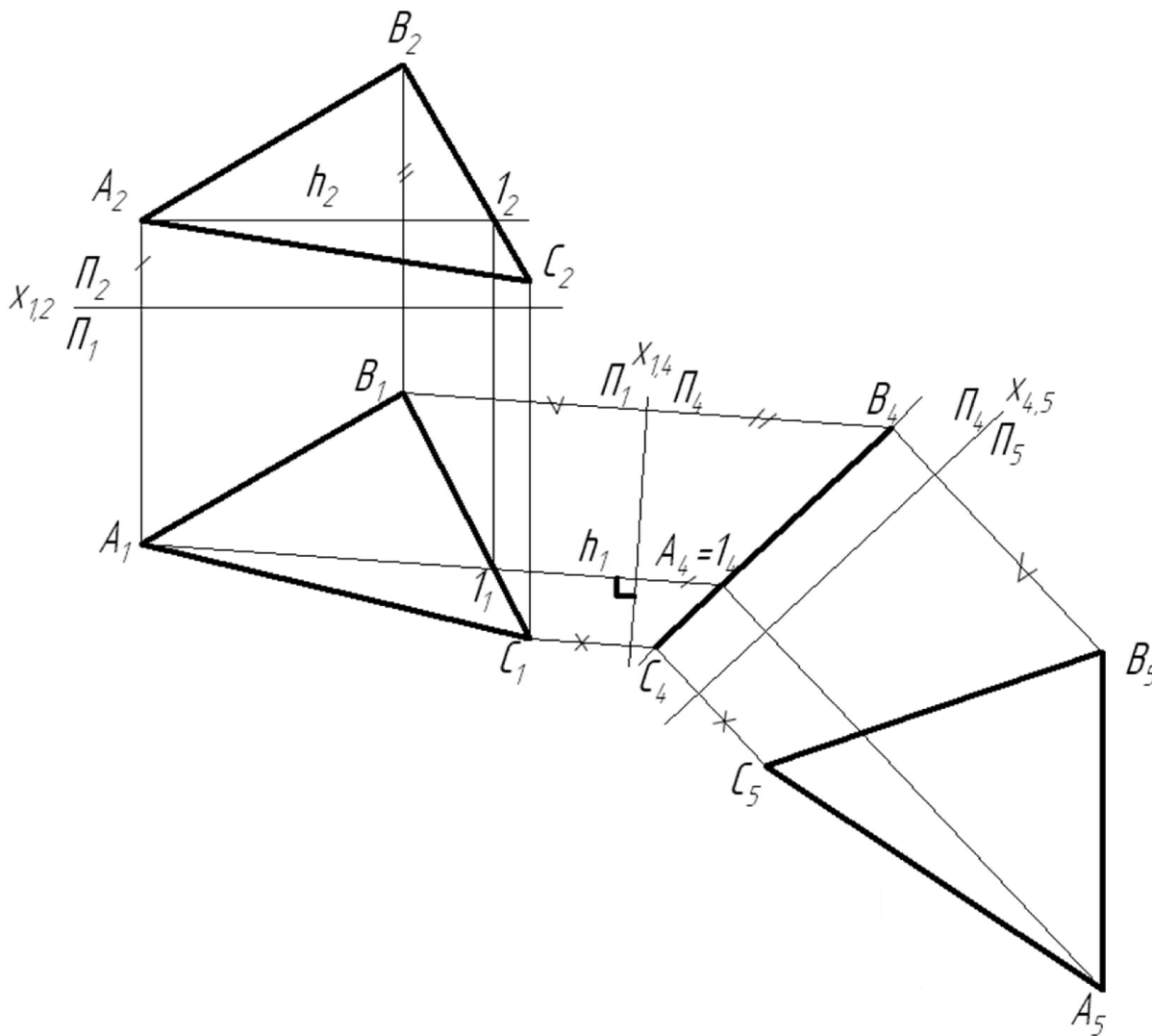


Рисунок 6.4 – Побудова натуральної величини ΔABC

Приклад побудови натуральної величини плоскої фігури показаний на зразку (рис. 6.5) виконаного графічного завдання «Переріз поверхні січною площиною» (завдання виконується на аркуші формату А3).

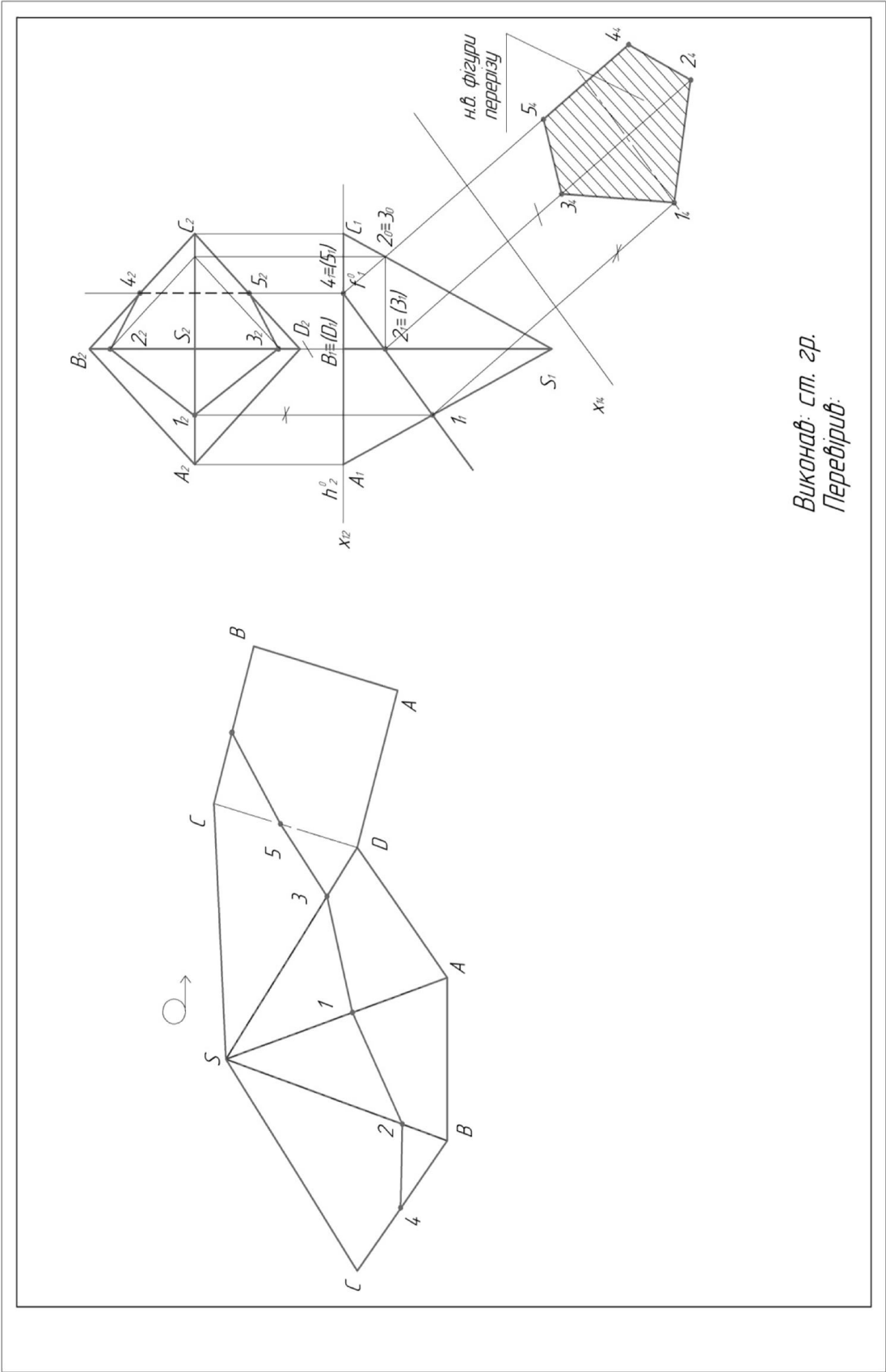


Рисунок 6.5 – Зразок виконання графічної роботи «Переріз поверхні січною площиною»

Висновки

1. Для визначення натуральних величин відстаней до двох точок, до точки та прямої або до двох прямих використовують алгоритм перетворення прямої загального положення в окремі положення.

2. Для визначення натуральних величин відстаней: до площини, до двох площин, до точки та площини використовують алгоритм перетворення площини загального положення в окремі положення.

3. Якщо пряма займає положення рівня, то можна визначити: н. в. відстані між двома точками; кути нахилу прямої до Π_1 та Π_2 .

4. Якщо пряма займає проєкціювальне положення, то можна визначити відстані: від точки до прямої, між двома паралельними та двома мимобіжними прямими.

5. Якщо площина займає проєкціювальне положення, то можна визначити: кути нахилу площини до Π_1 та Π_2 , н. в. відстаней від точки до площини, між двома площинами, які паралельні або перетинаються.

6. Якщо площина займає положення рівня, то можна визначити такі метричні характеристики, як площу та периметр.

6.2 Спосіб обертання навколо проєкціювальної осі

Сутність методу: площини проєкцій Π_1 та Π_2 залишають нерухомими, а пряму (площину) обертають навколо введеної осі i , яка займає окреме положення відносно Π_1 або Π_2 .

Задача 1. Прямій AB загального положення надайте проєкціювальне положення (рис. 6.5).

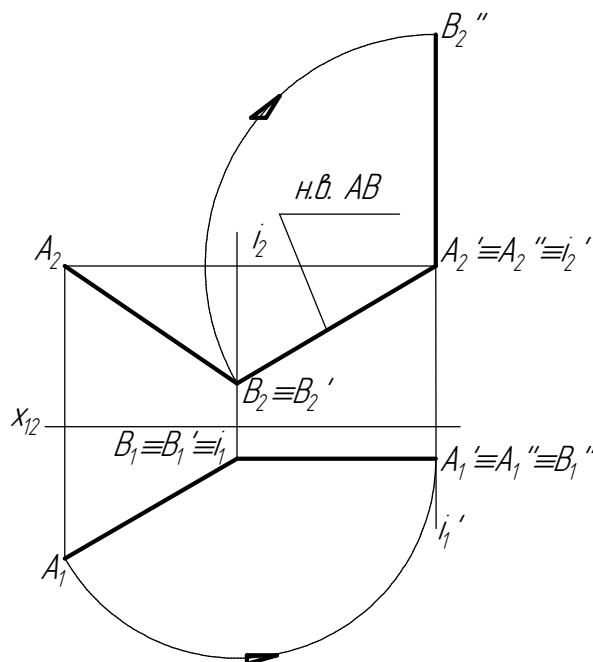


Рисунок 6.6 – Перетворення прямої загального положення в проєкціювальне

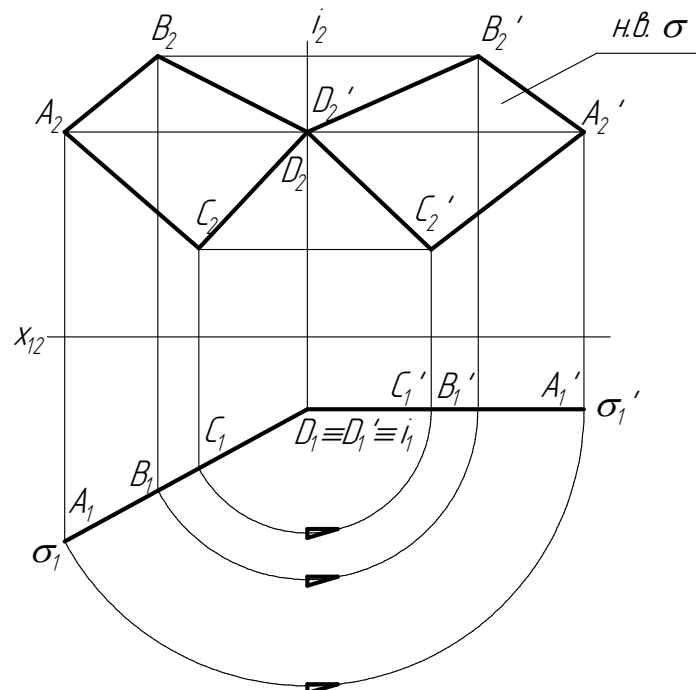
На першому етапі відносно осі i ($i \perp \Pi_1$) пряму повертають до положення, паралельного фронтальній площині проєкцій ($A'B' \parallel \Pi_2$).

На другому етапі вводять нову вісь i' ($i' \perp \Pi_2$), відносно якої пряму $A'B''$ повертають перпендикулярно до Π_1 ($A'B'' \perp \Pi_1$)

Задача 2. Визначте натуральну величину чотирикутника $ABCD$ (рис. 6.6).

Через точку D чотирикутника проводимо вісь i ($i \perp \Pi_1$). Слід-проєкцію площини σ_1 ($A_1B_1C_1D_1$) повертаємо до положення, паралельного фронтальній площині проєкції ($\sigma_1 \parallel X_{12}$).

На Π_2 отримуємо натуральну величину ($A'B'C'D'$) чотирикутника $ABCD$. Периметр плоскої фігури визначається як сума його сторін.



$$p = A_2'B_2' + B_2'D_2' + D_2'C_2' + C_2'A_2'$$

Рисунок 6.7 – Визначення периметра плоскої фігури

6.3 Питання для самоконтролю знань

1. Сутність методів заміни площин проєкцій та обертання навколо проєкціовальної осі.
2. Скільки потрібно виконати перетворень, щоб прямій загального положення надати проєкціовальне положення (положення рівня)?
4. Скільки потрібно виконати перетворень, щоб площині загального положення надати проєкціовальне положення (положення рівня)?

7 АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

7.1 Загальні положення

Метод прямокутного проєкціювання має багато переваг. Одна з них – зображення проєкціюється на площину без спотворення. Завдяки цьому комплексний кресленик будується досить просто, за ним легко визначити розміри деталі та виготовити її. Однак існує суттєвий недолік: зображення не досить наочні.

Одночасне розглядання двох, трьох і більше зображень створює труднощі в уявленні просторового об'єкта. Тому досить часто при виконанні *технічних креслеників (technical drawing)* необхідно поруч із зображенням деталей в системі ортогональних проєкцій мати зображення більш наочні. Для побудови таких зображень і використовуються аксонометричні проєкції. Слово «аксонометрія» походить від грецьких слів *axo* (вісь) і *metreo* (вимірюю), що разом означає вимірювання по осях. Аксонометричною проєкцією називається зображення, що утворюється шляхом проєкціювання паралельними променями предмета разом з прямокутними осями координат (X, Y, Z), до яких він віднесений, на довільно розміщену площину π , яка називається площиною аксонометричних проєкцій або картинною площиною (рис. 7.1).

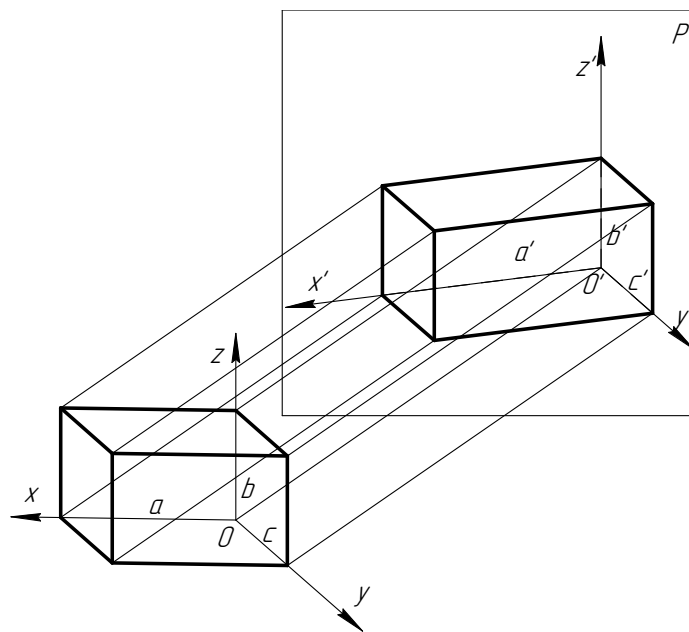


Рисунок 7.1 – Утворення аксонометричних проєкцій

Отримані у такий спосіб проєкції осей $X'Y'Z'$ називаються аксонометричними осями.

На осях X, Y, Z відкладено відрізки a, b, c , які прийнято за одиниці

виміру вздовж цих осей. Відрізки a' , b' , c' на аксонометричних осях являють собою проєкції відрізків a , b , c . Вони є одиницями виміру по аксонометричних осях. Відношення $k = a'/a$; $m = b'/b$; $n = c'/c$ називаються показниками (коефіцієнтами) спотворення по аксонометричних осях.

7.2 Різновиди аксонометричних проєкцій

Залежно від розміщення координатних осей відносно картинної площини і напрямку проєкціювальних променів аксонометричні проєкції поділяються на декілька видів.

1. Якщо всі три показники спотворення по осях не дорівнюють (чисельно) один одному, ($k \neq m \neq n$), то проєкція називається триметричною.

2. Якщо два показники спотворення дорівнюють (чисельно) один одному (наприклад $k = n$), а третій відмінний від них, то проєкція називається диметричною.

3. І якщо всі три показники спотворення по осях дорівнюють (чисельно) один одному рівні ($k = m = n$), то проєкція називається ізометричною.

Зі всіх видів аксонометричних проєкцій ГОСТ 2.317-69 рекомендує такі, які менше спотворюють вид предмета та найбільш зручні для користування – це *прямокутна ізометрія (rectangular isometry)*, *прямокутна диметрія (dimetric projection)* та *косокутна фронтальна диметрія*.

Прямокутна ізометрія. Саме слово «ізометрія» означає однаковий вимір. Координатні осі в ізометрії розміщуються відносно картинної площини з однаковим нахилом, а напрямок проєкціювання прямокутний. Аксонометричні осі при цьому утворюють між собою кут 120° . На рис. 7.2, а, б відповідно показані два варіанти побудови осей в ізометрії: за допомогою відрізків однакової довжини (умовні відрізки 5 та 3) та циркуля.

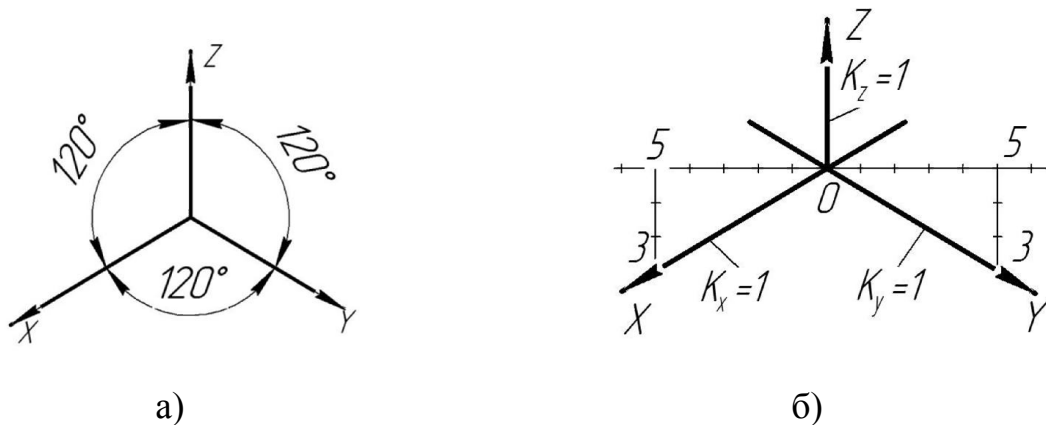


Рисунок 7.2 – Осі в ізометрії

Дійсні коефіцієнти спотворення вздовж осей дорівнюють 0,82 ($k = m = n = 0,82$), але оскільки вони незручні для підрахунку розмірів при побудові наочних зображень, то їх замінюють більш зручними приведеними коефіцієнтами, які дорівнюють 1 ($k = m = n = 1$). При цьому зображення збільшується в 1,22 раза.

Прямокутна диметрія. За ГОСТ 2.317-69 використовують прямокутну диметрію, у якій вісь OZ' розміщена вертикально, вісь OX' нахилена під кутом $7^\circ 10'$ а вісь OY' — під кутом $41^\circ 25'$ до лінії горизонту (рис. 7.3, а). Будувати положення осей можна за допомогою рівних умовних відрізків. Вісім відрізків вліво, один відрізок вертикально вниз визначатимуть положення осі X ; вісім відрізків вправо, сім відрізків вертикально вниз визначатимуть положення осі Y (рис. 7.3, б).

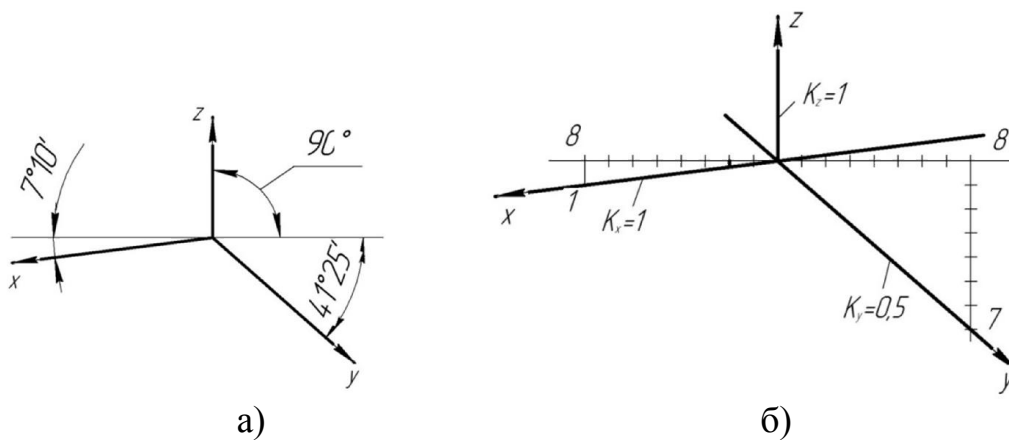


Рисунок 7.3 – Осі в диметрії

Дійсні коефіцієнти спотворення вздовж осей X та Z дорівнює 0,82 ($k = m = 0,82$), але для зручності їх замінюють приведеними коефіцієнтами, який дорівнює 1 ($k = m = 1$). Оскільки вздовж осі Y коефіцієнт спотворення дорівнює 0,5 ($n = 0,5$), то зображення зменшується на 0,5.

