



**О. В. Кабацький,
В. В. Хорошайло**

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА
ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**Навчальний посібник до практичних занять (для
здобувачів першого рівня вищої освіти технічних
спеціальностей прискореної форми навчання)**

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

О. В. Кабацький
В. В. Хорошайло

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ,
ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**Навчальний посібник
до практичних занять**

**для здобувачів першого рівня вищої освіти технічних спеціальностей
прискореної форми навчання**

Затверджено
на засіданні вченої ради
Протокол № 5 від 26.12.2024

Краматорськ
ДДМА
2024

УДК 514.18
К 12

Рецензенти:

Клочко О. О., докт. техн. наук, професор, НТУ «ХП»;
Грицук Ю. В., канд. техн. наук, доцент, ДонНАБА.

Кабацький О. В.

К 12 Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка :
*навчальний посібник до практичних занять [для здобувачів
першого рівня вищої освіти технічних спеціальностей прискореної
форми навчання]* / О. В. Кабацький, В. В. Хорошайло. –
Краматорськ : ДДМА, 2024. – 119 с.
ISBN 978-617-7889-95-2.

Призначено для здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей прискореної форми навчання для засвоєння курсу «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка». Наведено стислі теоретичні відомості за темами курсу, практичні завдання, питання для самопідготовки, довідкові дані та приклади виконання креслеників.

УДК 514.18

ISBN 978-617-7889-95-2

© О. В. Кабацький,
В. В. Хорошайло, 2024
© ДДМА, 2024

ЗМІСТ

Умовні позначення	4
1 Основні правила оформлення креслеників. Побудова багатокутників	5
2 Точка та пряма в просторі. Точка на прямій.....	10
3 Площина у просторі. Точки і прямі у площині	23
4 Метод заміни площин проєкцій	30
5 Точка на поверхні. Перетин тіл площиною. Визначення натуральної величини перерізу	35
6 Види	42
7 Нанесення розмірів	44
8 Комплексне креслення тіл із крізним отвором.....	55
9 Різьбові з'єднання.....	68
10 Шпонкові з'єднання	72
Література.....	84
Додаток А	85
Додаток Б.....	88
Додаток В.....	92
Додаток Г.....	102
Додаток Д.....	112

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:

Г, Ф, Σ, Ω...

4 Кути – малими літерами грецького алфавіту:

α, β, γ, φ...

5 Площини проєкцій позначаються так:

Π₁ – горизонтальна;

Π₂ – фронтальна;

Π₃ – профільна;

Π₄, Π₅, Π₆ – 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 **Π₁** – **A₁, a₁, Σ₁**;

на площину **Π₂** – **A₂, a₂, Σ₂**;

на площину **Π₃** – **A₃, a₃, Σ₃**.

7 Деякі прямі і площини мають постійні позначення.

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

Площини рівня: горизонтальна – **Г**, фронтальна – **Ф**.

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 про порядок 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. 1.1)

Таблиця 1.1 – Розміри форматів

Формати	
Основні	Додаткові
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 потреби)	—

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

до 150 мм	± 1,5 мм
понад 150 до 600	± 2,0 мм
понад 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 усіх 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).

Линії (ГОСТ 2.303-68)

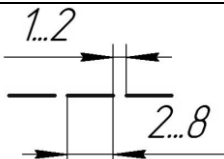
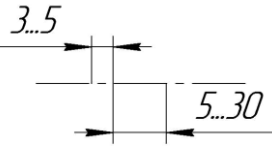
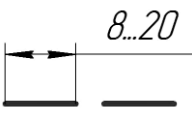

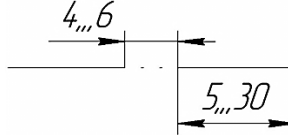
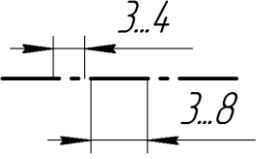
Стандарт встановлює зображення і основні призначення ліній на кресленнях усіх галузей промисловості і будівництва (табл. 1.2):

- товщина суцільної лінії (*S*) повинна бути в межах 0,5...1,4 мм, залежно від величини і складності зображення, а також від формату креслення;
- довжина штрихів у штрихових і штрихпунктирних 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 1.2 – Типи ліній, їх накреслення і призначення

Найменування	Накреслення	Товщина	Основне призначення
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Суцільна товста основна		<i>S</i> (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. Полиці і підкреслення. Лінії уявні. Лінії зображення суміжних деталей
Суцільна хвиляста		—	Лінія обриву. Лінії розмежування вигляду і розрізу

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
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 (дод. А, рис. А.1), що наносяться на кресленики 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 літер (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. 1.1) розташовується в правому нижньому кутку формату.

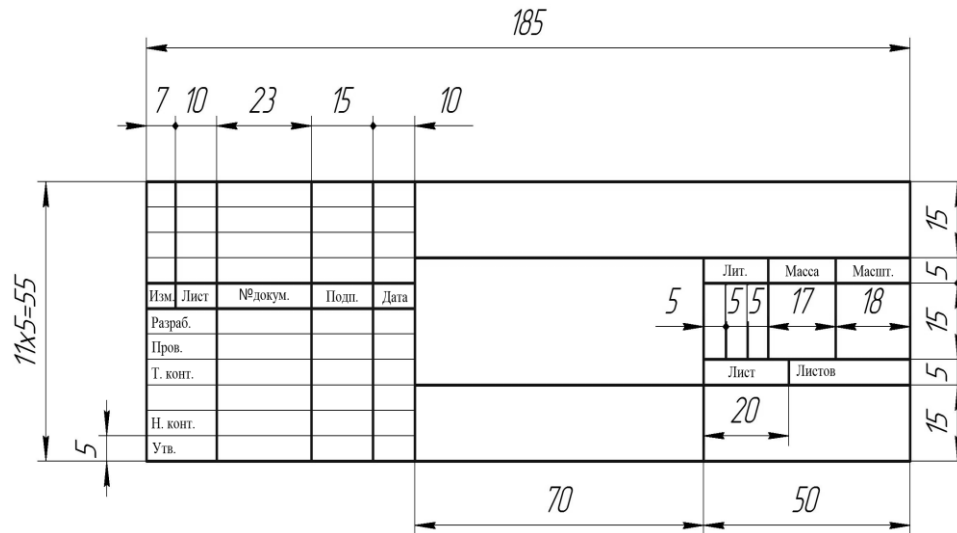


Рисунок 1.1

Побудова правильних багатокутників

Послідовність побудови правильних багатокутників викладено нижче (рис. 1.2, 1.3).

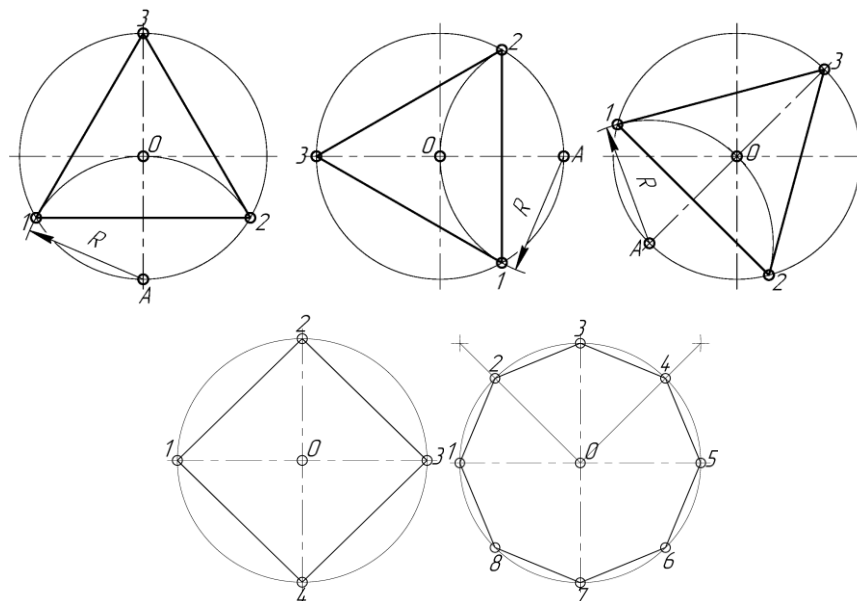


Рисунок 1.2

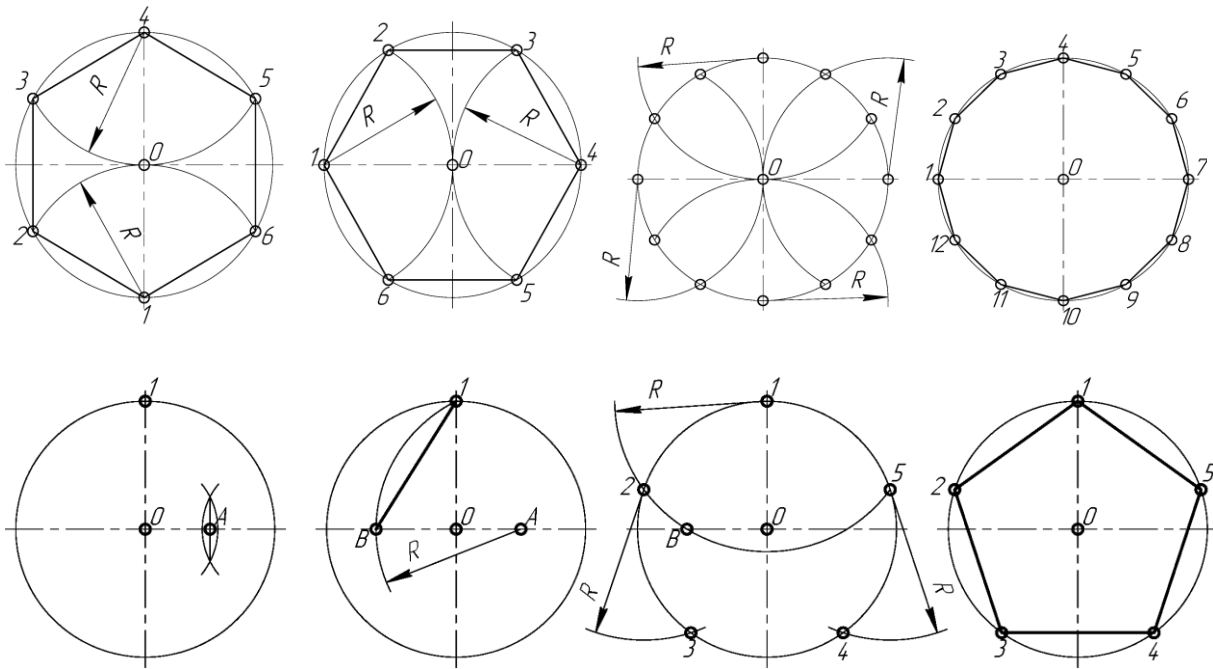


Рисунок 1.3

1.2 Виконання практичних завдань

Завдання 1. Побудувати на форматі А3 зображення ліній кресленика відповідно до ГОСТ 2.303-68, написати поруч їх назви (відповідно до 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 (рис. А3).

1.3 Контрольні питання

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

2 ТОЧКА ТА ПРЯМА В ПРОСТОРИ. ТОЧКА НА ПРЯМІЙ

2.1 Стислі теоретичні відомості

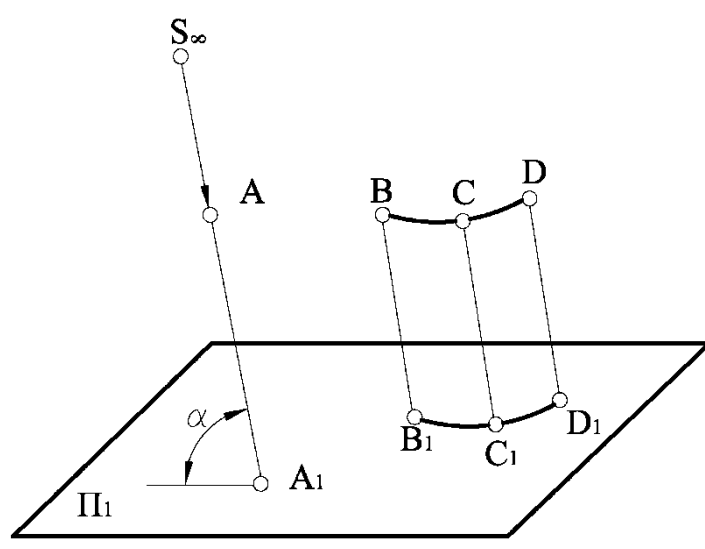
Комплексний кресленик точки

В основі побудови зображень, які розглядаються в нарисній геометрії та застосовуються в технічному кресленні, лежить метод проєціювання.

Апарат проєціювання включає в себе проєціювальні промені і площину проєкцій.

Проєцією точки є точка перетину проєціювального променя, що проходить через неї, з площиною проєкцій.

Якщо напрямок проєціювання є перпендикуляром до площини проєкцій, то таке проєціювання називається *прямокутним* або *ортогональним*, в інших випадках проєціювання називається *косокутним* (рис. 2.1).



A, B, C, D – об'єкти проєціювання; S_{∞} – заданий напрямок проєціювання;
 Π_1 – площина проєкцій; A_1, B_1, C_1, D_1 – проєкції точок A, B, C, D ;
 α – кут нахилу проєціювальних променів відносно площини проєкцій Π_1

Рисунок 2.1

Паралельне прямокутне проєціювання є основою нарисної геометрії та технічного креслення.

Для отримання оборотного кресленика будують комплексний кресленик об'єкта не менше як на дві площини проєкцій.

Метод побудови комплексного кресленика на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій узагальнив і обґрунтував Гаспар Монж.

За цим методом площини Π_1 і Π_2 взаємно перпендикулярні, а центри проєціювання віддалені в нескінченність у напрямку, перпендикулярному площинам проєкцій. Сукупність кількох зв'язаних між собою проєкцій фігури (мінімум двох) називають *системою прямокутних (ортогональних) проєкцій*.

Точку A в просторі ортогонально проєціюють на обидві площини проєкцій:

$$AA_1 \perp \Pi_1; AA_1 \cap \Pi_1 = A_1;$$

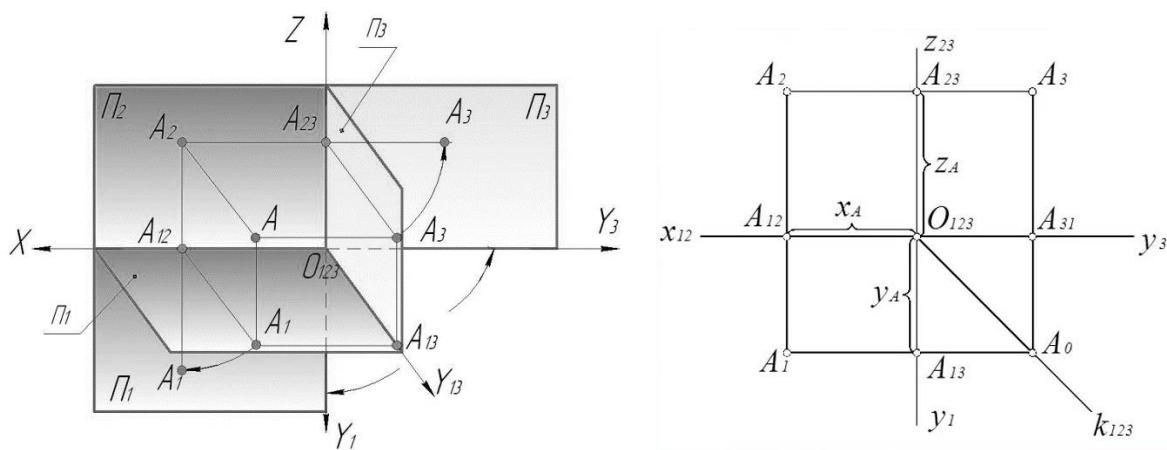
$$AA_2 \perp \Pi_2; AA_2 \cap \Pi_2 = A_2.$$

Проєціювальні промені AA_1 і AA_2 взаємно перпендикулярні і створюють у просторі проєціювальну площину A_1A_2A , перпендикулярну обом площинам проєкцій. Ця площина перетинає площини проєкцій за лініями, які проходять через проєкції точки A (рис. 2.2).

Щоб отримати плоский кресленик, сумістимо горизонтальну площину проєкцій Π_1 з фронтальною площиною Π_2 обертанням навколо осі Π_2/Π_1 . Тоді обидві проєкції точки виявляються на одній лінії, перпендикулярній осі Π_2/Π_1 . Пряма, що з'єднує горизонтальну A_1 і фронтальну A_2 проєкції точки, називається *вертикальною лінією зв'язку*.

Дві пов'язані між собою ортогональні проєкції точки однозначно визначають її положення відносно площин проєкцій.

Методика утворення ортогональних проєкцій показана на рисунку 2.2.



A_1 – горизонтальна проєкція точки A ;

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

Рисунок 2.2

Комплексний кресленик прямої

Прямі загального положення – прямі, які розташовані не паралельно та не перпендикулярно до жодної з площин проєкцій (рис. 2.3).

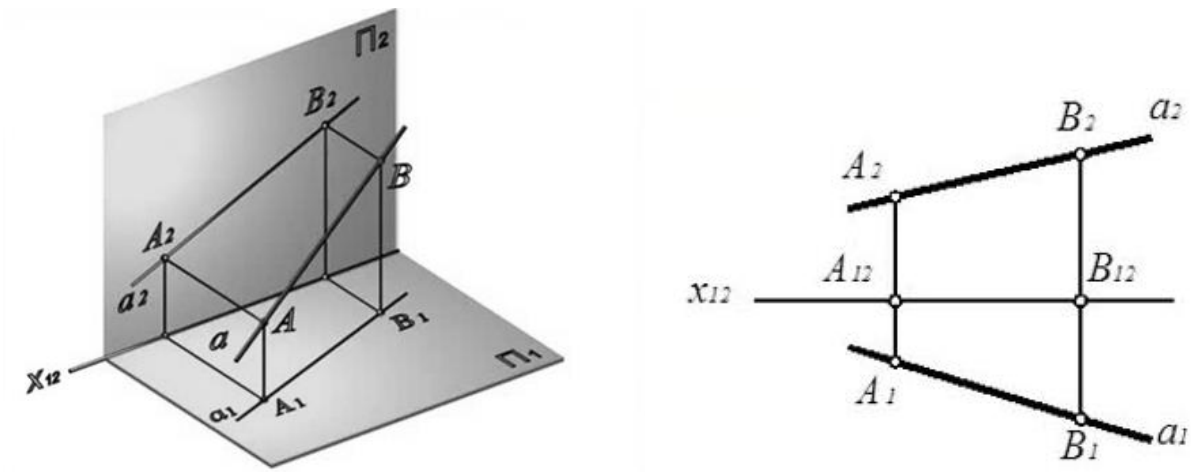


Рисунок 2.3

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. 2.4).

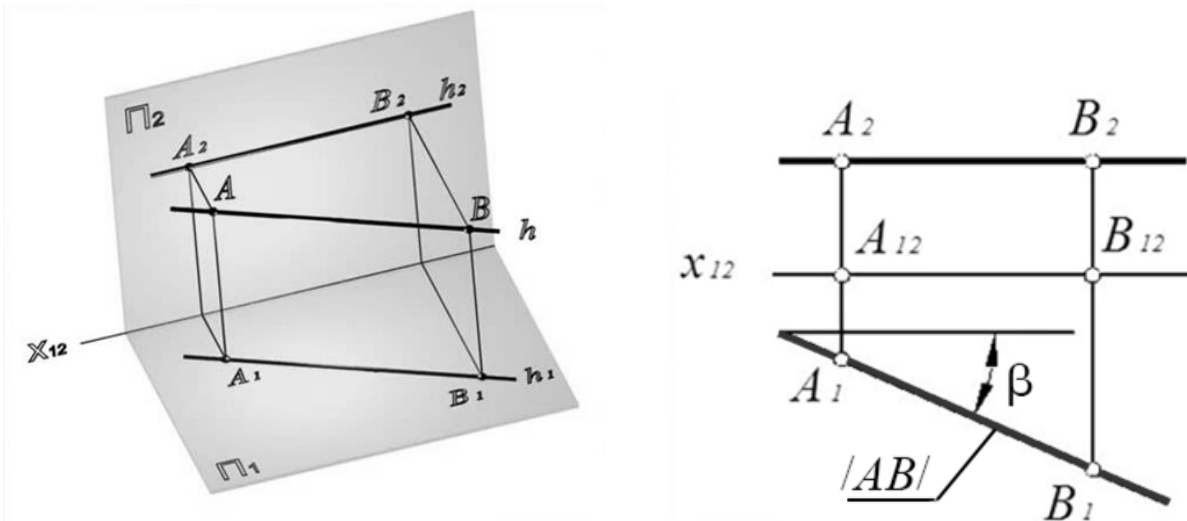


Рисунок 2.4

Фронталь (f) – пряма, що паралельна до фронтальної площини проєкцій (рис. 2.5).

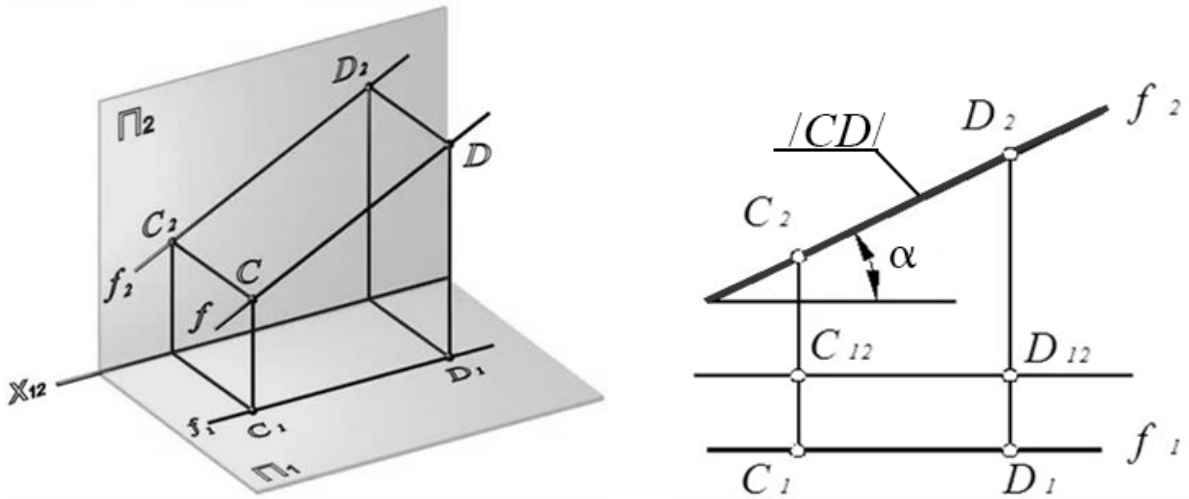


Рисунок 2.5

Профільна пряма (p) – пряма, що паралельна до профільної площини проєкцій (рис. 2.6).

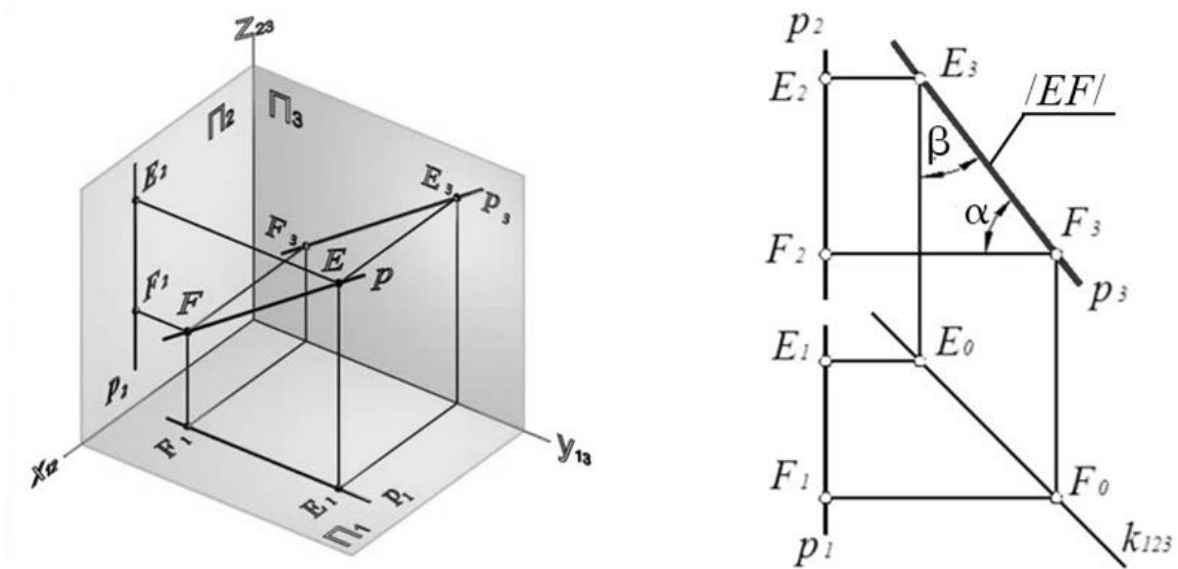


Рисунок 2.6

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

Горизонтально-проєціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис. 2.7).

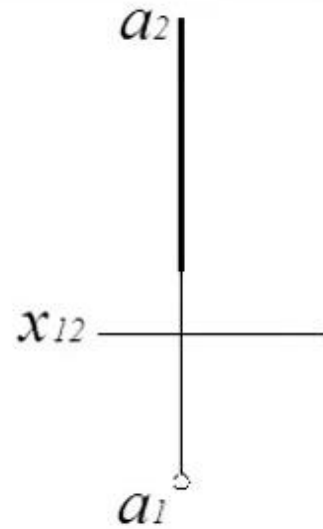
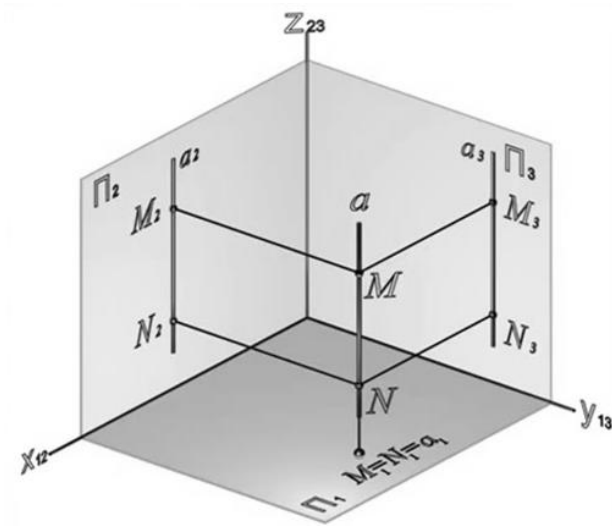


Рисунок 2.7

Фронтально-проєціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій (рис. 2.8).

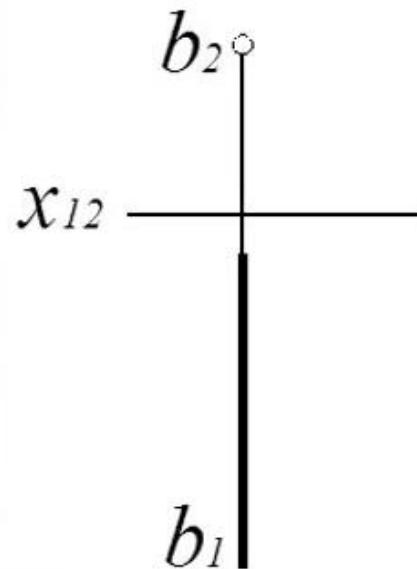
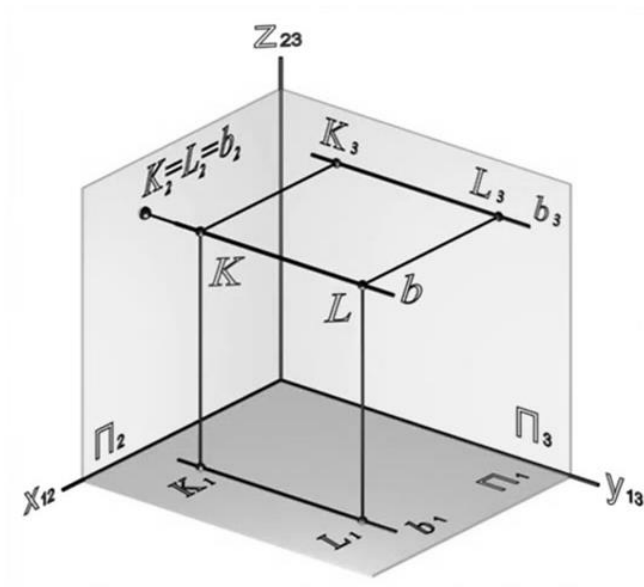


Рисунок 2.8

Профільно-проєціювальна пряма – пряма, що перпендикулярна до профільної площини проєкцій (рис. 2.9).

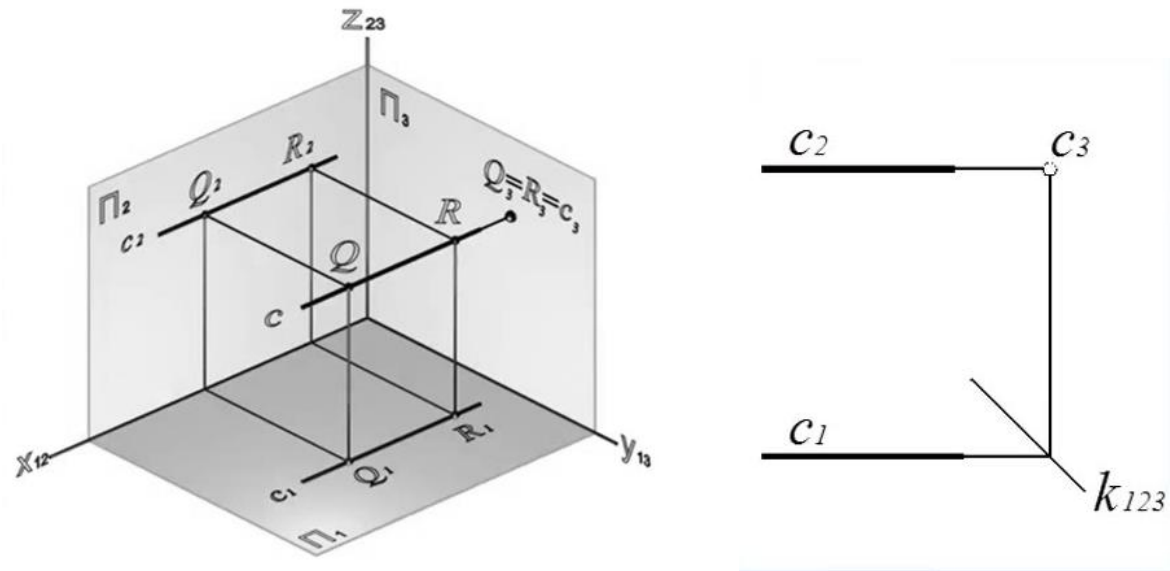


Рисунок 2.9

Метод прямокутного трикутника

Натуральна довжина відрізка прямого загального положення визначається як гіпотенуза прямокутного трикутника, один катет якого – проекція відрізка на площину проєкцій, а другий – різниця відстаней кінців відрізка до цієї площини проєкцій (рис. 2.10).

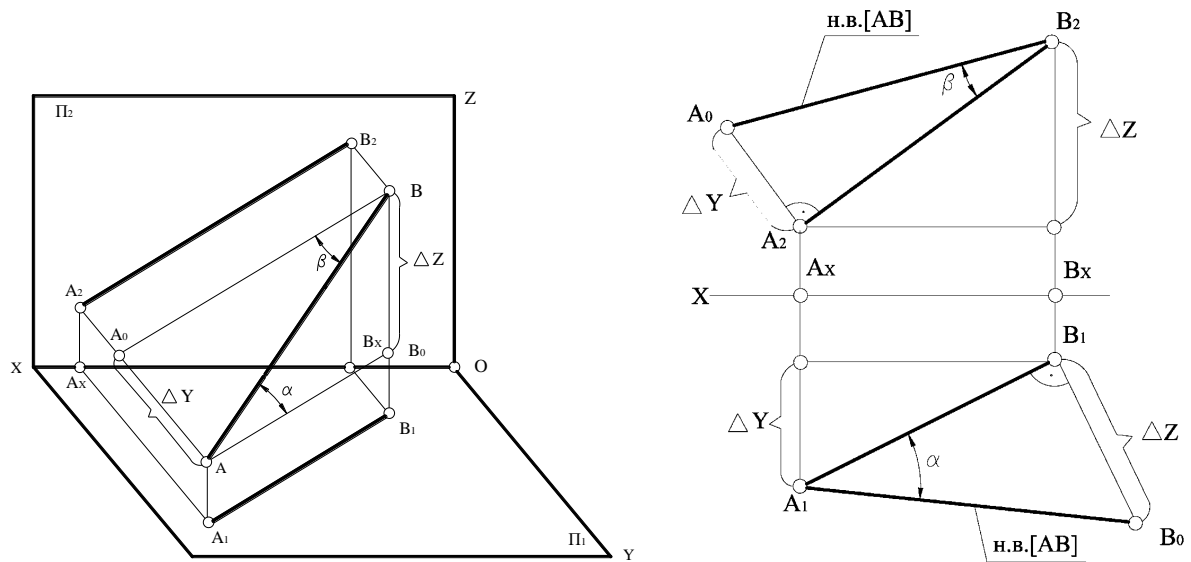


Рисунок 2.10

Взаємне положення прямих

- Паралельні прямі (рис. 2.11).

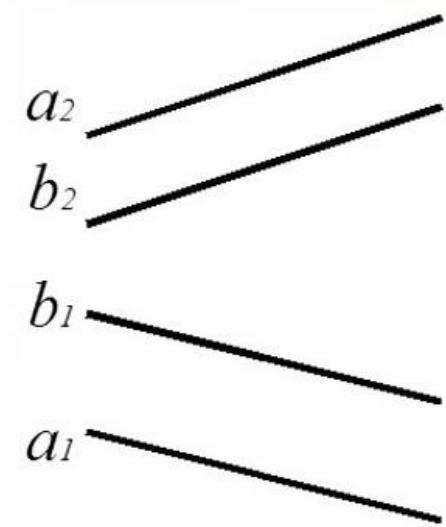
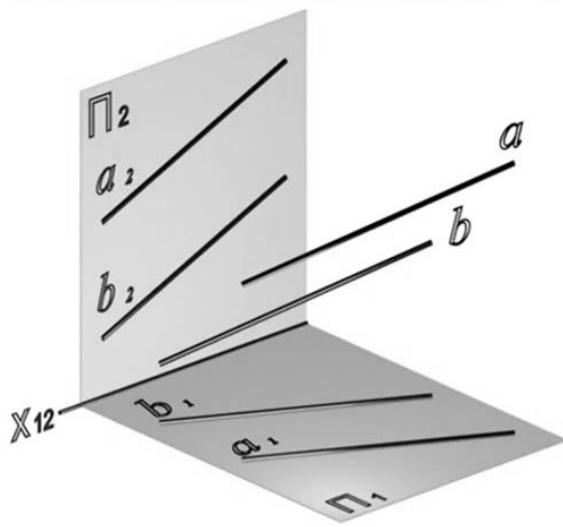


Рисунок 2.11

Прямі є паралельними, якщо паралельні їх однойменні проєкції.

- Прямі, що перетинаються (рис. 2.12).

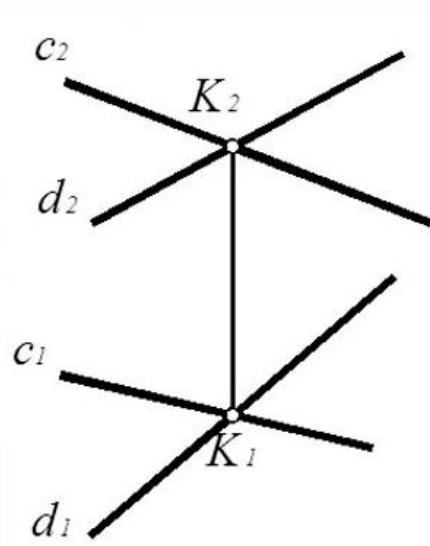
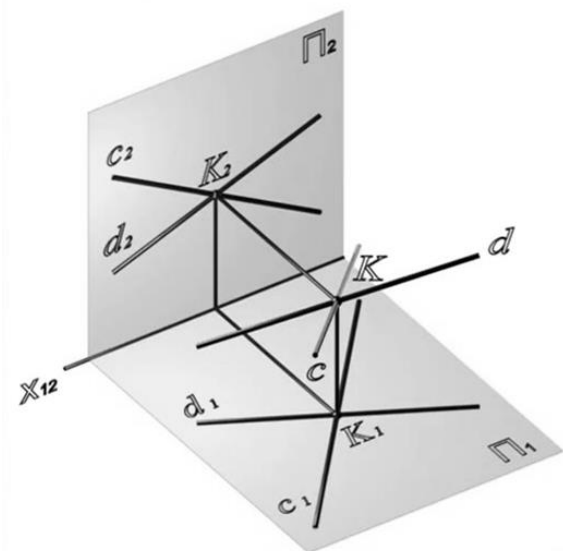


Рисунок 2.12

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

- Мимобіжні прямі (рис. 2.13).

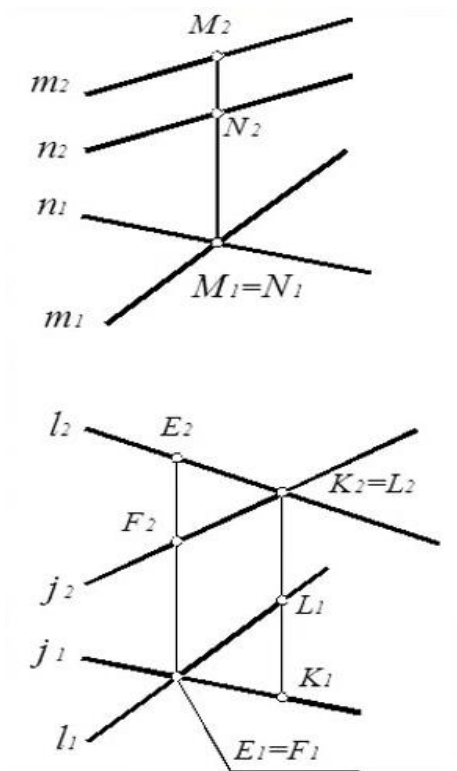
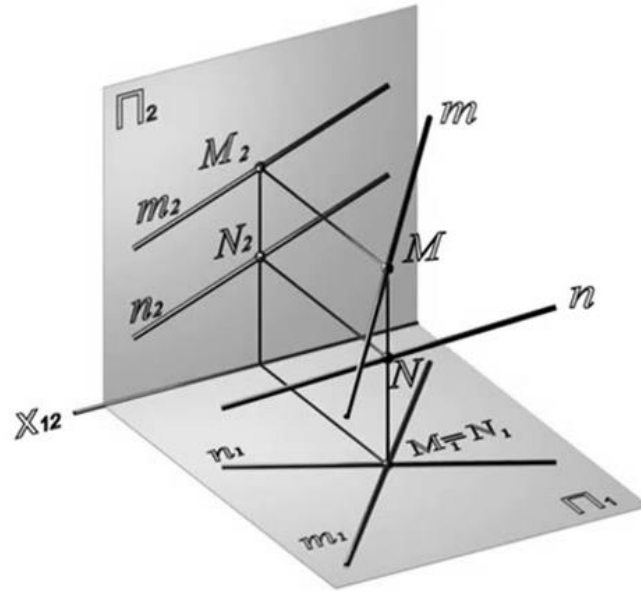


Рисунок 2.13

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

Правило проєціювання прямого кута

Прямий кут проєціюється на площину в натуральну величину, якщо хоч би одна з його сторін паралельна площині проєкцій, а інша є прямою загального виду (рис. 2.14).

