

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка**

**Бондар Н.О., Люлька В.С.**

**ІНЖЕНЕРНА  
ТА КОМП'ЮТЕРНА  
ГРАФІКА**

**Частина I**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

**Чернігів - 2023**

УДК 744:004.92] (072)

И 62

*Рецензенти:*

**Коваленко Світлана Василівна** кандидат педагогічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою Національного університету «Чернігівська політехніка»;

**Гетта Василь Григорович** кандидат педагогічних наук, професор кафедри технологічної освіти та інформатики Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка;

**Торубара Олексій Миколайович** доктор педагогічних наук, професор кафедри професійної освіти та безпеки життєдіяльності Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка.

*Укладачі: Бондар Н.О., Люлька В.С.*

**И 62 Інженерна та комп'ютерна графіка:** Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт (для студентів навчально-наукового інституту професійної освіти та технологій) / Укл. Бондар Н.О., Люлька В.С. Чернігів: НУЧК імені Т.Г Шевченка, 2023. 116 с.

У навчально-методичних рекомендаціях висвітлено питання організації і проведення лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка», розглянуто приклади виконання завдань, надана необхідна теоретична інформація, наведені вимоги до виконання і захисту графічних робіт, запропоновано завдання для самостійного виконання, контрольні запитання.

УДК 744:004.92] (072)

Рекомендовано до друку вченою радою  
Навчально-наукового інституту професійної освіти та технологій  
Національного університету  
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка  
(Протокол №10 від 31 травня 2023 року)

© Бондар Н.О., Люлька В.С., 2023

## **ВСТУП**

У підготовці вчителів технологій, викладачів професійної освіти важливу роль відіграють предмет і методи інженерної та комп'ютерної графіки.

Мета курсу - дати студенту знання, вміння і навички, що знадобляться майбутньому вчителю, викладачу для викладу технічних думок за допомогою креслень, а також для розуміння за креслеником конструкції та принципу дії зображених технічних виробів.

Вивчення інженерної та комп'ютерної графіки розвиває і тренує просторову уяву студента, що необхідно не тільки в майбутній професійній діяльності, але й для успішного оволодіння такими дисциплінами, як вища математика, технічна механіка, опір матеріалів, деталі машин та ін.

У процесі вивчення інженерної та комп'ютерної графіки також розширюється загальнонауковий світогляд студентів, розвиваються навички логічного мислення, уважність, спостережливість, акуратність та інші якості.

Завдання курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка»:

1. Навчити за допомогою законів проєкціювання зображувати на площині тривимірні геометричні об'єкти (виконувати кресленики).
2. Розвивати здатність уявного сприйняття просторового геометричного образу за його зображенням на площині (читати кресленики).
3. Дати знання про методи вирішення на площині просторових метричних і позиційних задач.

Обов'язковою умовою засвоєння курсу є самостійне виконання студентом низки графічних завдань, що охоплюють матеріал основних розділів курсу.

## **ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗАВДАНЬ**

Графічні роботи повинні відповідати вимогам ДСТУ 3321-96.

1. Індивідуальні завдання виконуються на креслярському папері формату А3 (297×420), розташованому горизонтально або вертикально. Рамку, що обмежує поле креслення, необхідно проводити, відступаючи 20 мм зліва і по 5 мм зверху, справа і знизу від країв формату.

2. Побудови повинні виконуватися за параметрами, зазначеними у таблицях індивідуальних завдань (у завданнях, де немає вказівок щодо розмірів, побудову варто виконувати так, щоб раціонально використати поле формату - 75% повинно бути заповнено зображеннями і текстом).

3. Всі побудови потрібно виконувати простим олівцем із дотриманням товщини ліній за стандартом ДСТУ ISO 128-24:2005 за допомогою креслярських приладь чітко і охайно, тому що задача, виконана графічно неточно, вирішена невірно. Товщина ліній кожного типу повинна бути однаковою для всіх зображень на даному кресленні.

Задані на епюрі проєкції точки, а також точки, отримані в результаті побудови варто обводити циркулем або за допомогою трафарету колом діаметром 2-3 мм.

4. На форматі А3 у правому нижньому куті необхідно зазначити номер варіанта, групу, прізвище та ініціали студента креслярським шрифтом або виконати таблицю основного напису кресленика.

5. Умова, завдання і позначення повинні бути виконані креслярським шрифтом (тип Б з нахилом =75°) відповідно до ДСТУ ISO 3098-2:2006.

6. Виконані графічні роботи згортаються до формату А4 (210×297) і зшиваються в альбом, що має титульний аркуш.

## Завдання № 1

### ПОБУДОВА ПРОЄКЦІЙ ТОЧКИ. ЕПЮР

**Умова.** За заданими координатами точок (Табл. 1.1) побудувати їх просторове та комплексне креслення (епюр).

Проекцією точки на площину є основа перпендикуляра, проведеного з цієї точки на площину.

Наприклад, задана точка  $A$  з координатами:  $OX=60\text{мм}$ ,  $OY=20\text{мм}$ ,  $OZ=65\text{мм}$  (рис. 1.1). Щоб побудувати просторове зображення, слід побудувати відповідний октант (так як всі три координати точки  $A$  додатні, то сама точка розташовується в першому октанті) і відповідно на осях  $X, Y, Z$  відкласти зазначені розміри. На перетинах відрізків, паралельних до осей, отримаємо проєкції точки  $A$  ( $A_1, A_2, A_3$ ) і саму точку у просторі.

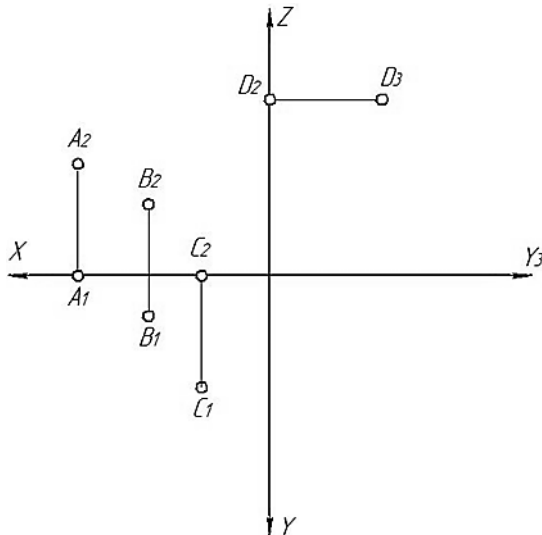
Задані координати заносять в таблицю, розташовану у правому верхньому куті кресленика (розміри таблиці  $40 \times 50$  мм).

Далі за наочним зображенням будуються епюри точок. Так, для побудови епюра точки  $A$  (60, 20, 65) потрібно відкласти на координатних осях відрізки, що відповідають координатам точки: по осі  $X$  - 60 мм,  $Y$  - 20 мм,  $Z$  - 65 мм.

Через отримані точки проводять перпендикулярно до осей координат лінії зв'язку, на перетині яких відмічають шукані проєкції точки:  $A_1$  – горизонтальна проєкція,  $A_2$  – фронтальна і  $A_3$  - профільна.

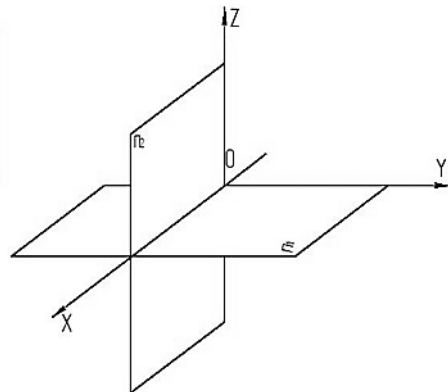
### Завдання для самостійного опрацювання

**1.1** За двома заданими проєкціями побудувати третю проєкцію точок  $A, B, C, D$ . Визначити, яка з точок: - найвища; - найнижча; - найближче до спостерігача; - надалі від спостерігача.



**1.2** Задані координати точок  $A, B, C, D$ . Побудувати їх просторове зображення, а також горизонтальні і фронтальні проєкції.

Точка	Координати		
	X	Y	Z
A	10	20	20
B	20	-30	10
C	30	-20	-20
D	30	15	-25



### Контрольні питання

1. Що називається епюром точки?
2. Яка пряма на епюрі Монжа називається постійною прямою?
3. Як визначити положення координатних осей, якщо відомі три проєкції точки?



	X	Y	Z
A	60	20	65
B	45	50	20
C	5	10	10
D	70	10	20

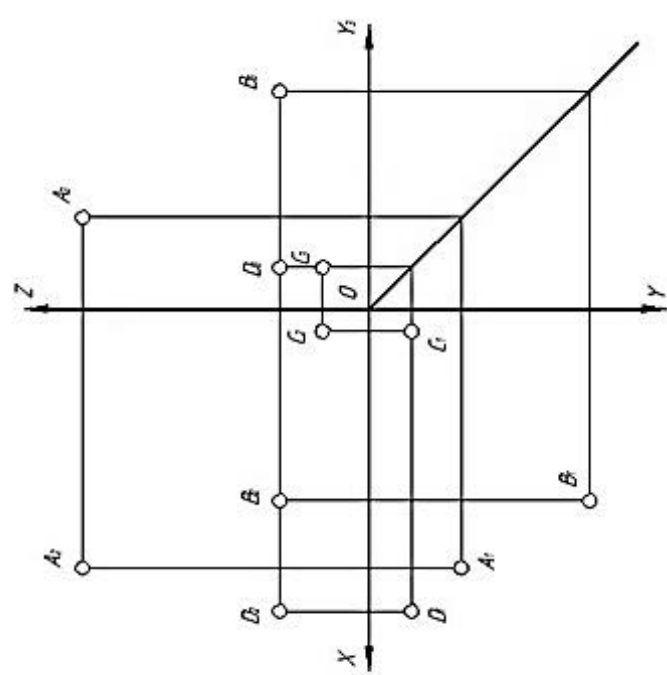
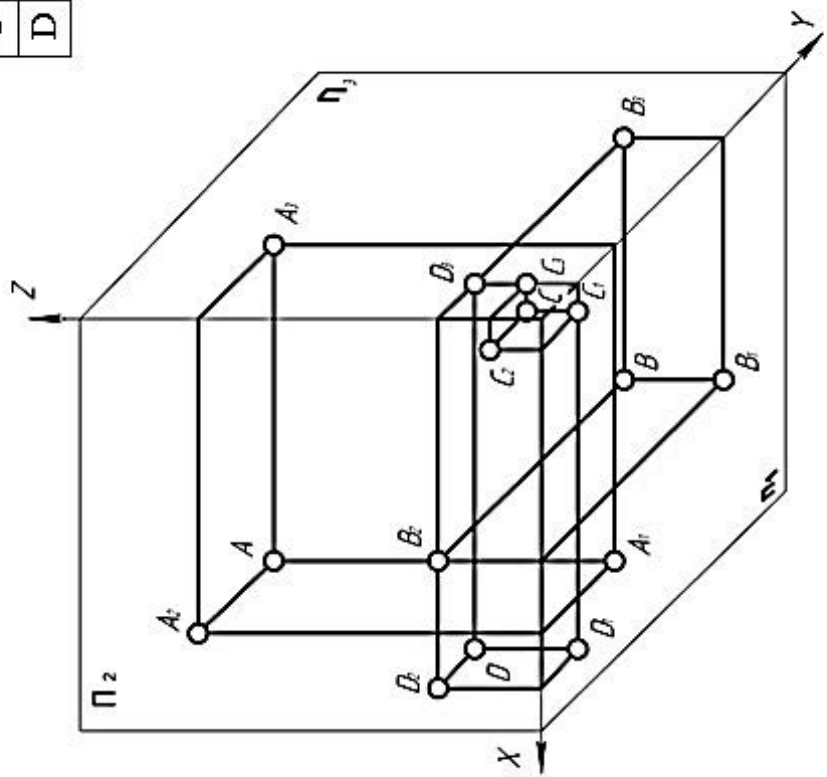


Рис. 1.1 Просторове і комплексне зображення точки.

Таблиця 1.1 Варіанти до завдання 1

№ вар.	А			В			С			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	80	28	25	60	13	64	13	89	0	70	0	10
2	75	25	43	70	78	92	19	35	10	44	0	84
3	90	37	23	50	70	45	17	31	0	78	55	22
4	70	50	30	64	0	68	15	30	13	53	6	5
5	67	55	66	47	10	71	19	50	15	114	29	26
6	93	12	48	76	69	15	0	32	64	100	41	27
7	107	17	33	65	61	63	22	80	0	90	7	9
8	70	20	70	16	60	47	0	31	8	86	45	17
9	90	0	15	49	63	71	14	20	28	66	17	38
10	100	57	69	79	0	9	0	45	30	105	65	7
11	78	46	36	72	68	66	16	12	0	90	32	14
12	59	0	26	56	0	73	0	60	16	102	24	15
13	65	37	11	51	7	69	0	60	33	80	25	50
14	70	62	66	53	57	73	38	0	12	102	73	25
15	81	21	0	33	53	57	4	7	28	90	54	24
16	82	28	20	34	45	16	5	27	6	93	25	54
17	70	25	28	60	64	13	13	0	89	70	10	0
18	73	27	26	7	13	73	30	70	5	69	12	0
19	45	26	57	56	73	0	0	16	59	70	17	24
20	95	36	46	72	66	28	16	0	12	85	14	32
21	40	59	14	79	9	0	0	30	45	80	7	65
22	100	15	0	49	7	63	14	28	20	94	38	16
23	90	7	17	16	47	50	0	62	30	80	17	61
24	80	33	15	65	68	80	22	0	8	71	9	7
25	83	48	12	76	15	69	0	64	32	60	26	42
26	102	60	54	47	71	10	19	15	50	68	32	29
27	76	30	50	64	68	0	15	13	48	93	5	6
28	92	15	33	55	0	12	22	26	69	21	91	0
29	104	17	28	35	14	77	51	0	74	39	16	36
30	64	30	25	40	67	0	42	61	21	87	45	20
31	58	33	72	57	54	0	15	0	52	65	39	0
32	49	16	27	22	74	29	6	24	0	57	21	16
33	100	0	44	52	63	70	4	48	12	49	15	8
34	78	24	30	46	58	37	42	25	10	62	47	12
35	59	37	20	61	4	60	26	60	18	38	0	52
36	72	0	29	17	55	0	14	49	70	81	45	0
37	96	40	48	50	15	74	8	0	16	57	42	16
38	86	26	33	64	12	9	17	13	34	45	8	45
39	60	40	20	50	70	39	22	35	0	39	90	13
40	93	28	41	62	14	83	16	25	81	42	12	59
41	58	0	32	17	6	36	19	0	50	67	26	7
42	99	6	27	42	75	0	26	64	15	33	24	60
43	80	39	0	56	27	29	18	36	19	81	16	21
44	75	15	5	68	5	47	13	0	22	64	90	8
45	96	24	73	16	52	60	15	87	45	60	27	12
46	102	0	14	51	10	43	13	79	0	72	0	7
47	89	13	46	80	0	17	78	35	28	93	26	16
48	96	8	34	14	5	85	70	14	40	67	12	0
49	112	0	21	77	64	8	93	12	51	54	7	5
50	82	31	19	67	18	29	68	9	0	100	23	17
51	71	45	36	73	0	9	59	7	57	84	12	0
52	90	26	19	66	13	50	98	42	85	16	19	27

№ вар.	A			B			C			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
53	0	63	30	72	34	46	93	5	10	89	24	80
54	83	24	57	64	0	19	14	18	0	17	14	52
55	78	37	14	56	0	82	18	30	16	75	0	14
56	95	34	46	70	60	73	0	28	39	64	9	10
57	75	26	27	50	67	7	15	14	30	90	24	28
58	106	15	33	62	54	60	0	32	7	75	14	4
59	80	0	20	28	54	40	38	0	15	70	8	0
60	100	28	43	7	16	68	0	8	30	67	24	50
61	68	30	22	65	72	0	16	11	43	98	8	6
62	76	27	26	84	10	0	26	0	8	53	13	8
63	98	37	41	67	64	5	20	15	50	83	18	58
64	80	0	20	65	70	0	18	16	48	69	13	0
65	76	21	26	51	66	72	14	33	21	62	10	4
66	95	37	47	45	66	12	20	15	30	102	20	15
67	76	0	16	54	59	73	0	16	55	89	17	24
68	105	54	68	80	12	0	13	27	19	79	16	61
69	84	47	13	48	68	50	24	0	9	71	8	6
70	59	26	40	33	52	59	17	0	12	85	14	30
71	82	36	19	47	67	11	22	7	0	90	6	10
72	40	70	60	30	50	60	27	10	0	100	30	25
73	81	24	26	59	14	66	13	88	0	68	0	13
74	79	0	21	65	0	67	20	50	15	92	23	56
75	98	29	49	16	52	19	17	13	5	64	14	0
76	52	56	57	0	14	62	19	0	9	96	4	5
77	70	18	84	57	67	0	20	16	53	80	6	56
78	83 I	0	24	9	12	33	39	0	12	66	17	27
79	96	13	45	75	67	14	18	29	8	94	26	53
80	77	37	82	63	59	78	13	28	18	80	7	64
81	83	26	29	78	8	0	0	30	40	71	9	40
82	92	61	72	57	0	75	21	0	9	86	59	16
83	77	33	16	48	70	8	15	10	54	96	0	27
84	96	38	48	77	18	81	18	0	8	94	39	14
85	74	24	42	15	50	48	0	47	38	90	33	25
86	80	30	20	60	65	0	15	10	40	90	5	6
87	72	25	29	49	65	72	0	20	46	72	27	43
88	94	35	46	61	72	83	27	0	9	71	40	0
89	81	32	16	49	67	0	39	10	12	88	32	35
90	85	47	12	75	15	60	21	0	5	90	60	20

**ПРЯМА. ПРОЄКЦІЇ ПРЯМОЇ**

**Умова.** Встановити положення ребер багатогранника щодо площин проєкцій. Визначити натуральний розмір одного з ребер загального положення та його кути з площинами проєкцій. Знайти горизонтальний слід  $M(M_1M_2)$  і фронтальний слід  $N(N_1N_2)$  одного з ребер загального положення. Точкою  $K(K_1, K_2)$  розділити одне з ребер загального положення у відношенні 2:3.

Дослідження просторового розташування ребер щодо площин проєкцій починається з позначення вершин багатогранника (завдання – див. рис 2.1). У процесі позначення кожне ребро подумки виділяється, аналізуються особливості розташування горизонтальної та фронтальної проєкцій ребра і записується його положення: горизонтальне, фронтальне, профільне, проєктуюче до однієї з площин проєкцій або загального положення.

Визначити натуральний розмір і кути нахилу до площин проєкцій ребра загального положення можна, наприклад, способом прямокутного трикутника. Натуральний розмір відрізка прямої загального положення дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, одним катетом якого є проєкція цього відрізка на одну з площин проєкцій, а іншим – різниця відстаней кінців відрізка від цієї ж площини. Отримані кути  $\alpha$  і  $\beta$  (рис.2.2) визначають відповідно кути нахилу даного ребра до площин проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .

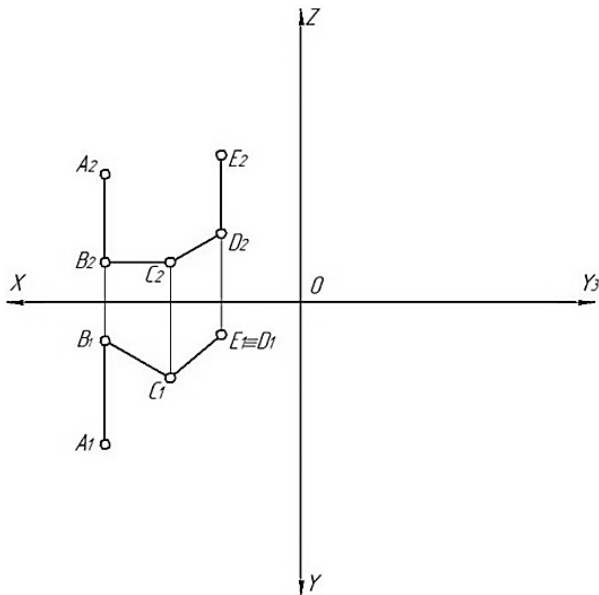
Щоб знайти горизонтальний слід ребра, наприклад  $AS$ , необхідно продовжити фронтальну проєкцію  $A_2S_2$  до перетину з віссю  $X$ , потім через точку перетину (фронтальну проєкцію горизонтального сліду) провести перпендикуляр до осі  $X$  до перетину з продовженням горизонтальної проєкції  $A_1S_1$ . Точка перетину  $M_1$  і буде горизонтальною проєкцією горизонтального сліду, вона співпадає з самим слідом  $M$ .

Для знаходження фронтального сліду необхідно продовжити горизонтальну проєкцію  $A_1S_1$  до перетину з віссю проєкцій  $X$ , через точку  $N_1$  (горизонтальну проєкцію фронтального сліду) провести перпендикуляр до перетину з продовженням фронтальної проєкції  $A_2S_2$ . Точка  $N_2$  буде фронтальною проєкцією фронтального сліду, вона збігається із самим слідом  $N$ .

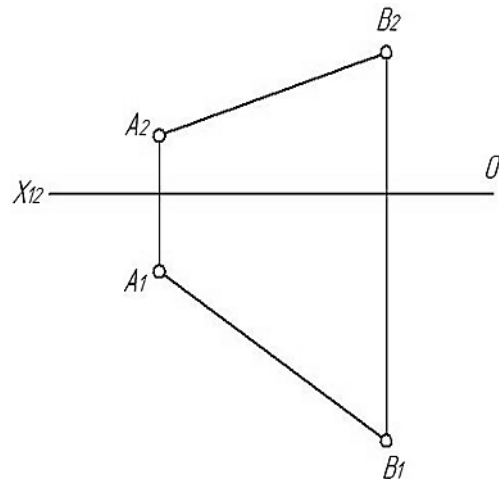
На рис.2.2 відрізок  $AS$  розділений у відношенні 2:3. З точки  $A_1$  проведена під довільним кутом допоміжна пряма, на якій відкладені п'ять (2+3) відрізків довільної довжини, але рівних між собою:  $A_1K_0=2$ ,  $K_0S_0=3$ . З'єднавши точку  $S_0$  із проєкцією  $S_1$  і провівши з точки  $K_0$  пряму, паралельну до  $S_0S_1$  отримаємо точку  $K_1$  (причому  $A_1, K_1 : K_1S_1 = 2:3$ ) і потім за проєкційним зв'язком знаходимо  $K_2$ . Точка  $K$  поділятиме відрізок  $AS$  у відношенні 2:3.

## Завдання для самостійного опрацювання

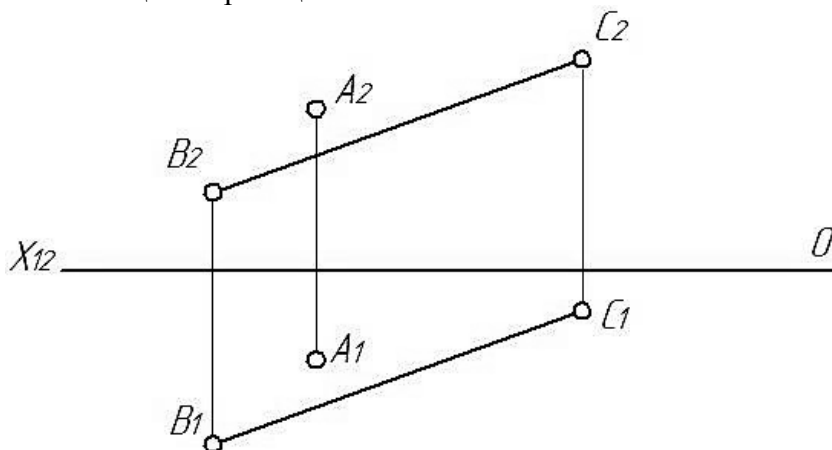
**2.1** Побудуйте профільну проекцію ламаної лінії  $ABCDE$ . Визначте положення кожного відрізка щодо площин проекцій.



**2.2** Знайдіть натуральну величину відрізка  $AB$  способом прямокутного трикутника, а також кути його нахилу до площин проекцій  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$ .



**2.3** Через точку  $A$  проведіть пряму, яка перетинатиме відрізок  $BC$  і буде паралельною до горизонтальної площини проекцій.



## Контрольні питання

1. Як зображуються на епюрі прямі загального і окремого положення?
2. Які прямі зображуються на проекціях у натуральну величину?
3. Що являє собою слід прямої лінії?
4. Які точки називаються конкуруючими? Як визначити видимість ребер багатогранника?
5. Як визначити за креслеником – чи належить точка прямій?

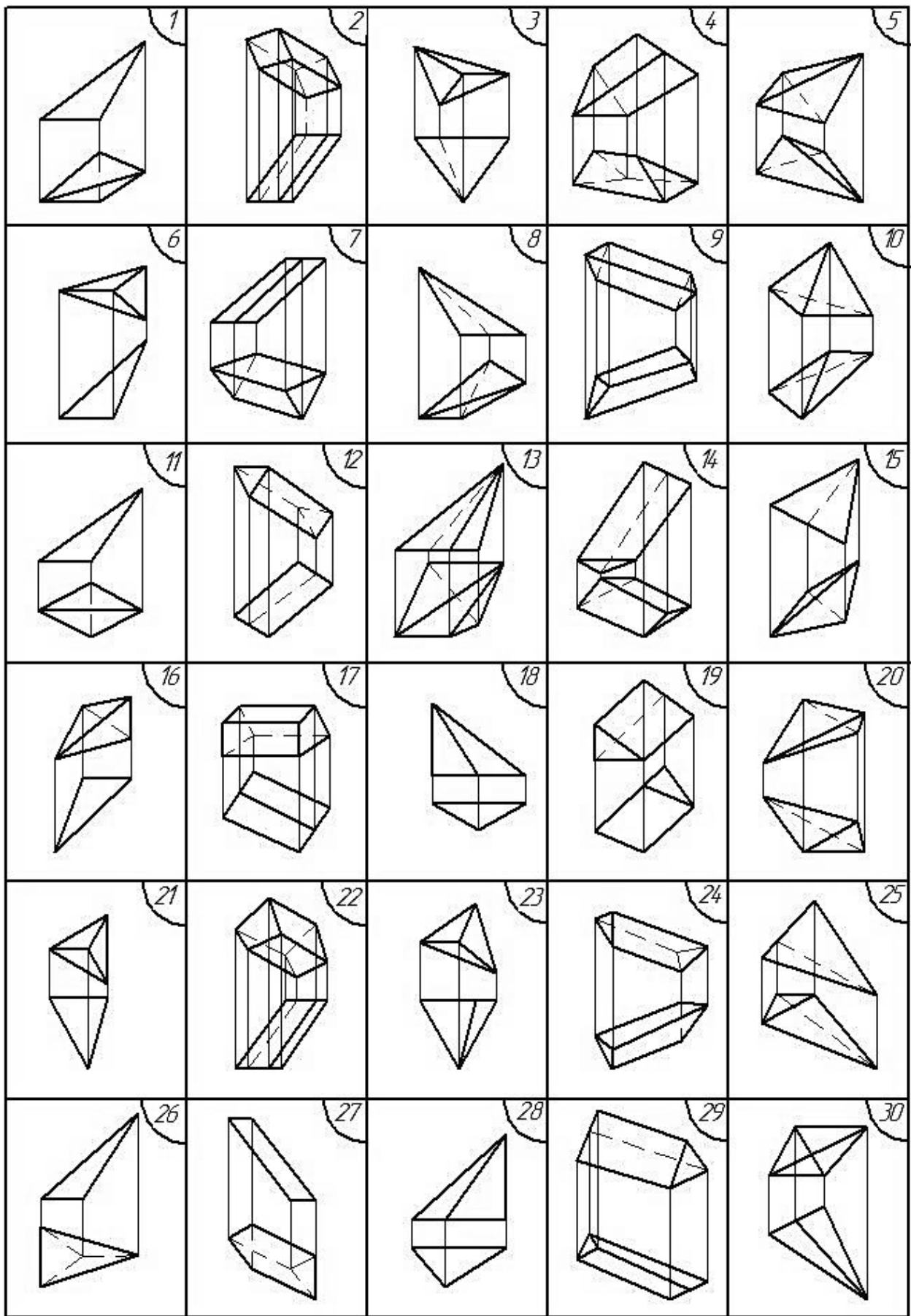


Рис. 2.1 Варіанти до завдання 2

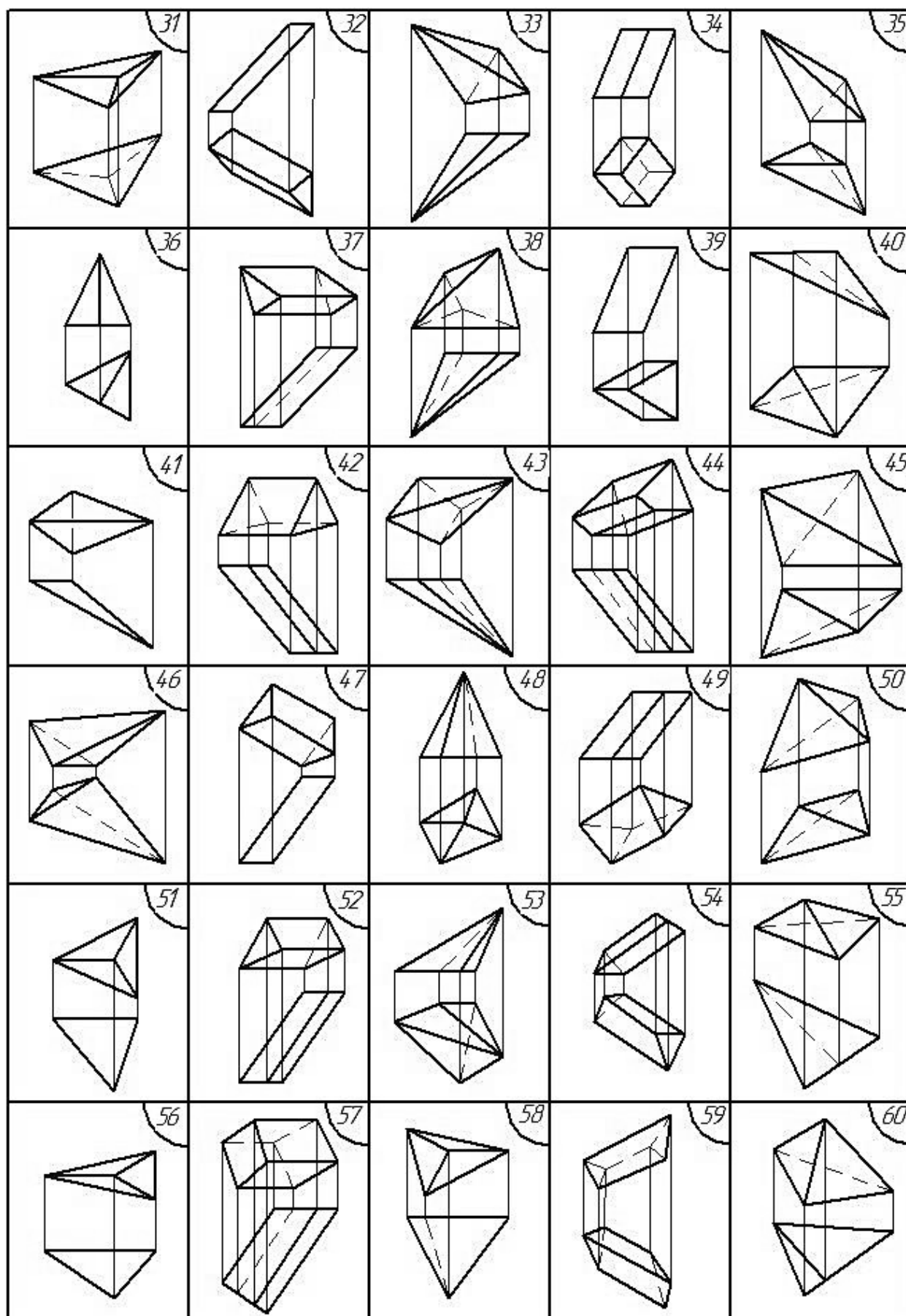


Рис. 2.1 Варіанти до завдання 2

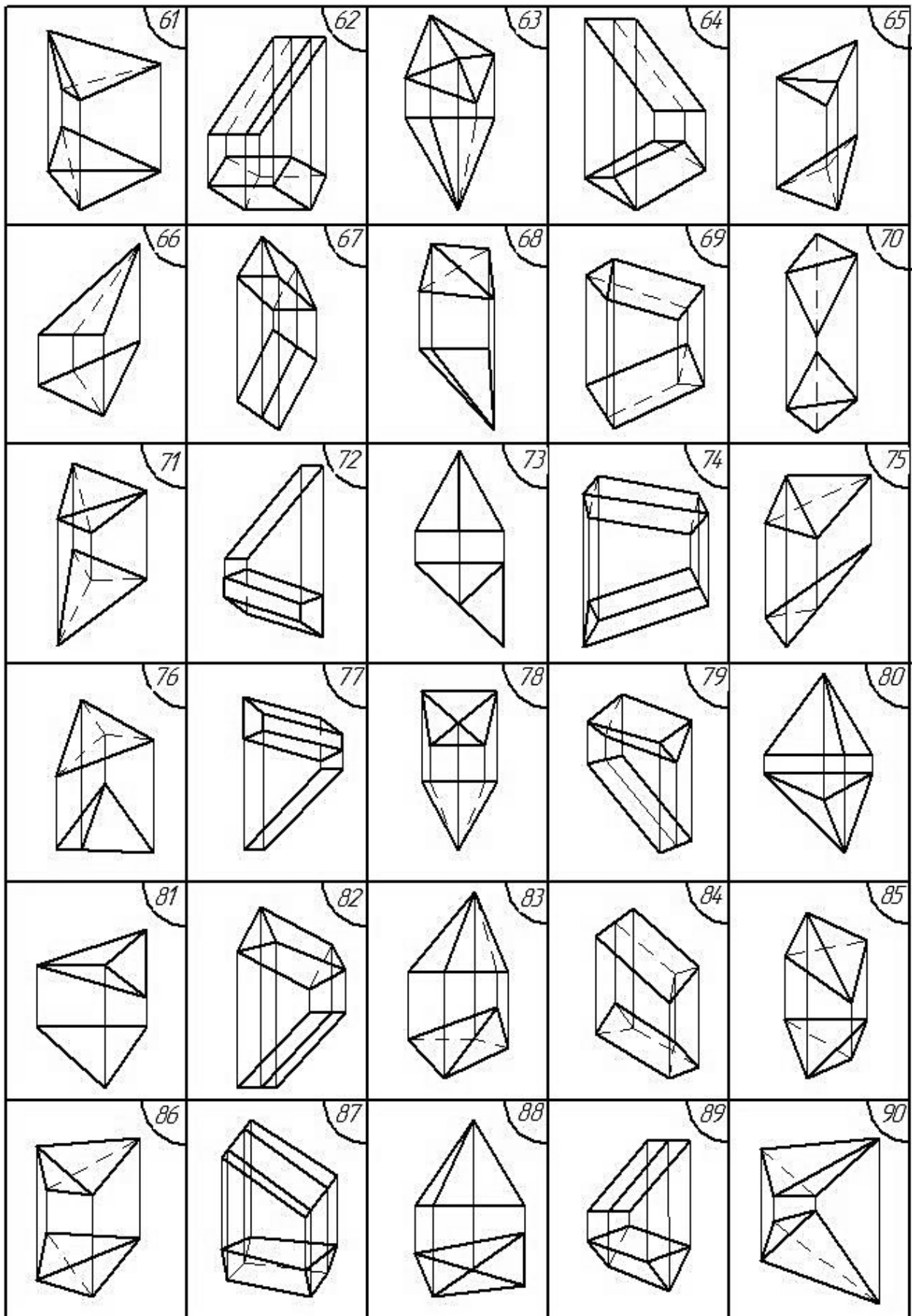


Рис. 2.1 Варіанти до завдання 2



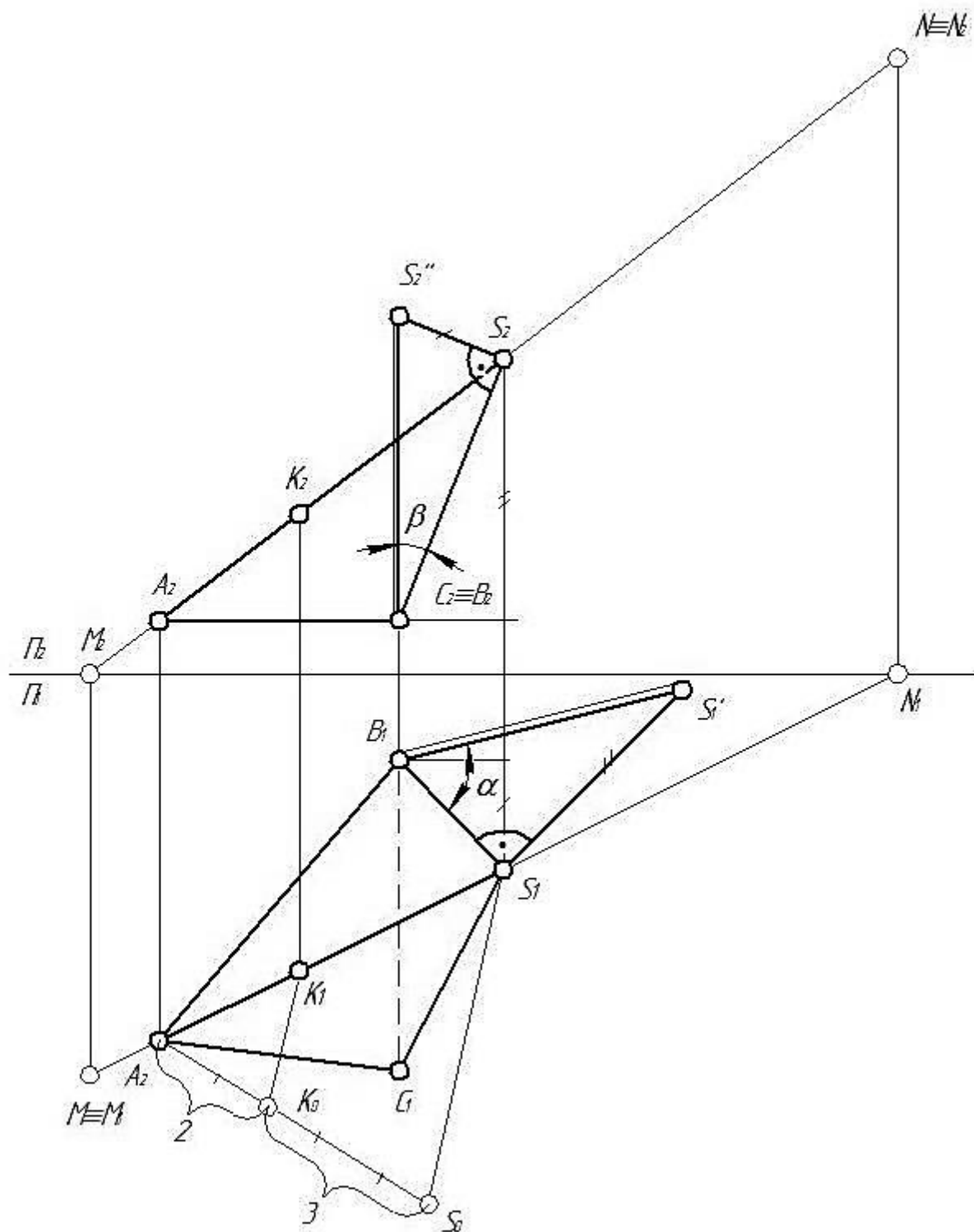


Рис. 2.2 Приклад виконання завдання 2

## ПОБУДОВА АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЄКЦІЙ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

**Умова.** За двома заданими проєкціями побудувати третю й аксонометричні проєкції сполучення геометричних тіл – косокутну фронтальну диметричну проєкцію та прямокутну ізометричну проєкцію (рис. 3.2, табл.3.1).

Таблиця 3.1

Діаметр	1	2	3	4	5	6
d, мм	50	60	70	80	90	50
h, мм	80	70	100	100	110	80

$d$  – діаметр циліндра або основи конуса;  $h$  – висота піраміди або призми.

При побудові косокутної фронтальної диметричної проєкції просторовий координатний тригранник, твердо пов'язаний з зображуванним предметом, розміщується так, що його осі  $X$  і  $Z$  паралельні до площини аксонометричних проєкцій, а вісь  $Y$  перпендикулярна до неї.

Всі відрізки і фігури, розташовані в площинах, паралельних площині  $XOZ$  просторового тригранника, проєктуються на площину аксонометричних проєкцій у натуральну величину, тобто коефіцієнти викривлення по осях  $X$  і  $Z$  дорівнюють 1. Напрямок проєкціюючих променів щодо осі  $Y$  вибирається так, що проєкція цієї осі (аксонометрична вісь  $Y$ ) розташовується під кутом  $135^\circ$  до аксонометричних осей  $X$  і  $Z$  (коефіцієнт викривлення по осі  $Y$  дорівнює 0,5 – це значить, що усі відрізки, паралельні до осі  $Y$  зображуються на аксонометричній площині проєкцій вдвічі меншими своєї натуральної величини).

Кола, розташовані в площинах, паралельних площині  $XOZ$ , проєкціюються в натуральну величину. Наближені зображення кіл, розташованих у площинах, паралельних до площин  $XOZ$  та  $YOZ$ , можна побудувати за точками, як показано на рис. 3.5.

**Приклад 1.** Побудувати косокутну фронтальну диметричну проєкцію циліндра і піраміди (рис. 3.4)

Піраміду розташовуємо у просторі так, щоб її висота співпала з віссю  $Z$ , центр рівностороннього трикутника основи піраміди – з початком координат, а вершина основи  $3$  знаходилася на осі  $X$ .

Тоді на аксонометричному зображенні висота піраміди  $OS$  і висота основи  $3K$  як відрізки, паралельні до осей  $X$  та  $Z$ , зображуються в натуральну величину. До того ж центр координат поділяє висоту основи у відношенні 1:2. Сторона основи  $1-2$  паралельна до осі  $Y$  і зобразиться на аксонометричному зображенні в  $1/2$  натуральної величини (зображення буде паралельним до осі  $Y$ ). З'єднавши точки  $1, 2, 3$  між собою і з точкою  $S$ , отримаємо аксонометричне зображення піраміди.

Вісь циліндра в просторі розташована у площині  $XOZ$  паралельно до осі  $OX$  на відстані радіуса циліндра від цієї осі. Тому відстань між центрами основ циліндра по осі зобразиться в натуральну величину (відрізок  $\overline{O'O}$ , паралельний до осі  $X$  і знаходиться від неї на відстані радіуса циліндра). Далі на кресленіку проводимо системи аксонометричних осей з центрами в точках проєкцій кінців осі циліндра  $\overline{O'}$  і  $\overline{O}$ , і будуємо зображення кіл основ циліндра у відповідності з рис. 3.5.

При побудові зображення в прямокутній ізометричній проєкції просторовий координатний тригранник розташовується перед площиною аксонометричних проєкцій так, що осі координат  $X, Y, Z$  нахилені до площини проєкцій під однаковими кутами, а проєкціуючі промені спрямовані перпендикулярно до цієї площини. При цьому аксонометричні осі  $X, Y, Z$  розташовуються під кутом  $120^\circ$  одна до одної (рис. 3.7). Коефіцієнт спотворення по всіх осях однаковий і дорівнює  $0,82$ . У технічному кресленні коефіцієнт спотворення для простоти умовно приймається рівним  $1$ , тобто відрізки прямих на зображуваному предметі, паралельні до осей координатного тригранника, зображуються на аксонометричній площині проєкцій у натуральну величину. При цьому аксонометричне зображення виявляється збільшеним у  $1:0,82 = 1,22$  рази.

Побудову кола в прямокутній ізометричній проєкції наближено можна робити так, як показано на рис. 3.6. Якщо коло знаходиться в площині  $X, O, Y$  або паралельній до неї, будується ромб  $O234$  зі сторонами, паралельними до аксонометричних осей  $X$  і  $Y$ , і рівними натуральній величині діаметра кола (діаметри кола, паралельні до осей  $X$  і  $Y$  проєктуються в натуральну величину). Далі з точки  $O$  радіусом  $OA$  проводимо дугу  $AB$  кола. Аналогічно з точки  $3$  тим самим радіусом проводимо дугу  $CD$ . Далі з точки  $K$  радіусом  $KA$  проводимо дугу  $AD$  і з точки  $H$  тим самим радіусом – дугу  $BC$ .

Аксонометричні проєкції кіл, що лежать у площинах, паралельних до площин  $XOY$  і  $YOZ$ , будуються аналогічно (рис.3.6).

Приклад 2. Побудова прямокутної ізометричної проєкції (рис.3.7). Розглядаються ті самі геометричні тіла, що і при побудові косокутної диметричної проєкції в попередньому прикладі.

Центр основи піраміди сполучаємо з початком просторової системи координат, а висоту піраміди – з віссю  $Z$ . Відкладаючи на аксонометричній осі  $Z$  від початку координат натуральну величину висоти піраміди, отримуємо точку  $S$  – аксонометричну проєкцію вершини піраміди (умовно приймаємо, що відрізки, паралельні до просторових осей координат, проєкціуються в натуральну величину).

Піраміду розташовуємо так, що одна з висот основи (що збігається з віссю  $X$ ) проєкціюється (відповідно до умови) у натуральну величину (відрізок  $K3$ ). Причому початок координат поділяє її у відношенні  $1:2$ . Через точку  $K$  проводимо паралельно до осі  $Y$  відрізок  $1-2$ , який дорівнює натуральній величині сторони основи піраміди, тому що ця сторона основи паралельна до просторової осі  $Y$ . З'єднуючи між собою точки  $1, 2, 3$  прямими отримуємо аксонометричну проєкцію основи піраміди, а з'єднуючи їх із точкою  $S$  – проєкцію піраміди.

Відрізок  $\overline{O\bar{O}}$ , що являє собою проєкцію відрізка між центрами основ по осі циліндра, розташується паралельно до осі  $X$  на відстані радіуса циліндра. У просторі цей відрізок паралельний до осі  $X$  і тому на аксонометричній проєкції відкладається в натуральну величину.

Проводимо системи аксонометричних осей з центрами в точках  $\overline{O\bar{O}}$  і будуємо аксонометричні зображення основ циліндра, що розташовані в площинах, паралельних до координатної площини  $YOZ$  у відповідності до рис. 3.6. Потім проводимо відрізки  $4-5$  і  $6-7$ , дотичні до зображень основ циліндра і паралельні до осі  $\overline{O\bar{O}}$ . Ці відрізки утворять дотичні і доповнять аксонометричне зображення циліндра.

### Контрольні питання

1. Які правила побудови зображень у фронтальній косокутній диметричній проєкції?
2. Які правила побудови зображень у прямокутній ізометричній проєкції?
3. Як будуються зображення кіл у зазначених видах аксонометричних проєкцій?

