

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

ОСНОВИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

ПРАКТИКУМ

**для здобувачів першого рівня вищої освіти
спеціальності ЕЗ «Комп'ютерні науки»
усіх форм навчання**

Затверджено
на засіданні
методичної ради
Протокол № 4 від 18.12.2025 р.

Краматорськ
ДДМА
2025

Основи нарисної геометрії та інженерної графіки : практикум : для здобувачів першого рівня вищої освіти спеціальності ФЗ «Комп'ютерні науки» усіх форм навчання / укл. О. В. Кабацький. – Краматорськ : ДДМА, 2025. – 80 с.

Призначено для здобувачів першого рівня вищої освіти денної та заочної (дистанційної) форм навчання спеціальності ФЗ «Комп'ютерні науки» у процесі засвоєння курсу «Основи нарисної геометрії та інженерної графіки». Наведено стислі теоретичні відомості за темами курсу, практичні завдання, питання для самопідготовки, довідкові дані та приклади виконання креслеників.

Укладач

О. В. Кабацький, доц.

Відп. за випуск

С. Г. Карнаух, доц.

ЗМІСТ

Умовні позначення	4
1 Основні правила оформлення креслеників. Побудова багатокутників	5
2 Точка та пряма у просторі. Точка на прямій	10
3 Площина в просторі. Точки і прямі в площині	19
4 Метод заміни площин проєкцій.....	24
5 Точка на поверхні. Переріз тіл площиною. Визначення натуральної величини перерізу	28
6 Види. Нанесення розмірів	33
7 Комплексне креслення тіл із крізним отвором	35
8 Різьові з'єднання.....	43
9 Вал.....	48
10 Колесо зубчасте	50
Література	55
Додатки.....	56

Умовні позначення

1. Точки простору позначаються великими літерами латинського алфавіту або цифрами:

A, B, C, D...; 1, 2, 3, 4...

2. Лінії (прямі і криві) простору – малими літерами латинського алфавіту:

a, b, c, d...

3. Поверхні – великими літерами грецького алфавіту:

$\Gamma, \Phi, \Sigma, \Omega$...

4. Кути – малими літерами грецького алфавіту:

$\alpha, \beta, \gamma, \varphi$...

5. Площини проєкцій позначаються так:

Π_1 – горизонтальна;

Π_2 – фронтальна;

Π_3 – профільна;

Π_4, Π_5, Π_6 – додаткові площини проєкцій (Π – велика грецька літера “пі”).

6. Проєкції точок, ліній та поверхонь позначаються так само, як і їх оригінали з доданням індексу, відповідного індексу площини проєкцій. Проєкції точки **A**, лінії **a**, площини **Σ** позначаються так:

на площину Π_1 – **A_1, a_1, Σ_1** ;

на площину Π_2 – **A_2, a_2, Σ_2** ;

на площину Π_3 – **A_3, a_3, Σ_3** .

- 7 Деякі прямі і площини мають постійні позначення.

Лінії рівня: горизонталь – **h**, фронталь – **f**, профільна пряма – **p**.

Площини рівня: горизонтальна – **Γ** , фронтальна – **Φ** .

- 8 Основні операції позначаються:

співпадіння – $\equiv$;

перетин (переріз) – $\cap$;

паралельність – $\parallel$;

мимобіжність – $\nparallel$;

перпендикулярність – $\perp$;

відображення – $\rightarrow$;

належність – $\in$;

логічний наслідок – $\Rightarrow$.

1 ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ. ПОБУДОВА БАГАТОКУТНИКІВ

1.1 Стислі теоретичні відомості

ЕСКД – єдина система конструкторської документації.

Це комплекс стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила і положення по порядку розробки та оформлення конструкторської документації (в т.ч. креслень).

Пропонується розглянути: застосування стандартів «Формати», «Масштаби», «Основні написи», «Шрифти», «Типи ліній».

Формати (ГОСТ 2.301-68)

Форматом називається розмір аркушу паперу, на якому виконуються креслення або інші конструкторські документи (табл. 1)

Таблиця 1 – Розміри форматів

Основні формати	Додаткові формати
A0 841×1189 (1 м ²)	A0×2(3) 1189×1682 (2523)
A1 894×841	A1×3(4) 841×1783 (2378)
A2 420×594	A2×3(4,5) 594×1261 (1682, 2102)
A3 297×420	A3×3(4,5,6) 420×891 (...)
A4 210×297	A4×3 (4,5,6,7,8,9) 297×630 (...)
A5 148×210 (за необхідністю)	

Додаткові формати утворюються збільшенням коротких сторін форматів на величину, кратну їх розмірам. Граничні відхилення сторін формату:

до 150 мм	± 1,5 мм
св. 150 до 600	± 2,0 мм
св. 600 мм	± 3,0 мм

У межах зазначених розмірів формату виконується рамка креслення (суцільними товстими лініями). Лінії проводяться на відстані 5 мм від краю формату (зверху, знизу і праворуч) і на відстані 20 мм зліва (поле для підшивки).

Масштаби (ГОСТ 2.302-68)

Стандарт встановлює масштаби зображення і їх позначення на кресленнях всіх галузей промисловості і будівництва.

Натуральна величина: 1:1

Масштаби збільшення: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Масштаби зменшення: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000 (масштаби на кресленнях вказуються без літери «М», наприклад, 2: 1 або 1: 5).

Лінії (ГОСТ 2.303-68)

Стандарт встановлює накреслення і підстави призначення ліній на кресленнях всіх галузей промисловості і будівництва (табл. 2).

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

– Довжина штрихів в штрихових і штрихпунктирні лініях призначається залежно від величини зображення.

– Штрихи в лінії повинні бути приблизно однакової довжини.

– Проміжки між штрихами в лінії повинні бути приблизно однакової довжини.

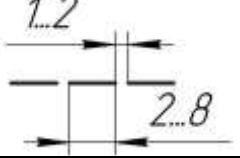
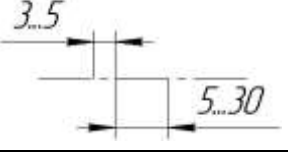
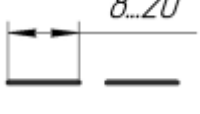
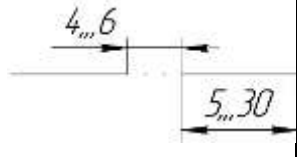
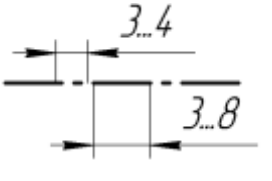
– Штрихпунктирні лінії повинні перетинатися і закінчуватися штрихами.

– Для малих діаметрів кола (≤ 12 мм) штрихпунктирні лінії замінюють суцільними тонкими.

Таблиця 2 – Типи ліній, їх накреслення і призначення

Найменування	Накреслення	Товщина	Основне призначення
Суцільна товста основна		S (0,5...1,4 мм)	Лінії видимого контуру. Лінії переходу видимі. Лінії контуру перетинів
Суцільна тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії контуру накладення. Лінії розмірні та лінії штрихові. Лінії-винесення. Поліці і підкреслення. Лінії уявні. Лінії зображення суміжних деталей
Суцільна хвиляста			Лінія обриву. Лінії розмежування вигляду і розрізу

Продовження табл. 2

Найменування	Накреслення	Товщина	Основне призначення
Штрихова		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії невидимі. Лінії переходу невидимі
Штрихпунктирна тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії осьові, перерізів, що є осями симетрії для накладених і виносних перерізів
Розімкнута		$S \dots 1,5 S$	Лінія перерізів
Суцільна тонка зі зломом		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву
Штрихпунктирна з двома точками тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії згину на розгортці. Лінії для зображення виробу в крайніх та проміжних положеннях
Штрихпунктирна потовщена		$\frac{S}{2} \dots \frac{2}{3} S$	Позначення поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю. Зображення елементів, розташованих перед січною площиною

Шрифти креслярські (ГОСТ 2.304-81)

Стандарт встановлює креслярські шрифти, що наносяться на кресленки та інші технічні документи всіх галузей промисловості і будівництва.

Терміни та визначення:

- Розмір шрифту (h) – висота великих літер в міліметрах.
- Висота малих літер – $0,7 h$
- Ширина букв (q) – $0,6 h$ або $6 d$
- Товщина лінії шрифту (d) залежить від типу і висоти шрифту:
 $d = 0,07 h$ (для типу А); $d = 0,1 h$ (для типу Б).

Типи шрифту (А чи Б) залежать від товщини написання букв.

- Шрифти (А і Б) можуть виконуватися без нахилу і з нахилом (під).
- Допоміжна сітка – сітка, утворена допоміжними лініями, в які вписуються літери. Крок допоміжних ліній сітки визначається залежно від товщини ліній шрифту d , тобто дорівнює цій товщині.

Основний напис на кресленні (ГОСТ 2.104-68)

Основний напис на кресленні (рис. 1) розташовується в правому нижньому кутку формату.

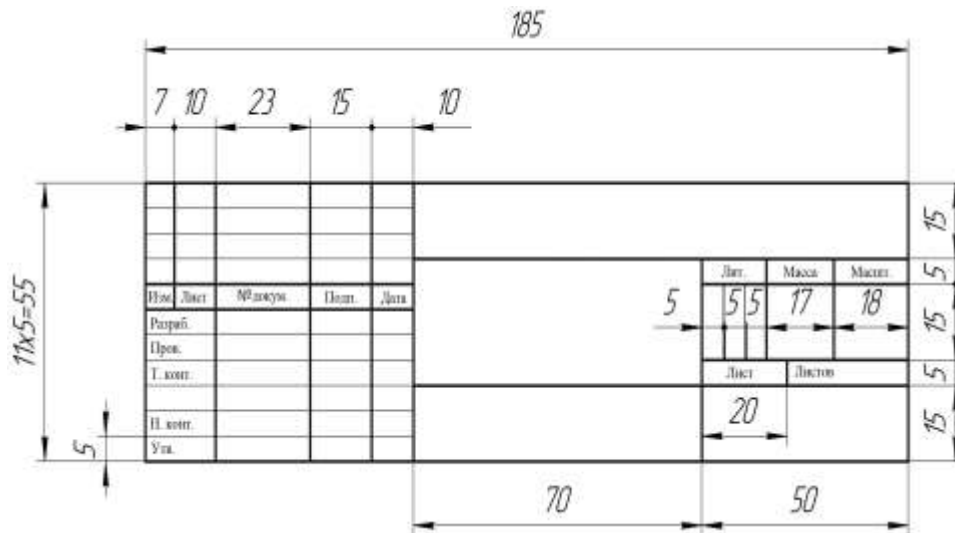


Рисунок 1

Побудова правильних багатокутників

Послідовність побудови правильних багатокутників викладено нижче (рис. 2, 3).

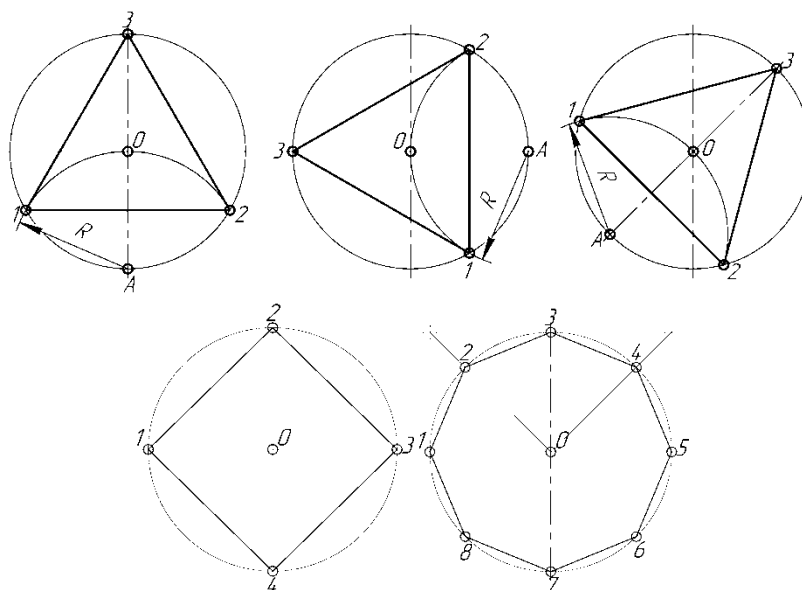


Рисунок 2

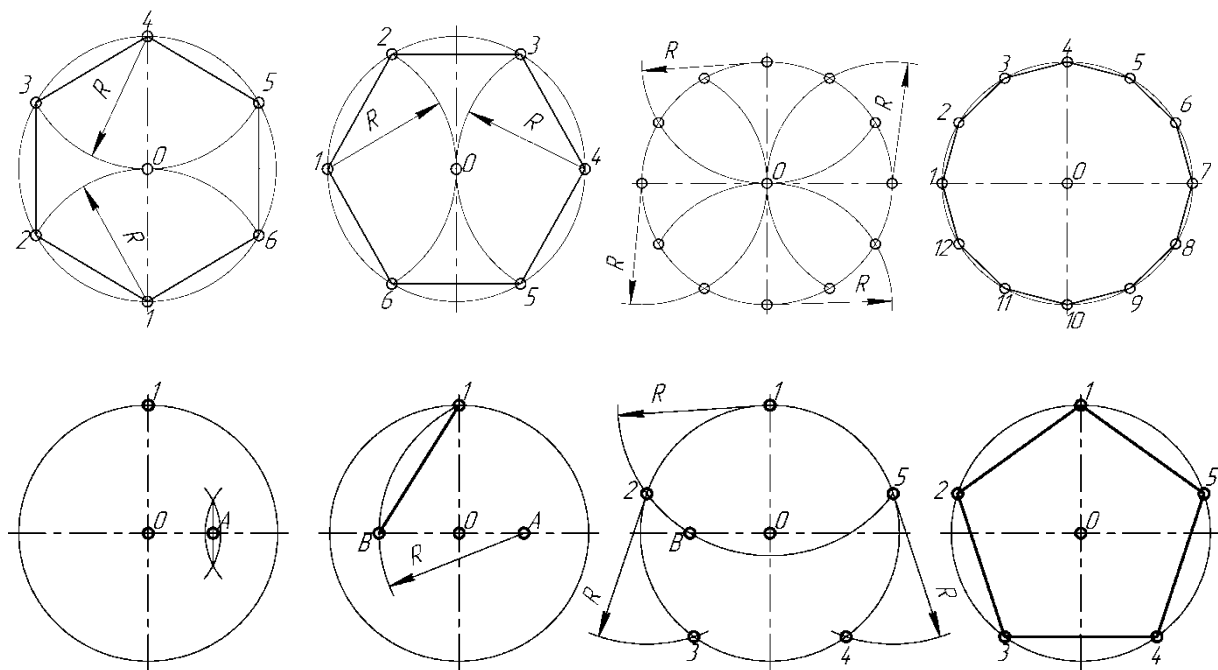


Рисунок 3

1.2 Виконання практичних завдань

Завдання 1. Побудувати на форматі А3 зображення ліній кресленику відповідно ГОСТ 2.303-68, написати поруч їх назви (відповідно ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304-81), навести побудову правильних багатокутників, вписаних у коло діаметром 50 мм. Приклад виконаного завдання наведено у додатку А.1.

1.3 Контрольні запитання

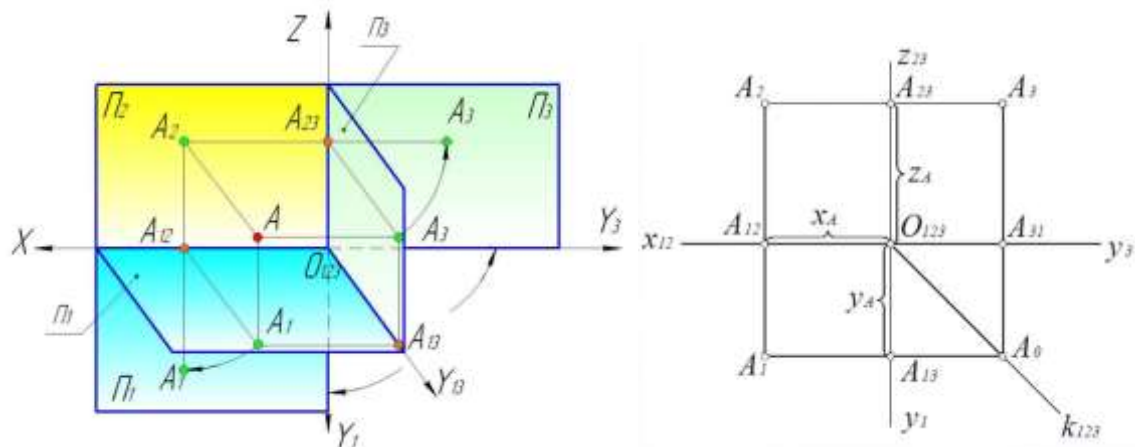
1. Розкрити основні положення ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.304-81.

2 ТОЧКА ТА ПРЯМА В ПРОСТОРІ. ТОЧКА НА ПРЯМІЙ

2.1 Стислі теоретичні відомості

Комплексний кресленик точки

Методика утворення ортогональних проєкцій показана на рис. 4.



A_1 – горизонтальна проєкція точки A ; A_2 – фронтальна проєкція точки A ;
 A_3 – профільна проєкція точки A

Рисунок 4

Комплексний кресленик прямої

Прямі загального положення – прямі, які розташовані не паралельно та не перпендикулярно до жодної з площин проєкцій (рис 5).

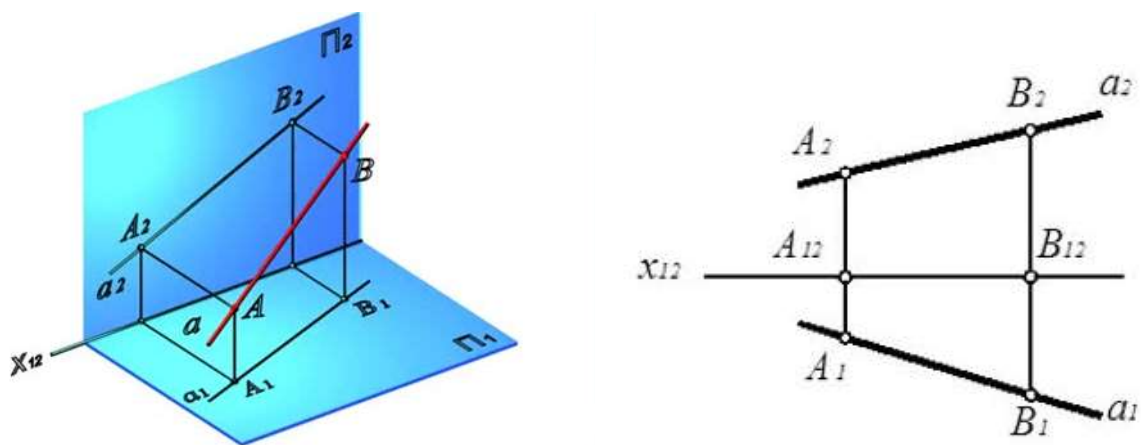


Рисунок 5

Основні властивості

- а) проєкції розташовані довільно;
- б) проєкції є спотвореними.

Прямі особливого положення

а) *прямі рівня* – прямі, паралельні тільки до однієї площини проєкцій.

Горизонталь (h) – пряма, що паралельна до горизонтальної площини проєкцій (рис 6).

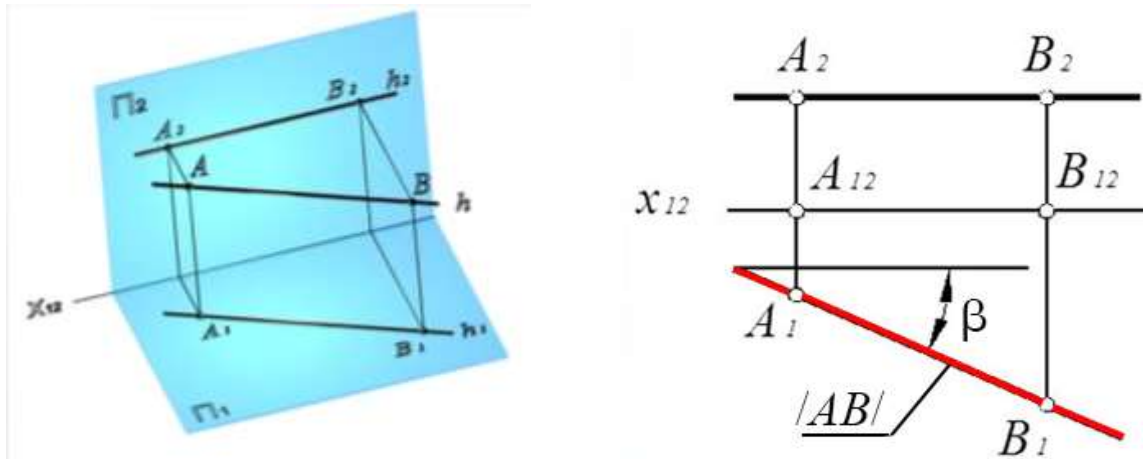


Рисунок 6

Фронталь (f) – пряма, що паралельна до фронтальної площини проєкцій (рис 7).

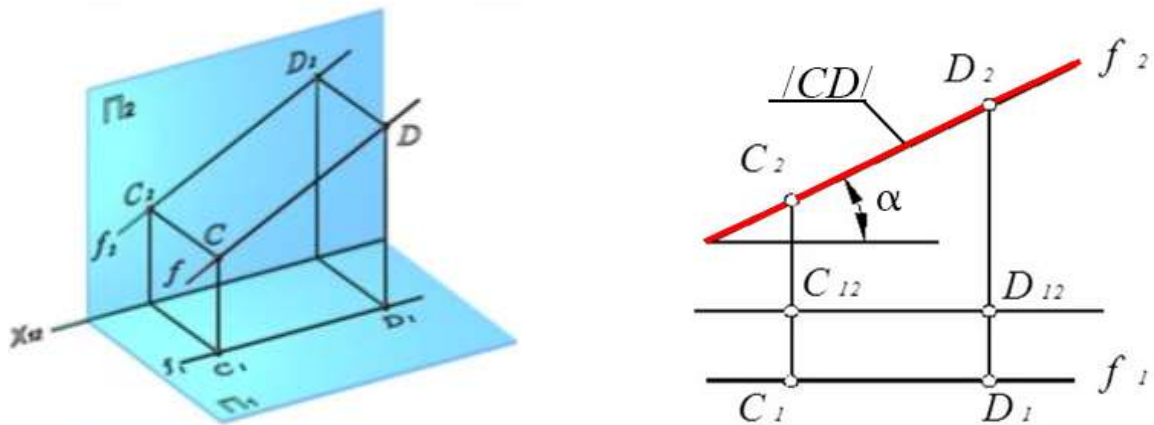


Рисунок 7

Профільна пряма (p) – пряма, що паралельна до профільної площини проєкцій (рис 8).

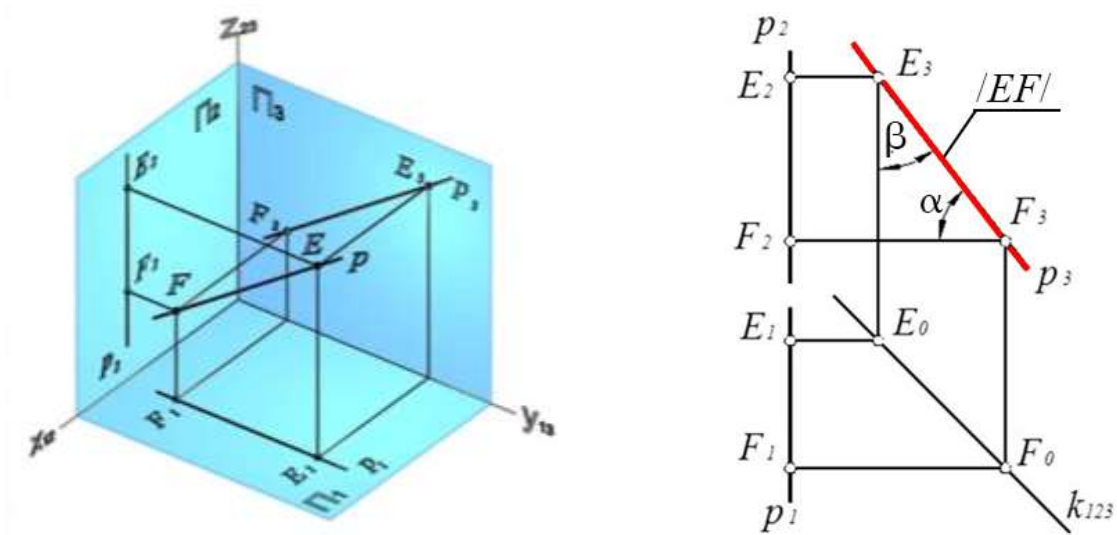


Рисунок 8

б) *проєціювальні прямі* – прямі, перпендикулярні до якої-небудь площини проєкцій.

Горизонтально-проєціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис 9).

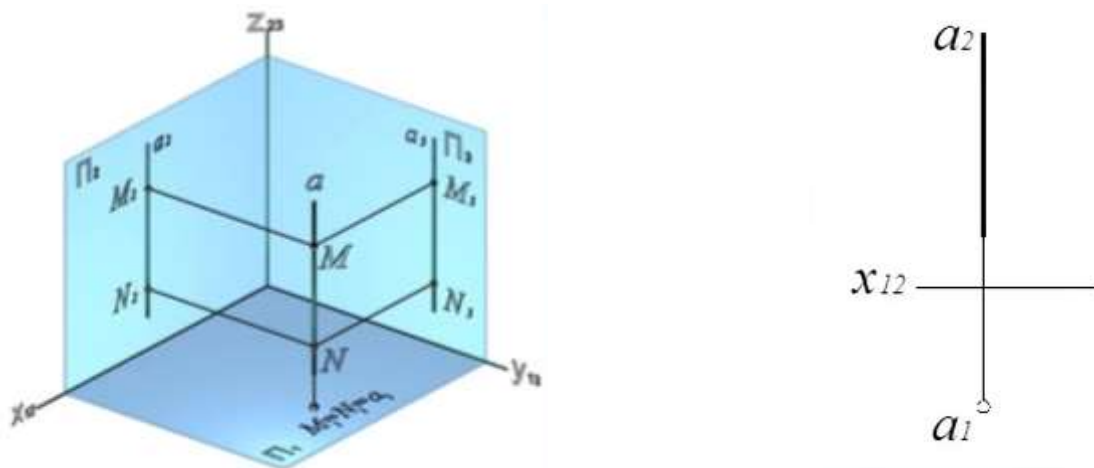


Рисунок 9

Фронтально-проєціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій (рис 10).

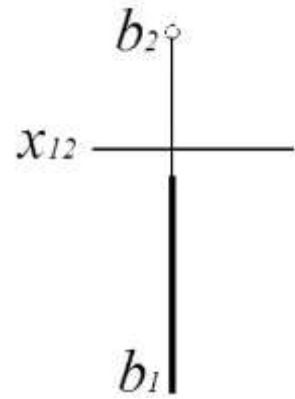
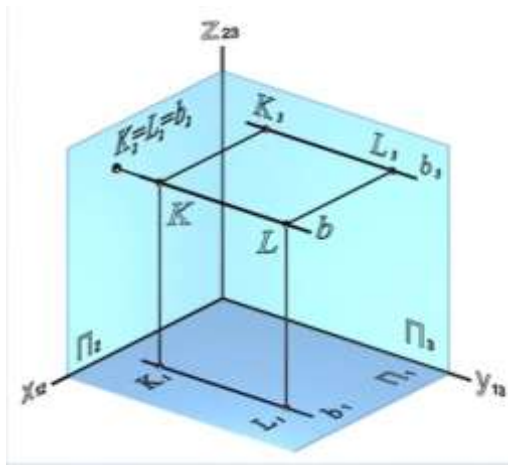


Рисунок 10

Профільно-проеціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до профільної площини проєкцій (рис 11).

