

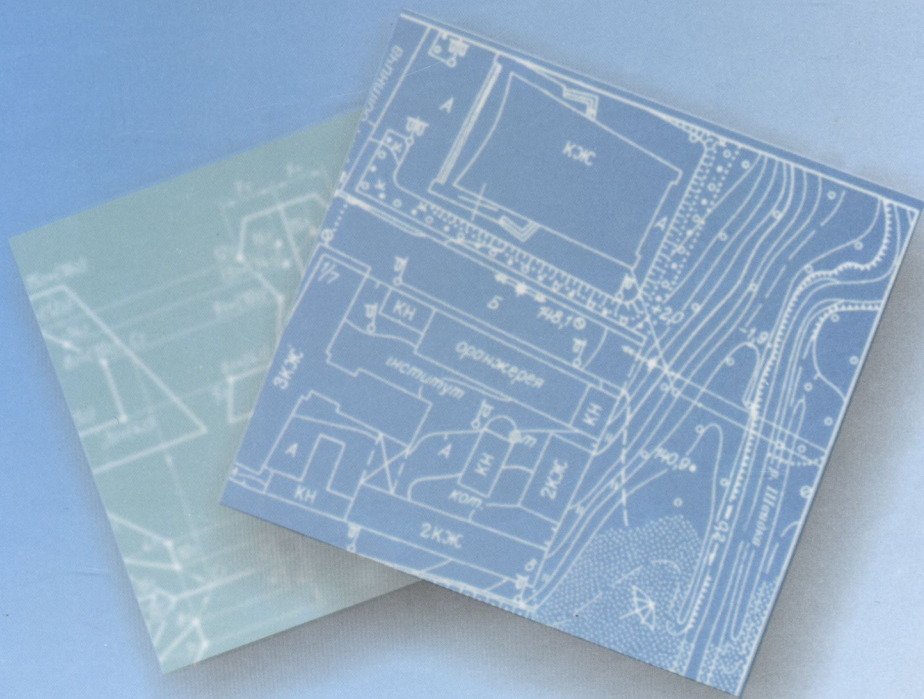
747 Б19

Бакка М.Т.

Редчиць В.С.

Кальчук С.В.

ОСНОВИ  
ТОПОГРАФІЧНОГО І ТЕХНІЧНОГО  
КРЕСЛЕННЯ  
ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ



744(075)  
Б 19

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет

М.Т. Бакка, В.С. Редчиць, С.В. Кальчук

# ОСНОВИ ТОПОГРАФІЧНОГО І ТЕХНІЧНОГО КРЕСЛЕННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Навчальний посібник

13

13



Житомир  
2004

УДК 514.18(07):622

Б-19

**Бакка М. Т., Редчиць В. С., Кальчук С. В.**

Основи топографічного і технічного креслення та комп'ютерної графіки. Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 607 с.

Розглянуті основи топографічного креслення: особливості накреслювання умовних знаків, якими на топографічних картах позначають різні географічні об'єкти й предмети місцевості, їх якісні та кількісні характеристики; накреслення знімальних оригіналів топографічних карт і вимоги до їх графічного оформлення.

Навчальний посібник містить також основні теоретичні відомості та приклади розв'язування задач з двох розділів технічного креслення "Геометричне креслення" і "Проекційне креслення". В ньому викладені основи комп'ютерної графіки.

Посібник призначений для студентів гірничих спеціальностей вищих навчальних закладів.

Рекомендовано Вченою Радою Житомирського державного технологічного університету (протокол № 2 від 9.06.2003 р.)

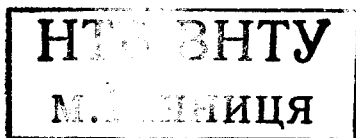
436 160

*Рецензенти:*

доктор технічних наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін Державного агроскологічного університету України **Лось Л. В.**;

завідуючий кафедрою геоінформатики і геодезії Донецького політехнічного університету, доктор технічних наук, професор **Могильний С. Г.**

© Бакка М.Т.,  
Редчиць В.С.,  
Кальчук С.В., 2004



# Розділ I. ГЕОМЕТРИЧНЕ КРЕСЛЕННЯ

## Вступ

Розділ геометричного креслення включає дві важливі теми “Основні правила оформлення креслень” і “Основні геометричні побудови”.

При виконанні креслень необхідно обов'язково дотримуватись правил і норм, викладених в Державних стандартах (ГОСТ), (ДСТУ). Всі наявні стандарти входять в “Єдину систему конструкторської документації” (ЄСКД). Завдяки введенню ЄСКД конструкторська документація всіх галузей промисловості й будівництва виконується за єдиними правилами, встановленими стандартами.

Серед конструкторських документів перше місце займають креслення. Встановлення єдиних правил виконання та оформлення креслень сприяє створенню технічної мови.

Будь-яке креслення, незалежно від його змісту і призначення, повинне виконуватися на аркуші креслярського паперу обов'язково певного формату. При цьому креслення може бути виконане або на окремому аркуші, або на спільному аркуші з іншими кресленнями, але з виділенням в аркуші форматів для кожного креслення.

Розміри сторін формату, передбачені ГОСТом, визначають розміри аркуша паперу, на якому виконується креслення. Саме ж креслення обводиться рамкою. Відповідні розміри встановлює ГОСТ 2.104-68 “Основные надписи”.

Форму і зміст основного напису креслення встановлює той же ГОСТ 2.104-68. Виконання основного напису такої форми є обов'язковим в проектних організаціях і на виробництві.

Лінії, які застосовують для виконання креслення, їх призначення, проведення і співвідношення товщин устанавлені ГОСТ 2.303-68. Відповідно до цього стандарту в кресленні користуються лініями суцільними, штриховими і штрих-пунктирними.

Не завжди можна накреслити предмет натуральної величини. Великі предмети доводиться зображати, скориставшись масштабами зменшення, а дрібні – масштабами збільшення. Перевагу надають зображенню предмета в натуральну величину.

Зображення на кресленні встановлюють форму предмета, а для визначення величини (довжини, ширини, діаметра, висоти тощо) зображеного предмета і його елементів використовують розмірні числа.



На кресленні наносять числові величини дійсних розмірів предмета, незалежно від масштабу зображення (зображення лише накреслюють у вибраному масштабі).

Зображення на кресленнях доповнюють написами, які виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304–81. У стандарті наведено основні відомості щодо конструкції букв і цифр, встановлено їх розміри, відстань між буквами, рядками та інші елементи, які дають змогу чітко, охайно і досить красиво виконувати написи.

При виконанні креслень в машинобудуванні часто доводиться виконувати найпростіші геометричні побудови. До них відносяться: поділ відрізків, кутів, побудова взаємно перпендикулярних і паралельних прямих, правильних багатокутників, побудова прямих із заданою величиною уклону, побудова фігури із заданою конусністю, побудова спряжень і лекальних кривих.

Лекальні криві служать для побудови обрису багатьох технічних деталей: профілів зубів, кулачків, ексцентриків, ланок, підшипників, кронштейнів, фланців, кришок тощо.

# § 1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

## 1.1. Основні відомості про оформлення креслень

### 1.1.1. Формати

Кожне завдання інженерної графіки рекомендується виконувати на аркушах паперу форматом А3 (297×420 мм) за ГОСТ 2.301–68 (рис. 1.1).

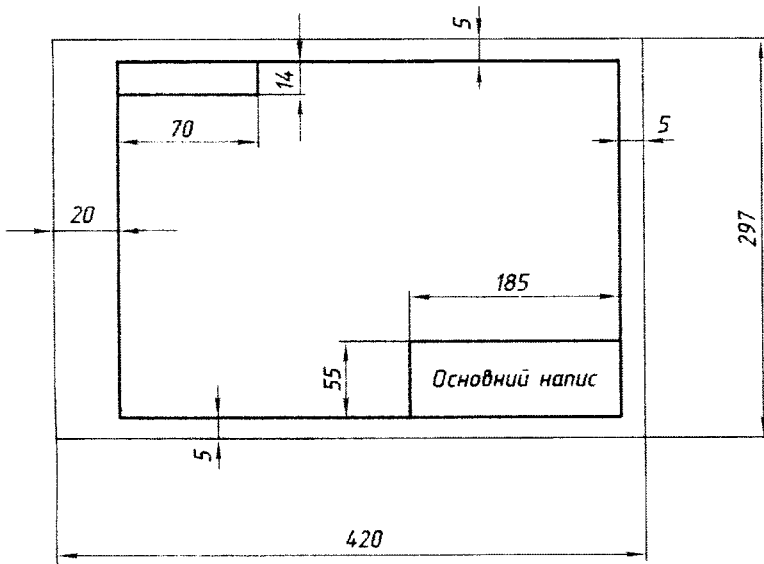


Рис. 1.1. Приклад оформлення креслярських аркушів форматом А3

*Форматом* називають розмір аркуша креслення або іншого конструкторського документа.

Формат визначається розмірами зовнішньої рамки, яку виконують тонкою суцільною лінією. Формати поділяють на основні (табл. 1.1) і додаткові (табл. 1.2).

Позначення і розміри сторін основних форматів наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розміри сторін аркуша, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

Формат А0 з розмірами сторін 841×1189 мм має площу 1 м<sup>2</sup>. Кожен наступний основний формат утворюють діленням попереднього формату пополам. При цьому ділення виконують паралельно меншій стороні формату.

При необхідності допускається застосовувати формат А5 з розмірами сторін 148×210 мм.

Допускається застосування додаткових форматів, які утворюють збільшенням сторін основних форматів на величину, кратну їх розмірам.

Розміри додаткових форматів, як правило, слід вибирати за табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471
8	—	—	—	—	297×1682
9	—	—	—	—	297×1892

Позначення додаткового формату складається з позначення основного формату і його кратності згідно з табл. 1.2, наприклад, А0×2, А4×8 і т. д.

Рамку креслення виконують основною суцільною лінією на відстані 5 мм від верхньої, правої і нижньої меж формату. Між лівою межею і лінією рамки залишають поле завширшки 20 мм для підшивання і брошурування креслень і документів.

Кожне креслення і конструкторський документ повинні мати основний напис. Його розміщують у правому нижньому кутку формату і виконують за ГОСТ 2.104–68. Основний напис — це

своєрідна характеристика креслення, в якій наводять найважливіші відомості про предмет: його назву, матеріал, з якого його виготовлено, масштаб та ін.

На аркушах формату А4 за ГОСТ 2.301-68 основні написи розташовують вздовж короткої сторони аркуша. Розміри основного напису наведені на рисунках 1.2-1.4.

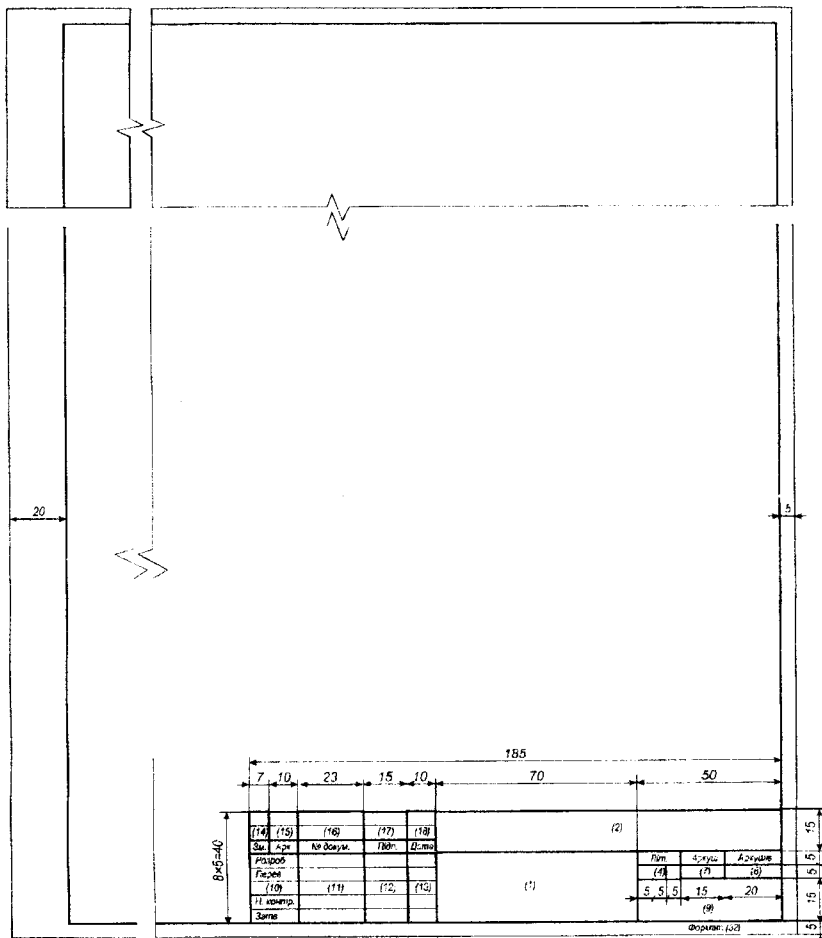


Рис. 1.2. Основний напис для текстових конструкторських документів (перший або заголовний аркуш) – форма 2

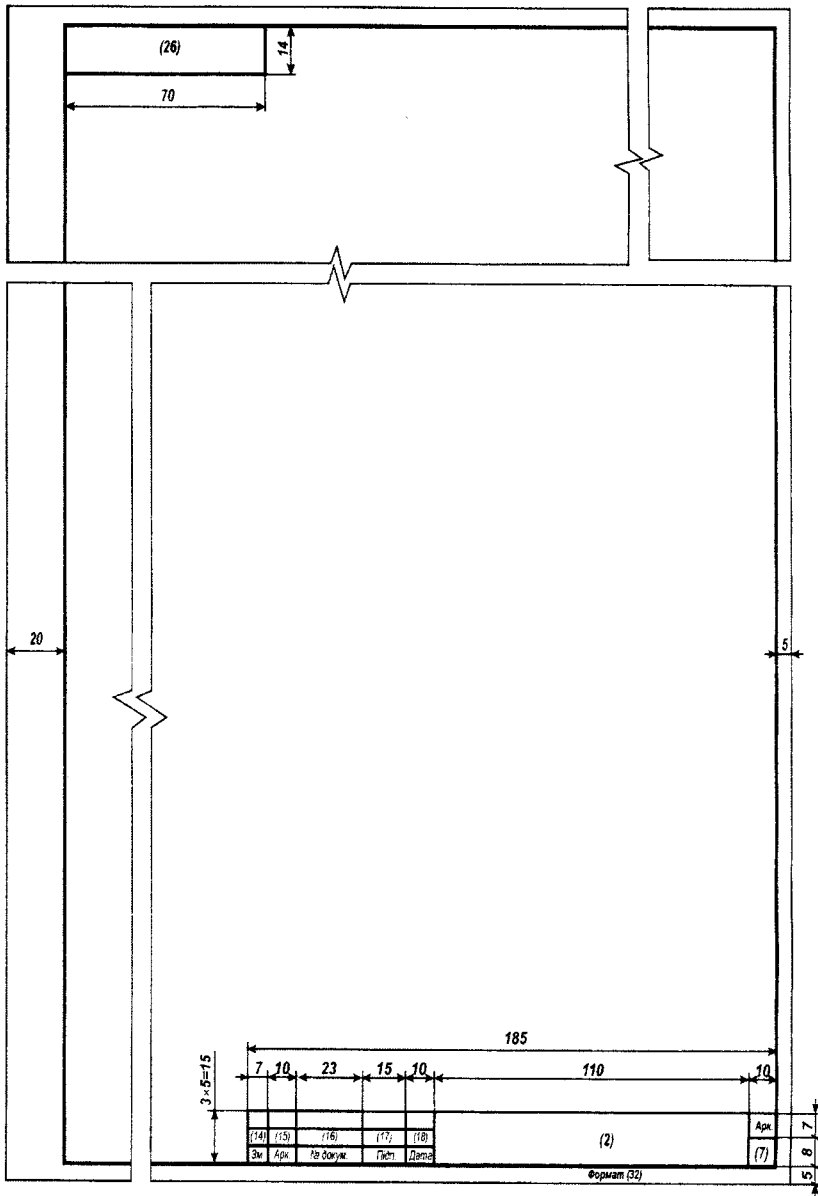


Рис. 1.3. Основний напис для креслень (схем) і текстових конструкторських документів (наступні аркуші) - форма 2а

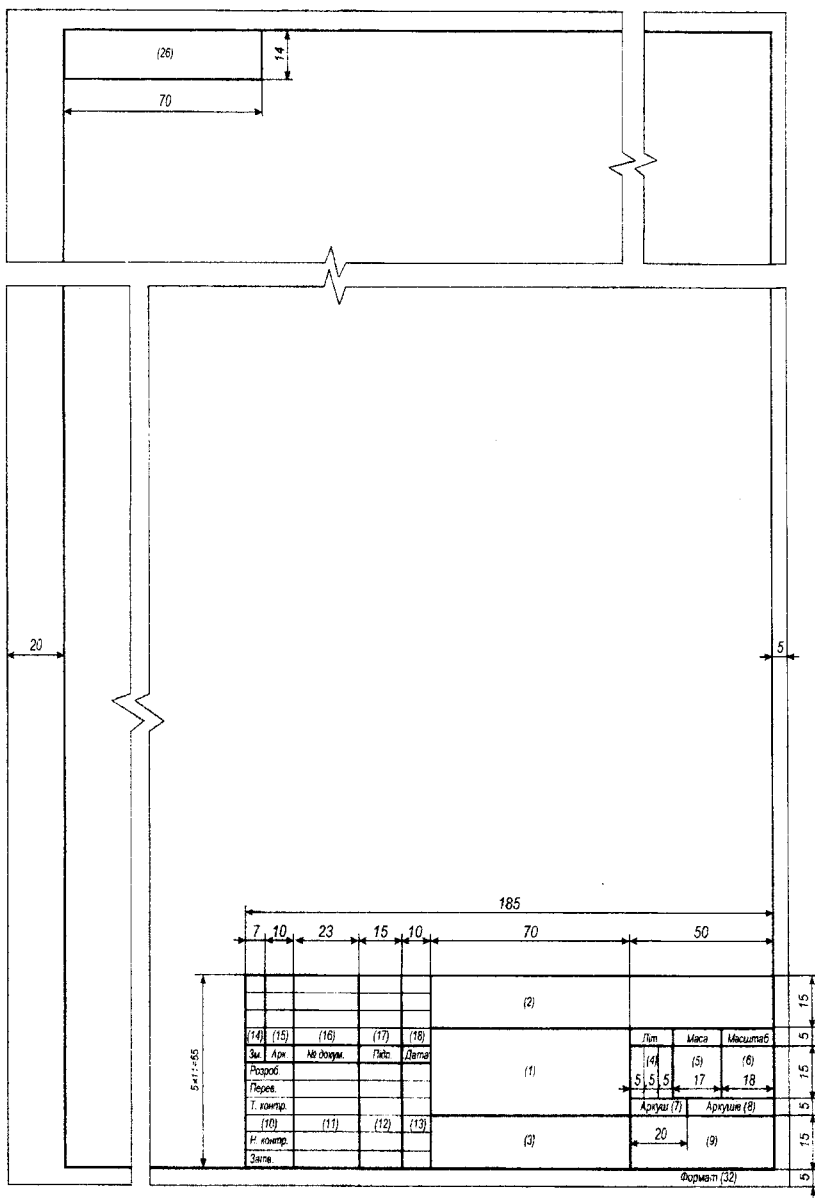


Рис. 1.4. Основний напис конструкторських креслень і схем – форма 1



В графах основного напису на кресленнях записують таку інформацію:

- в графі 1 – найменування креслення;
- в графі 2 – позначення креслення, визначене кафедрою;
- в графі 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише на кресленнях деталей);
- в графі 4 – літеру, присвоєну даному документу (графу заповнюють послідовно, починаючи з крайньої лівої клітинки);
- в графі 5 – масу виробу за ГОСТ 2.109–73;
- в графі 6 – масштаб (проставляється відповідно до ГОСТ 2.302–68);
- в графі 7 – порядковий номер аркуша (на документі, що складається з одного аркуша, графу не заповнюють);
- в графі 8 – загальну кількість аркушів документа (графу заповнюють тільки на першому аркуші);
- в графі 9 – аббревіатури навчального закладу і номер групи. Наприклад, ЖДГУ, гр. ОК-1);
- в графі 10 – характер роботи, яку виконує особа, що підписує документ, відповідно до форм 1 і 2. Вільний рядок заповнюють за розсудом розробника;
- в графі 11 – прізвища осіб, які підписують документ;
- в графі 12 – підписи осіб, прізвища яких вказані в графі 11;
- в графі 13 – дату підписування документа;
- в графах 14–18 – графи таблиці змін, які заповнюють відповідно до вимог ГОСТ 2.503–74;
- в графі 26 – позначення документа, повернуте на 180° для формату А4 і форматів більших А4 при розташуванні основного напису вздовж короткої сторони аркуша;
- в графі 32 – позначення формату аркуша за ГОСТ 2.301–68.

### **1.1.2. Лінії креслення**

Лінії, які застосовують для виконання креслення, їх призначення, проведення і співвідношення товщин установлені ГОСТ 2.303–68. Відповідно до цього стандарту в кресленні бувають лінії трьох типів: суцільні, штрихові та штрих-пунктирні.

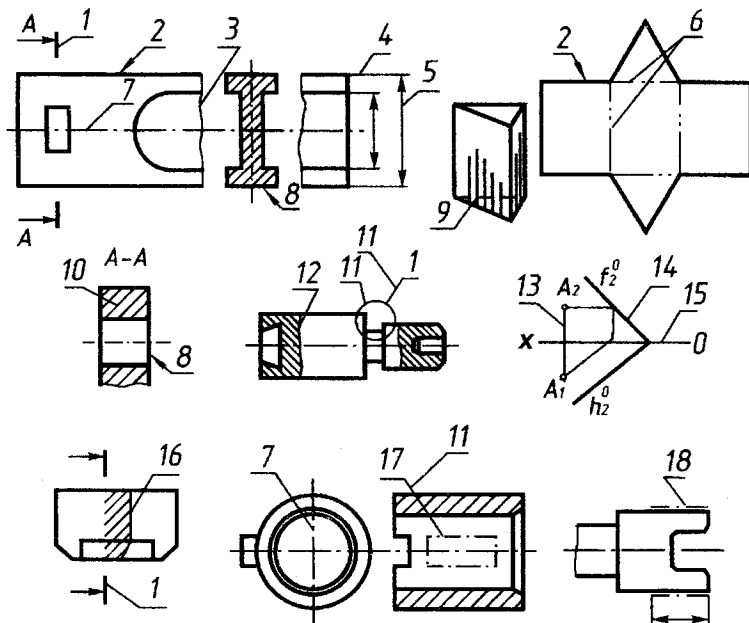


Рис. 1.5

Товщина ліній на кресленні має бути кратною вибраній товщині  $s$  суцільних основних ліній, які змінюються в межах 0,5...1,4 мм залежно від величини, складності та призначення креслення.

**Суцільні лінії** поділяють на основні, тонкі, хвилясті і тонкі зі зламами.

*Суцільну основну лінію* завтовшки  $s$  застосовують для наведення видимого контуру 2 (рис. 1.5), для видимих ліній переходу і для обведення контурів 8 перерізів (винесених і таких, що входять до складу розрізів).

*Суцільну тонку лінію* виконують завтовшки  $s/3...s/2$ . Застосовують її для розмірних 5 і виносних 4 ліній, для штрихування 10 перерізів і розрізів, для ліній-виносок 11, для контурів 16 накладених перерізів, для осей 15 проєкцій, слідів 14 площин, ліній 13 побудови точок та ін.

*Суцільна хвиляста лінія* має товщину  $s/3...s/2$  і застосовується для зображення обривів 3 та для розмежування 12 вигляду і розрізу.

Суцільна тонка лінія із зламами має товщину  $s/3 \dots s/2$  і застосовується для виконання довгих ліній обриву.

**Штрихові лінії** поділяють на штрихові і розімкнені.

*Штрихову лінію* виконують завтовшки  $s/3 \dots s/2$ . Довжину штрихів беруть у межах 2...8 мм, а відстань між штрихами – 1...2 мм. Штрихові лінії застосовують для зображення невидимого контуру 9 і невидимих ліній переходу.

*Розімкнена лінія* має товщину  $s \dots 1,5s$  і застосовується лише для позначення місця січної площини 1 в перерізах і розрізах. Довжина штрихів цієї лінії – 8...20 мм.

**Штрих-пунктирні лінії** поділяють на тонкі та потовщені.

*Штрих-пунктирна тонка лінія* має товщину  $s/3 \dots s/2$  і застосовується для зображення центрових та осьових ліній 7, ліній симетрії тощо. Довжину штрихів беруть в межах 5...30 мм, а відстань між штрихами – 3...5 мм.

*Штрих-пунктирну потовщену лінію* завтовшки  $s/2 \dots 2/3s$  застосовують для позначення в розрізах елементів 17, розміщених перед січною площиною (так званих “накладених проєкцій”), для позначення поверхні 18, що підлягає термообробці або покриттю.

Довжину штрихів беруть в межах 3...8 мм, а відстань між штрихами – 3...4 мм.

*Штрих-пунктирну з двома точками тонку лінію* завтовшки  $s/3 \dots s/2$  застосовують для зображення ліній згину на розгортках, для зображення частин виробів у крайніх і проміжних положеннях, а також для зображення розгортки, суміщеної з виглядом.

Довжину штрихів беруть в межах 5...30 мм, а відстань між штрихами – 4...6 мм.

Довжину штрихів у штрихових і штрих-пунктирних лініях варто вибирати залежно від величини зображення. Штрихи в лінії та проміжки між ними відповідно мають бути приблизно однакової довжини. Штрих-пунктирні лінії мають перетинатися і закінчуватися штрихами.

Штрих-пунктирні лінії, які застосовуються як центрові, слід замінити суцільними тонкими лініями, якщо діаметр кола або розміри інших геометричних фігур на зображенні менші 12 мм (рис. 1.6).

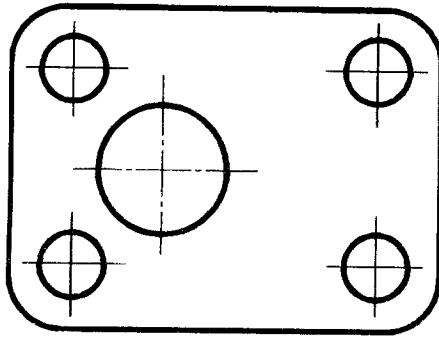


Рис. 1.6

### 1.1.3. Запитання для самоперевірки

- 1.1.3.1. Що називається форматом?
- 1.1.3.2. Які основні формати встановлені за ГОСТ 2.301-68? Які їх розміри?
- 1.1.3.3. Які формати називаються додатковими? Який розмір формату А1?
- 1.1.3.4. Які розміри рамки креслення? Які розміри основного напису?
- 1.1.3.5. Назвіть основні типи ліній, що застосовуються при виконанні креслень.
- 1.1.3.6. В яких межах вибирають товщину  $s$  основної суцільної лінії?
- 1.1.3.7. Яке застосування на кресленні має тонка суцільна лінія?
- 1.1.3.8. Назвіть співвідношення товщин ліній різних типів залежно від товщини  $s$  основної суцільної лінії.
- 1.1.3.9. У чому відмінність центрових ліній для кіл діаметром 50 і 8 мм?
- 1.1.3.10. В яких межах дозволяється вибирати довжину штрихів і проміжків між ними для штрихової і штрих-пунктирної лінії?

### 1.1.4. Вправи (рис. 1.7)

- 1.1.4.1. Скільки основних форматів передбачає ГОСТ 2.301–68?
- 1.1.4.2. Які розміри сторін формату A4×8?
- 1.1.4.3. Скільки форматів A4 уміщується у форматі A0?
- 1.1.4.4. Як називається лінія, позначена цифрою 2?
- 1.1.4.5. Яке призначення має тонка суцільна лінія?
- 1.1.4.6. Яка товщина лінії 1 залежно від товщини  $s$  основної лінії?
- 1.1.4.7. Які проміжки між штрихами беруть у лінії 5?
- 1.1.4.8. Як називається лінія позначена цифрою 4?
- 1.1.4.9. Яке призначення має суцільна хвиляста лінія?
- 1.1.4.10. Якої довжини можна брати штрихи в лінії 3?

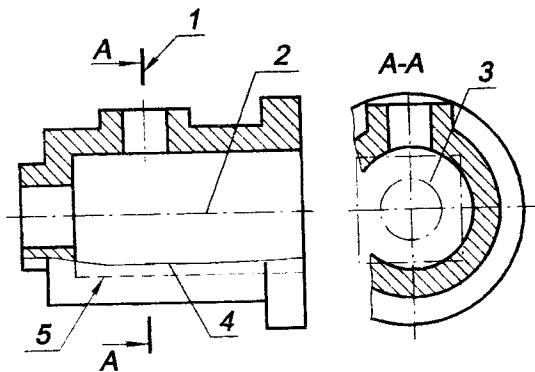


Рис. 1.7

## 1.2. Креслярські шрифти

Зображення на кресленнях доповнюють написами, які виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304–81. У стандарті наведено основні відомості щодо конструкції букв і цифр, встановлено їх висоту, ширину, товщину обведення, відстань між буквами, рядками та інші елементи, які дають змогу чітко, охайно і досить красиво виконувати написи.

Шрифти розрізняють за розмірами й типами.

Розмір шрифту визначається висотою  $h$  великих букв в міліметрах, яку вимірюють перпендикулярно до основи рядка. ГОСТ 2.304–81 встановлює такі розміри шрифту: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Застосування шрифту розміром 1,8 не рекомендується і допускається лише для типу Б. Висота  $c$  малих букв визначається із відношення їх висоти (без верхніх і нижніх елементів  $k$ ) до розміру шрифту  $h$ , наприклад,  $c = 7/10h$  (рис. 1.7 і 1.8).

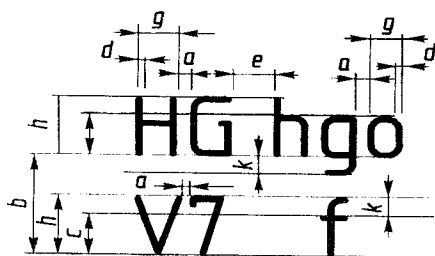


Рис. 1.7



Рис. 1.8

Ширина  $g$  букви – найбільша ширина букви, виміряна відповідно до рис. 1.7 і 1.8, визначається відношенням її ширини до розміру шрифту  $h$ , наприклад,  $g = 6/10h$ , або із відношення її ширини до товщини  $d$  лінії шрифту, наприклад,  $g = 6d$ .

Товщина  $d$  лінії шрифту – товщина, яка визначається залежно від типу й висоти шрифту.

Тип шрифту визначається товщиною  $d$  лінії букв.

Установлені такі типи шрифту:

тип А без нахилу ( $d = h/14$ ) з параметрами, наведеними в табл. 1.3;

тип А з нахилом приблизно  $75^\circ$  ( $d = h/14$ ) з параметрами, наведеними в табл. 1.3;

тип Б без нахилу ( $d = h/10$ ) з параметрами, наведеними в табл. 1.4;

тип Б з нахилом приблизно  $75^\circ$  ( $d = h/10$ ) з параметрами, наведеними в табл. 1.4.



Таблиця 1.3

Шрифт типу А ( $d = h/14$ )

Параметри шрифту	Позначення	Відносний розмір		Розміри, мм						
Розмір шрифту – висота великих букв	$h$	$(^{14}/_{14})h$	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
висота малих букв	$c$	$(^{10}/_{14})h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між буквами	$a$	$(^2/_{14})h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Мінімальний крок рядків	$b$	$(^{22}/_{14})h$	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Мінімальна відстань між словами	$e$	$(^6/_{14})h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Товщина ліній шрифту	$d$	$(^1/_{14})h$	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

Таблиця 1.4

Шрифт типу Б ( $d = h/10$ )

Параметри шрифту	Позначення	Відносний розмір		Розміри, мм							
Розмір шрифту – висота великих букв	$h$	$(^{10}/_{10})h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
висота малих букв	$c$	$(^7/_{10})h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між буквами	$a$	$(^2/_{10})h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок рядків	$b$	$(^{17}/_{10})h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами	$e$	$(^6/_{10})h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Товщина ліній шрифту	$d$	$(^1/_{10})h$	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0





Рис. 1.11. Російський алфавіт. Шрифту типу Б з нахилом

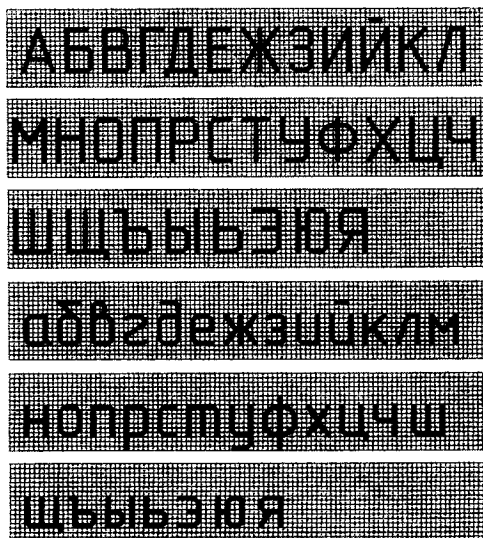


Рис. 1.12. Російський алфавіт. Шрифту типу Б без нахилу

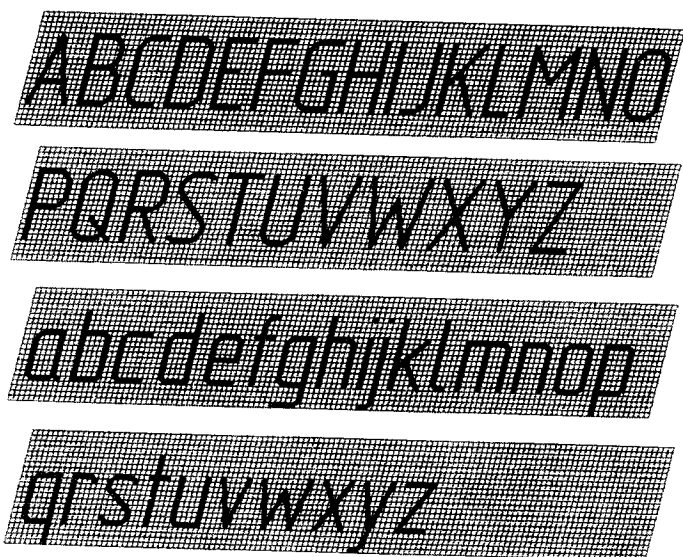


Рис. 1.13. Латинський алфавіт. Шрифт типу А з нахилом

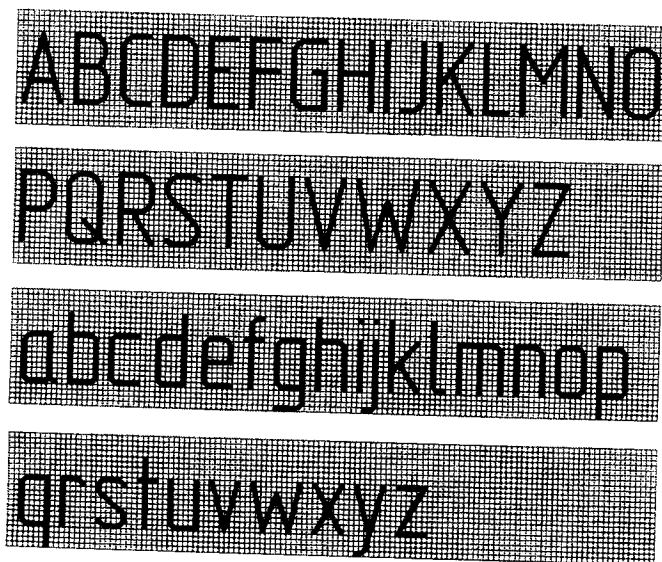


Рис. 1.14. Латинський алфавіт. Шрифт типу А без нахилу

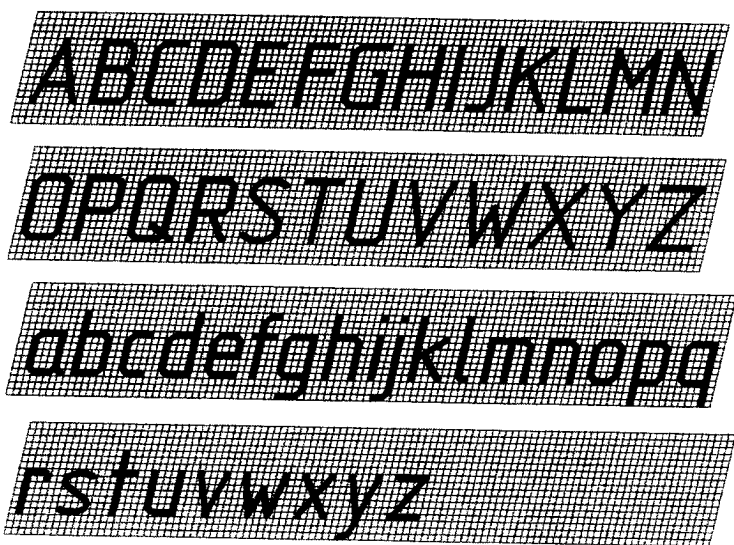


Рис. 1.15. Латинський алфавіт. Шрифт типу Б з нахилом

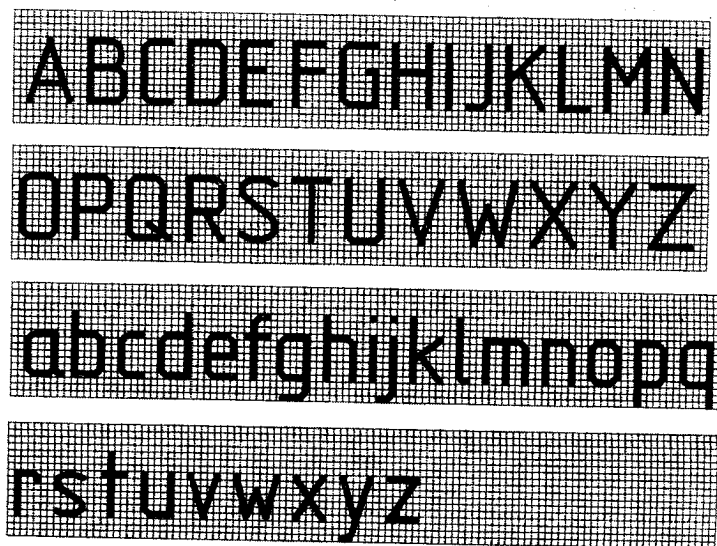


Рис. 1.16. Латинський алфавіт. Шрифт типу Б без нахилу

1234567890 3

*1234567890 3*

I III IV VI VIII IX V

*I III IV VI VIII IX V*

Рис. 1.17. Арабські та римські цифри. Шрифт типу А

1234567890 3

*1234567890 3*

I III IV VI VIII IX V

*I III IV VI VIII IX V*

Рис. 1.18. Арабські та римські цифри. Шрифт типу Б



Відхилення розмірів букв і цифр від стандартних можуть становити  $\pm 0,5$  мм.

Для всього тексту товщина ліній букв і цифр має бути однаковою.

Правильне і швидке написання стандартного шрифту від руки вимагає певної навички, яку можна набути в процесі вправ. На перших порах букви і цифри слід писати на допоміжній сітці (рис. 1.19). Спочатку слід вивчити конструкцію букв і цифр. Знання конструкції кожної букви і цифри значно полегшує їх написання.

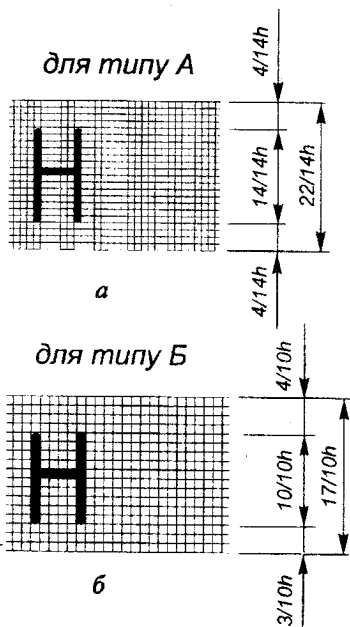


Рис. 1.19

Вивчення конструкції букв креслярського шрифту слід починати не в алфавітному порядку, а залежно від труднощів і однотипності їх написання. Треба з'ясувати принцип розміщення окремих елементів букв і цифр відносно паралелограма сітки, в якій їх розміщено. Великі і малі букви алфавіту поділяють на кілька характерних груп, кожен з яких вивчають окремо.

**Великі букви** за ознакою спільності елементів поділяють на п'ять груп (рис. 1.20).

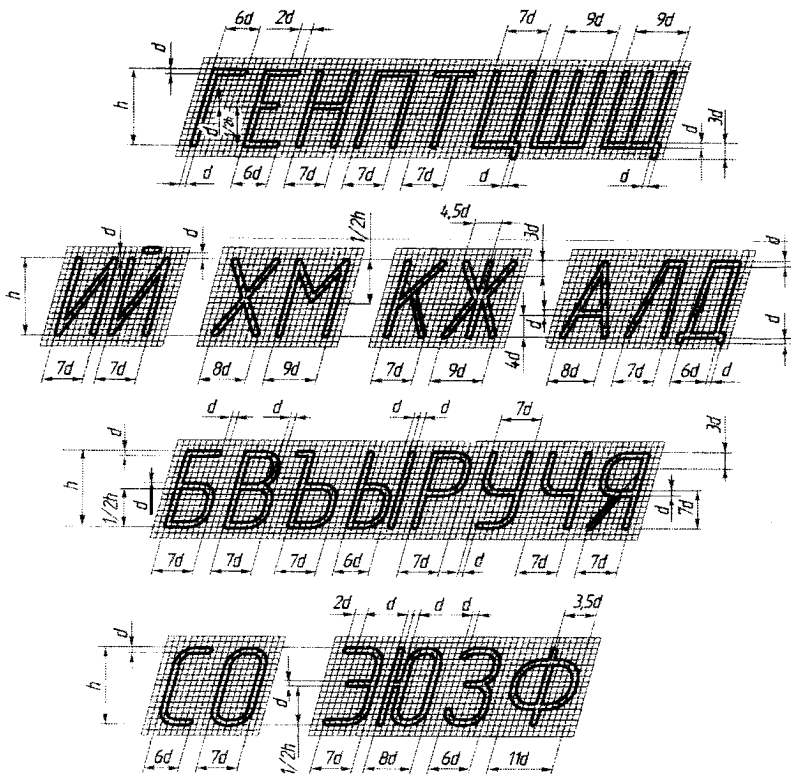


Рис. 1.20

До першої групи відносять букви, утворені з одних горизонтальних і похилих прямолінійних відрізків. Це букви Г, Е, Н, П, Т, Ц, Ш, Щ.

Друга група об'єднує букви И, Й, Х, М, К, Ж, утворені поєднанням похилих і діагональних прямолінійних відрізків.

Третя група включає букви А, Л, Д, які складаються з прямолінійних похилих і горизонтальних відрізків.

Четверта група складається з букв Б, В, Ъ, Ы, Р, У, Ч, Я, утворених з прямолінійних горизонтальних, похилих, діагональних і криволінійних елементів.

До п'ятої групи відносять букви С, О, Э, Ю, З, Ф, які складаються в основному із криволінійних елементів.

**Малі букви** за конструкцією поділяють теж на п'ять характерних груп (рис. 1.21).

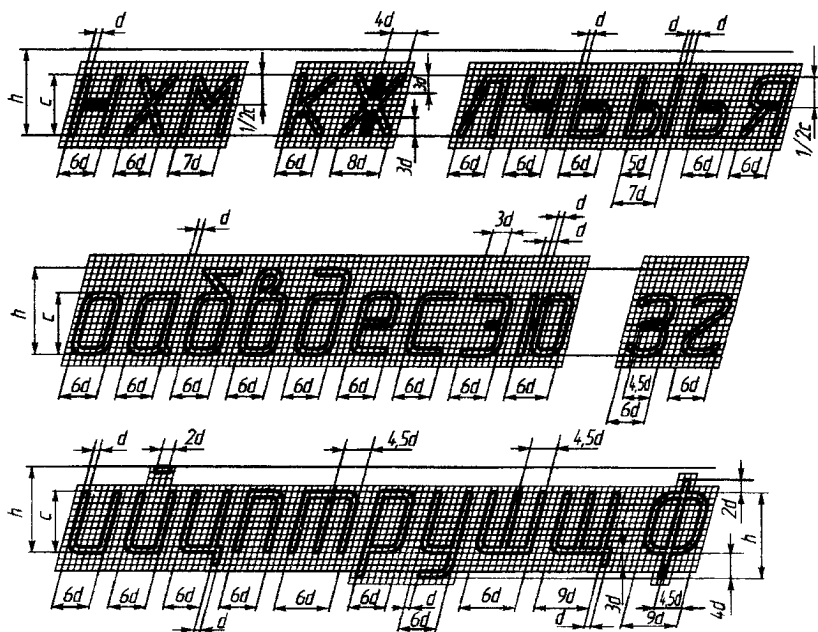


Рис. 1.21

Перша і друга групи включають букви *н, х, м, к, ж, л, ч, б, в, ѓ, ѓ, я*, які однакові за формою з однойменними великими буквами.

Букви третьої групи – *о, а, б, в, д, е, с, э, ю* в основі свого зображення містять елементи букви *о*.

Четверта група включає букви *з, з*, які складаються з характерних криволінійних елементів.

До п'ятої групи відносять букви *и, й, ц, п, т, р, у, ш, щ, ф*, які складаються з прямолінійних відрізків і скруглень.

Ширина великих і малих букв може мати чотири значення:  $6d$ ,  $7d$ ,  $8d$  і  $9d$ .

П'ять малих букв *б, в, д, р, у* мають висоту, яка дорівнює розміру даного шрифту. Буква *ф* має висоту більшу розміру даного шрифту.

**Арабські цифри** в написах не поділяють на великі і малі. Висота їх дорівнює висоті великих букв вибраного розміру шрифту, а ширина дорівнює  $4d$ ,  $5d$ ,  $6d$  і  $7d$ .

Написання цифр шрифту типу А показано на рис. 1.22.

Знак № за шириною дорівнює  $7d$  (рис. 1.23). Умовний знак Ø складається з кола, яке перетинає пряма, яка проходить через його центр під кутом  $60^\circ$  до горизонту. Висота знака Ø дорівнює висоті

цифр, перед якими його наносять, діаметр кола знака дорівнює  $\frac{8}{14}h$ . Товщина обводу знака  $\varnothing$  така ж, як і товщина обводу цифр (рис. 1.23).

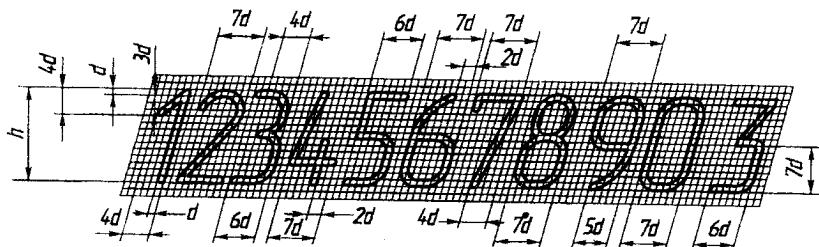


Рис. 1.22

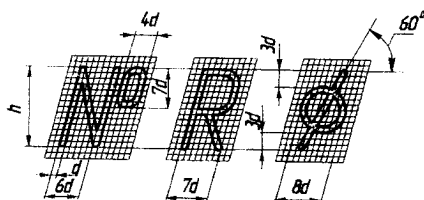


Рис. 1.23

**Латинський алфавіт.** За ознакою спільності елементів побудови всі букви латинського алфавіту поділяють на чотири групи, виключаючи 11 букв (A, B, C, E, H, K, M, O, P, T, X), які за формою і розмірами співпадають з великими буквами українського алфавіту (рис. 1.24).

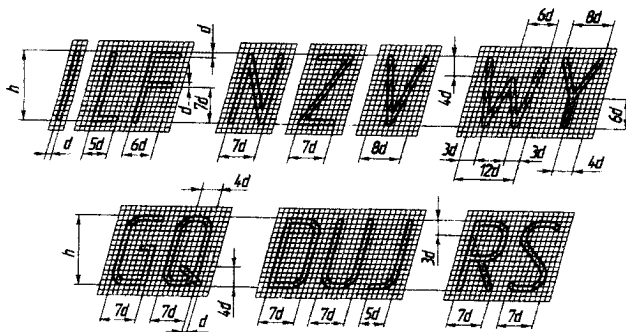


Рис. 1.24

Малі букви латинського алфавіту (*a, c, e, m, n, o, p, u, x*) за формою співпадають з малими буквами українського алфавіту, чотири букви (*s, v, w, z*) однакові за формою з однойменними великими буквами. Букви *b, d, g, q, k, h, y, f, j, l, t* мають свої особливості. Окремі їх елементи виступають за рядок вниз або вверх на  $0,4c$  (рис. 1.25). Буква *г* пишеться, як показано на рис. 1.25.

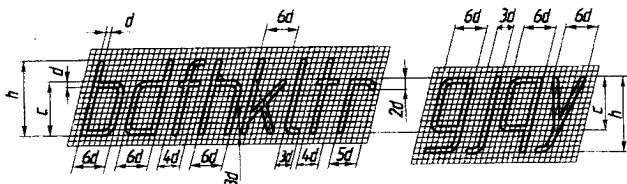


Рис. 1.25

**Римські цифри.** На рис. 1.26 показані зображення римських цифр. Вони складаються переважно з прямолінійних відрізків. Лише цифри *C* (сто) і *D* (п'ятсот) являють собою поєднання прямолінійних відрізків з криволінійними елементами.

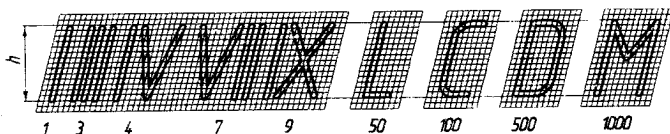


Рис. 1.26

**Розміщення сусідніх букв.** Якість написів залежить не лише від правильного зображення букв і цифр, але й від вибору відстаней між ними. ГОСТ 2.304–81 встановлює цю відстань рівною  $2d$ . Але при поєднанні деяких букв, сусідні лінії яких не паралельні між собою (наприклад, *ГА*), виникає враження нерівномірності відстані між буквами. Тому відстань між такими буквами в словах може бути зменшена наполовину, тобто на товщину  $d$  ліній шрифту.

Відстань між словами (числами) повинна бути не менше  $6d$ .

Якщо напис виконано в два або більше рядків, то відстань між основами верхнього і нижнього рядка повинна бути не меншою  $22d$  для шрифту типу А і  $17d$  для шрифту типу Б. Нижні елементи великих букв *Д, Ц і Щ* та верхні знаки *І, Й* виконують в проміжках між рядками. Між розділовими знаками і попередніми їм словами

дотримуються такої ж відстані, як і між буквами. Слово, наступне за розділовим знаком, розміщують від знака на відстані, яка дорівнює відстані між словами.

### 1.2.1. Запитання для самоперевірки

- 1.2.1.1. Які розміри шрифту застосовують у машинобудівному кресленні?
- 1.2.1.2. Яке співвідношення висоти великих і малих букв?
- 1.2.1.3. Яке співвідношення ширини і висоти букв? Які букви становлять виняток із загального правила?
- 1.2.1.4. За якою шириною виконують букви *A* і *M*?
- 1.2.1.5. Чому дорівнює товщина ліній великих букв і цифр?
- 1.2.1.6. Яку відстань беруть між буквами? словами? рядками?
- 1.2.1.7. Які особливості конструкції букв *Л*, *Ж*, *З*, *М*, *Ф*?
- 1.2.1.8. При поєднанні яких букв скорочують проміжки між ними?
- 1.2.1.9. Як будують допоміжну сітку для написання тексту?
- 1.2.1.10. Який порядок виконання написів?

## 1.3. Масштаби. Нанесення розмірів

### 1.3.1. Масштаби

Не завжди є можливість накреслити предмет у натуральну величину. Великі предмети доводиться зображати зменшеними в кілька разів, а дрібні – збільшеними.

Масштаби бувають *числові*, *лінійні* і *кутові*. Розглянемо числові масштаби, які надалі називатимемо просто масштабами.

*Масштабом* називається відношення лінійних розмірів зображення, поданого на кресленні, до відповідних розмірів самого предмета.

За ГОСТ 2.302-68 в кресленні дозволяється застосовувати такі масштаби:

Натуральна величина – 1:1.

Масштаби зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000.

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

Перевагу слід надавати зображенню предмета в натуральну величину.

При проектуванні генеральних планів великих об'єктів допускається застосування масштабів 1:2 000; 1:5 000; 1:10 000; 1:20 000; 1:25 000; 1:50 000.



В необхідних випадках допускається застосування масштабів збільшення  $(100n):1$ , де  $n$  – ціле число.

Масштаб, вказаний в призначеній для нього графі основного напису креслення, позначають по типу: 1:1; 1:2; 1:5; 2:1 і т.д.

Якщо якесь зображення на кресленні виконано в масштабі, що не відповідає зазначеному в основному написі, то над цим зображенням пишуть: 1:1; 1:2;  $A(2:1)$ ;  $B-B(4:1)$  і т.д.

### 1.3.2. Нанесення розмірів

**Загальні вимоги.** Наведені на кресленні зображення визначають форму предмета, а для визначення величини (довжини, ширини, діаметра, висоти і т.п.) зображеного предмета і його елементів служать, як правило, розмірні числа, які є основою для визначення величини зображуваного виробу і його елементів.

На кресленні наносяться числові величини дійсних розмірів предмета, незалежно від масштабу зображення (зображення тільки накреслюють у вибраному масштабі).

Розміри поділяють на лінійні й кутові. *Лінійні розміри* проставляють у міліметрах, не зазначаючи одиниці вимірювання, а *кутові* – у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниці вимірювання. Якщо розміри записують на полі креслення (у пояснювальних написах, у технічних вимогах, примітках тощо), слід обов'язково поряд з розмірним числом зазначати одиницю вимірювання. Для розмірних чисел використовують тільки десяткові дроби. Простий дріб дозволяється застосовувати для розмірів у дюймах, наприклад, для позначення трубної і конічної різьб.

Кожний розмір наносять на кресленні тільки один раз. Повторювати розміри на різних зображеннях або в написах не дозволяється. Загальна кількість розмірів має бути мінімальною, але достатньою для того, щоб за цим кресленням можна було виготовити виріб і проконтролювати якість його виготовлення.

Розміри, які характеризують три найбільших виміри предмета – довжину, висоту і ширину (товщину), називаються *габаритними*.

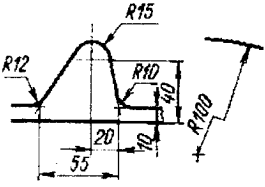
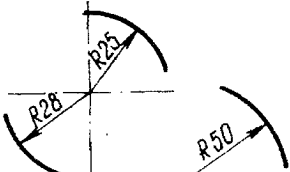
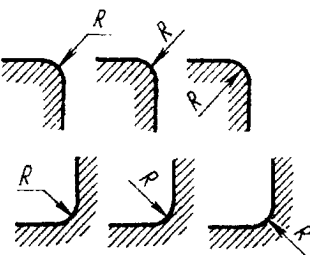
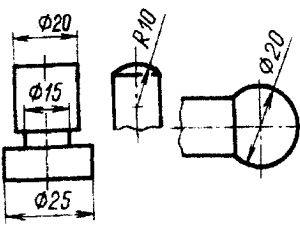
**Розмірні і виносні лінії.** Розміри на кресленнях показують розмірними числами, які проставляють над розмірними лініями. Якщо потрібно, то проводять і виносні лінії. Розмірна лінія показує межі вимірювання елемента предмета. Розмірні лінії переважно наносять поза контуром зображення.

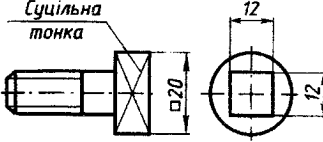
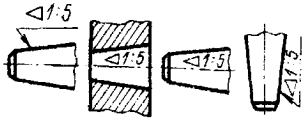
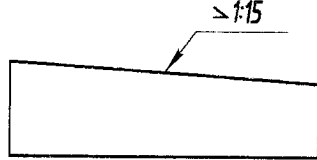
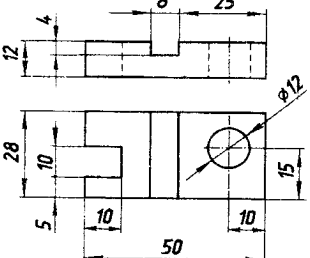
В табл. 1.5 наведені правила нанесення розмірів.

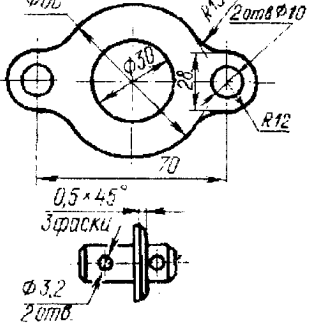
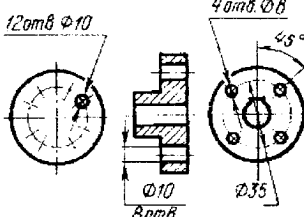
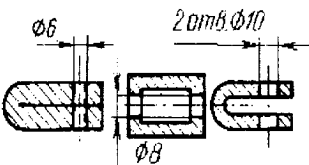
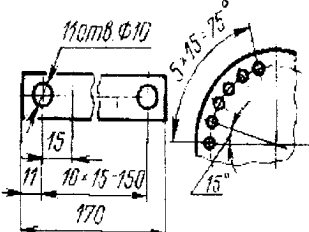
## Нанесення розмірів

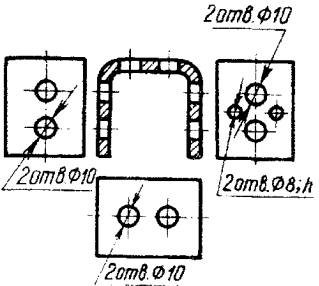
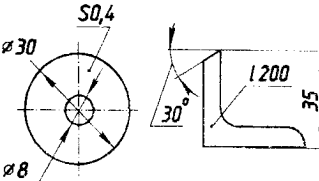
Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>Розмірну лінію з обох кінців обмежують стрілками, які впираються у відповідні лінії (виносні, осьові або суцільні основні). Іноді розмірні лінії проводяться (див. розміри <math>\varnothing 16</math>, <math>\varnothing 22</math>, <math>24</math>) або їх допускається проводити (див. розміри <math>\varnothing 30</math>, <math>\varnothing 18</math>) з обривом. Форма стрілки і співвідношення її елементів показані на зображенні далі.</p>
	<p>Розмірні числа наносять над розмірною лінією як можна ближче до її середини. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями має бути 7 мм, а між розмірною лінією та лінією контуру – 10 мм.</p>
	<p>Розміри, які відносяться до зовнішніх і внутрішніх поверхонь, слід наносити з різних сторін зображення. Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм.</p>
	<p>Наносячи декілька паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа над ними рекомендується розташовувати в шаховому порядку.</p>
	<p>Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розміщують так, як показано на зображенні. Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять над поличкою лінії-виноски</p>

Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>Кутові розміри наносять так, як показано на зображенні.</p> <p>В заштрихованій зоні наносити розмірні числа не рекомендується. В цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтально нанесених полочках.</p> <p>Для кутів невеликих розмірів, якщо не вистачає місця, розмірні числа розміщують на полочках ліній-виносок у будь-якій зоні</p>
	<p>Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, розміри наносять, як показано на зображенні</p>
	<p>Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення стрілок, її продовжують і стрілки наносять, як показано на зображенні.</p> <p>Спосіб нанесення розмірного числа при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленні визначається найбільшою зручністю читання. Якщо не вистачає місця на розмірних лініях, розташованих ланцюжком, стрілки допускається замінювати точками або засічками, які чітко наносяться</p>
	<p>Розмірні числа не дозволяється розділяти чи перетинати лініями креслення. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа й наносити розмірні числа в місцях перетину розмірних, осевих або центрових ліній. В місці нанесення розмірного числа осеві, центрові і штрихові лінії розривають</p>

Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>При нанесенні розміру радіуса перед розмірним числом ставлять велику букву <math>R</math>.</p> <p>Якщо при нанесенні розміру радіуса дуги кола необхідно вказати положення її центра, його зображують у вигляді перетину центрових або виносних ліній.</p> <p>При значній величині радіуса центр допускається наближати до дуги. В цьому випадку розмірну лінію радіуса показують зі зламами під кутом <math>90^\circ</math></p>
	<p>Якщо не вимагається вказувати розміри, які визначають положення центра дуги кола, розмірну лінію радіуса можна не доводити до центра і змішувати її.</p> <p>Проводячи з одного центра декілька радіусів, розмірні лінії будь-яких двох радіусів не розташовують на одній прямій</p>
	<p>Розміри радіусів зовнішніх і внутрішніх скруглень наносять, як показано на зображенні.</p> <p>Спосіб нанесення розмірних чисел визначається найбільшою зручністю читання креслення.</p> <p>Якщо радіуси скруглення, згину та інші на всьому кресленні однакові або який-небудь радіус переважає, замість нанесення їх розмірів рекомендується в технічних вимогах (над основним написом) робити напис типу: "Радіуси скруглень 4 мм", "Невказані радіуси 8 мм" і т.п.</p>
	<p>Вказуючи розмір діаметра, у всіх випадках перед розмірним числом ставлять знак <math>\varnothing</math>.</p> <p>Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також наносять знак <math>\varnothing</math> (<math>R</math>), без напису "Сфера".</p> <p>Допускається слово "Сфера" вживати у тих випадках, коли на кресленні важко відрізнити сферу від інших поверхонь. тоді перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається наносити слово "Сфера" або знак <math>\circ</math>, наприклад: "Сфера <math>\varnothing 18</math>", "<math>\circ R12</math>".</p> <p>Якщо не вистачає місця для стрілки через близько розташовану контурну або виносну лінію, останні допускається переривати</p>

Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>Розміри квадрата або квадратного отвору наносять, як показано на зображенні. Умовне позначення квадрата <math>\square</math> застосовують в тому випадку, якщо зображення не дає уявлення про форму квадрата. На тому зображенні, де виявлена форма квадрата, вказують довжини двох його сторін</p>
	<p>Перед розмірним числом, яке характеризує конусність, наносять знак <math>\triangleleft</math>, гострий кут якого направлений в сторону вершини конуса</p>
	<p>Перед розмірним числом, яке визначає уклон, ставлять знак <math>\triangleleft</math>, гострий кут якого направлений в сторону уклону</p>
	<p>Розміри фасок під кутом <math>45^\circ</math> наносять, як показано на зображенні. Розміри фасок під іншими кутами вказують, керуючись загальними правилами – лінійними і кутовими розмірами або двома лінійними розмірами</p>
	<p>Розміри, які відносяться до одного й того ж конструктивного елемента (паза, виступу, отвору тощо), рекомендується групувати в одному місці, розташовуючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма цього елемента показана найповніше</p>

Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>Розміри, які визначають положення симетрично розташованих поверхонь у симетричних виробах, наносять, як показано на зображенні (розміри 70, 28); розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз, вказуючи при цьому на поличці лінії-виноски кількість цих елементів (2 отв. <math>\Phi 10</math>). Допускається вказувати кількість елементів, як показано на нижньому рисунку. Розміри симетрично розташованих елементів виробу (крім отворів) наносять один раз, не вказуючи їх кількість, групуючи, як правило, в одному місці всі розміри (в даному прикладі по одну сторону від осі симетрії)</p>
	<p>При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розташованих по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, які визначають взаємне розташування елементів, вказують лише їх кількість. Якщо виріб має несиметричний елемент, необхідно вказати прив'язку до нього одного з отворів</p>
	<p>Однакові елементи, розташовані в різних частинах виробу (наприклад, отвори), розглядають як один елемент, якщо між ними нема проміжку або якщо ці елементи з'єднані тонкими суцільними лініями. При відсутності цих умов вказують повну кількість елементів</p>
	<p>При нанесенні розмірів, які визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розмір між сусідніми елементами і розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між ними на розмір проміжку</p>

Зображення	Правила нанесення розмірів
	<p>Якщо однакові елементи виробу (наприклад, отвори) розташовані на різних поверхнях і показані на різних зображеннях, кількість цих елементів записують окремо для кожної поверхні</p>
	<p>При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини або довжини наносять, як показано на зображенні</p>

На кресленнях застосовують довідкові розміри. Довідковими називають розміри, які не підлягають виконанню за даним кресленням і вказані для більшої зручності користування ним.

Прикладом довідкового розміру може бути розмір 65\* або 30\* (рис. 1.36).

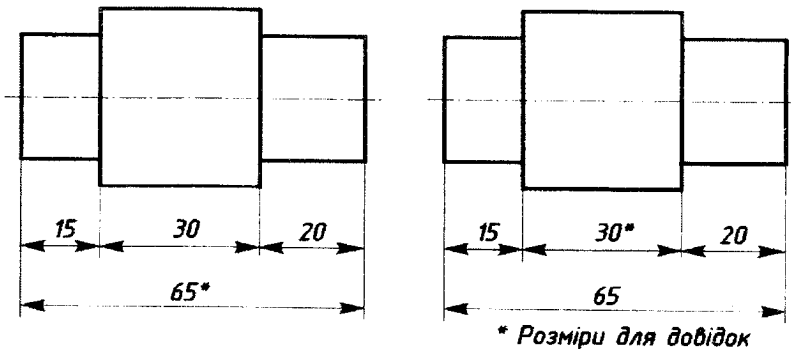


Рис. 1.36

В даному випадку довідковим є один з розмірів замкнутого розмірного ланцюга. На машинобудівних кресленнях не допускається наносити розміри у вигляді замкнутого ланцюга, при необхідності один з розмірів замкнутого ланцюга може бути довідковим. Довідкові розміри відмічають знаком “\*”, а в технічних вимогах (над основним написом) записують “\* Розміри для довідок”.

### **1.3.3. Запитання для самоперевірки**

- 1.3.3.1. Що таке масштаб креслення?
- 1.3.3.2. Які масштаби зменшення і збільшення дозволяє ГОСТ 2.302-68?
- 1.3.3.3. Як позначають масштаб на кресленні?
- 1.3.3.4. Як розміщують на кресленні розмірні і виносні лінії для вимірювання відрізка? кута? радіуса? дуги?
- 1.3.3.5. На якій відстані слід проводити розмірні лінії від ліній контуру? одну від одної?
- 1.3.3.6. Як записувати розмірні числа залежно від нахилу розмірних ліній для лінійних розмірів? для кутових розмірів?
- 1.3.3.7. Які правила нанесення розмірних ліній і розмірних чисел для діаметрів кіл і для радіусів дуг?
- 1.3.3.8. Як наносити розміри сфери? квадрата?
- 1.3.3.9. Які правила нанесення розмірів конусності? уклону?
- 1.3.3.10. В яких випадках розмірну лінію виконують з обривом?
- 1.3.3.11. Накресліть розмірну стрілку. Які розміри вона має?



## § 2. ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ

### 2.1. Загальні положення

Під час виконання креслень деталей або в процесі розмітки нерідко доводиться вдаватися до геометричних побудов.

Під геометричними побудовами розуміють елементарні побудови на площині, в основі яких лежать певні геометричні закони.

До геометричних побудов належать: поділ відрізків, кутів, побудова взаємно перпендикулярних і паралельних прямих, правильних багатокутників тощо.

### 2.2. Поділ відрізка прямою

Поділ відрізка  $AB$  на дві рівні частини (рис. 1.37,  $a$ ). Із точок  $A$  і  $B$  як із центрів радіусом  $R$ , більшим за половину відрізка  $AB$ , проводять дуги до взаємного перетину в точках  $M$  і  $N$ . Пряма  $MN$  ділить відрізок  $AB$  навпіл. Так само частина  $BC$  поділена ще на дві рівні частини.

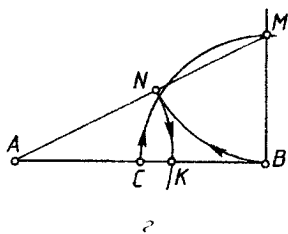
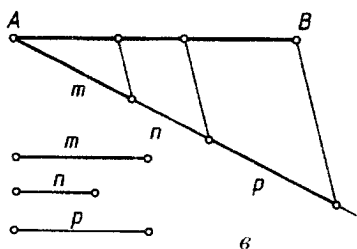
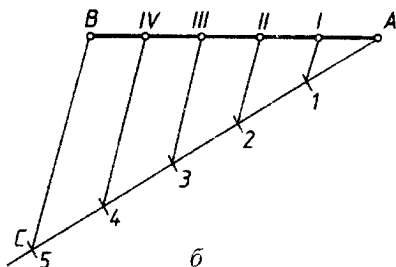
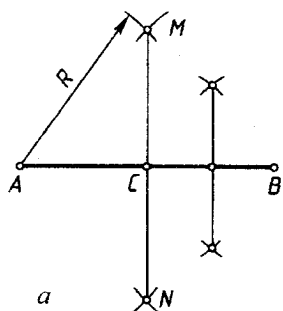


Рис. 1.37

**Поділ відрізка  $AB$  на довільну кількість рівних частин** (рис. 1.37, б). Щоб відрізок  $AB$  графічно поділити на п'ять рівних частин, із крайньої точки  $A$  під довільним кутом до  $AB$  проводять допоміжну пряму  $AC$  і на ній відкладають п'ять рівних частин довільної довжини. Крайню точку 5 сполучають з точкою  $B$  і за допомогою косинця та лінійки через точки поділу проводять прямі, паралельні  $B5$ . Знайдені точки I, II, III, IV поділяють відрізок  $AB$  на п'ять рівних частин.

На рис 1.37, в відрізок  $AB$  поділено на частини, пропорційні відріzkам  $m, n$  і  $p$ .

**Поділ відрізка в крайньому і середньому відношенні** (рис. 1.37, з). Поділ відрізка прямої у відношенні  $AB/AK = AK/BK$  називається “золотим перерізом”. Для цього з точки  $B$  проводять перпендикуляр до  $AB$ , на якому відкладають відрізок  $BM = AB/2 = AC$ . На гіпотенузі  $AM$  від точки  $M$  відкладають величину  $MN = MB$ . Радіусом  $AN$  з центра  $A$  проводять дугу до перетину з  $AB$  в точці  $K$ , яка і поділить  $AB$  в шуканому відношенні.

### **2.3. Побудова перпендикулярних і паралельних прямих**

**Побудова перпендикуляра через середину відрізка  $AB$**  (рис. 1.37, а). Пряма  $MN$  і буде перпендикуляром, що проходить через середину відрізка  $AB$ .

**Побудова перпендикуляра до прямої  $MN$  з точки  $A$ , що лежить поза цією прямою** (рис. 1.38, а). З точки  $A$  як із центра довільним радіусом проводять дугу, що перетинає пряму  $MN$  в точках  $O_1$  і  $O_2$ . Із знайдених точок радіусом, більшим за половину відрізка  $O_1O_2$ , проводять дуги до взаємного перетину в точці  $B$ . Пряма  $AB$  і є перпендикуляром до прямої  $MN$ .

**Побудова перпендикуляра до прямої через точку  $A$ , що лежить на цій самій прямій** (рис. 1.38, б). Установлюють косинець так, щоб його катет збігся з лінією  $MN$  (положення 1). До гіпотенузи прикладають лінійку і, пересуваючи косинець по лінійці до збігу його вертикального катета з точкою  $A$  (положення 2), проводять перпендикуляр до прямої.

На рис. 1.38, в показано побудову перпендикуляра до прямої з точки  $A$ , виконану за допомогою циркуля.

**Побудова перпендикуляра до прямої  $AM$ , який проходить через кінцеву точку  $A$**  (рис. 1.38, з). З довільної точки  $O$ , що лежить поза прямою, проводять коло радіусом  $OA$ , яке перетинає заданий

відрізок у точці  $C$ . Точки  $O$  і  $C$  сполучають прямою і продовжують її до перетину з колом у точці  $B$ . Кут  $BAC$  прямий, як вписаний в коло і спирається на його діаметр; отже, пряма  $AB$  і є шуканим перпендикуляром.

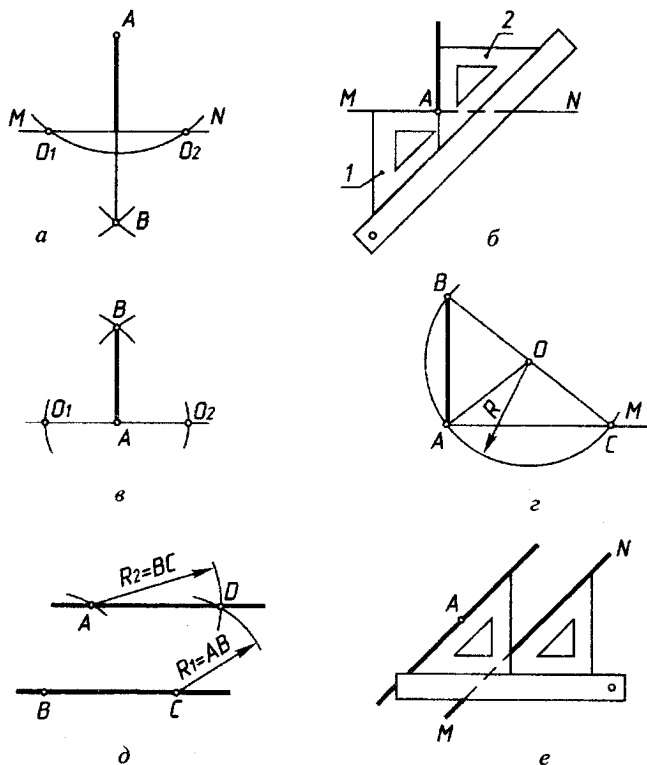


Рис. 1.38

**Побудова прямої, паралельної прямій  $BC$ , через точку  $A$**  (рис. 1.38,  $d$ ). З точки  $C$ , як із центра, проводять дугу радіусом  $R_1 = AB$ , а з точки  $A$  – радіусом  $R_2 = BC$ . На перетині цих дуг distantь точку  $D$ . Пряма  $AD \parallel BC$ , бо ці відрізки є протилежними сторонами паралелограма.

На рис. 1.38,  $e$  показано побудову прямої, яка проходить через точку  $A$  і паралельна прямій  $MN$ , за допомогою трикутника і лінійки.

## 2.4. Побудова і вимірювання кутів. Поділ кутів

**Побудова кута, який дорівнює заданому** (рис. 1.39, а). З вершини  $B$  довільним радіусом  $R$  проводять дугу  $MN$ . З точки  $B_1$  прямої  $B_1A_1$  тим самим радіусом проводять дугу  $M_1N_1$ . Радіусом  $R_1$ , що дорівнює величині хорди  $MN$ , з точки  $M_1$  як із центра проводять другу дугу до перетину з дугою радіуса  $R$  у точці  $N_1$ . Кут  $M_1B_1N_1$  дорівнює куту  $MBN$ .

**Побудова і вимірювання кутів за допомогою транспортира** (рис. 1.39, б). За допомогою транспортира будують ті кути, які не можна побудувати двома косинцями. Нехай на прямій  $MN$  у точці  $A$  треба побудувати кут, що дорівнює  $53,5^\circ$ . Для цього центр півкола транспортира (точку  $O$ ) суміщують з точкою  $A$ , а його початкову пряму – з прямою  $MN$ . По шкалі проти поділки  $53,5^\circ$  фіксують точку  $B$  і через точки  $A$  і  $B$  проводять другу сторону шуканого кута. Аналогічно і вимірюють кути за допомогою транспортира.

**Побудова кутів за допомогою рейшини і косинців** (рис. 1.39, в). Двома косинцями з кутами  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  і  $60^\circ$  разом з лінійкою або рейшиною можна побудувати кути, кратні  $15^\circ$ . На рис. 1.39, в побудовані кути  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $150^\circ$ .

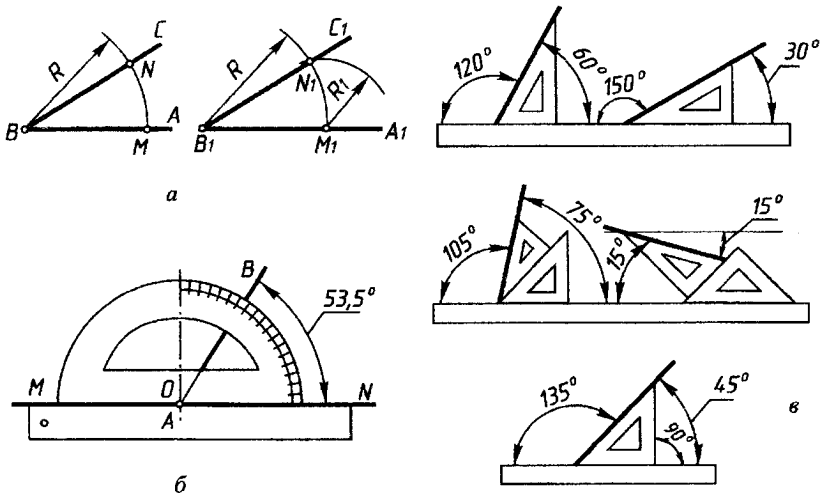


Рис. 1.39

**Поділ кута на дві рівні частини** (рис. 1.40, а). З вершини  $B$  кута довільним радіусом  $R$  проводять дугу, яка перетинає сторони кута в точках  $M$  і  $N$ . Із знайдених точок як із центрів роблять дві засічки радіусом, більшим половини відстані між точками  $M$  і  $N$ . Пряма  $BE$  поділяє кут  $ABC$  на дві рівні частини, тобто є бісектрисою цього кута.

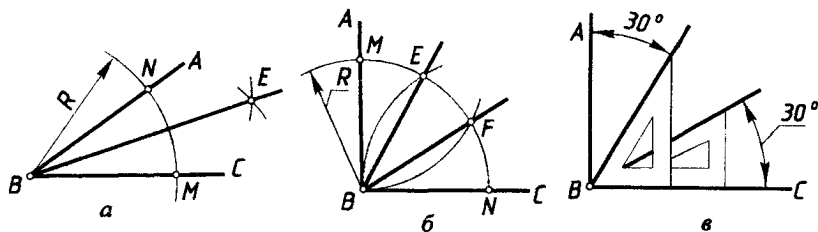


Рис. 1.40

**Поділ прямого кута на три рівні частини** (рис. 1.40, б). Довільним радіусом  $R$  з вершини  $B$  прямого кута проводять дугу. Із знайдених точок  $M$  і  $N$  цим самим радіусом проводять дуги до перетину з дугою  $MN$  у точках  $E$  і  $F$ . Прямі  $BE$  і  $BF$  ділять прямий кут на три рівні частини. На рис. 1.40, в прямий кут поділено на три рівні частини за допомогою косинця.

## 2.5. Побудова плоских фігур

**Побудова трикутника  $ABC$  за трьома відрізками  $m$ ,  $n$  і  $p$**  (рис. 1.41, а). На довільній прямій відкладають відрізок  $AB = n$ . З точки  $A$  як із центра описують дугу радіусом  $R_1 = m$ , а з точки  $B$  – дугу радіусом  $R_2 = p$  до взаємного перетину їх у точці  $C$ . Знайдену точку  $C$  сполучають з точками  $A$  і  $B$ .

**Побудова багатокутника, який дорівнює даному** (рис. 1.41, б, в). Цю побудову можна виконати двома способами:

*1-й спосіб (триангуляційний).* З точки  $A$  (рис. 1.41, б) проводять діагоналі і поділяють багатокутник на трикутники. Шуканий багатокутник будують поетапно, як ряд послідовних трикутників за трьома відрізками способом, наведеним на рис. 1.41, а.

*2-й спосіб (координатний).* Положення кожної точки на площині можна задати її координатами, тобто відстанню від двох взаємно перпендикулярних прямих  $Ox$  і  $Oy$ , які називаються осями координат.  $Ox$  – вісь абсцис,  $Oy$  – вісь ординат, точка  $O$  – початок координат. Положення кожної точки, наприклад точки  $A$  (рис. 1.41, в), визначають

її координатами  $x_A$  і  $y_A$ . На правому рисунку показано спрощену побудову точки  $A$ , якщо відомі її координати  $x_A$  і  $y_A$ .