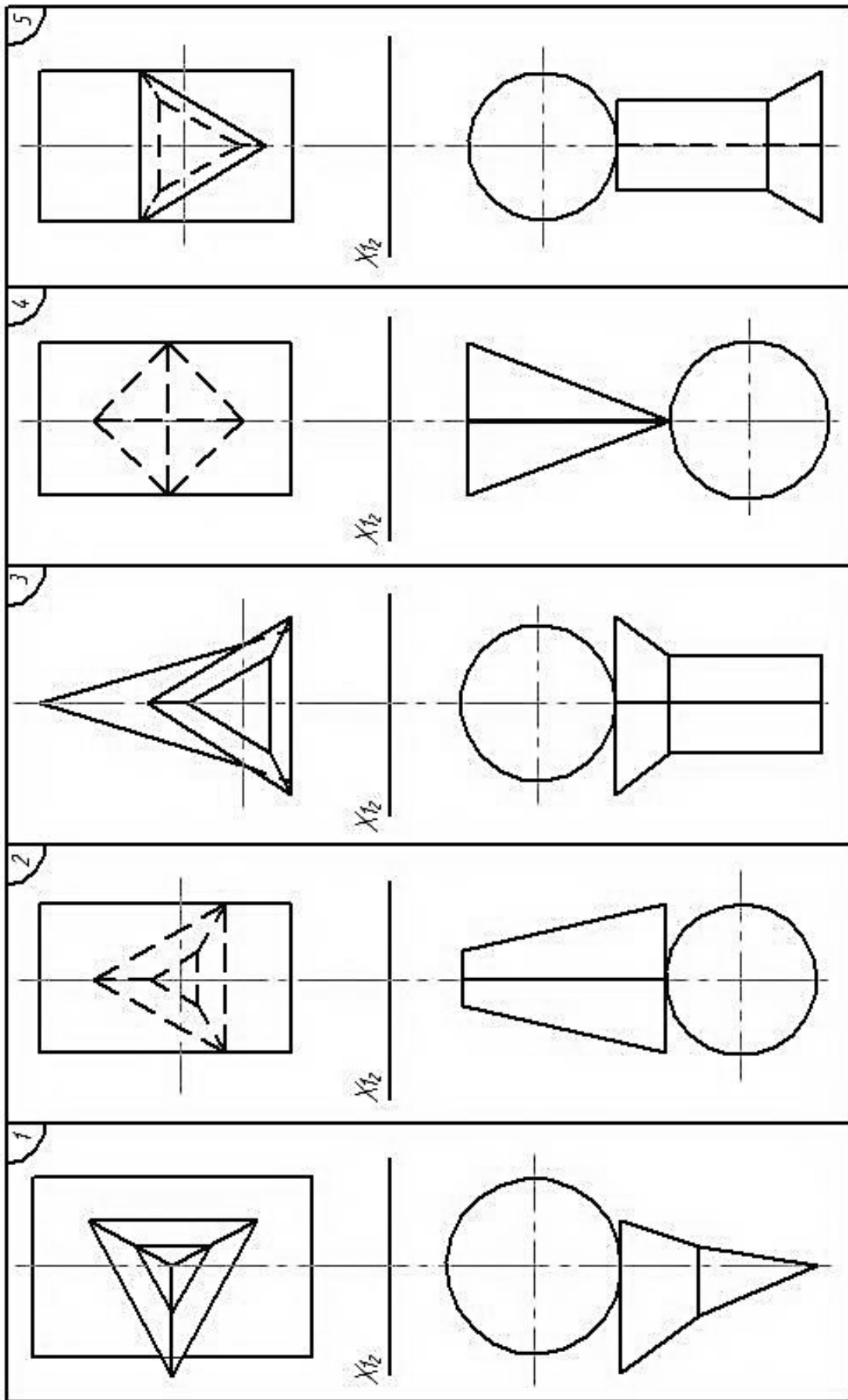


Рис. 3.1 Варіанти до завдання 3

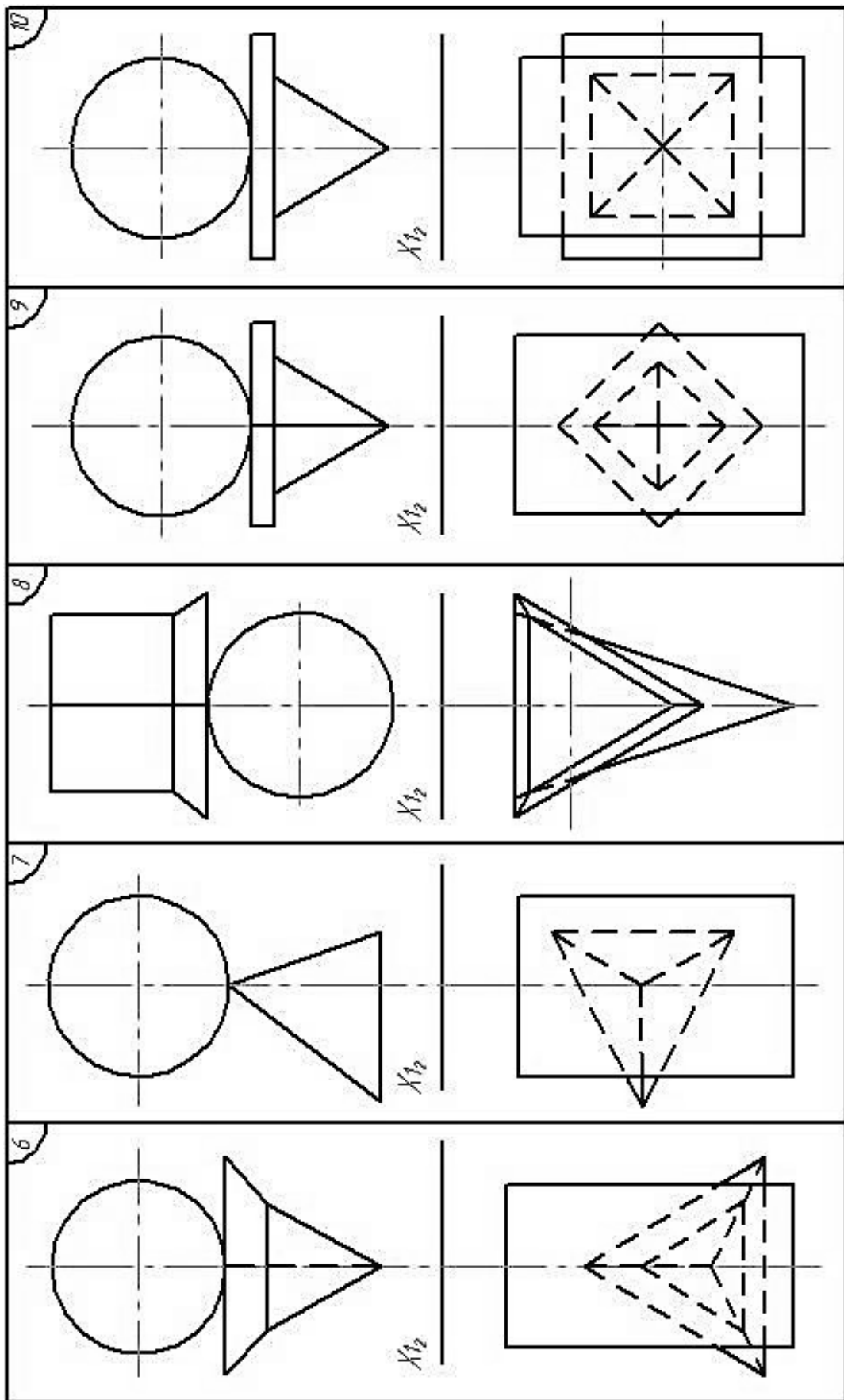


Рис. 3.1 Варіанти до завдання 3

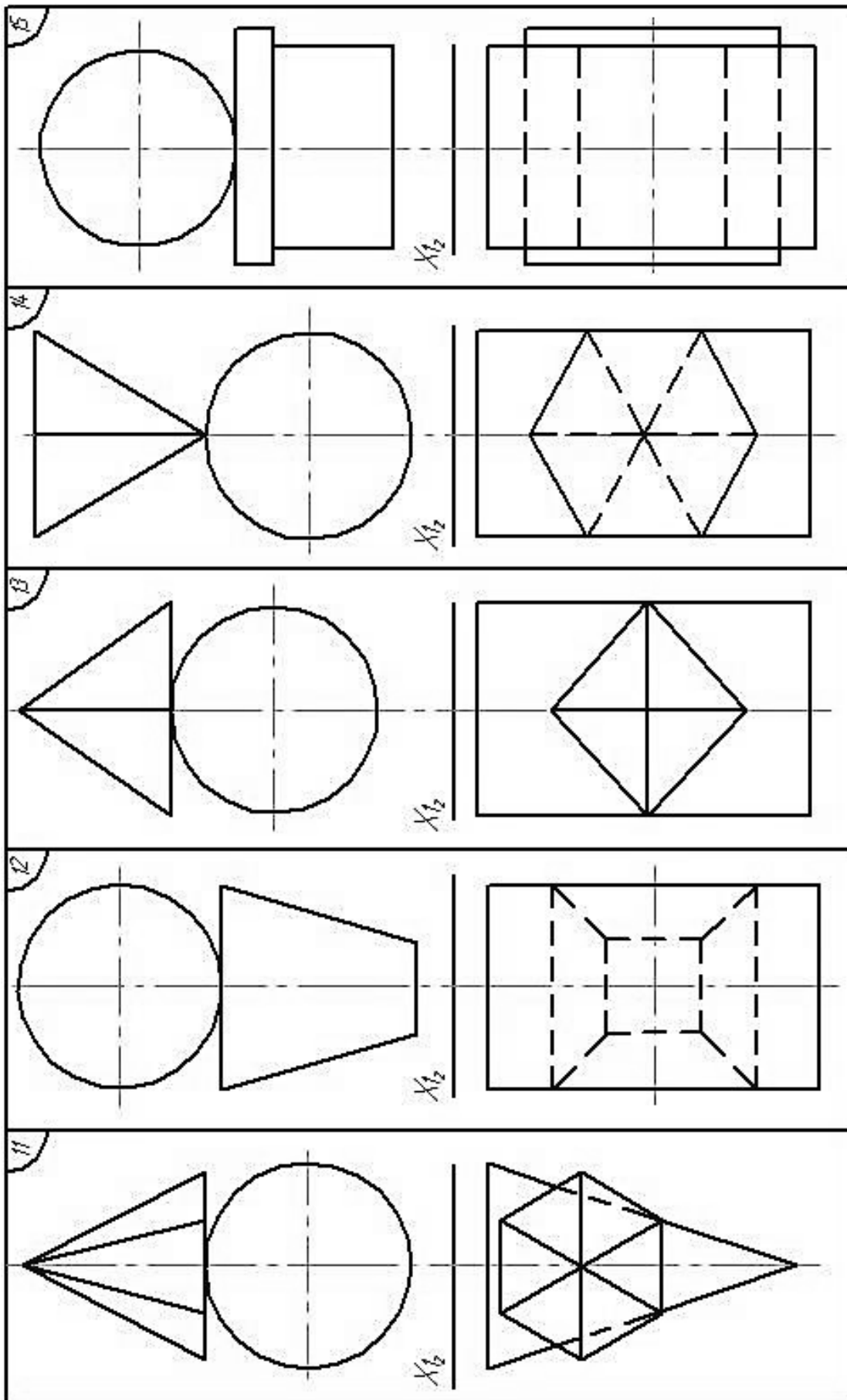


Рис. 3.3 Варіанти до завдання 3

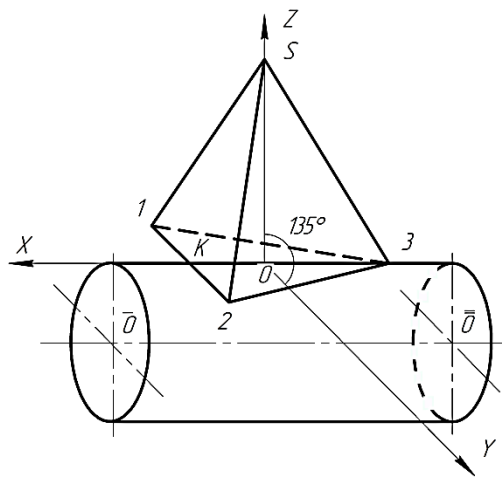
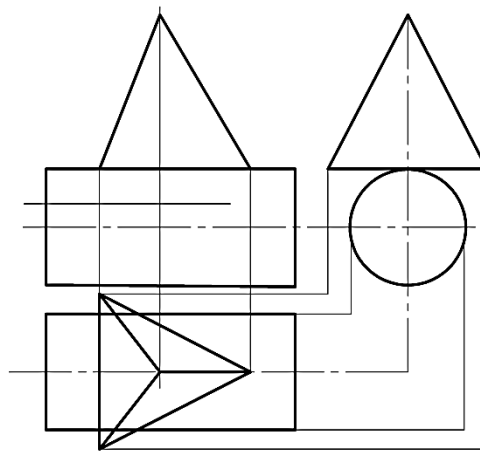


Рис. 3.4 Приклад побудови косокутної фронтальної диметричної проєкції  
циліндра і піраміди.

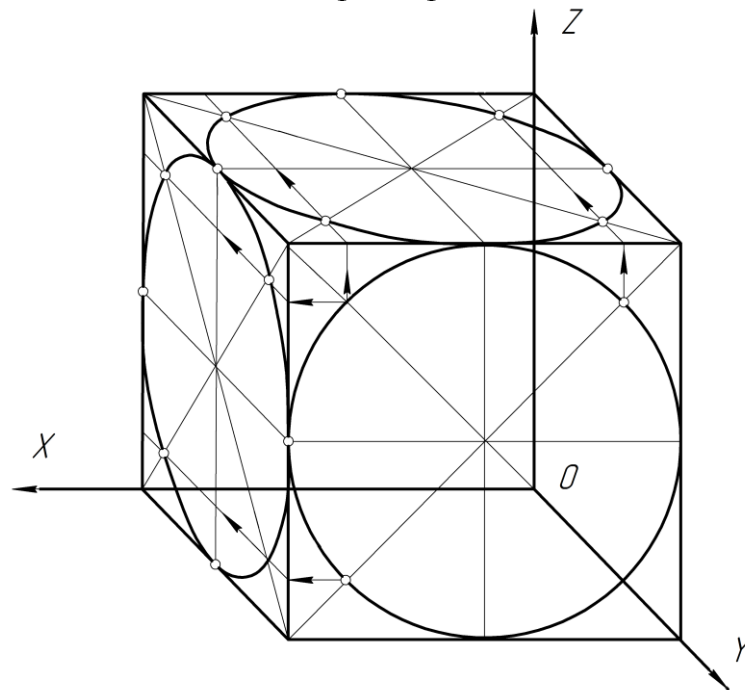


Рис. 3.5 Приклад побудови кола у фронтальній косокутній диметричній проєкції

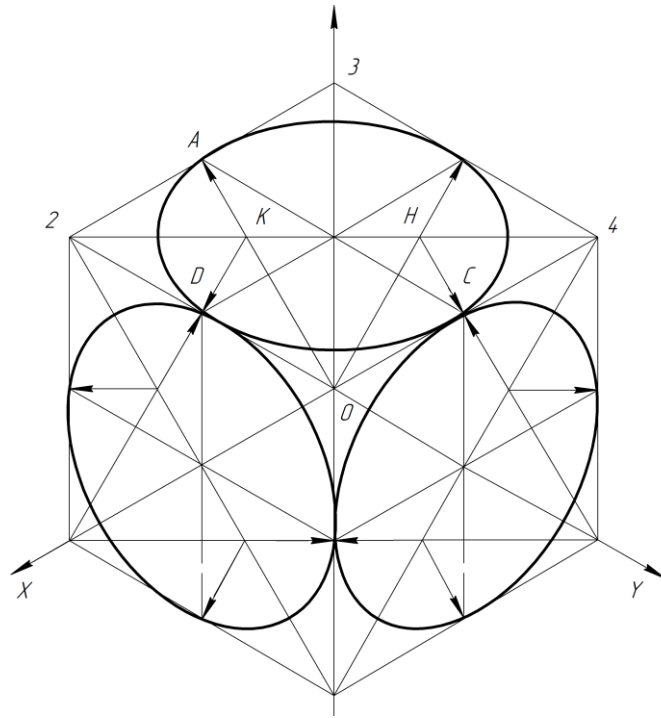


Рис. 3.6 Приклад побудови кола у прямокутній ізометричній проєкції

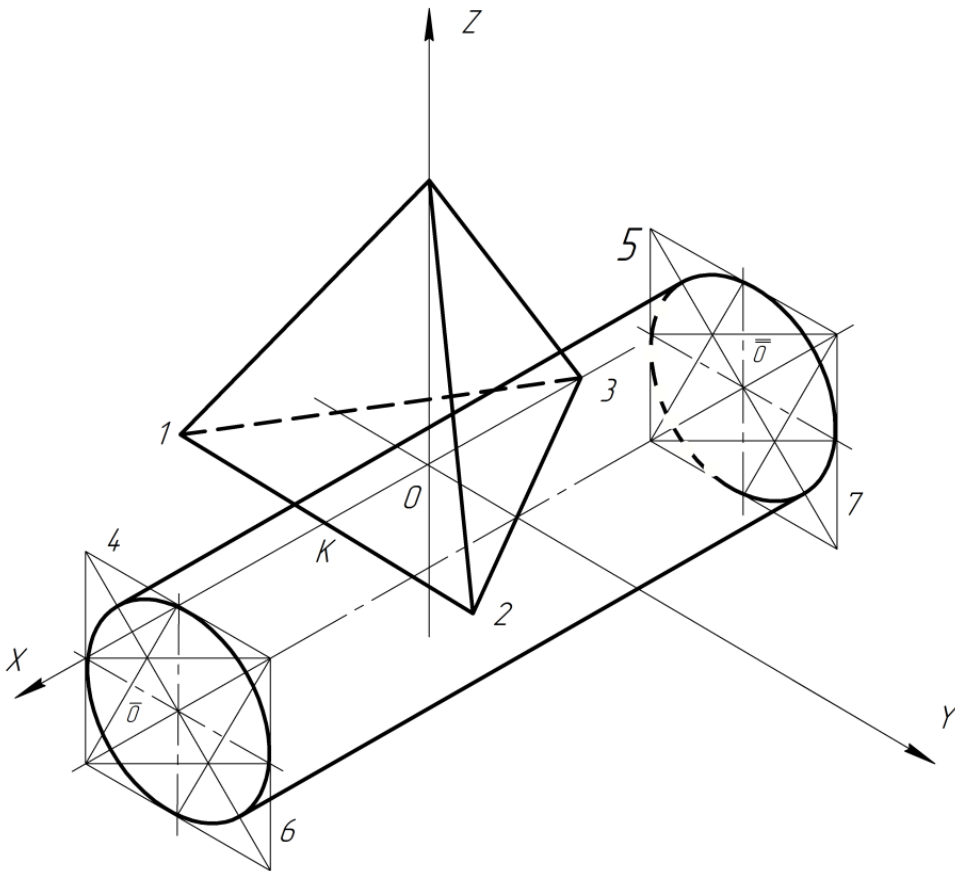


Рис.3.7 Приклад побудови циліндра і піраміди у прямокутній ізометричній проєкції



### ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ І ПЛОЩИНИ

**Умова.** Визначити точку перетину прямої з площиною загального положення. Встановити видимість прямої на проєкціях (рис. 4.2, табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Кут №	1	2	3
$\alpha^0$	30	45	60
$\beta^0$	60	30	45

Розв'язання задач на побудову точки перетину прямої і площини в загальному випадку виконують в наступній послідовності:

1. Пряму  $l$  заключають у допоміжну площину  $Q$  (рис. 4.1).
2. Визначають лінію перетину заданої площини  $P$  з допоміжною площиною  $Q$  (пряма  $EF$ ).
3. Знаходять точку перетину заданої прямої і площини (точка  $K$ ) як точку перетину прямої  $l$  і лінії перетину заданої і допоміжної площин ( $EF$ ).

**Приклад 1.** Визначити точку перетину прямої  $l$  з площиною, заданою трикутником  $ABC(A_1B_1C_1, A_2B_2C_2)$ . Встановити видимість на проєкціях (рис.4.3).

1. Проводимо через пряму  $l$  допоміжну площину. В якості допоміжної приймаємо фронтально-проєктуючу площину  $T$  ( $h$  – горизонтальний слід цієї площини,  $f$  – фронтальний). Оскільки площина  $T$  фронтально-проєктуюча, фронтальна проєкція будь-якої прямої, що їй належить, збігається з фронтальним слідом цієї площини.

2. Визначаємо лінію перетину площини трикутника  $ABC$  і допоміжної площини  $T$ . Для знаходження лінії перетину двох площин досить визначити дві точки, спільні для цих площин (тому що площини перетинаються по прямій, а дві точки визначають пряму). Спільними для двох зазначених площин є точки перетину сторін  $AB$  і  $AC$  трикутника  $ABC$  з допоміжною площиною  $T$ .

Точка  $M_2$  є фронтальною проєкцією точки перетину сторони  $AC$  трикутника з допоміжною площиною  $T$ , а точка  $N_2$  – сторони  $AB$ . Провівши з цих точок лінії зв'язку до перетину з горизонтальними проєкціями відповідних сторін трикутника  $ABC$ , отримаємо горизонтальні проєкції цих точок ( $M_1$  і  $N_1$ ). Відрізок  $M_1N_1$ , визначає горизонтальну проєкцію лінії перетину заданої і допоміжної площин.

3. Горизонтальною проєкцією шуканої точки перетину заданої прямої і площини є точка  $K_1$  – точка перетину з горизонтальною проєкцією лінії перетину заданої і допоміжної площин  $M_1N_1$  з горизонтальною проєкцією заданої прямої  $l_1$ .

За лінією проєкційного зв'язку визначаємо фронтальну проєкцію цієї точки  $K_2$ .

Для встановлення «видимості» використовуємо спосіб конкуруючих точок. У точці  $N_2 \equiv I_2$  збігаються фронтальні проєкції точок  $I$  і  $N$  (фронтально-конкуруючі), перша з яких належить прямій  $l$ , а друга – стороні  $AB$  трикутника. Використовуючи лінії проєкційного зв'язку за горизонтальною проєкцією визначаємо, що точка  $N$  має більшу координату  $Y$ , а отже, розташована ближче до спостерігача і буде при проєкціюванні на фронтальну площину закривати точку  $I$  (т. $N$  – видима; т. $I$  – конкуруюча). Отже, точка  $l$  (точка прямої) розташована ближче до площини проєкцій  $\Pi_2$  ніж точка  $N$ , і на фронтальній проєкції в цьому місці сторона трикутника перекриває пряму.

Аналогічно на фронтальній проєкції, рухаючись по лінії зв'язку вгору від точки  $2_1 \equiv 3_1$  визначаємо, що точка 3 сторони  $BC$  трикутника лежить вище точки 2 прямої  $l$  і на

горизонтальній проєкції сторона трикутника в цьому місці перекриває пряму.

Приклад 2. Визначити точку перетину прямої  $l$  із площиною загального положення  $Q$ , заданою слідами  $(h_1f_1; h_2f_2)$  (рис. 4.4). Визначити "видимість" прямої на проєкціях.

План розв'язку цієї задачі такий самий, як і в прикладі 1.

Спочатку заключаємо задану пряму  $l$  у допоміжну фронтально-проєктуючу площину  $T$  (її сліди  $h_0, f_0$ ). Потім будуємо лінію перетину заданої і допоміжної площин. Ця лінія визначається двома точками, загальними для обох площин. Перша точка ( $M$ ) лежить на перетині горизонтальних слідів заданої і допоміжної площин. Вона знаходиться в площині  $\Pi_1$ , і збігається зі своєю горизонтальною проєкцією  $M_1$ . Фронтальною проєкцією цієї точки є точка  $M_2$ .

Друга загальна для двох площин точка лежить на перетині фронтальних слідів площин  $Q$  і  $T$ . Це точка  $N$ , що лежить у фронтальній площині проєкцій і тому співпадає зі своєю фронтальною проєкцією. Горизонтальна проєкція цієї точки – точка  $N_1$ . З'єднаючи точки  $M_1$  і  $N_1$ , отримаємо горизонтальну проєкцію лінії перетину заданої і допоміжної площин (пряма  $M_1N_1$ ).

Точка перетину цієї проєкції з горизонтальною проєкцією заданої прямої і є горизонтальною проєкцією шуканої точки перетину прямої і площини (точка  $K_1$ ). За лінією проєкційного зв'язку визначаємо фронтальну проєкцію цієї точки ( $K_2$ ).

Видимість на кресленнику можна встановити виходячи з наступних міркувань. Точка  $l$  горизонтального сліду площини  $Q$  збігається з горизонтальною проєкцією точки 2 прямої  $l$ . На фронтальній проєкції видно, що в цьому місці пряма розташована над горизонтальною площиною проєкцій  $\Pi_1$ , і, відповідно, частина прямої аж до точки її перетину з площиною  $Q$  при погляді зверху буде видима. Аналогічно можна встановити видимість на фронтальній проєкції.

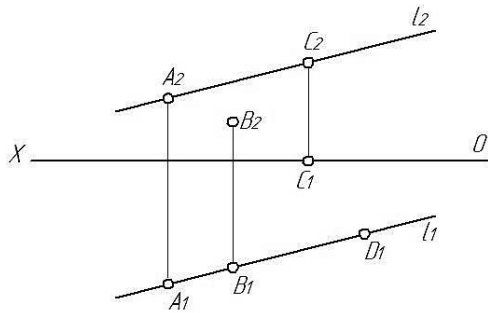
Приклад 3. Умова. Площина задані двома прямими  $c$  ( $c_1, c_2$ ) та  $d$  ( $d_1, d_2$ ), що перетинаються в т.  $A$  ( $A_1, A_2$ ). Знайти точку перетину прямої  $l$  ( $l_1, l_2$ ) з заданою площиною (рис. 4.5).

Умовно проводимо через пряму  $l$  ( $l_1, l_2$ ) горизонтально-проєктуючу площину (на горизонтальній проєкції співпадатиме з проєкцією прямої  $l_1$ ). Знаходимо лінію перетину двох площин – заданої і допоміжної. Для цього достатньо мати дві спільні точки: на горизонтальній площині проєкцій відмічаємо точки  $1_1$  і  $2_1$ . Знаходимо їх фронтальні проєкції  $1_2$  і  $2_2$  за лініями проєкційного зв'язку. На фронтальній проєкції відмічаємо т.  $K_2$  як точку, що належить прямій і лежить на лінії перетину двох площин, а отже належить і заданій площині. За лінією проєкційного зв'язку позначаємо горизонтальну проєкцію точки перетину  $K_1$  на проєкції прямої  $l_1$ .

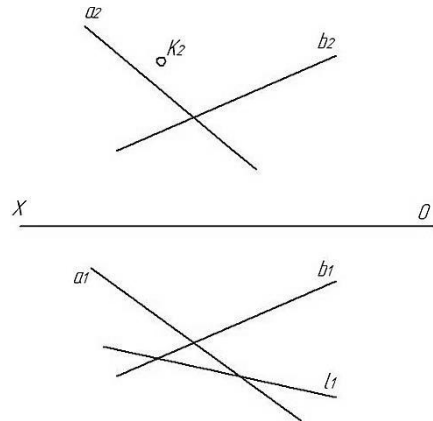
Приклад 4. На рис. 4.6 показане знаходження точки перетину прямої  $l$  ( $l_1, l_2$ ) і площини, заданої паралельними прямими  $c$  ( $c_1, c_2$ ) та  $d$  ( $d_1, d_2$ ). Для встановлення видимості прямої на проєкціях використано спосіб конкуруючих точок. На фронтальній площині проєкцій проєкція точки  $4_2$  (що належить прямій  $l$ ) збігається з проєкцією точки  $5_2$  (що належить прямій  $c$  площини). Аналізуючи проєкції цих точок на горизонтальній площині проєкцій приходимо до висновку, що проєкція т.  $5_1$  розташована нижче, отже т.  $5$  у просторі буде ближче до спостерігача, ніж т.  $4$ , відповідно до точки перетину на цій ділянці на фронтальній проєкції площина буде закривати пряму, пряма – невидима. Аналогічно визначають видимість на горизонтальній площині проєкцій, розглядаючи точки 2 і 3.

### Завдання для самостійного опрацювання

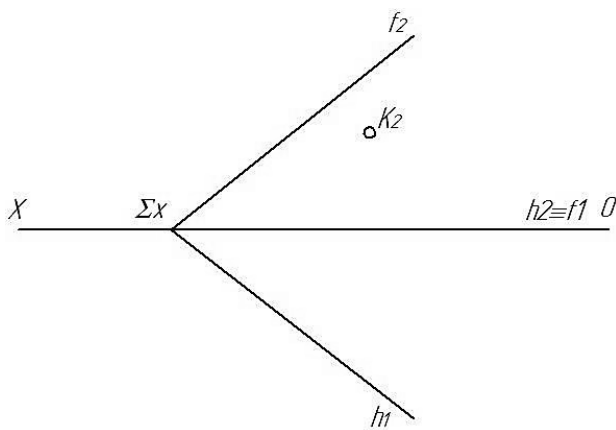
**4.1** Чи лежать точки  $A, B, C$  на прямій  $l$ ?  
Побудуйте фронтальну проєкцію точки  $D$  так, щоб вона лежала на прямій  $l$ .



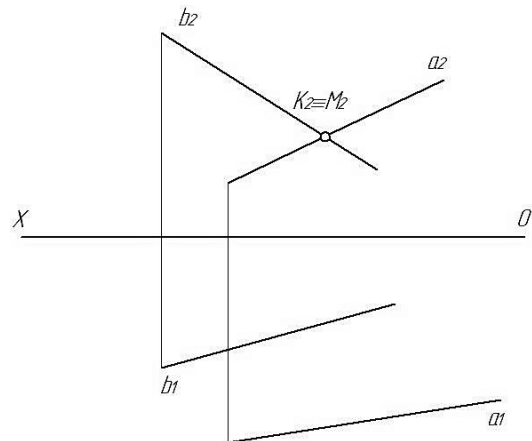
**4.2** Побудуйте проєкції, яких не вистачає, точки  $K$  та прямої  $l$ , що належать площині загального положення, заданій прямими  $a(a_1; a_2)$  та  $b(b_1; b_2)$ .



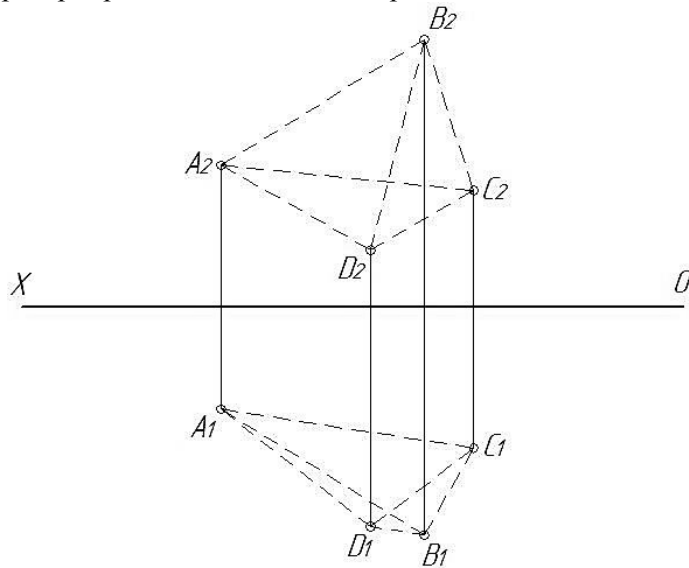
**3.3** Побудуйте горизонтальну проєкцію точки  $K$ , що лежить у площині  $\Sigma$ .



**4.4** Точка  $K$  належить прямій  $b$ , точка  $M$  належить прямій  $a$ . Визначте яка з них видима, а яка – конкуруюча на фронтальній проєкції  $\Pi_2$ .



4.5 Встановіть видимість ребер піраміди відповідно на проєкціях:



### Контрольні питання

1. Яким способом може бути задана площина на епюрі?
2. Дайте визначення прямих загального та окремого положення.
3. Дайте визначення площин загального та окремого положення.
4. Поясніть послідовність розв'язування задач на перетин прямої і площини.
5. Поясніть сутність способу конкуруючих точок для встановлення видимості елементів на кресленнику?

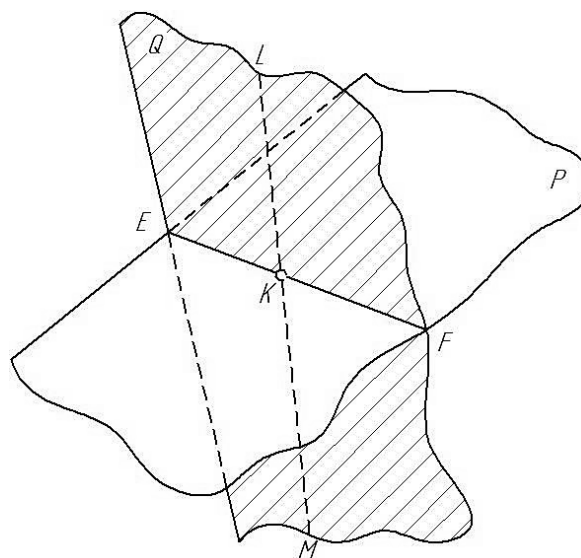


Рис. 4.1 Алгоритм розв'язання задачі на перетин прямої і площини

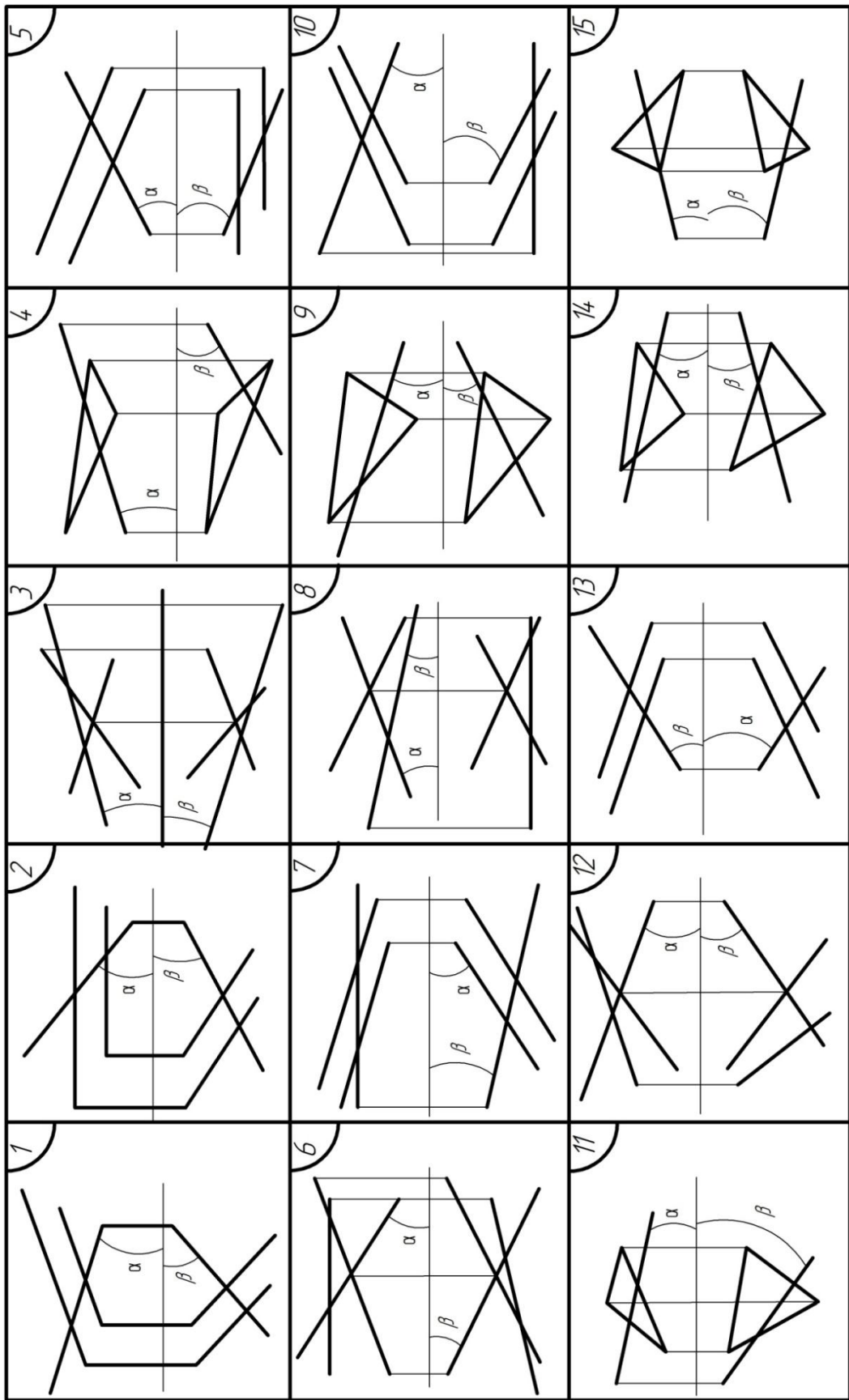


Рис. 4.2 Варіанти до завдання 4

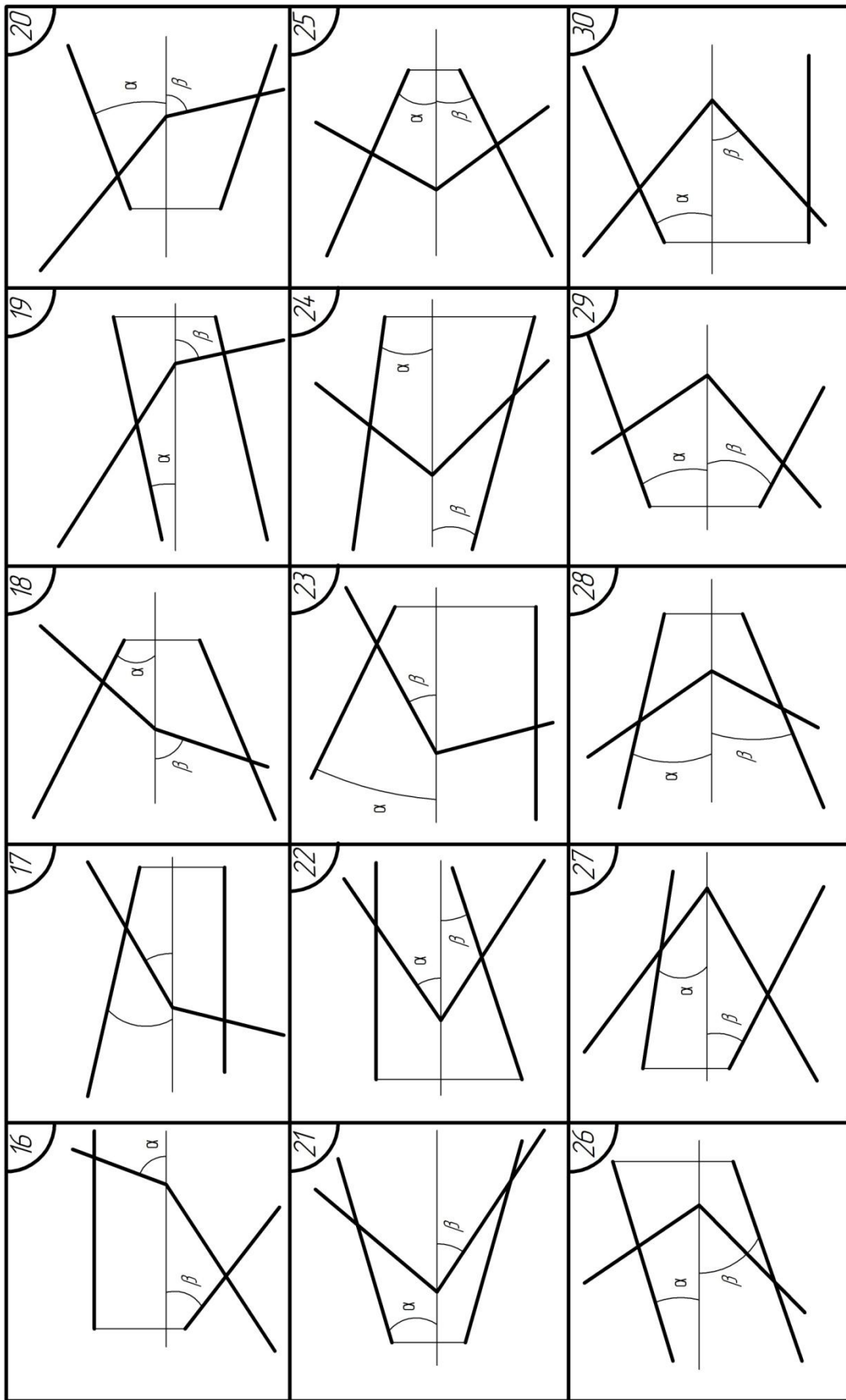


Рис. 4.2 Варіанти до завдання 4

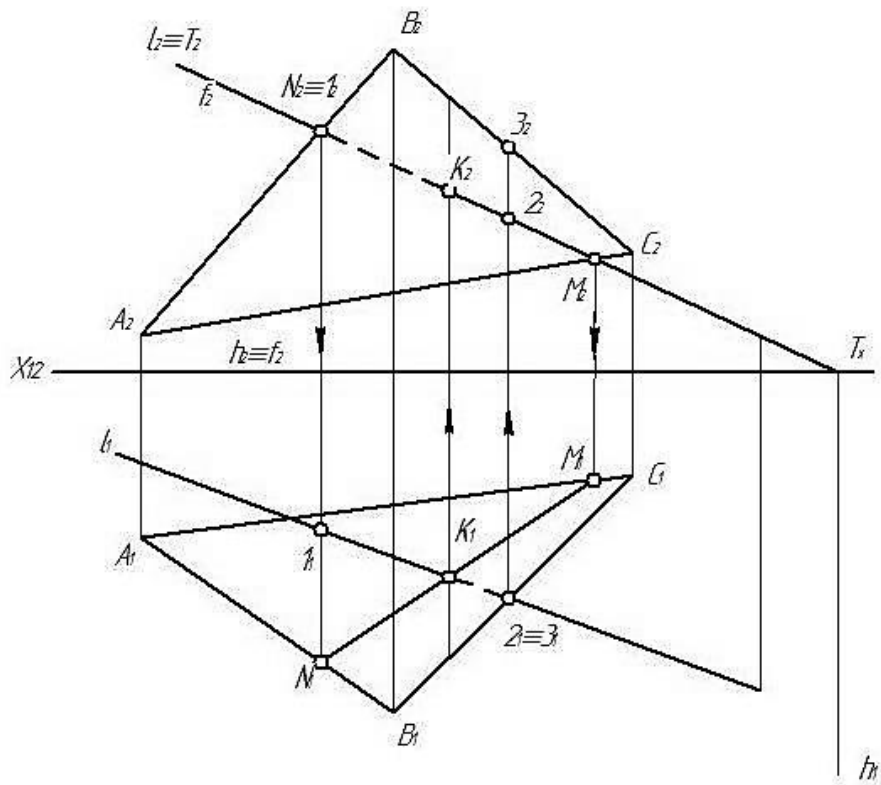


Рис. 4.3 Знаходження точки перетину прямої і площини, заданої трикутником

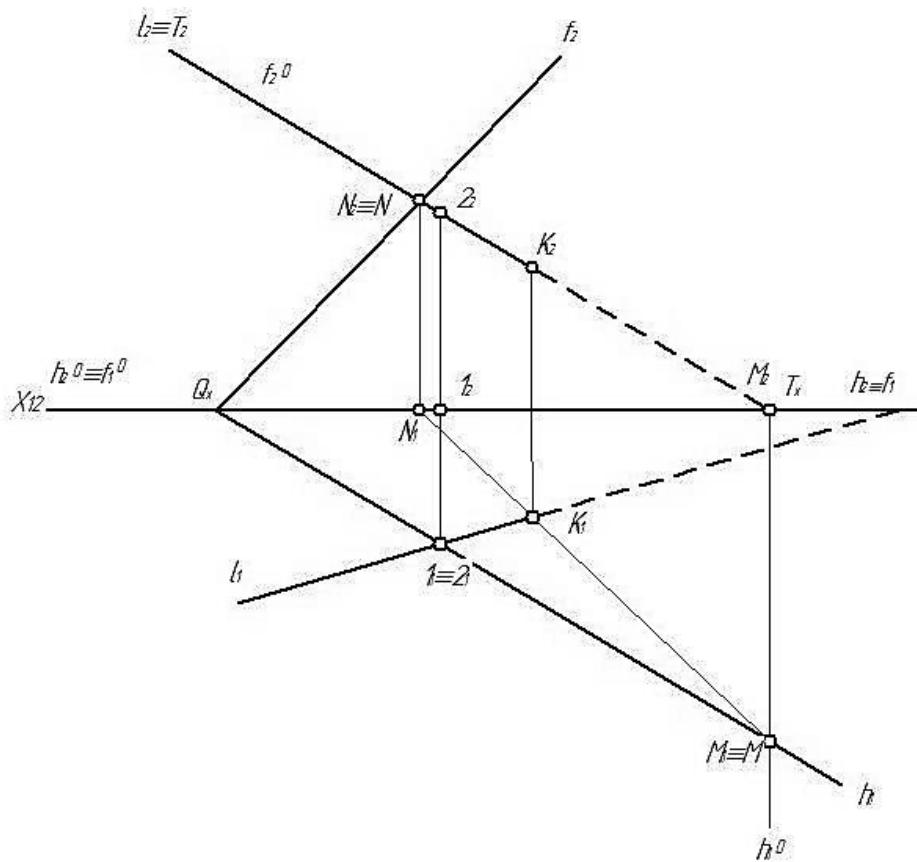


Рис. 4.4 Знаходження точки перетину прямої і площини, заданої слідами

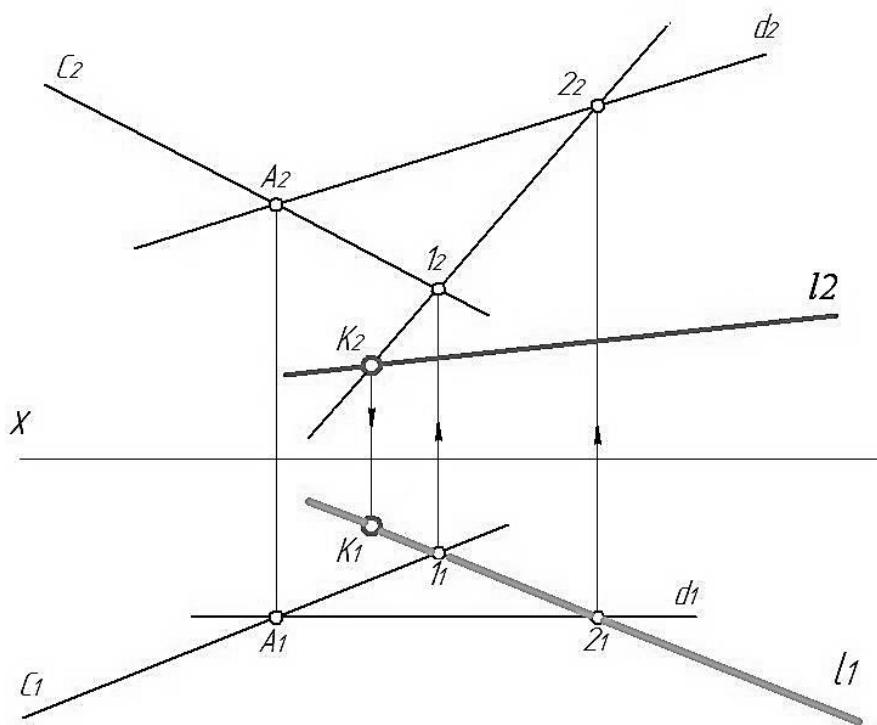


Рис. 4.5 Знаходження точки перетину прямої і площини, заданої двома прямими, що перетинаються

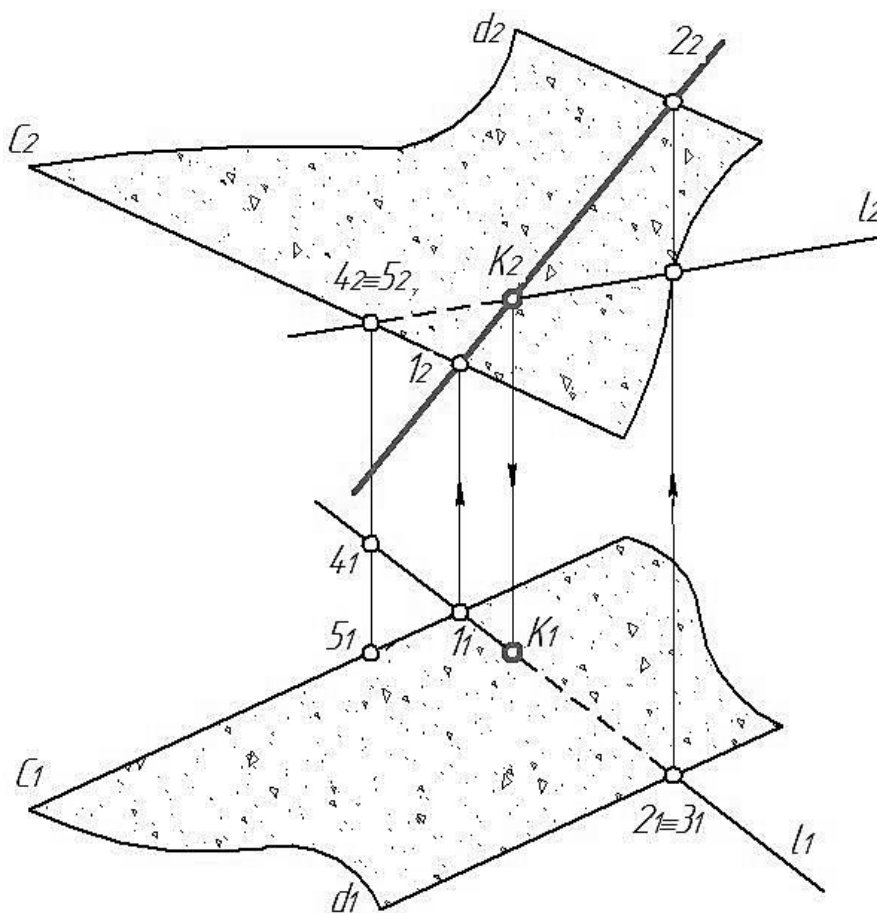


Рис.4.6 Знаходження точки перетину прямої і площини, заданої паралельними прямими



### ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ. СПОСІБ ЗАМІНИ ПЛОЩИН ПРОЄКЦІЙ

**Умова.** На заданому багатограннику визначити найкоротшу відстань між вказаними мимобіжними ребрами (див. рис. 2.1).

Найкоротшою відстанню буде перпендикуляр між цими ребрами. Для визначення перпендикуляра одне з ребер повинно спроекціюватись спочатку на паралельну до нього площину, а потім – на перпендикулярну.

У побудові, показаній на рис.5.1, одне з мимобіжних ребер ( $CS$ ) двома замінами спроекційовано в точку на іншу площину проєкцій  $\Pi_5$  в наступній послідовності:

1. Від системи площин проєкцій  $\Pi_1\Pi_2$  переходимо способом заміни площин проєкцій до системи  $\Pi_1\Pi_4$ , де  $\Pi_4 \perp \Pi_1$  і  $\Pi_4 // C_1S_1$ .

2. Від системи  $\Pi_1\Pi_4$  способом заміни площин проєкцій переходимо до системи  $\Pi_4\Pi_5$ , де  $\Pi_5 \perp \Pi_4$  і  $\Pi_5 \perp C_4S_4$ . Отримавши на площині проєкцій  $\Pi_5$  проєкцію ребра  $CS$  та провівши із  $C_5S_5$  перпендикуляр до  $A_5B_5$ , знаходимо шукану відстань між заданими мимобіжними ребрами  $AB$  і  $CS$ .

На рис.5.1 показана побудова проєкцій загального для  $AB$  і  $CS$  перпендикуляра.

Слід пам'ятати – якщо одна зі сторін прямого кута паралельна до деякої площини, проєкція даного прямого кута на цю площину являє собою також прямий кут. Тому проєкція на  $\Pi_5$  прямого кута, сторонами якого є згаданий перпендикуляр до мимобіжних прямих і пряма  $AB$  також повинна являти собою прямий кут.

Крім того, варто враховувати, що будь-яка точка прямої  $CS$  проєкціюється на  $\Pi_5$  у точку ( $C_5 \equiv S_5$ ), у тому числі і точка  $F$ , що належить шуканому перпендикуляру до мимобіжних прямих.