7.3 Аксонометричні проєкції плоских фігур

Побудова зображення плоских багатокутників зводиться до побудови аксонометричних проєкцій їх вершин, які з'єднують між собою прямими лініями.

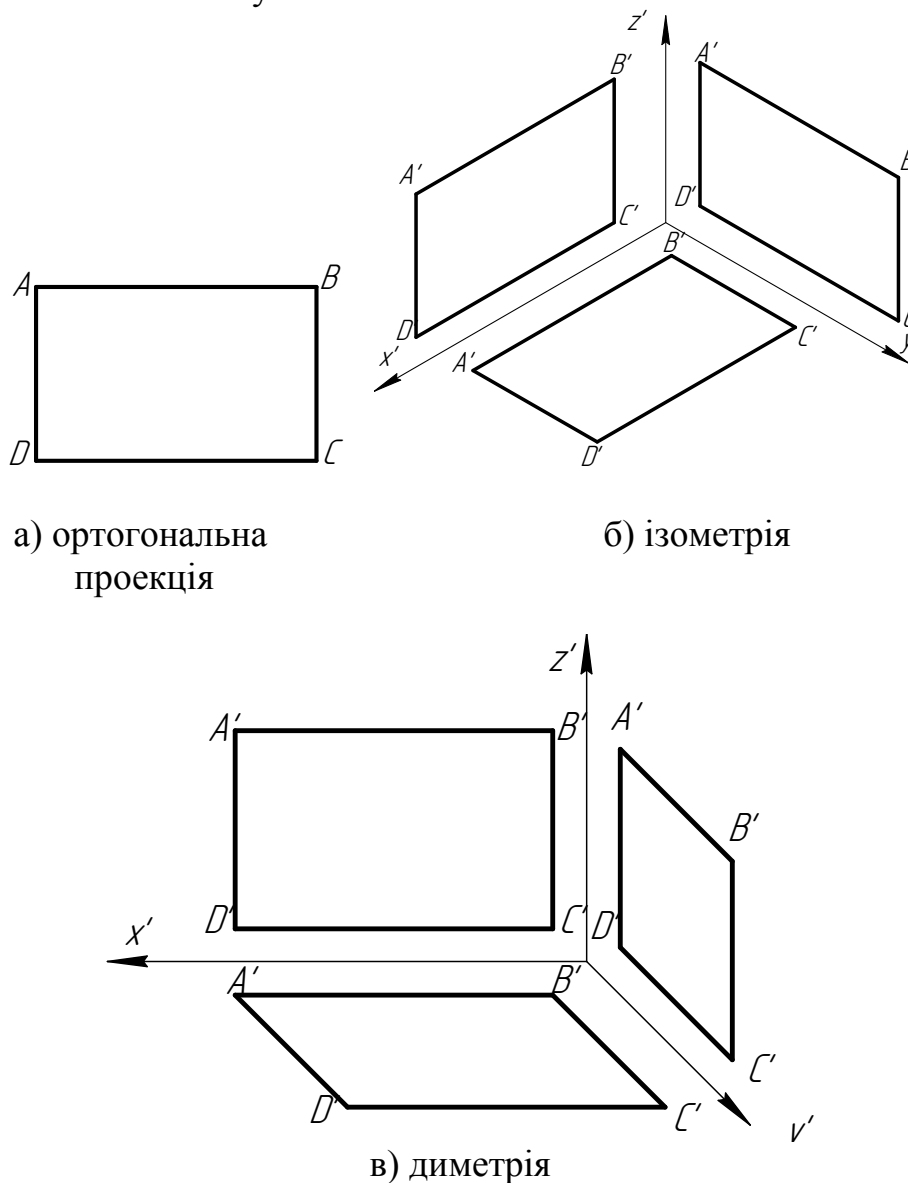
Прямокутник. На рис. 7.4 показана побудова ізометрії (рис. 7.4, б) та диметрії (рис. 7.4, в) прямокутника $ABCD$, розміщеного в різних площинах проєкцій.

Сторони прямокутника розміщені паралельно осям проєкцій, тобто AB і DC паралельно X ; BC і AD паралельно Y для площини XOY , для площини YOZ – AB і DC паралельні X , а BC і AD паралельні Z ; для площини YOZ – AB і DC паралельні Y ; BC і AD паралельні Z .

При побудові плоских фігур в аксонометрії слід пам'ятати: прямі лінії,

які обмежують контур фігури, розміщені паралельно осям проєкцій, проєкціюються також паралельно відповідним осям і з тим же коефіцієнтом викривлення, що і осі.

В ізометрії відстані між паралельними сторонами AB та DC ; AD та BC не змінюються, в диметрії в координатних площинах XOY , YOZ зменшуються наполовину.



а) ортогональна проєкція

б) ізометрія

в) диметрія

Рисунок 7.4 – Аксонометричні проєкції прямокутника

Шестикутник. На рис. 7.5 показана побудова ізометрії (рис. 7.5, б) та диметрії (рис. 7.5, в) правильного шестикутника, розміщеного в різних площинах проєкцій.

Сторони шестикутника CB і EF розміщені паралельно осям проєкцій, тобто, CB і EF відповідно паралельні Y для площин XOY , YOZ та Z для площини XOZ . В ізометрії відстані між паралельними сторонами CB і EF та точками A, D шестикутника не змінюються (рис.7.5, б).

На відміну від ізометрії в *симетрії* (*symmetry*) вздовж осі OY , а значить в координатних площинах XOY , YOZ слід враховувати коефіцієнт $k_y=0,5$. Отже, відстані в координатній площині XOY між паралельними сторонами CB і EF та точками A , D відповідно зменшуються наполовину (рис. 7.5, в).

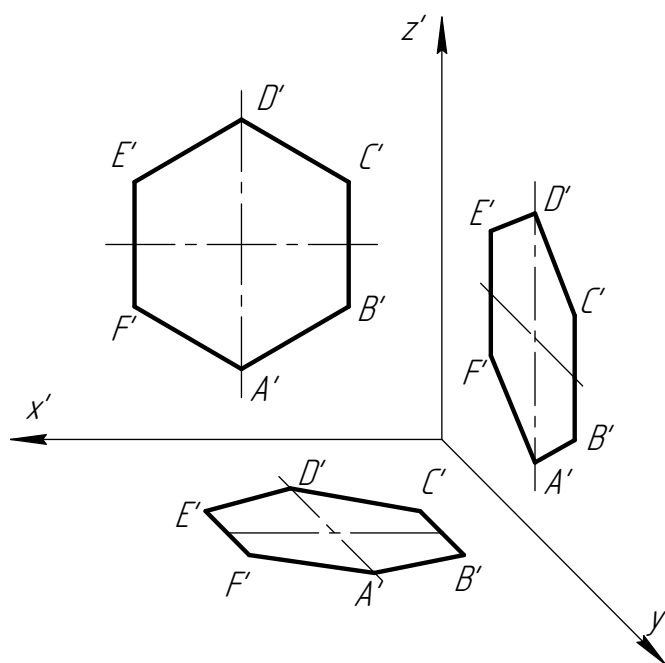
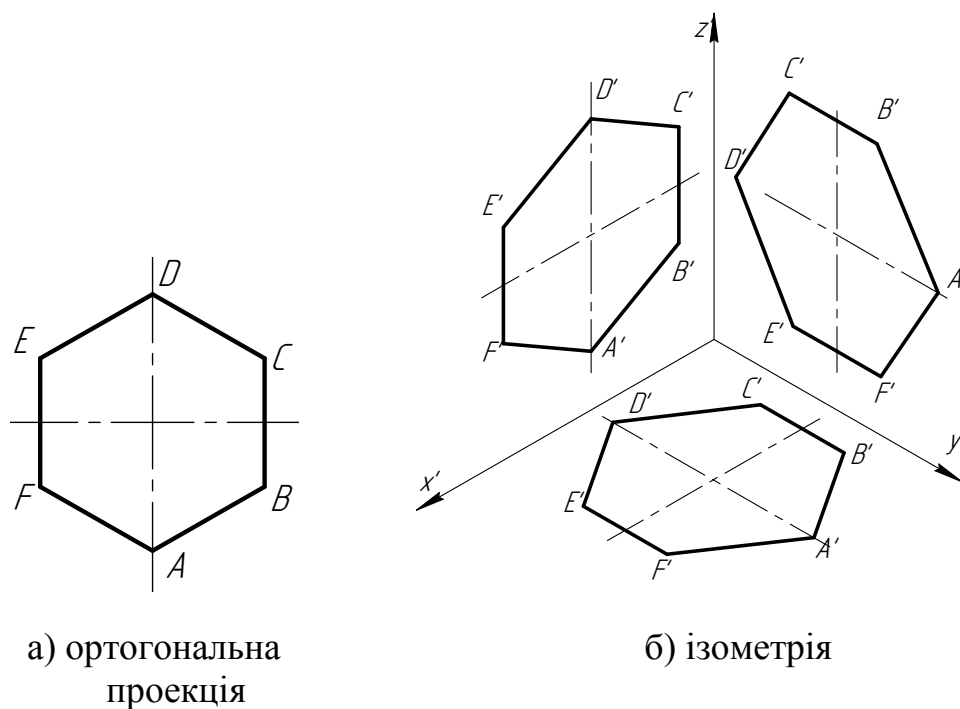
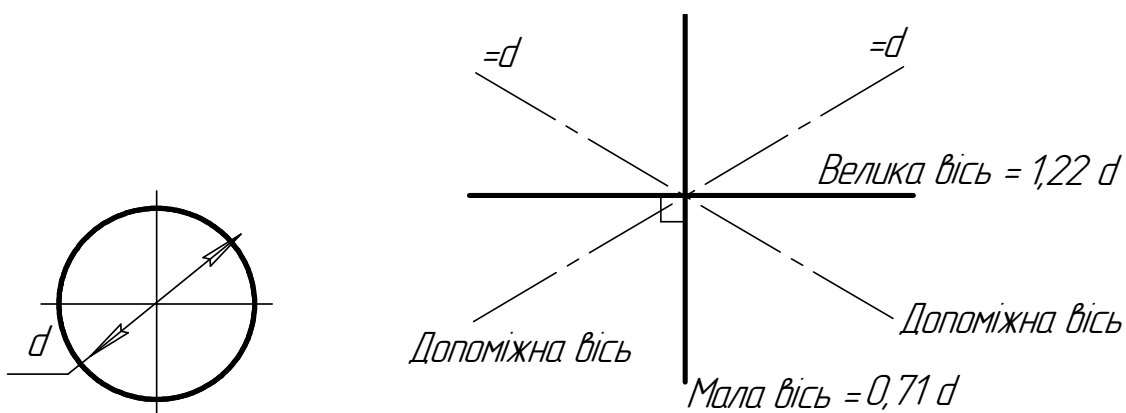


Рис. 7.5 – Аксонометричні проекції шестикутника

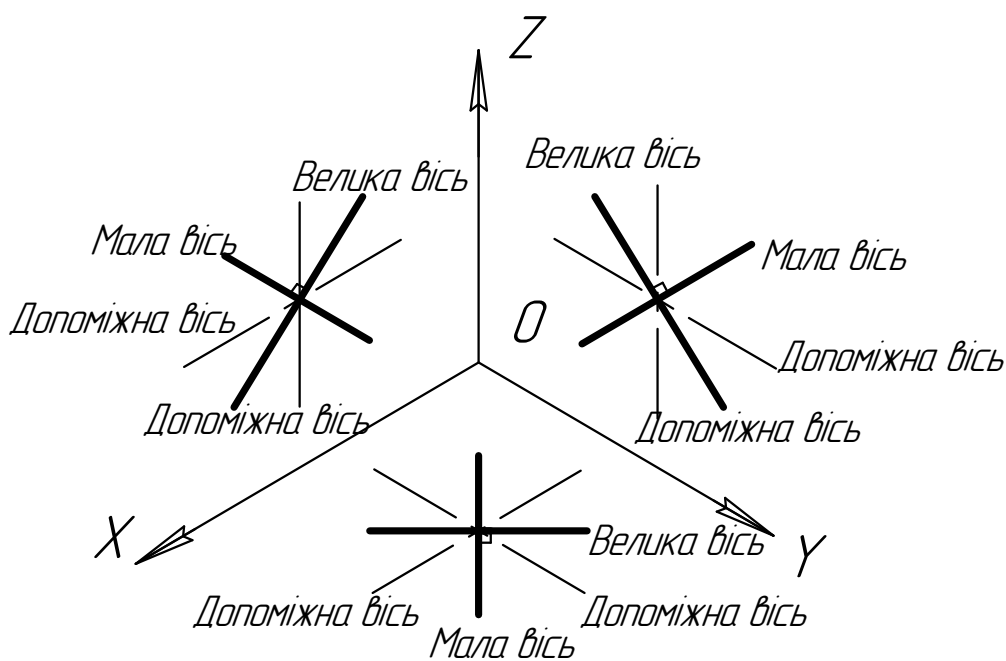
Побудова аксонометричних проекцій кіл. При побудові аксонометричних проекцій деталей часто потрібно вміти будувати зображення кіл (рис. 7.6, а), розміщених в координатних площинах XOY ,

XOZ , YOZ або в площинах, їм паралельних. Потрібно пам'ятати, що великі осі еліпсів, які відображають проекції кіл, завжди перпендикулярні до осей X , Y , Z , якщо зображення еліпса паралельне, або лежать в площині $Y'O'Z'$, $X'O'Z'$ та $X'O'Y'$, а малі осі перпендикулярні до великих (рис. 7.6, б, в).



а) ортогональна проекція кола

б) велика та мала осі еліпса



в) велика та мала осі в площинах проєкцій

Рисунок 7.6 – Розташування великої та малої осей еліпса в ізометрії

Тобто, завжди велика вісь еліпса спрямована перпендикулярно до відсутньої в цій площині аксонометричної осі. На рис. 7.7 зображені еліпси в *прямокутній ізометрії*. Коефіцієнт спотворення великої осі еліпса в кожній площині дорівнює $1,22 d$; а малої осі — $0,71 d$.

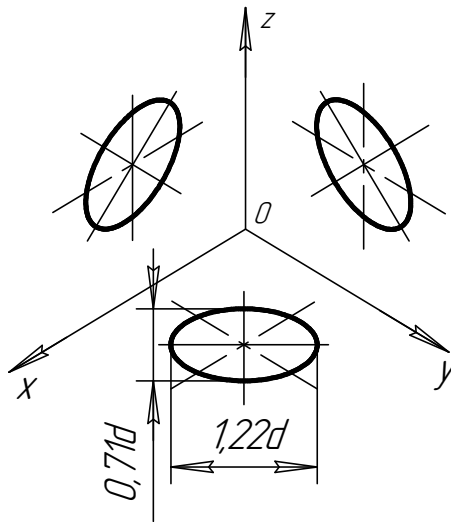
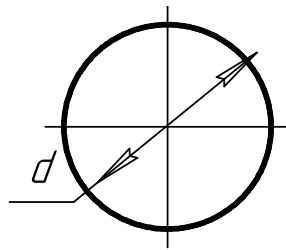
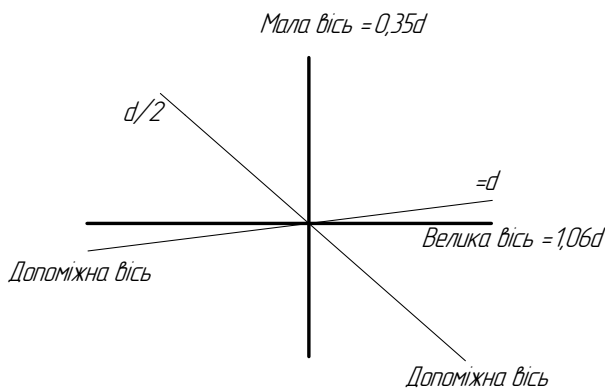


Рисунок 7.7 – Побудова еліпса в ізометрії

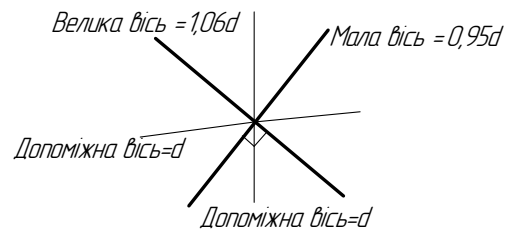
У *прямокутній диметрії* коефіцієнт спотворення великої осі еліпса дорівнює $1,06d$ для всіх трьох положень, а коефіцієнт малої осі для еліпсів, що побудовані в координатних площинах XOY та ZOY , становить $0,35d$ (рис. 7.8, а); для еліпса, що побудований в координатній площині XOZ , – $0,95d$ (рис. 7.8, б). Диметрична проекція кола діаметром d показана на рис. 7.8, в.



а) ортогональна проекція кола

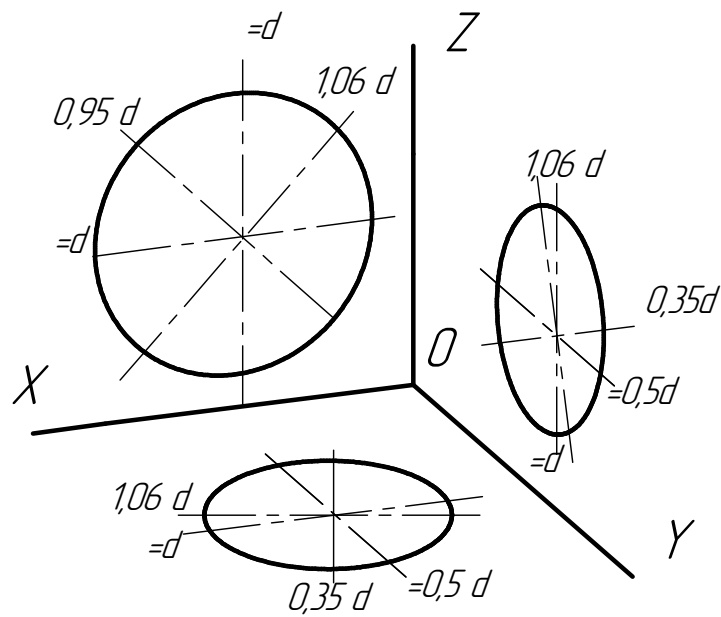


б) велика та мала осі
в площинах XOY та YOZ



б) велика та мала осі
в площині XOZ

Рисунок 7.8 – Розташування великої та малої осей еліпса в диметрії



в) коефіцієнти спотворень в координатних площинах

Рисунок 7.8

7.4 Побудова аксонометрії об'єкта

Щоб виконати за креслеником аксонометрію якогось предмета, необхідно уявити собі його в об'ємній формі, подумки розділити предмет на прості геометричні тіла і вибрати найбільш наочний вид аксонометрії.

На рис. 7.9 наведений приклад побудови ізометричної проєкції моделі, що складається з різних форм (рис. 7.9, а). Спочатку будують основні геометричні форми (циліндр і призма), а потім складові основної форми (зрізи, виїмки, отвори) (рис. 7.9, б).