На рис. 1.41,  $z$  з вершин  $A, B, \dots$  багатокутника проведені перпендикуляри до перетину з віссю  $Ox$  і визначені координати всіх точок (на рисунку позначено лише координати точки  $A$ ). У потрібному місці будують напрям осі координат  $O_1x_1$  (рис. 1.41,  $\delta$ ) і відкладають на ній координати  $x$  усіх вершин багатокутника. Із знайдених точок проводять перпендикуляри до осі  $O_1x_1$ , на яких відкладають значення координат  $y$  (на рисунку позначено координати тієї самої точки  $A$ ). Утворений багатокутник  $A_1B_1C_1D_1E_1$  дорівнює багатокутнику  $ABCDE$ , зображеному на рис. 1.41,  $z$ .

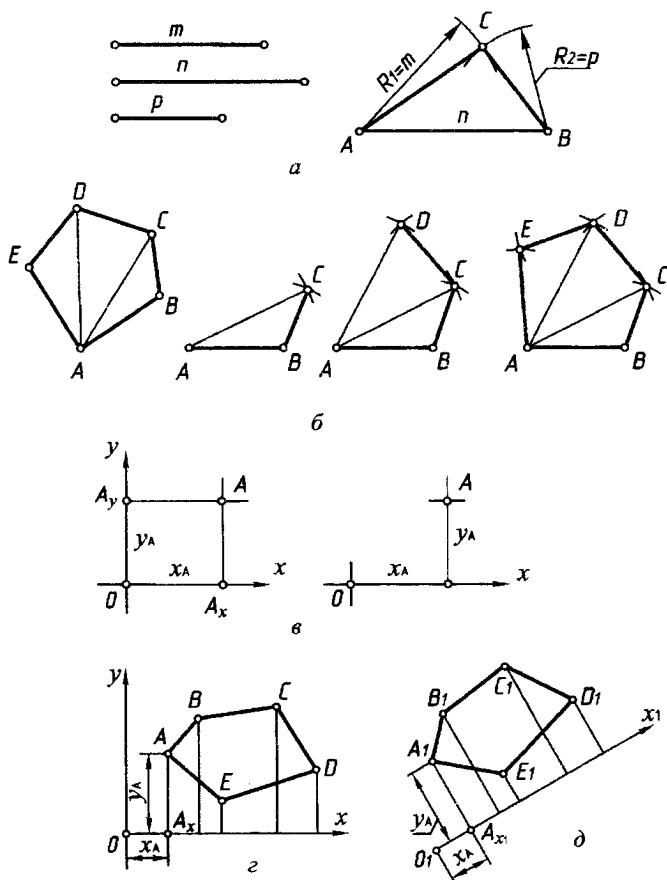


Рис. 1.41

## 2.6. Поділ кола на рівні частини. Побудова правильних вписаних багатокутників

Поділ кола на чотири рівні частини (рис. 1.42, а). Два взаємно перпендикулярних діаметри ділять коло на чотири рівні частини. Сполучивши точки поділу, одержують вписаний квадрат.

Поділ кола на вісім рівних частин (рис. 1.42, б). Дуги кола між точками  $A$  і  $C$ ,  $B$  і  $C$  ділять навпіл за допомогою циркуля або транспортира. Знайдені точки сполучають прямими з центром кола і продовжують прямі до перетину з протилежною частиною кола. Коло поділиться на вісім рівних частин. Сполучивши точки поділу, дістають правильний восьмикутник.

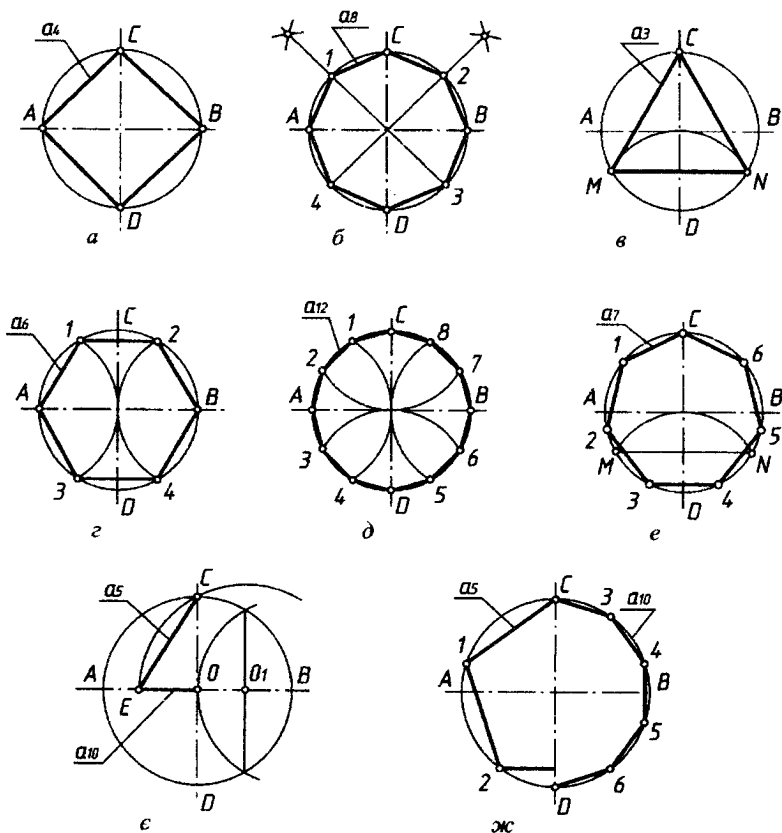


Рис. 1.42

**Поділ кола на три рівні частини** (рис. 1.42, *в*). З кінця  $D$  вертикального діаметра, як із центра, радіусом кола  $R$  проводять дугу, яка перетинає коло в точках  $M$  і  $N$ . Сполучивши точки  $M$ ,  $N$  і  $C$ , дістають правильний вписаний трикутник.

**Поділ кола на шість рівних частин** (рис. 1.42, *г*). З кінців  $A$ ,  $B$  горизонтального діаметра радіусом кола проводять дуги, які перетинають коло в точках 1, 2, 3 і 4. Сполучивши точки  $A$ , 1, 2,  $B$ , 4, 3, дістають правильний вписаний шестикутник.

На рис. 1.42, *д* показано побудову правильного дванадцятикутника.

**Поділ кола на сім рівних частин** (рис. 1.42, *е*). Поділивши коло на три рівні частини, дістанемо хорду  $MN$  – сторону правильного вписаного трикутника. Половина цієї хорди з достатнім наближенням дорівнює стороні правильного вписаного семикутника.

**Поділ кола на п'ять або десять рівних частин** (рис. 1.42, *є, жс*). Горизонтальний радіус  $OB$  кола поділяють на дві рівні частини і, беручи знайдену точку  $O_1$  за центр, проводять дугу радіусом, що дорівнює відрізку  $O_1C$ . Ця дуга перетинає горизонтальний діаметр у точці  $E$ . Відрізок  $CE$  і є стороною вписаного п'ятикутника, а відрізок  $OE$  приблизно дорівнює стороні вписаного десятикутника. Побудову половин п'ятикутника і десятикутника показано на рис. 1.42, *жс*.

## **2.7. Побудова правильних багатокутників за даною стороною**

**Побудова квадрата за стороною  $a$**  (рис. 1.43, *а*). Відкладають відрізок  $AB = a$  і з його кінця, наприклад, з точки  $A$ , ставлять до прямої перпендикуляр (див. рис. 1.38, *г*). На перпендикулярі відкладають відрізок  $AC = a$ . З точок  $B$  і  $C$ , як з центрів, радіусами  $R = a$  проводять дуги до взаємного перетину їх у точці  $D$ .

**Побудова правильного шестикутника за стороною  $a$**  (рис. 1.43, *б*). З кінців відрізка  $AB = a$  радіусом  $R = a$  проводять дуги до взаємного перетину їх в точці  $O$ . Беручи  $O$  за центр, будують коло радіусом  $R = a$  і ділять його на шість рівних частин.

На рис. 1.43, *в* побудову шестикутника виконано за допомогою рейшини і косинців.

**Побудову правильних багатокутників за даною стороною  $a$**  можна також виконати за допомогою таблиці (табл. 6).



**Діаметр описаного кола залежно від довжини  $a$  сторони багатокутника**

Кількість сторін правильного багатокутника	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Діаметр описаного кола $d$	$1,154a$	$1,414a$	$1,702a$	$2,000a$	$2,304a$	$2,614a$	$2,924a$	$3,230a$	$3,550a$	$3,864a$

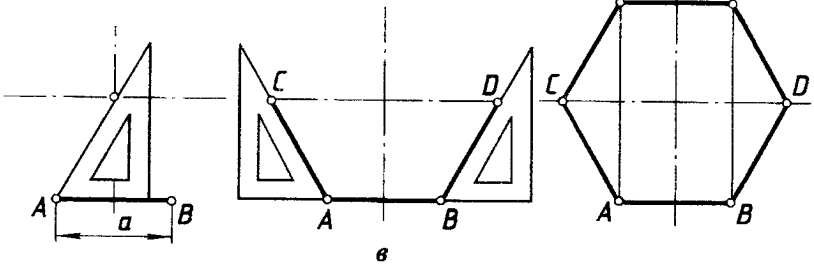
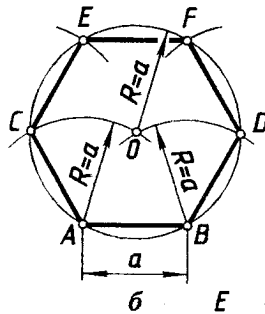
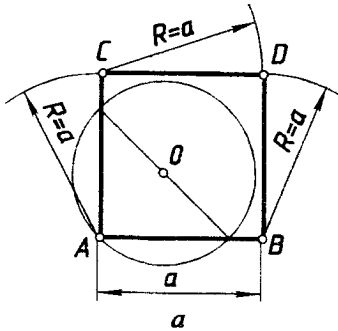


Рис. 1.43

## 2.8. Визначення центра дуги кола і величини радіуса

Щоб знайти центр дуги кола, проводять дві довільні хорди  $AB$  і  $CD$  (рис. 1.44). Перетин перпендикулярів, поставлених до середини кожної хорди, визначає центр дуги – точку  $O$ . Одночасно знаходять величину радіуса дуги кола.

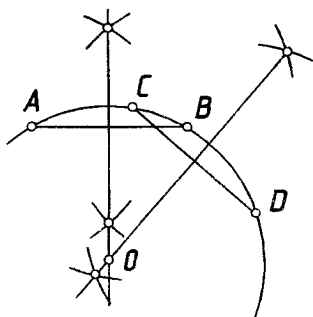


Рис. 1.44

## 2.9. Побудова уклону і конусності

Нахил однієї лінії відносно іншої, розташованої горизонтально або вертикально, характеризує величину, яку називають *уклоном*.

У прямокутному трикутнику  $ABC$  (рис. 1.45, *a*) нахил гіпотенузи  $AB$  до катета можна подати або величиною кута  $\alpha$  в градусах, або уклоном  $i$ , величина якого визначається відношенням катета  $BC$  до катета  $AC$ . Уклон можна виразити в процентах, промілях або у вигляді відношення, наприклад: 10%, 5‰ або 1:10. Позначення уклону на кресленнях розглянуто вище.

З побудовою уклону пов'язані дві основні задачі:

1. Визначити величину уклону прямої  $AB$  відносно прямої  $AC$  (рис. 1.45, *a*).

З довільної точки  $C$  прямої  $AC$  ставлять перпендикуляр до  $AC$ . Вимірюють довжину катетів  $BC$  і  $AC$  і ділять першу величину на другу. Припустимо, що довжина катета  $BC$  дорівнює 10 мм, а катета  $AC$  – 20 мм. У цьому випадку матимемо уклон 1:2 або 50%.

2. Дано відрізок  $AB$  і на ньому точку  $C$  (рис. 1.45, *б*). Через точку  $C$  треба провести пряму з уклоном 1:5 до даного відрізка.

На прямій  $AB$  від точки  $C$  відкладають п'ять довільних рівних відрізків. З точки  $D$  ставлять перпендикуляр, на якому відкладають один такий відрізок. Пряма, проведена через точки  $C$  і  $E$ , має уклон 1:5 відносно прямої  $AB$ .

Поверхні багатьох виробів, наприклад швелерів, залізничних рейок, литва тощо, мають різні уклони. Розглянемо креслення полочки швелера №18 (рис. 1.45, *з*). За розмірами  $h = 180$  мм;  $b = 70$  мм;  $d = 5,1$  мм, узятими за стандартом, креслять основний контур швелера.

Визначаючи розмір  $(b - d)/2 = (70 - 5,1)/2 = 32,5$  мм, знаходять точку  $E$  і відкладають від неї величину  $t = DE = 8,7$  мм. Через знайдену точку  $E$  проводять пряму з укладом 10%. Це можна зробити двома способами:

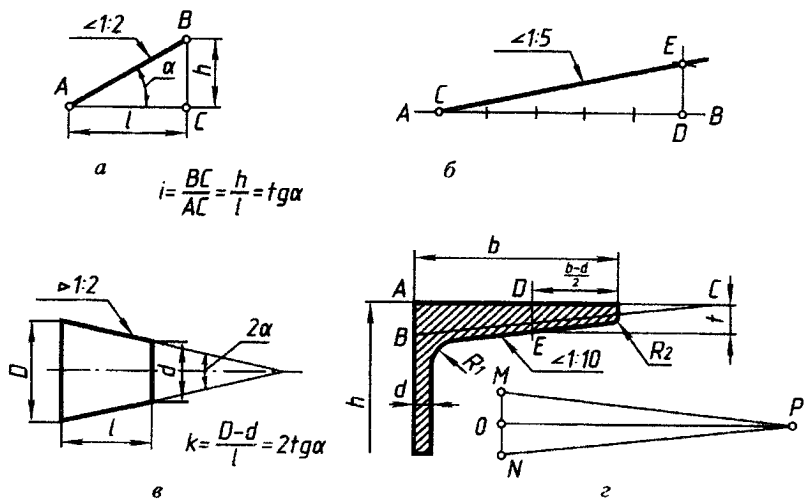


Рис. 1.45

*1-й спосіб.* На основі полички швелера відкладають відрізки  $AC = 100$  мм і  $AB = 10$  мм і через точку  $E$  проводять пряму, паралельну гіпотенузі  $BC$ .

*2-й спосіб.* На вільному місці креслення проводять лінії  $MP$  та  $NP$ , які мають уклад 10% і через точку  $E$  проводять пряму, паралельну  $NP$ .

*Конусність* визначають як відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними (рис. 1.45, *в*), тобто  $K = (D - d)/l = 2tg\alpha$ . Величина конусності на рис. 1.45, *в* дорівнює 1:2. Конусність можна подати простим дробом або в процентах. Залежно від призначення поверхням багатьох деталей надають тієї чи іншої конусності. Позначення конусності на кресленнях наведено вище.

## 2.10. Запитання для самоперевірки

2.10.1. Як поділити відрізок на 4 і 8 рівних частин?

2.10.2. Як побудувати перпендикуляр до прямої з точки, що лежить поза цією прямою? що лежить на цій прямій?

- 2.10.3. Як поділити прямий кут на три рівні частини?
- 2.10.4. Як побудувати багатокутник, що дорівнює даному?
- 2.10.5. Як вписати в коло правильний шестикутник? семикутник? п'ятикутник?
- 2.10.6. Як за таблицею хорд побудувати правильний одинадцятикутник?
- 2.10.7. Як побудувати за даною стороною правильний шестикутник? п'ятикутник?
- 2.10.8. Як знайти довжину довільної дуги кола?
- 2.10.9. Що таке уклон? Як вимірюють величину уклону?
- 2.10.10. Як позначають уклон на кресленнях?
- 2.10.11. Що таке конусність? Як вимірюють величину конусності?
- 2.10.12. Як позначають конусність на кресленнях?

## 2.11. Спряження

### 2.11.1. Загальні положення

При виконанні креслень різних предметів часто доводиться плавно сполучати між собою різні лінії (прямі з дугами кіл, дугу одного кола з дугами інших кіл тощо).

Плавний перехід однієї лінії в іншу називається *дотиканням*.

Основні типи дотикання відомі з геометрії. Пряма, дотична до кола, утворює прямий кут з радіусом, проведеним у точку дотику (рис. 1.46, *a*). Геометричними місцями центрів кіл, дотичних до даної прямої  $AB$ , є прямі  $MN$  і  $PQ$ , паралельні  $AB$  і віддалені від неї на величину радіуса кола. Будь-яка точка цих прямих є центром кола, дотичного до  $AB$ . Точка дотику  $K$  є основою перпендикуляра, опущеного з центра  $O_3$  на пряму  $AB$ .

Існує два види взаємного дотикання кіл: *зовнішнє* (рис. 1.46, *в*), якщо відстань між центрами дорівнює сумі радіусів  $R_1 + R_2$  і точка дотику розташована на лінії центрів між  $O_1$  та  $O_2$ , і *внутрішнє* (рис. 1.46, *г*), якщо відстань між центрами дорівнює різниці радіусів  $R_1 - R_2$  і точка дотику лежить на лінії центрів поза точками  $O_1$  і  $O_2$ . Через точку дотику можна провести спільну дотичну  $t$ , яка буде перпендикулярною до радіусів, проведених у точку дотику.

Плавний перехід від однієї лінії до іншої, виконаний за допомогою проміжної лінії, називається *спряженням*.

Основні елементи спряження (рис. 1.46, д) – це радіус дуги спряження  $R$ , центр спряження  $O$ , точки спряження, або точки переходу  $A$  і  $B$ . У технічному кресленні при побудові спряження найчастіше задають радіус дуги спряження  $R$ , а інші елементи визначають в процесі побудови.

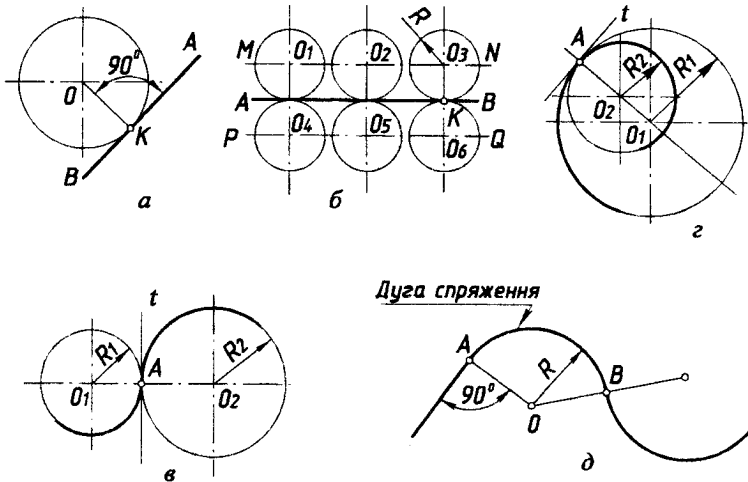


Рис. 1.46

### 2.11.2. Побудова дотичної до кола і до двох кіл

**Побудова дотичної до кола в точці  $A$ , що лежить на колі** (рис. 1.47, а). Через центр кола і точку  $A$  проводять пряму, до якої в точці  $A$  ставлять перпендикуляр. Він і є шуканою дотичною.

**Побудова дотичної до кола, яка проходить через зовнішню точку  $A$**  (рис. 1.47, б). На відрізку  $AO$  як на діаметрі будують допоміжне коло з центром  $O_1$ . Перетин допоміжного кола з заданим дає точки дотику  $B$  і  $C$ . Прямі  $AB$  і  $AC$  є шуканими дотичними, бо кут  $ACO$  прямий як вписаний, що спирається на діаметр  $AO$ .

У практиці креслення часто зустрічаються випадки побудови дотичної до двох кіл. Відносно них дотична може бути зовнішньою, якщо обидва кола лежать по один бік від неї, або внутрішньою, якщо кола розташовані по різні боки.

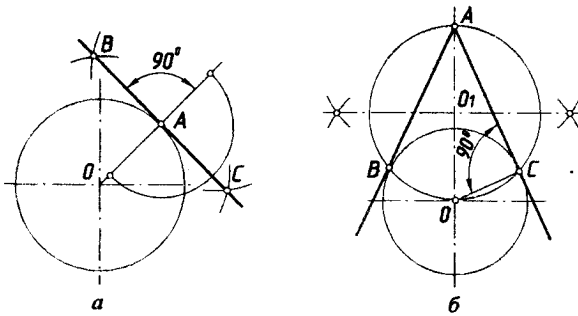


Рис. 1.47

**Побудова зовнішньої дотичної до двох кіл радіусів  $R_1$  і  $R_2$**  (рис. 1.48, а, б). З центра  $O_1$  проводять допоміжне коло радіусом  $R_1 - R_2$ . З точки  $O$  (середини відрізка  $O_1O_2$ ) як із центра проводять допоміжне коло радіусом  $OO_1$ . Ці кола перетинаються в точках  $A$  і  $B$ . Прямі  $O_1A$  і  $O_1B$  в перетині з колом радіуса  $R_1$  визначають точки дотику  $C$  і  $D$ . З центра  $O_2$  проводять прямі  $O_2E$  і  $O_2F$ , відповідно паралельні  $O_1C$  і  $O_1D$ . Прямі  $CE$  і  $DF$  – шукані зовнішні дотичні до двох кіл.

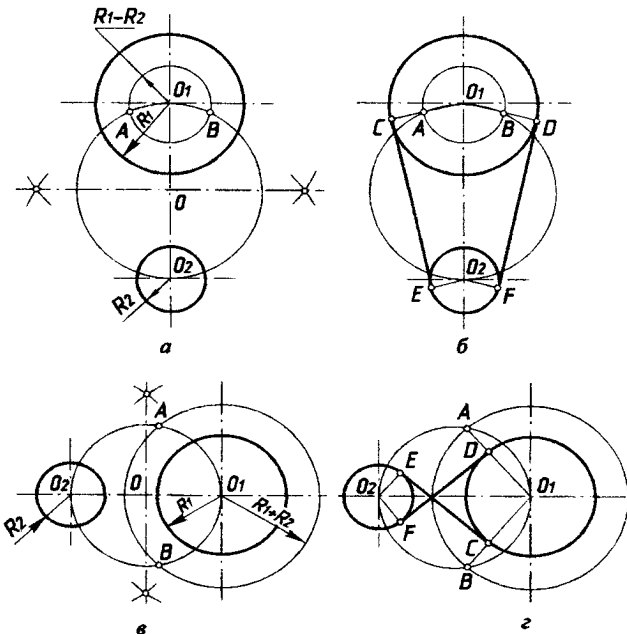


Рис. 1.48

На рис. 1.48, в, г показано побудову внутрішньої дотичної до двох кіл радіусів  $R_1$  і  $R_2$ .

### 2.11.3. Спряження прямих дугою кола

Найчастіше бувають два типи завдань на побудову спряжень двох прямих:

- задано радіус дуги спряження;
- задано точку спряження на одній з прямих.

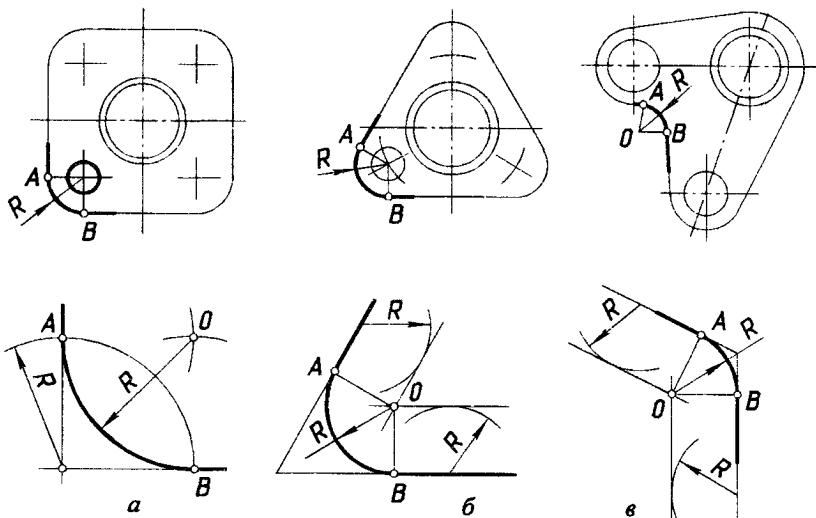


Рис. 1.49

Спряження сторін прямого, гострого або тупого кутів (рис. 1.49, а-в) дугою радіуса  $R$  (заокруглення кутів). Проводять дві допоміжні прямі, паралельні сторонам кута, на відстані радіуса спряження  $R$ . Ці прямі є геометричним місцем центрів кіл радіуса  $R$ , дотичних до сторін кута. Точка  $O$  перетину цих прямих є центром дуги спряження. Перпендикуляри, опущені з центра на задані прямі, визначають точки спряження  $A$  і  $B$ . Радіусом  $R$  проводять дугу спряження між точками  $A$  і  $B$ . Заокруглення прямого кута простіше виконати так, як показано на рис. 1.49, а. На рис. 1.49, а-в наведено і технічні деталі, де є розглянуті типи спряжень.

**Спряження двох прямих, що перетинаються, якщо задана точка спряження  $A$  на одній з прямих (рис. 1.50,  $a$ ).** Будують бісектрису кута між прямими, яка є геометричним місцем центрів дуг, що спряжують задані прямі. З точки  $A$  ставлять перпендикуляр до прямої; перетин його з бісектрисою дає центр спряження – точку  $O$ . Опустивши з точки  $O$  перпендикуляр на другу пряму, дістають другу точку спряження  $B$ . Радіусом  $OA$  проводять дугу кола між точками  $A$  і  $B$ .

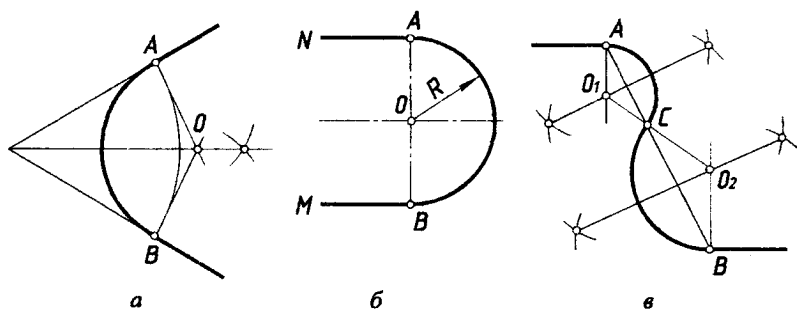


Рис. 1.50

На рис. 1.50,  $b$  показано побудову спряження двох паралельних прямих, якщо задано точку спряження  $A$ .

**Спряження паралельних прямих двома дугами, якщо задані точки спряження  $A$ ,  $B$  і  $C$  (рис. 1.50,  $v$ ).** Проводять перпендикуляри до середин хорд  $AC$  і  $BC$ . Перетин цих перпендикулярів з перпендикулярами, поставленими з точок  $A$  і  $B$  до заданих прямих, дають центри спряження  $O_1$  і  $O_2$ . З цих центрів проводять дуги радіусами  $O_1A$  і  $O_2B$ .

#### 2.11.4. Спряження дуги з прямою

Бувають два типи спряження дуги з прямою – зовнішнє і внутрішнє.

**Зовнішнє спряження (рис. 1.51,  $a$ ).** На відстані, що дорівнює радіусу  $R$  дуги спряження, проводять пряму, паралельну  $BM$ . З центра кола  $O$  радіусом  $R_2 + R$  проводять допоміжну дугу. Точка  $O_2$  перетину дуги з проведеною прямою і є центром спряження. Щоб одержати точку спряження  $A$ , сполучають центр спряження  $O_2$  з центром кола  $O$ , а щоб одержати точку спряження  $B$ , ставлять перпендикуляр з центра  $O_2$  до прямої, паралельної  $BM$ . З центра  $O_2$  радіусом  $R = O_2B$  проводять дугу спряження між точками  $A$  і  $B$ .



**Внутрішнє спряження** (рис. 1.51, б). Роблять ті самі побудови з тією лише відмінністю, що допоміжну дугу проводять радіусом  $R_1 - R_2$ . Точку спряження  $D$  знаходять на перетині лінії центрів  $O_1O$  з колом.

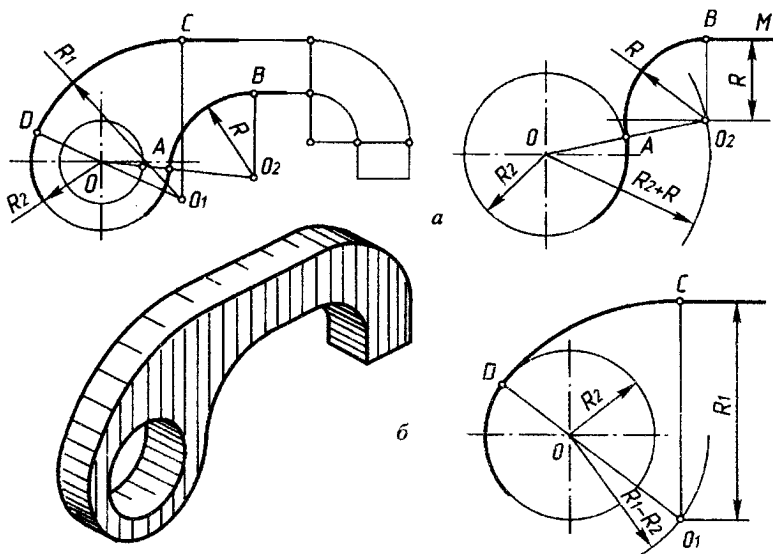


Рис. 1.51

### 2.11.5. Спряження дуг між собою

Розрізняють три типи спряження дуг кола між собою: зовнішнє, внутрішнє і мішане.

**Зовнішнє спряження** (рис. 1.52, а). Центр спряження  $O$  лежить у точці перетину двох допоміжних дуг радіусів  $R_1 + R$  і  $R_2 + R$ , проведених відповідно з центрів  $O_1$  і  $O_2$ .

Точки спряження  $A$  і  $B$  визначають як точки перетину заданих дуг з прямими  $OO_1$  і  $OO_2$ .

**Внутрішнє спряження** (рис. 1.52, б). З центрів  $O_1$  і  $O_2$  проводять дві допоміжні дуги радіусами  $R - R_1$  і  $R - R_2$ , перетин яких і є центром спряження  $O$ . Прямі  $OO_1$  і  $OO_2$ , перетинаючи задані дуги, дають точки спряження  $A$  і  $B$ .

**Мішане спряження** (рис. 1.52, в). Центр спряження знаходять як точку перетину двох допоміжних дуг радіусів  $R + R_1$  і  $R - R_2$ , проведених відповідно з центрів  $O_1$  і  $O_2$  заданих дуг. Точки спряження  $A$  і  $B$  визначають, як і в попередніх випадках.

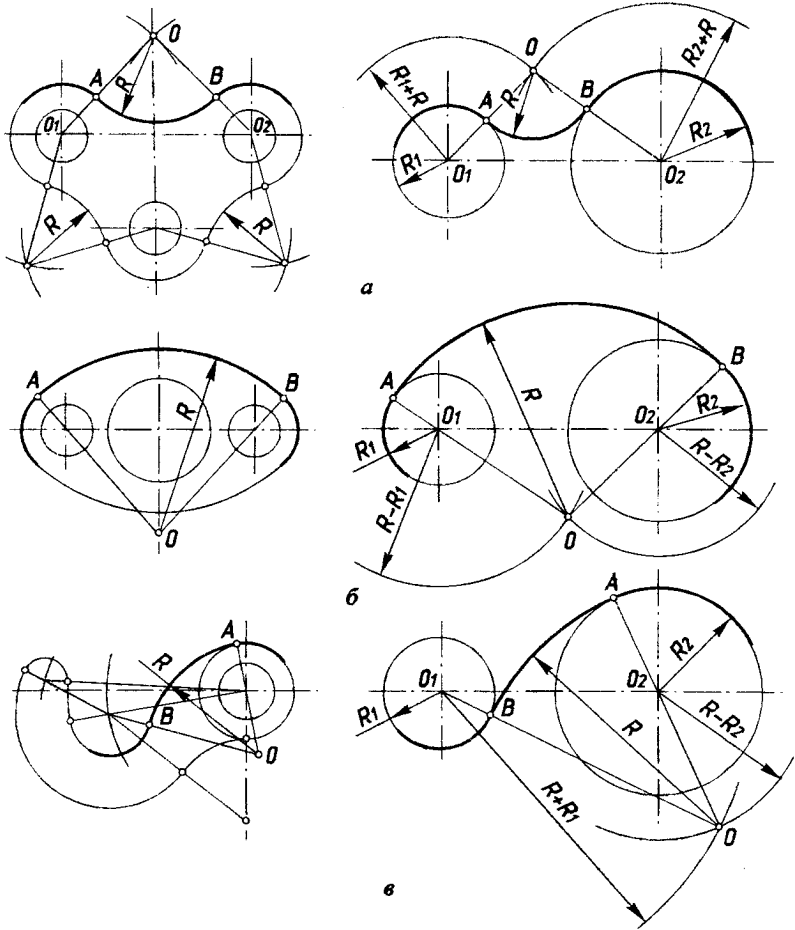


Рис. 1.52

### 2.11.6. Побудова коробових кривих

Коробовими називають опуклі криві, утворені спряженням дуг кола.

До коробових кривих належать овали, овоїди, завитки тощо. *Овал* – це замкнена коробова крива, яка має дві осі симетрії. Його можна будувати за однією великою віссю або за двома осями – великою і малою.

**Побудова овала діленням великої осі на чотири частини** (рис. 1.53, а).

Поділивши велику вісь  $AB$  на чотири рівні частини, дістають центри спряження  $O_1$  і  $O_2$ . З центра  $O$  радіусом  $OA$  проводять дугу до перетину з вертикальною віссю в точках  $O_3$  і  $O_4$  – другій парі центрів спряження. Точки спряження  $C, D, F, E$  розташовані на прямих  $O_1O_3$ ;  $O_1O_4$ ;  $O_2O_3$ ;  $O_2O_4$ . Описуючи з центрів  $O_1$  і  $O_2$  дуги радіусом  $R_1 = O_1A$ , а з центрів  $O_3$  і  $O_4$  – радіусом  $R = O_4D$ , дістають контур овала.

**Побудова овалу за двома осями  $AB$  і  $CD$**  (рис. 1.53, б). З центра  $O$  проводять дугу радіусом  $OA$  і засікають нею малу вісь овала.

Дугою радіуса  $CK$ , проведеною з точки  $C$ , засікають допоміжну пряму  $AC$ , тобто  $MC = KC$ . Через середину відрізка  $AM$  проводять перпендикуляр, який перетинає осі овала в точках  $O_1$  і  $O_4$ . Знаходять симетричні їм точки  $O_2$  і  $O_3$  і проводять лінії центрів  $O_1O_3$ ;  $O_1O_4$ ;  $O_2O_3$ ;  $O_2O_4$ . З точки  $O_4$  як із центра радіусом  $R = O_4C$  проводять дугу до перетину з прямими  $O_4O_1$  і  $O_4O_2$  в точках 1 і 2, які будуть точками спряження овала. Виконавши аналогічну побудову з центра  $O_3$ , дістають точки спряження 3 і 4. Закінчують побудову проведенням дуг з центрів  $O_1$  і  $O_2$  радіусом  $R_1 = O_1A$  або  $R_1 = O_2B$ .

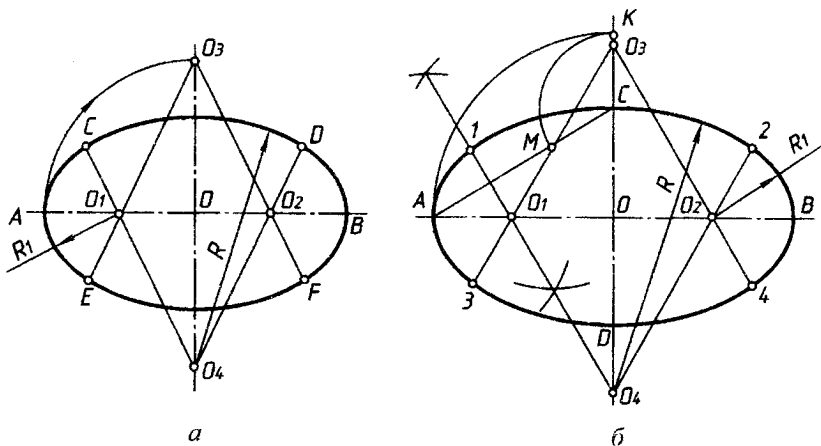


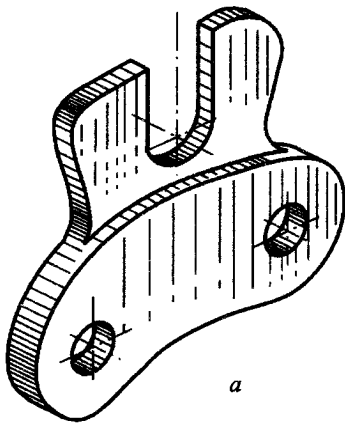
Рис. 1.53

### 2.11.7. Приклади побудови креслень деталей, які мають спряження

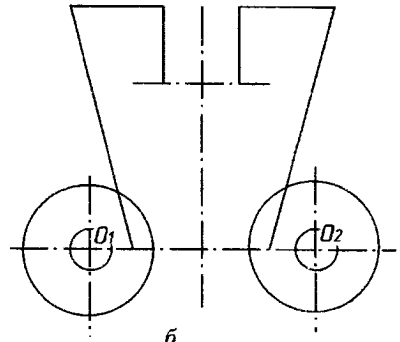
Розглянемо приклади побудови креслень таких деталей, які мають спряження.

*Контур прокладки* (рис. 1.54). Проводять вертикальну вісь симетрії і центрові лінії. Креслять два кола  $\varnothing 20$ , відстань між центрами яких 110 мм. З цих самих центрів проводять кола радіусами  $R32$ . Прямими лініями виконують зовнішній контур прокладки, яка має форму рівнобічної трапеції з основами 130 та 65 мм і висотою 120 мм. Проводять паралельні прямі верхнього вирізу, використовуючи розміри 36 і 38 мм (рис. 1.54, б). Виконують зовнішнє спряження кіл радіусів  $R32$  дугою радіуса  $R84$ . Центр  $O_4$  спряжувальної дуги визначиться, якщо зробити дві засічки з центрів  $O_1$  і  $O_2$  радіусом  $R = 32 + 84$  мм. Виконують внутрішнє спряження цих самих кіл дугою радіуса  $R108$ . Центр цього спряження  $O_3$  лежить на перетині дуг, проведених з центрів  $O_1$  і  $O_2$  радіусами  $R = 108 - 32$  мм. Будують спряження гострих кутів при верхній основі трапеції радіусом  $R25$  і спряження похилої бічної сторони трапеції з дугою радіуса  $R108$  за допомогою дуги радіуса  $R28$  (ці спряження позначені на рис. 1.54, в цифрами I і II). Заокруглюють паралельні прямі вирізу дугою радіуса  $R18$  (спряження III, рис. 1.54, в). Перевіряють креслення, наводять його і проставляють розміри (рис. 1.54, з).

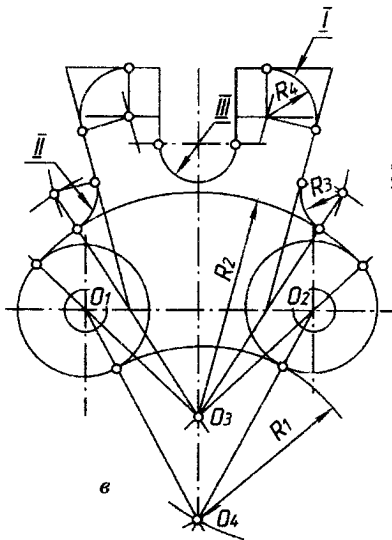
*Гак* (рис. 1.55). Проводять вертикальну вісь гака і за розмірами намічають горизонтальні центрові лінії кіл  $\varnothing 32$  і  $\varnothing 46$  та дуг  $R10$  і  $R6$ . З центра  $O_1$  проводять кола діаметрів  $\varnothing 32$  та  $\varnothing 46$  і дугу радіусом  $R33$ , а з центрів  $O_2$  і  $O_3$  – дуги радіусом  $R10$ . На відстані 45 мм знаходять центр дуги радіуса  $R6$  і будують цю дугу. Визначивши за допомогою розміру 16 мм центр  $O_4$  дуги, креслять цю дугу радіусом  $R50$ . Проводять паралельні твірні верхньої циліндричної частини гака на відстані 35 мм і знаходять, використовуючи розмір 40 мм, дві точки –  $A$  і  $B$ , відстань між якими дорівнює  $\varnothing 45$ . З точки  $B$  і з центра  $O$  проводять дотичні до дуги радіуса  $R33$ . Будують дотичні до двох кіл радіусів  $R6$  та  $R10$  і до кіл радіусів  $R6$  і  $R50$ . Центр  $O_5$  (на рис. 1.55 не показано) дуги  $R68$ , спряженої з дугою  $R50$ , визначають за допомогою двох засічок, проведених з центра  $O_4$  радіусом  $50 + 68$  мм і радіусом  $R68$  з точки  $A$ . Центр  $O_6$  дуги  $R5$  визначається перетином засічки, проведеної радіусом  $R5$  з точки  $A$ , і прямої, паралельної вертикальній осі гака на відстані  $17,5 + 5$  мм.



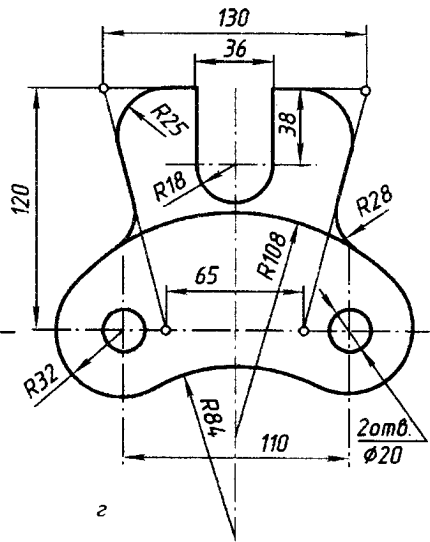
a



b



v



z

Рис. 1.54

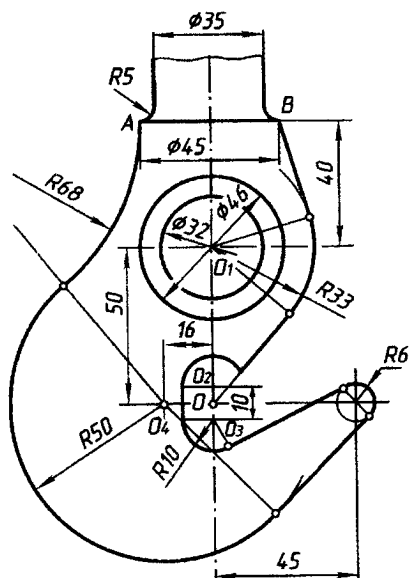


Рис. 1.55

### 2.11.8. Запитання для самоперевірки

- 2.11.8.1. Які умови дотикання прямої до двох кіл?
- 2.11.8.2. Що називається спряженням і які основні його елементи?
- 2.11.8.3. Як побудувати дотичну до кола? до двох кіл?
- 2.11.8.4. Як побудувати спряження двох прямих, що перетинаються?
- 2.11.8.5. Як побудувати внутрішнє спряження дуги з прямою?
- 2.11.8.6. Як побудувати внутрішнє, зовнішнє і мішане спряження двох кіл?
- 2.11.8.7. Поясніть побудову овалу за двома осями.
- 2.11.8.8. Як побудувати овоїд за його шириною?

### 2.11.9. Вправи

Відповіді на запитання 2.11.9.1–2.11.9.12 (рис. 1.56).

- 2.11.9.1. Назвіть точки внутрішнього спряження.
- 2.11.9.2. Назвіть точки мішаного спряження.
- 2.11.9.3. Яким радіусом виконано внутрішнє спряження?
- 2.11.9.4. Яким радіусом виконано мішане спряження?

- 2.11.9.5. Яким радіусом проведено дугу  $n$ ?  
 2.11.9.6. Яким радіусом проведено дугу  $l$ ?  
 2.11.9.7. Яким радіусом проведено дугу  $m$ ?  
 2.11.9.8. Яким радіусом проведено дугу  $k$ ?  
 2.11.9.9. Назвіть центр дуги мішаного спряження.  
 2.11.9.10. Назвіть центр дуги внутрішнього спряження.  
 2.11.9.11. Назвіть відрізок дуги мішаного спряження.  
 2.11.9.12. Назвіть відрізок дуги внутрішнього спряження.

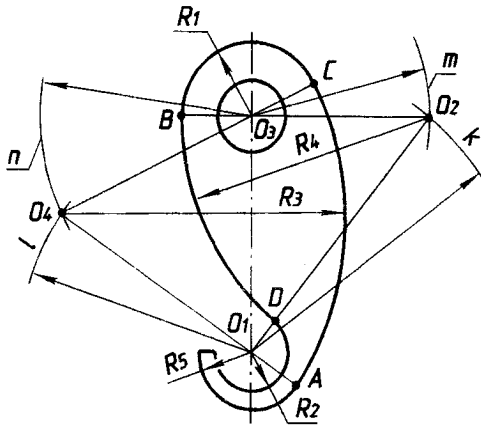


Рис. 1.56

- 2.11.9.13. Поясніть побудову овала діленням великої осі на три рівні частини (рис. 1.57).

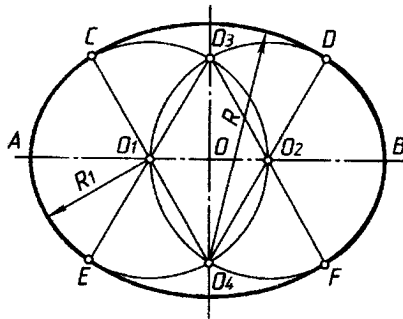


Рис. 1.57

2.11.9.14. Розгляньте і поясніть побудову овоїда – замкненої коробової кривої, яка має тільки одну вісь симетрії, за його шириною – відрізком  $AB$  (рис. 1.58).

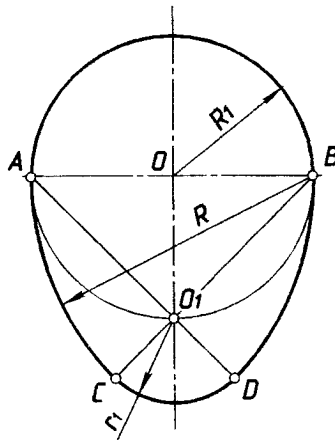


Рис. 1.58

## 2.12. Побудова деяких лекальних кривих

### 2.12.1. Загальні положення

Лекальні криві: еліпс, гіпербола, парабола, евольвента, синусоїда, спіраль Архімеда та інші широко застосовуються в обрисах різних технічних деталей. Тому необхідно вивчити закони їх утворення й освоїти прийоми побудови цих кривих.

*Лекальними* називаються криві, які не можна викреслити точно за допомогою циркуля, і їх побудову виконують за допомогою лекал за попередньо знайденими окремими точками.

Лекала – це спеціальні лінійки з криволінійними обрисами. Для одержання плавної кривої лінії необхідно мати набір із декількох лекал. Точність побудови лекальної кривої зростає зі збільшенням кількості проміжних точок на ділянці кривої.

Лекальні криві 2-ого порядку еліпс, параболу й гіперболу одержують в перерізі поверхонь циліндра й конуса площиною. Вигляд фігури перерізу залежить від положення січної площини.



Так, *еліпс* утворюється:

- в перерізі прямого кругового циліндра площиною, нахиленою до його осі, причому еліпс буде повний, якщо площина перетинає всі твірні циліндра (рис. 1.59, а), чи неповний, якщо площина перетинає одну або обидві основи циліндра (рис. 1.59, б);
- в перерізі прямого кругового конуса, якщо січна площина нахилена до осі під кутом, більшим за кут нахилу твірної до осі, при цьому еліпс може бути повний, коли січна площина перетинає всі твірні конуса (рис. 1.59, в), чи неповний, коли вона перетинає основу конуса (рис. 1.59, г).

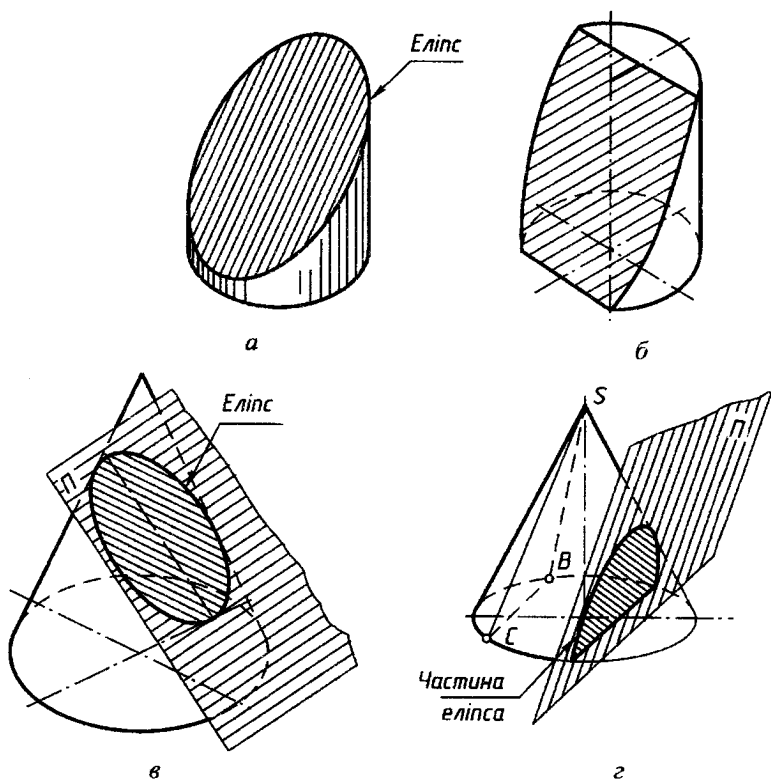


Рис. 1.59

*Парабола* утворюється в перерізі прямого кругового конуса площиною, яка не проходить через його вершину і паралельна одній твірній конуса, тобто нахилена до осі конуса під кутом, який дорівнює куту нахилу твірної до осі (рис. 1.60).

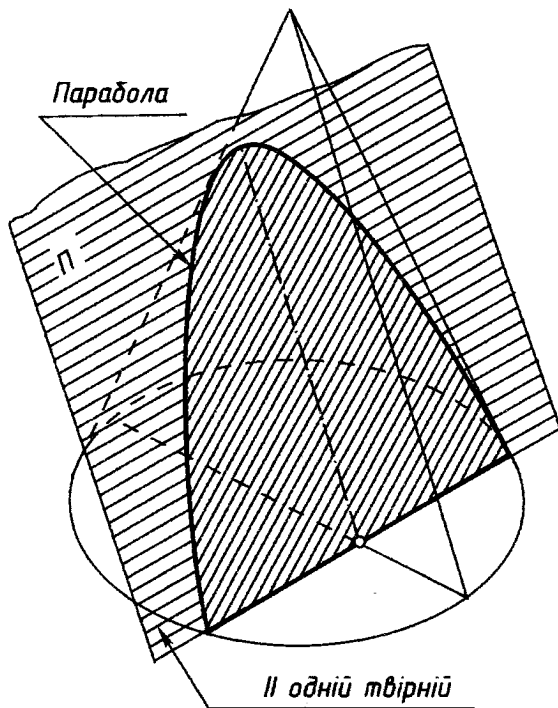


Рис. 1.60

*Гіпербола* утворюється в перерізі прямого кругового конуса площиною, паралельною двом твірним або осі конуса, тобто тоді, коли ця площина нахилена до осі конуса під кутом, меншим за кут нахилу твірної до осі, і не проходить через вершину(рис. 1.61, а, б).

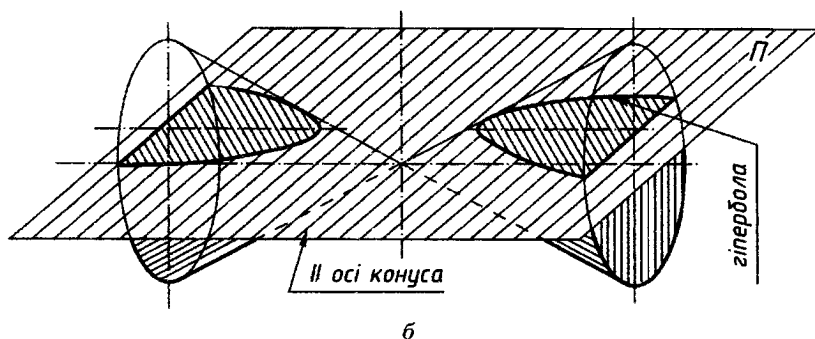
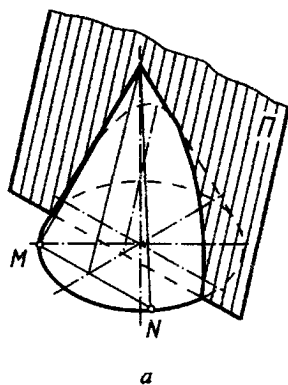


Рис. 1.61

### 2.12.2. Послідовність побудови лекальної кривої

Спочатку за певним законом будують ряд точок, які належать кривій. Бажано, щоб відстань між точками не перевищувала 15 мм. Потім від руки олівцем сполучають ці точки плавною кривою і починають обводити її по лекалу (рис. 1.62). Лекало прикладають щонайменше до 4–5 точок кривої одночасно і обводять не всі точки, які збігаються з його обрисами, а залишають деяку частину кривої необведеною. Наступна частина лекала повинна перекривати частину раніше наведеної кривої і т. д. Це забезпечує плавність кривої і відсутність переломів. Обведення рекомендується починати з місця найкрутішого згину кривої. Майже завжди доводиться користуватися не одним, а кількома лекалами, вибираючи на них дуги, обриси яких найкраще відповідають кривій, яка будується.

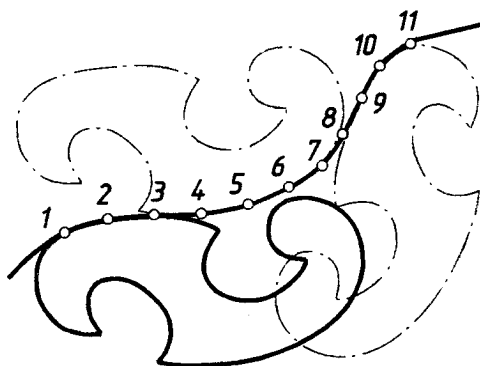


Рис. 1.62

### 2.12.3. Побудова еліпса

Еліпсом називається замкнена плоска крива, що являє собою геометричне місце точок  $M$ , для яких сума відстаней  $R_1$  і  $R_2$  до двох заданих точок  $F_1$  і  $F_2$  (фокусів) є величина стала, котра дорівнює великій осі еліпса, тобто  $R_1 + R_2 = AB$  (рис. 1.63, а).

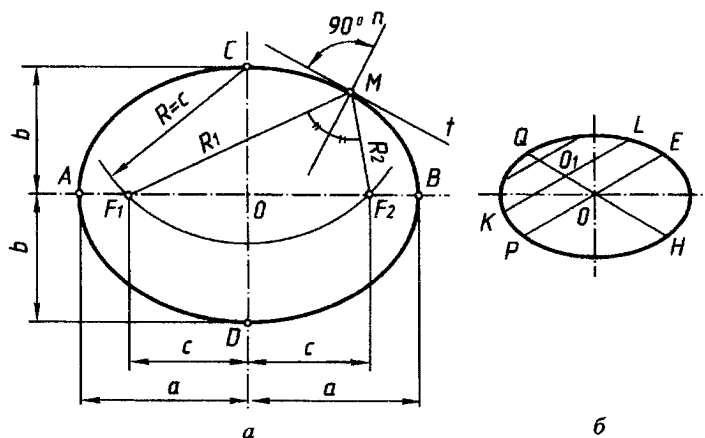


Рис. 1.63

Еліпс має дві осі симетрії: велику вісь  $AB = 2a$  і малу  $CD = 2b$ . Точки  $A, B, C, D$  – вершини еліпса. Відстань  $F_1F_2 = 2c$  називається

фокусною. Точка  $O$  – центр еліпса. Між фокусною відстанню і величиною осей еліпса існує така залежність:  $a^2 = b^2 + c^2$ . Відрізок довільної прямої, яка проходить через центр еліпса, називається його діаметром. Щоб побудувати діаметр, спряжений із заданим діаметром, наприклад  $PE$  (рис. 1.63, б), проводять довільну хорду  $KL$ , паралельну  $PE$ , і знаходять її середину – точку  $O_1$ . Сполучають  $O_1$  з центром еліпса  $O$ . Прямі  $QH$  і  $PE$  є спряженими діаметрами еліпса.

$$\text{Рівняння еліпса: } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Щоб провести дотичну  $t$  і нормаль  $n$  у будь-якій точці  $M$  еліпса (рис. 1.63, а), знаходять бісектрису кута між радіусами-векторами  $R_1$  і  $R_2$ , які проведені з заданої точки до фокусів  $F_1$  і  $F_2$ . Бісектриса дає напрям нормалі  $n$ , а перпендикуляр до неї – дотичну  $t$  до еліпса в точці  $M$ .

Є кілька способів побудови еліпса. Розглянемо деякі з них.

**Побудова еліпса за його великою  $AB$  і малою  $CD$  осями** (рис. 1.64, а, б). З центра  $O$  еліпса проводять два концентричні кола, діаметри яких дорівнюють заданим осям еліпса. Для побудови дванадцяти точок еліпса кола поділяють на 12 рівних частин і одержані точки з'єднують з центром. Подальша побудова зрозуміла з рисунка.

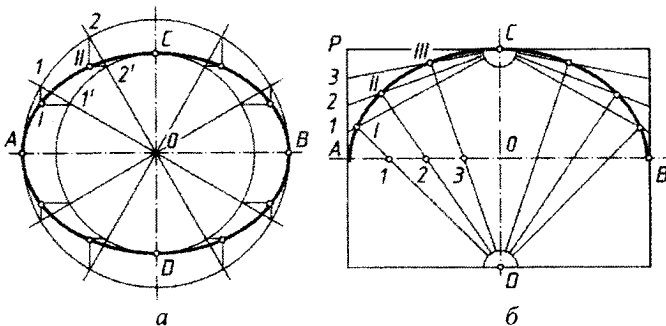


Рис. 1.64

На рис. 1.65 наведено з'єднання трубопроводів, які перетинаються по еліпсу.

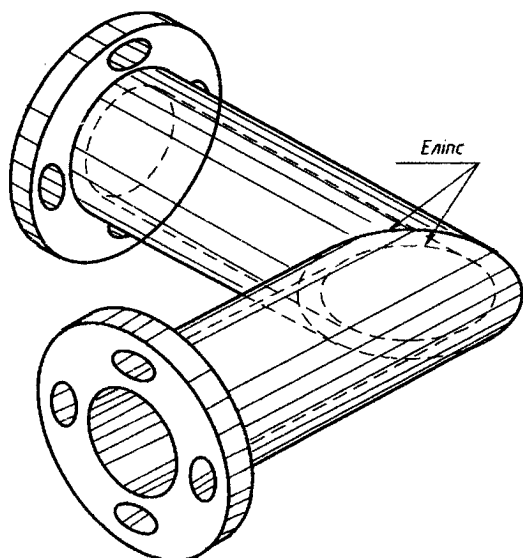


Рис. 1.65

**Побудова еліпса за спряженими діаметрами** (рис. 1.66). Через кінці спряжених діаметрів проводять прямі, паралельні їм. Одержують паралелограм  $ABCD$ . Спряжений діаметр  $QH$  і сторону паралелограма  $AD$  поділяють на довільну, але однакову кількість рівних частин. Із точок  $P$  і  $E$  проводять промені відповідно через точки поділу спряженого діаметра і точки поділу сторони паралелограма. Перетин відповідних променів визначить точки еліпса. Побудова нижньої частини еліпса аналогічна.

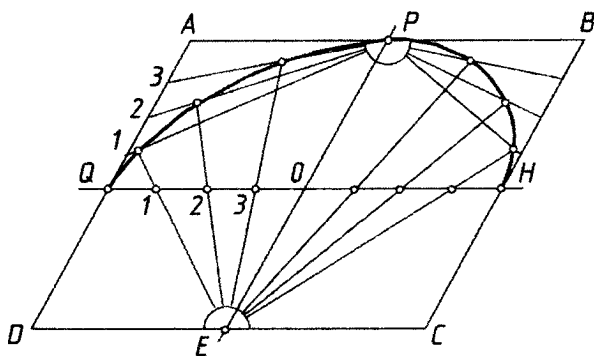


Рис. 1.66

## 2.12.4. Побудова гіперболи

Гіперболою називається незамкнена плоска крива, в якій різниця відстаней будь-якої точки  $M$  від фокусів  $F_1$  і  $F_2$  є величина стала, яка дорівнює відстані між вершинами гіперболи, тобто  $R_1 - R_2 = AB$  (рис. 1.67, а).

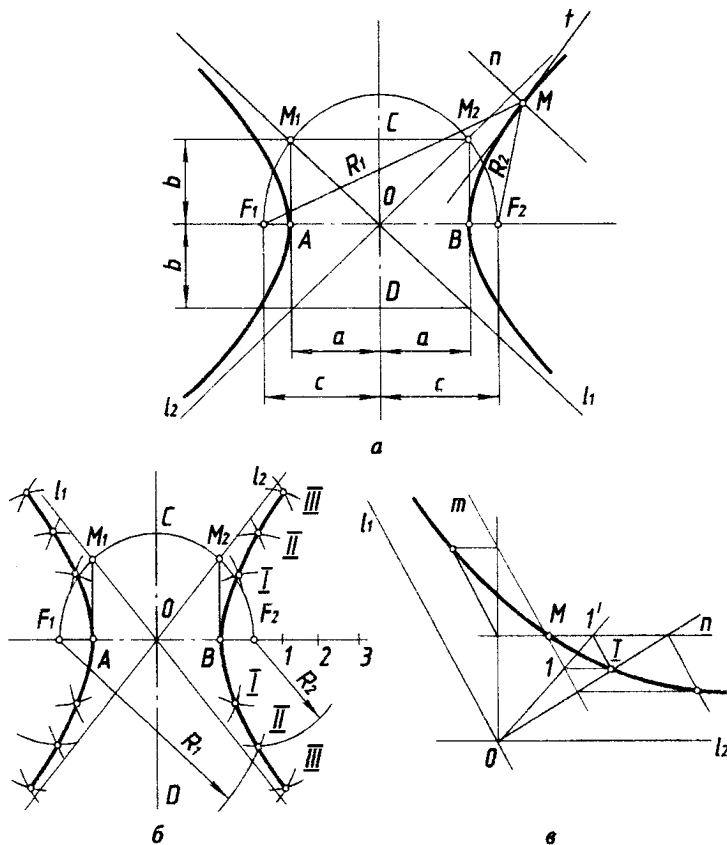


Рис. 1.67

Гіпербола має дві осі симетрії – дійсну  $AB$  і уявну  $CD$ . Точки  $A$  і  $B$  – вершини гіперболи,  $a$  – величина дійсної півосі,  $b$  – величина уявної півосі. Відстань  $F_1F_2$  називається фокусною ( $F_1F_2 = 2c$ ). Точка  $O$  – центр гіперболи. Між величинами  $a$ ,  $b$  і  $c$  існує така залежність:

$c^2 = a^2 + b^2$ . Прямі  $F_1M$  і  $F_2M$ , які сполучають довільну точку  $M$  гіперболи з фокусами, називаються *радіусами-векторами*. Прямі  $l_1$  і  $l_2$ , які проходять через центр гіперболи, називаються її *асимптотами*.

*Асимптоти* – це прямі, що необмежено наближаються до гілок гіперболи і дотикаються до них у нескінченності.

*Дотична*  $t$  до гіперболи в точці  $M$  напрямлена по бісектрисі кута між радіусами-векторами даної точки, а *нормаль*  $n$  перпендикулярна до дотичної.

$$\text{Рівняння гіперболи: } \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

**Побудова гіперболи за фокусною відстанню  $F_1F_2 = 2c$  і відстанню між вершинами  $AB = 2a$**  (рис. 1.67, б). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі і відкладають від точки  $O$  відрізки  $OA = OB = a$ ;  $OF_1 = OF_2 = c$ . Радіусом  $OF_1$  з центра  $O$  будують півколо і з вершин  $A$  та  $B$  ставлять перпендикуляри  $AM_1$  і  $BM_2$  до дійсної осі гіперболи. Через центр  $O$  і знайдені точки  $M_1$  і  $M_2$  пройдуть асимптоти  $l_1$  і  $l_2$ . На осі гіперболи позначають кілька довільних точок  $1, 2, 3, \dots$ , відстань між якими в міру віддалення від фокуса  $F_2$  збільшується. З фокусів  $F_1$  і  $F_2$  як із центрів роблять засічки радіусами, які дорівнюють відстаням від будь-якої з цих точок до вершин гіперболи  $A$  і  $B$ . Наприклад, щоб знайти точку  $II$ , проводять дуги радіусом  $R_2 = B2$  з фокуса  $F_2$ , а потім зустрічну дугу радіусом  $R_1 = A2$  з фокуса  $F_1$ . Ліву гілку гіперболи будують симетрично відносно уявної осі  $CD$ .

**Побудова гіперболи за її асимптотами і заданою точкою  $M$**  (рис. 1.67, в). Через точку  $M$  проводять прямі  $m$  і  $n$ , паралельні асимптотам  $l_1$  і  $l_2$ . З центра  $O$  креслять пучок прямолінійних променів, які перетинають прямі  $m$  і  $n$ . З точок перетину кожного променя з прямими  $m$  і  $n$ , наприклад з точок  $I$  і  $I'$ , проводять прямі, паралельні асимптотам  $l_1$ ,  $l_2$  і одержують на їх перетині точку  $I$ , яка належить гіперболі. Знайдені точки  $I, II, \dots$  сполучають плавною кривою.

### 2.12.5. Побудова параболи

*Параболою* називається незамкнена плоска крива, кожна точка якої однаково віддалена від напрямної прямої (директриси)  $KL$  і від фокуса  $F$  (рис. 1.68, а).

Точка  $A$  – *вершина параболи*, а пряма  $BF$  – *вісь параболи*. Відстань від фокуса  $F$  до директриси  $KL$  називається *фокальним параметром*  $p$ . Вершина параболи міститься на відстані  $p/2$  від фокуса і директриси. Пряма, яка сполучає довільну точку  $M$  параболи з фокусом  $F$ , називається *радіусом-вектором*. *Дотична*  $t$  до параболи в точці  $M$  має



напрям бісектриси кута  $FMD$ , тобто кута між радіусом-вектором  $FM$  і перпендикуляром, проведеним з точки  $M$  до директриси. *Нормаль  $n$  перпендикулярна до дотичної.*

Рівняння параболи:  $y^2 = 2px$ .

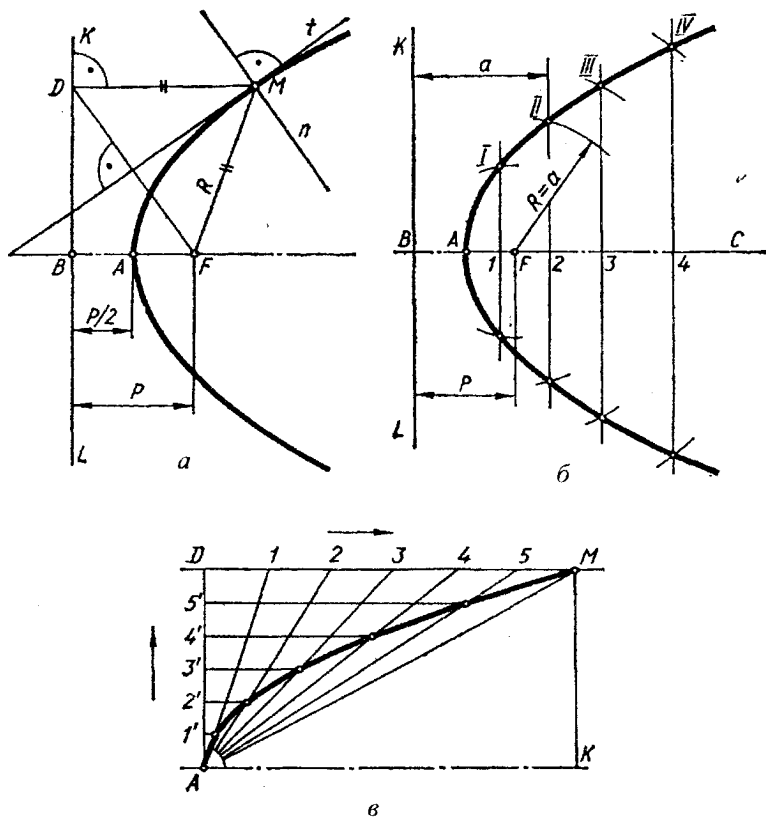


Рис. 1.68

**Побудова параболи за параметром  $p$**  (рис. 1.68, б). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі: директрису  $KL$  і вісь  $BC$ . На осі відкладають відрізок  $BF = p$  і знаходять фокус  $F$  параболи. Визначають положення вершини параболи  $A$ , поділивши відрізок  $BF$  пополам. На осі беруть точки 1, 2, 3, ... так, щоб відстань між ними поступово збільшувалась, і через ці точки проводять прямі, перпендикулярні до

осі. З фокуса  $F$  як із центра радіусами, що дорівнюють відповідно відрізкам  $B_1, B_2, B_3, \dots$ , роблять засічки на цих перпендикулярах і одержують точки параболи. Наприклад, щоб дістати точку  $II$  вимірюють відрізок  $B_2 = a$  і з фокуса  $F$  радіусом  $R = a$  роблять засічки на перпендикулярі, проведеному через точку 2. Знайдені точки  $I, II, III, \dots$  сполучають за допомогою лекал.

**Побудова параболи за відомими її віссю  $AK$ , вершиною  $A$  і довільною точкою  $M$ , що належить параболі** (рис. 1.68, *в*). Будують прямокутник  $ADMK$ , вершинами якого є задані точки  $A$  і  $M$ . Відрізки  $AD$  і  $DM$  поділяють на однакову кількість рівних частин, наприклад на шість. Точки поділу нумерують у напрямках, показаних стрілками. Вершину  $A$  сполучають з точками 1, 2, 3, ..., а через точки  $1', 2', 3', \dots$  проводять прямі, паралельні осі  $AK$ . Перетин однойменних прямих дає точки, які належать параболі.

### 2.12.6. Циклоїдальні криві (рулети)

*Циклоїдальними називаються незамкнені плоскі криві, які описують точки кола, що котиться без ковзання по нерухомому колу або по прямій.*

Якщо коло котиться по прямій, то його точка описує *циклоїду*. Якщо коло котиться по колу ззовні, то описана крива є *епіциклоїдою*, а якщо всередині – *гіпоциклоїдою*. Циклоїдальні криві мають багато гілок, кожна з яких відповідає повному оберту твірного кола.

**Циклоїда.** Побудову циклоїди за відомим діаметром  $d$  твірного кола можна здійснити двома способами:

*1-й спосіб* (рис. 1.69, *а*). На горизонтальній прямій  $OO_8$ , яка проходить через центр  $O$  твірного кола, відкладають довжину  $\pi d$  цього кола. Цей відрізок і твірне коло ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім, і з точок 1, 2, 3... поділу кола проводять горизонтальні прямі. З точок  $O_1, O_2, O_3, \dots$  як із центрів дугами радіуса  $\frac{d}{2}$  послідовно пересікають проведені горизонтальні прямі і дістають точки  $A_1, A_2, \dots$  циклоїди.

Наприклад, з центра  $O_1$  пересікають дугою прямою, що йде з точки 1, з центра  $O_2$  – прямою, що йде з точки 2, і т. д.

Знайдені точки сполучають за допомогою лекал.

*2-й спосіб* (рис. 1.69, *б*). Відрізок  $AA_8$  напрямної прямої, який дорівнює довжині  $\pi d$  кола, і твірне коло поділяють на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З точок 1, 2, 3, ... поділу кола проводять горизонтальні прямі, а з точок  $1', 2', 3', \dots$  –

перпендикуляри до перетину з відповідними горизонтальними прямими в точках  $C_1, C_2, C_3, \dots$ . Від знайдених точок відкладають відрізки  $C_1A_1 = B_1l_1, C_2A_2 = B_2l_2, \dots$  і одержують точки  $A_1, A_2, \dots$  циклоїди.

Точки правої половини циклоїди будуть симетрично відносно середньої осі  $A_4A_4'$ .

Нормаль  $n$  до циклоїди в будь-якій її точці, наприклад, у точці  $A_3$ , можна побудувати, сполучивши  $A_3$  з  $3'$ , а дотична буде перпендикулярна до нормалі.

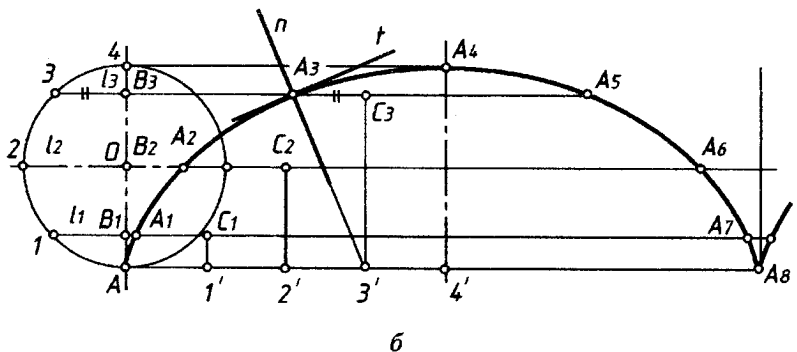
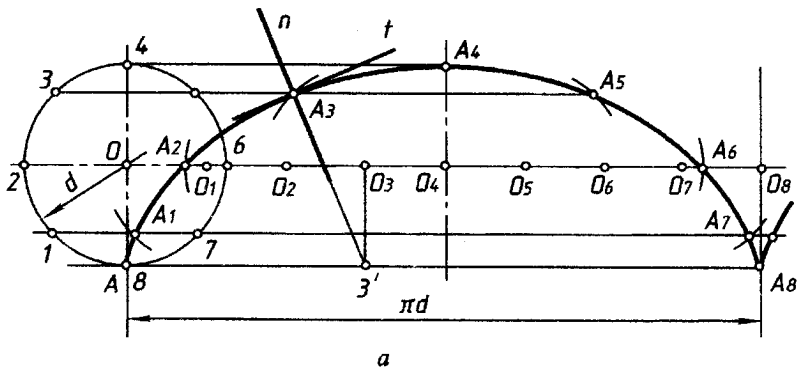


Рис. 1.69

Епіциклоїда (рис. 1.70).

Величину центрального кута сектора, що охоплює одну гілку епіциклоїди, можна обчислити за формулою:

$$\alpha = \frac{d \cdot 360^\circ}{R},$$

де  $d$  – діаметр твірного кола,

$R$  – радіус дуги напрямного кола.

Побудову епіциклоїди за даними величинами  $d$  і  $R$  (рис. 1.70) здійснюють так. Радіусом  $R$  будують дугу напрямного кола і обмежують її сектором, центральний кут  $\alpha$  якого визначають за наведеною вище формулою. З точки  $O_c$  проводять центрову лінію

радіусом  $O_c O = R + \frac{d}{2}$ . Коло і дугу  $OO_8$  центрвої лінії поділяють на

однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З центра  $O_c$  радіусами  $O_c 1, O_c 2, \dots$  проводять концентричні кола, а з точок  $O_1, O_2,$

$O_3, \dots$  як із центрів дугами радіуса  $\frac{d}{2}$  послідовно пересікають ці кола.

Знаходять точки  $A_1, A_2, A_3, \dots$  епіциклоїди. Наприклад, з центра  $O_1$  роблять засічку на дузі, що проходить через точку 1, з центра  $O_2$  – на дузі, що проходить через точку 2, і т. д.

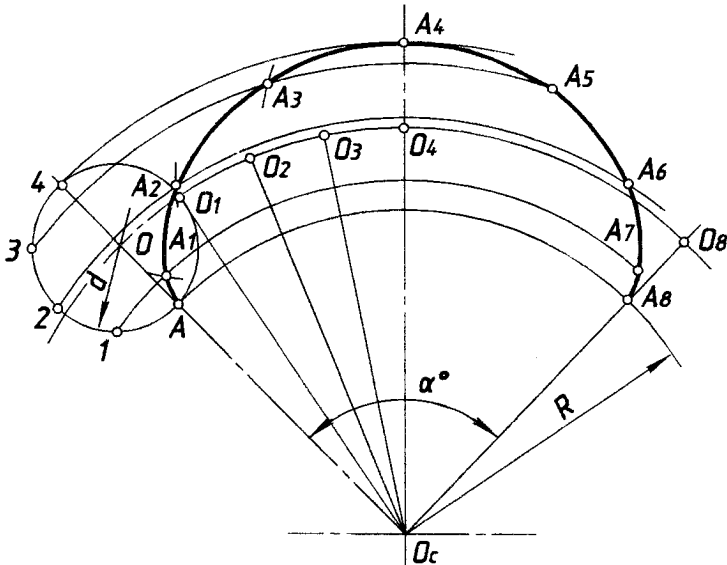


Рис. 1.70

**Гіпоциклоїда** (рис. 1.71). Величину центрального кута, що охоплює одну гілку гіпоциклоїди, обчислюють за цією самою формулою, що й для епіциклоїди. Послідовність побудови гіпоциклоїди така сама, як і епіциклоїди.

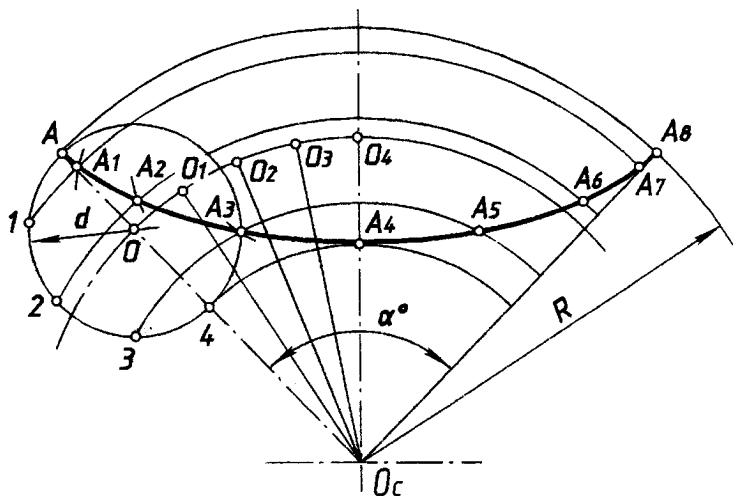


Рис. 1.71

### 2.12.7. Спіральні криві

Із спіральних кривих розглянемо евольвенту кола і спіраль Архімеда.

*Евольвента кола* – це плоска крива, яку описує кожна точка прямої, перекочованої по колу без ковзання (рис. 1.72, а).

На рис. 1.72, б бачимо, що евольвенту описує кінець олівця, прикріпленого до нитки, намотаної на нерухомий циліндр. Коли, натягуючи розмотувати нитку, то її кінець з олівцем опише евольвенту.

Побудову евольвенти за заданим діаметром кола  $d$  (рис. 1.72, а) здійснюють так. Коло поділяють на певну кількість рівних частин, наприклад на вісім. З точок 1, 2, 3, ... поділу проводять до кола дотичні і відкладають на них відповідно  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{2}{8}$ ,  $\frac{3}{8}$ , ... довжини кола.

Наприклад, відрізок 2 – II дорівнює  $\frac{\pi d}{8}$ , відрізок 3 – III дорівнює  $\frac{2\pi d}{8}$  і т. д. Знайдені точки I, II, III, ... сполучають за допомогою лекал.