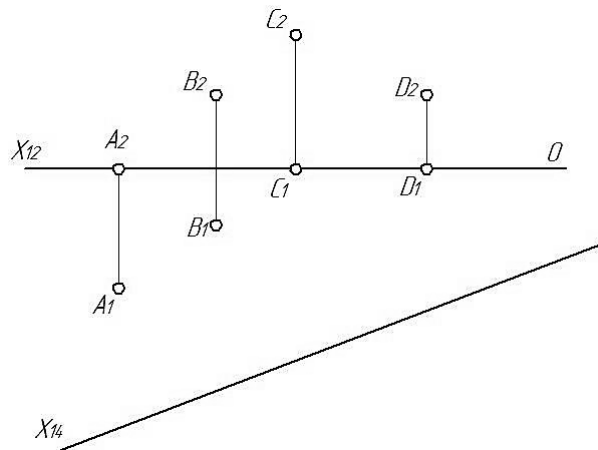
На цій підставі опускаємо з точки  $C_5 \equiv S_5 \equiv F_5$  перпендикуляр на  $A_5B_5$ . Отриманий прямий кут  $F_5 K_5 A_5$  і є проєкцією на  $\Pi_5$  прямого кута між перпендикуляром до обох мимобіжних прямих і  $CS$  і прямої  $AB$ .

Хід побудови позначений стрілками, проєкція  $K_4F_4$  проведена перпендикулярно до  $S_4C_4$ .

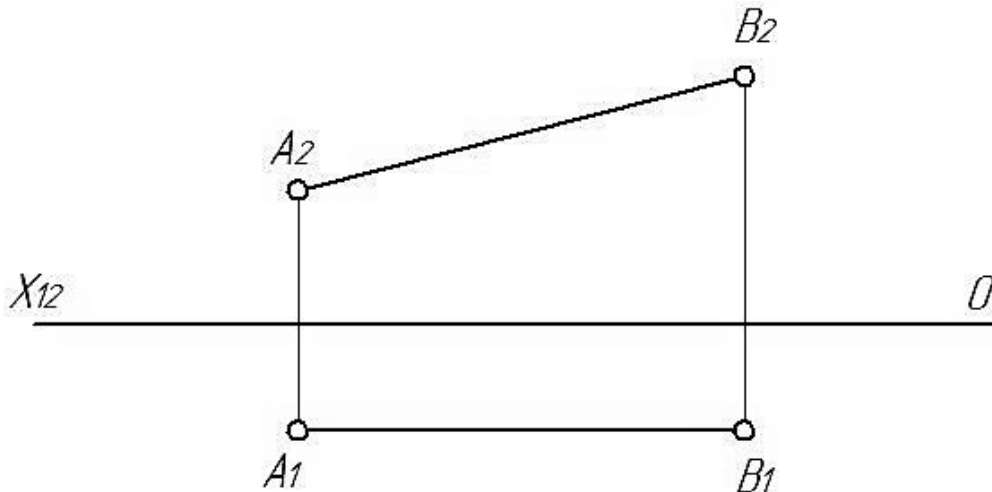
Довжина перпендикуляра  $FK$  і є шуканою відстанню між мимобіжними ребрами  $AB$  та  $CS$ . Побудова горизонтальної і фронтальної проєкцій цього перпендикуляра  $F_1K_2$  і  $F_2K_2$  виконується за допомогою ліній проєкційного зв'язку за стрілками, як зазначено на рис 5.1.

## Завдання для самостійного опрацювання

5.1 Побудуйте проєкції точок  $A, B, C, D$  на площину  $\Pi_4$ .



5.2 Побудуйте нову площину проєкцій так, щоб пряма  $AB$  зпроєкціювалась в точку.



## Контрольні питання

1. Розкрийте сутність способу заміни площин проєкцій, у якому взаємозв'язку повинні бути наявна і нова площини проєкцій?
2. Які перетворення необхідно виконати, щоб зробити пряму загального положення проєктуючою?
3. Які перетворення необхідно виконати, щоб зробити площину загального положення площиною рівня?

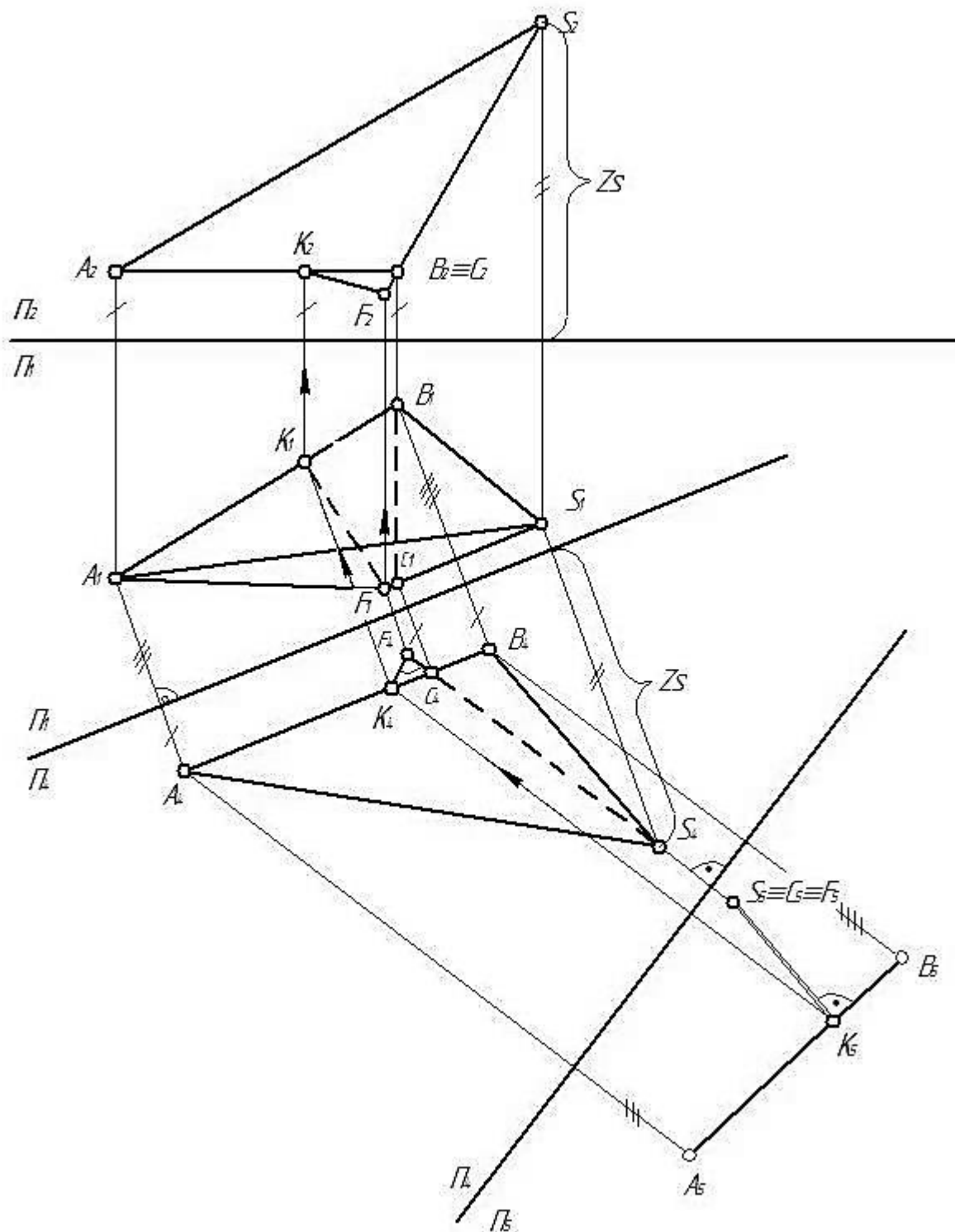


Рис. 5.1. Приклад визначення найкоротшої відстані між ребрами багатогранника

### **ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ СПОСОБОМ ПЛОСКО-ПАРАЛЕЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ**

**Умова.** У заданому багатограннику визначити натуральний розмір двогранного кута при ребрі загального положення ( у прикладі –  $AS$ ), (завдання – див. рис.2.1).

Мірою двогранного кута є кут, сторони якого розташовані відповідно на гранях двогранного кута і перпендикулярні до його ребра. Для визначення розміру двогранного кута його необхідно спроекціювати на площину, перпендикулярну до його ребра. При цьому лінійний кут при даному ребрі виявиться паралельним до площини проєкцій і спроекціюється на неї в натуральну величину.

Площину, перпендикулярну до ребра, можна побудувати так, як наприклад, у завданні №5 – методом заміни площин проєкцій, при якому положення самого тіла змінюється. Але можна, навпаки, залишити нерухомими площини проєкцій, а переміщати тіло до потрібного положення. У даному випадку можна перемістити двогранний кут у положення, при якому його ребро виявиться перпендикулярним до однієї з площин проєкцій шляхом двох послідовних плоскопаралельних переміщень.

Нагадаємо, що при плоскопаралельному переміщенні тіла його точки переміщуються в площинах, паралельних деякій площині, наприклад  $\Pi_1$ . Проєкція тіла на цю площину не змінює свою величину і форму, а змінює тільки положення, проєкції точок тіла на перпендикулярну площину ( $\Pi_2$ ) переміщуються по прямолінійних траєкторіях, паралельних до вісі проєкцій.

Відповідно до вищезазначеного в прикладі (рис.6.1) спочатку переміщуємо піраміду плоскопаралельно відносно  $\Pi_1$  до положення, при якому ребро  $SA$  виявиться паралельним до  $\Pi_2$  (стане фронтальною прямою). При цьому його горизонтальна проєкція  $S_1A_1$ , зберігши свій розмір, розташується паралельно до осі проєкцій. Добудовуємо на ній горизонтальну проєкцію піраміди в новому положенні, без зміни розмірів і форми.

Проводячи лінії зв'язку з отриманих вершин до перетину з горизонтальними траєкторіями переміщень фронтальної проєкції вершин піраміди отримуємо фронтальну проєкцію піраміди в новому положенні.

Друге плоскопаралельне переміщення робимо щодо площини  $\Pi_2$  – до положення, в якому ребро  $SA$  виявиться перпендикулярним до площини  $\Pi_1$ . При цьому його фронтальна проєкція повинна бути перпендикулярна до осі проєкцій, а горизонтальна буде являти собою точку. Тому вертикально креслимо відрізок  $\overline{S_2 A_2}$ , рівний за розміром  $\overline{S_2 A_2}$  і на ньому без зміни величини і форми добудовуємо фронтальну проєкцію піраміди у вигляді, який отримали після першого переміщення.

Горизонтальну проєкцію після другого переміщення будуємо тільки для двогранного кута, який нас цікавить. Він утворюється, як і в першому випадку, за допомогою ліній проєкційного зв'язку траєкторією переміщення горизонтальних вершин піраміди з положення, у якому він опинився після першого переміщення.

Як видно з побудови, горизонтальна проєкція двогранного кута при ребрі  $SA$  перетворилась в кут  $\alpha$ , рівний лінійному куту, що визначає розмір шуканого двогранного кута.

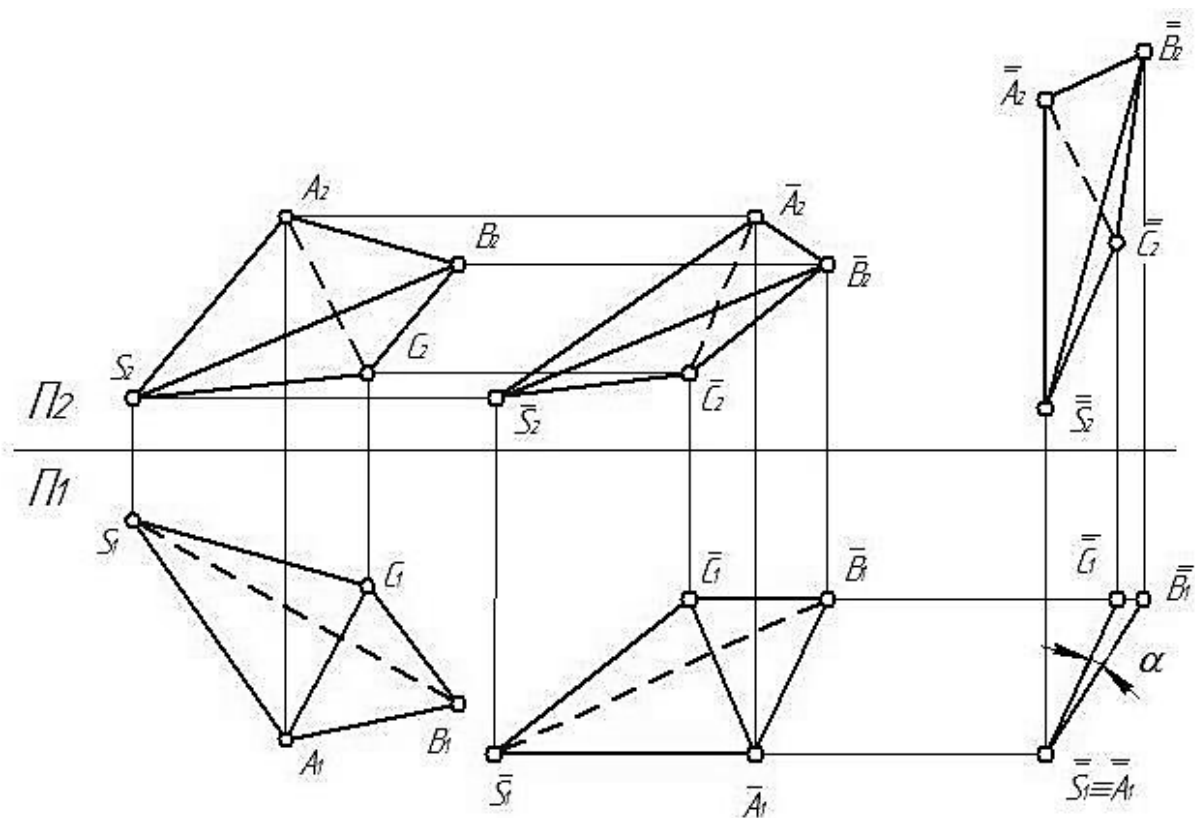
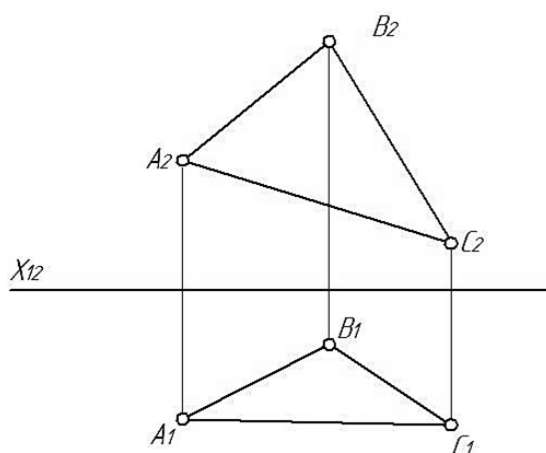
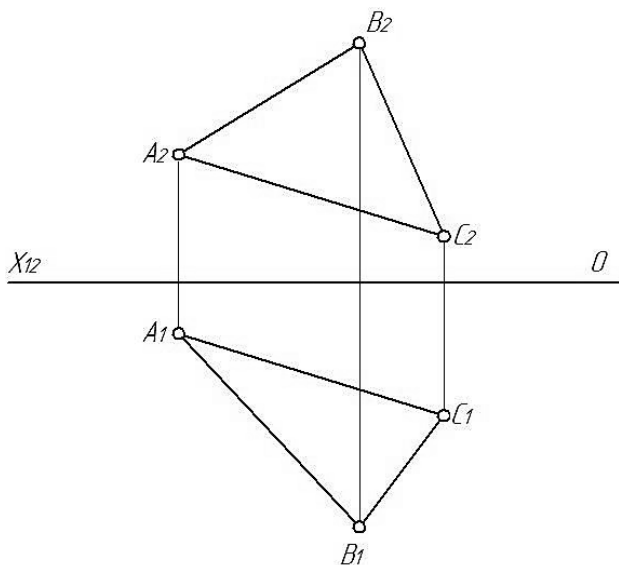


Рис. 6.1 Визначення розміру двогранного кута при ребрі AS.

**Завдання для самостійного опрацювання**

**6.1** Проведіть лінії рівня (горизонталь і фронталь) у площині  $\triangle ABC$

**6.2** Проведіть горизонталь  $\triangle ABC$  через точку  $A$  та способом плоскопаралельного переміщення визначте натуральну величину трикутника (перевівши спочатку у положення, перпендикулярне до однієї з площин проєкцій)



## Завдання №7

### МЕТОД ОБЕРТАННЯ НАВКОЛО ЛІНІЙ РІВНЯ (ГОРИЗОНТАЛІ АБО ФРОНТАЛІ)

**Умова.** Методом обертання навколо лінії рівня встановити натуральну величину трикутника (рис. 7.1, табл. 7.1).

**Таблиця 7.1**

Кут №	1	2	3	4	5	6
$\alpha^0$	30	45	60	45	30	30
$\beta^0$	30	30	45	45	60	45

При обертанні точки навколо осі, що є лінією рівня, наприклад горизонталі, радіус обертання утворює з віссю обертання прямий кут, одна сторона якого (горизонтальна пряма) паралельна до площини проєкцій  $\Pi_1$  і при обертанні залишається нерухомою.

Проєкція плоского прямого кута, одна сторона якого паралельна до площини проєкцій, являє собою також прямий кут. Тому прямий кут, утворений віссю обертання (в даному випадку це горизонтальна пряма) і радіусом обертання точки у всіх положеннях при обертанні буде проєктуватися на  $\Pi_1$  також у вигляді прямого кута, і тому траєкторія горизонтальної проєкції точки при обертанні навколо горизонтальної прямої буде перпендикулярною до горизонтальної проєкції цієї горизонтальної прямої.

Аналогічно при обертанні точки навколо фронтальної прямої траєкторія переміщення фронтальної проєкції точки буде прямою, перпендикулярною до фронтальної проєкції фронтальної прямої вісі обертання.

Обертання плоскої фігури навколо будь-якої горизонталі площини цієї фігури можна здійснити обертанням точок, що належать цій фігурі, наприклад вершин. Якщо обертається трикутник, відповідно, положення площини можна визначити положенням трьох точок цієї площини.

Якщо потрібно встановити за двома заданими проєкціями трикутника його натуральну величину – варто обертати його навколо лінії рівня, наприклад горизонталі, до положення, при якому площина цього трикутника виявиться паралельною до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

**Приклад.** Обертанням навколо горизонталі площини  $\triangle ABC$  встановити натуральну величину цього трикутника (рис. 7.2).

Проведемо будь-яку горизонталь у площині  $\triangle ABC$ , наприклад, через вершину  $C$  горизонталь  $CD$  ( $C_2D_2, C_1D_1$ ). Далі обертаємо послідовно вершини  $A$  і  $B$  до положення, при якому радіуси обертання вершин займуть горизонтальне положення.

Очевидно, при цьому площина  $\triangle ABC$  виявиться горизонтальною, і трикутник спроекціюється на площину  $\Pi_1$  у натуральну величину.

Розглянемо побудову на прикладі обертання вершини  $B$ . Проведемо з точки  $B_1$  пряму перпендикулярно до горизонтальної проєкції  $h_1$  горизонталі  $B_1D_1$ , що є віссю обертання, потім відповідно на фронтальній проєкції. Відрізок  $B_1E_1$  цієї прямої є горизонтальною проєкцією радіуса обертання точки  $B$ . Фронтальну проєкцію цього радіуса  $B_2E_2$  будемо, проводячи лінію зв'язку з точки  $E_1$  до перетину з фронтальною проєкцією вісі обертання  $C_2D_2$ . Точка  $E$  – центр обертання вершини  $B$ .

Як зазначено вище, при обертанні точки навколо горизонтальної прямої її горизонтальна проєкція переміщується перпендикулярно до горизонтальної проєкції осі обертання, тобто в даному випадку буде переміщуватись по прямій, що визначається відрізком  $B_1E_1$ . При повороті до положення, у якому радіус обертання точки  $B$  виявиться паралельним до  $\Pi_1$ , цей радіус спроекціюється на  $\Pi_1$  у натуральну величину.

Отже, якщо на прямій, що є траєкторією переміщення горизонтальної проєкції точки  $B$  при повороті, відкласти від горизонтальної проєкції осі обертання  $C_1D_1$ , натуральну величину радіуса повороту, буде визначена горизонтальна проєкція точки  $B$  у тому положенні, до якого ми прагнемо.

Натуральна величина радіуса повороту точки  $B$  за наявними двома його проєкціями ( $B_1E_1$  і  $B_2E_2$ ) може бути отримана будь-яким відомим способом. На рис.7.2 використаний спосіб прямокутного трикутника. На перпендикулярі до горизонтальної проєкції радіуса повороту  $B_1E_1$  відкладена різниця відстаней кінців його фронтальної проєкції до осі проєкцій  $\Delta z$ . Гіпотенуза отриманого прямокутного трикутника  $B_1E_1B_0$  і буде натуральною величиною радіуса обертання точки  $B$ .

Цей розмір відкладений на траєкторії переміщення горизонтальної проєкції точки  $B$  при повороті, і в такий спосіб отримана точка  $\overline{B_1}$  – горизонтальна проєкція точки  $B$  при повороті її на необхідний кут.

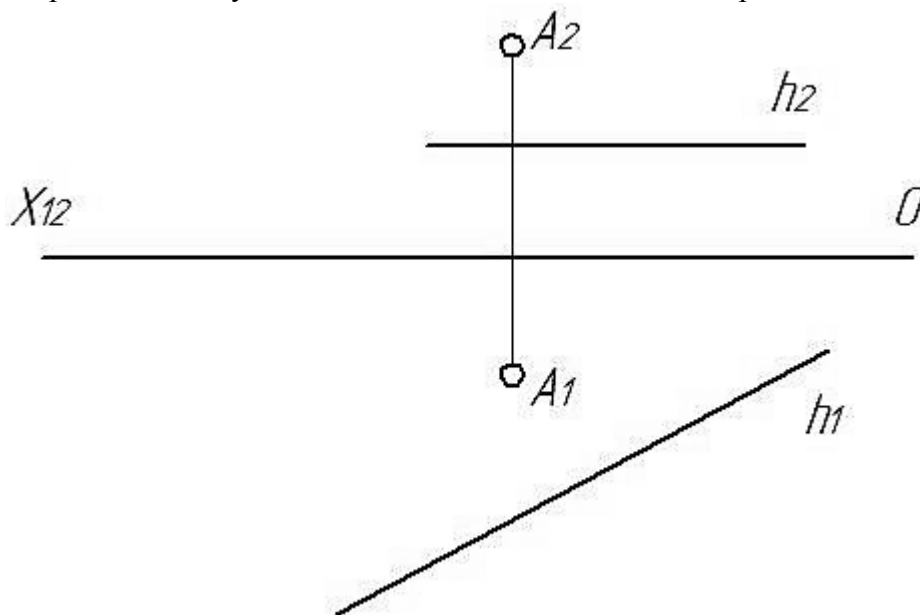
Аналогічними побудовами отримуємо точку  $\overline{A_1}$ .

Точка  $C_1$  лежить на осі обертання і тому при обертанні  $\Delta ABC$  не переміщується.

З'єднуючи отримані точки отримуємо  $\Delta \overline{A_1} \overline{B_1} C_1$  що являє собою горизонтальну проєкцію  $\Delta A_1 B_1 C_1$  у положенні, при якому його площина паралельна до площини  $\Pi_1$  і відповідно визначає натуральну величину цього трикутника.

### Завдання для самостійного опрацювання

7.1 Перевести точку  $A$  в нове положення шляхом обертання її навколо горизонталі  $h$ .



### Контрольні питання

1. Яким способом можна визначити натуральну величину радіуса повороту точки при обертанні її навколо лінії рівня?
2. Як можна визначити траєкторію переміщення проєкції точки, що обертається навколо лінії рівня, на площину проєкцій, паралельну до осі обертання?
3. Які типи задач, на вашу думку, можна вирішувати методом обертання навколо ліній рівня?

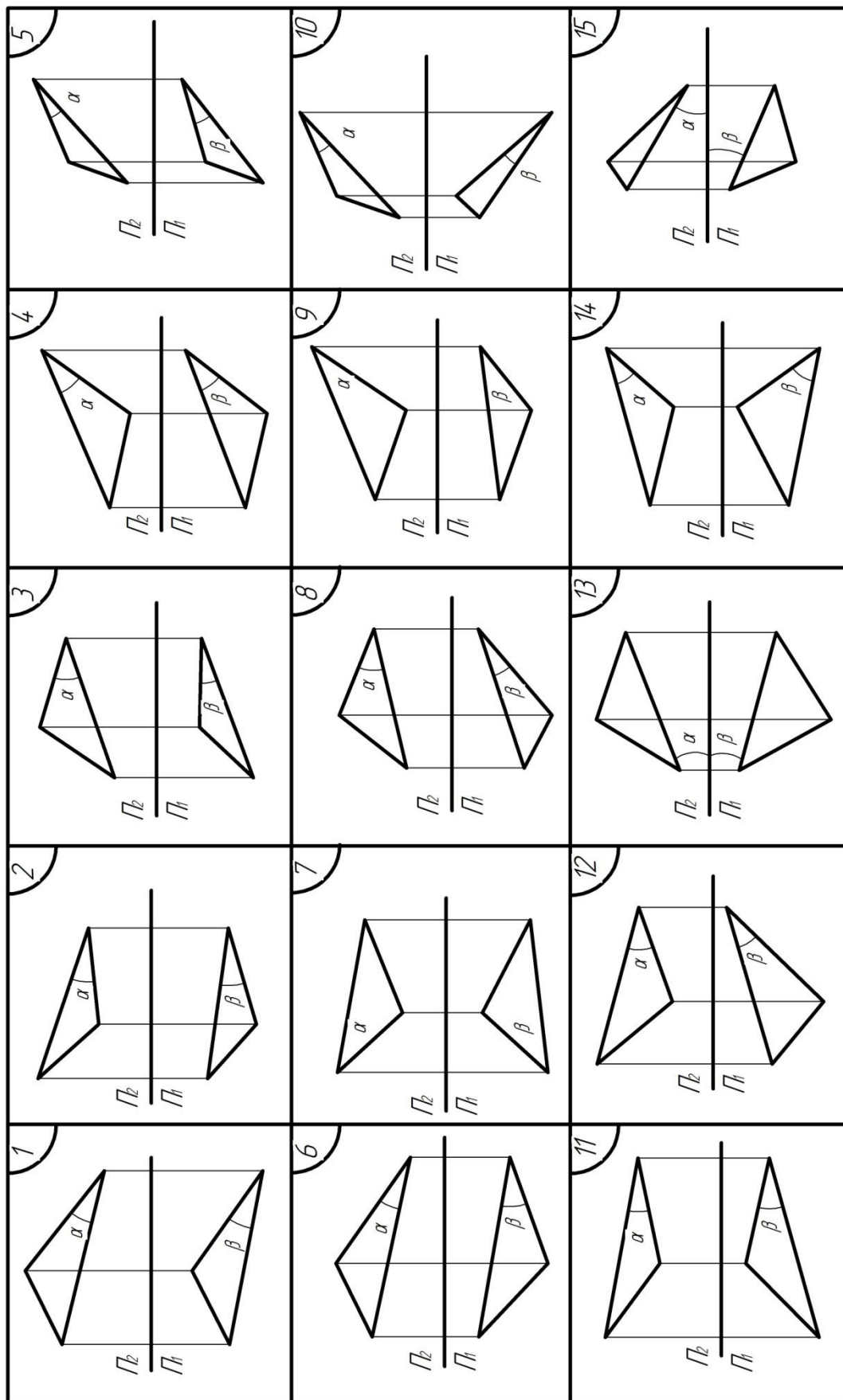


Рис. 7.1 Умова до завдання 7



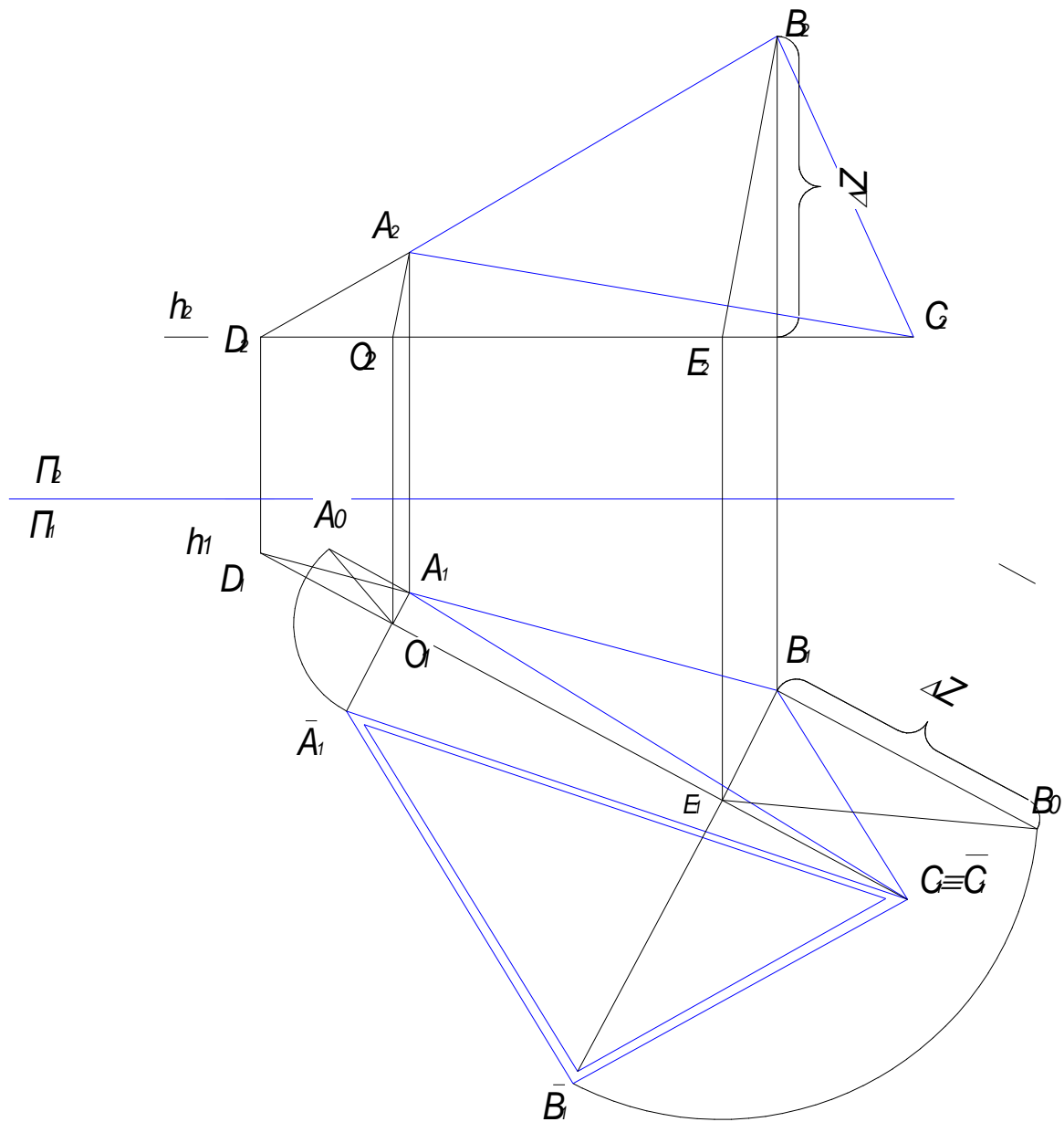


Рис. 7.2 Приклад знаходження натуральної величини трикутника шляхом обертання його навколо горизонталі

### ПЕРЕРІЗ БАГАТОГРАННОЇ ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ

**Умова.** Побудувати проєкції ліній перерізу багатогранної поверхні площиною загального положення. Визначити натуральну величину фігури перетину (рис. 8.1, табл.8.1).

**Таблиця 8.1** Значення кутів для завдання 8

Кут №	1	2	3	4	5	6
$\alpha^0$	30	45	60	45	60	60
$\beta^0$	45	60	30	45	30	45

При перетині багатогранника площиною утворюється багатокутник, який лежить у січній площині. Вершини цього багатокутника належать ребрам, а сторони – граням багатогранника.

Для побудови проєкцій фігури перетину багатогранника використовується задача на знаходження точки перетину прямої з площиною або побудова лінії перетину двох площин.

В першому випадку задачу на знаходження проєкцій фігури перетину можна звести до багаторазового знаходження точок перетину ребер багатогранника з січною площиною, а в другому – до задачі на знаходження ліній перетину площин (граней багатогранника і січної площини).

**Приклад 1.** Побудувати проєкції лінії перетину поверхні піраміди площиною загального положення, заданою трикутником  $ABC$ . Визначити натуральну величину фігури перетину (рис.8.2).

Визначимо точки перетину ребер піраміди із січною площиною. В загальному випадку при побудові точки перетину прямої із площиною через цю пряму проводять допоміжну площину, знаходять лінію перетину заданої і допоміжної площин і визначають шукану точку як точку перетину знайденої лінії (перетину площин) із заданою прямою.

Проведемо, наприклад, через ребро  $SD$  допоміжну фронтально-проєктуючу площину  $T1$  ( $f_{T1}$  – її фронтальний слід) і побудуємо лінію перетину цієї площини із січною площиною  $\Delta ABC$ . Точка  $M_2$  – фронтальна проєкція точки перетину площини  $T1$  зі стороною  $AC$  трикутника  $ABC$ . Горизонтальна проєкція цієї точки  $M_2$  визначається за допомогою лінії зв'язку на горизонтальній проєкції відрізка  $AC$ .

Точки  $N_2$  і  $N_1$  – відповідно фронтальна і горизонтальна проєкції точки перетину площини  $T1$  зі стороною  $AB$  трикутника  $ABC$ . Точки перетину сторін  $AC$  і  $AB$  цього трикутника з площиною  $T1$  належать прямій лінії перетину площини трикутника з площиною  $T1$ .

З'єднуючи горизонтальні проєкції точок  $M$  і  $N$  прямою, отримуємо відрізок горизонтальної проєкції лінії перетину (відрізок  $M_1N_1$ ).

Точка  $K_1$ , у якій відрізок  $M_1N_1$ , перетинає горизонтальну проєкцію ребра  $SD$  є горизонтальною проєкцією шуканої точки перетину ребра  $SD$  з січною площиною  $\Delta ABC$ . Фронтальна проєкція цієї точки  $K_2$  визначається за лінією проєкційного зв'язку.

Точки перетину ребер  $SE$  і  $SF$  із січною площиною (відповідно точки  $P$  і  $L$ ) визначаються аналогічно. При знаходженні цих точок через ребра  $SE$  і  $SF$  проводять допоміжну площину  $T2$ , яка проходить через грань піраміди  $ESF$  ( $f_{T2}$  – фронтальний слід цієї площини).  $G_1H_1$  – відрізок горизонтальної проєкції лінії перетину площини  $T2$  із січною площиною. Враховуючи, що ребра  $SE$  і  $SF$  лежать у площині  $T2$ , точки перетину відрізка  $G_1H_1$  з горизонтальними проєкціями цих ребер є горизонтальними проєкціями

шуканих точок перетину ребер  $SE$  і  $SF$  із січною площиною (точки  $P_1$  і  $L_1$ ). Фронтальні проєкції точок  $P$  і  $L$  визначають за лініями проєкційного зв'язку.

З'єднуючи горизонтальні проєкції точок  $K$ ,  $P$  і  $L$  прямими, отримуємо горизонтальну проєкцію ліній перетину площини  $\Delta ABC$  з поверхнею піраміди ( $\Delta K_1P_1L_1$ ). Фронтальну проєкцію цієї лінії отримуємо при з'єднанні фронтальних проєкцій зазначених точок ( $\Delta K_2P_2L_2$ ).

Для визначення натуральної величини фігури перетину ( $\Delta KPL$ ) проведемо фронталь площини  $\Delta KPL$ . Лінія  $K_1R_1$  – горизонтальна проєкція цієї фронталі, а лінія  $K_2R_2$  – її фронтальна проєкція. Потім перемістимо  $\Delta KPL$  плоскопаралельно відносно площини  $\Pi_2$  у положення, при якому ця фронталь виявиться перпендикулярною до площини  $\Pi_1$ . При цьому її фронтальна проєкція буде перпендикулярною до осі проєкції.

При плоскопаралельному переміщенні проєкція тіла (фігури) на площину проєкцій, паралельно якій переміщується тіло (площина  $\Pi_2$ ), не змінює своєї величини і форми. Тому проводимо відрізок  $K_2R_2$  що дорівнює відрізку  $K_2R_2$  і є перпендикулярним до осі проєкції і на ньому будуємо без змін фронтальну проєкцію  $\Delta KPL$  у новому положенні цього трикутника ( $\Delta \overline{K_2P_2L_2}$ ). При такому перенесенні трикутника  $\Delta KPL$  горизонтальні проєкції його вершин переміщуються по траєкторіях, паралельних до осі проєкцій. Ця умова використана при побудові горизонтальної проєкції  $\Delta KPL$  у новому положенні. Враховуючи те, що в цьому положенні фронталь  $\Delta KPL$  перпендикулярна до площини  $\Pi_1$ , площина  $\Delta KPL$  також перпендикулярна до площини  $\Pi_1$  і проєціюється на площину  $\Pi_1$  у пряму лінію. Тому горизонтальні проєкції вершин трикутника  $KPL$  (точки  $\overline{K_1P_1L_1}$ ) у положенні після перенесення лежать на одній прямій.

Для визначення натуральної величини  $\Delta KPL$  його варто повернути навколо будь-якої осі, перпендикулярної до площини  $\Pi_1$  до положення, при якому його площина виявиться паралельною до площини  $\Pi_1$ . Тоді трикутник спроекціюється на площину  $\Pi_2$  у натуральну величину.

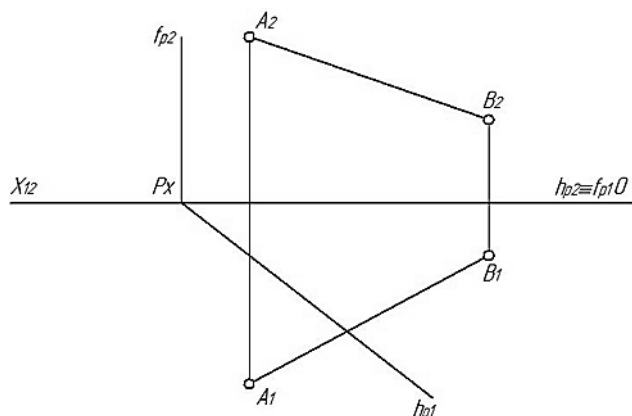
На кресленіку (рис. 8.2) показаний поворот навколо осі, що проходить через вершину  $L$  перпендикулярно до площини  $\Pi_1$ . При такому повороті горизонтальні проєкції вершин трикутника переміщуються по колах відповідного радіуса, а фронтальні проєкції – по прямих, паралельних до осі проєкцій. Горизонтальна проєкція  $\Delta KPL$  зображена в положенні, паралельному до площини  $\Pi_2$  (відрізок  $\overline{\overline{L_1P_1}}$ ), а його фронтальна проєкція ( $\Delta \overline{\overline{K_2P_2L_2}}$ ) дорівнює натуральній величині трикутника (показана подвійною лінією). Точка  $L_1$ , що лежить на осі обертання, при повороті не переміщується.

**Приклад 2.** Знайти фігуру перетину піраміди  $ABCS$  площиною  $\Sigma$ , заданою слідами (рис.8.3).

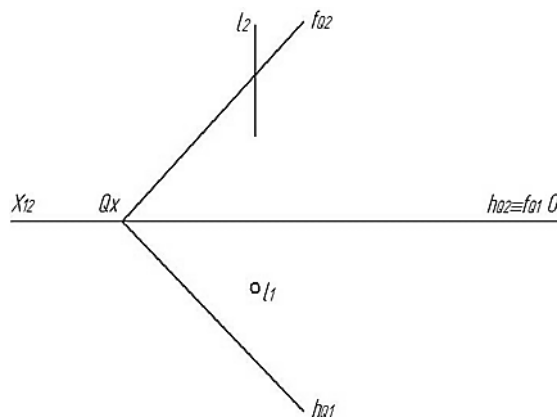
Горизонтальний слід січної площини не перетинає основу піраміди, отже перетинається бічна поверхня. Перетин буде мати форму трикутника, вершинами якого є точки перетину ребер піраміди з площиною. Точка перетину ребра  $SA$  піраміди з площиною  $\beta$  знайдена за допомогою додаткової фронтально-проектуючої площини  $\tau$ , проведеної через це ребро. Знаходимо лінію 3-4 перетину двох площин (заданої  $\beta$  і допоміжної  $\tau$ ). Відповідно, т.М знаходиться на горизонтальній проєкції  $\Pi_1$  як точка, що одночасно лежить на отриманій прямій 3-4 та на ребрі піраміди  $SA$ . Фронтальну проєкцію  $M_2$  отримуємо за допомогою ліній проєкційного зв'язку на фронтальній проєкції ребра  $S_2A_2$ . Інші дві точки перетину  $E$  та  $K$  можна отримати аналогічним способом.

## Завдання для самостійного опрацювання

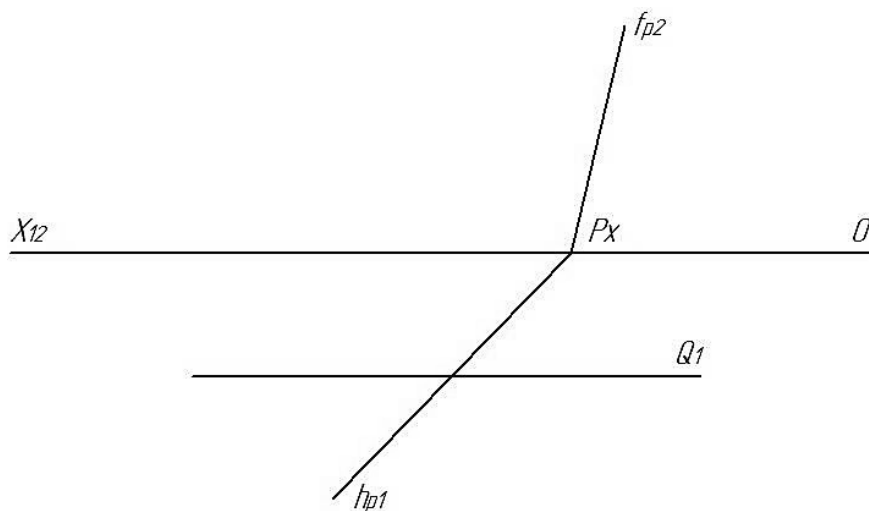
**8.1** Знайти точку перетину прямої  $AB$  з горизонтально-проектуючою площиною  $P$ .



**8.2** Знайти точку перетину прямої  $l$  із площиною  $Q$  (необхідно провести фронталь площини через шукану точку).



**8.3** Побудувати пряму перетину площин  $P$  та  $Q$  (площина загального положення перетинається з площиною, паралельною до фронтальної площини проєкцій, по фронталі).



### Контрольні питання

1. Сформулюйте план розв'язання розглянутої задачі.
2. Як визначається точка перетину прямої і площини (одного з ребер багатогранника із січною площиною)?
3. Як визначається в розглянутій задачі натуральна величина фігури перерізу, якими ще способами можна це зробити?

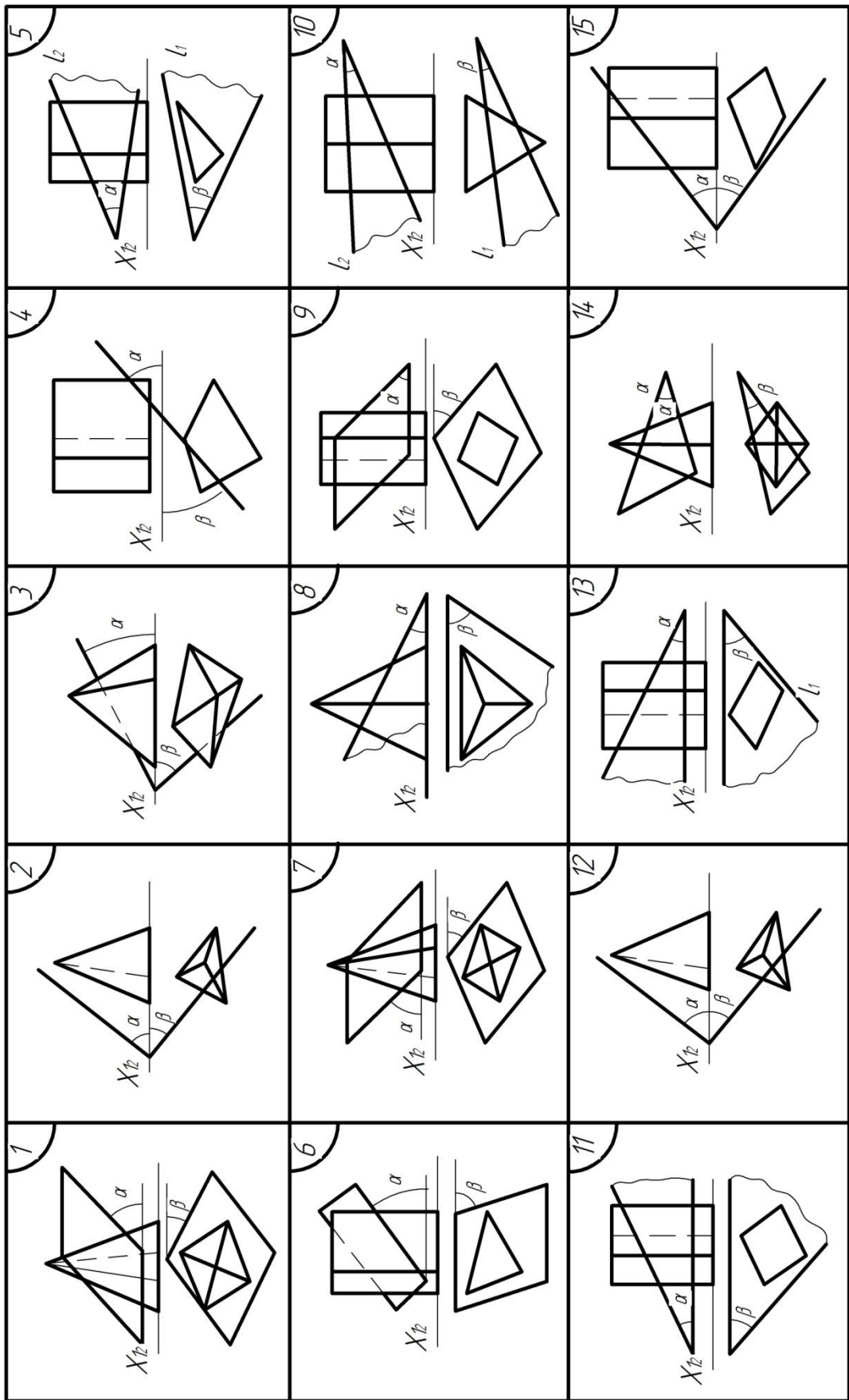


Рис. 8.1 Умова до завдання 8.

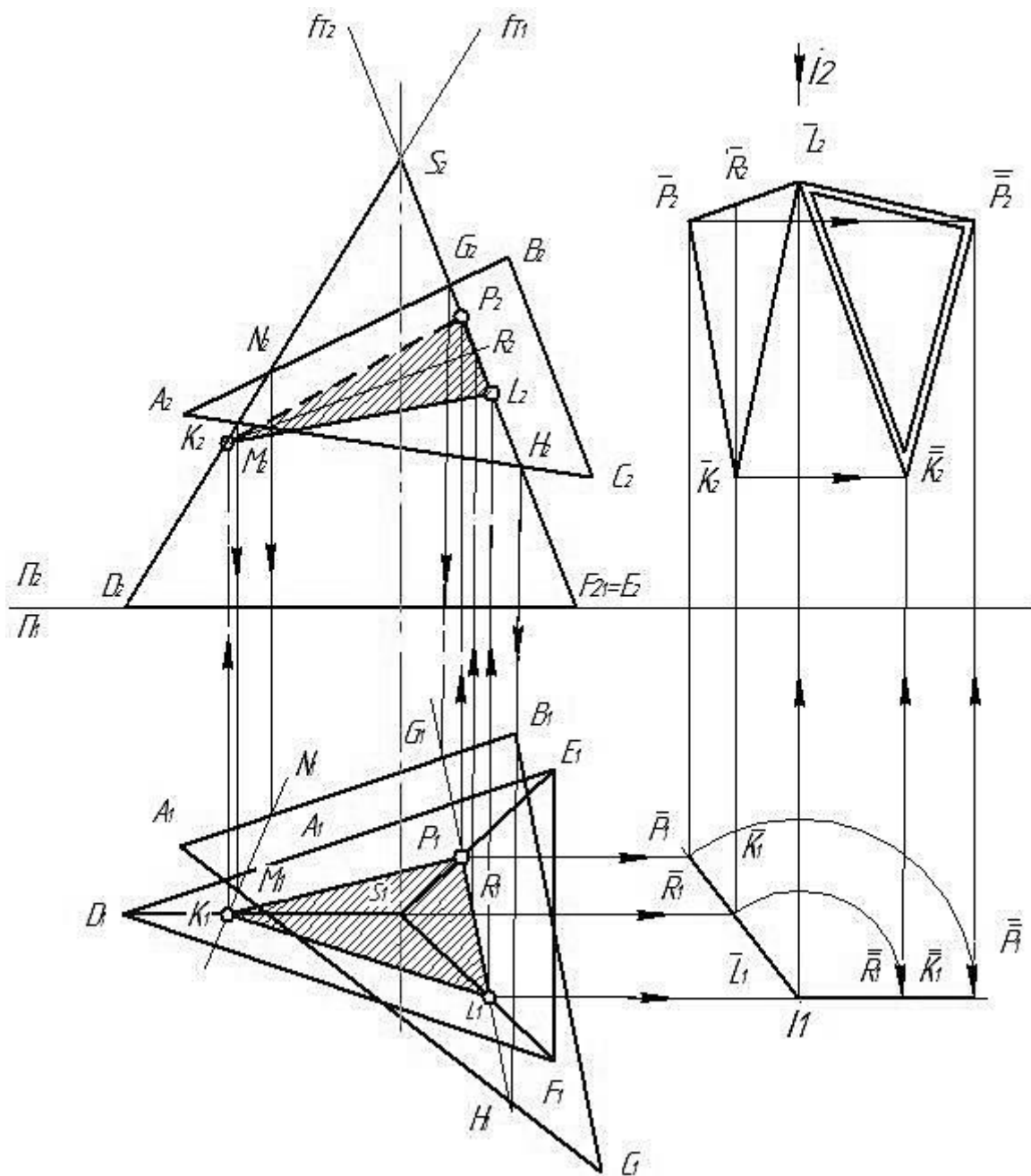


Рис. 8.2 Приклад знаходження фігури перетину піраміди площиною, заданою трикутником.