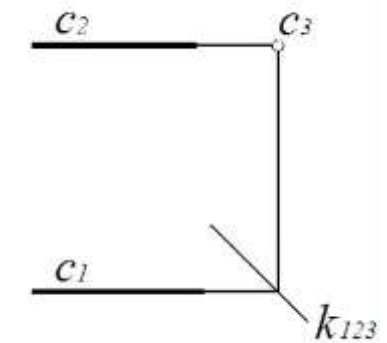
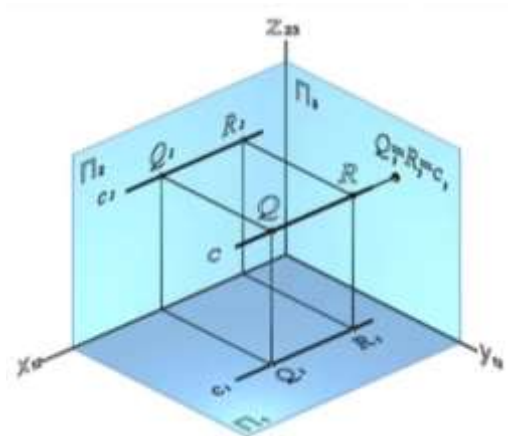


Рисунок 11

Метод прямокутного трикутника

Натуральна довжина відрізка прямого загального положення визначається як гіпотенуза прямокутного трикутника, один катет якого – проєкція відрізка на площину проєкцій, а другий – різниця відстаней кінців відрізка до цієї площини проєкцій (рис 12).

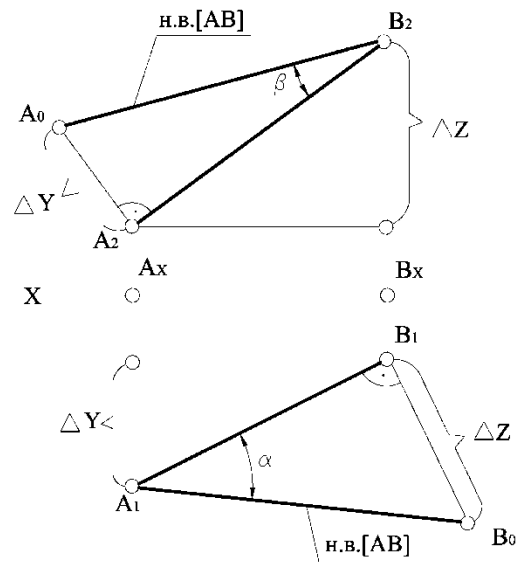
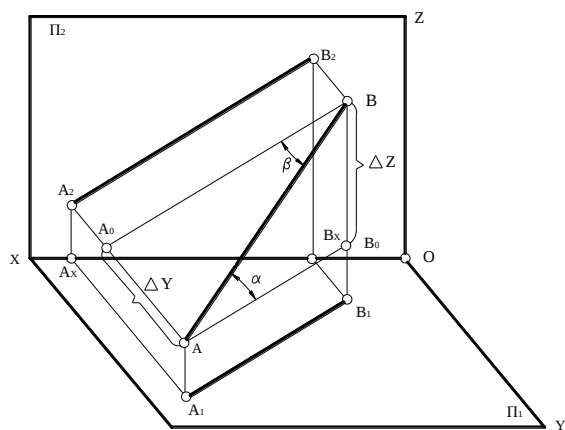


Рисунок 12

Взаємне положення прямих

- Паралельні прямі (рис 13).

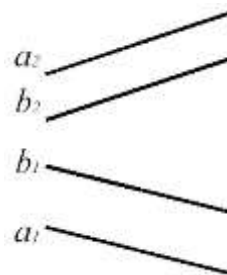
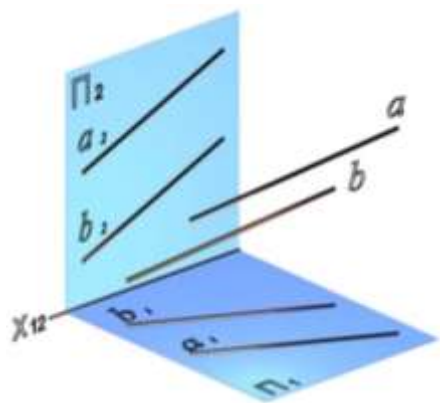


Рисунок 13

Прямі є паралельними, якщо паралельні їх однойменні проєкції

- Прямі, що перетинаються (рис 14).

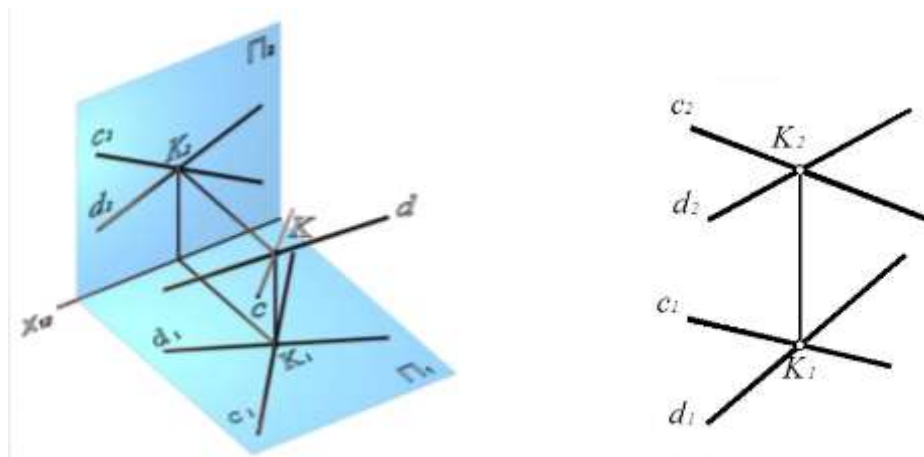


Рисунок 14

Прямі, що перетинаються мають спільну точку, тобто точки перетину їх однойменних проєкцій лежать на одній лінії зв'язку

- Мимобіжні прямі (рис 15).

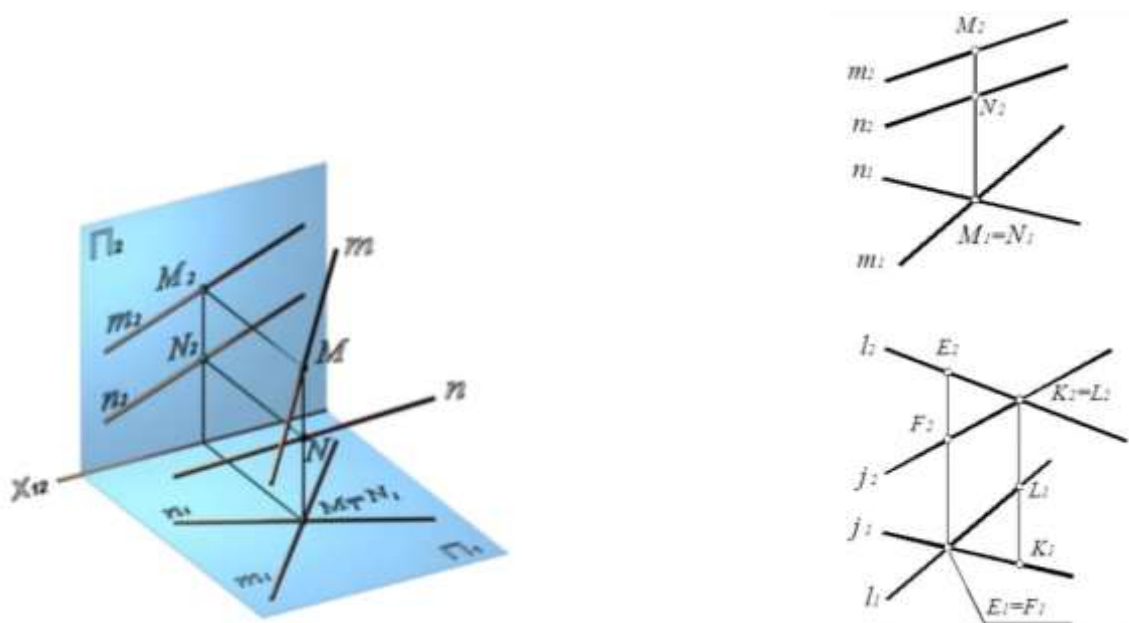
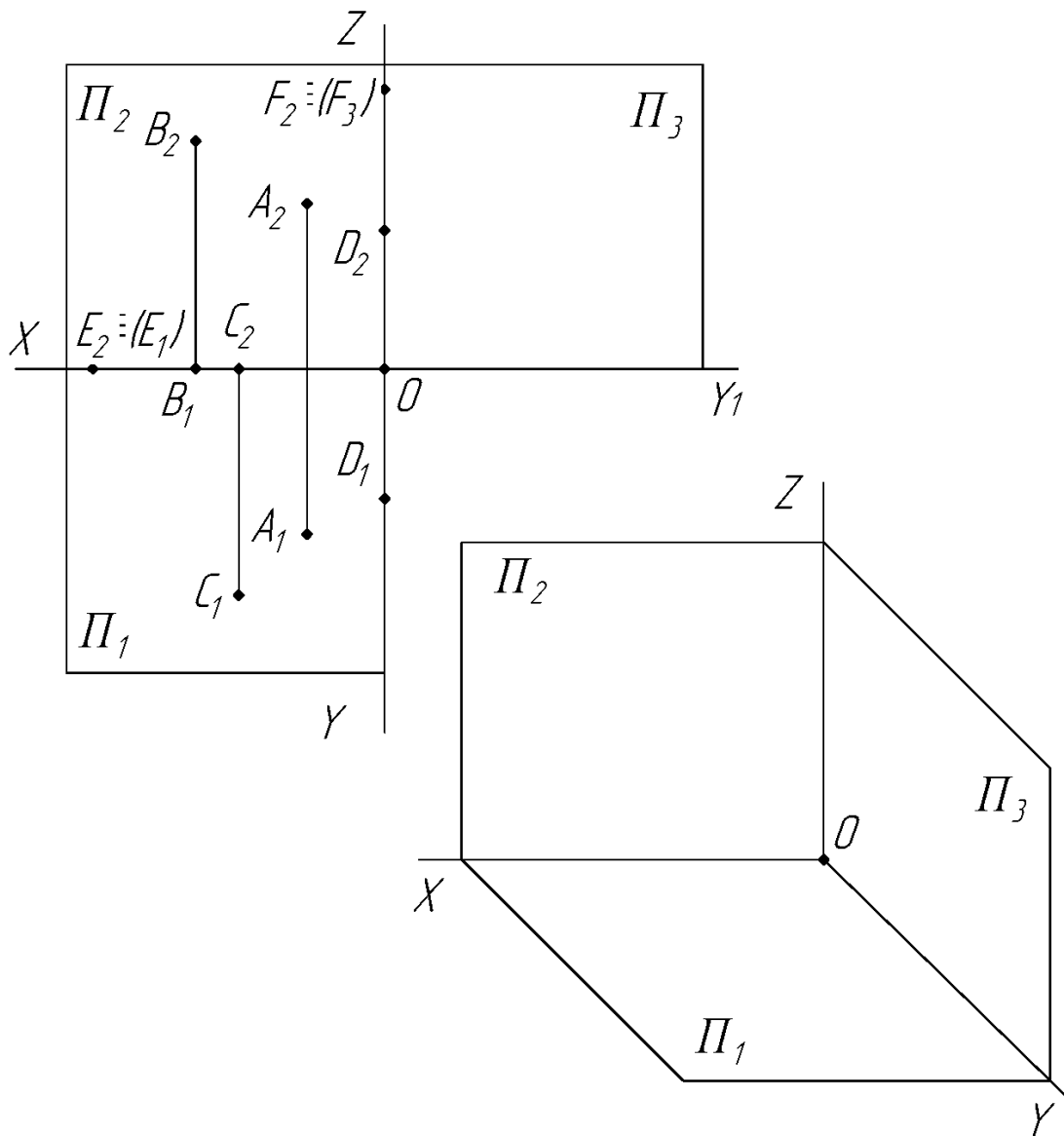


Рисунок 15

Мимобіжні прямі – прямі, що не мають спільної точки та не паралельні між собою

2.2 Виконання практичних завдань

Завдання 2. За двома проєкціями точки побудувати третю. Виміряти та записати координати точок. Побудувати наочні зображення точок.



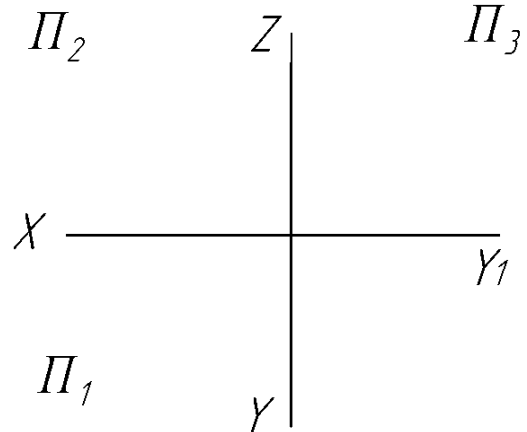
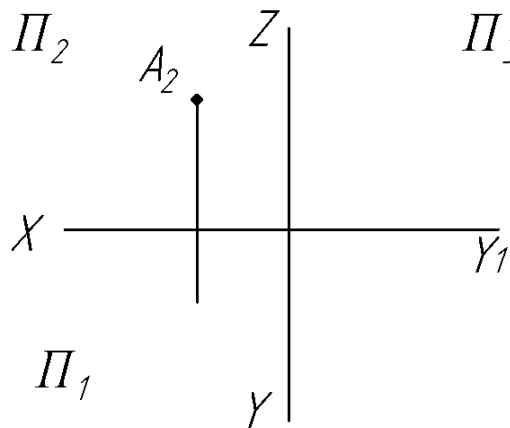
	A	B	C	D	E	F
X						
Y						
Z						

Завдання 3. Побудувати:

а) проєкції точки A , якщо відстань від неї до площини Π_2 дорівнює 10 мм;

б) проєкції точки B , якщо вона знаходиться на 8 мм нижче, на 15 мм ближче до спостерігача, ніж точка A .

Завдання 4. Побудувати три проєкції відрізка за координатами його кінців: $A(25, 20, 28)$, $B(12, 10, 0)$.



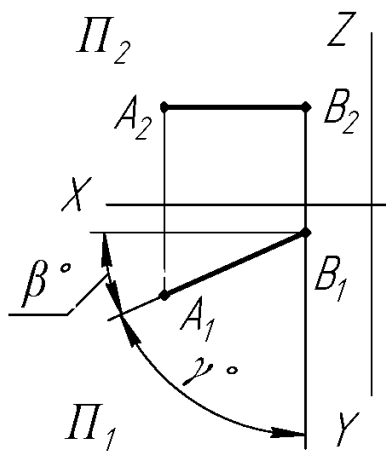
Завдання 5. Для зображених відрізків рівня визначити їх розташування, натуральні величини та кути їх нахилів до площин Π_1 , Π_2 , Π_3 (α , β , γ – відповідно).

Відповідь:

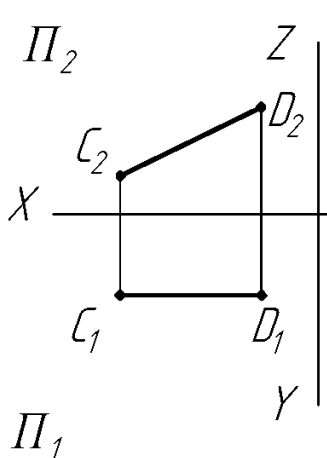
а) $AB \parallel \Pi_1$; н.в. $AB = 21$ мм; $AB \wedge \Pi_1 = \alpha = 0^\circ$, $AB \wedge \Pi_2 = \beta^\circ$, $AB \wedge \Pi_3 = \gamma^\circ$;

б)

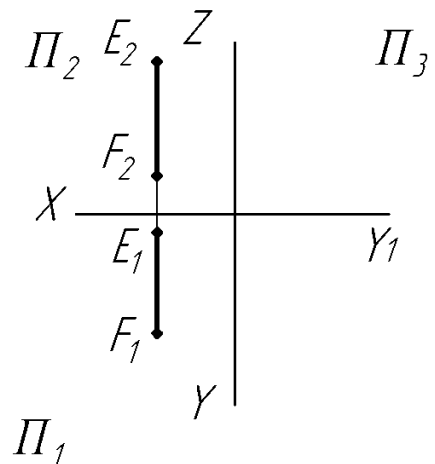
в)



а)



б)



в)

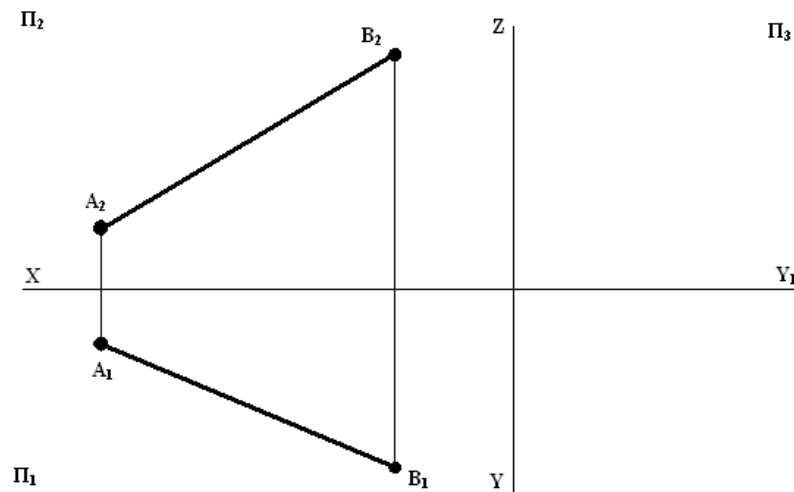
Завдання 6

Дано: координати точок A , B та C .

Визначити:

- 1) довжину відрізка прямої $[AB]$;
- 2) величину кутів α і β нахилу прямої $[AB]$ до площин проєкцій Π_1 і Π_2 ;
- 3) пряму l , що проходить через точку C і паралельну прямій $[AB]$;
- 4) пряму горизонтального рівня h , що проходить через точку C та перетинає $[AB]$.

Завдання за варіантом виконувати на ватмані формату А3. Прорєкції відрізка прямої $[AB]$ і точки C побудувати по координатах точок відповідно до варіанта завдання, вибравши вісь X , початок координат O і масштаб так, щоб зображення зайняло більшу частину поля креслення.



Варіанти завдань:

Варіант 1 $A(40, 5, 55)$; $B(0, 50, 10)$; $C(65, 20, 30)$.

Варіант 2 $A(20, 10, 20)$; $B(75, 25, 50)$; $C(90, 85, 40)$.

Варіант 3 $A(85, 20, 80)$; $B(25, 40, 20)$; $C(90, 90, 60)$.

Варіант 4 $A(85, 42, 0)$; $B(25, 62, 20)$; $C(0, 10, 15)$.

Варіант 5 $A(10, 20, 25)$; $B(55, 50, 10)$; $C(80, 0, 20)$.

Варіант 6 $A(65, 25, 70)$; $B(0, 40, 40)$; $C(90, 90, 50)$.

Варіант 7 $A(40, 70, 5)$; $B(0, 30, 30)$; $C(65, 25, 25)$.

Варіант 8 $A(42, 72, 0)$; $B(0, 32, 33)$; $C(75, 40, 10)$.

Варіант 9 $A(55, 0, 30)$; $B(0, 10, 60)$; $C(5, 55, 45)$.

Варіант 10 $A(45, 55, 10)$; $B(0, 25, 35)$; $C(60, 10, 25)$.

Варіант 11 $A(45, 0, 60)$; $B(80, 45, 15)$; $C(15, 10, 35)$.

Варіант 12 $A(0, 65, 0)$; $B(15, 20, 50)$; $C(0, 10, 20)$.

Варіант 13 $A(25, 30, 50)$; $B(65, 50, 10)$; $C(10, 60, 40)$.

Варіант 14: $A(88, 50, 10)$; $B(62, 0, 60)$; $C(20, 0, 30)$.

Варіант 15 A (0, 50, 10); B (25, 0, 60); C (70, 5, 30).
Варіант 16 A (105, 0, 95); B (80, 75, 30); C (0, 30, 50).
Варіант 17 A (40, 65, 20); B (0, 10, 50); C (55, 20, 40).
Варіант 18 A (70, 20, 10); B (25, 50, 30); C (0, 10, 20).
Варіант 19 A (0, 15, 40); B (60, 60, 75); C (85, 45, 60).
Варіант 20 A (35, 70, 0); B (60, 40, 20); C (20, 25, 15).
Варіант 21 A (25, 5, 70); B (65, 30, 30); C (0, 45, 40).
Варіант 22 A (25, 15, 60); B (65, 50, 15); C (0, 80, 25).
Варіант 23 A (70, 25, 5); B (15, 55, 35); C (20, 5, 20).
Варіант 24 A (15, 17, 0); B (60, 40, 20); C (0, 25, 10).
Варіант 25 A (30, 55, 5); B (75, 10, 50); C (5, 0, 20).
Варіант 26 A (0, 10, 55); B (15, 60, 10); C (70, 30, 15).
Варіант 27 A (25, 30, 30); B (65, 10, 50); C (10, 20, 40).
Варіант 28 A (85, 0, 65); B (60, 65, 10); C (0, 30, 20).
Варіант 29 A (70, 5, 65); B (10, 20, 30); C (50, 50, 40).
Варіант 30 A (50, 5, 70); B (10, 30, 30); C (75, 40, 50).

2.3 Контрольні запитання

- 1 Розкрити сутність центрального та паралельного проєціювання.
- 2 Що таке лінія зв'язку? Що таке проєкція точки?
- 3 Яке креслення називається комплексним?
- 4 Дати визначення прямих загального та особливого положення.

3 ПЛОЩИНА У ПРОСТОРИ. ТОЧКИ І ПРЯМІ У ПЛОЩИНІ

3.1 Стислі теоретичні відомості

Площини особливого положення

а) *Площини рівня* – площини, паралельні тільки до однієї площини проєкцій.

Основні властивості

1. Проєкції на паралельні до них площини відтворюються у натуральну величину.

2. Збиральна властивість – проєкція на інші дві площини проєкцій відтворюються як лінії, що паралельні відповідним координатним осям.

Горизонтальна площина рівня – площина, що паралельна до горизонтальної площини проєкцій (рис 16)

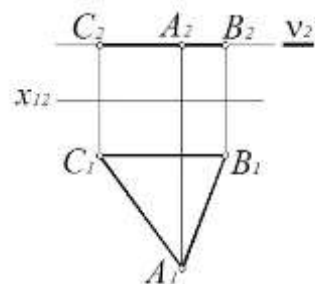
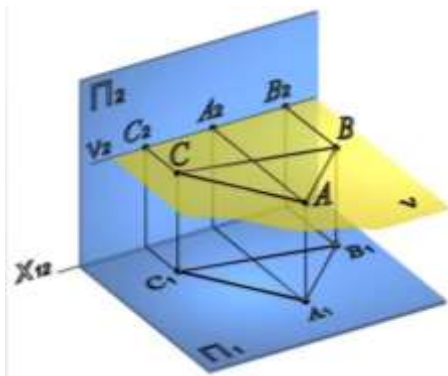


Рисунок 16

Фронтальна площина рівня – площина, що паралельна до фронтальної площини проєкцій (рис 17)

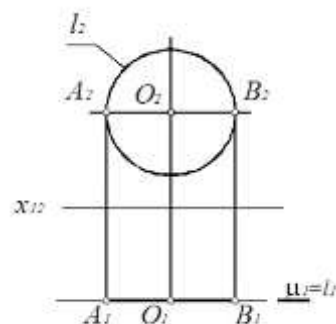
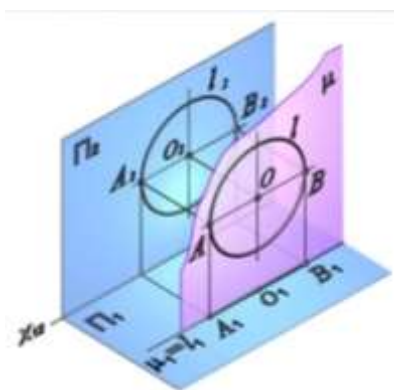


Рисунок 17

Профільна площина рівня – площина, що паралельна до профільної площини проєкцій (рис 18)

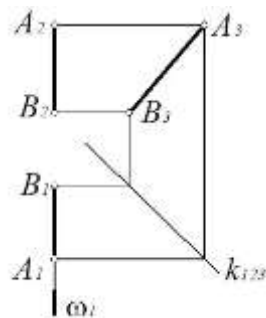
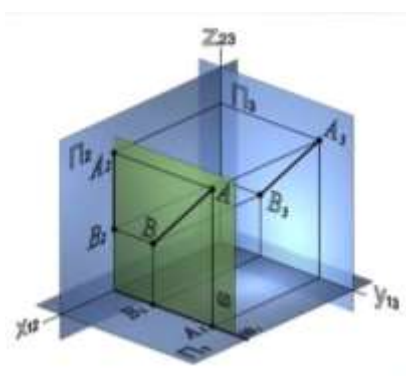


Рисунок 18

б) Проєціювальні площини – площини, перпендикулярні до відповідної площини проєкцій.

Основні властивості

1. Збиральна властивість – проєкція на інші дві площини проєкцій відтворюються як лінії, що паралельні відповідним координатним осям.
2. Проєкції кутів нахилу до площин проєкцій на перпендикулярні до них площини проєкцій відтворюються у натуральну величину.

Горизонтально-проєціювальна площина – площина, що перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис 19).

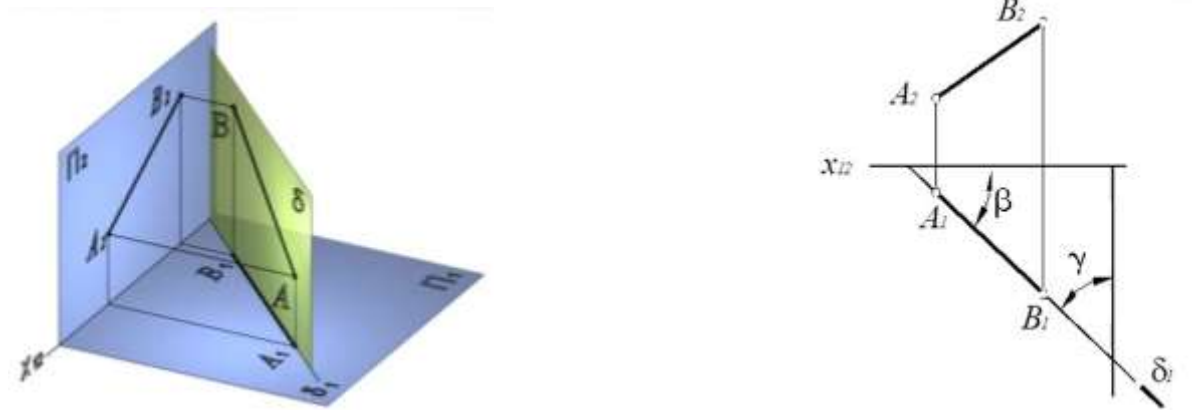


Рисунок 19

Фронтально-проєціювальна площина – площина, що перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій (рис 20).