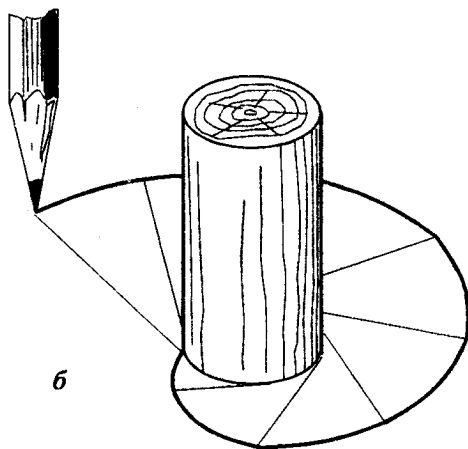
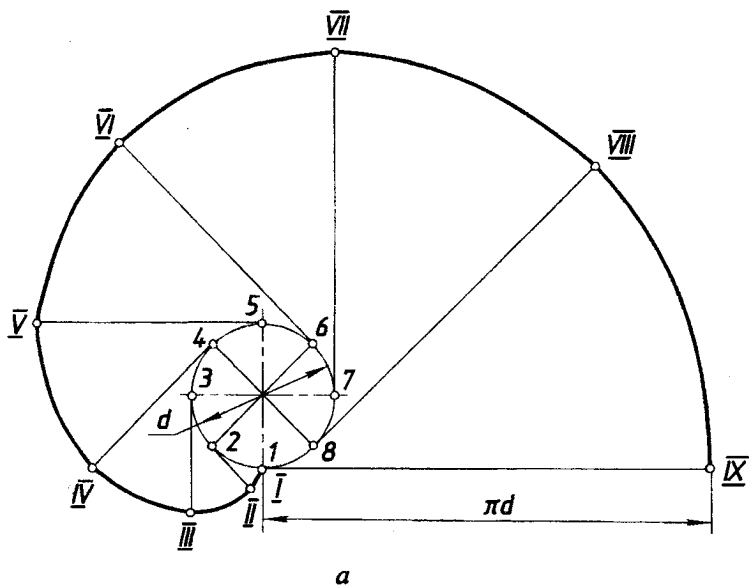


Рис. 1.72

Спіраль Архімеда – це плоска крива, яку описує точка, що рівномірно рухається по радіусу – вектору, який водночас рівномірно обертається навколо нерухомої точки – полюса  $S$  спіралі (рис. 1.73).

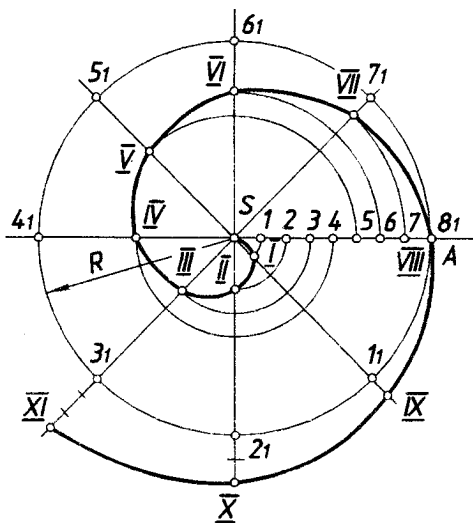


Рис. 1.73

Відрізок, який сполучає довільну точку спіралі з полюсом, називається *радіусом-вектором*. *Крок спіралі SA* – це шлях, який проходить точка по радіусу-вектору за час його повного оберту навколо полюса  $S$ .

Побудову спіралі за відомими кроком  $SA$  і полюсом  $S$  (рис. 1.73) виконують так. З точки  $S$  як із центра проводять коло радіусом  $SA$ . Коло і відрізок  $SA$  поділяють на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З полюса  $S$  до точок  $1_1, 2_1, 3_1, \dots$  поділу кола проводять промені. З того самого центра радіусом, що дорівнює  $S1_1$ , проводять дугу до перетину з променем  $S1_1$  в точці  $I$ , потім проводять дугу радіусом  $S2_1$  до перетину з променем  $S2_1$  в точці  $II$ , дугу радіусом  $S3_1$  до перетину з променем  $S3_1$  в точці  $III$  і т. д.

Знайдені точки, враховуючи  $S$  і  $A$ , сполучають за допомогою лекал.

### 2.12.8. Синусоїда

Синусоїда (рис. 1.74) – це траєкторія складного руху точки, яка одночасно бере участь у рівномірно-поступальному і зворотно-поступальному русі в напрямі, перпендикулярному до напрямку першого руху.

Синусоїда показує зміну тригонометричної функції синус залежно від зміни його аргументу кута  $\alpha$ . Відрізок  $AB$  називається *періодом синусоїди*, а найбільше відхилення точки синусоїди від її осі називається *амплітудою*.

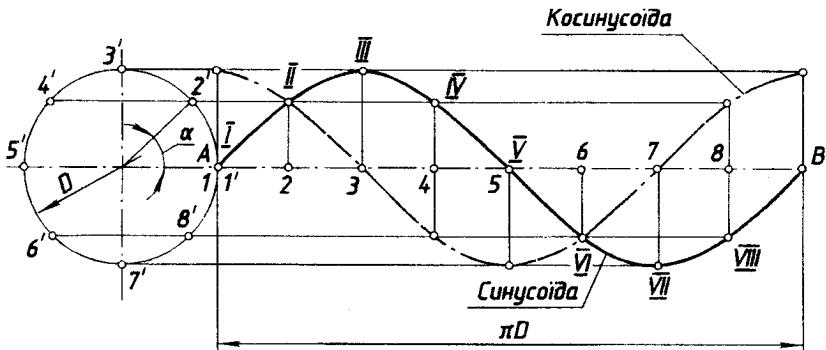


Рис. 1.74

### 2.12.9. Запитання для самоперевірки

- 2.12.9.1. Яка крива називається еліпсом? Які основні елементи еліпса?
- 2.12.9.2. Як побудувати еліпс за двома його осями?
- 2.12.9.3. Яка крива називається гіперболою? Які основні елементи гіперболи?
- 2.12.9.4. Як побудувати гіперболу за фокусною відстанню і відстанню між вершинами?
- 2.12.9.5. Яка крива називається параболою і які її основні елементи?
- 2.12.9.6. Як побудувати параболу за її параметром?
- 2.12.9.7. Яка крива називається циклоїдою і як її побудувати за діаметром  $d$  твірного кола?
- 2.12.9.8. Що таке евольвента і як її побудувати за діаметром  $d$  кола?



### 2.12.10. Вправи

2.12.10.1. Розглянути і пояснити третій спосіб побудови циклоїди.

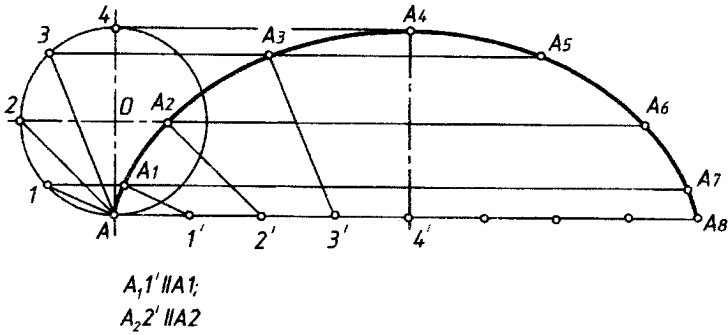


Рис. 1.75

- 2.12.10.2. Розглянути і пояснити побудову гіпоциклоїди (рис. 1.71).  
 2.12.10.3. Розглянути і пояснити побудову синусоїди і косинусоїди за відомим діаметром кола  $d$  (рис. 1.74).  
 2.12.10.4. Як називається крива на рис. 1.76?  
 2.12.10.5. Як називається крива на рис. 1.77?

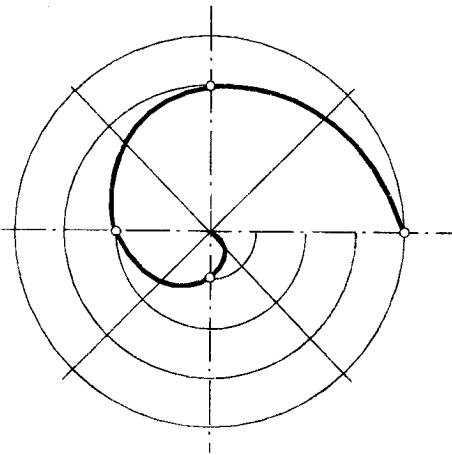


Рис. 1.76

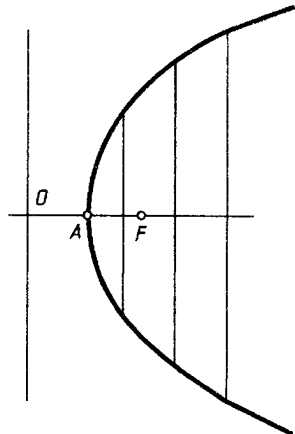


Рис. 1.77

2.12.10.6. Як називається крива на рис. 1.78?

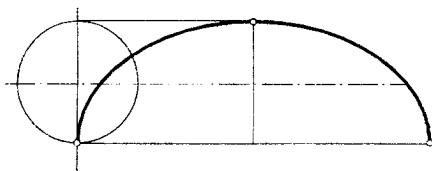


Рис. 1.78

- 2.12.10.7. Як називається крива, яку задають таким означенням: “Незамкнена плоска крива, у якої різниця відстаней будь-якої точки  $M$  від фокусів  $F_1$  і  $F_2$  є величина стала, що дорівнює відстані між її вершинами”?
- 2.12.10.8. Як називається крива, яку задають рівнянням  $y^2 = 2px$ ?
- 2.12.10.9. Яка крива утворюється при перетині конуса площиною, паралельною його осі?
- 2.12.10.10. Чому дорівнює фокусна відстань еліпса, велика вісь якого  $AB = 100$  мм, а мала  $CD = 70$  мм?
- 2.12.10.11. На поверхні циліндра одним кінцем закріплена нитка. Яку криву опише другий кінець нитки, якщо змотувати її з циліндра?
- 2.12.10.12. Мотоцикліст їде ззовні по коловій арені. Яку криву опише точка, зафіксована на ободі колеса мотоцикла?

## Розділ II. ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

### Вступ

При вивченні графічних дисциплін важливе місце займає вивчення проєкційного креслення, яке є теоретичною базою машинобудівного креслення.

Головна мета вивчення цього розділу:

- засвоїти принципи утворення зображень предметів на різних площинах;
- засвоїти правила побудови цих зображень на взаємозв'язаних площинах (метод Монжа), в аксонометрії тощо;
- набути вміння та навичок у виконанні проєкційних креслень різноманітних предметів, на яких міститься по декілька зображень на взаємно перпендикулярних площинах.

Вивчивши цей розділ і виконавши графічну роботу, студенти повинні:

#### 1. Знати:

- послідовність побудови трьох основних виглядів моделі за наочним зображенням та за заданими двома проєкціями;
- способи визначення відсутніх проєкцій точки, розташованих на геометричних поверхнях;
- суть понять про вигляди, розрізи і перерізи за ГОСТ 2.305–68;
- особливості побудови розрізів в аксонометрії.

#### 2. Уміти:

- аналізувати форми моделей (деталей) та вибирати їх головне зображення;
- будувати комплексне креслення моделі за її наочним зображенням;
- уявляти форму моделі за двома її виглядами;
- будувати третій вигляд моделі технічної форми за двома заданими;
- виявляти форму моделей (деталей) на кресленні за допомогою розрізів й оформляти їх згідно з стандартом;
- знаходити відсутні проєкції точок, розташованих на поверхні геометричної фігури;
- будувати натуральний вигляд похилого перерізу проєктуючою площиною;

- виконувати наочне зображення та розрізи моделей (деталей) в стандартних виглядах аксонометрії.

Крім цього, вивчення проєкційного креслення сприяє розвитку просторової уяви, котра необхідна кожному технічному працівникові в його професійній діяльності.

Під проєкційним кресленням розумітимемо креслення, до складу якого входять лише зображення предмета (без нанесення на ньому розмірів та інших даних).

Безумовно, при виконанні проєкційних креслень наносяться розміри. Це сприяє глибокому засвоєнню найелементарніших правил нанесення розмірів, хоча це і не є головною метою.

Головне – це побудова зображень.

Переважає більшість методик вивчення проєкційного креслення передбачає наявність двох зображень предмета, або аксонометрії, за якими необхідно побудувати третє, чи три зображення. Правда, є й такі прийоми, коли за одним зображенням будується креслення якогось конкретного предмета так, що утворені при цьому зображення повинні відповідати початковому. Якщо ж у названих вище випадках форма конкретного предмета вже визначена початковими умовами, то в останньому вона довільна і є можливість проявити творчість та створити який завгодно предмет. Основне тут, щоб зображення відповідали одне одному і відображали конкретний предмет.

При виконанні будь-яких креслень важливим є вибір головного зображення і кількості зображень. Переважає кількість методик розв'язування проєкційних задач ці питання не розглядає, оскільки кількість зображень вже передбачено умовою задачі. Тому виникає враження, нібито всі креслення містять у собі три проєкції предмета. З цієї причини занадто часто допускаються грубі помилки у виборі кількості зображень при виконанні ескізів та креслень деталей. Тому вже в розділі проєкційного креслення необхідно навчитися вирішувати питання про вибір головного зображення та необхідної кількості зображень. Це питання вирішується простіше, якщо вихідна інформація про предмет, для якого необхідно виконати креслення, наведена у вигляді словесного опису або у вигляді моделі чи натурної деталі.

Об'єктами зображення в проєкційному кресленні є, головним чином, геометричні тіла та їх комбінації, а також деталі машин, які можна розчленувати на прості геометричні тіла.

Розглянемо, які основні сполучення простих тіл можливі при конструюванні деталей:

- тіла можуть бути з'єднані встик. Наприклад, заклепка з напівпотайною головкою (рис. 2.1) являє собою комбінацію трьох простих тіл, які стикаються одне з одним: сферичного сегмента 1, конуса 2 та циліндра 3;

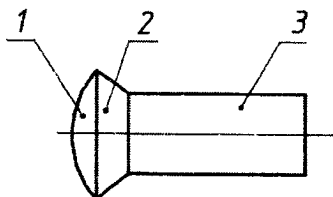


Рис. 2.1

- тіла можуть пронизувати одне одного. Наприклад, корпус вентиля (рис. 2.2) являє свою комбінацію двох тіл обертання 1 і 2, причому тіло 2 пронизує 1;

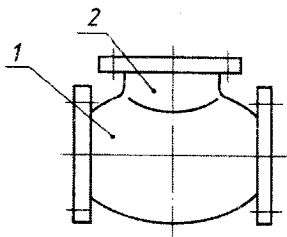


Рис. 2.2

- тіла можуть врубуватись одне в одне. Прикладом такої комбінації може служити палець причепу (рис. 2.3).

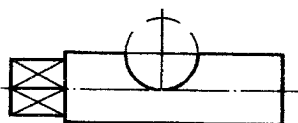


Рис. 2.3

Крім того, прості тіла і різні комбінації, складені з декількох тіл, можуть бути зрізані площинами. Наприклад, на рис. 2.4 показаний

елемент головки шатуна, утворений зі стикованих сферичної та циліндричної поверхонь, зрізаних з двох боків площинами.

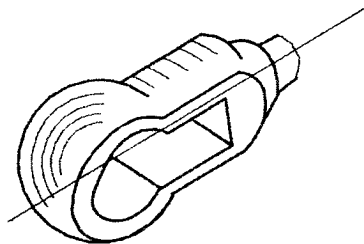


Рис. 2.4

З наведених прикладів видно, що при виконанні креслення деталей доводиться знаходити перерізи тіл площинами, будувати лінії перетину поверхонь, а при виконанні розрізів і перерізів розтинати тіло площинами в різних місцях і накреслювати тіло, уявно розрізане площиною.

Лінії на поверхні тіл, одержані при перетині їх іншими тілами або площинами, будуються по точках, які визначають ці лінії.

### **§ 3. МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ТОЧКИ**

#### **3.1. Метод проектування**

Проекційне креслення вивчає способи побудови на площині зображень предметів, які мають три виміри. За цими зображеннями визначають форму предмета, його величину, розташування окремих його частин, положення предмета відносно інших тіл тощо. Перед тими, хто вивчає курс креслення, стоїть принаймні два основних завдання:

- навчитися за певними законами будувати креслення різних предметів;
- уміти читати креслення будь-якого виробу або деталі.

Складнішим є друге завдання, оскільки воно потребує не лише знання основних законів креслення і стандартів, а й досить розвиненої просторової уяви.

Для побудови зображень предметів на площині користуються методом проектування. Слово “проекція” – латинське, від дієслова *proiecare*, що в перекладі означає “кинути вперед”.

Отже, *проекція* – це зображення предмета, “відкинута” на площину за допомогою променів. *Спроектувати предмет* – це означає зобразити його на площині.

Проекції поділяють на *центральні* та *паралельні*.

Ідею центрального проектування видно з рис. 2.5, а. Точка  $S$ , з якої виходять проектуючі промені, називається *центром проекцій*. Площина  $\Pi_1$ , на яку проектується предмет, називається *площиною проекцій*. Площина  $\Pi_1$  і точка  $S$  становлять *апарат центральної проекції*. Трикутник  $ABC$ , якого проектують, називається *оригіналом*, або *натурою*. Щоб спроектувати трикутник, треба з центра проекцій  $S$  через усі його вершини провести проектуючі промені до перетину з площиною проекцій  $\Pi_1$ . Одержимо точки  $A_1, B_1, C_1$ , які називаються *центральними проекціями вершин  $A, B, C$  на площину  $\Pi_1$* , а трикутник  $A_1B_1C_1$  – *центральною проекцією трикутника  $ABC$* . Центральні проекції знайшли застосування в архітектурно-будівельній справі, у малюванні тощо.

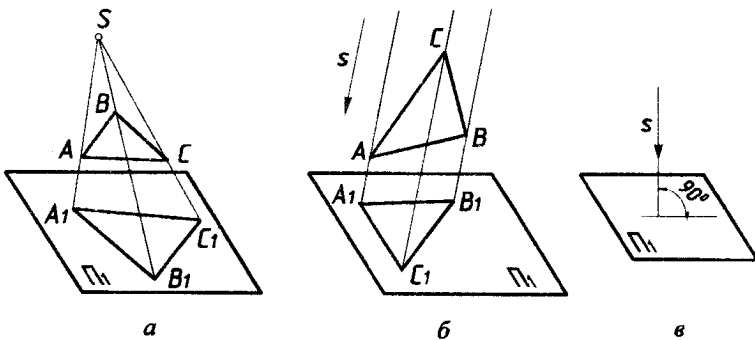


Рис. 2.5

У кресленні користуються методом *паралельного проектування* (рис. 2.5, б). Як і в попередньому випадку, вибирають *площину проекцій  $\Pi_1$* . Замість центра проекцій  $S$  задають *напрямок проектування  $s$* , тобто вважають, що центр проекцій  $S$  віддалений у нескінченність. Тому проектуючі промені паралельні між собою. Площина  $\Pi_1$  і напрям  $s$  становлять *апарат паралельної проекції*. Щоб спроектувати трикутник  $ABC$  на площину  $\Pi_1$ , через вершини  $A, B, C$  проводять проектуючі промені паралельно напрямку проектування  $s$ . Внаслідок

перетину цих променів з площиною  $\Pi_1$  утворюється трикутник  $A_1B_1C_1$ , який являє собою паралельну проекцію трикутника  $ABC$ .

Паралельні проекції поділяють на *прямокутні* і *косокутні*. Якщо проєктуючі промені перпендикулярні до площини проєкцій (рис. 2.5, в), то таке проєктування називають *прямокутним*, а проєкції, які при цьому одержують – *прямокутними*, або *ортогональними*. Якщо ж кут нахилу променів не дорівнює  $90^\circ$ , то такі паралельні проєкції називаються *косокутними*. У кресленні користуються прямокутними проєкціями.

### 3.2. Комплексне креслення точки

Одна прямокутна проєкція точки не визначає її положення в просторі. Так, проєкції  $A_1$  (рис. 2.6) відповідає в просторі безліч точок. Всі вони лежать на проєктуючому промені, який визначає точку  $A_1$ . Форму і положення об'єктів проєктування можна визначити за допомогою двох прямокутних проєкцій на дві взаємно перпендикулярні площини. В кресленні ж при побудові зображень часто користуються трьома проєкціями на три площини проєкцій. Розглянемо, за якими законами це реалізується.

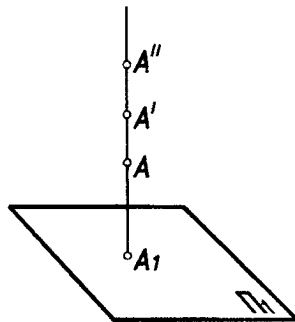


Рис. 2.6

Скористаємося трьома взаємно перпендикулярними площинами, котрі утворюють прямий тригранний кут (рис. 2.7, а). Тут  $\Pi_1$  – горизонтальна,  $\Pi_2$  – фронтальна і  $\Pi_3$  – профільна площини проєкцій; лінії  $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$  взаємного перетину площин проєкцій – осі проєкцій; Точка  $O$  – початок осей проєкцій.



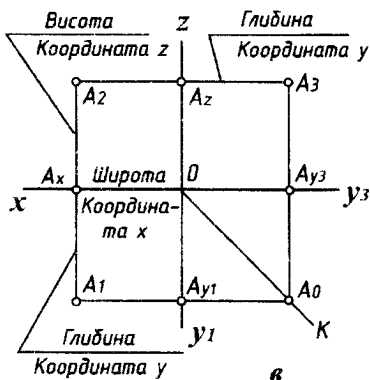
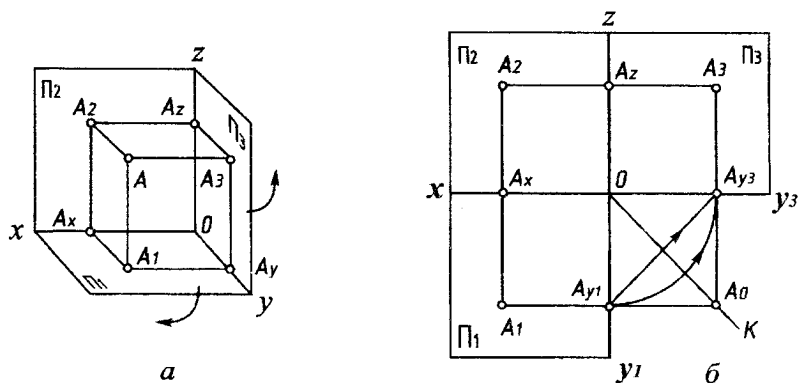


Рис. 2.7

Розмістимо у просторі тригранного кута точку  $A$  і побудуємо її проєкції на площини  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ . Для цього з точки  $A$  проведемо проєктуючі промені  $AA_1$ ,  $AA_2$ ,  $AA_3$ , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. Внаслідок перетину дістанемо  $A_1$  – горизонтальну,  $A_2$  – фронтальну і  $A_3$  – профільну проєкції точки  $A$ . Перпендикуляр  $AA_1$  називається *горизонтально-проєктуючим*,  $AA_2$  – *фронтально-проєктуючим* і  $AA_3$  – *профільно-проєктуючим променем*. Проєктуючі промені  $AA_1$  і  $AA_2$  утворюють площину, перпендикулярну до осі  $Ox$  і до площин  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ . Ця площина перетне площини проєкцій по прямих  $A_1A_x$  і  $A_2A_x$ , перпендикулярних до осі  $Ox$ . Точку перетину цієї площини з віссю  $Ox$  позначають  $A_x$ .

Аналогічно міркуючи, дістають прямі  $A_1A_y$ ,  $A_3A_y$ , перпендикулярні до осі  $Oy$ , і прямі  $A_2A_z$ ,  $A_3A_z$ , перпендикулярні до осі  $Oz$ .

Від просторового зображення точки і її проєкцій переходять до плоского або комплексного креслення, яке утворюється внаслідок обертання площин проєкцій навколо осей.

Для одержання плоского креслення (рис. 2.7, б) тригранний кут уявно розрізують по осі  $Oy$  і залишаючи нерухомою фронтальну площину проєкцій  $P_2$ , обертають горизонтальну площину  $P_1$  навколо осі  $Ox$  вниз на  $90^\circ$ , а профільну  $P_3$  – навколо осі  $Oz$  вправо на  $90^\circ$  до їх суміщення з фронтальною площиною. Напряом обертання показано на рис. 2.7, а стрілками. Утворене плоске креслення трьох площин проєкцій разом з побудованими на них проєкціями  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  точки  $A$  називають *комплексним кресленням точки  $A$* . На комплексному кресленні вісь  $Oy_1$ , крім свого вертикального положення (вниз від точки  $O$ ) займає й друге – горизонтальне положення  $Oy_3$  (вправо від точки  $O$ ).

Пряма, яка сполучає дві проєкції точки на комплексному кресленні, називається *лінією зв'язку*.

Розглядаючи рис. 2.7, б, можна сформулювати такі основні положення:

- горизонтальна  $A_1$  і фронтальна  $A_2$  проєкції точки завжди розміщуються на одній вертикальній лінії зв'язку;
- фронтальна  $A_2$  і профільна  $A_3$  проєкції точки завжди розміщуються на одній горизонтальній лінії зв'язку;
- горизонтальна  $A_1$  і профільна  $A_3$  проєкції точки розміщуються на лініях зв'язку, які перетинаються на бісектрисі кута  $y_1Oy_3$ . Ця бісектриса дістала назву *постійної прямої креслення* і позначається буквою  $K$ , а лінія зв'язку  $A_1A_0A_3$  – *ламаною або горизонтально-вертикальною лінією зв'язку*.

### 3.3. Побудова проєкцій точки за її координатами

У просторі є безліч точок, які займають різне положення відносно площин проєкцій  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ . Наприклад, піраміда і зрізаний паралелепіпед (рис. 2.8) мають 13 вершин. Щоб визначити положення кожної точки окремо, слід знати три її виміри – висоту, глибину, широту.

*Висоту* точки (рис. 2.7, а–в) вимірюють віддаллю її самої від горизонтальної площини проєкцій або її фронтальної проєкції  $A_2$  від осі  $Ox$ , тобто  $AA_1 = A_2A_x$ .

Глибину точки вимірюють віддаллю її самої від фронтальної площини проєкцій або її горизонтальної проєкції  $A_1$  від осі  $Ox$ , тобто  $AA_2 = A_1A_x$ .

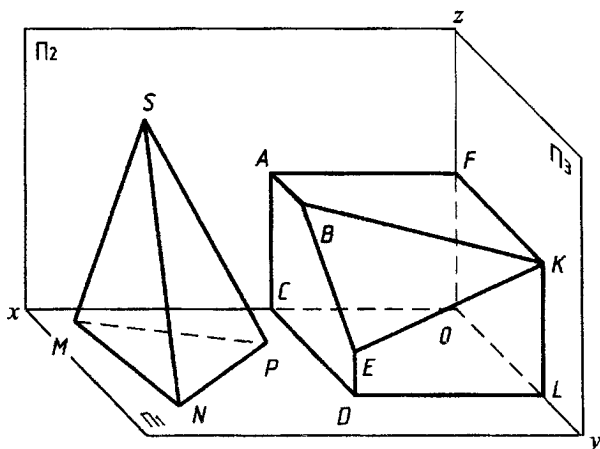


Рис. 2.8

Широту точки вимірюють віддаллю її самої від профільної площини проєкцій або точки  $A_x$  від початку  $O$  осей проєкцій, тобто  $AA_3 = A_xO$ .

Дуже часто виявляється зручним задавати положення точки у просторі її прямокутними координатами. При цьому площини проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  вважають за систему трьох взаємно перпендикулярних координатних площин, а точку  $O$  – за початок відліку координат. Тоді відрізок  $AA_3 = A_xO$  – координата  $x$  цієї точки. Він являє собою відстань від точки до площини  $\Pi_3$ , тобто широту точки. Відрізок  $AA_2 = A_1A_x$  – координата  $y$ . Він являє собою відстань від точки до площини  $\Pi_2$ , тобто глибину точки. Відрізок  $AA_1 = A_2A_x$  – координата  $z$  точки  $A$ . Він являє собою відстань від точки до площини  $\Pi_1$ , тобто висоту.

Розглянемо на прикладі побудову проєкцій точки за її координатами. Нехай задано точку  $A$  (25, 15, 20), тобто  $x = 25$  мм;  $y = 15$  мм;  $z = 20$  мм. Необхідно побудувати комплексне креслення точки  $A$  в системі трьох площин проєкцій.

Проводимо осі  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  (рис. 2.9, а). Від точки  $O$  по осі  $Ox$  відкладаємо координату  $x = 25$  мм і через знайдену точку  $A_x$  проводимо вертикальну лінію зв'язку.

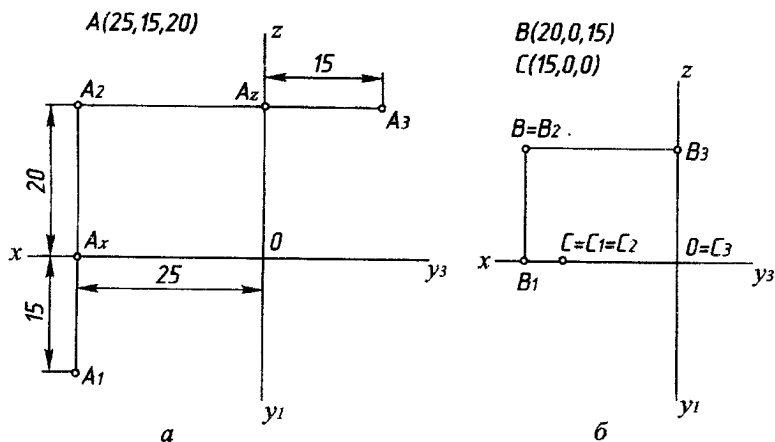


Рис. 2.9

На ній вниз від  $A_x$  відкладаємо координату  $y = 15$  мм і одержуємо горизонтальну проекцію  $A_1$ , а вгору – координату  $z = 20$  мм і одержуємо фронтальну проекцію  $A_2$ . Знайдені проекції  $A_1$  і  $A_2$  визначають положення точки у просторі. Якщо ж потрібно побудувати третю, профільну проекцію, то з  $A_2$  проводимо горизонтально лінію зв'язку і вправо від осі  $Oz$  (від точки  $A_2$ ) відкладаємо відрізок  $A_2A_3 = 15$  мм, який дорівнює координаті  $y$ .  $A_3$  – профільна проекція точки  $A$ .

На рис. 2.9, б побудовано комплексні креслення точок  $B(20; 0; 15)$  і  $C(15; 0; 0)$ .

Точка може займати в просторі різні положення відносно площин проєкцій:

- точка розташована у просторі, тоді її задають трьома координатами. Всі три проєкції віддалені від осей проєкцій (рис. 2.9, а);
- точка лежить на одній з площин проєкцій –  $P_1$ ,  $P_2$  або  $P_3$ , тоді відстань від точки до площини проєкцій, на якій вона лежить, дорівнює нулю, тобто точку задають лише двома координатами; одна проєкція збігається з самою точкою, а дві інші лежать на осях. На рис. 2.9, б побудовано точку  $B(20; 0; 15)$ , яка лежить на площині  $P_2$ , бо її координата  $y$  (глибина) дорівнює нулю. Тут фронтальна проєкція  $B_2$  збігається з самою точкою  $B$ , горизонтальна проєкція  $B_1$  лежить на осі  $Ox$ , а профільна  $B_3$  – на осі  $Oz$ ;
- точка лежить на одній з осей проєкцій –  $Ox$ ,  $Oy$  чи  $Oz$ . Тоді відстані від точки до двох площин проєкцій, яким вона

належить, дорівнюють нулю, тобто точку задають лише однією координатою. Дві проекції точки збігаються з самою точкою, а третя лежить на початку осей – у точці  $O$ . На рис. 2.9, б побудовано точку  $C (15; 0; 0)$ , котра лежить на осі  $Ox$ , бо її координати  $y, z$  дорівнюють нулям. У цьому випадку горизонтальна і фронтальна проекції збігаються з самою точкою  $C$ , а профільна проекція  $C_3$  лежить у точці  $O$ .

У кресленні часто доводиться будувати третю проекцію фігури за двома відомими. Щоб виконати цю побудову, треба навчитися будувати третю проекцію точки, коли відомі дві її проекції. Це можна зробити трьома способами.

**Проекційний спосіб** (рис. 2.10, а). З фронтальної проекції  $A_2$  проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проекції  $A_1$  опускають перпендикуляр на вісь  $Oy_1$ , дістають точку  $A_{y_1}$  і за допомогою циркуля або рівнобедреного прямокутного трикутника знаходять на осі  $Oy_3$  положення точки  $A_{y_3}$ . З цієї точки проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною лінією, проведеною з точки  $A_2$ . Точка  $A_3$  і буде профільною проекцією точки  $A$ .

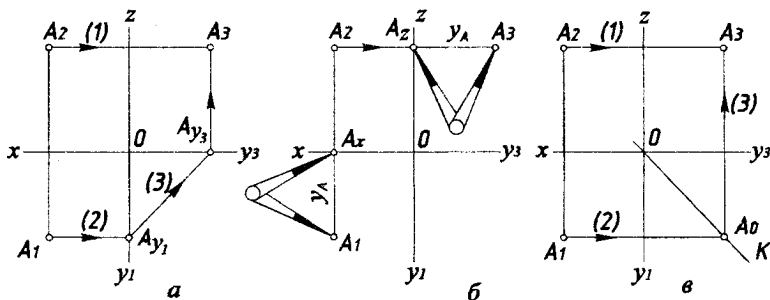


Рис. 2.10

**Координатний спосіб** (рис. 2.10, б). З фронтальної проекції  $A_2$  проводять горизонтальну лінію зв'язку. Вимірюють циркулем відстань від проекції  $A_1$  до осі  $Ox$  (глибину точки або координату  $y$ ) і відкладають цей відрізок на лінії зв'язку праворуч від точки  $A_2$ . Одержують профільну проекцію  $A_3$ .

**Спосіб з використанням постійної прямої креслення** (рис. 2.10, в). З фронтальної проекції  $A_2$  проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проекції  $A_1$  проводять горизонтальну лінію зв'язку до перетину в точці  $A_0$  з постійною прямою  $K$ , тобто з

бісектрисою кута  $y_1Oy_3$ . З точки  $A_0$  проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з лінією, проведеною з фронтальної проекції  $A_2$ .

Перевагу мають другий і третій способи, оскільки потребують меншої кількості ліній побудови.

Щоб прочитати комплексне креслення точки, необхідно вміти розв'язати такі задачі:

- за двома заданими проекціями точки знайти третю;
- визначити координати і положення точки відносно площин проекцій;
- побудувати аксонометричне зображення точки за комплексним кресленням;
- проаналізувати взаємне розташування точки за комплексним кресленням;
- проаналізувати взаємне розташування кількох точок відносно площин проекцій.

На рис. 2.11 задано проекції точок  $A$  і  $B$ . Ці точки розташовані в просторі, бо жодна з координат точок не дорівнює нулю. З рисунка видно, що широта точки  $A$  більша за широту точки  $B$ , бо відрізок  $OA_x$  більший за відрізок  $OB_x$ . Отже, точка  $A$  лежить далі від площини проекцій  $P_3$ , ніж точка  $B$ . Глибина точок  $A$  і  $B$  однакова, бо координати  $y$  (відрізки  $A_1A_x$  і  $B_1B_x$ ) рівні. Звідси випливає, що ці точки однаково віддалені від площини проекцій  $P_2$ . Висота точок різна. Точка  $B$  лежить вище від площини проекцій  $P_1$  на величину  $B_2B_0$ .

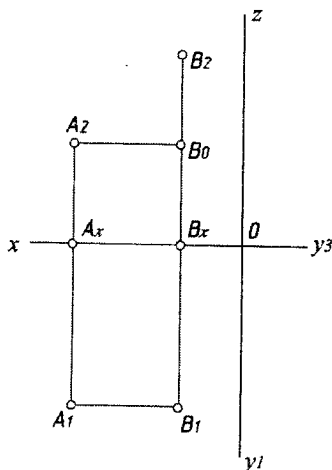


Рис. 2.11

### 3.4. Запитання для самоперевірки

- 3.4.1. У чому полягає суть центрального проектування?
- 3.4.2. У чому полягає суть паралельного проектування?
- 3.4.3. На які види поділяють паралельні проекції?
- 3.4.4. Як називають і як позначають три основні площини проекцій?
- 3.4.5. Як позначають осі проекцій?
- 3.4.6. Як називаються промені  $AA_1$ ;  $AA_2$ ;  $AA_3$ ?
- 3.4.7. Що таке комплексне креслення точки і як його одержують?
- 3.4.8. Сформулюйте основні положення проектування точки.
- 3.4.9. Які виміри, або координати, має точка, що лежить у просторі? що лежить на площині проекцій  $P_3$ ? що лежить на осі проекцій  $Oy$ ?
- 3.4.10. У якій послідовності будують проекції точки за її координатами?
- 3.4.11. Якими способами можна побудувати третю проекцію точки за двома її відомими?
- 3.4.12. Візьміть на комплексному кресленні дві точки, розташовані на одному проектуючому промені відносно площини проекцій  $P_2$ . Запишіть координати цих точок.
- 3.4.13. Візьміть на комплексному кресленні дві точки, розташовані на однаковій відстані від площин проекцій  $P_2$  і  $P_3$ . Запишіть їх координати.
- 3.4.14. Задано точки  $A(40, 60, 10)$ ;  $B(0, 18, 50)$ ;  $C(60, 0, 30)$ ;  $D(0, 30, 0)$ . Побудуйте на комплексному кресленні три проекції кожної з цих точок.

### 3.5. Вправи

- 3.5.1. Як називається площина проекцій  $P_2$ ?
- 3.5.2. Як називається лінія  $A_1A_2$  (рис. 2.12)?
- 3.5.3. Яким способом знайдено проекцію  $A_3$  (рис. 2.12)?
- 3.5.4. Як називається пряма  $K$  (рис. 2.13)?

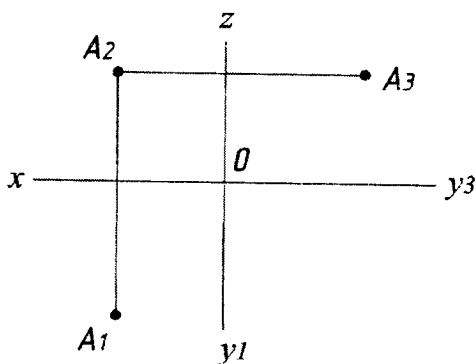


Рис. 2.12

- 3.5.5. Які з точок лежать на площині проєкцій  $\Pi_3$  (рис. 2.13)?  
 3.5.6. Які з точок лежать на осі проєкцій  $O_Y$  (рис. 2.13)?  
 3.5.7. Яка з точок найбільш віддалена від площини  $\Pi_2$  (рис. 2.13)?  
 3.5.8. Якими координатами задають точку, що лежить на площині проєкцій  $\Pi_1$ ?

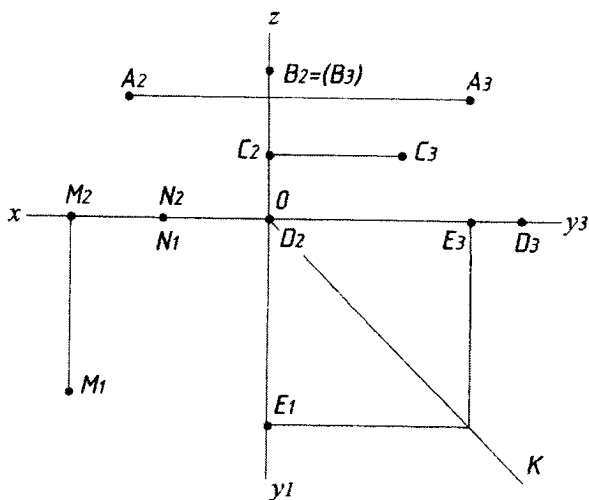


Рис. 2.13



- 3.5.9. Скільки вершин має деталь, зображена на рис. 2.14?
- 3.5.10. Задано точки  $A(45, 20, 80)$ ;  $B(30, 60, 40)$ ;  $C(80, 45, 10)$ .  
Яка з них найближча до площини проєкцій  $\Pi_3$ ?

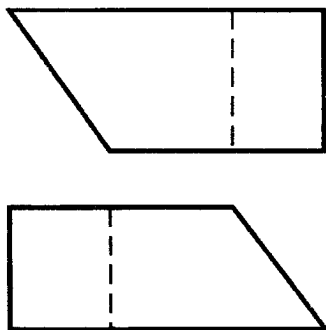


Рис. 2.14

## § 4. ПРОЕКТУВАННЯ ПРЯМОЇ ЛІНІЇ

### 4.1. Проектування прямої на три площини проєкцій

Пряма в інженерній графіці розглядається як множина точок, її проєкції також є прямими лініями.

Пряму можна розглядати як результат перетину двох площин (рис. 2.15, а, б).

Пряма в просторі безмежна. Обмежена частина прямої називається *відрізком*. Проектування прямої зводиться до побудови проєкцій будь-яких двох її точок, бо дві точки повністю визначають положення прямої в просторі. Провівши через точки  $A$  і  $B$  (рис. 2.15, а) перпендикуляри до площини  $\Pi_1$ , на перетині знайдемо їх горизонтальні проєкції  $A_1$  і  $B_1$ . Відрізок  $A_1B_1$  – *горизонтальна проєкція прямої  $AB$* . Те саме матимемо й тоді, коли проведемо перпендикуляри до площини  $\Pi_1$  з довільних точок прямої  $AB$ . Сукупність цих перпендикулярів (проєктуючих променів) утворює *горизонтально-проєктуючу площину  $\Sigma$* , що перетинається з площиною  $\Pi_1$  по прямій  $A_1B_1$ , яка є горизонтальною проєкцією прямої  $AB$ . Міркуючи аналогічно, знаходимо фронтальну проєкцію  $A_2B_2$  прямої  $AB$  (рис. 2.15, б).

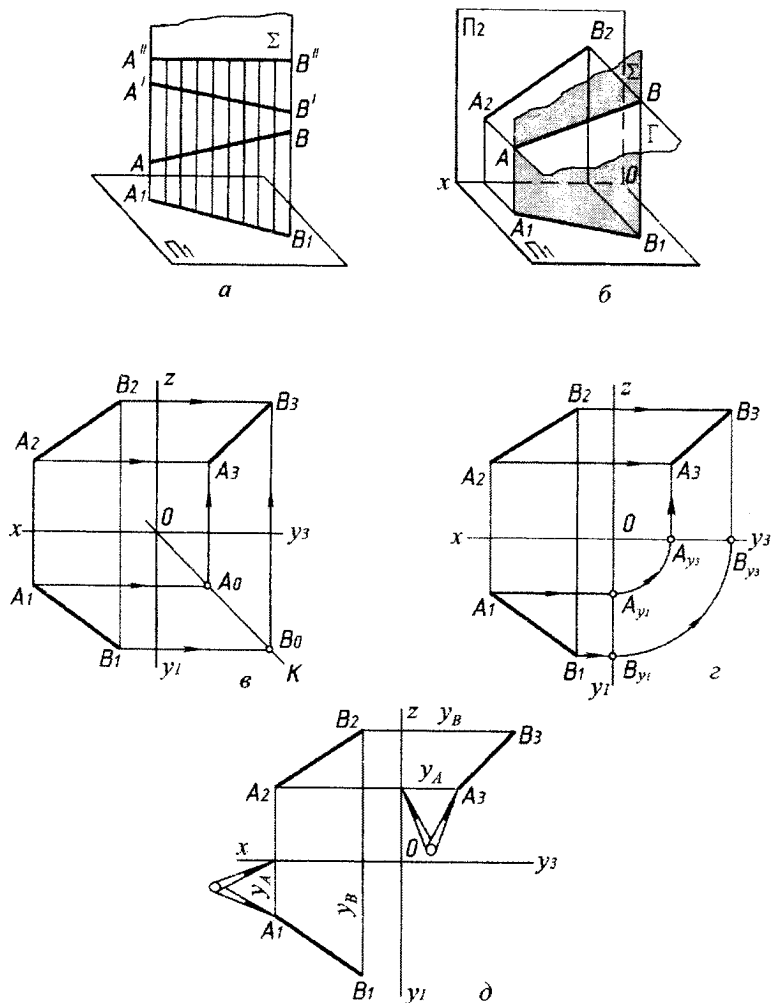


Рис. 2.15

Одна проекция прямої не визначає положення прямої в просторі, оскільки відрізок  $A_1B_1$  (рис. 2.15, а) може бути проекцією будь-якого відрізка, який лежить в проєктуючій площині  $\Sigma$ . Положення прямої в просторі визначається сукупністю двох її проєкцій. Знаючи положення горизонтальної  $A_1B_1$  і фронтальної  $A_2B_2$  проєкцій прямої (рис. 2.15, б), можна, поставивши з точок однієї і другої проєкції перпендикуляри до

площин  $P_1$  і  $P_2$ , одержати дві проектуючі площини  $\Sigma$  і  $\Gamma$ , які перетнуться по єдиній прямій  $AB$ .

На комплексному кресленні (рис. 2.15, в) зображено відрізок прямої  $AB$  загального положення, де  $A_1B_1$  – горизонтальна,  $A_2B_2$  – фронтальна проекції його.

Для побудови третьої проекції прямої за двома відомими можна використати ті самі способи, що й для побудови третьої проекції точки: проєкційний (рис. 2.15, з), координатний (рис. 2.15, д) і з використанням постійної прямої креслення (рис. 2.15, е).

## 4.2. Положення прямої відносно площин проєкцій

На рис. 2.8 зображено паралелепіпед зі зрізаною передньою верхньою вершиною і довільну трикутну піраміду. Ребра цих фігур займають різні положення в просторі відносно площин проєкцій. Щоб виконувати і читати креслення, необхідно вміти аналізувати різні положення прямої в просторі.

Залежно від розташування в просторі розрізняють прямі загального і частинного положень.

Прямі частинного положення поділяють на проектуючі і прямі рівня.

*Проекуючими* називаються прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій, тобто паралельні двом іншим площинам.

Пряма  $AB$  (рис. 2.16, а), перпендикулярна до площини проєкцій  $P_1$ , називається *горизонтально-проекуючою прямою*.

Пряма  $CD$  (рис. 2.16, б), перпендикулярна до площини проєкцій  $P_2$ , називається *фронтально-проекуючою прямою*.

Пряма  $MN$  (рис. 2.16, в), перпендикулярна до площини проєкцій  $P_3$ , називається *профільно-проекуючою прямою*.

На одній з площин проєкцій проектуюча пряма зображується у вигляді точки, а на двох інших – у вигляді відрізків, які займають горизонтальне або вертикальне положення і величина яких дорівнює натуральній величині відрізка прямої.

*Прямими рівня* називаються прямі, паралельні одній з площин проєкцій.

Пряма  $AB$  (рис. 2.17, а), паралельна горизонтальній площині проєкцій  $P_1$ , називається *горизонтальною прямою*, або, скорочено, *горизонталлю*.

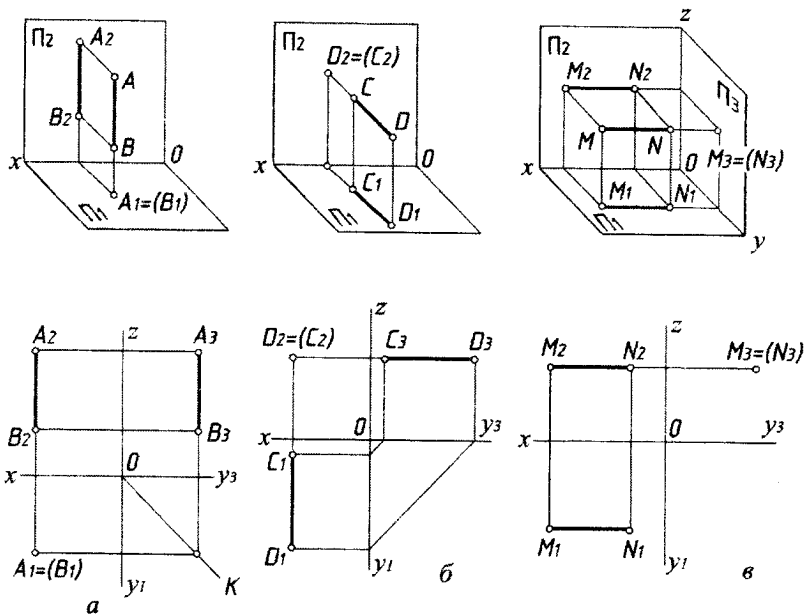


Рис. 2.16

Пряма  $CD$  (рис. 2.17, б), паралельна фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ , називається *фронтальною прямою*, або, скорочено, *фронталлю*.

Пряма  $MN$  (рис. 2.17, в), паралельна профільній площині проєкцій  $\Pi_3$ , називається *профільною прямою*.

Прямі рівня проєктуються на одну з площин проєкцій в натуральну величину, а на дві інші – у вигляді відрізків меншої величини, які займають на кресленні вертикальне чи горизонтальне положення. За кресленням можна визначити натуральну величину кутів нахилу прямої до площин проєкцій. Дійсно, фронтальна проєкція  $A_2B_2$  горизонталі паралельна осі проєкцій  $Ox$ , а горизонтальна  $A_1B_1$  дорівнює натуральній величині відрізка прямої ( $A_1B_1 = AB$ ). Кут  $\beta$  між горизонтальною проєкцією  $A_1B_1$  і віссю  $Ox$  дорівнює натуральній величині кута нахилу прямої  $AB$  до площини проєкцій  $\Pi_2$ .

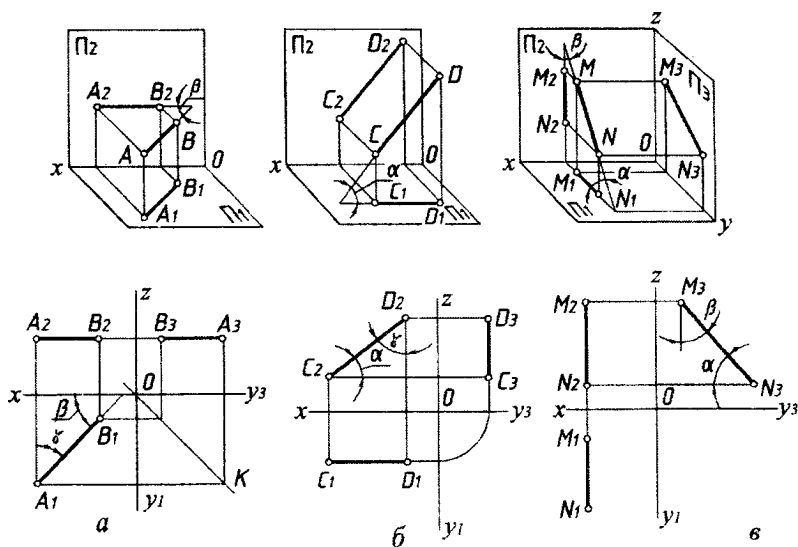


Рис. 2.17

На рис. 2.17, б, в показано визначення кутів нахилу прямих  $CD$  і  $MN$  до площин проєкцій.

Якщо пряма лежить у площині проєкцій, то одна її проєкція (однойменна) зливається з самою прямою, а дві інші – з осями. Наприклад, пряма  $AB$  (рис. 2.18) лежить у площині  $\Pi_1$ .

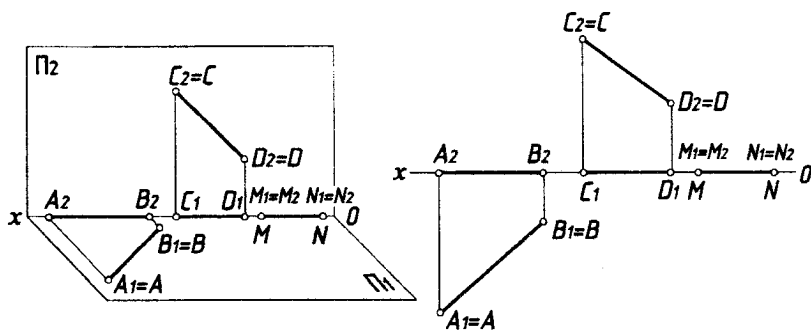


Рис. 2.18

Її горизонтальна проєкція  $A_1B_1$  зливається з прямою  $AB$ , а фронтальна проєкція  $A_2B_2$  – з віссю  $Ox$ . Таку пряму називають

нульовою горизонталлю, бо висота її точок (координата  $z$ ) дорівнює нулю.

На рис. 2.18 показані частинні положення прямих  $CD$  і  $MN$ .

Прямою загального положення називають пряму, розташовану похило до всіх площин проєкцій. Жодна з проєкцій цієї прямої не може бути паралельною осям проєкцій або перпендикулярною до них і не зображується на комплексному кресленні в натуральну величину. Визначення кутів нахилу цієї прямої до площин проєкцій потребує додаткової побудови. Усі ці питання буде розглянуто далі.

### 4.3. Пряма і точка

Якщо точка лежить на прямій, то її проєкції лежать на однойменних проєкціях цієї прямої і на спільній лінії зв'язку.

Точка  $C$  (рис. 2.19, а) лежить на прямій  $AB$ , бо її проєкції  $C_1$  і  $C_2$  розташовані відповідно на горизонтальній  $A_1B_1$  і фронтальній  $A_2B_2$  проєкціях прямої. Точки  $M$  і  $N$  не лежать на прямій  $AB$ , бо одна з проєкцій кожної з точок не належить проєкції цієї прямої.

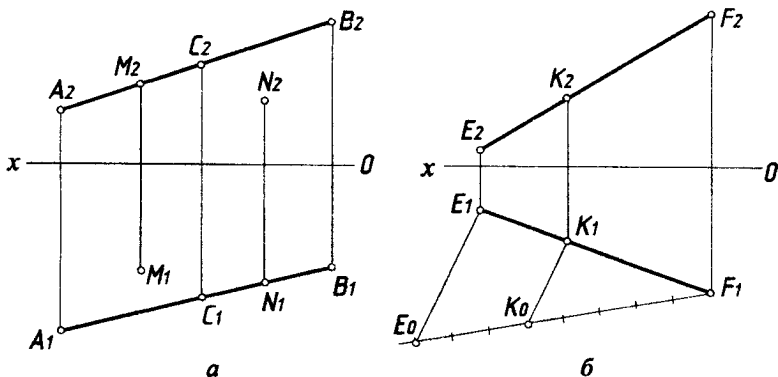


Рис. 2.19

На підставі геометричних міркувань для даного випадку можна сформулювати такий висновок: проєкції точки поділяють проєкції прямої в такому самому відношенні, в якому сама точка поділяє відрізок прямої, тобто

$$\frac{A_1C_1}{C_1B_1} = \frac{A_2C_2}{C_2B_2} = \frac{AC}{CB}.$$

Користуючись цим правилом, поділяють довільний відрізок прямої в потрібному відношенні (рис. 2.19, б).

#### 4.4. Сліди прямої

Якщо відрізок  $AB$  загального положення (рис. 2.20, а) продовжити в обидва боки від точок  $A$  і  $B$ , то в точках  $M$  і  $N$  він перетне площини проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .

Точки перетину прямої з площинами проєкцій називаються слідами прямої.

Точка  $M$  – горизонтальний слід прямої, а точка  $N$  – фронтальний. Проєкції слідів на рисунку відповідно позначені  $M_1$  і  $M_2$ ;  $N_1$  і  $N_2$ . На рис. 2.20, б пряма  $AB$  і її сліди зображені на комплексному кресленні.

Оскільки слід є точка, яка одночасно належить прямій і площині проєкцій, то для побудови на комплексному кресленні горизонтального сліду  $M$  прямої  $AB$  (рис. 2.20, б) потрібно:

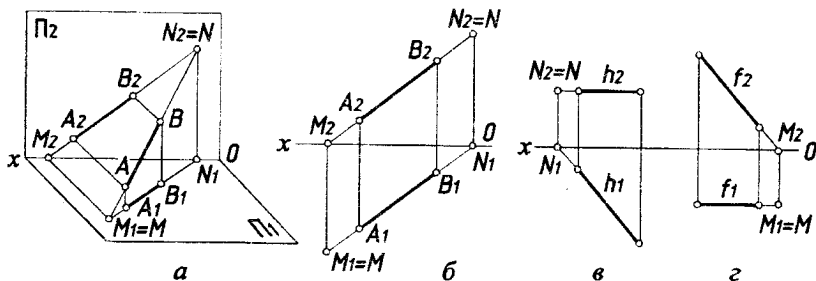


Рис. 2.20

- продовжити фронтальну проєкцію  $A_2B_2$  до перетину з віссю  $Ox$  у точці  $M_2$ , яка є фронтальною проєкцією сліду  $M$ ;
- через точку  $M_2$  провести вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією  $A_1B_1$  прямої. Одержимо точку  $M_1$  (горизонтальну проєкцію сліду) і сам слід  $M$ .

На рис. 2.20, б–г виконано побудову відповідно фронтального сліду  $N$  прямої  $AB$ , фронтального сліду  $N$  горизонталі  $h$ , горизонтального сліду  $M$  фронталі  $f$ .

## 4.5. Взаємне розташування прямих у просторі

Дві прямих в просторі одна відносно одної можуть бути взаємно паралельними, перетинатися і бути мимобіжними.

**Паралельні прямих.** Якщо прямих в просторі паралельні, то їх однойменні проєкції на будь-яку площину також взаємно паралельні (рис. 2.21, а). Так, однойменні проєкції паралельних прямих загального положення (рис. 2.21, б) паралельні між собою, тобто  $A_1B_1 \parallel C_1D_1$  і  $A_2B_2 \parallel C_2D_2$ . На рис. 2.21, в паралельні прямих  $MN$  і  $KF$  лежать у площині, перпендикулярній до площини проєкцій  $\Pi_1$ , а на рис. 2.21, г паралельні прямих перпендикулярні до фронтальної площини проєкцій.

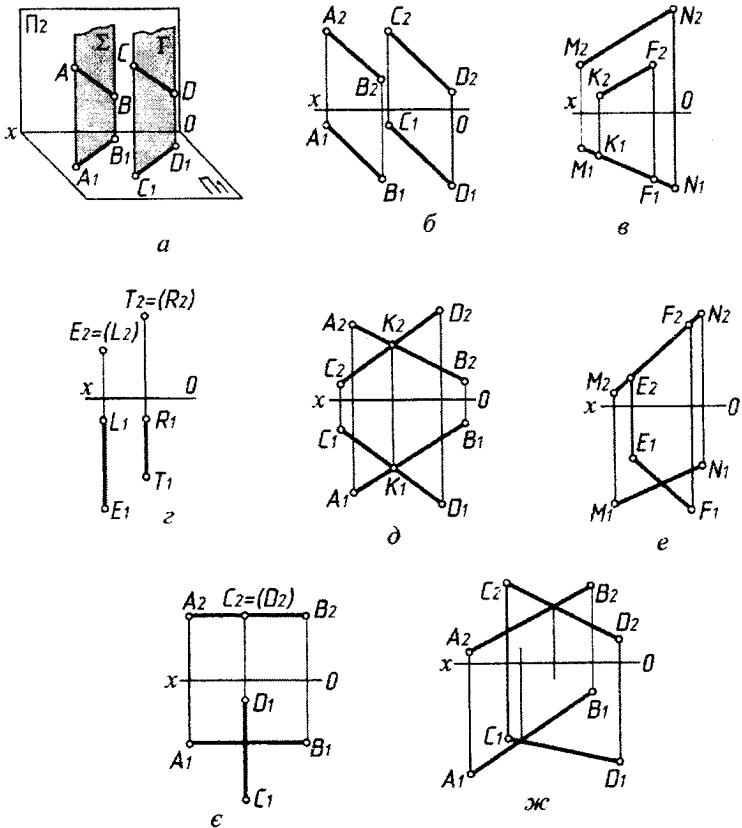


Рис. 2.21



**Прямі, що перетинаються.** Якщо прямі в просторі перетинаються, то на комплексному кресленні їх однойменні проєкції перетинаються в точках  $K_1$  і  $K_2$ , розташованих на одній лінії зв'язку. На рис. 2.21, *д* зображені прямі загального положення, які перетинаються, на рис. 2.21, *е* – прямі, що лежать у площині, перпендикулярній до площини проєкцій  $P_2$ , а на рис. 2.21, *с* – прямі частинного положення, які перетинаються і лежать в горизонтальній площині.

**Мимобіжні прямі.** Якщо дві прямі в просторі не паралельні між собою і не перетинаються, то вони перехрещуються в просторі. Такі прямі називаються мимобіжними. Точки перетину однойменних проєкцій цих прямих не лежать на одній лінії проєкційного зв'язку. На рис. 2.21, *ж* зображено мимобіжні прямі загального положення. Через ці прямі можна провести дві взаємно паралельні площини.

#### 4.6. Запитання для самоперевірки

- 4.6.1. На рис. 2.22, *а* зображено прямі  $AB$ ,  $CD$ ,  $MN$ . Яке положення займають ці прямі відносно площин проєкцій? Як вони називаються? Визначте в міліметрах натуральну величину відрізків прямих і в градусах величину кутів нахилу цих прямих до площин проєкцій  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ .
- 4.6.2. Побудуйте профільні проєкції прямих, зображених на рис. 2.22, *а*.
- 4.6.3. Візьміть довільний відрізок  $AB$  прямої загального положення і поділіть його у відношенні 2:7.
- 4.6.4. Побудуйте сліди прямої загального положення, профільної прямої, фронтальної прямої.
- 4.6.5. На рис. 2.22, *б* задано проєкції  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $B_2$  і  $C_3$  точок  $A$ ,  $B$  і  $C$ , розташованих на прямій  $m$ . Побудуйте три проєкції цієї прямої.
- 4.6.6. Добудуйте проєкцію відрізка  $AB$  (рис. 2.22, *в*) при умові, що відрізок паралельний площині  $P_1$  і його довжина дорівнює 40 мм.
- 4.6.7. Через довільну точку  $A$  проведіть профільну пряму під кутом  $30^\circ$  до площини проєкцій  $P_2$ .
- 4.6.8. Яке взаємне розташування в просторі прямих, зображених на рис. 2.22, *г*.
- 4.6.9. Через точку  $A$  проведіть горизонтальну пряму, що перетинає пряму  $CD$  (рис. 2.22, *д*).

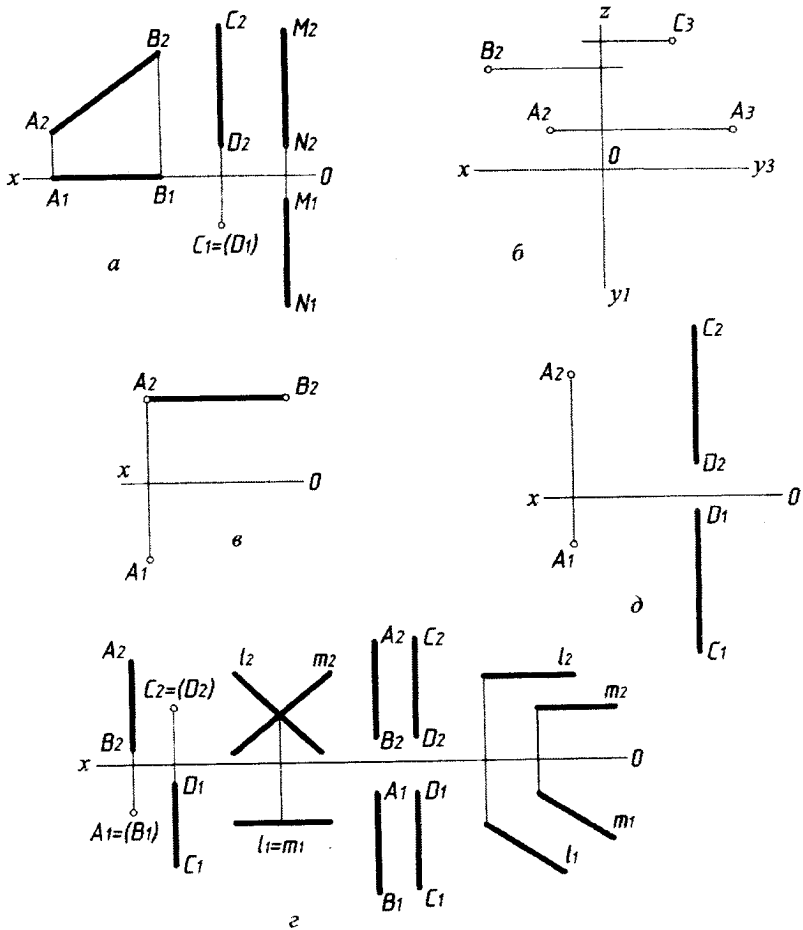


Рис. 2.22

## 4.7. Вправи

- 4.7.1. Проаналізуйте за рис. 2.17, б, в розташування проєкцій прямих  $CD$  і  $MN$  і як визначають кути їх нахилу до площин проєкцій.
- 4.7.2. Проаналізуйте положення прямих  $CD$  і  $MN$  (рис. 2.18).
- 4.7.3. Як називають пряму  $AB$  (рис. 2.23)?

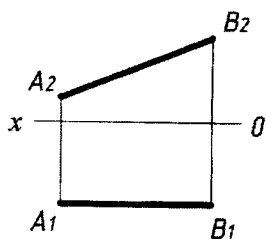


Рис. 2.23

4.7.4. Побудуйте за розмірами ламану  $ABCDE$  і знайдіть її натуральну величину (рис. 2.24).

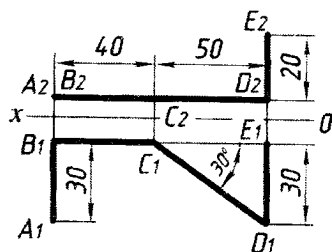


Рис. 2.24

4.7.5. Яким способом знайдено профільну проекцію  $A_3B_3$  (рис. 2.25)?

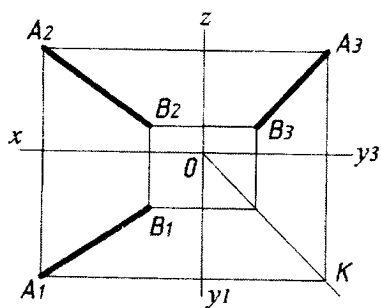


Рис. 2.25

4.7.6. Визначте взаємне розташування прямих у просторі (рис. 2.26).

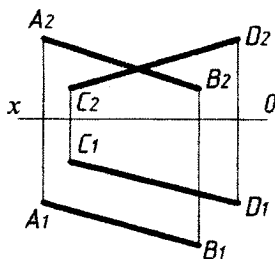


Рис. 2.26

4.7.7. Під яким кутом пряма  $AB$  нахилена до площини  $\Pi_2$  (рис. 2.27)?

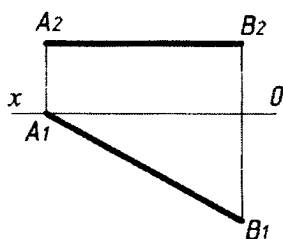


Рис. 2.27

4.7.8. В якому відношенні точка  $C$  поділяє пряму  $AB$  (рис. 2.28)?

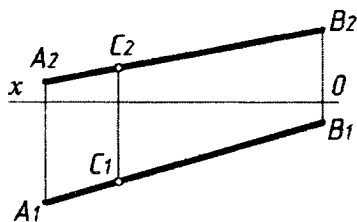


Рис. 2.28

4.7.9. Яке взаємне положення в просторі прямих  $AB$  і  $CD$  (рис. 2.29)?

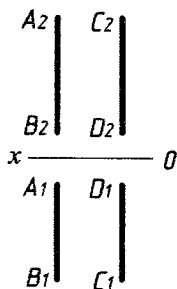


Рис. 2.29

4.7.10. Скільки ребер має деталь, зображена на рис. 2.30?

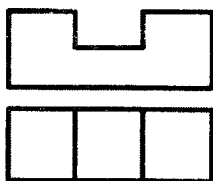


Рис. 2.30

4.7.11. Скільки ребер піраміди є прямими загального положення (рис. 2.31)?

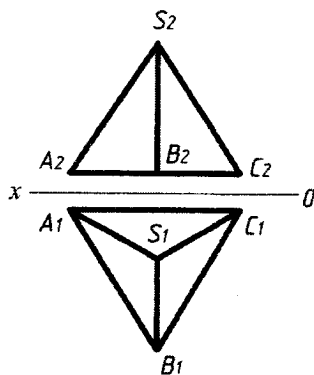


Рис. 2.31

## § 5. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛОЩИНИ

### 5.1. Зображення площини на комплексному кресленні

З елементарної геометрії відомо, що *через будь-які три точки, які не лежать на одній прямій, можна провести площину і притому тільки одну*. Отже, на комплексному кресленні площину можна зобразити проєкціями геометричних елементів, які повністю визначають її положення в просторі, а саме:

- трьох точок, які не лежать на одній прямій (рис. 2.32, а);
- прямої і точки, розташованої поза нею (рис. 2.32, б);
- двох прямих, що перетинаються (рис. 2.32, в);
- двох паралельних прямих (рис. 2.32, г);
- трикутника, або, іншої плоскої фігури (рис. 2.32, д).

З рисунків бачимо, що від одного виду зображення площини легко перейти до іншого. Так, щоб перейти від зображення площини прямою і точкою до зображення її трикутником, треба тільки сполучити точку з кінцями відрізка прямої.

Розглянемо ще один спосіб зображення площин – *спосіб слідів*. На рис. 2.32, е зображено площину  $\Sigma$ , довільно розташовану в просторі. Прямі, по яких вона перетинається з площинами проєкцій, називаються *слідами площини*.

Фронтальний слід  $\Sigma_2$  – це лінія перетину заданої площини  $\Sigma$  з площиною проєкцій  $P_2$ ; горизонтальний слід  $\Sigma_1$  – лінія перетину площини  $\Sigma$  з горизонтальною площиною проєкцій  $P_1$ ; профільний слід  $\Sigma_3$  – лінія перетину площини  $\Sigma$  з профільною площиною проєкцій  $P_3$ . Точки перетину заданої площини з осями проєкцій  $Ox$ ,  $Oy$  і  $Oz$  називаються *точками збігу (сходження) слідів площини*. Позначають їх відповідно  $\Sigma_x$ ,  $\Sigma_y$ ,  $\Sigma_z$ . На рис. 2.32, е задану слідами площину зображено на комплексному кресленні. З нього видно, що коли точка лежить на сліду (точки  $M$  і  $N$ ), то одна (однойменна) проєкція збігається з самою точкою, а друга лежить на осі проєкцій.

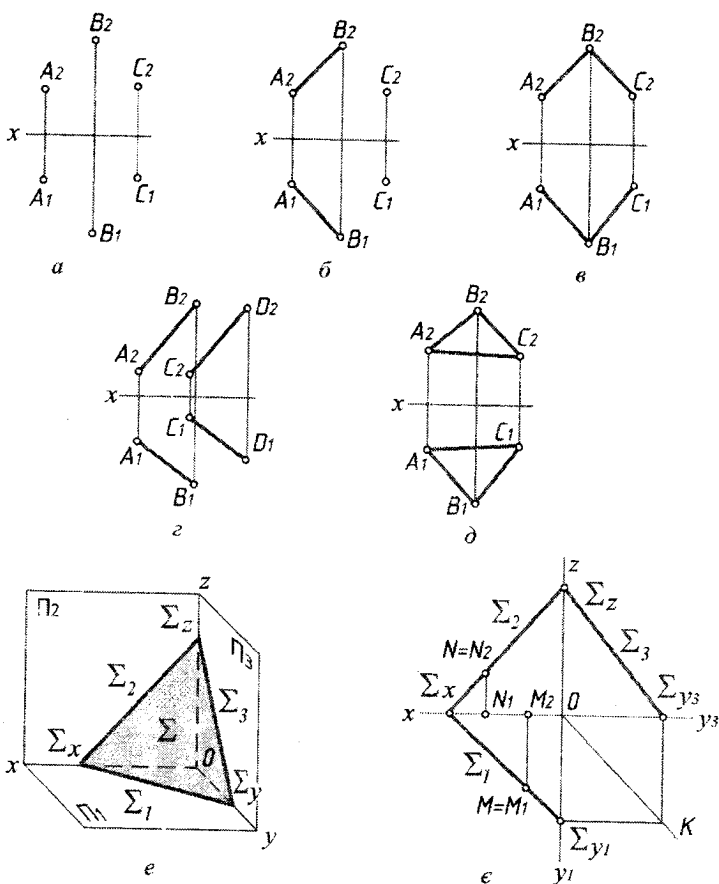


Рис. 2.32

## 5.2. Положення площини у просторі відносно площин проєкцій

Щоб навчитися читати креслення та будувати зображення складних технічних деталей (рис. 2.33), потрібно уміти аналізувати різні положення площин у просторі.

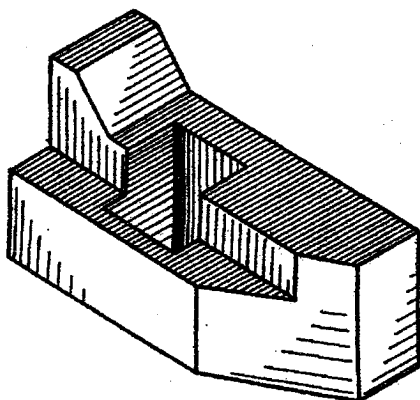


Рис. 2.33

За розташуванням у просторі розрізняють площини загального і частинного положень.

*Площини частинного положення поділяють на площини рівня і проєктуючі.*

*Площина рівня паралельна одній, отже, перпендикулярна до двох інших площин проєкцій.*

Розрізняють три види площин рівня: горизонтальну  $\theta$ , яка паралельна площині проєкцій  $\Pi_1$  (рис. 2.34, а, б); фронтальну  $\Gamma$ , паралельну площині проєкцій  $\Pi_2$  (рис. 2.34, а, в) і профільну  $\Sigma$ , паралельну площині  $\Pi_3$  (рис. 2.34, а, г).

Розглянемо проєкційні ознаки площин рівня:

1. *Довільна фігура, яка лежить у площині рівня, проєктується в натуральну величину на ту площину проєкцій, якій ця площина рівня паралельна. На дві інші площини проєкцій фігура проєктується відрізками прямих, які займають вертикальне або горизонтальне положення.*

Дійсно, прямокутник  $\theta$  ( $ABCD$ ) проєктується в натуральну величину на площину  $\Pi_1$  (рис. 2.34, б), бо він лежить у горизонтальній площині рівня, а на площини проєкцій  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  він проєктується у вигляді горизонтальних відрізків  $\theta_2$  і  $\theta_3$ . Проєкцію площини рівня у вигляді прямої називають *слідом-проєкцією*.

2. *Сліди-проєкції площин рівня мають збиральну властивість, яка полягає у тому, що проєкції точок, ліній, фігур, що лежать у цих площинах, розташовуються на слідах-проєкціях. Так, точка  $M$  (рис. 2.34, в) не належить площині трикутника  $ABC$ , бо її*



горизонтальна проекція  $M_1$  не лежить на сліду-проекції  $\Gamma_1$  площини трикутника.

3. Не обмежену певною фігурою площину рівня можна задавати лише одним слідом-проекцією.

Наприклад, горизонтальну площину можна задати слідом-проекцією  $\theta_2$ , а фронтальну – слідом-проекцією  $\Gamma_1$  (рис. 2.34, б, в).

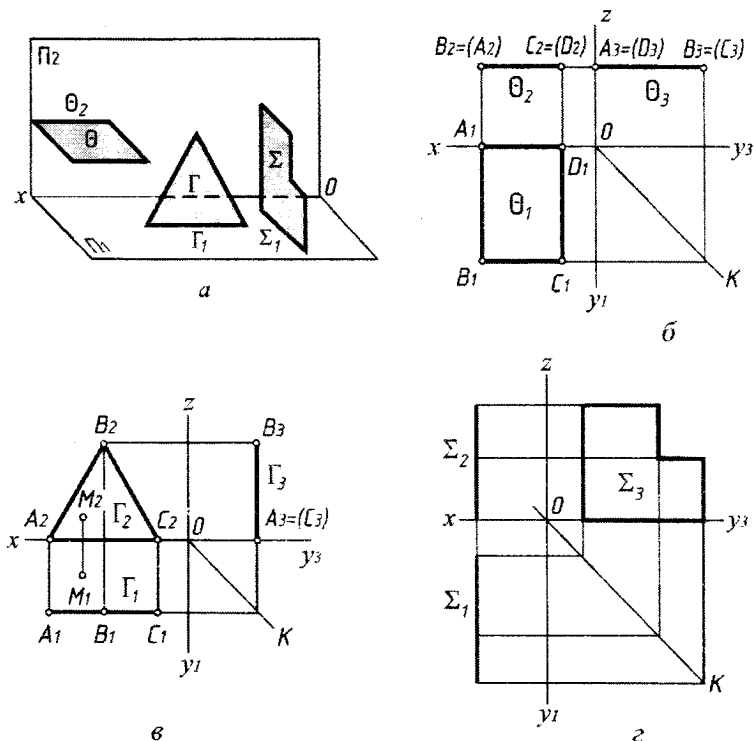


Рис. 2.34

*Проектуючою називається площина, перпендикулярна до однієї з площин проекцій.*

Розрізняють три види проектуючих площин: горизонтально-проектуючу  $\theta$ , перпендикулярну до площини проєкцій  $\Pi_1$  (рис. 2.35, а, в), фронтально-проектуючу  $\Gamma$ , перпендикулярну до  $\Pi_2$  (рис. 2.35, а, г) і профільно-проектуючу  $\Sigma$ , перпендикулярну до площини проєкцій  $\Pi_3$  (рис. 2.35, а, б).

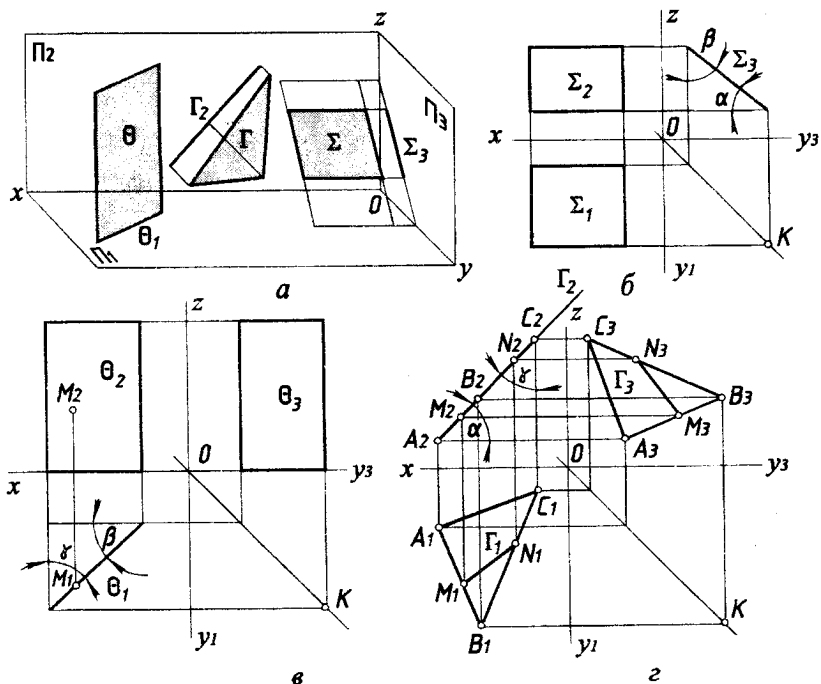


Рис. 2.35

Основні проєкційні ознаки цих площин можна сформулювати так:

1. *Проектуюча площина зображається прямою лінією (слідом-проєкцією) на перпендикулярній до неї площині проєкцій. На двох інших площинах проєкцій фігура, що лежить у проектуючій площині, зображається спотворено.*

Наприклад, трикутник  $ABC$ , який лежить у фронтально-проектуючій площині (рис. 2.35,  $z$ ), зображується на площині  $\Pi_2$  у вигляді відрізка, нахиленого до осей проєкцій  $Ox$  і  $Oz$ , а профільна проєкція  $A_3B_3C_3$  і горизонтальна  $A_1B_1C_1$  трикутника  $ABC$  не дорівнюють його дійсній величині.