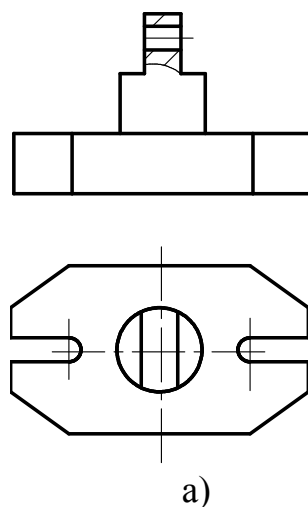
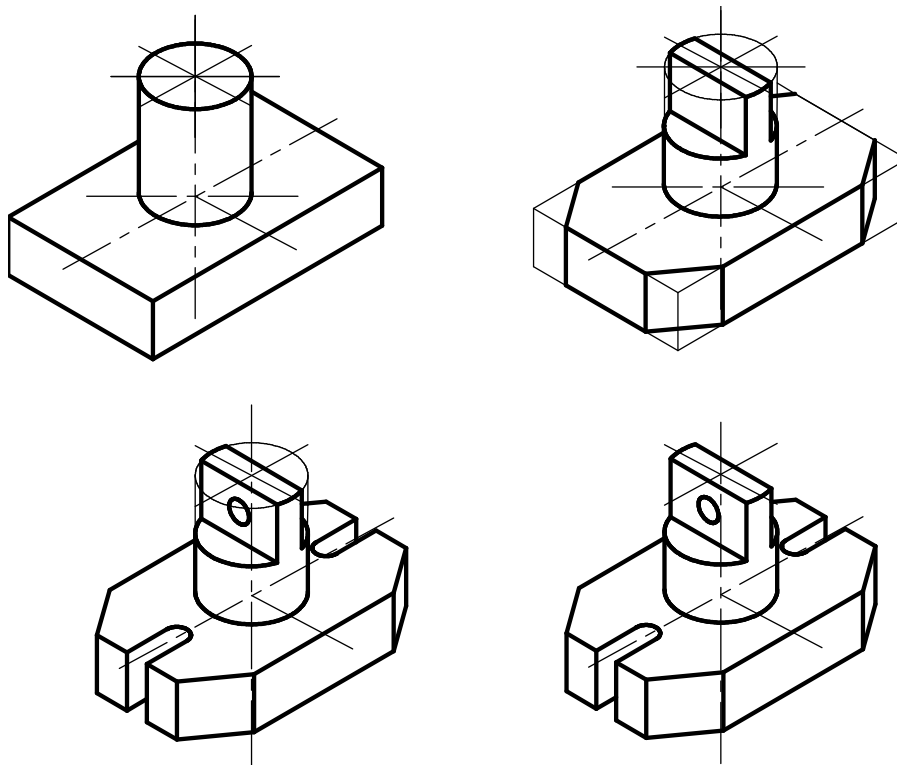


Рисунок 7.9 – Побудова ізометрії моделі



б)

Рисунок 7.9

7.5 Питання та вправи для самоконтролю знань

1. Як утворюються аксонометричні зображення?
2. В чому різниця між ізометрією та диметрією?
3. Як правильно вибрати положення великої осі еліпса (в який спотворюється циліндричний отвір) залежно від розміщення отвору в просторі?
4. Побудуйте ізометрію та диметрію правильних плоских фігур: трикутника, квадрата, п'ятикутника.
5. Побудуйте ізометрію та диметрію призми, в основі якої правильні плоскі фігури (трикутник, квадрат, п'ятикутник, шестикутник).
6. Побудуйте ізометрію та диметрію піраміди, в основі якої правильні плоскі фігури (трикутник, квадрат, п'ятикутник, шестикутник).
7. Побудуйте ізометрію та симетрію поверхонь обертання (конуса та циліндра).

8 ЗОБРАЖЕННЯ. ВИГЛЯДИ. ГОСТ 2.305-2008

8.1 Означення та класифікація виглядів

Коли зображають предмет (виріб чи його складову частину), то припускають, що він знаходиться між спостерігачем та відповідною площиною проєкцій (рис. 8.1).

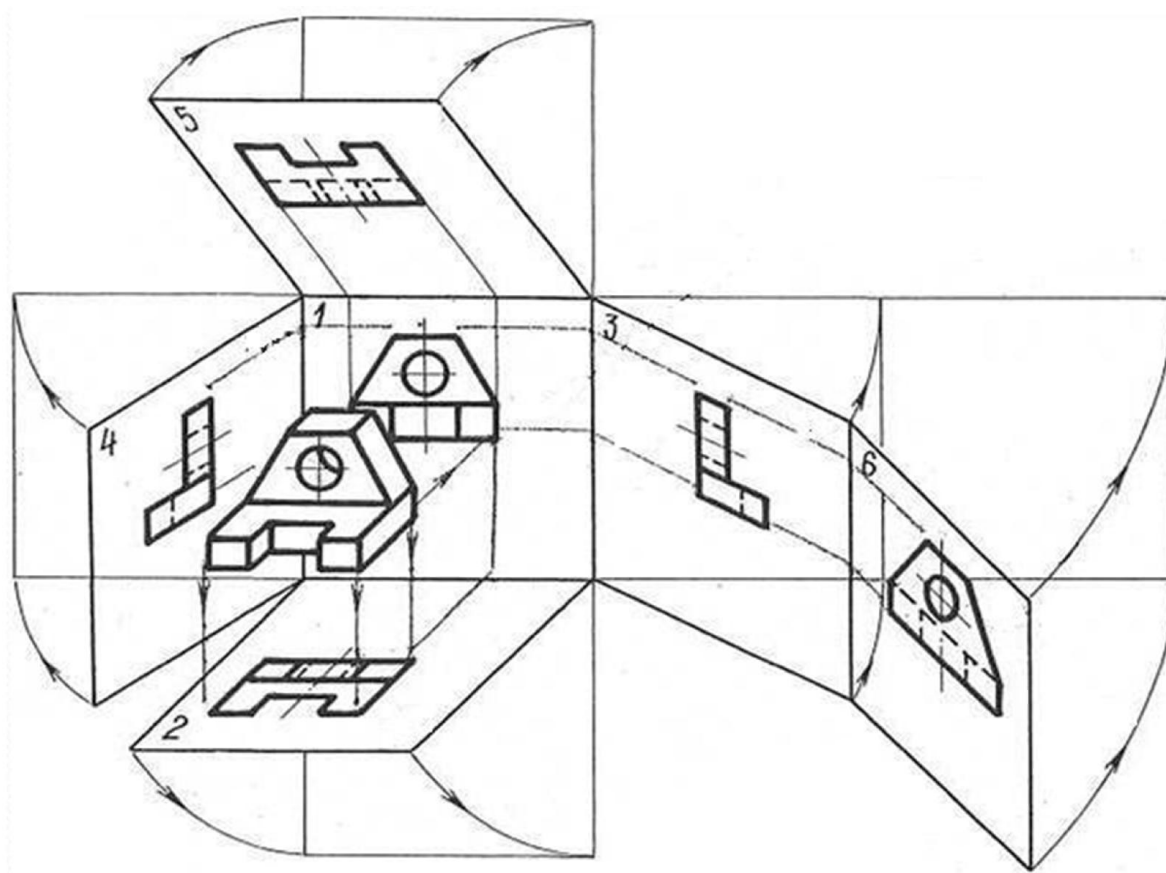


Рисунок 8.1 – Утворення шести головних зображень (*main image*)

За головні площини проєкцій приймають шість граней куба, які суміщують з площиною 1, як показано на рис. 8.1.

Грань (border) 6 може розміщуватися біля грані 4. Деякі прості поверхні обертання (валики, втулки тощо) можна зобразити в одній проєкції, якщо на ній можна нанести потрібні розміри і позначення, що визначають їх форму.

Зображення на фронтальній площині проєкцій приймають за головне. Предмет розміщують відносно фронтальної площини так, щоб зображення на ній давало найповніше уявлення про форму і розміри предмета. Правильний вибір головного зображення обумовлює і мінімальне число необхідних зображень.

Вигляд (view) – зображення видимої частини предмета, що повернена до спостерігача. На виглядах можна показувати і невидимі частини предмета за допомогою штрихових ліній.

Класифікують вигляди на основні, додаткові, місцеві.

Основні вигляди (main views) – це ті, які можна отримати на основних площинах проєкцій (фронтальній, горизонтальній, профільній). Встановлено такі назви основних виглядів (рис. 8.2): вигляд спереду (головний вигляд); вигляд зверху; вигляд зліва; вигляд справа; вигляд знизу; вигляд ззаду.

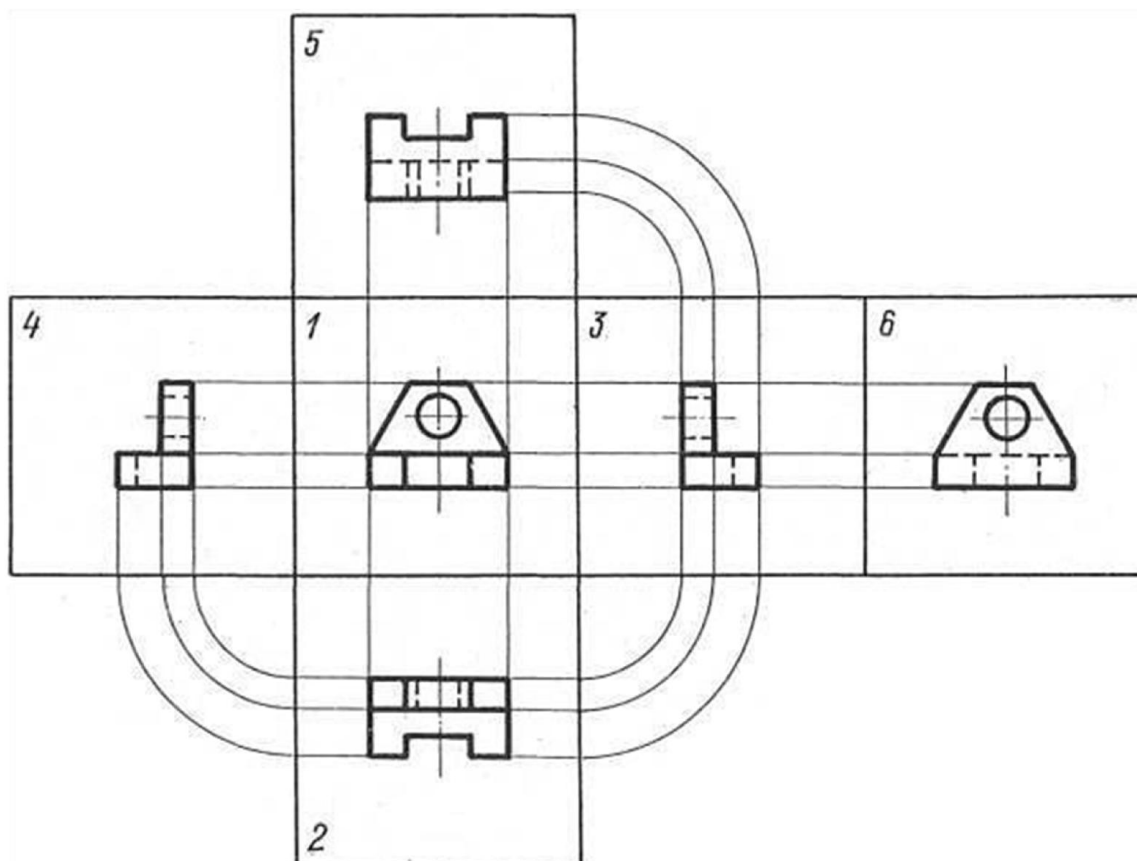


Рисунок 8.2 – Шість головних виглядів

8.2 Правила розміщення та позначення виглядів

Розташовувати вигляди бажано за проєкційним зв'язком. Коли основні вигляди зміщені відносно головного зображення, тобто не знаходяться безпосередньо за проєкційним зв'язком з головним зображенням, то вони мають бути відмічені на кресленику надписом за типом «А» (рис. 8.3).

При цьому напрям погляду показується стрілкою, яку позначають великою буквою українського алфавіту.

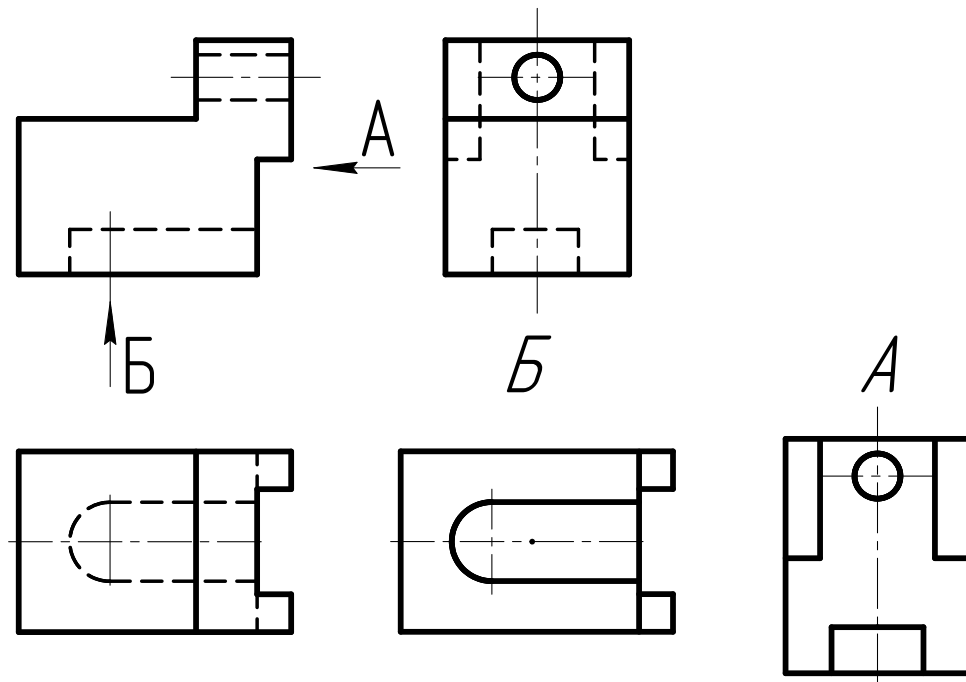


Рисунок 8.3 – Позначення вигляду, що знаходиться не за проекційним зв'язком

Додатковий вигляд – вигляд, що утворюється при проєкціюванні предмета на площину, непаралельну жодній з основних площин проєкцій (рис. 8.4).

Можливі три варіанти зображення додаткових виглядів: з позначенням вигляду; без позначення вигляду, який знаходиться за проекційним зв'язком; з додатковим позначенням \odot вигляду *A*, що є поверненим.

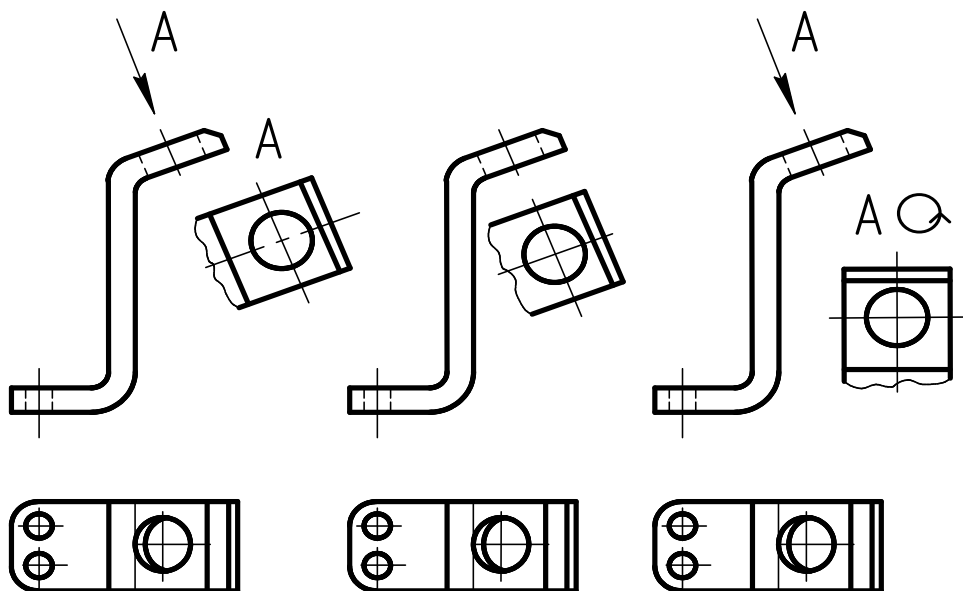


Рисунок 8.4 – Додатковий вигляд

При цьому напис доповнюють позначенням \varnothing (мінімальний діаметр кола дорівнює 5 мм, стрілку виконують прямим кутом), що відповідає слову «повернуто», слово «повернуто» згідно зі змінами за ГОСТом 2.305-2008 не використовують.

Місцевий вигляд (*local view*) – зображення окремого певного місця поверхні предмета (рис. 8.5) або порівняно невеликого елемента поверхні. Його дістають при проєкціюванні як на одну із основних, так і додаткових площин проєкцій.

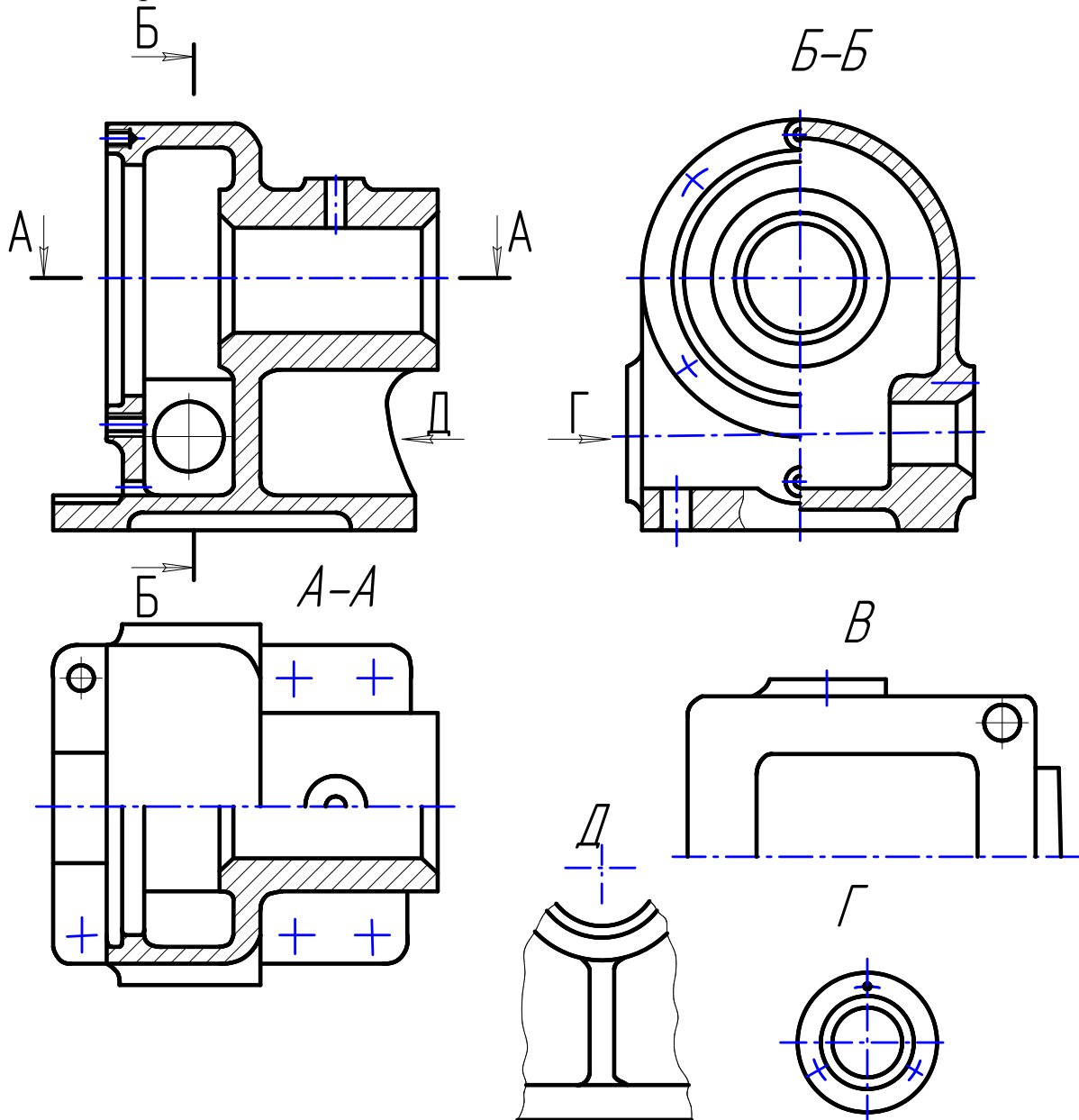


Рисунок 8.5 – Місцеві вигляди

Зображення, Г та Д, що виконані для читання внутрішніх і зовнішніх форм технічної корпусної деталі, є місцевими виглядами.

8.3 Побудова ортогональних проєкцій за аксонометричним зображенням моделі

1. Розглянемо таку побудову на прикладі технічної моделі, що показана на рис. 8.6.

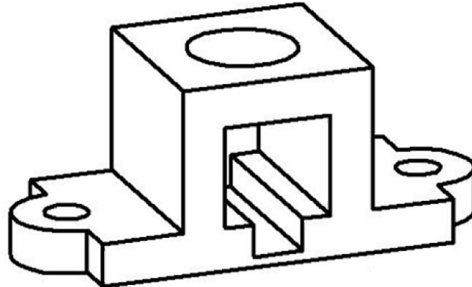


Рисунок 8.6 – Технічна модель (technical model)

2. Відносно координатної площини XOZ подумки вводимо напрям A , відносно координатної площини XOY – напрям B , а відносно координатної площини ZOY – напрям B (рис. 8.7).

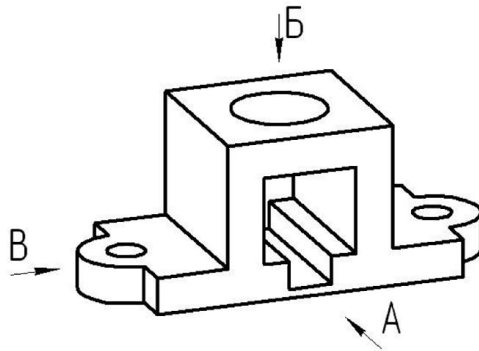


Рисунок 8.7 – Введення напрямів погляду для аналізу зображення

3. За напрямом погляду A зображення (рис. 8.8) має назву головного вигляду або *вигляду спереду*.

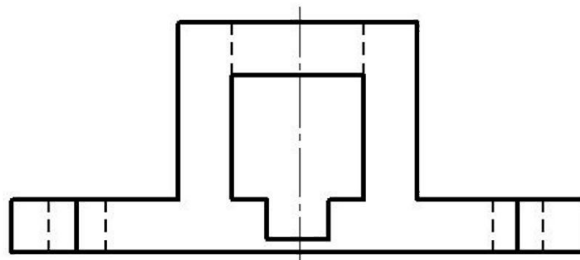


Рисунок 8.8 – Вигляд спереду

4. За напрямом погляду *B* зображення (рис. 8.9) має назву *вигляд зверху*.