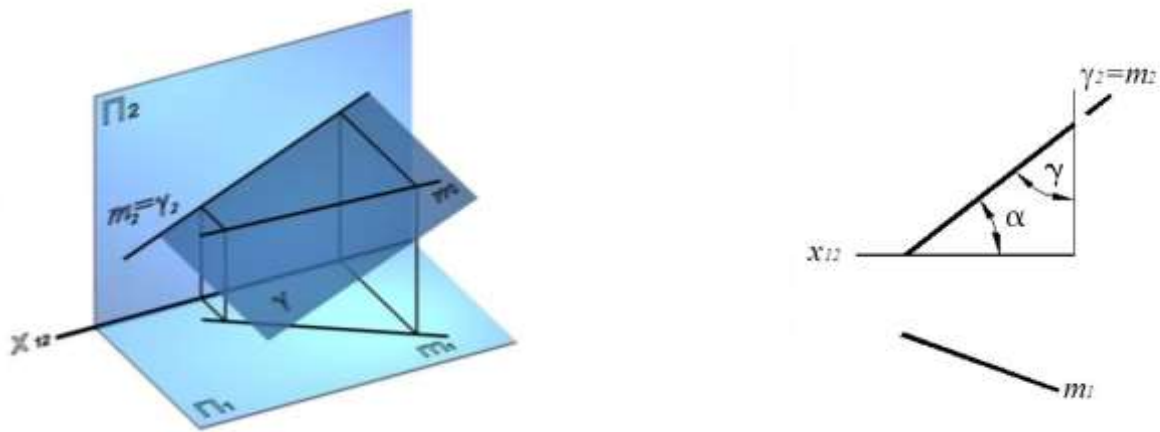


Рисунок 20

Профільно-проєціювальна площина – площина, що перпендикулярна до профільної площини проєкцій (рис 21).

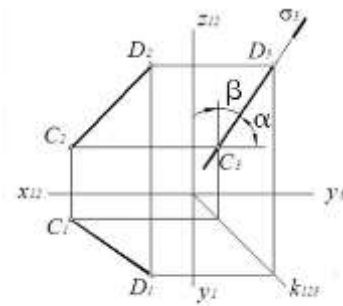
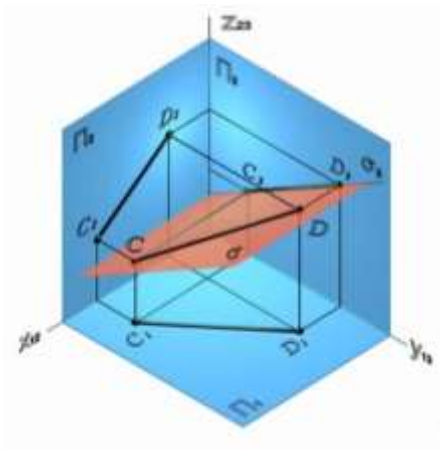


Рисунок 21

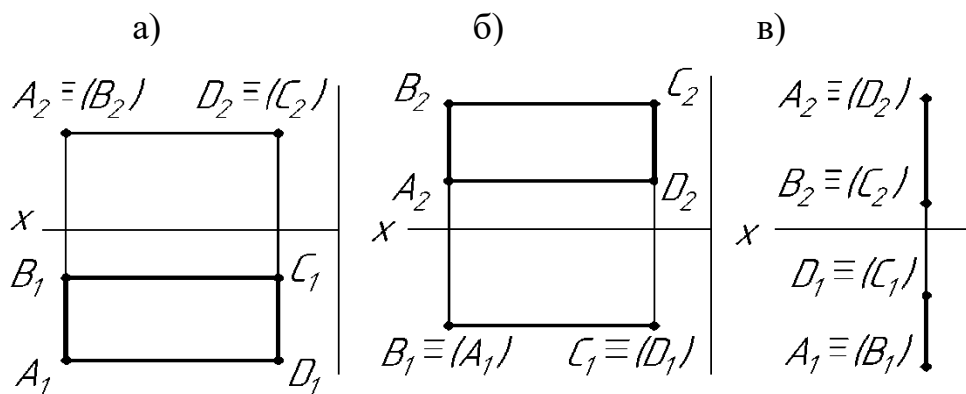
Головні лінії площини – такі прямі площини, що займають особливе положення відносно площин проєкцій. Прямі рівня площини – прямі лінії, що належать площині й паралельні одній із площин проєкцій.

Належність точки та прямої площині

- Точка належить площині, якщо вона належить прямій цієї площини.
- Пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, які належать цій площині.
- Пряма лінія належить площині, якщо вона проходить через одну точку площини та паралельна будь-якій прямій цієї площини.

3.2 Виконання практичних завдань

Завдання 7. Визначити розташування та площу прямокутника ABCD.



Відповідь:

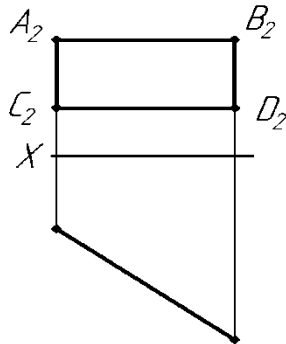
а)

б)

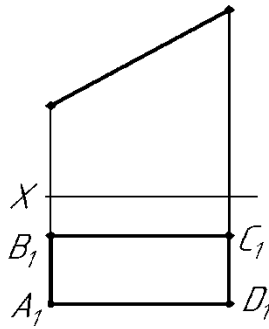
в)

Завдання 8. Визначити розташування, площу прямокутника ABCD та кути його нахилу до площин проєкцій, вказати видимість точок.

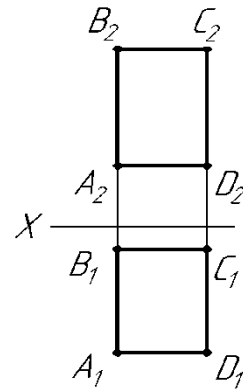
а)



б)



в)



Відповідь:

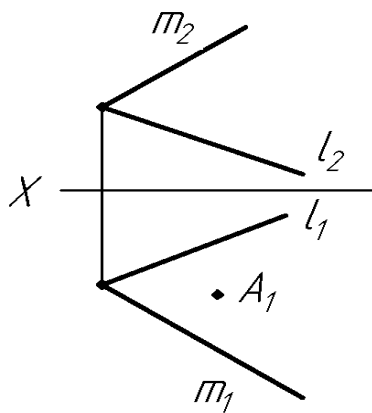
а)

б)

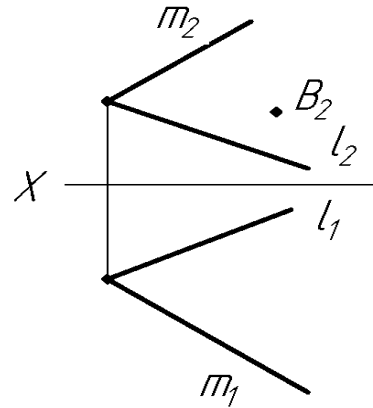
в)

Завдання 9. Побудувати необхідні проєкції точок A та B , які належать площині $\Sigma (l \cap m)$, з використанням двох ознак належності прямої площині. Кожну ознаку використати на окремому рисунку. Навести алгоритм розв'язання задачі.

а)



б)



3.3 Контрольні запитання

- 1 Дати визначення площини загального і особливого положення.
- 2 Назвати основні властивості проєкціовальних площин і площин рівня.
- 3 Як визначити на комплексному кресленні належність точки (прямої) площині?

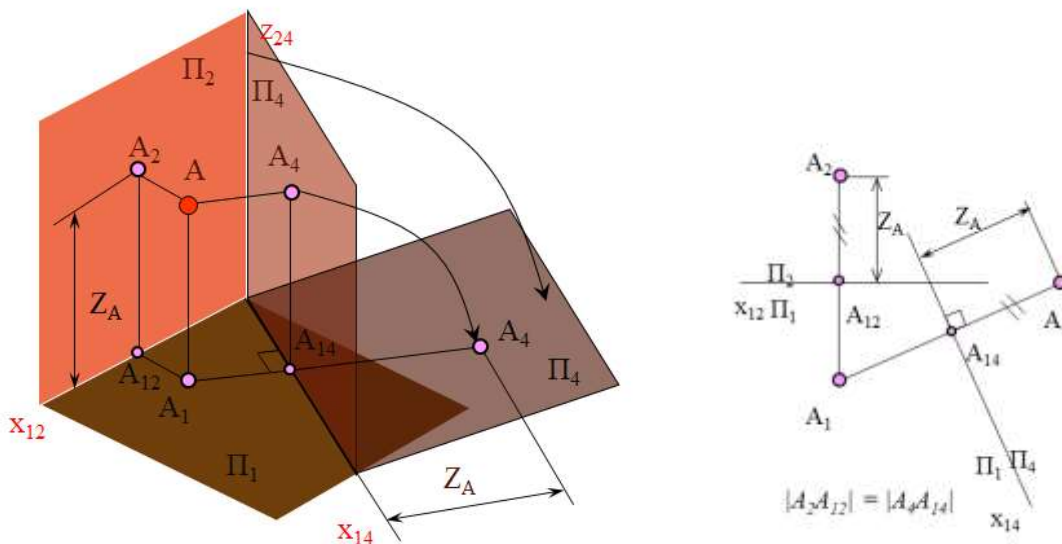
4 МЕТОД ЗАМІНИ ПЛОЩИН ПРОЄКЦІЙ

4.1 Стислі теоретичні відомості

Метод полягає у тому, що об'єкт проєціювання залишається нерухомим, а одна з площин проєкцій замінюється *новою площиною*, яка задається так, щоб об'єкт по відношенню до нової площини займав *особливе положення*.

Правило побудови проєкцій точок на додаткових площинах проєкцій

Відстань проєкції точки на додатковій площині проєкцій до нової осі проєкцій дорівнює відстані від проєкції точки на площині, яку замінюють, до попередньої осі проєкцій (рис 22).



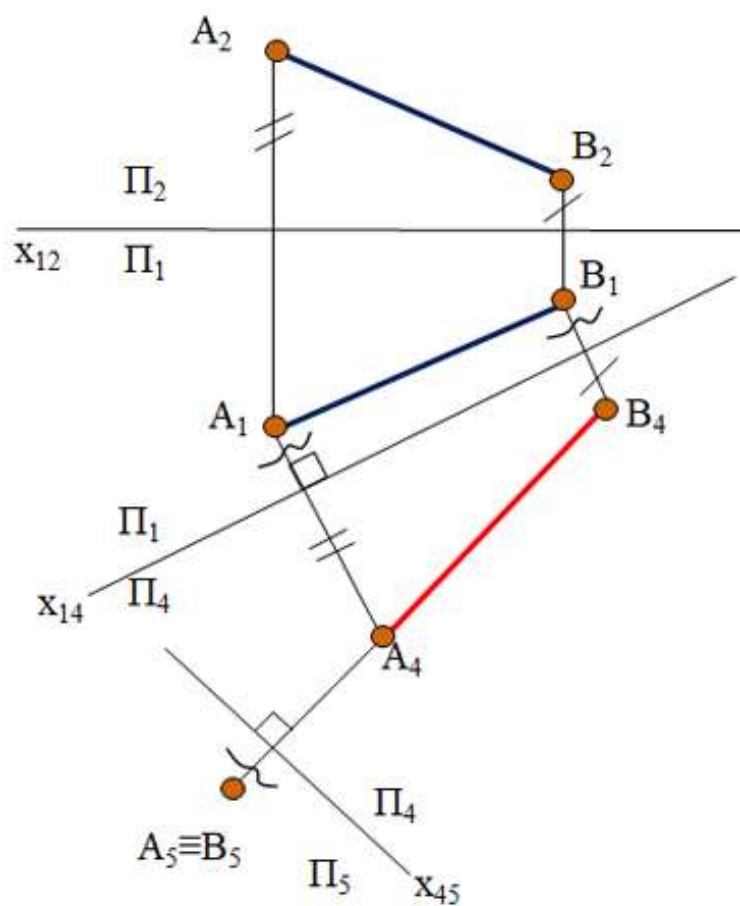
$$\Pi_2 \rightarrow \Pi_4 \perp \Pi_1;$$

$$x_{12} \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow x_{14} \frac{\Pi_4}{\Pi_1}$$

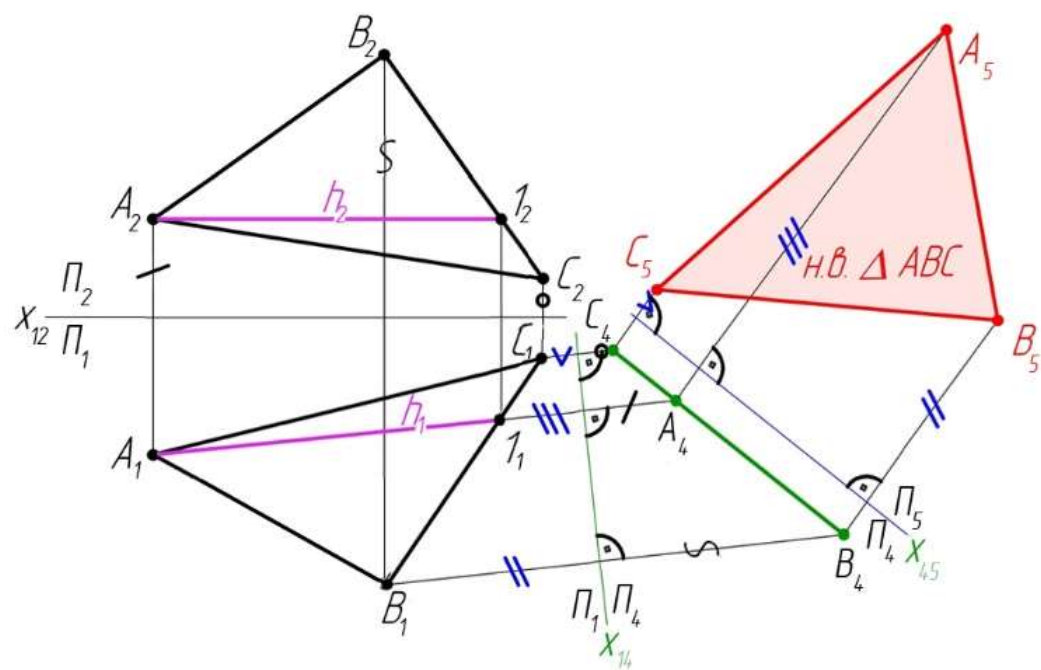
Рисунок 22

Основні задачі, що розв'язуються за допомогою перетворення креслення (рис 23)

1. Перетворення прямої загального положення у пряму рівня;
2. Перетворення прямої рівня у проєціювальну;
3. Перетворення площини загального положення у проєціювальну;
4. Перетворення проєціювальної площини у площину рівня.



Розв'язання 1 та 2 задачі

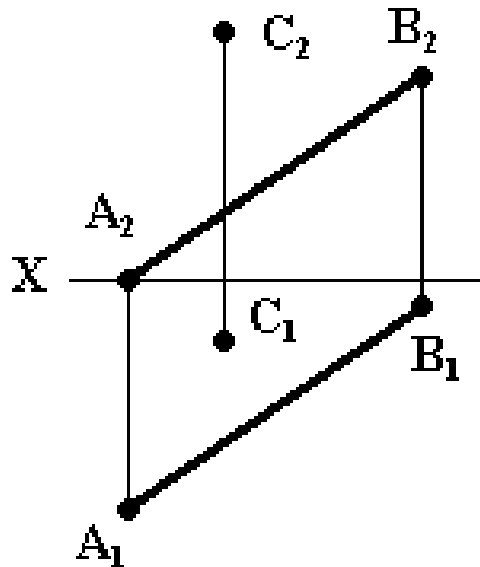


Розв'язання 3 та 4 задачі

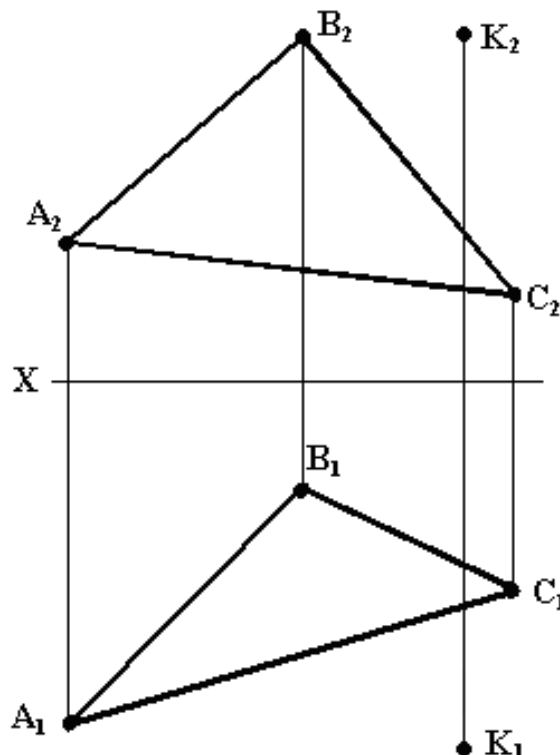
Рисунок 23

4.2 Виконання практичних завдань

Завдання 10. Визначити відстань від точки C до прямої AB . Навести алгоритм розв'язання задачі.



Завдання 11. Визначити відстань від точки K до площини $\Sigma (A; B; C)$. Побудувати точку, симетричну точці K відносно площини. Визначити площу трикутника. Навести алгоритм розв'язання задачі.



Завдання 12. За заданими координатами точок A , B , C , D здійснити наступне:

- 1 Визначити відстань від точки D до площини (ABC) .
- 2 Побудувати точку D' , симетричну точці D відносно площини (ABC) .
- 3 Знайти площу трикутника ABC .

Робота виконується на ватмані формату А3 за варіантами індивідуального завдання (варіант ____). Рекомендується використовувати методичні вказівки по виконанню РГР 1, частина 2 [5, 6].

Координати точок: A (____,____,____); B (____,____,____);
 C (____,____,____); D (____,____,____).

1. $A(115,32,45)$; $B(74,4,120)$; $C(25,114,22)$; $D(105,61,110)$.
2. $A(108,46,50)$; $B(62,13,131)$; $C(15,98,20)$; $D(91,77,124)$.
3. $A(109,36,46)$; $B(61,13,128)$; $C(11,109,25)$; $D(105,79,105)$.
4. $A(103,47,48)$; $B(71,10,130)$; $C(25,113,23)$; $D(97,65,115)$.
5. $A(101,41,41)$; $B(72,5,110)$; $C(21,108,28)$; $D(92,70,100)$.
6. $A(111,45,37)$; $B(64,8,139)$; $C(12,99,18)$; $D(92,63,120)$.
7. $A(116,41,36)$; $B(76,6,135)$; $C(20,113,26)$; $D(107,62,125)$.
8. $A(113,44,40)$; $B(70,2,136)$; $C(18,117,27)$; $D(105,79,120)$.
9. $A(112,50,40)$; $B(61,2,115)$; $C(15,111,19)$; $D(106,76,115)$.
10. $A(112,41,47)$; $B(64,13,134)$; $C(18,101,15)$; $D(97,79,128)$.
11. $A(117,39,47)$; $B(64,2,120)$; $C(12,114,25)$; $D(97,68,120)$.
12. $A(110,38,49)$; $B(59,11,120)$; $C(19,99,14)$; $D(107,67,85)$.
13. $A(110,41,47)$; $B(65,1,128)$; $C(11,117,9)$; $D(94,72,136)$.
14. $A(101,32,50)$; $B(59,2,125)$; $C(21,98,13)$; $D(90,70,120)$.
15. $A(103,31,49)$; $B(68,3,132)$; $C(17,115,28)$; $D(91,66,115)$.
16. $A(98,38,35)$; $B(72,5,110)$; $C(22,103,25)$; $D(100,65,100)$.
17. $A(113,37,35)$; $B(61,14,137)$; $C(29,105,14)$; $D(93,66,120)$.
18. $A(111,47,50)$; $B(68,13,130)$; $C(14,116,21)$; $D(98,67,127)$.
19. $A(104,41,35)$; $B(57,0,133)$; $C(13,101,22)$; $D(93,74,125)$.
20. $A(109,33,38)$; $B(61,5,128)$; $C(13,107,17)$; $D(95,68,120)$.
21. $A(108,48,44)$; $B(66,5,125)$; $C(26,109,28)$; $D(97,62,120)$.
22. $A(111,50,52)$; $B(68,1,132)$; $C(15,99,26)$; $D(90,80,120)$.
23. $A(101,46,41)$; $B(58,2,127)$; $C(17,99,27)$; $D(90,70,110)$.
24. $A(103,41,48)$; $B(70,8,126)$; $C(18,111,15)$; $D(100,78,120)$.
25. $A(114,38,49)$; $B(63,14,125)$; $C(16,98,13)$; $D(88,65,115)$.
26. $A(117,47,37)$; $B(72,3,125)$; $C(24,100,9)$; $D(89,80,120)$.
27. $A(109,44,35)$; $B(61,12,127)$; $C(29,107,14)$; $D(92,79,120)$.
28. $A(102,36,41)$; $B(73,7,129)$; $C(27,102,17)$; $D(95,67,120)$.

4.3 Контрольні запитання

- 1 У чому полягає принцип заміни площин проєкцій?
- 2 Сформулювати алгоритми розв'язання основних задач за допомогою перетворення креслення способом заміни площин проєкцій.

5 ТОЧКА НА ПОВЕРХНІ. ПЕРЕРІЗ ТІЛ ПЛОЩИНОЮ. ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕРІЗУ

5.1 Стислі теоретичні відомості

Перерізом гранної поверхні називають плоску фігуру, яку отримують при перетині багатогранника площиною. Для побудови перерізів багатогранників використовують два способи: спосіб ребер, спосіб граней. *Спосіб ребер* передбачає розв'язання задачі на перетин прямої з площиною, причому виконується пошук точки перетину кожного бічного ребра з січною площиною.

Побудова перерізу значно спрощується, коли січна площина Σ є проєкціовальною (рис. 24). У цьому випадку фронтальна проєкція перерізу 12345 вже відома, оскільки вона збігається з фронтальним слідом січної фронтально проєкціовальної площини Σ . Горизонтальну проєкцію перерізу будуюмо за законом належності точки ребру і по вертикальній відповідності. Далі методом заміни площин проєкцій перетворюємо площину пе-

рерізу, яка є проєкціовальною в системі $\frac{P_2}{P_1}$, у площину рівня. Для цього будуюмо вісь нової системи площин $x_{24} \parallel \Sigma_2$. Координати точок перерізу заміряємо на P_1 від осі x_{12} і переносимо відповідно на P_4 . Проєкція площини перерізу 1₄2₄4₄5₄3₄ є натуральною величиною.

При перетині *кривих поверхонь* площиною утворюється плоска фігура, яку називають *перерізом* (рис 25).

У загальному випадку для побудови лінії перерізу кривої поверхні площиною необхідно виконати такі дії:

1. Визначити, яке положення займає січна площина відносно площин проєкцій. Якщо січна площина є проєкціовальною, то одна проєкція перерізу є готовою, вона збігається зі слідом заданої площини. Друга проєкція будується за умовою належності точок перерізу поверхні. Якщо січна площина займає загальне положення, то задачу можна розв'язати методом заміни площин проєкцій, або допоміжних січних посередників.

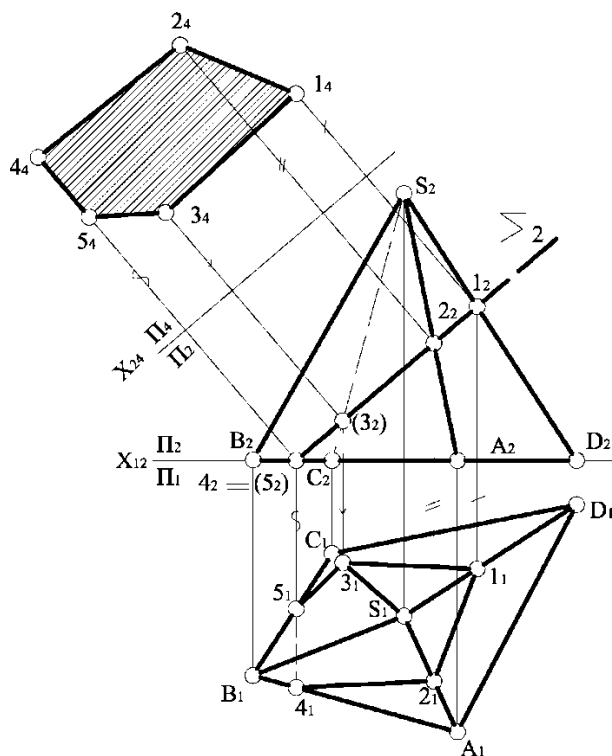


Рисунок 24

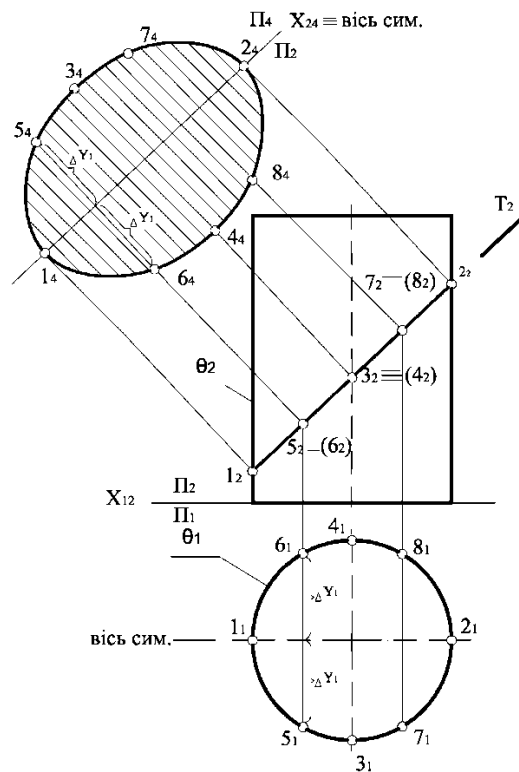


Рисунок 25

2. Для спрощення побудови лінії перерізу усі точки, через які проходить лінія перерізу, розділяють на опорні, точки перетину і проміжні точки.

3. Іноді січна площина не повністю перетинає задану поверхню, тоді для зручності зображення поверхні продовжують до повного перетину поверхні площиною, але потім умовну частину перерізу треба відкинути.

4. Видимість перерізу визначають за допомогою точок перетину, які належать обрисній твірній, головному меридіану або екватору.

5. Через отримані точки проводять плавну криву лінію перерізу, враховуючи при цьому її видимість.

При перерізі *прямого колового циліндра* площиною можливі такі випадки:

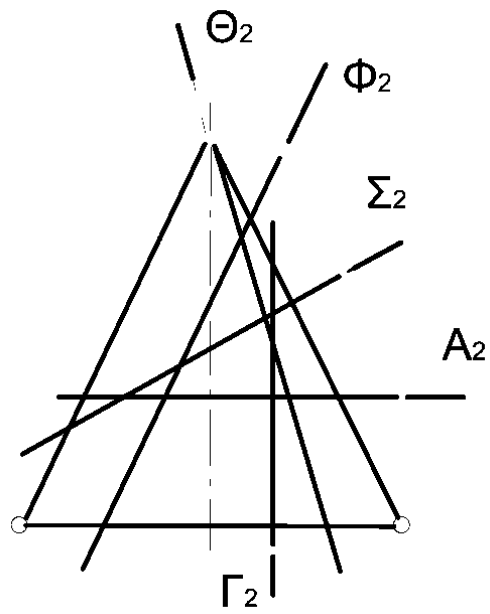
1. Якщо січна площина не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, то вона перетинає циліндр по еліпсу.

2. Якщо січна площина перпендикулярна осі циліндра, то отримаємо коло.