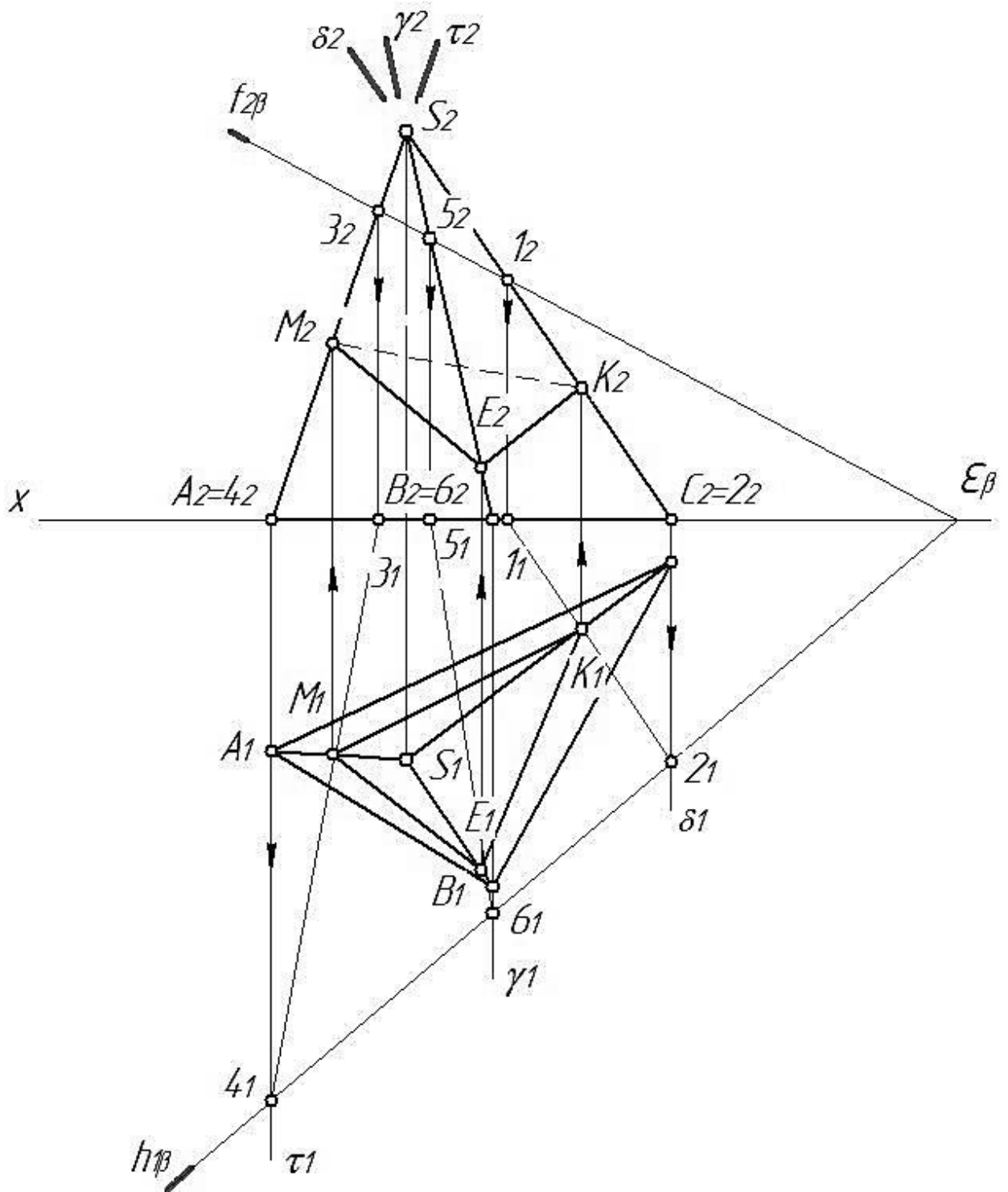


Рис.8.3 Приклад знаходження фігури перетину піраміди площиною, заданою слідами.

## ПЕРЕТИН КРИВОЛІНІЙНОЇ ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ

**Умова.** Побудувати проєкції ліній перетину криволінійної поверхні площиною загального положення (рис. 9.1. табл. 9.1).

При розв'язанні задач такого типу на криволінійній поверхні потрібно провести ряд твірних, потім визначити точки перетину цих твірних із січною площиною. Ці точки будуть належати як січній площині, так і заданій поверхні, тобто будуть належати лінії перетину площини з заданою криволінійною поверхнею. Дані точки (якщо твірні – прямі лінії) можна знайти способом, зазначеним у завданні 4 (на перетин площини і прямої). При цьому криволінійна поверхня наближено замінюється вписаною або описаною багатогранною поверхнею, причому точність розв'язання зростає зі збільшенням числа граней.

Таблиця 9.1

Кут №	1	2	3	4	5	6
$\alpha^0$	30	45	60	45	60	60
$\beta^0$	45	60	30	45	30	45

Для знаходження точок перетину твірних криволінійної поверхні (ребер вписаної гранної поверхні) із січною площиною можна використовувати і інші способи, наприклад, спосіб заміни площин проєкцій. На рис. 9.3 таким способом побудовані проєкції лінії перетину поверхні конуса площиною загального положення (при цьому допоміжну площину проєкцій  $P_3$  проводять перпендикулярно до січної площини). Січна площина стає проєктуючою по відношенню до допоміжної площини проєкцій і тому проєкціюється на неї в пряму лінію, що збігається зі слідом цієї площини. На цю пряму проєкціюється і шукана лінія перетину, що лежить у січній площині. Потім проводять ряд твірних заданої поверхні (будують їх проєкції на площини  $P_1, P_2, P_3$ ). Точки перетину проєкцій твірних на площину  $P_3$  зі слідом січної площини (на площині  $P_3$ ) являють собою проєкції на площині  $P_3$  шуканих точок лінії перетину. Проводячи лінії зв'язку з цих точок до перетину з горизонтальними проєкціями відповідних твірних, отримуємо проєкції на площину  $P_1$ , а потім за лініями проєкційного зв'язку – проєкції на площину  $P_2$  зазначених точок лінії перетину. З'єднуючи отримані горизонтальні і фронтальні проєкції цих точок плавними лініями, одержуємо відповідно горизонтальну і фронтальну проєкції лінії перетину криволінійної поверхні і площини.

Слід зазначити, що проєкції характерних точок ліній перетину, наприклад кінців осей еліпса перетину (рис. 9.3), знаходять в окремих конкретних випадках аналогічними побудовами.

**Приклад 1.** Побудувати проєкції лінії перетину поверхні прямого кругового конуса площиною загального положення, заданою двома паралельними прямими (рис. 9.3).

Проводимо допоміжну площину проєкцій  $P_3$  так, щоб вона була перпендикулярна до заданої, січної площини. Для цього проводимо горизонталь січної площини  $MN$  ( $M_1N_1$  і  $M_2N_2$ ). Вводимо додаткову горизонтально-проєктуючу площину. При цьому вісь проєкцій  $P_1P_3$  буде перпендикулярною до горизонтальної проєкції  $M_1N_1$  горизонталі січної площини. Далі проєкціюємо конус і січну площину на допоміжну площину проєкцій  $P_3$ . Оскільки січна площина перпендикулярна до площини  $P_3$ , вона (і лінія перетину, розташована в ній) проєкціюється на площину  $P_3$  у пряму лінію. Для побудови цієї прямої досить отримати проєкції на площину  $P_3$  будь-яких двох точок січної площини.



На кресленику, зображеному на рис. 9.3, обрані точки  $L$  і  $M$ . Для отримання проєкції  $L_3$  проводимо з горизонтальної проєкції точки  $L$  лінію проєкційного зв'язку, перпендикулярну до осі проєкцій  $\Pi_1/\Pi_3$  і на ній відкладаємо відстань від фронтальної проєкції цієї точки  $L$  до осі проєкцій  $\Pi_2/\Pi_1$ . Аналогічно отримуємо проєкцію  $M_3$  точки  $M$ .

Як видно з кресленика (проєкція на площину  $\Pi_3$ ), січна площина перетинає всі твірні конуса, тобто лінією перерізу є еліпс, до того ж менша вісь еліпса розташована горизонтально. Якщо провести через вісь конуса площину, перпендикулярну до меншої вісі еліпса перетину (або до будь-якої горизонталі січної площини), то ця площина буде розсікати перетин по більшій осі еліпса. Дана площина буде паралельною до допоміжної площини проєкцій  $\Pi_3$  (тому що обидві площини перпендикулярні до горизонталей січної площини), отже, велика вісь еліпса спроеціюється на площину  $\Pi_3$  у натуральну величину (відрізок  $1_37_3$ ). Потім через центр основи конуса (точку  $O_1$ ) проводимо лінію, паралельну до осі проєкцій  $\Pi_1/\Pi_3$ . Ця лінія є горизонтальним слідом площини, яка проходить через вісь конуса. Очевидно, що горизонтальна проєкція більшої осі еліпса перетину лежить на цій лінії. Проводячи з точок  $1_3$  і  $7_3$  лінії зв'язку до перетину з зазначеною лінією одержуємо точки  $1_1$  і  $7_1$ , що визначають горизонтальну проєкцію більшої осі еліпса перетину (відрізок  $1_37_3$ ). З точок  $1_1$  і  $7_1$  проводимо лінії зв'язку перпендикулярно до осі проєкцій  $\Pi_1/\Pi_2$  і, відкладаючи на них відстані від точок  $1_3$  і  $7_3$ , до осі проєкцій  $\Pi_1/\Pi_3$  (до площини  $\Pi_2$ ), отримуємо фронтальні проєкції кінців більшої осі еліпса перерізу (точки  $1_2$  і  $7_2$ ). Мала вісь еліпса перетину проєціюється на площину  $\Pi_3$  у точку  $4_3$ , що поділяє навпіл проєкцію перетину на цю площину.

Горизонтальна проєкція малої осі еліпса перпендикулярна до горизонтальної проєкції великої його осі (за властивістю проєкцій прямого кута, одна зі сторін якого паралельна до площини проєкцій). Тому вона лежить на лінії зв'язку, проведеної з точки  $4_3$ , що є проєкцією малої осі еліпса на площину  $\Pi_3$ . Точка перетину зазначеної лінії зв'язку з горизонтальною проєкцією великої осі еліпса перетину є горизонтальною проєкцією центра еліпса (точка  $O_1$ ). Оскільки мала вісь еліпса перетину горизонтальна, вона є хордою кола перетину конуса горизонтальною площиною, що проходить через неї. Це коло проєціюється на площину  $\Pi_3$  у вигляді відрізка  $8_39_3$ , рівного його діаметру; а на площину  $\Pi_1$  – у натуральну величину. Побудуємо на площині  $\Pi_1$  коло з центром у точці  $O_1$  діаметром, що дорівнює відрізку  $8_39_3$ . Кінці горизонтальної проєкції малої осі еліпса повинні лежати на цьому колі. Очевидно, це будуть точки  $4_1$ , у яких згадане коло перетинає лінію зв'язку, проведеної з проєкції малої осі еліпса на площину  $\Pi_3$  (точка  $4_3$ ). Фронтальні проєкції кінців малої осі еліпса перетину (точки  $4_2$ ) отримуємо за допомогою ліній проєкційного зв'язку так само, як фронтальні проєкції кінців великої вісі.

Таким чином отримуємо побудовані проєкції осей еліпса перетину, кінці яких дають чотири точки шуканої лінії перетину. Для отримання додаткових точок лінії перетину поверхні конуса заданою площиною проводимо на площину  $\Pi_3$  проєкції ряду твірних конуса.

Твірні конуса, що лежать у його фронтальній площині симетрії, проєціюються на площину  $\Pi_3$  у лінії  $S_33_3$  і  $S_35_3$ . Твірні конуса, що лежать у його профільній площині симетрії, проєціюються в лінії  $S_32_3$  і  $S_37_3$ . Точки перетину проєкцій цих твірних на площину  $\Pi_3$  із проєкцією площини перетину (точки  $2_3\dots7_3$ ) являють собою проєкції точок перетину зазначених твірних із січною площиною, тобто точок шуканої лінії перетину. Проводячи з точок  $2_3\dots7_3$  лінії проєкційного зв'язку до перетину з проєкціями відповідних твірних на площину  $\Pi_1$  отримуємо горизонтальні проєкції цих точок (точки  $2_1, 3_1, 5_1, 6_1, 7_1$ ). Аналогічно отримуємо фронтальні проєкції цих точок.

На горизонтальній площині проєкцій уся лінія перетину буде видимою. На фронтальній площині проєкцій видимою є лише та частина лінії перетину, яка розташована перед фронтальною площиною симетрії конуса, тобто частина лінії перетину, що включає точки  $5, 7, 6, 4, 3$ . Невидима частина лінії перетину показана штриховою лінією.

**Приклад 2.** Знайти натуральну величину фігури перетину похилого конуса площиною, заданою слідами (Рис.9.4)

Використаємо спосіб заміни площин проєкцій. Вводимо нову площину  $\Pi_4$  (так, щоб площина зайняла проєктуюче положення). Будуємо  $\alpha_4$  – новий слід площини (точку  $K$  вибираємо довільно) та проєкцію конуса на площину  $\Pi_4$ . Як видно з отриманої побудови – перетин сліду з поверхнею конуса утворює переріз  $1_4-2_4-3_4-4_4-5_4$ . За проєкційним зв'язком знаходимо на відповідних твірних та колі основи горизонтальну, а потім фронтальну проєкції фігури перетину.

Натуральну величину фігури перетину можна визначити теж способом заміни площин проєкцій (розташували нову площину так, щоб фігура перетину зайняла паралельне до неї положення).

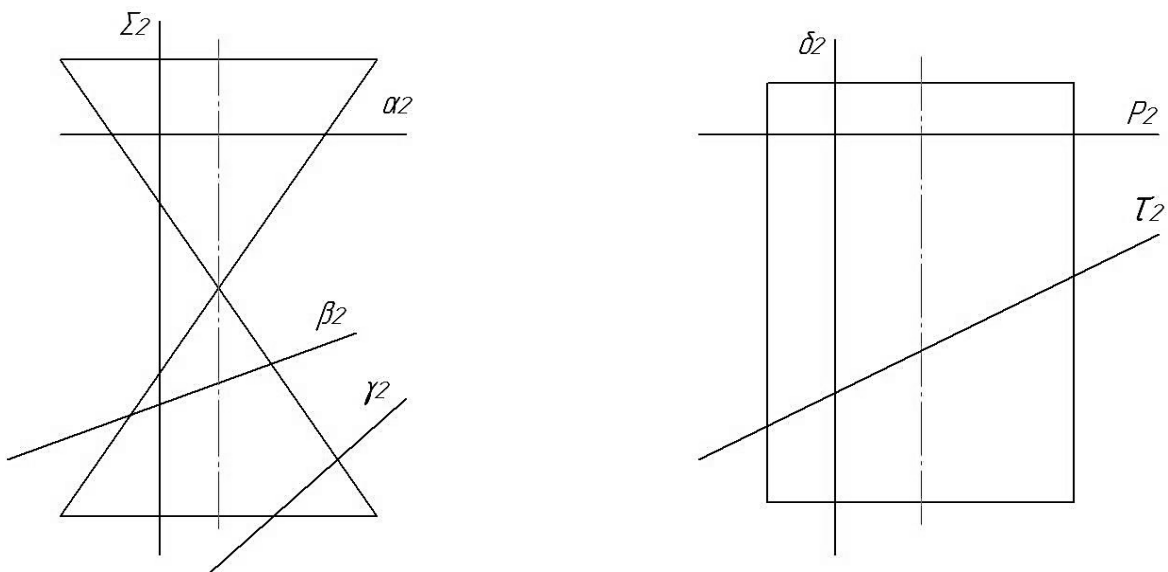
**Приклад 3.** Знайти натуральну величину фігури перетину похилого циліндра площиною, заданою горизонталлю і фронталлю (Рис.9.5).

На Рис.9.5 наведена побудова фігури перетину похилого циліндра площиною, заданою горизонталлю  $h$  ( $h_1, h_2$ ) і фронталлю  $f$  ( $f_1, f_2$ ). Фігурою перетину буде еліпс. Для знаходження його проєкцій змінюють положення площин проєкцій так, щоб січна площина стала в новій проєкції фронтально- проєктуючою. Для цього проводять нову вісь перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі площини  $h_1$ , будують нову слід-проєкцію площини використавши будь-яку довільну точку, що належить цій площині.

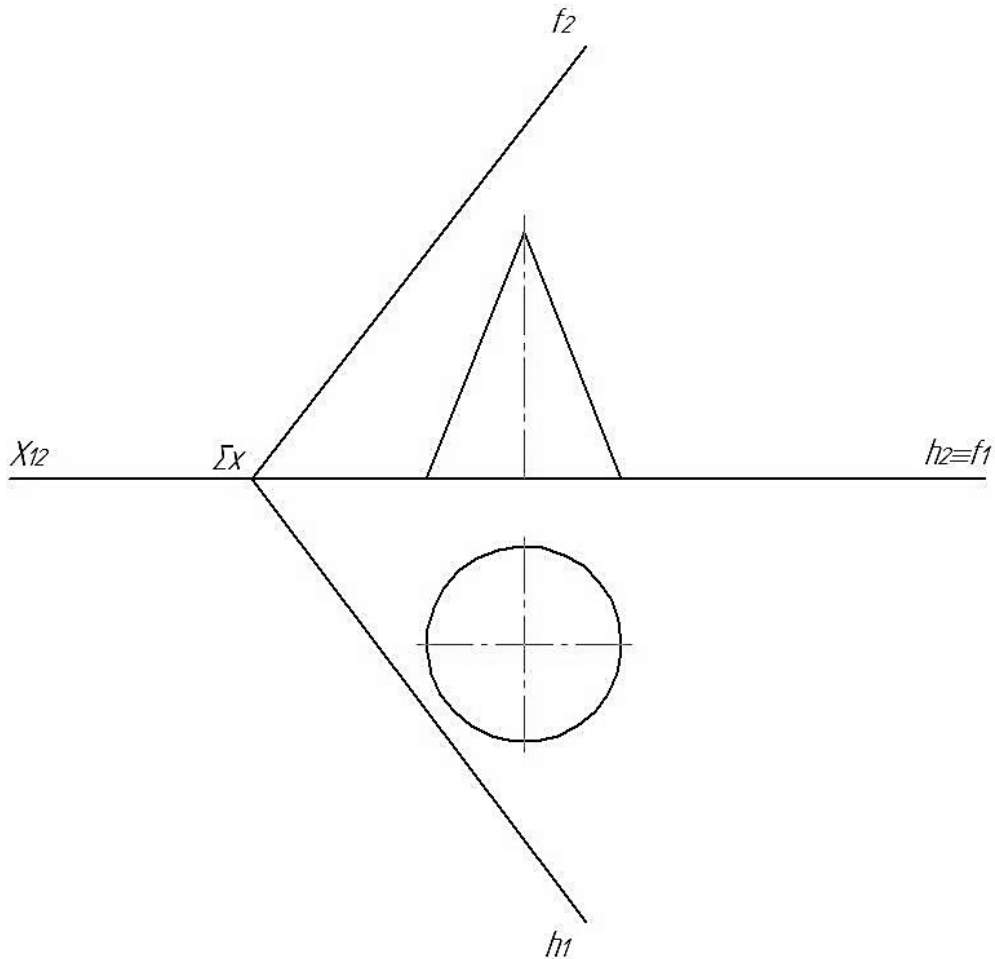
Еліпс, який отримується в перетині, зобразиться на площину  $\Pi_4$  у вигляді прямої лінії, на якій відмічають характерні точки 3–9. Через характерні точки проводять систему площин, перпендикулярних до  $\Pi_4$  і паралельних до  $\Pi_1$ . За проєкційним зв'язком знаходять відповідні характерні точки еліпса на інших проєкціях. Потім ці точки сполучають за допомогою лекала, враховуючи при цьому видимість фігури перетину на площинах проєкцій.

### Завдання для самостійного опрацювання

**9.1** Які лінії утворюють контур перетину циліндра і конуса вказаними площинами?



9.2 Визначте – чи буде площина, задана слідами, перетинати конус?



### Контрольні питання

1. Обґрунтуйте послідовність розв'язання задачі на побудову проєкцій фігури перетину криволінійної поверхні площиною загального положення.
2. Яка характерна ознака допоміжної площини проєкцій при використанні в заданій задачі способу заміни площин проєкцій?
3. Розкрийте правило встановлення «видимості» на побудованих проєкціях фігури перетину?
4. За яким принципом при розв'язанні задачі визначаються характерні точки фігури перетину?

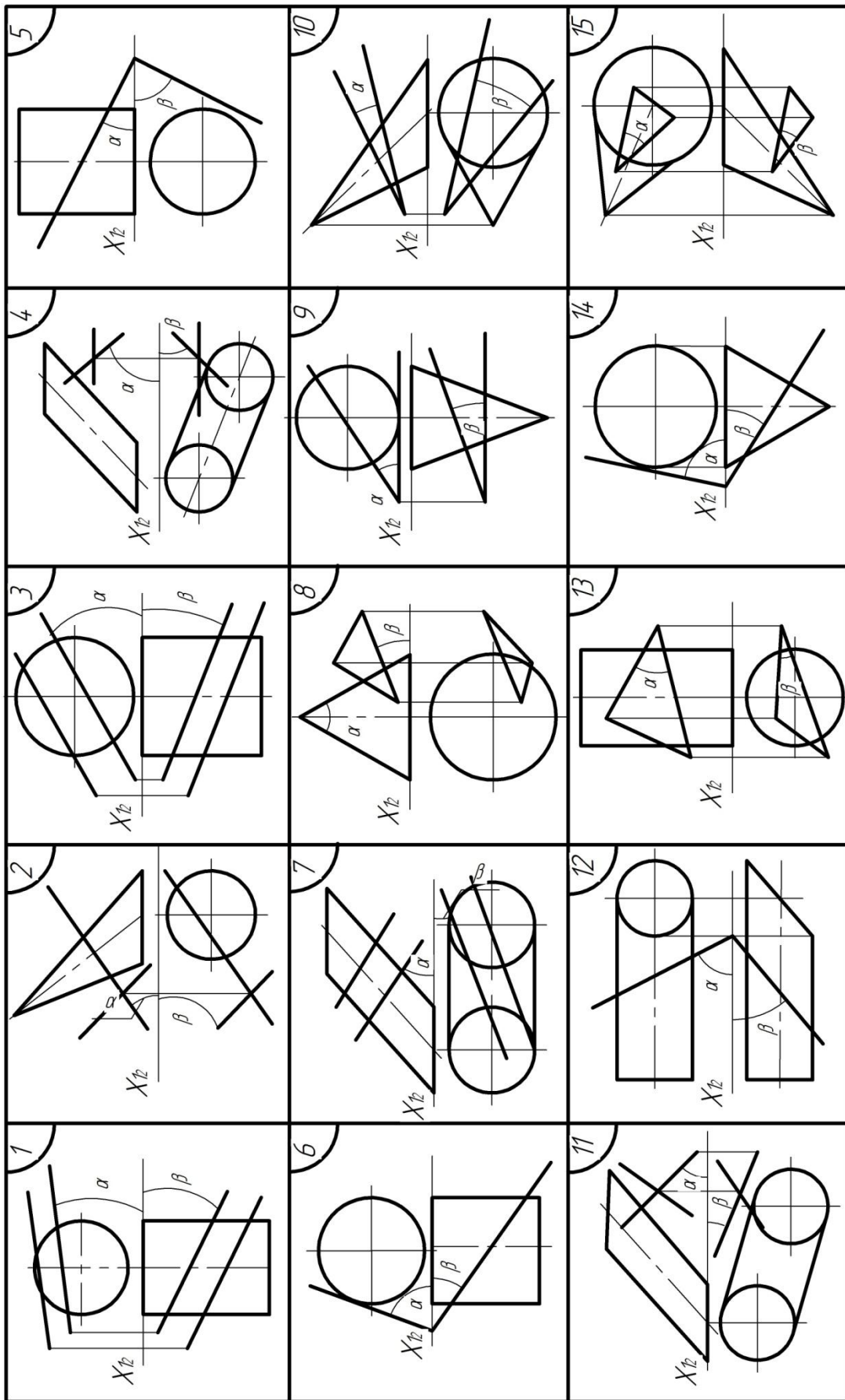


Рис. 9.1 Варіанти до завдання 9

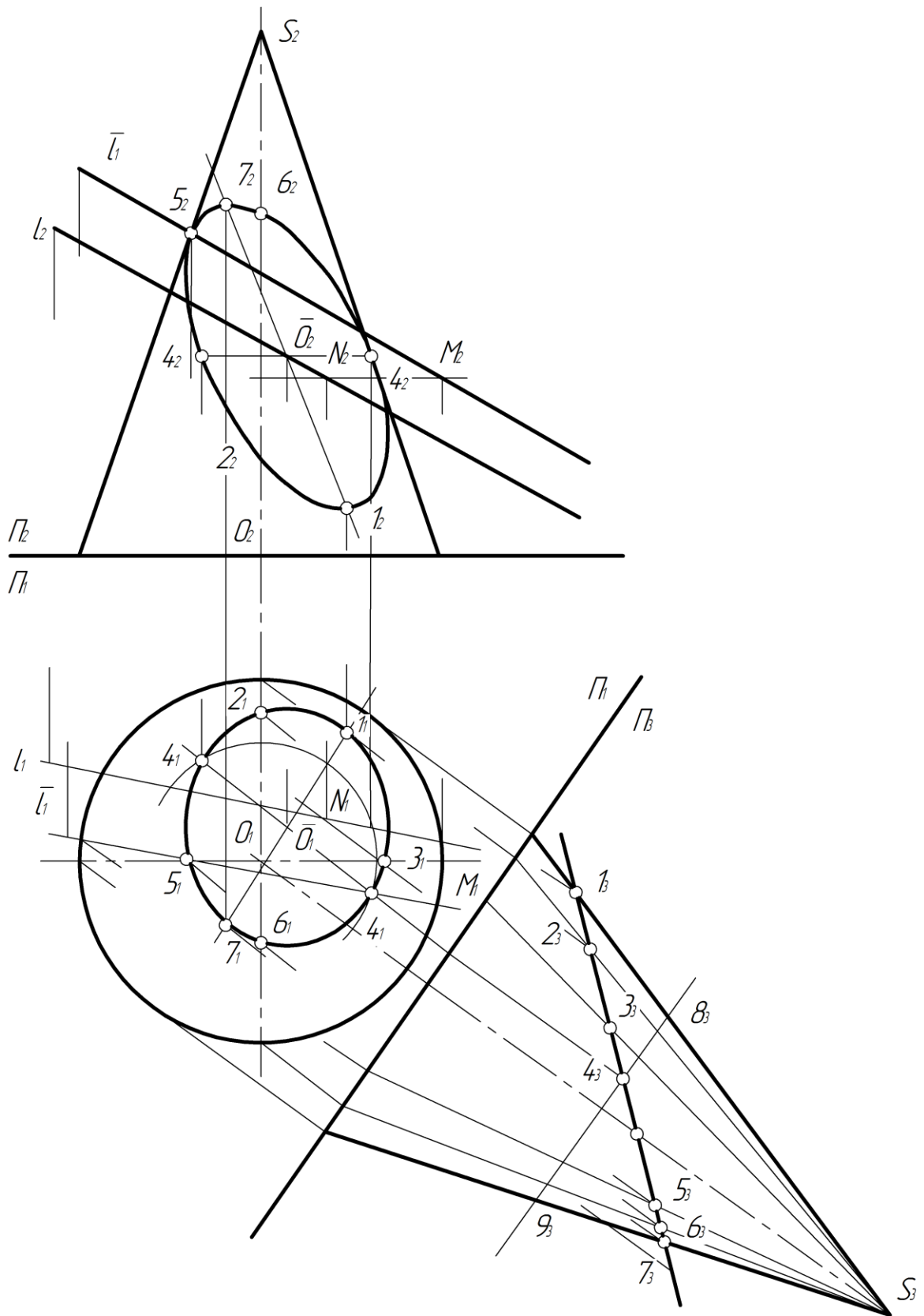


Рис. 9.3 Приклад побудови фігури перетину конуса площиною, заданою двома паралельними прямими.



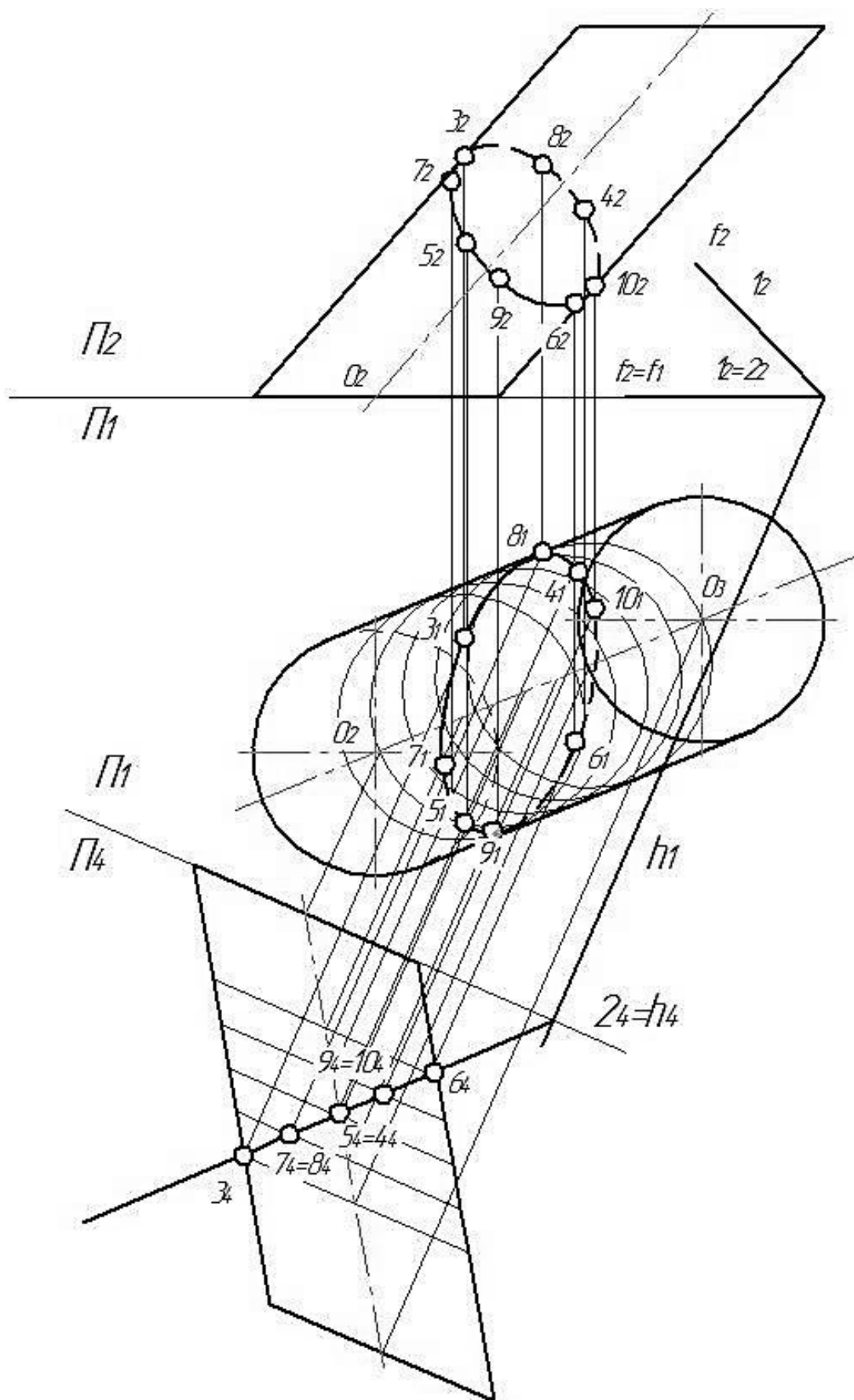


Рис. 9.5 Приклад побудови фігури перетину циліндра площиною, заданою лініями рівня - горизонталлю і фронталлю.

**ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ****Теоретичні відомості**

Форматом називається аркуш паперу певного розміру, на якому виконують креслення. Їх позначення та розміри визначені ГОСТ 2.301-68. (Табл.10.1, Рис 10.1)

Кожен стандартний формат має позначення, наприклад А0. Основні формати визначаються послідовним поділом навпіл довгих сторін формату А0 (1189x841мм), площа якого дорівнює 1м<sup>2</sup>.

**Таблиця 10.1 Розміри основних форматів**

<i>Позначення формату</i>	<i>Розміри сторін формату, мм</i>
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

Допускається застосування додаткових форматів, які утворюються збільшенням менших сторін основних форматів на величину, кратну до їх розмірів (Табл.10.2).

Позначення додаткових форматів складається з позначення основного формату і його кратності відповідно до табл.10.2. наприклад, формат 297x1261 позначається А4х6.

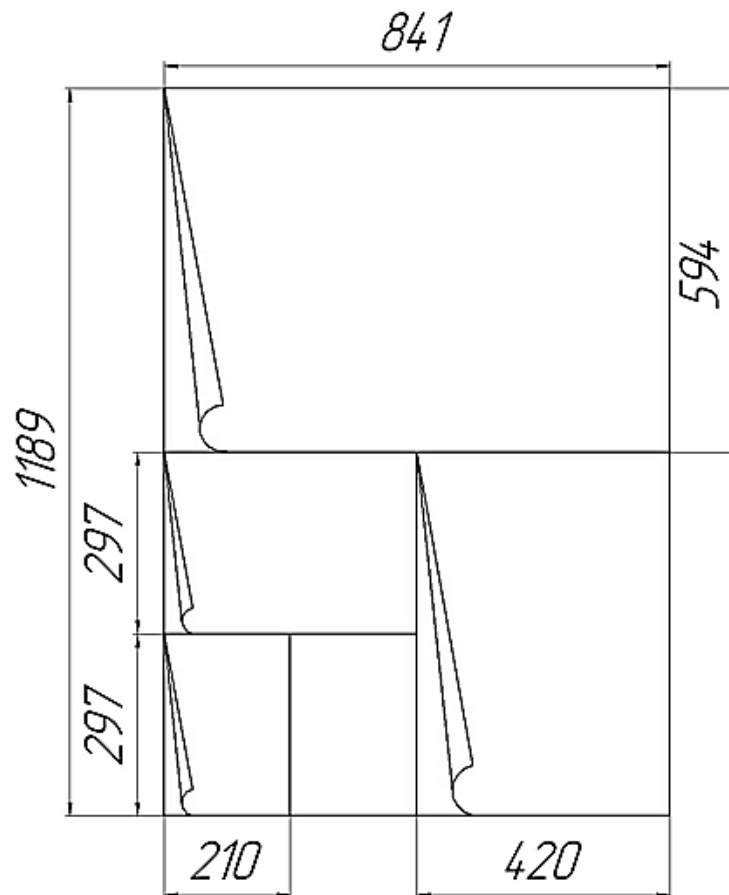


Рис. 10.1 Формати



Таблиця 10.2 Розміри додаткових форматів, у мм

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1198x1682				
3	1189x2523	841x1783	594x1261	420x891	297x630
4		841x2378	594x1682	420x1189	297x841
5			594x2102	420x1486	297x1051
6				420x1783	297x1261
7				420x2080	297x1471
8					297x1682
9					297x1892

На кожному кресленнику виконують рамку. Місце всередині рамки називається полем кресленника. Рамку виконують основною суцільною лінією на відстані 5 мм від верхньої, правої і нижньої межі формату. Між лівою межею і лінією рамки залишають 20мм для підшивання та брошурування креслень і документів.

У правому нижньому куті поля кресленника розміщують основний напис (Рис.10.2)

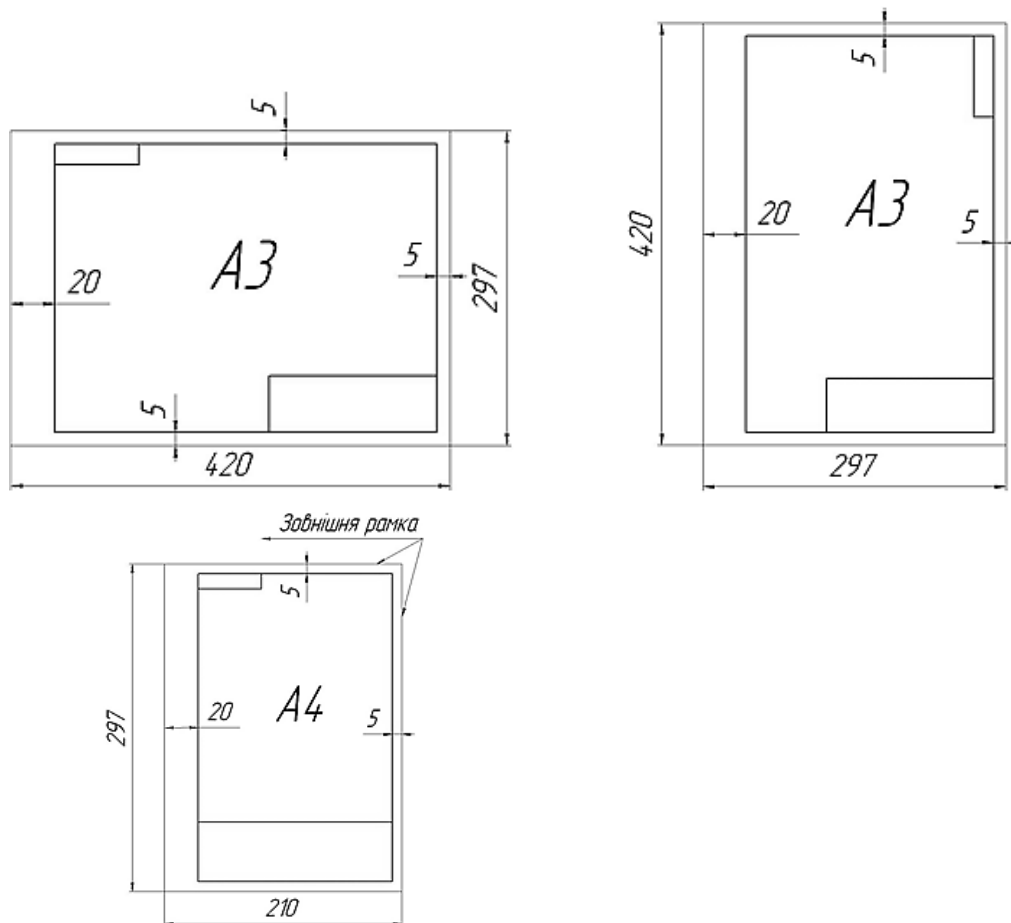


Рис. 10.2 Розміщення основного напису

У графах *основного напису* (Рис.10.3) вказують:

- 1) назву виробу, починаючи з іменника, і назву документа, якщо йому присвоєно шифр. Наприклад, для робочого кресленика деталі – «Колесо зубчасте»; для схеми електричної принципової – «Модуль А4. Схема електрична принципова»;
- 2) позначення документа відповідно до ГОСТ 2.202-80;
- 3) позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише на креслениках деталей);
- 4) літеру, присвоєну цьому документу відповідно до ГОСТ 2.103-68;
- 5) масу виробу відповідно до ГОСТ 2.109-73 (на навчальних креслениках графу не заповнюють);
- 6) масштаб (проставляють згідно з ГОСТ 2.302-68);
- 7) порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- 8) загальну кількість аркушів документа (графу заповнюють лише на першому аркуші).
- 9) назву або індекс підприємства, в навчальних креслениках можна писати назву кафедри, номер групи тощо.

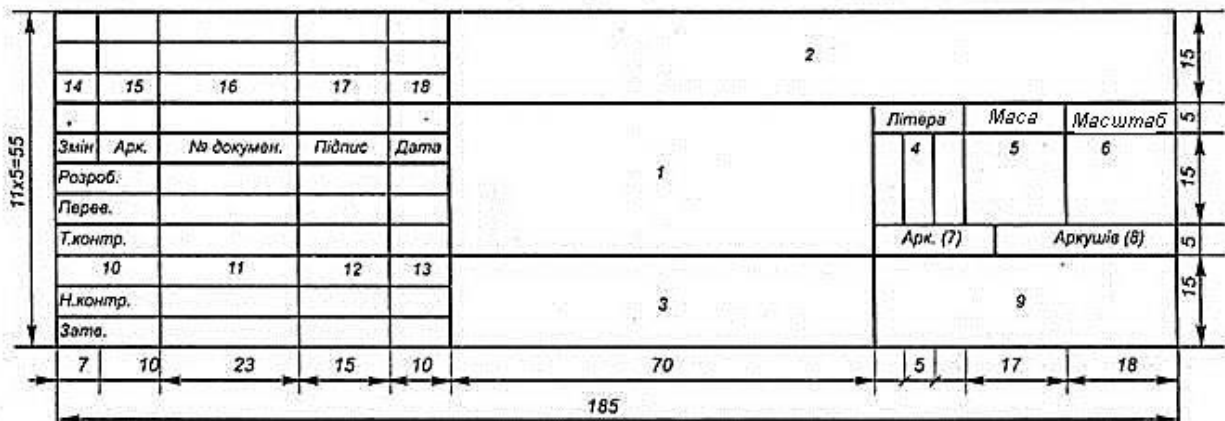


Рис.10.3 Основний напис для креслеників і схем.

*Масштаби.* Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення, поданого на кресленнику, до дійсних розмірів предмета.

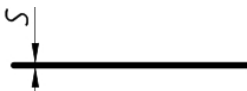
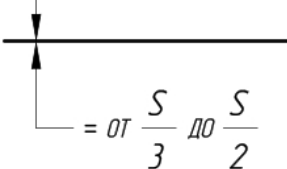
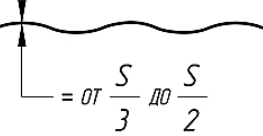
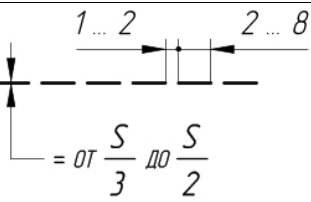
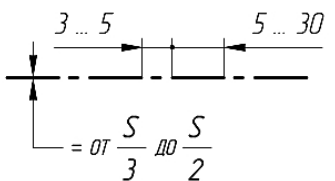
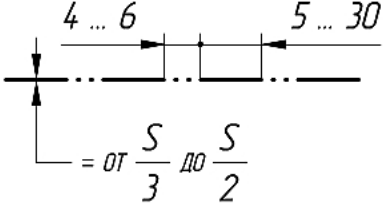
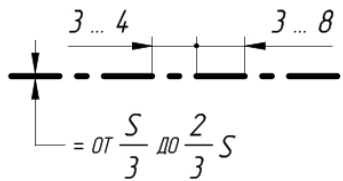
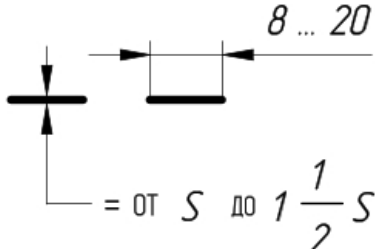
Масштаби зображень (ГОСТ 2.302-68) слід вибирати з табл. 10.3

Таблиця 10.3 Масштаби зображень

<i>Масштаби зменшення</i>	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
<i>Масштаби збільшення</i>	2:1 2,5:1 4:1 5:1 10:1 20:1 40:1 50:1 100:1

*Лінії креслення.* ГОСТ 2.303-68 встановлює дев'ять типів ліній залежно від їх товщини та начерку. Товщина суцільної основної лінії *s* вибирається в межах 0,5...1,4 мм, товщина решти типів ліній – залежно від товщини основної лінії (табл. 10.4).

Таблиця 10.4 Типи ліній креслеників

Найменування	Використання	Виконання	Товщина
Суцільна товста основна	Лінії видимого контуру зображення предмета		$S=0,5 \dots 1,4$
Суцільна тонка	Розмірні та виносні лінії		$S/3 \dots S/2$
Суцільна хвиляста	Лінії обриву і розмежування вигляду та розрізу		
Штрихова	Лінії невидимого контуру		
Штрихпунктирна тонка	Осьові та центрові лінії		$S/2 \dots 2/3S$
Штрихпунктирна з двома точками	Лінії згину на розгортках		
Штрихпунктирна потовщена	Позначення поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю		$S \dots 1,5S$
Розімкнена	Лінії перерізу		

**Послідовність виконання графічної роботи №10:**  
 На форматі А3 виконати рамку та таблицю основного напису.

## ШРИФТИ КРЕСЛЯРСЬКІ

## Теоретичні відомості

Всі написи на креслениках та інших технічних документах слід виконувати креслярським шрифтом за ДСТУ 2.304-81.

Основні параметри шрифту (рис.11.1):

- розмір шрифту  $h$  — висота великих літер у мм, яка вимірюється перпендикулярно до основи рядка;

- висота малих літер  $c$  (без відростка  $k$ );

- ширина літери  $g$  — найбільша ширина;

- товщина ліній шрифту  $d$ , яка залежить від його типу та висоти. Стандартом встановлено такі види шрифтів:

- тип А без нахилу ( $d = 1/14h$ );

- тип А з нахилом літер і цифр до основи рядка приблизно  $75^\circ$  ( $d = 1/14h$ );

- тип Б без нахилу ( $d = 1/10h$ );

- тип Б з нахилом літер і цифр до основи рядка приблизно  $75^\circ$  ( $d = 1/10h$ ).

Стандартом рекомендується виконувати шрифти на сітці. Це зручно, бо дає змогу точно відтворювати форму шрифтів, конструкцію літер і цифр та співвідношення окремих елементів.

У креслярському шрифті використовують український, латинський та грецький алфавіти, арабські та римські цифри, а також знаки.

Форми літер українського, латинського та грецького алфавітів наведено відповідно на рис. 11.2 – 11.5.

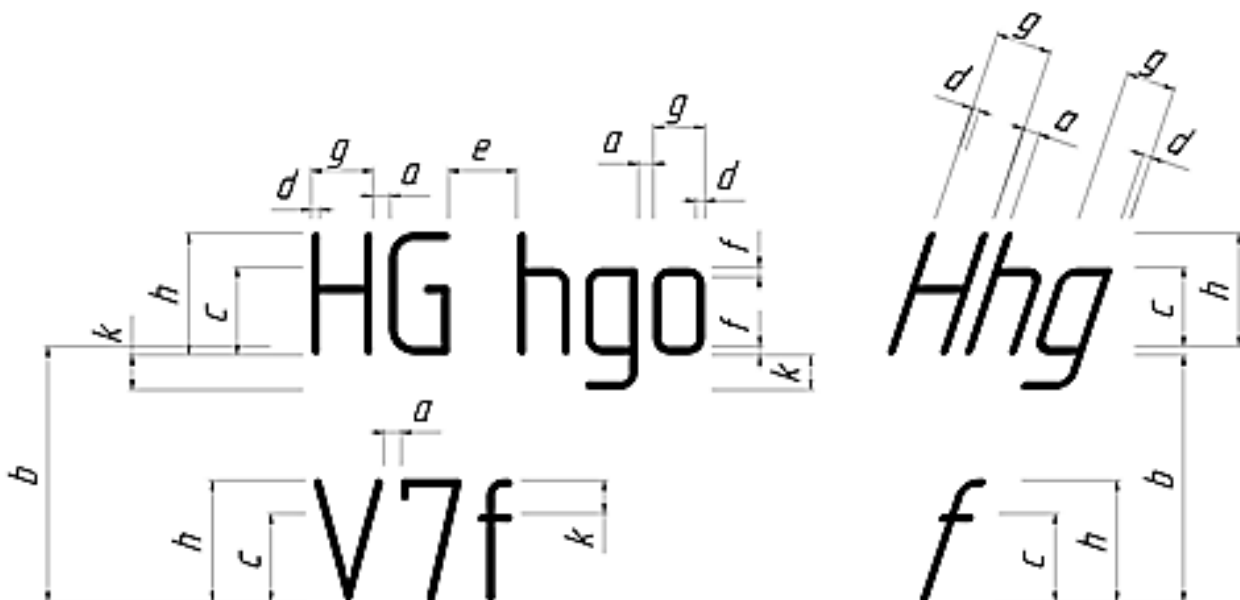


Рис. 11.1 Параметри креслярського шрифту

Таблиця 11.1 Параметри креслярського шрифту

<i>Параметри</i>	<i>Співвідношення</i>	<i>Значення параметрів, мм</i>							
<i>Шрифт туну А</i>									
Розмір шрифту, h (висота великих літер)	<i>14/14h; 14d</i>	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20	
Висота малих літер, c	<i>10/14h; 10d</i>	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14	
Відстань між літерами, цифрами та знаками, a	<i>2/14h; 2d</i>	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	
Мінімальний крок рядків, b (висота допоміжної сітки)	<i>22/14h; 22d</i>	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31	
Мінімальна відстань між словами, e	<i>6/14h; 6d</i>	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
Товщина ліній шрифту, d	<i>1/14h</i>	0,18	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4	
<i>Шрифт туну Б</i>									
Розмір шрифту, h (висота великих літер)	<i>10/10h; 14d</i>	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20	
Висота малих літер, c	<i>7/10h; 7d</i>	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14	
Відстань між літерами, цифрами та знаками, a	<i>2/14h; 2d</i>	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4	
Мінімальний крок рядків, b	<i>17/14h; 17d</i>	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34	
Мінімальна відстань між словами, e	<i>6/10h; 6d</i>	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12	
Товщина ліній шрифту, d	<i>1/10h</i>	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4	2	

АБВГДЕЖЗИЙКЛ  
 МНОПРСТУФХЦЧ  
 ШЩЪЫЬЭЮЯІІЄ  
 абвгдежзийклм  
 нопрстуфхцчш  
 щъыьэюяіїє  
 1234567890  
 []()""/№°%>;.\*√∅∫

Рис.11.2 Український алфавіт

ABCDEFGHIJKLMN  
 OPQRSTUVWXYZ  
 abcdefghijklmnop  
 qrstuvwxyz

Рис. 11.3 Латинський алфавіт



Рис. 11.4 Грецький алфавіт

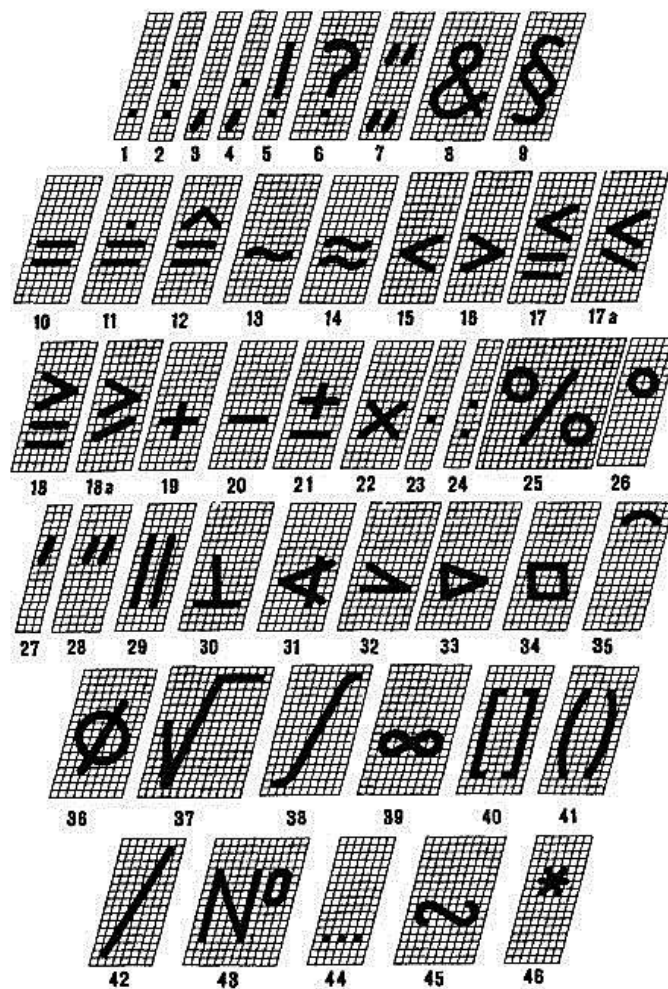


Рис.11.5 Знаки

**Послідовність виконання графічної роботи №11:**

Заповнити таблицю основного напису креслярським шрифтом.

## НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕНИКАХ

## Теоретичні відомості

Кресленик дає уявлення не лише про форму зображеного предмета, а й про його розміри. Розміри на креслениках позначають розмірними числами на розмірних лініях.

Лінійні розміри на креслениках, які визначають величини прямолінійних елементів предмета (довжину, ширину, товщину тощо), подають у міліметрах, без позначення одиниць вимірювання.

Межі вимірювання розміру вказують виносними лініями, які проводять перпендикулярно до відрізка контуру зображення, розмір якого зазначають (рис. 12.1). Розмірні лінії проводять паралельно до тих відрізків, розміри яких зазначають.

Розмірну лінію з обох боків обмежують стрілками. Розміри елементів стрілки (рис.12.2) залежать від товщини прийнятої на кресленнику суцільної основної лінії. У межах всього кресленника стрілки повинні бути наближено однаковими, незалежно від довжини розмірної лінії. Якщо місця для стрілки недостатньо через близьке розташування контурної або виносної ліній, то їх потрібно переривати (рис. 12.3).

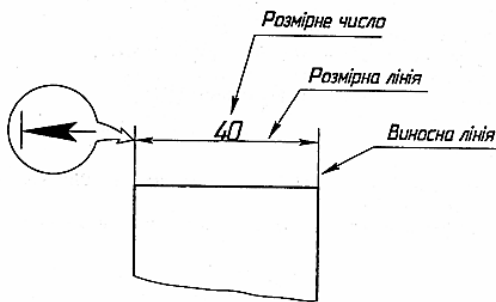


Рис. 12.1 Елементи нанесення розмірів

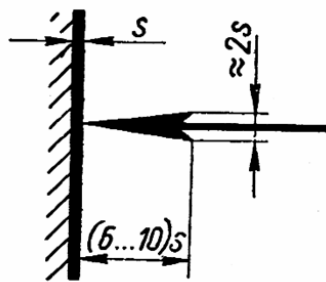


Рис. 12.2 Розмірна стрілка

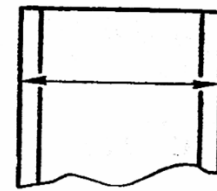


Рис. 12.3 Переривання ліній при нанесенні розмірів

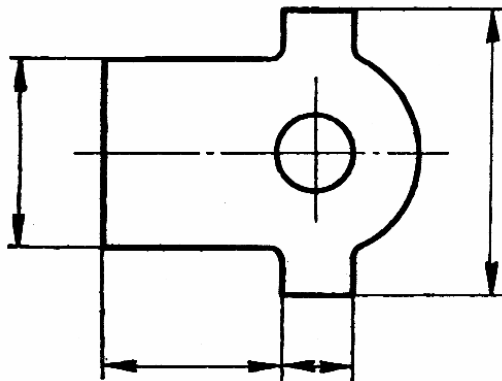


Рис.12.4 Відстань між розмірною лінією і контуром



Виносні й розмірні лінії проводять суцільною тонкою лінією. Виносні лінії обов'язково виходять за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм. Відстань між розмірною лінією і контуром зображення повинна бути не менше 10 мм (рис. 12.4).

При нанесенні розмірів на креслениках перевагу слід надавати розмірним лініям, проведеним поза межами контурів зображень. Не дозволяється використовувати в якості розмірних осьові, центрові і лінії контурів зображень.

Якщо розмірна лінія не дає змоги розмістити на ній стрілки, то лінію продовжують і стрілки наносять із зовнішнього боку (рис.12.5)

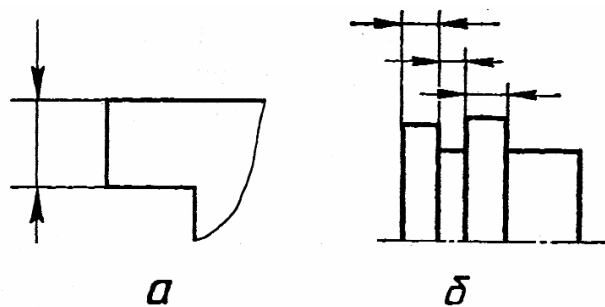


Рис.12.5 Розміщення стрілок зовні виносних ліній: а – для одного розміру; б – для декількох розмірів.

Розмірне число наносять над розмірною лінією ближче до її середини, якщо вона розташована горизонтально або похило і зліва від неї, якщо вона розташована вертикально (рис.12.6).

Якщо місця для написання розмірного числа недостатньо, його наносять на продовженні розмірної лінії або на поличці лінії-виноски.

Різні способи розміщення розмірних чисел при різних нахилах розмірних ліній показано на рис. 12.7.

У заштрихованій зоні розмірне число наносять тільки на поличці лінії-виноски.

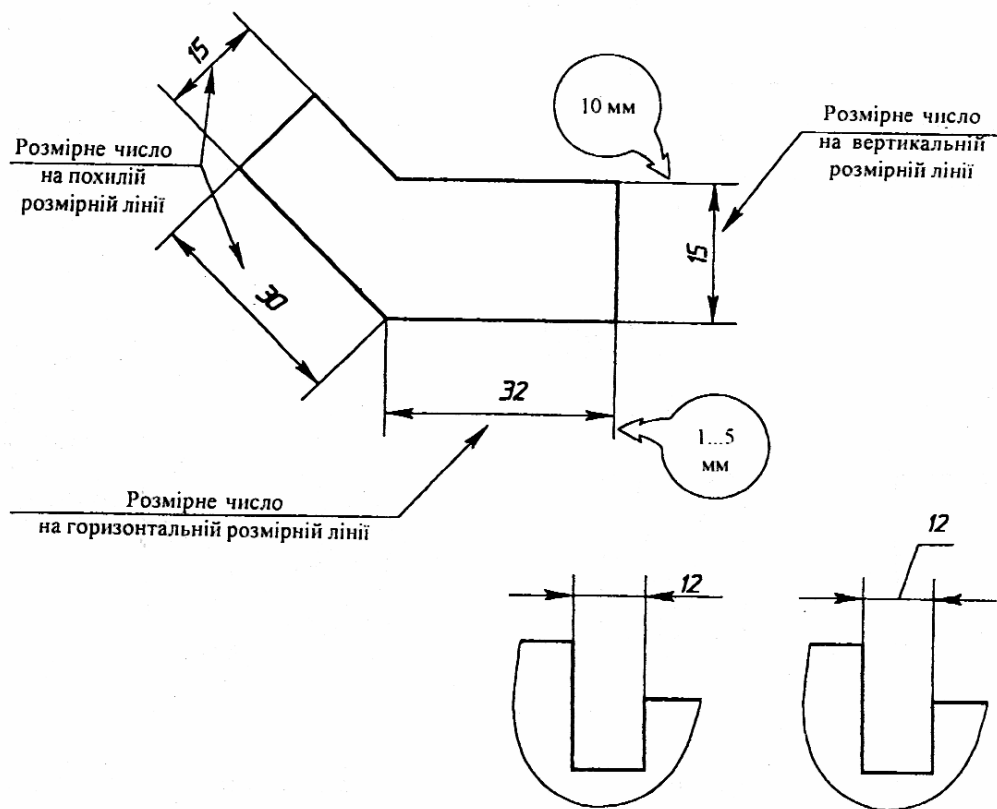


Рис12.6 Нанесення розмірних чисел

На кресленку може бути кілька розмірних ліній, паралельних між собою. Щоб уникнути перетину виносних і розмірних ліній, завжди ближче до контуру зображення наносять менший розмір (рис. 12.7).

Відстань між паралельними розмірними лініями має бути 6...10 мм. Якщо на кресленку є більше двох паралельних розмірних ліній, то розмірні числа на них розміщують у шаховому порядку.

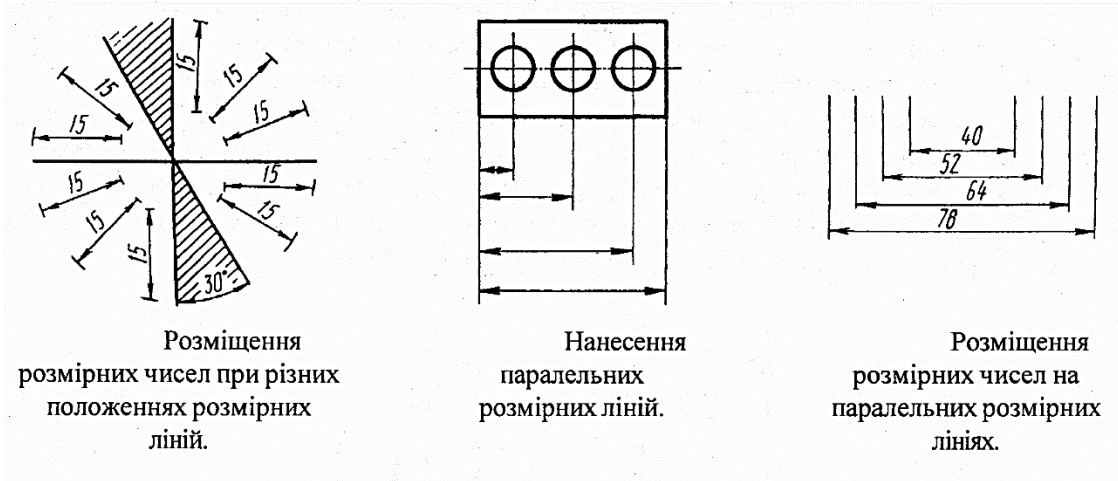


Рис. 12.7 Розміщення розмірних чисел

На зображенні, виконаному з розривом, розмірну лінію не переривають (рис. 12.8). Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то їх дозволяється замінити засічками під кутом 45° до розмірної лінії (рис. 12.8) або точками.

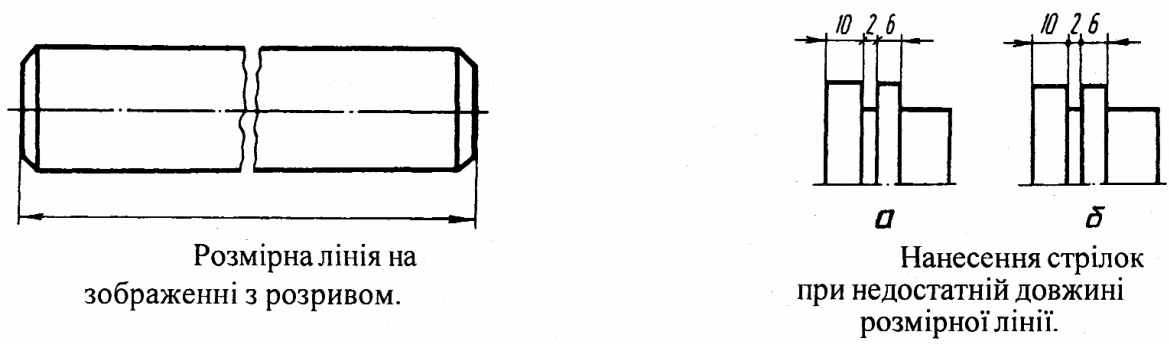


Рис. 12.8 Різні способи нанесення стрілок

Кутові розміри на креслениках вказують у градусах, хвилинах і секундах (рис.12.9). Виносні лінії кутового розміру є продовженням сторін вимірюваного кута, а розмірну лінію проводять у вигляді дуги кола з центром у вершині кута.

У зоні, розташованій вище горизонтальної осьової лінії, розмірні числа розміщують над розмірними лініями з боку їх опуклості. В зоні, розташованій нижче горизонтальної осьової лінії – з боку увігнутості розмірних ліній. Розмірні числа у заштрихованій зоні вказують тільки на поличці лінії-виноски.

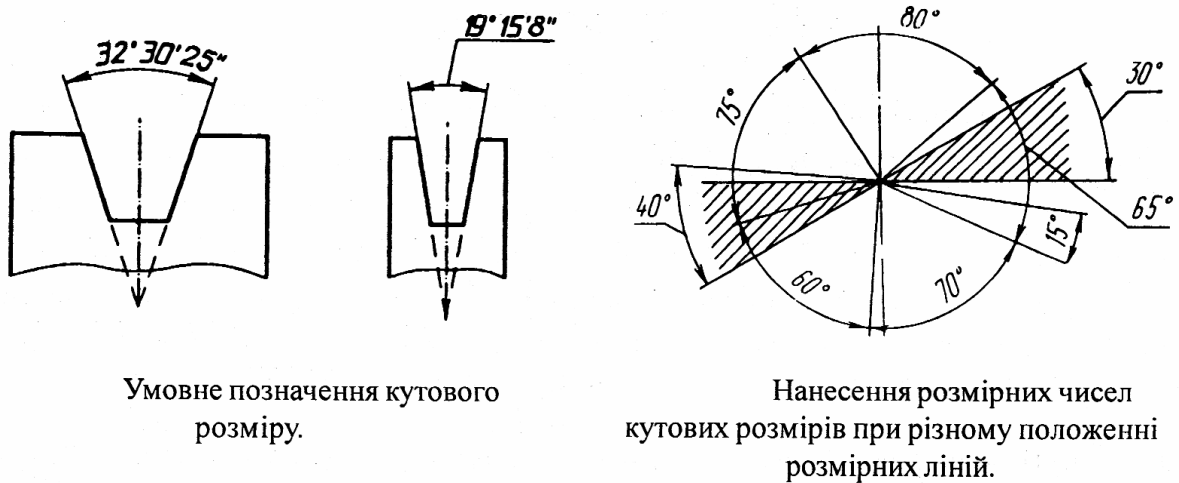


Рис. 12.9 Позначення куткових розмірів

*Розміри діаметрів.* Для позначення діаметра перед розмірним числом наносять умовний знак  $\varnothing$  (рис. 12.10). Висота кола цього знака дорівнює  $5/7h$ , де  $h$  — висота розмірного числа), а похилий штрих має висоту і нахил такий, як у розмірного числа.

Розмір діаметра пишуть над розмірною лінією усередині кола або за його межами. При нанесенні розміру діаметра кола у його середині розмірне число зміщують відносно середини розмірної лінії (рис. 12.10). Стрілки, що обмежують розмірну лінію діаметра, можуть розміщуватися як всередині кола, так і поза ним.



Рис. 12.10 Позначення діаметрів

*Розміри радіусів.* Заокруглені частини предметів, обмежені дугами кіл, меншими від  $180^\circ$ , позначають радіусами. Для позначення радіуса перед розмірним числом наносять умовний знак у вигляді літери *R*. Висота цього знака повинна дорівнювати висоті розмірного числа.

Розмірну лінію проводять з центру дуги і закінчують стрілкою, яка впирається у точку дуги кола (рис. 12.11). Якщо розмірна лінія радіуса занадто коротка і на ній не можна розмістити умовний знак і розмірне число, то їх наносять на продовженні розмірної лінії з зовнішнього боку дуги.

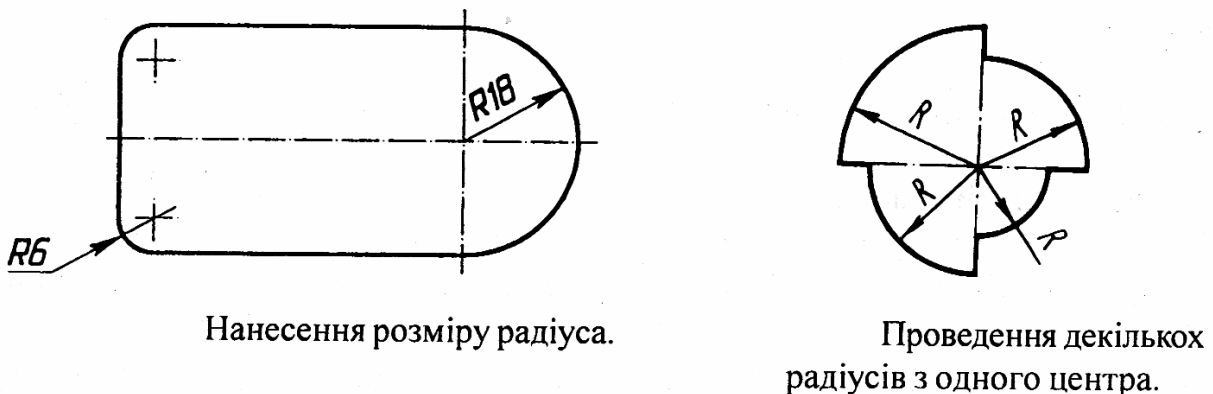


Рис.12.11 Позначення радіусів

При проведенні декількох радіусів з одного центру розмірні лінії двох радіусів не повинні розміщуватися на одній прямій (рис. 12.11).

Зображення предмета може мати кілька однакових елементів. Їх розміри наносять один раз, але зазначають кількість елементів (рис. 12.12). Наприклад, напис «4 отв.  $\varnothing 12$ » означає, що предмет має чотири однакових отвори діаметром 12мм.

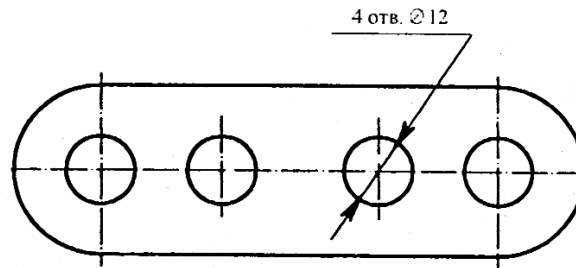


Рис. 2.12 Позначення розмірів декількох однакових елементів

### Запитання для самоконтролю:

1. Якої товщини мають бути виносні та розмірні лінії?
2. В яких одиницях виражають лінійні та кутові розміри?
3. Які знаки та літери ставлять перед розмірним числом, щоб показати величини діаметрів і радіусів?
4. Які розміри називають габаритними?
5. Як розміщують на кресленнику розмірні та виносні лінії для вимірювання відрізка, кута, радіуса, дуги?
6. На якій віддалі слід проводити розмірні лінії від ліній контуру, одну від одної?
7. Чи має виносна лінія виходити за кінці стрілок розмірної лінії?
8. Як записувати розмірні числа залежно від нахилу розмірних ліній для лінійних і кутових розмірів?
9. Охарактеризуйте правила виконання та позначення ухилів на кресленниках.
10. Визначте основні способи позначення діаметрів на кресленниках, та умови їх застосування.
11. Проаналізуйте використання основних типів постановки лінійних розмірів на кресленнику.

### Завдання для самоконтролю:

1. Перекресліть контури зображень предметів (рис. 2.13). Нанесіть розміри, користуючись наочним зображенням.
2. Перекресліть контури зображень (рис. 2.14), виносні та розмірні лінії на папір в клітинку. Враховуючи, що розмір клітинки дорівнює 5 мм, нанесіть розмірні числа.
3. Визначте, на яких зображеннях (рис. 2.15) нанесено розміри з помилками.

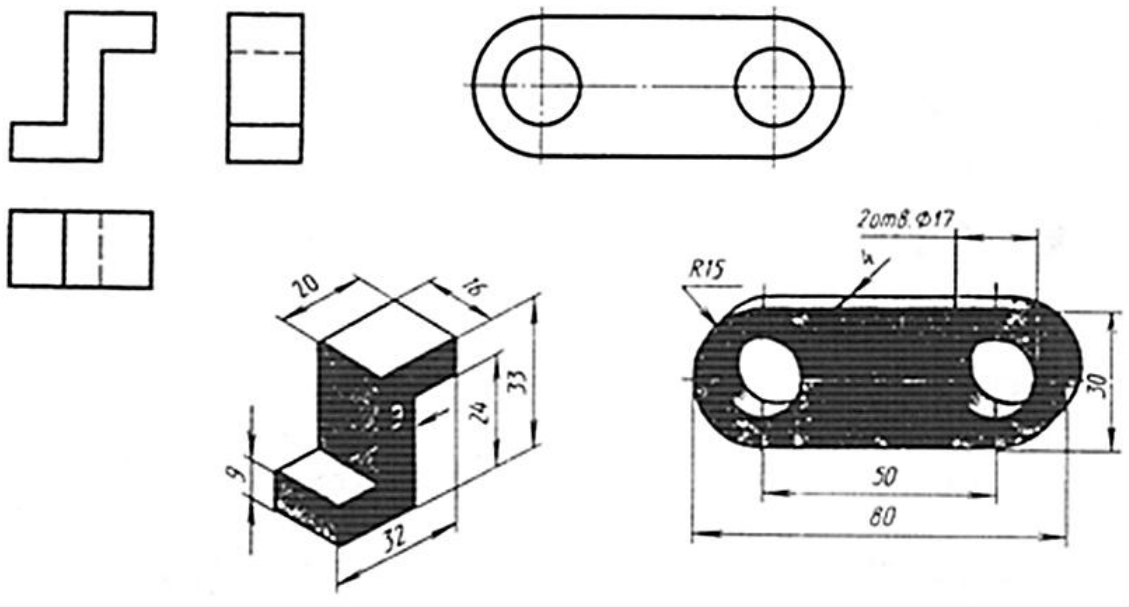


Рис. 12.13

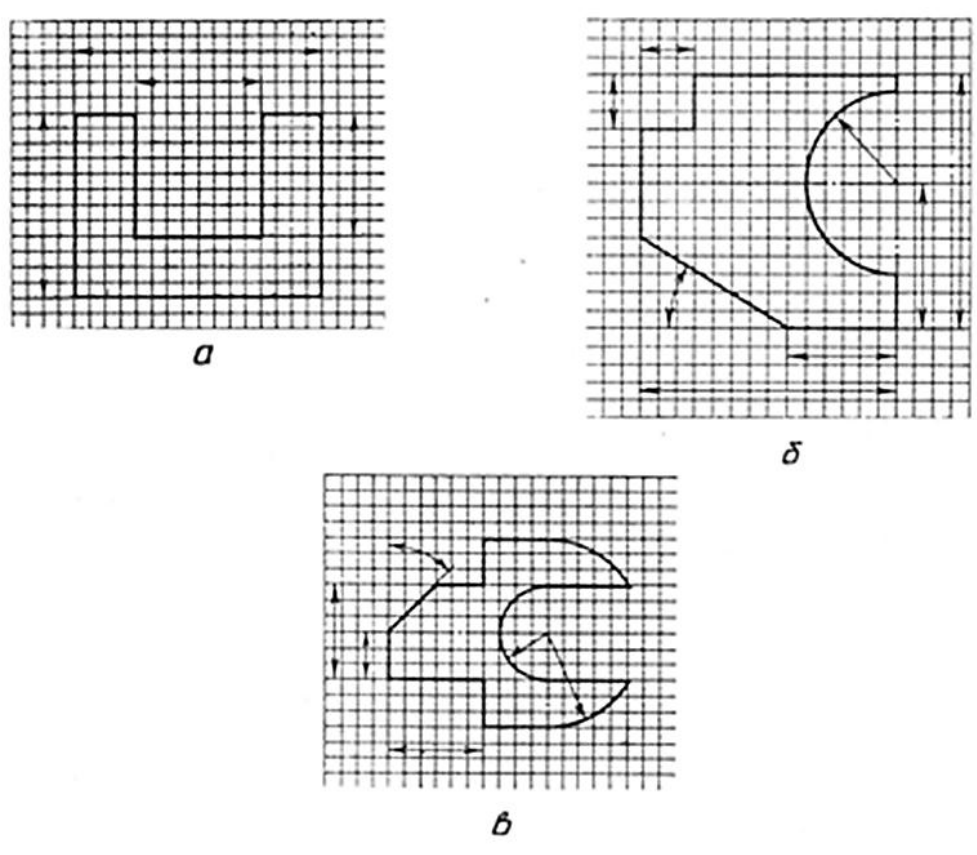


Рис. 12.14

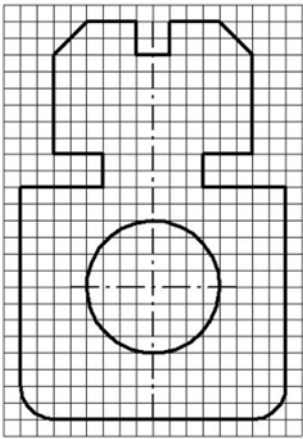
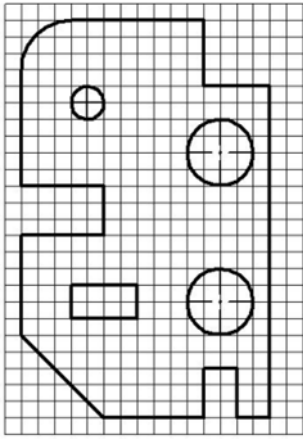
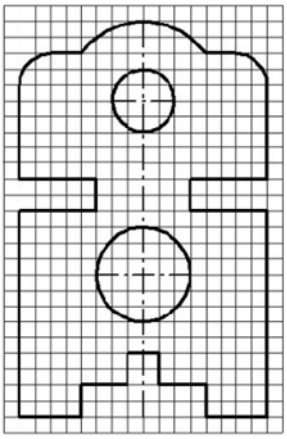
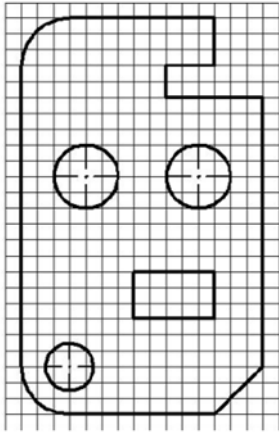
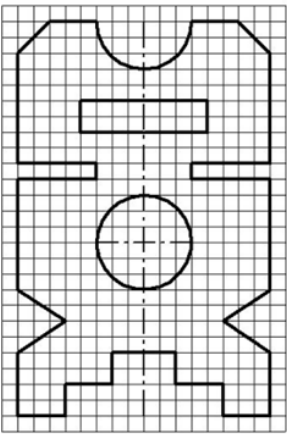
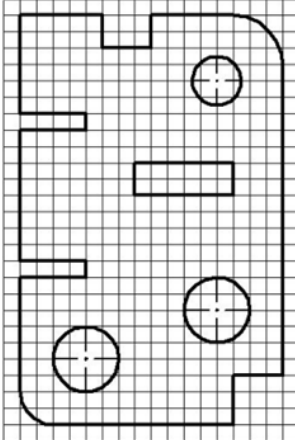
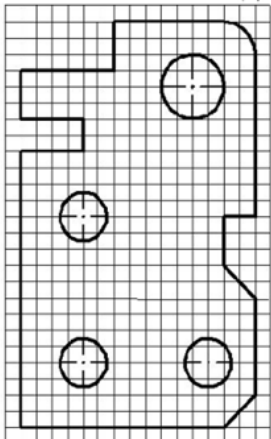
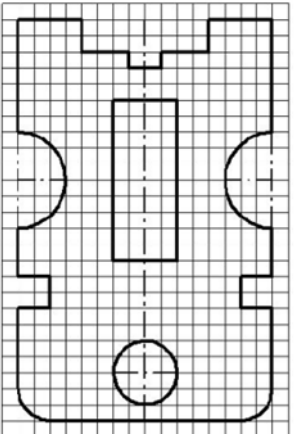
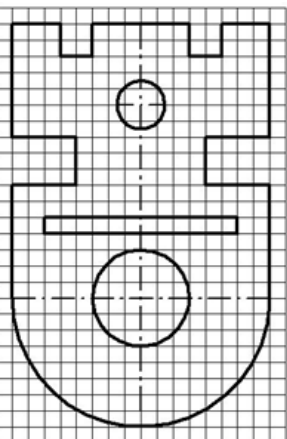
№	1	2	3	4
I				
II				
III				
IV				
V				

Рис. 12.15

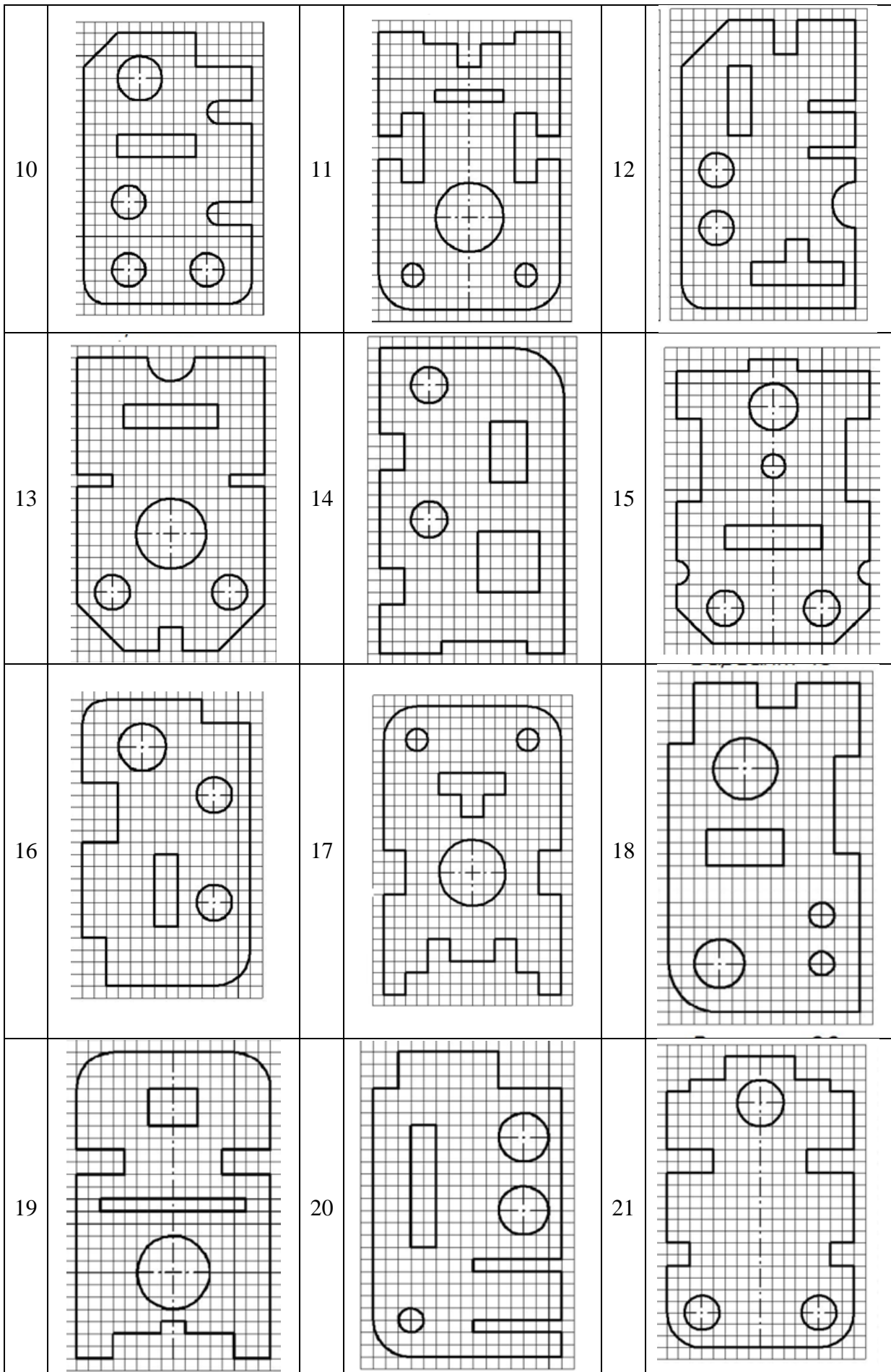
### Послідовність виконання графічної роботи №12.

1. На формат А4 відповідно до варіанта перекресліть контур зображення (табл.12.1), враховуючи, що розмір клітинки дорівнює 5 мм.
2. Нанесіть необхідні розміри, позначте осьові та центрові лінії.
3. Заповніть основний напис.
4. Зразок виконаної роботи наведено на рис. 12.16.

Таблиця 12.1 Варіанти завдань до графічної роботи № 12.

№	Завдання	№	Завдання	№	Завдання
1		2		3	
4		5		6	
7		8		9	





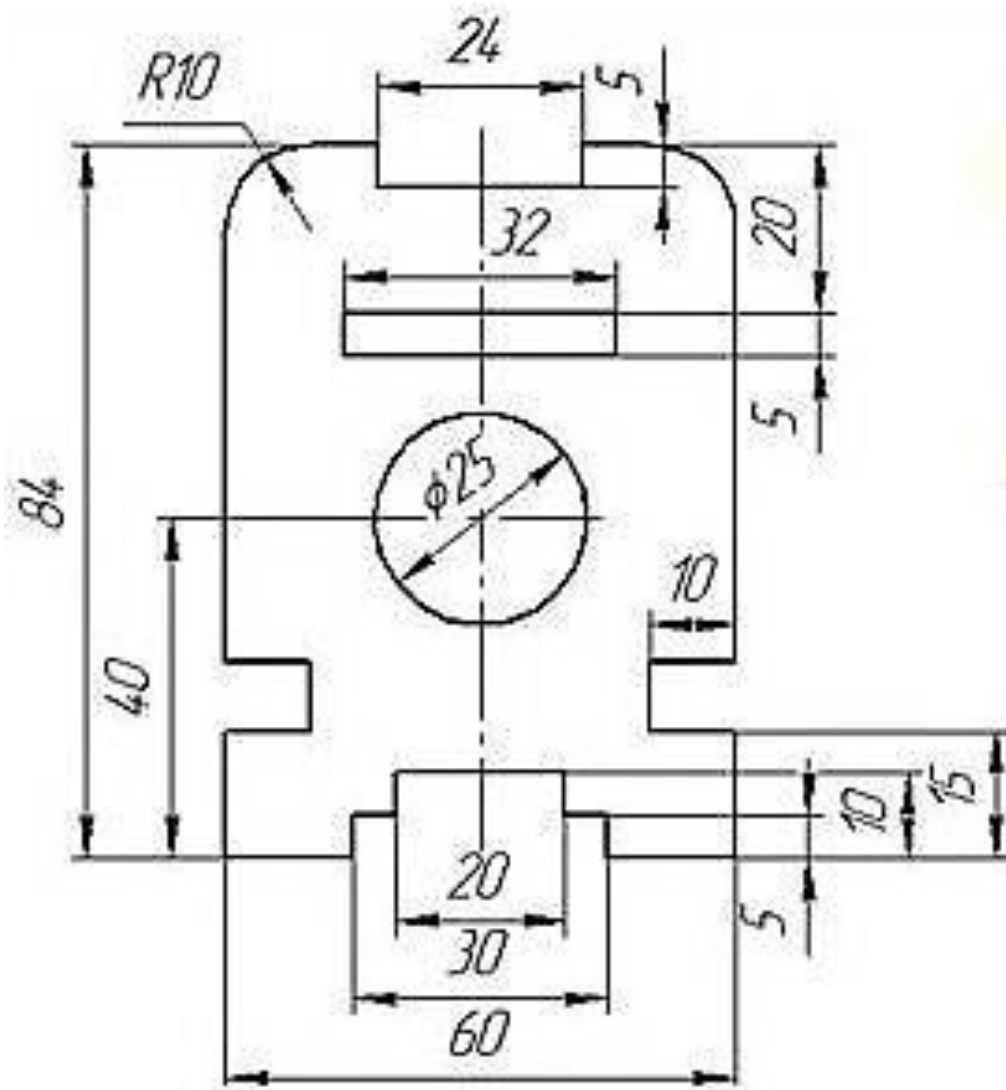
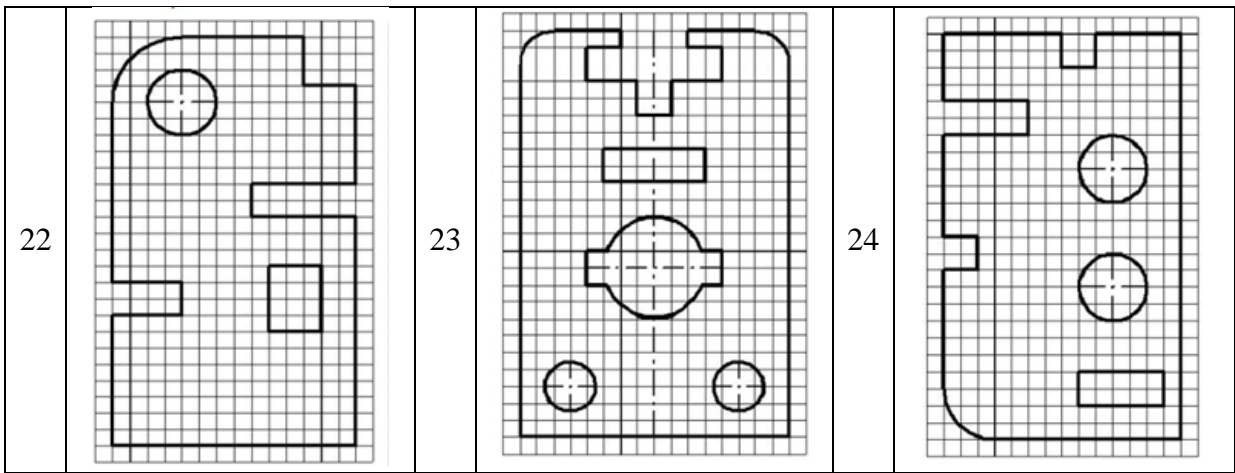


Рисунок 12.17 Зразок виконаної графічної роботи №12

## ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ ПРИ ВИКОНАННІ КРЕСЛЕНИКІВ

### Теоретичні відомості

*Поділ відрізків на рівні частини.* Багато предметів має однакові елементи, рівномірно розташовані вздовж прямої. Тому виникає необхідність на кресленнях ділити відрізки прямих на рівні частини. Поділ виконується за допомогою циркуля і лінійки.

*Поділ відрізка прямої на дві рівні частини.* З обох кінців  $A$  і  $B$  заданого відрізка розхилом циркуля  $R$ , трохи більшим за половину його довжини, описують дві дуги (рис.13.1). Отримані у місцях перетину дуг точки  $C$  і  $D$  з'єднують між собою. Пряма, що з'єднала точки  $C$  і  $D$  ділить відрізок  $AB$  на дві рівні частини і перпендикулярна до нього.

*Поділ відрізка прямої на довільне число рівних частини.* З будь-якого кінця відрізка, наприклад, з точки  $A$ , проводять під гострим кутом до нього допоміжну пряму. На ній циркулем або за допомогою лінійки відкладають потрібне число однакових відрізків довільної довжини (на рис. 13.2 їх 9).

Останню точку з'єднують з другим кінцем відрізка (з точкою  $B$ ). З усіх точок поділу за допомогою лінійки і косинця проводять прямі, паралельні до відрізка  $AB$ . Ці прямі і ділять відрізок  $AB$  на задане число рівних частин.

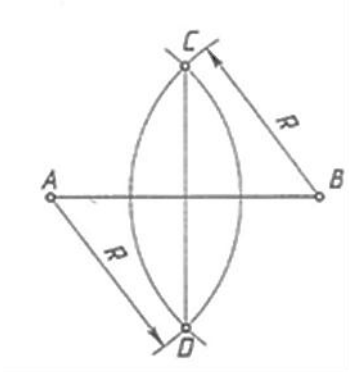


Рис. 13.1 Поділ відрізка на дві рівні частини

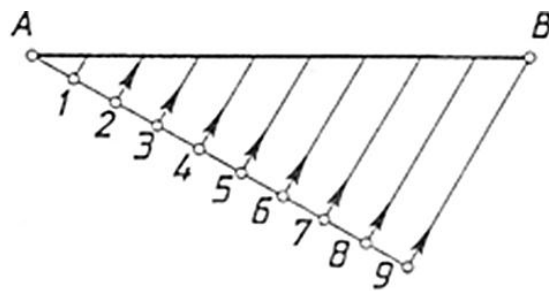


Рис. 13.2 Поділ відрізка на довільне число рівних частин

*Поділ кутів на рівні частини.* Найпростіше здійснювати поділ кутів на рівні частини за допомогою транспортира. Проте більш точними і раціональними вважаються прийоми поділу деяких кутів за допомогою циркуля.

*Поділ кута на дві рівні частини.* З вершини кута описують дугу кола довільного радіуса так, щоб вона перетнула сторони кута (рис. 13.3). З точок перетину  $M$  і  $N$  розхилом циркуля, трохи більшим, ніж половина дуги  $MN$ , описують дві дуги до їх перетину між собою. Отриману точку  $A$  і вершину кута з'єднують прямою лінією: це і буде бісектриса кута. Розглянутий прийом можна використати для поділу гострого, тупого чи прямого кутів.

*Поділ прямого кута на три рівні частини.* З вершини кута описують дугу кола довільного радіуса так, щоб вона перетнула сторони кута (рис.13.4). З точок перетину  $A$  і  $B$  тим самим розхилом циркуля проводять допоміжні дуги до їх перетину з раніше

проведеною дугою. Отримані точки  $M$  і  $N$  з'єднують прямими лініями з вершиною кута. Цим способом можна ділити на три рівні частини тільки прямі кути.

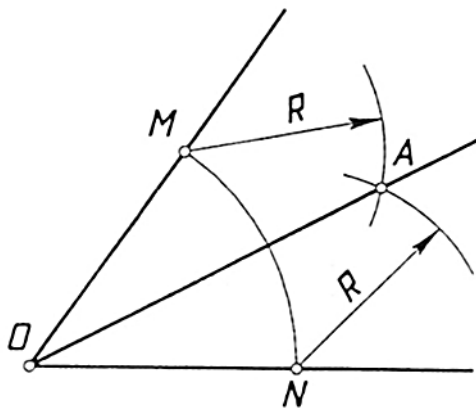


Рис. 13.3 Поділ кута на дві рівні частини

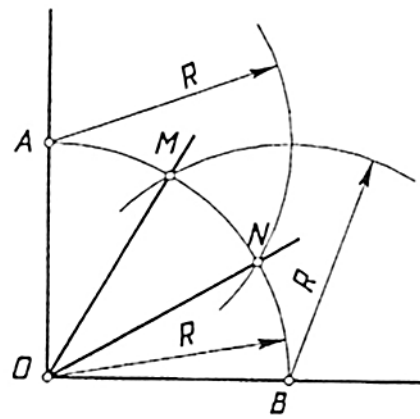


Рис. 13.4 Поділ прямого кута на три рівні частини

*Поділ кола на рівні частини.* При виконанні технічних креслень поділ кола на три, чотири, п'ять, шість, сім і вісім рівних частин виконують шляхом геометричних побудов.

*Поділ кола на три рівні частини.* Зробити це можна двома способами.

За першим способом для поділу потрібні лінійка та косинець з кутами  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ . Косинець більшим катетом встановлюють паралельно до вертикального діаметра кола (рис.13.5а). Вздовж гіпотенузи з точки 1 (перша поділка, вона збігається з кінцем діаметра) проводять хорду і отримують другу поділку - точку 2. Перевернувши косинець і провівши другу хорду, дістають третю поділку - точку 3 (рис. 13.5б). З'єднавши точки 1, 2 і 3 відрізками, отримують рівносторонній трикутник.

Ту саму задачу можна розв'язати за допомогою циркуля. Поставивши опорну ніжку циркуля у верхньому (чи нижньому) кінці вертикального діаметра (рис. 13.5, в), описують дугу радіусом, що дорівнює радіусу  $R$  кола. У місцях перетину проведеної дуги з колом отримують точки 1 і 2 – першу і другу поділки. Третя поділка міститься на протилежному кінці діаметра.

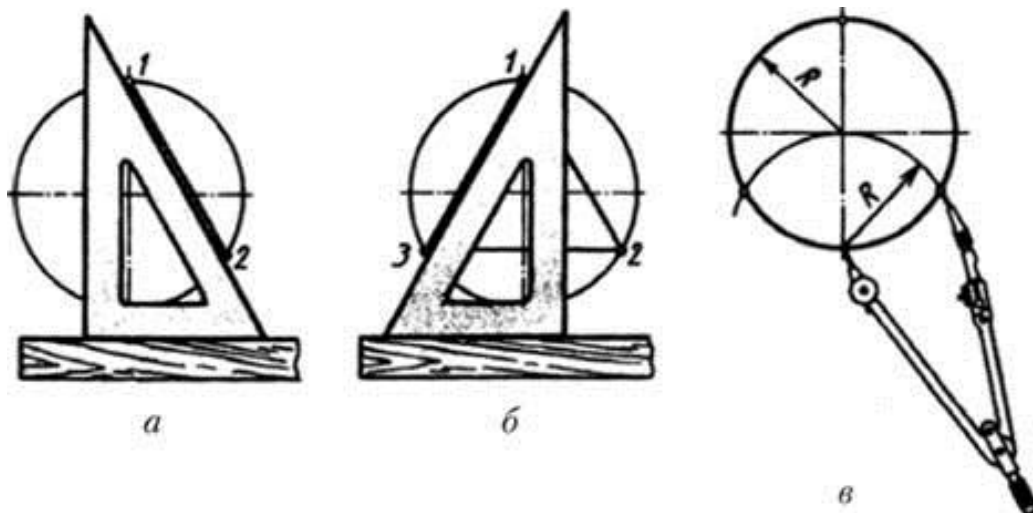


Рис. 13.5 Поділ кола на три рівні частини

*Спряження.* Побудова зображень на креслениках потребує виконання різноманітних геометричних побудов. Часто доводиться будувати елементи контурів зображень, які мають вигляд заокруглень на різних частинах предметів. На рис.4.6 контури зображеного предмета плавні заокруглені переходи від вертикальної і горизонтальної прямих до кіл радіусами 10 мм, а також між двома колами радіусом 90 мм.

Плавний перехід однієї лінії контуру зображення в іншу називають *спряженням*. Усі спряження на кресленні виконують дугами кіл заданих радіусів. Точку, з якої проводять дугу плавного переходу однієї лінії до іншої, називають *центром спряження*.

Слід пам'ятати, що перехід від прямої до кола буде плавним лише тоді, коли пряма дотикається до кола. У точці дотику прямої до кола відбувається плавний перехід прямої в дугу кола, тобто ця точка визначає межу між прямою і дугою. Точки плавного переходу однієї лінії в іншу називають *точками спряження*. Точка спряження прямої і кола лежить на радіусі, перпендикулярному до цієї прямої.

Плавний перехід від одного кола до іншого відбувається лише тоді, коли ці кола дотикаються. Точка спряження двох кіл лежить на прямій, що сполучає центри спряжуваних кіл.

Отже, побудова спряження завжди зводиться до визначення центру і точок спряження. Побудувавши центр спряження, циркулем, розхил якого дорівнює радіусу спряження, між точками спряження проводять дугу. Вона і буде утворювати плавний перехід від однієї лінії контуру зображення до іншої.