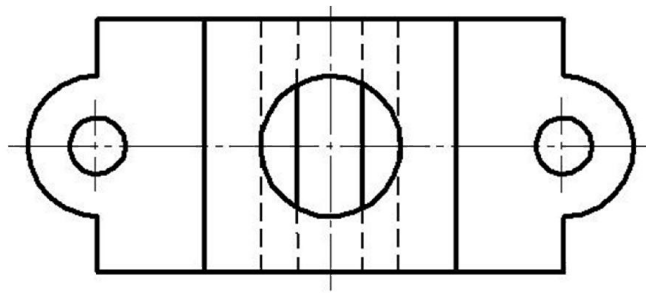


Рисунок 8.9 – Вигляд зверху

5. За напрямом погляду *B* зображення (рис. 8.10) має назву *вигляд зліва*.

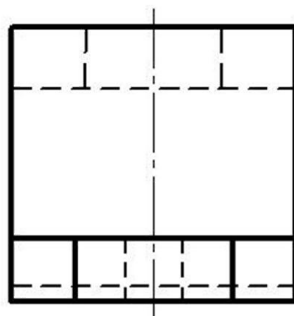


Рисунок 8.10 – Вигляд зліва

6. На креслениках всі ці три зображення мають бути розташовані за проекційним зв'язком (рис. 8.11).

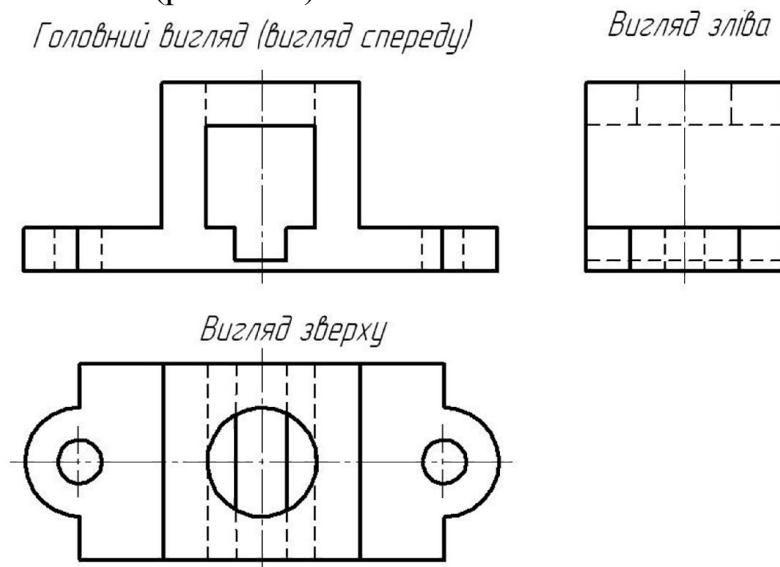
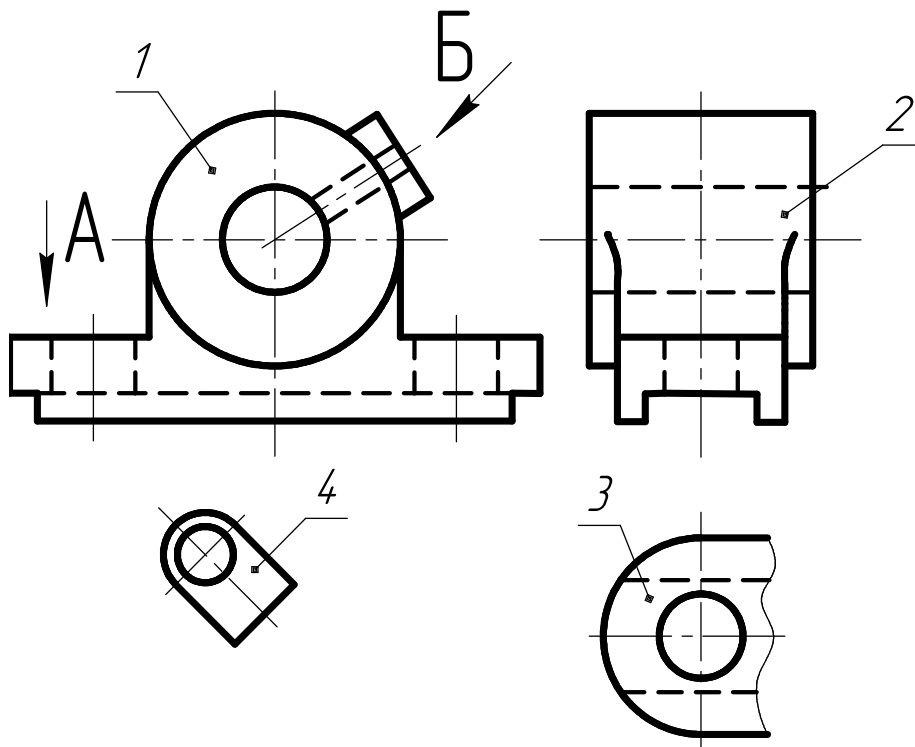


Рисунок 8.11 – Три ортогональні проекції деталі

8.4 Питання для самоконтролю знань

1. Що таке вигляд?
2. Поняття основного, додаткового, місцевого виглядів.
3. Класифікація основних виглядів.
4. В яких випадках основні вигляди надписують?
5. Як позначають додаткові та місцеві вигляди?
6. Скільки головних зображень показано для деталі?
7. Для якого номера позиції (1–4) показаного зображення можна ввести позначення *A*, *B*?



9 ЗОБРАЖЕННЯ. ПРОСТІ РОЗРІЗИ. ГОСТ 2.305-2008

9.1 Означення та класифікація розрізів

Простим розрізом називається зображення предмета, уявно розсіченого однією площиною, причому в розрізі показують все те, що знаходиться в січній площині та за нею.

Прості розрізи відносно горизонтальної площини проєкцій поділяються на:

а) горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій;

б) фронтальні – січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій;

в) профільні – січна площина паралельна профільній площині проєкцій;

г) похилі – січна площина утворює з горизонтальною площиною проєкційний кут, що відрізняється від прямого.

Фронтальний (frontal) і профільний розрізи називають вертикальними.

9.2 Правила оформлення, позначення та розміщення розрізів

При виконанні розрізів положення січної площини *A-A* позначається на рисунку лінією перерізу (рис. 9.1), для якої використовують розімкнену лінію.

Слід січної площини з відповідним буквеним позначенням *A-A* вводиться за контурами зображення деталі. З зовнішніх кінців розімкненої лінії на відстані 2...3 мм наносять стрілки, які показують напрям погляду.



Рисунок 9.1 – Зображення січної площини

Нижче (рис. 9.2) студенту потрібно ознайомитись з рекомендованими розмірами при введенні січної площини для виконання розрізів чи перерізів.

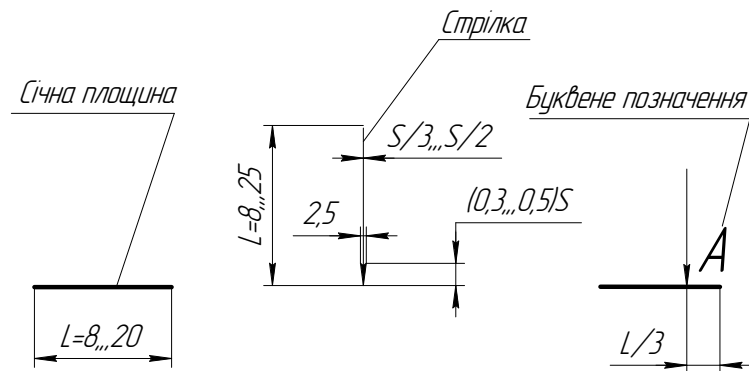


Рисунок 9.2 – Рекомендовані розміри січної площини

Розрізи (section) позначають великими літерами українського алфавіту, які використовують в алфавітному порядку. Однакові літери наносять біля стрілок з зовнішнього боку, а виконаний розріз позначають написом *A-A*.

Якщо розріз повертали, то до напису *A-A* додають знак \odot , тобто *A-A* \odot або *A-A* \odot 90° (кут повороту зображення відносно виконаного). Числове значення кута вказують за необхідності.

Розріз не позначають, якщо січна площина збігається з віссю симетрії предмета, а відповідні зображення розміщені в проекційному зв'язку і не розділені іншими зображеннями.

Побудова фронтального розрізу, для якого позначення розрізу не дають, показана на рис. 9.3.

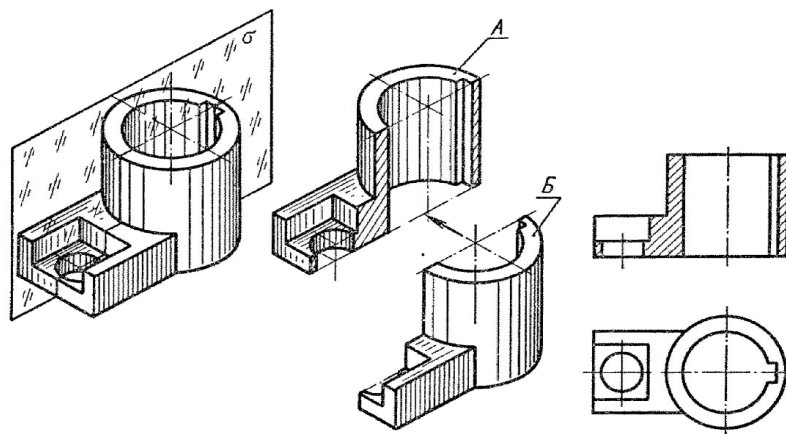


Рисунок 9.3 – Утворення фронтального розрізу

Введення січної площини, врахування частини деталі, що залишилась (рис. 9.4, а), та побудова фронтального розрізу з *позначенням розрізу* відповідним написом *A-A* показана на рис. 9.4, б. В даному випадку у деталі відсутня симетрія, оскільки відносно введеної січної площини ϕ по обидва боки розташовані різні поперечні отвори (призматичний та циліндричний).

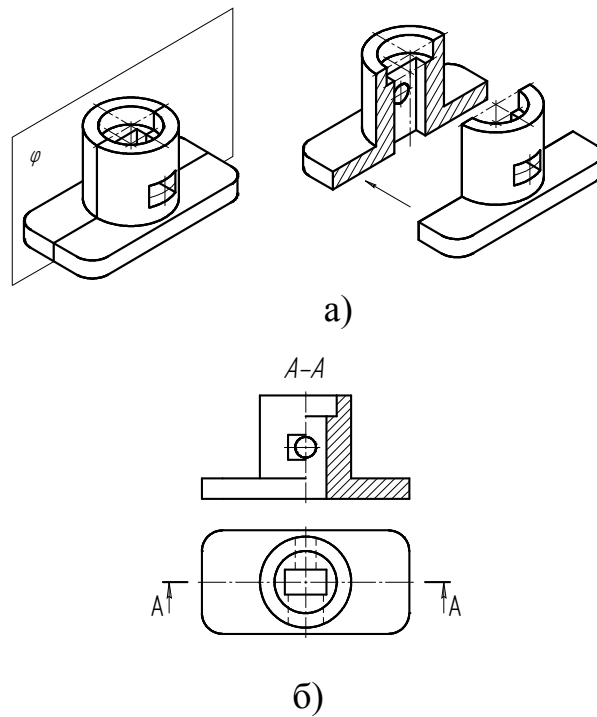


Рисунок 9.4 – Побудова фронтального розрізу з позначенням $A-A$

Побудова *горизонтального* розрізу з позначенням розрізу $A-A$ показана на рис. 9.5.

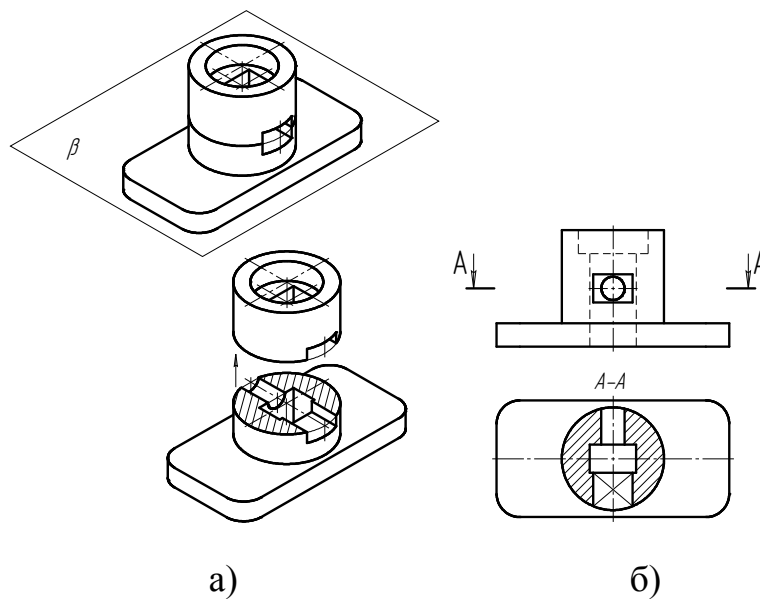


Рисунок 9.5 – Побудова горизонтального розрізу з позначенням $A-A$

Згідно з показаним аксонометричним зображенням (рис. 9.6, а) введена профільна січна площина α розділяє деталь на дві симетричні частини, тому позначення *профільного* розрізу на профільній площині проєкцій не вводиться (рис. 9.6, б).

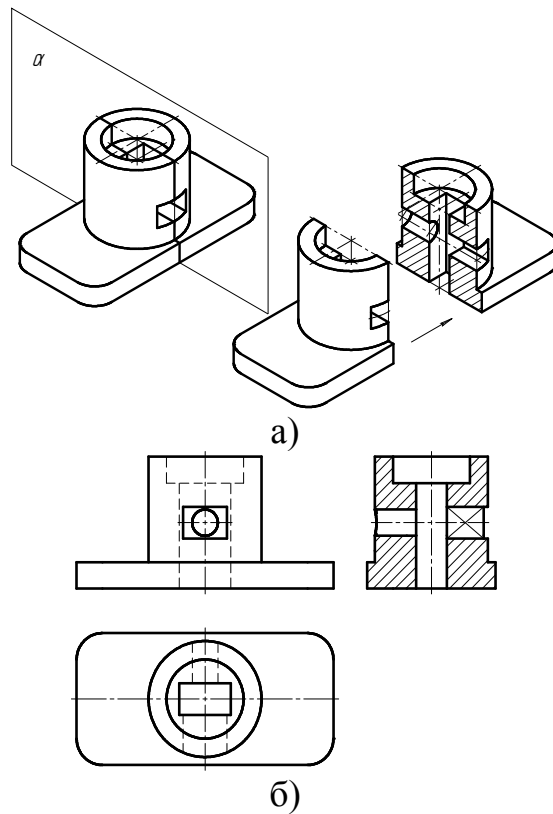


Рисунок 9.6 – Побудова профільного розрізу без позначення

Зображення *похилого* розрізу, що утворений січною площиною *A-A* під певним кутом нахилу до горизонтальної площини проєкцій, показана на рис. 9.7.

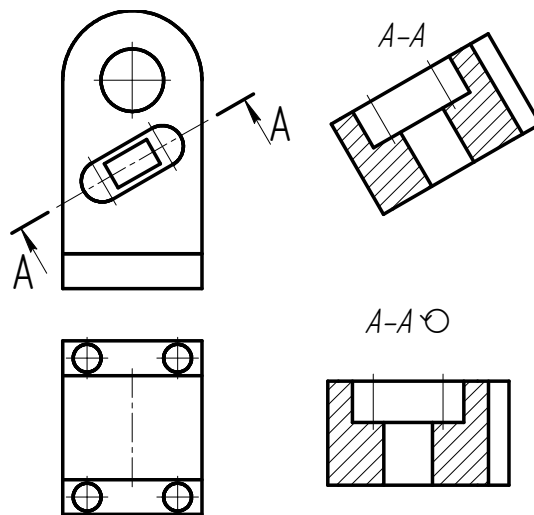


Рисунок 9.7 – Побудова похилого розрізу

Розріз, що дозволяє виявити внутрішні форми предмета в вузько обмеженому місці, називається *місцевим* (рис. 9.8). *Місцевий розріз (local section)* виділяється у вигляді суцільної хвилястої лінії, яка не має збігатися з іншими лініями цього зображення.

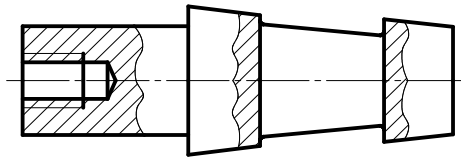


Рисунок 9.8 – Побудова місцевих розрізів

9.3 Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Простий розріз»

1. Відповідно до свого варіанта студент креслить дві ортогональні проекції деталі (рис. 9.9).

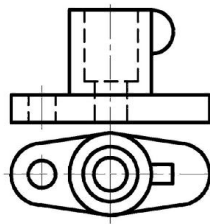


Рисунок 9.9 – Варіант завдання

2. Виконує аналіз внутрішніх форм цієї деталі (рис. 9.10).

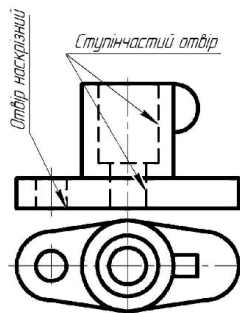


Рисунок 9.10 – Аналіз зовнішніх та внутрішніх форм деталі

3. На вигляді зверху вздовж горизонтальної осі подумки потрібно ввести фронтальну січну площину (рис. 9.11) та уявити результат перерізу.

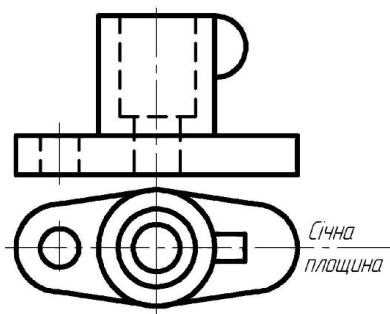


Рисунок 9.11 – Уявне введення фронтальної січної площини

4. Уявити, які поверхні деталі потрапляють в січну площину. Врахувати особливості *невидимого контуру (invisible contour)* деталі та побудувати фронтальний розріз (рис. 9.12). При виконанні розрізу врахована умовність та *спрощення (simplification)*: вушко, що є тонкою стінкою, на фронтальному розрізі не штрихують. *Штрихування (shading)* внутрішніх форм деталі виконують під кутом 45° до горизонтальної лінії на відстані не менше 2 мм.

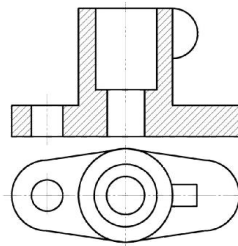


Рисунок 9.12 – Фронтальний розріз

5. На форматі А4 за заданим варіантом побудувати дві ортогональні проекції деталі та на місці головного зображення виконати фронтальний розріз.

6. Зразок виконання графічної роботи показаний на (рис. 9.13).

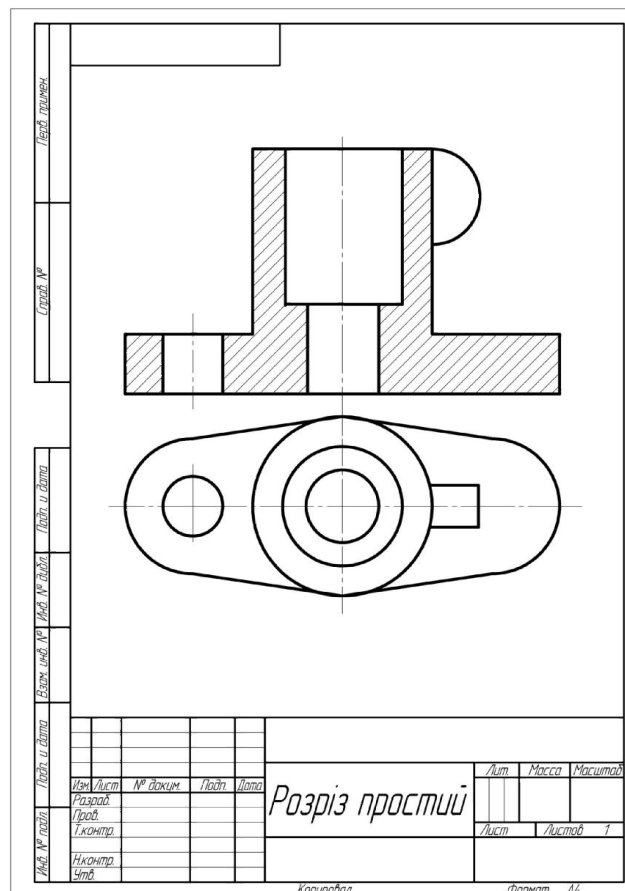


Рисунок 9.13 – Зразок виконання графічної роботи

9.4 Умовності та спрощення при виконанні розрізів

При виконанні розрізів потрібно дотримуватись таких правил.

1. Якщо січна площина повністю збігається з площиною симетрії предмета, відповідні зображення розміщені на одному й тому самому аркуші у безпосередньому проекційному зв'язку й не розділені якимись іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не показують і розріз не супроводжують відповідним написом.

2. Якщо поєднуються половина вигляду і половина розрізу, кожен з яких є симетричною фігурою, то лінією поділу буде вісь симетрії, штрихпунктирна тонка лінія (рис. 9.14).