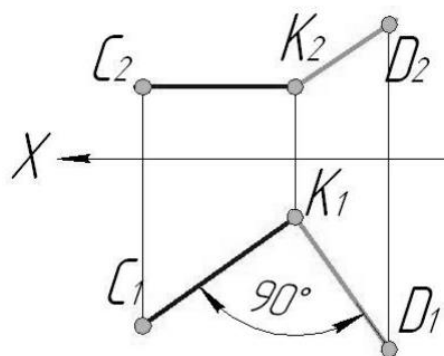
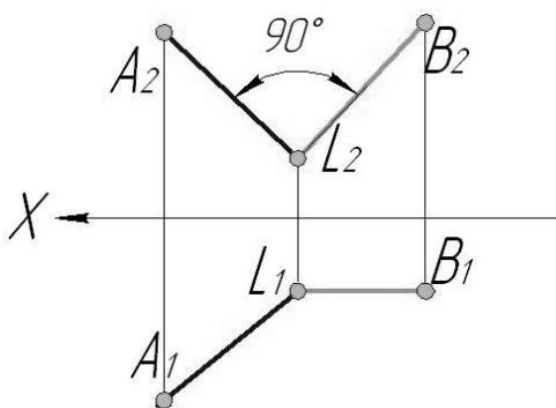
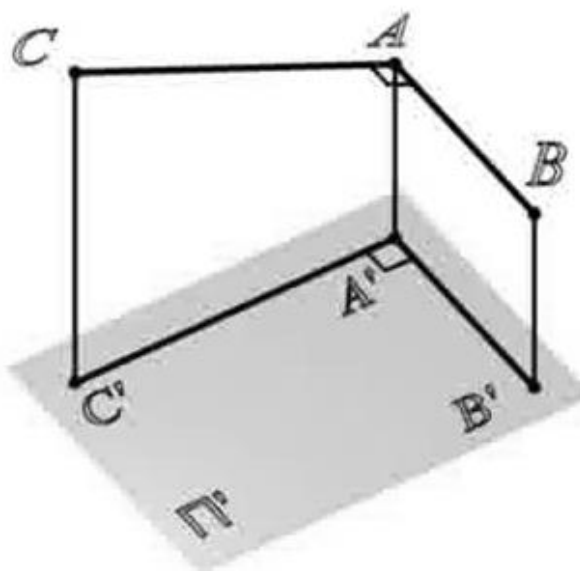
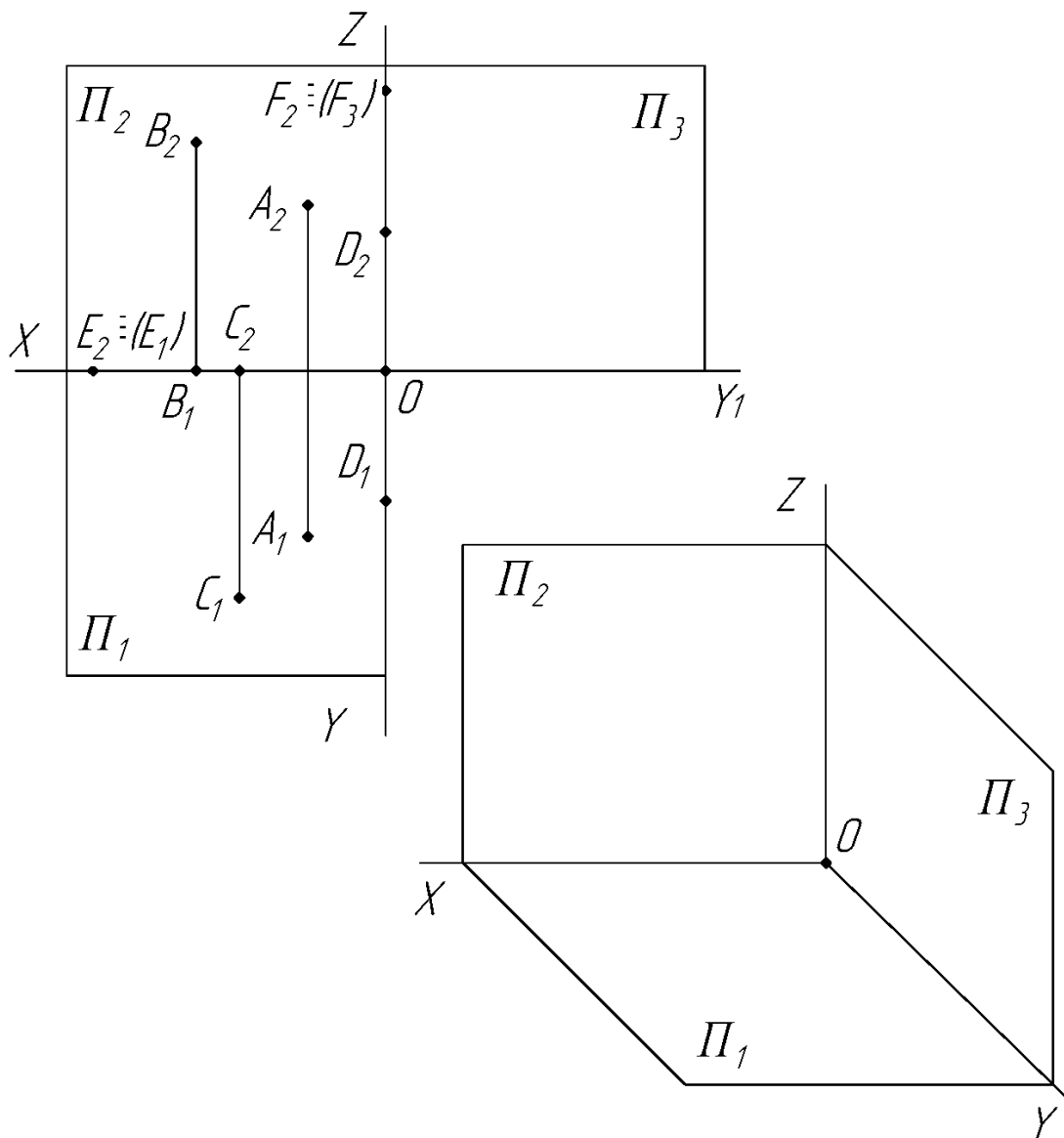


Рисунок 2.14

2.2 Виконання практичних завдань

Завдання 2. За двома проекціями точки (рис. 2.15, а) побудувати третю. Виміряти та записати до таблиці 2.1 координати точок. Побудувати на рисунку 2.15, б наочні зображення точок.



Таблиця 2.1

	A	B	C	D	E	F
X						
Y						
Z						

Завдання 3. Побудувати (рис. 2.16):

Завдання 4. Побудувати (рис. 2.17) три проекції відрізка за координатами його кінців: $A(25, 20, 28)$, $B(12, 10, 0)$

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

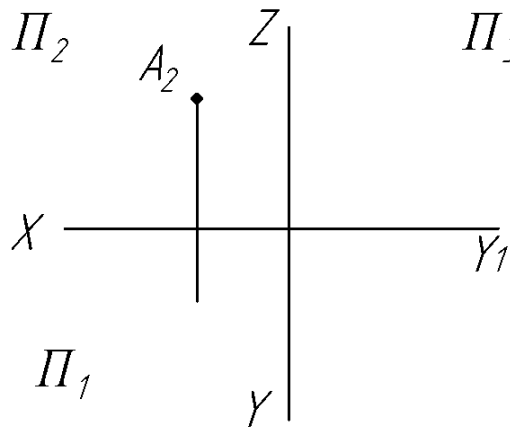


Рисунок 2.16

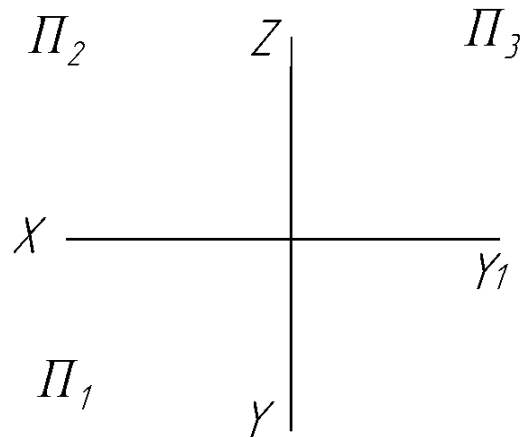


Рисунок 2.17

Завдання 5. Для зображених відрізків рівня (рис. 2.18) визначити їх розташування, натуральні величини та кути їх нахилів до площин Π_1, Π_2, Π_3 (α, β, γ – відповідно).

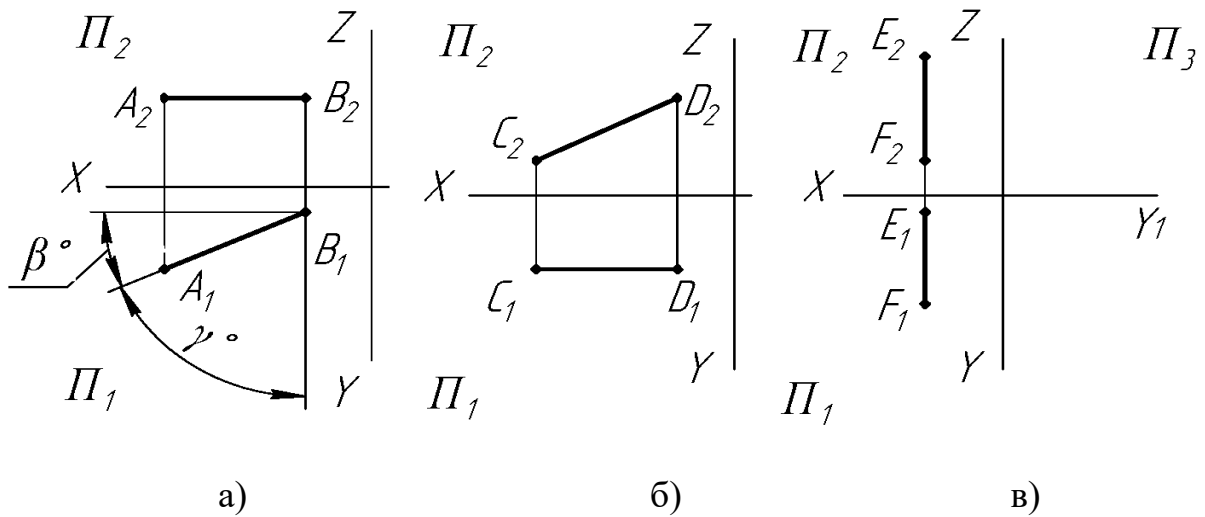


Рисунок 2.18

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)

Завдання 6 (рис. 2.19)

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. Проєкції відрізка прямої $[AB]$ і точки C побудувати за координатами точок відповідно до варіанта завдання, вибравши вісь X , початок координат O і масштаб так, щоб зображення зайняло більшу частину поля креслення. Приклад виконання завдання наведено у додатку Б, рисунок Б.1.

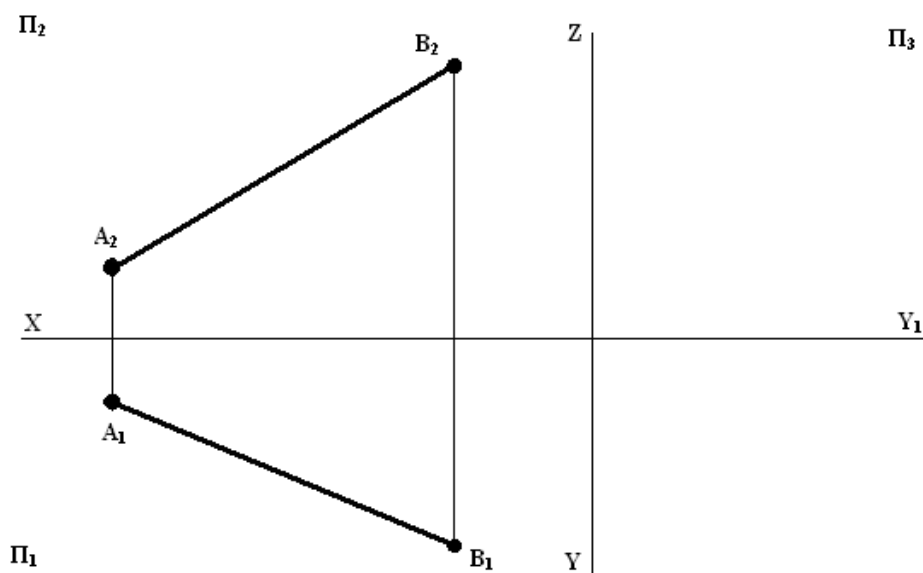


Рисунок 2.19

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 питання

- 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 ПРОСТОРІ. 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 відтворюється як лінії, що паралельні відповідним координатним осям.

Горизонтальна площина рівня – площина, що паралельна до горизонтальної площини проєкцій (рис. 3.1).



Рисунок 3.1

Фронтальна площина рівня – площина, що паралельна до фронтальної площини проєкцій (рис. 3.2). Проєкція фігури на площину Π_2 відтворюється у натуральну величину.

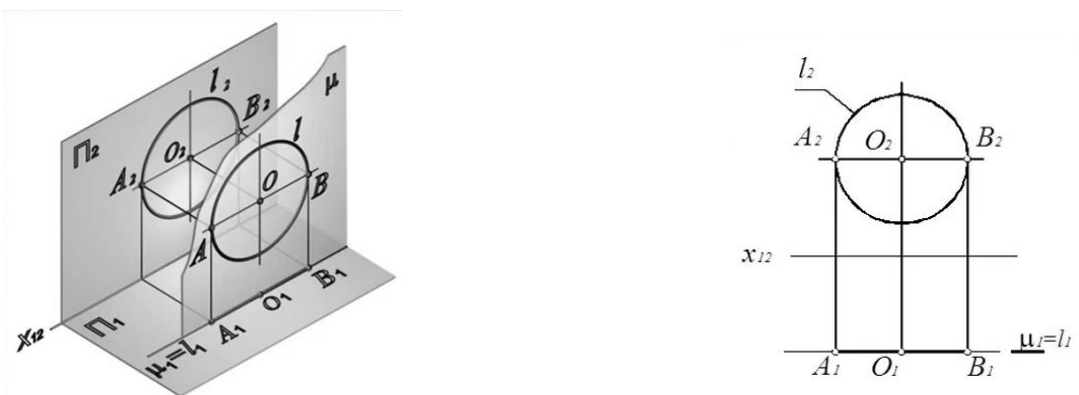


Рисунок 3.2

Профільна площина рівня – площина, що паралельна до профільної площини проєкцій (рис. 3.3). Проєкція прямої на площину Π_3 відтворюється у натуральну величину.

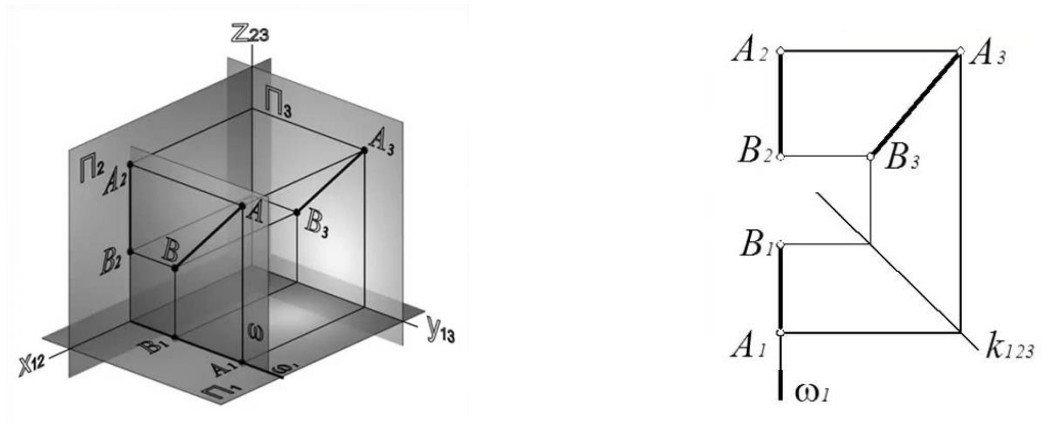


Рисунок 3.3

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

Основні властивості

1. *Збиральна властивість* – проєкції об'єктів, що лежать у проєціювальних площинах, на перпендикулярні до них площини проєкцій відтворюються як лінії, що не є паралельними до відповідних координатних осей.

2. Проєкції кутів нахилу проєціювальних площин до площин проєкцій відтворюються на перпендикулярні до них площини проєкцій у натуральну величину.

Горизонтально-проєціювальна площина – площина, що перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис. 3.4).



Рисунок 3.4

Фронтально-просіювальна площина – площина, що перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій (рис. 3.5).

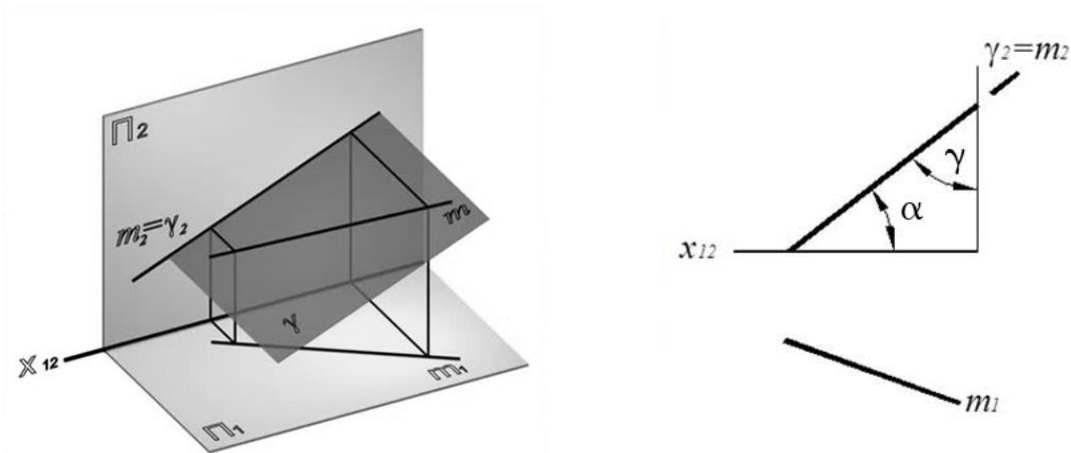


Рисунок 3.5

Профільно-просіювальна площина – площина, що перпендикулярна до профільної площини проєкцій (рис. 3.6).

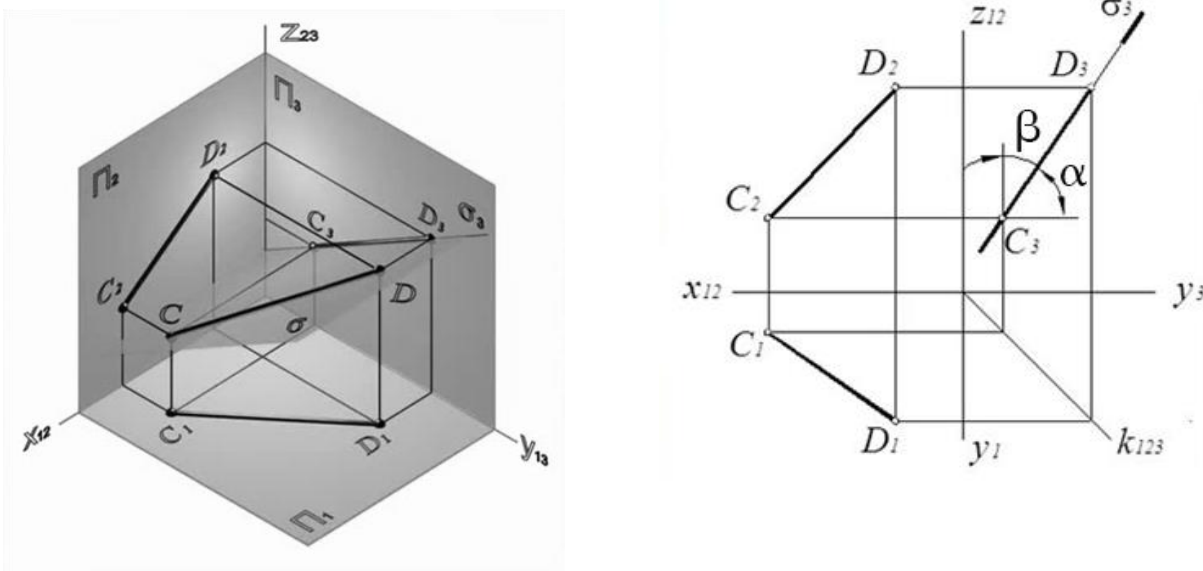


Рисунок 3.6

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 (рис. 3.7, 3.8).

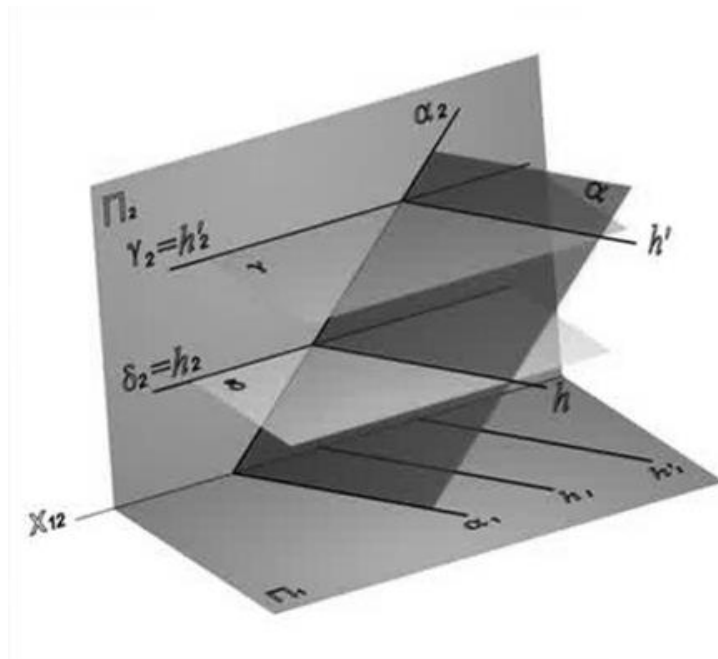


Рисунок 3.7

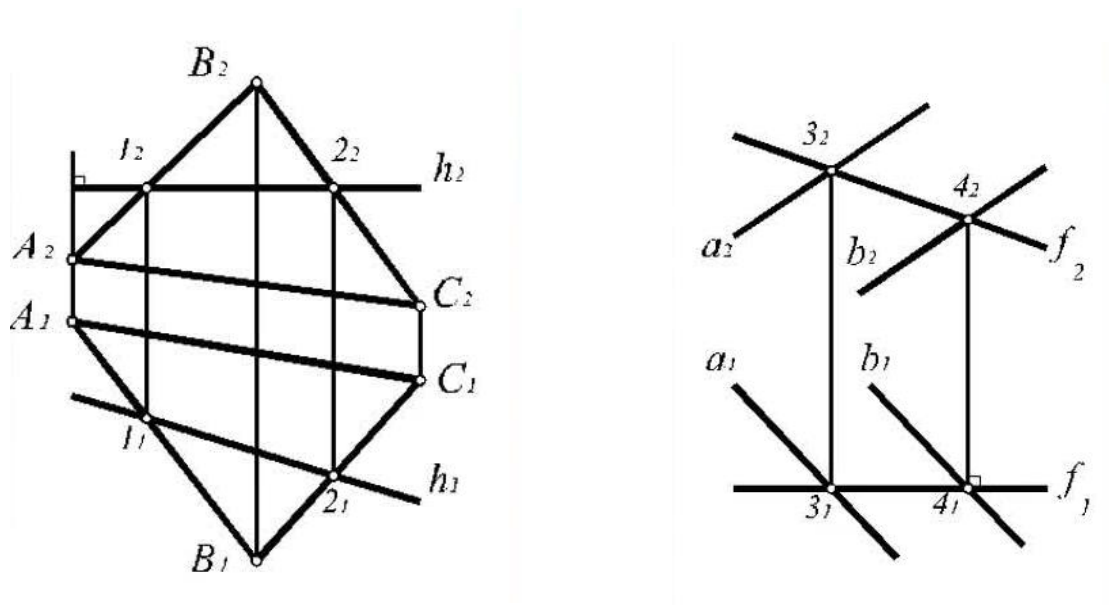


Рисунок 3.8

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.

Визначення на основі комплексного кресленику належності точки K площині α показане на рисунках 3.9, 3.10.

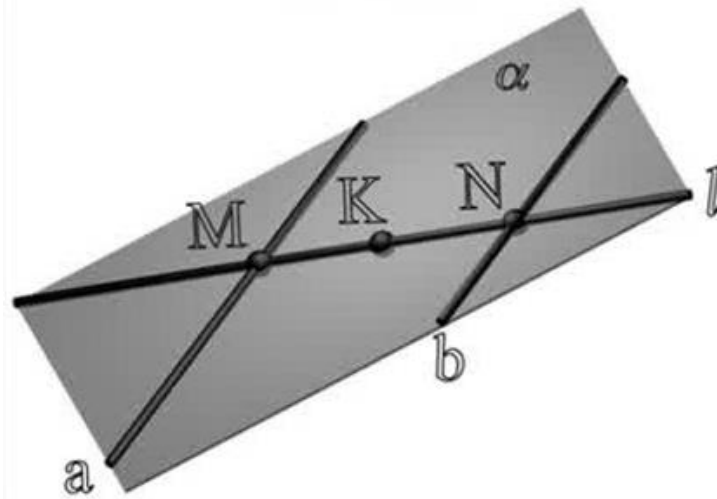
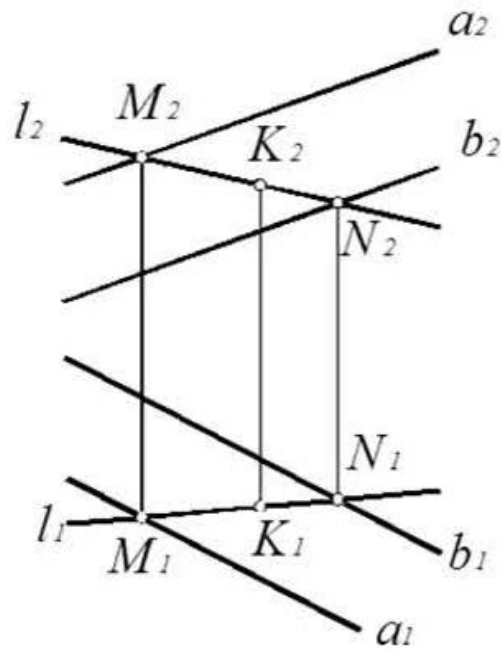


Рисунок 3.9



$$\left. \begin{array}{l} M \in \alpha(a \parallel b) \\ N \in \alpha(a \parallel b) \end{array} \right\} \Rightarrow l(MN) \subset \alpha(a \parallel b)$$

$$K \in l(MN) \Rightarrow K \in \alpha(a \parallel b)$$

Рисунок 3.10

3.2 Виконання практичних завдань

Завдання 7. Визначити (рис. 3.11) розташування та площу прямокутника ABCD.

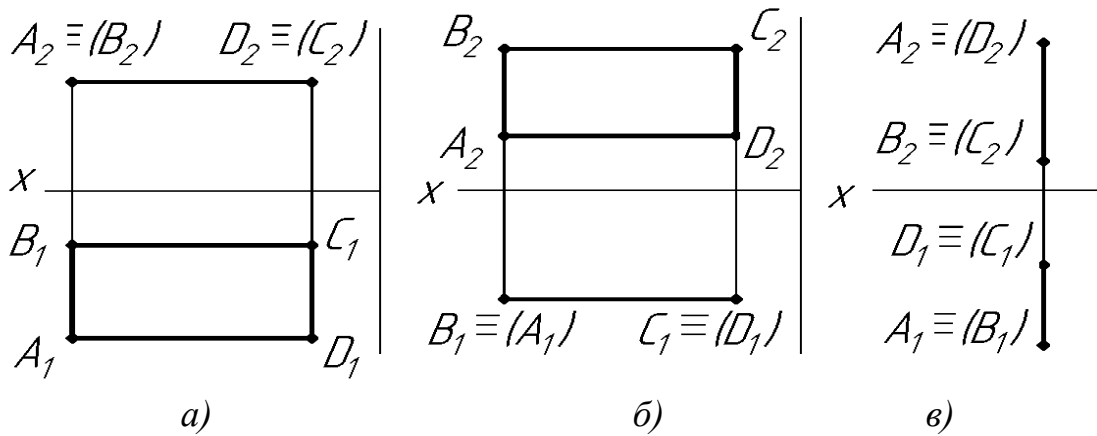


Рисунок 3.11

Відповідь:

а)

б)

в)

Завдання 8. Визначити (рис. 3.12) розташування, площу прямокутника ABCD та кути його нахилу до площин проєкцій, вказати видимість точок.

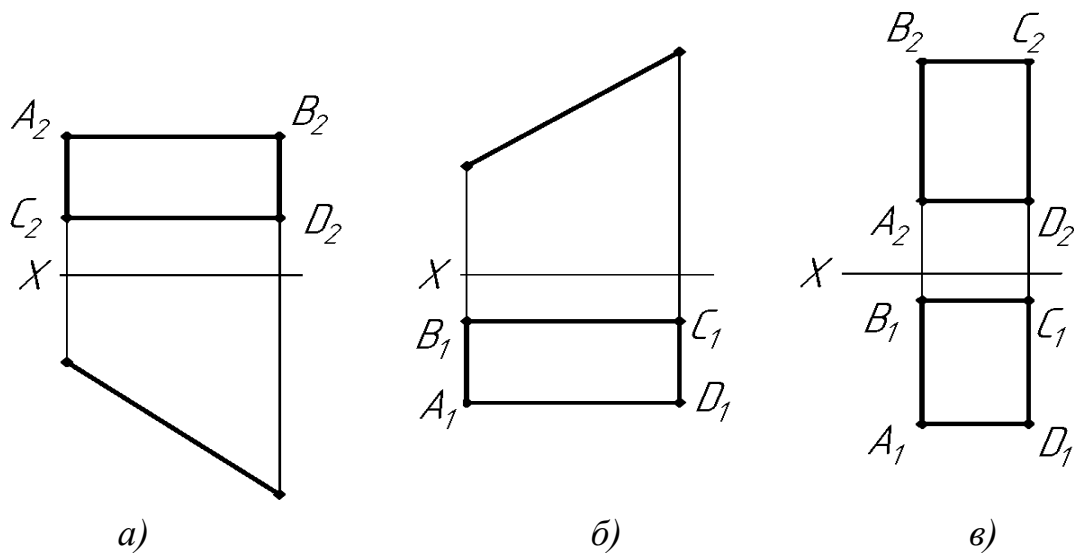


Рисунок 3.12

Відповідь:

а)

б)

в)

Завдання 9. Побудувати (рис. 3.13) 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.

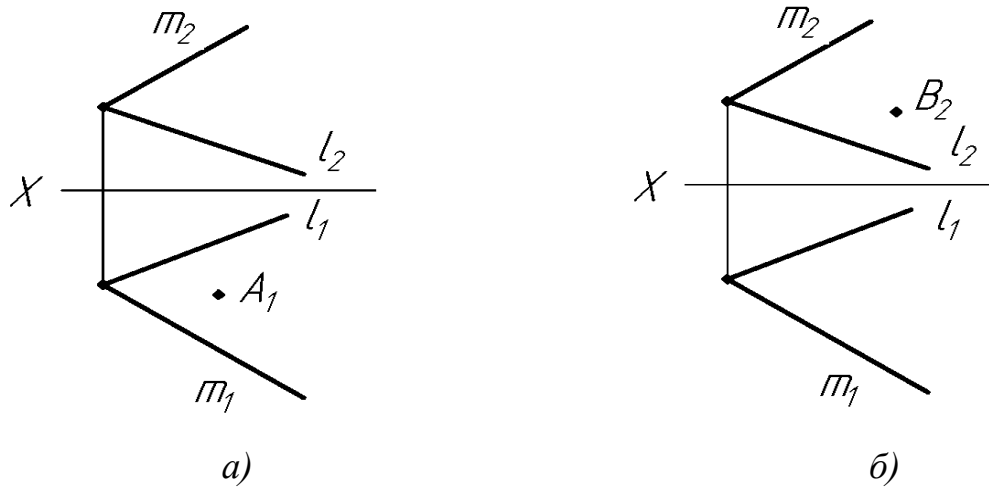


Рисунок 3.13

3.3 Контрольні питання

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

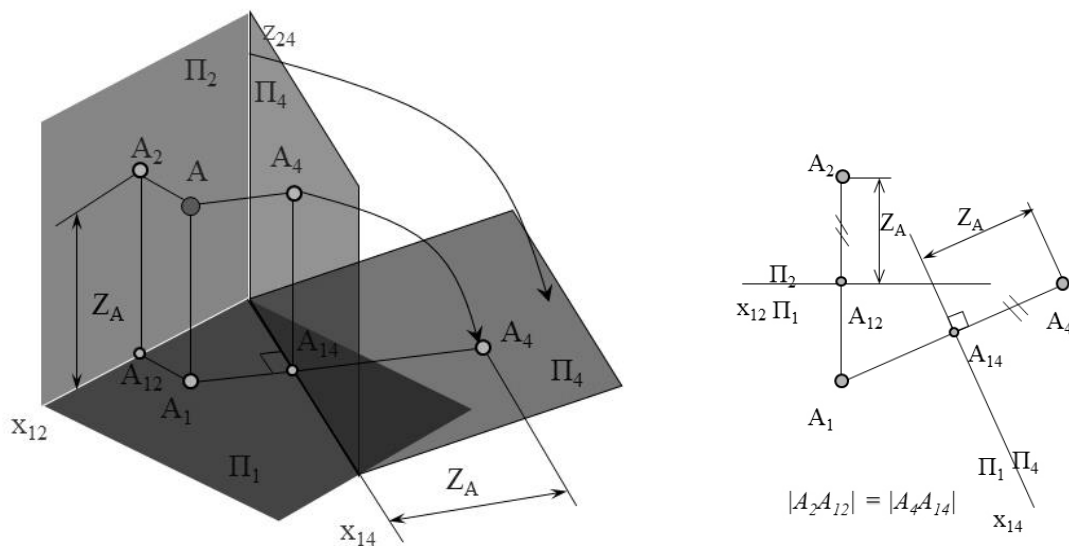
4 МЕТОД ЗАМІНИ ПЛОЩИН ПРОЕКЦІЙ

4.1 Стислі теоретичні відомості

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

Правило побудови проєкцій точок на додаткових площинах

Відстань від нової проєкції точки (A_4) до нової осі (x_{14}) дорівнює відстані від проєкції точки на площині, що замінюється (A_2), до осі попередньої системи площин (x_{12}). Тобто, при заміні фронтальної площини проєкцій незмінною є координата z , а при заміні горизонтальної площини проєкцій Π_1 – координата y . (рис 4.1).



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

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

Рисунок 4.1

Основні задачі, що розв'язуються за допомогою перетворення креслення (рис. 4.2, 4.3).

1. Перетворення прямої загального положення на пряму рівня;
2. Перетворення прямої рівня на проєціювальну;
3. Перетворення площини загального положення на проєціювальну;

4. Перетворення проєціювальної площини на площину рівня.

На рисунку 4.2 зображено розв'язання перших двох задач перетворення прямої загального положення на пряму рівня та перетворення її на проєціювальну. У системі $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ відрізок прямої AB

займає загальне положення. Для перетворення відрізка прямої на пряму рівня будемо на довільній відстані від відрізка площину Π_4 , яка паралельна проєкції відрізка A_1B_1 , а також ця площина $\Pi_4 \perp \Pi_1$.

Щоб отримати натуральну величину відрізка, від осі x_{14} відкладаємо відстані, що дорівнюють відстаням від точок A_2 і B_2 до осі x_{12} . У системі $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ відрізок прямої AB стає прямою рівня і на площині

проєкцій Π_4 проєціюється в натуральному вигляді.

Для перетворення відрізка прямої рівня на проєціювальне положення необхідно перпендикулярно до прямої рівня провести нову площину Π_5 , слідом якої буде x_{45} . Проєкція прямої у вигляді точки $A_5 \equiv (B_5)$ розміститься від осі x_{45} на відстані, що дорівнює відстані від проєкцій A_1 та B_1 до осі x_{14} .

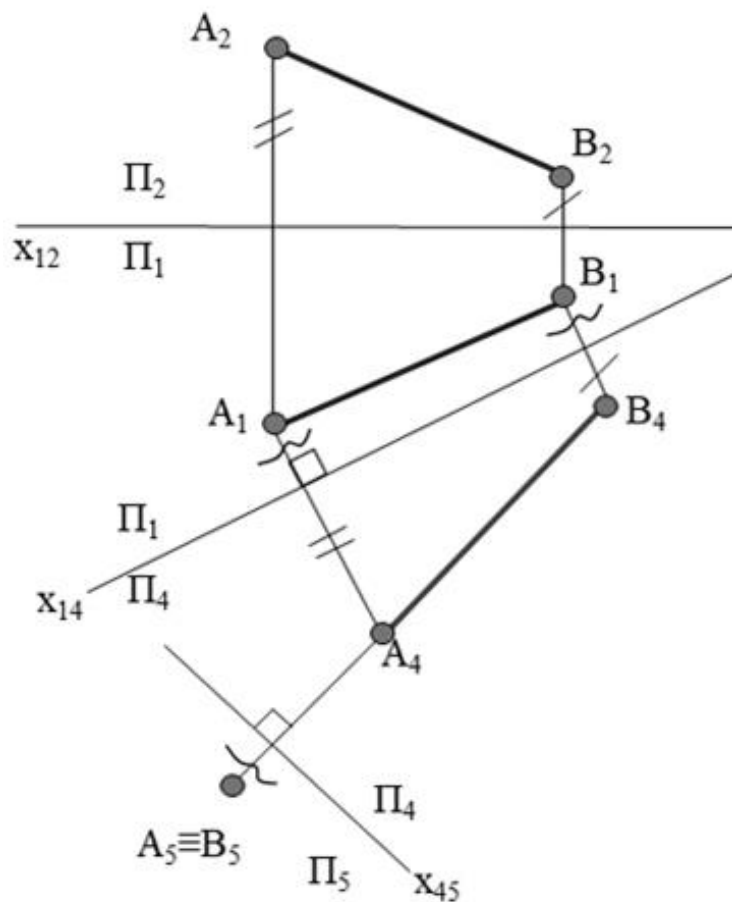


Рисунок 4.2 – Розв'язання 1- та 2-ї задач

На рисунку 4.3 зображено розв'язання третьої та четвертої задач перетворення площини загального положення на проєціювальну та перетворення її на площину рівня. При цьому здійснено дві заміни площин проєкцій.

При першій заміні відрізок площини (ABC) переведено в проєціювальне положення, а при другій заміні знайдено натуральну величину відрізка. Щоб перевести відрізок у проєціювальне положення, необхідно в межах відрізка побудувати лінію рівня, бо для її перетворення на точку досить однієї заміни. На рисунку 4.3 у відріжку проведено горизонталь AD , а нову вертикальну площину Π_4 побудовано перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі (A_1D_1). У системі площин проєкцій $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ площина ABC перетворилась на проєціювальну площину і на площині проєкцій Π_4 спроєціювалась у відрізок прямої B_4C_4 . При другій заміні вісь x_{45} проводять паралельно відріжку B_4C_4 , а від осі x_{45} відкладають відрізки, що дорівнюють відстані від точок горизонтальної проєкції до осі x_{14} .

У системі площин проєкцій $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ площина ABC перетворилась на площину рівня і на площині проєкцій Π_5 спроєціювалась у натуральному вигляді $A_5B_5C_5$.