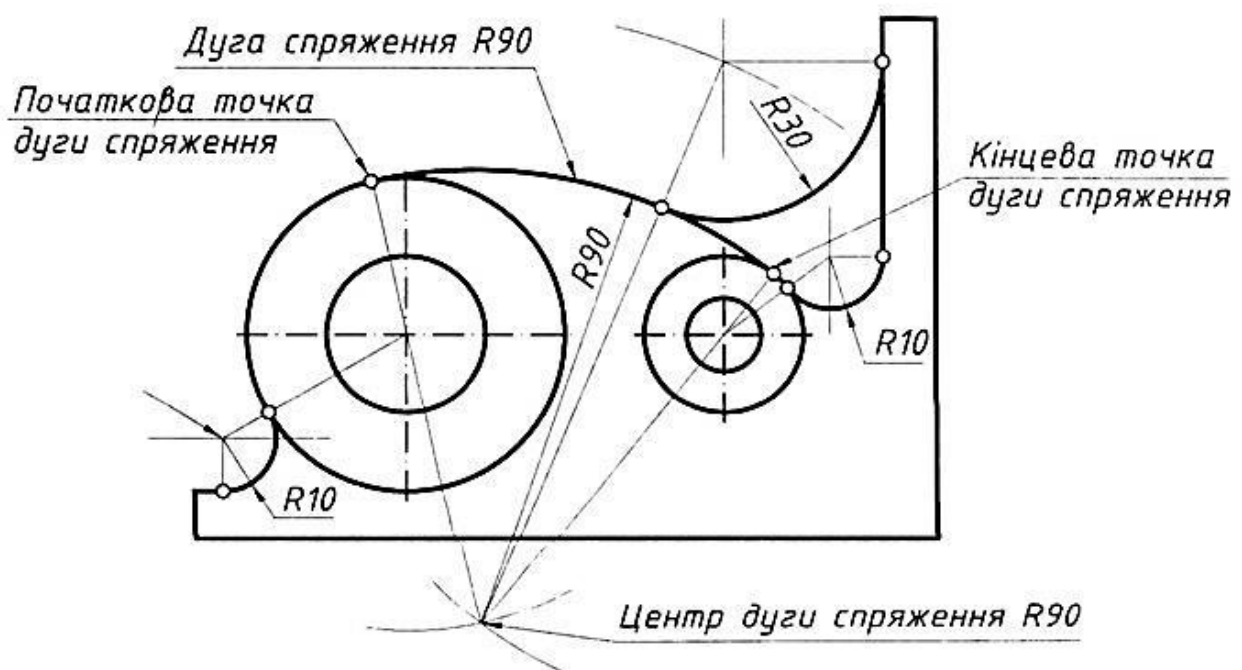


Рис. 13.6 Кресленик деталі з елементами спряжень

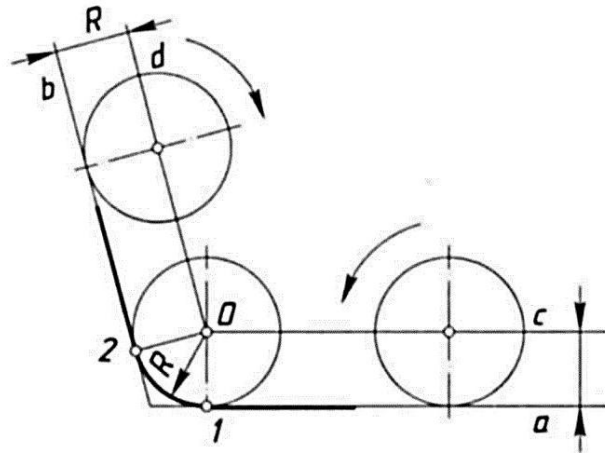


Рис. 13.7 Принцип побудови спряження [6, 69]

Спряження двох прямих, що перетинаються. Дві прямі, що перетинаються, можуть утворювати прямий, гострий і тупий кути. Для всіх трьох випадків спосіб побудови спряження один і той самий.

Дуга плавного переходу від однієї прямої до іншої має радіус  $R$ . Якщо це дуга кола, то для її проведення слід знати положення центра цього кола. Нехай таке коло «закотилося» в кут між двома довільними прямими  $a$  і  $b$  (рис. 13.7). Це коло може «закотитися» вздовж прямої  $a$ . Тоді його центр  $O$  опише свою траєкторію у вигляді прямої  $c$  і на незмінній відстані від прямої  $a$  — ця відстань весь час дорівнює радіусу  $R$ . Так само, якщо «закочувати» коло вздовж прямої  $b$ , то його центр опише траєкторію у вигляді прямої  $d$  на відстані від неї, що також дорівнює радіусу  $R$ .

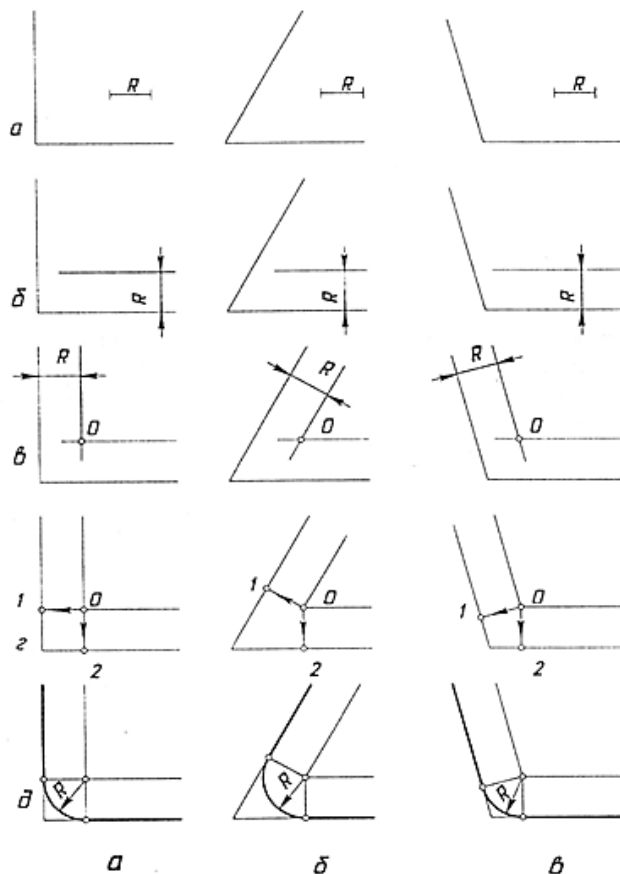


Рис.13.8 Послідовність виконання спряження двох прямих [6, 70]

Побудову спряження двох прямих, що перетинаються під будь-яким кутом, дугою заданого радіуса  $R$  (рис.13.8) виконують у наступній послідовності.

Паралельно до першої зі спряжуваних прямих проводять допоміжну пряму на відстані радіуса спряження  $R$  від неї (рис. 13.8, б).

Паралельно до другої зі спряжуваних прямих проводять другу допоміжну пряму, також на відстані радіуса спряження  $R$  від неї (рис.13.8, в). У точці перетину обох допоміжних прямих міститься центр спряження  $O$ .

З точки  $O$  проводять перпендикуляри на спряжувані прямі. Утворені точки є точками спряження (рис. 13.8, г).

Поставивши опорну ніжку циркуля в точку  $O$ , розхилом циркуля, що дорівнює радіусу спряження  $R$ , між точками спряження проводять дугу, яка утворює плавний перехід від однієї прямої до іншої (рис. 13.8, д).

*Спряження двох паралельних прямих.* Задані дві паралельні прямі  $a$  і  $b$ , відстань між якими дорівнює  $l$  (рис.13.9, а). На прямій  $a$  задано точку спряження  $1$ . Радіус спряження  $R$  дорівнює половині відстані  $l$  між заданими прямими.

Побудову спряження починають з проведення через точку  $1$  перпендикуляра до обох заданих прямих (рис.13.9, б). Точки  $1$  і  $2$  будуть точками спряження. Відрізок  $1-2$  ділять навпіл за допомогою циркуля (рис.13.9,в). Точка  $O$ , що лежить посередині відрізка  $1-2$ , є центром спряження. Розхилом циркуля, що дорівнює половині відрізка  $1-2$ , з точки  $O$  проводять дугу між точками  $1$  і  $2$ . Ця дуга утворює плавний перехід від прямої  $a$  до прямої  $b$  (рис.13.9, г).

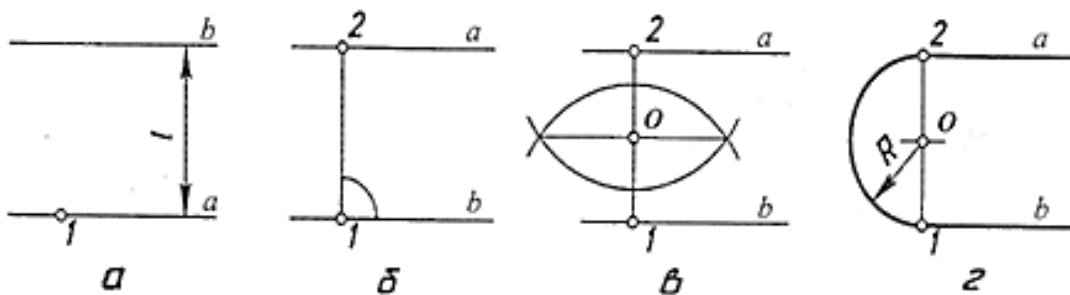


Рис. 13.9 Спряження паралельних прямих [6, 72]

*Спряження дуги кола і прямої.* Безпосереднє спряження дуги кола з прямою відбувається, коли одна лінія плавно переходить в іншу (рис. 4.10, а). В іншому випадку перехід між ними здійснюється по допоміжній дузі заданого радіуса (рис.4.10, б).

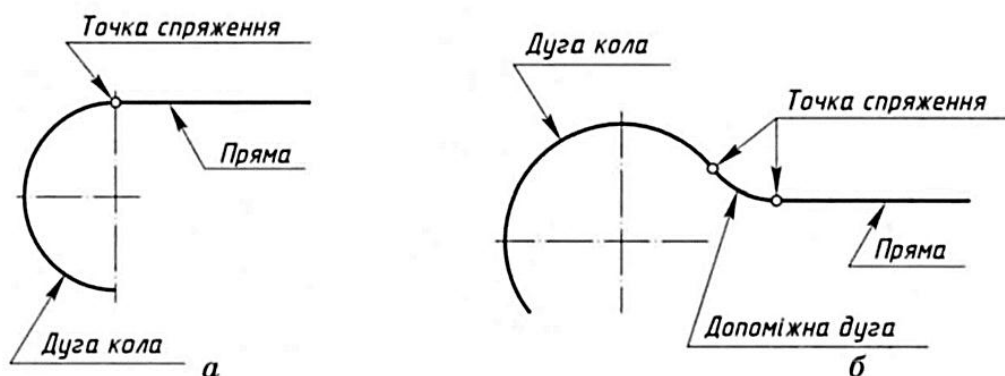


Рис. 13.10 Спряження дуги кола і прямої

Безпосередній плавний перехід від прямої лінії до дуги кола або навпаки – від дуги до прямої відбувається тільки тоді, коли радіус кола перпендикулярний до прямої (рис.13.10, а). Побудова спряження дуги кола і прямої у цьому випадку зводиться до проведення дотичної до кола через задану на ньому точку. Найпростіше це зробити за допомогою лінійки і косинця.

Утворення спряження дуги кола радіуса  $R$  і прямої  $a$  допоміжною дугою радіуса  $R_1$  показано на рис. 13.11. Знаходження центра спряження  $O_1$  зводиться до «перекочування» кола радіуса  $R_1$  вздовж спряжуваних елементів. Якщо коло «котити» вздовж дуги кола  $R$ , то його центр  $O_1$  опише траєкторію у вигляді дуги, рівновіддаленої від дуги заданого кола на відстань  $R_2$ . Радіус утвореної дуги  $R_2$  дорівнює сумі радіусів  $R_1$  і  $R$  «Перекочування» кола вздовж прямої  $a$  дає траєкторію його центра  $O_1$  у вигляді прямої  $b$ , рівновіддаленої від неї на відстань  $R_1$ .

Отже, побудову спряження дуги кола і прямої допоміжною дугою заданого радіуса виконують у такій послідовності (рис. 13.11, а):

1) З центра  $O$  дуги спряжуваного кола розхилом циркуля, що дорівнює сумі радіусів кола і дуги спряження ( $R_2 = R + R_1$ ), описують допоміжну дугу (рис. 13.11, б).

2) Паралельно до спряжуваної прямої проводять допоміжну пряму на відстані радіуса спряження  $R_1$  від неї (рис. 13.11, в). У точці перетину допоміжної дуги і прямої міститься центр  $O_1$  спряження.

3) З центра спряження (точки  $O_1$ ) проводять перпендикуляр на спряжувану пряму. Точка  $1$  буде першою точкою спряження (рис. 13.11, г).

4) З'єднують центр спряження з центром спряжуваного кола  $O$ . На перетині прямої  $O - O_1$  з дугою кола радіуса  $R$  одержують точку  $2$  – другу точку спряження.

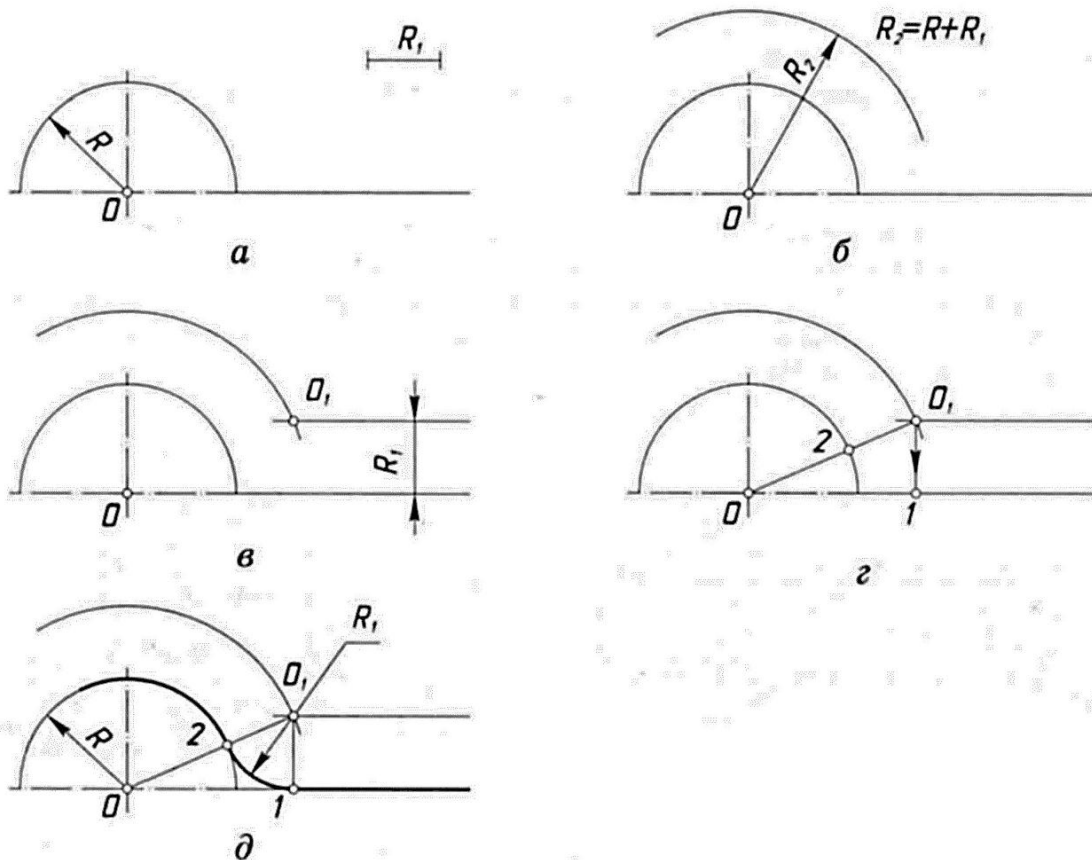


Рис. 13.11 Послідовність побудови спряження прямої і кола [6, 74]



5) Поставивши опорну ніжку циркуля в точку  $O_1$ , розхилом циркуля, що дорівнює радіусу спряження  $R$ , між точками спряження 1 і 2 проводять дугу (рис.13.11,д), яка утворює плавний перехід від дуги кола до прямої.

Спряження двох дуг кола. Розрізняють два випадки спряження двох дуг кола дугою заданого радіуса: зовнішнє (рис. 13.12), і внутрішнє (рис. 13.13).

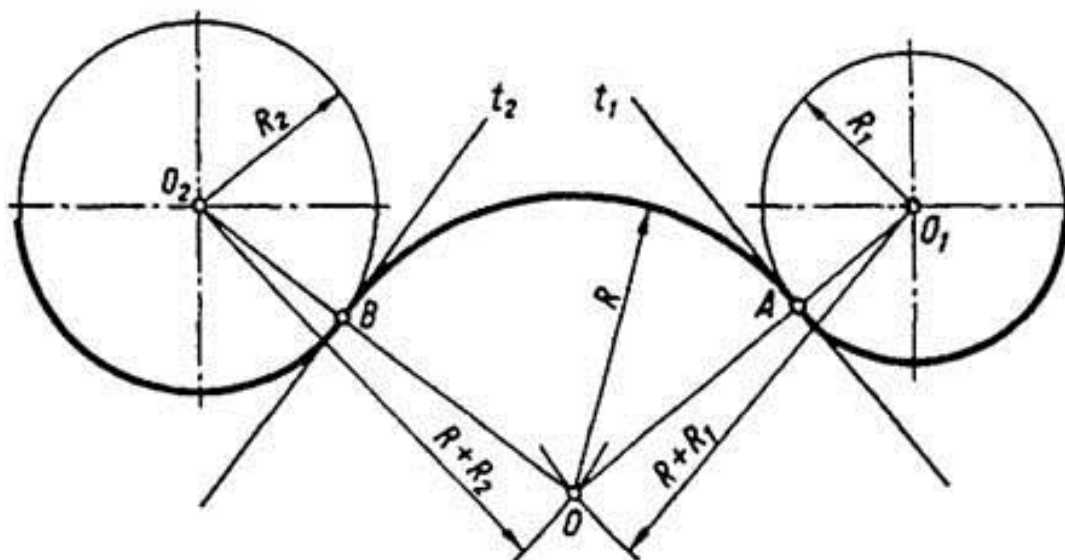


Рис. 13.12 Зовнішнє спряження

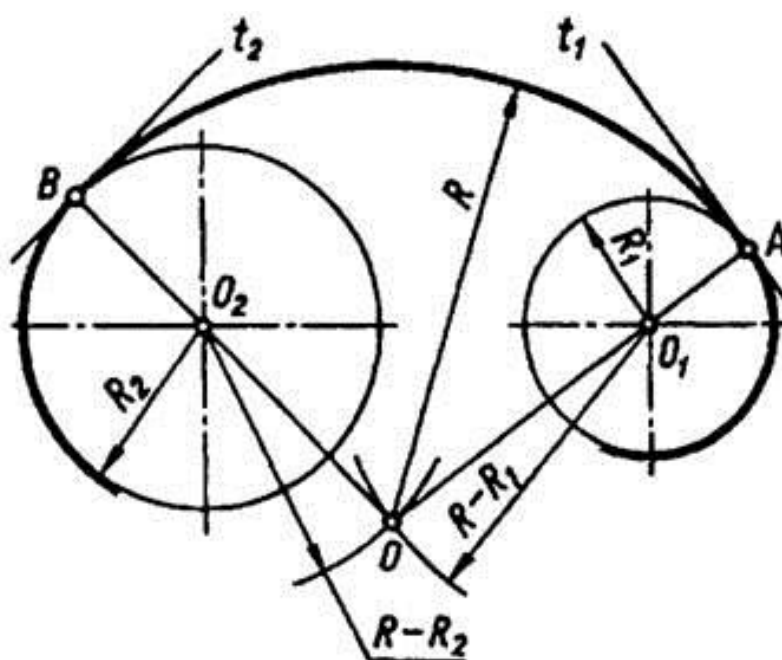


Рис. 13.13 Внутрішнє спряження

В обох випадках побудова спряжень зводиться до визначення положення центру спряжної дуги і точок спряжень. Центри спряжень повинні бути розташовані на відстані, що дорівнює радіусу дуги спряження, від заданих дуг. Точки спряження розміщені на прямих, які з'єднують центри дуг, що спрягаються.

Побудову *внутрішнього* спряження двох дуг кола дугою заданого радіуса виконують у такій послідовності (рис. 13.12):

1. З центрів  $O_1$  і  $O_2$  обох дуг, що спрягаються, розхилом циркуля на величину суми радіусів заданої і дуги спряження проводять дві допоміжні дуги: радіус дуги, проведеної з центра  $O_1$  дорівнює  $R_1+R$ , а радіус дуги, проведеної з центра  $O_2$ , дорівнює  $R_2+R$ . На перетині допоміжних дуг знаходиться центр спряження – точка  $O$ .

2. З'єднують прямими центр спряження – точку  $O$  з центрами  $O_1$  і  $O_2$  заданих дуг. На заданих дугах кіл радіусів  $R_1$  і  $R_2$  знаходять точки спряження.

3. Поставивши опорну ніжку циркуля в точку  $O_3$  розхилом циркуля, що дорівнює радіусу спряження  $R$ , між точками спряження проводять спряжну дугу, яка утворює плавний перехід між заданими дугами кіл радіусів  $R_1$  і  $R_2$ .

Побудову *зовнішнього* спряження двох дуг кола дугою заданого радіуса виконують так само (рис. 13.13). Але радіуси допоміжних дуг беруть як різницю між радіусами спрягаючої і заданої дуг: радіус дуги, проведеної з центра  $O_1$ , дорівнює  $R - R_1$ , а радіус дуги, проведеної з центра  $O_2$ , дорівнює  $R - R_2$ . Точки спряження 1 і 2 розміщуються на продовженні ліній, що з'єднують центр спряження – точку  $O_3$  з центрами  $O_1$  і  $O_2$  заданих дуг.

*Змішане* спряження (рис.13.14) характеризується тим, що одна спряжувана дуга розміщена всередині дуги спряження, а друга – поза нею.

На рис.13.14, а дуга спряження має з дугою радіуса  $R_2$  внутрішнє спряження, а з дугою радіуса  $R_1$  – зовнішнє. З центра  $O_2$  проведемо дугу радіусом  $R - R_2$ , а з центра  $O_1$  радіусом  $R+R_1$ . Перетин цих дуг є центром дуги спряження. Точки спряження  $A$  і  $B$  лежать на перетині кіл з прямими  $OO_1$  та  $OO_2$ .

На рис. 13.14, б показане змішане спряження цих самих дуг, однак при цьому дуга спряження має з дугою радіуса  $R_2$  зовнішнє спряження, а з дугою радіуса  $R_1$  — внутрішнє. Побудова аналогічна до побудови на рис. 4.14,а.

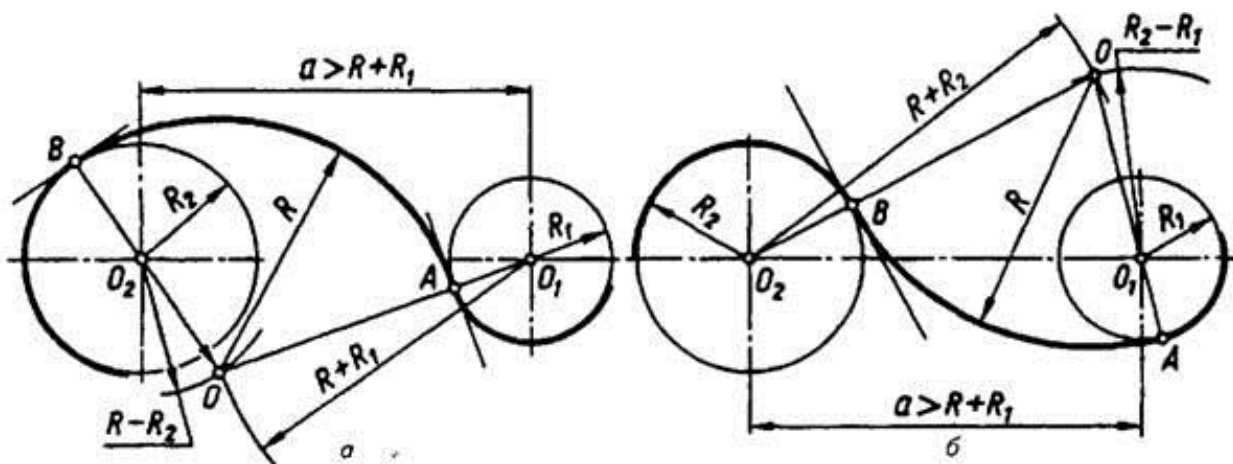


Рис. 13.14 Змішане спряження

### Запитання для самоконтролю:

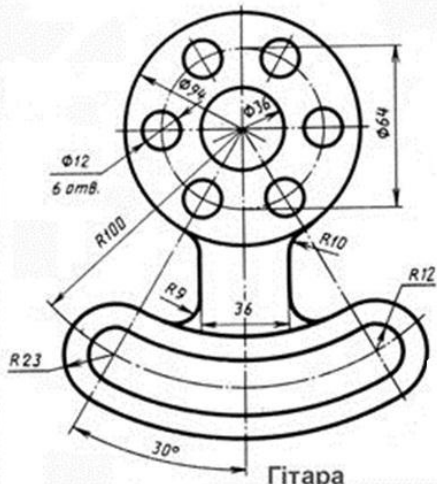
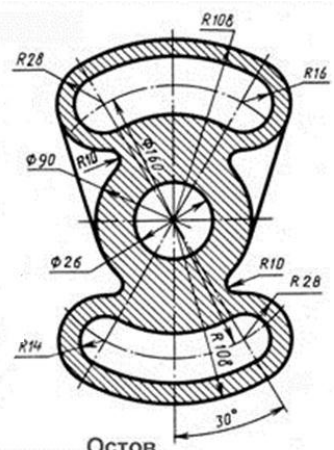
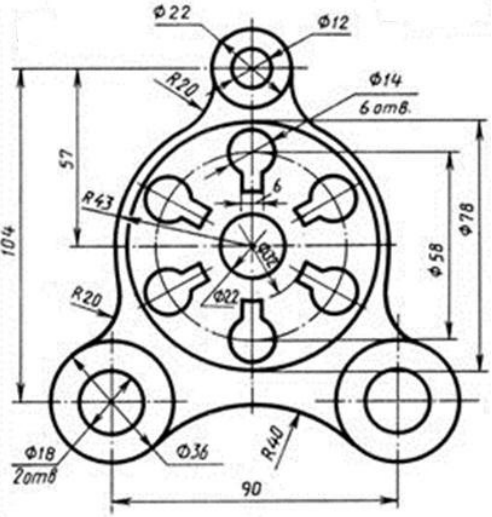
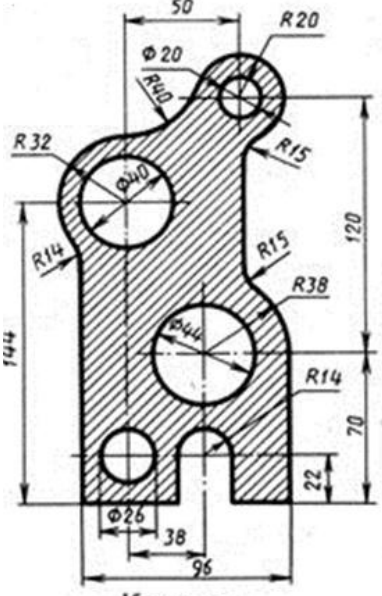
1. Як за допомогою циркуля поділити коло на три, шість рівних частин?
2. Які основні параметри необхідно знати для виконання спряження?
3. Що називають спряженням?

4. За якої умови перехід від прямої до кола буде плавним?
5. Назвіть елементи, обов'язкові в будь-якому спряженні.
6. Як знайти центр спряження при побудові спряження двох прямих, що перетинаються?
7. У чому полягає відмінність від внутрішнім і зовнішнім спряженням двох дуг кола дугою заданого радіусу?
8. Чому дорівнює радіус спряження двох паралельних прямих?

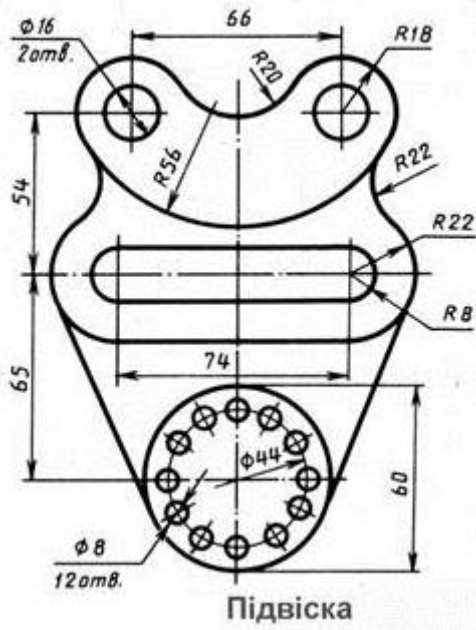
**Послідовність виконання графічної роботи:**

1. Викреслити контур плоскої деталі, виконавши потрібні спряження.
2. Нанести розміри.
3. Заповнити таблицю основного напису.
4. Завдання виконується на форматі А4 або А3.
5. Варіанти індивідуальних завдань взяти з таблиці 13.1.

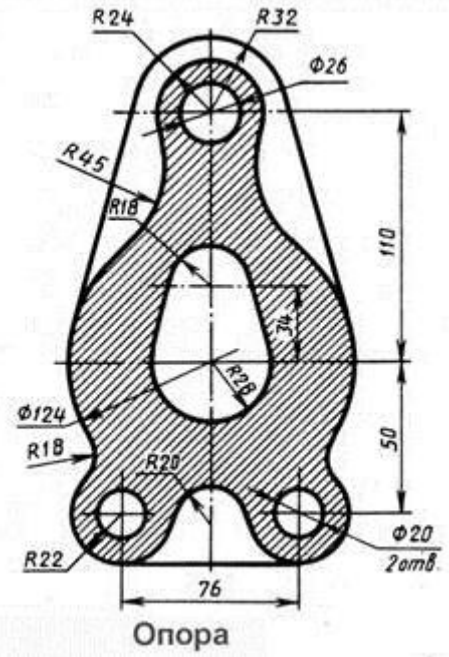
Таблиця 13.1 Варіанти завдань до виконання графічної роботи 13 [1, 262]

№ вар.	Завдання	№ вар.	Завдання
1	 <p>Гітара</p>	2	 <p>Остов</p>
3	 <p>Кришка</p>	4	 <p>Корпус</p>

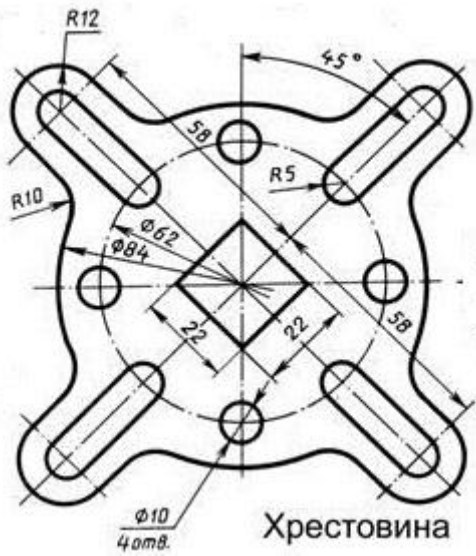
5



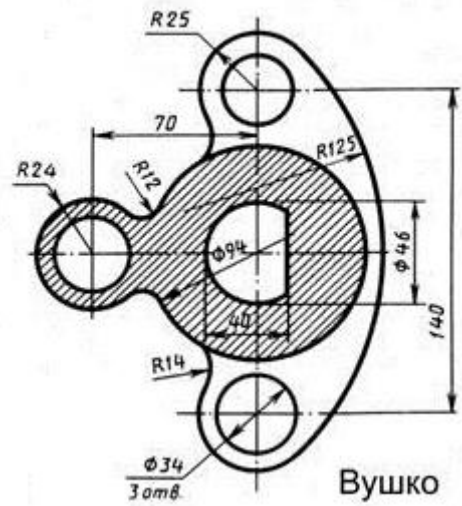
6



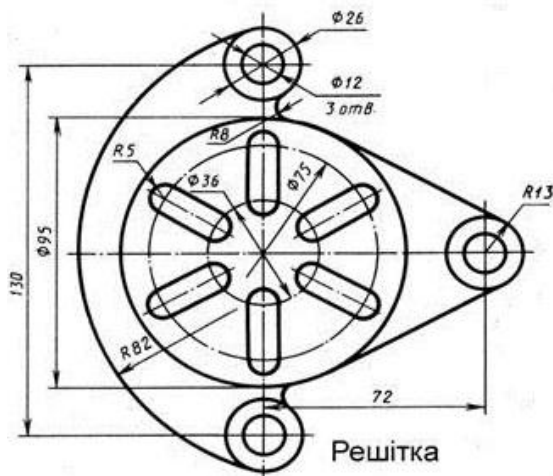
7



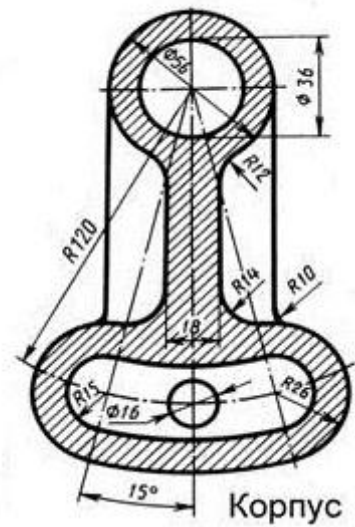
8

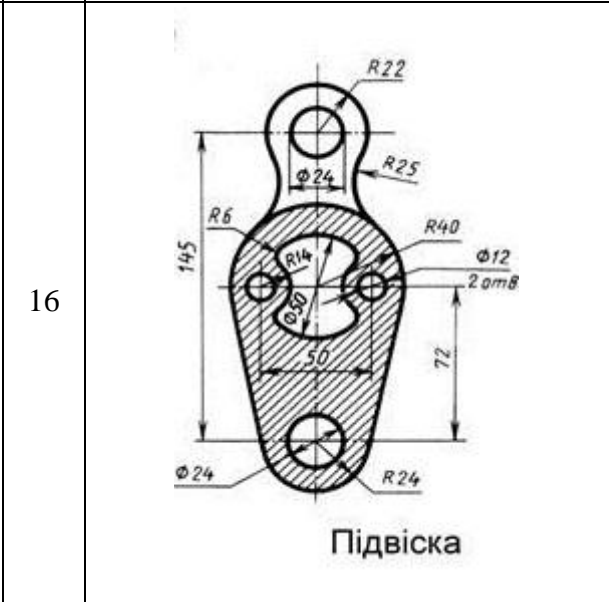
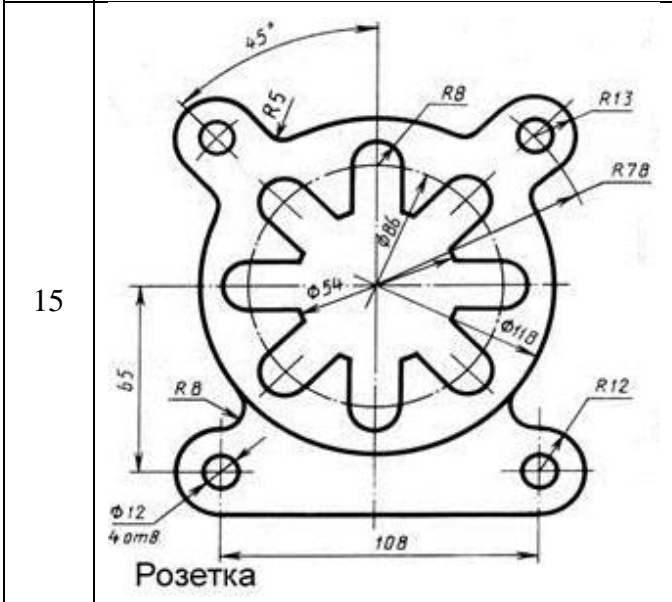
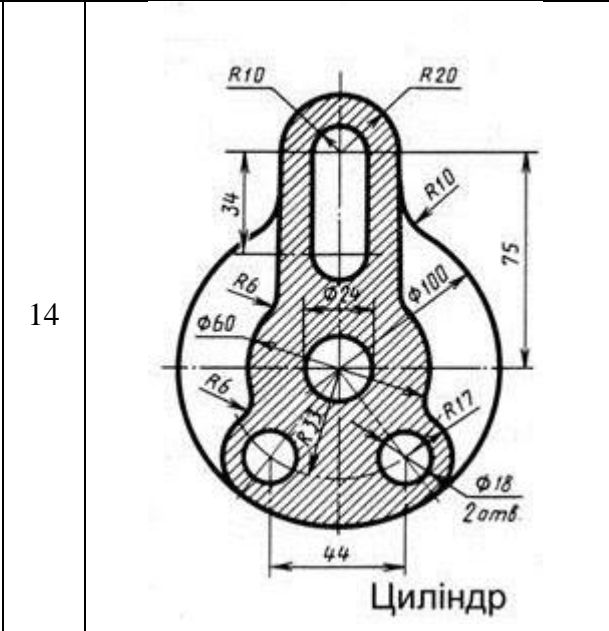
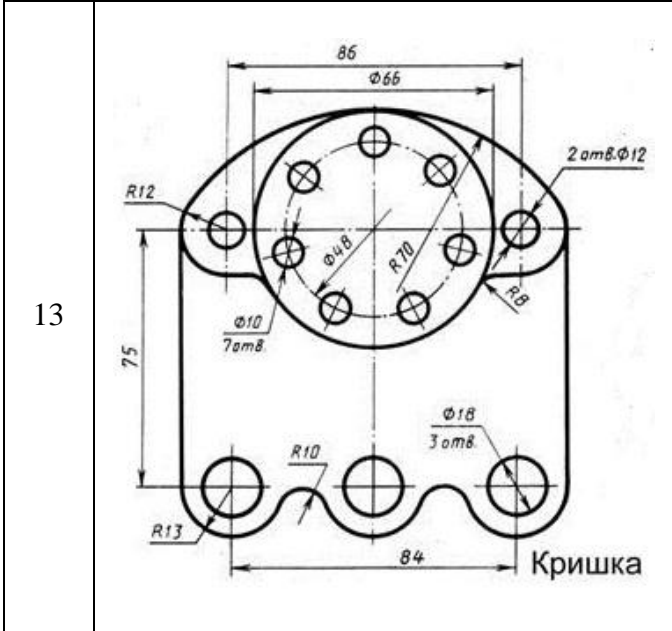
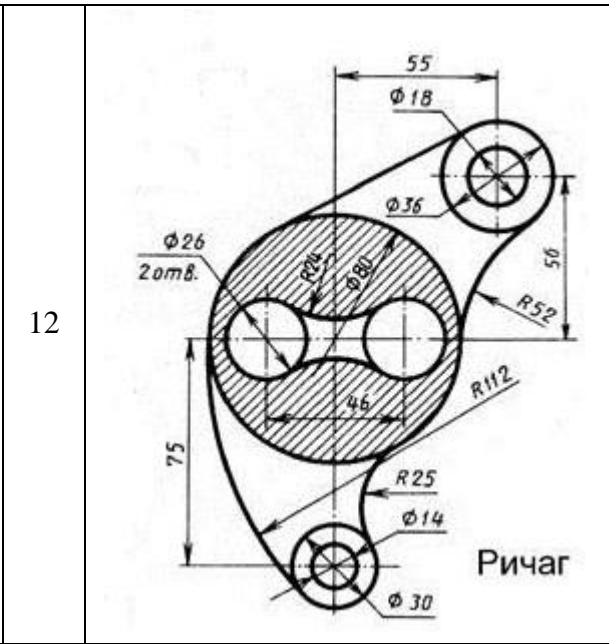
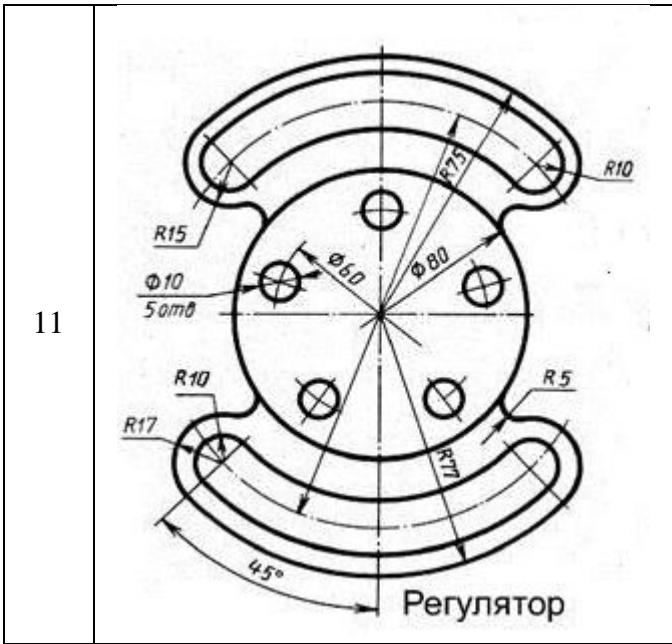


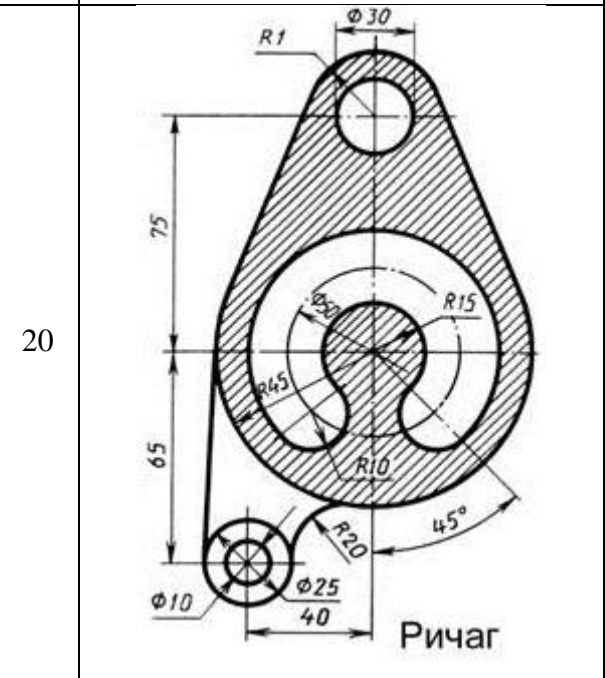
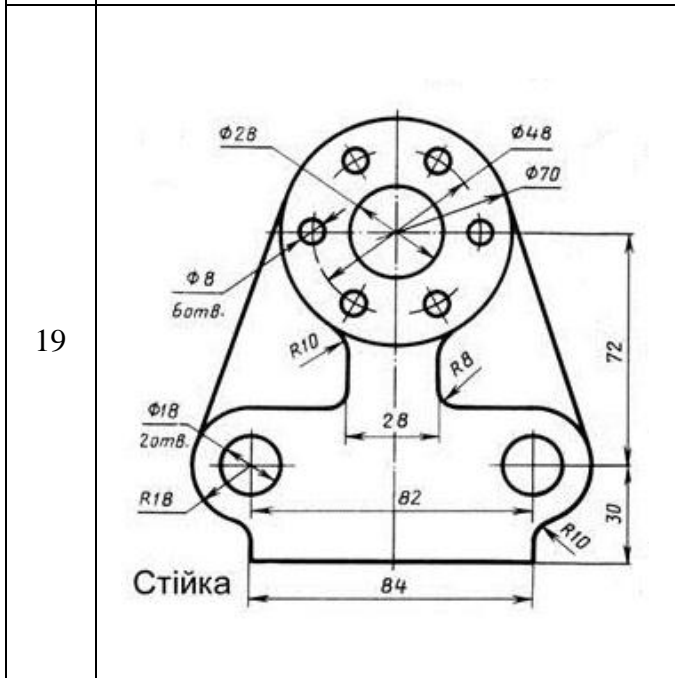
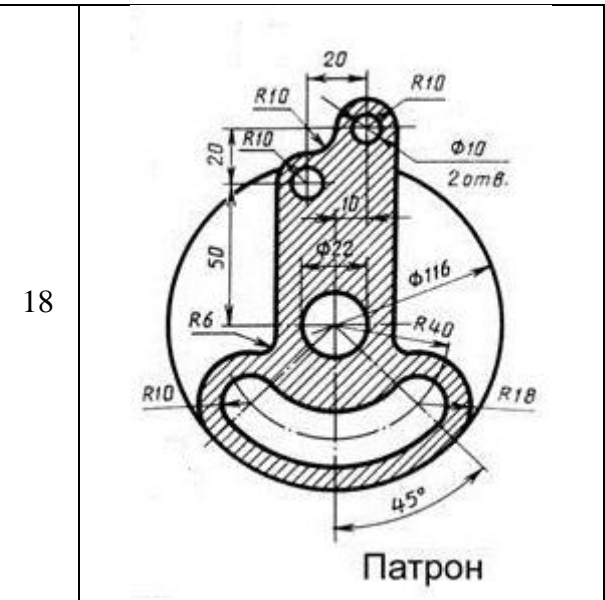
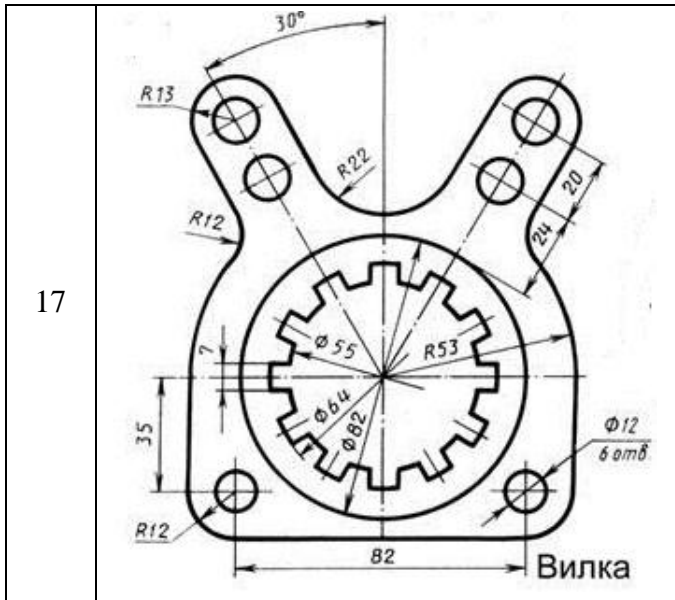
9



10







## СПОСОБИ ЗОБРАЖЕНЬ ПРЕДМЕТІВ НА КРЕСЛЕНИКАХ

## Теоретичні відомості

Методи побудови та читання креслеників ґрунтуються на теорії прикладної геометрії. Зображення предметів виконують за методом прямокутного проєкціювання, хоча в деяких випадках застосовують і косокутне проєкціювання.

При зображенні предмета припускають, що він розташований між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій (рис. 14.1, а).

Основними площинами проєкцій вважають шість граней куба, які суміщуються з площиною кресленика (рис. 14.1, б). Зображення на площині 1 (фронтальній площині проєкцій) приймають на кресленику за головне.

Предмет розміщують відносно фронтальної площини так, щоб зображення на ній давало найповніше уявлення про форму й розміри предмета.

Площину 6 можна також розміщувати біля площини 4. Зображення на креслениках залежно від їхнього змісту поділяються на вигляди, розрізи та перерізи.

*Вигляди.* Зображення видимої частини поверхні предмета, що повернена до спостерігача, називається виглядом. На виглядах можна показувати штриховими лініями невидимі елементи предмета, якщо вони не є складними (рис. 14.2, б).

Розрізняють основні, додаткові та місцеві вигляди.

Якщо предмет проєкціюється на основні площини проєкцій, то матимемо основні вигляди. Встановлено такі назви основних виглядів (рис. 14.1, а, б): 1 – вигляд спереду (головний); 2 – вигляд зверху; 3 – вигляд зліва; 4 – вигляд справа; 5 – вигляд знизу; 6 – вигляд ззаду.

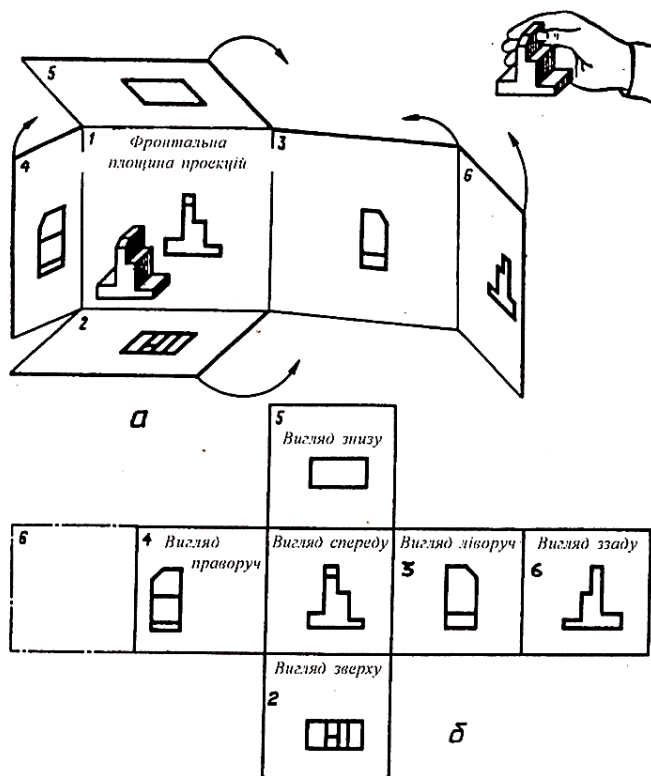


Рис. 14.1 Утворення виглядів на кресленику деталі



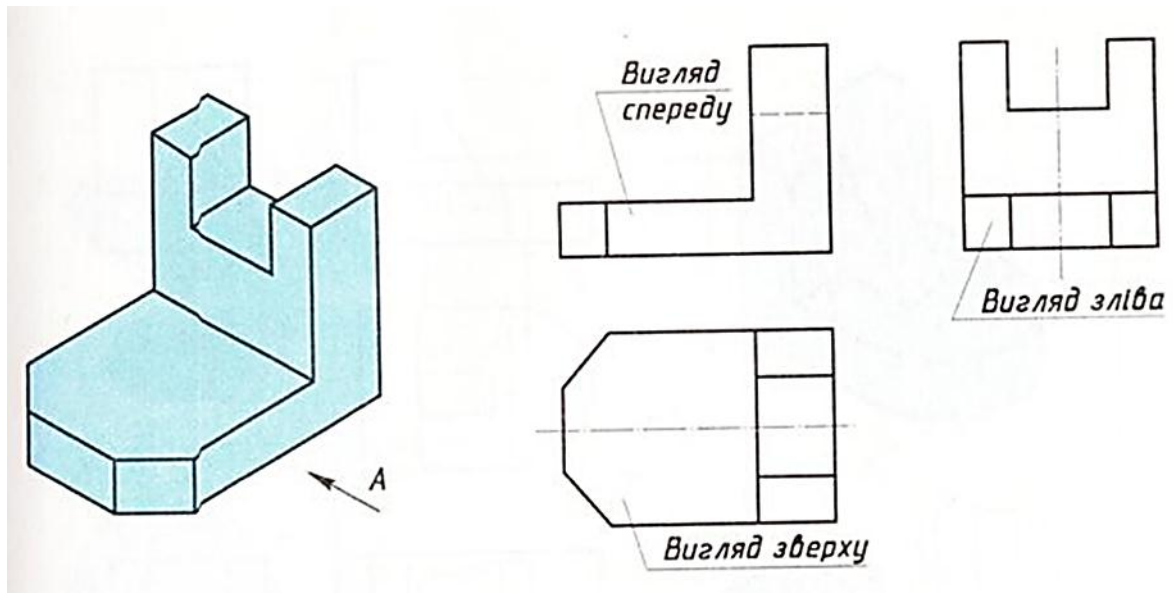


Рис.14.2 Побудова трьох основних виглядів деталі [6, 95].