2. *Сліди-проєкції проектуючих площин мають збиральну властивість.*

Дійсно, точка  $M$  (рис. 2.35,  $в$ ) лежить у горизонтально-проектуючій площині  $\theta$ , оскільки її горизонтальна проєкція  $M_1$  є на сліди-проєкції  $\theta_1$ . З аналогічних міркувань і пряма  $MN$  належить площині трикутника  $ABC$  (рис. 2.35,  $z$ ).

3. Проектуючи площину можна задати лише одним слідом-проекцією.

4. За комплексним кресленням можна визначити кути нахилу проектуючої площини до площин проекцій.

Позначимо кути нахилу заданої площини до площин проекцій  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  відповідно через  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Кут  $\alpha$  для горизонтально-проектуючої площини дорівнює  $90^\circ$ , а кути  $\beta$  і  $\gamma$  нахилу до площин проекцій  $P_2$  і  $P_3$  можна виміряти на комплексному кресленні (рис. 2.35, в). Сума кутів  $\beta$  і  $\gamma$  дорівнює  $90^\circ$ .

Аналогічно визначаються кути, утворені проектуючими площинами з площинами проекцій на рис. 2.35, б, г.

### 5.3. Прямі та точки, які лежать у площині. Головні лінії площини

Побудова прямих і точок, які належать проектуючим площинам, впливає із їх властивостей і розглянута вище.

В основі побудови прямих і точок в площині загального положення лежать такі відомі положення геометрії:

- пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать даній площині (рис. 2.36, а);
- пряма належить площині, якщо вона проходить через точку, що належить даній площині і паралельна прямій, яка знаходиться в цій площині (рис. 2.36, б);
- точка належить площині, якщо вона лежить на прямій, розташованій в цій площині.

Серед безлічі прямих, які лежать у площині, виділимо прямі загального положення, горизонталі й фронталі та розглянемо їх.

**Пряма загального положення.** Припустимо, що в площині трикутника  $ABC$  треба провести довільну пряму  $DE$  (рис. 2.36, в). Побудову можна почати з будь-якої проекції, наприклад з фронтальної  $D_2E_2$ .

Ця проекція перетне трикутник в точках  $D_2$  і  $E_2$ . Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо горизонтальні проекції  $D_1$  і  $E_1$ . Пряма  $D_1E_1$  і є горизонтальною проекцією шуканої прямої.

На рис. 2.36, г пряму загального положення побудовано в площині, заданій слідами. У цьому випадку користуються такою властивістю: якщо пряма лежить у площині, то сліди прямої лежать на однойменних слідах площини, тобто  $M_1$  лежить на горизонтальному сліду  $\Sigma_1$  площини, а  $N_2$  – на фронтальному сліду  $\Sigma_2$ . Необхідною і достатньою умовою належності прямої площині частинного

положення (рис. 2.36,  $\delta$ ) є те, що проєкція  $A_1B_1$  прямої  $AB$  має збігатися з однойменним слідом – проєкцією  $\theta_1$  площини  $\theta$ . Фронтальна проєкція  $A_2B_2$  може займати довільне положення.

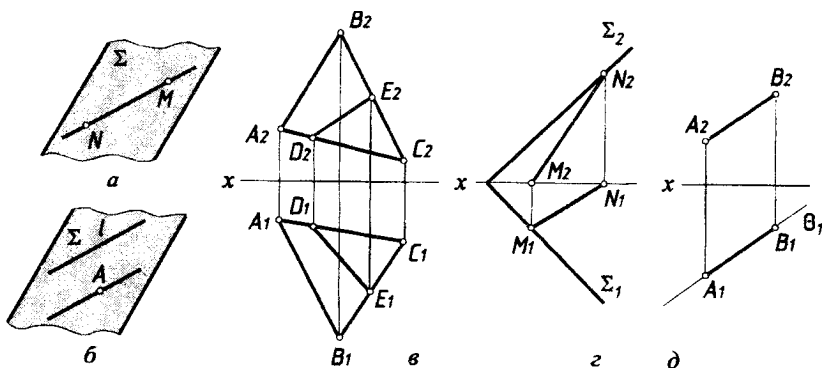


Рис. 2.36

**Горизонталь площини.** *Горизонталлю площини називається горизонталь, яка належить цій площині.* Побудову горизонталі  $h$  площини  $\theta$ , заданої прямими  $a$  і  $b$ , які перетинаються (рис. 2.37,  $a$ ), починаємо з проведення її фронтальної проєкції  $h_2$ , паралельної осі  $x$ .

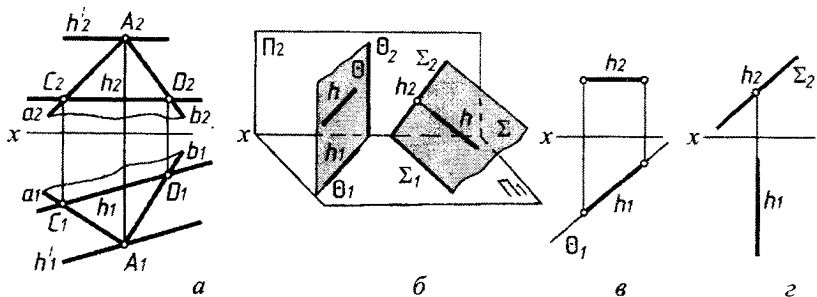


Рис. 2.37

Ця проєкція перетинає фронтальні проєкції прямих  $a_2$  і  $b_2$  в точках  $C_2$  і  $D_2$ . Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо горизонтальні проєкції  $C_1$  і  $D_1$  і сполучимо їх між собою. Пряма  $h_1$  ( $C_1D_1$ ) і є горизонтальною проєкцією горизонталі  $h$ .

В площині можна провести безліч горизонталей. Всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 2.37,  $a$  через точку  $A$  проведена ще одна

горизонталь  $h'$ . Причому  $h_1 \parallel h_1$ , а  $h_2 \parallel h_2$ . Горизонталь, яка належить горизонтально-проектуючій площині  $\theta$ , зображено на рис. 2.37, б, в, а горизонталь, що лежить у фронтально-проектуючій площині  $\Sigma$  – на рис. 2.37, б, г.

**Фронталь площини.** Фронталлю площини називається фронталь, яка належить цій площині. Побудову фронталі  $f$  у площині трикутника  $ABC$  (рис. 2.38, а) починаємо з проведення її горизонтальної проекції  $f_1$ , паралельної осі  $x$ . Ця проекція перетинає горизонтальні проекції  $A_1B_1$  і  $B_1C_1$  прямих в точках  $K_1$  і  $C_1$ .

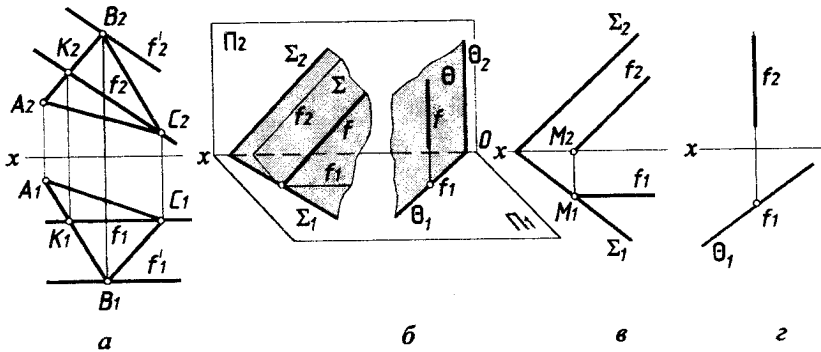


Рис. 2.38

Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо фронтальні проекції  $K_2$  і  $C_2$  цих точок і сполучимо їх між собою. Пряма  $K_2C_2$  – фронтальна проекція фронталі  $f$ .

У площині можна провести безліч фронталей, і всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 2.38, а через точку В проведено ще одну фронталь  $f'$ . Фронталь, яка лежить у площині загального положення, заданій слідами, зображено на рис. 2.38, б, в, а фронталь, розміщену в горизонтально-проектуючій площині  $\theta$ , – на рис. 2.38, б, г.

**Точка в площині.** Точка лежить в площині, якщо вона лежить на прямій, що належить цій площині.

На рис. 2.39, а площину задано паралельними прямими  $l$  і  $m$ . Треба знайти горизонтальну проекцію  $A_1$  точки  $A$ , яка лежить в цій площині, якщо відома її фронтальна проекція  $A_2$ . Через  $A_2$  проводять фронтальну проекцію  $M_2N_2$  довільної допоміжної прямої, що належить площині. Знаходять горизонтальну проекцію  $M_1N_1$  цієї прямої і проводять вертикальну лінію зв'язку  $A_2A_1$  до перетину з  $M_1N_1$ . Точка  $A_1$  – горизонтальна проекція точки  $A$ , що належить заданій площині.

На рис. 2.39, б побудовано горизонтальну проекцію точки  $K$ , яка лежить в площині прямокутника  $ABCD$ , якщо відома її фронтальна проекція. На рис. 2.39, в за допомогою фронталі побудовані проекції точки  $A$ , яка лежить у площині  $\Gamma$ , заданій слідами.

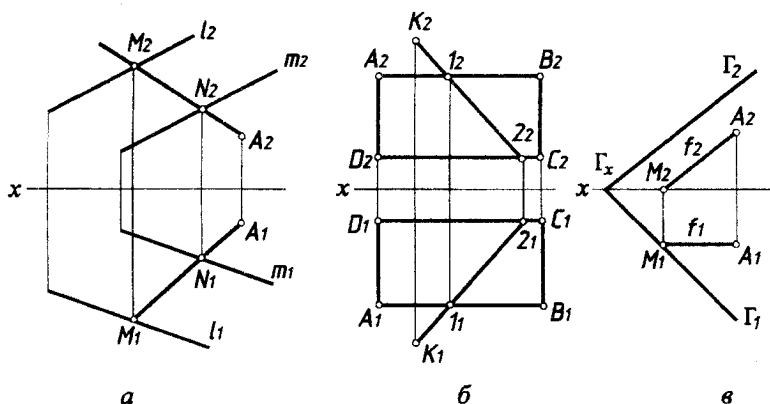


Рис. 2.39

## 5.4. Проекції плоских фігур

*Плоскими називаються фігури, в яких всі точки лежать в одній площині.*

Плоскі фігури бувають прямолінійні (трикутники, чотирикутники тощо) і криволінійні (коло, овал, еліпс і т. п.). Більшість плоских технічних деталей має саме такі контури.

Побудова проекцій плоских фігур полягає в побудові проекцій точок і ліній, які утворюють дану фігуру і лежать в одній площині. Питання, пов'язані з побудовою точок і ліній в площині, розглянути вище.

Розглянемо проектування деяких плоских фігур.

**Трикутник.** На рис. 2.40, б зображено трикутник, який лежить в горизонтальній площині проекцій  $\Pi_1$ , а на рис. 2.40, в – трикутник, площина якого паралельна  $\Pi_1$ . В обох випадках горизонтальна проекція дорівнює натуральній величині трикутника, а фронтальна і профільна проекції зображаються відрізками, які паралельні або зливаються з осями проекцій. Таке розташування трикутників спостерігається в призмах, пірамідах (рис. 2.40, а) і деяких інших фігурах. Трикутник на рис. 2.40, г розміщений у фронтально-

проектуючій площині. Її горизонтальна проекція не дорівнює натуральній величині трикутника. Точка  $M$  належить площині трикутника  $ABC$ , бо її фронтальна проекція  $M_2$  збігається із слідом-проекцією  $\Sigma_2$  цієї площини. На рис. 2.40,  $\delta$  зображено дві проекції трикутника загального положення – бічної грані піраміди (рис. 2.40,  $a$ ). Горизонтальну проекцію  $K_1$  точки  $K$ , яка належить трикутнику, знайдемо за відомою фронтальною проекцією  $K_2$ , провівши допоміжну горизонталь 1–2.

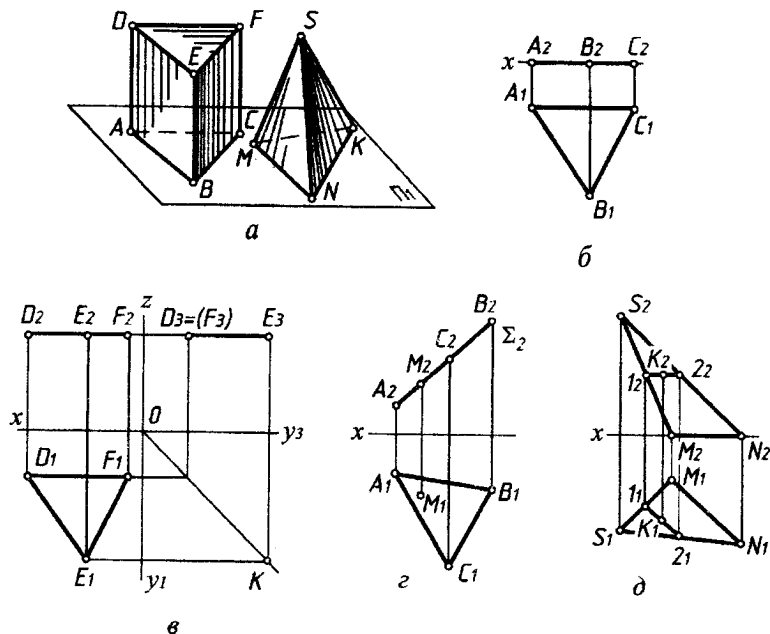


Рис. 2.40

**Чотирикутник.** Якщо три точки, які не лежать на одній прямій, завжди визначають площину, то цього не можна сказати про чотири і більше точок. В цих випадках обов'язково потрібно перевіряти, чи буде плоскою задана фігура.

Якщо горизонтальна і фронтальна проекції точок перетину діагоналей чотирикутника (рис. 2.41,  $a$ ) розташовані на одному перпендикулярі до осі  $x$ , то чотирикутник є плоским. У нашому випадку ця умова не виконується, бо точки  $M_2$  і  $K_1$  не лежать на одній лінії зв'язку. Отже, точки  $A, B, C, D$  не лежать в одній площині.

Інший спосіб перевірки таких (рис. 2.41, б): протилежні сторони чотирикутника  $AD$  і  $BC$  продовжено до взаємного перетину в точках  $K_2$  і  $K_1$ . Оскільки точки  $K_2$  і  $K_1$  лежать на одній вертикальній лінії зв'язку, то чотирикутник  $ABCD$  плоский.

На рис. 2.41, в повністю задано горизонтальну проекцію  $A_1B_1C_1D_1E_1$  п'ятикутника і три точки  $A_2, B_2, C_2$  його фронтальної проекції. Решта точок  $E_2$  і  $D_2$  цієї проекції знайдені за допомогою діагоналей.

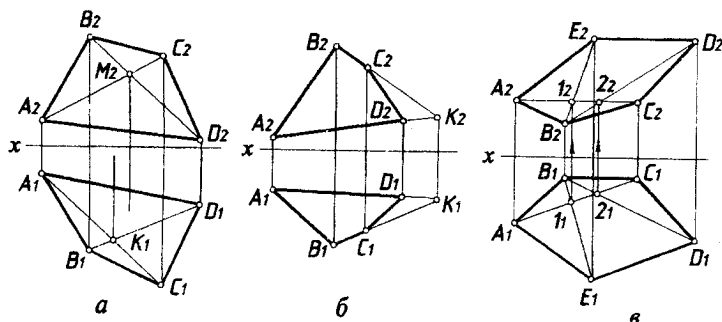


Рис. 2.41

**Коло.** Коло може проектуватися у вигляді кола, еліпса або прямолінійного відрізка. Це залежить від положення площини кола відносно площин проекцій.

На рис. 2.42, а зображено проекції кола, площина якого паралельна площині проекцій  $\Pi_1$ . На рис. 2.42, б площина кола займає фронтально-проектуюче положення.

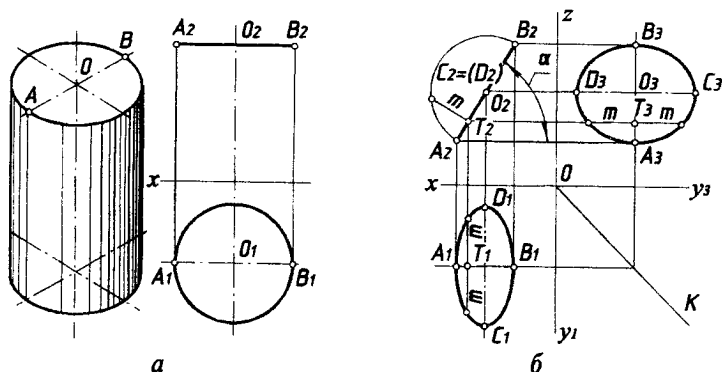


Рис. 2.42



На цьому рисунку на площині проєкцій  $P_2$  коло зобразиться відрізком  $A_2B_2$ , нахиленим до осі  $Ox$ ; величина  $A_2B_2$  дорівнює діаметру кола. Проєкції кола на горизонтальну і профільну площини проєкцій мають вигляд еліпсів. Велика вісь еліпса на площині  $P_1$  розташована паралельно осі  $Oy_1$  і дорівнює діаметру кола, тобто  $C_1D_1 = A_2B_2$ . Малу вісь  $A_1B_1$  креслять, проводячи лінії зв'язку з точок  $A_2$  і  $B_2$ . Напрямок  $A_1B_1$  паралельний осі проєкцій  $Ox$ , а величина її залежить від кута  $\alpha$  нахилу площини кола.

За головними осями  $C_1D_1$  і  $A_1B_1$  можна побудувати еліпс. Проміжні точки еліпса можна також знайти способом, показаним на рис. 2.42, б. З точки  $O_2$  як із центра проводять допоміжне півколо діаметром  $A_2B_2$ . Довільна хорда цього півкола, перпендикулярна до  $A_2B_2$ , визначає величину відрізка, який лежить у площині кола і паралельний горизонтальній площині проєкцій. Тому вимірюють величину, наприклад, хорди  $m$ , проведеної з довільної точки  $T_2$ , і відкладають її в обидва боки від проєкції  $T_1$  паралельно великій осі еліпса  $C_1D_1$ . Побудову еліпса на профільній площині проєкцій видно з рис. 2.42, б.

## 5.5. Взаємне розташування площин

Дві площини в просторі можуть бути між собою паралельними і перетинатися.

**Паралельні площини.** *Площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються однієї з них відповідно паралельні двом прямим, які перетинаються, другої (рис. 2.43, а).*

За такі прямі можуть бути взяті будь-які дві прямі, що перетинаються. Отже, горизонталі і фронталі паралельних площин загального положення відповідно паралельні, в тому числі паралельні й однойменні їх сліди.

Трикутники  $ABC$  і  $DEK$  (рис. 2.43, б) паралельні між собою, бо сторони  $AB$  і  $AC$  одного трикутника відповідно паралельні сторонам  $DE$  і  $DK$  другого. Треті сторони  $BC$  і  $EK$  цих трикутників можуть бути і непаралельними.

*Площини частинного положення паралельні тоді, коли паралельні їх однойменні сліди-проєкції.*

На рис. 2.43, в зображено паралельні фронтально-проєктуючі площини  $\Gamma$  і  $\theta$ , а на рис. 2.43, г – горизонтально-проєктуючі площини  $\Gamma$  і  $\Sigma$ . Якщо паралельні площини загального положення задано слідами, то їх однойменні сліди також паралельні.

Щоб через дану точку  $K$  побудувати площину, паралельну площині прямокутника  $ABCD$  (рис. 2.43, д), досить через точку  $K$

провести дві прямі, кожна з яких паралельна двом прямим, що перетинаються, і належать площині прямокутника. На рисунку через точку  $K$  проведено прямі  $l$  і  $m$ , відповідно паралельні стороні  $BC$  і діагоналі  $BD$  прямокутника. На рис. 2.43,  $e$  показано, як через точку  $K$  проведено площину, паралельну площині  $ABC$ .

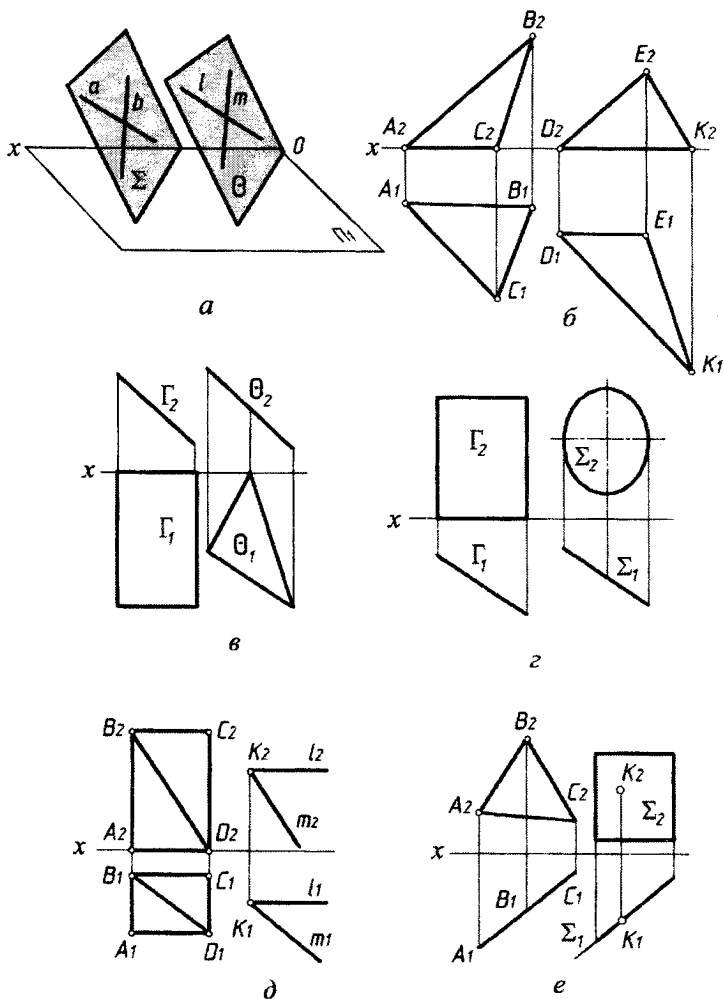


Рис. 2.43

**Площини, що перетинаються.** Площини перетинаються по прямій, а положення прямої визначається двома її точками або однією точкою, якщо відомий напрям цієї прямої.

В цьому випадку необхідно розв'язати таку основну задачу: побудувати лінію перетину двох площин.

В тих випадках, коли одна з площин є проєктуючою, лінія перетину може бути побудована безпосередньо.

Розглянемо випадки перетину площин, які найчастіше зустрічаються в практиці креслення.

На рис. 2.44, *а, б* зображено два прямокутники  $\Gamma$  і  $\Sigma$ , які перетинаються. Вони (бічні грані призми) займають горизонтально-проєктуєчне положення, тобто перпендикулярні до площини проєкцій  $\Pi_1$ . Пряма  $AB$  – лінія їх перетину. Вона також перпендикулярна до площини  $\Pi_1$ .

На рис. 2.44, *а, в* горизонтальна площина  $\Phi$  перетинається з горизонтальною проєктуєючою площиною  $\Gamma$  (верхня основа призми з бічною гранню). Площини перетинаються по прямій  $AC$ , проєкції якої збігаються з слідами-проєкціями цих площин, тобто з  $\Gamma_1$  і  $\Phi_2$ .

На рис. 2.44, *г, д* зображено перетин двох фронтально-проєктуєчних площин  $\Gamma$  і  $\Sigma$ . Лінія їх перетину також буде фронтально-проєктуєючою прямою.

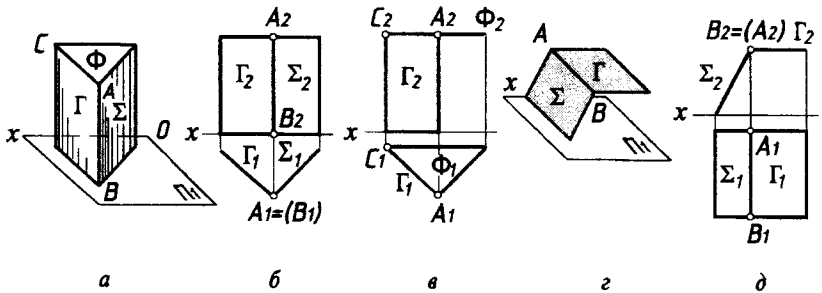


Рис. 2.44

Звідси випливають такі висновки:

1. Дві площини, перпендикулярні до якої-небудь площини проєкції, перетинаються по прямій, перпендикулярній до тієї самої площини проєкції.

2. Дві площини, перпендикулярні до різних площин проєкцій, перетинаються по прямій, проєкції якої збігаються із слідами проєкціями площин.

На рис. 2.45, а, б зображено перетин горизонтальної площини рівня  $\Gamma$  з площиною загального положення – трикутником  $ABS$ .

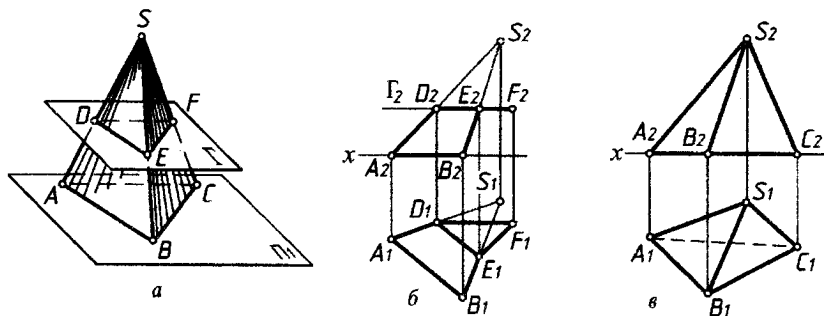


Рис. 2.45

Фронтальна проєкція  $E_2$  і  $D_2$  лінії перетину збігається із слідом  $\Gamma_2$ . Провівши з точок  $E_2$  і  $D_2$  лінії зв'язку, знайдемо горизонтальну проєкцію  $E_1D_1$  лінії перетину. Дві площини загального положення, наприклад, бічні грані піраміди (рис. 2.45, а), перетинаються також по прямій загального положення (рис. 2.45, в).

## 5.6. Пряма, паралельна площині. Перетин прямої з площиною

Пряма може:

- лежати в площині;
- бути паралельною площині;
- перетинати площину.

Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна якій-небудь прямій, розташованій у цій площині (рис. 2.46, а).

Цієї ознаки досить для побудови проєкцій взаємнопаралельних прямої і площини.

Якщо через точку  $K$  у просторі треба провести пряму, паралельну площині, то спочатку в цій площині намічають яку-небудь пряму, а

потім через задану точку проводять пряму, паралельну прямій проведеній на площині. На рис. 2.46, б через точки  $K$  і  $E$  проведено прямі, паралельні площині трикутника  $ABC$ . На рис. 2.46, в, г через точку  $K$  проведено пряму  $AB$ , паралельну горизонтально-проектуючій площині  $\Gamma$ . В цьому разі через  $K_1$  проводимо горизонтальну проекцію  $A_1B_1$  шуканої прямої паралельно сліду-проекції  $\Gamma_1$ . Фронтальна проекція  $A_2B_2$  пройде через  $K_2$  зовсім довільно. Отже, умова паралельності прямої і площини частинного положення полягає в тому, що проекція прямої має бути паралельна однойменному сліду-проекції площини.

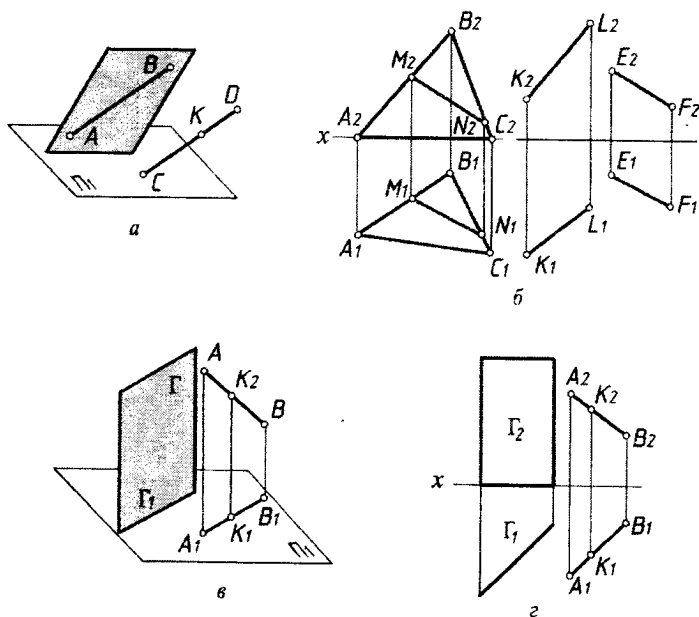


Рис. 2.46

**Пряма, що перетинає площину.** У цьому випадку основною задачею є побудова точки перетину прямої з площиною. Якщо площина проектуюча, то ця точка визначається без особливих побудов.

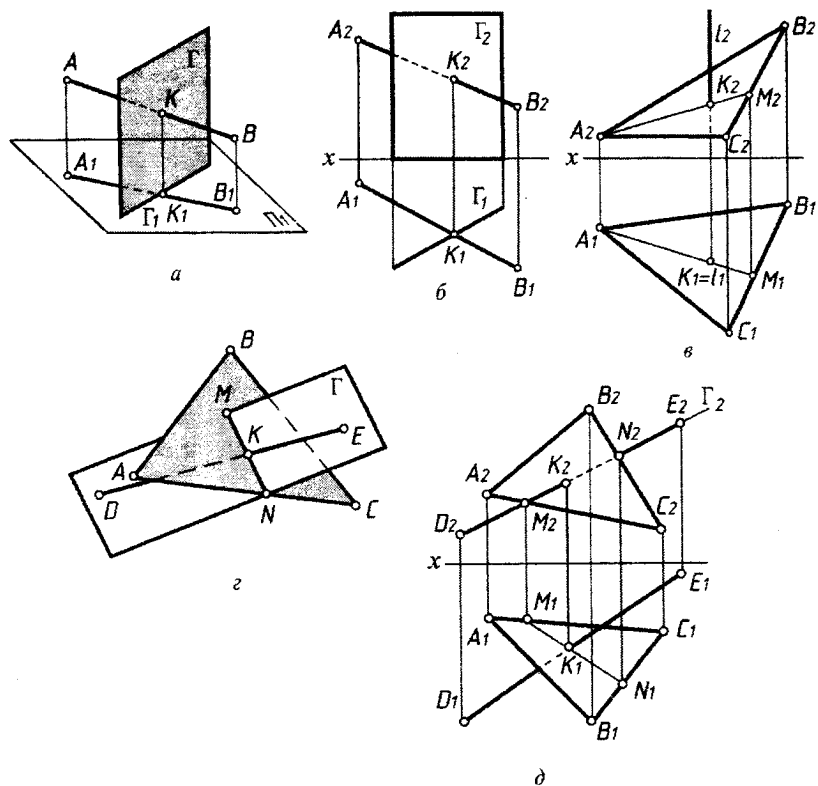


Рис. 2.47

Розглянемо спочатку перетин прямої з площиною частинного положення. Пряма  $AB$  (рис. 2.47, а, б) перетинає горизонтально-проектуючу площину  $\Gamma$ . Горизонтальна проекція  $K_1$  точки перетину лежить на перетині проекції  $A_1B_1$  із слідом-проекцією  $\Gamma_1$  площини. Провівши з точки  $K_1$  вертикальну лінію зв'язку до перетину з проекцією  $A_2B_2$ , знайдемо фронтальну проекцію  $K_2$  точки  $K$ . Отже, якщо пряма перетинає проектуючу площину, то відповідна проекція точки перетину лежить на перетині сліду-проекції площини з однойменною проекцією прямої.

На рис. 2.47, в проектуюча пряма  $l$  перетинає площину загального положення – трикутник  $ABC$ . Горизонтальна проекція  $K_1$  точки

перетину збігається з горизонтальною проекцією  $l_1$  прямої. Фронтальну проекцію  $K_2$  точки перетину знайдено проведенням в площині допоміжної прямої  $AM$ .

На рис. 2.47,  $г, д$  пряма загального положення  $DE$  перетинається з площиною загального положення  $ABC$ . Задачу розв'язують в такій послідовності:

- через задану пряму  $DE$  проводять допоміжну площину-посередник  $\Gamma$ ;
- будують лінію перетину  $MN$  заданої площини з площиною-посередником;
- на взаємному перетині цієї лінії із заданою прямою визначають положення шуканої точки  $K$  зустрічі.

## 5.7. Запитання для самоперевірки

- 5.7.1. Які ви знаєте способи задання площини на комплексному кресленні?
- 5.7.2. Що таке сліди площини?
- 5.7.3. Які площини називаються площинами рівня? Які властивості цих площин?
- 5.7.4. Які площини називаються проєктуючими? Які властивості цих площин?
- 5.7.5. Сформулюйте умови належності прямої площині.
- 5.7.6. Які прямі називаються горизонталями площини? фронталями?
- 5.7.7. Побудуйте проєкцію, якої не вистачає, точки, що лежить у площині (рис. 2.48,  $а$ ).
- 5.7.8. Пряма  $AB$  належить площині. Побудуйте проєкцію, якої не вистачає, цієї прямої (рис. 2.48,  $б$ ).
- 5.7.9. Побудуйте лінію перетину площини  $\Sigma$  і  $\Gamma$  (рис. 2.48,  $в$ ).
- 5.7.10. Яка умова паралельності прямої і площини? двох площин?
- 5.7.11. Через точку  $K$  проведіть пряму, паралельну заданій площині (рис. 2.48,  $г$ ).
- 5.7.12. Через точку  $K$  проведіть площину, паралельну заданій (рис. 2.48,  $д$ ).

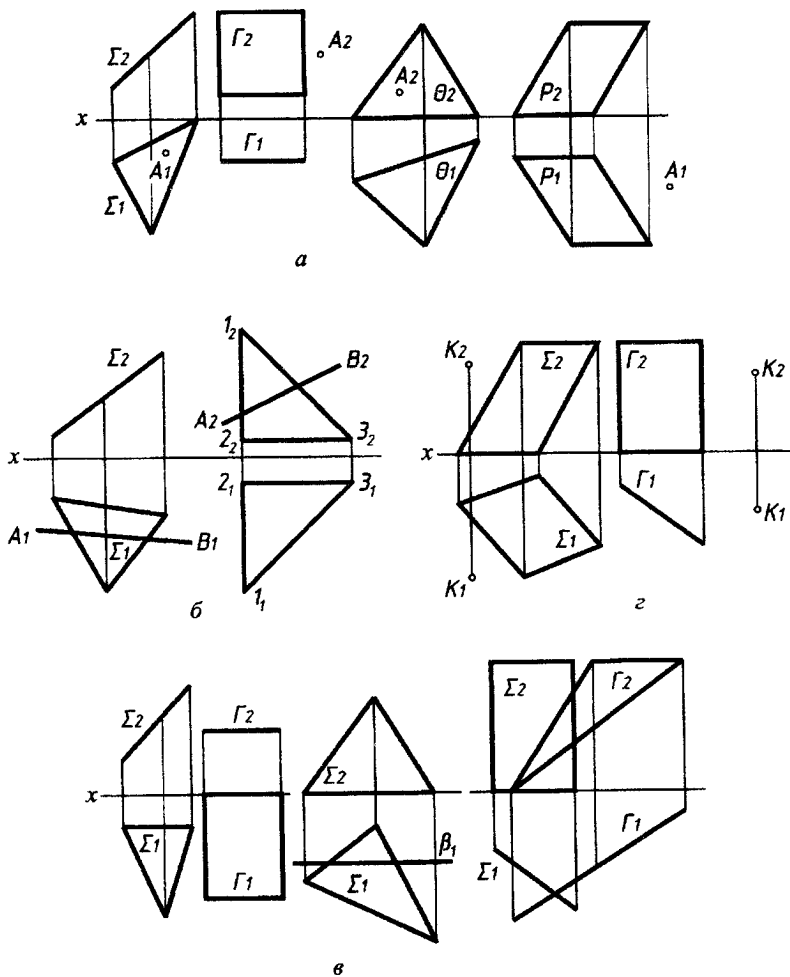


Рис. 2.48

## 5.8. Вправи

5.8.1. Розгляньте і поясніть побудову, виконану на рис. 2.49, а, б, де трикутник перетинається з площиною прямокутника.



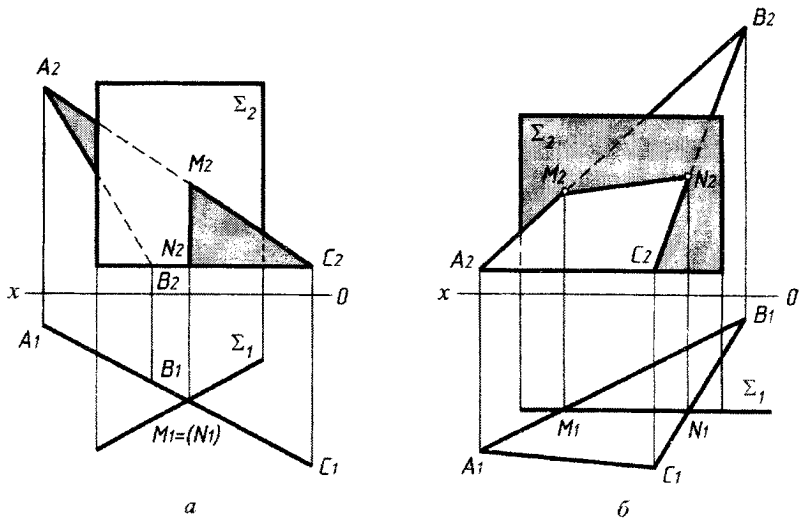
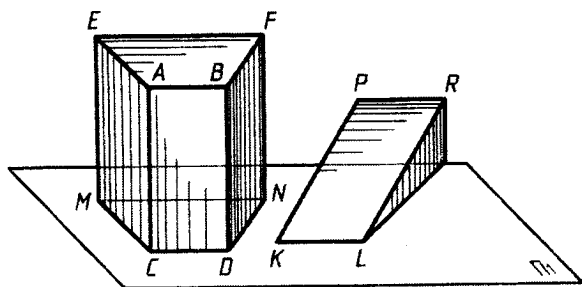
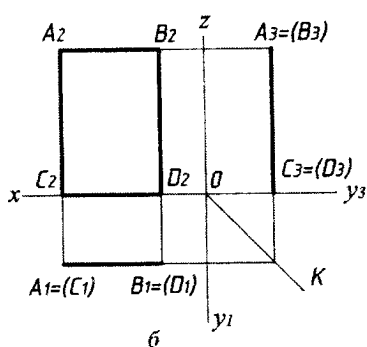


Рис. 2.49

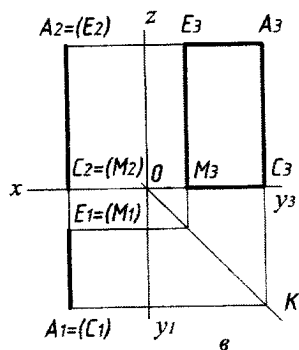
- 5.8.2. Проаналізуйте кути, утворені проектуючими площинами з площинами проєкцій на рис. 2.35, б, г.
- 5.8.3. Розгляньте і поясніть різні випадки розташування і проектування прямокутників, зображених на рис. 2.50.
- 5.8.4. Проаналізуйте проектування правильних шестикутників (рис. 2.51, б, в), зображених на рис. 2.51, а.
- 5.8.5. Поясніть, як через точку  $K$  (рис. 2.43, е) проведено площину, паралельну площині  $ABC$ .
- 5.8.6. Як називається площина, зображена на рис. 2.52?
- 5.8.7. Як називається площина, зображена на рис. 2.53?
- 5.8.8. Які з точок (рис. 2.52 і 2.53) належать трикутникам  $ABC$ ?
- 5.8.9. Чи належать чотири точки  $A, B, C, D$  одній площині (рис. 2.54)?
- 5.8.10. На яких рисунках (рис. 2.55–2.58) пряма  $a$  належить площині?
- 5.8.11. На яких рисунках (рис. 2.55–2.58) пряма  $a$  є горизонталлю площини?



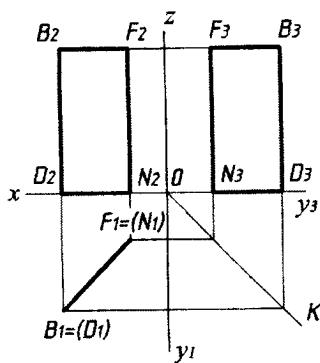
a



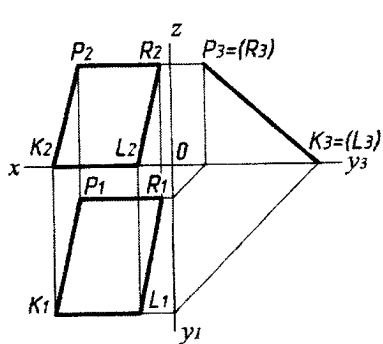
б



в



г



д

Рис. 2.50

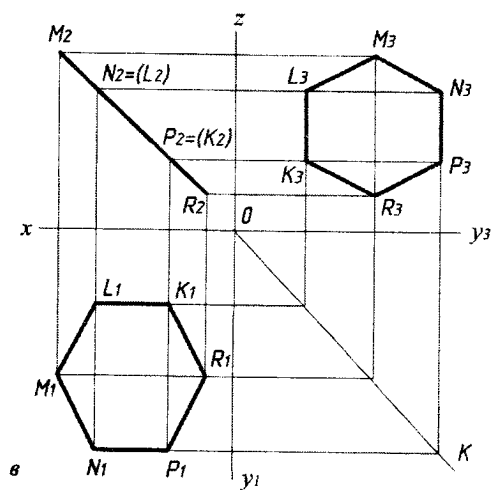
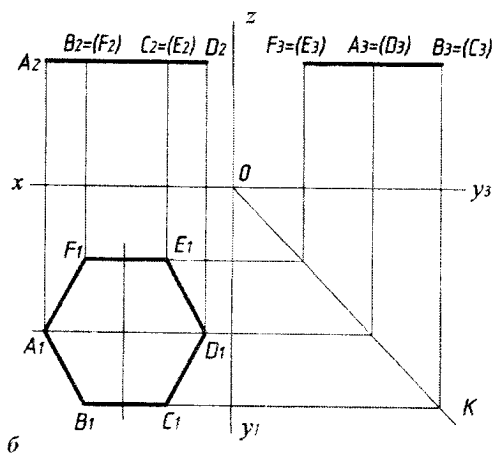
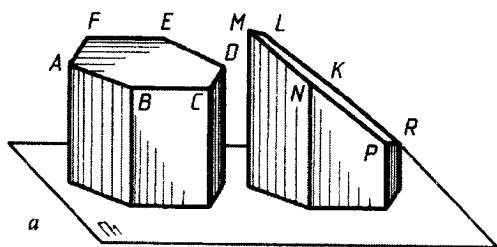


Рис. 2.51

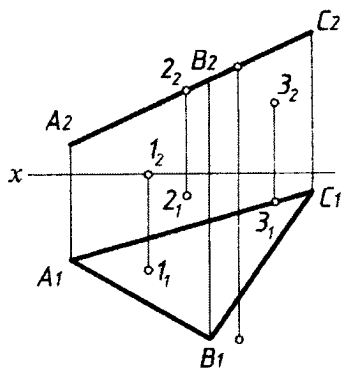


Рис. 2.52

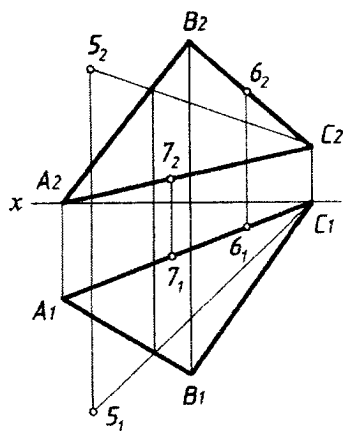


Рис. 2.53

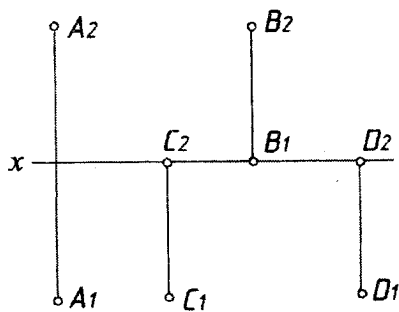


Рис. 2.54

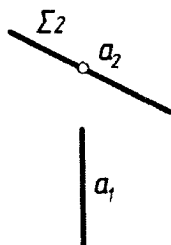


Рис. 2.55

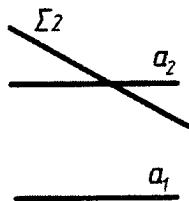


Рис. 2.56

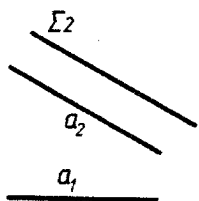


Рис. 2.57

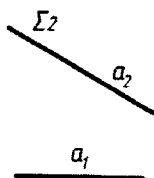


Рис. 2.58

5.8.12. На яких рисунках (рис. 2.59–2.63) пряма  $l$  паралельна площині?

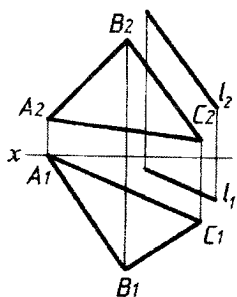


Рис. 2.59

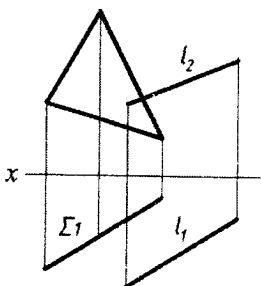


Рис. 2.60

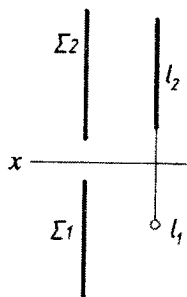


Рис. 2.61

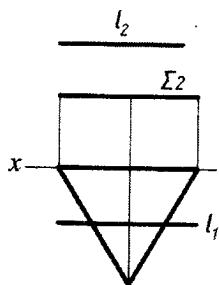


Рис. 2.62

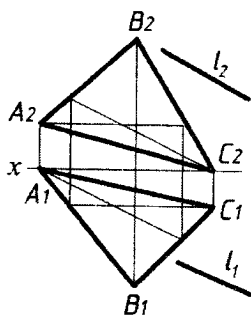


Рис. 2.63

5.8.13. На яких рисунках (рис. 2.64–2.67) площини паралельні між собою?

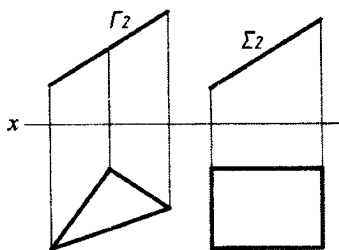


Рис. 2.64

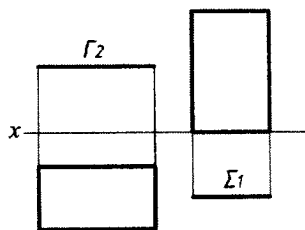


Рис. 2.65

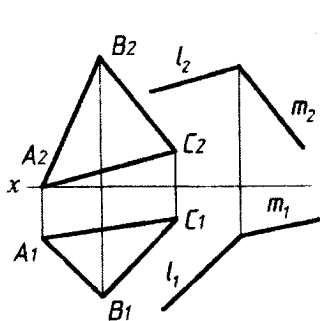


Рис. 2.66

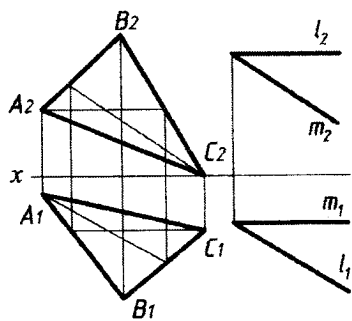


Рис. 2.67

## § 6. СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРОЕКЦІЙ

### 6.1. Загальні положення

Розв'язування просторових задач на комплексному кресленні значно спрощується, якщо елементи простору, які нас цікавлять, займають частинне положення, тобто розташовані паралельно або перпендикулярно площинам проекцій. Це перш за все стосується прямих ліній, площин, гранних і криволінійних поверхонь. Після перетворення комплексного креслення одержані проекції дають можливість значно спростити хід розв'язування задачі.

Щоб досягти частинного розташування геометричних фігур, комплексне креслення перетворюють або перебудовують, виходячи з конкретних умов.

В основі методів перетворення проекцій лежать такі два основних принципи: зміна взаємного положення об'єкта проектування та площин проекцій; зміна напрямку проектування.

На першому принципі ґрунтуються два найчастіше вживані способи перетворення проекцій: заміна площин проекцій та спосіб обертання, а на другому – спосіб допоміжного проектування, який має два різновиди: прямокутного та косокутного допоміжного проектування. Останній різновид використовують переважно для розв'язування позиційних задач.

Оскільки частинних положень у прямої два і в площини два, то існують чотири задачі для перетворення комплексного креслення:

- пряму загального положення зробити прямою рівня;
- пряму рівня зробити проектуючою;
- площину загального положення зробити проектуючою;
- проектуючу площину зробити площиною рівня.

### 6.2. Спосіб заміни площин проекцій

#### 6.2.1. Теорія способу заміни площин

Суть цього способу полягає в тому, що просторове положення заданих елементів залишається незмінним, а змінюється система площин проекцій, на яких будуються нові зображення геометричних образів. Додаткові площини проекцій вводяться так, щоб на них елементи, які нас цікавлять, зображалися в зручному для конкретної задачі положенні.

Перетворення проєкцій деякої геометричної фігури, яке здійснюється способом заміни площин проєкцій, пов'язане з перетворенням проєкцій точок, що належать даній фігурі. Тому розглянемо спочатку, яких змін зазнають проєкції окремої точки при переході від однієї системи ортогональних площин до іншої.

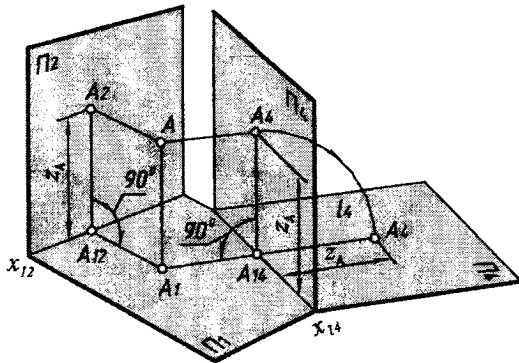


Рис. 2.68

На рис. 2.68 показана точка  $A$ , задана в системі площин проєкцій  $\Pi_1/\Pi_2$ . Замінімо одну з них, наприклад  $\Pi_2$ , іншою, також вертикальною площиною  $\Pi_4$  і побудуємо нову фронтальну проєкцію точки на цю площину. Оскільки горизонтальна площина проєкцій  $\Pi_1$  є спільною для “старої” і “нової” систем, координата  $z$  точки  $A$  залишається незмінною. Отже, відстань від нової фронтальної проєкції до нової осі  $x_{14}$  дорівнює відстані від замінюваної проєкції до осі  $x_{12}$ , тобто  $A_4A_{14} = A_2A_{12}$ . при цьому точка  $A_4$  визначена як основа перпендикуляра, опущеного з  $A$  на  $\Pi_4$ . Що ж стосується горизонтальної проєкції  $A_1$ , то вона залишається попередньою, а координата  $y$  точки  $A$  буде тепер іншою. Ця координата визначається відстанню від точки  $A$  до площини  $\Pi_4$ , яка на епюрі дорівнює відстані від проєкції  $A_1$  до нової осі  $x_{14}$ . Остання ж в цьому прикладі проведена довільно.

Для одержання епюра площину  $\Pi_4$  обертанням навколо  $x_{14}$  суміщають з  $\Pi_1$ . Суміститься з  $\Pi_1$  і нова фронтальна проєкція  $A_4$  точки  $A$ , яка виявиться на спільному перпендикулярі до нової осі  $x_{14}$  з горизонтальною проєкцією  $A_1$ , що не змінила свого положення (рис. 2.69).



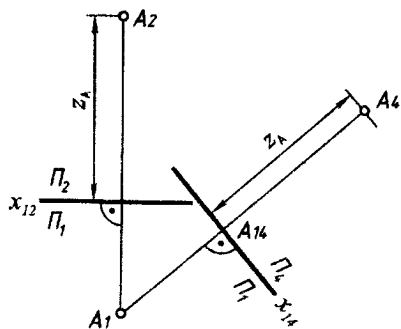


Рис. 2.69

Аналогічно можна замінити горизонтальну площину проєкцій  $\Pi_1$  площиною  $\Pi_4$ , також перпендикулярною  $\Pi_2$  (рис. 2.70). У цьому випадку величина координати  $y$ , котра визначає відстань від точки  $B$  до спільної для двох систем площини  $\Pi_2$ , не зміниться. Тому відстань від нової "горизонтальної" проєкції точки до нової осі  $x_{24}$  дорівнює відстані від точки  $B_1$  до осі  $x_{12}$ , тобто  $B_4B_{24} = B_1B_{12}$ .

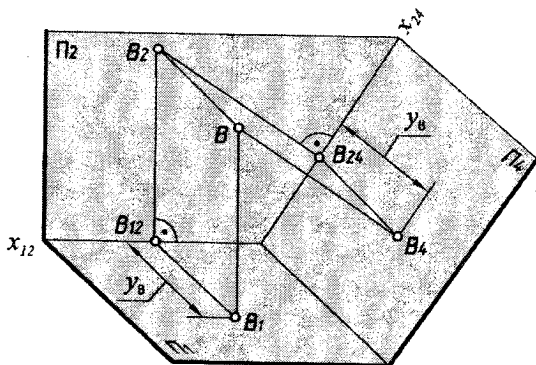


Рис. 2.70

При побудові нової проєкції точки на епюрі (рис. 2.71) із  $B_2$  опускають перпендикуляр на нову вісь  $x_{24}$ , на якому від точки  $B_{24}$  відкладають відрізок  $B_4B_{24}$ , що дорівнює координаті  $y_B$ .

Деякі перетворення проєкцій вимагають подвійної заміни площин. Послідовний перехід від однієї системи площин проєкцій до іншої необхідно здійснювати, дотримуючись такого правила: *відстань від*

нової проекції точки до нової осі має дорівнювати відстані від перетворюваної (замінюваної) проекції точки до попередньої осі.

На рис. 2.71 при першій заміні для осі  $x_{24}$  попередньою була  $x_{12}$  і тому  $B_4B_{24} = B_1B_{12}$ , а при переході від системи  $\Pi_2/\Pi_4$  до  $\Pi_4/\Pi_5$  новою віссю стала  $x_{45}$ , відносно якої вісь  $x_{24}$  є попередньою. До сказаного необхідно додати, що при усіх епюрних побудовах різномірної проекції точок мають бути розташованими на спільних перпендикулярах до відповідних осей.

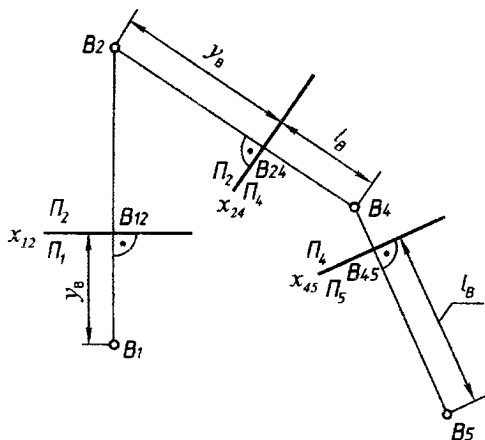


Рис. 2.71

### 6.2.2. Розв'язування чотирьох основних задач способом заміни площин проекцій

Всі метричні та позиційні задачі, тобто задачі, пов'язані з визначенням дійсних розмірів зображених на епюрі фігур, та задачі на перетин і взаємну належність геометричних фігур, які розв'язуються способом заміни площин проекцій, можна звести до однієї з таких чотирьох.

**Задача 1.** Перетворити креслення так, щоб пряма загального положення виявилась паралельною одній з площин проекцій нової системи.

На рис. 2.72 показана пряма  $a$ , яка в системі  $\Pi_1/\Pi_2$  є прямою загального положення.

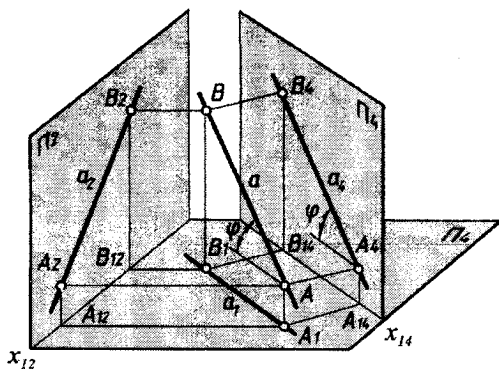


Рис. 2.72

Для розв'язування задачі взята нова площина  $\Pi_4$ , яка відповідає двом умовам:  $\Pi_4 \perp \Pi_1$  і  $\Pi_4 \parallel a$ . В системі  $\Pi_4/\Pi_1$  пряма  $a$  стала фронталлю, а тому  $x_{14} \parallel a_1$ . На площину  $\Pi_4$  без спотворення проєктуються і відрізок  $AB$  прямої, і кут  $\varphi$ . Розв'язування цієї задачі на епюрі наведено на рис. 2.73, де паралельно  $a_1$  проведена вісь  $x_{14}$  і у відповідності з наведеним вище правилом побудована нова фронтальна проєкція відрізка  $A_4B_4$ .

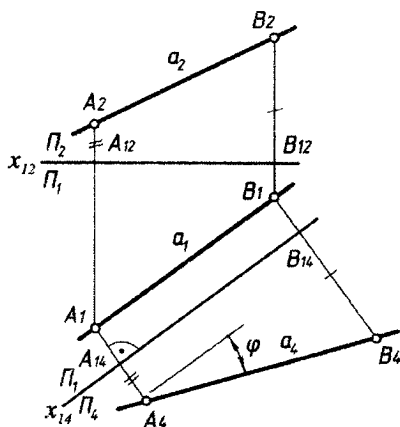


Рис. 2.73

Цю ж задачу можна розв'язати і заміною горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$  на  $\Pi_4$  (рис. 2.74). Нова площина  $\Pi_4$  розташована перпендикулярно  $\Pi_2$  і паралельно  $AB$ , а нова вісь  $x_{24} \parallel A_2B_2$ . Очевидно, що  $A_4B_4 = AB$  і кут  $\psi$ , утворений проєкцією  $A_4B_4$  з віссю  $x_{24}$ , дорівнює куту нахилу прямої  $AB$  до площини  $\Pi_2$ . Відмітимо одну особливість розглядуваного прикладу. Оскільки перетворювані, в нашому випадку – горизонтальні, проєкції кінців відрізка розташовані по різні боки від осі  $x_{12}$ , то й нові проєкції цих точок,  $A_4$  і  $B_4$ , мають бути по різні боки від нової осі  $x_{24}$ . Пояснюється це тим, що  $y_A > 0$ , а  $y_B < 0$ .

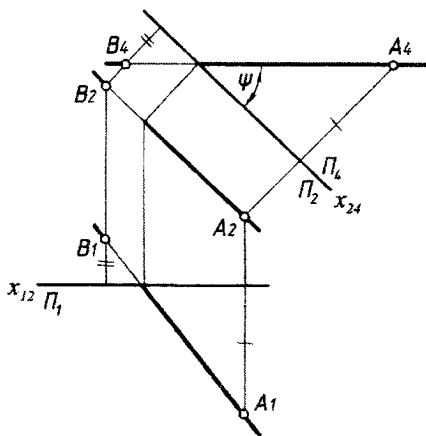


Рис. 2.74

**Задача 2.** *Перетворити креслення так, щоб пряма загального положення виявилася перпендикулярною одній з площин проєкцій нової системи. Іншими словами, в новій системі пряма  $a$  (рис. 2.75) має стати проєктуючою.*

Перетворення однієї з проєкцій прямої  $a$  загального положення в точку вимагає подвійної заміни площин, оскільки в системі  $\Pi_2/\Pi_1$  площина перпендикулярна  $a$ , не буде ортогональною ні  $\Pi_2$ , ні  $\Pi_1$ .

При переході від системи  $\Pi_1/\Pi_2$  до системи  $\Pi_1/\Pi_4$ , площину  $\Pi_4$  розташовують перпендикулярно  $\Pi_1$  і паралельно прямій  $a$ , тобто розв'язують першу задачу, розглянуту вище.

Другою заміною нову площину  $\Pi_5$  розташовують перпендикулярно прямій  $a$ . Цим самим буде забезпечена й умова ортогональності  $\Pi_4/\Pi_5$ . Вісь  $x_{45}$  побудована перпендикулярно  $a_4$ .

На площині  $\Pi_5$  пряма  $a$  зобразиться точкою. Отже, в системі  $\Pi_4/\Pi_5$  пряма  $a$  стала проектуючою відносно площини  $\Pi_5$ .

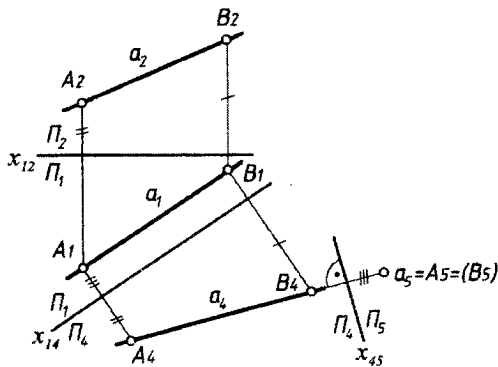


Рис. 2.75

**Задача 3.** Перетворити креслення так, щоб площина загального положення в новій системі площин проєкцій стала проектуючою.

Нехай площина загального положення задана трьома точками  $A, B, C$  (рис. 2.76). Для розв'язування сформульованої задачі нову площину проєкцій потрібно розташувати перпендикулярно трикутнику  $ABC$  і одній з площин проєкцій. Отже, нова площина має бути перпендикулярна лінії перетину заданої площини з однією з площин проєкцій. При цьому немає необхідності будувати таку лінію, оскільки її напрям можна встановити за допомогою головної лінії площини.

Ось чому в заданій площині перш за все проводять одну з головних ліній, наприклад горизонталь  $AH$ . Ця горизонталь потрібна для орієнтування нової площини проєкцій  $\Pi_4$ .

Розташувавши  $\Pi_4 \perp AH$ , ми забезпечуємо виконання двох умов одразу: нова площина  $\Pi_4$  буде перпендикулярна і до  $\Pi_1$ , і до площини трикутника. Нову вісь  $x_{14}$  проводять під прямим кутом до  $A_1H_1$ . Провівши через горизонтальні проєкції вершин трикутника прямі, перпендикулярні до нової осі, відкладають на них від  $x_{14}$  відрізки, що дорівнюють  $z_A, z_B$  і  $z_C$ . Так одержують нову фронтальну проєкцію  $A_4B_4C_4$  трикутника  $ABC$ , яка являє собою пряму лінію. Відмітимо, що на площину  $\Pi_4$ , яка перпендикулярна до трикутника і  $\Pi_1$ , без спотворення проєктується кут  $\varphi$ , утворений трикутником з площиною  $\Pi_1$ .

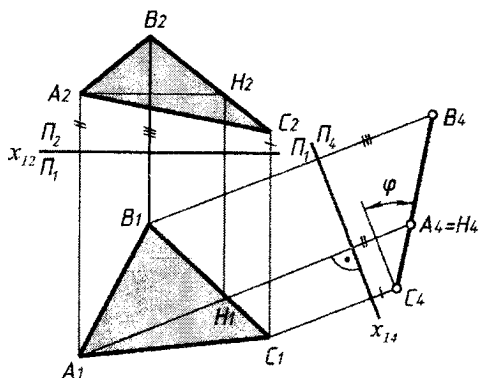


Рис. 2.76

Аналогічне перетворення виконано на рис. 2.77, де площина  $\Pi_1$  замінена площиною  $\Pi_4$ , перпендикулярною до  $\Pi_2$  і трикутника  $ABC$ . Для цього в площині трикутника була проведена фронталь  $AF$ , перпендикулярно до якої і розташовується площина  $\Pi_4$ . Нова вісь  $x_{24}$  вибрана перпендикулярно до  $A_2F_2$ . Площина трикутника відносно  $\Pi_1$  стала проєктуючою. На площину  $\Pi_4$  без спотворення проєктується кут  $\psi$  нахилу трикутника до фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$ .

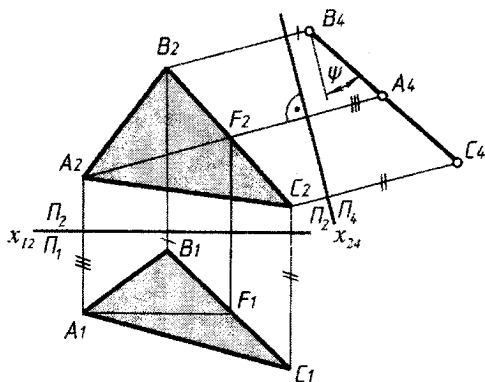


Рис. 2.77

**Задача 4.** Перетворити креслення так, щоб площина загального положення стала паралельною одній з площин проєкцій нової системи.

Нехай задано трикутник  $ABC$  у площині загального положення (рис. 2.78). Потрібно створити таку нову ортогональну систему площин проєкцій, в якій одна з них має бути паралельною трикутнику. В системі  $\Pi_1/\Pi_2$  таку площину побудувати не можна. Справді, площина трикутника, не буде перпендикулярна ні до  $\Pi_1$ , ні до  $\Pi_2$ , тобто вона не утворює з площинами проєкцій ортогональної системи.

Розв'язування задачі потребує подвійної заміни площин проєкцій. Суть першої заміни  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$  полягає в перетворенні площини трикутника в проєктуючу. Цей процес описаний вище (див. розв'язування основної задачі 3).

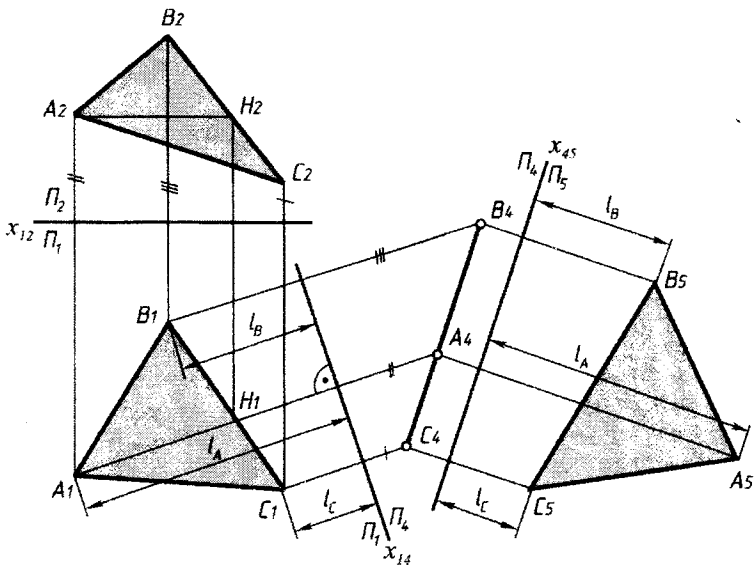


Рис. 2.78

Другий етап розв'язування задачі полягає в переході від системи  $\Pi_1/\Pi_4$  до системи  $\Pi_4/\Pi_5$ . Нова площина  $\Pi_5$  устанавлюється паралельно трикутнику, а отже, нова вісь  $x_{45}$  на епюрі проводиться паралельно прямій, на якій виявились розташованими точки  $A_4$ ,  $B_4$  і  $C_4$ . Як правило, через вказані точки проводять перпендикуляри до нової осі і відкладають на них від  $x_{45}$  відрізки, що дорівнюють  $l_A$ ,  $l_B$ ,  $l_C$ .

Побудована проєкція  $A_5B_5C_5$  визначає дійсну величину трикутника.

Якщо ж задана площина – проєктуюча (рис. 2.79), то розглядувана задача розв'язується однією заміною площин. В цьому випадку площина  $\Pi_4$ , паралельна трикутнику  $ABC$ , утворює з  $\Pi_2$  ортогональну систему  $\Pi_2/\Pi_4$ . Нова проєкція  $A_4B_4C_4$  на площину  $\Pi_4$  визначає дійсну величину трикутника.

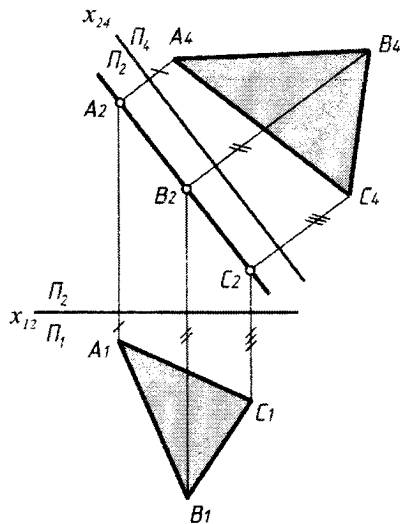


Рис. 2.79

### 6.3. Спосіб обертання

#### 6.3.1. Обертання точки

Точка  $A$ , обертаючись навколо осі  $i$ , опише коло, площина якого  $\Gamma$  перпендикулярна до осі  $i$  (рис. 2.80). Центр  $O$  кола розташований у точці перетину осі обертання  $i$  з площиною  $\Gamma$ , в якій обертається точка. Радіус кола  $R$  визначається як відстань від точки  $A$  до осі обертання. Якщо площина проєкцій паралельна осі  $i$ , то проєкція точки, що обертається, на цю площину являє собою пряму лінію, перпендикулярну до проєкції осі на цю ж площину.

Розглянемо спочатку обертання точки навколо осей, *перпендикулярних* до площин проєкцій.



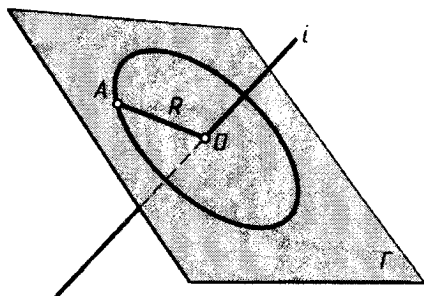


Рис. 2.80

На рис. 2.81 подано наочне зображення точки  $A$ , яка обертається навколо осі  $i$ , перпендикулярній до  $\Pi_1$ . В цьому випадку точка пересуватиметься по колу, площина якого паралельна  $\Pi_1$ . На площину  $\Pi_1$  це коло проектується без спотворення, а на площину  $\Pi_2$  – у вигляді відрізка прямої, паралельної осі  $x$  (рис. 2.82) і перпендикулярної до лінії зв'язку.

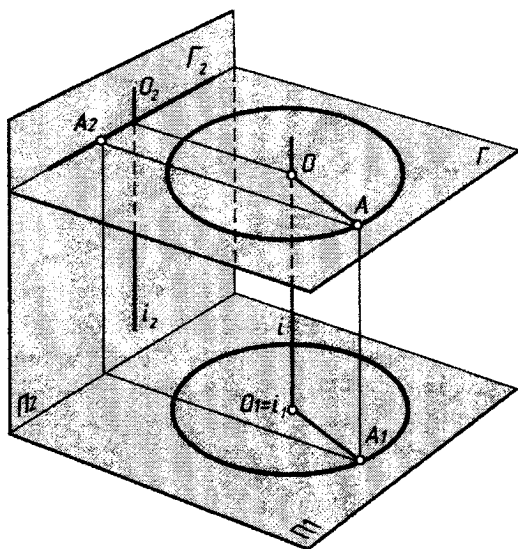


Рис. 2.81

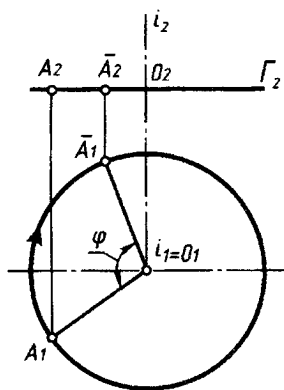


Рис. 2.82

Навпаки, якщо вісь обертання розташована перпендикулярно до площини  $\Pi_2$  (рис. 2.83), то горизонтальна проекція точки буде переміщуватись по прямій, перпендикулярній до лінії зв'язку, а фронтальна – по колу. На рис. 2.82 і 2.83 через  $\bar{A}$  позначене нове положення точки А, яке вона займає після повороту на кут  $\varphi$ .

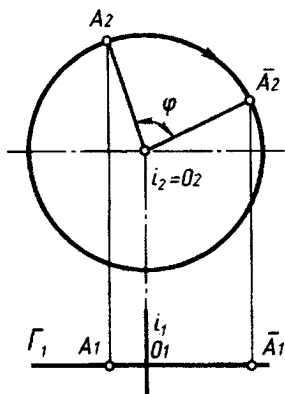


Рис. 2.83

Як другий приклад розглянемо обертання точки навколо осі, паралельної площині  $\Pi_1$  і не перпендикулярної до  $\Pi_2$  або  $\Pi_3$  (рис. 2.84). Горизонтальна проекція  $A_1$  точки  $A$  і в цьому випадку буде переміщуватись по прямій, перпендикулярній до проекції  $i_1$  осі обертання  $i$ .

Дійсно, вісь  $i$  паралельна  $\Pi_1$  і перпендикулярна до площини  $\Gamma$ , в якій обертається точка  $A$ . Отже, площини  $\Gamma$  і  $\Pi_1$  – взаємно перпендикулярні.

Коло, яке описує точка  $A$ , що знаходиться в горизонтально-проектуючій площині  $\Gamma$ , спроектується на  $\Pi_1$  у вигляді прямої, суміщеної зі слідом  $\Gamma_1$ . З умови перпендикулярності прямої і площини випливає, що  $i_1 \perp \Gamma_1$ .

Отже, якщо вісь обертання паралельна деякій площині, то проекція точки, яка обертається навколо осі, на ту ж площину переміщується по прямій. Ця пряма перпендикулярна проекції осі обертання на задану площину.

В нашому прикладі радіус  $R$  визначено побудовою трикутника за катетами, що дорівнюють  $O_1A_1$  і  $\Delta z$ . Фронтальна проекція  $A_2$  точки  $A$  опише еліпс.

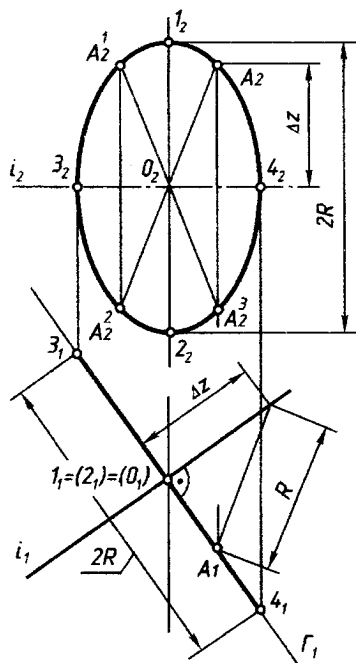


Рис. 2.84

Велика вісь еліпса  $1_2-2_2$  дорівнює  $2R$ . Менша вісь побудована за допомогою точок 3 і 4, які є кінцями того діаметра кола, який розміщений паралельно площині  $\Pi_1$ , і проектується на  $\Pi_1$  без спотворення.

Що стосується точок  $A^1_2, A^2_2$  і  $A^3_2$ , то при їх побудові були використані властивості осьової і центральної симетрії еліпса.

Аналогічно обертають точку навколо фронталі.

### 6.3.2. Обертання відрізка

Нехай задані відрізок  $AB$  і вісь обертання  $i$ , перпендикулярна до площини  $\Pi_1$  (рис. 2.85).

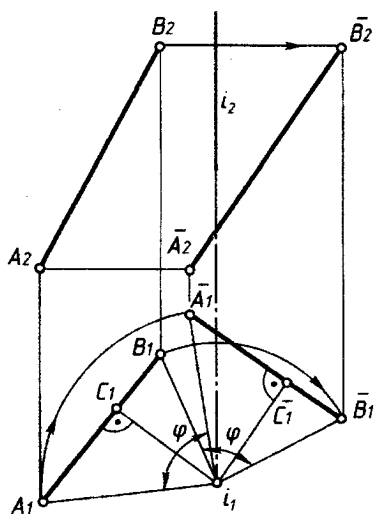


Рис. 2.85

Щоб побудувати проєкції відрізка, повернутого навколо осі  $i$  на кут  $\varphi$ , досить визначити нове положення двох його точок, наприклад  $A$  і  $B$ . При побудові нових горизонтальних точок проєкцій була виконана умова  $\angle A_1i_1\bar{A}_1 = \angle B_1i_1\bar{B}_1$ .

Фронтальні проєкції точок  $A$  і  $B$  переміщуються по горизонтальних прямих, перпендикулярних до ліній проєкційного зв'язку. Вони

визначені перетином цих прямих з лініями зв'язку, проведеними через точки  $\bar{A}_1$  і  $\bar{B}_1$ .

Враховавши, що  $\Delta A_1 i_1 B_1 = \Delta \bar{A}_1 i_1 \bar{B}_1$  (за двома сторонами і кутом між ними), можна зробити висновок про рівність їх висот, тобто  $i_1 C_1 = i_1 \bar{C}_1$ . Скориставшись цією рівністю, той же поворот відрізка  $AB$  можна здійснити так (рис. 2.86):

- з точки  $i_1$  – горизонтальної проекції осі обертання – опустити перпендикуляр  $i_1 C_1$  на  $A_1 B_1$ ;
- цей перпендикуляр повернути на кут  $\varphi$  в заданому напрямі в положення  $i_1 \bar{C}_1$ ;
- через точку  $\bar{C}_1$  провести пряму, перпендикулярну до  $i_1 \bar{C}_1$ ;
- при перетині побудованої прямої дугами радіусів  $i_1 A_1$  і  $i_1 B_1$  одержати точки  $\bar{A}_1$  і  $\bar{B}_1$ ;
- побудувати фронтальні проєкції  $\bar{A}_2$  і  $\bar{B}_2$  (див. текст до рис. 2.85).

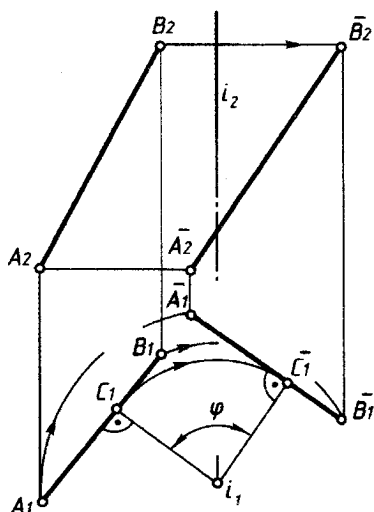


Рис. 2.86

### 6.3.3. Обертання площини

Щоб повернути задану площину на кут  $\varphi$ , досить повернути на цей кут дві точки площини. Нове положення площини визначиться повернутими точками і нерухомою точкою перетину цієї площини з віссю обертання. При цьому припускають, що перші дві точки не лежать на одній прямій з третьою.

Якщо вісь обертання паралельна площині, яку обертають, то на кресленні досить також повернути дві точки площини, а потім через одну з них провести пряму, паралельну осі обертання. Очевидно, що в цьому випадку ці дві точки площини мають не лежати на прямій, паралельній осі обертання.

Для визначення нового положення площини, яку обертають, замість двох її точок можна брати пряму лінію, яка не перетинає вісь обертання і не паралельна цій осі.

Приклади обертання площини навколо по різному розміщених прямих будуть розглянуті при розв'язуванні основних задач.

### 6.3.4. Розв'язування чотирьох основних задач способом обертання

**Задача 1.** *Перетворити креслення так, щоб пряма загального положення після повороту виявилась паралельною одній з площин проекцій.*

Якщо пряма паралельна площині  $\Pi_1$  або  $\Pi_2$ , то одна з її проекцій має бути паралельною осі  $x_{12}$ , а якщо цієї осі на епюрі немає, то одна з проекцій прямої має перетинати лінії проекційного зв'язку під прямим кутом. Отже, щоб розмістити пряму  $a$  паралельно  $\Pi_2$ , необхідно повернути горизонтальну проекцію  $a_1$  так, щоб вона стала перпендикулярною до ліній зв'язку.