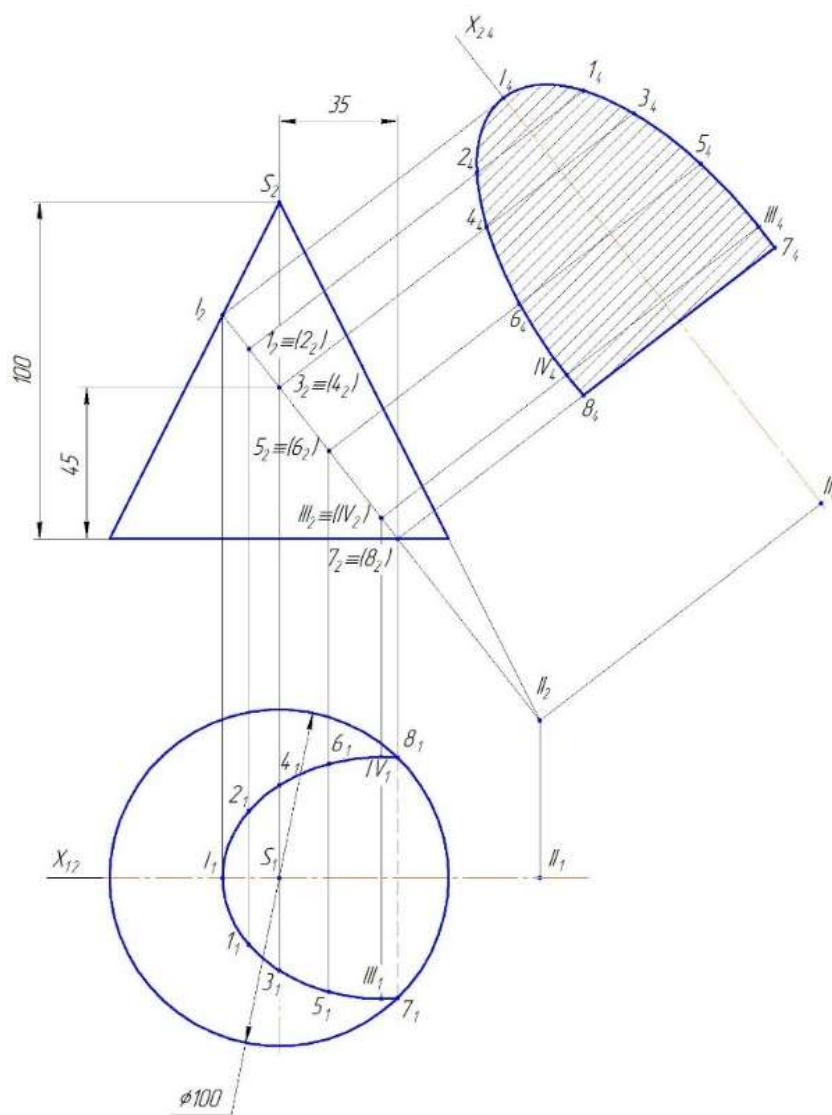
3. Якщо січна площина паралельна осі циліндра, то отримаємо прямокутник.

4. Якщо січна площина є дотичною до поверхні циліндра, то отримаємо пряму лінію.

При перерізі *прямого колового конуса* площиною можливі такі випадки (рис. 26, а). Якщо січна площина $\Sigma \equiv \Sigma_2$ перетинає всі твірні конуса, то отримаємо еліпс.



a)



б)

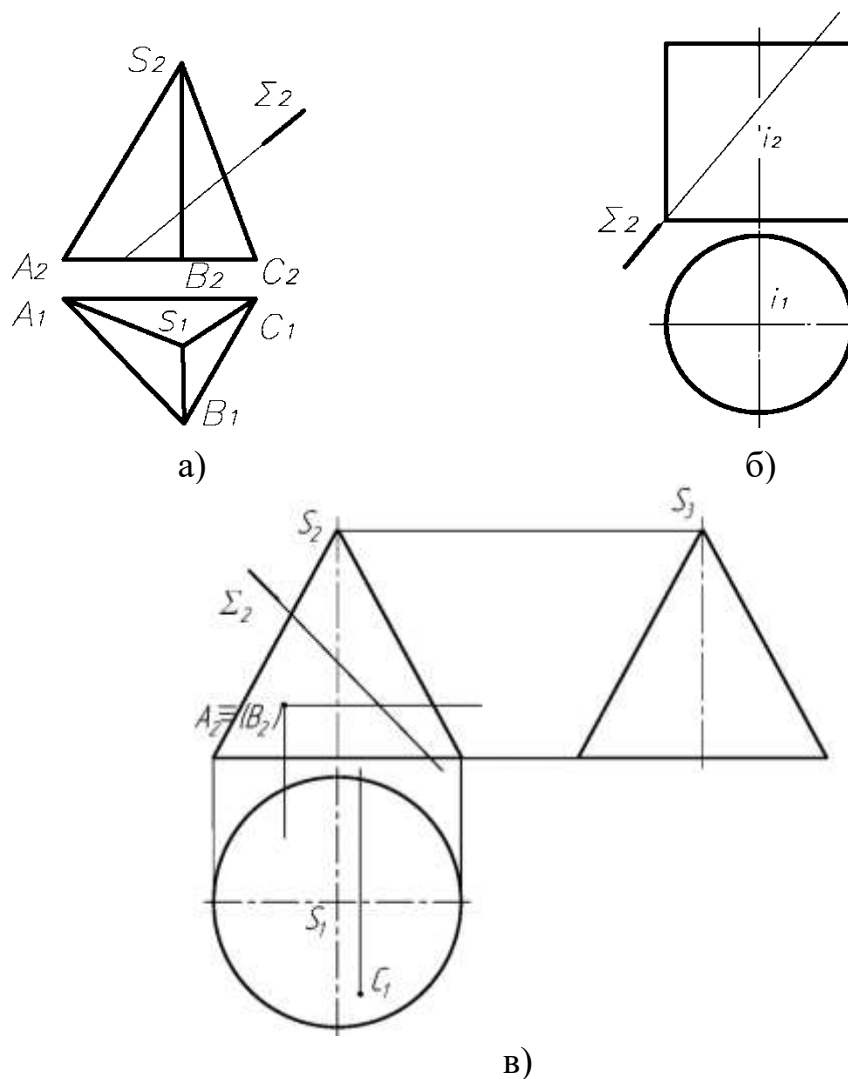
Рисунок 26

При перетині конуса площиною $A \equiv A_2$ перпендикулярно до осі конуса отримаємо коло. При перетині конуса площиною $\Phi \equiv \Phi_2$ паралельно одній із твірних отримаємо параболу. Якщо січна площина $\Gamma \equiv \Gamma_2$ перетинає поверхню конуса паралельно осі обертання або яким-небудь двом твірним, то отримаємо гіперболу. При перетині конуса площиною $\Theta \equiv \Theta_2$, яка проведена через вершину конуса, отримаємо трикутник.

У випадку перетину конусу на рис. 26 фігурою перетину буде неповний еліпс, оскільки площина перетинає основу. Для визначення великої осі продовжується до перетину із площиною права твірна конусу. Проекції малої осі на Π_2 співпадають на середині відрізка між точками I_2 та II_2 .

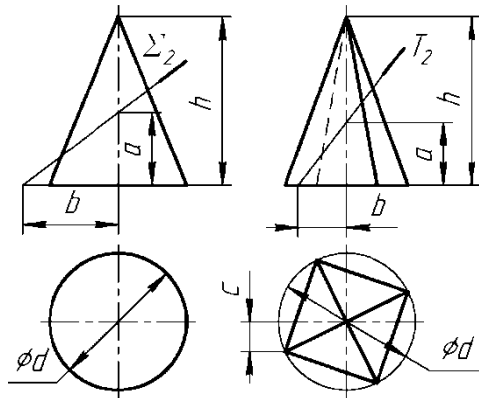
5.2 Виконання практичних завдань

Завдання 13. На наведених нижче поверхнях тіл знайти відсутні проєкції точок, побудувати проєкції і натуральні величини перерізів.

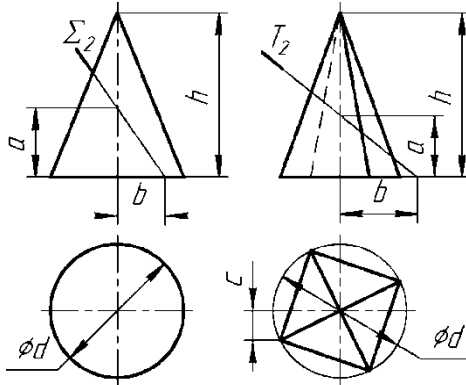


Завдання 14. Побудувати проєкції і НВ лінії перетину конуса і піраміди проєкціювальною площиною. Виконується на ватмані формату А3 за варіантами індивідуального завдання (варіант ____).

Виконання I



Виконання II



№ п/п	Вико- нання	Розміри (мм)				
		h	d	a	b	c
1	I	80	100	70	30	26
2	II	90	90	30	40	23
3	I	100	80	60	50	20
4	II	80	100	40	30	44
5	I	90	90	50	40	39
6	II	100	80	45	30	35
7	I	80	100	45	50	50
8	II	90	90	50	50	45
9	I	100	80	40	40	40
10	II	80	100	60	30	26
11	I	90	90	30	30	23
12	II	100	80	20	40	20
13	I	80	100	60	40	44
14	II	90	90	45	40	39
15	I	100	80	30	40	35
16	II	80	100	50	30	50
17	I	90	90	45	40	45
18	II	100	80	60	40	40
19	I	80	100	20	40	26
20	II	90	90	30	30	23
21	I	100	80	60	30	20
22	II	80	100	40	40	44
23	I	90	90	50	50	39
24	II	100	80	45	50	35
25	I	80	100	45	30	50
26	II	90	90	50	40	45
27	I	100	800	40	30	40
28	II	80	100	60	50	26
29	I	90	90	50	30	23
30	II	100	80	70	30	20

5.3 Контрольні запитання

1. Сформулювати алгоритм побудови на площинах Π_1 і Π_2 точок та ліній, належних до заданої поверхні.
2. Як визначається видимість лінії на багатогранниках та поверхнях обертання?
3. Які існують методи побудови лінії перерізу багатогранника площиною? У чому різниця цих методів?
4. Яку фігуру одержуємо при перерізі багатогранника площиною?
5. Назвати всі можливі види перерізу циліндра та конуса площиною.
6. Що таке опорні точки на лінії перерізу?

6.1 Стислі теоретичні відомості

Видом називається зображення повернених до спостерігача видимих частин поверхні предмета.

За характером виконання та змістом види поділяють на основні, додаткові та місцеві.

Основними називають види, що утворені проєціюванням предмета на шість граней куба (рис 27). Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроеційовано предмет. В зв'язку з цим встановлені такі назви видів.

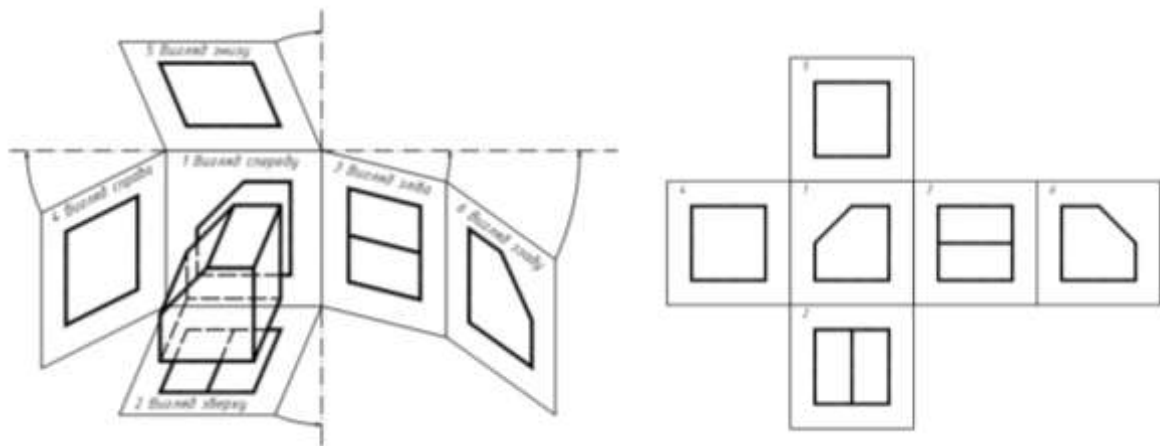


Рисунок 27

1. Вид спереду (головний вид) – зображення на фронтальній площині проєкцій.
2. Вид зверху – зображення на горизонтальній площині проєкцій.
3. Вид зліва – зображення на профільній площині проєкцій.
4. Вид справа – зображення на профільній площині проєкцій.
5. Вид знизу – зображення на горизонтальній площині проєкцій.
6. Вид ззаду – зображення на фронтальній площині проєкцій.

Вид зверху розміщують під головним видом, вид зліва – з правої сторони головного виду, вид справа – з лівої сторони головного виду – вид знизу – розміщують над головним видом.

Відстані між видами вибирають, виходячи з умов розташування їх на полі креслення, нанесення розмірів, текстових пояснень, таблиць тощо.

Головним для побудови зображення є вид спереду (головний вид), тобто зображення, утворене на фронтальній площині проєкцій.

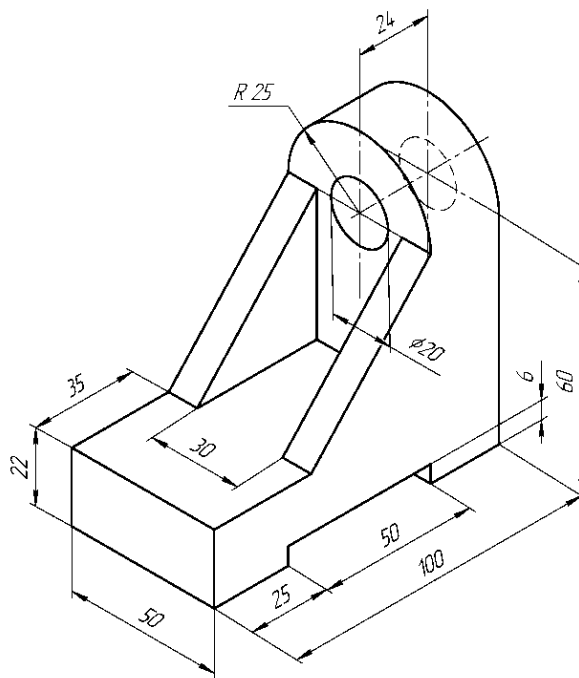
Головний вид повинен давати найбільш повне уявлення про форму, розміри та службове призначення предмета.

Нанесення розмірів на креслениках здійснюється у відповідності до ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Нанесення розмірів. Основні вимоги для дотримання при виконанні завдання:

1. Розміри виносити за межі контуру не менше, ніж на 10 мм, відстань між паралельними розмірами не менше 7 мм.
2. Розміри ставити тільки якщо елементи на зображенні є видимими.
3. Розміри слід компанувати на тих зображеннях, де елемент показаний найбільш деталізовано.

6.2 Виконання практичних завдань

Завдання 15. Побудувати три види за даною моделлю в масштабі 1:2, проставити необхідні розміри.



6.3 Контрольні запитання

1. Основні положення ДСТУ ГОСТ 2.305:2008 «Види, розрізи, перерізи»
2. Основні положення ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 «Нанесення розмірів»

7 КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ТІЛ ІЗ КРІЗНИМ ОТВОРОМ

7.1 Стислі теоретичні відомості

Розріз – зображення предмета, подумки розсіченого однією чи кількома площинами. На розрізі показують те, що отримуємо у січній площині, і те, що можна побачити за нею.

Для повнішої передачі форми предмета допускається поєднувати на одному зображенні частину виду з частиною відповідного розрізу, розмежовуючи їх суцільною хвилястою лінією (рис 28).

Якщо вид і розріз являють собою симетричні фігури, то можна з'єднувати половину виду і половину відповідного розрізу, розділяючи їх тонкою штрихпунктирною лінією, що є віссю симетрії (рис 29).

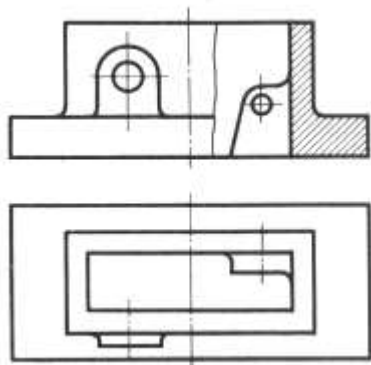


Рисунок 28

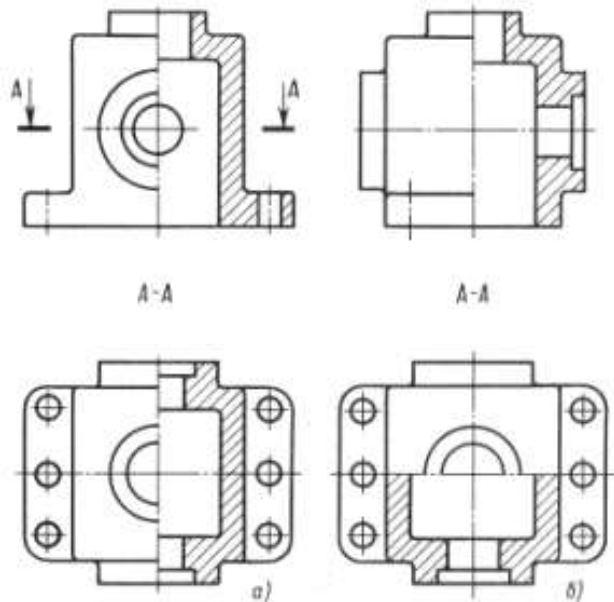


Рисунок 29

Якщо при з'єднанні симетричних частин виду і розрізу з віссю симетрії збігається проекція видимої лінії (наприклад, ребра), вид від розрізу відокремлюють суцільною хвилястою лінією, що проводиться перед (рис. 30, а) або після (рис. 30, б) осі симетрії.

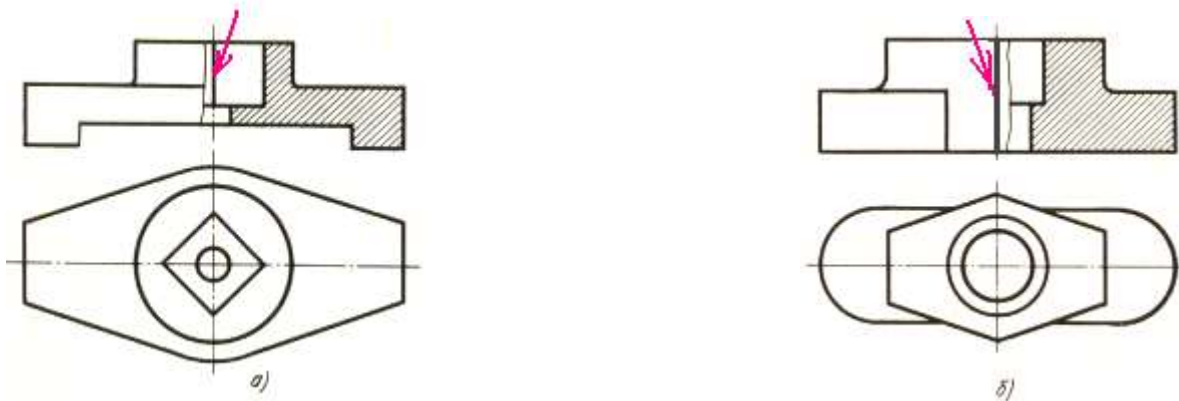


Рисунок 30

Переріз – зображення фігури, що отримується при уявному розсіченні предмету однією або декількома площинами. При цьому на перерізі показують лише те, що розташоване безпосередньо в січній площині.

АксонOMETричною проєкцією називається зображення, отримане в результаті паралельного проєціювання на одну площину заданої геометричної фігури разом з декартовою системою координат, до якої вона віднесена в просторі. При цьому жодна вісь не проєціюється в точку (отже сам предмет спроеціюється в трьох вимірах).

Коефіцієнтами спотворення по аксонометричних осях називаються відношення одиничних відрізків на аксонометричних осях до одиничних відрізків на координатних осях.

$$k = l_{x0} / l_x; m = l_{y0} / l_y; n = l_{z0} / l_z;$$

АксонOMETрична проєкція називається *прямокутною*, якщо проєкуючі промені перпендикулярні аксонометричній площині. ($\alpha=90^\circ$) і *косокутною*, якщо промені складають з аксонометричною площиною кут $0<\alpha<90^\circ$

У машинобудуванні найбільшого поширення набули (за ДСТУ ГОСТ 2.317:2014) наступні види аксонометрії:

- *Прямокутна ізометрія*: $k = m = n; \alpha = 90^\circ$.
- *Прямокутна диметрія*: $k = n; m = 0,5n; \alpha = 90^\circ$

Координатні осі в цих видах мають різне розташування (рис 31).

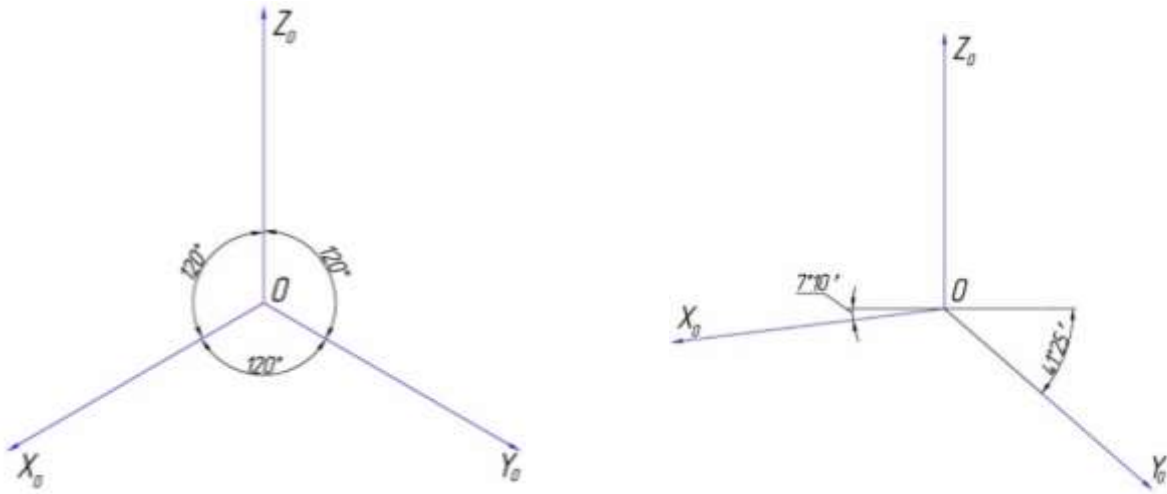


Рисунок 31

У прямокутній ізометрії усі три показники спотворень дорівнюють один одному. Для спрощення побудов відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.317:2014 користуються наведеними показниками спотворення:

$$k = m = n = 1.$$

У прямокутній диметрії два показники спотворень рівні. Для спрощення побудов відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.317:2014 користуються наведеними показниками спотворення:

$$k = n = 1; m = 0,5.$$

Побудову точок ведуть з використанням координатної ламаної: положення точок знаходять послідовною побудовою паралельних осей відрізків, довжини яких відповідають координатам точки.

У практиці побудови аксонометричних проєкцій деталей машин особливо часто зустрічаються проєкції кола, що лежить у площинах проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 або паралельних їм. Для побудови еліпсів, як проєкцій таких кіл, потрібно визначити осі, тобто. знайти їх розмір та напрям.

Правило: Кола, розташовані в площинах проєкцій або їм паралельних, проєктуються на аксонометричну площину у вигляді еліпса, велика вісь якого перпендикулярна до тієї аксонометричної осі, яка є проєкцією ортогональної осі, перпендикулярної до площини кола, а мала вісь еліпса до неї паралельна (рис 32).



Рисунок 32

В ізометрії розміри великої (BBE), малої (МВЕ) та проміжних осей еліпсів (ПрВЕ) для кола діаметру D визначаються такими співвідношеннями:

$$BBE=1,22D; MBE=0,71D; ПрВЕ=D.$$

При побудові еліпсів у прямокутній диметрії розміри великої (BBE), малої (МВЕ) та проміжних осей еліпсів (ПрВЕ) визначаються такими співвідношеннями:

Площини XY, YZ, XZ : $BBE=1,06D$

Площини XY, YZ : $MBE=0,35D$; $ПрВЕ_z = ПрВЕ_x = D$; $ПрВЕ_y = 0,5D$.

Площина XZ : $MBE=0,94D$; $ПрВЕ_z = ПрВЕ_x = D$.

Штрихування в аксонометрії виконується для ділянок, що потрапляють у площині вирізів. Напрями штрихування збігаються з напрямком сторін трикутника, побудованого вершинами на кінцях одиничних відрізків, які відкладаємо вздовж осей (рис 33).