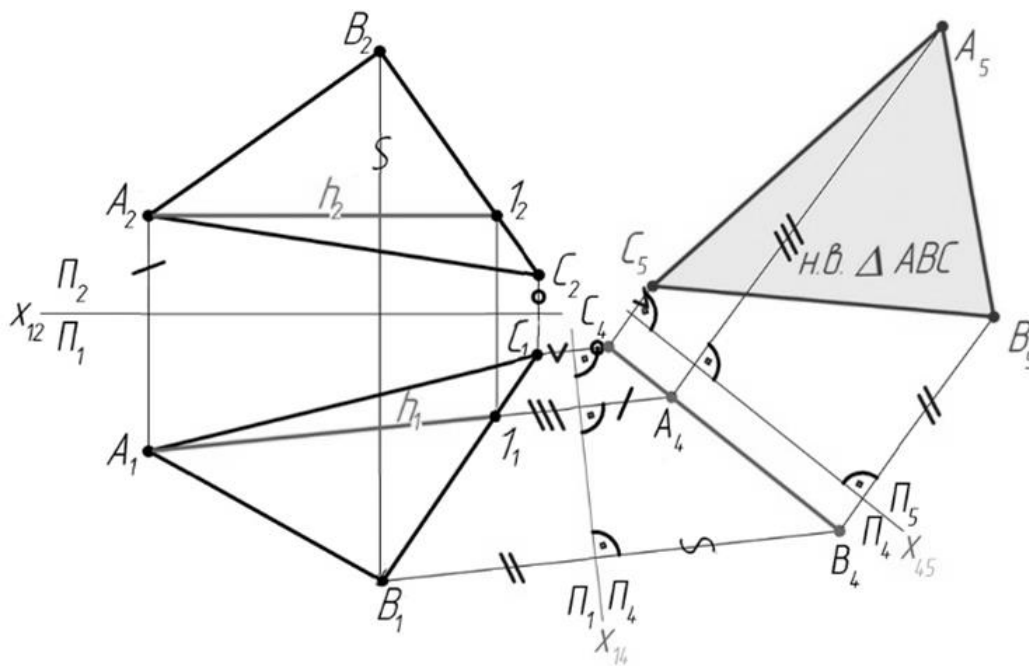


Рисунок 4.3 – Розв'язання 3- та 4-ї задач

4.2 Виконання практичних завдань

Завдання 10. Визначити (рис. 4.4) відстань від точки C до прямої AB . Навести алгоритм розв'язання задачі.

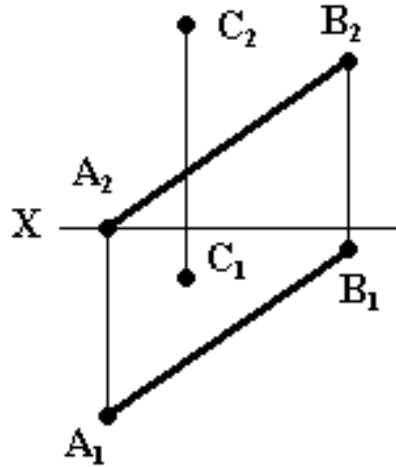


Рисунок 4.4

Завдання 11. Визначити (рис. 4.5) відстань від точки K до площини Σ ($A; B; C$). Побудувати точку, симетричну точці K відносно площини. Визначити площу трикутника. Навести алгоритм розв'язання задачі.

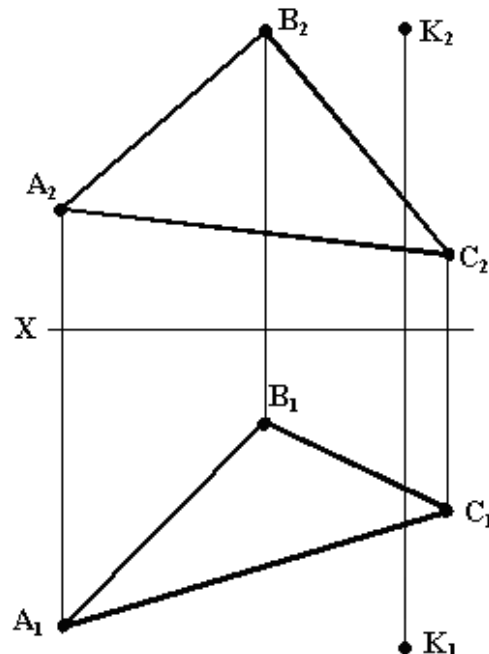


Рисунок 4.5

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

- 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 до виконання 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 питання

- 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. ПЕРЕТИН ТІЛ ПЛОЩИНОЮ. ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕРІЗУ

5.1 Стиллі 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.

На рисунку 5.1 наведено приклад побудови перерізу піраміди січною площиною загального положення Σ . Грані піраміди $SABC$ займають загальне положення, тому для побудови перерізу січною площиною загального положення необхідно застосовувати спосіб ребер, який передбачає знаходження точки перетину кожного бічного ребра піраміди з січною площиною Σ .

Розглянемо, наприклад, знаходження точки перетину ребра SB із січною площиною Σ . Спочатку проводимо через задане ребро SB фронтально проєкціювальну площину Φ . Потім знаходимо лінію перетину площини Σ і Φ : $\Sigma \cap \Phi = NM$. Після цього знаходимо горизонтальну проєкцію точки перетину: $S_1B_1 \cap N_1M_1 = 1_1$. Фронтальну проєкцію точки перетину 1_2 знаходимо за вертикальною відповідністю. Як бачимо, січна площина не перетинає ребро SC у межах заданої піраміди. Точки 3_1 і 4_1 визначаються безпосередньо на перетині горизонтального сліду Σ_1 із A_1C_1 і C_1B_1 . Фронтальні проєкції 3_2 і 4_2 отримуємо за допомогою ліній проєкційного зв'язку. Таким чином, ми одержали переріз 4123.

Побудова перерізу значно спрощується, коли січна площина Σ є проєкціювальною (рис. 5.2). У цьому випадку фронтальна проєкція перерізу 12345 вже відома, оскільки вона збігається з фронтальним слідом січної фронтально проєкціювальної площини Σ . Горизонтальну проєкцію перерізу будуємо за законом належності точки ребру і за вертикальною відповідністю. Далі методом заміни площин проєкцій перетворюємо площину перерізу, яка є проєкціювальною в системі $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$, на площину рівня.

Для цього будуємо вісь нової системи площин $x_{24} \parallel \Sigma_2$. Координати точок перерізу заміряємо на Π_1 від осі x_{12} і переносимо відповідно на Π_4 . Проєкція площини перерізу $1_42_44_45_43_4$ є натуральною величиною.

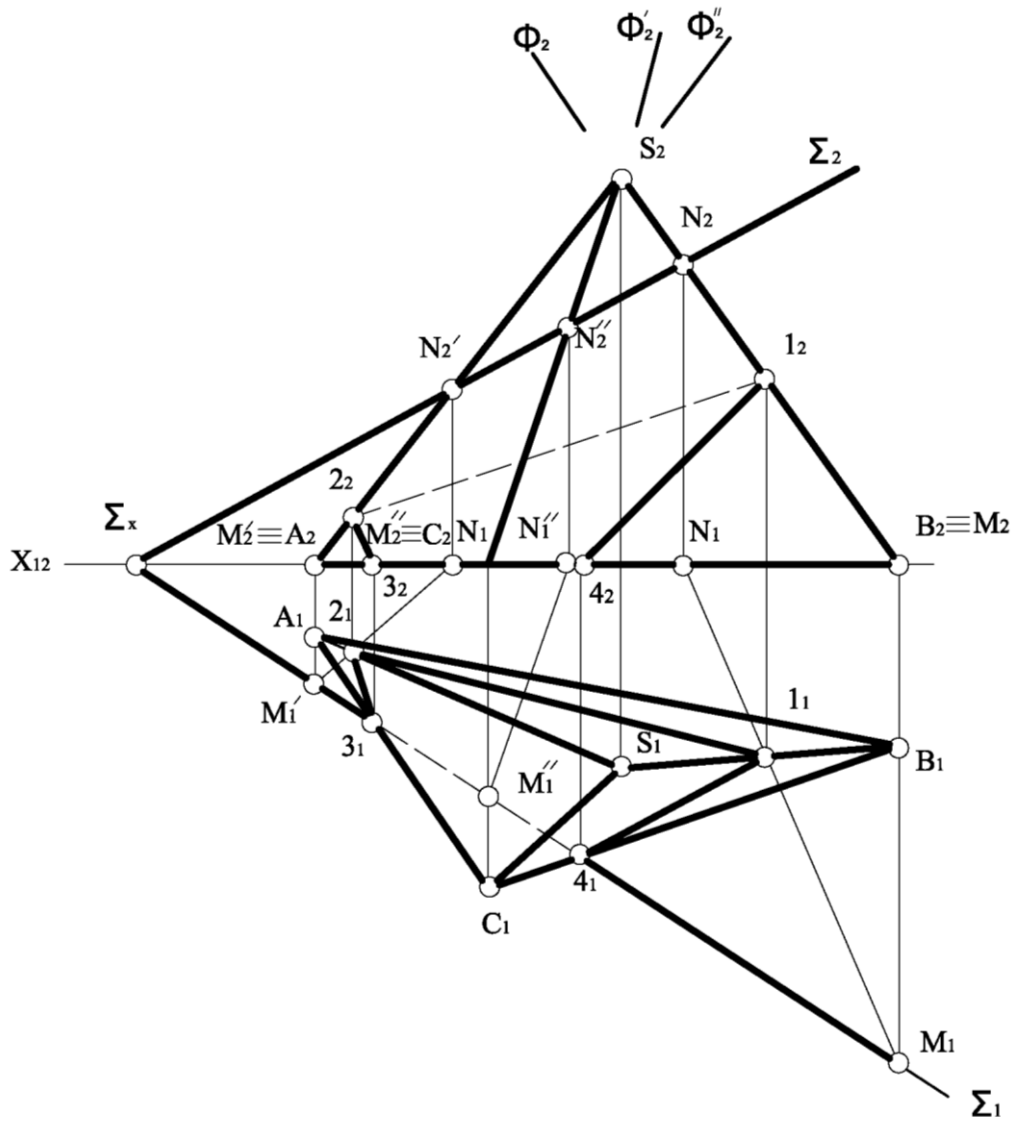


Рисунок 5.1

При перетині кривих поверхнь площиною утворюється плоска фігура, яку називають *перерізом* (рис. 5.3).

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 проєціювальною, 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.

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

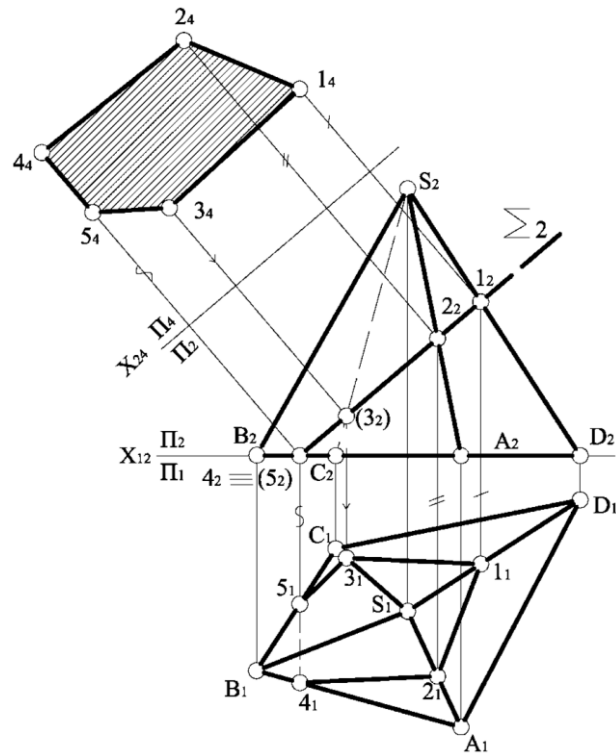


Рисунок 5.2

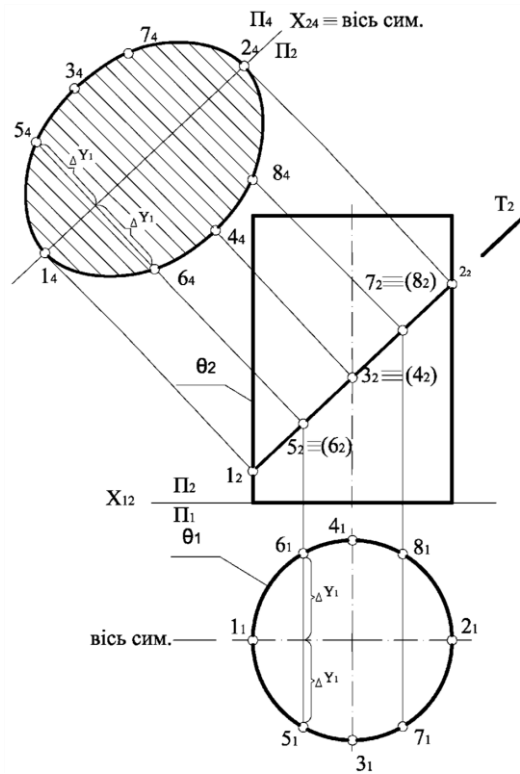


Рисунок 5.3

З 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 перетині *прямого колового циліндра* площиною можливі такі випадки:

- 1 Якщо січна площина не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, то вона перетинає циліндр по еліпсу (див. рис. 5.3)..
- 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. 5.4). Якщо січна площина $\Sigma \equiv \Sigma_2$ перетинає всі твірні конуса, то отримаємо еліпс. 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.

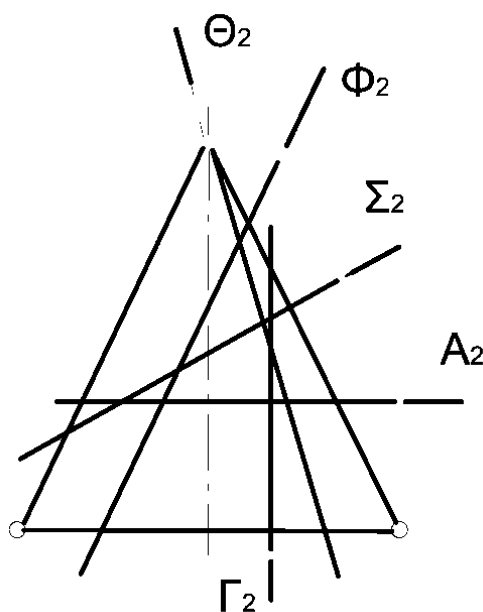


Рисунок 5.4

У випадку перетину конуса (рис. 5.5) фігурою перетину буде неповний еліпс, оскільки площина перетинає основу. Для визначення великої осі

продовжується до перетину із площиною права твірна конуса. Проекції малої осі на Π_2 співпадають на середині відрізка між точками I_2 та II_2 .

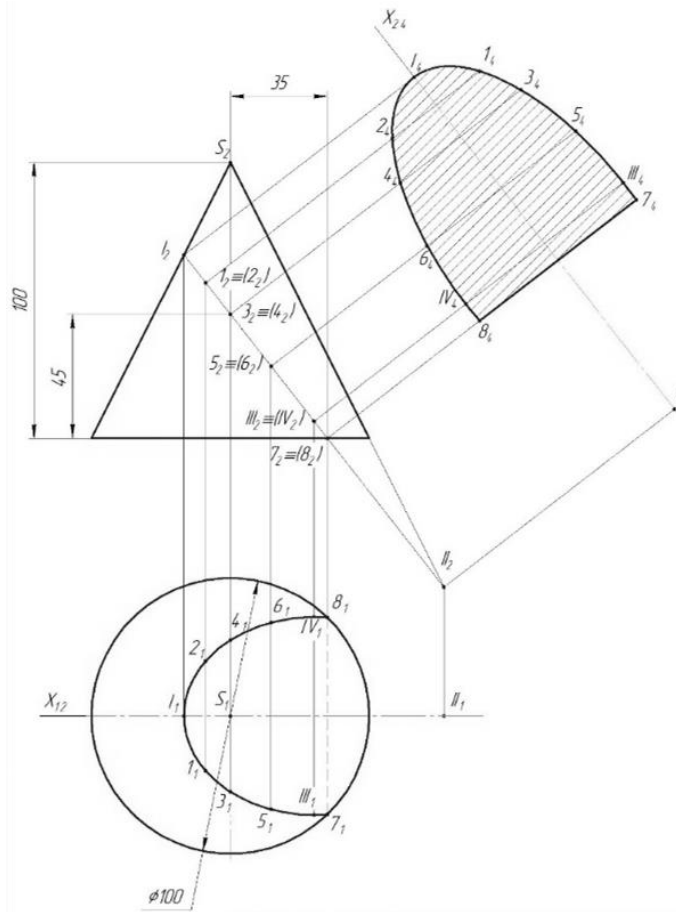


Рисунок 5.5

Площина Σ має на Π_2 збиральні властивості, тому фронтальна проєкція еліпса є відрізком прямої $I_2 II_2$.

Горизонтальна проєкція еліпса визначається за ознакою належності його точок поверхні конуса. Побудову горизонтальної проєкції еліпса виконуємо з використанням допоміжних січних посередників – це горизонтальні площини рівня.

Велика вісь еліпса дорівнює відстані між точками I_2 і II_2 , у яких січна площина перетинає обрисові твірні конуса. Оскільки мала вісь знаходиться в площині перерізу і перпендикулярна великій осі еліпса, то вона є фронтально-проєціювальною прямою.

Далі для побудови натуральної величини перерізу нахиленою площиною використовуємо метод заміни площини проєкцій. Вісь нової системи проєкцій x_{24} будуємо паралельно Σ_2 . Координати точок еліпсу заміряємо з горизонтальної площини проєкцій і переносимо на Π_4 . Завдяки тому, що еліпс є симетричною фігурою, координати точок краще заміряти від осі I_1-II_1 .

5.2 Виконання практичних завдань

Завдання 13. На наведених нижче поверхнях тіл (рис. 5.6) знайти відсутні проєкції точок, побудувати проєкції і натуральні величини перерізів.

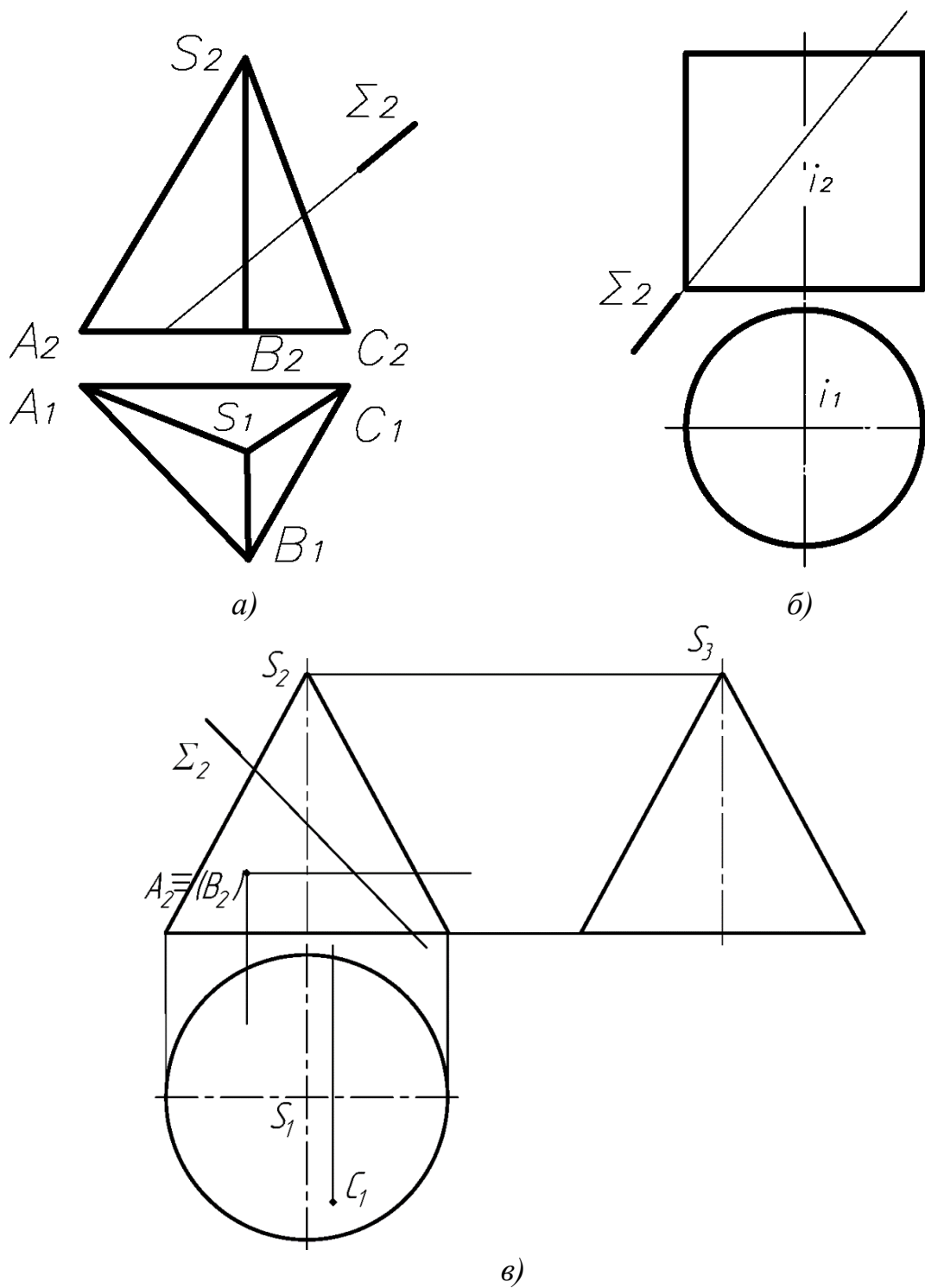
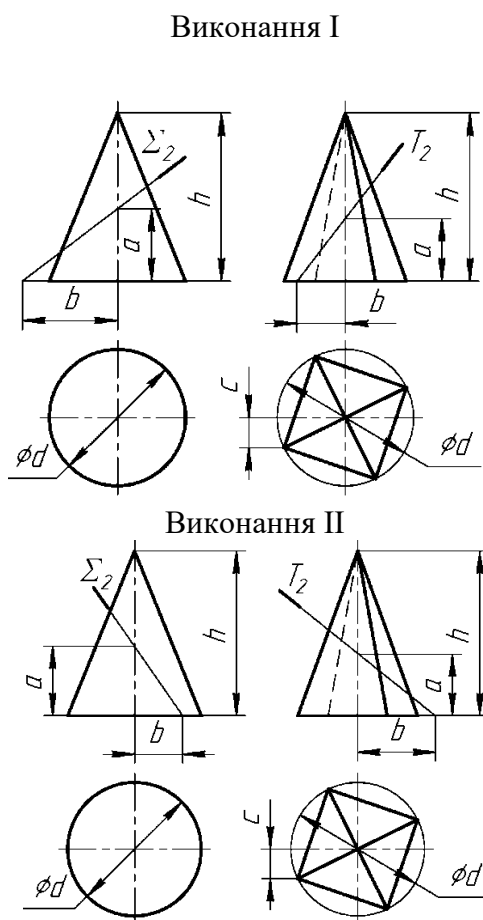


Рисунок 5.6

Завдання 14. Побудувати проєкції і натуральну величину лінії перетину конуса і піраміди проєкціоувальною площиною. Виконується на ватмані формату А3 за варіантами індивідуального завдання (варіант ___). Приклад виконання наведено у додатку Б, рисунки Б.3, Б.4.



№ п/п	Виконання	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 питання

- 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 перетину багатогранника площиною? У чому різниця цих методів?
- 4 Яку фігуру одержуємо при перетині багатогранника площиною?
- 5 Назвати всі можливі види перетину циліндра та конуса площиною.
- 6 Що таке опорні точки на лінії перетину?

6 ВИДИ

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. 6.1). Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроєційовано предмет. У зв'язку з цим встановлені такі назви видів.

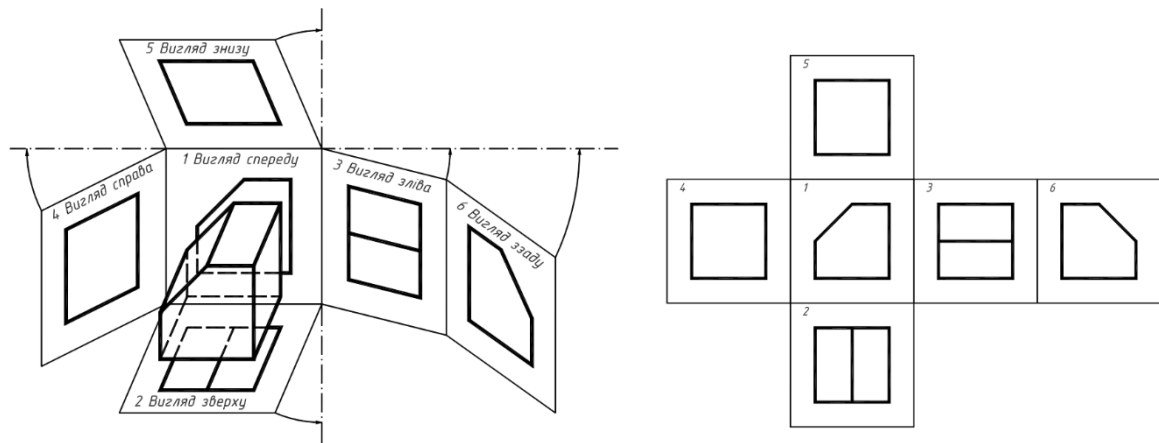


Рисунок 6.1

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.

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

6.2 Виконання практичних завдань

Завдання 15. Побудувати три основних види за даною моделлю (рис. 6.2) в масштабі 1:2, проставити необхідні розміри. Виконати аналогічне за змістом індивідуальне завдання (умова на рис. В.1) на форматі А3. Приклад виконання наведено у додатку В, рисунок В.2.

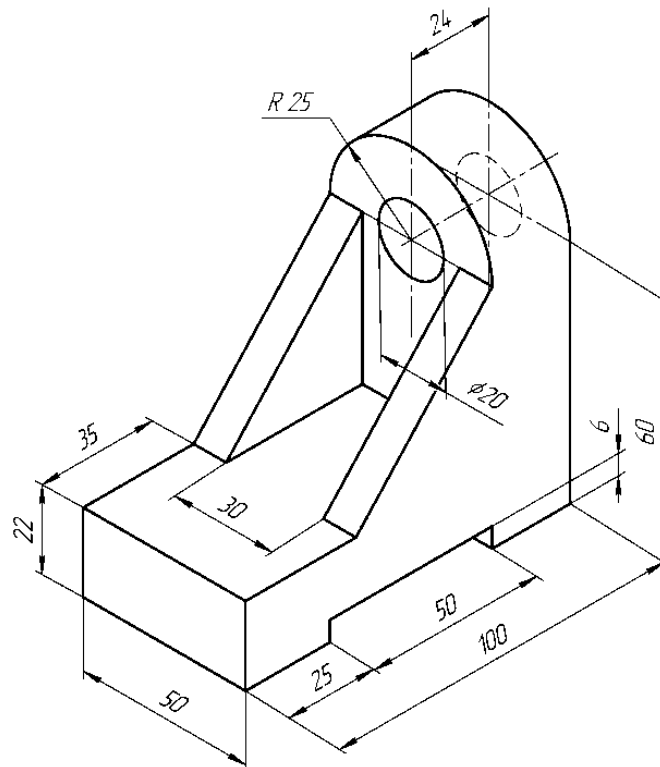


Рисунок 6.2

6.3 Контрольні питання

1. Основні положення ДСТУ ГОСТ 2.305:2008 «Види, розрізи, перерізи».

7 НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ

7.1 Стислі теоретичні відомості

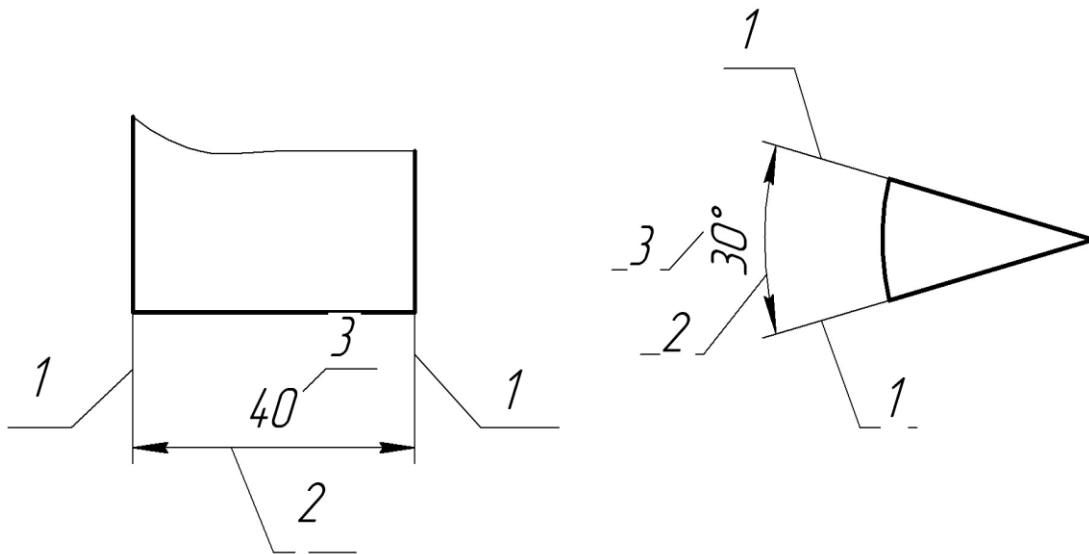
Основою при виготовленні виробу, незалежно від масштабу зображення, являються розмірні числа. Лінії і числа, фіксувальні розміри складених форм виробу, не повинні допускати різночитання і встановлені ДСТУ ГОСТ 2.307:2013.

Розміри підрозділяються на лінійні і кутові. Лінійні (у міліметрах) без вказівки одиниці виміру наводять на полі кресленику. А в технічних вимогах та в таблицях одиниці виміру вказують обов'язково.

Кутові розміри показують в градусах, хвилинах, секундах.

Кожен розмір на кресленику вказують тільки один раз (повторювати розмір не можна). Кількість розмірів має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу та його контролю. Обов'язково вказують габаритні розміри – довжину, висоту, ширину (товщину).

Розміри включають в себе виносні лінії, розмірні лінії зі стрілками і розмірні числа (рис. 7.1).



1 – виносна лінія; 2 – розмірна лінія; 3 – розмірне число

Рисунок 7.1

Виносні і розмірні лінії зображуються тонкими суцільними лініями. Розмірні цифри і стрілки повинні бути чіткими.

Слід уникати перетинів розмірних і виносних ліній.

Виносні лінії проводяться перпендикулярно вимірюваному відрізку до його країв (для відрізка) і радіально (для кута), для дуги – паралельно бісектрисі кута. Для радіуса розмірні лінії відсутні.

Для діаметра розмірні лінії проводяться паралельно радіусній лінії або відсутні, якщо розмірна лінія проходить через центр кола.

Виносні лінії виступають за межі розмірних в межах 1...5 мм (рекомендується 2...3 мм).

Розмірні лінії проводяться у вигляді прямої, паралельної вимірюваному відрізку (для відрізка) і у вигляді дуги з центром у вершині кута (для кута).

Для радіуса – це лінія між дугою і центром.

Для діаметра – це лінія, що проходить через центр до дуг кола або пряма, паралельна одному з діаметрів. Для дуги – лінія, проведена концентрично дузі.

Розмірні лінії проводяться на відстані 7...10 мм одна від одної, але не менше 10 мм від контурної лінії.

Для симетричних предметів, якщо вони показані до осі або з обривом, розмірні лінії проводяться так само з відривом за межею осі на відстані приблизно 5 мм.

При розриві предмета розмірна лінія не переривається.

Стрілки, зображуються довжиною 2,5...5 мм, шириною 2S (під кутом 200).

При коротких розмірних лініях, коли неможливо проставити стрілки і написати розмірні числа, розмірні лінії продовжуються за межі виносних і стрілки ставляться зовні назустріч одна одній. При коротких послідовно розташованих розмірних лініях допускається стрілки замінювати точками (рис. 7.2). Якщо стрілка перетинає контурну або виносну лінію, то ці лінії слід переривати (перетинати стрілку не можна).

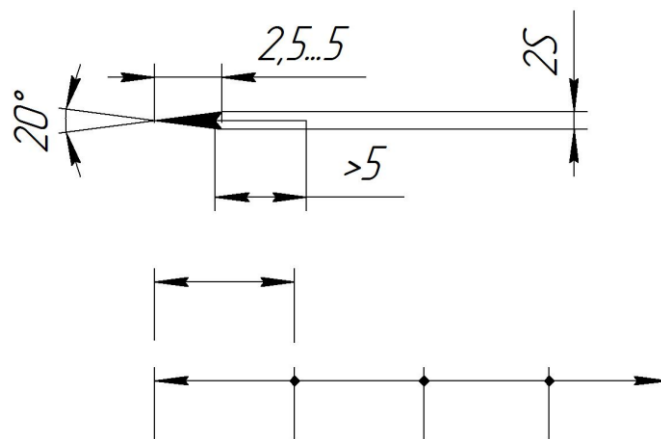


Рисунок 7.2

Розмірні числа пишуться паралельно розмірним лініям, над ними, зліва направо стандартним шрифтом (розмір 3,5 або 5).

Розміщують розмірні числа ближче до середини розмірних ліній або з деяким зміщенням (у шаховому порядку), якщо розмірних ліній декілька, і вони паралельно розташовані один до одного. Виняток становлять числа

над розмірними лініями, розташованими в межах 30° від вертикалі («мертва зона»). У цих випадках розміри ставляться на полиці лінії винесення, полку розташовують горизонтально.

Кутові розміри пишуться також над дугою (розмірною лінією), опуклою або увігнутою. Виняток становить написання розмірних чисел у зоні, розташованій в межах 30° до горизонту. У цьому випадку розмірне число пишеться на полиці лінії-винесення.

У разі коротких розмірних ліній розмірні числа для кутових і лінійних розмірів проставляються також на полиці лінії-винесення.

Умовні позначення

Радіуси. Перед числовим позначенням радіуса ставиться буква R (за висотою, однаковою з цифрами). Розмірна лінія має одну стрілку з боку контуру дуги. При малих радіусах позначення (розмір) проставляється на полиці-виносці або над розмірною лінією із зовнішнього боку дуги (рис. 7.3).

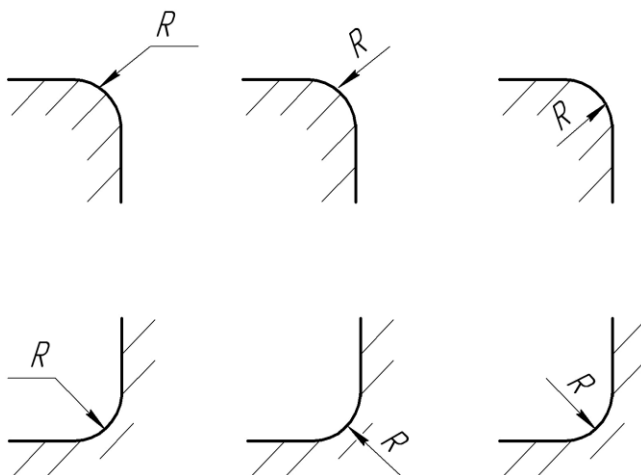


Рисунок 7.3

Діаметри. Перед числовим значенням діаметра ставиться знак (позначення) \varnothing . Однакові отвори позначаються один раз із зазначенням кількості отворів (рис. 7.4).

Сфера позначається також зі знаками \varnothing або R . Якщо на зображенні неясно, що це сфера, то додається слово «сфера» або позначка \bigcirc . Наприклад: Сфера $\varnothing 50$ або $\bigcirc R 30$.

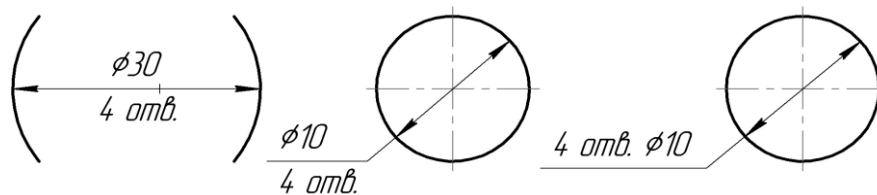


Рисунок 7.4

Ухил позначається знаком \sphericalangle перед числовим значенням, яке виражається співвідношенням (наприклад: $\sphericalangle 1:10$) або у відсотковому відношенні (наприклад: $\sphericalangle 12\%$).

Вістря знака повинно бути спрямоване в бік ухилу.

Конусність позначається знаком \triangleright перед числовим значенням, яке виражається співвідношенням (наприклад: $\triangleright 1: 5$). Вістря знака направлено в сторону вершини конуса (рис. 7.5).

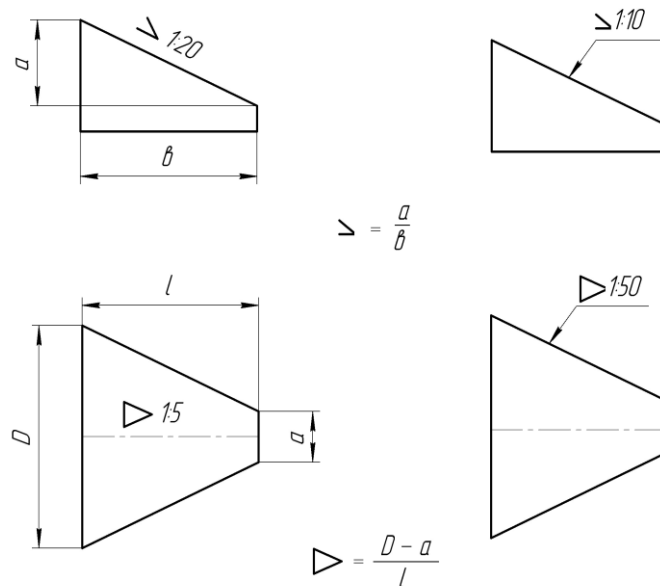


Рисунок 7.5

7.2 Практичне завдання

При вивченні теми студенти повинні самостійно виконати за індивідуальним варіантом графічну роботу. Варіанти завдання надано в додатку В.

На кресленіку формату А4(210×297) необхідно виконати таке:

1. Викреслити контур деталі «Прокладка» в масштабі 1:1, нанести усі необхідні розміри, вказати товщину прокладення. Над зображенням виконати напис – назву деталі.

2. Викреслити контур деталі «Вал» у масштабі 1:1, нанести усі необхідні розміри, виконати напис – назву деталі.

3. Викреслити і заповнити стандартним шрифтом графі основного напису кресленіку.

Нижче наводиться приклад виконання графічної роботи, де детально викладена послідовність її виконання. Необхідно аналогічно виконати таку ж роботу з вашим індивідуальним варіантом (дод. В, табл. В1).

7.2.1 Рекомендації до виконання графічної роботи

Оскільки у початковій деталі дані тільки габаритні розміри, то для викреслювання контуру деталей інші параметри деталей зняти з початкового кресленику.

Перед виконанням графічної роботи необхідно ознайомитися з рекомендованою літературою і вивчити стандарти ЕСКД (Єдина система конструкторської документації) – ГОСТ 2.301-68 Формати, ГОСТ 2.302-68 Масштаби, ГОСТ 2.303-68 Лінії кресленику, ГОСТ 2.304-81 Шрифти креслярські, ГОСТ 2.306-68 Позначення графічних матеріалів, ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Нанесення розмірів на креслениках.

Спочатку усі побудови на кресленику необхідно виконати «чорновими» тонкими лініями. Після завершення побудови треба уважно перевірити усі зображення деталей на предмет з'ясування помилок і після цього приступити до обведення кресленику. При обведенні необхідно застосувати лінії, рекомендовані ГОСТ 2.303-68. Для контурних ліній треба використати суцільну основну лінію завтовшки 0,6...0,7 мм, тонкі лінії (розмірні, виносні, осьові) виконати завтовшки 0,15...0,2 мм.

Будь-який текст на кресленику і розмірні числа необхідно виконати стандартним шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Розмірні числа нанести заввишки 3,5...5 мм. Напис над деталлю нанести заввишки 7 мм.