Для реалізації такого повороту вісь обертання  $i$  потрібно вибрати перпендикулярною до площини  $\Pi_1$ . На рис. 2.87 і 2.88 вісь проведена через точку  $A \in a$ , яка при обертанні прямої буде нерухомою. Що стосується будь-якої іншої точки  $B (B \in a)$ , то вона і її горизонтальна проекція опишуть дуги кола.

Кут повороту точки  $B$  визначається умовою перпендикулярності нової проекції  $\bar{a}_1$  прямої  $a$  до лінії проекційного зв'язку. Внаслідок такого повороту на площину  $\Pi_2$  без спотворення проектується і відрізок  $AB$ , і кут  $\varphi$ , утворений прямою  $a$  і площиною  $\Pi_1$ .

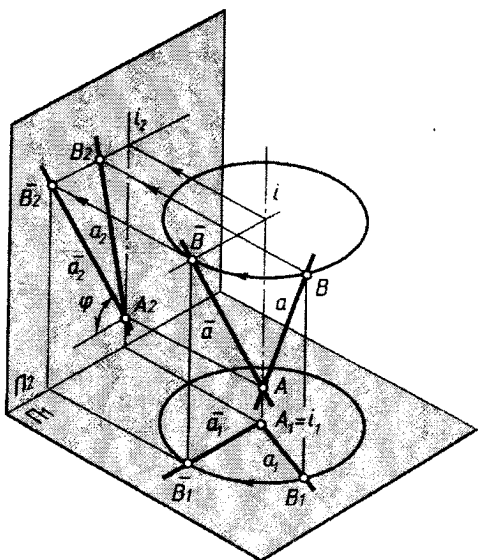


Рис. 2.87

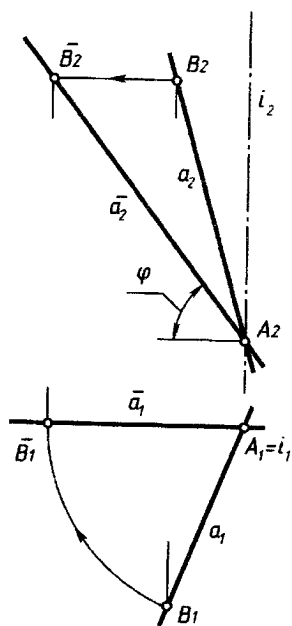


Рис. 2.88

Обертанням навколо осі, перпендикулярної до площини  $\Pi_2$ , пряму  $a$  можна повернути до положення, паралельного площині  $\Pi_1$  (рис. 2.89). У цьому випадку фронтальна проекція прямої після її повороту має бути перпендикулярною до ліній проєкційного зв'язку. На площину  $\Pi_1$  без спотворення проєкується відрізок  $AB$  прямої  $a$  і кут  $\psi$ , утворений цією прямою з площиною  $\Pi_2$ .

Отже, одним поворотом навколо проєктуючої прямої (осі) пряму загального положення можна розмістити паралельно одній з площин проєкцій.

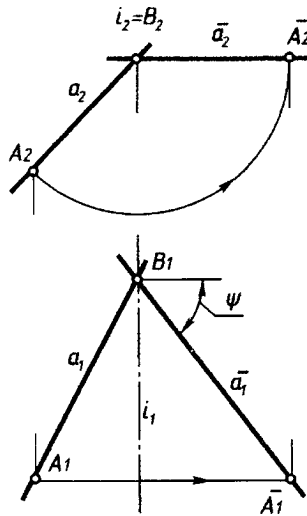


Рис. 2.89

**Задача 2.** *Перетворити креслення так, щоб пряма загального положення внаслідок обертання стала проєктуючою прямою.*

Досягається це подвійним поворотом прямої  $a$  навколо двох різних осей (рис. 2.90). На рис. 2.90 і на більшості наступних осей, навколо яких обертають відрізки, не зображені. Але про осі обертання слід пам'ятати і чітко уявляти їх орієнтування відносно площин проєкцій.

Перший поворот на кут  $\varphi$  здійснено навколо осі, що проходить через точку  $A$  прямої перпендикулярно до  $\Pi_1$ . Пряма  $a$  переміщена в положення, паралельне площині  $\Pi_2$ . Цьому положенню прямої відповідають проєкції  $\bar{a}_1$  і  $\bar{a}_2$ . Другий поворот на кут  $\psi$  здійснений навколо осі, перпендикулярної до площини  $\Pi_2$  і яка також проходить



через точку  $A$ . Після другого повороту фронтальна проекція  $\bar{a}_2$  прямої виявилась вертикальною, а горизонтальна  $\bar{a}_1$  — перетворилась в точку. Сама ж пряма зайняла положення, перпендикулярне до площини  $\Pi_1$ .

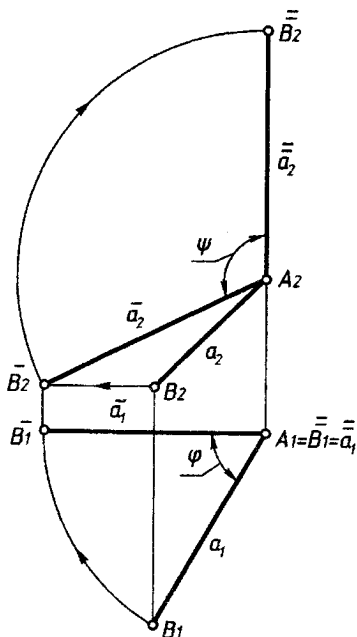


Рис. 2.90

**Задача 3.** *Перетворити креслення так, щоб площина загального положення після повороту стала проєктуючою.*

Розглянемо перетворення площини  $\triangle ABC$  в фронтально-проєктуючу (рис. 2.91).

Відомо, що характерною ознакою такої площини на епюрі є перпендикулярність горизонтальної проєкції  $h_1$  горизонталі до осі  $x$  або іншими словами, паралельність  $h_1$  до лінії зв'язку.

Ось чому в площині трикутника  $ABC$  спочатку проводиться горизонталь  $\overline{CD}$ , яка обертанням на кут  $\psi$  навколо осі  $i$  переміщується в положення  $\overline{CD} \perp \Pi_2$ .

Перетинаючи вісь обертання, одна повернута горизонталь не визначає нового положення площини трикутника. Тому слідом за нею

на той же кут  $\psi$  повертають вершини  $A$  і  $B$ . Фронтальна проекція трикутника перетворюється в пряму лінію. Вона утворює з горизонтальною лінією кут  $\varphi$ , котрий дорівнює нахилу  $ABC$  до площини  $\Pi_1$ .

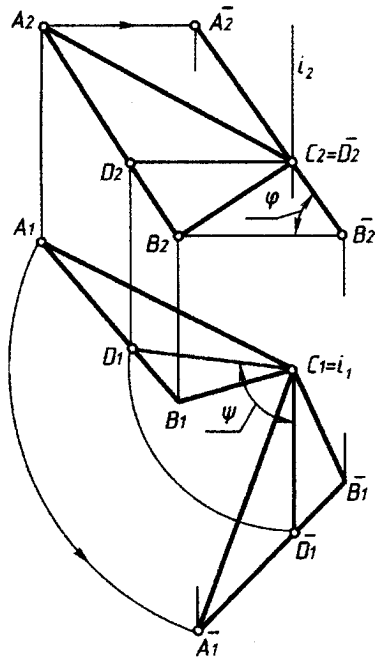


Рис. 2.91

**Задача 4.** Перетворити креслення так, щоб площина загального положення внаслідок обертання виявилась паралельною одній з площин проєкції.

Спочатку розглянемо випадок, коли осями обертання є проєктуючі прямі. Перший поворот трикутника  $ABC$  здійснюють навколо вертикальної осі, яка проходить через вершину  $C$  (рис. 2.92). Внаслідок цього повороту площина загального положення стає фронтально-проєктуючою, тобто перший етап перетворення являє собою точне повторення розв'язування попередньої задачі. Далі можна здійснити другий поворот на кут  $\varphi$  навколо осі, що проходить через вершину  $\bar{B}$ , перпендикулярно площині  $\Pi_2$ . Фронтальні проєкції всіх вершин трикутника переміщатимуться по концентричних дугах,

проведених з точки  $\bar{B}_2$  як з центра, а горизонтальні – по прямих, перпендикулярних до ліній зв'язку. Після повороту на кут  $\varphi$  площина трикутника стане паралельною  $\Pi_1$ . Отже, горизонтальна проекція  $\bar{\bar{A}}_1\bar{\bar{B}}_1\bar{\bar{C}}_1$  трикутника без спотворення визначає його форму. Покажемо тепер, що цю задачу можна розв'язати простішим способом – обертанням навколо лише однієї осі.

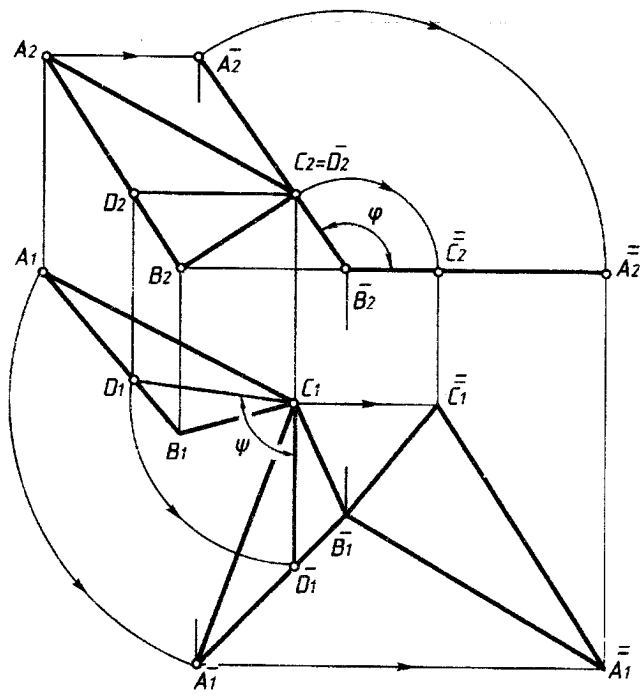


Рис. 2.92

Якщо за вісь обертання трикутника взяти його горизонталь, то трикутник можна розмістити паралельно площині  $\Pi_1$  одним лише поворотом. На рис. 2.93 такою горизонталлю є пряма  $CD$ .

Не повторюючи усіх пояснень, які наведені в пункті 6.3.1, де розглядалось обертання точки навколо горизонталі, відмітимо основне в такій побудові: в той момент, коли площина трикутника буде паралельна  $\Pi_1$ , горизонтальні проекції кожної з вершин, що переміщуються, виявляться віддаленими від осі обертання на відстань,

яка дорівнює радіусу обертання даної точки. Подальші побудови виконуються в такій послідовності:

- проводимо площини, перпендикулярні до  $C_1D_1$ , в яких переміщатимуться горизонтальні проєкції обертових точок;
- будемо проєкції радіуса обертання однієї з них, наприклад  $A$ . Це будуть відрізки  $A_1O_1$  і  $A_2O_2$ ;
- за двома проєкціями визначаємо дійсну величину радіуса обертання  $R_A$ . На рис. 2.93 радіус  $R_A$  визначено обертанням відрізка  $OA$  навколо осі, що проходить через точку  $O$  і перпендикулярна до площини  $\Pi_2$ ;
- відрізок  $R_A$  відкладаємо від точки  $O$  вздовж проєкції  $\Gamma_1^A$ ;
- через одержану точку  $\bar{A}_1$  і нерухому  $D_1$  проводимо пряму до перетину з площиною  $\Sigma_1^B$ . Одержуємо точку  $\bar{B}_1$ ;
- з'єднуючи знайдені точки  $\bar{A}_1$  і  $\bar{B}_1$  одну з одною і з нерухомою вершиною  $C_1$ , одержимо нову горизонтальну проєкцію трикутника.

Ця проєкція і визначає натуральну величину  $\triangle ABC$ .

Фронтальна проєкція трикутника виявиться перетвореною в пряму, яка збігається з  $C_2D_2$ .

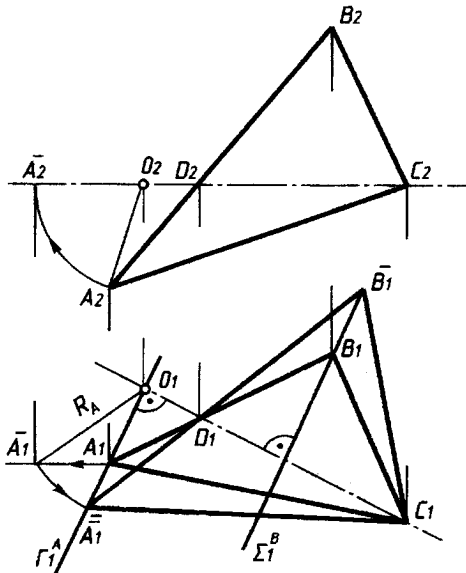


Рис. 2.93

## 6.4. Спосіб плоскопаралельного переміщення

Використання способу обертання часто призводить до того, що перетворена проекція фігури накладається на задану. Побудова і особливо читання такого креслення при обертанні тривимірних фігур стають утрудненими.

Цього недоліку позбавлений спосіб *плоскопаралельного переміщення*, який дозволяє вільніше, але не довільно, користуватися полем креслення для розміщення перетворених проекцій геометричної фігури.

Обмеження, яким мають задовольняти новостворені проекції, обумовлені поняттям плоскопаралельного руху. Так називають *плоский рух геометричної фігури*, при якому всі її точки рухаються паралельно деякій площині.

Обертальний рух фігури можна вважати частинним випадком плоскопаралельного, а спосіб обертання – частинним випадком способу плоскопаралельного переміщення.

Важливим при цьому є лише *результат руху*, а не сам процес неперервної зміни положення фігури в просторі.

На епюрі переміщення здійснюють паралельно площинам проекцій ( $\Pi_1$  або  $\Pi_2$ ), коли точки фігури рухаються в площинах рівня.

Щоб в'яснити, які умови мають задовольняти перетворені проекції фігур, розглянемо плоскопаралельне переміщення трикутника  $ABC$  відносно площини  $\Pi_1$  (рис. 2.94).

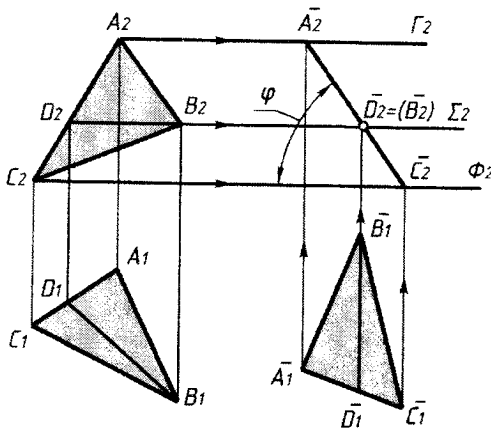


Рис. 2.94

Кожна з вершин трикутника, рухаючись у відповідних площинах рівня, опише плоску криву, фронтальна проекція якої збігатиметься з однойменним слідом площини. Це означає, що фронтальні проекції вершин трикутника (точок будь-якої фігури  $\Phi$ ) рухатимуться по прямих, перпендикулярних лініям зв'язку. Проекція ж трикутника на площину  $\Pi_1$  може зайняти довільне положення, не змінивши при цьому своєї форми.

Трикутники  $A_1B_1C_1$  і  $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$  рівні один одному:

$$\Delta A_1B_1C_1 = \Delta \bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$$

Щоб довести це, порівняємо горизонтальні проекції будь-якого відрізка, наприклад  $AB$ , в двох положеннях  $A_1B_1$  і  $\bar{A}_1\bar{B}_1$  (рис. 2.95). З рівності прямокутних трикутників  $AB_\phi B$  і  $\bar{A}\bar{B}_\phi\bar{B}$  випливає, що  $AB_\phi = \bar{A}\bar{B}_\phi$ . Але  $AB_\phi = A_1B_1$  і  $\bar{A}\bar{B}_\phi = \bar{A}_1\bar{B}_1$  і отже,  $A_1B_1 = \bar{A}_1\bar{B}_1$ .

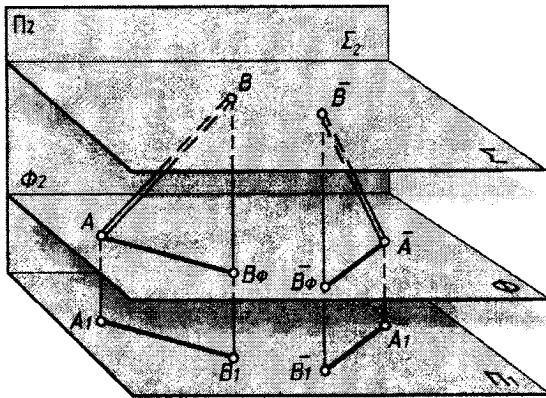


Рис. 2.95

Таким же способом можна показати, що при переміщенні, паралельному площині  $\Pi_1$ , відстані між горизонтальними проекціями будь-якої пари точок довільної фігури  $\Phi$  залишаються незмінними. Отже, проекції  $\Phi_1$  в початковий і кінцевий моменти переміщення дорівнюють одна одній.

Нову горизонтальну проекцію  $\bar{\Phi}_1$  фігури  $\Phi$  можна розмістити на вільному місці креслення, надавши їй необхідне для розв'язування конкретної задачі орієнтування.

Покажемо застосування способу плоскопаралельного переміщення на прикладі побудови проєкцій куба за напрямком однієї з його діагоналей (рис. 2.96).

Першим плоскопаралельним переміщенням відносно площини  $\Pi_1$  діагональ  $AB$  куба перетворюється в пряму рівня ( $\overline{A\overline{B}} \parallel \Pi_2$ ). Вершини  $A$  і  $B$  в цьому випадку рухаються в горизонтальних площинах  $P$  і  $\theta(P \varepsilon A, \theta \varepsilon B)$ . Проекція куба на  $\Pi_1$ , зберігаючи свою форму, лише змінює орієнтування, при якому горизонтальна проєкція  $\overline{A_1\overline{B_1}}$  діагоналі розміщується перпендикулярно до лінії зв'язку.

Внаслідок наступного переміщення, паралельного площині  $\Pi_2$ , задана діагональ куба стає проєктуючою прямою ( $\overline{A\overline{B}} \perp \Pi_1$ ). Площина рівня  $\Gamma$ , в якій відбувається рух діагоналі, в цьому випадку паралельна  $\Pi_2$ .

Нова фронтальна проєкція  $\overline{\Phi_2}$  куба, конгруентна попередній  $\overline{\Phi_2}$ , але зображена так, що проєкція  $\overline{A_2\overline{B_2}}$  діагоналі прийняла вертикальне положення.

Горизонтальна проєкція куба є рішенням задачі. На рис. 2.96 показано також і перетворення проєкцій вершини  $C$ , яка спочатку переміщується в площині  $P \parallel \Pi_1$ , а потім у площині  $\Sigma \parallel \Pi_2$ .

Спосіб плоскопаралельного переміщення і його частинний випадок – спосіб обертання – можуть бути використані при побудові аксонометричних зображень.

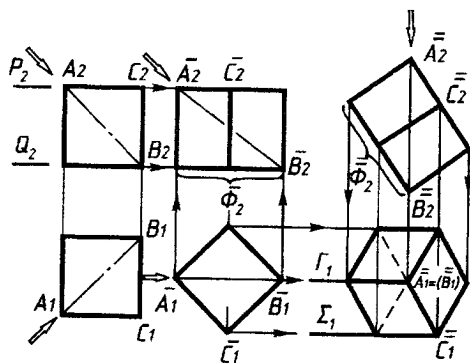


Рис. 2.96

## 6.5. Спосіб допоміжного проектування

Перетворена проєкція геометричної фігури має спростити графічні побудови, пов'язані з розв'язуванням тієї чи іншої задачі.

Можливість таких спрощень при розв'язуванні деяких позиційних задач виникає тоді, коли вдається одержати *вироджену проєкцію геометричної фігури*: точку для прямої, пряму для площини, ламану для поверхні піраміди або призми, криву для конічної та циліндричної поверхонь.

Вироджені проєкції вказаних геометричних фігур одержують *допоміжним проектуванням* найчастіше на одну з площин проєкцій або на площину рівня. Це проектування може бути і центральним, і паралельним (як правило, косокутним).

Так, при проектуванні прямої  $m$  з центра  $S$ , який навмисно взято на даній прямій ( $S \in m$ ), її проєкцією на будь-яку площину виявиться точка. Такий же результат можна одержати й при паралельному проектуванні в напрямі  $s$ , якщо  $s \parallel m$ . Обидва випадки зображені на рис. 2.97, де проєкцією  $\bar{m}_1$  прямої  $m$  на площину  $\Pi_1$  є її горизонтальний слід  $M$ .

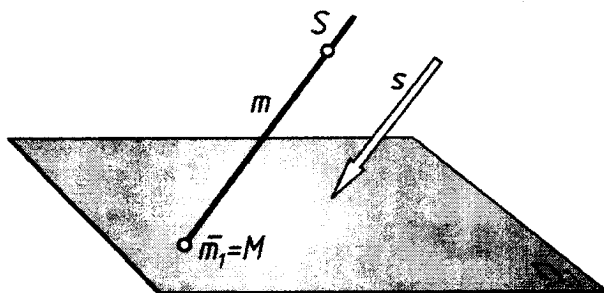


Рис. 2.97

Виродження проєкції площини  $\Sigma$  в пряму  $\Sigma_1$  відбувається, якщо центр проектування  $S$  належить цій площині або напрям проектування  $s$  паралельний  $\Sigma$  (рис. 2.98).



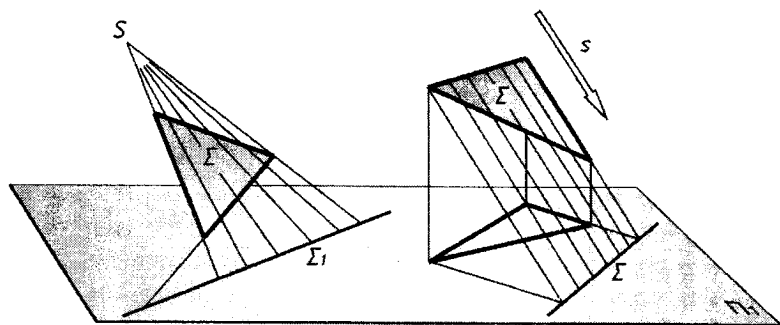


Рис. 2.98

Для побудови вироджених проєкцій  $\bar{\Phi}_1$  і  $\bar{\theta}_1$  пірамідальної або конічної поверхонь центр проєктування має знаходитись в їх вершинах (рис. 2.99).

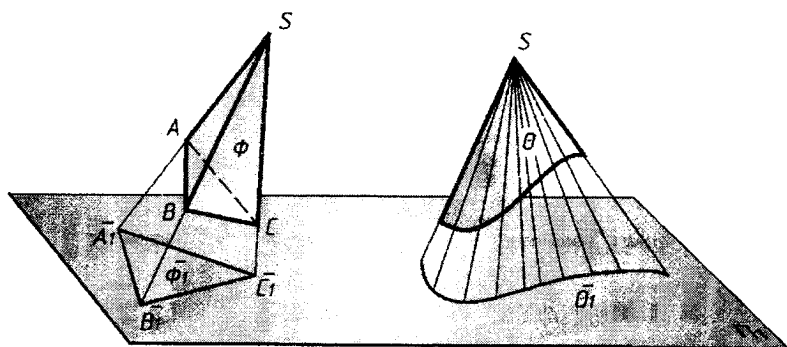


Рис. 2.99

Якщо ж вершина  $S$  виявиться невласною точкою і пірамідальна поверхня перетвориться в призматичну, а конічна в циліндричну, то допоміжне проєктування має бути паралельним.

На рис. 2.100 ламана  $l$  і крива  $m$  являють собою вироджені проєкції  $\bar{\Phi}_1$  і  $\bar{\theta}_1$  відповідно призматичної  $\Phi$  і циліндричної  $\theta$  поверхонь при напрямі проєктування  $s$ , паралельному ребрам поверхні  $\Phi$  і твірним циліндричної поверхні  $\theta$ .

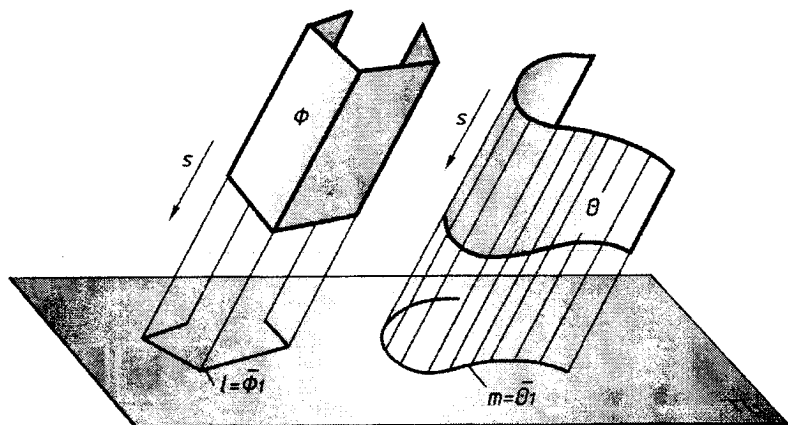


Рис. 2.100

Кожну з показаних на рис. 2.97–2.100 вироджених проєкцій можна розглядати як тінь геометричної фігури при заданому положенні джерела світла  $S$  або напрямі пучка паралельних світлових променів.

Спосіб допоміжного проєктування доцільно застосовувати при розв'язуванні тих позиційних і конструктивних задач, одним з геометричних об'єктів яких є пряма, площина або вказані вище поверхні, тобто тоді, коли вдається одержати вироджену проєкцію однієї із заданих або шуканих фігур.

Покажемо ефективність цього способу на таких прикладах.

**Приклад 1.** Задані три мимобіжні прямі  $a$ ,  $b$  і  $c$ . Побудувати пряму  $d$ , яка б перетинала перші дві і була б паралельною третій (рис. 2.101).

Шукана пряма  $d$  має задовольняти трьом умовам: перетинати пряму  $a$ , перетинати пряму  $b$ , бути паралельною прямій  $c$ .

Множина прямих  $M_1$ , які задовольняють першій і третій умовам, являє собою площину  $\Sigma$ , яку визначають прямі  $a$  і  $l(l \parallel c)$ .

Множина  $M_2$  прямих, які задовольняють другій і третій умові, утворює другу площину  $\Gamma(b \cap m)$ , причому  $m \parallel c$ .

Перетин двох множин  $M_1 \cap M_2$  визначатиме шукану пряму  $d$ .

Скористуємося способом допоміжного проєктування на площину рівня  $P$  по напрямі прямої  $c$ .

Виродженими проєкціями побудованих площин будуть прямі  $\Sigma_P(\Sigma \cap P)$  і  $\Gamma_P(\Gamma \cap P)$ . Їх перетин визначає точку  $D$ , через яку і проведена шукана пряма  $d$ . На рис. 2.101 через  $K$  і  $L$  позначені точки перетину прямої  $d$  відповідно з  $a$  і  $b$ .

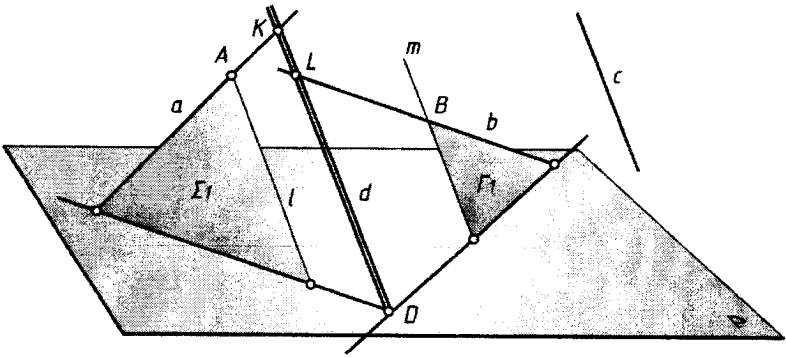


Рис. 2.101

**Приклад 2.** Визначити точки перетину прямої  $m$  з поверхнею піраміди (рис. 2.102).

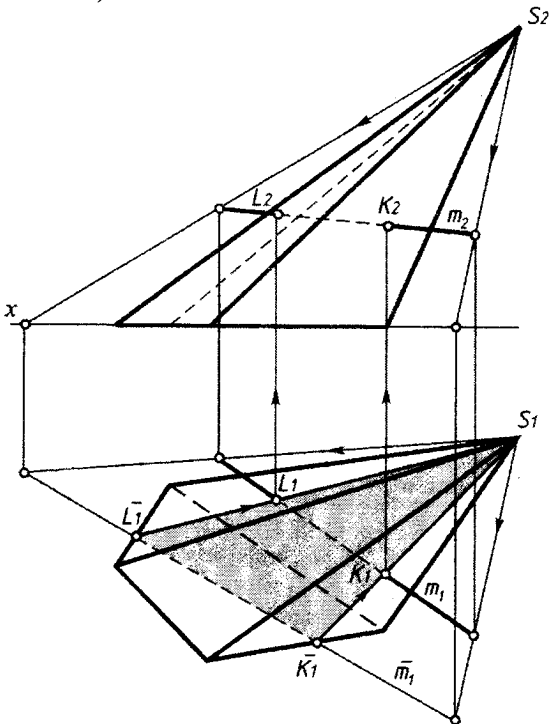


Рис. 2.102

Контур основи піраміди можна розглядати як її вироджену центральну проекцію, одержану при проектуванні з вершини  $S$  на площину  $\Pi_1$  основи.

Спроектуємо на ту ж площину і задану пряму  $m$ . Точки  $\bar{K}_1$  і  $\bar{L}_1$  перетину нової (допоміжної) проекції  $\bar{m}_1$  прямої  $m$  з контуром основи будуть центральними проекціями шуканих точок. Зворотним проектуванням (за допомогою променів, направлених до вершини  $S$ ) визначаємо їх ортогональні проекції. Так,  $K_1 = m_1 \cap \bar{K}_1 S_1$ ,  $L_1 = m_1 \cap \bar{L}_1 S_1$ . Фронтальні проекції  $K_2$  і  $L_2$  знайдені за лініями зв'язку.

**Приклад 3.** Визначити точки перетину прямої  $m$  з поверхнею  $\Phi$  циліндра (рис. 2.103).

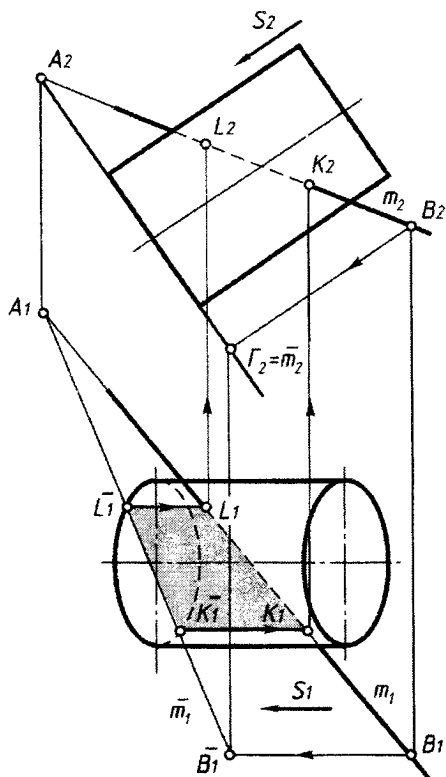


Рис. 2.103

В цьому прикладі напрям  $s$  проектування має бути паралельним твірній циліндра, а площину  $\Gamma$  його нижньої основи доцільно взяти за площину проєкцій. Тоді контур нижньої основи виявиться виродженою допоміжною проєкцією поверхні циліндра. Побудувавши допоміжну проєкцію  $\bar{m}_1$  прямої  $m$ , відмічаємо точки  $\bar{K}_1$  і  $\bar{L}_1$  перетину  $\bar{m}_1$  з контуром нижньої основи циліндра. Використовуючи лінії проєкційного зв'язку  $\bar{K}_1 K_1 \parallel \bar{L}_1 L_1 \parallel s_1$ , визначаємо ортогональні проєкції  $K_1, K_2$  і  $L_1, L_2$  шуканих точок.

Наведені приклади не розкривають усіх можливостей способу допоміжного проектування, який при певних умовах може ефективно використовуватися і для розв'язування метричних задач, і при побудові аксонометричних та перспективних проєкцій.

## 6.6. Застосування способів перетворення проєкцій при розв'язуванні метричних задач

### 6.6.1. Визначення відстаней

#### Відстань між двома точками

Задача зводиться до визначення дійсної довжини відрізка, що з'єднує дві задані точки. Її розв'язування пов'язане з перетворенням креслення, внаслідок якого цей відрізок виявляється паралельним одній з площин проєкцій (див. першу з чотирьох основних задач, розглянутих вище).

#### Відстань від точки до прямої

Складність розв'язування цієї задачі істотно залежить від заданих проєкцій. Найпростішим буде випадок, коли пряма  $l$  утворює з  $\Pi_1$  прямий кут і проєктується на цю площину в точку. До цього частинного випадку розташування прямої  $l$  можна прийти, використовуючи побудови, наведені вище при розв'язуванні другої основної задачі. Нам відомо, що перетворення проєкцій прямої загального положення в точку вимагає подвійної заміни площин. Така заміна зображена на рис. 2.104.

Пряма  $l$  стала проєктуючою відносно площини  $\Pi_5$ , а її проєкція на  $\Pi_5$  буде точкою  $l_5$ . На ту ж площину  $\Pi_5$  спроєктована і задана точка  $A$ . Відстань між новою проєкцією  $A_5$  точки  $A$  і новою проєкцією  $l_5$  прямої  $l$  буде шуканою.

На рис. 2.104 показаний і зворотний процес перетворення проєкцій відрізка  $AK$  від системи  $\Pi_4/\Pi_5$  до початкової  $\Pi_1/\Pi_2$ . Слід зазначити, що проєкція відрізка  $AK$  на площину  $\Pi_4$  побудована паралельно осі  $x_{45}$ , оскільки цей відрізок паралельний площині  $\Pi_5$ .

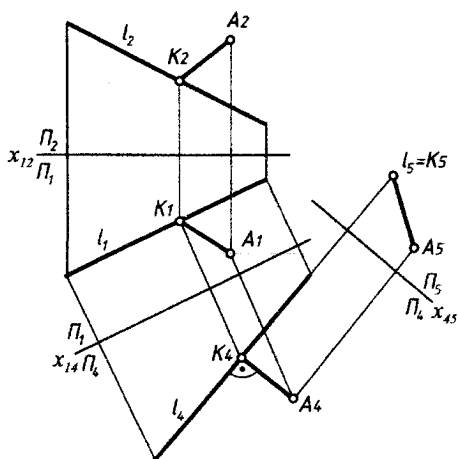


Рис. 2.104

**Відстань між двома паралельними прямими**

На рис. 2.105 проекції двох паралельних прямих загального положення подвійною заміною площин проекцій перетворені в точки. Відстань між ними буде шуканою. Дійсно, при другій заміні площин проекцій площина  $\Pi_5$  розташована під прямим кутом до заданих прямих. Отже, перпендикуляр, опущений з будь-якої точки однієї прямої на іншу, паралельний площині  $\Pi_5$  і спроектується на неї без спотворення.

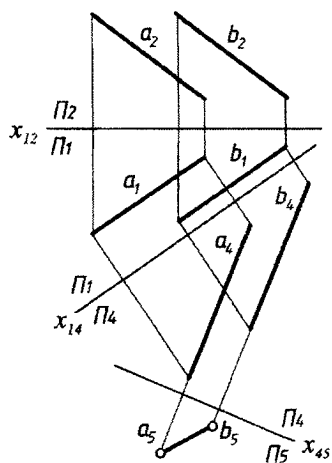


Рис. 2.105

### Відстань між двома мимобіжними прямими (рис. 2.106)

Ця відстань вимірюється довжиною перпендикуляра  $CD$ , спільного до заданих прямих. Якщо одна з них, наприклад  $a$ , перпендикулярна площині  $\Pi_1$ , то спільний перпендикуляр  $CD$  як пряма, що утворює прямий кут з  $a$ , виявиться паралельним площині  $\Pi_1$ . Але тоді прямий кут між  $CD$  і другою з мимобіжних прямих  $b$  на площину  $\Pi_1$  спроектується без спотворення. Для цього частинного випадку ( $a \perp \Pi_1$ ) розв'язування задачі наведено на рис. 2.107.

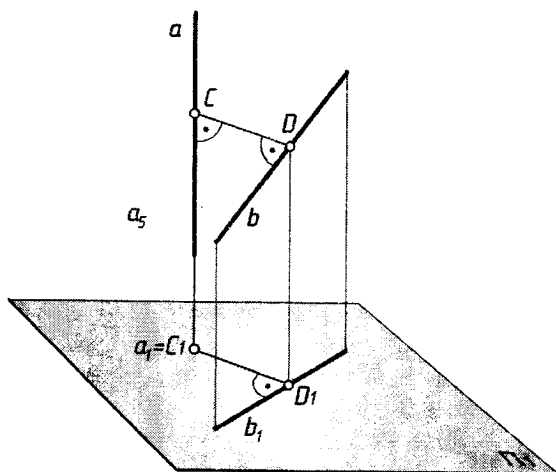


Рис. 2.106

Особливість прикладу, наведеного на рис. 2.108 полягає в тому, що одна з мимобіжних прямих розташована паралельно площині  $\Pi_2$ . Це дає можливість з допомогою лише однієї заміни площин проєкцій перейти до того частинного випадку, розв'язування якого показано на попередньому епюрі. Побудови в системі  $\Pi_2/\Pi_4$  на рис. 2.108 нічим не відрізняються від побудов, виконаних на рис. 2.107.

В загальному випадку, коли кожна із мимобіжних прямих не паралельна жодній з площин проєкцій, задача зводиться до перетворення креслення, внаслідок якого проєкція однієї із заданих прямих має стати точкою. Цього можна досягти або подвійною заміною площин, або подвійним поворотом системи мимобіжних прямих.

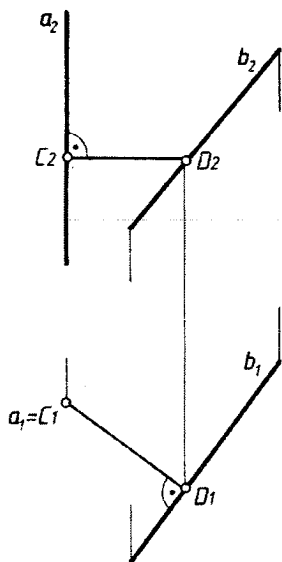


Рис. 2.107

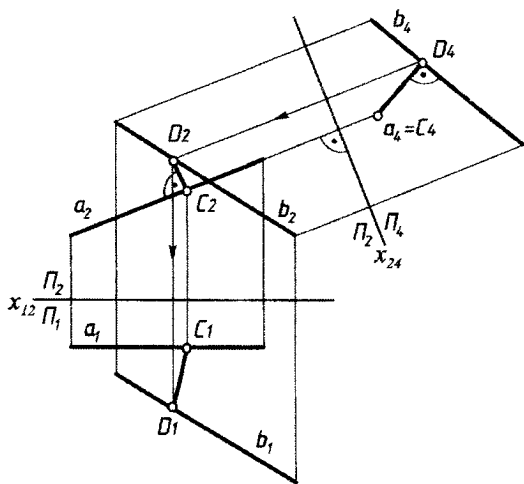


Рис. 2.108



### Відстань від точки до площини

Шукана відстань вимірюється довжиною перпендикуляра, опущеного із заданої точки  $A$  на площину  $\Gamma$ . Цей перпендикуляр проєктується в натуральну величину на ту площину проєкцій, відносно якої задана площина  $\Gamma$  є проєктуючою. Тому розв'язування задачі може бути зведене до такого перетворення, внаслідок якого задана площина стане проєктуючою. На рис. 2.109 відстань від точки  $A$  до площини трикутника  $BCD$  визначене заміною площин проєкцій.

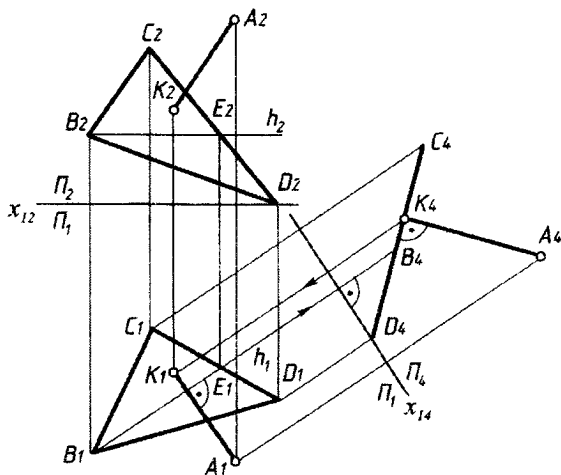


Рис. 2.109

Розв'язування тієї ж задачі без введення нових площин проєкцій показано на рис. 2.110, де проєкції перпендикуляра  $p$  побудовані з допомогою головних ліній площини  $\Gamma$  – горизонталі  $h$  і фронталі  $f(p_1 \perp h_1, p_2 \perp f_2)$ .

Основа перпендикуляра (точка  $K$ ) визначена за відомою схемою, а саме:

1.  $\Sigma \supset p(\Sigma \perp \Pi_2)$ ,
2.  $(1-2) = \Sigma \cap \Gamma$ ,
3.  $K = p \cap (1-2)$ .

Дійсна шукана відстань  $A_1 \bar{K}_1$  знайдена способом обертання.

### Відстань між двома паралельними площинами

В даному випадку відстань вимірюється довжиною перпендикуляра, опущеного з довільної точки однієї площини на іншу. Отже, ця задача зводиться до попередньої.

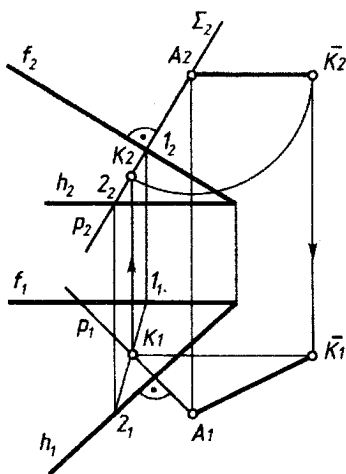


Рис. 2.110

### 6.6.2. Визначення кутів

#### Кут між двома прямими, які перетинаються

На рис. 2.111 показано визначення натуральної величини кута  $BAC$  способом обертання. Площина кута обертанням навколо горизонталі  $BC$  переведена в нове, горизонтальне положення, коли горизонтальна проекція  $A_1$  вершини  $A$ , яка обертається, виявилась віддаленою від проекції осі обертання на відстань, що дорівнює радіусу  $R_A$ .

Розв'язування задачі зводиться до визначення дійсної величини радіуса  $R_A$ , який на рис. 2.111 знайдений способом обертання. Площину кола, яке описує вершина кута  $A$ , позначимо через  $\Gamma(\Gamma \perp BC)$ , оскільки  $BC \parallel \Pi_1$ , то  $\Gamma \perp \Pi_1$ .

#### Кут між двома мимобіжними прямими

Мірою цього кута є кут між двома прямими, які перетинаються і паралельні заданим мимобіжним прямим. Отже, і в цьому випадку задача зводиться до визначення дійсної величини трикутника. Це можна зробити будь-яким з відомих способів.

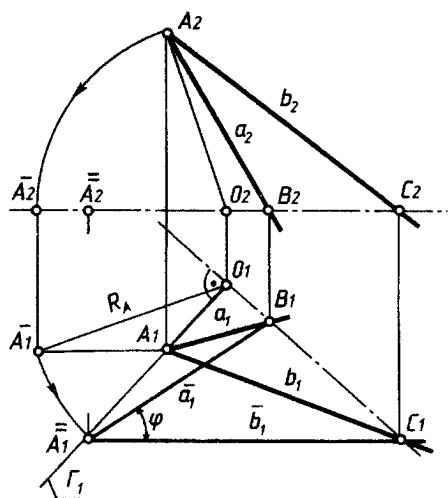


Рис. 2.111

### Кут між прямою і площиною

Кутом прямої  $m$  з площиною  $\Sigma$  (рис. 2.112) називається гострий кут  $\varphi$  між цією прямою і її проекцією на задану площину.

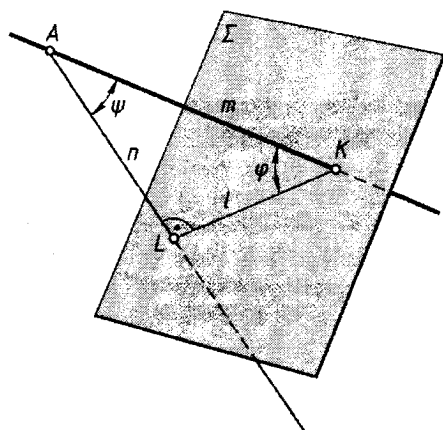


Рис. 2.112

Побудова проєкцій кута  $\varphi$  вимагає визначення двох точок  $K$  і  $L$ , перша з яких є точкою перетину заданої прямої з площиною  $\Sigma$ , а друга –

основою перпендикуляра, опущеного з довільної точки  $A$  прямої на ту ж площину. Одержавши дві прямі  $m$  і  $l$ , які перетинаються в точці  $K$ , визначаємо дійсну величину кута між ними так, як це було здійснено вище.

Якщо задача вимагає визначення лише величини кута між прямою і площиною без зображення його проєкцій, то розв'язування можна значно спростити, не визначаючи положення точок  $K$  і  $L$ .

Дійсно, розглядаючи трикутник  $ALK$  (рис. 2.112), бачимо, що  $\varphi = 90^\circ - \psi$ , де  $\psi$  – кут, утворений заданою прямою  $m$  і перпендикуляром  $n$  до площини  $\Sigma$ .

Побудова проєкцій цього кута  $\psi$  не вимагає визначення ні точки  $K$ , ні точки  $L$  (рис. 2.113). За двома проєкціями кута  $\psi$  знаходять його дійсну величину й доповнюють її до  $90^\circ$ . Кут, який доповнює знайдений до  $90^\circ$  і буде шуканим.

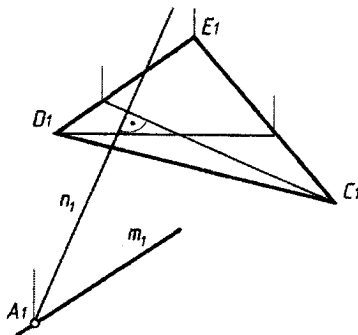
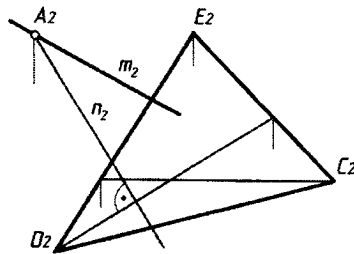


Рис. 2.113

### Кут між двома площинами

Дві площини  $\Gamma$  і  $\Sigma$ , перетинаючись, утворюють чотири кути, які попарно дорівнюють один одному (рис. 2.114). Кожний з них вимірюється лінійним кутом, який утворюється, якщо площини  $\Gamma$  і  $\Sigma$  перетнути третьою площиною  $\theta$ , перпендикулярною лінії їх перетину  $t$ . Не тяжко показати, що кут між двома площинами дорівнює куту між перпендикулярами  $n$  і  $n'$ . Дійсно, площина  $\theta$ , визначена двома перпендикулярами, опущеними з довільної точки простору  $K$  на грані  $\Gamma$  і  $\Sigma$ , буде перпендикулярна до них і до ребра  $t$  двогранного кута. Прямі кути з ребром  $t$  утворюють і лінії  $DM$  і  $DN$ , по яких площина  $\theta$  перетинає  $\Gamma$  і  $\Sigma$ . Отже, прямі  $DM$  і  $DN$  являють собою сторони лінійного кута, яким вимірюється двогранний. Оскільки  $KN \perp DN$  і  $KM \perp DM$ , то  $\varphi = \varphi'$ .

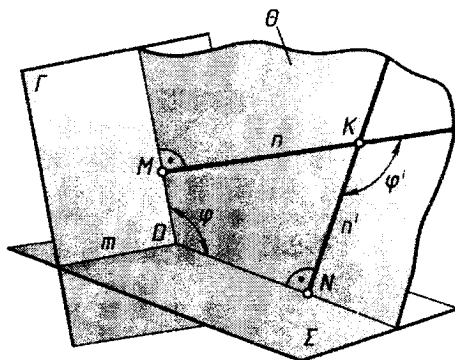


Рис. 2.114

На рис. 2.115 обидві площини  $\Gamma$  і  $\Sigma$  задані головними лініями. Для визначення кута між цими площинами з довільної точки  $K$  опущені два перпендикуляри на  $\Gamma$  і  $\Sigma$ . В подальшому задача зводиться до визначення кута між двома перетинними прямими  $n$  і  $n'$ .

Якщо двогранний кут задано так, як це показано на рис. 2.116, то його дійсну величину доцільно визначити введенням нових площин проєкцій. Ребром двогранного кута в цьому випадку є спільна сторона двох трикутників – пряма  $AB$ . Послідовно переходячи від системи  $\Pi_1/\Pi_2$  до  $\Pi_1/\Pi_4$  і до  $\Pi_4/\Pi_5$ , проєкцію  $AB$  перетворимо в точку. Площина  $\Pi_5$ , перпендикулярна до  $AB$ , буде паралельна сторонам лінійного кута, яким вимірюється двогранний кут  $\varphi$ .

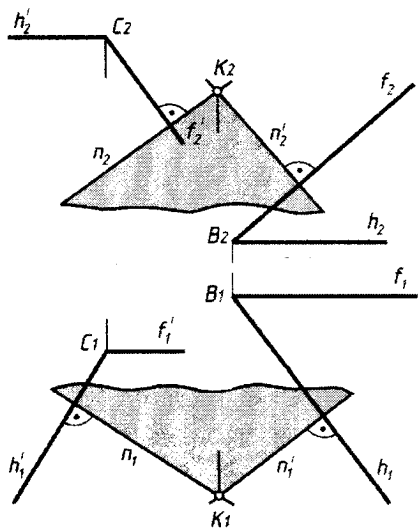


Рис. 2.115

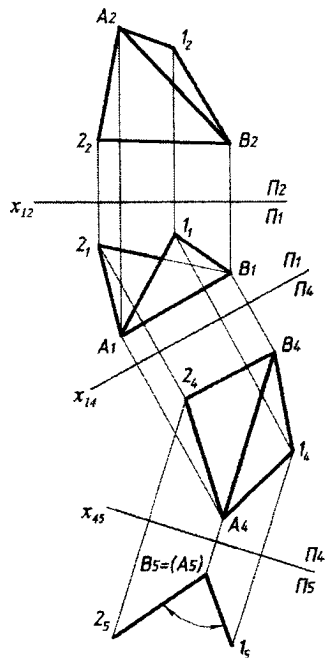


Рис. 2.116

### 6.6.3. Побудова проєкцій плоскої фігури за заданими умовами

Нехай потрібно побудувати правильний трикутник  $ABC$ , розташований в заданій площині  $\Gamma (f \cap h)$ , якщо радіус описаного кола  $R$ , а центр його знаходиться в заданій точці  $O$ . Розв'язування задачі виконано на рис. 2.117 в такій послідовності:

1. Площина  $\Gamma (f \cap h)$  повернута навколо горизонталі  $h$  в положення, при якому вона стала паралельна площині  $\Pi_1$  (площиною рівня). Нова горизонтальна проєкція  $\bar{f}_1$  побудована за допомогою точок  $D_1$  і  $\bar{1}_1$  ( $D_1\bar{1}_1 = D_21_2$ ).
2. Через точку  $\bar{1}_1$  паралельно  $h_1$  проведена горизонталь площини  $\Gamma$ , на якій лежить точка  $O$ .
3. Визначено положення нової горизонтальної проєкції  $\bar{O}_1$  центра описаного кола після повороту площини  $\Gamma$ .
4. Побудовано коло і в нього вписано правильний трикутник.
5. Через кожну вершину трикутника по площині в повернутому положенні проведені горизонталі  $\bar{A}_1\bar{3}_1$  і  $\bar{C}_1\bar{2}_1$  до перетину з  $\bar{f}_1$ . Ці горизонталі разом з належними їм точками треба буде зворотним обертанням перемістити в початкове положення площини  $\Gamma$ .
6. На фронтальній проєкції фронталі  $f_2$  визначена точка  $3_2(3_2D_2 = \bar{3}_1D_1)$ . Інша проєкція  $3_1$  цієї точки розташована на  $f_1$ .
7. Проведені проєкції горизонталі, на якій знаходиться вершина  $A$ : фронтальна проєкція – через  $3_2$ , горизонтальна – через  $3_1$ .
8. Через точку  $\bar{A}_1$  (горизонтальну проєкцію вершини в повернутому положенні) проведена пряма, перпендикулярна до  $h_1$ . По цій прямій переміщатиметься горизонтальна проєкція  $\bar{A}_1$  точки  $A$  при зворотному обертанні площини. Горизонтальна проєкція  $A_1$  вершини  $A$  (після зворотного повороту) буде одержана в перетині прямої, перпендикулярної до  $h_1$ , з раніше проведеною проєкцією горизонталі.
9. В проєкційному зв'язку на фронтальній проєкції горизонталі, яка проходить через точку  $3_2$ , знаходимо точку  $A_2$ .

Таким же чином визначаються проєкції й інших вершин трикутника  $ABC$ .

У відносно громіздкій побудові головне полягає в тому, що через кожну вершину трикутника по площині, повернутій до положення рівня, проводили прямі лінії – горизонталі площини  $\Gamma$ , з обертанням

яких і розпочинали процес зворотного повороту площини. Перший етап цього повороту закінчували побудовою проєкцій горизонталей, а внаслідок другого етапу на попередньо підготовлених проєкціях прямих визначали проєкції вершин заданої плоскої фігури.

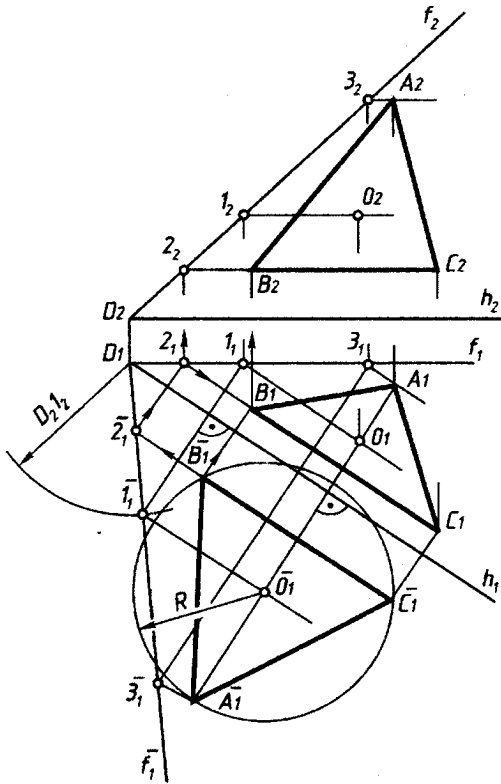


Рис. 2.117

## 6.7. Запитання для самоперевірки

- 6.7.1 Назвіть способи перетворення проєкцій, які застосовуються в кресленні.
- 6.7.2 У чому суть способу обертання навколо осей, перпендикулярних до площин проєкцій?
- 6.7.3 Які основні елементи способу обертання?



- 6.7.4 Визначте способом обертання дійсні величини відрізка прямої і трикутника.
- 6.7.5 У чому суть способу суміщення?
- 6.7.6 Знайдіть способом суміщення дійсну величину трикутника, що лежить у горизонтально-проектуючій площині.
- 6.7.7 У чому суть способу плоскопаралельного переміщення?
- 6.7.8 Знайдіть способом плоскопаралельного переміщення дійсні величини відрізка прямої і трикутника, що лежить у фронтально-проектуючій площині.
- 6.7.9 У чому суть способу заміни площин проекцій?
- 6.7.10 Знайдіть способом заміни площин проекцій дійсну величину трикутника, що лежить у профільно-проектуючій площині.

## 6.8. Вправи

- 6.8.1. На рис. 2.118 знайдено дійсну величину відрізка  $CD$  і кут  $\beta$ . Поясніть це.

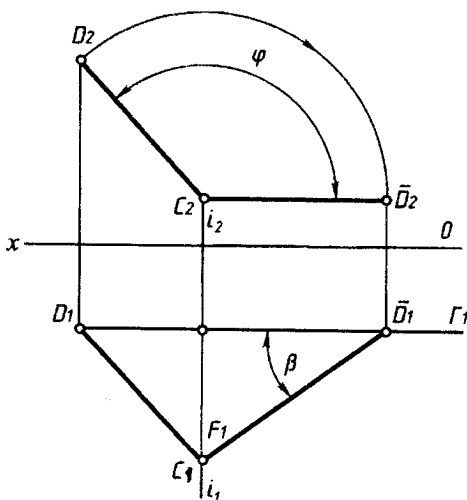


Рис. 2.118

6.8.2. На рис. 2.119 зображено стовп, закріплений трьома розтяжками. Визначте, скільки метрів дроту піде на виготовлення розтяжок і під якими кутами вони нахилені до площини землі.

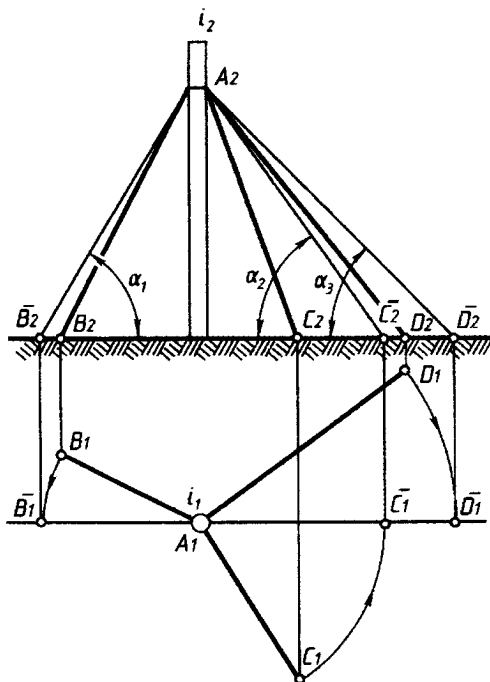


Рис. 2.119

- 6.8.3. Поясніть побудову натурального вигляду чотирикутника, виконану суміщенням його із фронтальною площиною проєкцій  $\Pi_2$  (рис. 2.120).
- 6.8.4. Поясніть побудову дійсної величини відрізка  $CD$  (рис. 2.121).

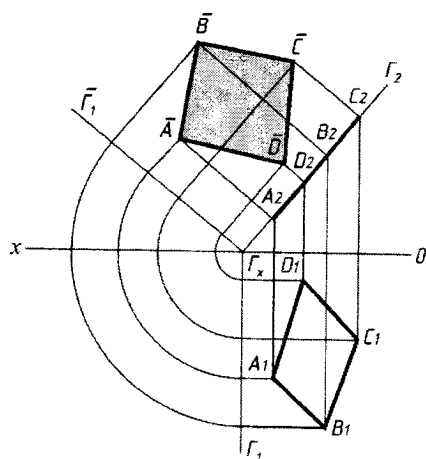


Рис. 2.120

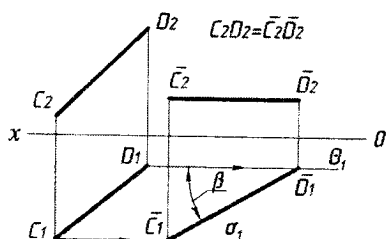


Рис. 2.121

6.8.5. Поясніть побудову дійсної величини чотирикутника (рис. 2.122).

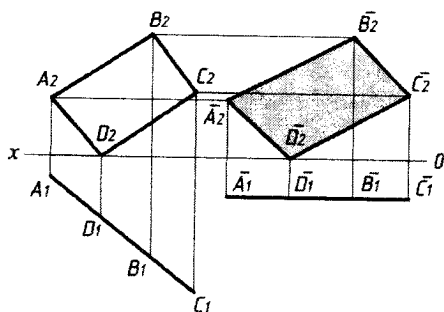


Рис. 2.122

6.8.6. Поясніть побудову проєкцій точки на рис. 2.123, а, б, де зроблено перехід від системи площин проєкцій  $\Pi_2/\Pi_1$  до системи  $\Pi_2/\Pi_4$ .

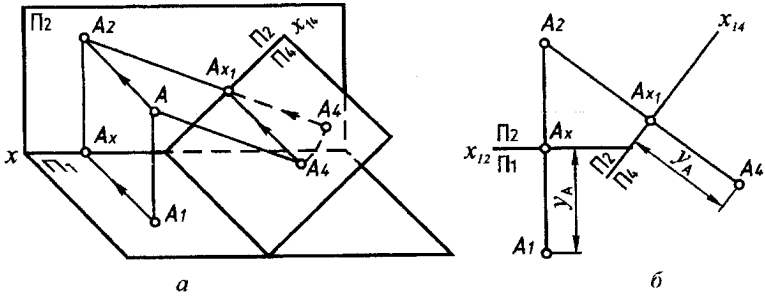


Рис. 2.123

6.8.7. Поясніть визначення дійсної величини відрізка прямої (рис. 1.124).

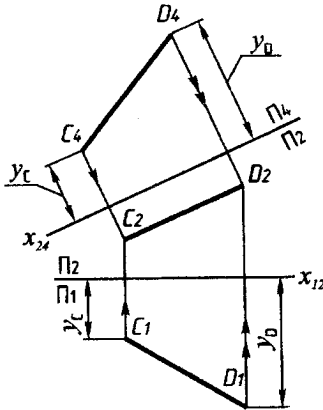


Рис. 2.124

6.8.8. На рис. 2.125 знайдено розміри схилів даху. Поясніть зроблену побудову.

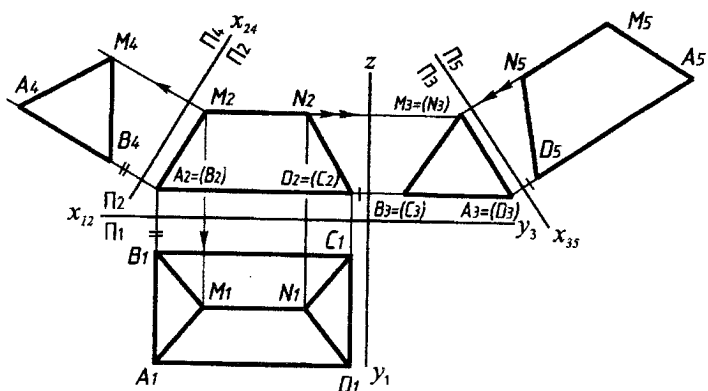


Рис. 2.125

6.8.9. Яким способом знайдено дійсну величину відрізка  $AB$  прямої (рис. 2.126)?

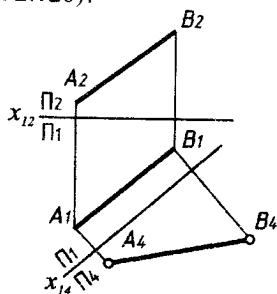


Рис. 2.126

6.8.10. Яким способом знайдено дійсну величину відрізка  $CD$  прямої (рис. 2.127)?

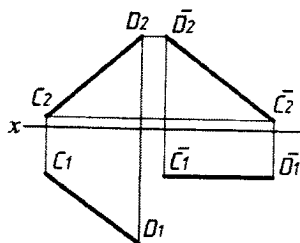


Рис. 2.127

6.8.11. На яких рисунках правильно знайдено дійсну величину трикутника  $ABC$  (рис. 2.128–2.131)?

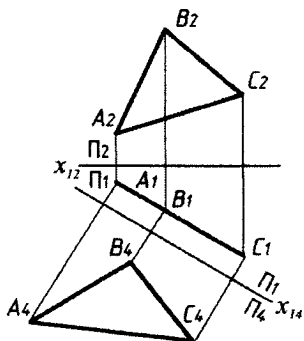


Рис. 2.128

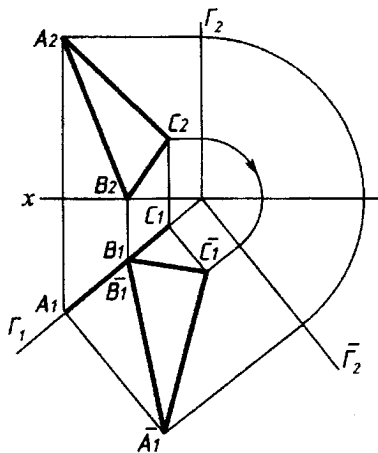


Рис. 2.129

6.8.12. Відносно якої площини проєкцій виконано переміщення на рис. 2.130?

6.8.13. Як називається пряма  $i$  (рис. 2.131)? Що являє собою лінія  $A_2\bar{A}_2$  (рис. 2.131)?

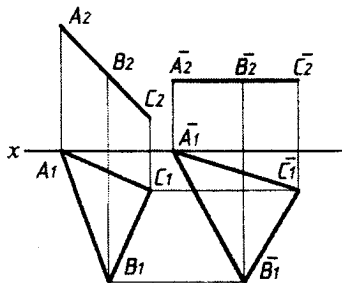


Рис. 2.130

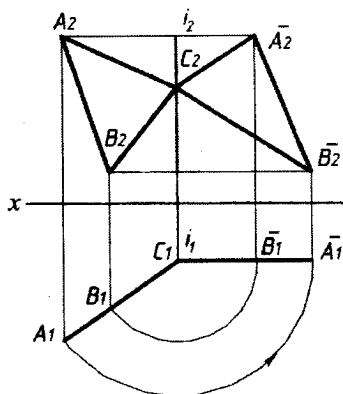


Рис. 2.131

6.8.14. Яку площину проєкцій замінено на рис. 2.128?

- 6.8.15. Відносно якої лінії виконано обертання на рис. 2.129?
- 6.8.16. Чи правильно знайдено дійсну величину трикутника  $ABC$  на рис. 2.132?
- 6.8.17. За заданими розмірами (рис. 2.133) побудуйте пряму  $AB$  і знайдіть її натуральну величину в міліметрах способом плоскопаралельного переміщення.

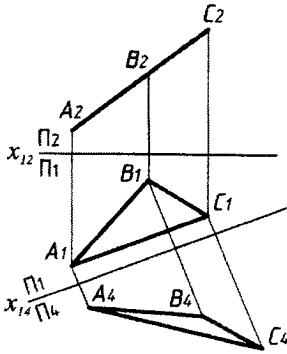


Рис. 2.132

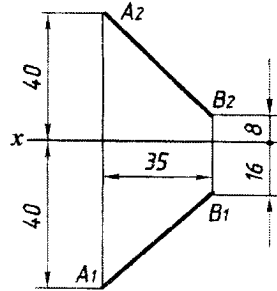


Рис. 2.133

- 6.8.18. За заданими розмірами (рис. 2.134) побудуйте трикутник  $ABC$  і знайдіть його площу в квадратних міліметрах.

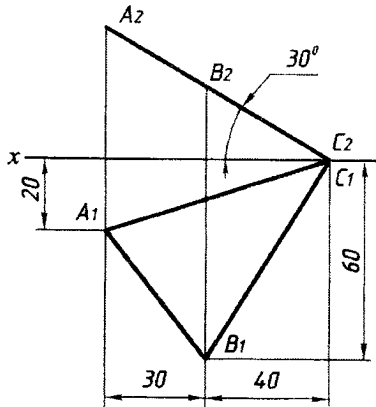


Рис. 2.134

## § 7. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

### 7.1. Види і способи аксонометричного проектування

Креслення, виконані методом ортогонального проектування, мають ряд важливих особливостей, головною з яких є зручність вимірювання. В той же час для одержання уявлення про виріб необхідно розглядати декілька виглядів, часто доповнених перерізами, розрізами, додатковими і місцевими виглядами, виносними елементами. Все це утруднює на перших етапах вивчення креслення формування уявлення про виріб.

У техніці для наочного зображення виробів або їх складових частин застосовуються аксонометричні проекції цих предметів. Вони порівняно з комплексними кресленнями мають істотну перевагу – наочність, але створюють незручності при вимірюванні.

Слово “аксонометрія” – грецьке. Воно складається з двох слів: ахон – вісь, *metreo* – вимірюю, що в перекладі означає “вимірювання осей” або, точніше “вимірювання по осях”.

Побудова аксонометричних проекцій допомагає навчитися читати креслення і розвиває просторове уявлення про форму предметів і деталей машин.

Аксонометричні проекції застосовуються як допоміжні до комплексних креслень у тих випадках, коли необхідне пояснює наочне зображення форми деталей.

Розглядаючи рисунок, на якому наведені ортогональні (прямокутні) проекції предмета (рис. 2.135, *a*) та аксонометрична (рис. 2.135, *b*), бачимо перевагу останньої з точки зору наочності. Не просто уявити форму цього предмета за трьома ортогональними проекціями.

Відмінність аксонометричних проекцій від ортогональних полягає в тому, що в аксонометричній проекції зображення предмета разом з осями координат одержується проектуванням паралельними променями на одну аксонометричну площину проекцій. Одержані при такому проектуванні аксонометричні осі  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  будуть проекціями осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  комплексного креслення. При цьому предмет має розташовуватися так, щоб його було видно спереду, збоку і зверху.

ГОСТ 2.317–69 встановлює види аксонометричних проекцій, які застосовуються в кресленнях усіх галузей промисловості і будівництва.



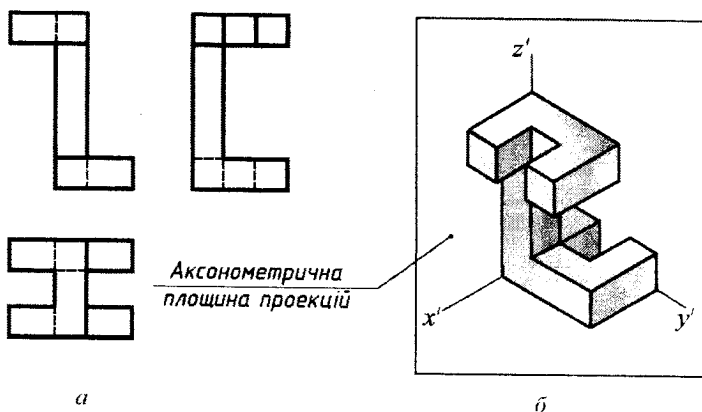


Рис. 2.135

Залежно від напрямку проєкуючих променів і спотворення лінійних розмірів предмета вздовж осей аксонетричних проєкцій поділяються на *прямокутні* і *косокутні*.

Якщо проєкуючі промені перпендикулярні до аксонетричної площини проєкцій, то така проєкція називається *прямокутною аксонетричною*. До прямокутних аксонетричних проєкцій відносяться *ізометрична* і *диметрична*.

У випадку, коли промені направлені під кутом, відмінним від прямого до аксонетричної площини проєкцій, то одержують *косокутну аксонетричну проєкцію*. До косокутних аксонетричних проєкцій відносяться: *фронтальна ізометрична*, *горизонтальна ізометрична* і *фронтальна диметрична проєкції*.

Найчастіше в кресленні застосовуються прямокутні аксонетричні проєкції, оскільки вони дають найбільш наочні зображення.

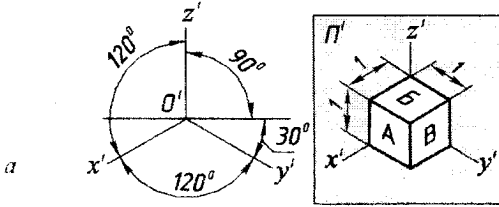
На рис. 2.136 наведено найменування видів аксонетричних проєкцій, розташування їх осей і коефіцієнти (показники) спотворення розмірів по осях.

Коефіцієнти (показники) спотворення по відповідній координатній аксонетричній осі – це відношення довжини аксонетричної проєкції відрізка координатної осі, до дійсної довжини цього відрізка.

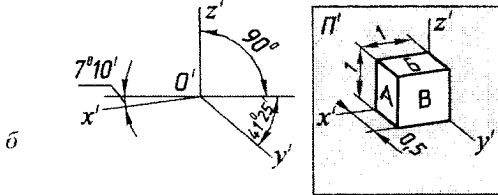
## 7.2. Прямокутна ізометрична проєкція

Прямокутна ізометрична проєкція предмета зображена на рис. 2.136, а. Кути між осями  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  однакові, лінійні розміри предмета, паралельні цим осям, спотворюються однаково.

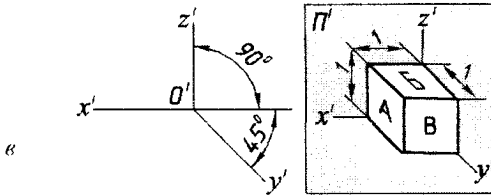
Прямокутна ізометрична проекція



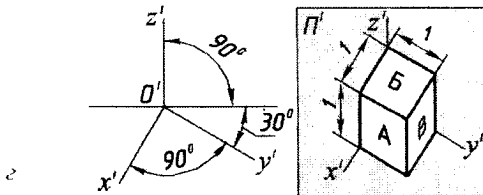
Прямокутна диметрична проекція



Косокутна фронтальна ізометрична проекція



Косокутна горизонтальна ізометрична проекція



Косокутна фронтальна диметрична проекція

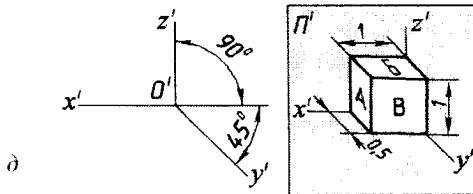


Рис. 2.136

Розглянемо побудову ізометричної проекції куба.

Як і при ортогональному (прямокутному) проектуванні, куб розташований всередині трьохгранного кута, утвореного площинами проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ .

Разом з осями проєкцій  $x$ ,  $y$  і  $z$  куб уявно повертають навколо вертикальної осі на кут  $45^\circ$ , а потім – навколо горизонтальної осі на кут  $55^\circ$ . Після поворотів і проектування кута на аксонометричну площину проєкцій  $\Pi'$  грані куба зобразяться у вигляді ромбів, а аксонометричні осі проєкцій утворять між собою кути, які дорівнюють  $120^\circ$  (рис. 2.136, *a*).

Довжина всіх ребер куба на зображенні однакова і дорівнює 0,82 дійсної довжини. У технічному кресленні для спрощення побудов такого скорочення не притримуються; відрізки, паралельні аксонометричним осям, відкладають дійсної довжини.

Оскільки поверхня предмета складається з ліній, а лінія – з точок, то побудову ізометричних проєкцій розпочнемо з точки.

Нехай задані ортогональні проєкції точок  $A$  і  $B$  (рис. 2.137, *a*), то для побудови ізометричної проєкції цих точок проводять аксонометричні осі  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  під кутом  $120^\circ$  одна до одної (рис. 2.137, *б*).

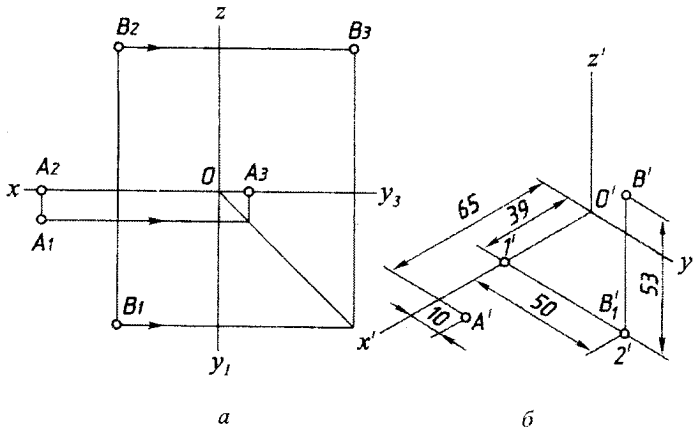


Рис. 2.137

Далі, від початку координат  $O'$  по осі  $O'x'$  відкладають відрізок  $O'1'$ , що дорівнює координаті  $x_B$  точки  $B$ . Координату  $x_B$  беремо з комплексного креслення (рис. 2.137, *a*).

З точки  $1'$  проводять пряму, паралельну осі  $y'$ , і на ній відкладають відрізок  $1'2'$ , що дорівнює координаті  $y_B$  точки  $B$ ; з точки  $2'$  проводять пряму, паралельну осі  $z'$ , на якій відкладають відрізок  $2'B'$ , котрий дорівнює координаті  $z_B$  точки  $B$ . Одержана точка  $B'$  – шукана ізометрична проекція точки  $B$ .

Для побудови ізометричної проекції точки  $A$  достатньо двох координат  $x_A$  і  $u_A$ . Третя координата  $z_A$  дорівнює нулю, оскільки точка  $A$  лежить на площині  $\Pi_1$ .

Аксонетричні осі, а також відрізки прямих, паралельні осям, зручно будувати з допомогою креслярського косинця з кутами  $30^\circ$  і  $60^\circ$  (рис. 2.138).

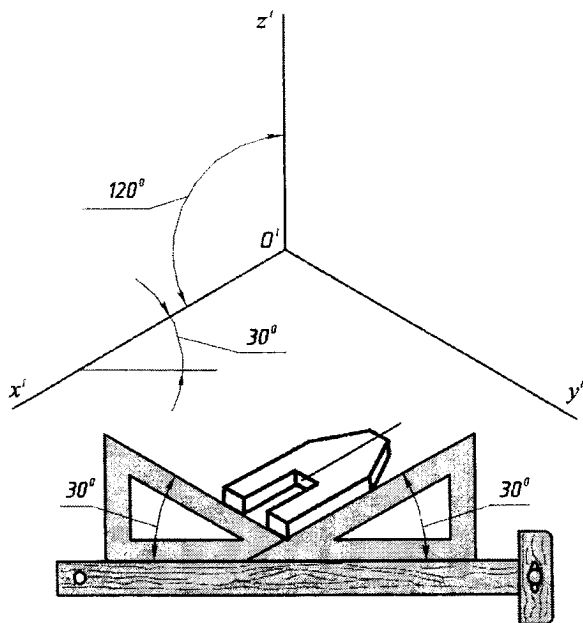


Рис. 2.138

### 7.3. Прямокутні ізометричні проекції прямих ліній і плоских фігур

Ізометрія відрізка прямої  $AB$  може бути просто побудована за двома точками – кінцями цього відрізка.

Знайшовши за координатами ізометрію цих точок, з'єднаємо їх прямою лінією. За точками може бути виконана ізометрія будь-якої фігури. При цьому розташування фігур відносно осей  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  може бути різним.

Розглянемо, наприклад, побудову ізометричної проєкції правильних п'ятикутників (рис. 2.139). В цьому випадку для спрощення побудов розглядаються п'ятикутники, розташовані на площинах проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ . Тоді одна з координат вершин п'ятикутника дорівнюватиме нулю, а ізометрію кожної вершини можна будувати за двома координатами аналогічно побудові точки  $A$  (рис. 2.137, б).

Побудувавши ізометрію вершин, з'єднаємо їх прямими і одержуємо ізометрію п'ятикутника.

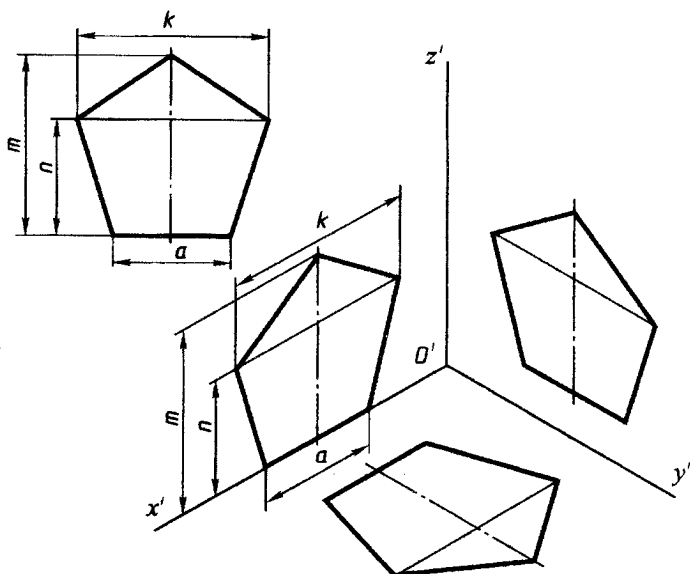


Рис. 2.139

#### 7.4. Прямокутні ізометричні проєкції геометричних тіл

Прямокутні ізометричні проєкції тіла, обмеженого площинами, наприклад, правильної шестигранної призми, виконують в такій послідовності (рис. 2.140).