Додаткові вигляди отримують при проєкціюванні предмета на площини, не паралельні жодній з основних площин проєкцій. Додатковий вигляд застосовують, коли якусь частину виробу не можна показати на жодному з основних виглядів, не спотворивши її форму й розміри (рис. 14.3).

На кресленіку додатковий вигляд позначають великою літерою (наприклад, «А»), а біля зображення предмета, яке пов'язане з додатковим виглядом, ставлять стрілку, що показує напрямок погляду, і відповідну літеру (рис. 14.3г). Розмір шрифту для позначення беруть приблизно у два рази більшим за розміри цифр розмірних чисел.

Якщо додатковий вигляд розміщено в безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням (рис. 14.3в), то стрілку і напис над виглядом не ставлять. Додатковий вигляд можна повертати, але, як правило, зі збереженням положення, прийнятого для фігури на головному зображенні. При цьому позначення вигляду має бути доповнене умовним графічним знаком  $\odot$ , у разі потреби можна зазначити кут обертання (рис. 14.3д).

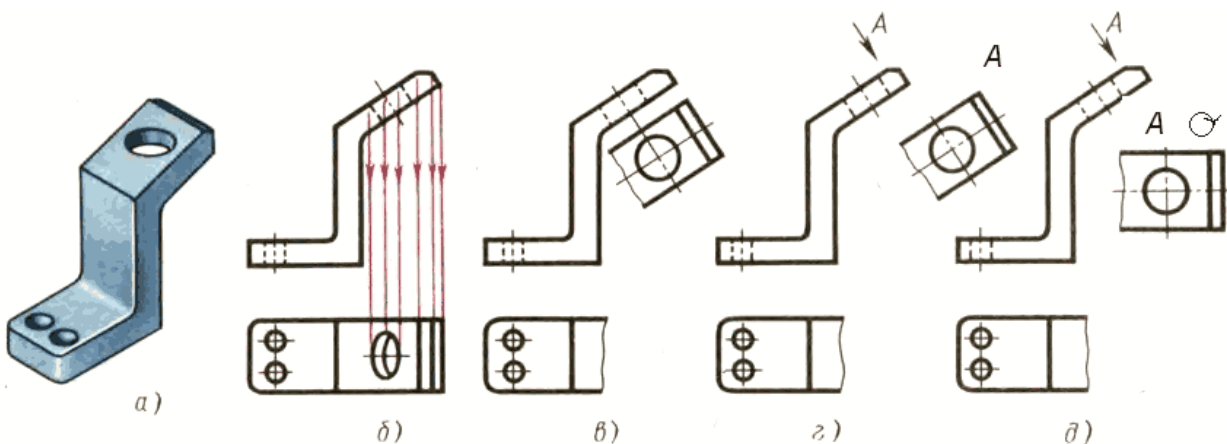


Рис. 14.3 Додаткові вигляди



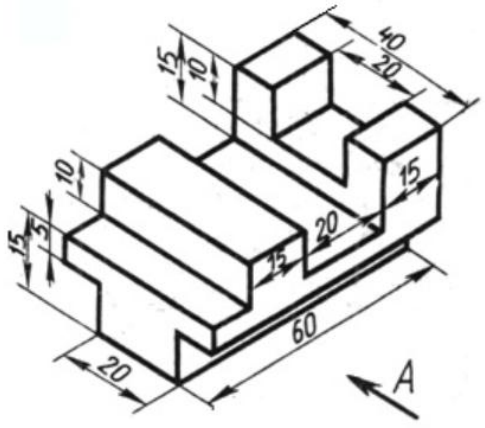
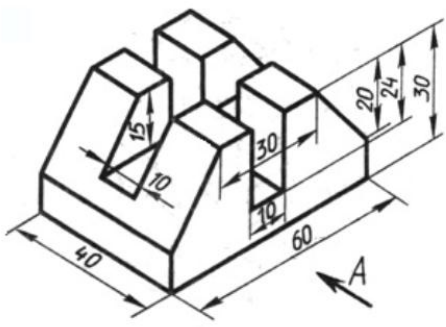
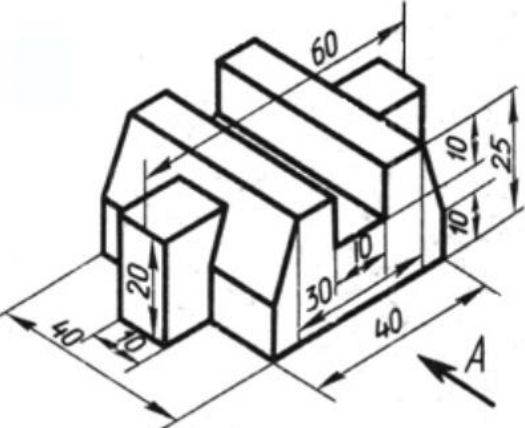
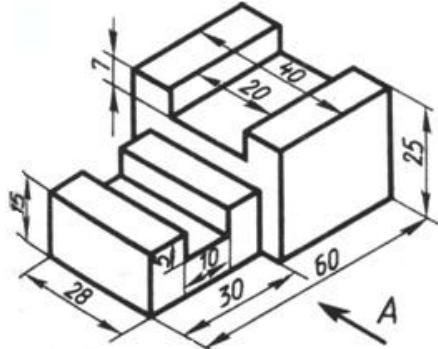
### Запитання для самоконтролю:

1. Дайте характеристику основному виду проєкціювання в кресленні.
2. Назвіть ознаки вибору головного вигляду на кресленнику.
3. Дайте характеристику використання штрихової лінії на креслениках.
4. Які вимоги висуваються до розташування виглядів на кресленнику?
5. Розкрийте особливості правильного нанесення розмірів на кресленнику.

### Послідовність виконання графічної роботи 14.1

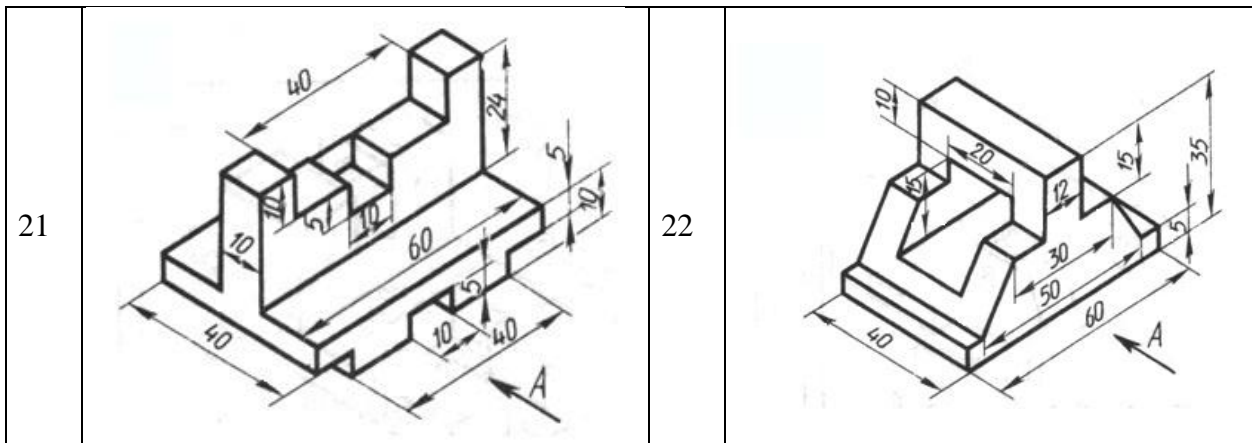
1. Ознайомитися з вимогами до виконання ортогональних креслень.
2. Виконати кресленик моделі в трьох проєкціях на форматі А3, варіанти завдань наведені в табл. 14.1.
3. Нанести необхідні розміри.
4. Заповнити таблицю основного напису.

Таблиця 14.1 Варіанти до завдання 14.1

№	Завдання	№	Завдання
1		2	
3		4	



13		14	
15		16	
17		18	
19		20	



**Послідовність виконання графічної роботи 14.2**

1. За двома заданими проекціями уявити форму деталі та виконати креслення деталі в трьох проекціях на форматі А3, варіанти завдань наведені в табл. 14.2.
3. Нанести необхідні розміри.
4. Заповнити таблицю основного напису.

**Таблиця 14.2 Завдання до графічної роботи №14.2**

№	Завдання	№	Завдання
1		2	
3		4	



5		6	
7		8	
9		10	

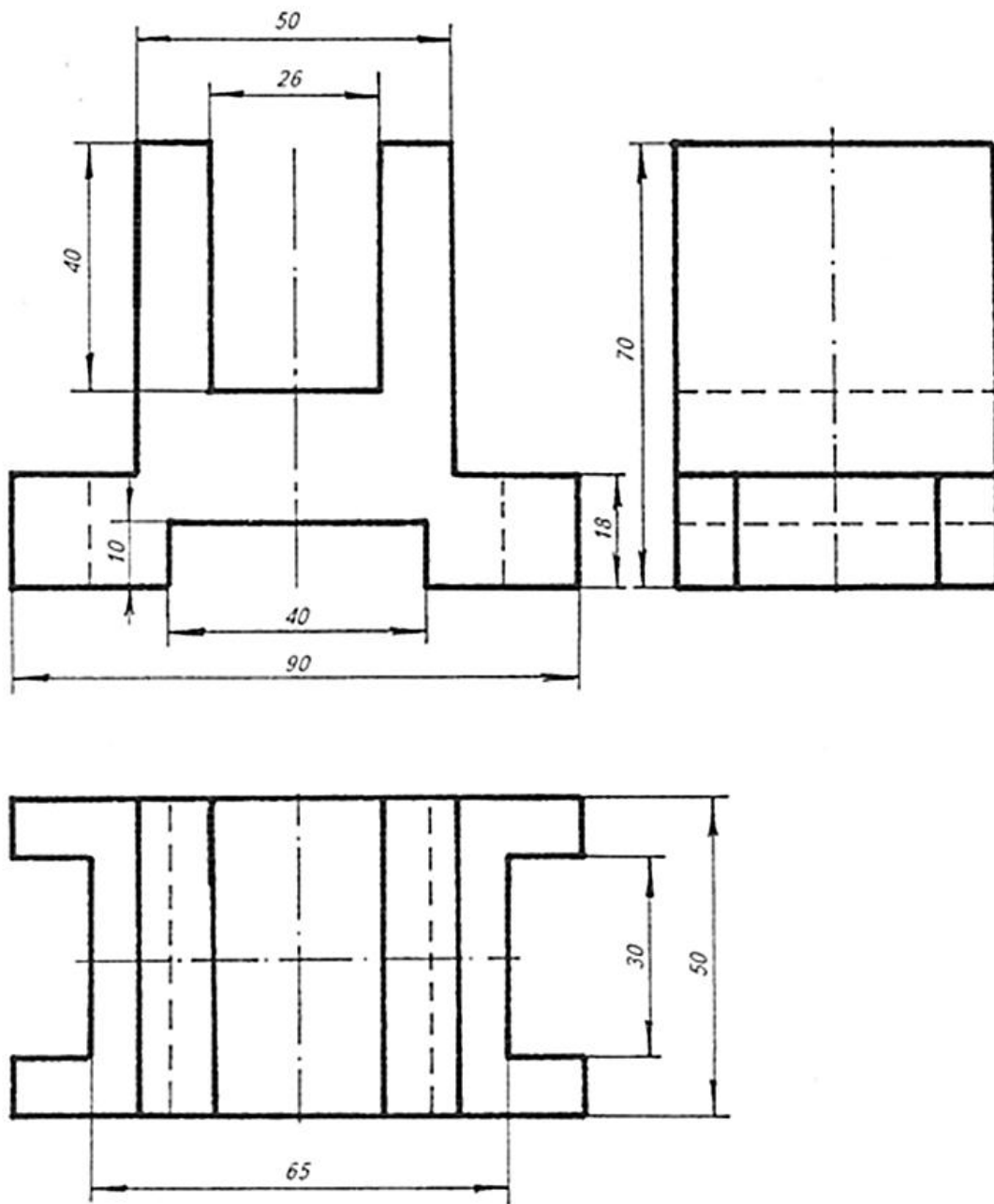


Рис.14.4 Зразок виконання графічних робіт № 14.1-14.2 [1, 316]

## ПОБУДОВА РОЗРІЗІВ, ПЕРЕРІЗІВ ТА СКЛАДНИХ РОЗРІЗІВ

### Теоретичні відомості

Значна кількість штрихових ліній, що використовується для зображення контурів невидимих поверхонь, може ускладнити читання і розуміння креслення. Тому в таких випадках для розкриття внутрішньої будови предмета використовують розрізи і перерізи.

*Розріз* – це зображення предмета, уявно розсіченого однією або кількома площинами, коли зображується те, що знаходиться в січній площині і те, що ми будемо бачити за нею (рис. 15.1). Умовне розсікання стосується тільки зображуваного розрізу і не впливає на інші зображення того самого предмета.

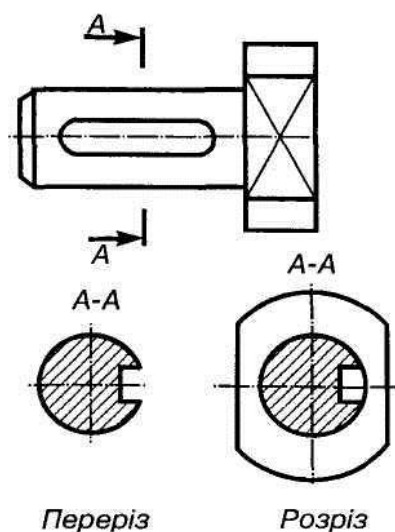


Рис.15.1 Відмінності розрізу і перерізу

*Переріз* – це зображення плоскої фігури, що утворюється при умовному перерізі предмета січною площиною, причому зображується тільки те, що розміщено в січній площині (рис. 15.1).

Отже, існує відмінність між розрізом та перерізом: переріз є складовою частиною розрізу.

На розрізі внутрішні форми зображують лініями видимого контуру, монолітні ділянки, що потрапляють в січну площину, заштриховують, а пустотілі залишаються не заштрихованими.

Частина деталі, яка зображується на розрізі

Частина деталі, яка зображується на розрізі

Частина деталі, яка умовно відкидається

Частина деталі, яка умовно відкидається

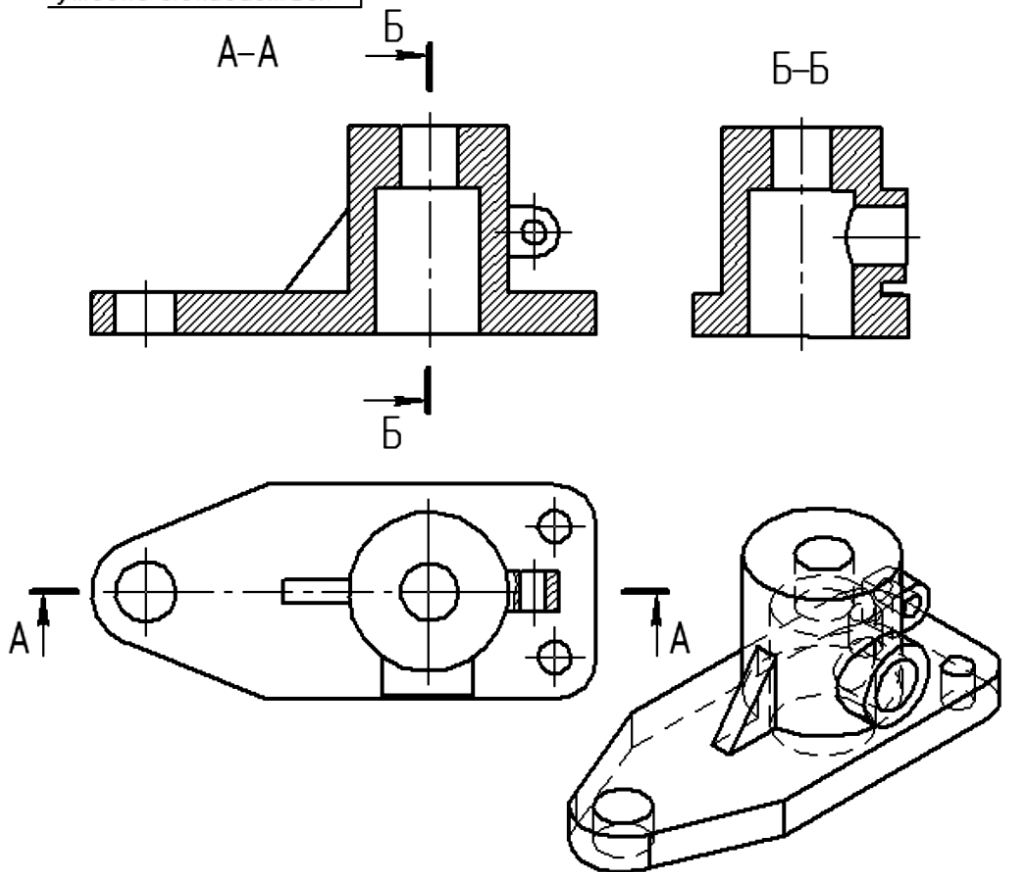


Рис. 15.2 Принцип утворення розрізу

### Класифікація розрізів

1. Залежно від положення січної площини розрізи поділяють на:

а) *горизонтальні* – січна площина розташовується горизонтально (рис.15.3);



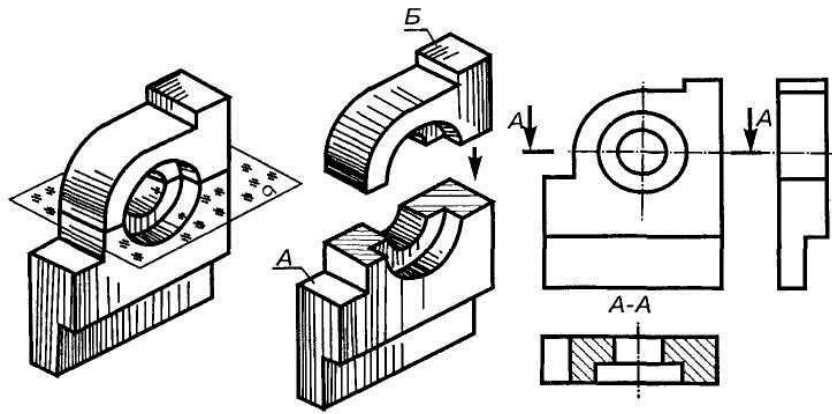


Рис. 15.3 Горизонтальний розріз

б) *вертикальні* – січна площина розташовується вертикально. У свою чергу, вертикальні розрізи поділяються на *фронтальні*, якщо січна площина фронтальна (рис.15.4), та *профільні*, якщо січна площина профільна;

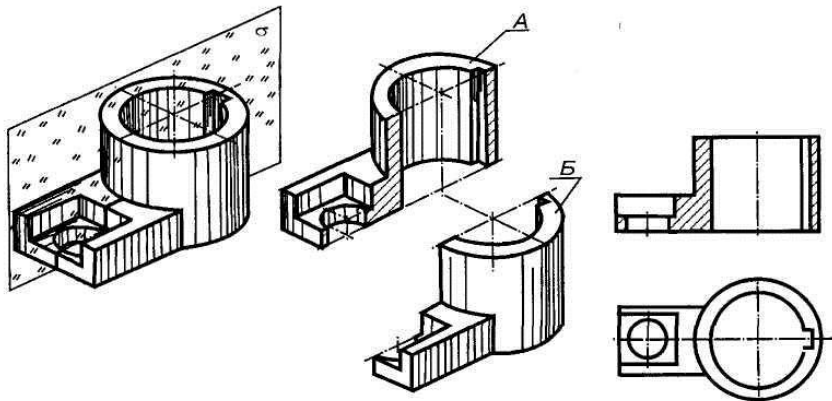


Рис. 15.4 Фронтальний розріз

в) *похилі* – січна площина утворює з горизонтальною площиною кут, що відрізняється від прямого (рис. 15.5). Похилий розріз проєкціюється на додаткову площину, паралельну січній, яка потім суміщується з площиною кресленика. Його можна розміщувати на довільному місці аркуша або в безпосередньому проєкційному зв'язку.

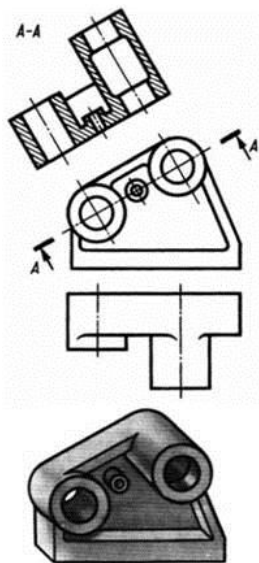


Рис. 15.5 Похилий розріз

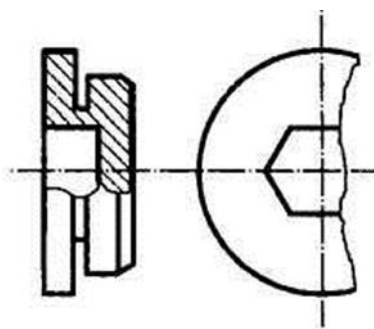


Рис. 15.6 Місцевий розріз

2. Залежно від положення січної площини відносно предмета розрізи поділяють на:
- поздовжні* – січна площина спрямована вздовж предмета (рис. 15.7);
  - поперечні* – січна площина розміщена упоперек предмета (рис. 15.8).

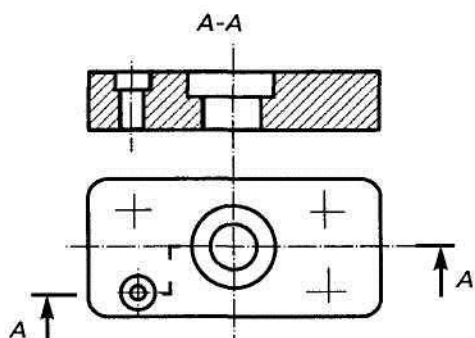


Рис. 15.7 Поздовжній розріз

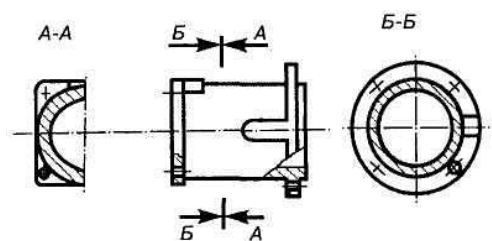


Рис. 15.8 Поперечний розріз

3. Залежно від кількості січних площин, розрізи бувають:

- прості* – утворені однією січною площиною;
- складні* – утворені двома і більше січними площинами.

Крім розглянутих, розрізняють ще *місцевий* розріз (рис. 15.6), який дає змогу виявити будову предмета в окремому обмеженому місці. Місцевий розріз на вигляді обмежують хвилястою лінією, яка не має збігатися з лініями контуру.

**Позначення розрізу і перерізу** містить наступні елементи:

- Позначення положення січної площини розімкненою лінією* (лінія перетину), початковий і кінцевий штрихи якої не повинні перетинати контур відповідного зображення (рис. 17.9). Стрілкою позначається напрямок погляду після уявного видалення частини деталі, проводиться на відстані 2 або 3 мм від зовнішнього краю штриха. Зовні стрілок ставлять одну й ту саму велику літеру українського алфавіту, наприклад *A-A*.

- Позначення розрізу безпосередньо над його зображенням за типом *A - A* без підкреслення.*

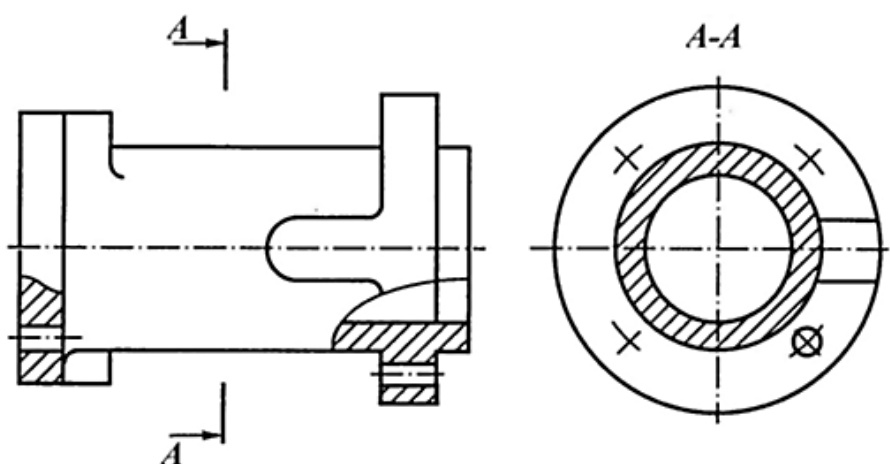


Рис. 15.9 Позначення розрізу і перерізу

Якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а розріз чи переріз розміщені на місці одного з видів в безпосередньому проекційному зв'язку, то для

горизонтальних, фронтальних та профільних розрізів не показують положення січної площини, а сам розріз написом не супроводжують.

### **З'єднання половини вигляду і половини розрізу.**

На рис. 15.10, *а* наведені кресленики деталі без розрізу і поряд з розрізом. На виконання цих зображень потрібен значний час.

На рис. 15.10, *б* кресленик містить половину головного вигляду і поруч половину розрізу тієї самої деталі. Зрозуміла форма відсутніх половини виду або половини розрізу, на місці яких стоять знаки питання «?» Так як вид і розріз – симетричні фігури, то за половиною вигляду можна уявити собі другу його половину. Те саме можна сказати і при розгляді половини розрізу. Тому рекомендується з метою скорочення розміру креслення і часу на його виконання з'єднувати половину вигляду і половину відповідного розрізу, коли вигляд і розріз являють собою симетричні фігури. (рис. 15.10, *в*).

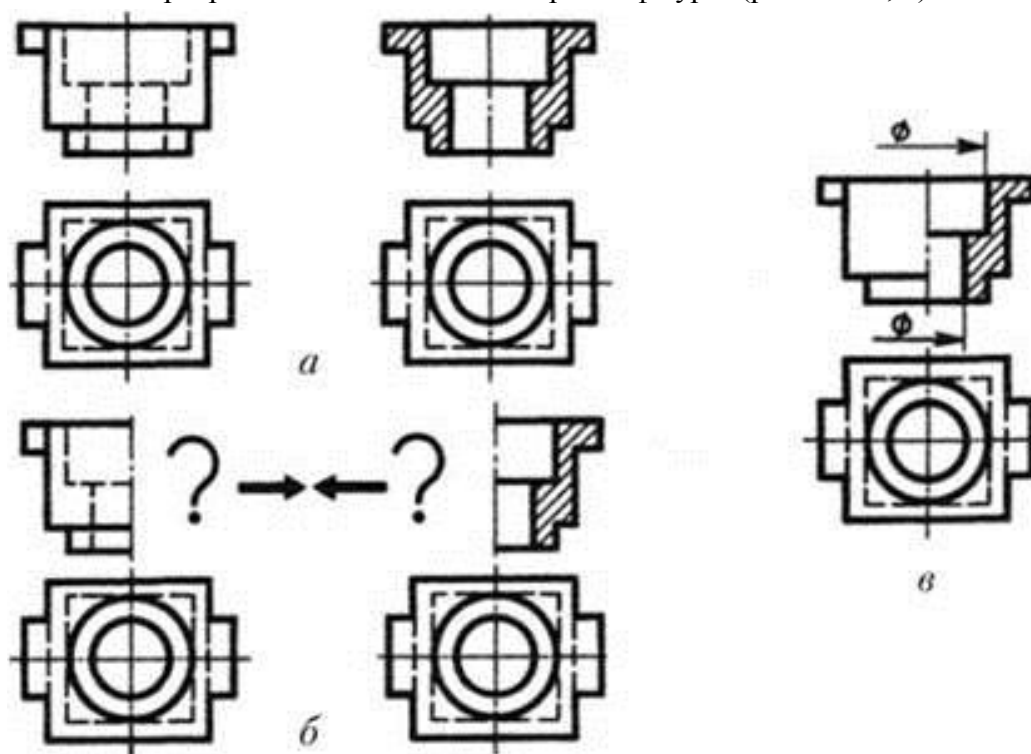


Рис. 15.10. З'єднання половини вигляду і половини відповідного розрізу

При виконанні зображень, що містять з'єднання половини вигляду і половини відповідного розрізу, необхідно дотримуватися наступних правил:

- лінією, що розділяє половину вигляду і половину розрізу, повинна слугувати вісь симетрії, тобто штрихпунктирна тонка лінія; проводити на місці розділу лінію контуру не потрібно, так як зображення це умовне і на деталі в місці уявного розділу ніякої лінії немає;
- розмірні лінії, що належать до елемента деталі, накресленого лише до осі симетрії, проводять не повністю, вони на 2-3 мм заходять за вісь, стрілку викреслюють тільки з одного боку, але розмір слід наносити повний (Див приклад виконання завдання).

### **Складні розрізи.**

На рис. 15.9, *а*, *б* зображена плита кондуктора. Отвори і проріз у ній розташовані так, що їх неможливо виявити за допомогою однієї січної площини. Якщо ж у розрізі показати тільки один прямокутний отвір, то цього буде недостатньо для з'ясування форми

деталі. Виконувати кілька різних розрізів теж недоцільно. У таких випадках застосовують складний розріз.

*Складним* називають розріз, утворений двома або кількома січними площинами. Залежно від розташування січних площин складні розрізи поділяються на ступінчасті і ламані.

*Ступінчастим розрізом* називається складний розріз, при якому січні площини паралельні (рис.15.11).

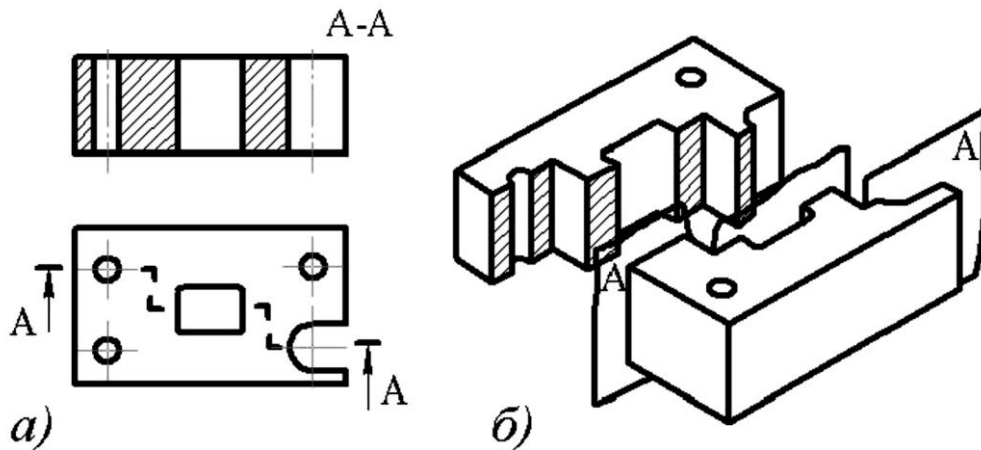


Рис.15.11 Ступінчастий розріз

*Ламаним розрізом* називається складний розріз, коли січні площини розташовуються під певним кутом. (Рис.15.12).

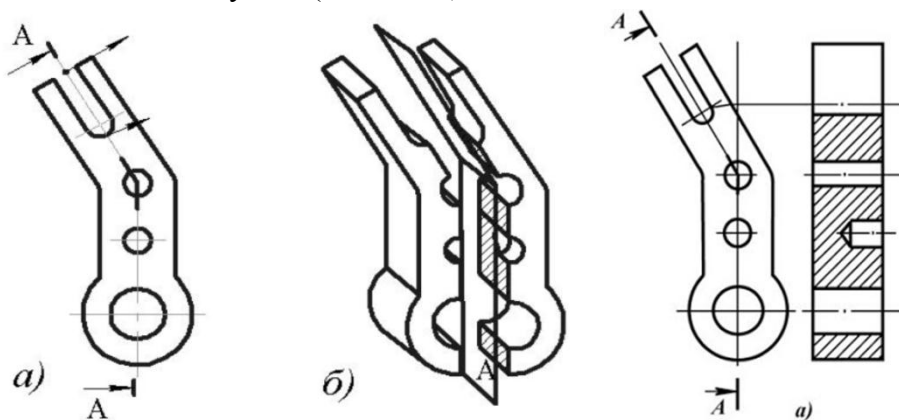


Рис. 15.12 Ламаний розріз

*Побудова складних розрізів.* На рис. 7.11 подано складний ступінчастий розріз. Уздовж плити кондуктора подумки спрямовано три січні площини, розташовані паралельно одна до одної (рис. 15.11, б). Перша січна площина виявляє форму циліндричних наскрізних отворів, друга – прямокутного отвору і третя – прорізу. Таким чином, виявляється внутрішня форма всієї деталі. Всі три січні площини суміщаються в площині кресленика, утворюючи складний ступінчастий розріз.

Похилу січну площину при побудові ламаних розрізів умовно повертають навколо лінії їхнього взаємного перетину до співпадіння з іншою площиною.

Якщо з'єднані січні площини виявляться паралельними до однієї з площин проєкцій, то ламаний розріз подають на місці відповідного виду.

На рис.15.12 похила січна площина разом з верхньою частиною деталі повернута в напрямку, зазначеному стрілкою, до з'єднання з вертикально розташованою до неї площиною. Потім на профільну площину проєкцій проєкціюється розріз. Завдяки повороту (рис. 7.12, а) похила частина деталі зображується в розрізі без спотворення, тобто в натуральну величину.

Зверніть увагу – після уявного розрізування похила частина деталі повертається до суміщення з вертикальною площиною навколо осі (точки стику двох січних площин, тобто в цій частині розрізу проєкційний зв'язок з головним видом не буде зберігатись).

*Позначення складних розрізів.* Положення січних площин при побудові складних розрізів позначається розімкненою лінією з *початковим, у місцях перегинів і кінцевим штрихами*. При цьому, як і при простих розрізах, біля початкового й кінцевого штрихів ставлять стрілки, що вказують напрямок погляду. На початку і в кінці розімкненої лінії ставиться велика буква українського алфавіту.

Над розрізом робиться напис типу «А–А». Отже, у складних розрізах тип лінії для позначення положення січних площин, напрямок і форму стрілок, букви для напису над розрізами вибирають так само, як і у простих розрізах і перерізах.

### **Перерізи**

Ортогональна проєкція предмета, уявно розрізаного однією чи кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь, називається перерізом. На перерізі показують лише те, що потрапляє безпосередньо в січну площину (рис. 15.1).

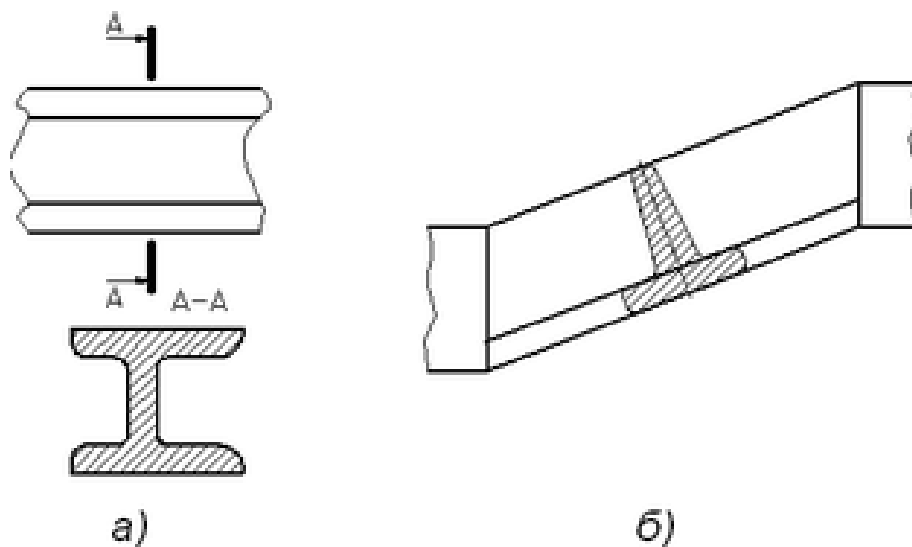


Рис. 15.13 Винесений та накладений переріз

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на винесені (рис. 15.13,а) та накладені (рис. 15.13,б). Перевага надається винесеним перерізам. Контур винесеного перерізу виконують суцільною основною лінією, якою показують контур предмета. Переріз штрихують під кутом 45° до основного нахилу креслення. Контур накладеного перерізу зображують суцільною тонкою лінією, причому контур зображення в місці накладеного перерізу не переривають (рис. 15.13, б).

Лінію площини винесеного перерізу зображують так само, як і лінію площини розрізу (розімкнена зі стрілками, що показують напрямок погляду), а сам переріз супроводжують написом типу А-А (рис. 15.13).

За побудовою і розміщенням переріз повинен відповідати напрямку, який показують стрілки.

Коли січна площина проходить через некруглий отвір і переріз складається з окремих самостійних частин, то застосовують розріз.

**Виносні елементи.** Виносний елемент може мати деталі, не показані на відповідному зображенні (див. рис. 15.17, а, б), і може відрізнятися від нього своїм змістом. Наприклад, зображення є виглядом, а виносний елемент - розрізом, рис 15.17, в). Якщо потрібно, то біля виносного елемента можна показати задаткове зображення, яке його стосується. Виносний елемент треба розміщувати якомога ближче до відповідного місця на зображенні. Застосовуючи виносний елемент, відповідне місце на вигляді, розрізі чи перерізі предмета обводять замкненою суцільною тонкою лінією - колом, овалом тощо. Від цієї лінії проводять тонку лінію - виноску з поличкою, на якій літерою позначають виносний елемент і масштаб зображення (див. рис. 15.14).

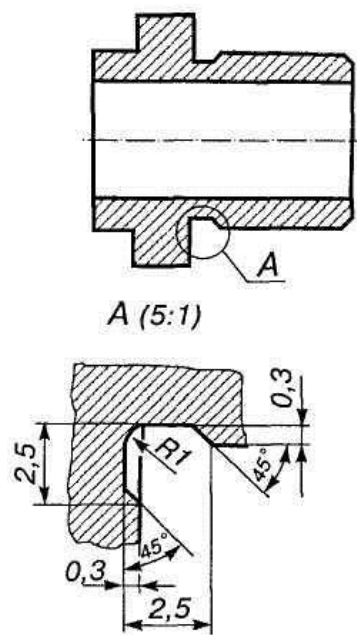


Рис. 15.14 Виносний елемент

#### Запитання для самоконтролю:

1. Як розташовуються вигляди і розрізи на кресленні?
2. Як розташовуються вигляди і перерізи на кресленні?
3. Для чого застосовують перерізи і розрізи на кресленнях?
4. Що називають січною площиною?
5. Якою лінією вказують положення січної площини на кресленні?
6. В яких випадках зображення винесеного перерізу супроводжують написом?
7. Чим відрізняються між собою винесений і накладений перерізи?
8. Яким перерізам слід надавати перевагу — винесеним чи накладеним?

### Послідовність виконання графічної роботи 15.1

1. Побудувати три вигляди деталі за заданим наочним зображенням з використанням необхідних простих розрізів (горизонтального та вертикальних). У разі, якщо глибина отвору в деталі не зазначена, вважати отвір наскрізним.

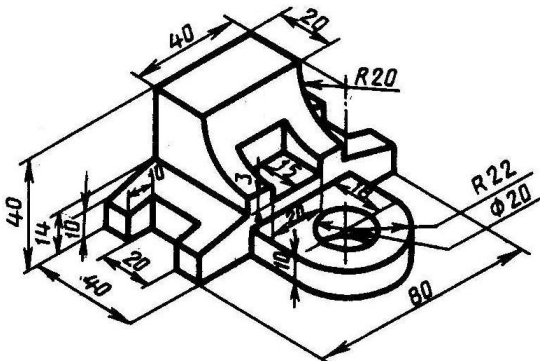
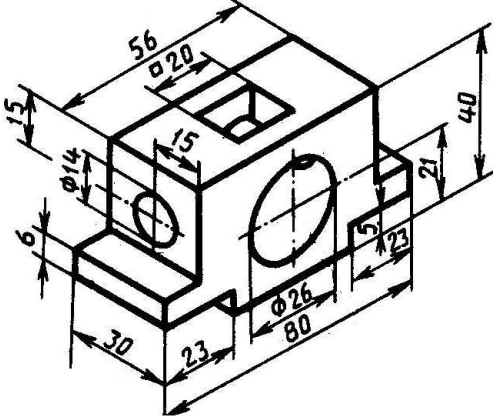
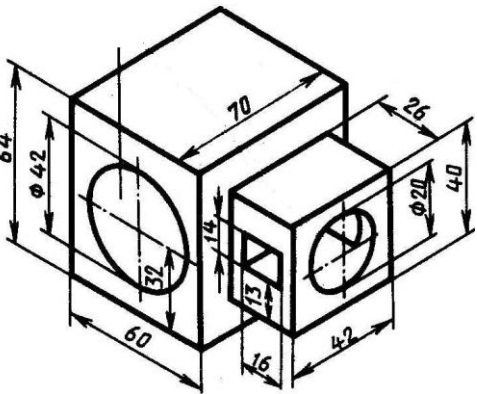
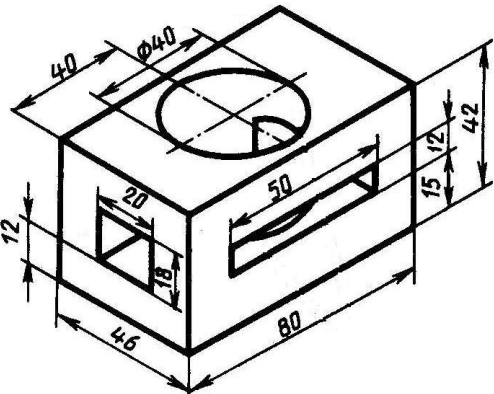
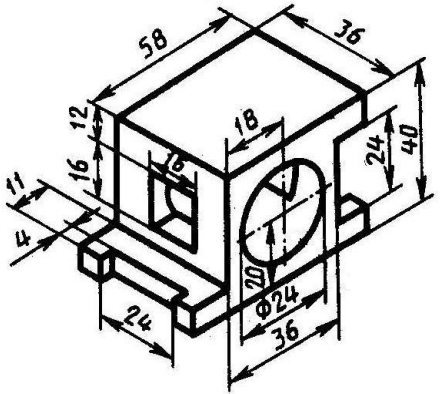
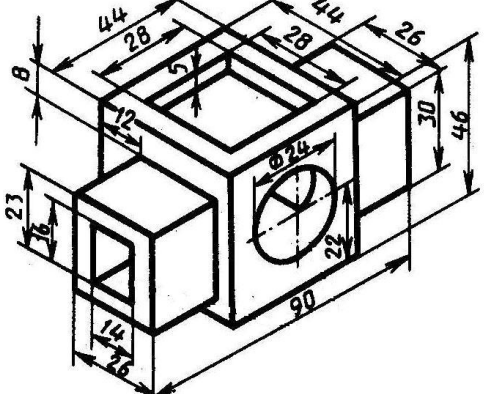
2. Нанести необхідні розміри.

3. Заповнити таблицю основного напису.

4. Варіанти завдань наведені в таблиці 15.1.

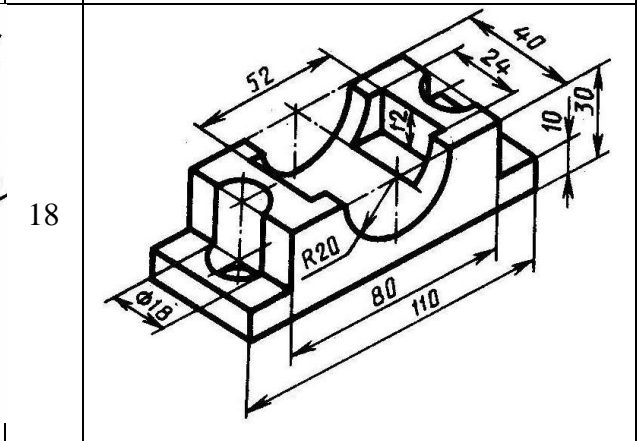
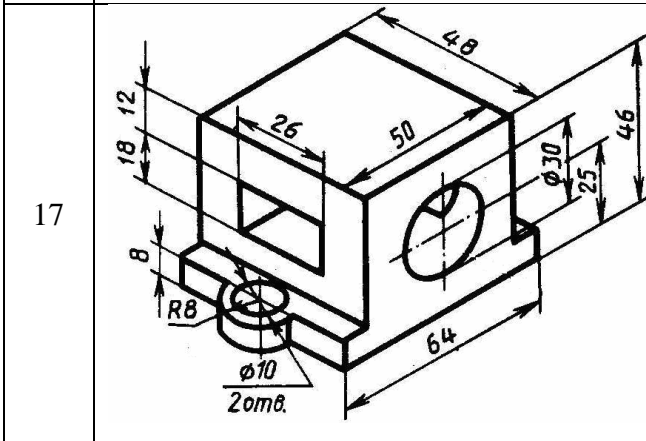
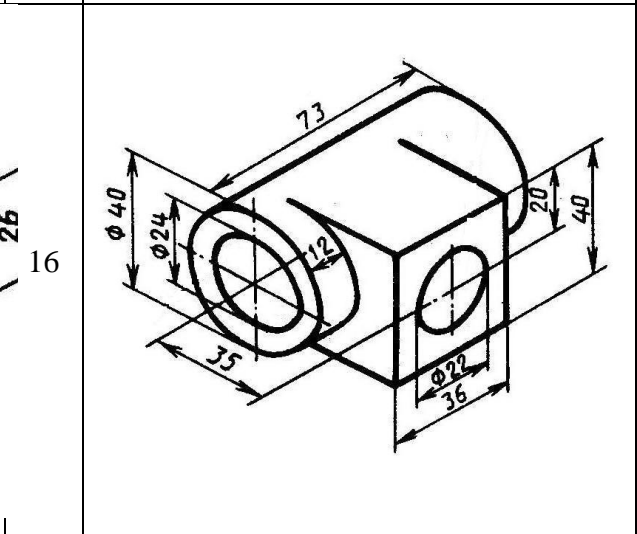
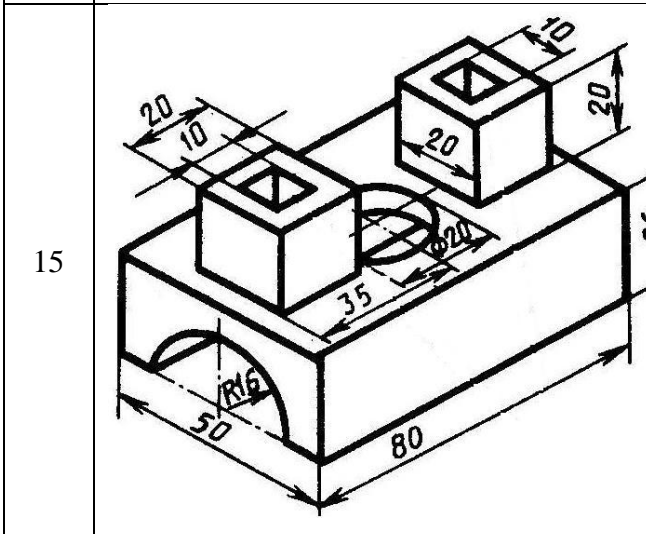
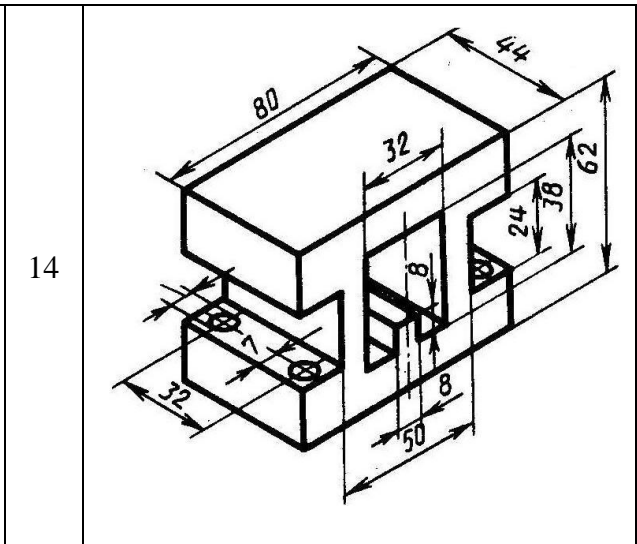
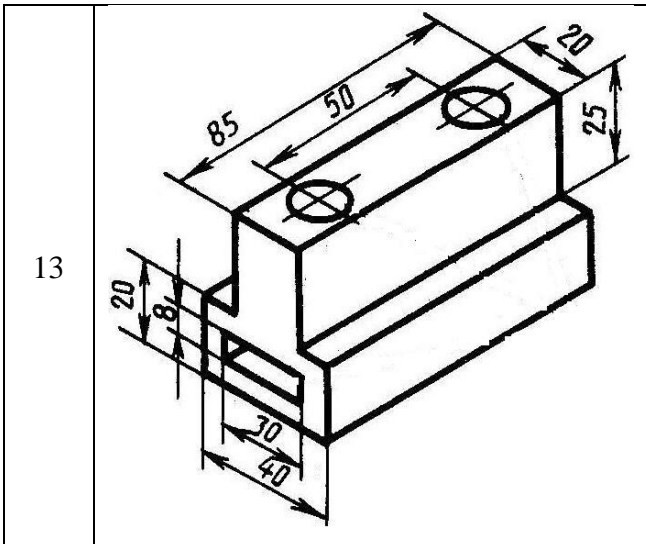
5. Приклад оформлення роботи показаний на рис. 15.15.