Нижче викладаються особливості виконання завдання, цей приклад і послідовність виконання графічної роботи.

7.2.2 Приклад виконання графічної роботи

Дана умова завдання на рисунку 7.6. Необхідно викреслити кресленики двох деталей – прокладки і вала, нанести усі необхідні розміри і заповнити основний напис.

При виконанні цього кресленика необхідно показати знання державних стандартів з виконання і оформлення креслень – при обведенні кресленика правильно застосувати лінії, правильно проставити розміри на кресленику, для будь-якого тексту на кресленику використати стандартний креслярський шрифт.

Послідовність виконання графічної роботи

1. Створити файл кресленика, вказавши його розмір відповідно до формату А4.

2. Приступаємо до побудови контуру деталі «Прокладка». У деталі дані тільки габаритні розміри 95 і R 33, інші розміри виміряти за креслеником деталі і викреслити контур деталі. Далі здійснюється компоновання кресленика. Зображення треба розташувати на аркуші паперу так, щоб із зовнішніх сторін від контуру залишилося місце для нанесення розмірів і виконання напису. Провести осьові лінії необхідно, відступивши від краю рамки кресленика, як показано на рисунку 7.6, при цьому кресленик викреслюється у натуральну величину в масштабі 1:1. Розміри, надані на рисунку 7.6, не проставляти, вони нанесені для того, щоб зрозуміти, як правильно виконати компоновання кресленика.

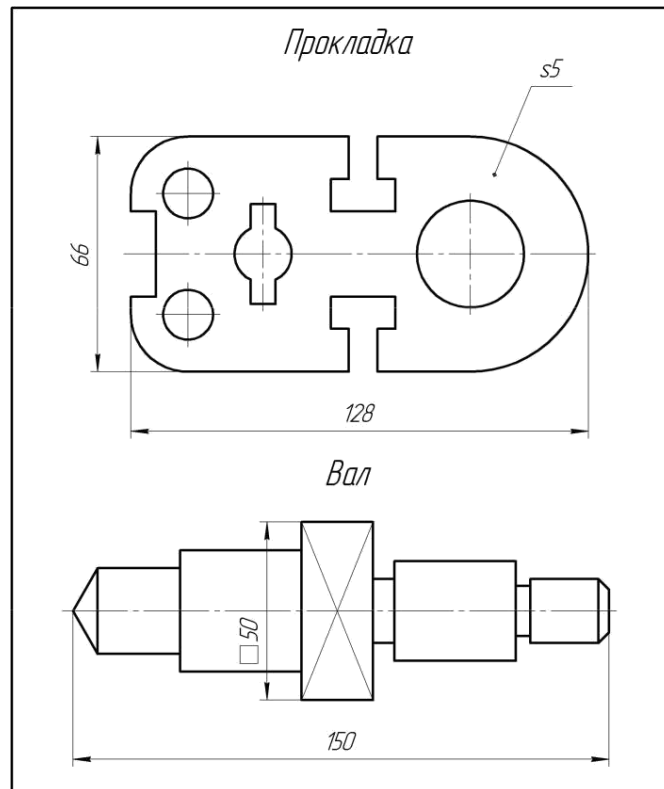


Рисунок 7.6

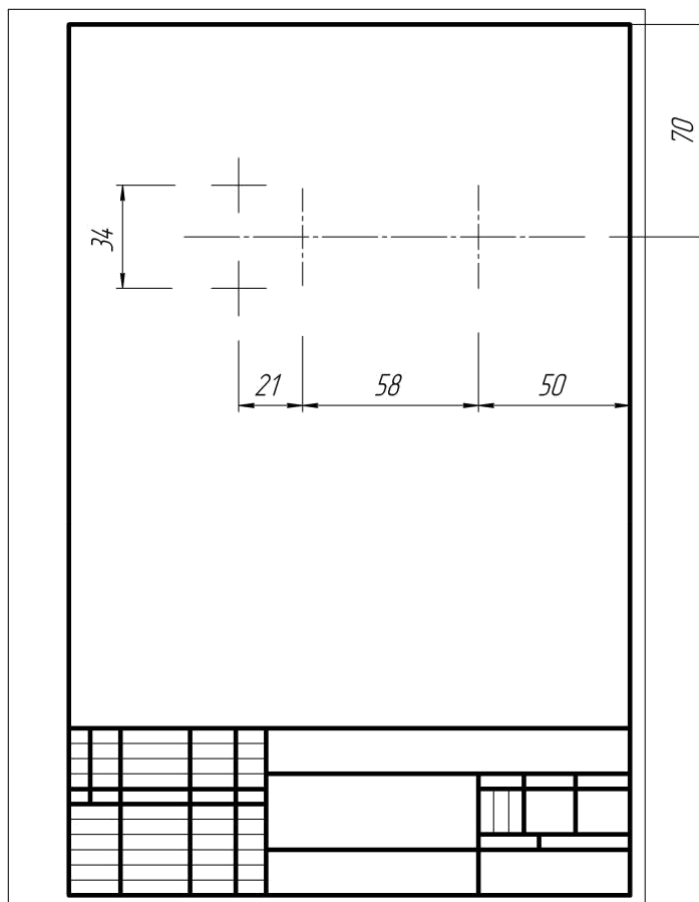


Рисунок 7.7

3. Після проведення усіх осьових ліній можна викреслити зовнішні контури деталі, внутрішні елементи і отвори. Товщина і конструктивні розміри ліній повинні відповідати рекомендаціям ГОСТ 2.303-68 Ліній креслення. Товщина і конструктивні розміри ліній зазвичай залежать від формату кресленика, розміру і насиченості зображень на кресленику. Для цього кресленика оптимальну товщину осьових і розмірних ліній, ліній винесення можна взяти 0,15...0,2 мм, товщину основної лінії (обведення контуру деталі, рамка кресленика, деякі лінії основного напису) взяти завтовшки 0,6...0,7 мм. На цьому етапі результат побудови показаний на рисунку 7.8.

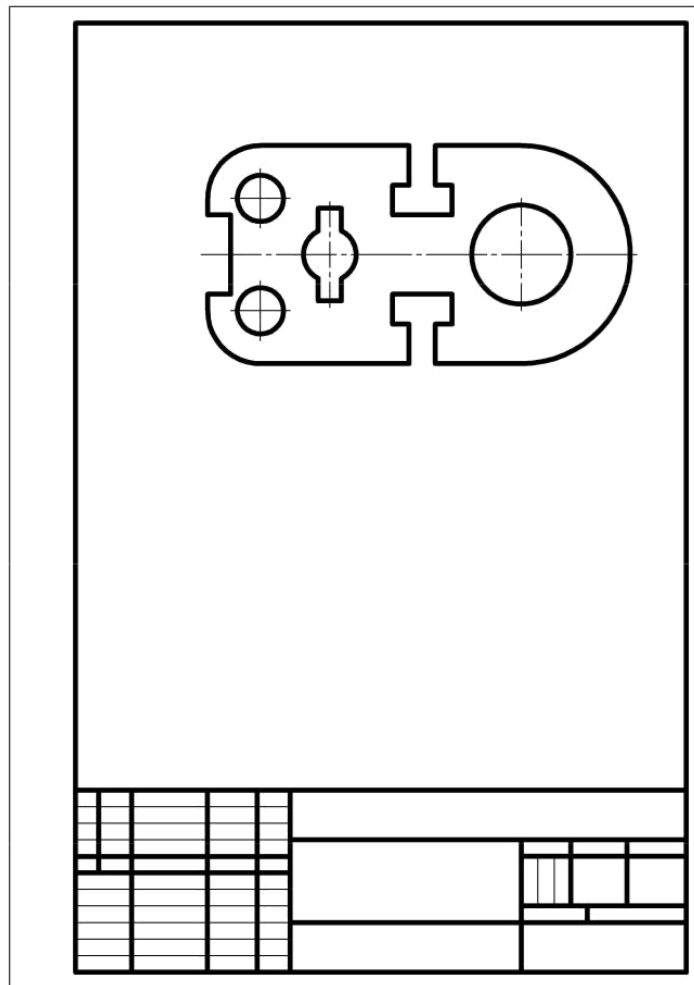


Рисунок 7.8

4. Далі необхідно виконати оформлення кресленика – проставити розміри, позначити товщину деталі і нанести назву деталі. Щоб правильно проставити розміри на деталях, необхідно вивчити ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Нанесення розмірів, в якому викладені усі правила і умовності при створенні лінійних, радіальних і діаметральних розмірів. При цьому треба врахувати, що загальна кількість розмірів на кресленику має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення і контролю деталі. Не допускається повторювати розміри одного і того ж елемента на різних

зображеннях і кожен розмір має бути проставлений там, де він чітко характеризує цей елемент деталі. Розміри на креслениках не допускається наносити у вигляді замкнутого розмірного ланцюга. Висоту шрифту для цифр на розмірних лініях можна взяти 3,5 або 5 мм. Довжину стрілки рекомендується узяти в межах 3...5 мм. Мінімальні відстані між паралельними розмірними лініями мають бути 7 мм, а між розмірною лінією і лінією контуру деталі – 10 мм. Відстані вибираються залежно від розмірів зображення і насиченості кресленика. Розмірні числа не допускається розділяти або перетинати якими б то не було лініями кресленика. Якщо при створенні розмірів врахувати усі правила, що регламентують нанесення розмірів за ДСТУ ГОСТ 2.307:2013, то один з варіантів нанесення розмірів для конкретної деталі «Прокладка» надано на рисунку 7.8. Оскільки у деталі тільки одна проєкція, то треба на лінії винесення вказати її товщину (для цієї деталі товщина 5 мм). І останнє, стандартним шрифтом за ГОСТ 2.304-68 заввишки 7 мм виконати напис (назва деталі) над зображенням деталі. Повністю виконане зображення деталі «Прокладка» показане на рисунку 7.9.

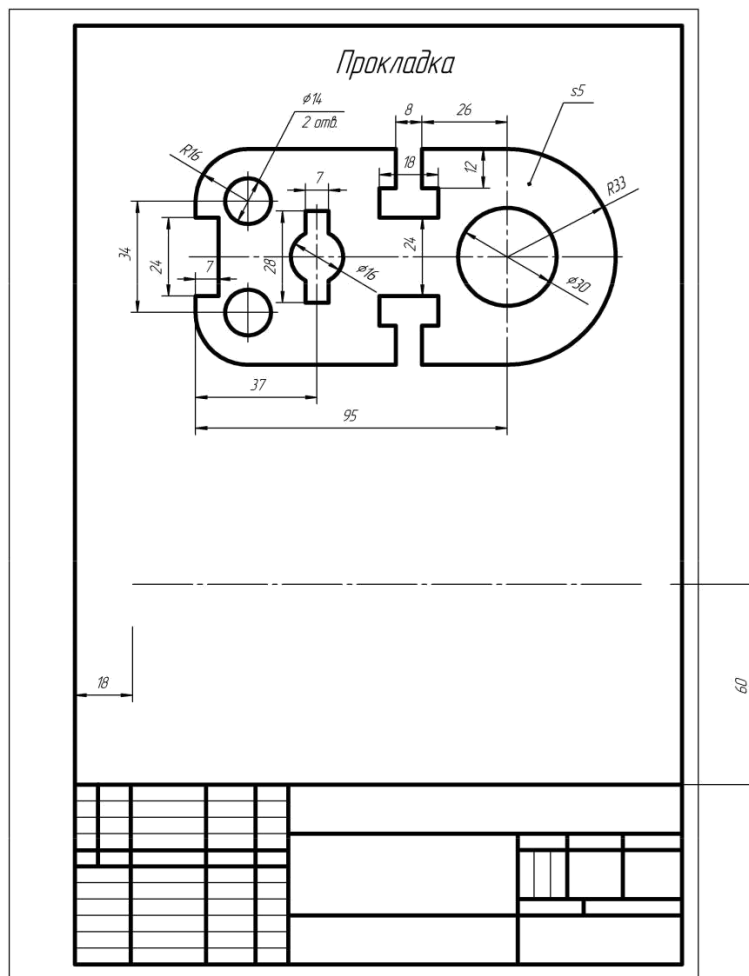


Рисунок 7.9

5. Починаємо виконувати кресленик деталі «Вал». На рисунку 7.5 показана умова деталі, у якій дані тільки габаритні розміри (розміри 150 і 50), заміряємо за завданням усі розміри. Виконуємо компоновання зображення деталі. Деталь розташувати треба так, щоб можна було проставити усі розміри і виконати напис. Спочатку наносимо на кресленик вісь симетрії вала нижче зображення деталі «Прокладка», як показано на рисунку 7.9. За розмірами будуємо контур вала. Результат побудови надано на рисунку 7.10.

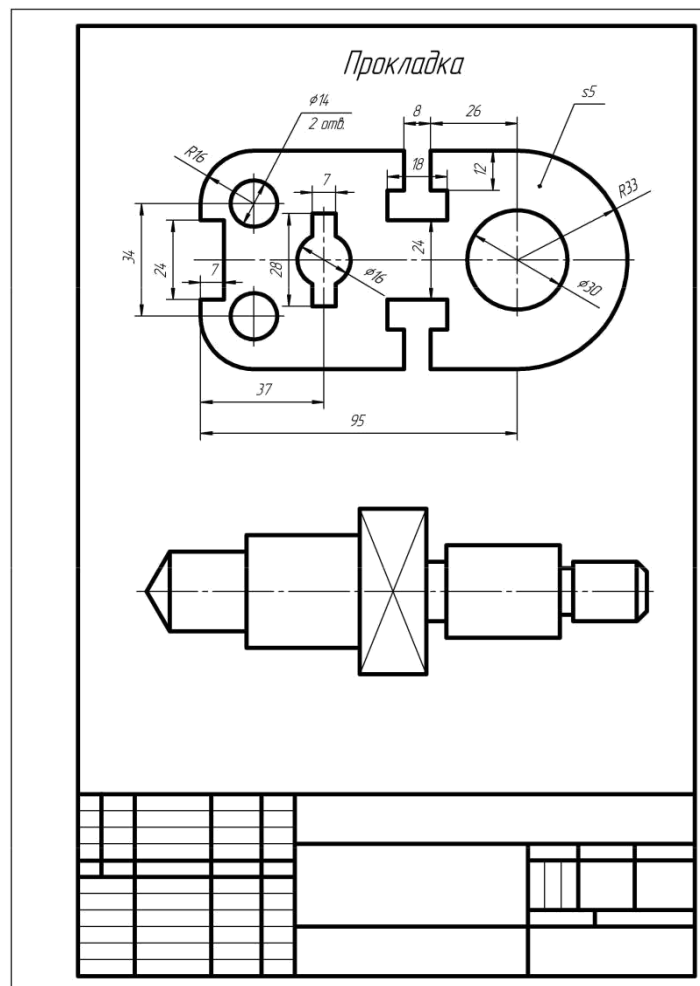


Рисунок 7.10

7 Починаємо оформлювати кресленик деталі «Вал». Оскільки у вала одна проєкція, то щоб уникнути помилок при нанесенні розмірів, необхідно уявити з яких простих геометричних тіл складається ця деталь. На лівому кінці вала деталь виконана у вигляді конічної поверхні. На одному з елементів деталі нанесені тонкі діагоналі, і це означає, що цей елемент деталі в поперечному перерізі виконаний у формі квадрата. Усі інші елементи деталі є циліндричними поверхнями. На крайньому циліндрі справа знята конічна фаска. Враховуючи це, і застосовуючи правила щодо нанесення розмірів за ДСТУ ГОСТ 2.307:2013, а також описані вище

рекомендації, дані для попередньої деталі, можна нанести розміри, приблизно так, як показано на рисунку 7.11. Для створення лінійних розмірів використовується координатний (базовий) метод нанесення розмірів. Для цієї деталі були використані дві бази, одна з них використовується як крайня ліва точка вала, в якості другої – крайня права вертикальна лінія вала. Над зображенням треба зробити напис за типом «Вал» шрифтом за ГОСТ 2.304-81, заввишки шрифту 7 мм. На цьому етапі створення кресленку його зміст даний на рисунку 7.11.

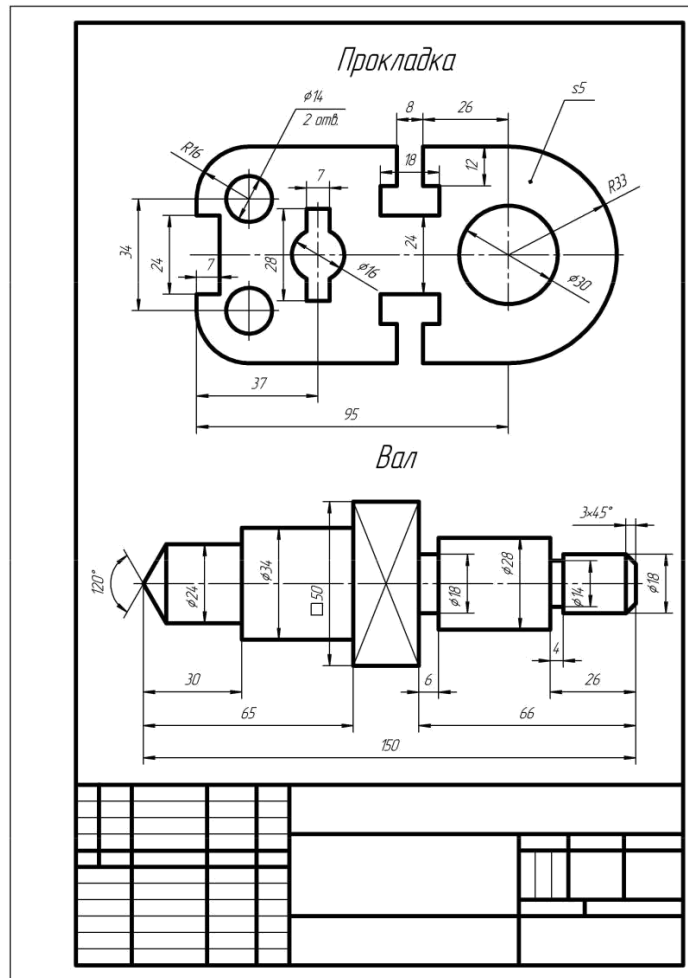


Рисунок 7.11

8 Заповнити основний напис. Зразок повністю виконаної графічної роботи надано на рисунку 7.12.

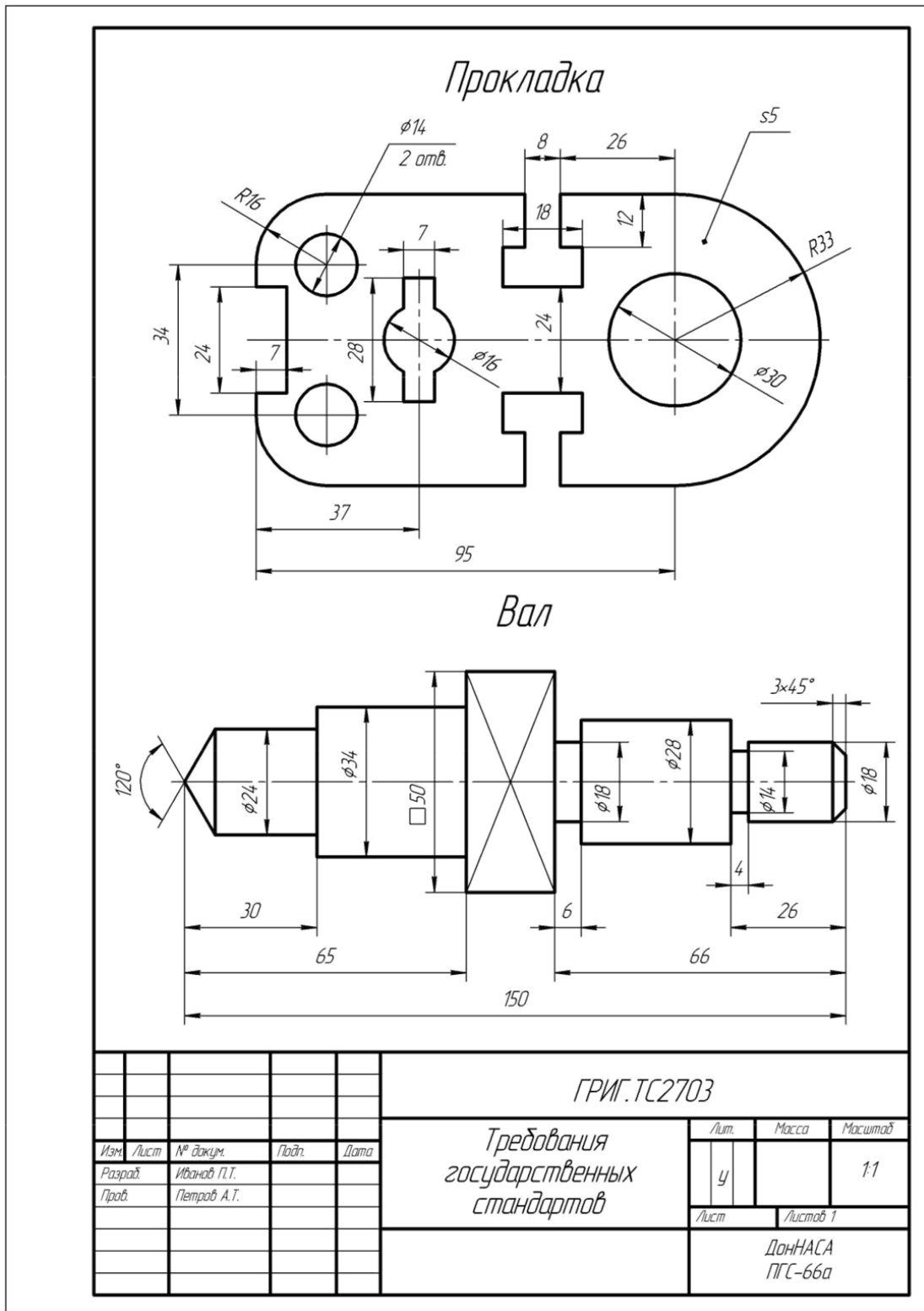


Рисунок 7.12

7.3 Контрольні питання

1. Основні положення ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 «Нанесення розмірів».

8 КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ТІЛ ІЗ КРІЗНИМ ОТВОРОМ

8.1 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. 8.1).

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. 8.2).

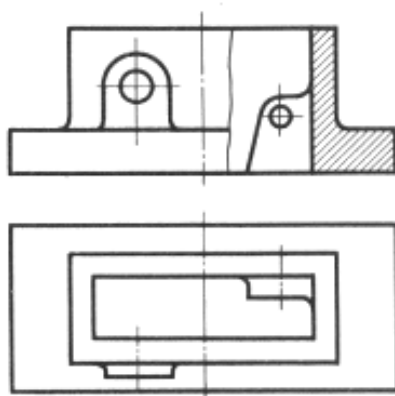


Рисунок 8.1

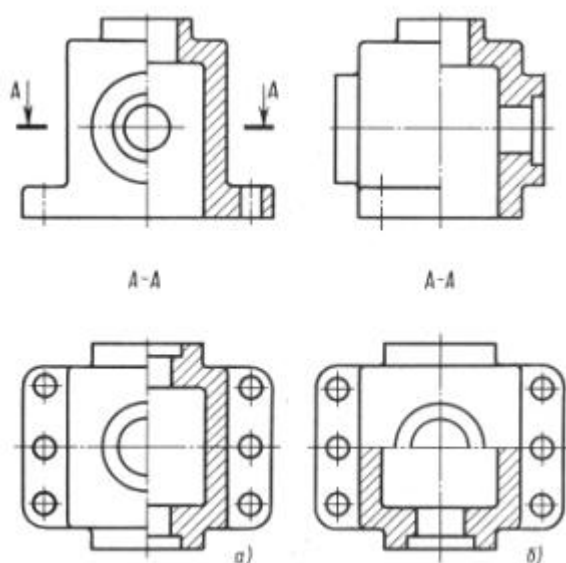


Рисунок 8.2

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. 8.3, а) або після (рис. 8.3, б) осі симетрії, подовжуючи таким чином ту частину зображення, на якій відповідний елемент (ребро) є видимим.

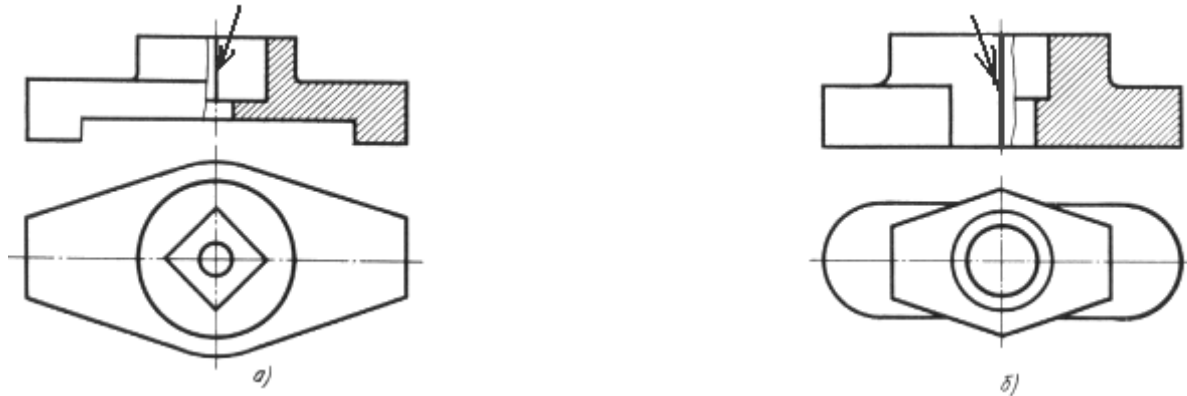


Рисунок 8.3

Характеристики та визначення розрізів

Простий розріз утворюється однією січною площиною

1. Горизонтальний розріз утворюється січною площиною, паралельною до горизонтальної площини проєкцій (рис. 8.2, розріз *A-A*).
2. Фронтальний розріз утворюється січною площиною, паралельною до фронтальної площини проєкцій.
3. Профільний розріз утворюється січною площиною, паралельною до профільної площини проєкцій.
4. Похилий розріз утворюється січною площиною, яка нахилена до горизонтальної площини проєкцій під гострим кутом (рис. 8.4, розріз *A-A*).

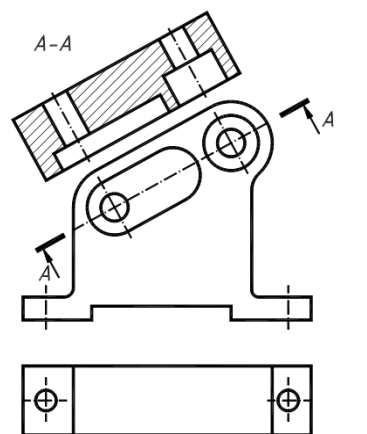


Рисунок 8.4

5. Повздовжній розріз утворюється січною площиною, яка проходить вздовж довжини або висоти предмета. Якщо фігура симетрична, дозволяється поєднувати вид і розріз, як показано нижче, а позначення розрізів не показувати (див. рис. 8.2). Якщо на внутрішній поверхні предмета знаходиться контурна лінія, яка співпадає з віссю симетрії, наприклад ребро чотирикутної призми, тоді розріз виконують дещо більшим половини зображення, відділяючи його суцільною хвилястою лінією, як це зображено на фронтальній проекції фігури (рис. 8.3). У випадку наявності контурної лінії на зовнішній поверхні розріз виконують дещо меншим половини зображення. А якщо зовнішня і внутрішня контурні лінії співпадають з віссю симетрії, тоді лінія, що розділяє вид, робиться хвилястою (рис. 8.5, в, профільна проекція).

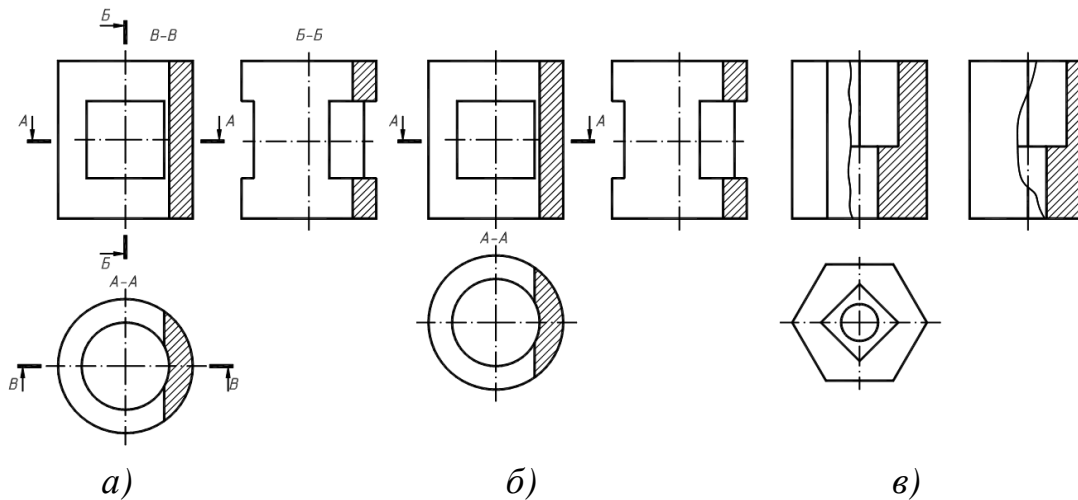


Рисунок 8.5

6. Поперечний розріз утворюється січною площиною, яка проходить перпендикулярно до довжини або висоти предмета. (див. рис. 8.5 розріз A-A).

Складний розріз утворюється двома або декількома січними площинами.

7. Ступінчастим називається складний розріз, утворений паралельними січними площинами (рис. 8.6).

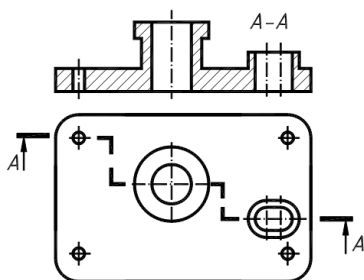


Рисунок 8.6

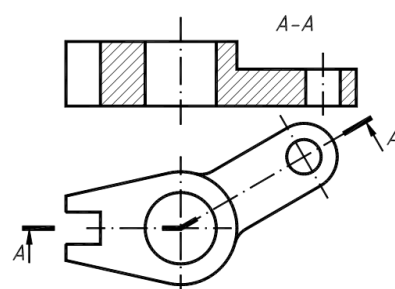


Рисунок 8.7

8. Ламаним називається складний розріз, утворений паралельними січними площинами, причому одна із них або декілька похилі до горизонтальної площини проєкцій (рис. 8.7).

9. Повний розріз – зображення, утворене при повному (наскрізному) перетині несиметричного предмета січною площиною (див. рис. 8.4; *A-A*. 8.6; *A-A* і 8.7; *A-A*).

10. Місцевий розріз (вирив) – зображення, що розкриває конструктивні особливості предмета лише в окремому, обмеженому місці (рис. 8.8).

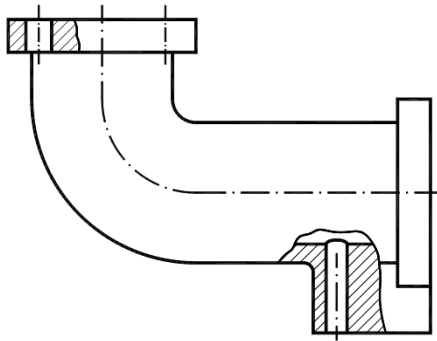


Рисунок 8.8

Місцевий розріз виділяють на виді тонкою суцільною хвилястою лінією, яка не повинна співпадати з будь-яким зображенням. На рисунку 8.9 за допомогою місцевих розрізів показані отвір під стопорний гвинт, паз для сегментної шпонки та центровий отвір.

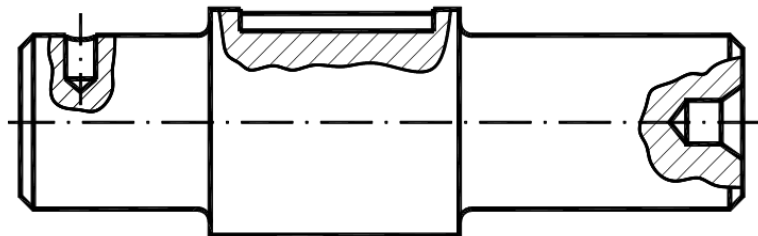


Рисунок 8.9

Перерізи – зображення предмета, утвореного тільки умовним перетином його однією або декількома січними площинами. На кресленку в перерізі показують зображення предмета, яке розміщене тільки у відповідних січних площинах. Фігуру перерізу на кресленку штрихують тонкими лініями під кутом 45° . Частина предмета, розташованого за січною площиною, в перерізі не показують. Переріз є частковим випадком розрізу. Тобто розріз включає переріз. На рисунку 8.10, а зображено переріз, а на рисунку 8.10, б – розріз.

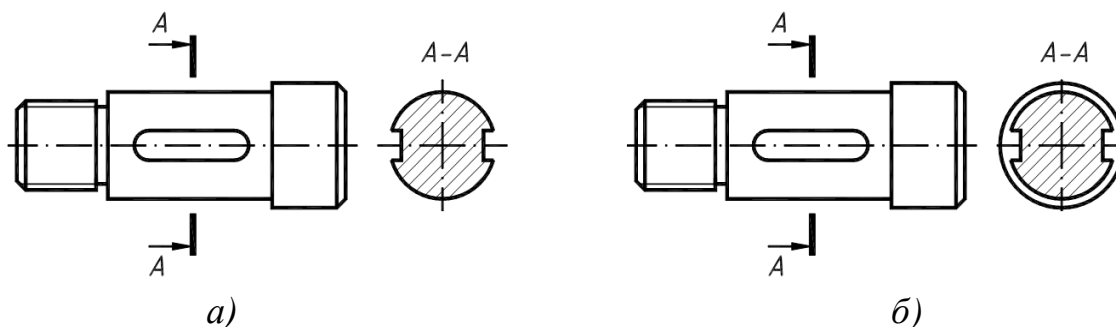


Рисунок 8.10

Залежно від розміщення на кресленнику розрізняють *винесені* й *накладні* перерізи. Винесені перерізи розташовують поза контуром зображення деталі (рис. 8.11) на будь-якому місці поля кресленнику, накладні – безпосередньо на видах (рис. 8.12). При цьому для накладних перерізів контури слід виконувати суцільними тонкими лініями.

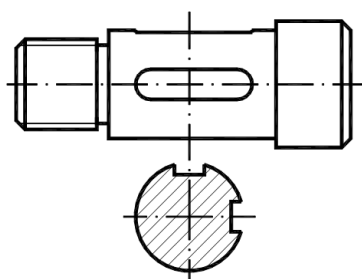


Рисунок 8.11

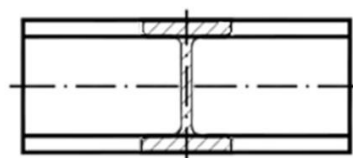


Рисунок 8.12

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 спроектується в трьох вимірах).

Коефіцієнтами спотворення за аксонометричними осями 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 проєціюючі промені перпендикулярні аксонометричній площині. ($\alpha=90^0$), і *косокутною*, якщо промені складають з аксонометричною площиною кут $0 < \alpha < 90^0$.

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

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

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

Координатні осі в цих видах мають різне розташування (рис. 8.13).

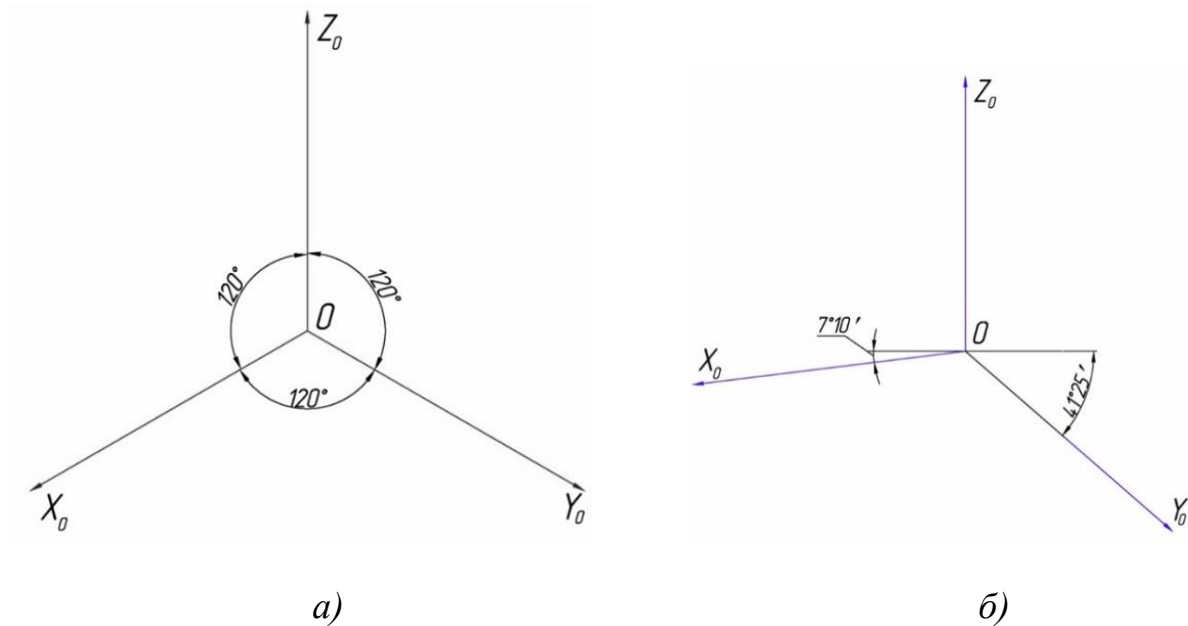


Рисунок 8.13

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 осям відрізків, довжини яких відповідають координатам точки (рис. 8.14).

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 напрямок.

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. 8.15).