Якщо основою призми є правильний багатокутник (наприклад, шестикутник), то побудову вершин основи за координатами можна спростити, провівши одну з осей координат через центр основи. На рис. 2.140 осі  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  проведені через центри правильних шестикутників призми.

Побудувавши ізометрію основи призми, з вершин шестикутника основи проводимо прямі, паралельні відповідно осям  $x'$ ,  $y'$  або  $z'$  (для кожної із розглядуваних на рис. 2.140 призм). На цих прямих від вершин основи відкладемо висоту призми і одержимо ізометрію шести точок 1–6 вершин другої основи призми. З'єднавши ці точки прямими, одержимо ізометричну проекцію призми. На завершення покажемо видимі і невидимі лінії, невидимі – слід проводити штриховими лініями.

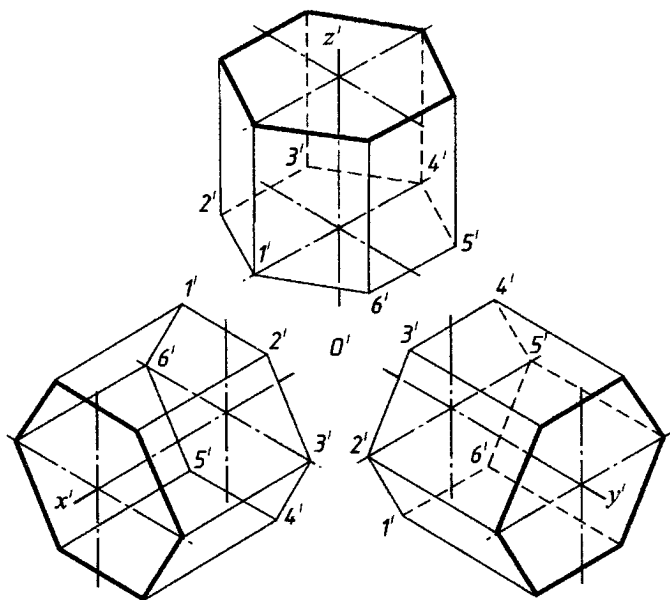


Рис. 2.140

Ізометрію правильної піраміди будують в тій же послідовності, тобто будують основу і висоту, а потім проводять ребра. Якщо піраміда зрізана, то будують її другу основу.

Побудову ізометрії неправильної п'ятигранної піраміди за її комплексним кресленням показано на рис. 2.141. Визначасмо

координати всіх точок основи піраміди, наприклад, точки  $A$  (рис. 2.141, *a*). Потім за двома координатами  $x$  і  $y$  будуємо ізометрію п'яти точок – вершин основи піраміди. Так, наприклад, ізометрію точки  $A$  одержують так. По осі  $x'$  від наміченої точки  $O'$  відкладаємо координату  $x_A = A_2D_2$ . З її кінця проводять пряму, паралельну осі  $y'$ , на якій відкладають другу координату цієї точки  $y_A = A_2A_1$ .

Далі будують висоту піраміди і одержують точку  $S'$  – вершину піраміди. З'єднуючи точку  $S'$  з точками  $A', B', C', D', E'$ , одержують ізометрію піраміди.

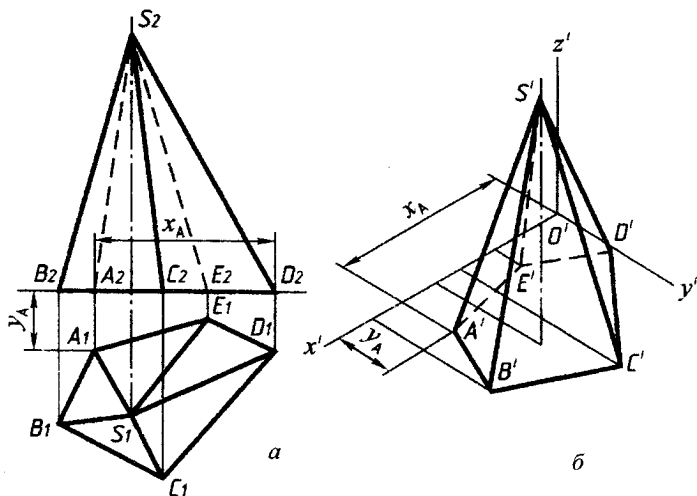


Рис. 2.141

## 7.5. Прямокутні ізометричні проєкції кола

Якщо побудувати ізометричну проєкцію куба, в грані якого вписані кола діаметра  $D$  (рис. 2.142, *a*), то квадратні грані куба будуть зображатися у вигляді ромбів, а кола – у вигляді еліпсів (рис. 2.142, *б*).

Слід запам'ятати, що мала вісь  $C'D'$  кожного еліпса завжди має бути перпендикулярна до великої осі  $A'B'$ .

Якщо коло розташоване в площині, паралельній площині  $\Pi_1$ , то велика вісь  $A'B'$  має бути горизонтальною, а вісь мала  $C'D'$  – вертикальною (рис. 2.142, *б*).

Якщо коло розташоване в площині, паралельній площині  $\Pi_2$ , то велика вісь еліпса має бути проведена під кутом  $90^\circ$  до осі  $y'$ .

При розміщенні кола в площині, паралельній площині  $\Pi_3$ , велика вісь еліпса розташовується під кутом  $90^\circ$  до осі  $x'$ .

Великі осі всіх трьох еліпсів направлені по великих діагоналях ромбів.

При побудові ізометричної проєкції кола без скорочення по осях  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  довжина великої осі еліпса береться рівною 1,22 діаметра  $D$  зображуваного кола, а довжина малої осі еліпса –  $0,71D$  (рис. 2.142, б).

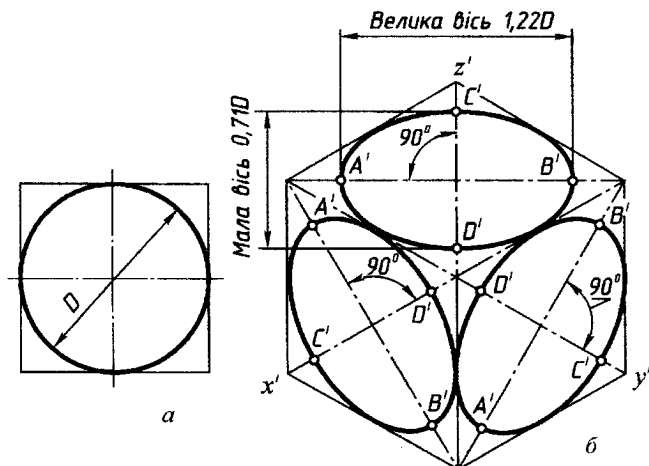


Рис. 2.142

В навчальних кресленнях замість еліпсів рекомендується застосовувати овали, виконані дугами кіл. Спрощений спосіб побудови овалів наведений на рис. 2.143. Для побудови овала в площині, паралельній  $\Pi_1$ , проводять вертикальну і горизонтальну осі овала (рис. 2.143, а).

З точки перетину осей  $O'$  проводять допоміжне коло діаметром  $D$ , що дорівнює дійсній величині діаметра зображуваного кола, і знаходять точки  $N'$  перетину цього кола з аксонометричними осями  $x'$  і  $y'$ . З точок  $M'$  перетину допоміжного кола з віссю  $z'$ , як з центрів радіусом  $R_1 = N'M'$  проводять дві дуги  $N'D'N'$  і  $N'C'N'$  кола, які належать овалу.

З центра  $O'$  радіусом  $O'C'$ , що дорівнює половині малої осі овала, засікають на великій осі овала  $A'B'$  точки  $O'_1$  і  $O'_2$ . З цих точок радіусом  $R_2 = O'_11' = O'_12' = O'_23 = O'_24'$  проводять дві дуги. Точки  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  і  $4'$  спряжень дуг радіусів  $R_1$  і  $R_2$  знаходять, з'єднуючи точки  $M'$  з точками  $O'_1$  і  $O'_2$  і продовжуючи прямі до перетину з дугами  $N'C'N'$  та  $N'D'N'$ .



Аналогічно будують овали, розташовані в площинах, паралельно площинам  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  (рис. 2.143, б і в).

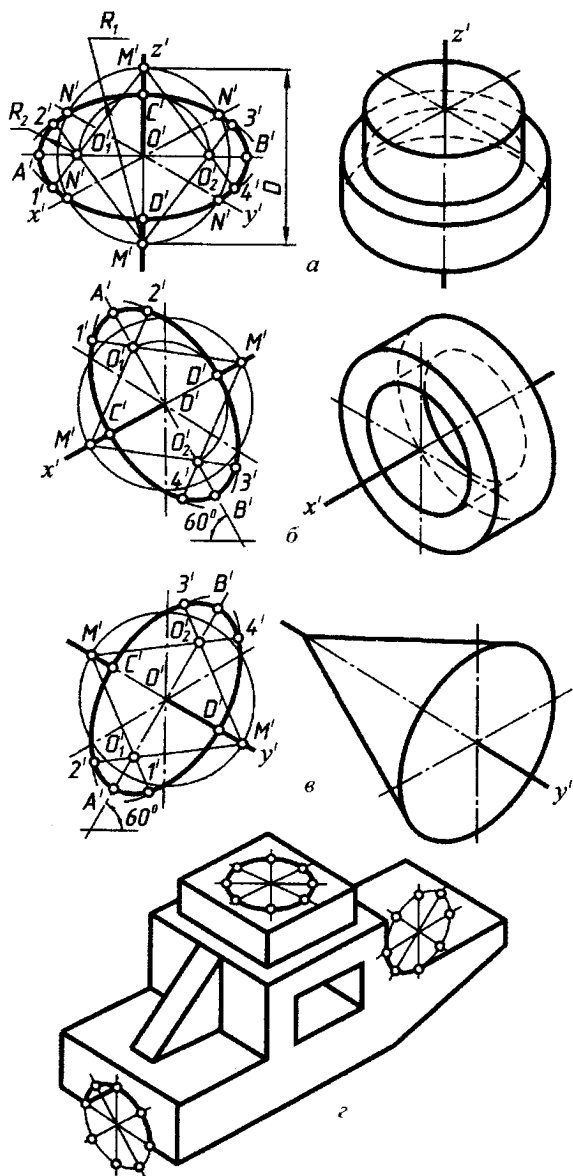


Рис. 2.143

На рис. 2.143 (праворуч) зображені прямокутні ізометричні проєкції циліндрів і конуса. На цих зображеннях еліпси замінені овалами.

Рис. 2.143, з ілюструє застосування побудови овалів на ізометрії деталі з розташуванням кіл в трьох площинах, паралельних  $\Pi_1, \Pi_2$  і  $\Pi_3$ .

Ізометрія сфери (рис. 2.144) виконується так. З наміченого центра  $O'$  проводять коло, діаметр якого дорівнює  $1,22D$  ( $D$  – діаметр сфери), це й буде зображення сфери в ізометрії. Якщо необхідно побудувати половину, чверть або три чверті сфери, то слід спочатку накреслити два овали (див. рис. 2.143, а і в), великі осі яких перпендикулярні осям  $y'$  і  $z'$ . Тоді овали і точки  $M'$  і  $N'$  перетину цих овалів визначають межі трьох чвертей сфери (рис. 2.144).

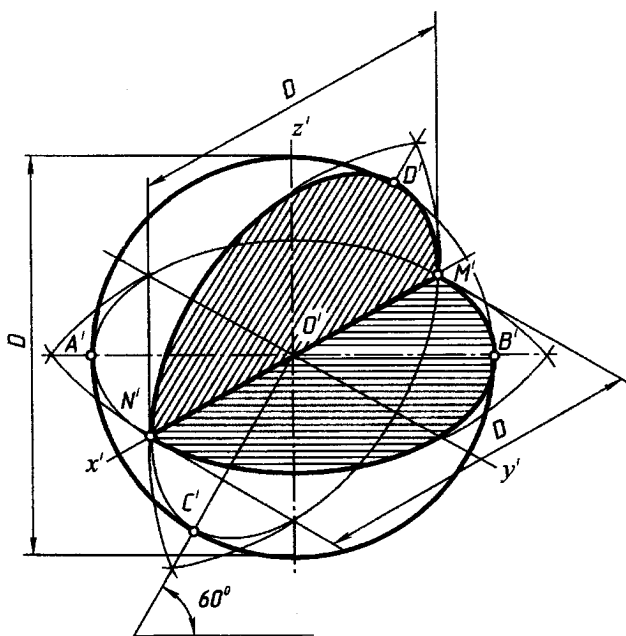


Рис. 2.144

## 7.6. Прямокутна диметрична проєкція

Прямокутна диметрична проєкція предмета наведена на рис. 2.136, б.

В прямокутній диметрії вісь  $z'$  вертикальна; вісь  $x'$  розташована під кутом  $7^\circ 10'$ , а вісь  $y'$  – під кутом  $41^\circ 25'$  до горизонтальної прямої.

Всі відрізки прямих ліній предмета, які були паралельні осям  $x$ ,  $y$  і  $z$  на комплексному кресленні, залишаться паралельними відповідним осям і в диметричній проєкції. Довжини відрізків прямих, відкладених в напрямі осей  $x'$  і  $z'$ , зменшується до 0,94 дійсної довжини, а в напрямі осі  $y'$  – до 0,47 дійсної довжини.

Диметричну проєкцію відрізків прямих, як правило виконують без спотворення довжини по осях  $x'$  і  $z'$  і зі зменшенням наполовину по осі  $y'$ .

Положення площини фігури відносно осей диметрії може бути різним. На рис. 2.145 показано, як змінюється зображення фігури в диметрії залежно від того, на якій з площин проєкцій розташована фігура. Ця зміна викликана тією обставиною, що при побудові в диметрії вершин багатокутника їх координати по осі  $y'$  скорочують удвічі. Наприклад, висота  $H$  фігури, розташованої в площині  $P_1$ , і довжина  $l$  фігури, розташованої в площині  $P_3$ , зменшуються у два рази.

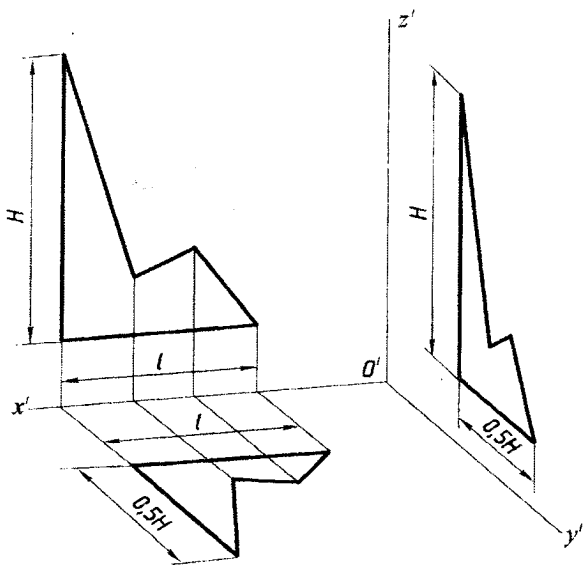


Рис. 2.145

На рис. 2.146 показано зображення трикутної призми в прямокутній диметрії. Якщо ребра призми паралельні осі  $x'$  або  $z'$ , то розмір висоти не змінюється, але спотворюється форма основи. При розміщенні ребер паралельно осі  $y'$  висота призми зменшується удвічі.

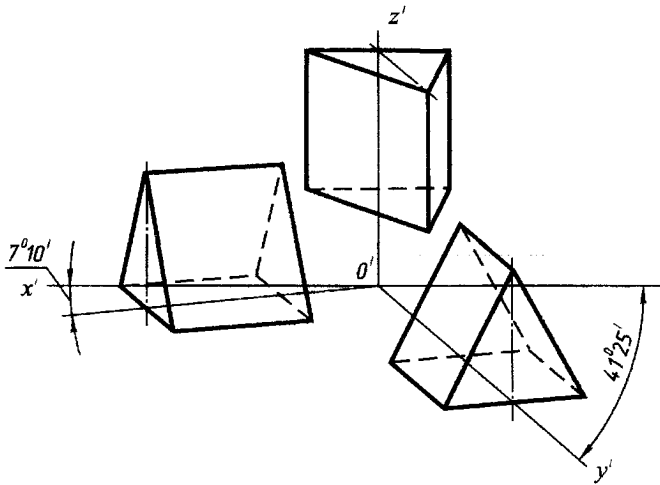


Рис. 2.146

Кола в прямокутній диметричній проекції зображуються у вигляді еліпсів. Велика вісь еліпсів  $A'B'$  у всіх випадках дорівнює  $1,06d$ , де  $d$  – діаметр кола. Малі осі  $C'D'$  еліпсів, розташованих на паралелограмах куба, дорівнюють  $0,35d$ , а на ромбі –  $0,95d$  (рис. 2.147).

Для побудови диметричної проекції кола (еліпса), розташованого в площині, паралельній осям  $x'$  і  $z'$ , слід поділити половину більшої діагоналі ромба на 10 рівних частин. Еліпс має пройти через точку  $3'$ .

Провівши через цю точку дві прямі, паралельні осям  $x'$  і  $z'$ , на перетині цих прямих з малою діагоналлю ромба одержимо ще дві точки  $3'$ , що належать еліпсу. Далі, проводячи в напрямі стрілок прямі, паралельні осям до перетину з діагоналями паралелограмів, одержуємо точки  $3'$  на решті граней куба.

Крім точок  $3'$  є ще чотири точки, через які проходить еліпс. Ці точки розташовані на серединках сторін паралелограмів. Знайдені точки еліпсів з'єднують кривою по лекалу.

Побудову еліпсів в диметрії іноді заміняють простішою побудовою овалів. На рис. 2.148 наведені приклади побудови диметричних проекцій, де еліпси замінені овалами, побудованими спрощеним способом. Розглянемо приклад побудови диметричної проекції кола, розташованого паралельно площині  $\Pi_2$  (рис. 2.148, а). Через точки  $O'$  проводимо осі, паралельно осям  $x'$  і  $z'$ . З центра  $O'$  радіусом, який дорівнює радіусу даного кола, проводимо допоміжне коло, яке перетинається з осями в точках  $1', 2', 3', 4'$ .

З точок  $1'$  і  $3'$  в напрямі стрілок проводимо горизонтальні лінії до перетину з осями  $A'B'$  і  $C'D'$  овала і одержуємо точки  $O'_1, O'_2, O'_3$  і  $O'_4$ .

Взявши за центри точки  $O'_1$  і  $O'_4$  радіусом  $R$  проводимо дуги  $1'2'$  і  $3'4'$ . Взявши за центри точки  $O'_2$  і  $O'_3$ , радіусом  $R_1$  проводимо дуги  $2'3'$  і  $1'4'$ , які замикають овал.

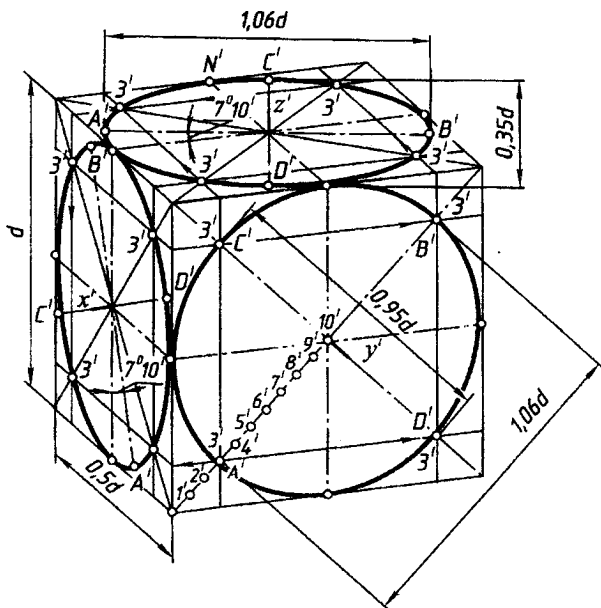


Рис. 2.147

Розглянемо спрощену побудову диметричної проєкції кола, яке лежить в площині  $\Pi_3$  (рис. 2.148, в).

Через намічену точку  $O'$  проводимо прямі, паралельні осям  $x'$  і  $z'$ , а також велику вісь овала  $A'B'$  перпендикулярно до малої осі  $C'D'$ . З центра  $O'$  радіусом, який дорівнює радіусу даного кола, проводимо допоміжне коло і одержуємо точки  $N'$  і  $N'_1$ .

На прямій, паралельній осі  $x'$  праворуч і ліворуч від центра  $O'$  відкладаємо відрізки, що дорівнюють діаметру допоміжного кола, й одержуємо точки  $O'_1$  і  $O'_2$ . Взявши ці точки за центри, проводимо в напрямі стрілок радіусом  $R = O'_1N' = O'_2N'_1$  дуги овалів. З'єднуючи точку  $O'_2$  прямими з кінцями дуги  $N'_1N'_2$ , на лінії великої осі  $A'B'$  овала одержимо точки  $O'_3$  і  $O'_4$ . Взявши їх за центри, проводимо радіусом  $R_1$  дуги, які замикають овал.

На рис. 2.148, б показано аналогічну спрощену побудову диметричної проєкції кола, розташованого в горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ . На рис. 2.148, а, б і в показані зображення таких овалів на диметричних проєкціях деталей.

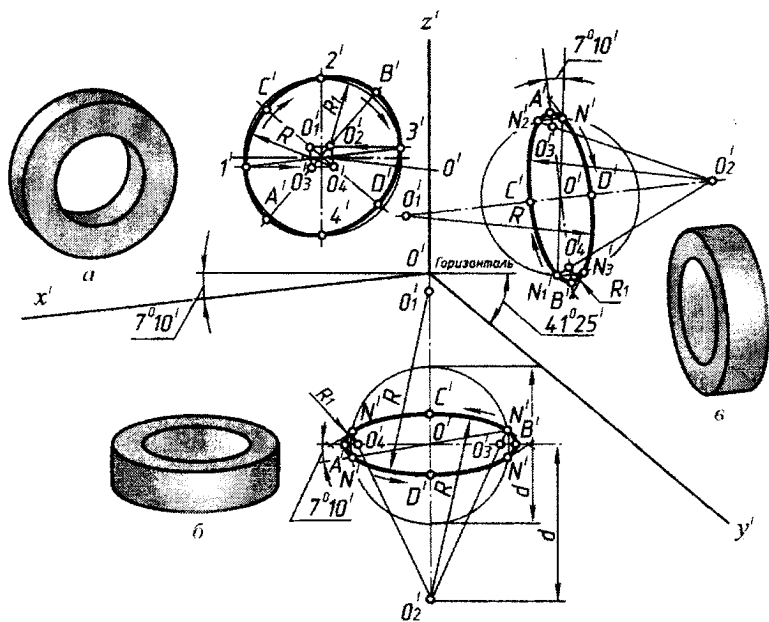


Рис. 2.148

## 7.7. Косокутна фронтальна ізометрична проєкція

Косокутна фронтальна ізометрична проєкція характерна тим, що всі лінії предмета, паралельні фронтальній площині проєкцій, зображаються в фронтальній ізометричній проєкції без спотворення, наприклад, сторона куба  $B$  на рис. 2.136,  $в$ .

Положення аксонометричних осей показано на рис. 2.136,  $в$ . Допускається застосовувати фронтальні ізометричні проєкції з кутом нахилу осі  $y'$  до осі  $x'$   $30^\circ$  і  $60^\circ$ . Фронтальну ізометричну проєкцію виконують без спотворення лінійних розмірів по усіх трьох осях.

Кола, розташовані в площинах, паралельних фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ , проєктуються на аксонометричну площину в кола того ж діаметра (рис. 2.149,  $а$ ). Кола, розташовані в площинах, паралельних площинам проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_3$ , проєктуються у вигляді еліпсів.

Для побудови еліпсів гострі кути між прямими, паралельними аксонометричним осям, які проходять через центри еліпсів, поділяють навпіл, проводячи бісектриси цих кутів. Великі осі еліпсів  $A'B'$  направлені по бісектрисах, малі осі  $C'D'$  перпендикулярні до великих (рис. 2.149,  $а$ ).

Довжина великої осі еліпса дорівнює 1,3, а малої – 0,54 діаметра кола.

Предмет у фронтальній ізометричній проекції слід розташовувати відносно осей так, щоб складні плоскі фігури, кола, дуги плоских кривих знаходились в площинах, паралельних фронтальній площині проєкцій (рис. 2.149, б). Тоді побудова їх спрощеться, оскільки вони зображуються без спотворення.

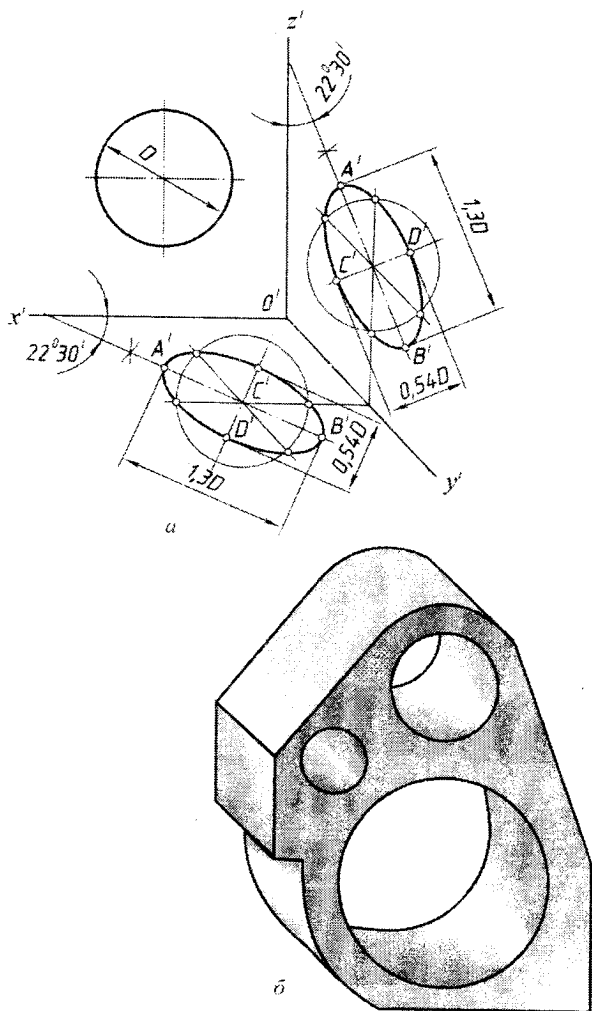


Рис. 2.149

## 7.8. Косокутна горизонтальна ізометрична проекція

В горизонтальній ізометричній проекції лінійні розміри предметів зображуються без спотворення по всіх трьох осях. Зображення площини аксонометричних осей цієї проекції наведено на рис. 2.136, з. При побудові напрямів осей можна скористатися косинцем з кутами 30 і 60°, як показано на рис. 2.150, а.

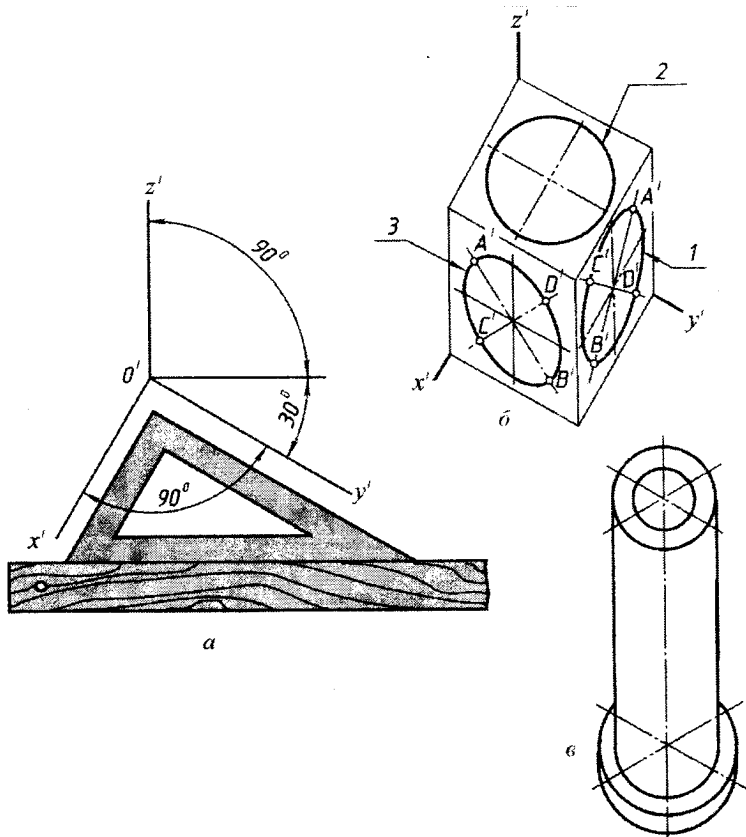


Рис. 2.150

Коло, розташоване в площині, паралельній  $\Pi_1$ , проектується в коло 2 того ж діаметра, а кола розташовані в площинах, паралельних  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ , – в еліпси 1 і 3 (рис. 2.150, б).



Велика вісь еліпса 1 дорівнює 1,37, а мала – 0,37 діаметра зображуваного кола. Велика вісь еліпса 3 дорівнює 1,22, а мала – 0,71 діаметра кола. Велика вісь  $AB$  направлена по бісектрисі гострого кута між прямими, паралельними осям; мала вісь перпендикулярна великій.

На рис. 2.150, *в* зображений предмет в косокутній горизонтальній ізометрії.

## 7.9. Косокутна фронтальна диметрична проекція

Положення аксонометричних осей фронтальної диметрії однакове з фронтальною ізометрією, але в напрямі, паралельному осі  $y'$  лінійні розміри зменшують удвічі (рис. 2.136, *д*).

Це можна бачити на рис. 2.151, *а* і *в*, де задані дві фронтальні проекції призми. В першому випадку (рис. 2.151, *а*) основа призми – правильний шестикутник – спотворена, а в другому (рис. 2.151, *в*) зображена в дійсному вигляді. Висота призми в першому випадку зображена без спотворення, а в другому – із спотворенням.

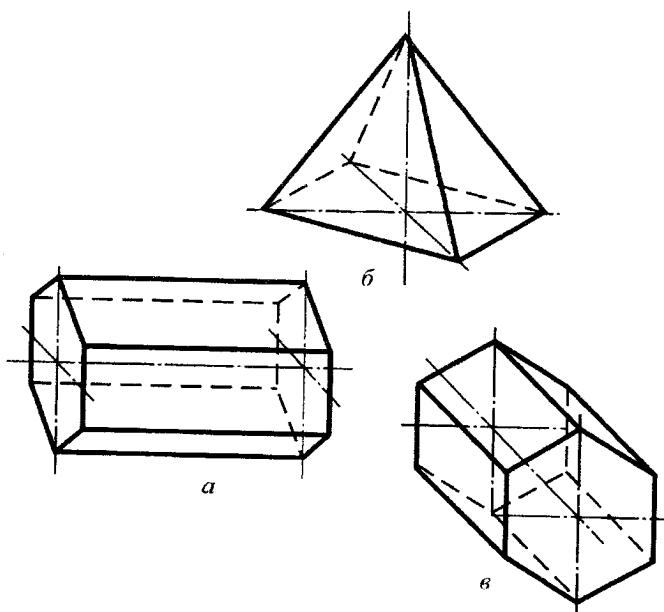


Рис. 2.151

Фронтальна косокутна диметрична проекція піраміди показана на рис. 2.151, *б*.

Допускається застосовувати фронтальні диметричні проекції з кутом нахилу осі у  $30^\circ$  і  $60^\circ$ .

Коло, розміщене в площині, паралельній фронтальній площині проєкцій (рис. 2.152), проєктується на аксонометричну площину проєкцій у коло 2 того ж діаметра, а кола, розташовані в площинах, паралельних профільній і горизонтальній площинам проєкцій, – в еліпси 1 і 3. Велика вісь  $A'B'$  еліпсів 1 і 3 дорівнює 1,07, а мала вісь  $C'D'$  – 0,33 діаметра кола. Для спрощення побудов еліпси замінюють овалами (рис. 2.152). Спрощена побудова овалів показана на рис. 2.148.

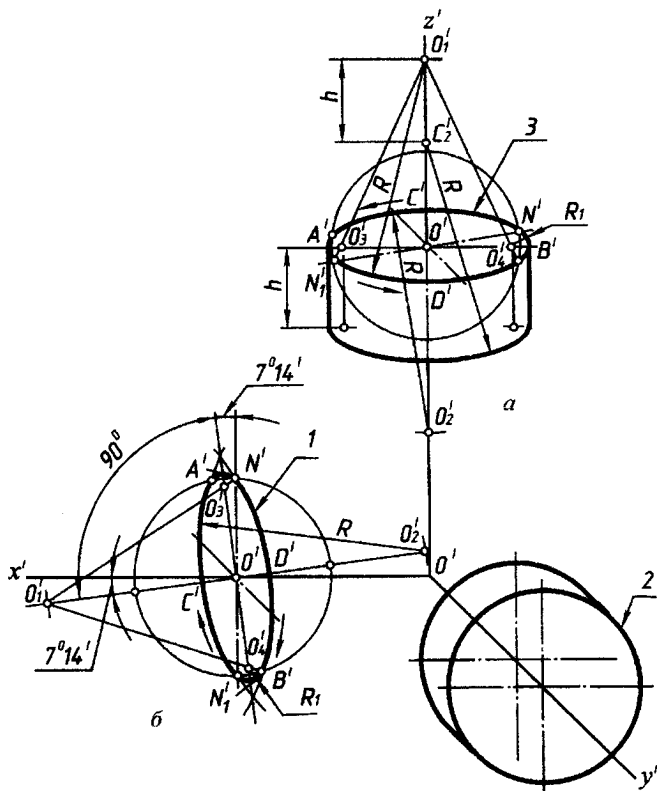


Рис. 2.152

## 7.10. Запитання для самоперевірки

7.10.1. У чому перевага аксонометричних проєкцій порівняно з комплексними?

- 7.10.2. У чому суть аксонометричного проектування?
- 7.10.3. Що називають коефіцієнтом спотворення?
- 7.10.4. Як класифікують аксонометричні проєкції?
- 7.10.5. Як будувати осі в прямокутній ізометрії і чому дорівнюють показники спотворення по аксонометричних осях?
- 7.10.6. Як будувати осі в прямокутній диметрії і чому дорівнюють показники спотворення по аксонометричних осях?
- 7.10.7. Як побудувати коло в ізометрії, якщо площина кола паралельна площині проєкцій  $\Pi_2$ ? площині  $\Pi_1$ ? площині  $\Pi_3$ ?
- 7.10.8. Як будувати коло в прямокутній диметрії, якщо площина кола паралельна площині проєкцій  $\Pi_3$ ? площині  $\Pi_1$ ? площині  $\Pi_2$ ?
- 7.10.9. Як будувати коло у фронтальній диметрії при різному його розташуванні щодо площин проєкцій?
- 7.10.10. Як будувати проєкції кола у фронтальній косокутній ізометрії? у горизонтальній косокутній ізометрії?

## 7.11. Вправи

- 7.11.1. Назвати аксонометричні проєкції, осі яких зображено на рис. 2.153, 2.154, 2.155?

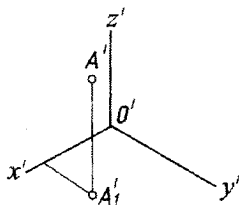


Рис. 2.153

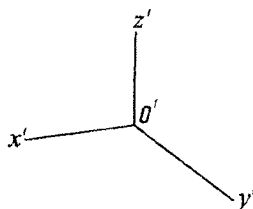


Рис. 2.154

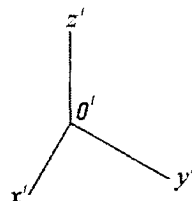


Рис. 2.155

- 7.11.2. Чому дорівнюють коефіцієнти спотворення для аксонометрії, зображеної на рис. 2.154?
- 7.11.3. Як називається проєкція  $A'_1$  (рис. 2.153)?
- 7.11.4. У чому різниця між прямокутними і косокутними аксонометричними проєкціями?
- 7.11.5. Поясніть побудову в ізометрії трикутника, розташованого паралельно різним площинам (рис. 2.156, а, б, в). Зверніть увагу на розташування координатних осей.
- 7.11.6. На рис. 2.157 в ізометрії побудовано плоску фігуру, обмежену кривою лінією. Розгляньте і поясніть побудову.

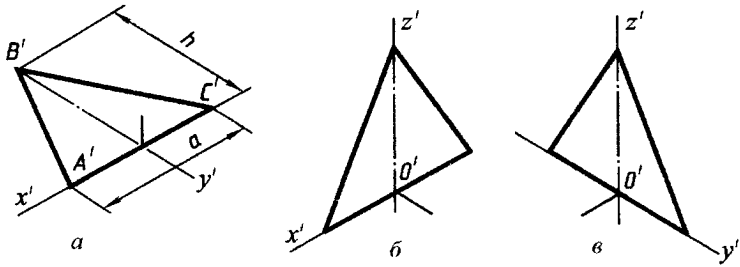


Рис. 2.156

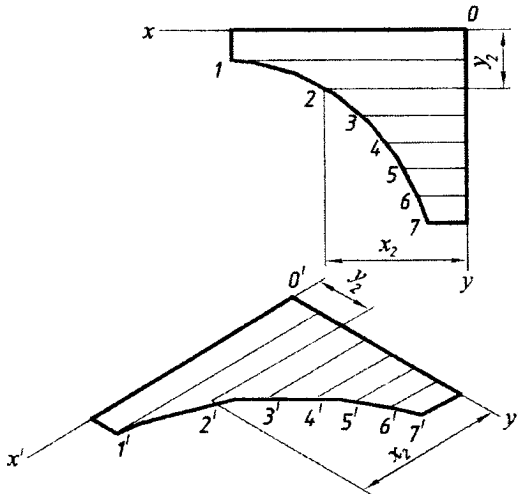


Рис. 2.157

- 7.11.7. Розгляньте і поясніть побудову в ізометрії пластинки, зображеної на рис. 2.158, а, б.
- 7.11.8. Розгляньте побудову зображеного на рис. 2.159 графіка, за допомогою якого можна визначити розміри великої і малої осей для довільного діаметра кола.
- 7.11.9. На рис. 2.160, а, б в прямокутній диметрії зображено пластинку. Поясніть виконану побудову і порівняйте цей рисунок з рис. 2.158, а, б.
- 7.11.10. Поясніть побудову у фронтальній диметрії пластинки, розміщеної паралельно площині  $\Pi_2$  (рис. 2.161, а, б).

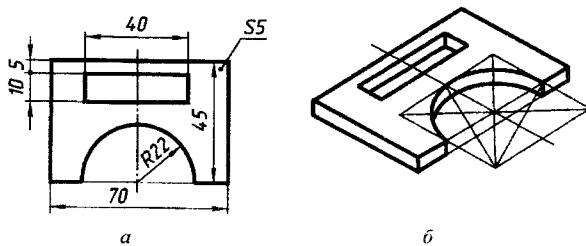


Рис. 2.158

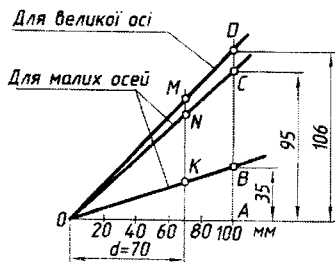


Рис. 2.159

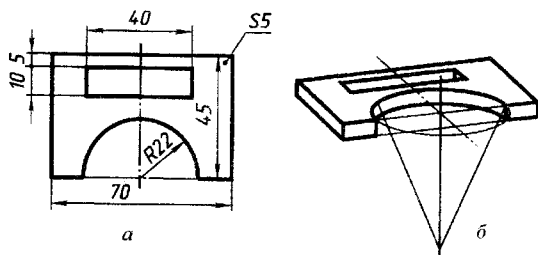


Рис. 2.160

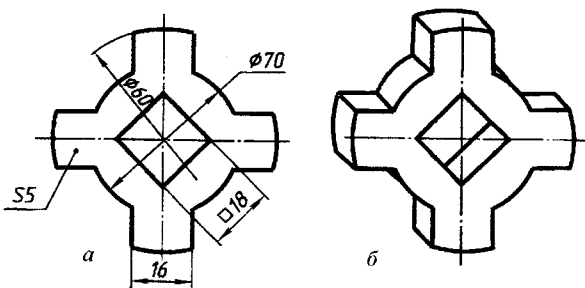


Рис. 2.161

## § 8. ПРОЕКЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

### 8.1. Форми геометричних тіл

Щоб накреслити складну технічну деталь, потрібно, насамперед, уявити собі її форму. Для цього зручно уявно розчленити деталь на окремі геометричні тіла (призми, циліндри, конуси, кулі тощо) і навчитися будувати проєкції цих простих геометричних тіл. Зобразити й прочитати креслення геометричного тіла означає не тільки вміти за розмірами побудувати проєкції, а й провести повний аналіз фігури. Останнє означає, що треба вміти визначати й показати на кресленні ребра, грані, вершини, твірні, їх розташування між собою і відносно площин проєкції, показати видимі й невидимі елементи, знайти проєкції точок, що лежать на поверхні тіла, проставити розміри тощо.

Геометричні тіла, обмежені плоскими фігурами – багатокутниками, називаються *багатогранниками* (рис. 2.162). Їх плоскі фігури називаються *гранями*, а лінії перетину граней – *ребрами*. Точки перетину ребер, або точки, в яких сходяться грані, називаються *вершинами багатогранника*. Кут, утворений гранями, які сходяться в одній вершині, буде багатограним кутом.

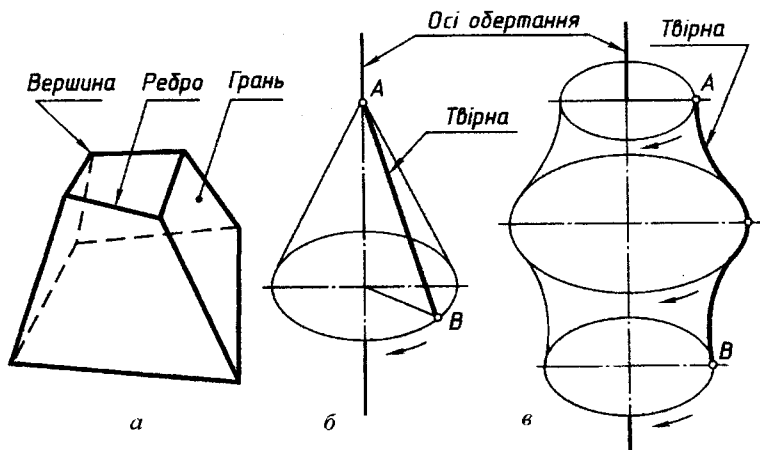


Рис. 2.162

Багатогранниками, наприклад, є призма й піраміда. Тіла обертання обмежені поверхнями, які утворюються внаслідок обертання навколо осі будь-якої лінії *AB*, що називається *твірною* (рис. 2.162, б і в).

На практиці найчастіше зустрічаються такі тіла обертання: циліндр, конус, сфера, кільце, тор.

Деталі, зображені на рис. 2.163, можна розчленити на різні геометричні тіла, поверхні яких перетинаються між собою по прямих, дугах кіл або кривих лініях.

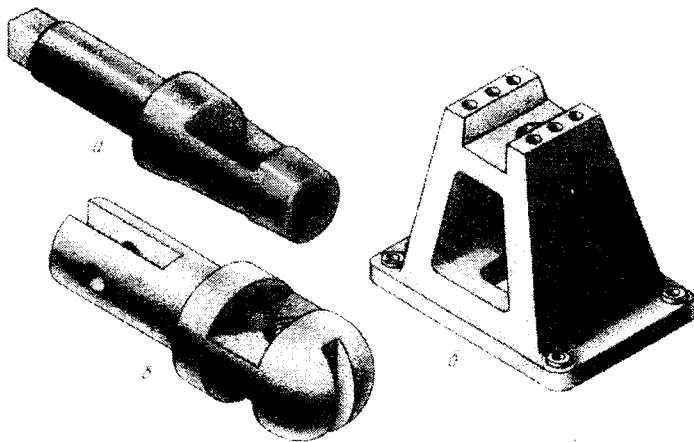


Рис 2.163

## 8.2. Проекції призми

Якщо твірна ковзає по довільній напрямній замкненій ламаній лінії так, що окремі її положення залишаються між собою паралельними, то утворюється *призматична поверхня*.

*Призмою називається багатогранник, який утворюється перерізом призматичної поверхні двома паралельними площинами.*

Дві грані призми (*основи*) є однаковими багатокутниками з відповідно паралельними сторонами, а бічні грані в загальному випадку – паралелограми.

*Призма, в якій бічні ребра перпендикулярні до основи, називається прямою і похилою, коли вони не перпендикулярні.*

Бічні грані прямої призми – прямокутники, похилої – паралелограми. Призми поділяються на правильні і неправильні.

*Правильною називається призма, в основі якої лежить правильний багатокутник.*

За формою основи призми бувають трикутні, чотирикутні, шестикутні і т.д. Коли в основі призми лежить прямокутник або паралелограм, вона називається *паралелепіпедом*.

Прямий паралелепіпед, в основі якого лежить прямокутник, називається *прямокутним*.

Побудова проєкцій правильної прямої шестикутної призми (рис. 2.164) розпочинається з виконання її горизонтальної проєкції – правильного шестикутника. Із вершин цього шестикутника проводять вертикальні лінії зв'язку і будують фронтальну проєкцію нижньої основи призми. Ця проєкція зображається відрізком горизонтальної прямої. Від цієї прямої вгору відкладають висоту призми і будують фронтальну проєкцію верхньої основи. Потім накреслюють фронтальні проєкції ребер – відрізки вертикальних прямих, що дорівнюють висоті призми. Фронтальні проєкції передніх і задніх ребер співпадають. Горизонтальні проєкції бічних граней зображаються у вигляді відрізків прямих. Середня бічна грань 1234 зображається на площині  $\Pi_2$  в дійсному вигляді, а на площині  $\Pi_3$  – у вигляді відрізка прямої лінії. Фронтальні і профільні проєкції решти граней зображаються спотворено.

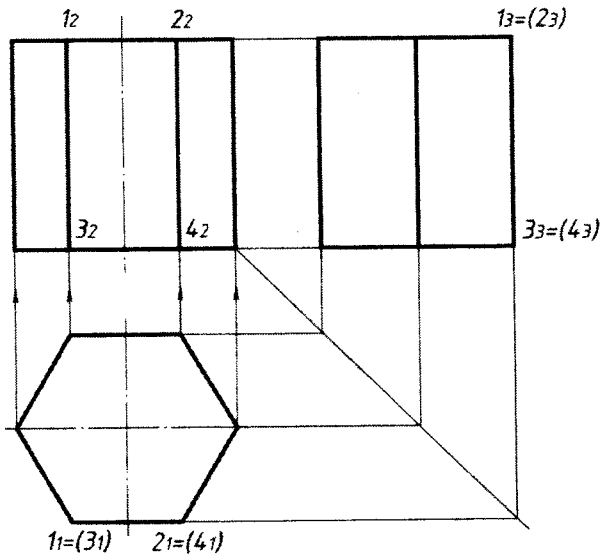


Рис. 2.164



Трохи складніша побудова двох проекцій призми, розташованої похило відносно площин проекцій.

Розглянемо послідовність прямокутних (ортогональних) проекцій похилої шестикутної призми в двох різних положеннях її відносно площини  $\Pi_1$ .

1. Призма, основа якої лежить на площині  $\Pi_1$ , нахилена до цієї площини під кутом  $\alpha$  (рис. 2.165, а). Ребра призми паралельні площині  $\Pi_2$ , тобто є фронталами.

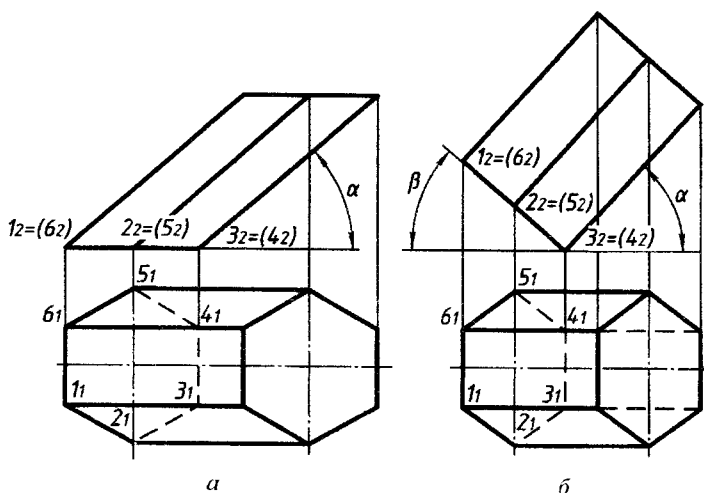


Рис. 2.165

Спочатку будують горизонтальну проекцію основи призми, яка проектується на площину  $\Pi_1$  в дійсному вигляді (правильний шестикутник). Фронтальна проекція основи являє собою відрізок прямої, паралельної осі  $x$ .

З точок  $1_2-6_2$  фронтальної проекції основи проводять прямі (ребра) під кутом  $\alpha$  до осі  $x$  і на них відкладають дійсну довжину ребра призми.

Будують фронтальну проекцію верхньої основи призми у вигляді відрізка прямої, який дорівнює і паралельний фронтальній проекції нижньої основи.

З точок  $1_1-6_1$  горизонтальної проекції нижньої основи проводять прямі – проекції ребер, паралельно осі  $x$  і на них при допомозі

вертикальних ліній зв'язку знаходять шість точок – горизонтальні проєкції вершин верхньої призми.

2. Пряма правильна шестикутна призма нахилена під кутом  $\alpha$  до площини  $\Pi_1$ . Основа призми нахилена до площини  $\Pi_1$  під кутом  $\beta$  (рис. 2.165, б).

В цьому випадку необхідно спочатку побудувати фронтальну проєкцію основи. Ця проєкція являє собою відрізок, який дорівнює відстані між паралельними сторонами шестикутника. Якщо цей відрізок поділити пополам і з його середини провести лінію зв'язку, то на ній будуть розташовані точки  $2_1$  і  $5_1$  – горизонтальні проєкції вершин основи призми. Відстань між точками  $2_1$  і  $5_1$  дорівнює дійсній відстані між вершинами основи призми. Оскільки горизонтальні проєкції  $1_16_1$  і  $3_14_1$  сторін шестикутника являють собою їх дійсні довжини, то, скориставшись цією обставиною, можна повністю побудувати горизонтальну проєкцію основи.

Подальший процес побудови, показаний на рис. 2.165, б, аналогічний наведеному на рис. 2.165, а. На комплексних кресленнях предметів часто доводиться будувати проєкції ліній і точок, розташованих на поверхні цих тіл, маючи іноді лише одну проєкцію лінії або точки.

Розглянемо розв'язування такої задачі. Задано комплексне креслення чотирикутної неправильної прямої призми і одна фронтальна проєкція  $A_2$  точки  $A$  (рис. 2.166). Спочатку слід знайти на комплексному кресленні дві проєкції поверхні, на якій розташована точка. В цьому прикладі точка  $A$  лежить на грані призми 1265. Фронтальна проєкція  $A_2$  точки  $A$  лежить на фронтальній проєкції  $1_22_26_25_2$  грані призми. Горизонтальна проєкція  $1_15_12_16_1$  цієї грані – відрізок прямої лінії. На цьому відрізку і знаходиться горизонтальна проєкція  $A_1$  точки  $A$ . Третю проєкцію призми і точки  $A$  будують, скориставшись лініями зв'язку.

За комплексним кресленням призми можна виконати її аксонометричну проєкцію, скориставшись координатами вершин. Для цього спочатку будують нижню основу призми (рис. 2.166, б), а потім – вертикальні ребра і верхню основу (рис. 2.166, в).

За координатами  $m$  і  $n$  точки  $A$ , взятими з комплексного креслення, можна побудувати аксонометричну проєкцію цієї точки.

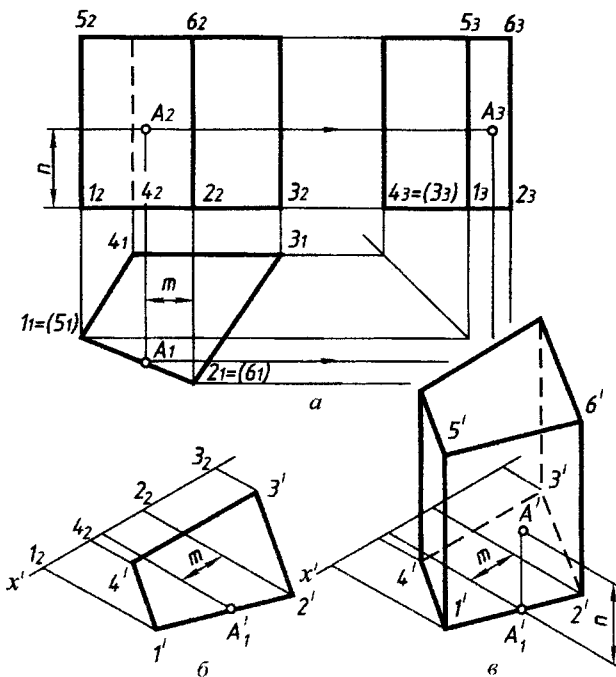


Рис. 2.166

### 8.3. Проекції пірамід

Якщо твірна лінія, що проходить через постійну точку, ковзає по замкненій ламаній лінії, то утворюється багатогранний кут, або пірамідальна поверхня. Перерізаючи пірамідальну поверхню площиною, дістають піраміду.

Отже, пірамідою називається багатогранник (рис. 2.167, а), одна грань якого (основа) є багатокутник, а бічні грані – трикутники, які мають спільну точку – вершину піраміди.

За формою основи піраміди бувають трикутні, чотирикутні, п'ятикутні і т. д.

Піраміда називається правильною, коли в її основі лежить правильний багатокутник і вісь проходить через центр основи.

Бічні грані правильної піраміди – рівнобедрені трикутники.

Найкоротша відстань від вершини до основи називається висотою піраміди.

Якщо піраміду розсікти площиною, паралельною її основі, то та частина піраміди, яка знаходиться між основою і січною площиною, називається *зрізаною пірамідою* (рис. 2.167, б). Сторони верхньої і нижньої основ зрізаної піраміди паралельні між собою. Зрізана піраміда називається *правильною*, коли в її основах лежать правильні багатокутники.

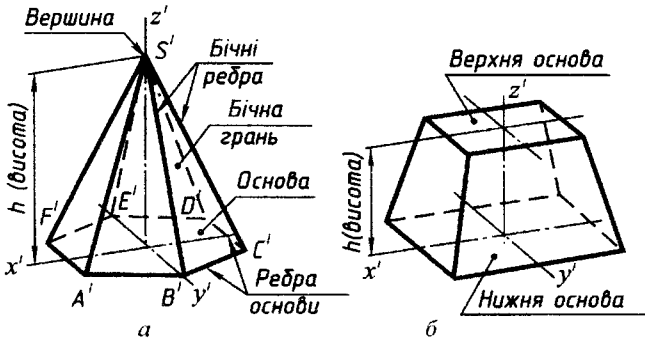


Рис. 2.167

Побудова проєкцій трикутної піраміди розпочинається з побудови основи, горизонтальна проєкція якої є дійсним виглядом трикутника (рис. 2.168, а).

Фронтальна проєкція основи зображається горизонтальним відрізком прямої.

З горизонтальної проєкції  $S_1$  вершини піраміди проводять вертикальну лінію зв'язку, на якій від осі  $x$  відкладають висоту піраміди і одержують фронтальну проєкцію  $S_2$  вершини. З'єднуючи точку  $S_2$  з точками  $1_2, 2_2$  і  $3_2$  одержують фронтальні проєкції ребер піраміди.

Горизонтальні проєкції ребер одержують, з'єднуючи горизонтальну проєкцію  $S_1$  вершини піраміди з горизонтальними проєкціями  $1_1, 2_1$  і  $3_1$  вершин основи.

Нехай, наприклад, задана фронтальна проєкція  $A_2$  точки  $A$ , розташована на грані  $1S_2$  піраміди, і необхідно знайти другу проєкцію точки  $A$ .

Для розв'язування даної задачі проведемо через  $A_2$  допоміжну пряму і продовжимо її до перетину з фронтальними проєкціями  $1_2S_2$  і  $2_2S_2$  ребер в точках  $N_2$  і  $M_2$ . Потім з точок  $N_2$  і  $M_2$  проведемо лінії зв'язку до перетину з горизонтальними проєкціями  $1_1S_1$  і  $2_1S_1$  цих ребер в точках  $N_1$  і  $M_1$ . З'єднавши  $N_1$  з  $M_1$ , одержимо горизонтальну проєкцію допоміжної прямої, на якій за допомогою лінії зв'язку

знайдемо шукану горизонтальну проекцію  $A_1$  точки  $A$ . Профільну проекцію цієї точки знайдемо звичайним способом, використовуючи лінії зв'язку.

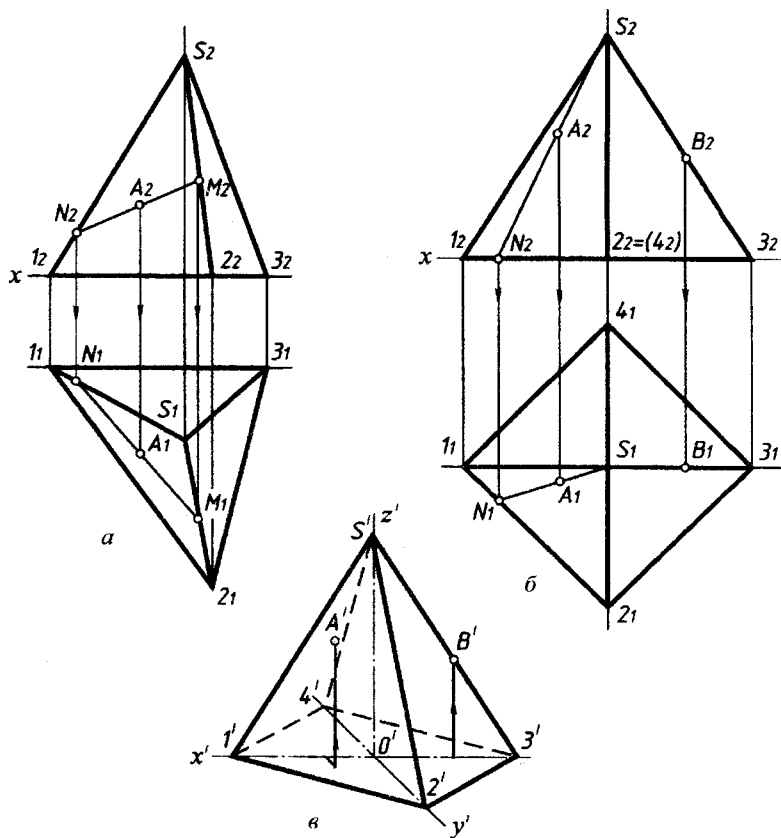


Рис. 2.168

Другий спосіб розв'язування задачі на побудову проекції точки за однією заданою, показаний на рис. 2.168, б для чотирикутної правильної піраміди. В цьому випадку через задану фронтальну проекцію  $A_2$  точки  $A$  проводять допоміжну пряму, яка проходить через вершину піраміди і розташовану на її грані. Горизонтальну проекцію  $N_1S_1$  допоміжної прямої знаходять застосовуючи лінію зв'язку. Шукана горизонтальна проекція  $A_1$  точки  $A$  знаходиться на перетині

Шукана горизонтальна проекція  $A_1$  точки  $A$  знаходиться на перетині лінії зв'язку, проведеної з точки  $A_2$ , з горизонтальною проекцією  $N_1S_1$  допоміжної прямої.

Фронтальна диметрична проекція правильної чотирикутної піраміди виконується так (рис. 2.168, *в*).

Спочатку будують основу. Для цього по осі  $x'$  відкладають довжину діагоналі  $1_13_1$ , а по осі  $y'$  – половину довжини діагоналі  $2_14_1$  (або  $1_13_1$ ). З точки  $O'$  перетину діагоналей проводять пряму, паралельну осі  $O'z'$ , і на цій прямій відкладають висоту піраміди. Вершину  $S'$  з'єднують з вершинами основи прямими лініями – ребрами.

Фронтальну диметричну проекцію точки  $A$ , розташованої на грані піраміди, будують за координатами, які беруть з комплексного креслення. Від початку координат  $O'$  по осі  $O'x'$  відкладають координату  $x_A$ , з її кінця паралельно осі  $O'y'$  – половину координати  $y_A$ , а з кінця цієї координати паралельно осі  $O'z'$  – третю координату  $z_A$ . Побудова диметрії точки  $B$  простіша. Від точки  $O'$  по осі  $O'x'$  відкладають координату  $x_B$ , а з кінця її проводять пряму, паралельну осі  $O'z'$ , до перетину з ребром піраміди у точці  $B'$ .

## 8.4. Проекції циліндрів

Бічна поверхня прямого кругового циліндра утворюється рухом відрізка  $AB$  навколо вертикальної осі по напрямному колу. На рис. 2.169, *а* дано наочне зображення циліндра.

Побудова горизонтальної і фронтальної проекцій циліндра показана на рис. 2.169, *б* і *в*.

Побудову розпочинають, зображаючи основу циліндра, тобто двох проекцій кола (рис. 2.169, *б*). Оскільки коло розташоване на площині  $\Pi_1$ , то воно проектується на цю площину без спотворення. Фронтальна проекція являє собою відрізок горизонтальної прямої лінії, який дорівнює діаметру кола основи.

Після побудови основи на фронтальній проекції проводять дві крайні твірні і на них відкладають висоту циліндра. Проводять відрізок горизонтальної прямої, який є фронтальною проекцією верхньої основи циліндра (рис. 2.169, *в*).

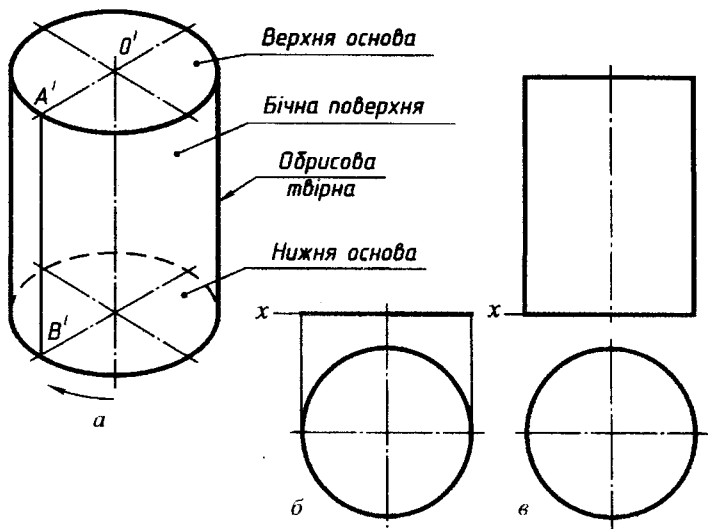


Рис. 2.169

Визначення двох відсутніх проєкцій точок  $A$  і  $B$ , розташованих на поверхні циліндра, за однією заданою, наприклад, фронтальною проєкцією в даному випадку труднощів не викликає, оскільки вся горизонтальна проєкція бічної поверхні циліндра являє собою коло (рис. 2.170).

Отже, горизонтальні проєкції точок  $A$  і  $B$  можна знайти, провівши з даних точок  $A_2$  і  $B_2$  вертикальні лінії зв'язку до їх перетину з колом в шуканих точках  $A_1$  і  $B_1$ .

Профільні проєкції точок  $A$  і  $B$  будують також за допомогою вертикальних і горизонтальних ліній зв'язку.

Ізометричну проєкцію циліндра накреслюють, як показано на рис. 2.170, б.

Ізометрію точок  $A$  і  $B$  будують за їх координатами. Наприклад, для побудови точки  $B$  від початку координат  $O'$  по осі  $O'x'$  відкладають координату  $x_B = n$ , а потім через її кінець проводять пряму, паралельну осі  $O'y'$ , до перетину з еліпсом або овалом (основною) в точці  $B'_1$ . З цієї точки паралельно осі  $O'z'$  проводять пряму, на якій відкладають координату  $z_B = h_1$  точки  $B$ .

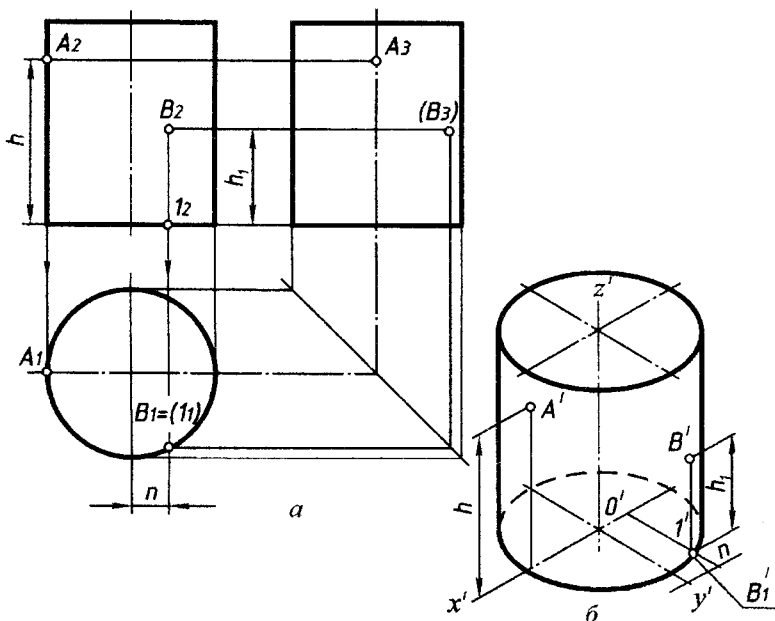


Рис. 2.170

## 8.5. Проекції конусів

Наочне зображення кругового прямого конуса показано на рис. 2.171, *а*. Бічна поверхня конуса утворена обертанням твірної  $BS$  навколо осі по напрямному колу основи. Послідовність побудови двох проєкцій конуса показана на рис. 2.171, *б* і *в*. Попередньо будують дві проєкції основи. Горизонтальна проєкція основи – коло. Якщо припустити, що основа конуса лежить на площині  $\Pi_1$ , то фронтальною проєкцією буде відрізок прямої, що дорівнює діаметру цього кола (рис. 2.171, *б*). На фронтальній проєкції з середини основи ставлять перпендикуляр і на ньому відкладають висоту конуса (рис. 2.171, *в*). Одержану фронтальну проєкцію вершини конуса з'єднують прямими з кінцями фронтальної проєкції основи і одержують фронтальну проєкцію конуса.



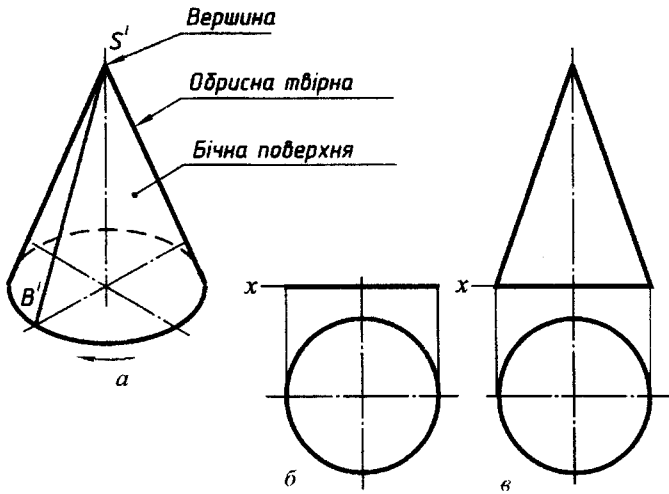


Рис. 2.171

Якщо на поверхні конуса задана одна проекція точки  $A$  (наприклад, фронтальна проекція на рис. 2.172,  $a$ ), то дві інші проекції цієї точки визначають за допомогою допоміжних ліній – твірної, розташованої на поверхні конуса і проведеної через точку  $A_2$  або кола, розташованого в площині, паралельній основі конуса.

В першому випадку (рис. 2.172,  $a$ ) проводять фронтальну проекцію  $S_2A_2F_2$  допоміжної твірної. Скориставшись вертикальною лінією зв'язку, проведеною з точки  $F_2$ , розташованої на фронтальній проекції кола основи, знаходять горизонтальну проекцію  $S_1A_1F_1$  цієї твірної, на якій за допомогою лінії зв'язку, проведеної через  $A_2$ , знаходять шукану точку  $A_1$ .

У другому випадку (рис. 2.172,  $b$ ) допоміжною лінією, проведеною через точку  $A_1$ , буде коло, розташоване на конічній поверхні і паралельне площині  $\Pi_1$ . Фронтальна проекція цього кола зображується у вигляді відрізка горизонтальної прямої. Шукана горизонтальна проекція  $A_1$  точки  $A$  знаходиться на перетині лінії зв'язку, опущеної з точки  $A_2$ , з горизонтальною проекцією допоміжного кола.

Якщо задана фронтальна проекція  $B_2$  точки  $B$  розташована на контурній (обрисній) твірній  $S_2K_2$ , то горизонтальна проекція точки знаходиться без допоміжних ліній.

Ізометричну проекцію точки  $A$ , яка знаходиться на поверхні конуса, будують за трьома координатами точки (рис. 2.172,  $в$ ):  $x_A = n$ ,

$y_A = m$  і  $z_A = h$ . Ці координати послідовно відкладають в напрямі, паралельному ізометричним осям. В розглядуваному прикладі від початку координат  $O'$  по осі  $O'x'$  відкладена координата  $x_A = n$ ; з кінця її паралельно осі  $O'y'$  проведена пряма, на якій відкладена координата  $y_A = m$ ; з кінця відрізка, що дорівнює  $m$ , паралельно осі  $O'z'$  проведена пряма, на якій відкладена координата  $z_A = h$ . Внаслідок побудов одержимо шукану ізометричну проекцію точки  $A$ .

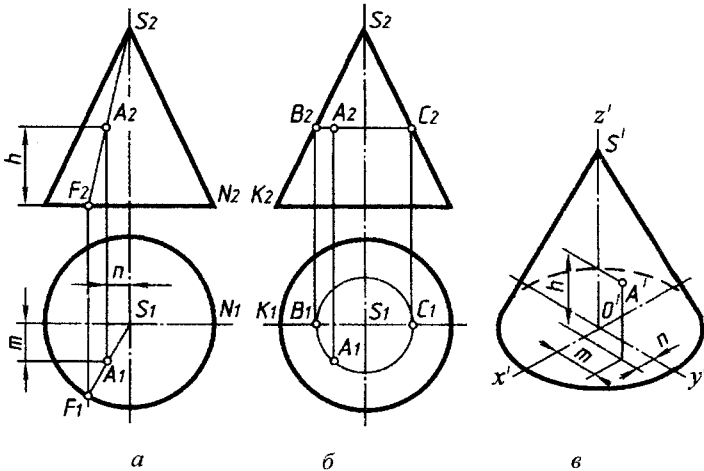


Рис. 2.172

## 8.6. Проекції кулі

На рис. 2.173, а показано наочне зображення півкулі, сферична поверхня її утворена обертанням чверті кола  $AB$  навколо радіуса  $AO$ .

Проекції півкулі наведено на рис. 2.173, б. Горизонтальна проекція – коло радіуса, що дорівнює радіусу сфери, а фронтальна – півколо того ж радіуса.

Якщо точка  $A$  розташована на сферичній поверхні (рис. 2.173, в), то допоміжна лінія, проведена через цю точку, має бути колом, розташованим в площині, паралельній будь-якій площині проекції (в даному випадку в площині, паралельній площині  $P_1$ ). На горизонтальній проекції допоміжного кола, де воно зображується в дійсному вигляді,

знаходять, використовуючи лінію зв'язку, шукану горизонтальну проекцію  $A_1$  точки  $A$ .

Величина діаметра допоміжного кола дорівнює фронтальній проекції  $B_2C_2$ .

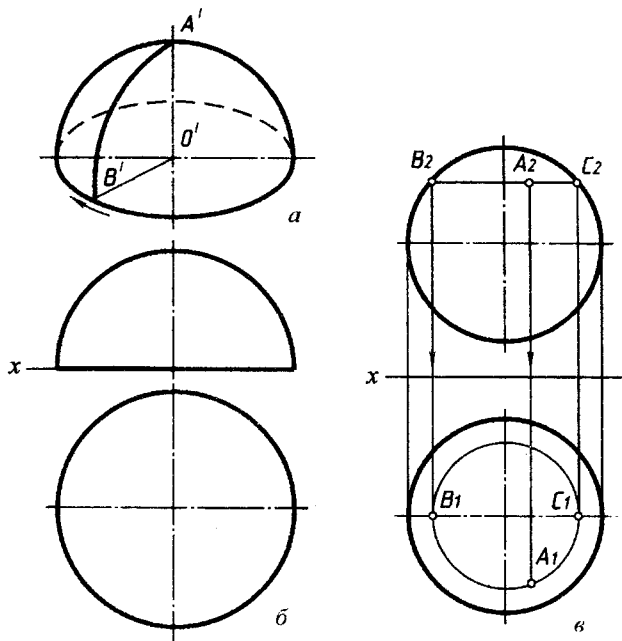


Рис. 2.173

## 8.7. Проекції тора

Поверхня тора (рис. 2.174, *a*) утворена обертанням центра твірного кола  $ABCD$  навколо осі  $OO$  по напрямному колу радіуса  $R$ .

Кругове кільце (або відкритий тор) має горизонтальну проекцію у вигляді двох концентричних кіл, різниця радіусів яких дорівнює товщині кільця або діаметру твірного кола (рис. 2.174, *б*). Фронтальна проекція обмежується справа і зліва дугами півкіл діаметра твірного кола.

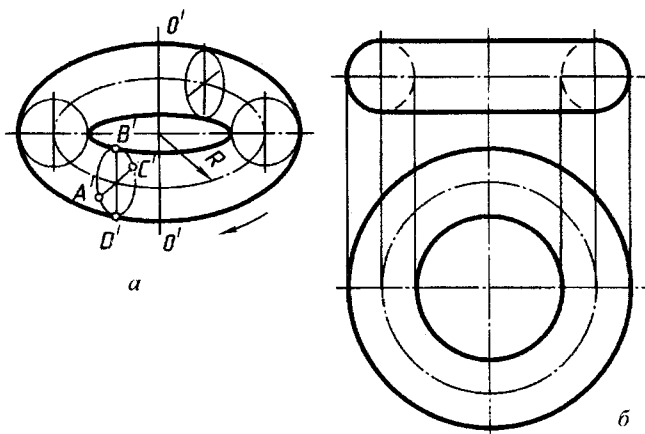


Рис. 2.174

Тор – поверхня утворена обертанням частини кола, яка називається твірною, навколо осі  $OO'$ , розташованої в площині цього кола і яка не проходить через його центр.

На рис. 2.175, *а* і *б* наведені два види тора. В першому випадку твірна дуга кола радіуса  $R$  має довжину меншу половини кола, а в другому випадку (рис. 2.175, *б*) – більшу півкола. В обох випадках фронтальні проєкції тора являють собою дійсний вигляд двох твірних дуг кола радіуса  $R$ , розташованих симетрично відносно фронтальної проєкції осі обертання. Профільні проєкції тора – кола.

У випадку, коли точка  $A$  лежить на поверхні тора (кругового кільця) і задана одна її проєкція, то для знаходження другої проєкції цієї точки застосовується допоміжне коло, проведене через дану точку  $A$  і розташоване на поверхні кільця в площині, перпендикулярній осі кільця (рис. 2.176).

Якщо задана фронтальна проєкція  $A_2$  точки  $A$ , розташованої на поверхні кільця, то для знаходження її другої проєкції (в даному випадку – профільної) через  $A_2$  проводять фронтальну проєкцію допоміжного кола – відрізок вертикальної прямої лінії  $B_2C_2$ . Потім будують профільну проєкцію  $B_3C_3$  цього кола і на ній, скориставшись лінією зв'язку, знаходять точку  $A_3$ .

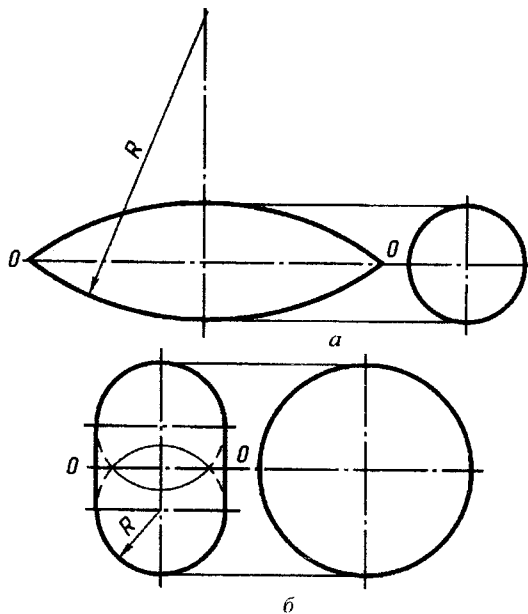


Рис. 2.175

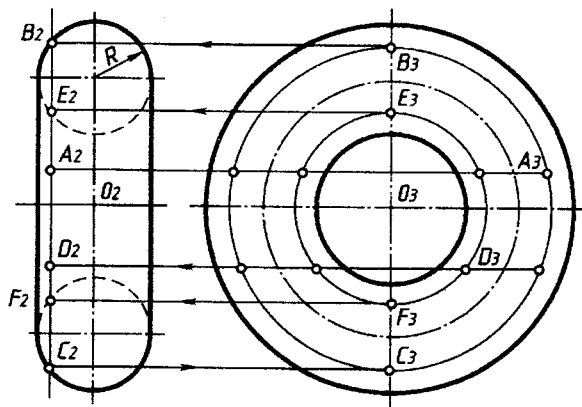


Рис. 2.176

Якщо задана профільна проекція  $D_3$  точки  $D$ , розташованої на поверхні цього кільця, то для знаходження фронтальної проекції точки  $D$  через  $D_3$  проводять профільну проекцію допоміжного кола

радіуса  $O_3D_3$ . Потім через верхню і нижню точки  $E_3, F_3$  цього кола проводять горизонтальні лінії зв'язку до перетину з фронтальними проєкціями твірного кола радіуса  $R$  і одержують точки  $E_2$  і  $F_2$ . Ці точки з'єднують вертикальною прямою, котра являє собою фронтальну проєкцію допоміжного кола (вона буде невидима). Проводячи горизонтальну лінію зв'язку з точки  $D_3$  до перетину з прямою  $E_2F_2$ , одержимо шукану точку  $D_2$ .

Аналогічно будуються точки, які знаходяться на поверхні тора.

## 8.8. Геометричні тіла як елементи моделей і деталей машин

Геометричні тіла можуть бути суцільними і порожнистими з отворами, виїмками і т. д. Приклад наочного зображення геометричного тіла – трикутної прямої призми із наскрізним отвором циліндричної форми – показаний на рис. 2.177, а. Комплексне креслення цієї призми виконано на рис. 2.177, б.

Побудову розпочинають з фронтальної проєкції, де проєкції обох основ призми збігаються і зображаються рівностороннім трикутником. Циліндричний отвір зображається у вигляді кола.

Далі будують горизонтальну і профільну проєкції призми. На цих двох проєкціях циліндричний отвір показаний лініями невидимого контуру, тобто штриховими.

В розглядуваному прикладі геометричне тіло мало виріз нескладної форми, і побудова проєкції цієї моделі особливих труднощів не викликала. На практиці часто зустрічаються деталі машин зі складними отворами і вирізами, побудова яких на кресленнях вимагає особливих способів.