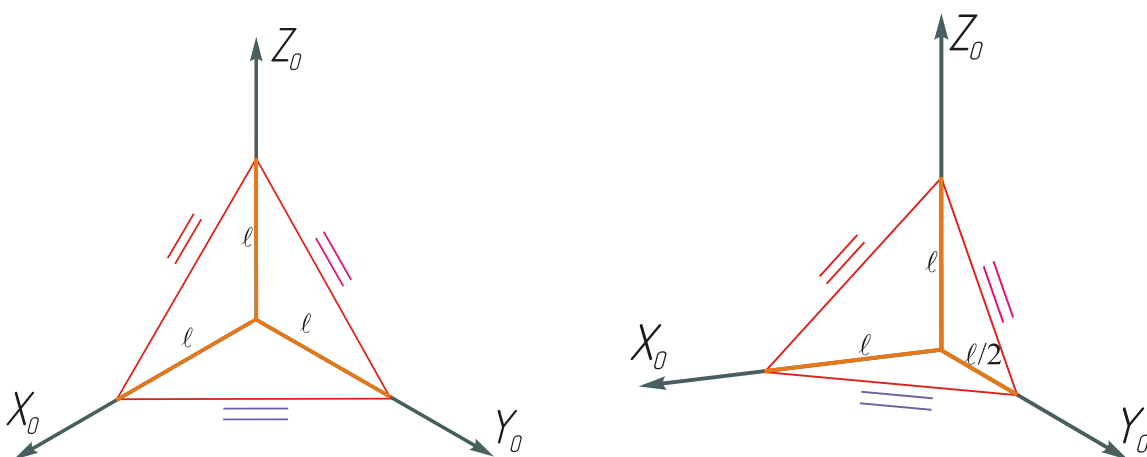
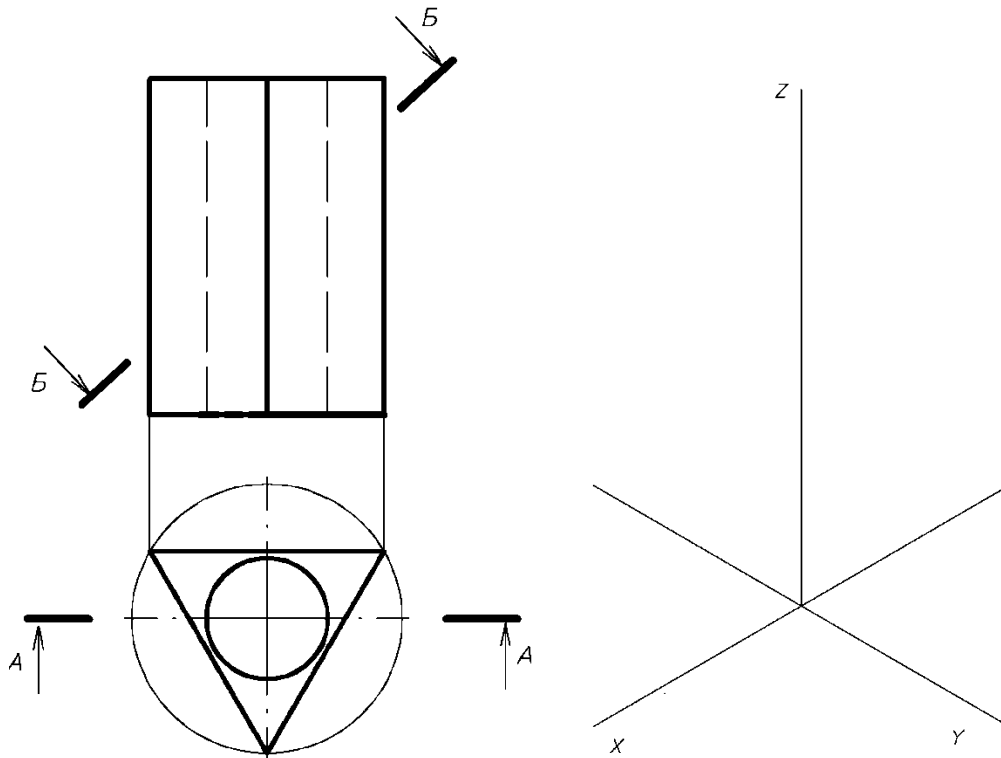


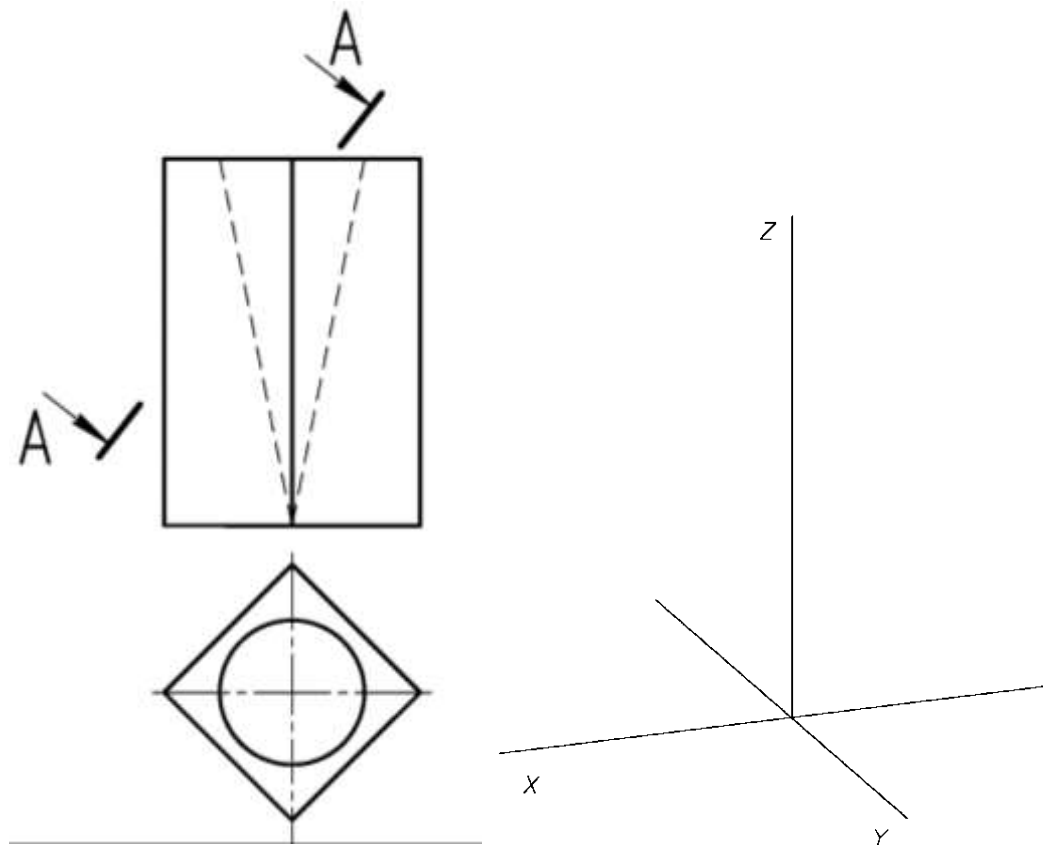
Рисунок 33

7.2 Виконання практичних завдань

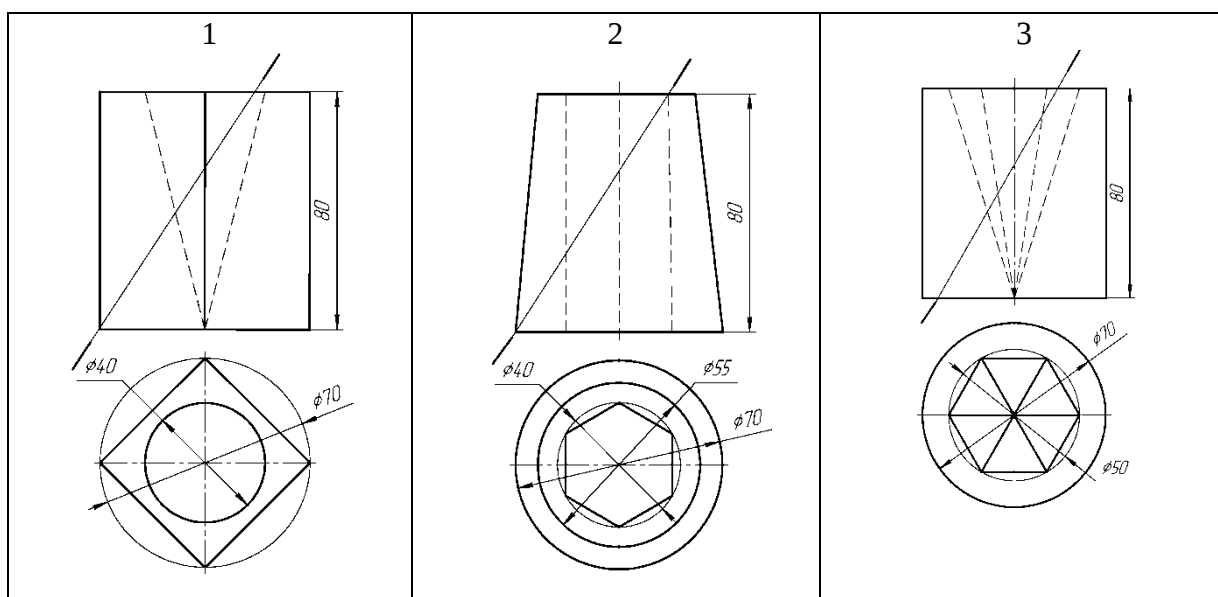
Завдання 16. Виконати фронтальний розріз геометричного тіла, суміщений із половиною головного вигляду. Побудувати дійсну величину вказаного похилого перерізу. Побудувати ізометрію з четвертним вирізом.

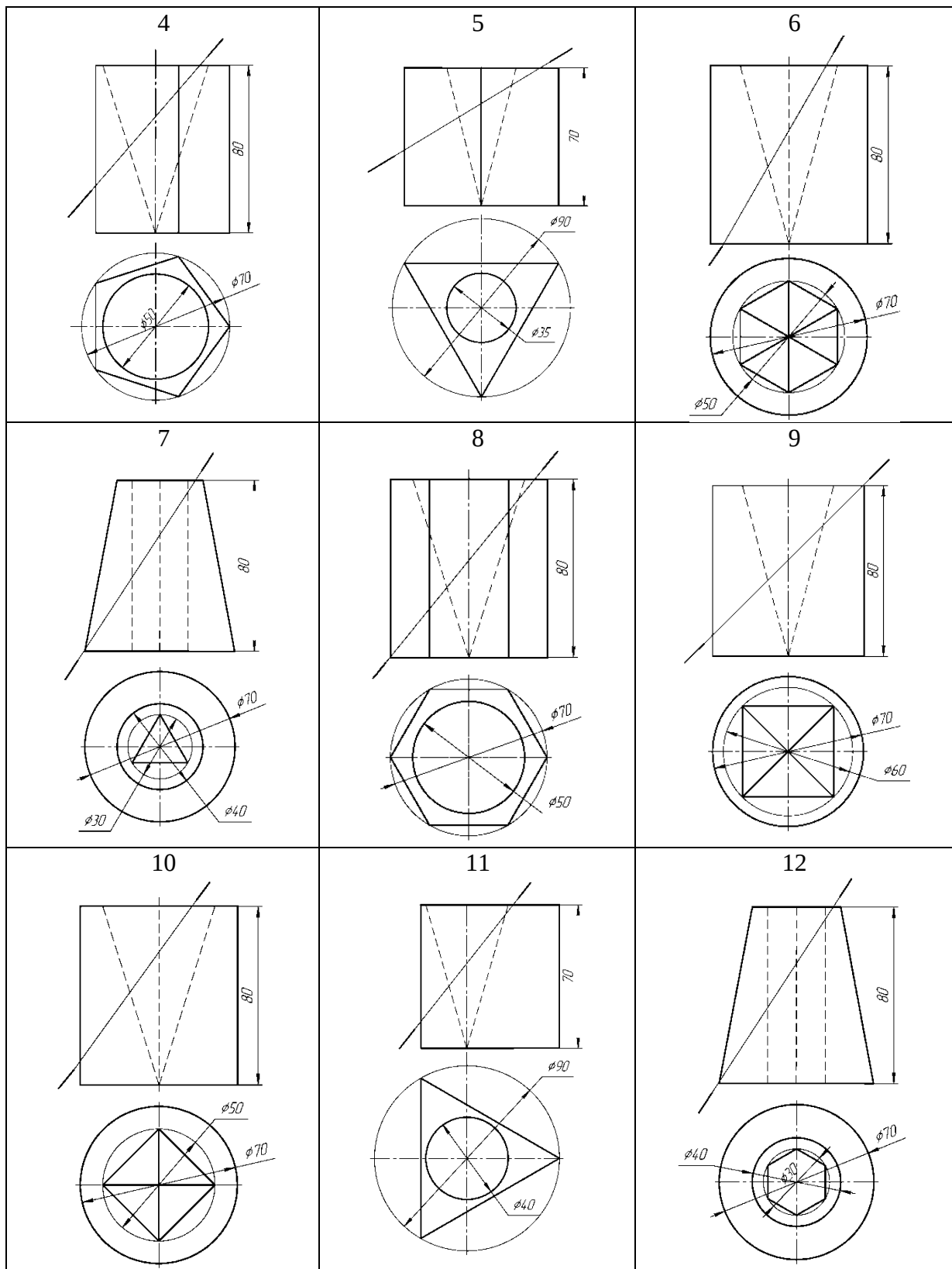


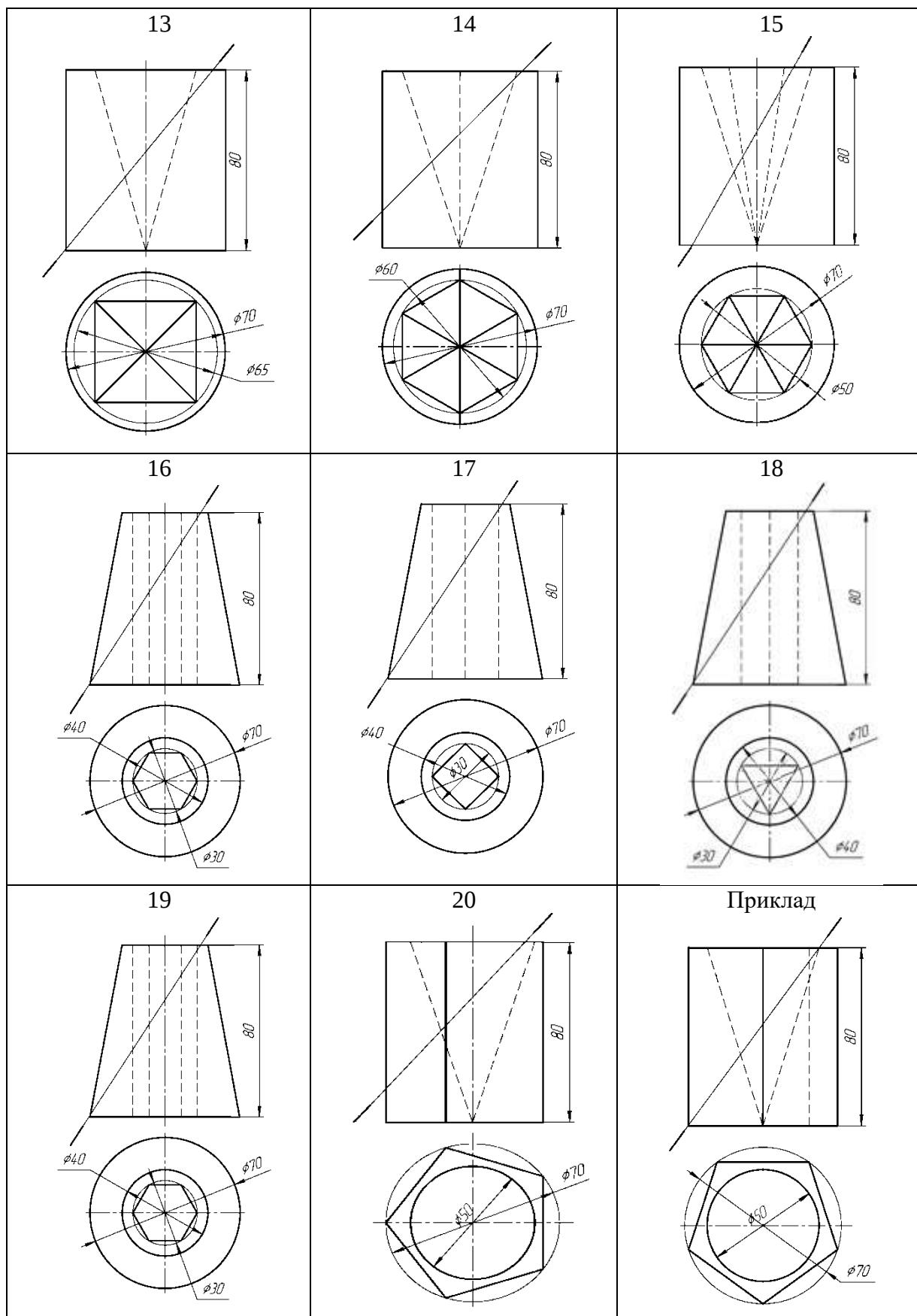
Завдання 17. Виконати фронтальний розріз геометричного тіла, суміщений із половиною головного вигляду. Побудувати дійсну величину вказаного похилого перерізу. Побудувати диметрію з четвертним вирізом.



Завдання 18. Виконати фронтальний розріз геометричного тіла, суміщений із половиною головного вигляду. Побудувати дійсну величину вказаного похилого перерізу. Побудувати аксонометрію з четвертним вирізом. Виконується на ватмані формату А3 по варіантах індивідуального завдання (варіант___).







7.3 Контрольні запитання

- 1 Розкрити основні положення державного стандарту «Види, розрізи, перерізи».
- 2 Розкрити сутність побудови прямокутної ізометрії та диметрії.
- 3 Як зображати в площинах Π_1 , Π_2 , Π_3 коло в прямокутних ізометрії та диметрії?

8 РІЗЬОВІ З'ЄДНАННЯ

8.1 Стислі теоретичні відомості

Різь – це гвинтова поверхня, утворена рухом плоского контуру по циліндричній (конічній) гвинтовій лінії.

Параметри різі

- *Зовнішній діаметр різі* – діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різі або западин внутрішньої різі . Цей діаметр приймають за номінальний діаметр.
- *Внутрішній діаметр різі* – діаметр уявного циліндра, описаного навколо западин зовнішньої різі або вершин внутрішньої різі
- *Профіль різі* – контур перерізу різі площиною, що проходить через вісь виробу.
- *Крок різі* (P) – відстань по лінії, паралельної осі різі між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю різі , що лежать в одній осьовій площині по один бік осі різі .
- *Хід різі* ($P_h = P \times Z$) – відстань по лінії, паралельної осі різі , між будь-якою вихідною середньою точкою на боці різі і середньою точкою, отриманої при переміщенні вихідної середньої точки по гвинтовій лінії на кут 360°

Класифікація різей:

- за формою поверхні, де вони нарізані (циліндричні, конічні);
 - за розташуванням різі на поверхні (зовнішня, внутрішня);
 - за формою профілю (трикутні, прямокутні, трапецеїдальні, круглі);
 - за призначенням (кріпильні, ходові, спеціальні);
 - за напрямом закручування гвинтової лінії - ліві чи праві;
 - За кількістю заходів - однозахідні та багатозахідні.
- Всі різі поділяються на стандартні та нестандартні.

Різь метрична (визначення починається із великої літери М)

- Профіль різі – рівносторонній трикутник із кутом 60° при вершині.
- Форма западини різі може бути як плоско зрізаною, так і закругленою.

Застосовується на болтах, гвинтах, гайках, шпильках тощо.

Приклади умовного визначення метричної різі :

M16 – різь метрична, номінальний діаметр 16 мм, крок великий 2 мм (за замовчуванням), права (за замовчуванням).

M16 $\times$ 1,5 LH – різь метрична, номінальний діаметр 16 мм, крок дрібний 1,5 мм, ліва.

Зображення різі

- на стрижні* – суцільними товстими лініями по зовнішньому діаметру та суцільними тонкими за внутрішнім діаметром (рис 34). Суцільну тонку лінію проводять з відривом щонайменше 0,8 мм і трохи більше величини кроку різі. На зображеннях, отриманих на площину, перпендикулярну осі отвору, за внутрішнім діаметром різі проводять дугу приблизно рівну $\frac{3}{4}$ кола, розімкненого в будь-якому місці.

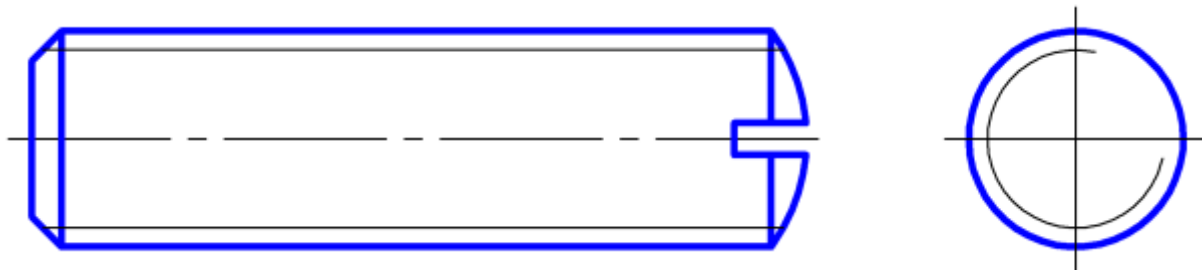


Рисунок 34

- в отворі* – у розрізах показують суцільними основними лініями за внутрішнім діаметром різі та суцільними тонкими лініями – по зовнішньому діаметру (рис 35). На зображеннях, отриманих на площину, перпендикулярну осі отвору, по зовнішньому діаметру різі проводять дугу, приблизно рівну $\frac{3}{4}$ кола, розімкненого в будь-якому місці.

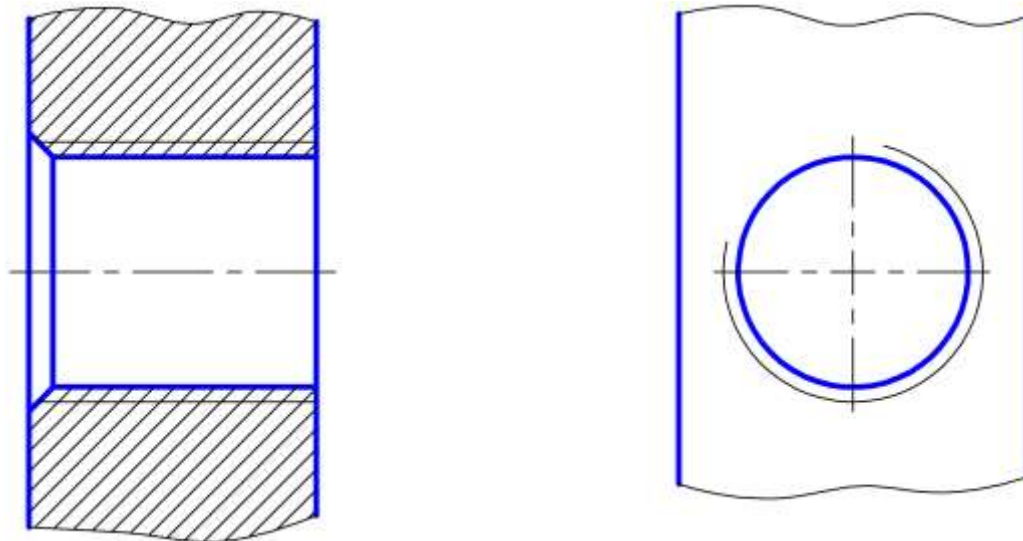


Рисунок 35

- Фаски на стрижні з різьбою та в отворі з різьбою, які не мають спеціального конструктивного призначення, у проєкції на площину, перпендикулярну до осі стрижня або отвору, не зображують.
- Суцільна тонка лінія зображення різі на стрижні повинна перетинати лінію межі фаски.

На розрізах різьбового з'єднання у зображенні на площині, паралельній його осі, в отворі показують лише частину різі, яка не закрита різьбою стрижня (рис 36).

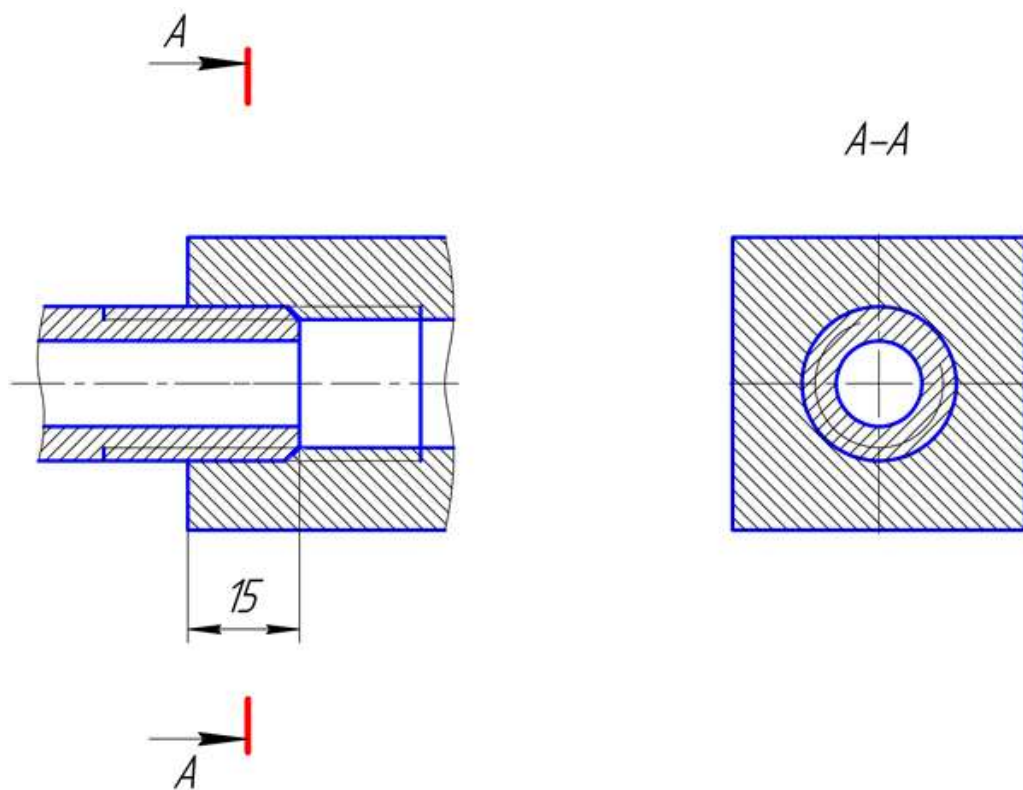
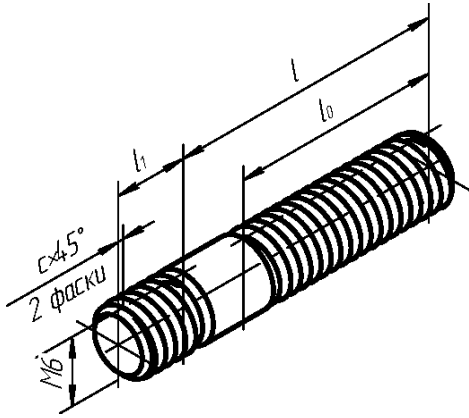


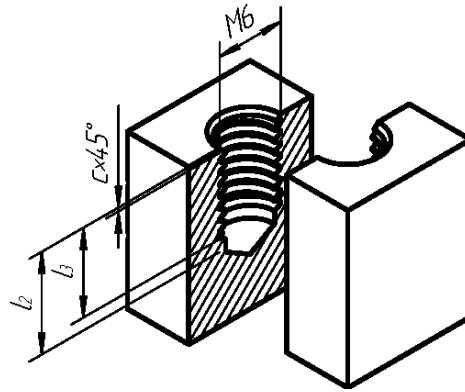
Рисунок 36

8.2 Виконання практичних завдань

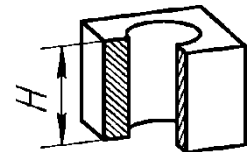
Завдання 18. Побудувати креслення з'єднання шпилькою М6 ГОСТ 22032-76 деталей 1 та 2, якщо відомо, що товщина деталі 2 дорівнює 10 мм.



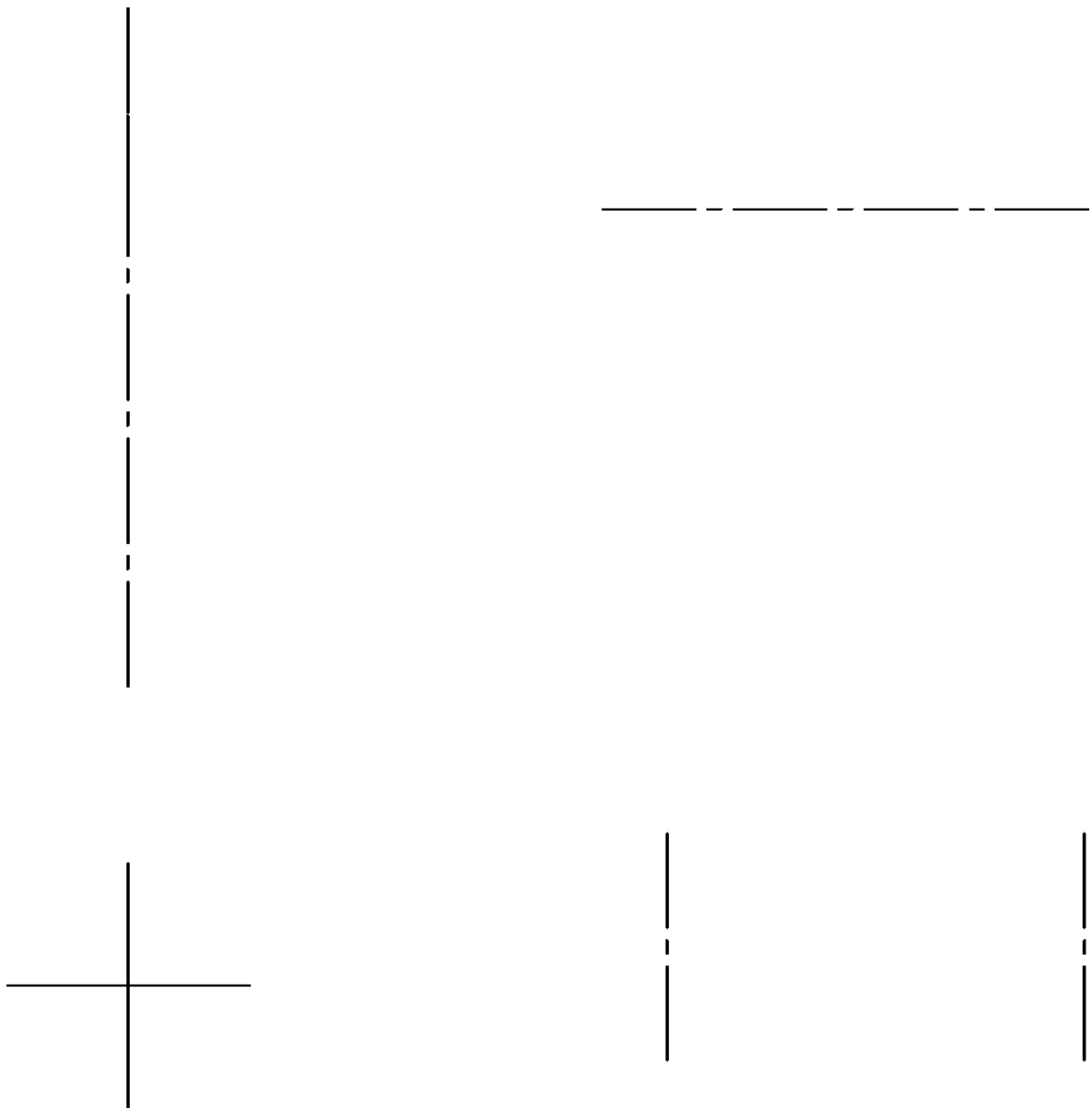
Шпилька
М6×_____



Деталь 1



Деталь 2



8.3 Контрольні запитання

- 1 Як умовно зображується зовнішня та внутрішня різь?
- 2 Класифікація різьб та їх позначення на кресленнях.