Таблиця 15.1 Варіанти завдань до графічної роботи №15.1 [1, 340]

№	Завдання	№	Завдання
1		2	
3		4	
5		6	

7		8	
9		10	
11		12	





19		20	
21		22	
23		24	

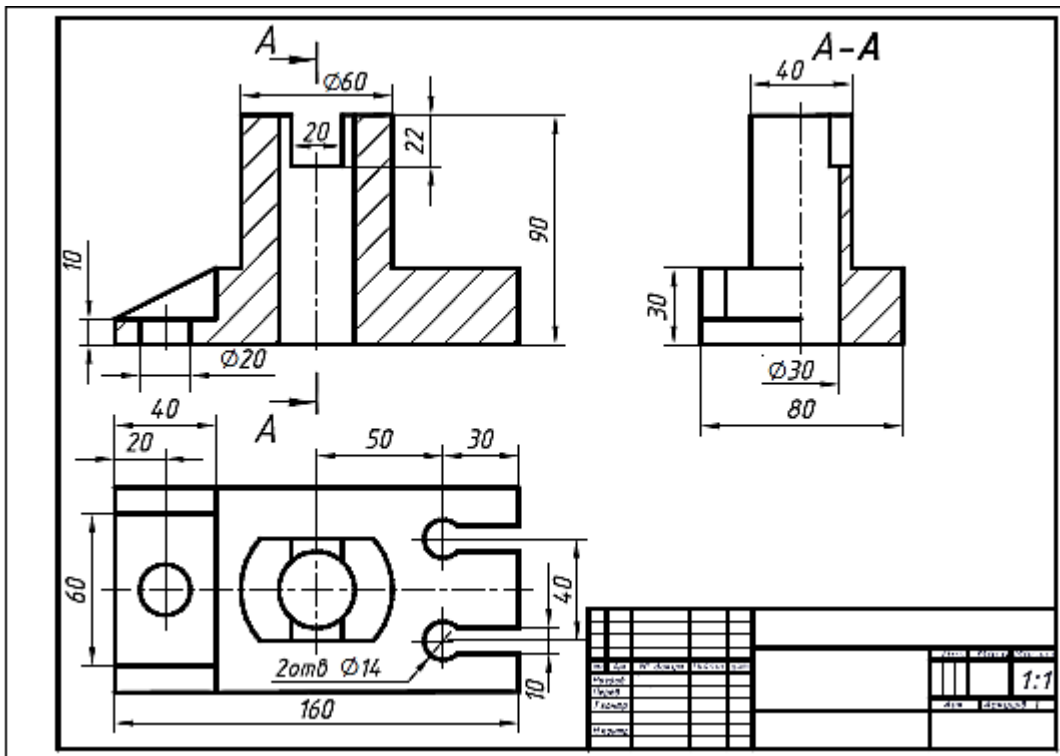


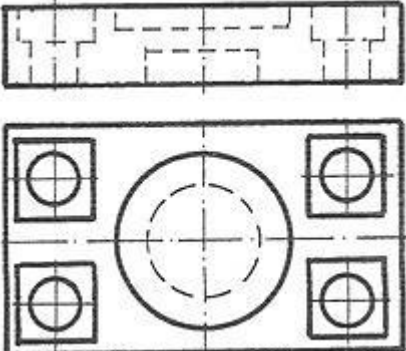
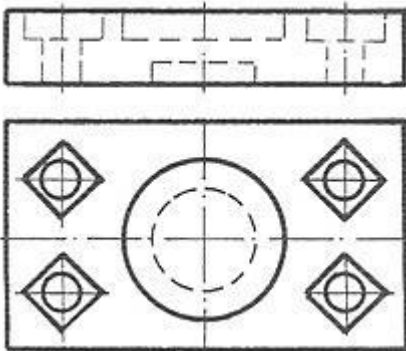
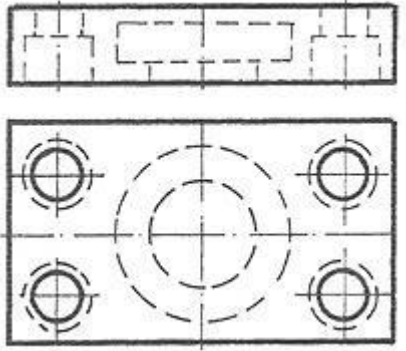
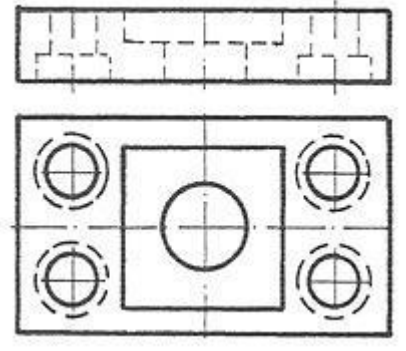
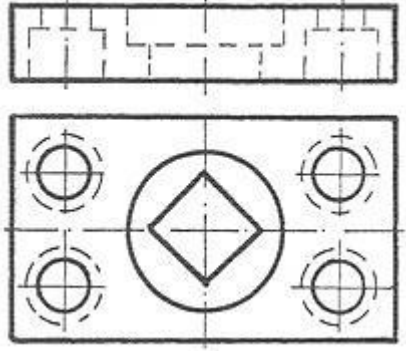
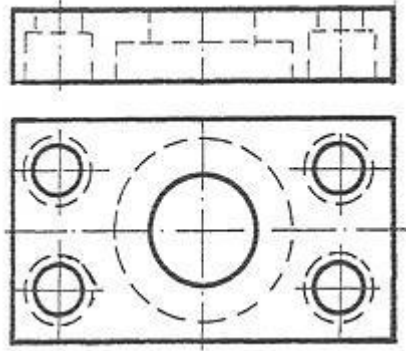
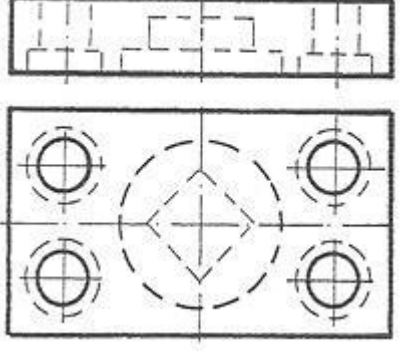
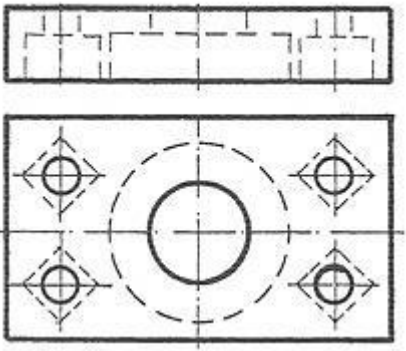
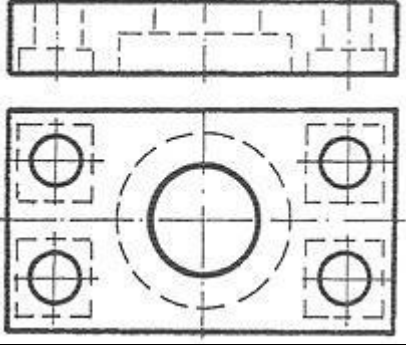
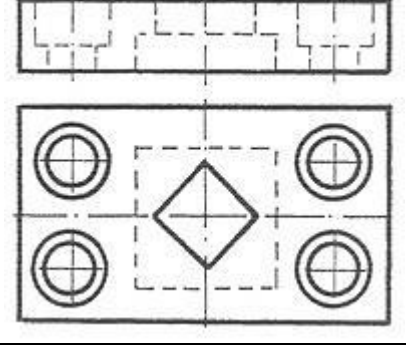
Рис.15.15 Приклад оформленої роботи. На місці головного вигляду виконано фронтальний розріз, на місці вигляду зліва – поєднання половини вигляду і половини профільного розрізу.

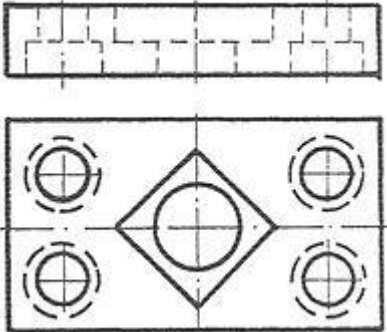
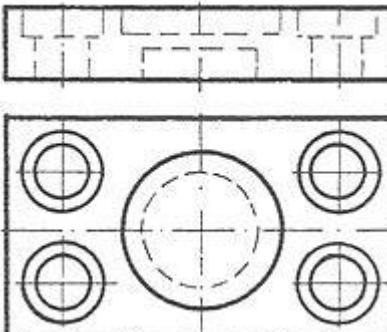
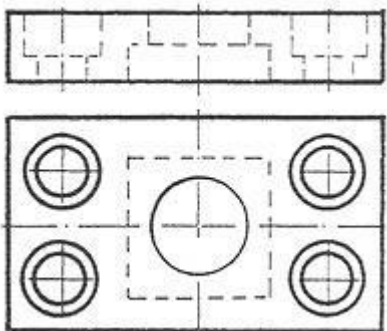
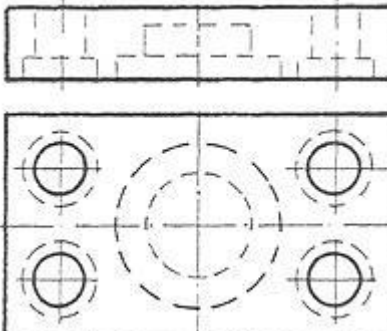
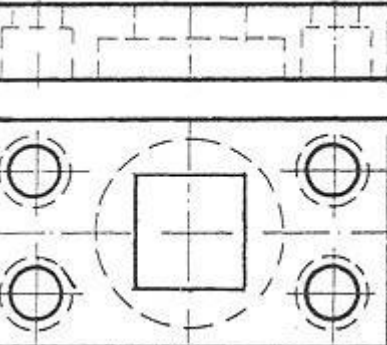
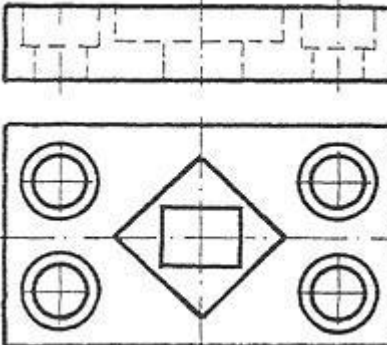
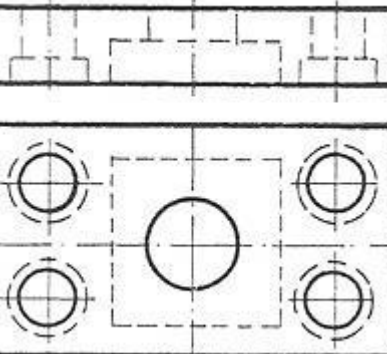
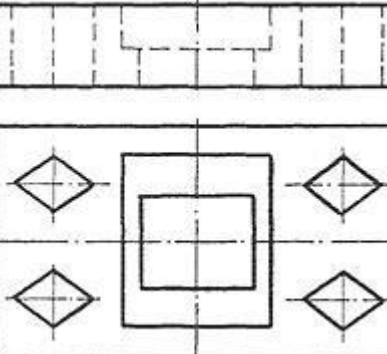
### Послідовність виконання графічної роботи № 15.2

1. Відповідно до варіанту на форматі А3 виконати креслення деталей з використанням відповідно ламаного або ступінчастого розрізів.
2. Нанести необхідні розміри.
3. Заповнити таблицю основного напису.
4. Варіанти завдань наведені в таблиці 15.2.
5. Приклад оформлення роботи показаний на рис. 15.16.

Таблиця 15.2 Варіанти завдань до графічної роботи №15.2 [1, 355]

№	Завдання	№	Завдання
1		2	

3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	

13		14	
15		16	
17		18	
19		20	

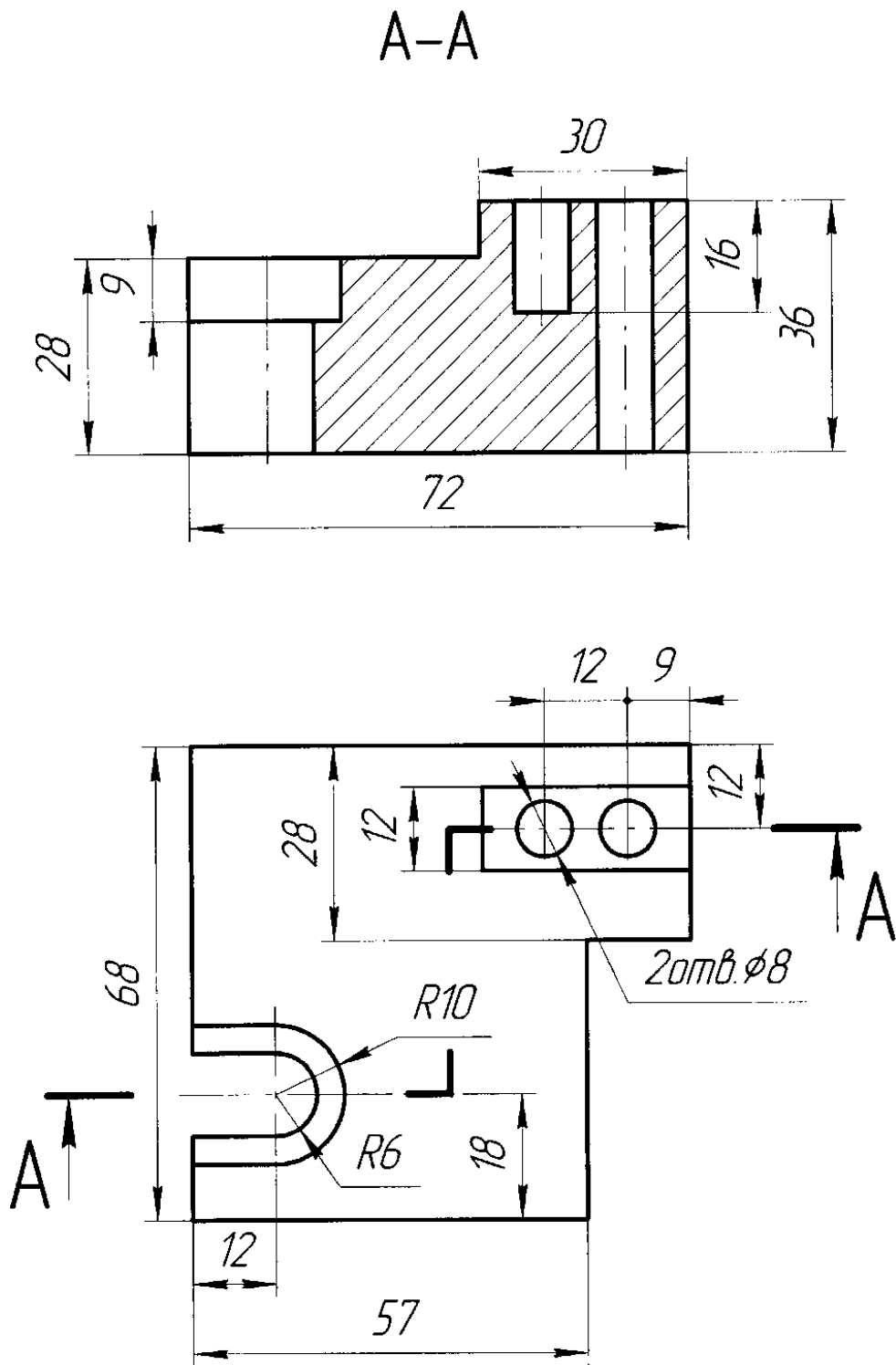


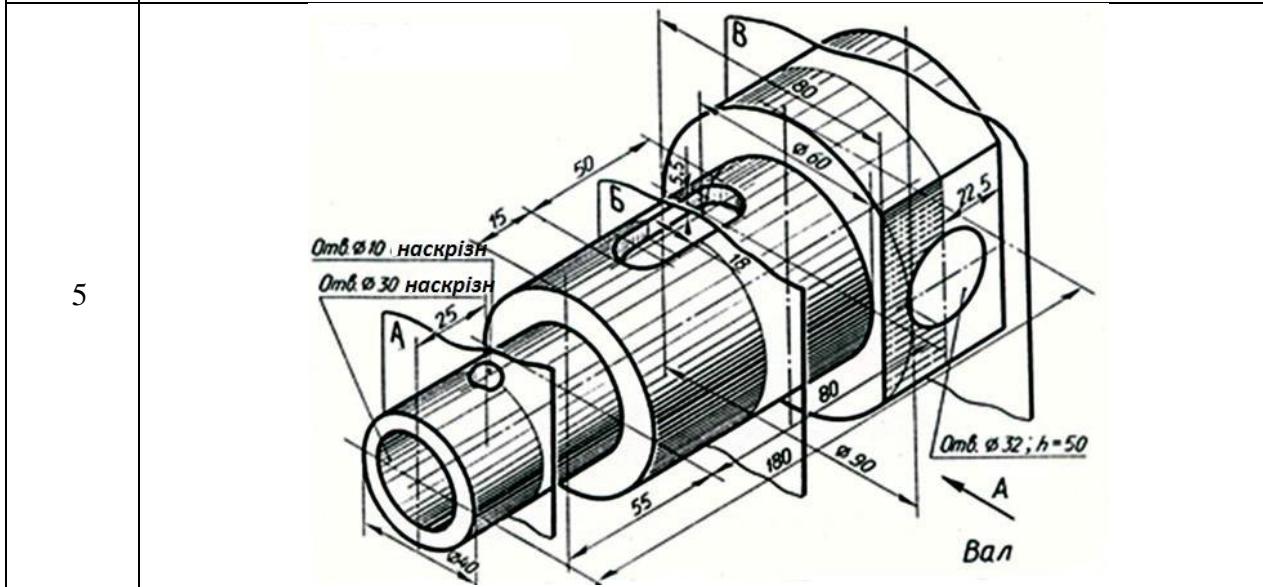
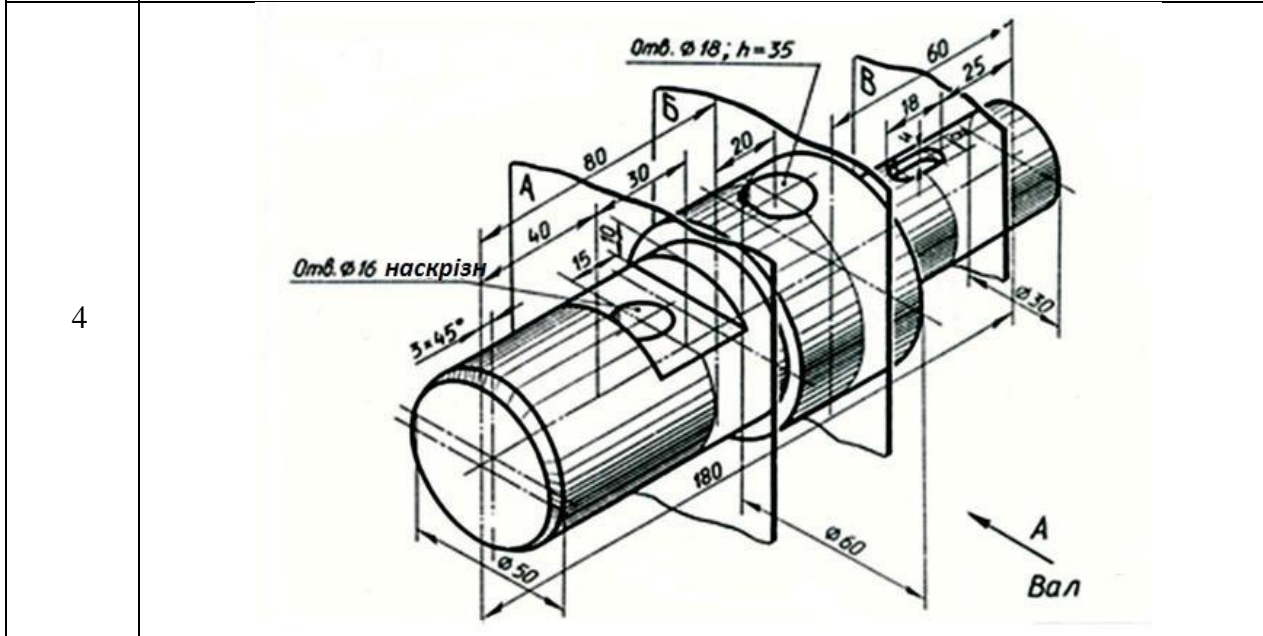
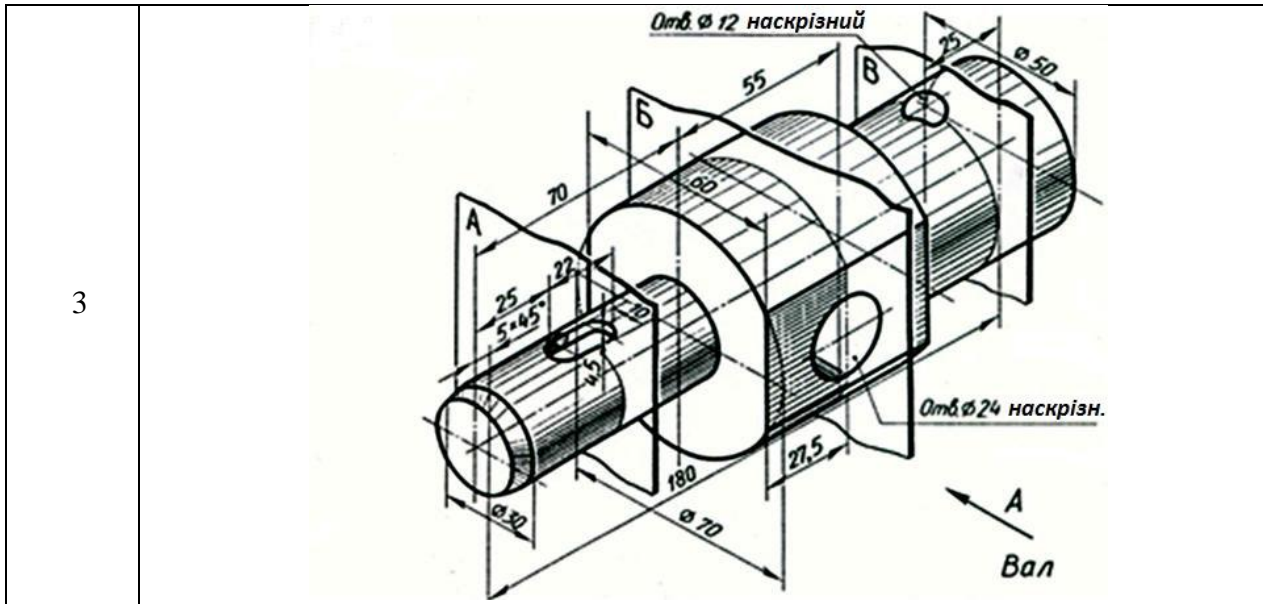
Рис.15.16 Приклад виконання графічної роботи №15.2



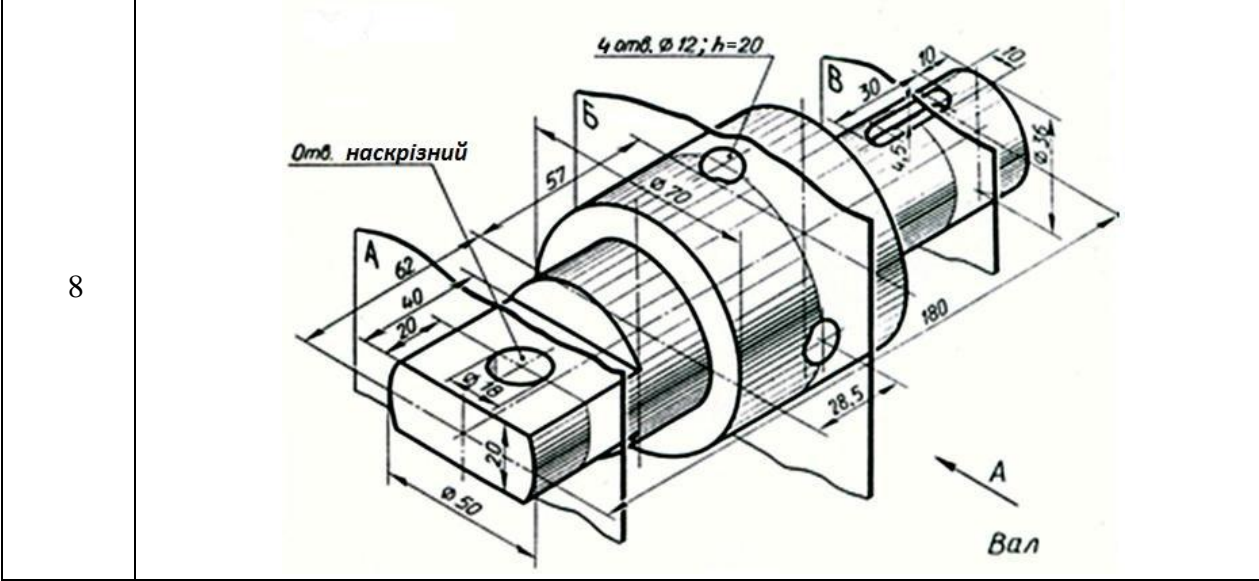
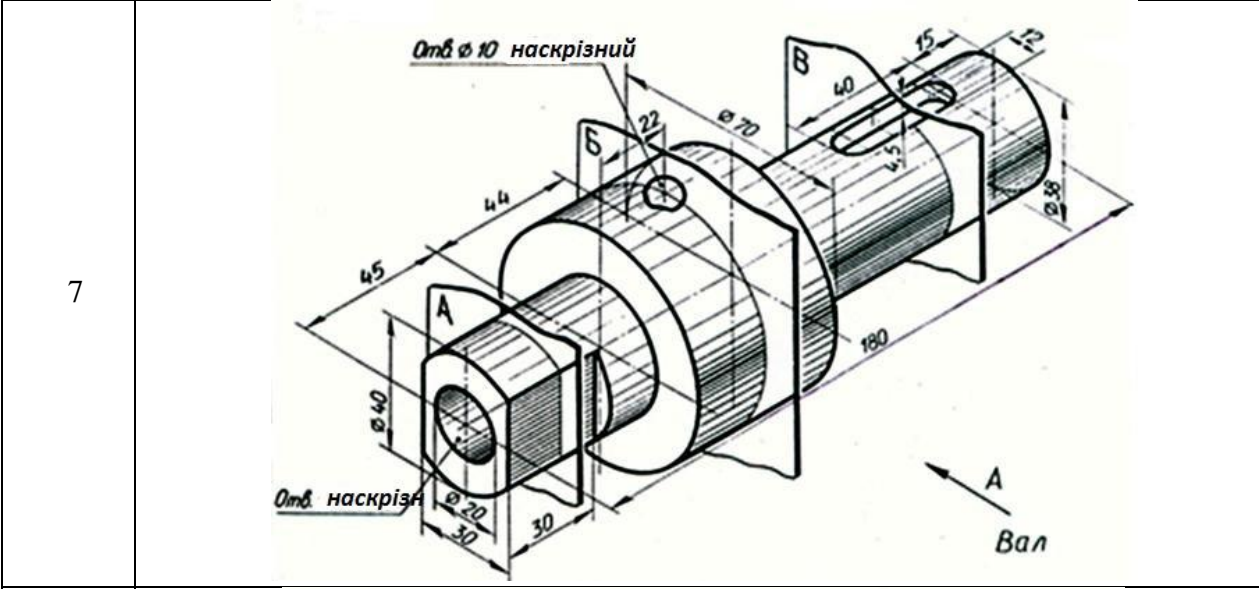
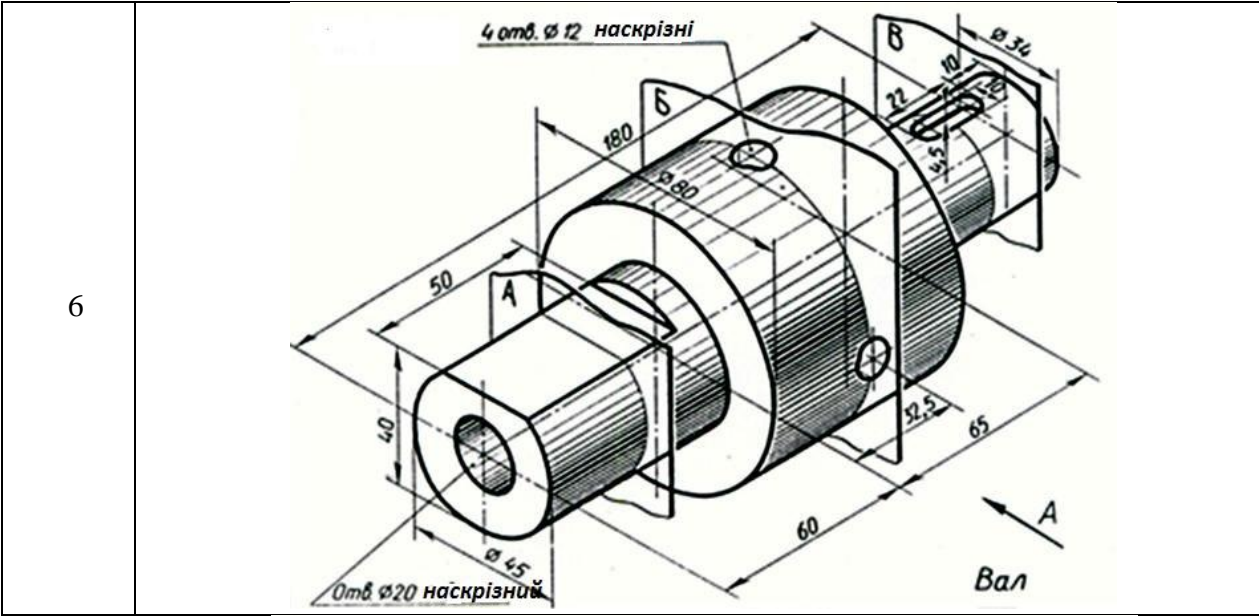
### Завдання до графічної роботи № 15.3

1. Відповідно до варіанту на форматі А3 накреслити головний вид деталі, прийнявши його за напрямком стрілки А. Виконати три перерізи, позначені площинами А,Б,В. Позначити їх. За необхідності – виконати місцеві розрізи.
2. Нанести розміри. Заповнити таблицю основного напису.

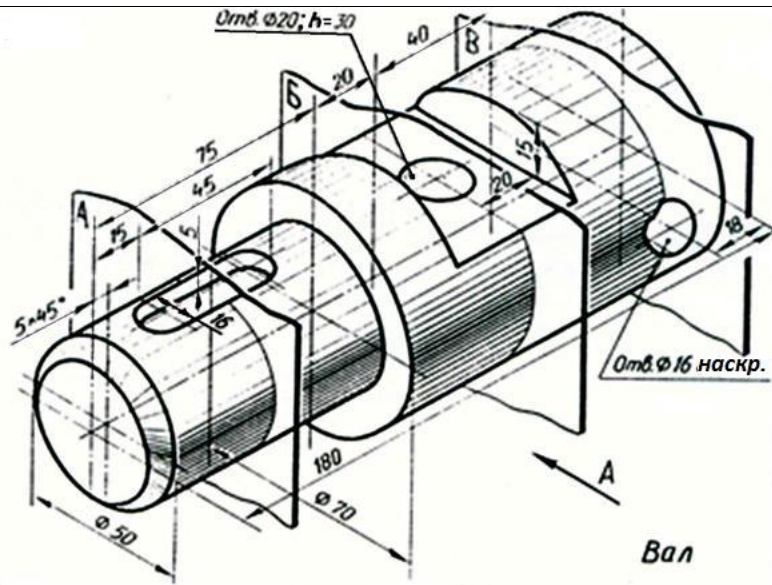
№	Завдання
1	
2	



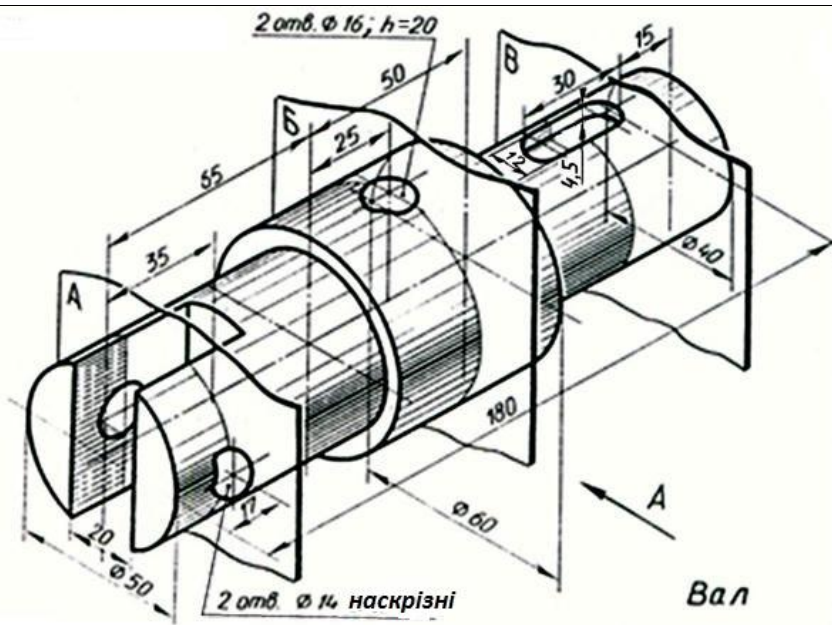




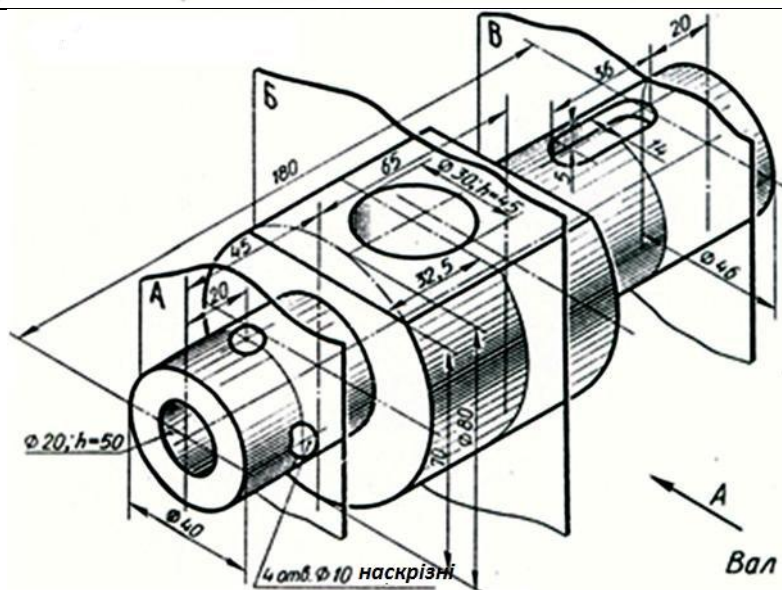
9



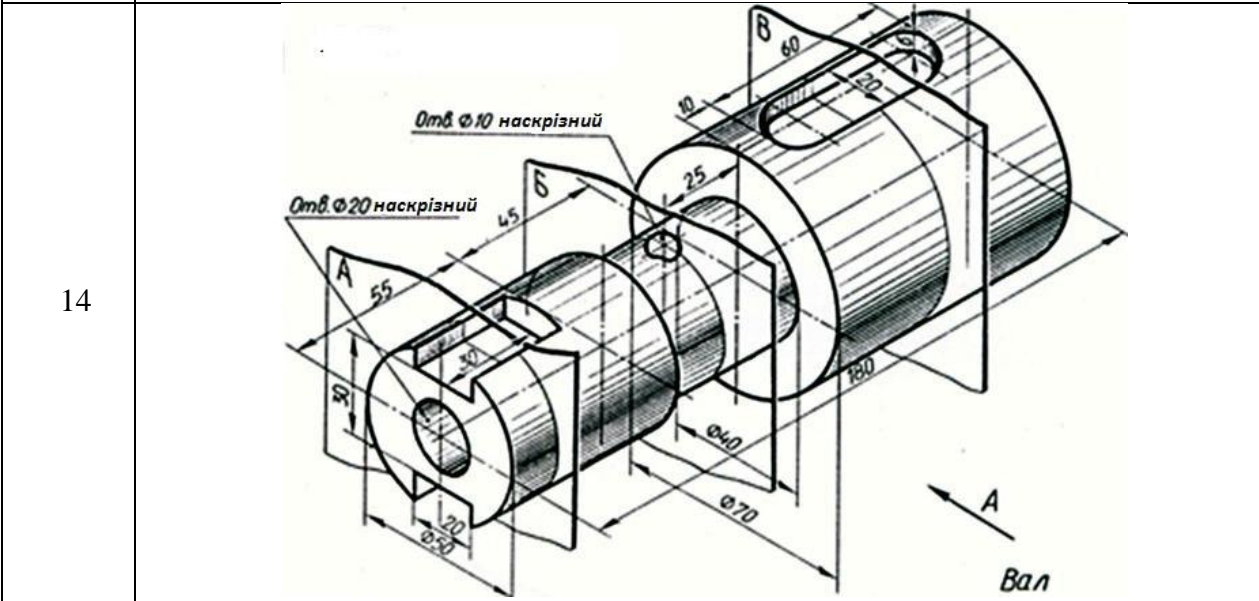
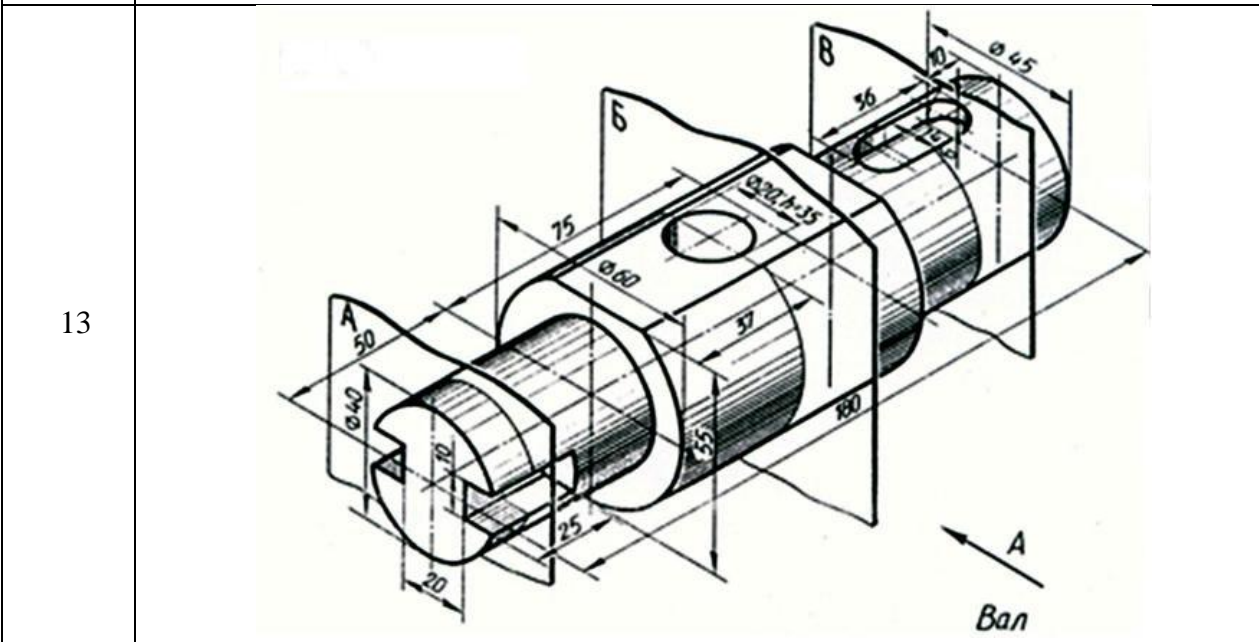
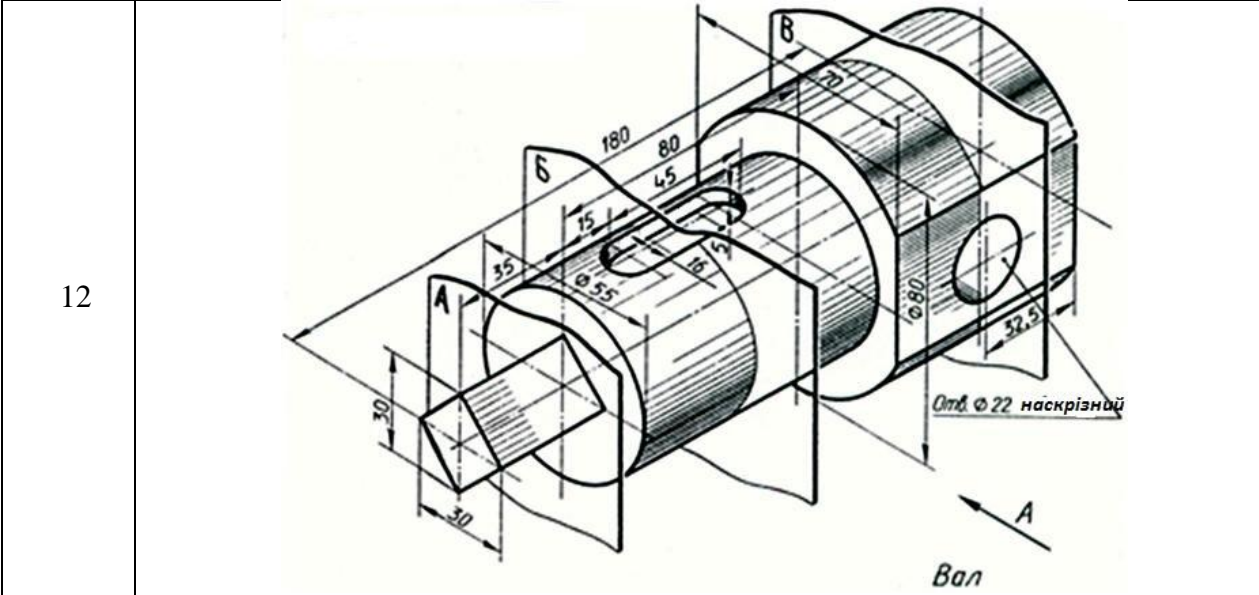
10



11







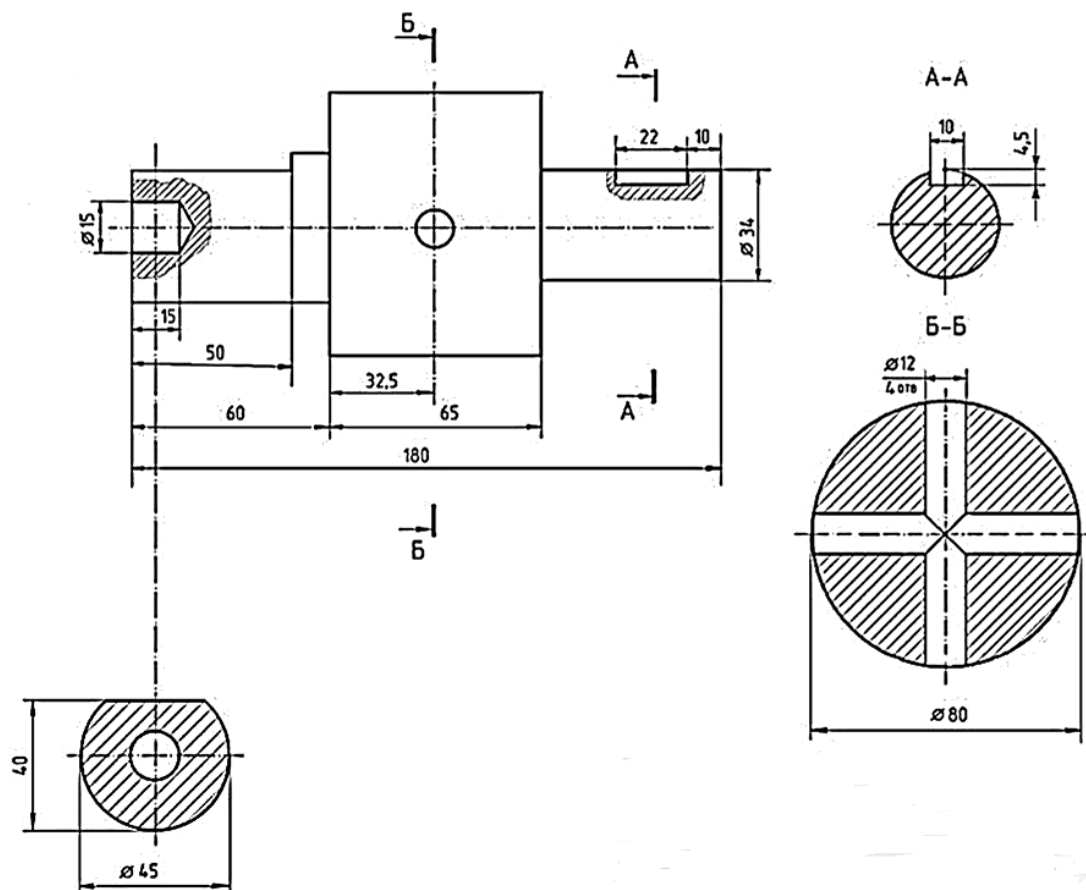


Рис. 15.17 Приклад виконання графічного завдання №15.3

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонович Є.А., Василюшин Я.В., Шпільчак В.А. Нарисна геометрія. Практикум: Навч. посібник/ За ред. проф. Є.А. Антоновича. — Львів: Світ, 2004. — 528 с.
2. Ванін В.В. Оформлення конструкторської документації: Навч. посіб. 4-е вид / В.В. Ванін, А.В. Блюк, Г.О. Гнітецька. - К.: Каравела, 2013,-160 с.
3. Кормановський С. І. Конспект лекцій з інженерної графіки: Конспект лекцій / Кормановський С. І. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 116 с.
4. Михайленко В. Є. Інженерна графіка: Підручник / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М.; за ред. В. Є. Михайленка. – К.: “Каравела”, 2008. – 272 с.
5. Нарисна геометрія: навч. посіб. / Науменко В.Я., Касперський А.В., Борейко С.Ю., Селезень В.Д.; за ред. В.Я.Науменка. – К.: Четверта хвиля, 2013 . – 144с.
6. Сидоренко В.К. Технічне креслення. – Львів: Орія- Нова, 2000, - 495с
7. ДСТУ ISO 5457:2006 (ISO 5457:1999, IDT) Національний стандарт України. Документація технічна на виробі. Кресленики. Розміри та формати
8. ДСТУ ISO 5455:2005 Кресленики технічні. Масштаби (ISO 5455:1979, IDT)
9. ДСТУ ISO 128-24:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних кресленнях (ISO 128-24:1999, IDT)
10. ДСТУ ISO 3098-0:2006 Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 0. Загальні вимоги (ISO 3098-0:1997, IDT)
11. ДСТУ ISO 128-50:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів
12. ДСТУ ISO128-44:2005 Розрізи та перерізи на машинобудівних кресленнях

## ЗМІСТ

Вступ	5
Вимоги до виконань графічних завдань	5
Завдання 1. Побудова проєкцій точки. Епюр	6
Завдання 2. Пряма. Проєкції прямої	10
Завдання 3. Побудова аксонометричних проєкцій геометричних тіл	16
Завдання 4. Перетин прямої і площини	23
Завдання 5. Перетворення комплексного креслення. Спосіб заміни площин проєкцій	31
Завдання 6. Перетворення комплексного креслення способом плоско-паралельного переміщення	34
Завдання 7. Метод обертання навколо лінії рівня (горизонталі або фронталі)	36
Завдання 8. Переріз багатогранної поверхні площиною	40
Завдання 9. Перетин криволінійної поверхні площиною загального положення	46
Завдання 10. Основні правила оформлення креслеників	54
Завдання 11. Шрифти креслярські	58
Завдання 12. Нанесення розмірів на креслениках	62
Завдання 13. Геометричні побудови при виконанні креслеників	73
Завдання 14. Способи зображень предметів на креслениках	85
Завдання 15. Побудова розрізів, перерізів та складних розрізів	93
Список використаних та рекомендованих джерел	115

**Навчально-методичне видання**

**ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

**БОНДАР**

**Наталія Олександрівна**

**ЛЮЛЬКА**

**Василь Степанович**

---

---

Технічний редактор

**О. Клімова**

Комп'ютерна верстка  
та макетування

**Н. Бондар**

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія KB № 23743-13583 ПР від 06.02.2019 р.*

---

*Підписано до друку 06.2023 р. Формат 60x84 1/8. Друк на різнографі.  
Обл. друк. арк. 5,57. Ум. друк. арк. 13,49. Наклад 50 прим. Зам. №042.*

*Редакційно-видавничий відділ НУЧК імені Т.Г. Шевченка,  
14030, м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53,  
тел. 65-17-99  
[nuchk.tipograf@gmail.com](mailto:nuchk.tipograf@gmail.com)*