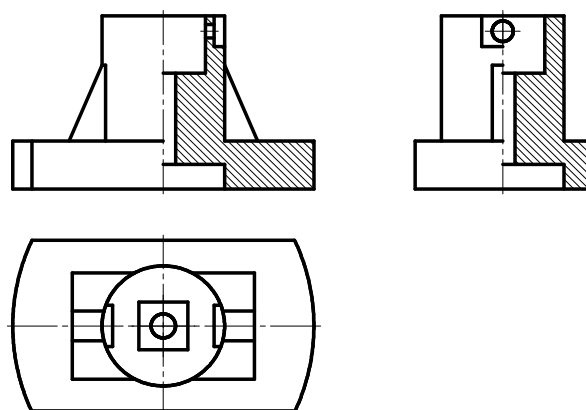


Рисунок 9.14 – Поєднання вигляду і розрізу

3. Допускається поєднувати частину вигляду й частину відповідного розрізу, розмежовуючи їх суцільною хвилястою лінією (рис. 9.15).

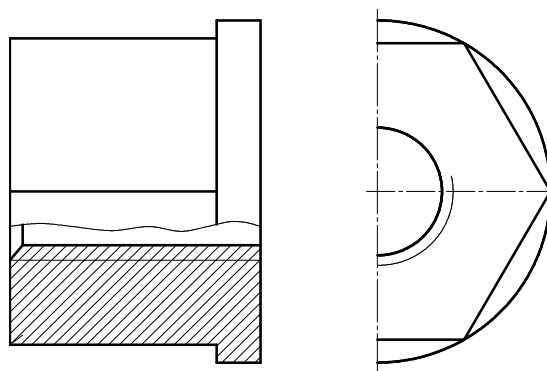


Рисунок 9.15– Поєднання частини вигляду з частиною розрізу

4. Можуть поєднуватися чверть вигляду і чверть трьох розрізів, а також чверть вигляду, чверть одного розрізу і половина іншого за умови, що кожне з цих зображень симетричне (рис. 9.16).

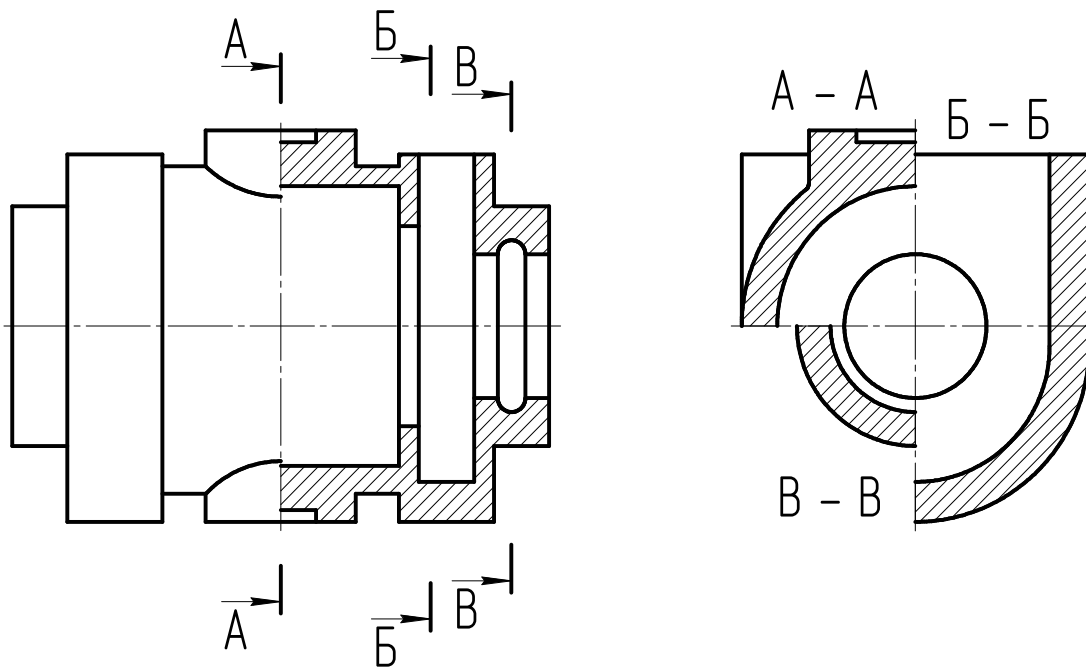


Рисунок 9.16 – Поєднання чверті вигляду з частиною розрізу

5. Такі деталі, як болти, шпильки, заклепки, осі, шпонки, непустотілі вали, клини тощо у поздовжньому розрізі показують нерозрізаними, а спиці маховиків, зубчастих коліс, шківів, тонкі стінки (ребра жорсткості) зображують незаштрихованими.

6. Для спрощення кресленика та зменшення числа зображень допускається замість повного зображення вказувати лише контур паза, розміщеного за проекційним зв'язком (рис. 9.17, а), або показувати контур отвору зі шпонковим пазом тощо (рис. 9.17, б) на валу чи в отворі маточини колеса тощо.

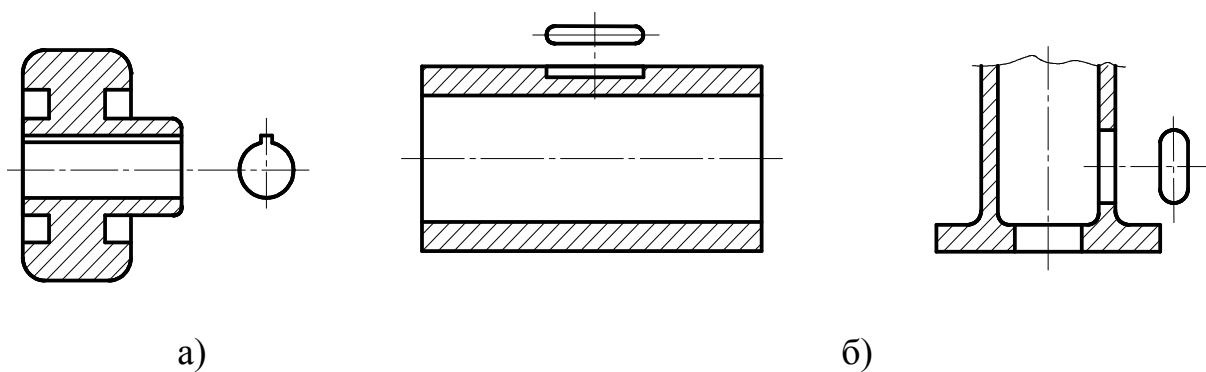


Рисунок 9.17 – *Конттури (contours)* отворів та пазів

9.5 Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Простий розріз – з'єднання половини вигляду з половиною розрізу»

1. Попередньо, згідно зі своїм варіантом (табл. 9.1), студент креслить як чернетку дві ортогональні проекції деталі (рис. 9.18).

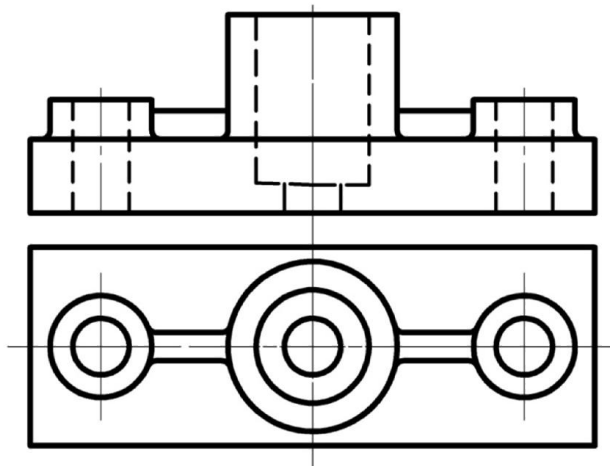


Рисунок 9.18 – Варіант завдання

2. Виконує аналіз внутрішніх форм цієї деталі (рис. 9.19).

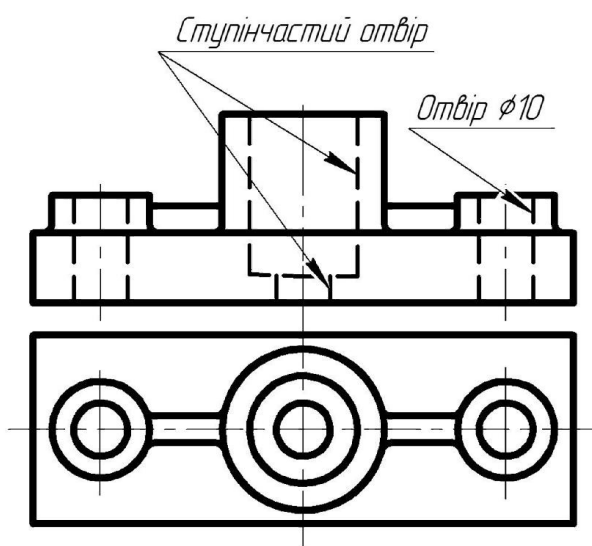


Рисунок 9.19 – Аналіз зовнішніх та внутрішніх форм деталі

3. Вздовж горизонтальної осі симетрії деталі подумки потрібно ввести фронтальну січну площину. Оскільки деталь має симетрію відносно вертикальної осі (рис. 9.20), то потрібно сумістити половину вигляду спереду з половиною фронтального розрізу (рис. 9.21).

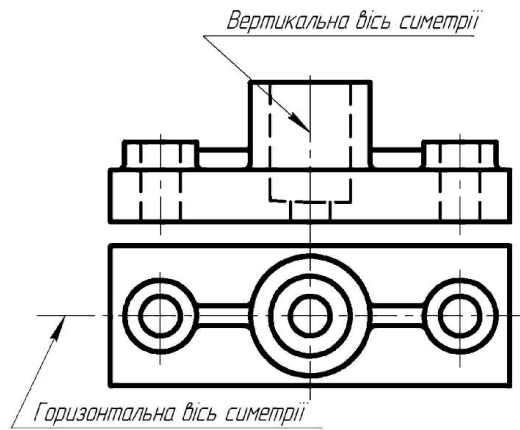


Рисунок 9.20 – Осі симетрії деталі

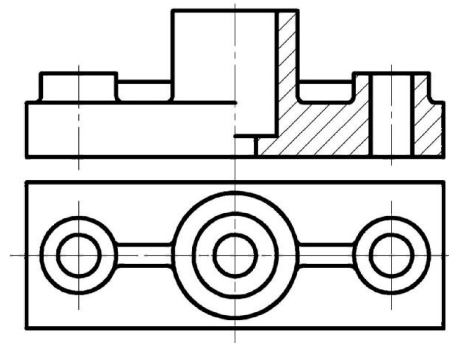


Рисунок 9.21 – Поєднання половини вигляду спереду з фронтальним розрізом

При суміщенні половини вигляду з половиною розрізу вигляду половину вигляду спереду будують відносно вертикальної осі симетрії зліва, а половину фронтального розрізу – справа. При цьому невидимі лінії внутрішніх контурів деталі *не показують*.

4. Побудувати вигляд зліва з поєднанням профільного розрізу. Аналогічно виконують поєднання половини вигляду зліва з половиною профільного розрізу (рис. 9.22).

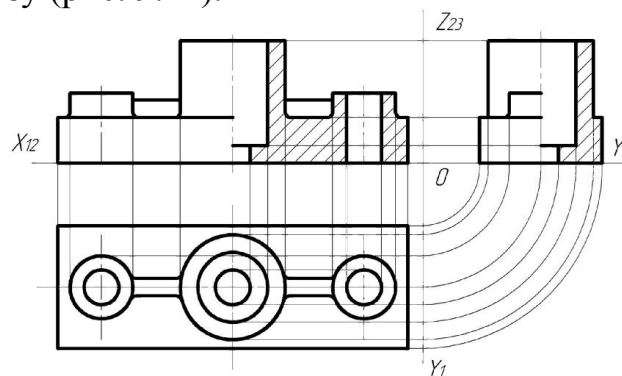


Рисунок 9.22 – Побудова третьої проекції деталі з розрізами

9.6 Означення. Різновиди перерізів

Крім виглядів та розрізів на робочих креслениках застосовують перерізи. За їх допомогою виявляють поперечну форму деталі в тому чи іншому місці.

Перерізом (section) називається зображення фігури, яке отримане при перерізі предмета однією площиною. В перерізі показують лише те, що матимемо безпосередньо у січній площині.

На рис. 9.23 показано *аксонометричне зображення (axonometric image)* деталі, що перерізається горизонтальною площиною. Горизонтальний розріз *A-A* показаний на вигляді зверху, переріз *A-A* – винесений окремо. (рис. 9.24).

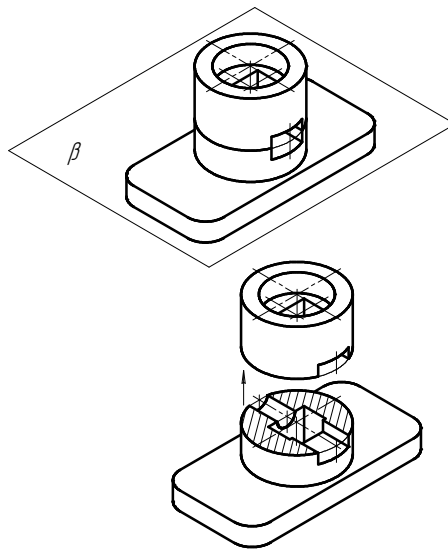


Рисунок 9.23 – Утворення перерізу

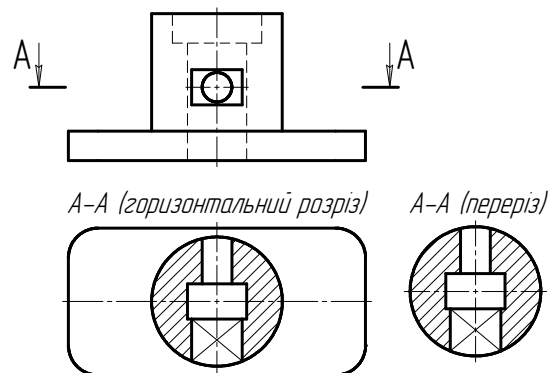


Рисунок 9.24 – Побудова розрізу та перерізу

Отже, як видно з рис. 9.24, між розрізом і перерізом деталі однією площиною існують такі відмінності: в розрізі показують все те, що знаходиться в січній площині та за нею, а перерізі тільки те, що входить безпосередньо в січну площину.

9.7 Різновиди перерізів

Залежно від розташування на кресленнику перерізи бувають винесеними (рис. 9.25, а) та накладеними (рис. 9.25, б).

Переріз називається *винесеним*, якщо його виконують окремо від основного зображення. Переріз називається *накладеним* (*superimposed*), якщо його розміщують безпосередньо на зображенні предмета.

Контур винесеного перерізу обводять суцільною лінією, а накладеного – суцільною тонкою. Виконані перерізи штрихують під кутом 45° до основного надпису кресленника. Винесений переріз з відповідним позначенням *A-A* виконують окремо від основного зображення, накладений – безпосередньо на контурі зображення, без позначення.

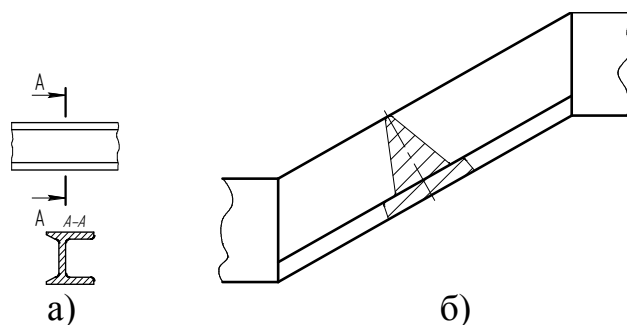


Рисунок 9.25 – Винесений та накладений перерізи

Винесені перерізи можна також показувати на розриві між частинами (рис. 9.26, а) одного і того ж виду, або на вільному полі кресленника (рис. 9.26, б).

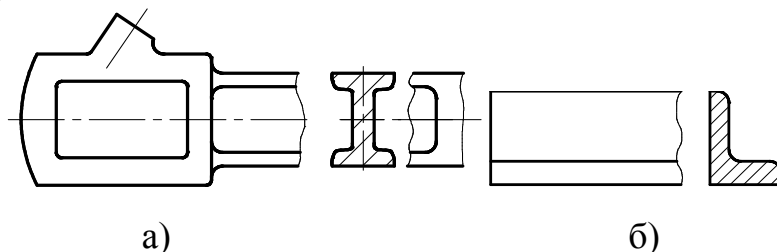


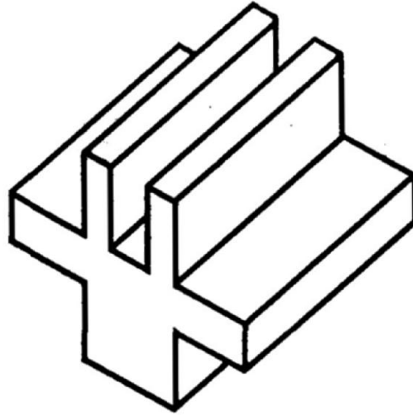
Рисунок 9.26 – Зображення перерізів з використанням лінії розриву

9.8 Питання та вправи для самоконтролю знань

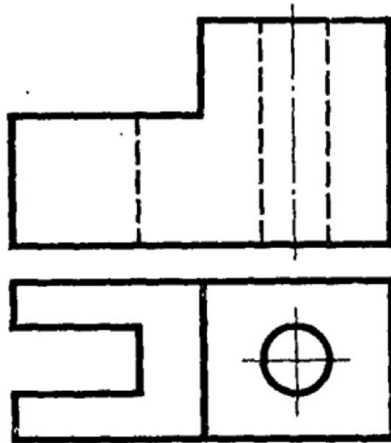
1. Що таке вигляд? Різновиди виглядів.
2. В яких випадках використовують позначення виглядів?
3. Що називають простим розрізом? Позначення простого розрізу.
4. В якій послідовності виконують розрізи?
5. Як виконують місцеві розрізи?
6. В яких випадках ведуть поєднання половини вигляду з половиною розрізу за допомогою осі?

Вправи

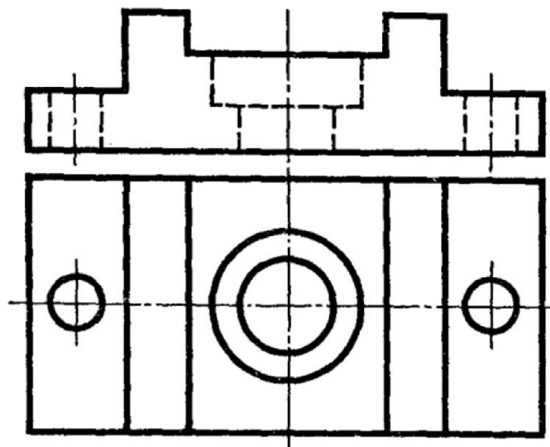
1. За заданою аксонометричною проекцією деталі побудуйте три головні зображення та дайте їм назви.



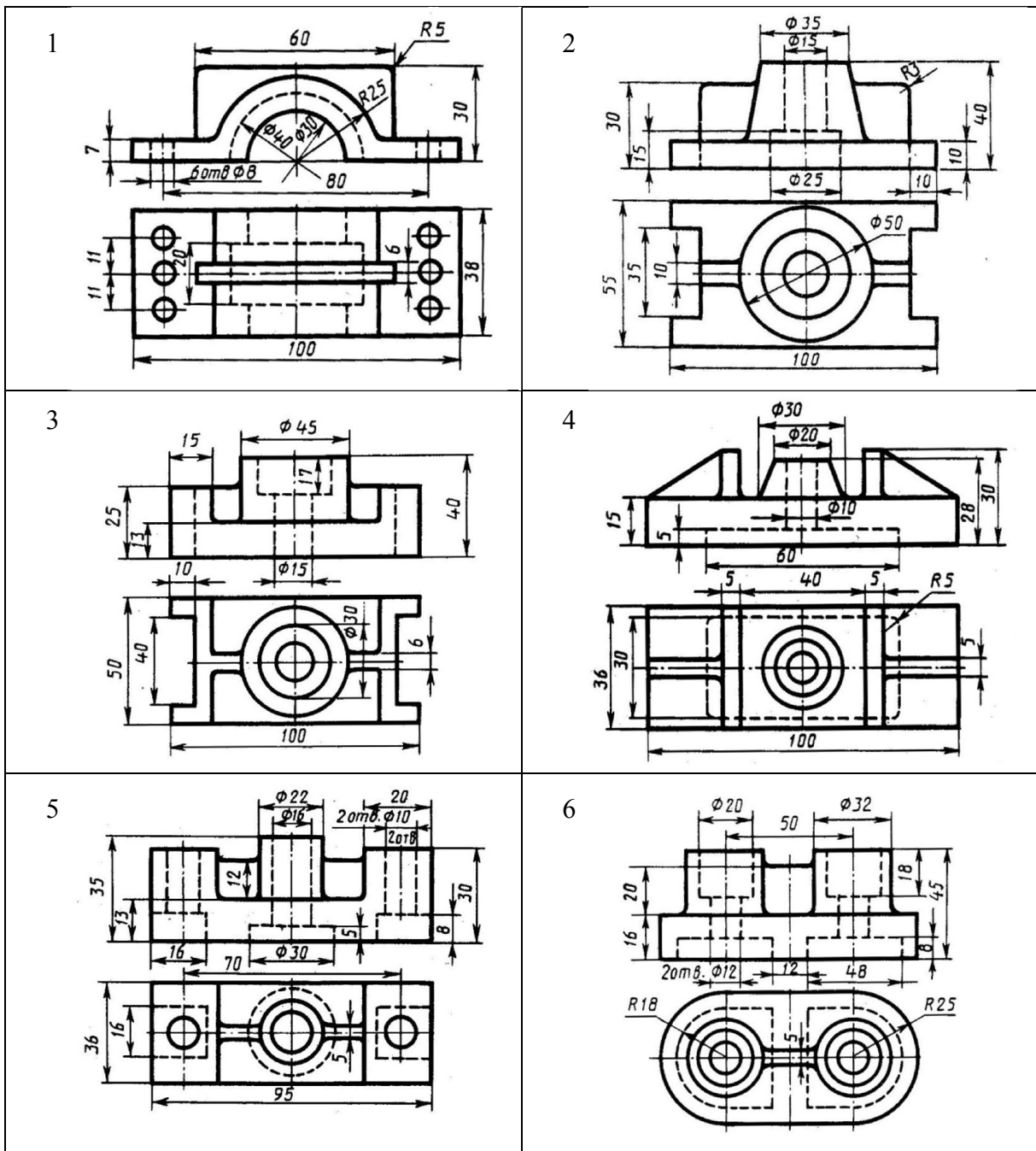
2. Побудуйте фронтальний розріз деталі.