9.1 Стислі теоретичні відомості

Вал – деталь, що обертається навколо своєї осі, призначена для передачі руху зв'язаним з нею частинам машини чи механізму, складовою яких вона є. При цьому вал передає крутний момент вздовж своєї осі та забезпечує підтримання обертових деталей машин, котрі на ньому розміщені. Крутні моменти передаються за допомогою сил, що діють на вали з боку механічних передач (наприклад, у зачепленні зубчастих або черв'ячних передач, натягу приводних пасів тощо). Тому на вали діють також згинальні моменти і осьові навантаження.

Основні правила виконання зображень

Основна геометрична форма поверхонь валу – переважно циліндрична, іноді конічна та рідше сферична, а основний вид обробки – токарна. Це визначає *положення головного зображення* валу на кресленні – *паралельне його основного напису*, тобто геометрична вісь валу повинна займати *горизонтальне положення*, що відповідає його положенню при обробці на верстаті.

Таким чином, креслення валу та інших деталей, що належать до цього типу, складаються з *одного основного зображення* – *головного виду* з місцевими поздовжніми розрізами або без них – та зображень, що доповнюють його, що виконуються згідно з ДСТУ ISO 2.305:2008. Зображення на інші основні площини проєкцій виконують за потребою, наприклад, якщо вал виконаний з елементами конструкцій іншого призначення – фланцями, кулачками тощо.

Основні правила нанесення розмірів

Розміри повинні сприяти оптимальній технології виготовлення деталі, враховувати послідовність технологічних операцій і обладнання, на якому деталь буде виготовлена.

Нанесення розмірів на кресленні деталі, що обробляється на токарному верстаті має свою специфіку. Простановка розмірів ведеться від правого торця, від *базиса налагодження*. Цей торець обробляється першим; від нього здійснюють налагодження упорів, ріжучого інструменту та вимірювання деталі. При цьому враховується конструкція деталі та необхідність *перевстановлення* деталі у процесі виточування окремих її ділянок.

При проставлянні розмірів від бази налагодження ланцюговим або комбінованим методом встановлення інструмента ускладнюється. Тому проставлення розмірів рекомендується проводити від бази налагодження

лише координатним методом. Можна також за базу налагодження прийняти один з буртиків валу, від якого проставляються розміри довжин ділянок валу.

Питання забезпечення робочого креслення деталі необхідними розмірами продумуються вже протягом визначення необхідної кількості та змісту зображень, а безпосередньо вирішуються лише тоді, коли зображення деталі вже виконані.

Конструктивні елементи валу

На валу є різні конструктивні та технологічні елементи (пази, отвори, зрізи, канавки, проточки та ін.), тому для виявлення форми цих елементів головне зображення валу доповнюють *винесеними перерізами та виносними елементами*. Для дрібних елементів (проточок, канавок, заокруглень і фасок на шліцах та ін.) виносні елементи зображують у масштабі збільшення. Параметри більшості з цих елементів стандартизовано, отже, їх конструктивні елементи та їх розміри визначаються згідно стандарту відповідно параметрам ділянок валу, на яких вони виконуються (діаметр ділянки валу, крок різі та ін.) (рис 37).

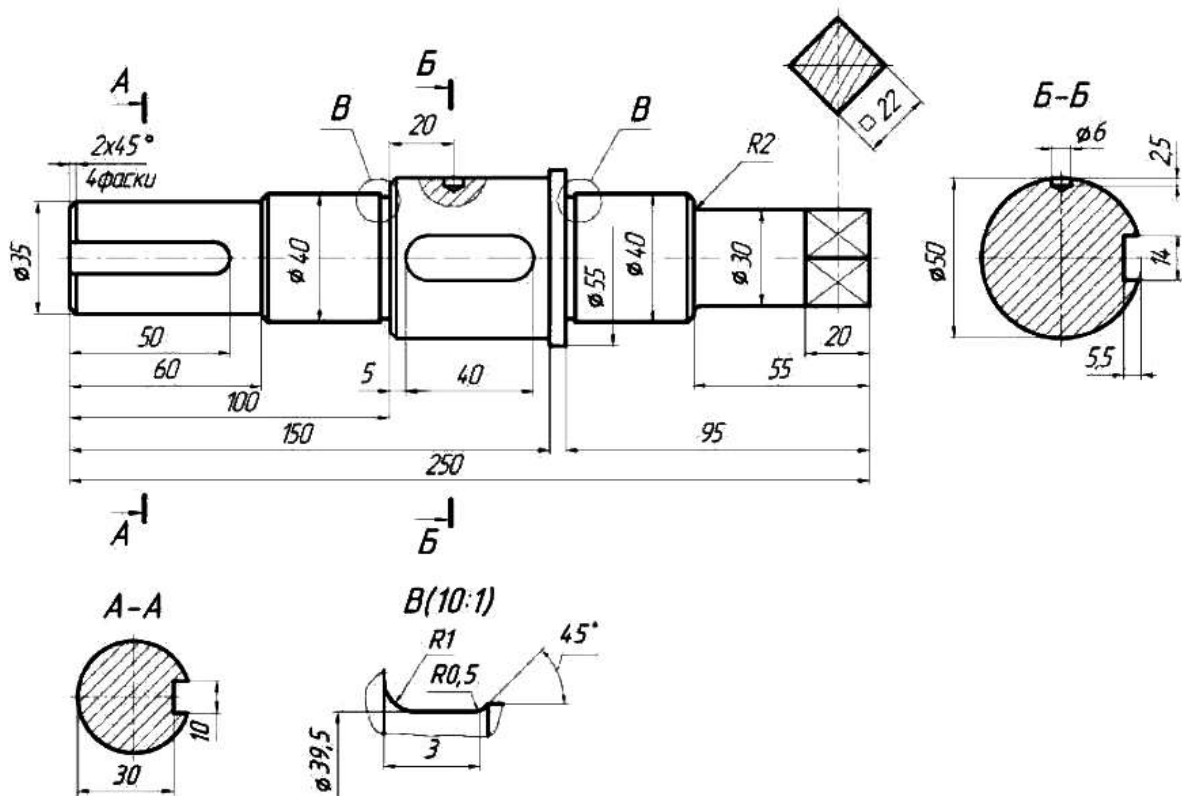
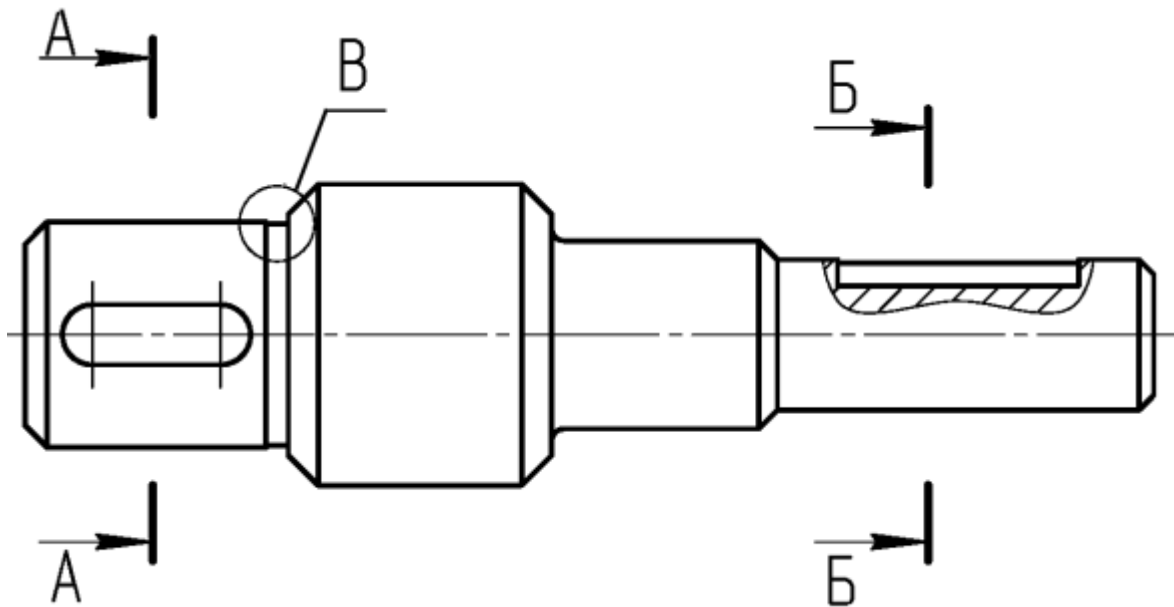


Рисунок 37

9.2 Виконання практичних завдань

Завдання 23. За наведеним зображенням виконати перерізи А–А та Б–Б, а також виносний елемент В. Проставити розміри.



9.3 Контрольні запитання

- 1 Особливості виконання креслеників валів.
- 2 Конструктивні елементи валу та їх зображення на креслениках.

10 КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ

10.1 Стислі теоретичні відомості

Зубчаста передача – це механізм або частина механізму механічної передачі, в склад якого входять зубчасті колеса.

Призначення:

- передача обертального руху між валами, які можуть мати паралельні осі, осі які перетинаються або перехрещуються;
- перетворення обертального руху в поступальний, і навпаки.

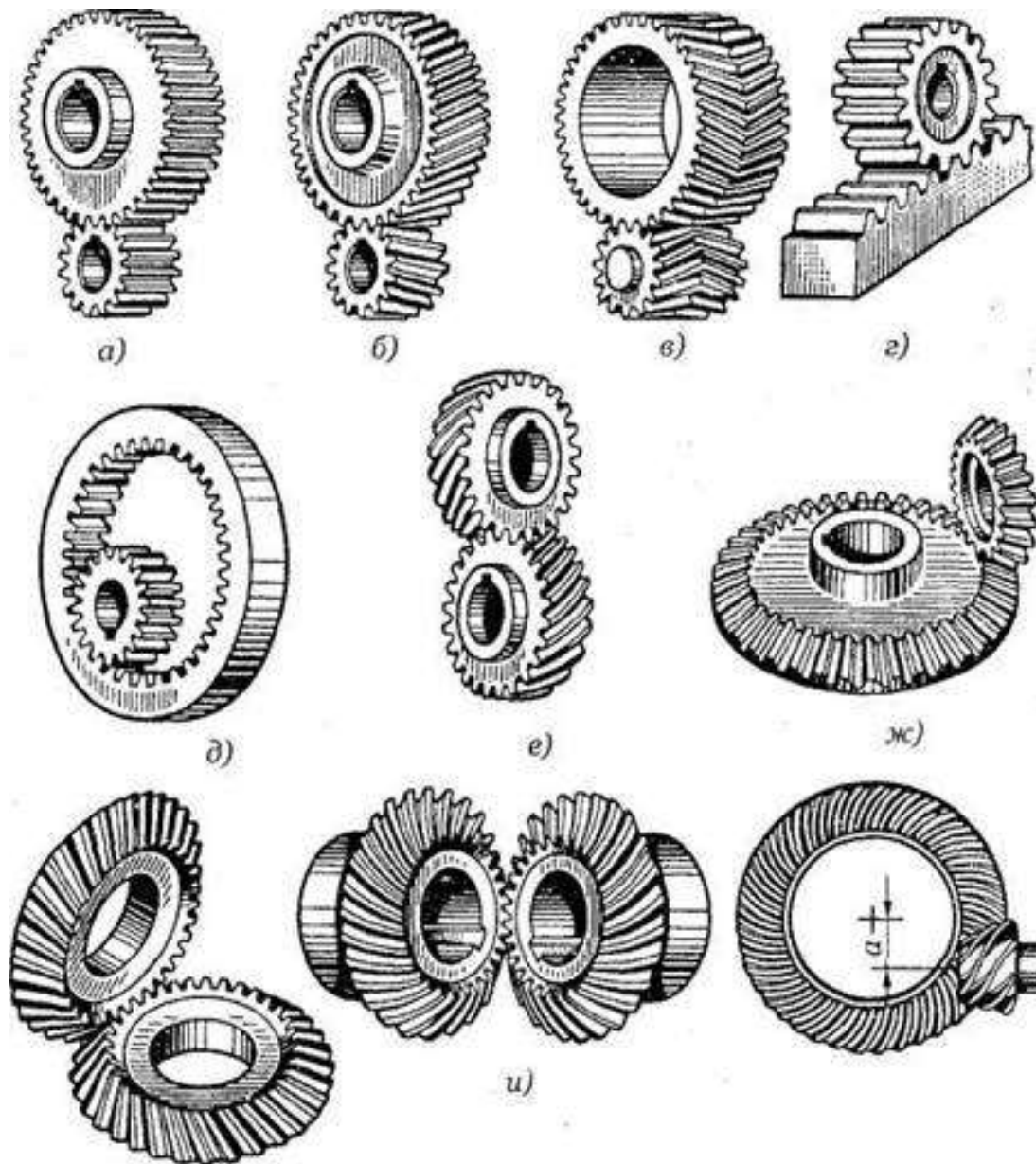


Рисунок 38

Види зубчастих передач (рис 38):

а, б, в — циліндричні зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням;

г — рейкова передача;

д — циліндрична передача із внутрішнім зачепленням;

е — зубчаста гвинтова передача;

ж, з, и — конічні зубчасті передачі;

к — гепοїдна передача.

Елементи зубчастого колеса

Окружність виступів (вершин) — поверхня, що обмежує зубці з боку, протилежного тілу зубчастого колеса.

Ділильна окружність — поверхня зубчастого колеса, що є базовою для визначення елементів зубців і їх розмірів.

Окружність западин – поверхня, що відокремлює зубці від тіла зубчастого колеса.

Ділильна окружність ділить висоту зубців на дві частини: *головку* (h_a) і *ніжку* (h_f) (рис. 39).

Основними параметрами зубчастого зачеплення є число зубців Z і модуль m .

Для правильного зображення на кресленні необхідно розрахувати параметри зубчастого колеса (табл. 3)

Таблиця 3 – Параметри циліндричного зубчастого колеса

Параметр зубчастого колеса	Позначення	Величина, мм
Висота голівки зуба	h_a	$h_a = m$
Висота ніжки зуба	h_f	$h_f = 1,25 m$
Висота зуба	h	$h = 2,25 m$
Ділильний діаметр колеса	d	$d = m Z$
Діаметр вершин зубів колеса	d_a	$d_a = d + 2 h_a$
Діаметр западин колеса	d_f	$d_f = d - 2 h_f$

Зубчасті колеса викреслюють на креслениках умовно. Креслення супроводжують таблицею. Умовні зображення зубчатих коліс встановлені ГОСТ 2.403-68. На навчальних кресленнях допустимо застосування спрощеної таблиці.

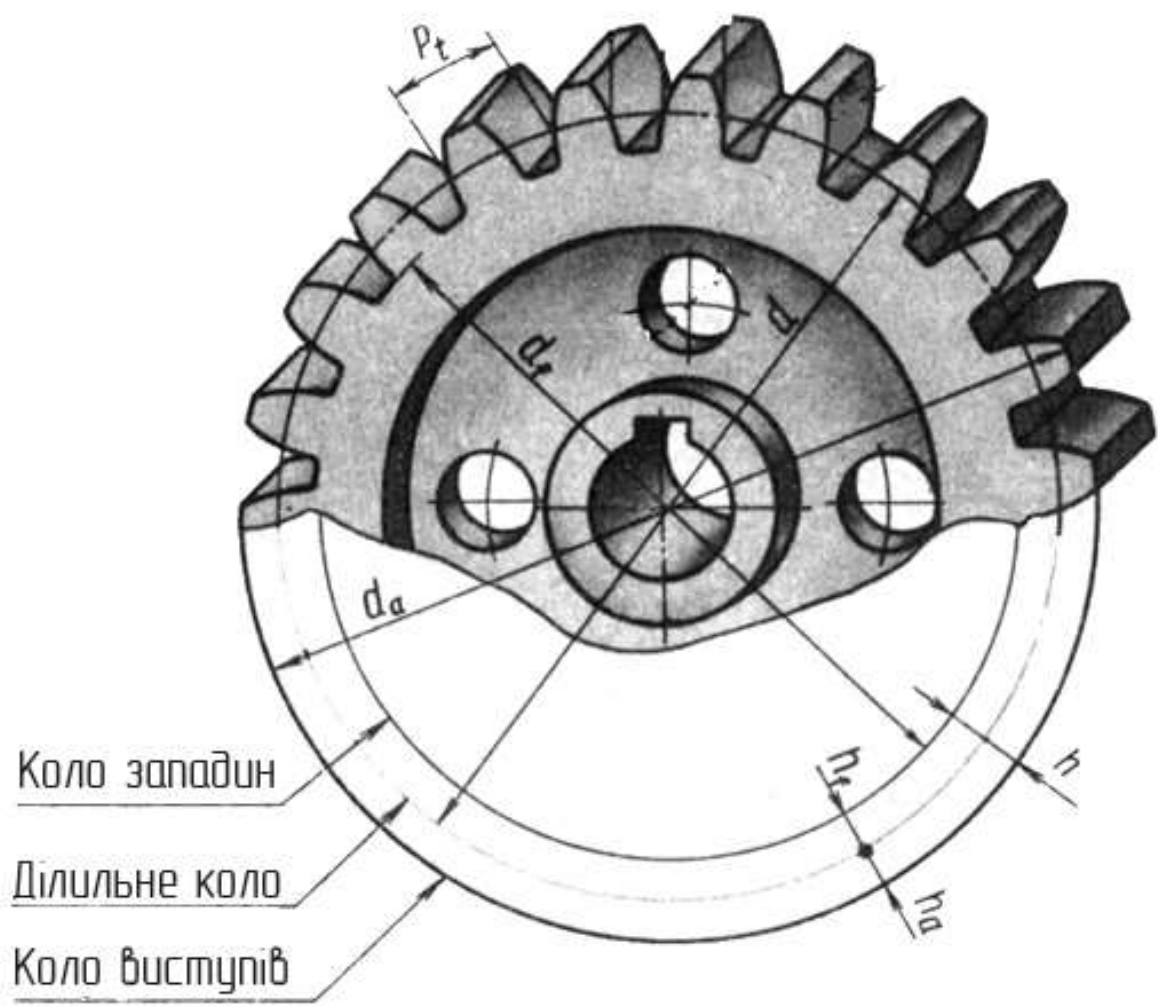


Рисунок 39

10.2 Виконання практичних завдань

Завдання 24. Виконати розрахунок параметрів та побудувати креслення колеса зубчастого.

Модуль	<i>m</i>	
Число зубців	<i>z</i>	25
Діаметр ділільного кола	<i>d_d</i>	

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

Лит.	Масса	Масштаб							
		1:1							
Лист	Листов	1							

10.3 Контрольні запитання

1. Основні параметри зубчастого колеса.
2. Особливості виконання креслеників зубчастих колес.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерна та комп'ютерна графіка / В. Є. Михайленко [та ін.] – К. : Вища школа, 2000. – 337 с.
2. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка : навч.-метод. посіб. для студ. немех. спец. всіх форм навчання / П. П. Волошкевич [та ін.]. – Львів : Національний ун-т «Львівська політехніка», 2007. – 240 с. – ISBN 978-966-553-610-9.
3. Балабан, С.М. Інженерна графіка та САД системи. Частина 1. Основи нарисної геометрії: навчальний посібник/ С. М. Балабан. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. – 204 с.
4. Основи геометричного креслення : методичний посібник та завдання для самостійної роботи й виконання графічних робіт з курсу «Інженерна графіка та САД системи» (перевидання) для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / укл. : Ковбашин В.І., Пік А.І. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 84 с.
5. Кабацький, О. В. Нарисна геометрія та інженерна графіка : курс лекцій / О. В. Кабацький, С. С. Красовський, О. В. Жартовський, С. Л. Загребельний, М. В. Брус. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 107 с.
6. Нарисна геометрія, інженерна й комп'ютерна графіка : навчальний посібник до самостійної роботи студентів усіх форм навчання / О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, С. Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 300 с.
7. Бабенко, С. О. Нарисна геометрія : навчальний посібник / С. О. Бабенко, С. С. Красовський, В. В. Хорошайло. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 128 с.
8. Нарисна геометрія : навчальний посібник до самостійної роботи / С. С. Красовський, О. В. Жартовський, О. В. Кабацький. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 84 с.

ДОДАТОК А
Шрифт креслярський ГОСТ 2.304-81

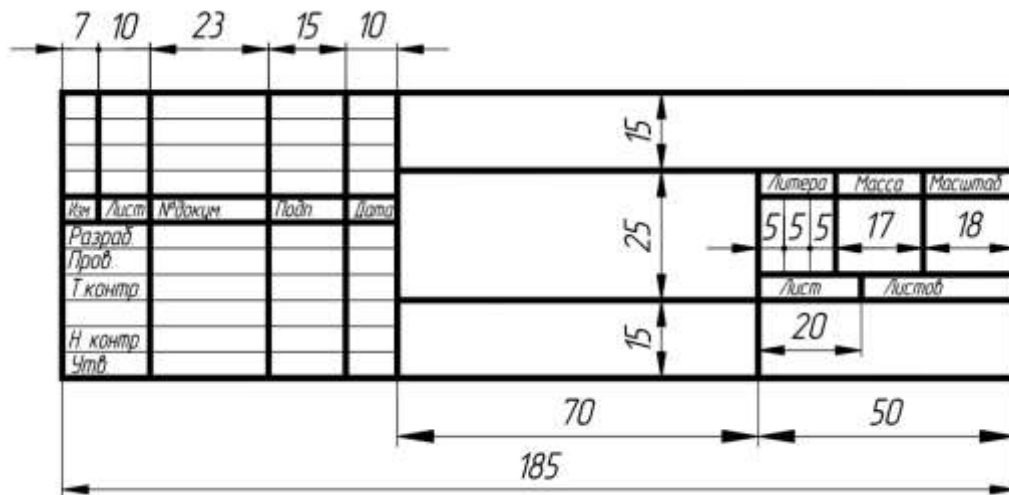


Тип А, нахилений

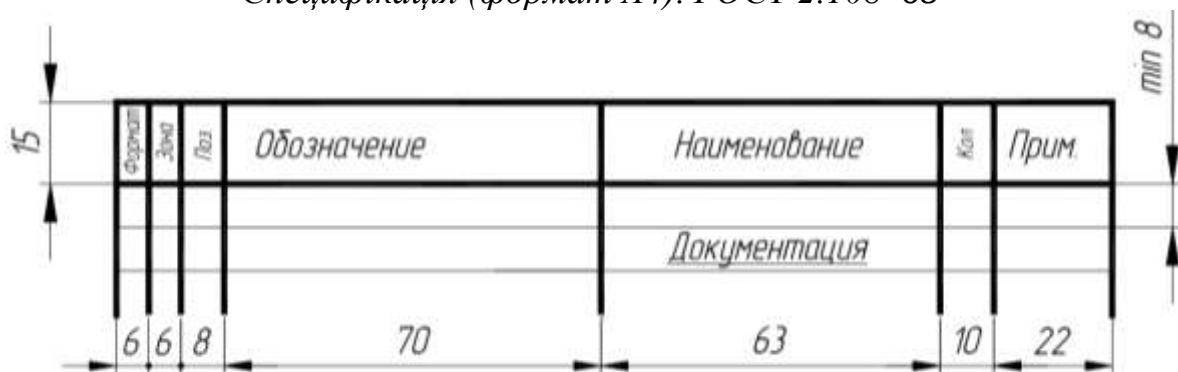
h – 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20

Рисунок А.1

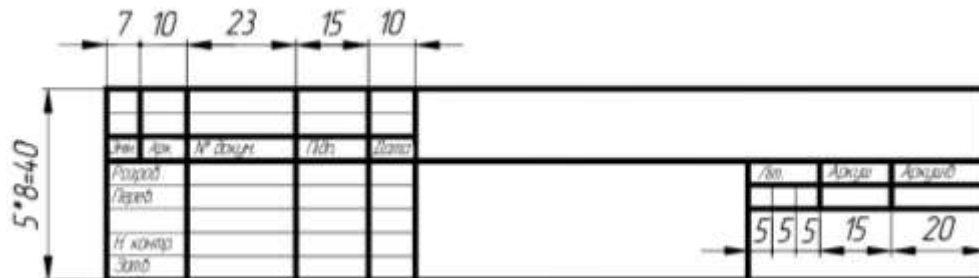
Основний напис для креслень та схем. ГОСТ 2.304–68



Специфікація (формат А4). ГОСТ 2.108–68



Основний напис до специфікації (перший аркуш) формат А4



Основний напис до специфікації (наступні аркуші)