Приклади таких деталей були зображені на рис. 2.163. Всі вони складаються із сполучення елементів геометричних тіл і поверхонь. В цих деталях є отвори різної форми, обмежені геометричними поверхнями. Проєкції контурів цих отворів будують за допомогою характерних точок, котрі в подальшому з'єднують лініями.

Розглянуті вище приклади побудови проєкцій точок, розташованих на різних геометричних тілах і поверхнях, достатньо повно пояснюють методи і способи цих побудов.

Слід відмітити, якщо плоскі поверхні отворів розташовуються паралельно основі геометричного тіла, то для визначення проєкції характерних точок контурів отворів дуже зручно застосовувати допоміжні прямі і фігури – багатокутники або кола, що лежать в площинах, паралельних основі.

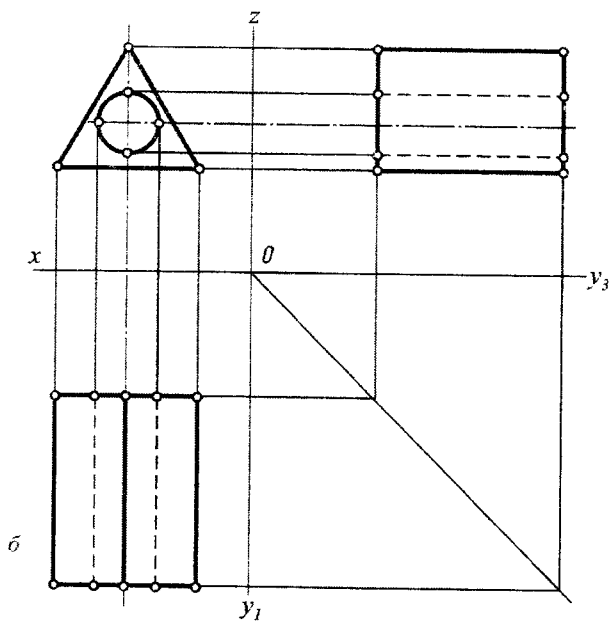
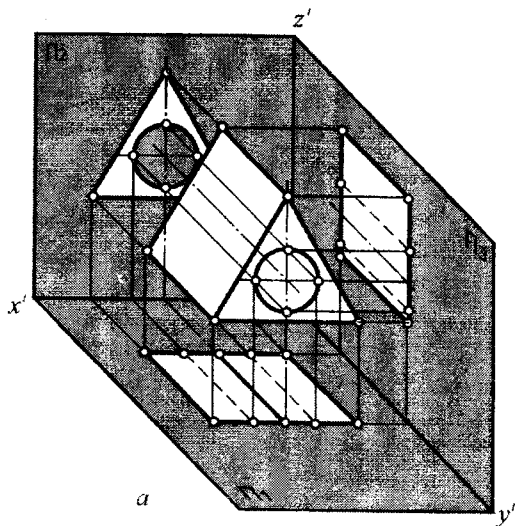


Рис. 2.177

Приклади таких побудов показані на рис. 2.178. Застосування допоміжних кіл можна бачити на рис. 2.178, *a* і *д*. На рис. 2.178, *б*, *в* і *г* показано застосування допоміжних багатокутників.

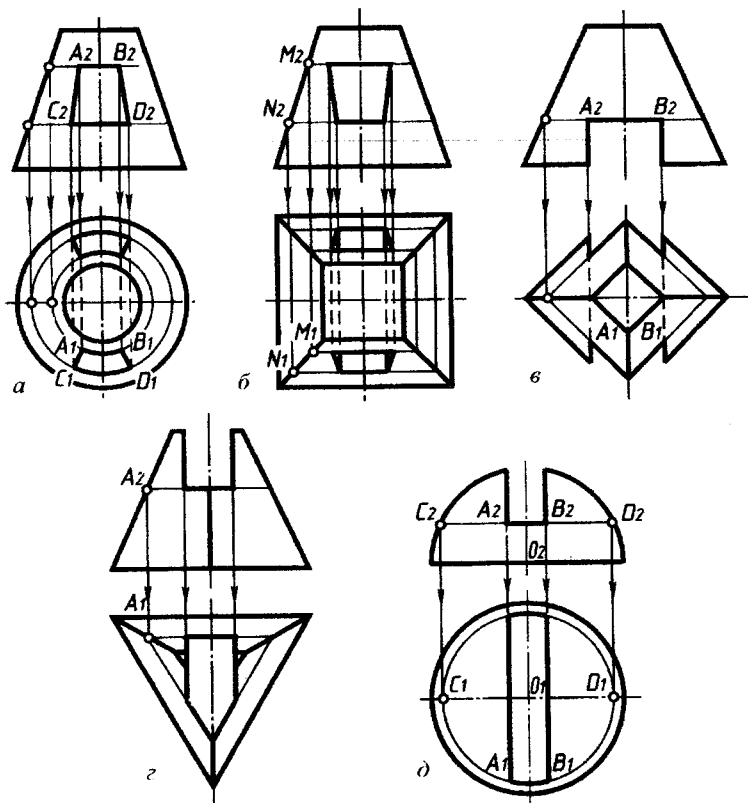


Рис. 2.178

На рис. 2.163, *a* було показано наочне зображення деталі – пробки крана. Для виконання креслення цієї деталі слід виконати побудову отвору у формі трапеції. Для цього необхідно вміти будувати проєкції ліній, розташованих на конічній поверхні (рис. 2.178, *a*).

В даному прикладі лінії  $AB$  і  $CD$  являють собою дуги кіл. Горизонтальні проєкції цих дуг будують так. Фронтальні проєкції дуг продовжують до перетину з контурними (обрисними) твірними. Радіусами, що дорівнюють радіусам дуг, на площині  $\Pi_1$  проводять



кола, на яких, скориставшись лініями зв'язку, знаходять шукані горизонтальні проекції точок  $A, B, C$  і  $D$ .

Друга деталь – станина (рис. 2.163, б) – обмежена поверхнею зрізаної чотирикутної піраміди. Станина має наскрізний виріз трапецеїдальної форми, який можна побудувати на кресленні, використовуючи способи побудови, які показані на рис. 2.178, б. В цьому випадку застосовують допоміжні чотирикутники, площини яких паралельні основі піраміди. Фронтальні проекції горизонтальних площин вирізу мають бути продовжені до зустрічі з будь-яким ребром піраміди в точках  $M_2$  і  $N_2$ . Горизонтальні проекції  $M_1$  і  $N_1$  цих точок знаходять, застосовуючи лінії зв'язку, на горизонтальній проекції ребра. Потім з точок  $M_1$  і  $N_1$  проводять горизонтальні лінії зв'язку до перетину з цими лініями, одержують точки, які визначають горизонтальну проекцію вирізу (рис. 2.178, б).

Цей спосіб побудови використовується і для знаходження проекцій вирізів у пірамідах, зображених на рис. 2.178, в і г.

Третя деталь – тяга (рис. 2.163, в) – має виріз в сферичній поверхні. В цьому випадку проекції дуг кіл будують аналогічно побудові проекцій дуги  $AB$  на рис. 2.178, д. Оскільки ця дуга кола розташована в горизонтальній площині, то фронтальна проекція дуги буде відрізком  $A_2B_2$  прямої лінії, горизонтальна проекція являє собою дугу кола радіуса, що дорівнює половині відрізка  $C_2D_2$ .

## 8.9. Запитання для самоперевірки

- 8.9.1. Що називається призмою і як поділяють призми? Назвіть основні елементи призми.
- 8.9.2. Як побудувати розгортку трикутної прямої призми?
- 8.9.3. Що називається пірамідою і як поділяють піраміди?
- 8.9.4. Назвіть основні елементи піраміди. Як побудувати розгортку чотирикутної піраміди?
- 8.9.5. Як визначити проекції точок, що лежать на поверхні піраміди?
- 8.9.6. Яке тіло називається циліндром? Назвіть основні елементи циліндра.
- 8.9.7. Як побудувати ізометричне зображення циліндра? Як показати в ізометрії точки, що лежать на поверхні циліндра?
- 8.9.8. Яке тіло називається конусом? Назвіть основні елементи конуса.
- 8.9.9. Як побудувати розгортку прямого кругового конуса? Як перенести на розгортку точки, що лежать на поверхні конуса?

- 8.9.10. Як побудувати конус у прямокутній диметрії?  
 8.9.11. Назвіть основні елементи сфери. Як знаходити точки, що лежать на поверхні сфери?  
 8.9.12. Що називається тором? Як поділяють торові поверхні? Як знаходити точки, що лежать на поверхні тора?

## 8.10. Вправи

8.10.1 Розгляньте і зробіть аналіз призми, зображеної на рис. 2.179.

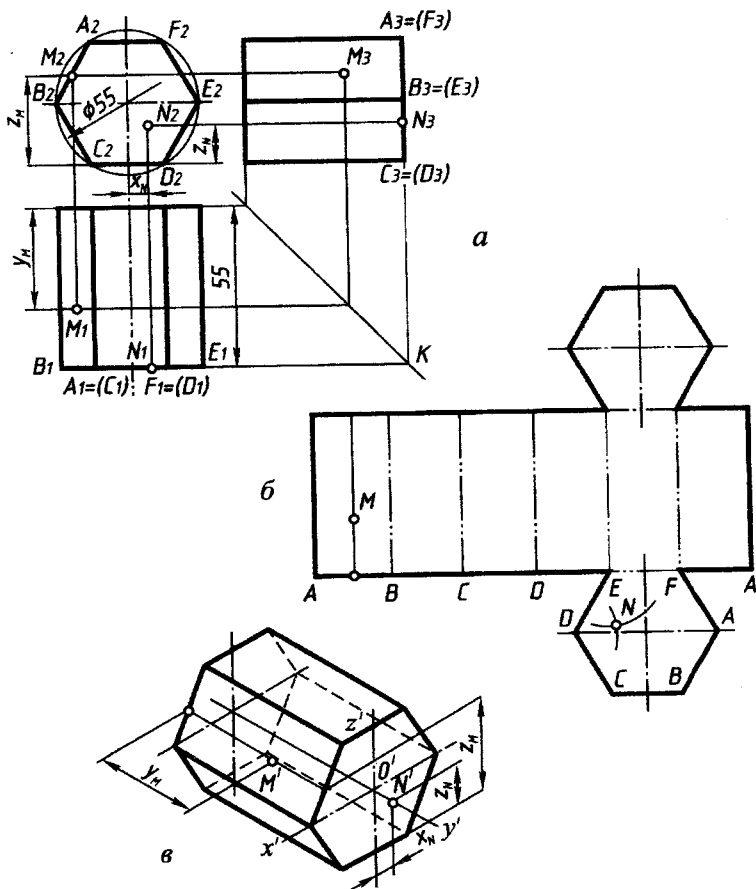


Рис. 2.179

8.10.2 Зрізана п'ятикутна правильна піраміда зображена на комплексному кресленні і в аксонометрії (рис. 2.180). Аксонометричну побудову показано послідовно. Розгляньте і поясніть її.

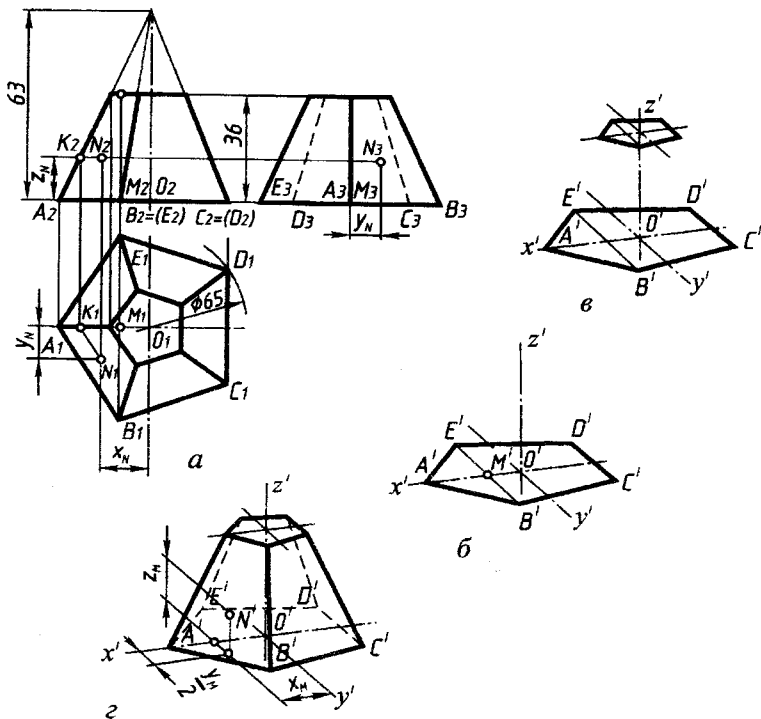


Рис. 2.180

- 8.10.3. Поясніть побудову зрізаного циліндра (рис. 2.181).
- 8.10.4. На рис. 2.182 зображено технічну деталь, яка складається з комбінації циліндричних форм. Знайдіть проєкції видимих точок, яких не вистачає і які лежать на поверхні деталі.
- 8.10.5. Конус розсічено двома площинами – горизонтальною  $\Gamma$  і профільно-проєктуючою  $\Sigma$  (рис. 2.183). Розгляньте і поясніть виконану побудову.
- 8.10.6. На рис. 2.184 зображено кулі, розсічені кількома площинами. Розгляньте і поясніть виконані побудови.

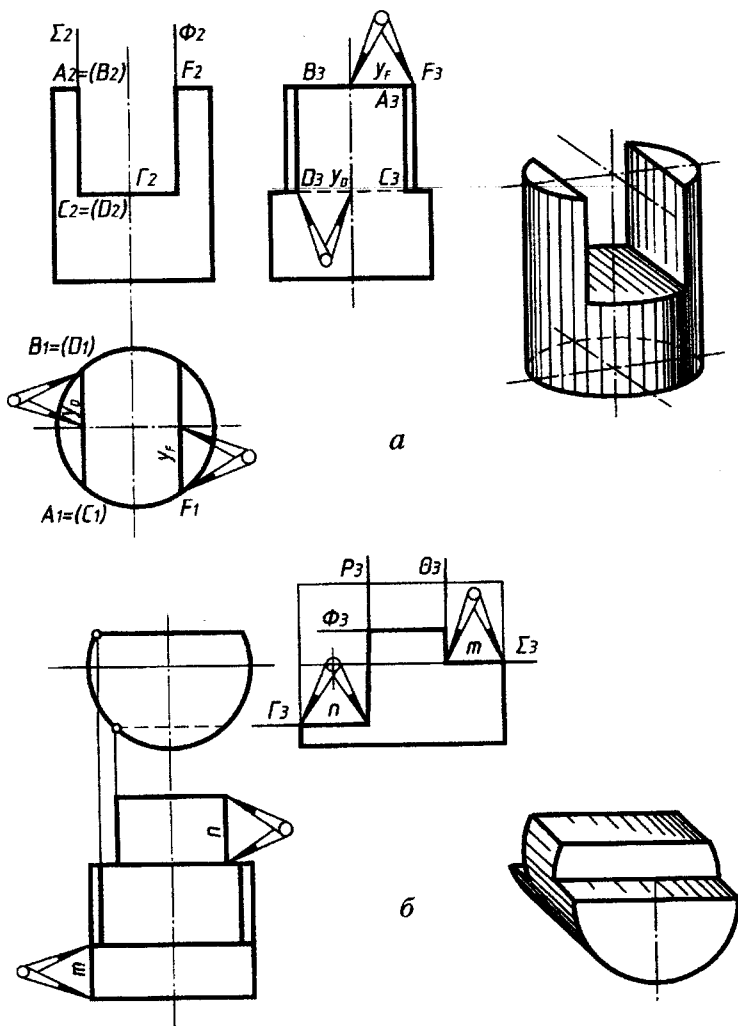


Рис. 2.181

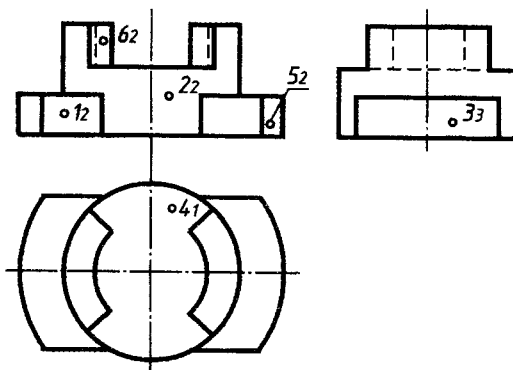


Рис. 2.182

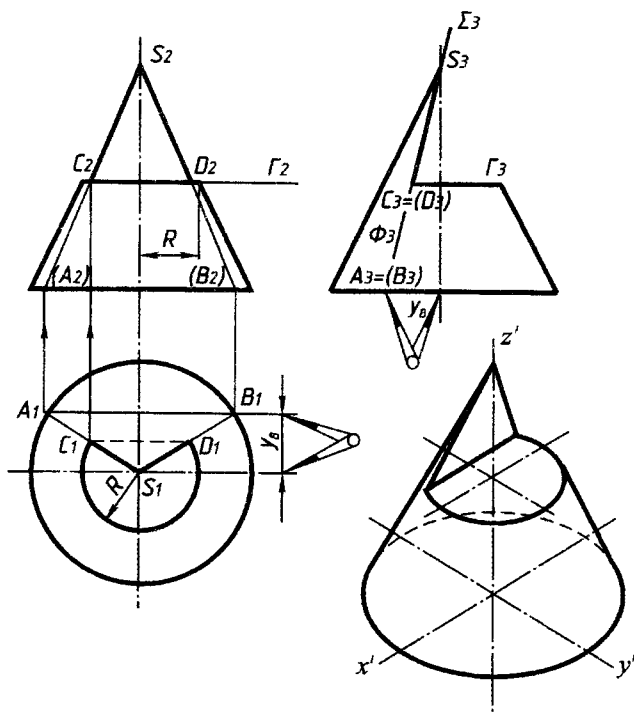


Рис. 2.183

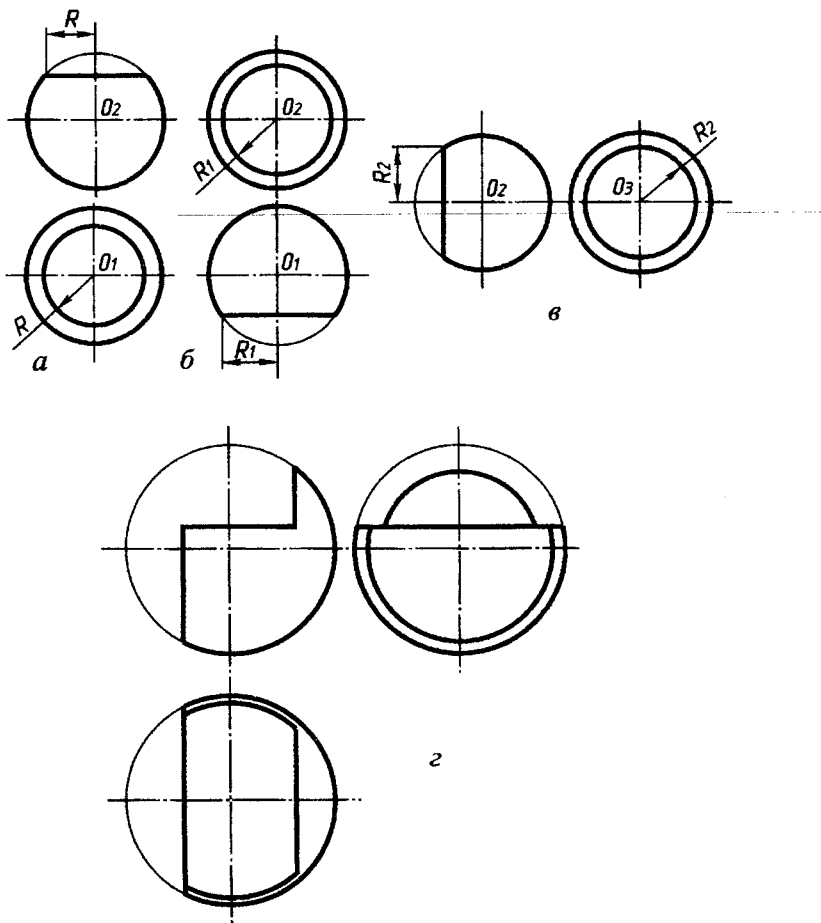


Рис. 2.184

8.10.7. На рис. 2.185 і 2.186 зображено моделі прямокутної форми. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 2.185 відповідають аксонометричні зображення на рис. 2.186. Зразок запису: "Рис. 1 відповідає рис. 9А".

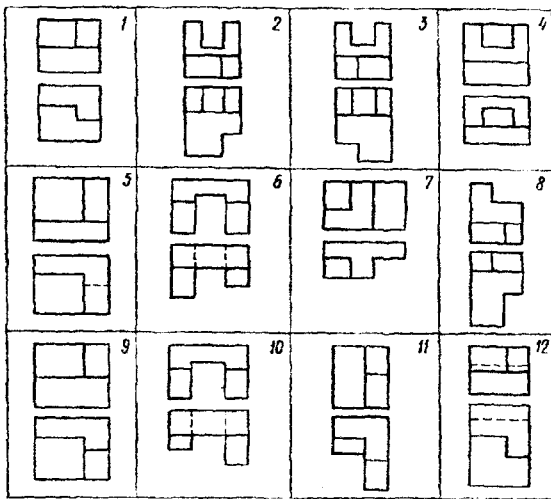


Рис. 2.185

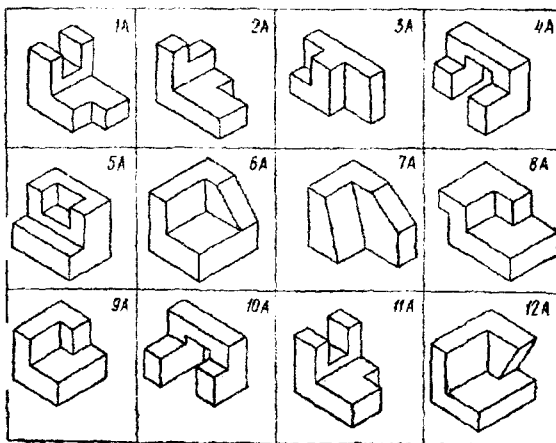


Рис. 2.186

8.10.8. На рис. 2.187 і 2.188 зображено моделі циліндричної форми. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 2.187 відповідають аксонометричні зображення на рис. 2.188. Зразок запису: “Рис. 1 відповідає рис. 4А”.

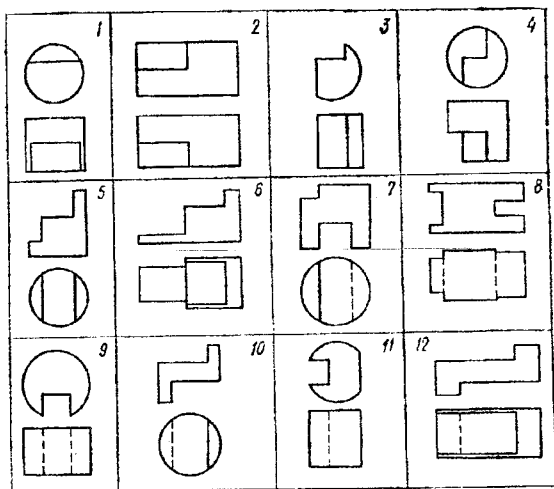


Рис. 2.187

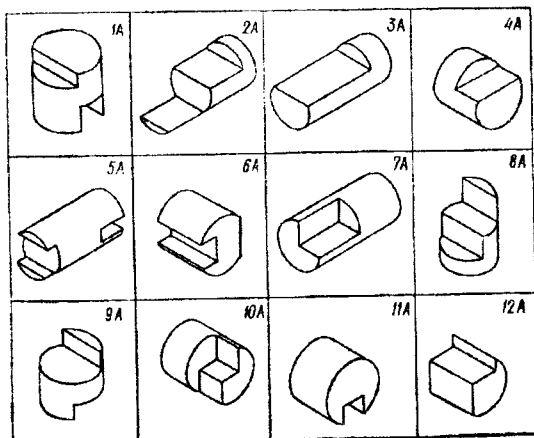


Рис. 2.188

8.10.9. На рис. 2.189 і 2.190 зображено технічні моделі. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 2.189 відповідають



аксонометричні зображення на рис. 2.190. В аксонометрії  
можлива зміна положення моделі відносно осей.

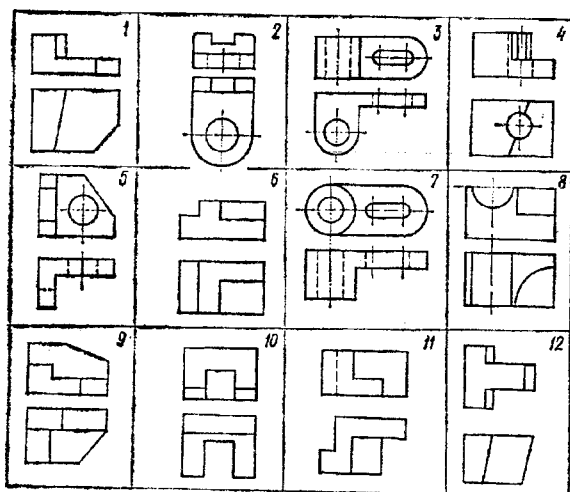


Рис. 2.189

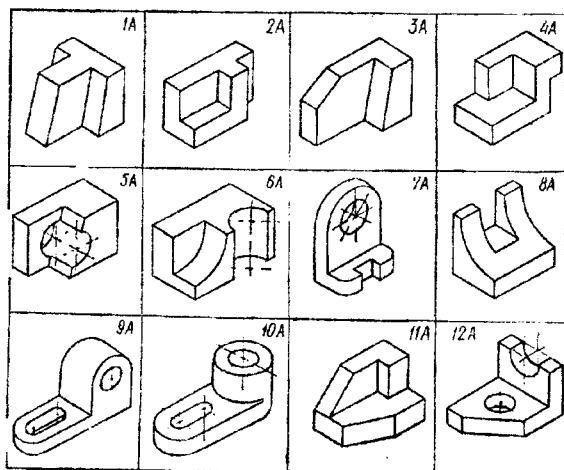


Рис. 2.190

## § 9. ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПЛОЩИНОЮ І ПРЯМОЮ ЛІНІЄЮ

### 9.1. Перетин багатогранників площиною і прямою лінією

#### 9.1.1. Загальні положення

Багатогранник – це геометричне тіло, обмежене плоскими гранями. Грані, перетинаючись, утворюють сітку багатогранника, складену з ребер і вершин. Зображення багатогранника на кресленні зводиться до побудови проекцій його сітки.

Площина перетинає багатогранник по багатокутнику, вершини якого є точками перетину січної площини з ребрами, а сторони – лініями перетину січної площини з гранями. Отже, побудова багатокутника перерізу зводиться до розв'язування відомих позиційних задач: побудова точки перетину прямої з площиною або лінії перетину двох площин. Відповідно розрізняють два способи побудови: *спосіб ребер* і *спосіб граней*.

Використовуючи спосіб ребер, визначають вершини багатокутника перерізу як точки перетину ребер багатогранника з січною площиною. Так, точка  $A$  (рис. 2.191) є точкою перетину ребра піраміди  $1S$  з площиною  $\Gamma$ ,  $B$  – ребра  $2S$  і  $C$  – ребра  $3S$ . Трикутник  $ABC$  – шуканий переріз піраміди.

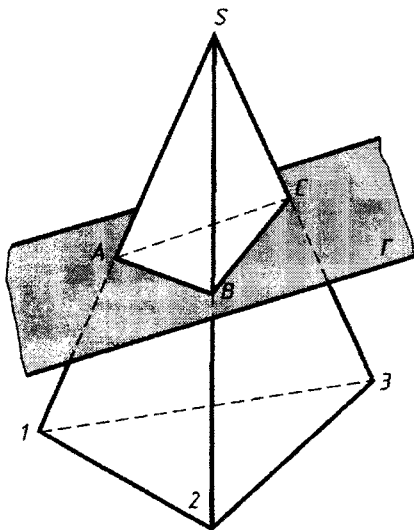


Рис. 2.191

Якщо користуються способом граней, то будують сторони фігури перерізу як лінії перетину площин граней із січною площиною. Так, відрізок прямої  $AB$  являє собою лінію перетину грані  $12S$  з площиною  $\Gamma$ ,  $BC$  – грані  $23S$  і  $AC$  – грані  $13S$ .

Вибираючи той чи інший спосіб розв'язування, необхідно керуватися міркуваннями про найпростіше розв'язування задачі. Слід також мати на увазі, що якщо січна площина проектуюча, то одна з проєкцій фігури перерізу збігається із слідом цієї площини, і задача зводиться до побудови другої її проєкції за однією відомою.

Розглянемо кілька прикладів на застосування обох способів.

### 9.1.2. Перетин площини з багатогранником

**Приклад 1.** Побудувати натуральний вигляд перерізу прямої призми фронтально-проекуючою площиною  $\Sigma$  (рис. 2.192).

Фігура перерізу – трикутник. Фронтальна її проєкція збігається зі слідом січної площини  $\Sigma$  ( $\Sigma_2$ ), а горизонтальна – з однойменною проєкцією призми. Натуральний вигляд перерізу  $A_4B_4C_4$  побудований на новій горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_4$ , паралельній площині перерізу.

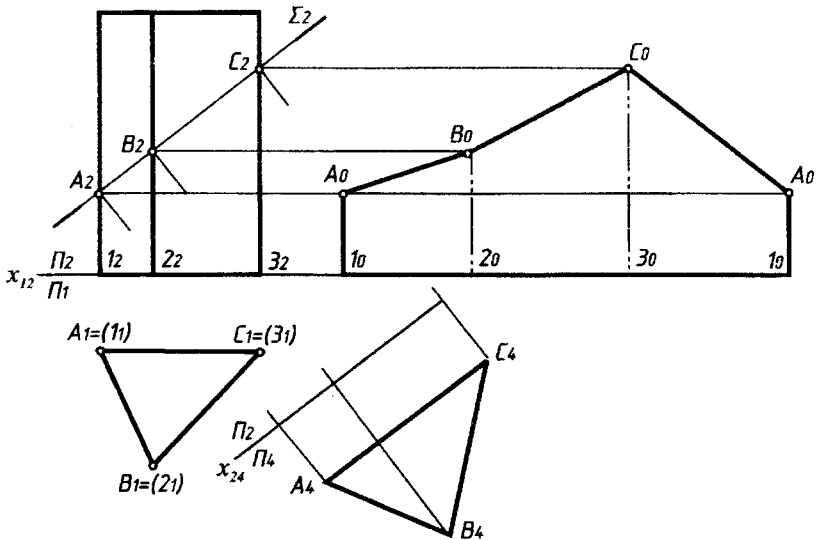


Рис. 2.192

**Приклад 2.** Побудувати проєкції перерізу прямої призми площиною загального положення  $\Gamma (a//b)$  (рис. 2.193).

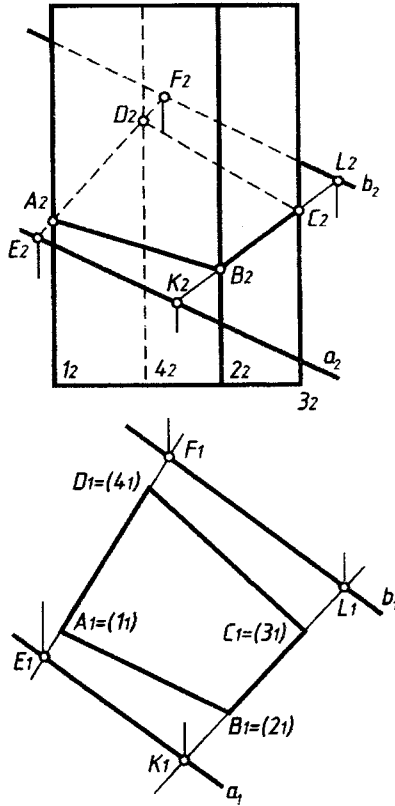


Рис. 2.193

Горизонтальна проєкція фігури перерізу збігається з однойменною проєкцією призми. Для побудови фронтальної скористуємося способом граней.

Горизонтально-проєктуючі грані призми 14 і 23 перетинають площину  $\Gamma (a//b)$  по прямих лініях  $EF$  і  $KL$ . Їх проєкції  $E_2F_2$  і  $K_2L_2$  дають можливість визначити фронтальну проєкцію чотирикутника перерізу.

Натуральний вигляд перерізу легко побудувати способом заміни площин проєкцій або плоскопаралельним переміщенням.

**Приклад 3.** Побудувати проєкції перерізу трикутної призми площиною загального положення  $\Gamma (m \cap \Pi)$  (рис. 2.194).

На рис. 2.194 використано спосіб ребер, тобто побудовані вершини багатокутника перерізу як точки перетину ребер призми з січною площиною  $\Gamma$ .

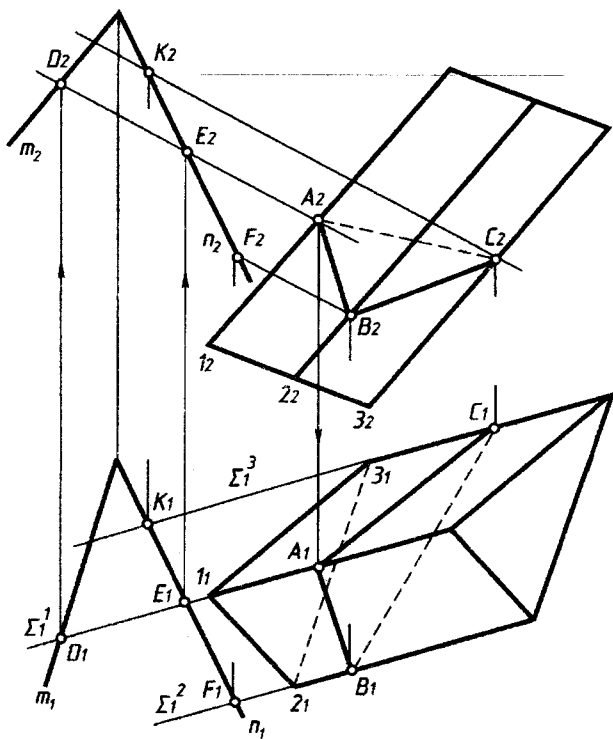


Рис. 2.194

Так, наприклад, через 1-е ребро проведено допоміжну горизонтально-проєктуючу площину  $\Sigma^1$ , яка перетинає площину  $\Gamma$  по прямій лінії  $DE$ . Точка  $A$  перетину прямою  $DE$  1-го ребра є точкою перетину його з січною площиною  $\Gamma$  (на рис. 2.194 послідовність побудови показана стрілками).

Точки  $B$  і  $C$  перетину з площиною  $\Gamma$  2-ого і 3-ого ребер побудовані аналогічно з використанням допоміжних площин  $\Sigma^2$  і  $\Sigma^3$ .

Оскільки лінії перетину площин  $\Sigma^1$ ,  $\Sigma^2$  і  $\Sigma^3$  з січною площиною  $\Gamma$  паралельні ( $DE//FB//KC$ ), то для двох з них досить побудувати по одній точці (на рис. 2.194 точки  $F$  і  $K$ ).

**Приклад 4.** Побудувати проєкції перерізу трикутної піраміди фронтально-проєктуючою площиною  $\Sigma$  (рис. 2.195).

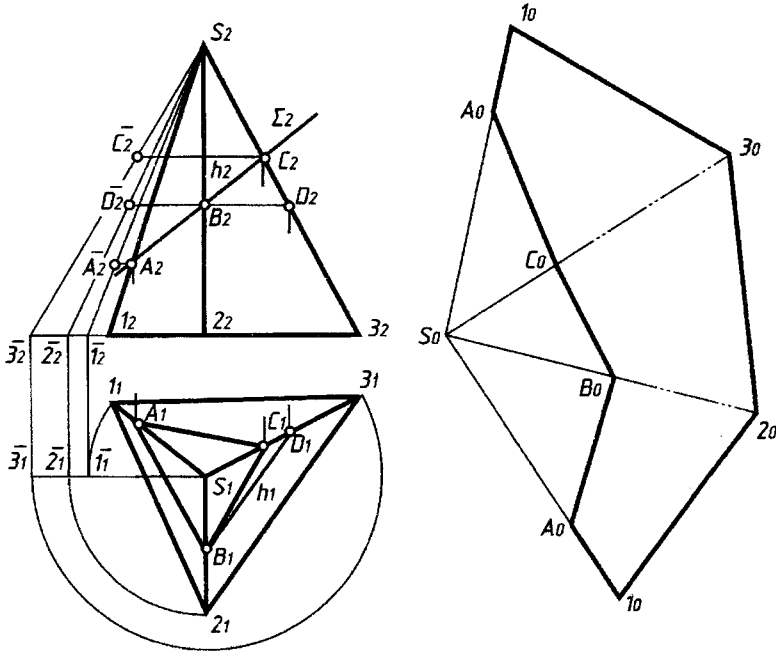


Рис. 2.195

Площина  $\Sigma$  перетинає піраміду по трикутнику  $ABC$ . Його фронтальна проєкція  $A_2B_2C_2$  збігається з однойменним слідом  $\Sigma_2$  січної площини. Горизонтальні проєкції вершин  $A$  і  $C$  побудовані за допомогою ліній проєкційного зв'язку, а вершини  $B$ , яка лежить на профільному ребрі  $2S$ , – за допомогою горизонталі  $h$  грані  $23S$ .

### 9.1.3. Перетин прямої лінії з багатогранником

Загальним способом побудову точок перетину прямої з поверхнею багатогранника здійснюють в такій послідовності:

- через пряму проводять допоміжну площину;

- будують багатокутник, по якому допоміжна площина перетинає багатогранник;
- фіксують точки перетину прямої з фігурою перерізу, які і є шуканими точками.

Так, на рис. 2.196 через пряму  $l$  проведена площина  $\Sigma$ , яка перетинає трикутну піраміду  $123S$  по трикутнику  $ABC$ . Точки  $M$  і  $N$  перетину прямої  $l$  з трикутником  $ABC$  і є шукані точки.

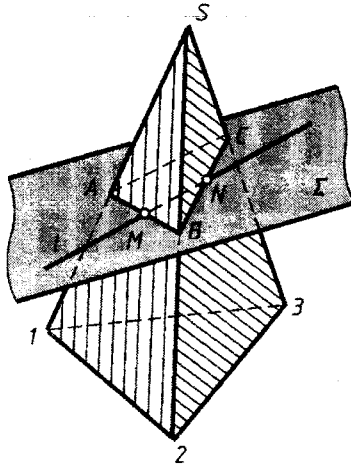


Рис. 2.196

**Приклад 1.** Побудувати точки перетину прямої  $l$  з поверхнею трикутної похилої призми (рис. 2.197 і 2.198).

На рис. 2.197 через пряму  $l$  проведена фронтально-проектуюча площина  $\Sigma$  ( $\Sigma_2 = l_2$ ), яка перетинає призму по трикутнику  $ABC$ . Точки  $M_1$  і  $N_1$  перетину горизонтальних проєкцій трикутника  $A_1B_1C_1$  і прямої  $l_1$  є горизонтальними проєкціями шуканих точок. Фронтальні –  $M_2$  і  $N_2$  знайдені за допомогою ліній проєкційного зв'язку.

Будь-яка проєктуюча площина, проведена через пряму  $l$ , дає просте розв'язування задачі. Але в деяких випадках за допоміжну беруть площину загального положення, проводячи її паралельно ребрам призми.

На рис. 2.198 така площина задана двома прямими, які перетинаються: заданою  $l$  і допоміжною  $a$ , проведеною паралельно ребрам призми через довільну точку  $K$  прямої  $l$ . Допоміжна площина перетинає площину основи призми  $\Sigma$  по прямій  $EF$ , а її бічні грані – по прямих 4 і 5. Шукані точки –  $M$  і  $N$ . (Послідовність побудови на рис. 2.198 показана стрілками).

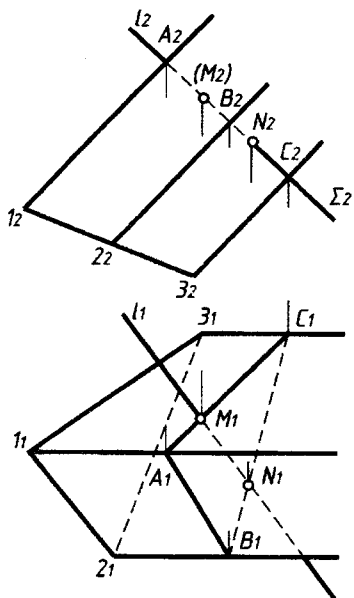


Рис. 2.197

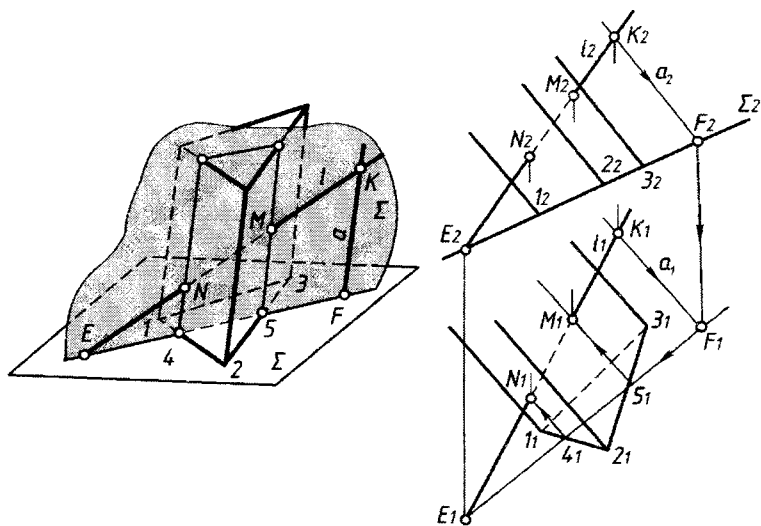


Рис. 2.198



**Приклад 2.** Побудувати точки перетину прямої  $l$  з поверхнею трикутної піраміди (рис. 2.199 і 2.200).

На рис. 2.199 через пряму проведена фронтально-проектуюча площина  $\Sigma$  ( $\Sigma_2 = l_2$ ), яка перетинає піраміду по трикутнику  $ABC$  (побудову проєкцій  $\Delta ABC$  розглянуто на рис. 2.195). Шукані точки перетину  $M$  і  $N$ .

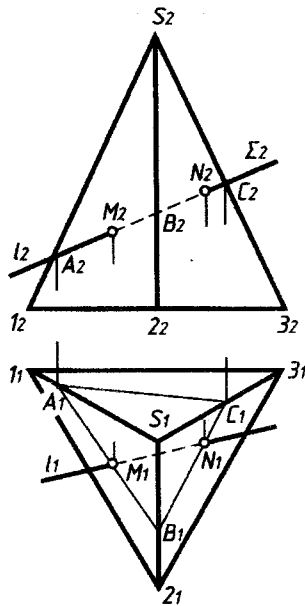


Рис. 2.199

На рис. 2.200 через пряму проведена допоміжна площина загального положення, яка проходить через вершину  $S$  піраміди. Ця площина задана двома прямими, які перетинаються: заданою  $l$  і допоміжною, проведеною через вершину  $S$  і довільну точку  $K$  прямої  $l$ . Допоміжна площина перетинає площину основи піраміди по горизонтальній прямій  $EF$ . Переріз піраміди – трикутник  $45S$ . Точки перетину –  $M$  і  $N$ .

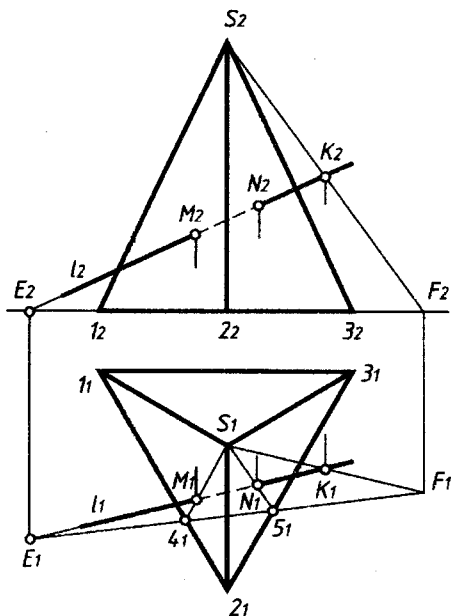


Рис. 2.200

## 9.2. Перетин кривих поверхнь площиною і прямою лінією

### 9.2.1. Загальні положення

В загальному випадку лінію перетину кривої поверхні з площиною будують способом допоміжних січних площин. Суть цього способу показана на рис. 2.201.

Січна площина  $\Gamma$  перетинає задану поверхню  $\Phi$  по деякій лінії  $l$ . Точки цієї лінії будують за допомогою допоміжних площин. Так, площина  $\Sigma$  перетинає задану поверхню по кривій лінії  $u$ , а січну площину  $\Gamma$  – по прямій  $a$ . Ці лінії перетинаються в точках  $M$  і  $N$ , які належать шуканій лінії перетину  $l$ . Повторюючи указаний спосіб декілька разів, можна знайти достатню кількість точок для побудови фігури перерізу. При цьому допоміжні площини слід вибирати так, щоб одержувались прості перерізи поверхні (по прямолінійних твірних або по колах).

Якщо поверхня лінійчата, то фігуру перерізу можна будувати способом твірних, визначаючи точки перетину прямолінійних твірних з січною площиною. Таким чином, побудова лінії перетину зводиться до багаторазового розв'язування відомої задачі про визначення точки перетину прямої з площиною.

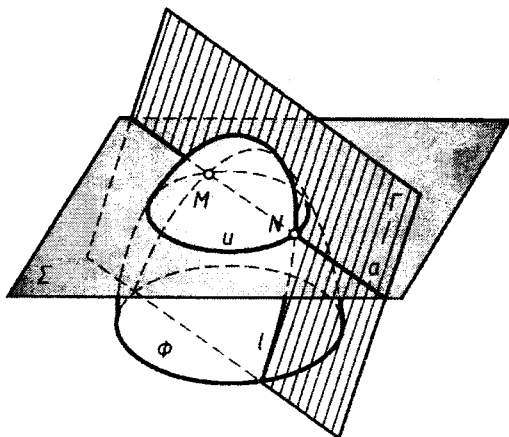


Рис. 2.201

На рис. 2.202 показані точки  $M$  і  $N$ , в яких твірні  $l$  і  $2$  прямого кругового циліндра перетинаються з січною площиною  $\Gamma$ . Необхідно знайти таку кількість подібних точок, яка достатня для побудови лінії перетину  $l$ .

Якщо січна площина проектуюча, то одна з проєкцій фігури перерізу вироджується у відрізок прямої. Отже, в цьому випадку задача зводиться до побудови відсутніх проєкцій фігури перерізу за однією відомою.

При перетині кривої поверхні площиною загального положення комплексне креслення доцільно перетворити так, щоб січна площина стала проектуючою. Здійснюють таке перетворення переважно способом заміни площин проєкцій. Після цього будують лінію перетину в новій системі площин проєкцій, а потім переходять до вихідної системи (якщо це необхідно).

Загальні способи побудови лінії перетину за допомогою допоміжних площин або твірних дають можливість розв'язати задачу і без вказаного перетворення. Але таке розв'язування, як правило, складніше.

Побудову фігури перерізу розпочинають з визначення так званих “опорних” або характерних точок. Це крайні точки фігури перерізу (нижня, верхня, ліва, права, ближня і віддаленіша) і межі видимості, тобто ті точки, в яких видима частина лінії перетину поверхні із січною площиною переходить в невидиму. Характерні точки не лише дають можливість найточніше побудувати лінію перетину, але й вказують межі, в яких потрібно застосовувати допоміжні площини або проводити твірні, щоб одержати точки, які належать шуканій лінії перетину.

Нижче будуть розглянуті приклади побудови перерізів кривих поверхонь, які широко застосовуються в різноманітних галузях техніки.

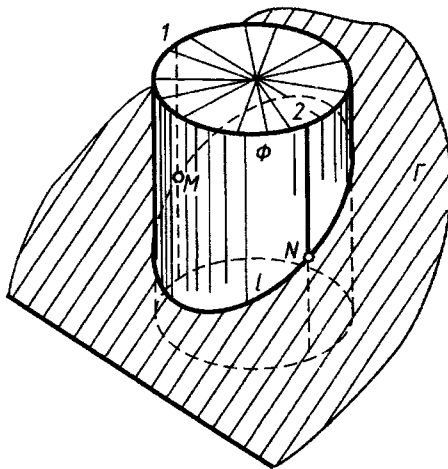


Рис. 2.202

### 9.2.2. Перетин кривих поверхонь площиною. Перетин циліндра площиною

Площина може перетинати циліндр по прямолінійних твірних, по колу і по еліпсу.

**Приклад 1.** Побудувати проєкції і натуральний вигляд перерізу прямого кругового циліндра фронтально-проєктуючою площиною  $\Sigma$  (рис. 2.203).

Фігура перерізу – еліпс. Фронтальна проєкція його збігається із  $\Sigma_2$ , а горизонтальна – з колом, в яке проєктується на площину  $\Pi_1$  циліндр.

Велика вісь еліпса визначається відрізком  $AB$ , а мала  $CD$  дорівнює діаметру циліндра  $d$ . Натуральний вигляд перерізу знайдено двома способами – способом плоскопаралельного переміщення і способом заміни площин проєкцій.

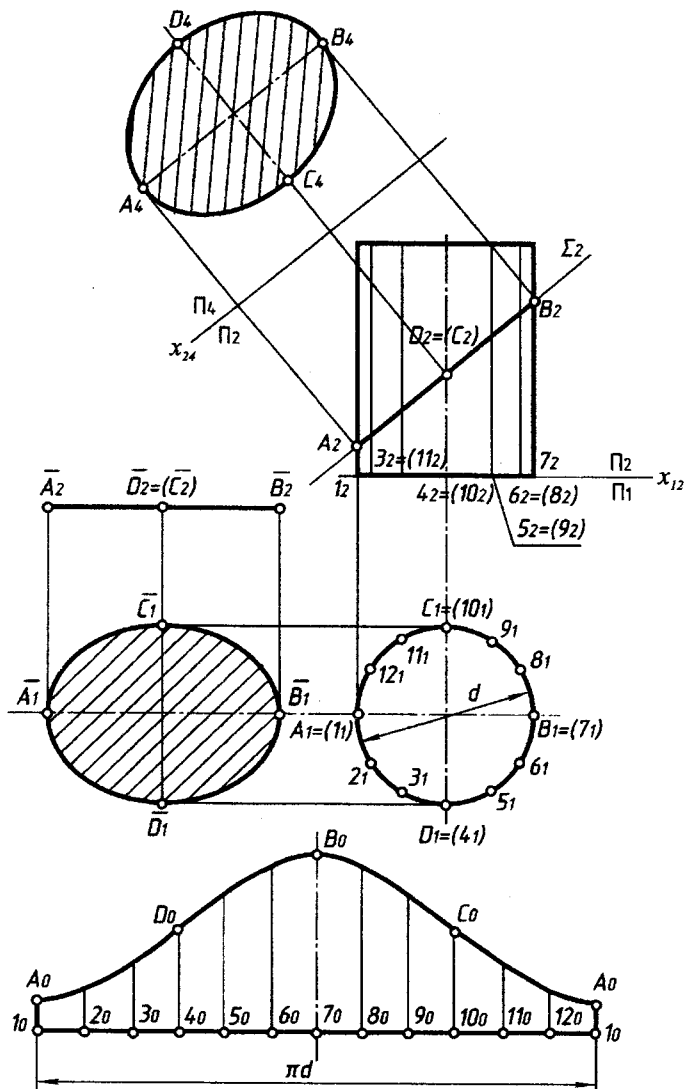


Рис. 2.203

**Приклад 2.** Побудувати проєкції лінії перетину прямого кругового циліндра площиною загального положення  $\Gamma$  ( $a/b$ ) і визначити натуральний вигляд перерізу (рис. 2.204).

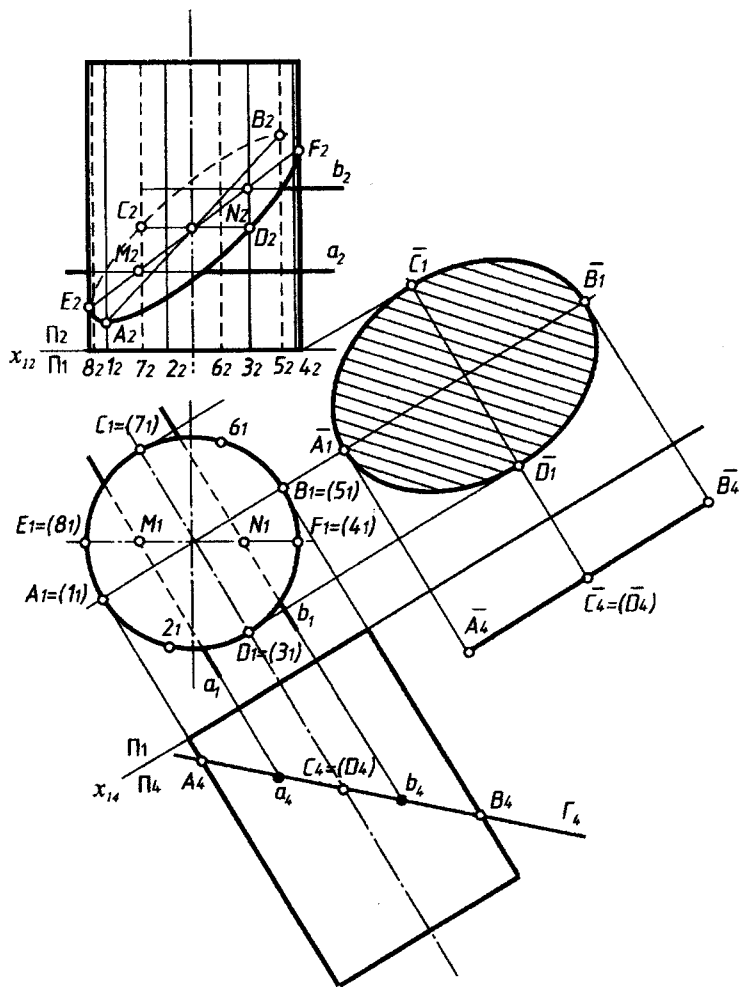


Рис. 2.204

Горизонтальна проекція лінії перетину збігається із горизонтальною проекцією циліндра, а фронтальна – еліпс, який необхідно побудувати.

Замінюємо фронтальну площину проекцій  $P_2$  новою  $P_4 \perp \Gamma$  ( $x_{14} \perp a_1$ ) і будуємо на ній слід січної площини  $\Gamma_4$  і проекцію циліндра. В системі  $P_4/P_1$  площина  $\Gamma$  – проєктуюча.

Знаходимо точки перетину твірних із січною площиною  $\Gamma$  (на рисунку показано вісім твірних). Точка  $A$  перетину 1-ої твірної з площиною  $\Gamma$  є нижньою точкою фігури перерізу, а точка  $B$ , яка належить 5-ій твірній, – верхньою. Твірні 3 і 7 перетинаються з площиною  $\Gamma$  відповідно в точках  $C$  і  $D$ . Відрізок  $AB$  – велика вісь еліпса, а  $CD \perp AB$  – мала. Точки перетину із січною площиною решти твірних на кресленні не позначені.

Для побудови фронтальної проекції фігури перерізу в початковій системі площин проекцій  $P_2/P_1$  відкладаємо від осі  $x_{12}$  по лініях проєкційного зв'язку координати  $z$  точок  $A, B, C, D$  і т.д. Одержані при цьому точки  $A_2, B_2, C_2, D_2$  і т.д. визначають шукану проекцію лінії перетину.

Межі видимості визначаються точками  $E$  і  $F$ , в яких контурні твірні перетинаються з площиною  $\Gamma$  (побудовані за допомогою фронталі  $MN$ ).

Натуральний вигляд еліпса знайдено плоскопаралельним переміщенням.

### Перетин конуса площиною

Можливі такі перерізи конуса:

1. Еліпс (або в частинному випадку – коло), якщо січна площина перетинає всі твірні конуса.
2. Парабола, якщо січна площина паралельна одній твірній конуса.
3. Гіпербола, якщо січна площина паралельна двом твірним конуса.
4. Трикутник, якщо січна площина проходить через вершину конуса.

На рис. 2.205, *a* дана фронтальна проекція прямого кругового конуса і показані сліди січних площин, які дають відповідні перерізи, а на рис. 2.205, *б, в, г, д, е* – наведені їх наочні зображення.

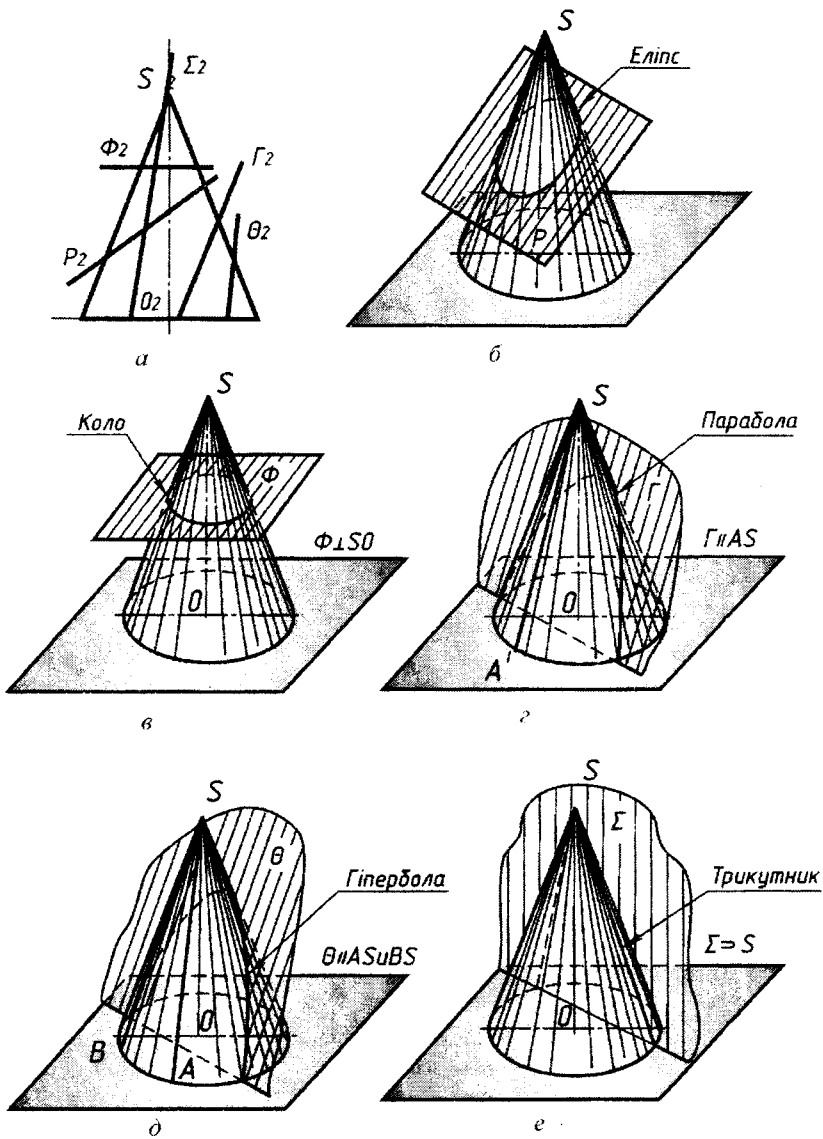


Рис. 2.205



Приклад 3. Побудувати проєкції і натуральний вигляд перерізу прямого кругового конуса фронтально-проєктуючою площиною  $\Sigma$  (рис. 2.206).

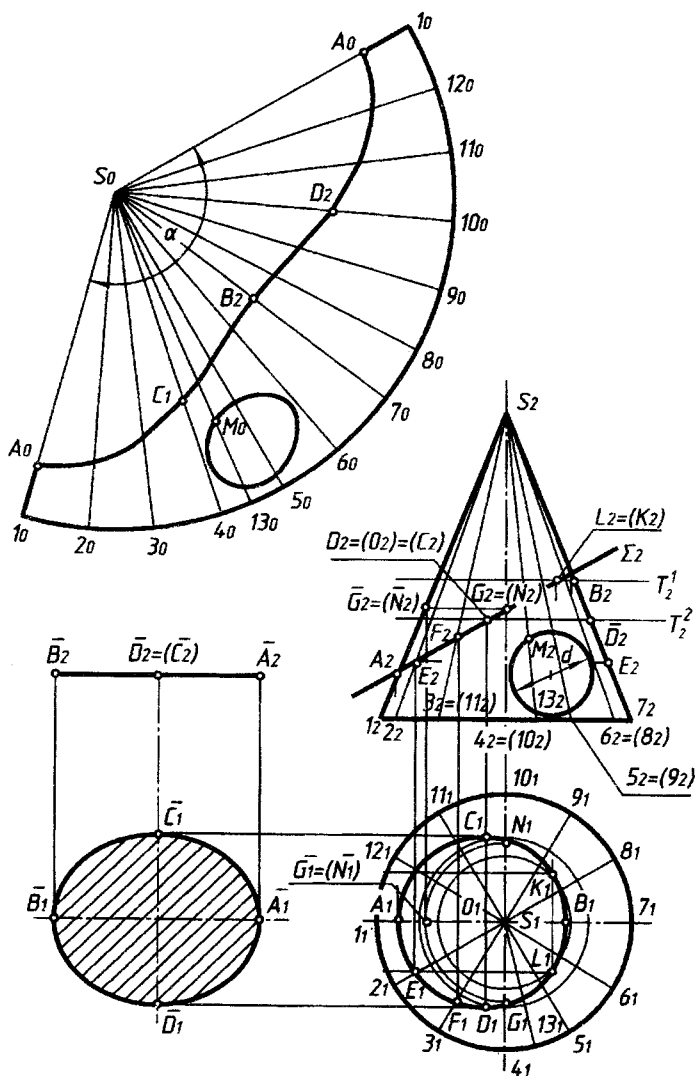


Рис. 2.206

Фігура перерізу – еліпс. Велика вісь його  $AB$  паралельна фронтальній площині проєкції  $\Pi_2$ , а мала  $CD$  проходить через центр еліпса  $O$  ( $O_2A_2 = O_2B_2$ ) і перпендикулярна до площини  $\Pi_2$ . Фронтальна проєкція еліпса збігається із  $\Sigma_2$ , а горизонтальну можна побудувати, визначаючи точки перетину твірних конуса із січною площиною або скориставшись способом допоміжних площин.

В першому випадку на поверхні конуса необхідно нанести 8–16 твірних (на рис. 2.206 проведено 12). Твірна  $2S$  перетинає площину  $\Sigma$  в точці  $E$  ( $E_1, E_2$ ),  $3S$  – в точці  $F$  ( $F_1, F_2$ ) і т. д.

Горизонтальні проєкції точок перетину профільних твірних  $4S$  і  $10S$  можна побудувати так. Повернемо їх навколо осі конуса до фронтального положення. При цьому точки перетину зображатимуться проєкціями  $\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{N}_1, \bar{N}_2$ . Повертаючи твірні  $4S$  і  $10S$  в початкове положення, знайдемо шукані проєкції  $G_1$  і  $N_1$ . Для побудови горизонтальної проєкції малої осі еліпса необхідно провести твірні через точки  $C$  і  $D$  (на кресленні не показані).

У другому випадку побудови горизонтальної проєкції перерізу зручно скористатися горизонтальними допоміжними площинами. Так, площина  $T^1(T_2^1)$  перетинає конус по колу, а площину  $\Sigma$  – по горизонталі, перпендикулярній площині  $\Pi_2$ . Точки їх перетину  $K$  і  $L$  належать шуканому перерізу.

Допоміжних площин слід провести декілька, щоб одержати достатню кількість точок для побудови горизонтальної проєкції фігури перерізу. Ці площини потрібно проводити в межах від верхньої точки  $B$  перерізу до нижньої –  $A$ . Площина  $T^2(T_2^2)$ , проведена через центр еліпса  $O$ , дає можливість визначити малу вісь еліпса  $CD$ .

Натуральний вигляд фігури перерізу побудовано плоско-паралельним переміщенням.

**Приклад 4.** Побудувати проєкції лінії перетину прямого кругового конуса площиною загального положення  $\Gamma$  ( $h \cap f$ ) (рис. 2.207).

Площина  $\Gamma$  перетинає всі твірні конуса і, отже, фігура перерізу – еліпс. Його проєкції побудуємо так.

Перетворимо задане креслення так, щоб січна площина виявилась проєктуючою. Для цього замінимо фронтальну площину проєкцій  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$ , перпендикулярну  $\Gamma$  ( $x_{14} \perp h_1$ ), і на ній будуємо слід  $\Gamma_4$  січної площини і проєкцію конуса. В новій системі  $\Pi_1/\Pi_4$  площина  $\Gamma$  фронтально-проєктуюча. На площину  $\Pi_4$  еліпс проєктується у вигляді прямої, яка збігається зі слідом січної площини  $\Gamma_4$ . Велика вісь його  $AB \parallel \Pi_4$ , мала –  $CD \perp \Pi_4$ .

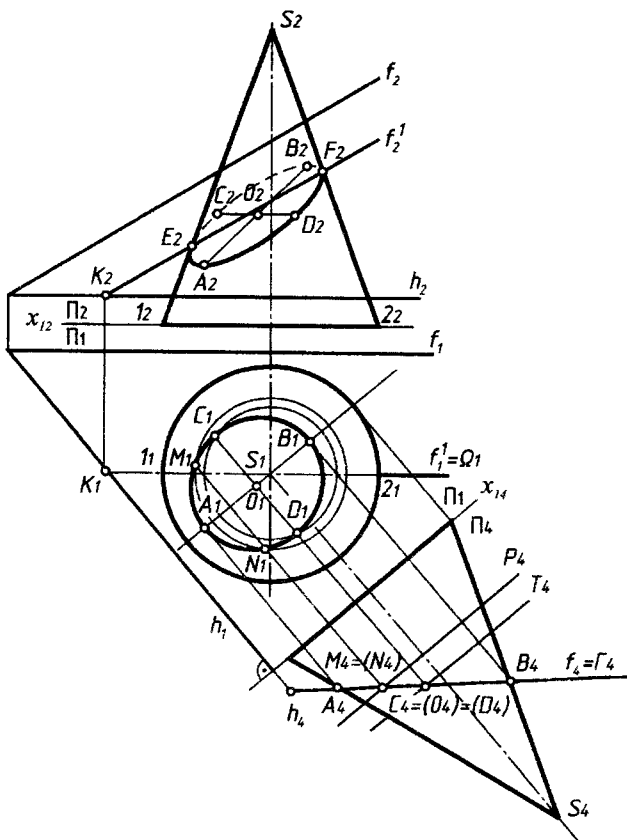


Рис. 2.207

Горизонтальна проєкція еліпса побудована за допомогою горизонтальних площин. Так, наприклад, площина  $P$  перетинає конус по колу, а площину  $\Gamma$  – по горизонталі. Точки їх перетину  $M$  і  $N$  належать шуканому еліпсу. Площина  $T$ , проведена через центр  $O$  еліпса, дає можливість визначити величину малої осі  $CD$ .

Для побудови фронтальної проєкції еліпса на площині  $\Pi_2$  відкладаємо від осі  $x_{12}$  по лініях проєкційного зв'язку координати  $z$  точок  $A, B, C, D$  і т. д., вимірюючи їх на площині  $\Pi_4$ . Одержані точки  $A_2, B_2, C_2, D_2$  і т. д. визначають шукану проєкцію еліпса.

Межі видимості знайдені за допомогою фронтальної площини  $\Omega$ , котра перетинає конус по контурних твірних  $1S$  і  $2S$ , а січну площину – по фронталі  $f^1(f_1^1; f_2^1)$ . Точки  $E$  і  $F$ , в яких вони перетинаються, визначають межі видимості для фронтальної проєкції.

### Перетин сфери площиною

Площина перетинає сферу по колу.

**Приклад 5.** Побудувати проєкції перерізу сфери фронтально-проєктуючою площиною  $\Sigma$  (рис. 2.208).

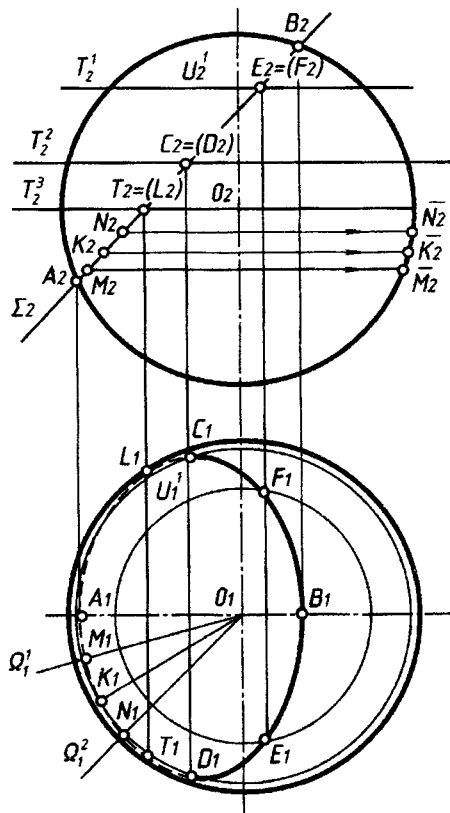


Рис. 2.208

Фронтальна проекція кола перерізу збігається зі слідом  $\Sigma_2$ , а горизонтальна – еліпс. Мала вісь еліпса визначається як горизонтальна проекція діаметра  $AB$ , а велика  $C_1D_1$  дорівнює його дійсній величині  $A_2B_2$ .

На рис. 2.208 побудова еліпса виконана за точками. Для цього використані горизонтальні допоміжні площини. Так, наприклад, площина  $T^1$  перетинає сферу по колу  $u^1$ , а площину  $\Sigma$  – по горизонталі. Точки  $E_1$  і  $F_1$  перетину їх горизонтальних проекцій належать еліпсу. Велика вісь еліпса  $C_1D_1$  побудована за допомогою площини  $T^2$ , проведеної через центр  $O$  кола перерізу ( $O_2A_2 = O_2B_2$ ). Площина  $T^3$ , яка перетинає сферу по екватору, дає можливість знайти для горизонтальної проекції межі видимості (точки  $L$  і  $T$ ).

### Перетин кільцевого тора площиною

**Приклад 6.** Побудувати проєкції перерізу тора фронтально-проєктуючою площиною  $\Sigma$  і визначити натуральний вигляд фігури перерізу (рис. 2.209).

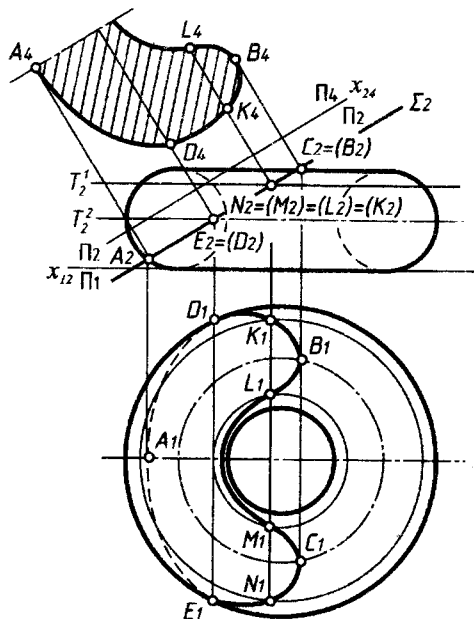


Рис. 2.209

Фронтальна проекція перерізу збігається із слідом площини  $\Sigma(\Sigma_2)$ , а горизонтальна – побудована за допомогою горизонтальних допоміжних площин.

Таких площин необхідно побудувати декілька, проводячи їх в межах від нижньої точки  $A$  фігури перерізу до верхніх  $B$  і  $C$ . Так, наприклад, площина  $T^1$  перетинає тор по двох концентричних колах, а площину  $\Sigma$  – по горизонталі. Горизонтальні проекції їх перетинаються в точках  $K_1, L_1, M_1, N_1$ , які належать однойменній проекції фігури перерізу. Площина  $T^2$ , проведена через екватор тора, визначає межі видимості лінії перерізу (точки  $D$  і  $E$ ).

Натуральний вигляд фігури перерізу побудований на площині  $\Pi_1$ , паралельній площині перерізу.

### 9.2.3. Перетин кривих поверхонь прямою лінією

Загальним способом побудови точок перетину прямої лінії з поверхнею виконують в такій послідовності:

- через пряму проводять допоміжну площину;
- будують лінію перетину поверхні допоміжною площиною;
- визначають точки перетину прямої з поверхнею.

Так, на рис. 2.210 через пряму  $a$  проведена площина  $\Sigma$ , яка перетинає задану поверхню по деякій лінії  $l$ . Точки  $M$  і  $N$  перетину прямої  $a$  з лінією  $l$  є шукані точки.

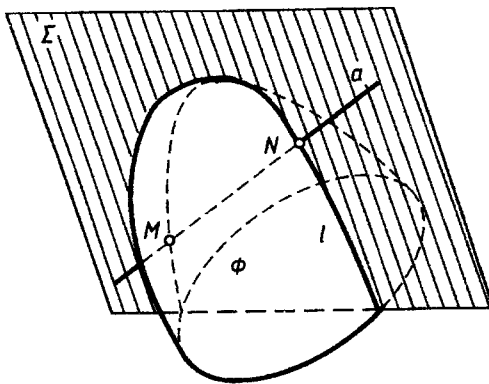


Рис. 2.210

Через пряму можна проводити будь-яку допоміжну площину, але, коли це можливо, вибирають такі площини, які перетинають поверхню по прямолінійних твірних або по колу і, отже, мають простіше розв'язування.

В частинному випадку, коли пряма перетинає проектуючу поверхню, то немає необхідності застосовувати загальний план розв'язування, оскільки точки перетину визначаються без особливих побудов. Так, на рис. 2.211 пряма  $a$  перетинає поверхню прямого кругового циліндра в точках  $M$  і  $N$ , побудову яких легко зрозуміти з рисунка.

Розглянемо декілька прикладів побудови точок перетину прямої з поверхнею в загальному випадку.

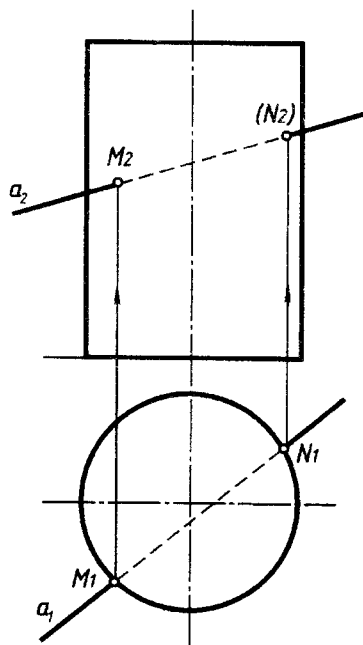


Рис. 2.211

**Приклад 7.** Побудувати точки перетину прямої з поверхнею похилого циліндра (рис. 2.212 і 2.213).

На рис. 2.212 через пряму  $a$  проводимо фронтально-проектуючу площину  $\Sigma$ , яка перетинає циліндричну поверхню по еліпсу. Точки  $M$  і  $N$  – шукані.

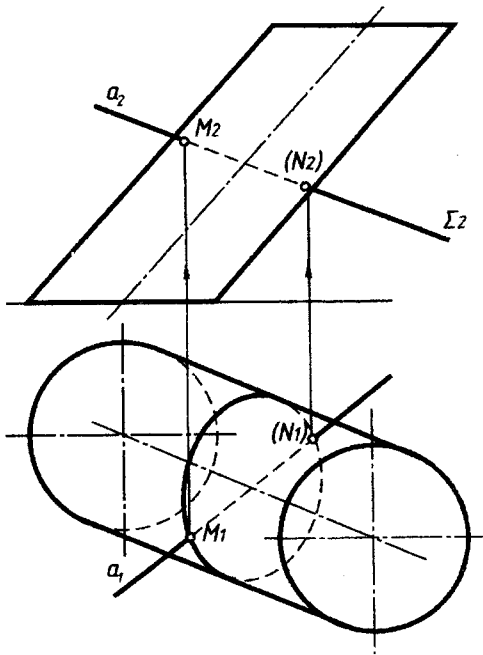


Рис. 2.212

Простіше розв'язування, при якому допоміжна площина паралельна осі циліндра і, отже, перетинає його по прямолінійних твірних, показано на рис. 2.213. Площину  $\Sigma$  задаємо двома прямими, які перетинаються: заданою  $a$  і допоміжною  $b$ , проведеною через довільну точку  $K$  прямої  $a$  паралельно твірним циліндра. Будуємо лінію перетину допоміжної площини  $\Sigma$  з площиною  $T$  основи циліндра. Для чого знаходимо точки перетину  $E$  і  $F$  прямих  $a$  і  $b$  з площиною  $T$ . Точки, в яких пряма  $EF$  перетинає основу циліндра, визначають твірні 1 і 2 перерізу. Шукані точки  $M$  і  $N$ .



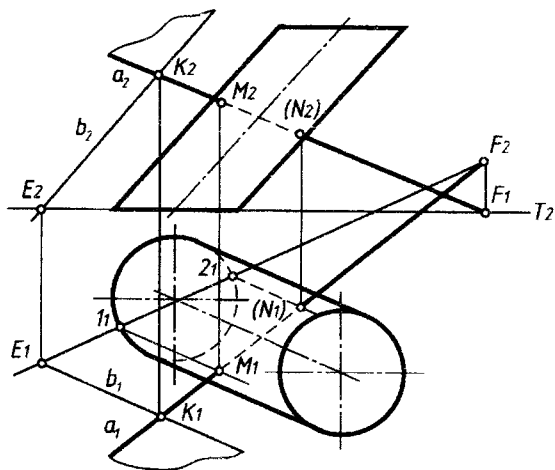
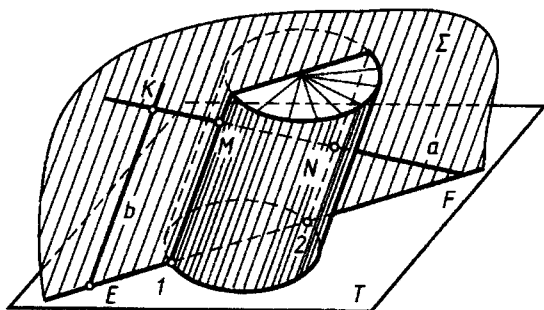


Рис. 2.213

**Приклад 8.** Побудувати точки перетину прямої  $a$  з поверхнею прямого кругового конуса (рис. 2.214).

Через вершину конуса  $S$  і пряму  $a$  проводимо площину  $\Sigma$ . Така площина перетинає конус по прямолінійних твірних  $i$ , отже, дає простіше розв'язування. Площину  $\Sigma$  визначаємо двома прямими, які перетинаються: заданою  $a$  і допоміжною  $b$ , котру проводимо через

довільну точку  $K$  прямої  $a$  і вершину конуса  $S$ . Будуємо точки перетину  $E$  і  $F$  прямих  $a$  і  $b$  з площиною  $T$  основи конуса. Точки  $1$  і  $2$  перетину прямої  $EF$  з основою конуса з'єднуємо з вершиною  $S$ . Трикутник  $1_1 2_1 S_1$  – горизонтальна проекція перерізу конуса допоміжною площиною  $\Sigma$ . Позначаємо точки  $M_1$  і  $N_1$  перетину горизонтальних проєкцій прямої  $a$  і твірних  $1_1 S_1$  і  $2_1 S_1$  і за лініями проєкційного зв'язку знаходимо їх фронтальні проєкції  $M_2$  і  $N_2$ . Точки  $M$  і  $N$  – шукані.