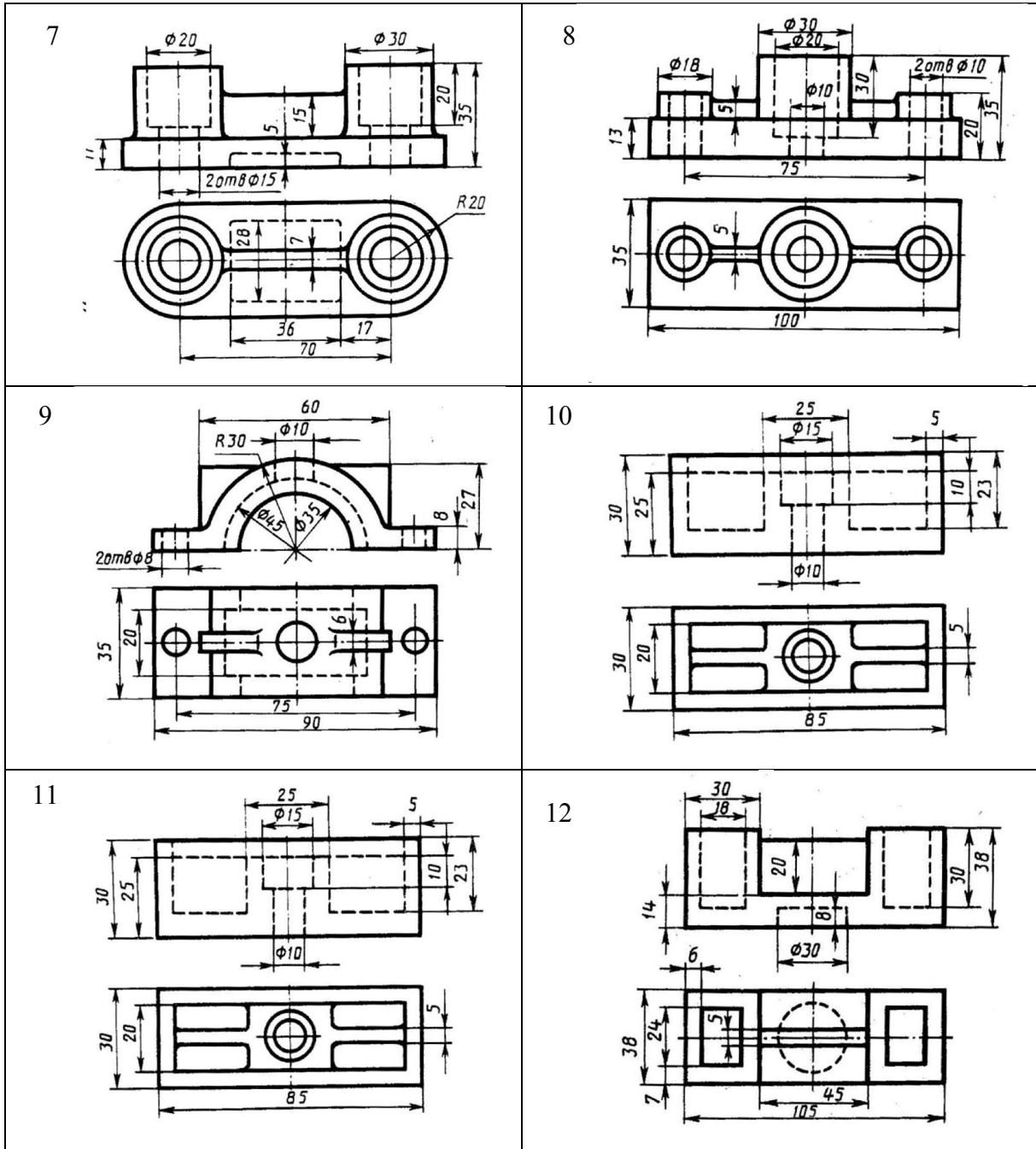
3. З'єднайте половину вигляду спереду з половиною фронтального розрізу.



Таблиця 9.1 – Варіанти завдань



Продовження таблиці 9.1



10 СКЛАДНІ РОЗРІЗИ

Складний розріз – розріз, що утворюється двома чи декількома січними площинами.

Розрізи поділяють на ступінчасті та ламані.

Ступінчастий розріз (offset section) – розріз, що утворений паралельними січними площинами.

Ламаний розріз (bent section) – розріз, що утворений січними площинами, які перетинаються.

10.1 Ступінчастий розріз

В ступінчастих розрізах січні площини умовно суміщають в одну площину, і зображення будується як результат суміщення всіх введених січних площин з однією січною площиною.

В ламаних розрізах одна чи декілька січних площин утворюють кут нахилу до основної з площин проєкцій. Похилу площину подумки повертають до положення, паралельного одній із основних площин проєкцій, тобто суміщають всі введені січні площини в одну.

Наприклад, для читання внутрішніх форм деталі (рис. 10.1) застосовують ступінчастий розріз, а саме: вводять три січні площини α , β , φ , що паралельні фронтальній площині проєкцій.

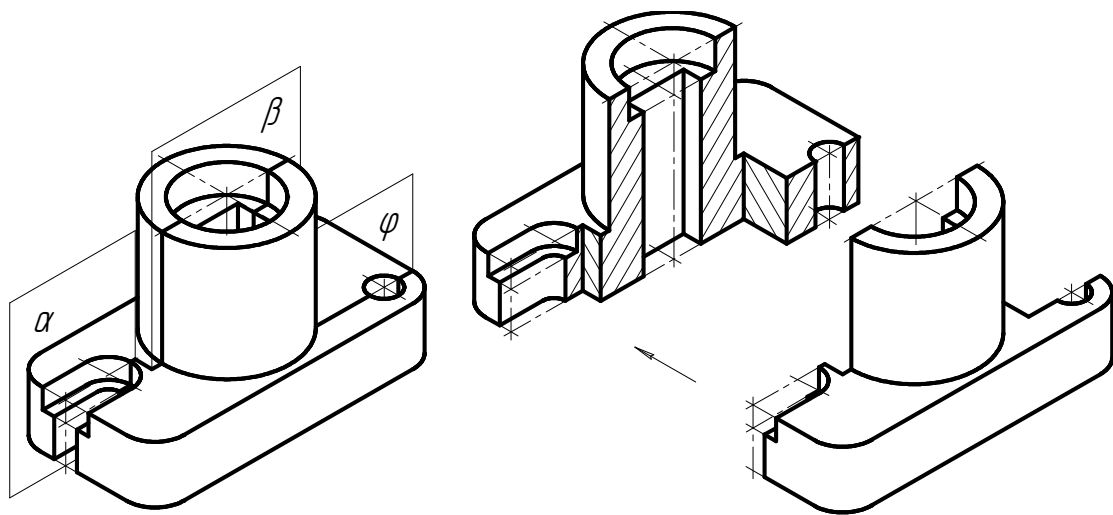


Рисунок 10.1 – Утворення ступінчастого розрізу

Ортогональний кресленик ступінчастого розрізу для вибраної деталі показано на рис. 10.2. Оскільки введені січні площини паралельні фронтальній площині проєкцій, то зображення ступінчастого розрізу подається як результат суміщення трьох січних площин в одну на головному вигляді (вигляді спереду).

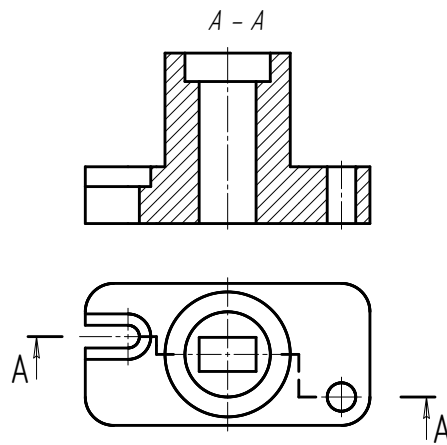


Рисунок 10.2– Ортогональні проекції ступінчастого розрізу

10.2 Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Ступінчастий розріз»

1. Згідно зі своїм варіантом (табл. 10.1) студент креслить як чернетку дві ортогональні проекції деталі (рис. 10.3).

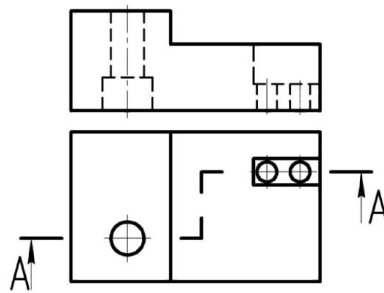


Рисунок 10.3 – Варіант завдання

2. Виконує аналіз внутрішніх форм цієї деталі, що потрапляють в січну площину (рис. 10.4).

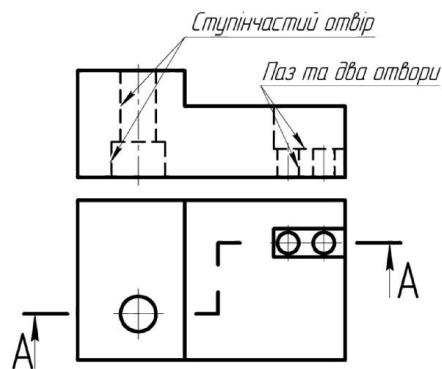
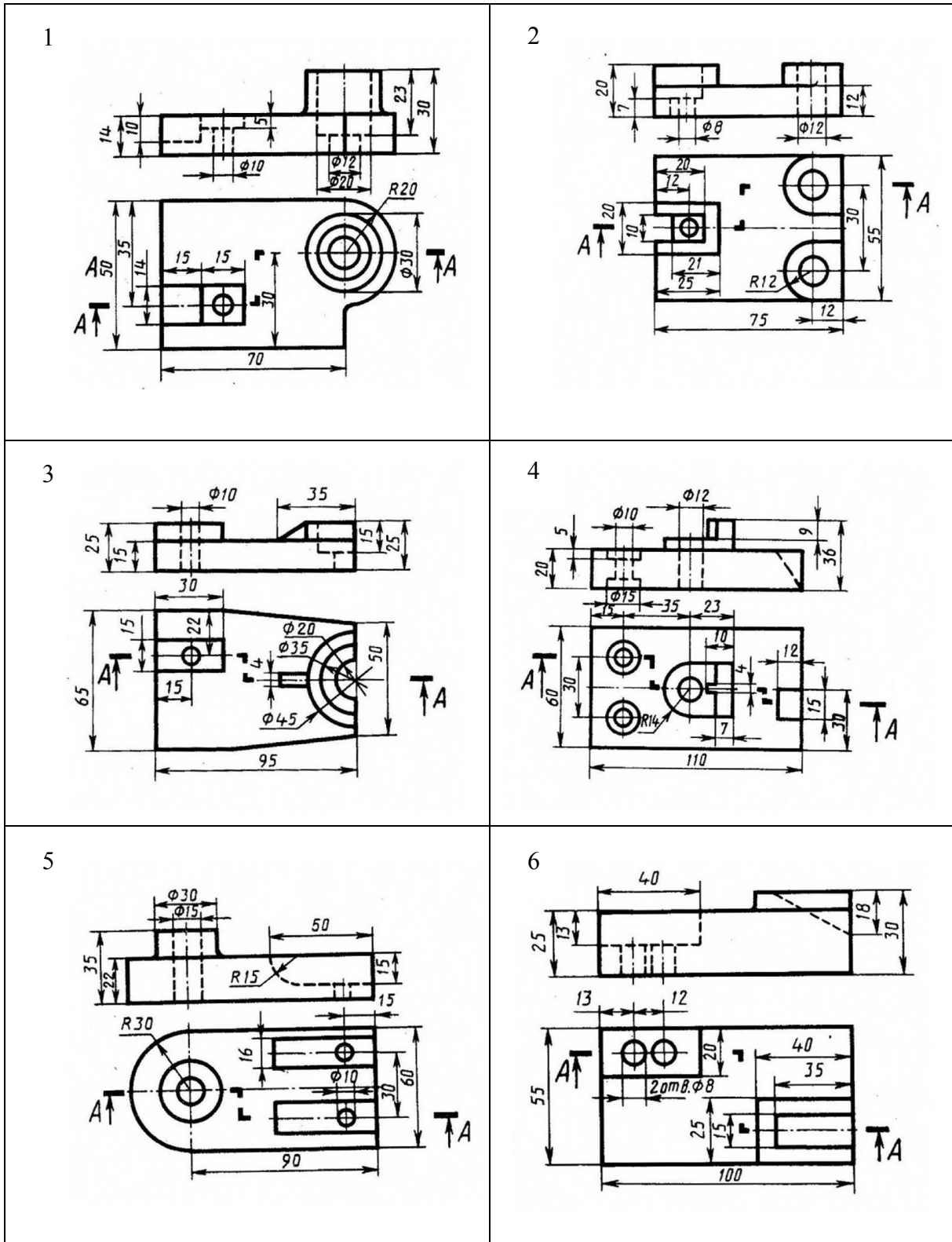
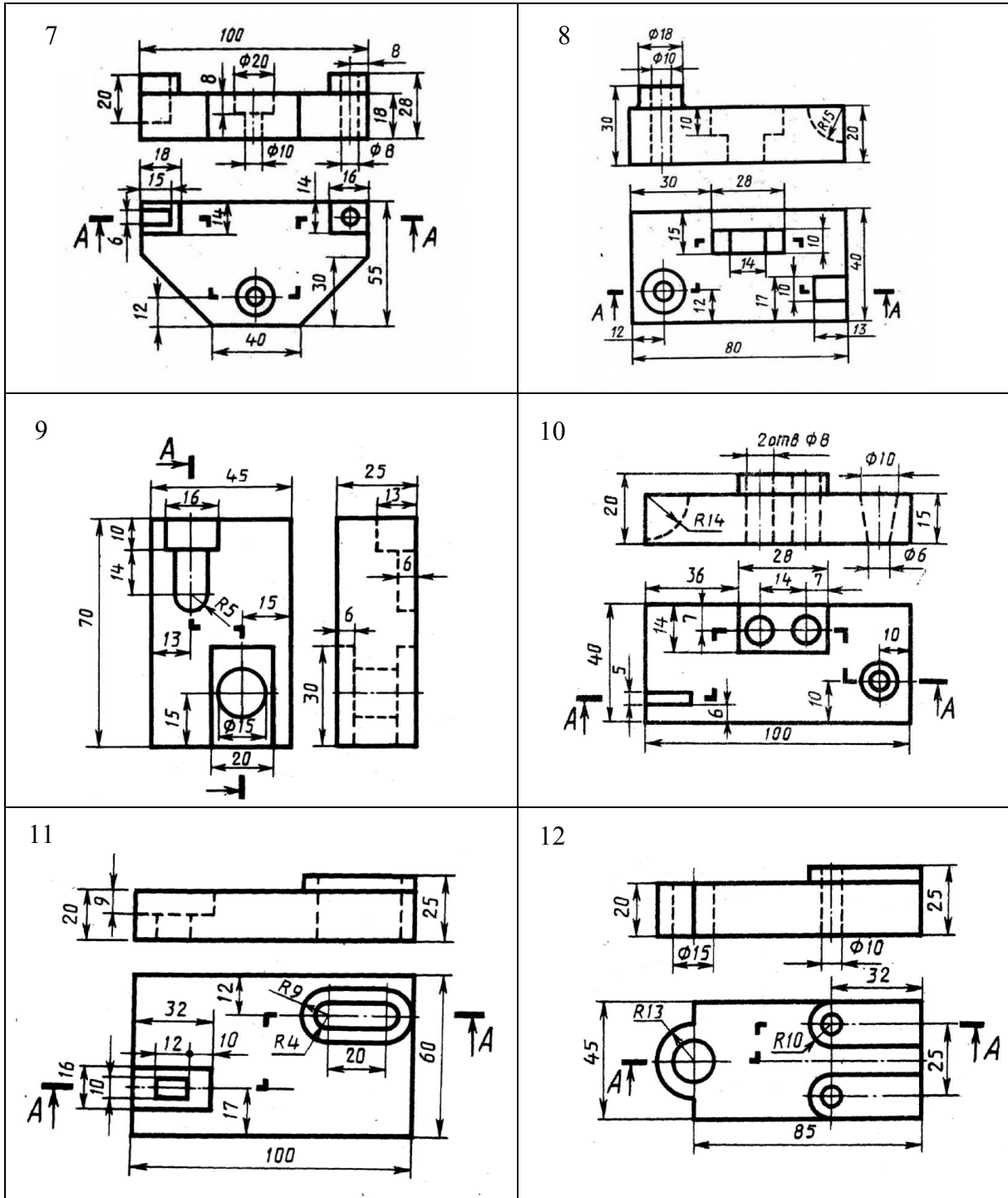


Рисунок 10.4 – Аналіз внутрішніх форм деталі

Таблиця 10.1 – Варіанти завдань до ступінчастого розрізу





10.3 Ламаний розріз

Для читання внутрішніх форм деталі (рис. 10.7) застосовують ламаний розріз, а саме: вводять дві січні площини, що перетинаються, причому одна з них (площина β) паралельна фронтальній площині проєкцій. Похилу площину α подумки повертають до положення, паралельного Π_2 .

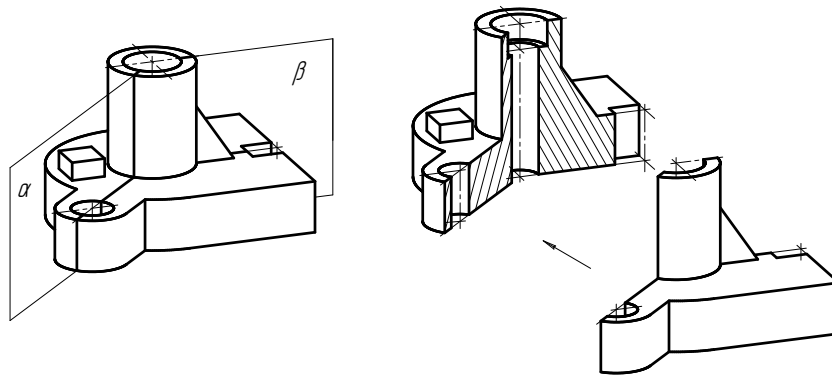


Рисунок 10.7 – Утворення ламаного розрізу

Ортогональний кресленник ламаного розрізу для вибраної деталі показано на рис. 10.8. Оскільки одна із введених січних площин паралельна фронтальній площині проєкцій, то зображення ламаного розрізу подається як результат суміщення двох січних площин (α та β) в одну на головному вигляді (вигляді спереду).

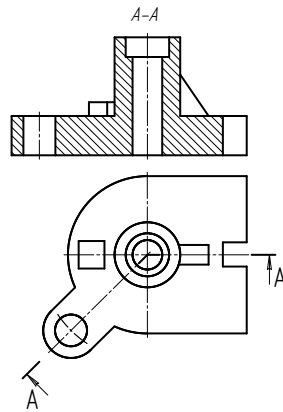


Рисунок 10.8 – Ортогональні проєкції ламаного розрізу

10.4 Методичні вказівки до виконання графічної роботи «Ламаний розріз»

1. Згідно зі своїм варіантом (табл. 10.2) студент креслить як чернетку дві ортогональні проєкції деталі (рис. 10.9).

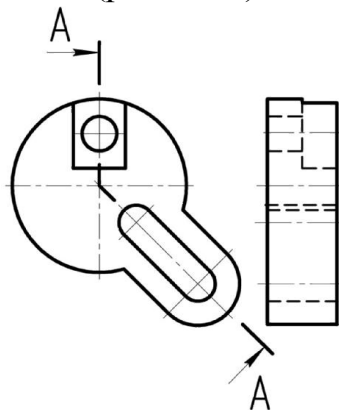


Рисунок 10.9 – Варіант завдання

2. Виконує аналіз внутрішніх форм цієї деталі (рис. 10.10).

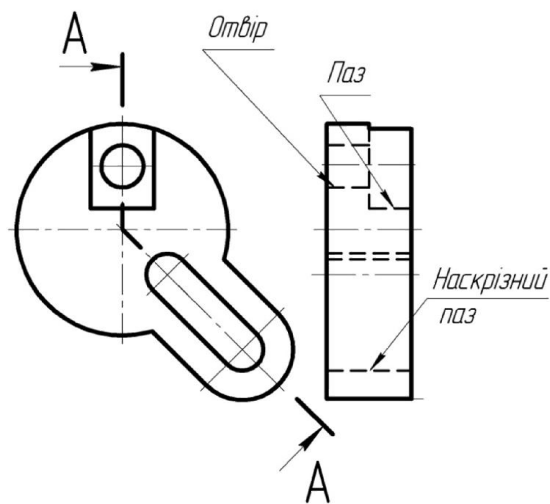


Рисунок 10.10 – Аналіз внутрішніх форм деталі

3. Нижній слід січної площини $A-A$ повертають до суміщення в одну, паралельно профільній площині проєкцій (рис. 10.11, а). На вигляді зліва будують ламаний розріз $A-A$ (рис. 10.11, б).