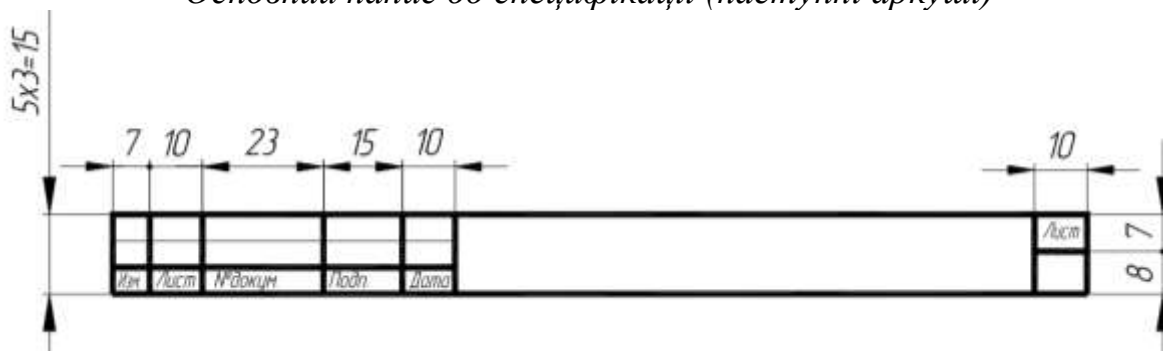


Рисунок А.2

ДОДАТОК Б **Завдання до виконання графічної роботи «Види»**

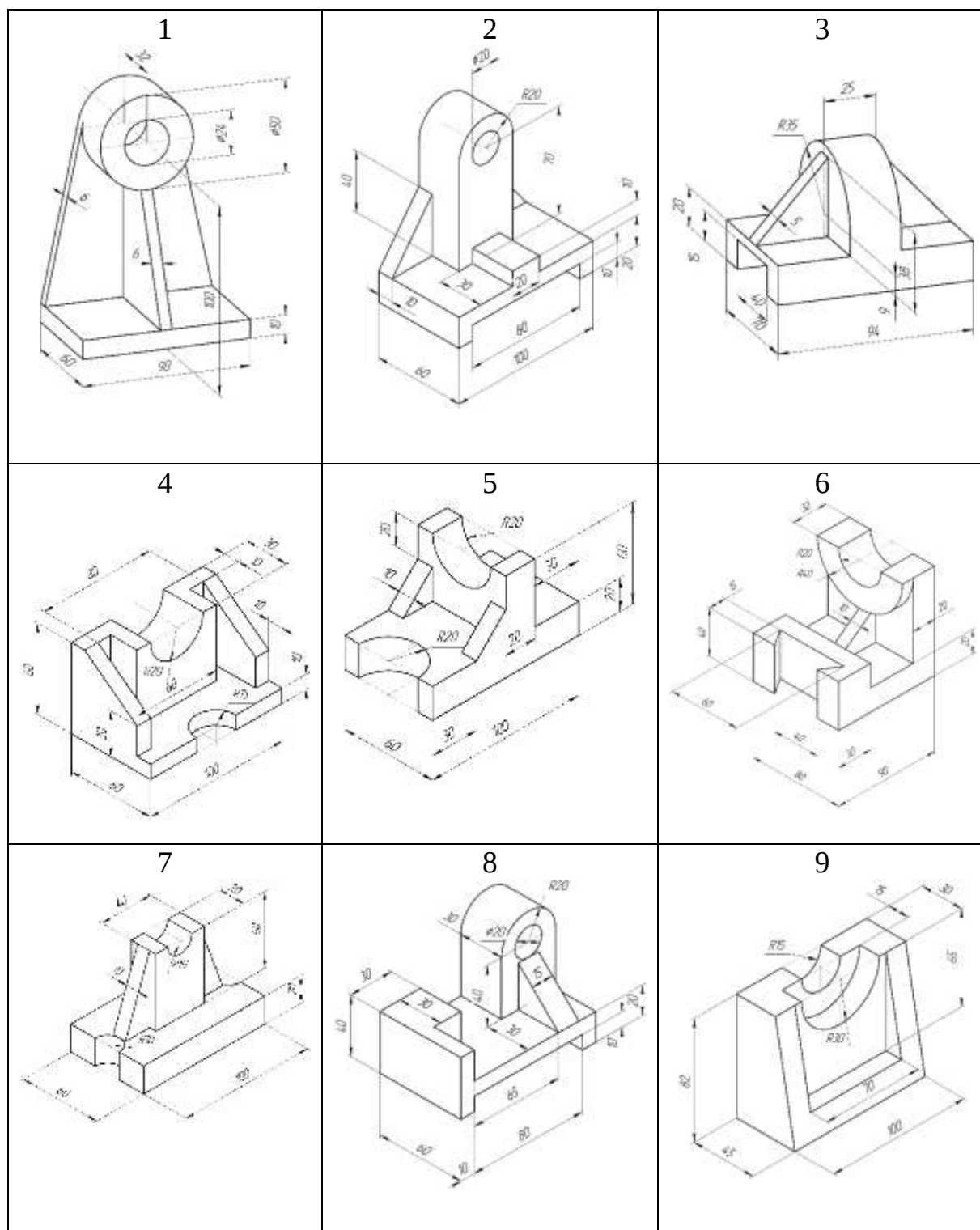


Рисунок Б.1 – Завдання для виконання графічної роботи «Види»

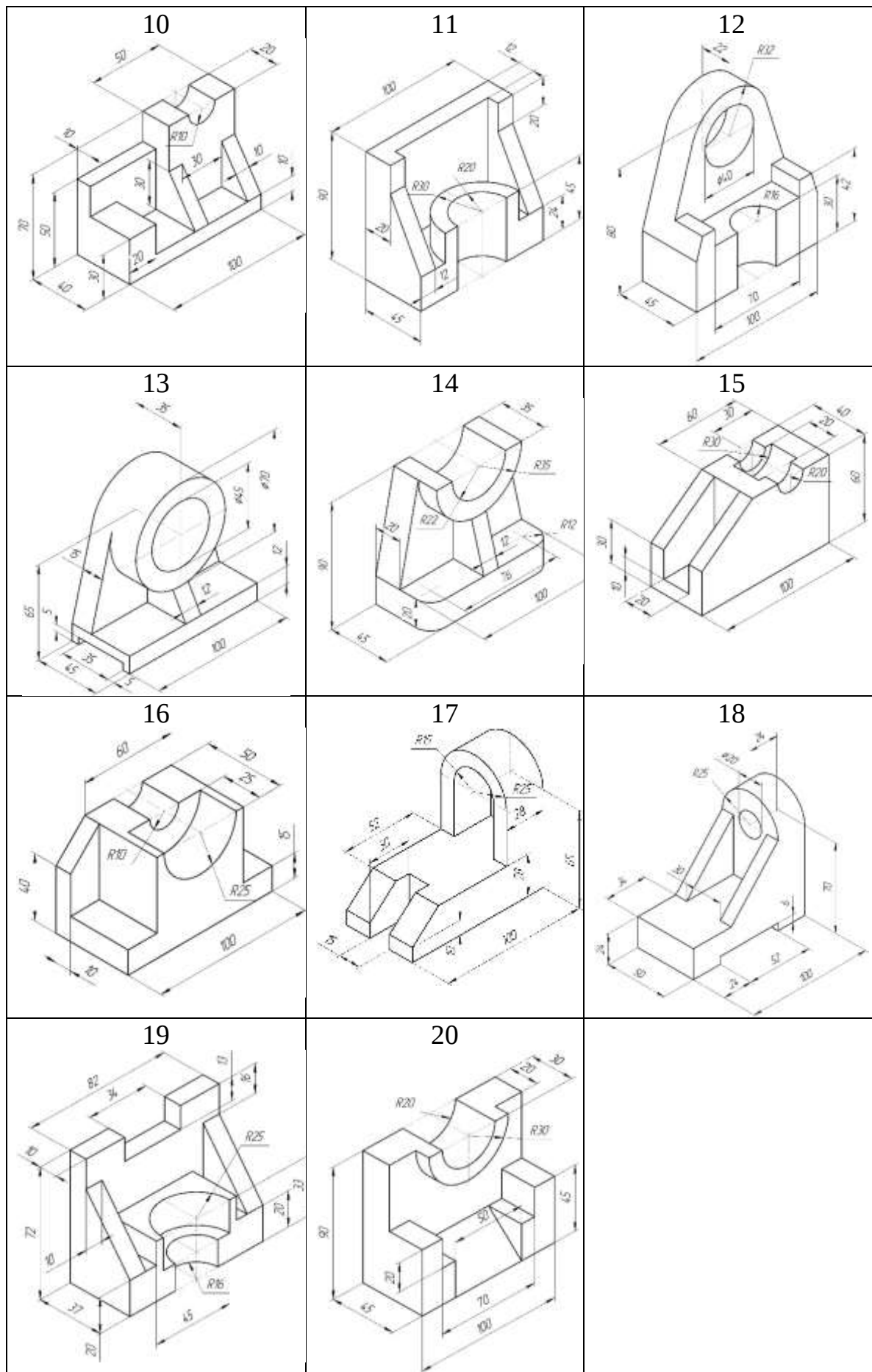


Рисунок Б.1, аркуш 2

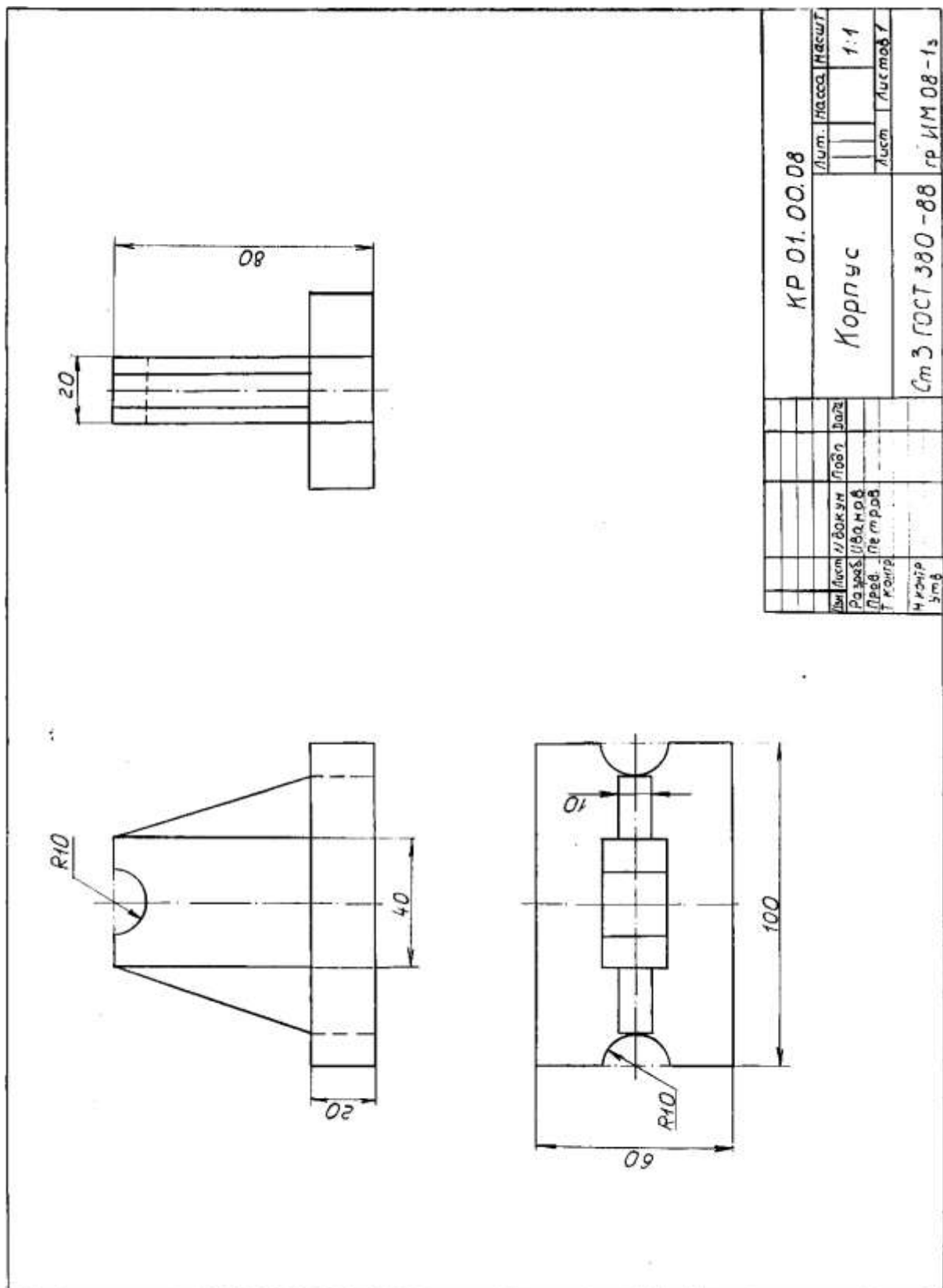


Рисунок Б.2 – Приклад виконання графічної роботи «Види»

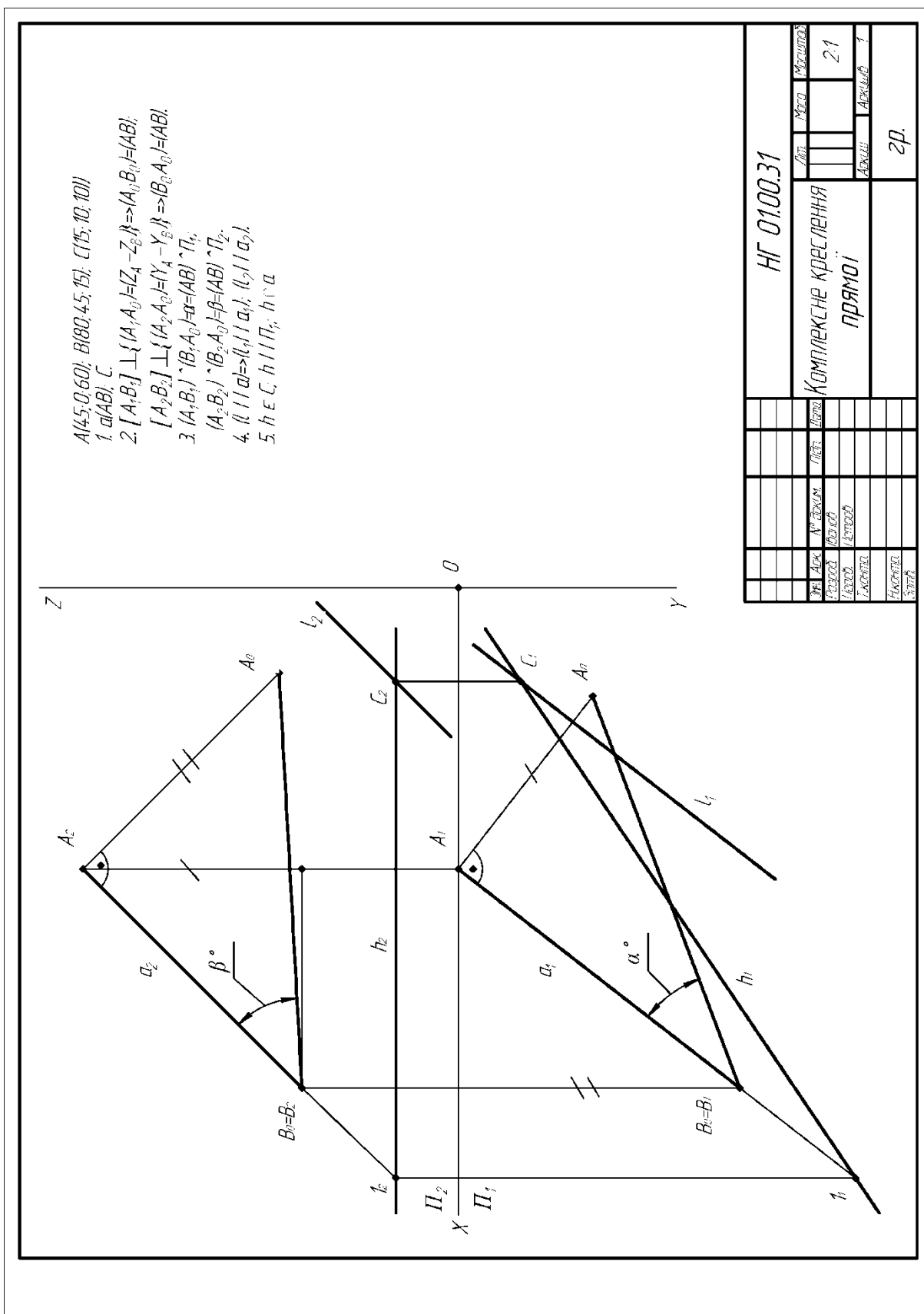


Рисунок Б.3 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 6 (комплексне креслення прямої)

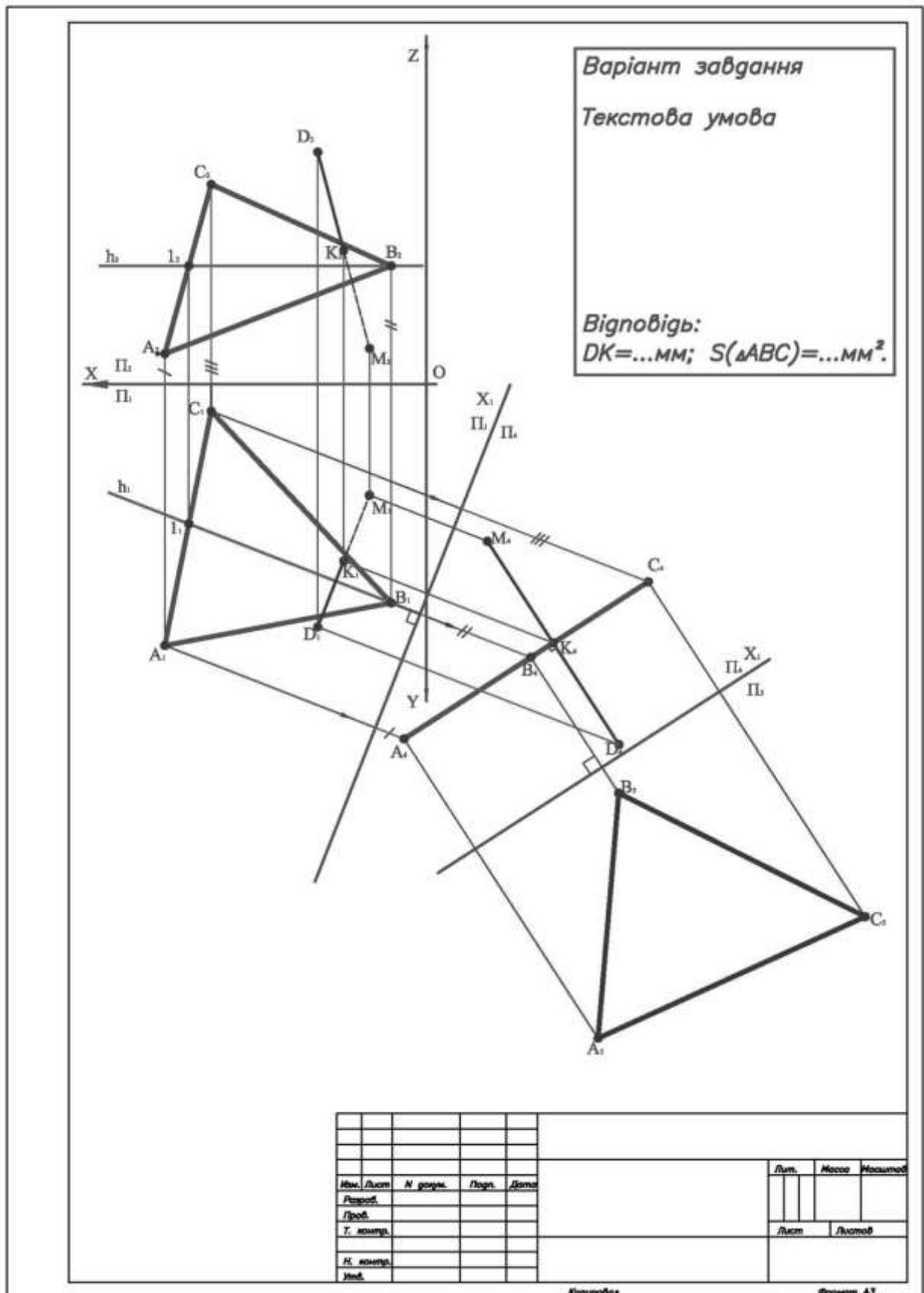


Рисунок Б.4 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 12 (відстань від точки до площини)

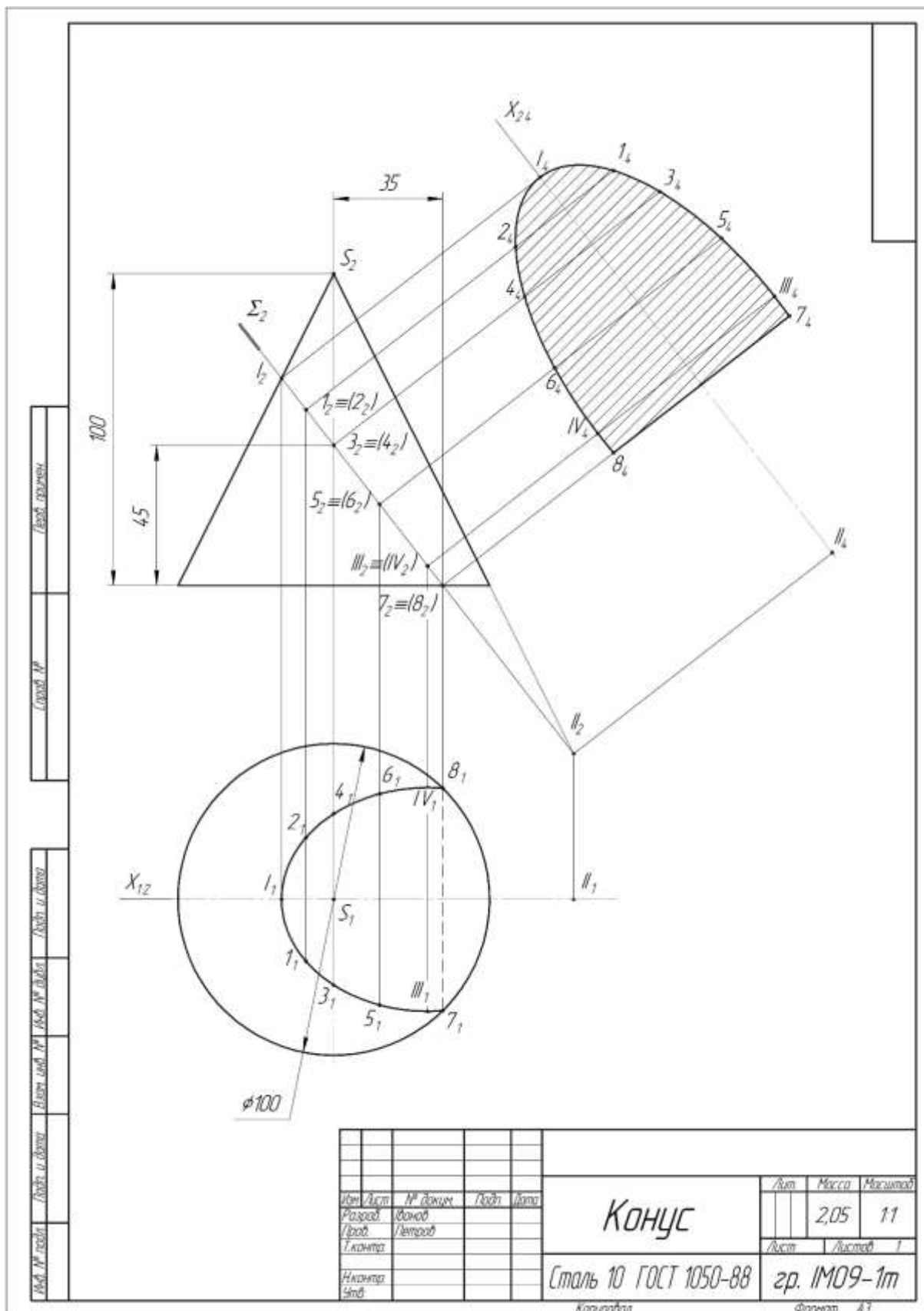


Рисунок Б.5 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 14 (переріз конусу)

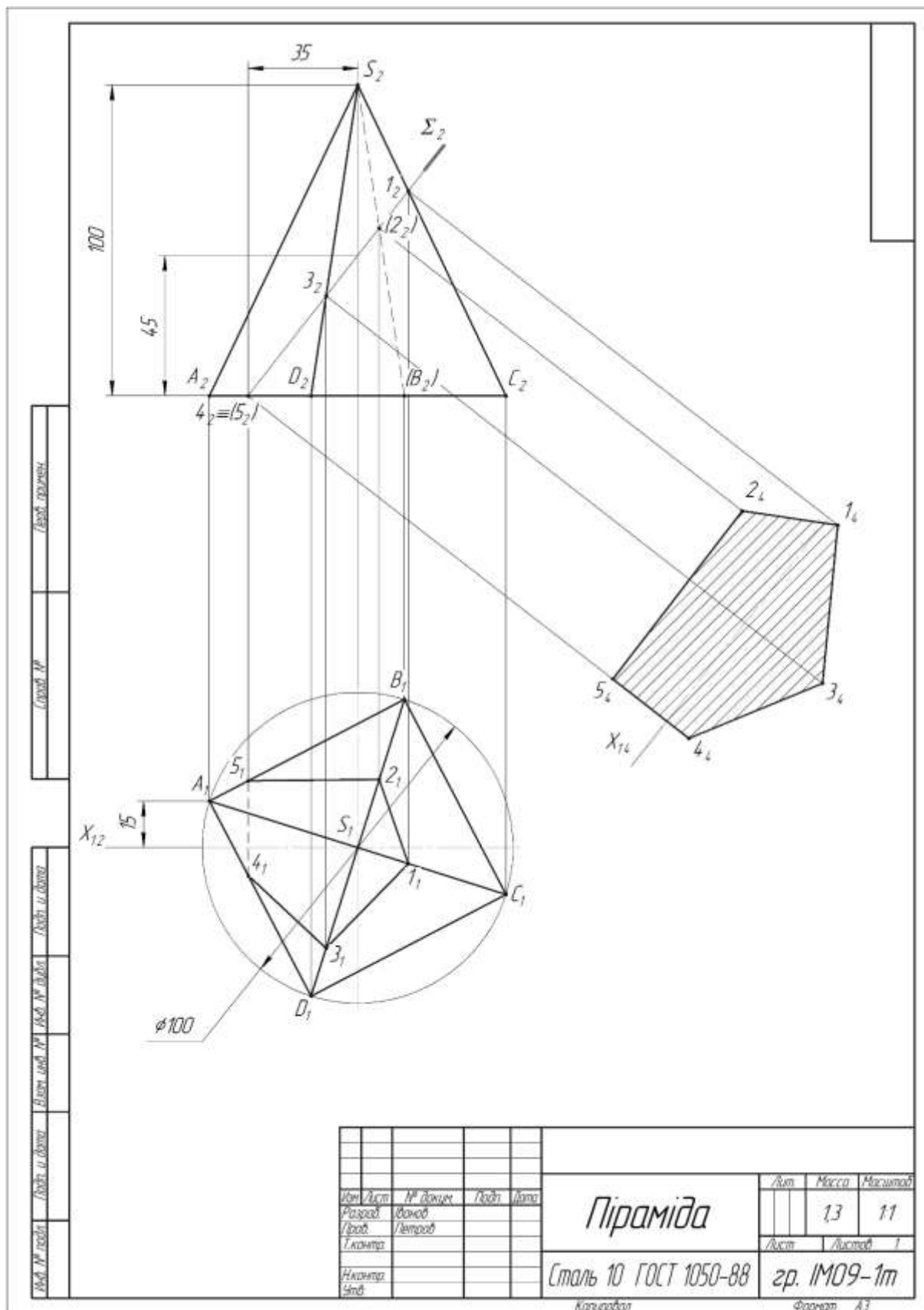


Рисунок Б.6 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 14 (переріз піраміди)