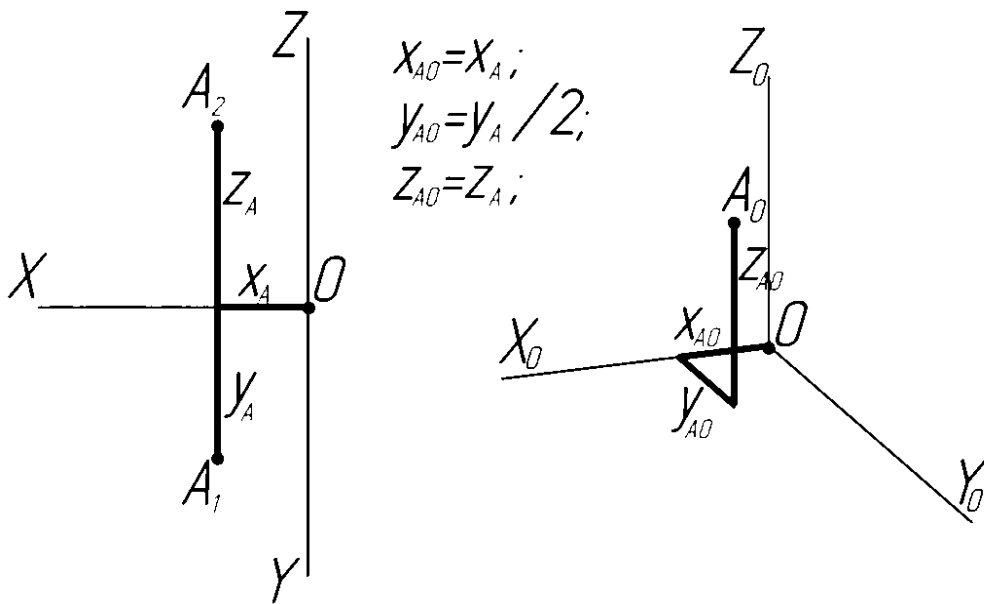
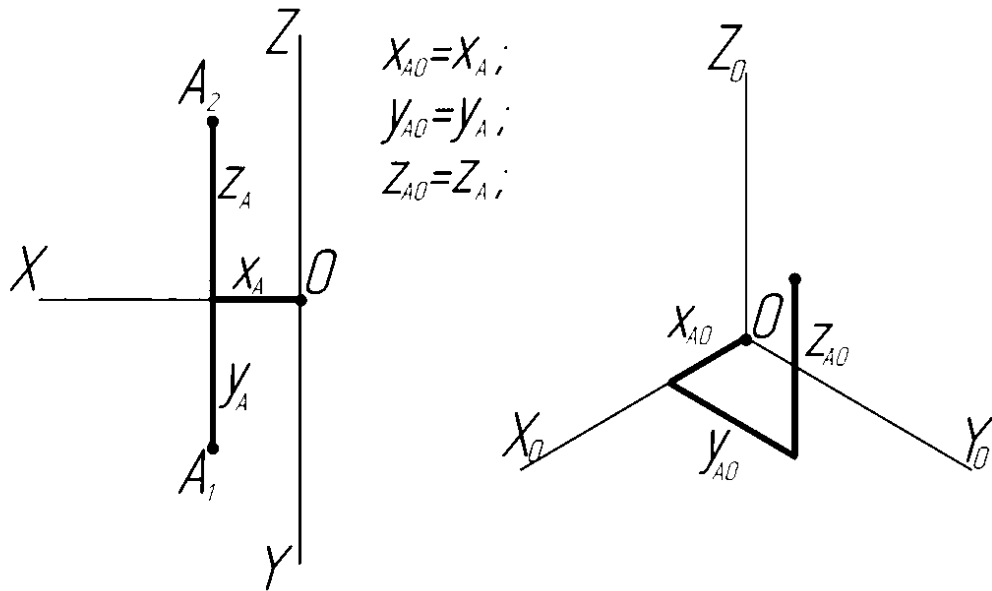


Рисунок 8.14

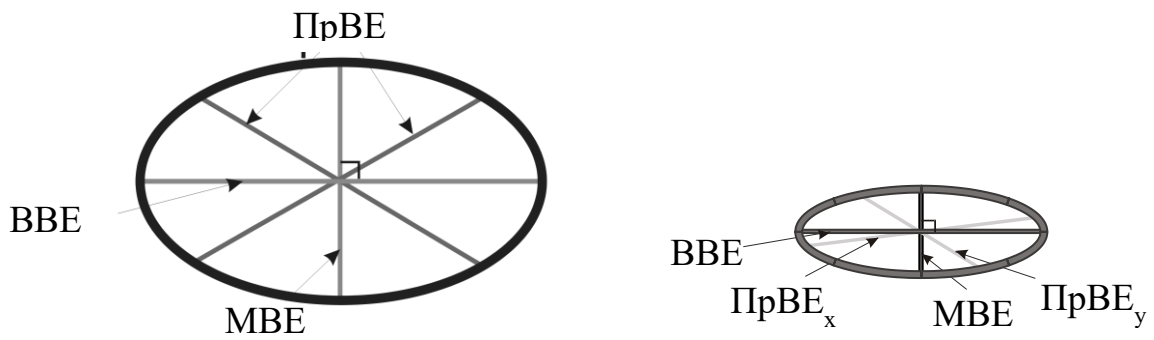


Рисунок 8.15

У прямокутній ізометрії розміри великої (ВВЕ), малої (МВЕ) та проміжних осей еліпсів (ПрВЕ) для кола діаметра D визначаються такими співвідношеннями:

$$ВВЕ=1,22D; МВЕ=0,71D; ПрВЕ=D.$$

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

Площини XY, YZ, XZ : $ВВЕ=1,06D$

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

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

Штрихування в аксонометрії виконується для ділянок, що потрапляють у площині вирізів. Напрямки штрихування збігаються з напрямком сторін трикутника, побудованого вершинами на кінцях одиничних відрізків, які відкладаємо вздовж осей (рис. 8.16).

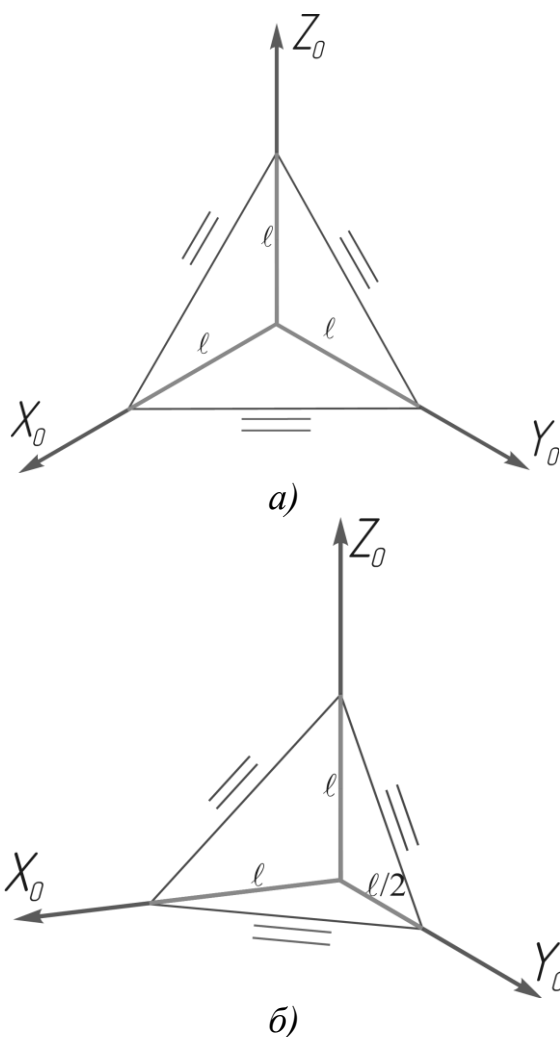


Рисунок 8.16

8.2 Виконання практичних завдань

Завдання 16. Виконати (рис. 8.17) фронтальний розріз геометричного тіла, суміщений із половиною головного вигляду. Побудувати дійсну величину вказаного похилого перерізу. Побудувати ізометрію з четвертним вирізом.

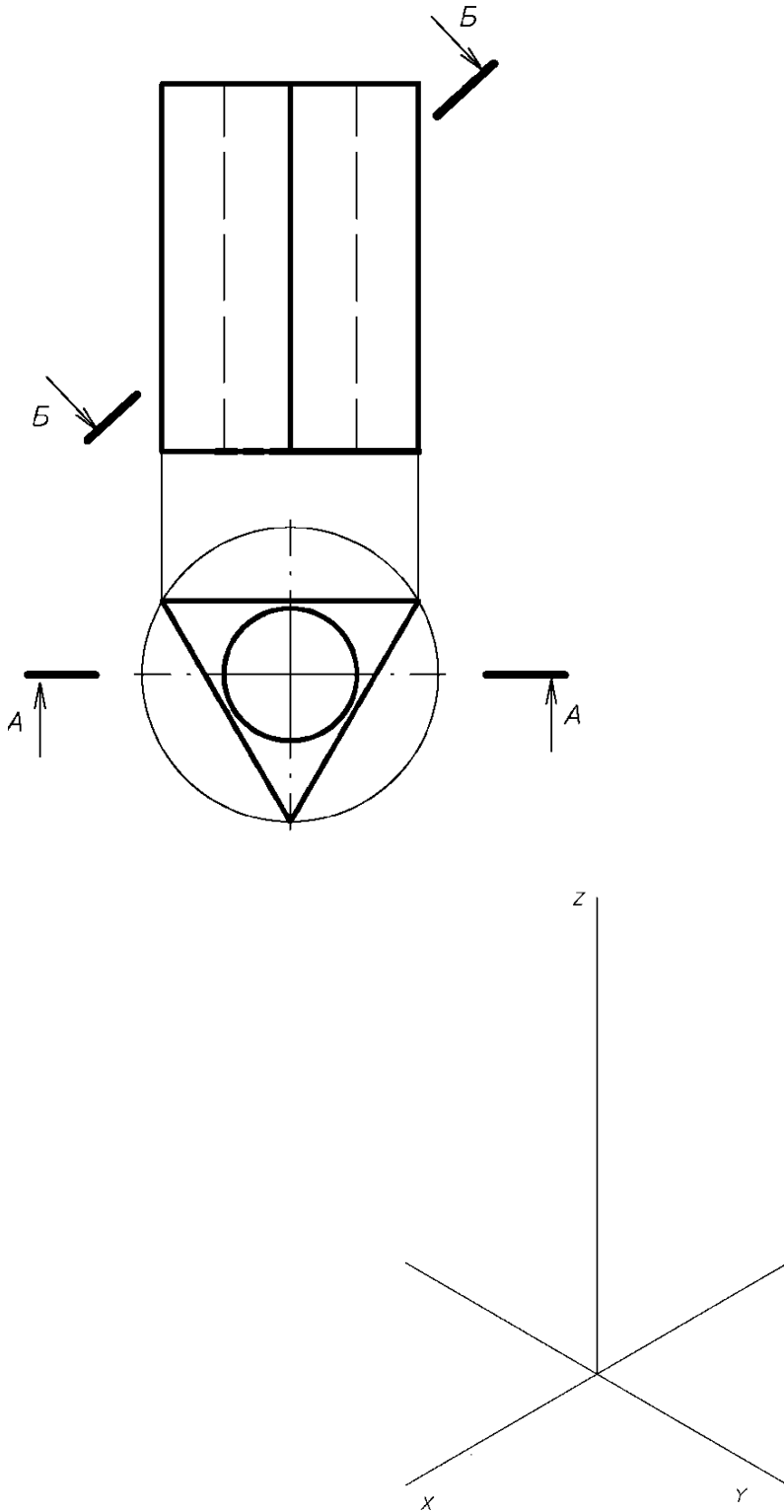


Рисунок 8.17

Завдання 17. Виконати (рис. 8.18) фронтальний розріз геометричного тіла, суміщений із половиною головного вигляду. Побудувати дійсну величину вказаного похилого перерізу. Побудувати диметрію з четвертним вирізом.

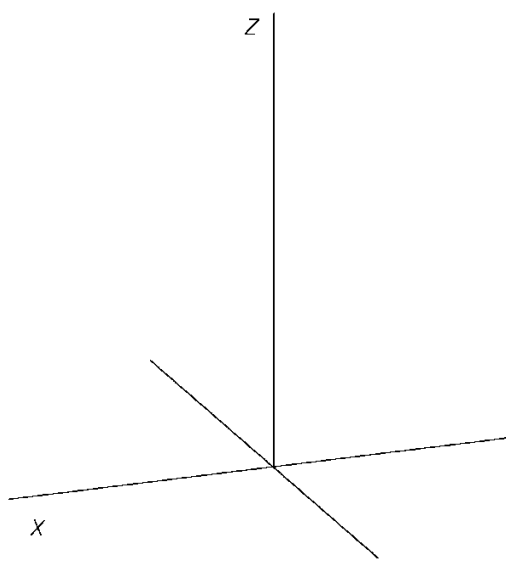
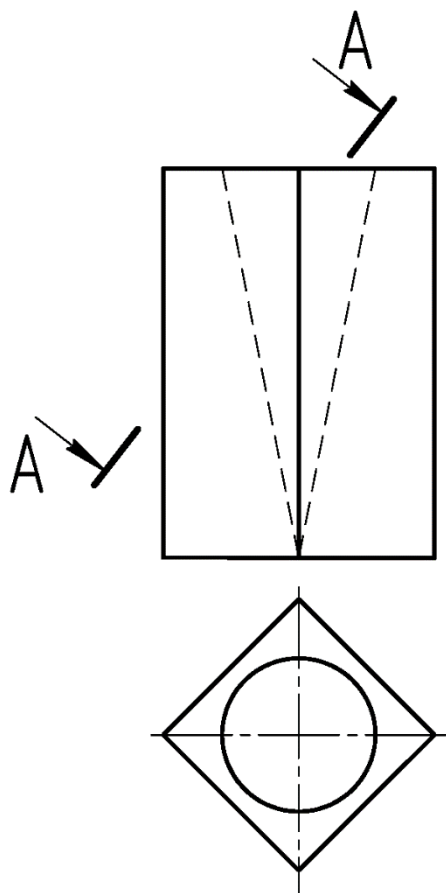


Рисунок 8.18

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 за варіантами індивідуального завдання (табл. 8.1) (варіант ___).

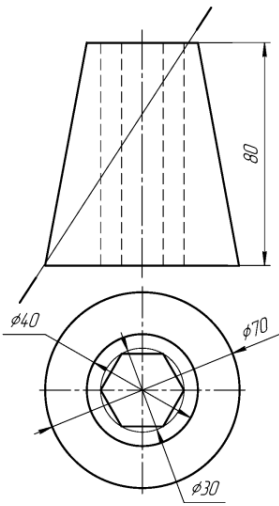
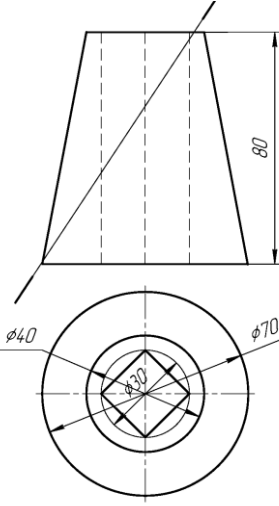
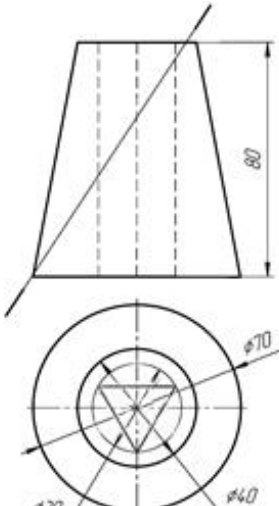
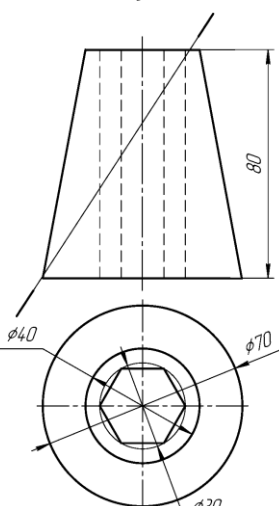
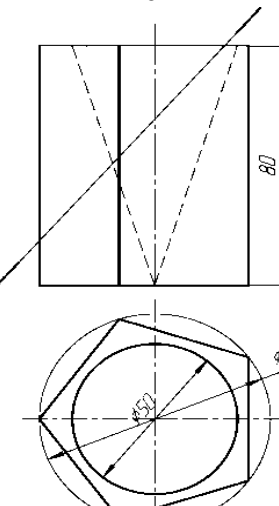
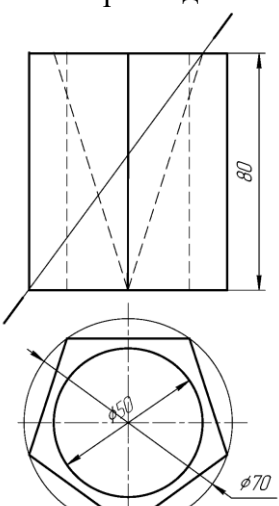
Таблиця 8.1

<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">3</p>
<p style="text-align: center;">4</p>	<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">6</p>

Продовження таблиці 8.1

<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>
<p>13</p>	<p>14</p>	<p>15</p>

Продовження таблиці 8.1

<p>16</p> 	<p>17</p> 	<p>18</p> 
<p>19</p> 	<p>20</p> 	<p>Приклад</p> 

8.3 Контрольні питання

- 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?

9 РІЗЬБОВІ З'ЄДНАННЯ

9.1 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 перетину 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 різі:

- за формою поверхні, де вона нарізана (циліндрична, конічна);
 - за розташуванням на поверхні (зовнішня, внутрішня);
 - за формою профілю (трикутна, прямокутна, трапецеїдальна, кругла);
 - за призначенням (кріпильна, ходова, спеціальна);
 - за напрямом закручування гвинтової лінії – ліва чи права;
 - За кількістю заходів – однозахідна та багатозахідна.
- Усі різі поділяються на стандартні та нестандартні.

Різь метрична (визначення починається із великої літери M)

- 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. 9.1, а). 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, яка приблизно дорівнює $\frac{3}{4}$ кола, розімкненого в будь-якому місці;

- *в отворі* – у розрізах показують суцільними основними лініями за внутрішнім діаметром різі та суцільними тонкими лініями – по зовнішньому діаметру (рис. 8.2). На зображеннях, отриманих на площину, перпендикулярну осі отвору, по зовнішньому діаметру різі проводять дугу, яка приблизно дорівнює $\frac{3}{4}$ кола, розімкненого в будь-якому місці;

Визначення різі на зображенні надається, як показано на рис. 9.1, в.

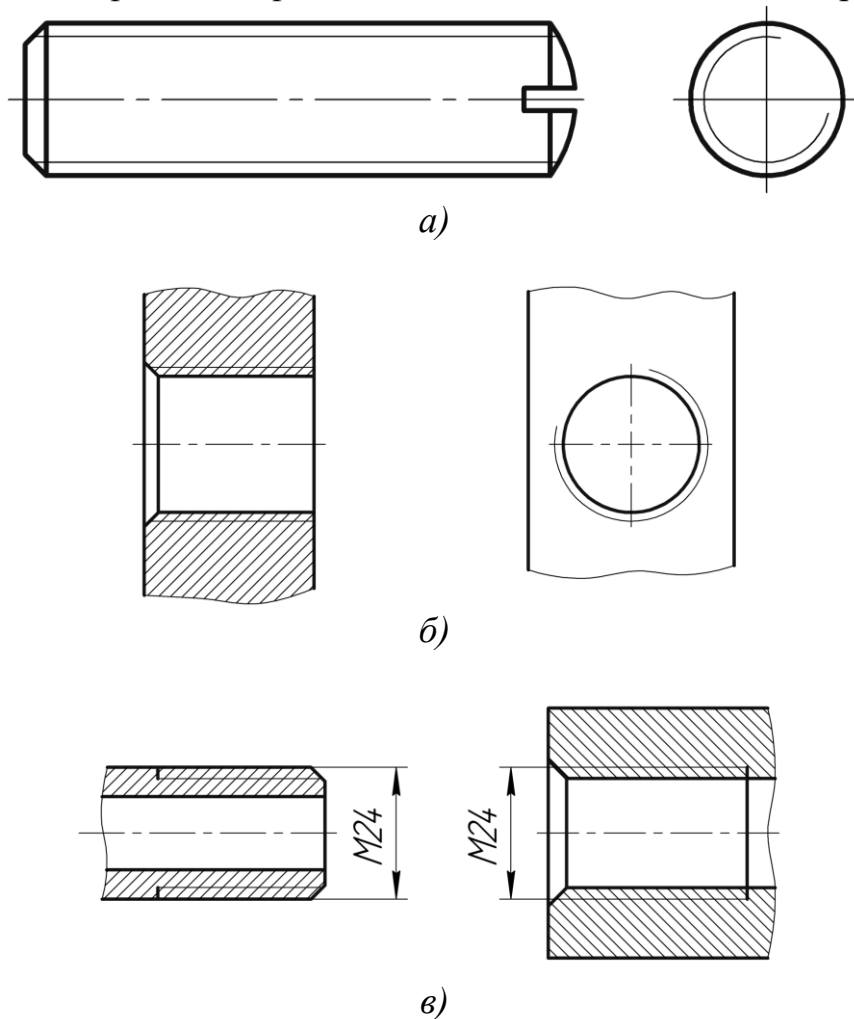


Рисунок 9.1

- фаски на стрижні з різьєю та в отворі з різьєю, 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 різью стрижня (рис. 9.2).

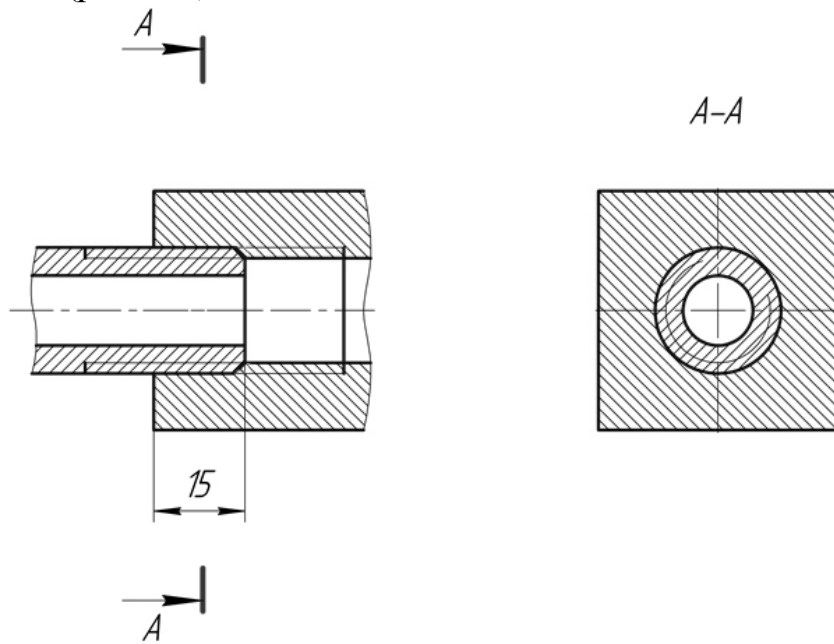


Рисунок 9.2

9.2 Виконання практичних завдань

Завдання 19. Побудувати кресленик з'єднання шпилькою М6 ГОСТ 22032-76 (рис. 9.3, а) деталей 1 та 2 (рис. 9.3, б, в), якщо відомо що товщина деталі 2 дорівнює 10 мм (побудову нанести на рис. 9.4). Довідкові дані та приклад виконання наведено у додатку Г (рис. Г.1, Г.2).

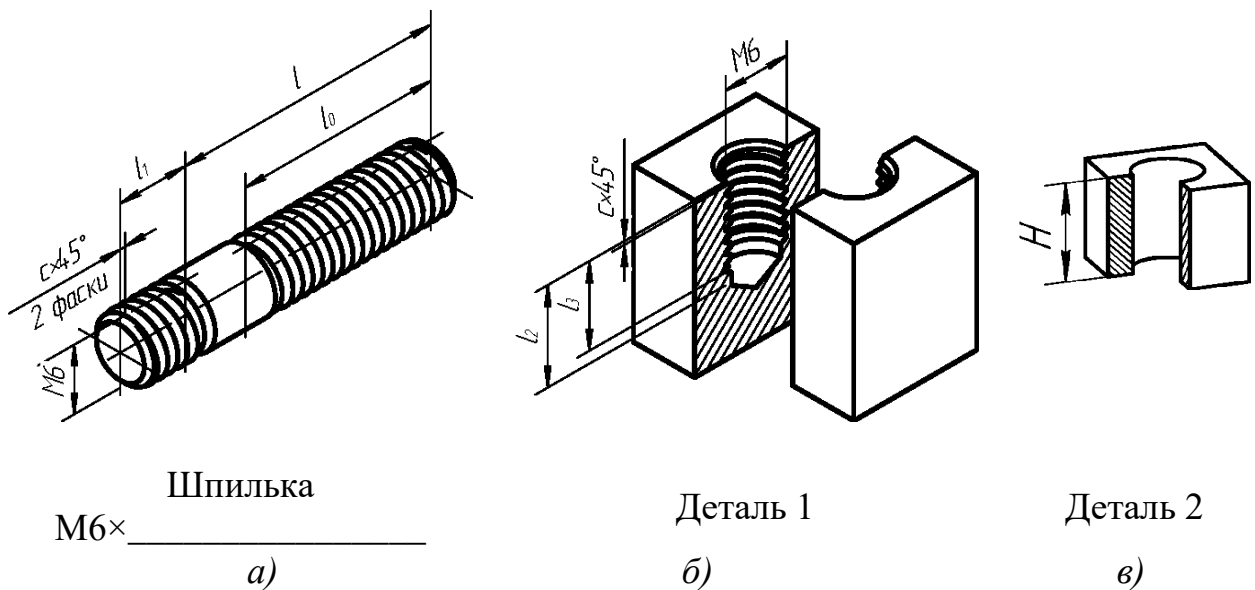


Рисунок 9.3

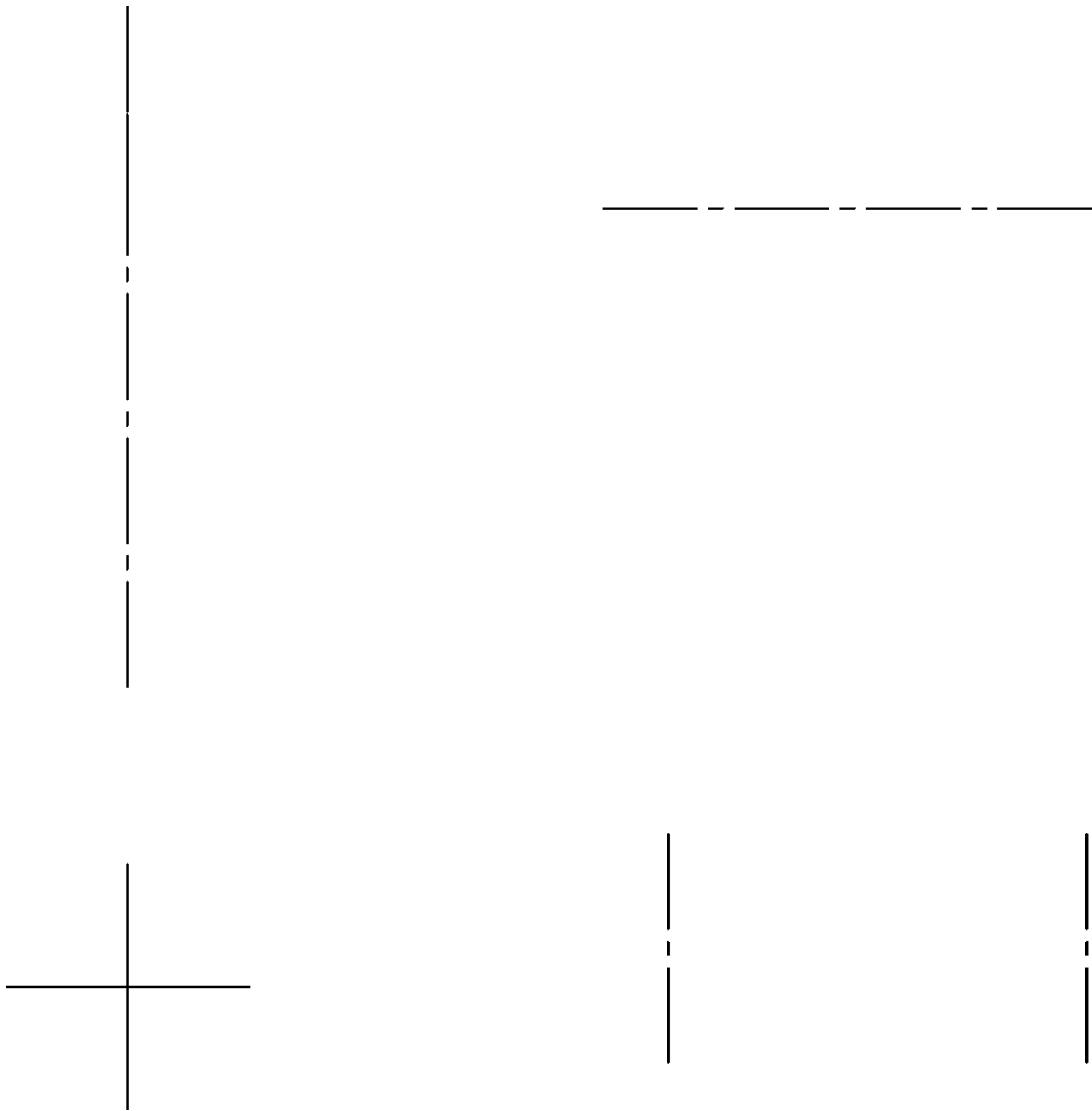


Рисунок 9.4

9.3 Контрольні питання

- 1 Як умовно зображується зовнішня та внутрішня різі?
- 2 Класифікація різі та їх позначення на креслениках.

10 ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ

10.1 Стислі теоретичні відомості

Шпонки призначені для передачі крутного моменту від вала до маточини деталі (зубчастого колеса, шківів тощо) чи навпаки, від маточини до вала. В окремих випадках, крім передачі крутного моменту, шпонки фіксують в осьовому напрямку, насадженні на вал маточини (клинові шпонки) чи призначені для напрямку їх руху (направляючі шпонки).

З'єднання призматичними шпонками

Призматичні шпонки (рис. 10.1) виконують прямокутного перерізу з відношенням висоти до ширини перерізу ($h:b$) від 1:1 для валів малих діаметрів, до 1:2 для валів великих діаметрів (ГОСТ 23360-78).

Кінці шпонок виконують плоскими чи округлими. Призматична шпонка являється врізною, тобто поміщається в паз вала. Робочими гранями призматичних шпонок служать їх бокові, більш вузькі грані. Для спрощення і полегшення збору шпонкових з'єднань між шпонкою і маточиною передбачують радіальний зазор. Розміри поперечного перерізу шпонок, а також пазів стандартизовані (ГОСТ 23360-78) і визначаються залежно від діаметра вала. Довжину шпонки беруть набагато меншу (на 3...7 мм) довжини маточини, узгодивши довжину шпонки із стандартним рядом довжин.

Для ступінчастих валів допускається брати менші розміри перерізів стандартних шпонок на валах більших діаметрів, за виключенням вихідних кінців валів. Це пов'язано з тим, що з міркувань міцності і працездатності шпонкових з'єднань немає причин призначення для ступеня більшого діаметра великої шпонки, чим для ступеня меншого діаметра того ж вала. Навпаки, чим більший діаметр ступеня ступінчатого вала, тим меншим для нього може бути переріз шпонки тому, що при однаковому крутному моменті в шпонковому з'єднанні на ступені більшого діаметра діють менші зусилля, чим в шпонковому з'єднанні на ступені меншого діаметра.

Наявність на одному валу шпонкових пазів однакових за перерізом і довжиною покращує технологічність конструкції вала.

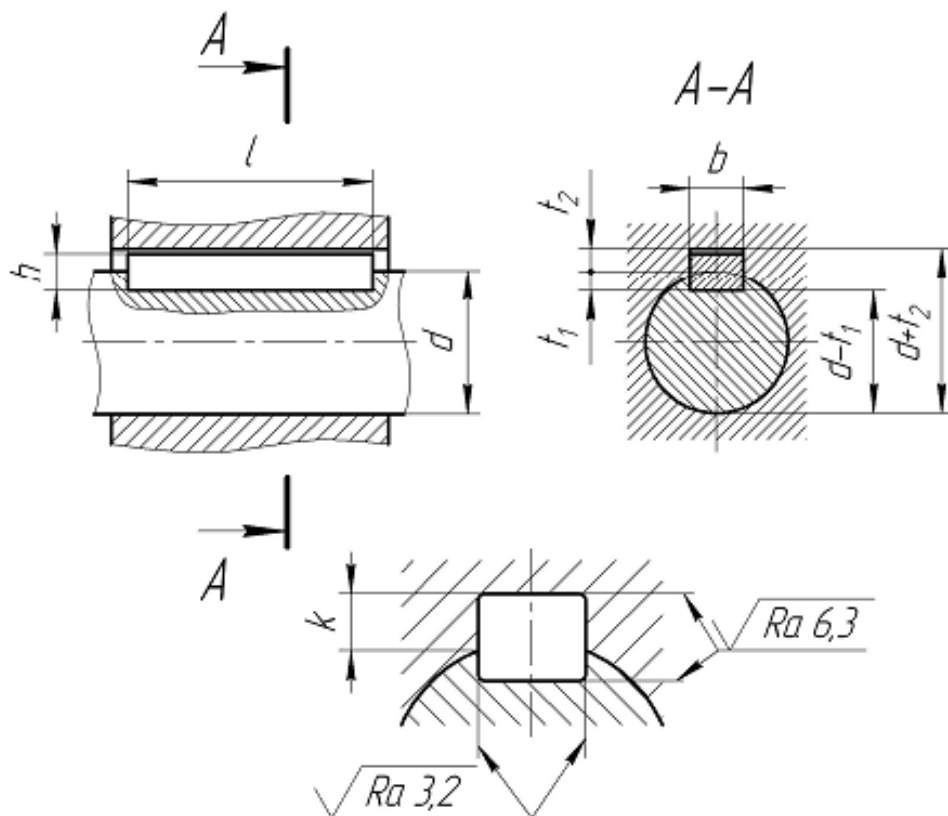
Таким чином, рекомендується призначати однакові шпонки для всіх ступенів вала, виходячи із найменшого діаметра, що має шпонковий паз.

Вибрані шпонки позначають таким чином. Наприклад, шпонка виконання А розмірами $b = 18$ мм, $h = 11$ мм, $l = 100$ мм:

Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78

Те ж, виконання В:

Шпонка В 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78.

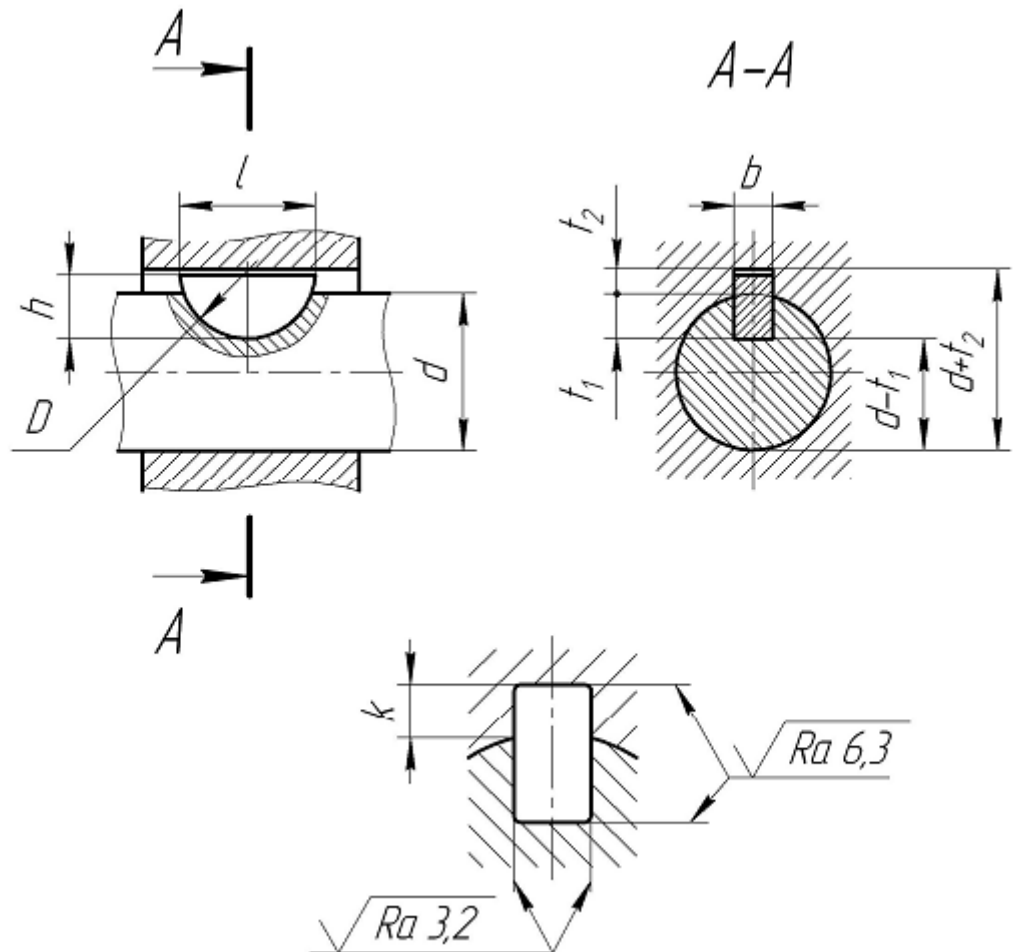


Примітка. На робочому кресленні вказується один розмір вала – t_1 (переважно) чи $d - t_1$ і для втулки – $d - t_2$.

Рисунок 10.1

З'єднання сегментними шпонками

Сегментні шпонки (рис. 10.2) використовуються рідше, чим призматичні, також вони забезпечують меншу точність посадок маточини на валу і вриваються у вал на більшу глибину, що відповідно знижує витривалість валів.



Примітка. На робочому кресленку вказується один розмір вала – t_1 (переважно) чи $d - t_1$ і для втулки – $d - t_2$.

Рисунок 10.2

Застосування сегментних шпонок обумовлено технологічністю з'єднання (не потребує ручної підгонки), а також стійким положенням шпонки у валу, що виключає її перекошення і концентрацію напружень. Шпонки при коротких маточинах встановлюють по одній, при довгих – по дві (інколи навіть три) за довжиною маточини. Сегментні шпонки характеризуються шириною b , діаметром заготовки D , висотою h (чи довжиною l) (див. рис. 10.2).

Розмір шпонок і перерізів пазів вибирають залежно від діаметрів вала. Сегментні шпонки позначаються таким чином. Наприклад, шпонка розмірами $b = 6$ мм, $h = 10$ мм:

Шпонка 6 × 10 ГОСТ 24071-80.

10.2 Виконання практичних завдань

Завдання 20. Виконати (рис. 10.3) кресленик втулки зі шпонковим пазом (шпонка призматична).

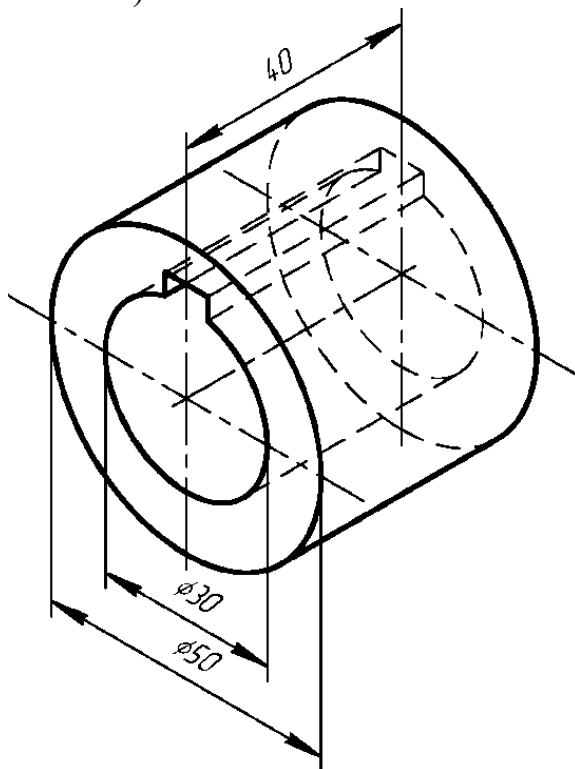


Рисунок 10.3

Завдання 21. Виконати (рис. 10.4) кресленик вала зі шпонковим пазом.

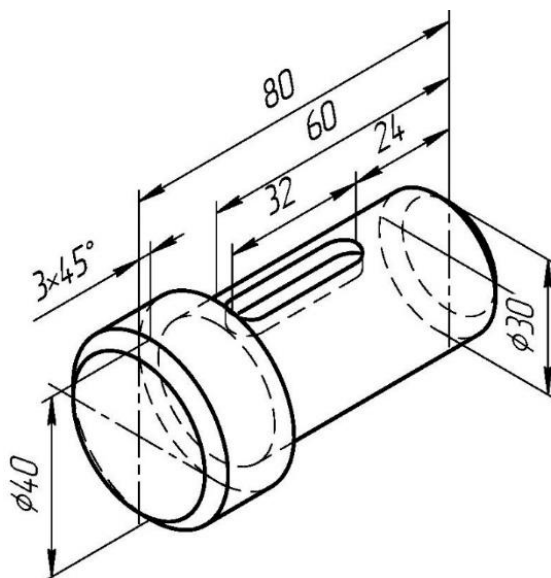


Рисунок 10.4

Завдання 22. Виконати (рис. 10.5) кресленик шпонки.