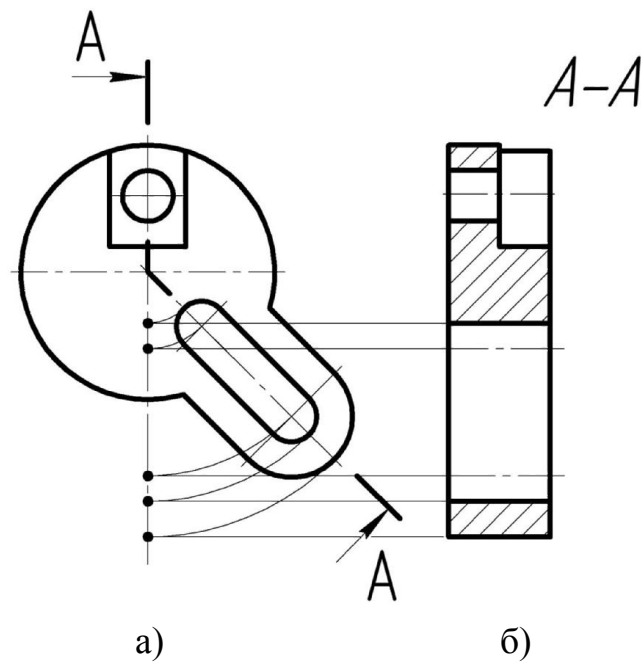


Рисунок 10.11 – Побудова ламаного розрізу

4. На форматі А4 виконати ламаний розріз деталі з нанесенням розмірів.

Зразок виконаної графічної роботи показаний на рис. 10.12.

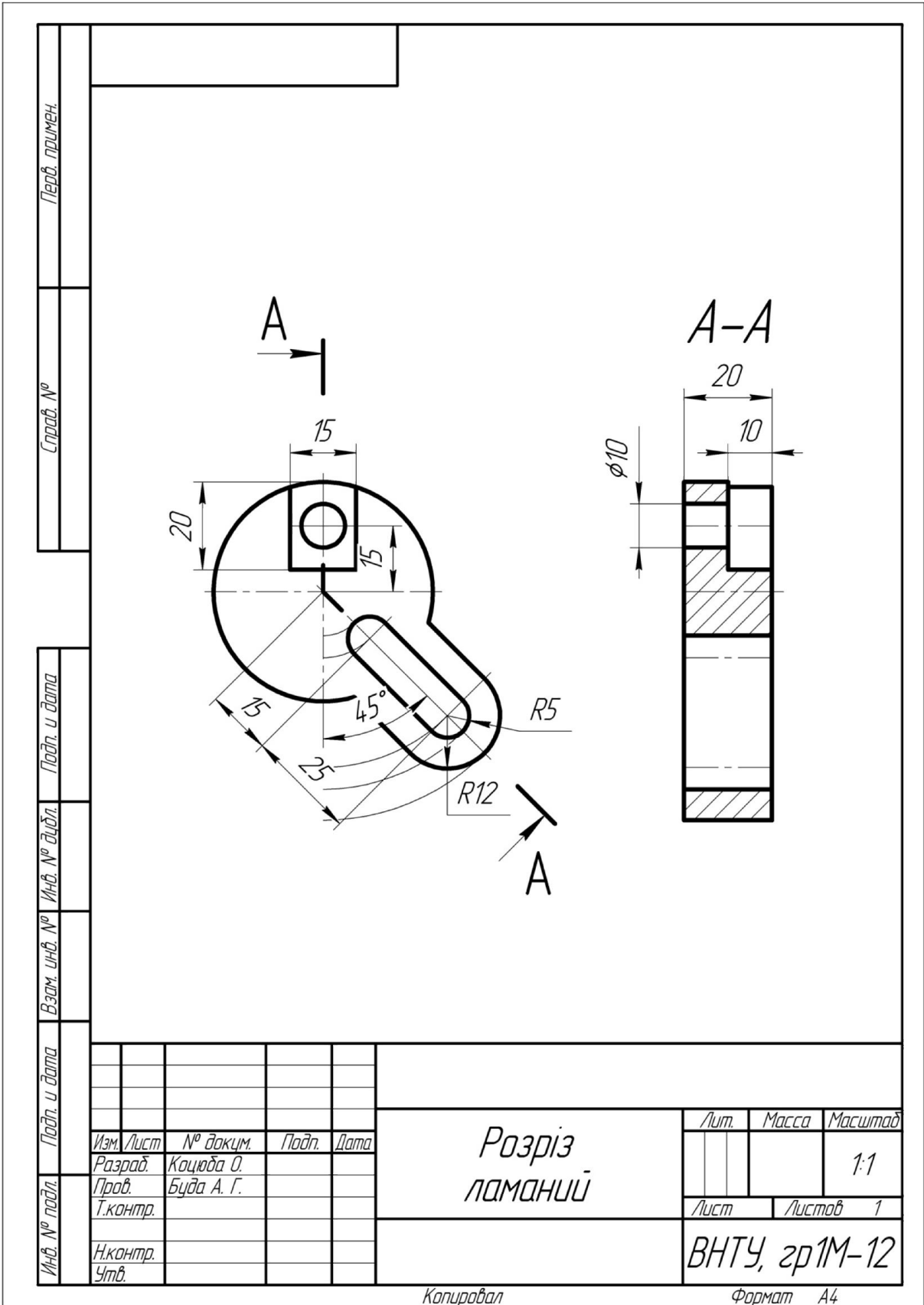


Рисунок 10.12 – Зразок виконання ламаного розрізу

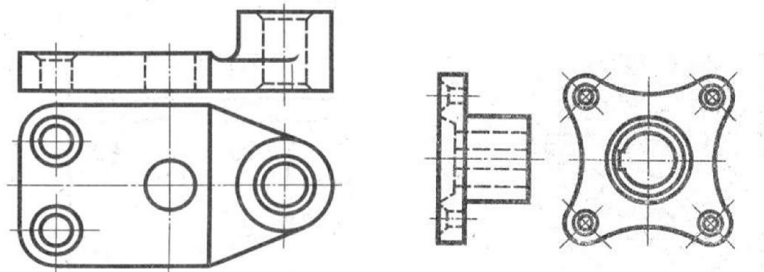
10.5 Питання та вправи для самоконтролю знань

Питання

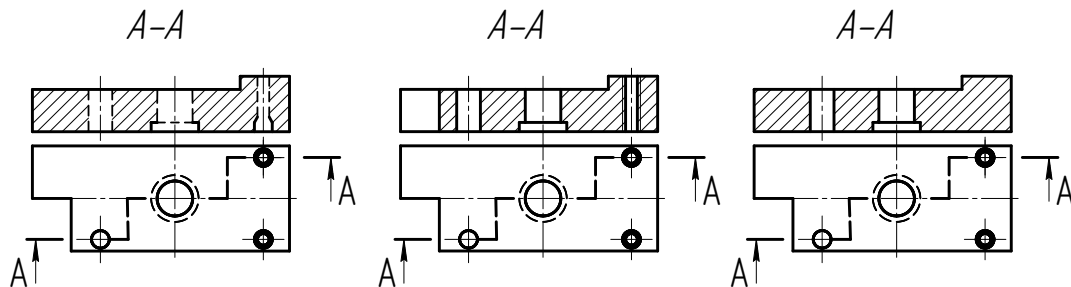
1. Дайте означення складного розрізу.
2. Які бувають складні розрізи?
3. Як позначаються складні розрізи?
4. Як утворюється ступінчастий розріз?
5. Як утворюється ламаний розріз?
6. Як виконують ступінчастий розріз?
7. Як виконують ламаний розріз?

Вправи

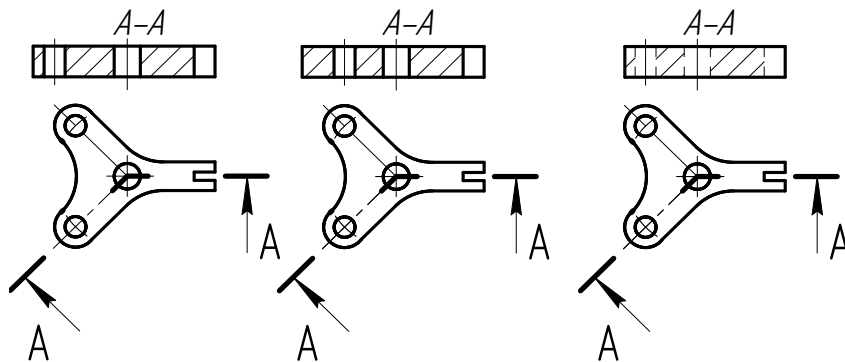
1. Введіть січні площини та побудуйте відповідний (ступінчастий та ламаний) розріз.



2. На якому з рисунків ступінчастий розріз виконано правильно?



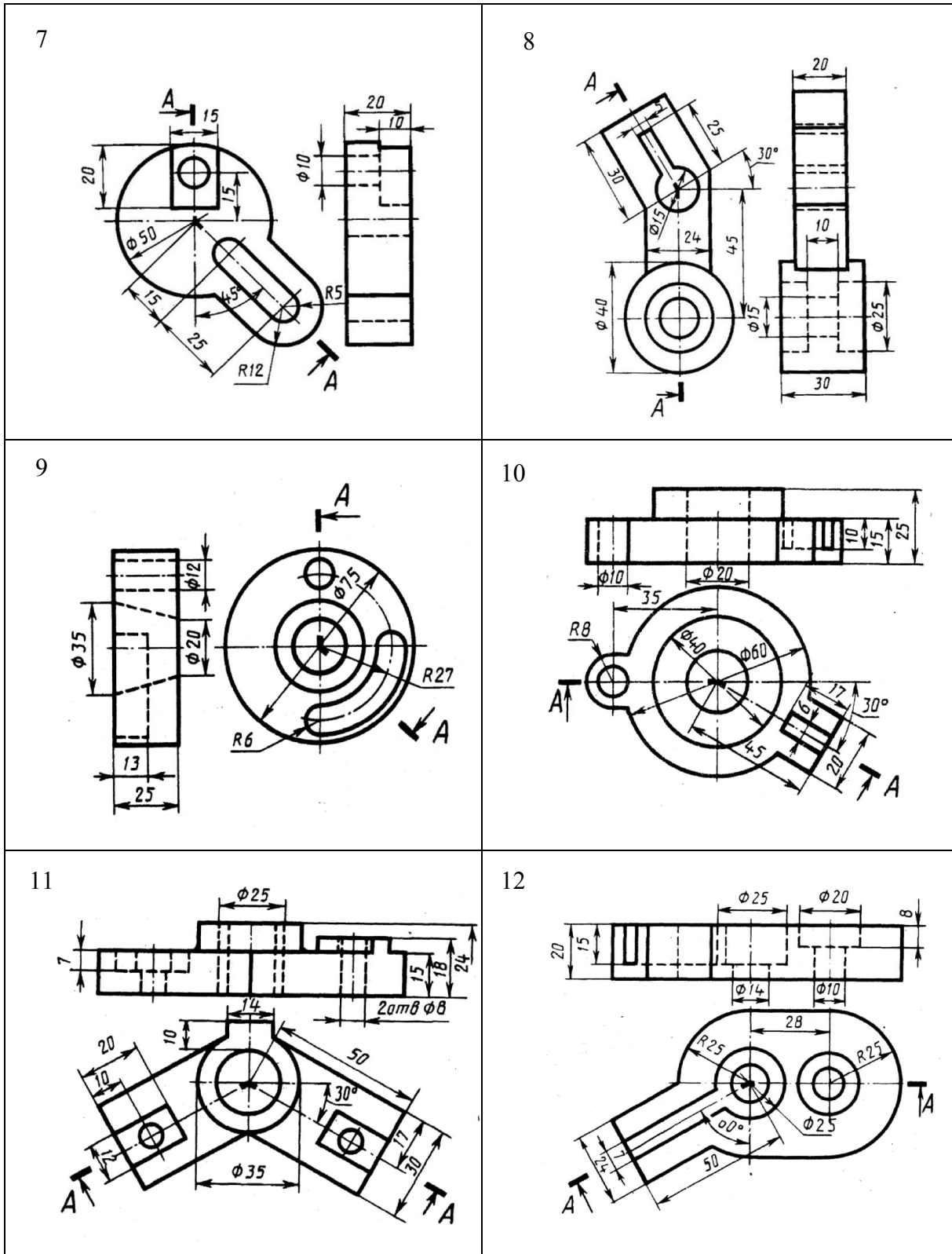
3. На якому з рисунків ламаний розріз виконано правильно?



Таблиця 10.2 – Варіанти завдань до ламаного розрізу

<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	<p>6</p>

Продовження табл. 10.2



11 ЕСКІЗИ

11.1 Правила виконання ескізів

Ескізом (sketch) деталі називається зображення предмета, виконане за правилами ортогонального проектування, але від руки, без креслярських інструментів, без точного дотримання масштабу. Ескізи потрібно виконати на всі оригінальні деталі, з яких складається виріб.

При виконанні ескізів деталей потрібна наявність:

- мінімальної, але достатньої кількості зображень (виглядів, розрізів, перерізів, виносних елементів), необхідних для розуміння зовнішніх та внутрішніх форм деталі;
- розмірів, необхідних для її виготовлення;
- відомостей щодо назви деталі та матеріалу, з якого вона виготовлена;
- відомостей щодо шорсткості поверхонь деталі;
- технічних вимог (за необхідності).

Спочатку вивчають зовнішню та внутрішню форми деталі. Визначають головний вигляд (спереду), який дає найбільш повну уяву про деталь в цілому та її положення при виготовленні. Осі деталей, що мають поверхні обертання, на головному вигляді розташовують горизонтально, оскільки саме так вони виготовляються на токарному верстаті. До таких деталей відносять вали, штоки, стержні, штуцери тощо. Враховують, скільки та які зображення потрібно накреслити, щоб всебічно розкрити форми деталі.

При нанесенні розмірів враховують технологію обробки деталі, а також вимоги стандарту (ГОСТ 2.307-68).

Поверхні деталей після обробки мають різну *шорсткість (roughness)*, яка переважно визначається параметром R_a (середнє арифметичне відхилення) профілю (ГОСТ 2789-79). Потрібно пам'ятати, що в правому верхньому кутку вказується узагальнене числове значення параметра шорсткості. Тобто, при цьому вважають, що більшість поверхонь деталі має однакову шорсткість. Шорсткість тих поверхонь, значення параметра R_a яких відмінне від узагальненого, обов'язково вказується на кресленику деталі.

При виконанні ескізів студенти мають обов'язково враховувати відповідні стандарти на деякі вироби (кріпильні деталі, сальникові ущільнення, маховики тощо), на елементи деталей (різьби, проточки, фаски, конусність тощо), на розмірні числа, на оформлення креслеників виробів зі стандартним зображенням.

Так, наприклад, розміри «під ключ», форма та розміри канавок під сальникові ущільнення, зенкувальні розміри під болти, гвинти, розміри шпонкових пазів вибирають за відповідними стандартами.

Форми і розміри проточок для різьбонарізного інструмента, розміри збігу та недорізи різьби, фаски для стандартних різьб потрібно вибирати за ГОСТ 10549-80. Якщо на деталі є канавки для виходу шліфувального круга, то їх форму і розміри вибирають за ГОСТ 8820-69.

Вимірюючи розміри деталей (діаметри, довжини тощо), потрібно заокруглювати їх значення до найближчих цілих чисел, використовуючи ряд нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Використання нормальних лінійних розмірів та кутів зменшує номенклатуру різального та вимірювального інструменту й здешевлює виробництво.

В спряжених конічних поверхнях доцільно задавати конусність (або кут конуса), при цьому значення конусності, яке отримане вимірюванням, має бути заокругленим до стандартного значення за ГОСТ 8593-81.

При виконанні ескізів пружин, зубчатих коліс, рейок необхідно використовувати стандарти, які встановлюють правила виконання креслеників цих деталей.

11.2 Поняття різьби

В технічних виробках для з'єднання деталей машин широко застосовують різьби.

Різьба (thread) являє собою поверхню, що утворена за допомогою гвинтового руху плоского контуру за циліндричною чи конічною поверхнями. Плоским контуром (профілем) може бути: трикутник, трапеція, *прямокутник (rectangle)* тощо.

Для нарізування різьби важливо знати основні її елементи: крок і хід; зовнішній, середній і внутрішній діаметри і форму профілю різьби.

Крок різьби (step of thread) S – відстань між двома однойменними точками сусідніх профілів різьби, виміряна паралельно осі різьби.

Хід різьби (thread lead) P – відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю, які належать тій же гвинтовій поверхні, в напрямку, паралельному осі різьби.

Зовнішній діаметр d – найбільша відстань між крайніми зовнішніми точками, виміряна в напрямі, перпендикулярному до осі різьби.

Внутрішній діаметр d₁ – найменша відстань між крайніми внутрішніми точками різьби, виміряна в напрямі, перпендикулярному до осі.

Середній діаметр d₂ – відстань між двома протилежними паралельними бічними сторонами профілю різьби, виміряна в напрямі, перпендикулярному до осі.

Профіль різьби (offset of thread) – контур перетину різьби в площині, що проходить через її вісь.

Кут профілю (profile angle) α – кут між бічними сторонами профілю.

Різьбу будь-якого профілю можна виготовити як на стержнях (називають *зовнішньою* різьбою), так і в отворах (називають *внутрішньою* різьбою).

Якщо нарізка здійснюється навколо осі циліндра за годинниковою стрілкою і вздовж осі від спостерігача, то утворюється *права різьба* (*right thread*), якщо ж нарізка здійснюється навколо осі циліндра проти часової стрілки і вздовж осі від спостерігача, – *ліва різьба* (*LH*).

11.2.1 Класифікація різьби

1. Різьби класифікуються за багатьма ознаками:

- а) за основним призначенням (тип різьби) – кріпильні та ходові;
- б) за видом різьби: метричні, дюймові та трубні – кріпильні різьби; трапецеїдальні, упорні та прямокутні – ходові різьби;
- в) за профілем різьби – трикутні, трапецеїдальні, круглі, прямокутні тощо;
- г) за кількістю гвинтових ниток – одно- та багатозахідні; за формою початкової поверхні – циліндричні і конічні.

За ступенем нормалізації параметрів різьби поділяють на: *стандартні* (метрична, трубна циліндрична і конічна, дюймова конічна, трапецеїдальна та упорна), *спеціальні* і *нестандартні*. Найбільш поширені стандартні різьби, у яких нарізання різьби виконують за встановленими стандартами та параметрами: профілем, кроком і діаметром.

Для всіх стандартних і деяких спеціальних різьб передбачені умовні позначення, до складу яких входять буква, що позначає різьбу, і номінальний діаметр різьби, позначення поля допуску або класу точності різьби. Для однозахідної різьби позначається додатково крок, а для багатозахідної – хід і крок літерою *P* в дужках, наприклад, 3 (*P1,5*). Умовне позначення лівої різьби – дві літери, *LH*.

11.2.2 Поняття метричної різьби

Метрична різьба (рис. 11.1) є основним видом кріпильної різьби. Розміри метричної різьби регламентує ГОСТ 24705-81, їх профіль – ГОСТ 9150-81, кроки – ГОСТ 8724-81, допуски на розміри різьби – ГОСТ 16093-81.

Профіль метричної різьби – трикутний і становить 60° (рис. 11.1). В умовне позначення метричної різьби входить літера *M*. Різьбу позначають за зовнішнім діаметром *d* (рис. 11.2). і все? Навіщо тоді а) і б)?

Нерухомі роз'ємні з'єднання деталей машин найчастіше здійснюються за допомогою таких різьбових виробів, як болти, шпильки, гайки, на яких нарізана метрична різьба.

Приклад з'єднання болтом показаний на рис. 11.3.