Рисунок Б.7 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 18

ДОДАТОК В **Завдання до виконання графічної роботи «Нанесення розмірів»**

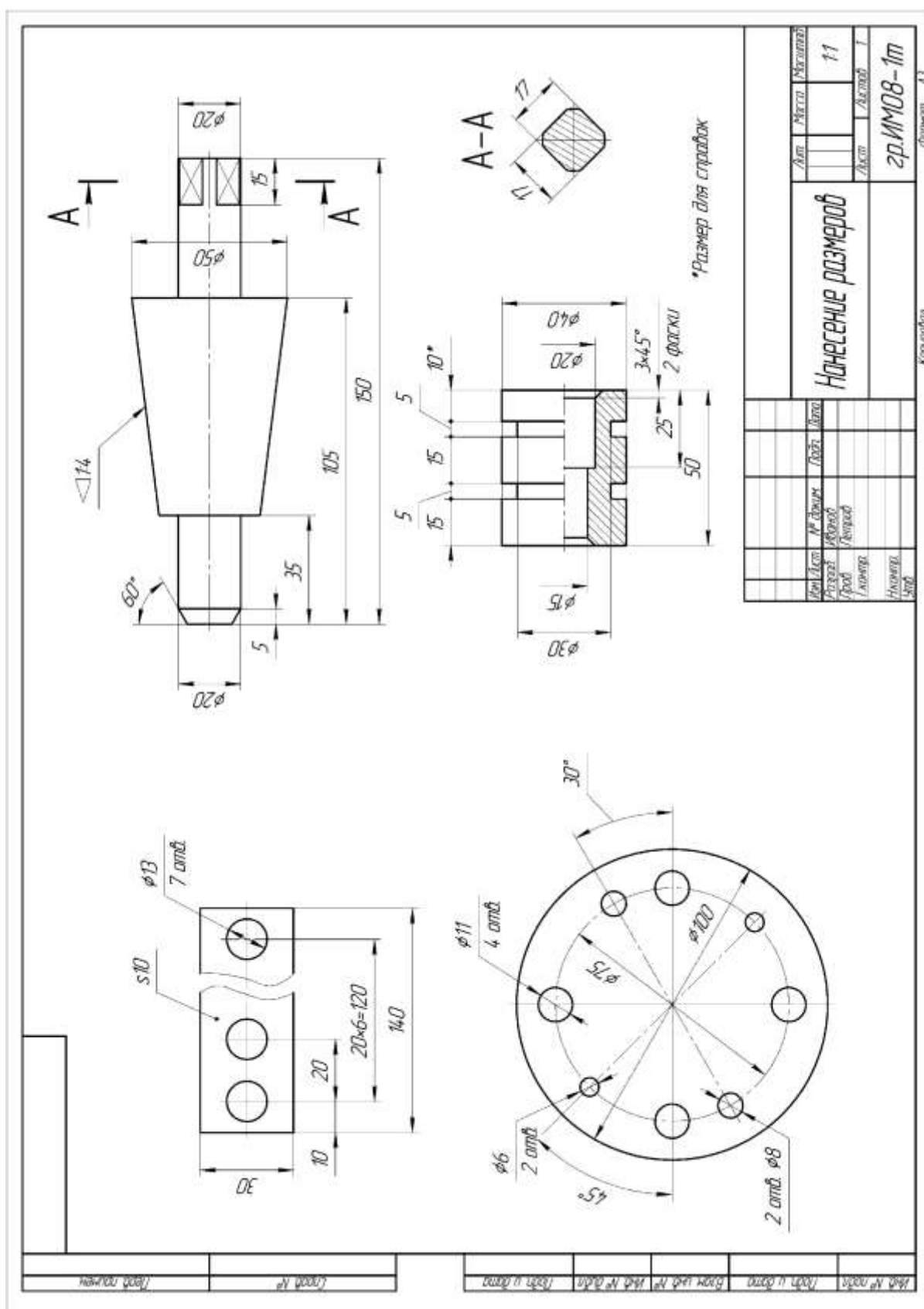


Рисунок В.1 – Завдання до виконання графічної роботи
 «Нанесення розмірів»

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Вихідні дані для з'єднань деталей шпилькою та шпонкою

№	З'єднання шпилькою					Шпонкове з'єднання		
	d ₁	S	Шпилька	Шайба	Гайка	d ₂	ℓ	Шпонка (ГОСТ)
			ГОСТ					
1	M36	36	ГОСТ 22032-76	ГОСТ 6958-78	ГОСТ 5915-70	6	8	ГОСТ 23360-78
2	M30	34				8	12	
3	M27	30				10	16	
4	M24	28				16	20	
5	M22	26				18	24	
6	M20	24	ГОСТ 22034-76			24	32	
7	M18	22				33	45	
8	M16	20				40	56	
9	M14	18				6	ГОСТ 24071-80	
10	M12	16				8		
11	M10	14	10					
12	M8	12	16					
13	M6	10	20					
14	M36	34	24					
15	M30	30	32					
16	M27	28	40					
17	M24	26	46					
18	M22	24	6	10		ГОСТ 23360-78		
19	M20	22	8	14				
20	M18	20	10	18				
21	M16	18	14	22				
22	M14	16	20	28				
23	M12	14	24	32				
24	M10	12	34	45				
25	M8	10	36	56				
26	M6	8	40	63				

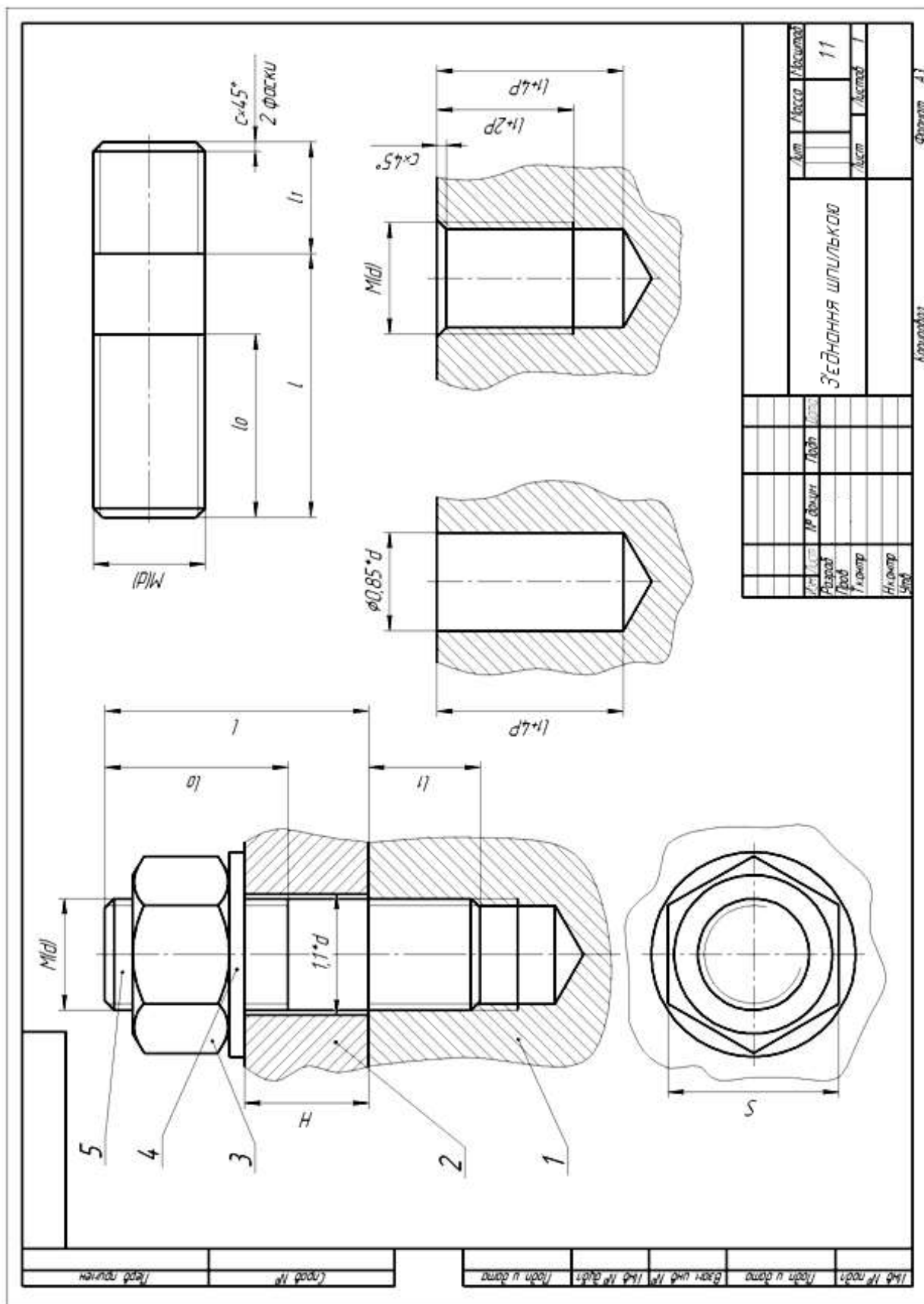


Рисунок Г.1 – Параметры з'єднання шпилькою

[illegible]

Рисунок Г.2 – Приклад виконання специфікації

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Розрахунок довжини вгвинчуваного кінця шпильки

ГОСТ на шпильку	Довжина вгвинчуваного кінця l_1 , мм	Область застосування
22032-76	$l_1 = d$	Для різьбових отворів у сталевих, бронзових і латунних деталях
22034-76	$l_1 = 1,25 d$	Для різьбових отворів у деталях з ковкого й сірого чавуну
22036-76	$l_1 = 1,6 d$	
22038-76	$l_1 = 2 d$	Для різьбових отворів у деталях з легких сплавів
22040-76	$l_1 = 2,5 d$	

Таблиця Д.2 – Довжина шпильок загального застосування

Номінальна довжина шпильки l , мм	Довжина різі гайкового кінця l_0 при d										
	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16
10	x	x	x								
12	10	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
14	10	11	x	x	-	-	-	-	-	-	-
16	10	11	12	x	x	x	x	x	-	-	-
(18)	10	11	12	14	x	x	x	x	-	-	-
20	10	11	12	14	16	x	x	x	-	-	-
(22)	10	11	12	14	16	18	x	x	-	-	-
25	10	11	12	14	16	18	22	x	x	x	-
(28)	10	11	12	14	16	18	22	x	x	x	-
30	10	11	12	14	16	18	22	x	x	x	-
(32)	10	11	12	14	16	18	22	x	x	x	-
35	10	11	12	14	16	18	22	26	x	x	x
(38)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	x	x
40	10	11	12	14	16	18	22	26	30	x	x
(42)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	x	x
45	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	x
(48)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
50	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
55	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
60	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
65	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38

Продовження таблиці Д.2

Номіна- льна довжина шпильки l , мм	Довжина різі гайкового кінця l_0 при d										
	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16
70	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
75	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
80	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
(85)	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
90	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
(95)	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
100	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
(105)	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
110	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
(115)	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
120	-	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38
130	-	17	18	20	22	24	28	32	36	40	44
140	-	17	18	20	22	24	28	32	36	40	44
Номіна- льна довжина шпильки l , мм	Довжина різі гайкового кінця l_0 при d										
	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36	(39)	42	45
10											
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(28)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(32)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці Д.2

Номіна- льна довжина шпильки l , мм	Довжина різі гайкового кінця l_0 при d										
	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36	(39)	42	45
35	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(38)	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(42)	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
(48)	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
50	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
55	42	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-
60	42	46	x	x	x	x	-	-	-	-	-
65	42	46	50	x	x	x	-	-	-	-	-
70	42	46	50	54	x	x	x	x	-	-	-
75	42	46	50	54	60	x	x	x	-	-	-
80	42	46	50	54	60	x	x	x	x	x	x
(85)	42	46	50	54	60	66	72	x	x	x	x
90	42	46	50	54	60	66	72	x	x	x	x
(95)	42	46	50	54	60	66	72	78	x	x	x
100	42	46	50	54	60	66	72	78	x	x	x
(105)	42	46	50	54	60	66	72	78	x	x	x
110	42	46	50	54	60	66	72	78	90	96	x
(115)	42	46	50	54	60	66	72	78	90	96	x
120	42	46	50	54	60	66	72	78	90	96	x
130	48	52	56	60	66	72	78	84	96	102	x
140	48	52	56	60	66	72	78	84	96	102	108

Примітки:

1. Номінальна довжина шпильки l не включає довжину різбового кінця, що вгвинчується l_1 .

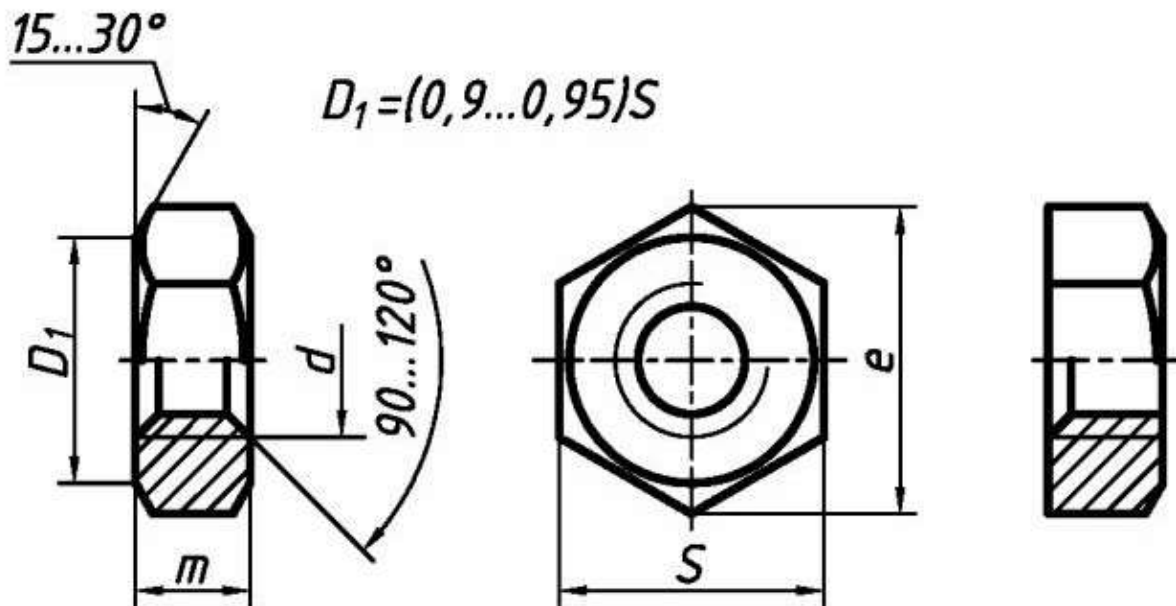
2. Шпильки із розмірами, що в дужках, по можливості не застосовувати.

Знаком $\times$ відмічені шпильки з довжиною гайкового кінця $l_0 = l - 0,5d - 2P$.

Таблиця Д.3 – Гайки шестигранні нормальні (ГОСТ 5915-70)

Виконання 1

Виконання 2

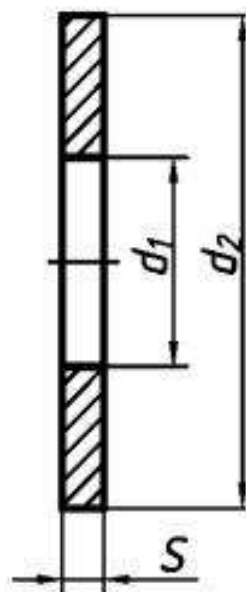


Номінальний діаметр різі d	Крок різі		S	e	m
	великий	дрібний			
6	1		10	10,9	5,2
8	1,25	1	13	14,2	6,8
10	1,5	1,25	16	17,6	8,4
12	1,75	1,25	18	19,9	10,8
(14)	2	1,5	21	22,8	12,8
16	2	1,5	24	26,2	14,8
(18)	2,5	1,5	27	29,6	16,4
20	2,5	1,5	30	33,0	18,0
(22)	2,5	1,5	34	37,3	19,8
24	3	2	36	39,6	21,5
(27)	3	2	41	45,2	23,6
30	3,5	2	46	50,9	25,6
36	4	3	55	60,8	31,0
42	4,5	3	65	71,3	34,0
48	5	3	75	82,6	38,0

Примітка.

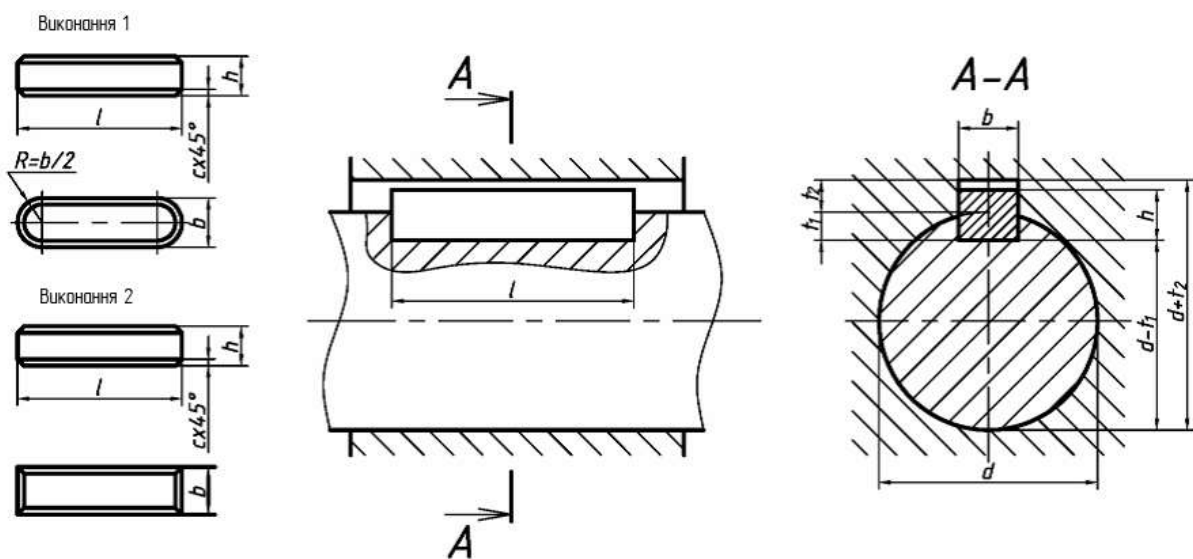
1 Розміри гайок у дужках застосовувати не рекомендується.

Таблиця Д.4 – Шайби звичайні нормальні (ГОСТ 11371-78)



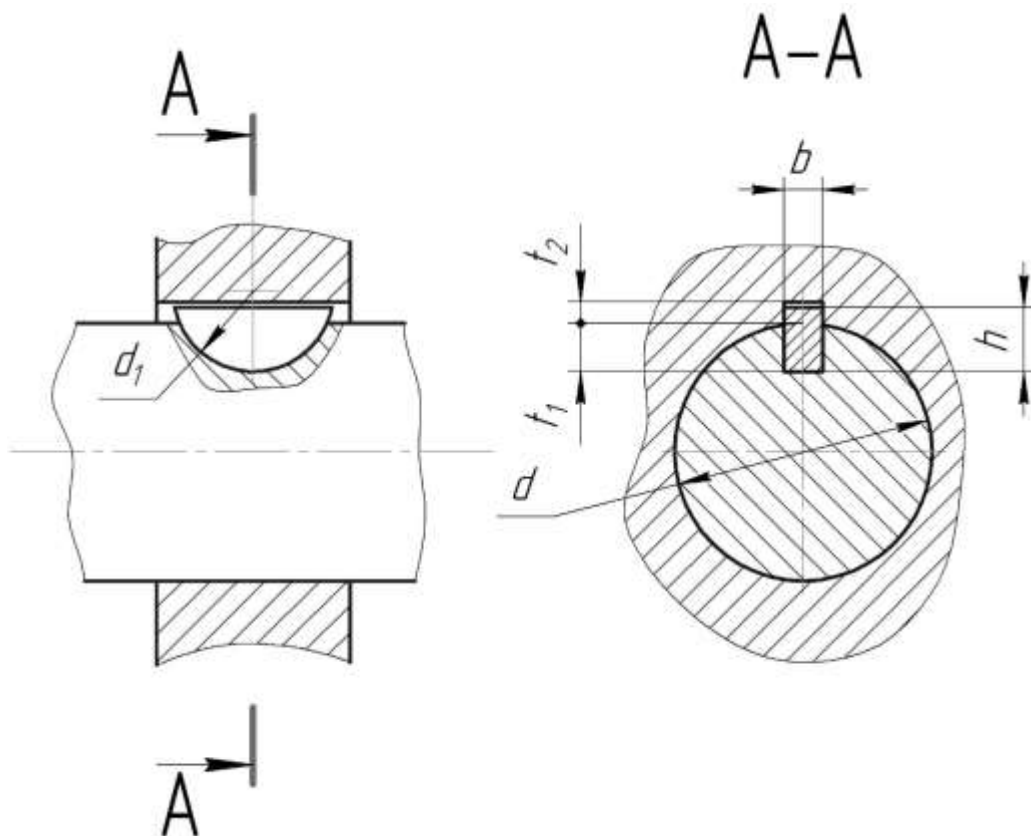
Номінальний діаметр різі крі- пильної деталі	d ₁	d ₂	S
4,0	4,5	9,0	0,8
5,0	5,5	10	1,0
6,0	6,6	12	1,6
8,0	9,0	16	1,6
10	11	20	2,0
12	13,5	24	2,5
14	15,5	28	2,5
16	17,5	30	3
18	20	34	3
20	22	37	3
22	24	39	3
24	26	44	4
27	30	50	4
30	33	56	4
33	-	60	5
36	39	66	5
42	45	78	7
48	52	92	8

Таблиця Д.5 – Шпонки призматичні та пази для них
(ГОСТ 2336-78, ГОСТ 9790-79)



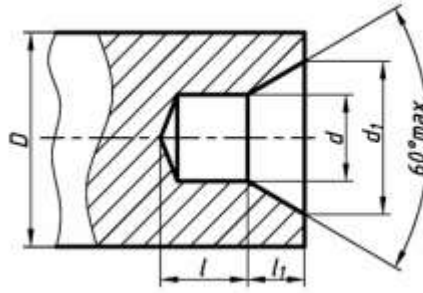
Діаметр d	Розміри перерізу шпонки		Глибина пазу		Довжина шпонки	Радіус закруглення r або фаска $C \times 45^\circ$
			Вал	Втулка		
	b	h	t ₁	t ₂		
12–17	5	5	3	2,3	10–56	0,16–0,25
17–22	6	6	3,5	2,8	14–70	
22–30	8	7	4	3,3	18–90	
30–38	10	8	5	3,3	22–110	0,25–0,4
38–44	12	8	5	3,3	28–140	
44–50	14	9	5,5	3,8	36–160	0,4–0,6
50–58	16	10	6	4,3	45–180	
58–65	18	11	7	4,4	50–200	
65–75	20	12	7,5	4,9	56–220	
75–85	22	14	9	5,4	63–250	

Таблиця Д.6 – Шпонки сегментні та пази для них
(ГОСТ 2336-78, ГОСТ 24071-80)



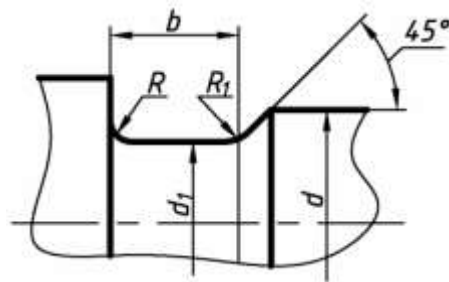
Діаметр d	Розміри шпонки			Глибина пазу	
				Вал	Втулка
	b	h	d ₁	t ₁	t ₂
12–15	3	5	13	3,8	1,4
15–18	3	6,5	16	5,3	1,4
18–20	4	6,5	16	5,0	1,8
20–22	4	7,5	19	6,0	1,8
22–25	5	6,5	16	4,5	2,3
25–28	5	7,5	19	5,5	2,3
28–32	5	9	22	7,0	2,3
32–36	6	9	22	6,5	2,8
36–40	6	10	25	7,5	2,8
>40	8	11	28	8,0	3,3

Таблиця Д.7 – Отвори центрові (ГОСТ 14034-74) (форма А)



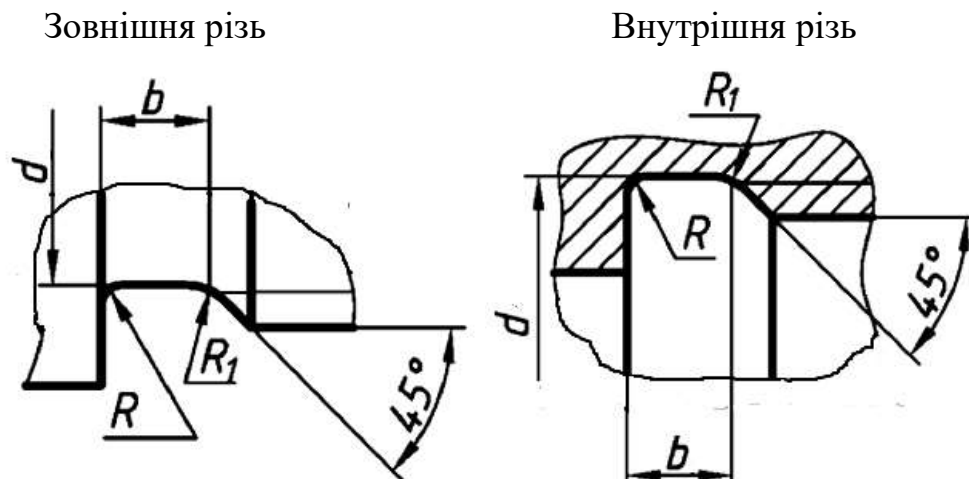
Розміри, мм				
D	d	d ₁	l, не менш	l ₁
4	1,0	2,12	1,3	0,97
5	1,25	2,65	1,6	1,21
6	1,6	3,35	2,0	1,52
10	2,0	4,25	2,5	1,95
14	2,5	5,30	3,1	2,42
20	3,15	6,70	3,9	3,07
30	4	8,50	5,0	3,90
40	5	10,60	6,3	4,85
60	6,3	13,20	8,0	5,98
80	8	17,00	10,1	7,79
100	10	21,20	12,8	9,70
120	12	25,40	14,6	11,60

Таблиця Д.8 – Канавки при круглому зовнішньому шліфуванні (ГОСТ 8820-69)



b	d ₁	R	R ₁	d
1	d – 0,3	0,3	0,2	≤ 10
1,6		0,5	0,3	
2	d – 0,5	1	0,5	> 10–50
3		1,6		> 50–100
5	d – 1	2	1	> 100
8		3		
10				

Таблиця Д.9 – Проточки для виходу різьботвірного інструменту
(ГОСТ 10549-80)



Крок різі , мм	Зовнішня різь				Внутрішня різь			
	<i>b</i> , мм	<i>R</i> мм	<i>R</i> ₁ мм	<i>d</i> мм	<i>b</i> , мм	<i>R</i> мм	<i>R</i> ₁ мм	<i>d</i> мм
0,4	1	0,3	0,2	D – 0,6	-	-	-	-
0,5	1,6	0,5	0,3	D – 0,8	2	0,5	0,3	D + 0,3
0,75	2	0,5	0,3	D – 1,2	3	1	0,5	D + 0,4
1	3	1	0,5	D – 1,5	4	1	0,5	D + 0,5
1,25	4	1	0,5	D – 1,8	5	1,6	0,5	D + 0,5
1,5	4	1	0,5	D – 2,2	6	1,6	1	D + 0,7
1,75	4	1	0,5	D – 2,5	7	1,6	1	D + 0,7
2	5	1,6	0,5	D – 3,0	8	2	1	D + 1,0
2,5	6	1,6	1	D – 3,5	10	3	1	D + 1,0
3	6	1,6	1	D – 4,5	10	3	1	D + 1,2
3,5	8	2	1,5	D – 5,0	10	3	1	D + 1,2
4	8	2	1	D – 6,0	12	3	1	D + 1,5
4,5	10	3	1	D – 6,5	14	3	1	D + 1,5
5	10	3	1	D – 7,0	16	3	1	D + 1,8
5,5	12	3	1	D – 8,0	16	3	1	D + 1,8
6	12	3	1	D – 9,0	16	3	1	D + 2,0

Навчальне видання

ОСНОВИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

Практикум

**для здобувачів першого рівня вищої освіти
спеціальності F3 «Комп'ютерні науки»
усіх форм навчання**

Укладач

КАБАЦЬКИЙ Олексій Володимирович

За авторським редагуванням

55/2023. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 4,65.

Обл.-вид. арк. 3,64. Тираж пр. Зам. № .

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія

84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 1633 від 24.12.2003