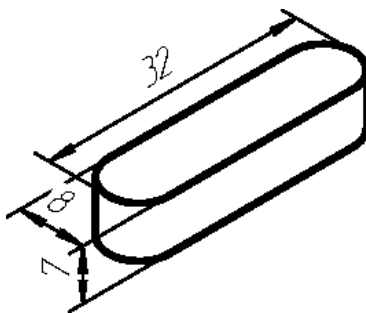


Рисунок 10.5

Завдання 23. Доповнити (рис. 10.6) кресленик шпонкового з'єднання необхідним перерізом. Проставити розміри.

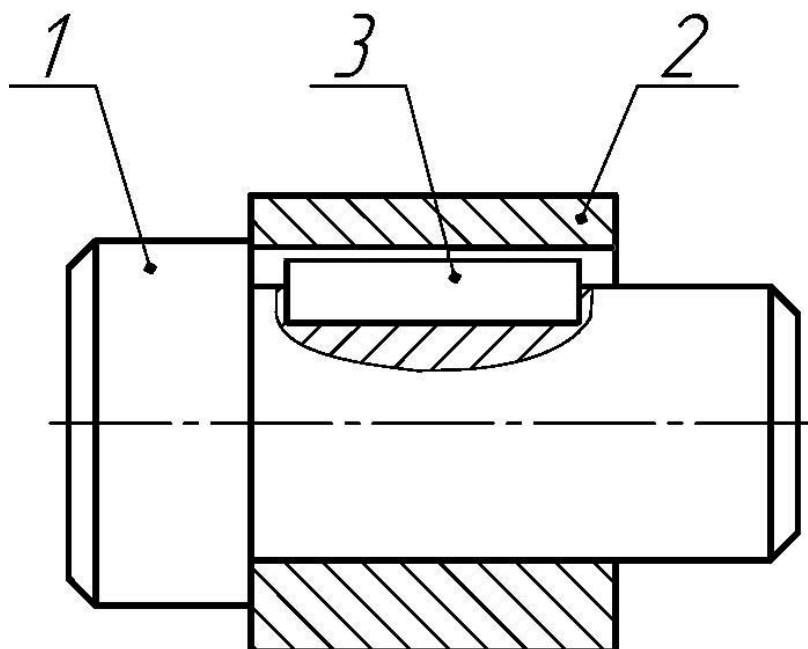


Рисунок 10.6

10.3 Контрольні питання

1. Призначення та види шпонкових з'єднань.

11 ВАЛ

11.1 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 привідних пасів тощо). Тому на вали діють також згинальні моменти і осьові навантаження.

Основні правила виконання зображень

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

Таким чином, креслення вала 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. Проставляння розмірів ведеться від правого торця, від *базиса налагодження*. Цей торець обробляється першим; від нього здійснюють налагодження упорів, різального інструменту та вимірювання деталі. При цьому враховується конструкція деталі та необхідність *перевстановлення* деталі у процесі виточування окремих її ділянок.

При проставлянні розмірів від базиса налагодження ланцюговим або комбінованим методом встановлення інструмента ускладнюється. Тому проставляння розмірів рекомендується проводити від базиса налагодження лише *координатним методом*. Можна також за базу налагодження

прийняти один з буртиків вала, від якого проставляються розміри довжин ділянок вала.

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 вала

На валу є різні конструктивні та технологічні елементи (пази, отвори, зрізи, канавки, проточки та ін.), тому для виявлення форми цих елементів головне зображення вала доповнюють *винесеними перерізами та виносними елементами* (рис. 11.1). 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 із стандартом відповідно параметрам ділянок вала, на яких вони виконуються (діаметр ділянки вала, крок різі та ін.).

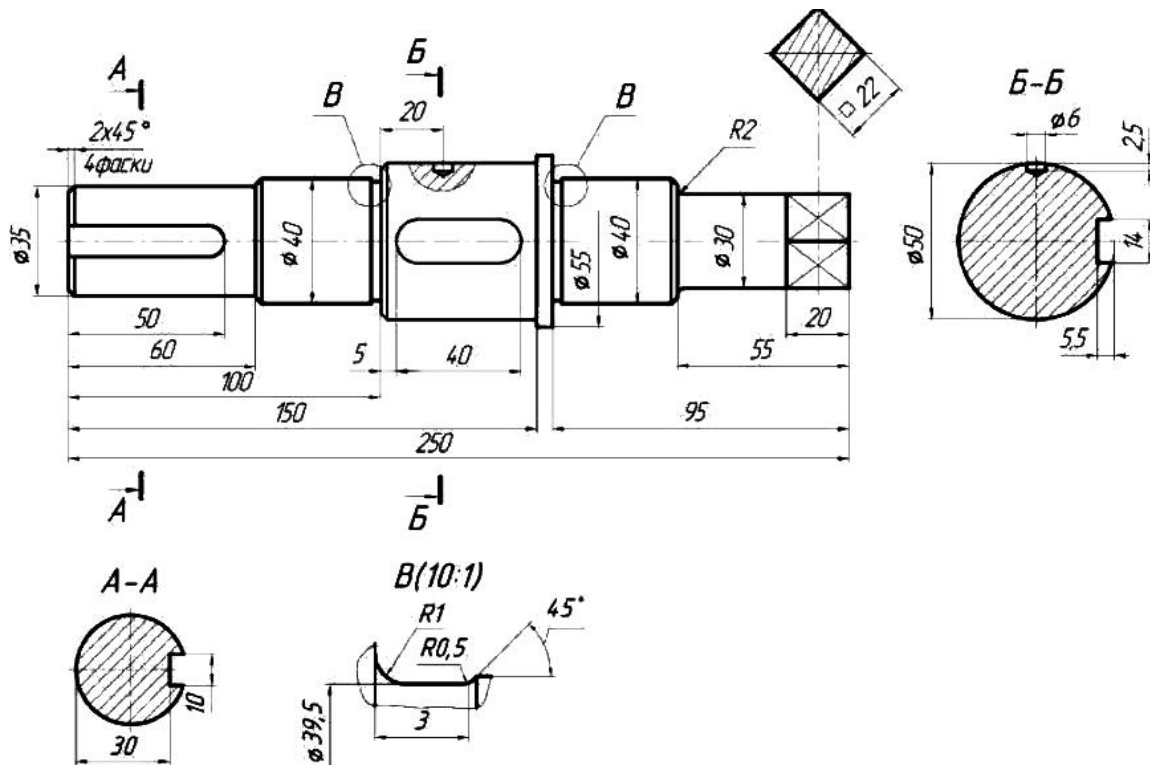


Рисунок 11.1

11.2 Виконання практичних завдань

Завдання 24. За наведеним зображенням (рис. 11.2) виконати перерізи А–А та Б–Б, а також виносний елемент В. Проставити розміри.

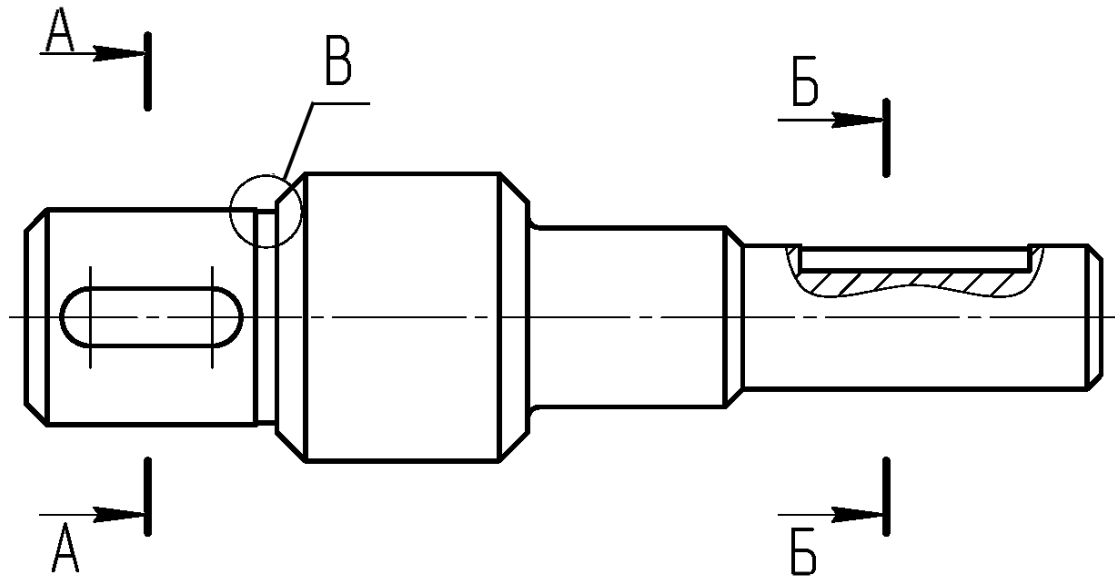


Рисунок 11.2

Завдання 25. За аксонометричною проєкцією вала (рис. 11.3) побудувати головний вид деталі, необхідні перерізи і виносні елементи, нанести розміри. Індивідуальні графічні завдання надано в таблиці Г.1 додатка Г. Приклад виконання наведено у додатку Г (рис. Г.2).

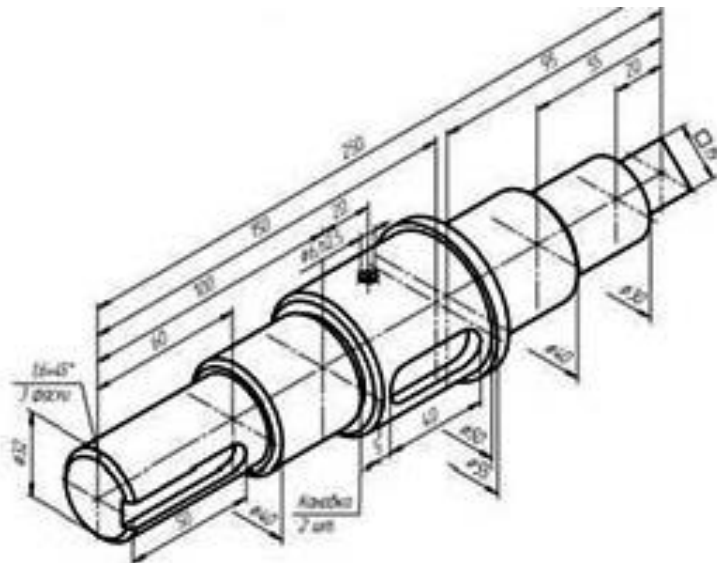


Рисунок 11.3

11.3 Контрольні питання

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

12 КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ

12.1 Стислі теоретичні відомості

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

Призначення:

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

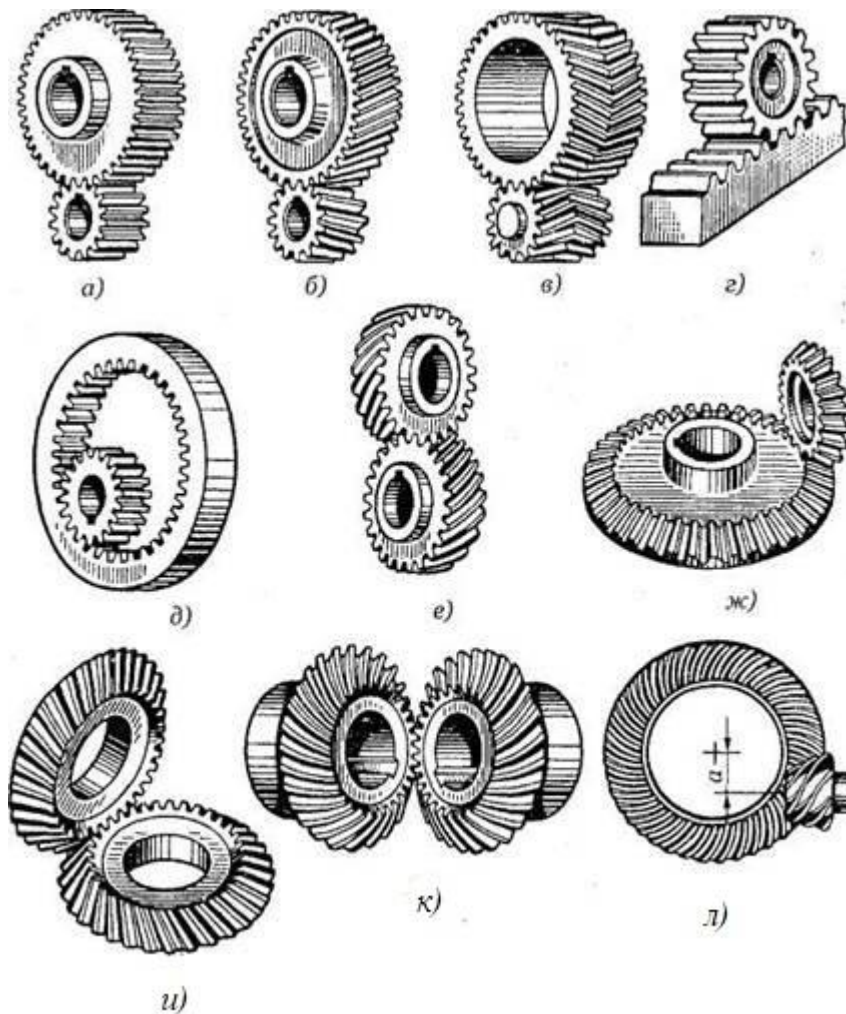


Рисунок 12.1

Види зубчастих передач (рис. 12.1):

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

г – рейкова передача;

д – циліндрична передача із внутрішнім зачепленням;

e – зубчаста гвинтова передача;
ж, и, к – конічні зубчасті передачі;
л – гепоїдна передача.

Елементи зубчастого колеса

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

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

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

Ділильна окружність ділить висоту зубів на дві частини: *головку (h_a)* і *ніжку (h_f)* (рис. 12.2).

Основними параметрами зубчастого зачеплення є кількість зубів *Z* і модуль *m*.

Для правильного зображення на кресленні необхідно розрахувати параметри зубчастого колеса (табл. 12.1).

Таблиця 12.1 – 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	$d_f = d - 2 h_f$

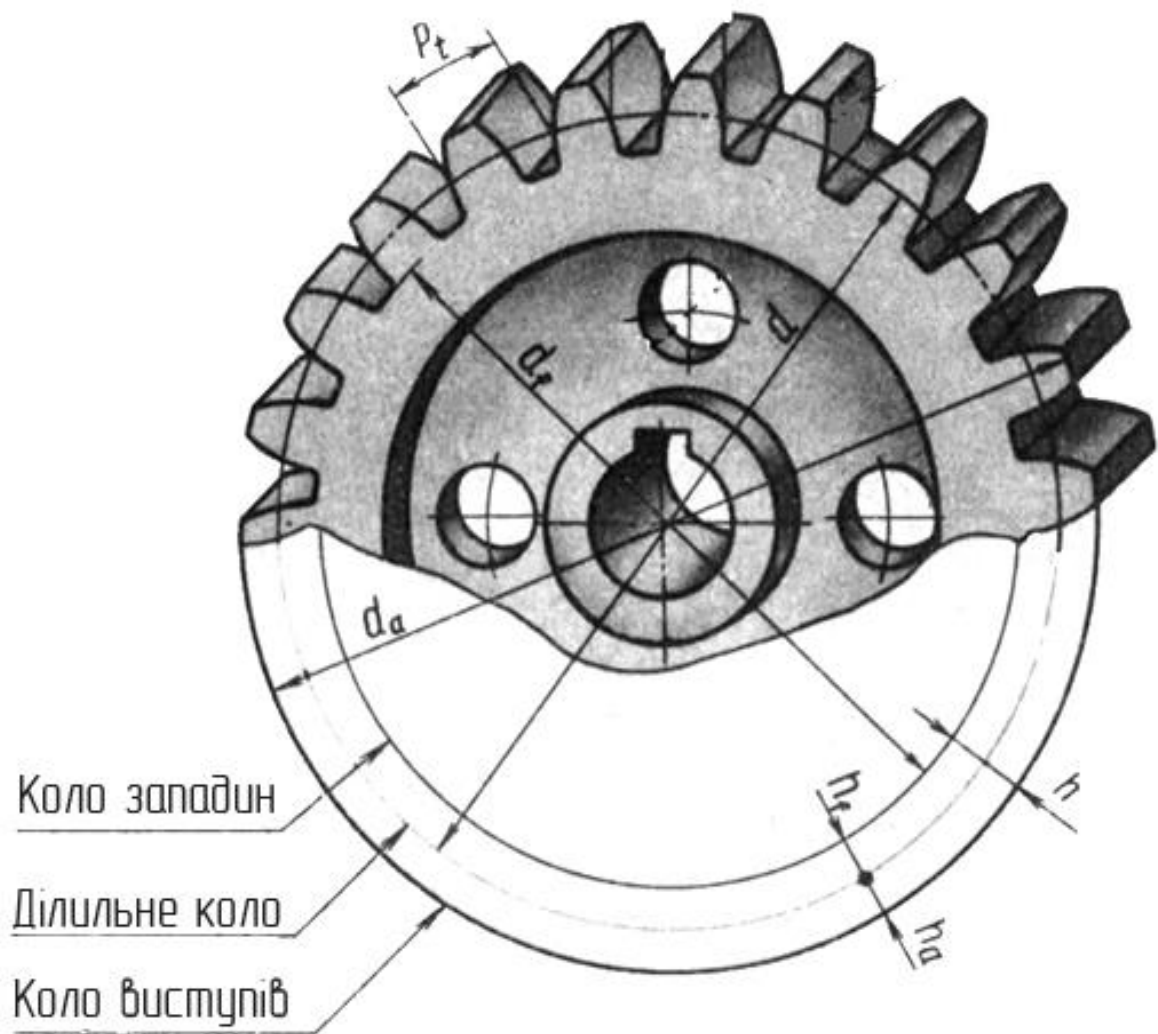


Рисунок 12.2

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.

12.2 Виконання практичних завдань

Завдання 26. Виконати розрахунок параметрів та побудувати креслення колеса зубчастого (рис. 12.3).

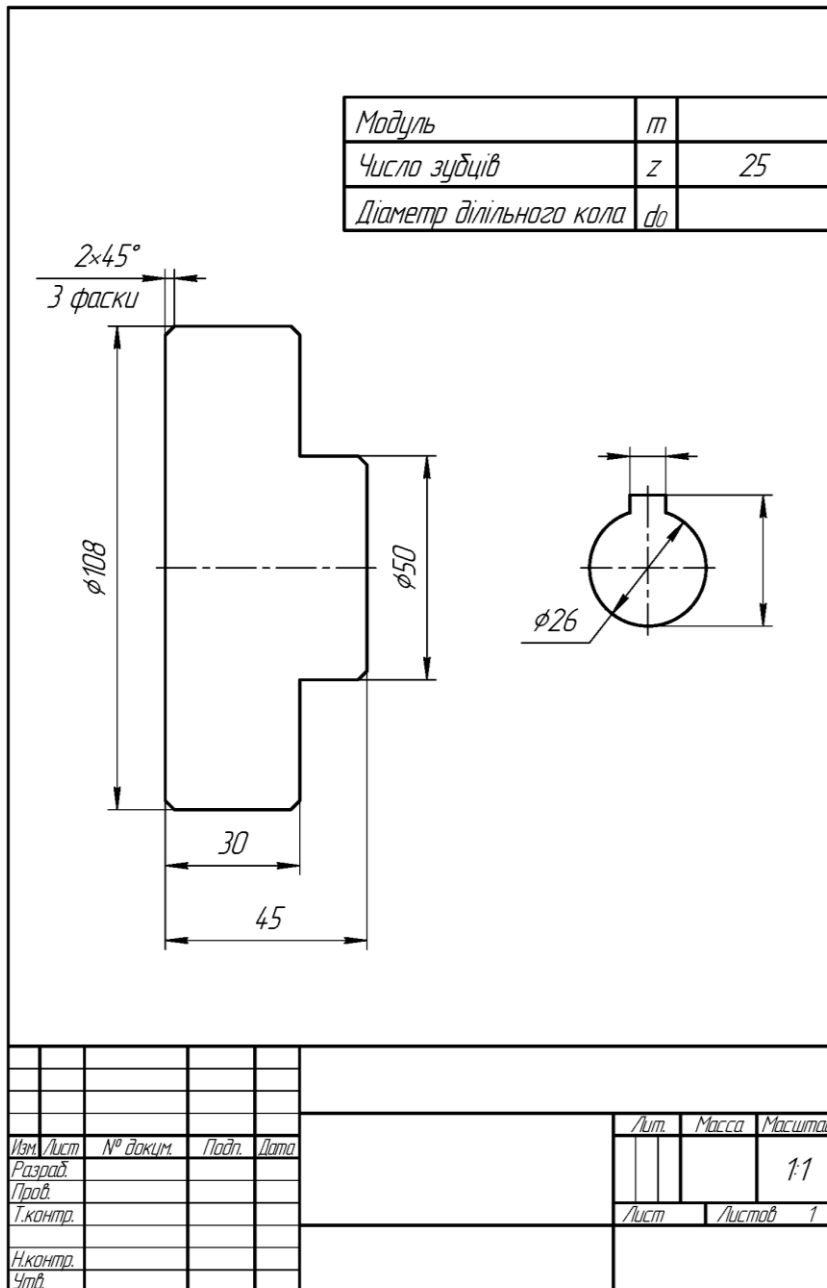


Рисунок 12.3

Завдання 27. Задано параметри циліндричного прямозубого зубчастого колеса (дод. Г, рис. Г.3, табл. Г.6). Виконати за варіантом кресленик прямозубого зубчастого колеса (приклад виконання показаний на рис. Г.4).

12.3 Контрольні питання

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

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.]. – Л. : 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» [для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання]* / уклад.: Ковбашин В. І., Пік А. І. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 84 с.

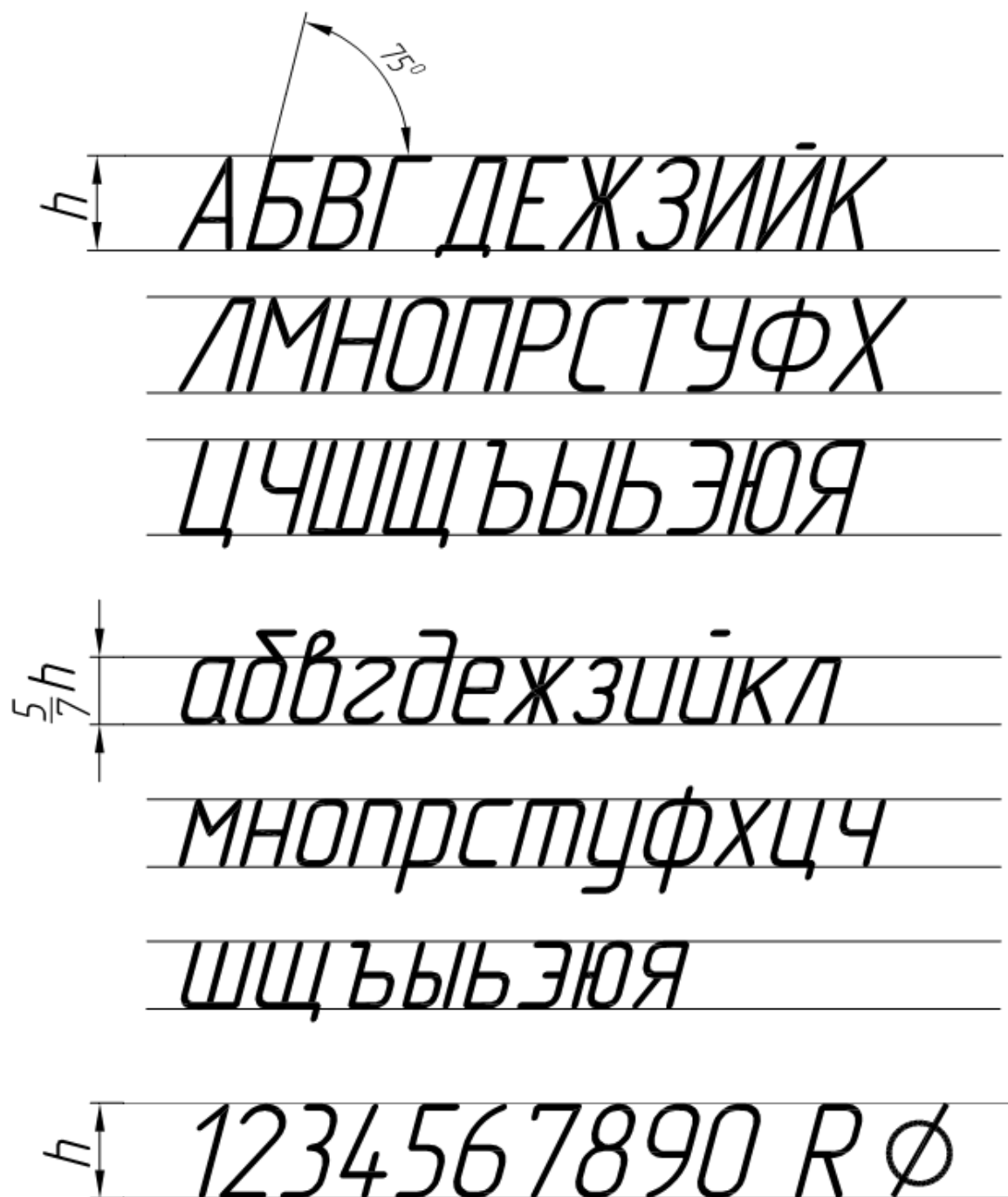
5 Кабацький О. В. Нарисна геометрія та інженерна графіка : *курс лекцій* / О. В. Кабацький, С. С. Красовський, О. В. Жартовський, С. Л. Загребельний, М. В. Брус. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 107 с.

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

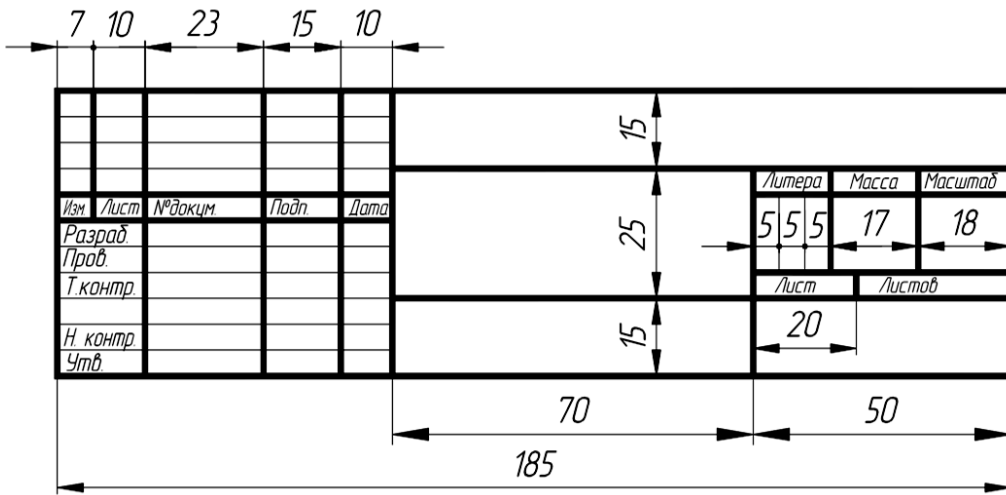


Тип А, нахилений

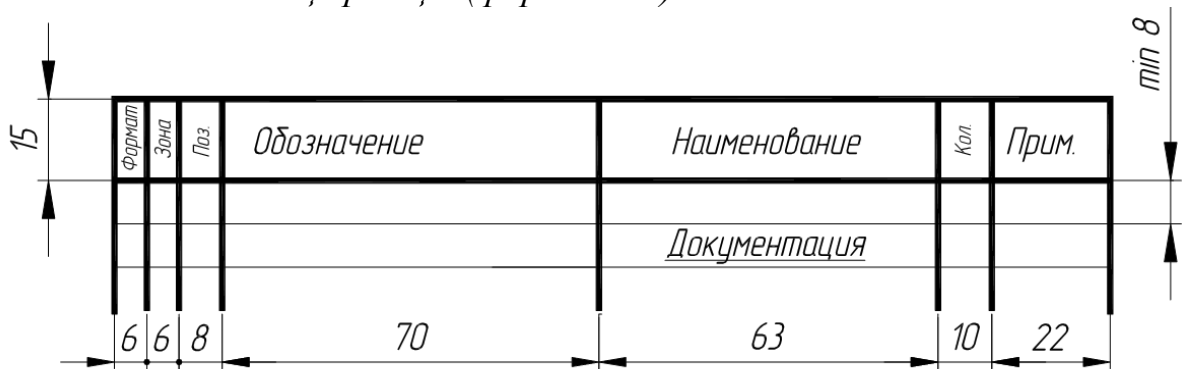
h – 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20

Рисунок А.1

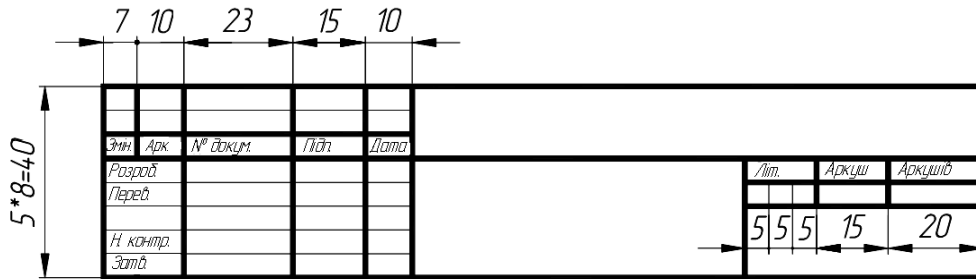
Основний напис для креслень та схем. ГОСТ 2.304-68



Специфікація (формат А4). ГОСТ 2.108-68



Основний напис до специфікації (перший аркуш) формат А4



Основний напис до специфікації (наступні аркуші)

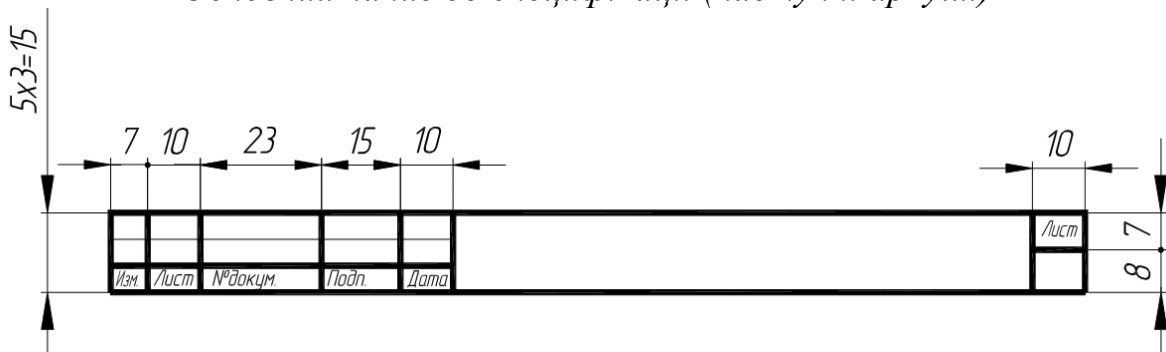


Рисунок А.2

1. Суцільна товста основна

2. Суцільна тонка

3. Суцільна тонка зі зламами

4. Суцільна хвиляста

5. Штрихова

6. Розімкнена

7. Штрихпунктирна тонка

8. Штрихпунктирна потовщена

9. Штрихпунктирна з двома точками тонка

Ø50

№	Лист	№	Важин	Лист	Цейка	Ліній.	Лит	Маска	Увіслюв
Рисув.						Ліній.			1/1
Текст.						Багатокутники			1
Нормат.							Лист	1/Листів	
Заб.									

Формат А3

Рисунок А.3 – Приклад виконання графічної роботи «Типи ліній. Багатокутники»

ДОДАТОК Б

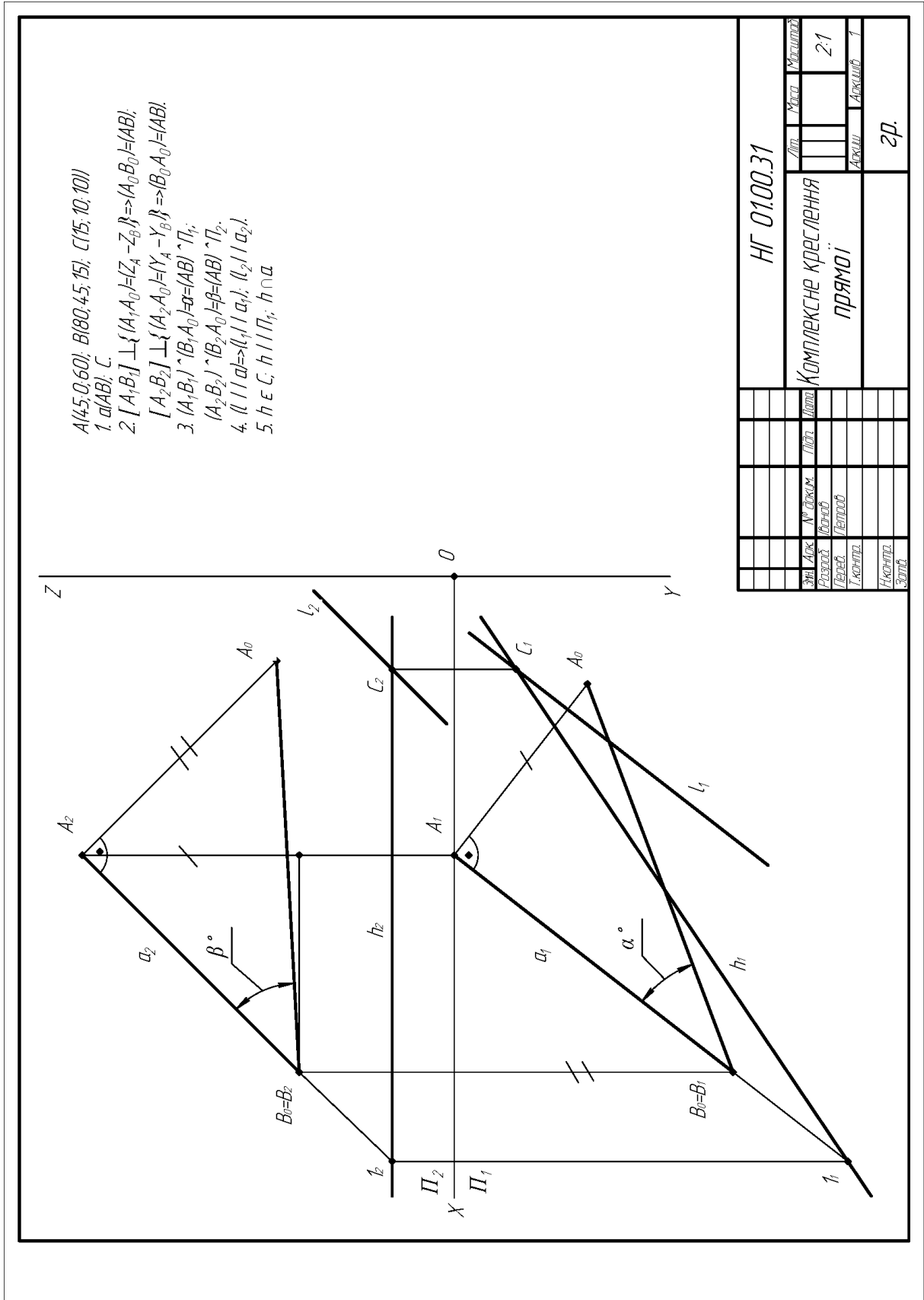


Рисунок Б.1 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 2.5
(комплексне креслення прямої)

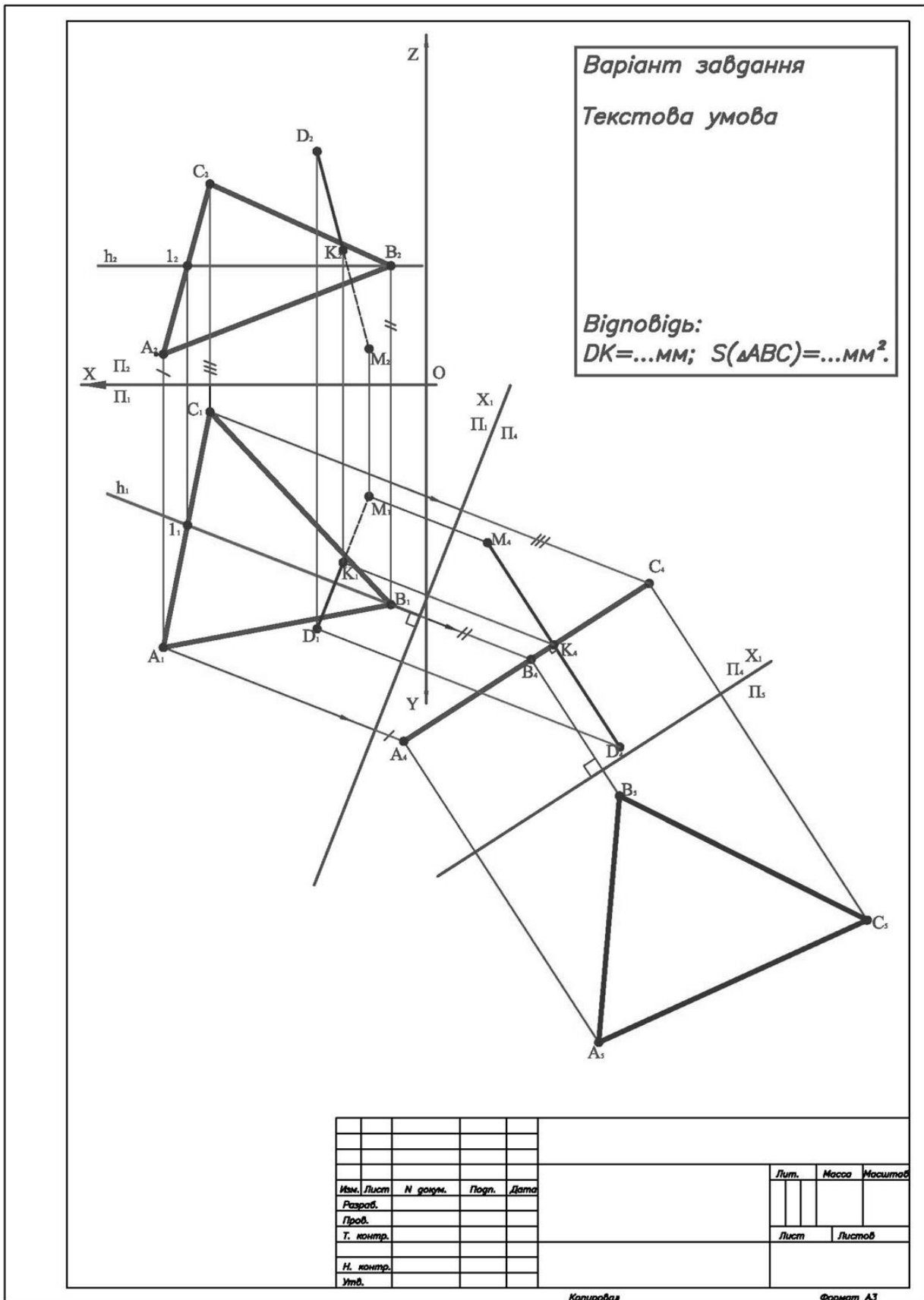


Рисунок Б.2 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 12 (відстань від точки до площини)

Перв. примеч.

Строч. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Инд. № дробл.

Инд. № лист

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Конус	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов						2,05	1:1
Проб.	Петров					Лист	Листов 1	
Т.контр.						Сталь 10 ГОСТ 1050-88 гр. 1М09-1т		
Исполн.					Копировал	Формат А3		
Утв.								