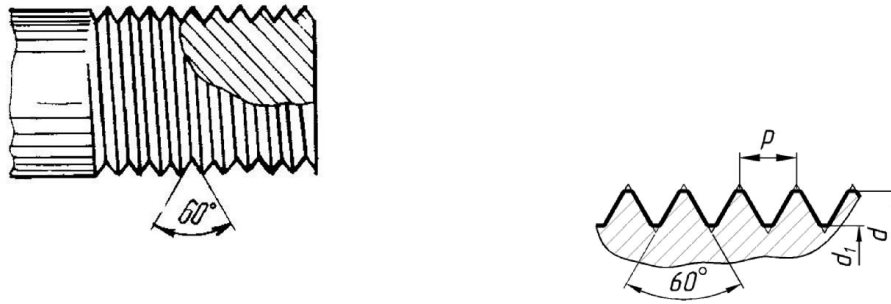


Рисунок 11.1 – Метрична різьба

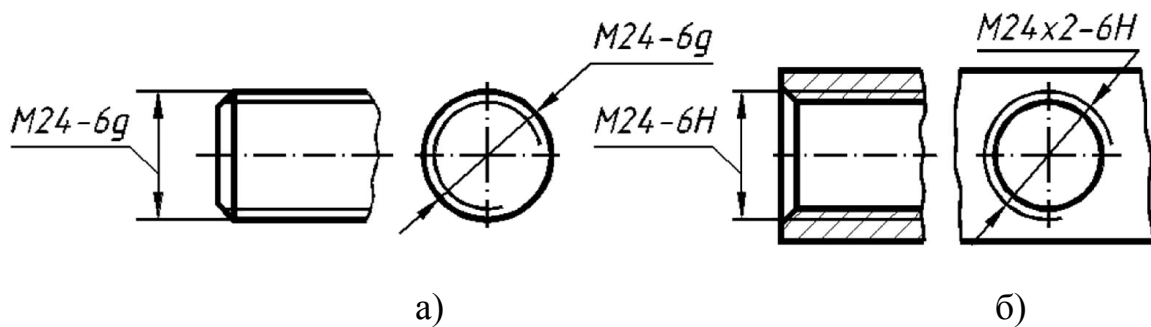


Рисунок 11.2 – Умовне зображення метричної різьби

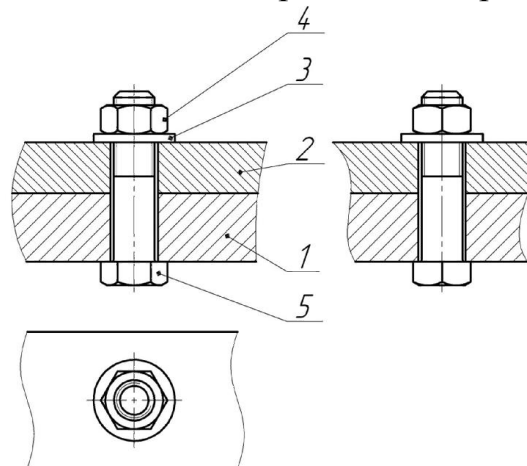


Рисунок 11.3 – З'єднання болтом

11.3 Матеріали та їх позначення

Матеріали (material), які використовуються в машинобудуванні, ділять на дві основні групи: металеві та неметалеві. Серед металевих матеріалів найбільш поширені сталь, чавун, бронза, латунь, алюмінієві сплави, з неметалевих – пластмаси, гума, картон.

Сталь поділяють на чотири групи: звичайна, якісна, іструментальна та легована.

Сталь вуглецева звичайної якості (ДСТУ 2651–94, ГОСТ 380-2005)

Сфера застосування: кожухи, баки, балки, швелери, кутики, таври, валики, осі, стяжки, рукоятки, тяги, стріли кранові, осі передач, осі приводів механізмів, муфти кулачкові.

Сталь вуглецеву звичайну виготовляють семи марок: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Сталі марки Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2 використовують для виготовлення корпусів, труб, будівельних конструкцій; зі сталі Ст. 3, Ст. 4 виготовляють кріпильні вироби (болти, гайки, шпильки тощо), а зі сталі Ст. 5, Ст. 6 – вали, шестерні, шпонки.

Приклад умовного позначення:

Ст. 3 ДСТУ 2651 –94; Ст. 5 ГОСТ 380-2005

Сталь вуглецева якісна конструкційна (ГОСТ 1050-88)

Сфера застосування: зубчаті колеса, болти, гайки, гвинти, заклепки, кулачки, шпонки, втулки, пальці, осі, валики, ролики, упори, поршні, вали, тяги, шатуни, штоки, маточини, муфти, фланці, колінчасті та карданні вали, шліцьові вали, фіксатори, пружини. Марки сталі: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г.

Сталь 10, 15, 20, 25, використовується для виготовлення кріпильних виробів, які витримують підвищене навантаження. Зі сталі марок 45...60 виготовляють такі деталі, як колінчасті вали, поршні, шестерні, шатуни. Сталі марок 60, 65Г, 70 необхідні для виготовлення пружин, ресор, які мають високу пружність.

Приклади умовного позначення:

Сталь 45 ГОСТ 1050 – 88; Сталь 65Г ГОСТ 1050 – 88

Сталь легована конструкційна (ГОСТ 4543-71)

Сфера застосування: поршневі пальці, валики, зубчаті колеса, конічні зубчаті колеса, колінчасті вали, кулачкові муфти, втулки, плунжери, шатуни, котки, болти, шпильки, гайки, зубчаті колеса коробок швидкостей, черв'ячні та шліцьові вали, проміжні осі, шпинделі, штоки, конічні вали, кулачкові муфти, черв'яки.

Марки сталі: 10Г2, 12Х2Н4А, 12ХН2, 12ХН3А, 15Х, 15ХА, 15ХР, 15ХФ, 20Х, 20ХН, 20ХФ, 30Х, 30ХГСА, 30ХГТ, 30ХМ, 30ХМА, 30ХМА, 33ХС, 35Г2, 35Х, 40Х, 40ХГ, 40ХН, 40ХН2МА, 40ХС, 40ХФА, 45Г2, 45Х, 45ХН, 50Г2, 50Х, 50ХН.

Леговані сталі відрізняються високою міцністю, витривалістю, жаростійкістю, тому використовуються для виготовлення найбільш відповідальних деталей автомобільних, авіаційних двигунів.

Приклад умовного позначення:

Сталь 45 X ГОСТ 4543-71.

Чавун. Із чавуна отримують литі деталі, які потім піддають необхідній механічній обробці. Чавуни поділяють на сірий та ковкий.

Сірий чавун (ГОСТ 1412-85)

Сфера застосування: кришки, патрубки, станини, кронштейни, корпуси, підшипники, блоки, барабани, диски коліс, стояки, підставки, вентиля, насоси, зубчасті та черв'ячні колеса, втулки, ролики, муфти. Марки чавуну: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ 35...

Приклад умовного позначення:

СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Ковкий чавун (ГОСТ 1215-79)

Сфера застосування: кулачки, хомути, деталі муфт, шківни, колодки, тормозні рукоятки, пластинчаті ланцюги, гайки, фітинги, упори, укосини.

Марки чавуну: КЧ30-16, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

Приклад умовного позначення:

КЧ 37-12 – Ф ГОСТ 1215-79, КЧ 60 – 3 – П ГОСТ 1215-79.

Латунь (ГОСТ 1020-97, ДСТУ 3473-96)

Сфера застосування: радіаторні трубки, конденсаторні труби, листи, стрічки, трубки, проволока, прутки, литі підшипники, втулки.

Марки латуні: Л60, Л63, Л68, Л90, Л96, ЛА77-2, ЛК80-3, ЛН65-5, ЛО62-1, ЛС59-1.

Приклад умовного позначення:

ЛК 2 ГОСТ 1020-97.

Бронза звичайна (ГОСТ 18175-78)

Сфера застосування: стрічки, прутки, втулки та вкладиші підшипників, упорні кільця, труби, зубчасті колеса, черв'яки, проволока, крупні фасонні виливки. Марки бронзи: БрА5, БрА7, БрЖ9-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрАЖН10-4-4, БрАМц9-2, БрБНТ1,9, БрКМц3-1, БрКн1-3, БрМц5.

Приклад умовного позначення:

БрА5 ГОСТ 18175-78.

Бронза олов'яна (ГОСТ 5017-74)

Марки бронзи: БрОФ6,5-015, БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5, БрОФ7-0,2.

Приклад умовного позначення:

БрОФ6 ГОСТ 5017-74.

Алюмінієві сплави (ГОСТ 4784-97, ГОСТ 1583-93, ДСТУ 2839-94)

Сфера застосування: виливки деталей різних форм, ковані та штамповані деталі різних форм. Марки сплавів: АДЮ, АД1, АК6, АК8, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6, Б96Ц1, Д1, Д16, Д18, Д19.

Приклади умовного позначення:

АЛ 3 ГОСТ 1583 –93 , АК6 ГОСТ 4784-74

Картон азбестовий (ГОСТ 2850-80)

Сфера застосування: ущільнювальні кільця, прокладки. Товщини: 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 8; 10 мм.

Приклад умовного позначення:

Картон азбестовий КАОН-1-3 ГОСТ 2850-80.

Картон прокладковий (ГОСТ 9347-74)

Сфера застосування: використовується для прокладок в вузлах та агрегатах. Товщини: 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5 (мм).

Приклад умовного позначення:

Картон А-1 ГОСТ 9347-74

Картон водостійкий (ГОСТ 6659-83)

Сфера застосування: використовується для прокладок в вузлах та агрегатах. Товщини: 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3 (мм).

Приклад умовного позначення:

Картон 3-ВО ГОСТ 6659-83.

Шкіра технічна (ГОСТ 20836-75)

Сфера застосування: манжети, прокладки, кільця, клапани, сальникове набивання, пластини, мембрани, приводні ремені. Товщини: 0,5...5 (мм).

Приклад умовного позначення:

Шкіра 3 ГОСТ 20836-75.

Склотекстоліт конструкційний (ГОСТ 10292-74)

Сфера застосування: фланці, кришки, вкладиші підшипники, втулки, гальмівні колодки. Товщини: 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 17; 20; 25; 30; 35 (мм).

Приклад умовного позначення:

Склотекстоліт КАСТ-08 ГОСТ 10292-74.

Пластини гумові та гумотканинні (ГОСТ 7338-90)

Сфера застосування: прокладки, клапани, ущільнювачі.

Товщини: 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 18; 20...60 (мм).

Приклад умовного позначення:

Пластина 1; лист, ТМКЩ – С = 3 × 25 × 500 = 9.9, ГОСТ 7338-90.

Пресматеріали (ГОСТ 5689-79)

Пластмасові вироби, які найбільш широко використовують в машинобудуванні, бувають різних кольорів.

Приклади умовних позначень пресматеріалу певного кольору (коричневого, чорного та білого; червоного, блакитного):

К-17-2 ГОСТ 5689-79, К-18-2 ГОСТ 5689-79, К-17-2 ЦО ГОСТ 5689-79.

11.4 Загальні правила позначення шорсткості поверхонь

Шорсткістю поверхні називають сліди, нерівності у вигляді западин і виступів, які залишаються на оброблюваній поверхні від різальних інструментів. ГОСТ 2789-73 встановлює шість параметрів шорсткості, серед яких переважно використання мають два параметри шорсткості: середнє арифметичне відхилення R_a та висота нерівностей R_z .

Для позначення шорсткості поверхонь (ГОСТ 2.309-80) на креслениках застосовують знаки, показані на рис. 11.4 (а–в). Знак шорсткості по його бісектрисі розташовують перпендикулярно до поверхні, для якої показують шорсткість. У самого знака є дві висоти: h та H . Висота знака h має дорівнювати висоті розмірної цифри на рисунку, висота H визначається за співвідношенням $H=(1,5...3)h$.

Числа, які показують допустиму величину шорсткості у мікронах, потрібно проставляти під знаком шорсткості висотою вибраного шрифту на кресленику (рис. 10.4, в). Перевага при нанесенні допустимої величини нерівності надається параметру середнього арифметичного відхилення профілю – R_a .

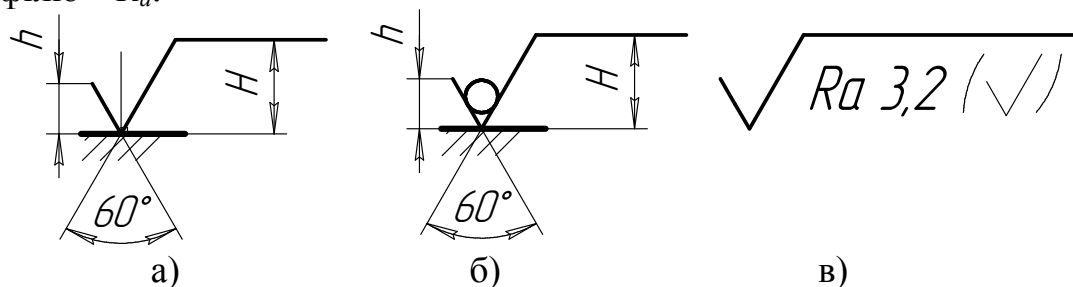


Рисунок 11.4 – Знаки шорсткості

Знаки шорсткості мають торкатися відповідної виносної або контурної лінії, їх рекомендують ставити безпосередньо на поверхню або, по можливості, ближче до розмірних ліній.

Знаки шорсткості можна наносити безпосередньо на похилих, вертикальних лініях зображень поверхні в тих випадках, коли вістря знака показано зверху. Згідно зі зміною стандарту (ГОСТ 2.309-73) на креслениках знак шорсткості разом із зазначеним параметром R_a знизу не підкреслюється. В такому випадку всі позначення шорсткості потрібно показувати на лініях-виносках (рис. 11.5).

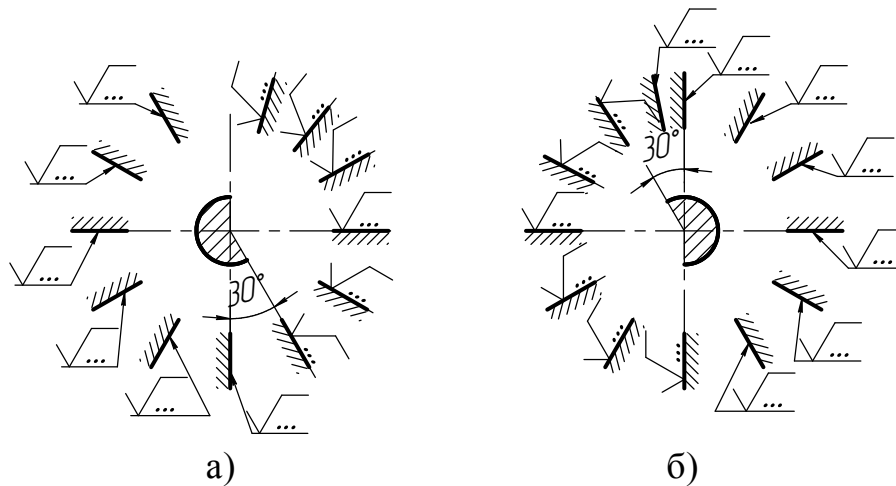


Рисунок 11.5 – Нанесення знаків шорсткості на поверхнях деталі згідно зі змінами стандарту ГОСТ 2.309-73

11.5 Приклади виконання ескізів

Виконання ескізів втулки та штуцера. На рис. 11.6 (а, б) показані аксонометричні проекції втулки та штуцера.

Головне зображення містить циліндричні та конічні поверхні; *штуцер (adapter)* – шестигранну, циліндричні, конічні та дві гвинтові (з різьбою) поверхні.

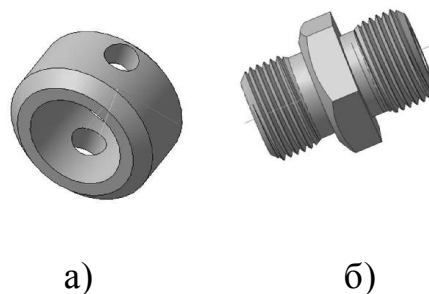


Рисунок 11.6 – Аксонометрична проекція (axonometric projection) втулки (а) та штуцера (б)

Проаналізуємо зовнішні та внутрішні форми втулки. Зовні втулка має частини конічної (це дві фаски) та циліндричну поверхні, всередині втулки знаходиться наскрізний циліндричний отвір. На зовнішній циліндричній поверхні просвердлені два наскрізні циліндричні отвори. Втулка виготовлена на токарно-гвинторізному верстаті.

Для виконання зображення втулки достатньо мати одну проекцію, оскільки всі поверхні цієї деталі є поверхнями обертання та можуть бути позначені знаками діаметра (рис. 11.7).

Проаналізуємо зовнішні та внутрішні форми штуцера. Для виготовлення цієї деталі використовують як заготовку шестигранний пруток. Зліва та справа знімається частина металу прутка (в стружку), потім з обох боків нарізають зовнішню метричну різьбу. Крім цього, на зовнішній частині штуцера виконані дві фаски (частини конічних поверхонь) та дві різьбові проточки. Внутрішня частина штуцера має наскрізний циліндричний отвір з двома фасками. Штуцер можна виготовити на токарно-гвинторізному верстаті.

Ескіз штуцера показаний на рис. 11.8.

11.6 Питання для самоконтролю знань

1. Які вимоги висуваються до виконання ескізу деталі?
2. Який кресленик називається ескізом?
3. Які вимоги потрібно враховувати при виборі головного зображення деталі на ескізі?
4. Як визначається кількість зображень для конкретної деталі на ескізі?
5. Які параметри шорсткості використовуються на робочих креслениках деталей?
6. Як зображають та позначають різьбу на кресленику?
7. На яких деталях використовують метричну різьбу?

УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК ДЕЯКИХ ТЕРМІНІВ

<i>Українська</i>	<i>Англійська</i>	<i>Українська</i>	<i>Англійська</i>
АксонOMETричне зображення	Axonometric image	Ескіз	Sketch
АксонOMETрична проекція	Axonometric proection	Ізометрія	Isometric projection
Бічна поверхня	Side surface	Інцидентність	Incidence
Вигляд	View	Конус обертання	Cone of rotation
Вершина	Peak	Контури	Contours
Визначник	Identifier	Крива	Curve
Відображення	Reflection	Крок різьби	Step of thread
Вісь абсцис	Abscissa axis	Кут профілю	Profile angle
Вісь аплікату	Applicate axis	Ламаний розріз	Bent section
Вісь ординат	Ordinate axis	Лінії перерізу	Line of section
Втулка	Bush	Матеріал	Material
Головне зображення	The main image	Метрична різьба	Metric thread
Горизонтальний	Horisontal	Метрична задача	Metric task
Горизонтально-проекціоувальна	Horizontal-projectioning	Модель	Model
Грань	Border	Місцевий вигляд	Local view
Диметрія	Dimetric projection	Місцевий розріз	Local section
Епюр	Drawing	Накладений	Superimposed
Еліпс	Ellipse	Наочне зображення	Visual image
Невидимий контур	Invisible contour	Прямокутник	Rectangle
Об'єкт	Object	Ребро	Edge
Ортогональне проекціювання	Orthogonal projection	Різьба	Thread
Основа	Base	Розріз	Section
Основні вигляди	Main views	Січна	Transverse
Паралельне проекціювання	Parallel projection	Симетрія	Symmetry
Переріз	Section	Спрощення	Simplification
Піраміда	Pyramid	Ступінчастий розріз	Offset section
Площина	Plane	Твірна	Generating line
Поверхня	Surface	Технічна модель	Technical model
Похилий	Inclined	Технічний кресленик	Technical drawing
Права різьба	Right thread	Точка	Point
Призма	Prism	Фронтальний	Frontal
Проекціювання	Projection	Хід різьби	Thread lead
Профіль	Offset	Циліндр обертання	Cylinder of rotation
Профільний	Profile	Шорсткість	Roughness
Пряма	Straight line	Штрихування	Shading
Прямокутна ізометрія	Rectangular isometry	Штуцер	Adapter

ЛІТЕРАТУРА

1. Буда А. Г. Креслення. Частина І. Теоретичні основи геометричного креслення : навч. пос. / Буда А. Г., Мельник О. П., Гречанюк М. С. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 93 с.
2. Буда А. Г. Інженерна графіка. Зварні з'єднання : навчальний посібник / А. Г. Буда, О. В. Король – Вінниця : ВДТУ, 1998. – 84 с.
3. Буда А. Г. Проекційне креслення. Види, розрізи, перерізи : навчальний посібник / А. Г. Буда, О. В. Король – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.
4. Буда А. Г. Проектування форм технічних деталей та аксонометричні проєкції : навчальний посібник / Буда А. Г., Король О. В., Пащенко В. Н. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 92 с.
5. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посібник / Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. – [3-є вид.]. – К. : Каравела, 2003. – 160 с.
6. Ванін В. В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD / Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. О. – К. : Каравела, 2005. – 288 с.
7. Вышнепольский И. С. Техническое черчение : учеб. для проф. учеб. зав. / Вышнепольский И. С. – [5-е изд., перераб.]. – М. : Высш.шк., 2001. – 224 с.
8. Богданов В. М. Інженерна графіка : довідник / Богданов В. М., Верхола А. П., Коваленко Б. Д. ; за ред. А. П. Верхоли. – К. : Техніка, 2001. – 268 с.
9. Верхола А. П. Інженерна графіка : креслення, комп'ютерна графіка : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Верхола А. П., Коваленко Б. В., Богданов В. М. ; за ред. А. П. Верхоли. – К. : Каравела, 2005. – 304 с.
10. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учеб. для студентов вузов / Левицкий В. С. – [6-е изд., пер. и доп.]. – М. : Высш. шк., 2004. – 435 с.
11. Мерзон Э. Д. Машиностроительное черчение : учеб. пособие / Мерзон Э. Д., Мерзон И. Э., Медведковская Н. В. – М. : Высш. шк., 1987. – 335 с.
12. Михайленко В. Є. Інженерна графіка : навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти 1-2 рівнів акредитації / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. – К. : Каравела, 2002. – 284 с.
13. Михайленко В. Є. Інженерна графіка : підручник. / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. – [3-є вид.]. – К. : Каравела, 2003. – 288 с.
14. Хаскин А. М. Черчение : учебник для техникумов. / Хаскин А. М. – [6-е изд., перераб.]. – К. : Вища школа, 1988. – 446 с.

Навчальне видання

**Буда Антоніна Героніївна
Гречанюк Микола Сергійович**

**КРЕСЛЕННЯ
Частина II
Елементи нарисної геометрії та проєкційне креслення**

Навчальний посібник

Рукопис оформила А. Буда

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет виготовив О. Ткачук

Підписано до друку 19.09.2018
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 6,72.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2018-163.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.