Рисунок Б.3 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 14 (переріз конусу)

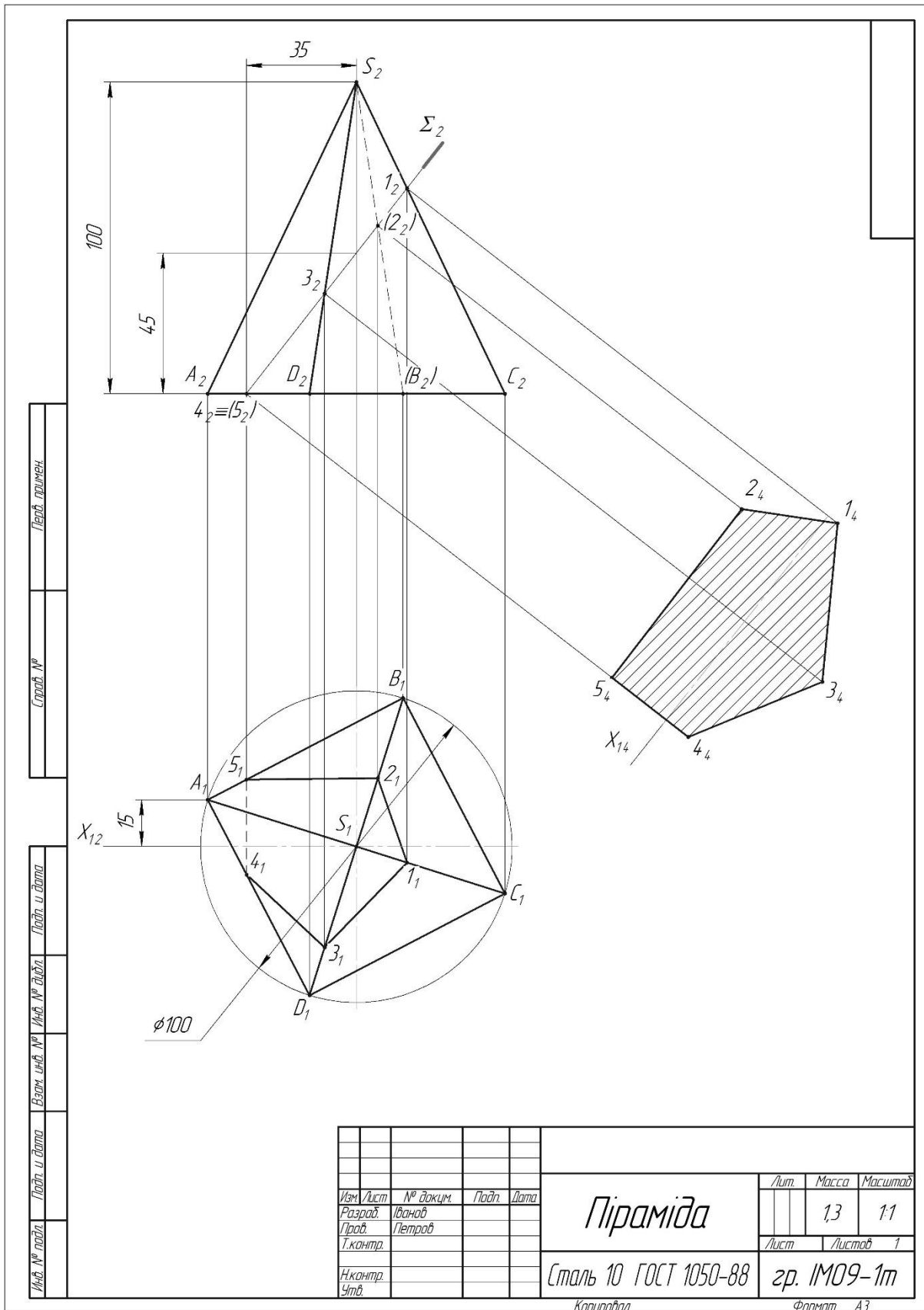


Рисунок Б.4 – Приклад виконання графічної роботи за умовою задачі № 14 (переріз піраміди)

ДОДАТОК В

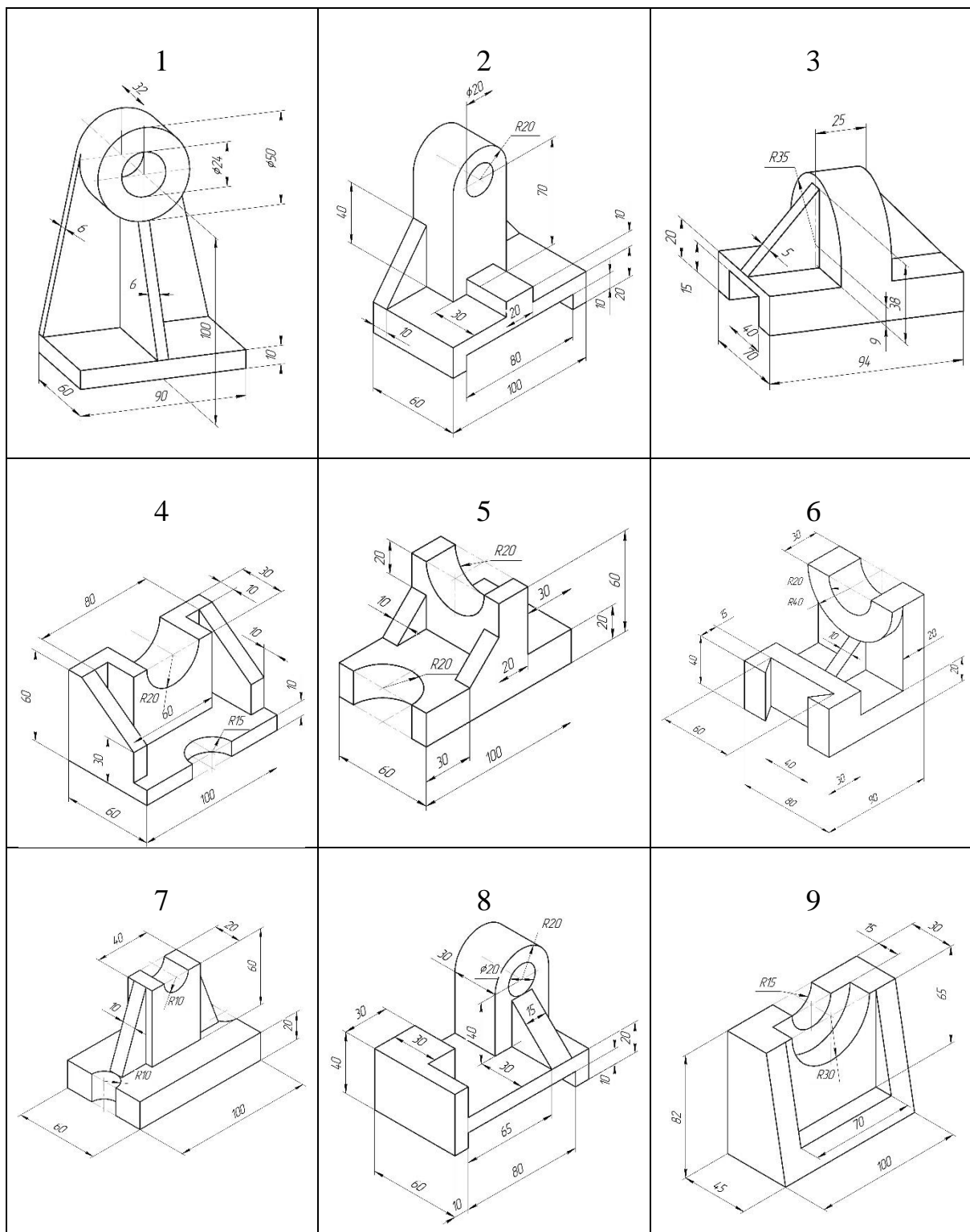


Рисунок В.1 – Завдання для виконання графічної роботи «Види»

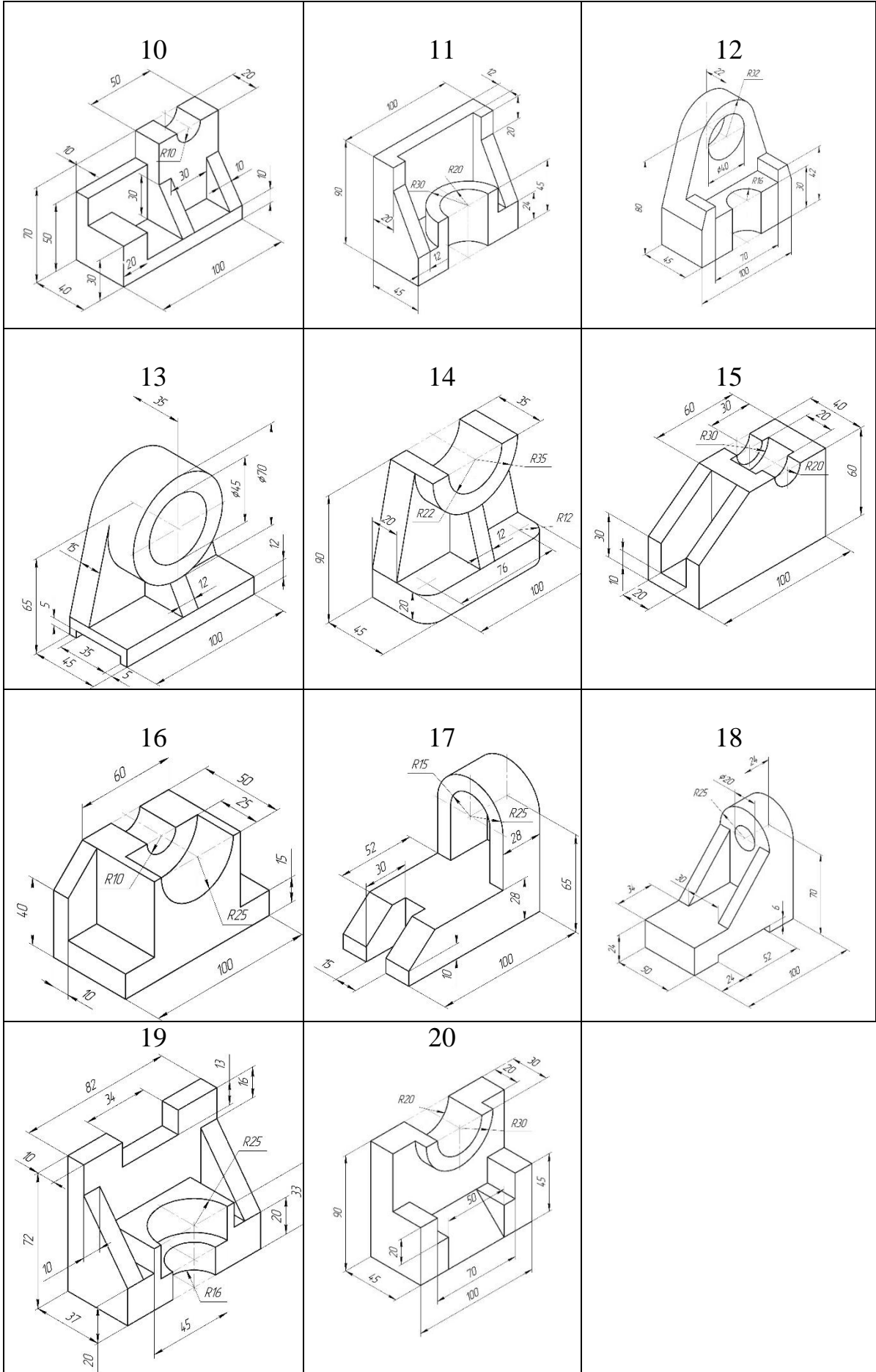
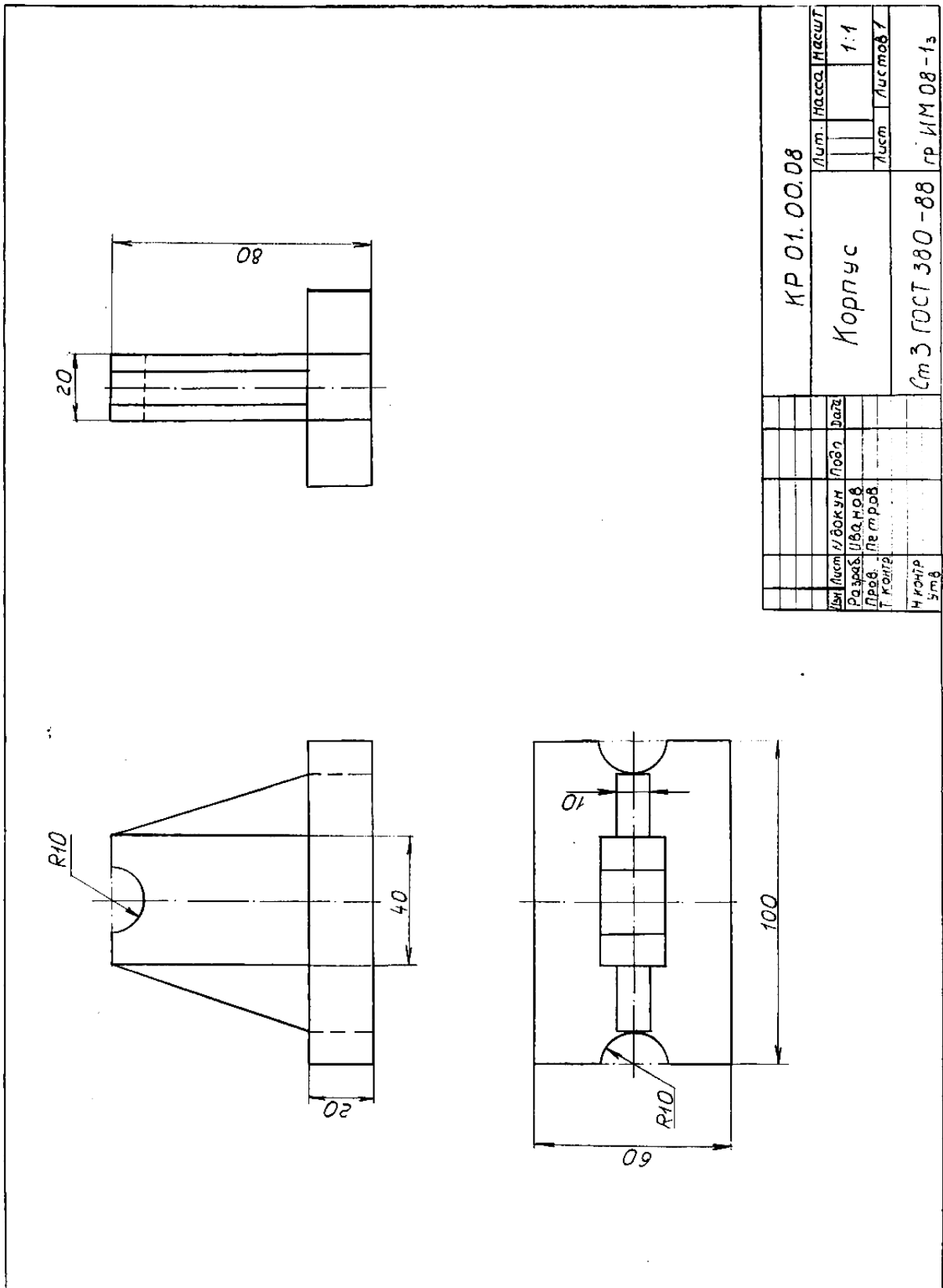


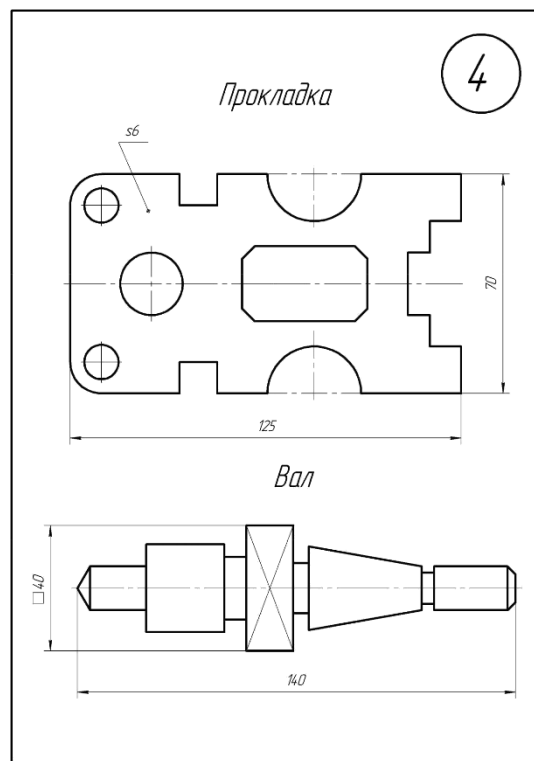
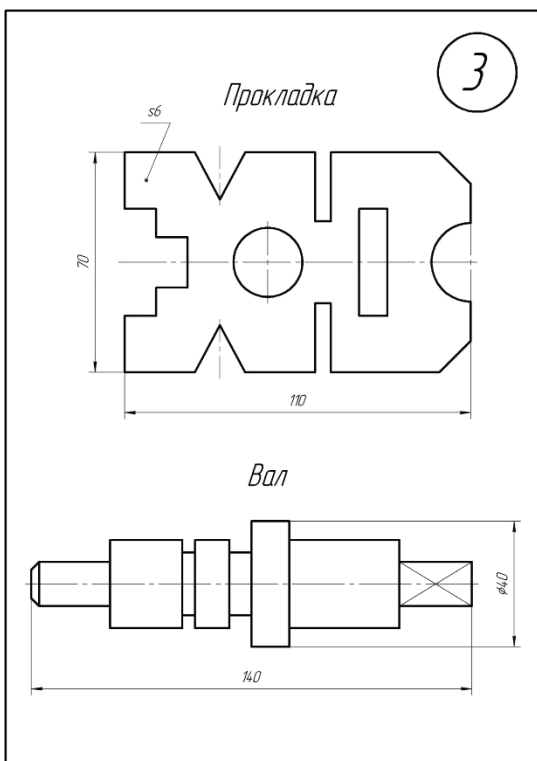
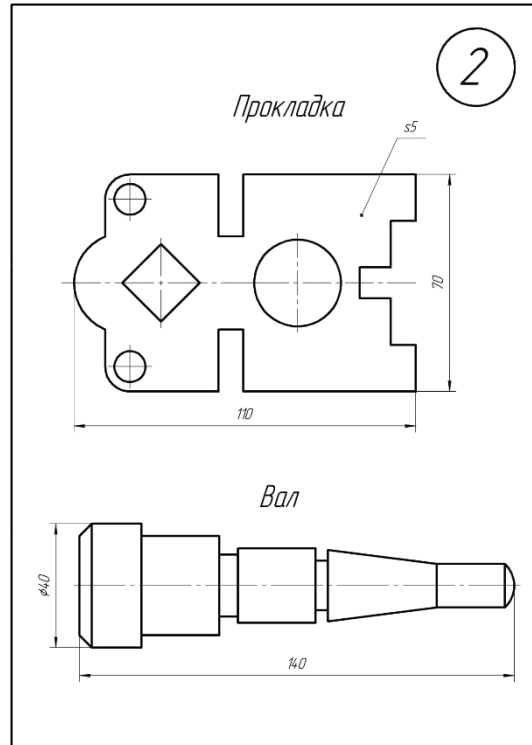
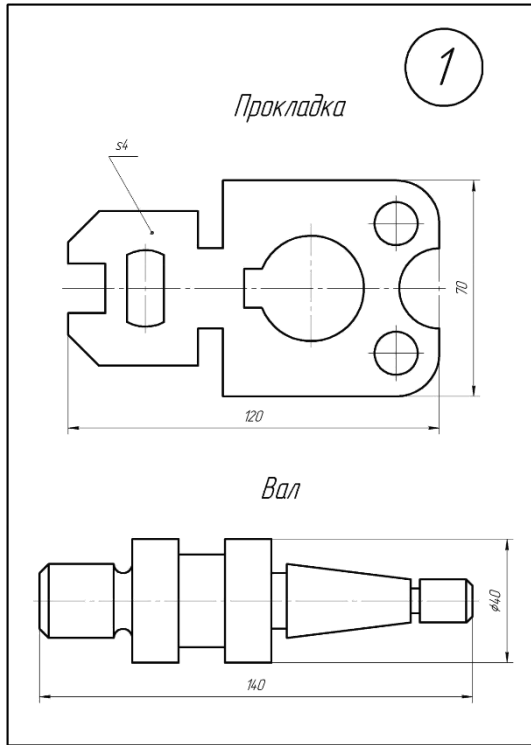
Рисунок В.1, лист 2



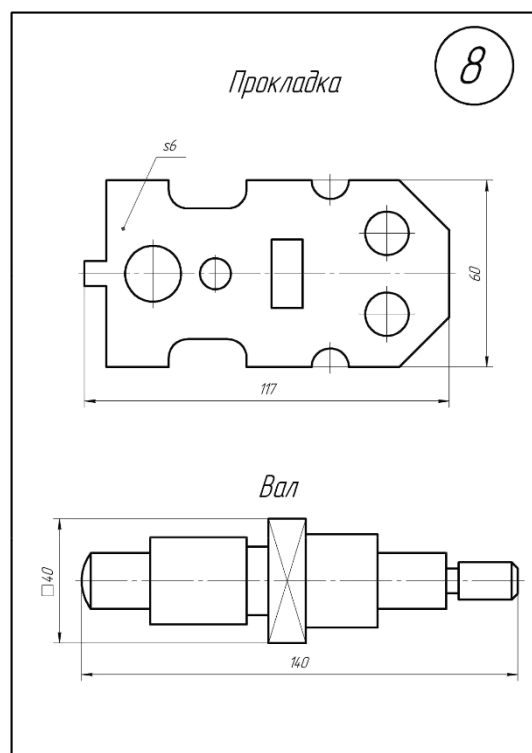
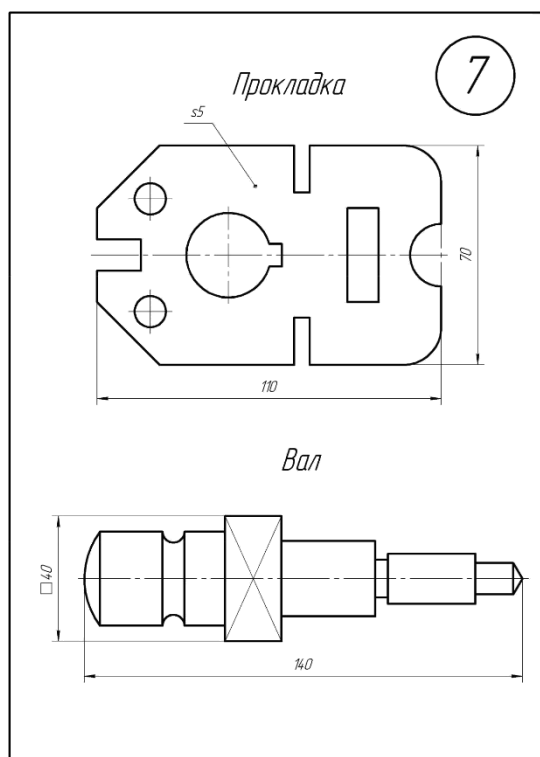
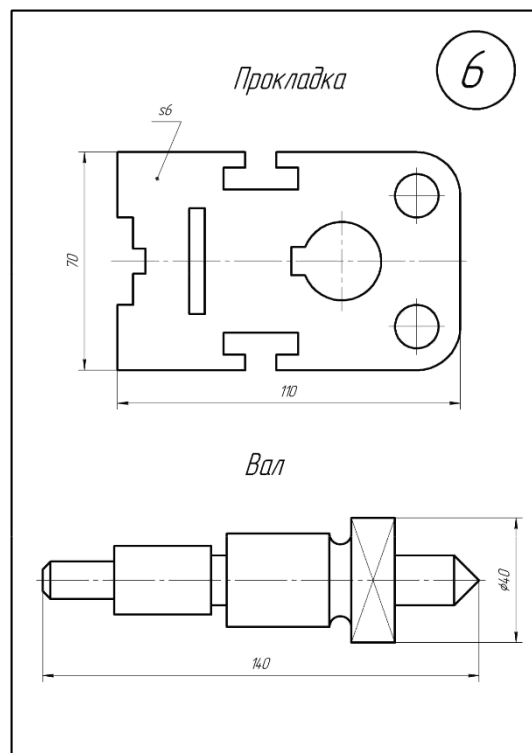
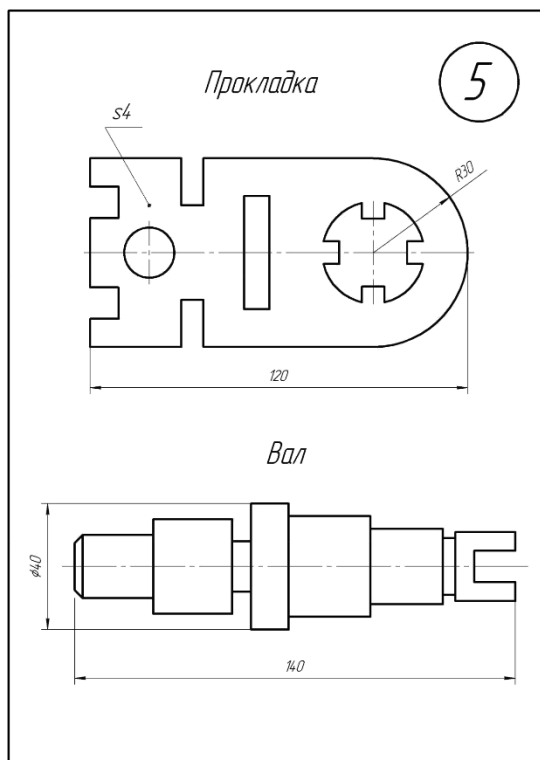
КР 01.00.08		Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Корпус		Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Ст 3 ГОСТ 380-88		Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
гр ИМ 08-13		Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Экз	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Разреш	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Проб	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
Т. Корп	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
И. Корп	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов
5м8	Лист	Лист	Листов	Листов	Листов	Листов	Листов

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

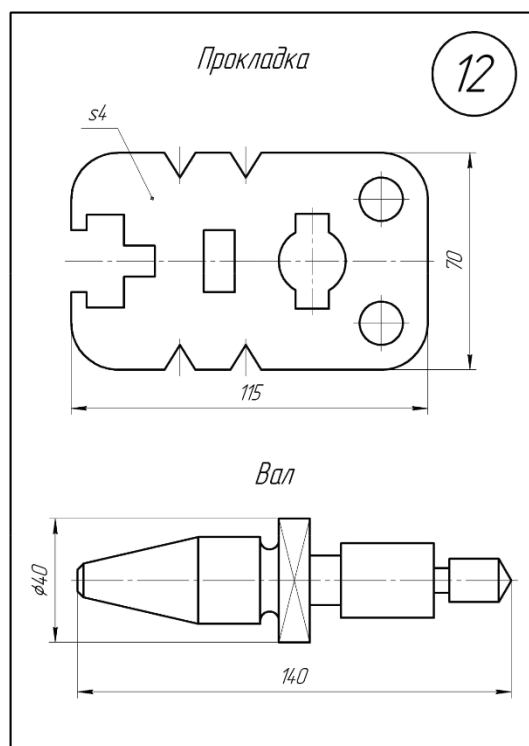
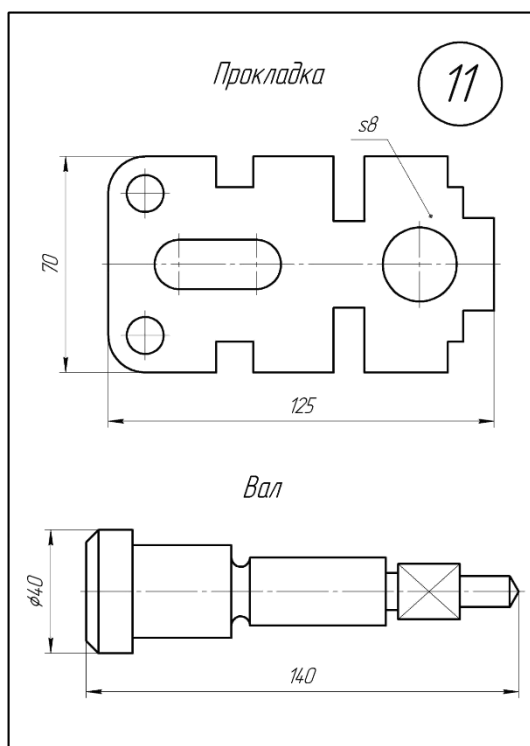
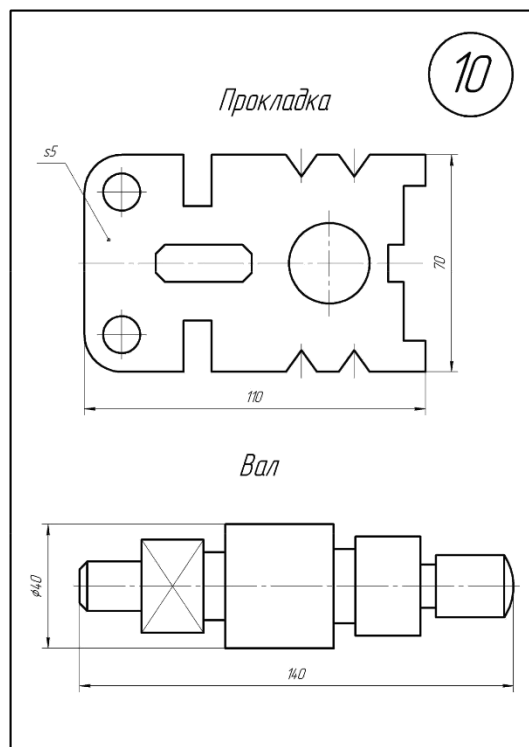
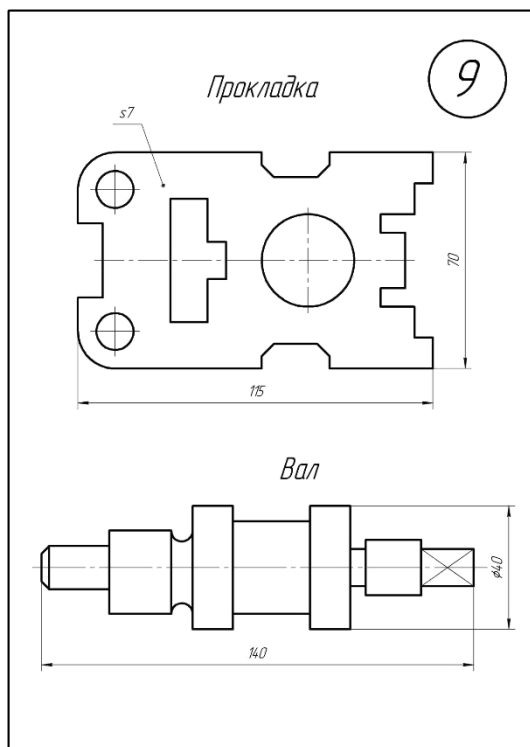
Таблиця В.1 – Завдання для виконання графічної роботи «Нанесення розмірів»



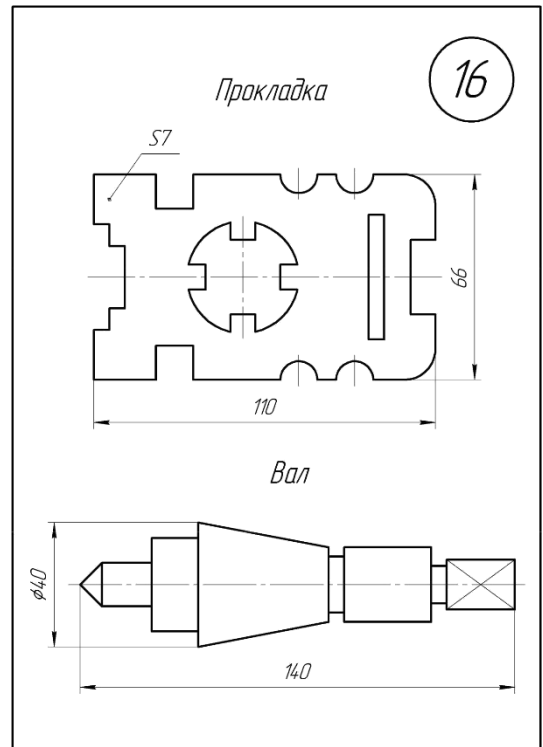
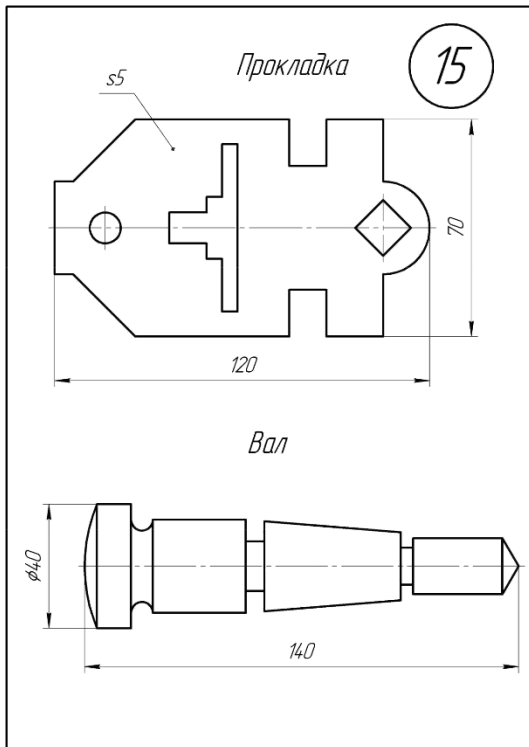
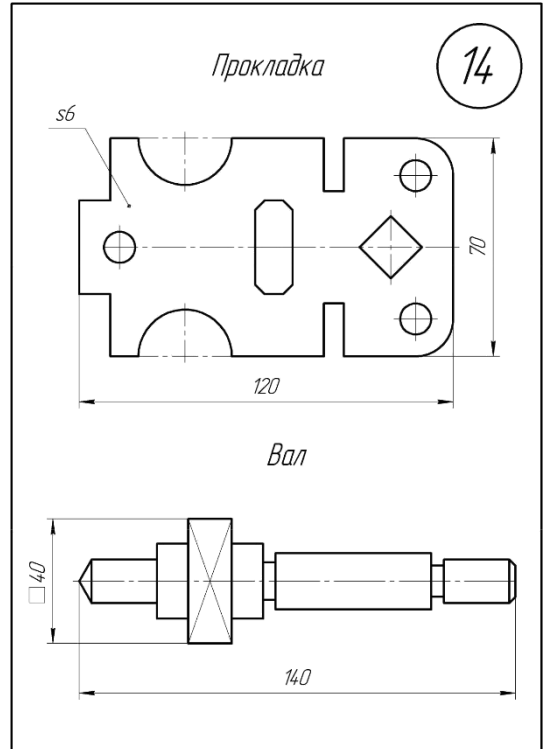
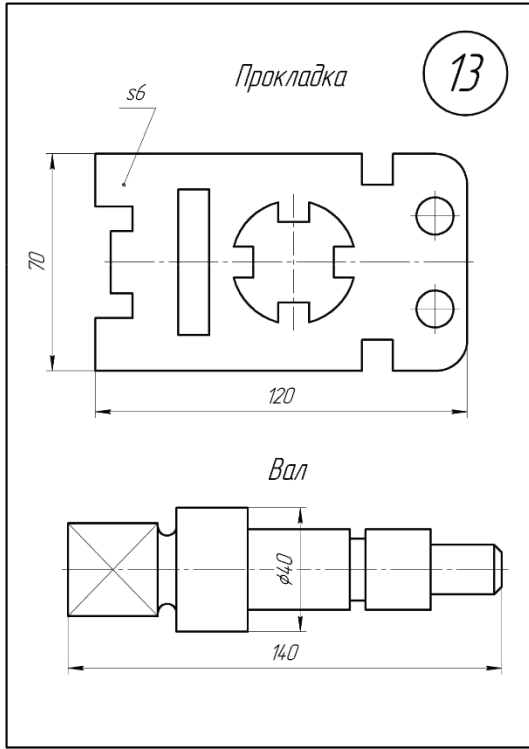
Продовження таблиці В.1



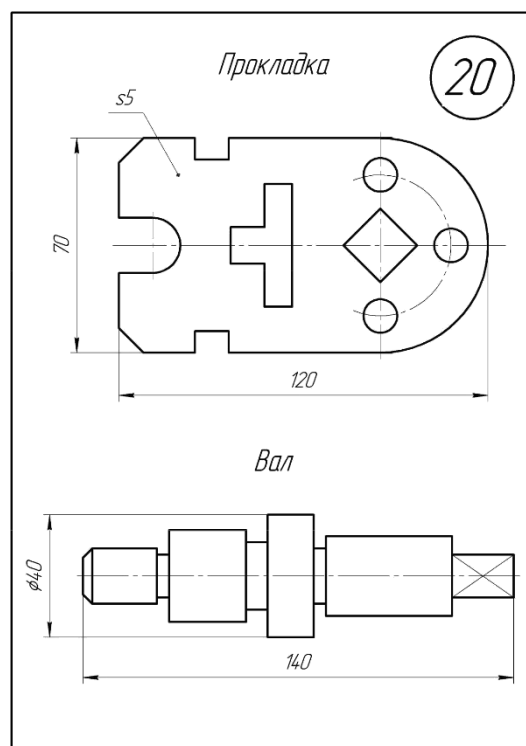
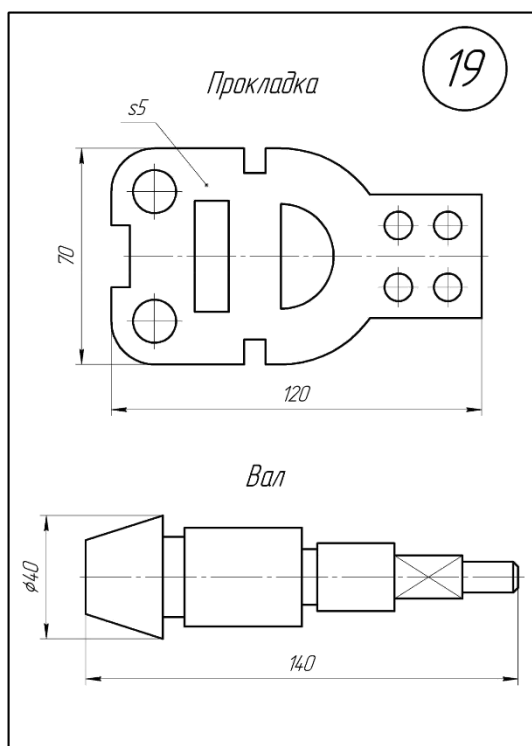
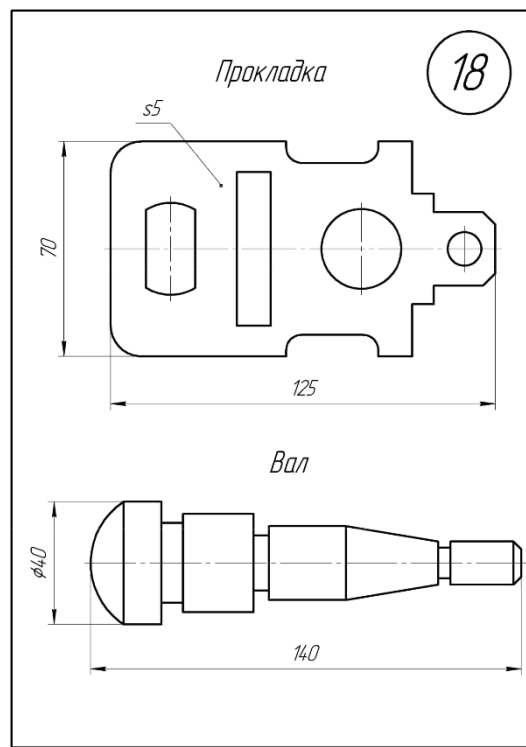
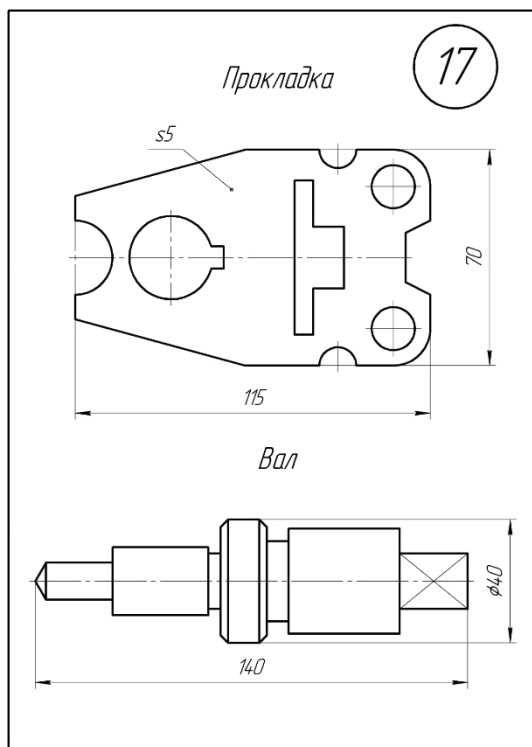
Продовження таблиці В.1



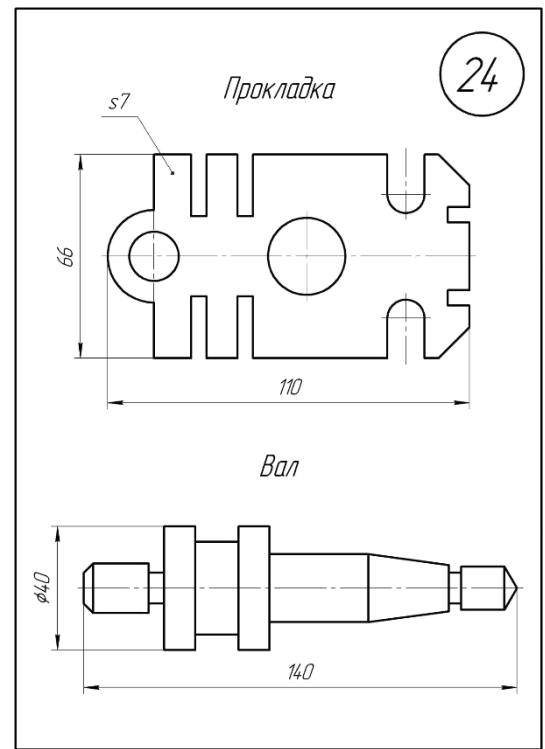
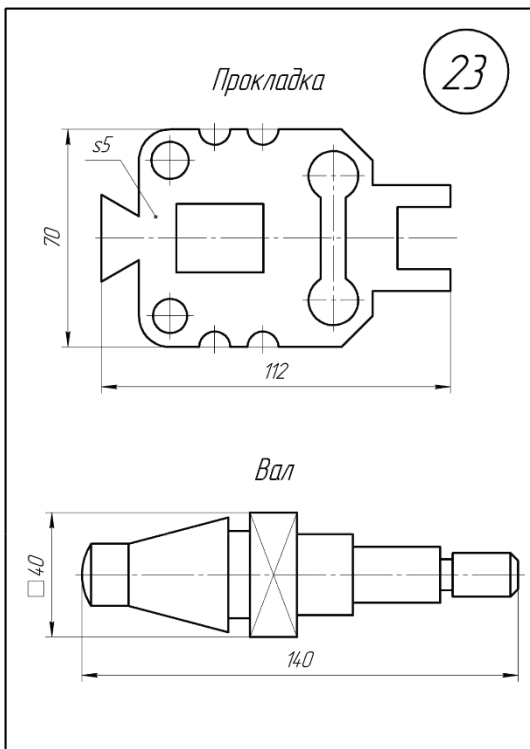
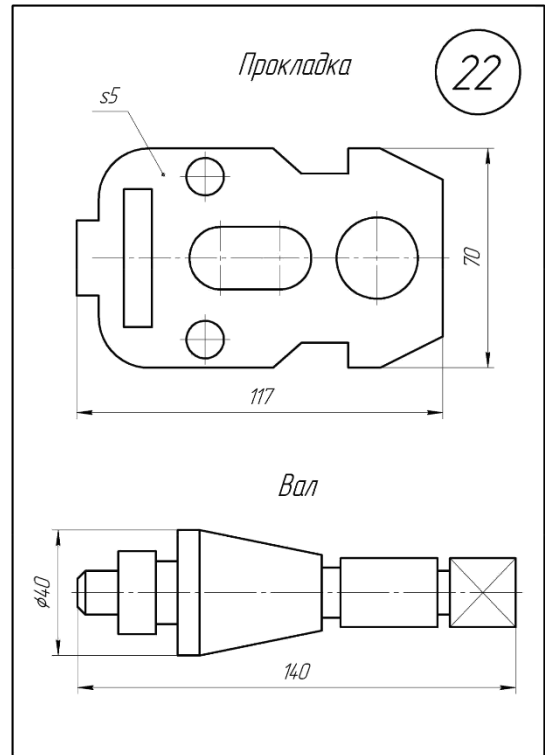
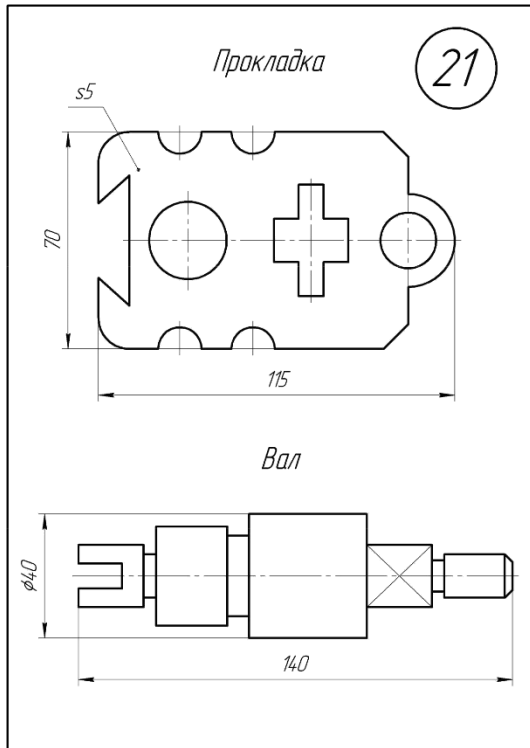
Продовження таблиці В.1



Продовження таблиці В.1



Продовження таблиці В.1



ДОДАТОК Г

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

№ п/п	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				24	32	
7	M18	22	ГОСТ 22034-76	ГОСТ 6958-78	33	45		
8	M16	20			40	56		
9	M14	18	ГОСТ 22036-76	ГОСТ 11371-78	ГОСТ 5915-70	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	ГОСТ 22038-76	ГОСТ 11371-78	32			
16	M27	28			40			
17	M24	26			46			
18	M22	24			6	10		
19	M20	22	ГОСТ 22040-76	ГОСТ 6958-78	ГОСТ 5915-70	8	ГОСТ 23360-78	
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

Таблиця Г.2 – 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 Г.3 – 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 Г.3

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
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
Номінальна 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 Г.3

Номінальна 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 різьбового кінця, що вгвинчується l_1 .

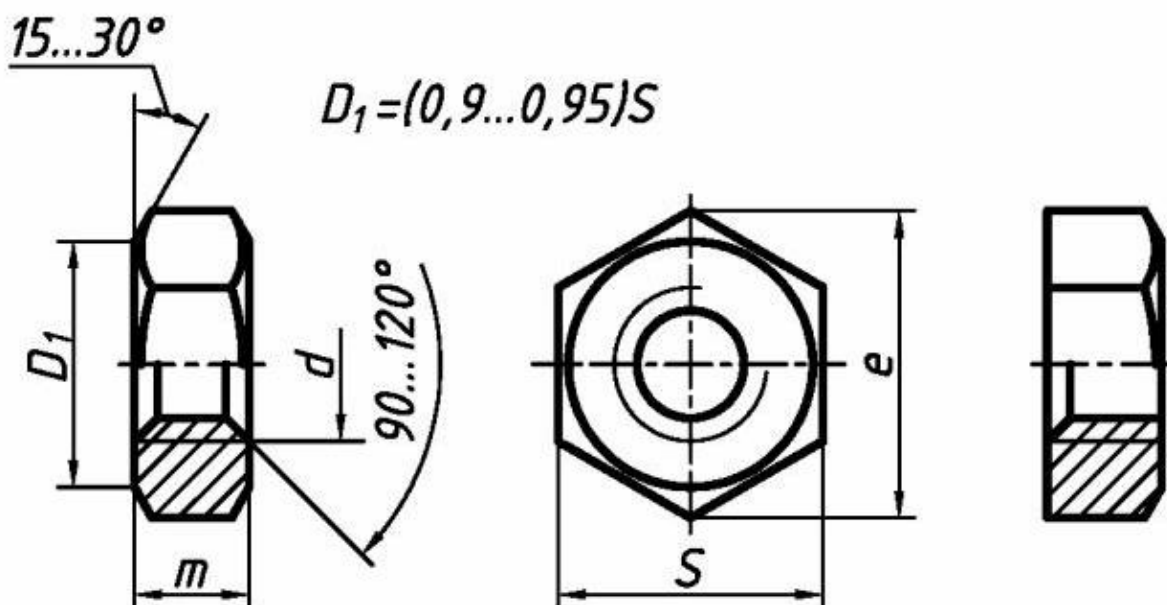
2. Шпильки із розмірами, що в дужках, по можливості не застосовувати.

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

Таблиця Г.4 – Гайки шестигранні нормальні (ГОСТ 5915-70)

Виконання 1

Виконання 2

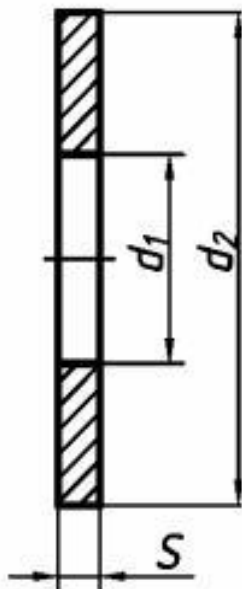


Номінальний діаметр різі d	Крок різі		S	e	m
	великий	дрібний			
6	1		10	10,9	5,2
8	1,25	1	13	14,2	6,8
10	1,5	1,25	16	17,6	8,4
12	1,75	1,25	18	19,9	10,8
(14)	2	1,5	21	22,8	12,8
16	2	1,5	24	26,2	14,8
(18)	2,5	1,5	27	29,6	16,4
20	2,5	1,5	30	33,0	18,0
(22)	2,5	1,5	34	37,3	19,8
24	3	2	36	39,6	21,5
(27)	3	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.

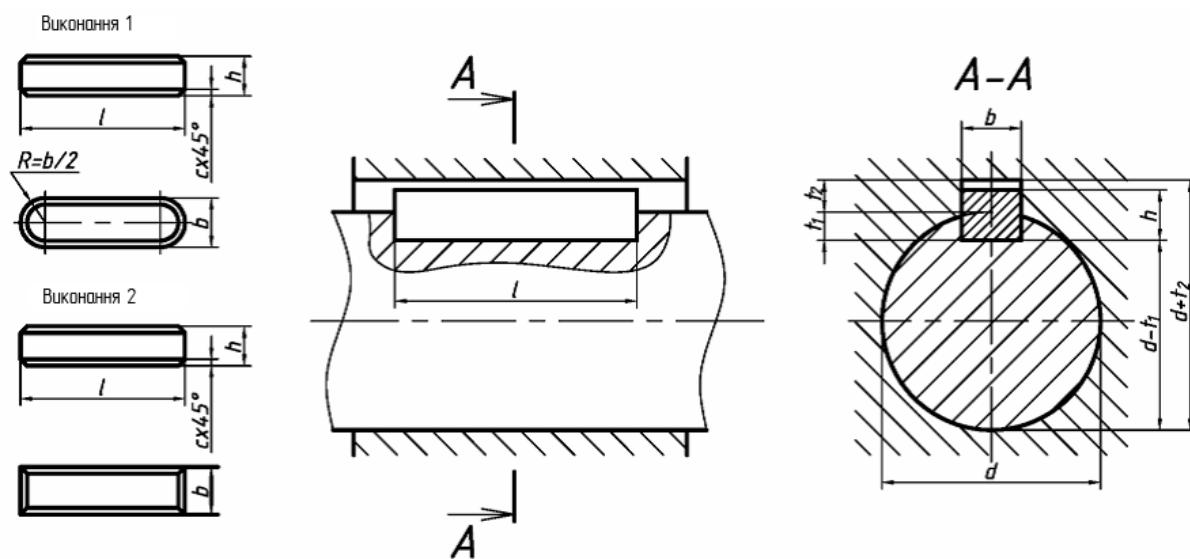
1 Розміри гайок у дужках застосовувати не рекомендується.

Таблиця Г.5 – Шайби звичайні нормальні (ГОСТ 11371-78)



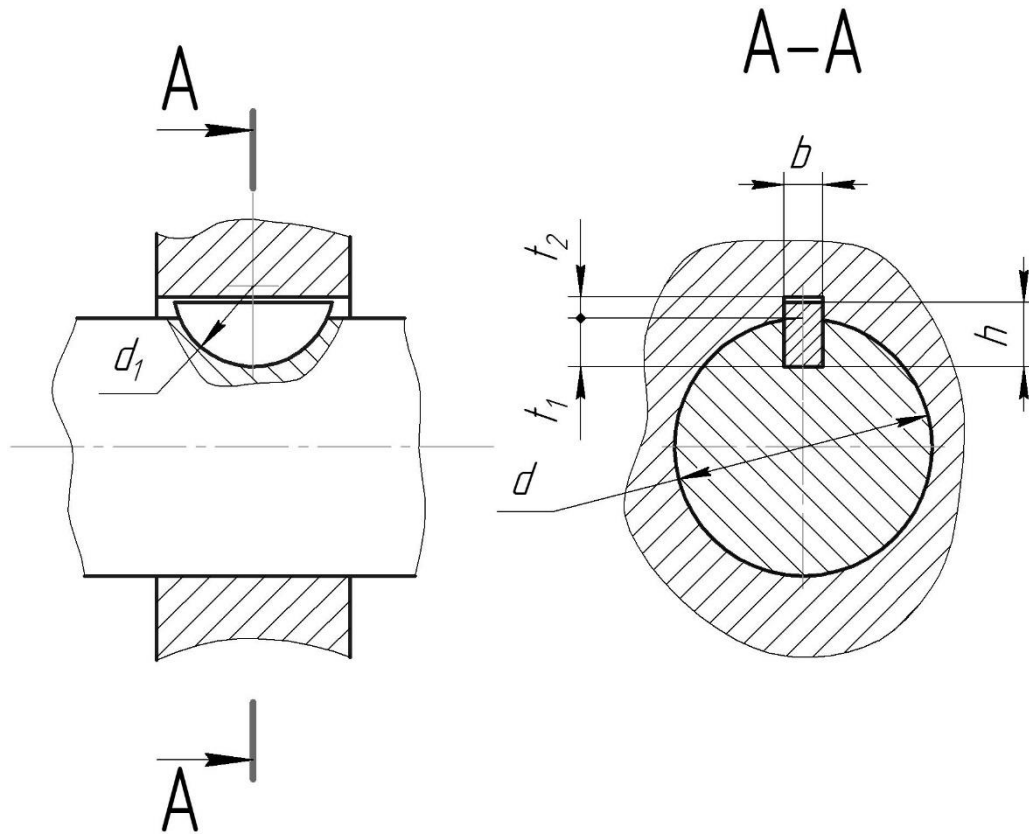
Номинальний діаметр різі кріпильної деталі	d_1	d_2	S
4,0	4,5	9,0	0,8
5,0	5,5	10	1,0
6,0	6,6	12	1,6
8,0	9,0	16	1,6
10	11	20	2,0
12	13,5	24	2,5
14	15,5	28	2,5
16	17,5	30	3
18	20	34	3
20	22	37	3
22	24	39	3
24	26	44	4
27	30	50	4
30	33	56	4
33	-	60	5
36	39	66	5
42	45	78	7
48	52	92	8

Таблиця Г.6 – Шпонки призматичні та пази для них
(ГОСТ 2336-78, ГОСТ 9790-79)



Діаметр d	Розміри перерізу шпонки		Глибина паза		Довжина шпонки	Радіус закруглення r або фаска C × 45°
			Вал	Втулка		
	b	h	t₁	t₂		
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 Г.7 – Шпонки сегментні та пази для них
(ГОСТ 2336-78, ГОСТ 24071-80)



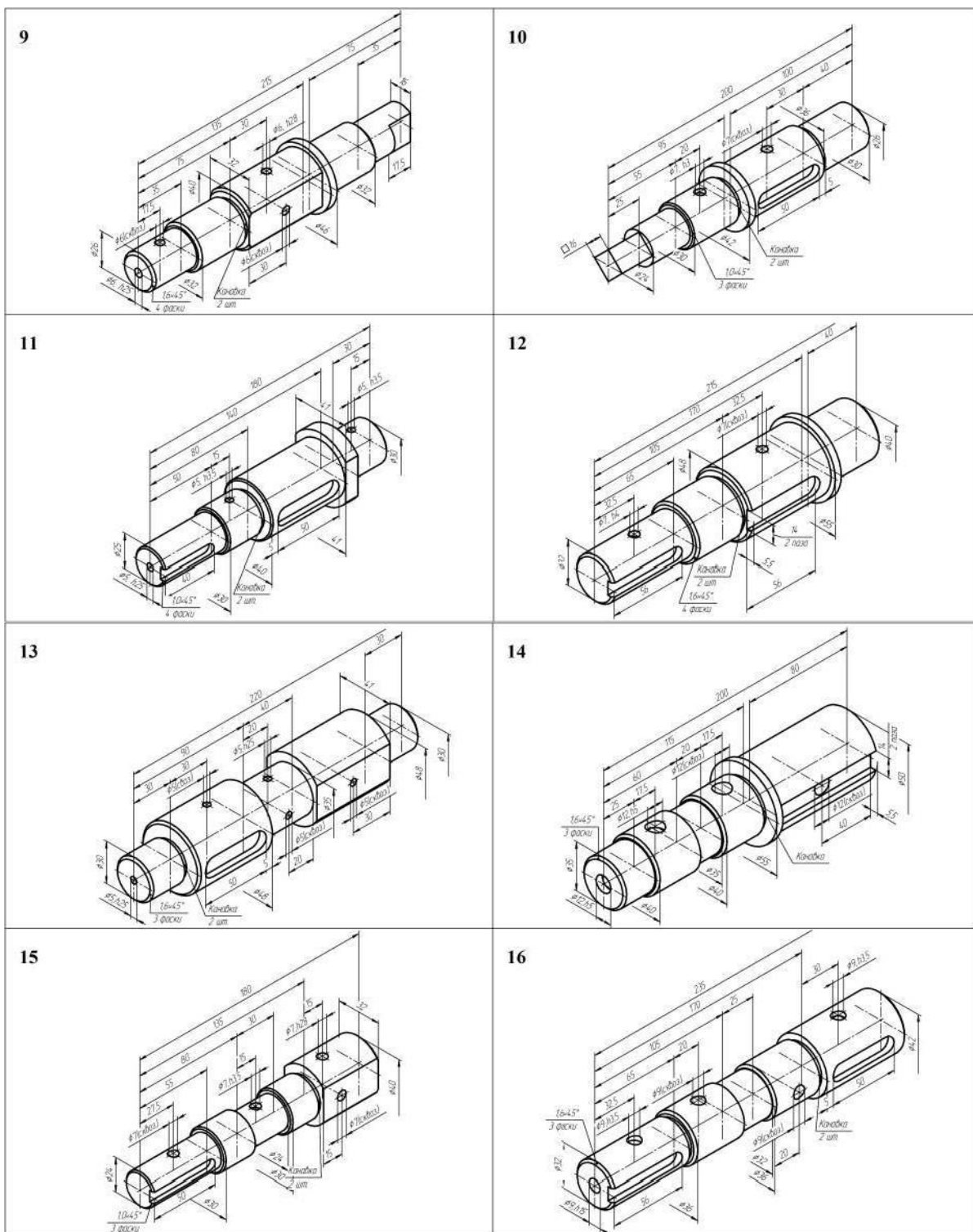
Діаметр d	Розміри шпонки			Глибина паза	
				Вал	Втулка
	b	h	d₁	t₁	t₂
12–15	3	5	13	3,8	1,4
15–18	3	6,5	16	5,3	1,4
18–20	4	6,5	16	5,0	1,8
20–22	4	7,5	19	6,0	1,8
22–25	5	6,5	16	4,5	2,3
25–28	5	7,5	19	5,5	2,3
28–32	5	9	22	7,0	2,3
32–36	6	9	22	6,5	2,8
36–40	6	10	25	7,5	2,8
>40	8	11	28	8,0	3,3

ДОДАТОК Д Варіанти індивідуальних деталей для завдання «Вал»

Таблиця Д.1

<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">2</p>
<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">4</p>
<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">6</p>
<p style="text-align: center;">7</p>	<p style="text-align: center;">8</p>

Продовження таблиці Д.1



Продовження таблиці Д.1

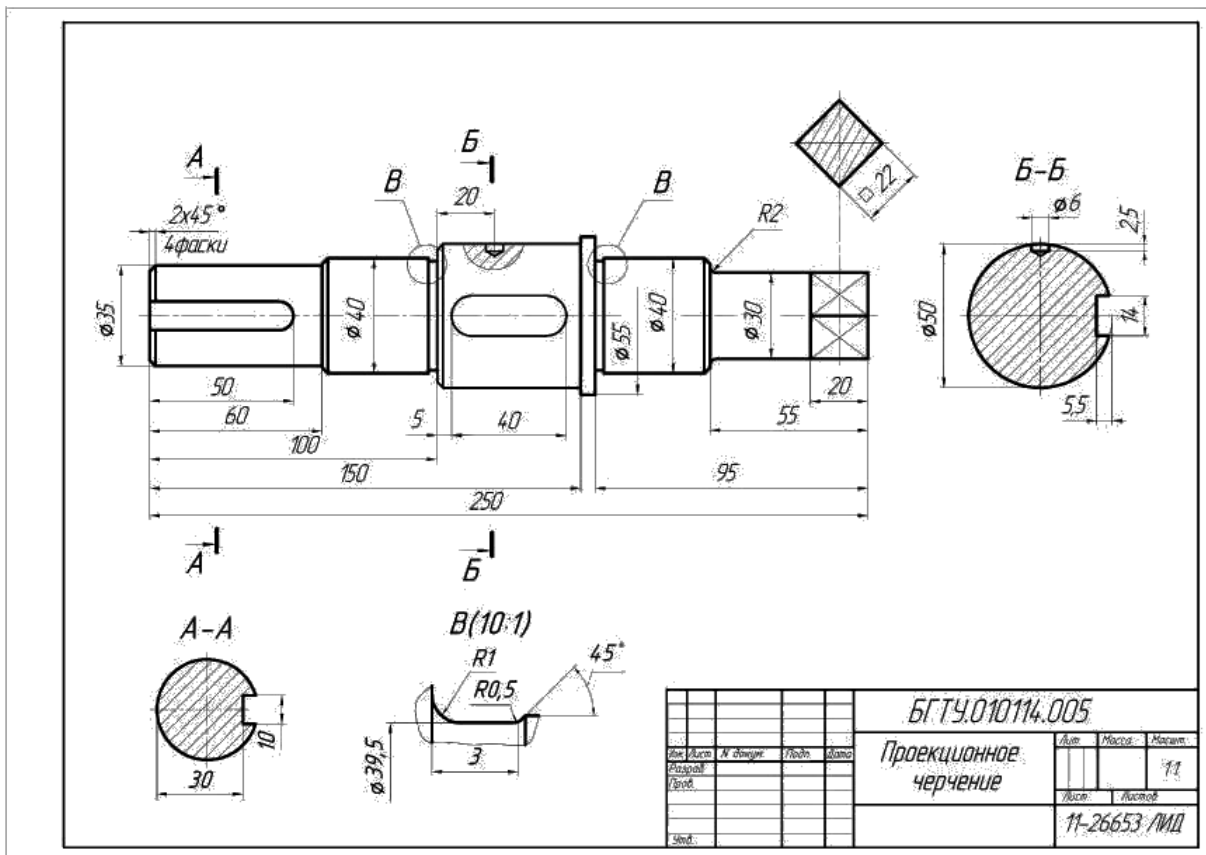
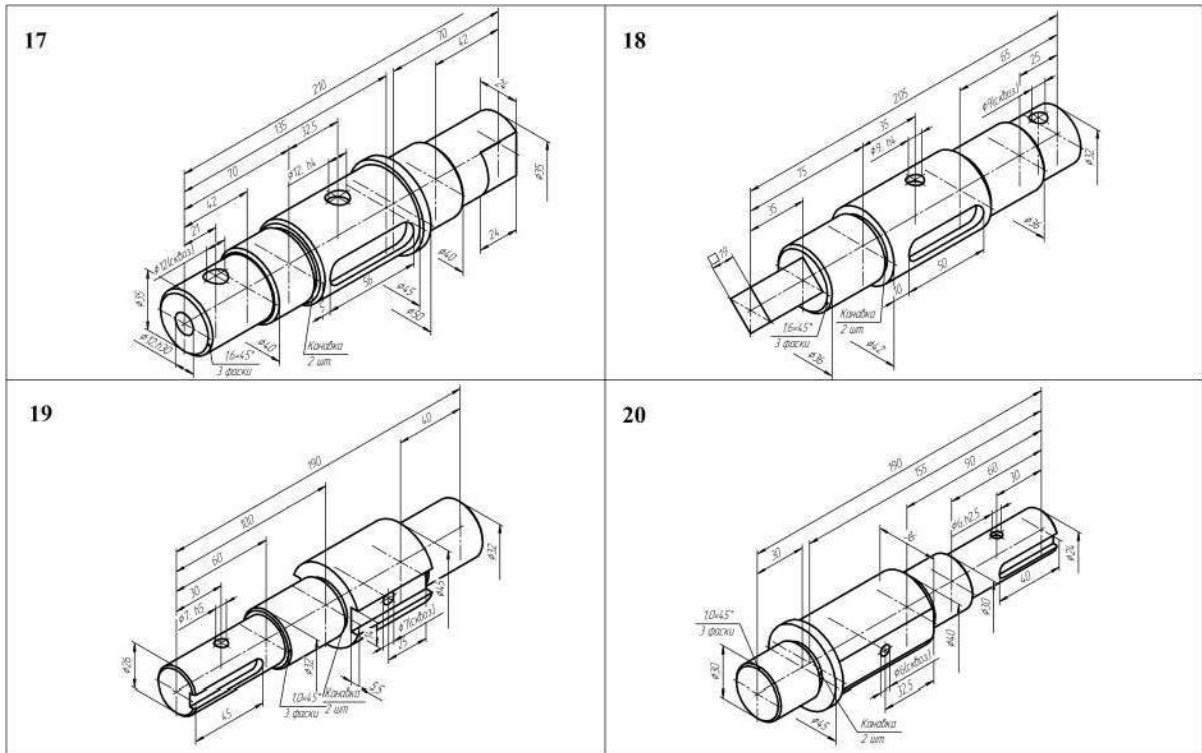
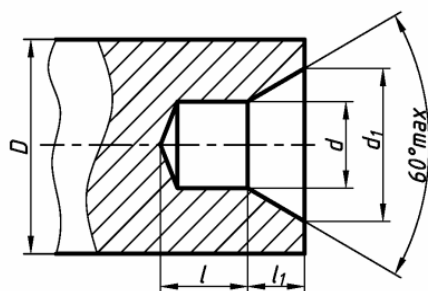


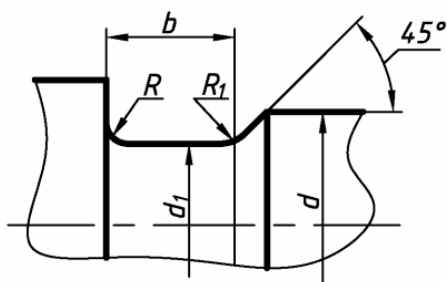
Рисунок Д.1 – Приклад виконання завдання «Кресленник вала»

Таблиця Д.2 – Отвори центрові (ГОСТ 14034-74) (форма А)



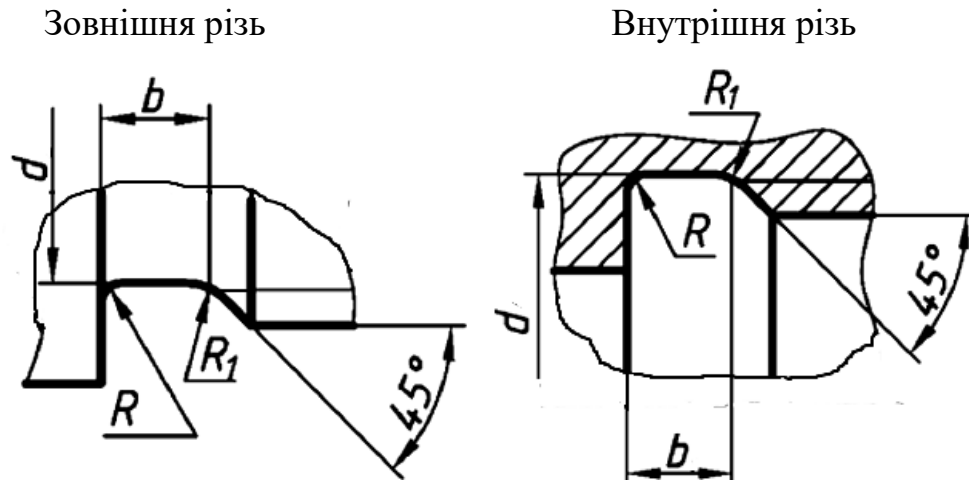
Розміри, мм				
D	d	d ₁	l, не менш	l ₁
4	1,0	2,12	1,3	0,97
5	1,25	2,65	1,6	1,21
6	1,6	3,35	2,0	1,52
10	2,0	4,25	2,5	1,95
14	2,5	5,30	3,1	2,42
20	3,15	6,70	3,9	3,07
30	4	8,50	5,0	3,90
40	5	10,60	6,3	4,85
60	6,3	13,20	8,0	5,98
80	8	17,00	10,1	7,79
100	10	21,20	12,8	9,70
120	12	25,40	14,6	11,60

Таблиця Д.3 – 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
3		d - 1	1,6	1
5	2			
8	3		> 100	
10				

Таблиця Д.4 – Проточки для виходу різьбовірного інструменту (ГОСТ 10549-80), мм



Крок різі	Зовнішня різь				Внутрішня різь			
	<i>b</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ₁	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ₁	<i>d</i>
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

Таблиця Д.5 – Основні параметри зубчастого колеса

Варіант	Число зубців Z	d_a мм	D , мм	L мм	l мм	c мм	c_1 мм	d_B мм
1	17	80	40	35	20	2	1	20
2	21	90	45	40	25	2	1	24
3	25	100	50	45	30	2	1	26
4	27	110	55	50	35	2	1	30
5	17	58	29	24	9	2	1	18
6	23	72	36	31	16	2	1	20
7	21	105	52	37	32	2	1	28
8	32	160	80	75	60	2	1	50
9	24	120	60	55	40	2	1	42
10	26	92	46	41	26	2	1	28
11	27	155	76	71	56	2	1	48
12	34	170	85	80	65	2	1	54
13	17	112	56	51	36	2	1	36
14	19	66	33	28	13	2	1	16
15	31	103	51	46	31	2	1	28
16	35	222	111	106	91	2	1	72
17	36	190	95	90	75	2	1	60
18	28	90	45	40	25	2	1	22
19	29	155	76	71	56	2	1	48
20	33	210	105	100	85	2	1	65
21	30	144	72	67	52	2	1	48
22	20	99	50	45	30	2	1	25
23	24	208	104	99	84	2	1	65
24	17	44	22	17	10	2	1	12
25	19	94	47	42	27	2	1	25
26	21	184	92	87	72	2	1	56
27	27	87	44	39	24	2	1	22
28	32	204	102	97	82	2	1	63
29	26	168	84	79	64	2	1	50
30	22	109	55	50	35	2	1	30

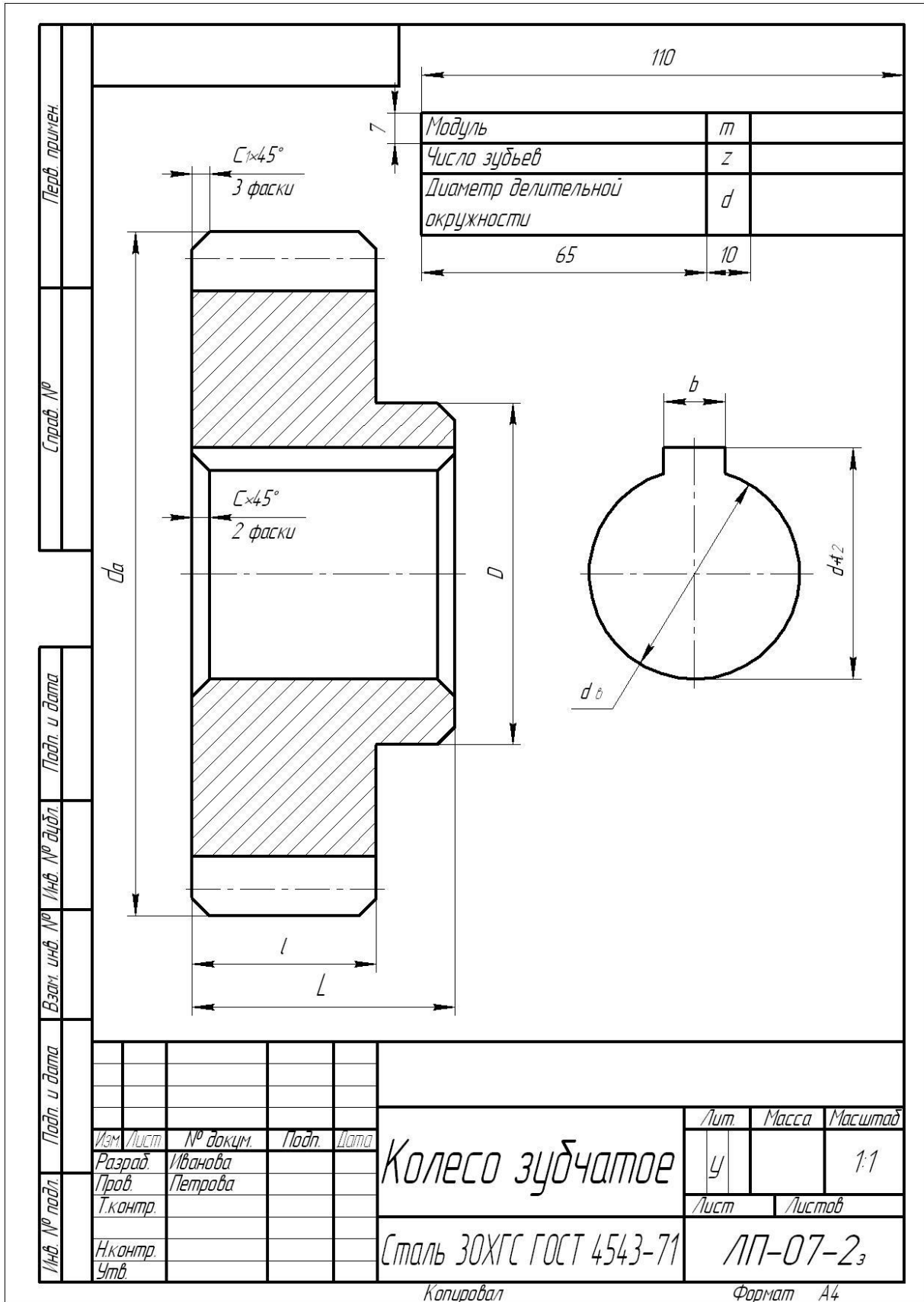


Рисунок Д.2 – Графічне завдання «Колесо зубчасте»

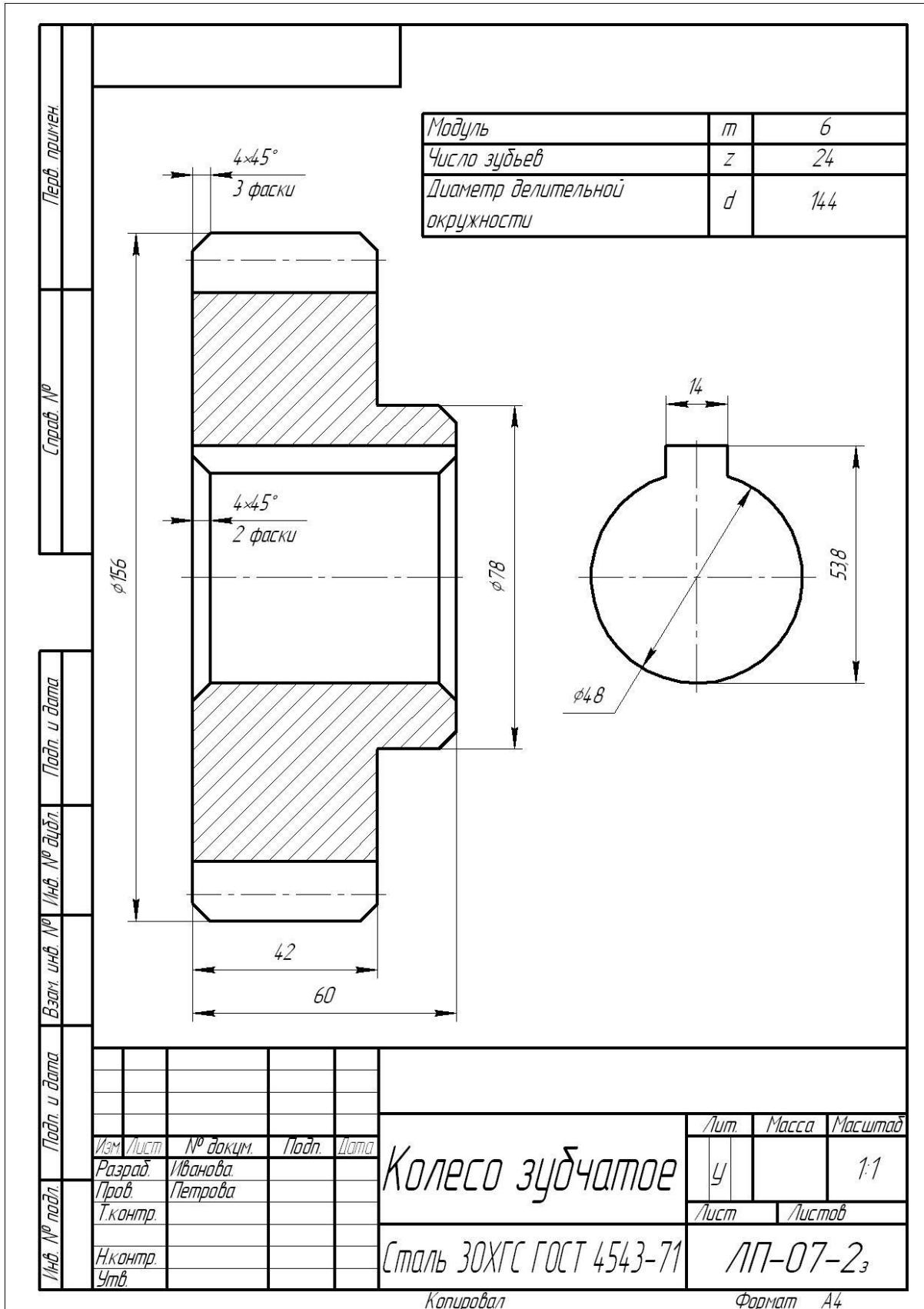


Рисунок Д.3 – Пример выполнения задания «Колесо зубчатое»

Навчальне видання

**КАБАЦЬКИЙ Олексій Володимирович
ХОРОШАЙЛО Вадим Вікторович**

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ,
ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**Навчальний посібник
до практичних занять**

**для здобувачів першого рівня вищої освіти технічних спеціальностей
прискореної форми навчання**

Редагування і комп'ютерне верстання

І. І. Дьякова

2/2024. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 6,98.
Обл.-вид. арк. 1,92. Тираж 100 пр. Зам. № √33.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003