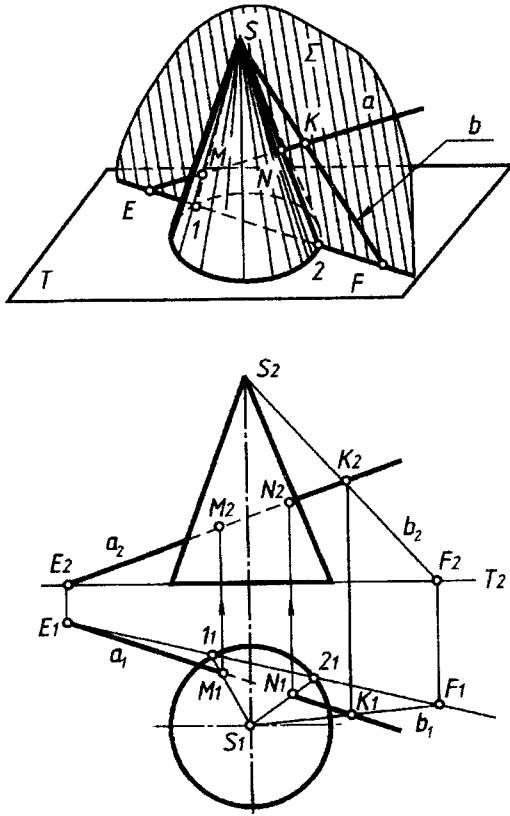


Рис. 2.214

**Приклад 9.** Побудувати точки перетину прямої  $AB$  з поверхнею сфери (рис. 2.215).

Через пряму  $AB$  проводимо горизонтально-проектуючу площину. Ця площина перетинає сферу по колу.

Фронтальна проекція кола – еліпс.

Доцільно перетворити етор так, щоб коло проектувалось без спотворення. На рис. 2.215 це досягнуто заміною площини  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$ , паралельною площині перерізу ( $x_{14} \parallel \Sigma_1$ ). Будуємо на площині  $\Pi_4$  проекції прямої  $A_4B_4$  і коло перерізу. Точки перетину їх  $M_4$  і  $N_4$  є проекціями шуканих точок  $M$  і  $N$  на новій фронтальній площині проекцій  $\Pi_4$ . За лініями проекційного зв'язку знаходимо проекції точок  $M$  і  $N$  у початковій системі  $\Pi_2 \parallel \Pi_1$ .

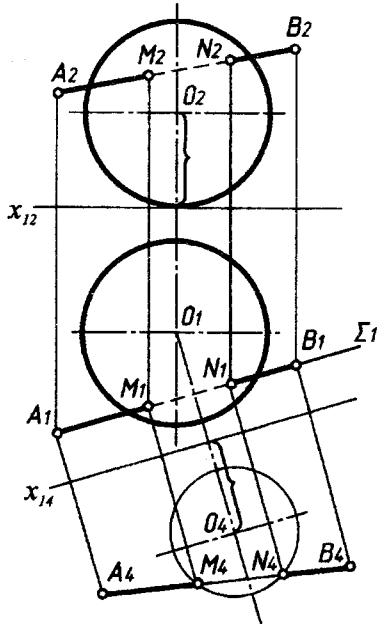


Рис. 2.215

## § 10. ВЗАЄМНИЙ ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ТІЛ

### 10.1. Загальні положення

Більшість найскладніших і відповідальних оригінальних деталей приладів і машин утворені комбінацією різних елементарних тіл, розташованих у просторі так, що поверхні їх перетинаються між собою. Тому важливим етапом конструювання таких деталей є визначення меж елементарних початкових поверхонь, якими і є лінії їхнього взаємного перетину.

*Спільна лінія двох поверхонь називається лінією їх перетину (лінією переходу).*

Для побудови лінії перетину поверхонь багатогранників використовують два способи та їх комбінації.

1. Будують точки перетину ребер одного багатогранника з гранями другого і ребер другого з гранями першого. Через побудовані точки в певній послідовності проводять ламану лінію перетину даних багатогранників. При цьому відрізки прямих проводять лише через ті побудовані точки, які лежать у одній і тій же грані.
2. Будують відрізки прямих, по яких грані однієї поверхні перетинають грані другої. Ці відрізки є ланками ламаної лінії перетину багатогранних поверхонь між собою.
3. Отже, побудова лінії перетину двох багатогранників зводиться або до побудови лінії перетину двох площин між собою, або до побудови точки перетину прямої з площиною. На практиці, як правило, використовують обидва способи в комбінації, виходячи з умови простоти і зручності побудови.

В загальному випадку лінію взаємного перетину двох кривих поверхонь будують за точками, які знаходять за допомогою допоміжних січних поверхонь.

Цей найбільш загальний спосіб побудови лінії перетину двох поверхонь називається *способом допоміжних січних поверхонь або способом посередників*. Суть цього способу полягає ось у чому.

Дві криволінійні поверхні  $\Gamma_1$  і  $\Gamma_2$  (рис. 2.216) перетинаються третьою допоміжною січною площиною  $\Gamma_3$ . Знаходять лінії перетину  $KL$  і  $MN$  допоміжної поверхні з кожною із заданих. Точка  $A$  перетину побудованих ліній перетину  $KL$  і  $MN$  належить шуканій лінії заданих поверхонь.

Повторюючи такі побудови багаторазово за допомогою інших допоміжних поверхонь, знаходять необхідну кількість спільних точок

двох поверхонь для проведення лінії їх перетину. Одержані точки з'єднують плавною кривою лінією по лекалу.

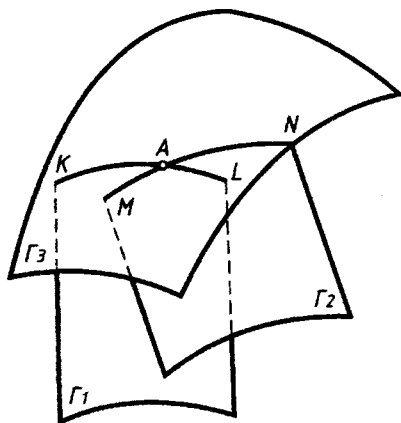


Рис. 2.216

Лінію перетину поверхонь називають також і *лінією переходу даних поверхонь*.

Загальне правило побудови лінії перетину поверхонь можна сформулювати так:

- вибрати тип допоміжних поверхонь;
- побудувати лінії перетину допоміжних поверхонь із заданими поверхнями;
- знайти точки перетину побудованих ліній і з'єднати їх між собою.

За допоміжні січні поверхні вибирають такі, лінії перетину яких із заданими поверхнями проектується на креслення в графічно прості лінії – прямі, кола. Такими посередниками, наприклад, є площини частинного положення, паралельні площинам проєкцій  $P_1$  і  $P_2$ , або сфери. Щоб розв'язати задачу, треба провести не одну, а кілька допоміжних площин або сфер.

Знайдемо спільні точки лінії перетину зрізаного конуса і кулі (рис. 2.217).

Посередником доцільно взяти горизонтальну площину  $\Gamma$ , яка перетинає кулю і конус по колах  $I$  і  $II$ . Взаємний перетин цих кіл визначає спільні точки  $A$  і  $B$ , які належать лінії перетину поверхонь даних тіл. Провівши кілька допоміжних площин, знаходять достатньо точок для побудови кривої перетину тіл.

На лінії перетину поверхонь розрізняють *точки опорні* і *випадкові* або *проміжні*.

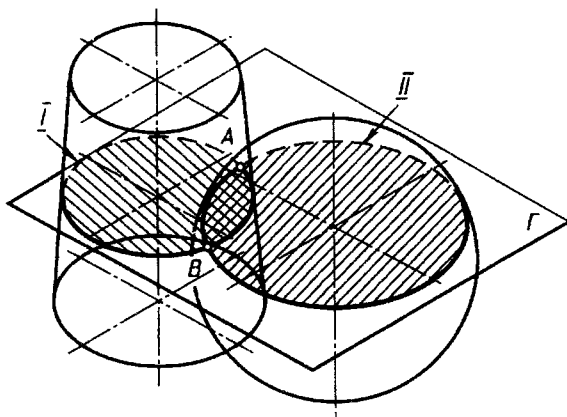


Рис. 2.217

Розпочинати побудову лінії перетину слід з визначення опорних точок: найвищих і найнижчих, крайніх правих і лівих, точок видимості тощо. Опорні точки дають можливість побачити, в яких межах розміщені проєкції лінії перетину і де слід визначати проміжні точки.

Два тіла можуть перетинатися по одній або по двох замкнених лініях. У першому випадку перетин буде неповним і на тілах утворяться заглибини у вигляді врубков. Цей випадок називається *врізанням*. При двох замкнених лініях перетину одне тіло цілком проникає в інше. Такий випадок називається *проникненням*.

Характер лінії перетину залежить від того, які геометричні тіла або поверхні перетинаються, а саме:

- при перетині двох багатогранників утворюється одна або дві замкнені просторові ламані лінії, окремі відрізки яких є лініями перетину граней багатогранників;
- при перетині багатогранників з тілом обертання утворюється одна або дві лінії, які складаються з кількох частин плоских кривих другого порядку: кола, еліпса, параболи тощо. Ці частини кривих сходяться між собою на ребрах багатогранників;
- при перетині двох кривих поверхонь другого порядку утворюється одна або дві просторові плавні криві, як правило, четвертого порядку, які в окремих випадках розпадаються на

плоскі криві другого порядку або навіть на відрізки прямих ліній.

Після того як за допомогою посередників визначені точки, які належать лінії перетину даних поверхонь, необхідно встановити послідовність з'єднання одержаних точок і визначити видимість окремих частин лінії перетину.

При визначенні послідовності з'єднання точок користуються такими положеннями:

- з'єднувати між собою можна лише такі точки, які лежать на одній і тій же грані кожної з двох поверхонь;
- з'єднувати між собою можна лише точки, які лежать на сусідніх твірних.

Але реалізація цих положень на практиці в ряді випадків викликає значні труднощі, вимагає великої затрати часу і добре розвинутої просторової уяви.

Тому було запропоновано ряд способів, метою яких є прагнення винести знайдені точки лінії перетину за межі поля контура поверхонь, що перетинаються, для визначення тим чи іншим способом порядку їх з'єднання. Основні з них:

- спосіб безпосереднього обходу;
- табличний спосіб;
- механічний або спосіб умовних розгорток;
- з побудовою діаграми перетину;
- спосіб цифрових позначень.

Визначивши точки лінії перетину, їх з'єднують в певній послідовності з врахуванням видимості окремих частин лінії перетину.

При цьому керуються таким положеннями:

- якщо відрізок лінії перетину двох багатогранників лежить на перетині видимих граней даних проекцій фігур, то він також видимий на цій проекції;
- якщо обидві грані або одна з них невидимі, то і відрізок лінії перетину даних граней невидимий;
- для кривих поверхонь видимими є лише точки, одержані в перетині двох видимих твірних. Якщо одна з двох твірних невидима, то й точка перетину їх невидима;
- точки переходу видимої частини лінії перетину в невидиму завжди лежать на обрисних твірних тієї чи іншої поверхні;
- видимість визначається окремо для кожної з проекцій фігур, які перетинаються.

Розглянемо деякі приклади перетину двох поверхонь.

## 10.2. Приклади взаємного перетину поверхонь тіл

### 10.2.1. Перетин багатогранників

**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину чотирикутної піраміди з трикутною призмою, розташованою перпендикулярно до профільної площини проєкцій  $P_3$  (рис. 2.218, а).

Оскільки призма перпендикулярна до профільної площини проєкцій  $P_3$ , то профільна проєкція лінії перетину збігається з профільною проєкцією призми. Потрібно побудувати лише горизонтальну і фронтальну проєкції лінії перетину. Для визначення фронтальних проєкцій  $3_2, 4_2, 5_2, \dots$  точок 3, 4, 5 проводять горизонтальні лінії зв'язку з проєкцій  $3_3, 4_3, 5_3, \dots$  до перетину з фронтальними проєкціями відповідних ребер піраміди. За фронтальними визначають горизонтальні проєкції цих точок. Для визначення точок перетину ребер призми  $AB$  і  $CD$  з пірамідою використовують допоміжну фронтальну площину  $\Sigma$ , яка проходить через ці ребра. Ця площина перерізає піраміду по трикутнику  $MNK$ , подібному до трикутника  $SFE$  (рис. 2.218, б).

Для побудови фронтальної проєкції трикутника  $MNK$  з точки  $M_3$  проводять горизонтальну лінію зв'язку і знаходять проєкцію  $M_2$ . З точки  $M_2$  проводять сторони  $M_2N_2$  і  $M_2K_2$  трикутника перетину паралельно бічним ребрам піраміди. У перетині утвореного трикутника з проєкціями  $A_2B_2$  і  $C_2D_2$  ребер призми дістають фронтальні проєкції  $1_2, 9_2, 2_2, 10_2$  точок лінії перетину. Використовуючи вертикальні лінії зв'язку, знаходять горизонтальні проєкції цих точок. Знайдені проєкції точок сполучають суцільними або штриховими лініями, враховуючи видимість контуру на площинах проєкцій  $P_1$  і  $P_2$ .

Послідовність побудови в аксонометрії зрозуміла з рис. 2.219, якщо врахувати, що для знаходження в аксонометрії точок  $3', 5', \dots$  використовують розміри  $a_1, a_2, a_3, a_4$ , узяті з рис. 2.218, а.



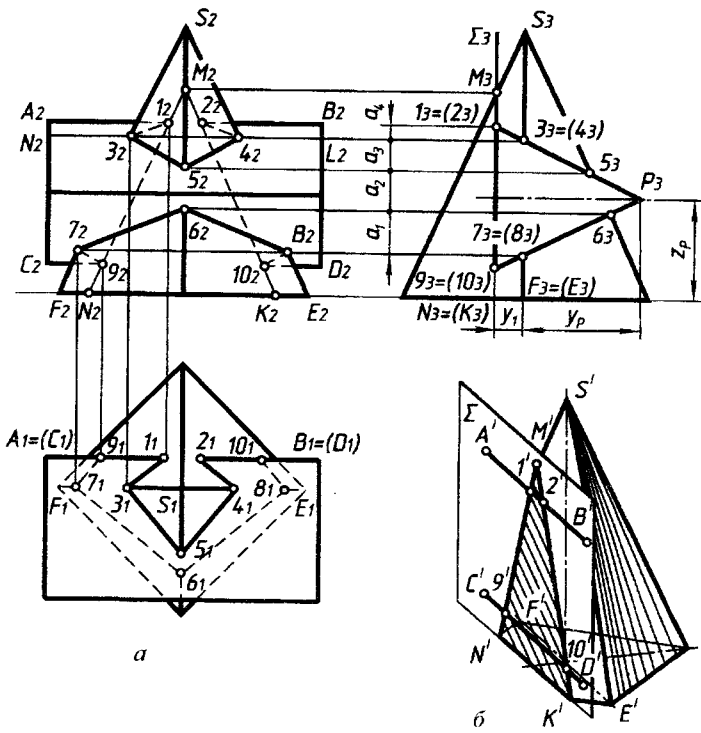


Рис. 2.218

**Приклад 2.** Побудувати лінію перетину зрізаної правильної чотирикутної піраміди і похило розташованої тригранної призми (рис. 2.220, а).

Перш ніж приступити до побудови, проаналізуємо взаємне положення багатогранників і їх положення відносно площин проєкцій. У даному випадку багатогранники можуть перетинатися лише по бічних гранях. Ребра призми і бічні ребра піраміди паралельні площині  $\Pi_2$ , основа піраміди паралельна площині  $\Pi_1$ . Нижня грань призми і її основи перпендикулярні площині  $\Pi_1$ .

Вказані особливості розташування призми і піраміди визначають і найбільш раціональний спосіб побудови лінії перетину їх поверхонь за точками перетину ребер призми з гранями піраміди і бічних ребер піраміди з гранями призми.

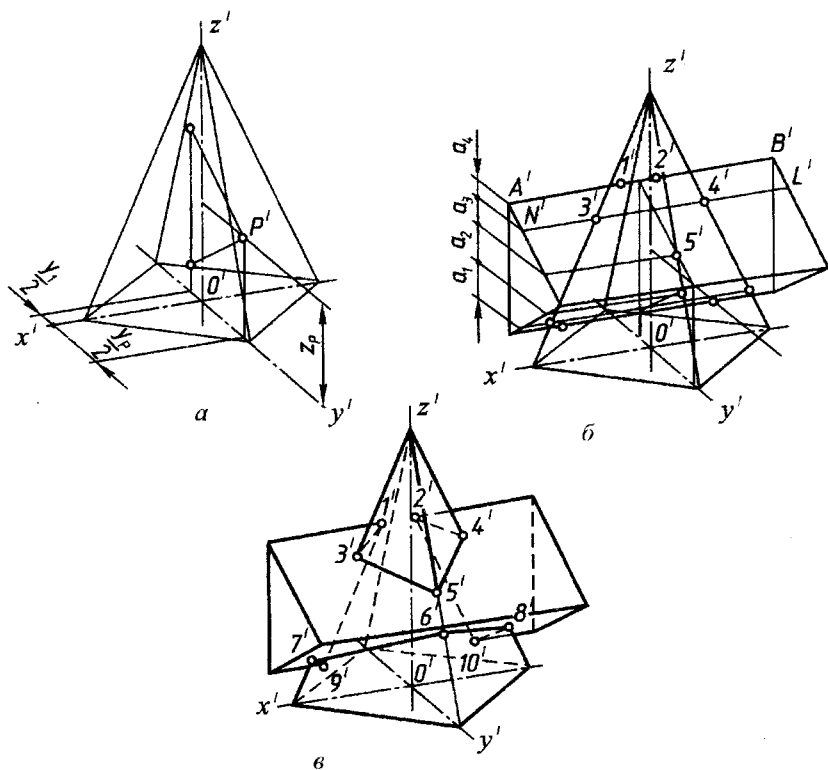


Рис. 2.219

Побудови показані на рис. 2.220, б. Розглянемо їх для лівої частини креслення (від осі піраміди). Проекції  $1_2, 1_1, 2_2, 2_1, 3_2, 3_1, 4_2, 4_1$  точок перетину ребер призми з гранями піраміди визначені шляхом проведення через них фронтальних площин  $P (P_1), \Sigma (\Sigma_1), \Gamma (\Gamma_1)$ . Вони перетинають ліві бічні грані піраміди по фронталях – прямих лініях, паралельних лівому ребру піраміди. Положення їх фронтальних проєкцій визначено за горизонтальними проєкціями  $21_1, 22_1$  і  $24_1$  точок перетину горизонтальних проєкцій  $P_1, \Sigma_1$  і  $\Gamma_1$  площин  $P, \Sigma, \Gamma$  з горизонтальною проєкцією основи піраміди. На перетині фронтальних проєкцій цих ліній з фронтальними проєкціями ребер призми знайдені фронтальні проєкції  $1_2, 2_2$  і  $4_2$  точок перетину ребер призми з лівими гранями піраміди. За ними побудовані горизонтальні проєкції  $1_1, 2_1, 4_1$ .

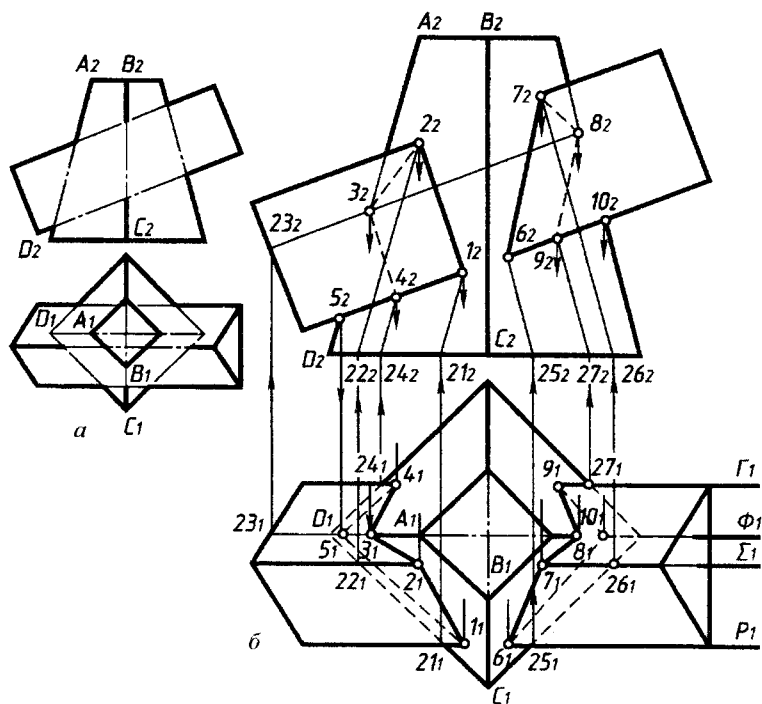


Рис. 2.220

Проекції  $3_2$ ,  $3_1$  точки перетину ребра  $AD$  піраміди з верхньою задньою гранню призми знайдені за допомогою допоміжної фронтальної площини  $\Phi$  ( $\Phi_1$ ), яку проведено через це ребро. Площина  $\Phi$  перетинає грань призми по прямій, паралельній ребрам призми, і яка проходить через точку  $23$  на основі призми. На перетині фронтальних проєкцій цієї прямої і ребра  $A_2D_2$  знайдена фронтальна проєкція  $3_2$ . З нижньою гранню призми, перпендикулярною площині  $\Pi_2$ , ребро  $AD$  перетинається в точці з фронтальною проєкцією  $5_2$ . Провівши проєкційну лінію зв'язку, на проєкції  $A_1D_1$  знаходимо її горизонтальну проєкцію  $5_1$ .

Отже, проєкції точок перетину всіх ребер призми з лівими гранями піраміди –  $1_2$ ,  $1_1$ ,  $2_2$ ,  $2_1$ ,  $4_2$ ,  $4_1$  і ребра  $AD$  піраміди з двома гранями призми –  $3_2$ ,  $3_1$  і  $5_2$ ,  $5_1$  побудовані. З'єднуємо проєкції точок, які належать одній грані, і одержуємо проєкції  $1_22_23_24_25_21_2$ ,  $1_12_13_14_15_11_1$  ламаної лінії перетину.

Аналогічно будуються проєкції  $6_27_28_29_210_26_2$ ,  $6_17_18_19_110_16_1$  лінії перетину в правій частині креслення. Порядок побудови ілюструється стрілками.

Побудувавши проєкції лінії перетину багатогранників обводять проєкції частин їх ребер, які залишилися.

Як видно, переднє і заднє ребра піраміди не перетинають поверхню призми.

### 10.2.2. Перетин багатогранника з тілом обертання

У перетині тіла обертання з багатогранником дістають одну або дві замкнені лінії, окремі відрізки яких є кривими лініями другого порядку (еліпс, парабола, гіпербола, коло) або прямими лініями. Контур лінії перетину не має плавного характеру на всій своїй довжині, а утворює в окремих місцях точки зламу, які лежать на ребрах багатогранника. В цих точках змінюється характер кривої перетину: коло переходить в еліпс, еліпс – у пряму і т. д.

**Приклад 1.** Побудувати лінію взаємного перетину поверхонь призми і сфери (рис. 2.221, а).

В даному випадку одна з проєкцій лінії перетину, а саме горизонтальна, відома, оскільки збігається з горизонтальною проєкцією бічної поверхні призми. Це значно спрощує побудову: вона зводиться до знаходження фронтальних проєкцій точок, які належать поверхні сфери, за їх горизонтальними проєкціями. Так, проєкція  $C_2$  (рис. 2.221, б) знайдена за допомогою горизонталі на поверхні сфери: ця горизонталь має радіус  $O_1C_1$ . Точки  $D_2$  і  $E_2$  одержані на фронтальній проєкції головного меридіана сфери за проєкціями  $D_1$  і  $E_1$ , точка  $A_2$  – на фронтальній проєкції екватора.

Другою обставиною, яка має велике значення для побудови, є те, що шукана лінія перетину відома: кожна бічна грань призми перетинає поверхню сфери по дузі кола. З цих дуг одна, розміщена на задній грані, проєктується на площину  $\Pi_2$  без спотворення; її радіус дорівнює  $A_13_1$ . Дві інші дуги проєктуються на площину  $\Pi_2$  у вигляді дуг еліпсів.

Провівши перпендикуляри  $O_11_1$  і  $O_12_1$ , ми визначимо горизонтальні проєкції вершин еліпсів – точки  $1_1$  і  $2_1$ ; за цими точками знаходимо проєкції  $1_2$  і  $2_2$ . На рис. 2.221, б дуги еліпсів показані за точками  $C_2$  і  $B_2$  штрих-пунктирними лініями. Тіло на цьому рисунку представлено як моноліт.

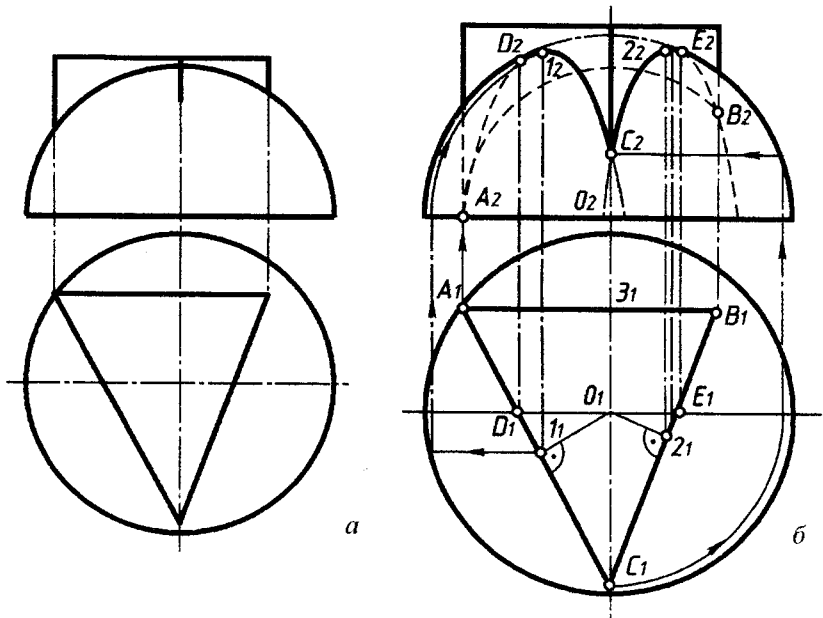
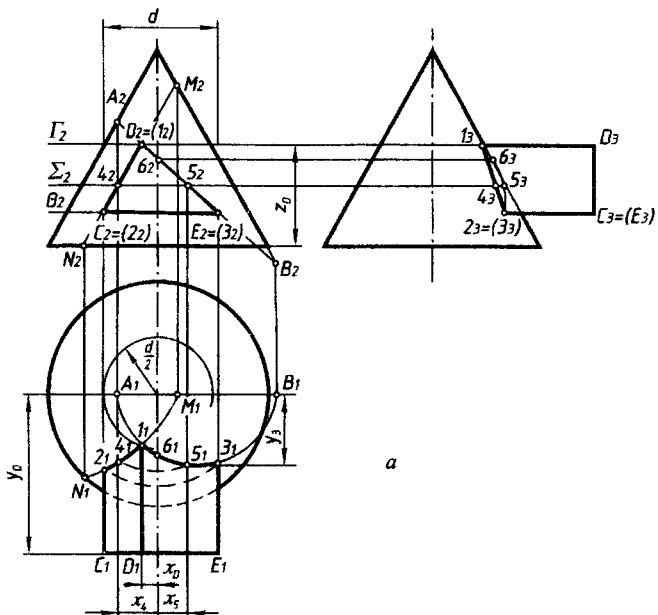


Рис. 2.221

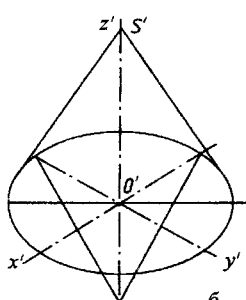
**Приклад 2.** Побудувати лінію перетину конуса і призми (рис. 2.222, а-д).

Оскільки бічні грані призми перпендикулярні до площини  $\Pi_2$ , фронтальна проекція лінії перетину зливається з фронтальною проекцією граней призми. Побудову горизонтальної і профільної проекцій лінії перетину починають з визначення їх опорних точок. Через верхнє ребро призми проводять допоміжну горизонтальну площину-посередник  $\Gamma$ . Ця площина перерізає конус по колу діаметра  $d$ . Горизонтальна проекція цього кола в перетині з проекцією верхнього ребра призми дає шукану точку  $1_1$ .

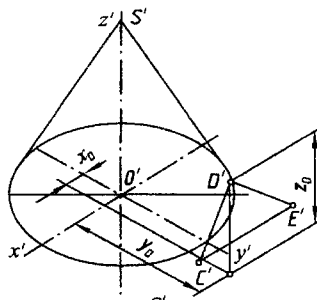
Опорні точки 2 і 3, які лежать на нижніх ребрах призми, знаходять за допомогою горизонтальної площини  $\theta$ . Дуга кола між точками  $2_1$  і  $3_1$  є горизонтальною проекцією лінії, по якій нижня грань призми перетинає поверхню конуса. Аналогічно за допомогою горизонтальної площини  $\Sigma$  знаходять проміжні точки 4 і 5.



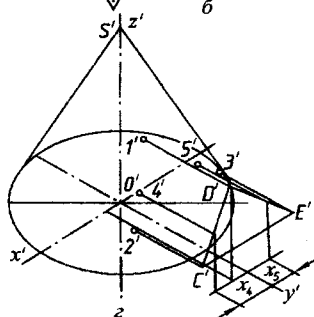
a



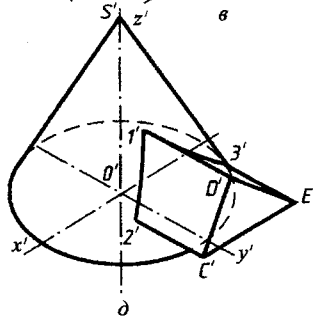
b



b



z



d

Рис. 2.222

Щоб точніше побудувати криву перетину, використовують спосіб “повних перерізів”. Суть його полягає в тому, що грані призми продовжують до повного перетину з конусом і креслять повний контур знайденої кривої другого порядку. Так, продовжуючи ліву грань призми до повного перетину з конусом отримують параболу, вершиною якої буде уявна точка  $M$ ; найбільший розхил крива має в точці  $N$ , що лежить на основі конуса. Знаходять проекції цих точок і креслять горизонтальну проекцію параболи. Дійсну частину параболи, яка лежить у межах лівої грані призми, наводять суцільною основною, а уявну – тонкою лінією. Права грань призми перерізає конус по еліпсу, великою віссю якого буде відрізок  $A_2B_2$ . На горизонтальній проекції креслять контур усього еліпса, а остаточно наводять тільки дійсну його частину.

Профільну проекцію лінії перетину знайдено координатним способом. На ній лінія перетину торкається правої обрисної твірної конуса в точці  $b_3$ .

Ізометричну побудову призми та конуса, що перетинаються (рис. 2.222, б–д) виконують в такій послідовності:

- будують ізометричну проекцію конуса (рис. 2.222, б);
- використовуючи координати  $x_D, y_D, z_D$  знаходять ізометричну проекцію однієї з вершин основи призми – точки  $D$ ;
- будують ізометричну проекцію  $C'D'E'$  трикутника, що є основою призми (рис. 2.222, в);
- з вершин  $C', D', E'$  проводять прямі, паралельні осі  $y'$ , і відкладають на них відрізки, що дорівнюють відстаням від вершин основи призми до точок перетину її ребер з поверхнею конуса, наприклад:  $C'2' = C_12_1$ ;  $D'1' = D_11_1$ ; ... (рис. 2.222, г);
- використовуючи розміри  $x_4$  і  $x_5$  та відповідні відрізки, виміряні на горизонтальній проекції, знаходять проміжні точки  $4'$  і  $5'$  лінії перетину;
- сполучають знайдені точки з врахуванням видимості лінії перетину (рис. 2.222, д).

**Приклад 3.** Побудувати лінію перетину правильної шестигранної призми з співвісним з нею конусом обертання.

Такий випадок можливий при знятті конічної фаски на шестигранній гайці (рис. 2.223).

Величина  $D$ , що дорівнює діаметру вписаного кола направляючого шестикутника призми, визначає розмір гайкового ключа. Конус обертання задають вершиною й кутом при його вершині. Верхня площина гайки перетинає конус обертання по паралелі – колу. Таку паралель називають *колом обточки гайки*.

Шукана лінія перетину складається з шести однакових частин.

Для визначення найвищих точок лінії перетину будуємо паралель конуса, яка дотикається граней призми.

Паралель конуса, яку перетинають ребра призми, визначає нижчі точки лінії перетину.

Для побудови проміжних точок лінії перетину беремо будь-яку з проміжних паралелей. Ця паралель кожному з граней перетинає в двох точках, які належать лініям перетину граней призми з конусом. Грані призми, площини яких паралельні осі конуса обертання, перетинають конус обертання по гіперболах.

На рис. 2.223 побудована також профільна проекція заданих поверхонь і їх лінії перетину.

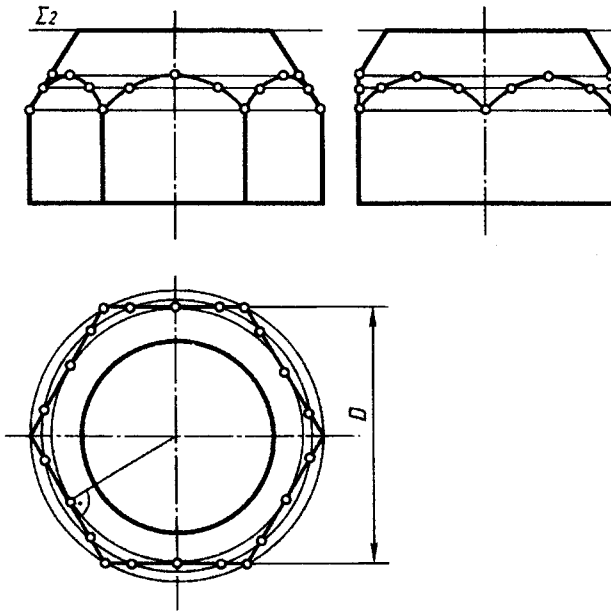


Рис. 2.223

### 10.2.3. Перетин тіл обертання

#### Спосіб допоміжних січних площин

Цей спосіб побудови точок лінії перетину поверхонь тіл обертання застосовують тоді, коли допоміжні січні площини – посередники



дають в перетині з кожною з даних поверхонь такі лінії, як прямі або кола. За допоміжні площини найчастіше беруть площини рівня.

**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину сфери з конусом обертання (рис. 2.224).

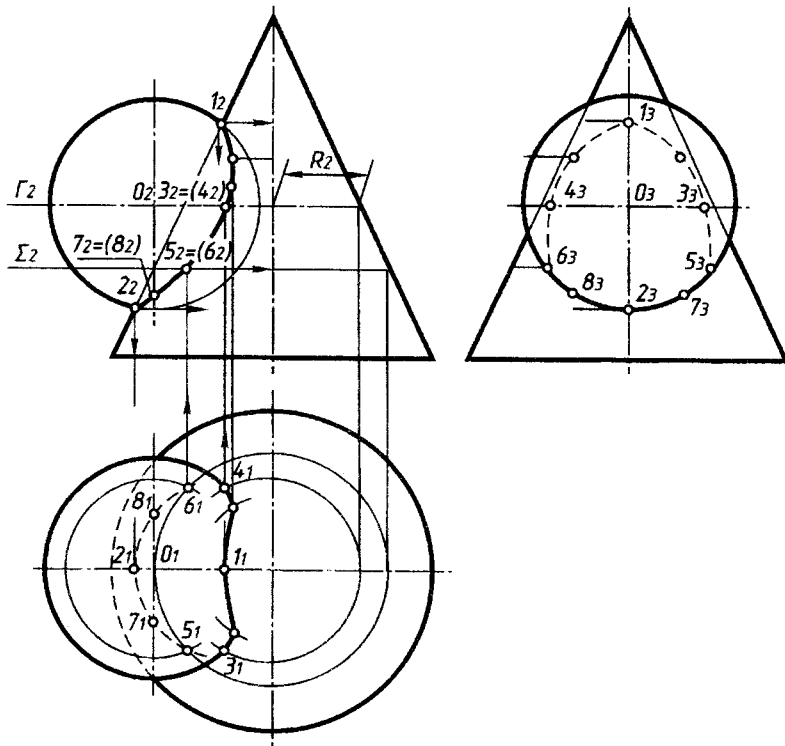


Рис. 2.224

Для побудови лінії перетину заданих поверхонь зручно за допоміжні площини – посередники взяти серію горизонтальних площин, перпендикулярних осі конуса, які перетинають сферу і конус по колах. На перетині цих кіл знаходять точки шуканої лінії перетину.

Побудову, як правило, розпочинають з визначення проєкцій опорних точок. Проєкції  $1_2$  вищої і  $2_2$  нижчої точок є точками перетину фронтальних проєкцій обрисів, оскільки центр сфери і вісь конуса лежать в площині, паралельній площині  $\Pi_2$ . Горизонтальні  $1_1$ ,  $2_1$  і профільні  $1_3$ ,  $2_3$  проєкції знаходять за допомогою проєкуючих

ліній зв'язку. Проекції  $3_2, 3_1, 3_3$  і  $4_2, 4_1, 4_3$  точок, які лежать на екваторі сфери, знаходять за допомогою горизонтальної площини  $\Gamma(\Gamma_2)$ , що проходить через центр сфери  $O(O_2)$ . Вона перетинає сферу по екватору і конус по колу радіуса  $R$ , на перетині горизонтальних проєкцій яких і знаходять горизонтальні проєкції  $3_1, 4_1$  точок шуканої лінії перетину. Горизонтальні проєкції  $3_1$  і  $4_1$  цих точок є межами видимості частин лінії перетину на цій проєкції. Проєкції проміжних точок, наприклад  $5_2, 5_1, 5_3$  і  $6_2, 6_1, 6_3$ , знаходять за допомогою допоміжної горизонтальної площини  $\Sigma(\Sigma_2)$ . Їх побудова зрозуміла з креслення. Аналогічно побудовані інші точки. Профільні проєкції точок лінії перетину будують за їх фронтальними і горизонтальними проєкціями. Точки з проєкціями  $7_2, 7_1, 7_3$  і  $8_2, 8_1, 8_3$  є межами видимості частин профільної проєкції лінії перетину. Нижче проєкцій  $7_3$  і  $8_3$  профільна проєкція лінії перетину видима.

**Приклад 2.** Побудувати лінію перетину циліндра обертання зі сферою; вісь циліндра перпендикулярна до площини  $P_1$  і не проходить через центр сфери (рис. 2.225, а).

Для побудови лінії перетину як посередники використовують фронтальні площини рівня, які перетинають сферу по колах, а циліндр – по твірних.

Оскільки циліндр займає проєктуюче положення відносно площини проєкцій  $P_1$ , то горизонтальна проєкція лінії перетину збігається з обрисом горизонтальної проєкції циліндра. На горизонтальній проєкції відмічають опорні точки лінії переходу; 1 і 7 – найближча і найвіддаленіша від спостерігача точки; 3 і 10 – крайні ліва і права, вони ж – точки, які відокремлюють видиму частину кривої від невидимої (відносно площини  $P_2$ ); 4 і 9 – точки, що лежать на головному, фронтальному меридіані сфери; 5 і 11 – вища і нижча точки кривої. Ці точки лежать в площині, яка проходить через центр сфери і вісь циліндра. Точки 6, 8, 2 і 12 – проміжні.

Всі ці точки визначені на фронтальній площині проєкцій за допомогою допоміжних площин  $\Gamma^1, \Gamma^2, \Gamma^3, \Gamma^4, \Gamma^5, \Gamma^6, \Gamma^7$ . Так, наприклад, фронтальна площина  $\Gamma^7$  перетинає поверхню сфери по колу радіуса  $R_1$ , а поверхня циліндра дотикається по твірній; на їх перетині одержуємо точку 1.

Порядок з'єднання одержаних точок на фронтальній площині такий же, як і на горизонтальній, і тому труднощів вирішення цього питання не виникає.

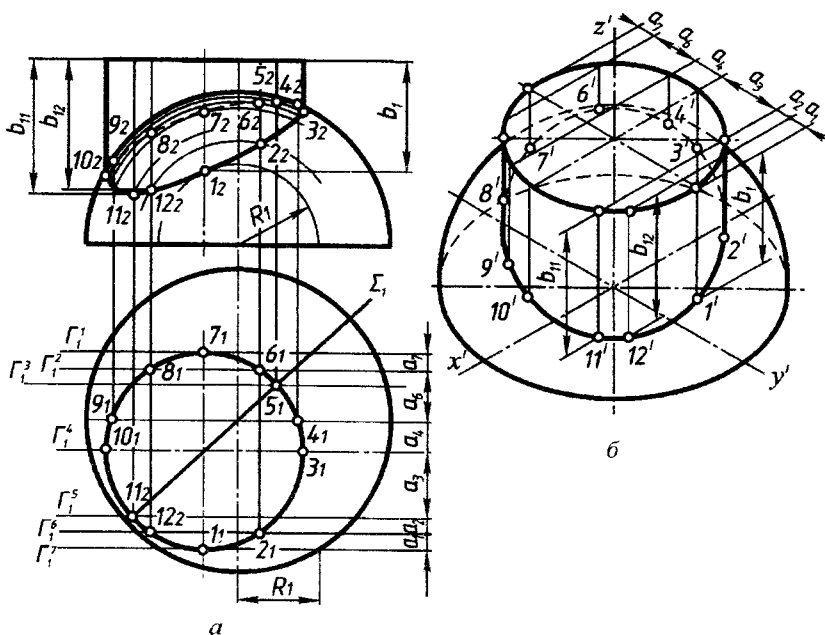


Рис. 2.225

На рис. 2.225, б виконано в ізометрії зображення поверхонь, які перетинаються. Будують ізометричну проекцію екватора сфери і верхньої основи циліндра. Півсфера зобразиться у вигляді півкола діаметром  $1,22d$ , дотичного до великої осі ізометричної проекції екватора. Використовуючи розміри  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_7$ , знаходять на основі циліндра вторинні проекції точок лінії перетину поверхонь. З цих точок проводять твірні паралельно аксонометричній осі  $z'$ , на яких відкладають висоти (аплікати) точок лінії переходу, вимірюючи їх на фронтальній проекції. На рис. 2.225, б показані лише три відрізки –  $b_{11}, b_{12}$ , які відповідають висотам точок 1, 11, 12.

Сполучивши одержані точки  $1', 2', \dots, 12'$  плавною кривою, одержимо ізометричну проекцію лінії перетину поверхонь.

**Приклад 3.** Побудувати лінію перетину кругового конуса зі сферою (рис. 2.226).

В обох фігур є спільна площина симетрії, яка проходить через вісь симетрії конуса і центр симетрії сфери. Цю площину позначимо  $\Sigma(\Sigma_1)$ .

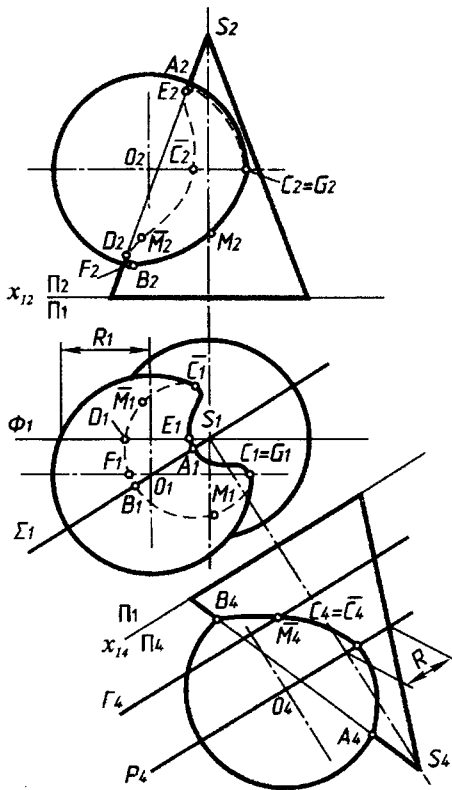


Рис. 2.226

Введемо нову площину проєкцій  $\Pi_4$ , паралельну  $\Sigma(\Sigma_1)$ , і побудуємо на  $\Pi_4$  проєкції даних фігур. В системі площин  $\Pi_1, \Pi_4$  одержуємо найпростіше розташування фігур відносно площин проєкцій. Розв'язування задачі спочатку проведемо в цій системі, після чого буде вже легко добудувати проєкцію лінії перетину на площині  $\Pi_2$ .

Розпочинаємо з побудови опорних точок.

Відмічаємо вищу і нижчу точки лінії перетину відносно площини  $\Pi_1$  – точки  $A(A_4)$  і  $B(B_4)$ , і знаходимо їх проєкції  $A_1$  і  $B_1$ .

Знаходимо точки  $C(C_1, C_4)$  і  $\bar{C}(\bar{C}_1, \bar{C}_4)$ , які лежать на екваторі сфери. Ці точки є точками видимості, оскільки вони належать обрисю сфери на горизонтальній проєкції. Щоб знайти їх, вводимо допоміжну горизонтальну площину  $P(P_4)$ , проведену через екватор сфери. Ця

площина перетинає конус по колу радіуса  $R$ , а сферу – по екватору. Знаходимо перетин горизонтальних проєкцій цих ліній і одержуємо точки  $C_1$  і  $\bar{C}_1$ . Після цього будуємо проєкції  $C_4$  і  $\bar{C}_4$ , і точки видимості знайдені. Далі можна знайти необхідну кількість довільних точок, скориставшись для цього допоміжними горизонтальними площинами, одна з яких  $\Gamma(\Gamma_4)$  показана на кресленні. Після того, як проєкції лінії перетину побудовані на площинах  $\Pi_1$  і  $\Pi_4$ , переходимо до побудови її проєкції на  $\Pi_2$ .

Знайдемо опорні точки  $D(D_1, D_2)$  і  $E(E_1, E_2)$ , які лежать на крайній лівій твірній конуса. Для цього вводимо допоміжну фронтальну площину  $\Phi(\Phi_1)$ , яка проходить через цю твірну. Площина  $\Phi(\Phi_1)$  перетинає сферу по колу радіуса  $R_1$ . Цим радіусом будуємо фронтальну проєкцію вказаного кола (на кресленні відмічаємо його дві дуги) і одержуємо точки  $D_2$  і  $E_2$  перетину його з твірною. За допомогою їх знаходимо точки  $D_1$  і  $E_1$ .

Необхідно відмітити ще дві важливі опорні точки  $F(F_1, F_2)$  і  $G(G_1, G_2)$ , які являють собою точки видимості фронтальної проєкції лінії перетину. Ці точки лежать на головному меридіані сфери. Побудувати ці точки можна лише наближено. Спочатку слід відмітити їх горизонтальні проєкції  $F_1$  і  $G_1$  як точки перетину горизонтальної проєкції шуканої кривої з проєкцією головного меридіана сфери, а потім знайти відповідні фронтальні проєкції  $F_2$  і  $G_2$ . Проєкції довільних точок на площині  $\Pi_2$  будується за їх проєкціями на площинах  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .

**Приклад 4.** Побудувати лінію перетину поверхонь циліндра й конуса, в яких осі перпендикулярні до площини  $\Pi_1$  (рис. 2.227).

Побудову виконаємо за допомогою проведення допоміжних горизонтальних площин  $\Gamma^1, \Gamma^2, \Gamma^3$ , які перетинають конус і циліндр по колах. Ці кола проєктуються на площину  $\Pi_2$  відрізками прямих, а на площину  $\Pi_1$  – колами. При цьому горизонтальні проєкції всіх кіл, по яких площини перетинають поверхню циліндра, зливаються з проєкцією його бічної поверхні на площину  $\Pi_1$ , а діаметри кіл від перетину площинами поверхні конуса визначаються за фронтальною проєкцією (показано стрілкою для кола, одержаного на поверхні конуса від перетину цієї поверхні площиною  $\Gamma^3$ ).

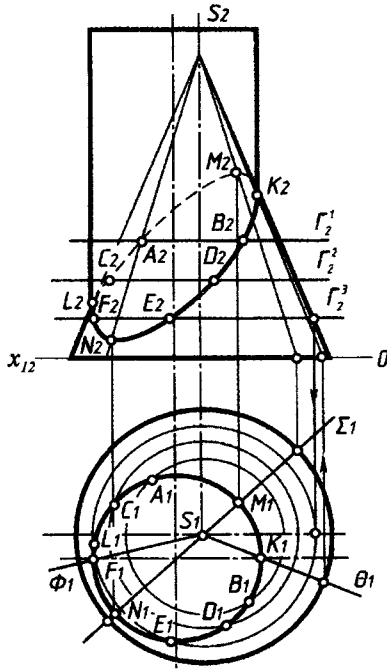


Рис. 2.227

Перетин кола (проекції бічної поверхні циліндра на  $\Pi_1$ ) з горизонтальними проекціями кіл, одержаних від перетину поверхні конуса площинами  $\Gamma^1, \Gamma^2, \Gamma^3$  визначають горизонтальні проекції  $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1$ , і  $F_1$  точок  $A, B, C, D, E$  і  $F$  через які проходить лінія перетину поверхонь циліндра й конуса. Фронтальні проекції  $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2$ , і  $F_2$  цих точок одержані шляхом проведення ліній зв'язку через  $A_1, B_1, \dots, F_1$  до перетину з фронтальними слідами відповідних площин.

Опорні точки – вища  $M$ , нижча –  $N$  – знайдені за допомогою площини  $\Sigma$ , проведеної через осі циліндра й конуса. Точки перетину лівої і правої твірних циліндра з поверхнею конуса побудовані шляхом проведення через вісь конуса і через кожен із цих твірних циліндра відповідно площин  $\Phi$  і  $\theta$  і побудови тих твірних, по яких ці площини перетинають поверхню конуса (показано для точки  $K$ ).

#### Спосіб допоміжних сфер

Сферичні поверхні знайшли широке застосування як посередники при розв'язуванні задач на взаємний перетин поверхонь. Обумовлено це тим, що:

- проєкції сфери будуються надто просто;
- на сфері можна взяти нескінченну множину систем кіл;
- довільна площина, яка проходить через центр сфери, є площиною її симетрії.

Спосіб допоміжних сфер розпадається на два:

- спосіб концентричних сфер, коли всі сфери – посередники будуються з одного і того ж спільного центра;
- спосіб ексцентричних сфер, коли сфери – посередники будуються з різних центрів.

В основі метода сферичних посередників лежить така теорема:

*Дві співвісні поверхні обертання перетинаються по колах, кількість яких дорівнює кількості точок перетину твірних ліній поверхонь, розташованих в одній меридіальній площині і по один бік від осі обертання.*

При користуванні методом сферичних посередників за одну із співвісних поверхонь беруть сферу, а за другу – довільну поверхню обертання: конус, циліндр, сфера, кільце, еліпсоїд обертання, гіперboloїд обертання тощо, або поверхню, яка має сімейство колових перерізів, наприклад, тривісний еліпсоїд, еліптичний параболоїд тощо.

Перш ніж приступити до розв'язування задачі методом сферичних посередників, слід перевірити наявність умов, які визначають можливість застосування цього методу. Ці умови такі:

- обидві поверхні мають бути поверхнями обертання (або одна з них має сімейство колових перерізів);
- осі поверхонь мають перетинатися між собою;
- осі поверхонь мають бути паралельними одній з площин проєкцій.

Якщо осі поверхонь перетинаються, але не паралельні жодній з площин проєкцій, то за допомогою обертання або заміни площин проєкцій систему приводять в таке положення, при якому площина осей стає паралельною будь-якій площині проєкцій. На цю площину кола перетину проєктуються у вигляді прямих. Побудувавши в новій системі лінію перетину за допомогою сфер-посередників, зворотним перетворенням переходять до початкової системи.

Спосіб концентричних сфер ґрунтується на тому, що сфера перетинається з поверхнею обертання по колах, якщо вісь цієї поверхні проходить через центр сфери. Якщо ж вісь поверхні обертання паралельна одній з площин проєкцій, то площини цих кіл займають відносно цієї площини проєктуюче положення і проєктуються на неї у вигляді відрізків прямих.

План розв'язування задачі способом концентричних сфер можна сформулювати так:

- вважаючи точку перетину осей заданих поверхонь за центр, будують допоміжні сфери-посередники;
- визначають кола перетину сфер-посередників з кожною із заданих поверхонь окремо;
- знаходять спільні точки перетину одержаних кіл.

Ці точки і належать шуканій лінії перетину поверхонь.

**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину конуса обертання з циліндром обертання, вісь якого паралельна фронтальній площині проєкцій (рис. 2.228).

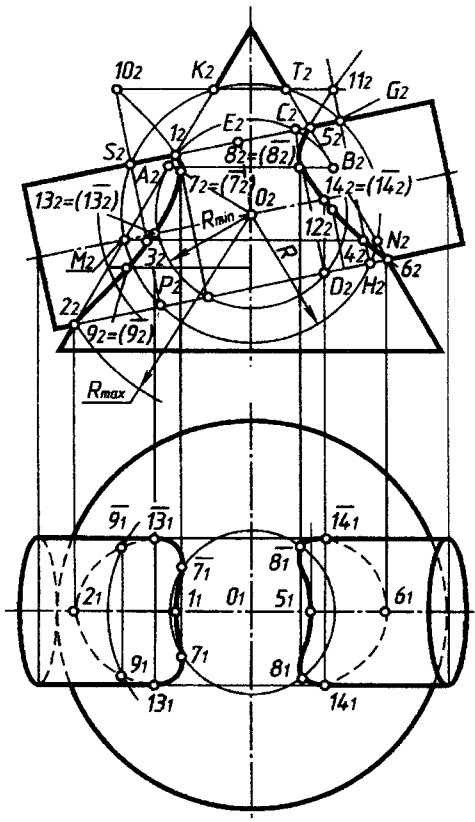


Рис. 2.228



З точки  $O_2$ , як з центра, описують коло довільного радіуса  $R$ , яке є фронтальною проекцією сфери-посередника. Ця сфера співвісна як з циліндром, так і з конусом, а тому перетне їх по колах, які на фронтальній площині зобразяться відрізками прямих: для циліндра –  $S_2P_2$  і  $H_2G_2$ , а для конуса –  $M_2N_2$  і  $K_2T_2$ . На перетині цих відрізків (кіл) одержують точки 3, 10, 11, 4, які належать обом даним поверхням і, отже, шуканій лінії перетину.

Змінюючи радіус допоміжної сфери, можна одержати велику кількість точок лінії перетину.

Але перед тим як проводити кола, які зображають довільні сфери, слід вяснити розміри найбільшої і найменшої сфер, необхідних для розв'язування даної задачі.

Для цього відмічають точки перетину обрисових твірних циліндра й конуса. Фронтальні проекції  $1_2, 2_2, 5_2, 6_2$  точок перетину лежать безпосередньо на перетині фронтальних проекцій обрисових твірних, оскільки ці твірні лежать у площині, паралельній фронтальній площині проекцій.

Радіус  $R_{\max}$  кола найбільшої сфери-посередника дорівнює відстані від найвіддаленішої точки перетину контурних твірних, в даному випадку від точки  $2_2$  до центра  $O_2$ .

Для визначення радіуса найменшої сфери-посередника необхідно з центра  $O_2$  провести дві нормалі до обрисових ліній поверхонь – відрізки  $O_2A_2$  і  $O_2E_2$ . Радіус  $R_{\min}$  найменшої сфери-посередника дорівнює за величиною більшій з двох даних нормалей, тобто величині  $O_2A_2$ .

Для побудови другої проекції зручно користуватися колами, які одержуються на одній з поверхонь, або колами, одержаними на сферах-посередниках. Другий спосіб є універсальнішим, оскільки він може бути використаний в усіх без винятку випадках. Точки 13<sub>1</sub> і 14<sub>1</sub>, які лежать на обрисних твірних, на горизонтальній проекції відокремлюють видиму частину кривої від невидимої. Точки 10 і 11 знаходяться поза контуром даних поверхонь і дають можливість краще накреслити криву.

### **Спосіб ексцентричних сфер**

Даний спосіб полягає в тому, що допоміжні сфери проводять з різних центрів. Це дає змогу застосовувати такий спосіб не лише для тіл обертання, а й для поверхонь, які мають колові перерізи, – тора, похилого циліндра, еліптичного параболоїда тощо.

Спосіб ексцентричних сфер для побудови лінії перетину двох поверхонь застосовують при таких умовах:

- одна з поверхонь, які перетинаються, являє собою поверхню обертання, друга поверхня має колові перерізи;
- обидві поверхні мають спільну площину симетрії (тобто вісь поверхні обертання і центри колових перерізів другої поверхні належать одній площині – площині їх симетрії), до якої площини колових перерізів перпендикулярні;
- площина симетрії паралельна площині проєкцій (ця умова при необхідності може бути забезпечена перетворенням креслення).

**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину кругового конуса зі сферою (рис. 2.229).

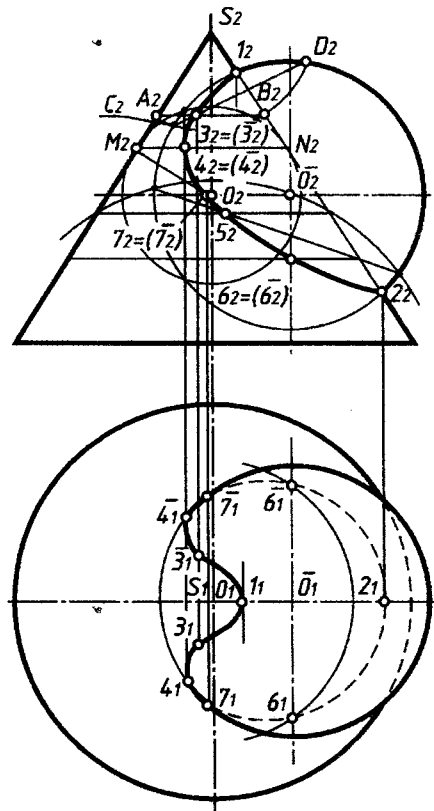


Рис. 2.229

Оскільки сфера має нескінчену множину осей симетрії, то центром для проведення сфер-посередників може бути будь-яка точка, яка лежить на осі конуса. Наприклад, провівши сферу з точки  $S_2$ , як з центра, одержимо в перетині з даними поверхнями відрізки  $A_2B_2$  і  $C_2D_2$ , які являють собою проєкції кіл перерізу. Їх взаємний перетин визначає точку  $3_2$ . Для одержання крайньої лівої точки  $4_2$  кривої допоміжну сферу проводять із центра  $O_2$  – перетину осі конуса з горизонтальним діаметром сфери. Радіус цієї сфери дорівнює величині нормалі, опущеної з точки  $O_2$  на твірну конуса (відрізок  $O_2M_2$ ).

Для одержання точки  $5_2$  допоміжна сфера була проведена з центра, розташованого на продовженні осі конуса.

**Приклад 2.** Побудувати лінію перетину зрізаного конуса з тором (рис. 2.230).

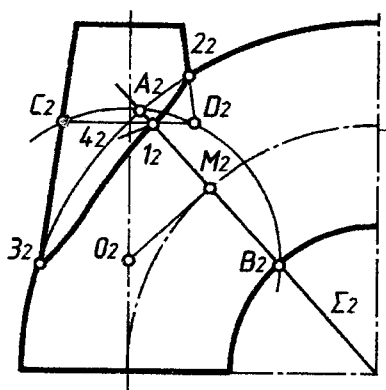


Рис. 2.230

Задача, як і в першому прикладі, розв'язана способом ексцентричних сфер. Вісь конуса лежить в площині середньої лінії кільця, тому в обох поверхнях є спільна площина симетрії, яка збігається з площиною середньої лінії кільця.

Спочатку відмічають опорні точки  $2_2$  і  $3_2$ .

Для побудови проміжних точок через вісь кільця проводять допоміжну фронтально-проєктуючу площину  $\Sigma$ , яка розсікає кільце по колу діаметра  $A_2B_2$ . З центра  $M_2$  кола ставлять перпендикуляр до цієї

площини. Цей перпендикуляр буде дотичною до середньої лінії кільця. Точку  $O_2$  перетину перпендикуляра з віссю конуса приймають за центр допоміжної сфери, на якій лежатиме коло діаметром  $A_2B_2$ . Проведена допоміжна сфера перетинає конус і кільце по колах  $C_2D_2$  і  $A_2B_2$ . На перетині цих кіл одержують спільні точки  $1_2, 4_2$ .

Аналогічною побудовою, застосовуючи допоміжні площини, визначають необхідну кількість точок лінії перетину поверхонь. При цьому кожний раз проводять допоміжні сфери із різних центрів, взятих обов'язково на осі конуса.

#### 10.2.4. Вплив співвідношення розмірів поверхонь на лінії їх перетину

Залежність лінії перетину поверхонь обертання від співвідношення їх розмірів розглянута на прикладах перетину двох циліндрів та циліндра з конусом.

Зміни проєкції лінії перетину вертикального й горизонтального циліндрів залежно від зміни співвідношень діаметрів  $d_1$  вертикального і  $d_2$  горизонтального циліндрів наочно видно на рис. 2.231, *a–г*. З наближенням значення діаметра  $d_1$  вертикального циліндра до діаметра  $d_2$  горизонтального циліндра (*б*) лінія перетину все більше прогинається вниз (точка  $B$  опускається). У випадку рівності діаметрів (*в*), тобто дотику циліндрів однієї сфери на лінії перетину в точці  $B$  виникає злам, а плавна лінія перетину перетворюється в дві плоскі еліптичні криві, котрі проєктуються в два прямолінійні відрізки і площини яких перетинаються між собою під прямим кутом. При подальшому збільшенні (*г*) діаметра  $d_1$  вертикального циліндра ( $d_1 > d_2$ ) спільний напрям лінії їх перетину змінюється. Така зміна в даному випадку рівнозначна повороту попередніх зображень, наприклад (*б*), на  $90^\circ$ .

Зміна проєкції лінії перетину прямих кругових конуса й циліндра залежно від кута при вершині конуса показана на рис. 2.232, *a–г*. У випадках (*a*) і (*б*) перетин конуса з циліндром відбувається по лінії четвертого порядку. Вона проєктується на площину проєкцій, паралельну площині симетрії, в гіперболу і поділяє конус на дві частини, одна з яких прилягає до вершини, друга – до основи (конус “врізується” в циліндр).

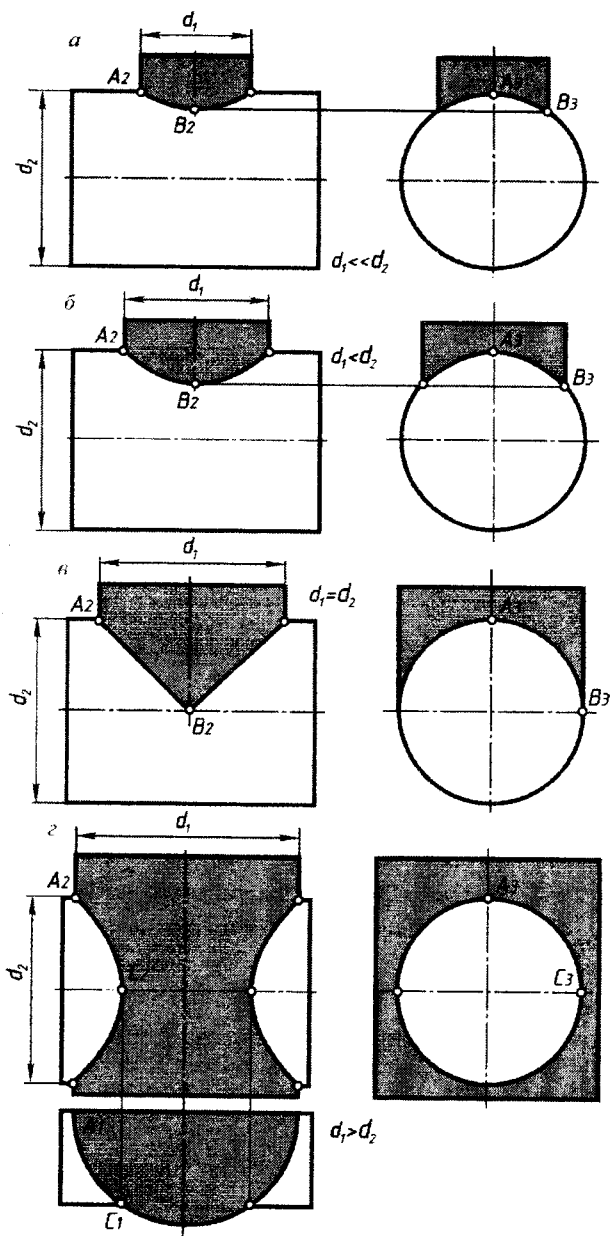


Рис. 2.231

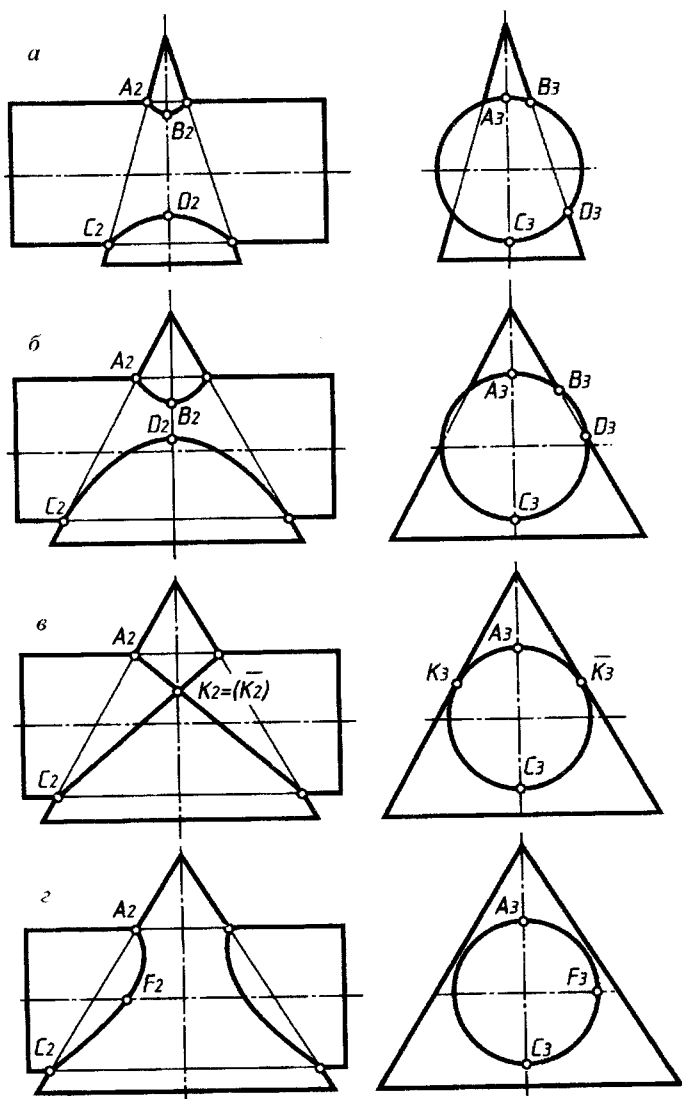


Рис. 2.232

У випадку (в) конус і циліндр дотикаються однієї сфери і перетинаються по двох плоских еліптичних кривих 2-ого порядку, які перетинаються між собою і проєктуються у відрізки прямих.

У випадку (з) лінії їх перетину поділяють циліндр на дві частини (циліндр “врізується” в конус).

У випадках (а) і (б) в циліндрі може бути оброблений конічний отвір. У випадку (в) обробка отворів в циліндрі конічного або в конусі циліндричного неможлива, оскільки тіло в такому випадку розпадається на дві частини.

### 10.2.5. Взаємний перетин поверхонь другого порядку. Особливі випадки перетину

Поверхні другого порядку часто зустрічаються в технічній практиці. Тому питання про їх взаємний перетин заслуговує особливого розгляду. Крім того воно являє собою великий геометричний інтерес.

Оскільки порядок алгебраїчної лінії перетину дорівнює добутку порядків алгебраїчних поверхонь, то ця лінія завжди є кривою четвертого порядку, яку називають біквдратною. Вона характеризується великою різноманітністю форм і властивостей, які можна виразити рядом теорем.

**Теорема 1.** *Якщо дві поверхні другого порядку перетинаються по одній плоскій кривій, то вони перетинаються і ще по одній кривій, яка теж є плоскою.*

**Наслідок із теореми.** Якщо будь-яка поверхня другого порядку перетинається із сферою по одному колу, то вона перетинається з нею ще раз по другому колу.

Розглянемо приклад, який ілюструє теорему 1 і її наслідок.

На рис. 2.233 зображені круговий конус і циліндр другого порядку, які мають спільну кругову основу  $k(k_1k_2)$ . Отже, ці поверхні перетинаються по одній плоскій кривій. Другу криву перетину в даному випадку легко знайти, оскільки спільна площина симетрії поверхонь паралельна площині проєкцій  $\Pi_2$ , а тому шукана крива на цій площині зобразиться однією прямою.

Для побудови цієї прямої достатньо двох точок  $A(A_2)$  і  $B(B_2)$ . Отже, друга частина лінії перетину буде частиною еліпса  $AB(A_2B_2)$ ; за її фронтальною проєкцією легко побудовується і горизонтальна проєкція.

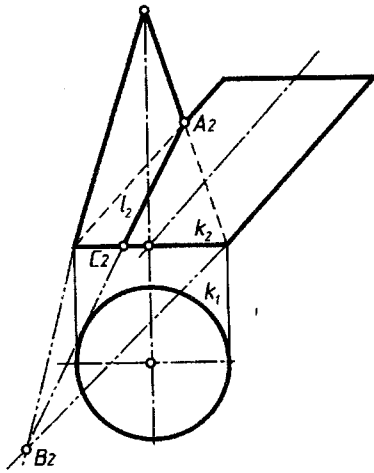


Рис. 2.233

**Теорема 2 (про подвійний дотик).** Якщо дві поверхні другого порядку мають дотик в двох точках, то лінія їх перетину розпадається на дві плоскі криві другого порядку, площини яких проходять через пряму, що сполучає точки дотику.

Приклад, який ілюструє цю теорему, показаний на рис. 2.234. Тут зображений перетин кругового й еліптичного циліндрів, які мають дотик в точках  $A(A_1, A_2)$  і  $B(B_1, B_2)$ .

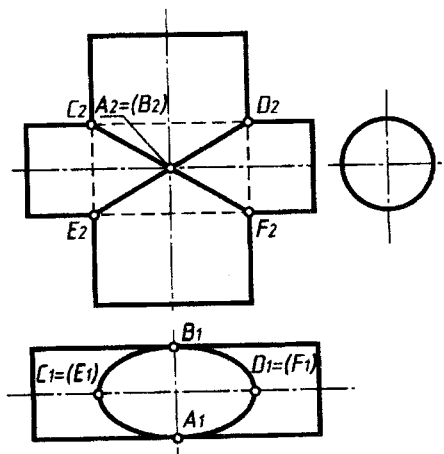


Рис. 2.234



Плоскі криві перетину (частини однієї кривої четвертого порядку зображаються на фронтальній площині проєкції відрізками прямих  $D_2E_2$  і  $C_2F_2$ , оскільки ці криві лежать в площинах, які проходять через пряму  $AB$  ( $A_1B_1, A_2B_2$ ) і тому є фронтально-проєктуючими.

**Теорема 3 (теорема Г. Монжа).** *Якщо дві поверхні другого порядку описані навколо третьої або вписані в неї, то вони перетинаються по двох плоских кривих. Ці криві проходять через пряму, яка з'єднує точки перетину ліній дотику.*

Теорема Монжа має велике практичне значення і є наслідком теореми про подвійний дотик.

**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину конічної і циліндричної поверхонь, описаних навколо однієї й тієї ж сфери (рис. 2.235).

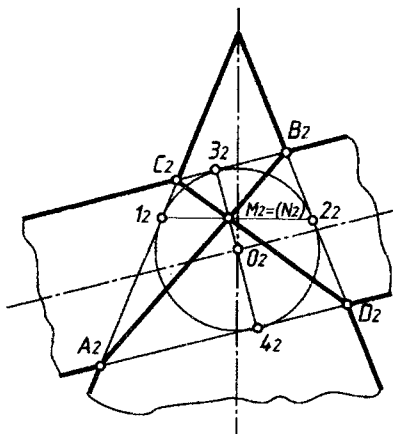


Рис. 2.235

Лінією дотику конічної поверхні і сфери буде коло 1–2, а циліндричної поверхні і сфери – коло 3–4. Точки  $M$  і  $N$  перетину цих кіл і будуть точками подвійного дотику конічної і циліндричної поверхонь, оскільки в цих точках цих поверхонь буде спільна дотична площина. Отже, маємо подвійний дотик даних поверхонь і, отже, лінія їх перетину розпадається на пару плоских кривих другого порядку. В розглядуваному прикладі лінія перетину розпадається на два еліпси  $AB$  і  $CD$ , фронтальні проєкції яких зображаються відрізками прямих  $A_2B_2$  і  $C_2D_2$ .

Розглянемо застосування теореми Монжа при конструюванні трубопроводів, які виготовляють з листового матеріалу.

**Приклад 2.** Побудувати перехідні конічні поверхні, які з'єднують дані циліндричні труби I, II і III, осі яких знаходяться в одній фронтальній площині (рис. 2.236).

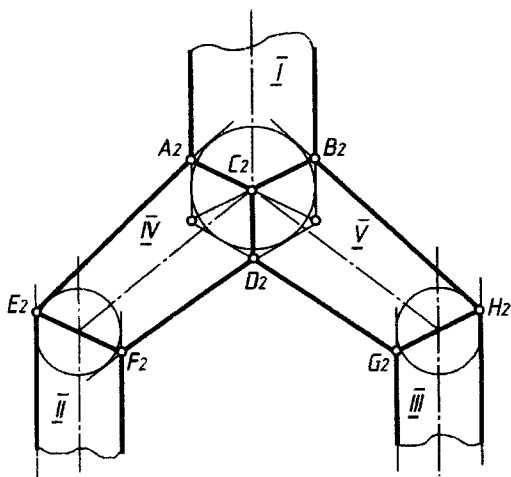


Рис. 2.236

Якщо вписати в кожну з даних труб сферу, то кожна пара сфер, вписаних в труби I, II і I, III, визначить перехідні конічні поверхні IV і V, які дотичні до цих сфер. При побудові проєкцій ліній перетину даних і перехідних поверхонь слід врахувати теорему Монжа, з якої випливає, що шукані лінії перетину будуть плоскими кривими (еліпсами). Фронтальні проєкції цих ліній будуть відрізками прямих  $A_2C_2$ ,  $B_2C_2$ ,  $C_2D_2$ ,  $E_2F_2$  і  $G_2H_2$ , які визначені точками перетину обрисових твірних.

В багатьох випадках має місце перетин однієї поверхні обертання другого порядку іншою. При цьому, як відомо, одержується просторова крива четвертого порядку. Якщо ж дві такі поверхні мають спільну для них площину симетрії, то в цьому випадку справедлива така теорема.

**Теорема 4.** Якщо дві поверхні другого порядку мають спільну площину симетрії, то лінія перетину їх проєкується на цю площину, у вигляді кривої другого порядку.

Так, наприклад, проєкцією просторової кривої лінії перетину двох циліндрів обертання з осями, які перетинаються, на площину, паралельну площині симетрії поверхонь, є гіпербола (рис. 2.237).

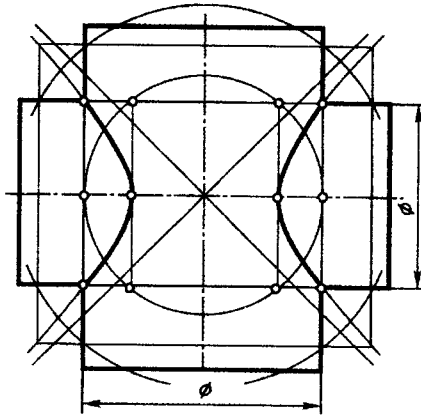


Рис. 2.237

Проекцією лінії перетину двох конусів обертання, осі яких перетинаються і паралельні фронтальній площині проєкцій, на цю площину є також гіпербола (рис. 2.238).

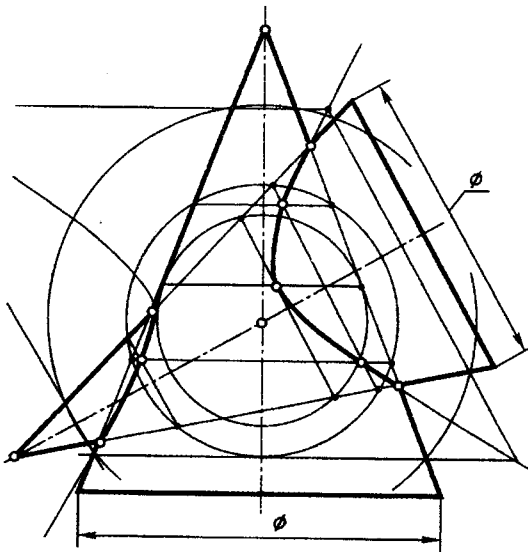


Рис. 2.238

Просторова крива лінії перетину поверхонь конуса й циліндра обертання з паралельними осями проектується на площину, паралельну площині симетрії поверхонь, у вигляді параболи (рис. 2.239).

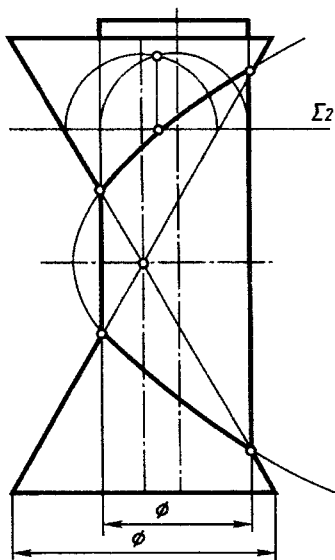


Рис. 2.239

В табл. 7 наведені вказівки про проектування лінії перетину двох поверхонь обертання другого порядку з осями, які перетинаються, на площину, паралельну цим осям.

Таблиця 7

Одержувана проекція	Поверхня обертання	
	без будь-яких особливих умов	з умовами, крім основних
Гіпербола	Циліндричні Конічні Параболіди Гіперболіди Еліпсоїди розтягнуті	Обидві поверхні – стиснуті еліпсоїди

Одержувана проєкція	Поверхня обертання	
	без будь-яких особливих умов	з умовами, крім основних
Рівностороння гіпербола	Обидві поверхні циліндричні. Обидві поверхні – параболоїди. Циліндрична і параболоїд	Обидві поверхні конічні з однаковими кутами при вершинах конусів. Обидві поверхні – гіперболоїди з однаковими кутами при вершинах їх асимптотичних конусів. Конічна і гіперболоїд з однаковими кутами при вершині конуса і вершині асимптотичного конуса гіперболоїда. Обидві поверхні – еліпсоїди, але подібні.

В табл. 8 вказується, в яких випадках при перетині двох поверхонь обертання другого порядку з осями, які перетинаються, одержуються параболі і еліпси як проєкції ліній перетину на площинах, паралельних площині симетрії цих поверхонь.

Таблиця 8

Одержувана проєкція	Поверхні обертання
Парабола	Сфера з поверхнями циліндричною, конічною, параболоїдом, гіперболоїдом, еліпсоїдом.
Еліпс	Стиснутий еліпсоїд з поверхнями циліндричною, конічною, параболоїдом, гіперболоїдом, розтягнутим еліпсоїдом.

*Знаючи, яку саме лінію повинні одержати при побудові проєкцій, можна в ряді випадків застосовувати геометричні властивості цих ліній, що значно спрощує побудови і дає можливість одержувати точніші результати.*

## 10.2.6. Запитання для самоперевірки

- 10.2.6.1. Яка лінія перетину утворюється при перетині двох багатогранників? двох поверхонь другого порядку? багатогранника з тілом обертання?
- 10.2.6.2. Який загальний план розв'язування задач на перетин поверхонь?
- 10.2.6.3. Як визначається видимість точок лінії перетину?
- 10.2.6.4. Як перетинаються між собою поверхні обертання із спільною віссю?
- 10.2.6.5. Сформулюйте план розв'язування задач за допомогою січних сферичних поверхонь.
- 10.2.6.6. Сформулюйте теорему Монжа.
- 10.2.6.7. Які умови потрібні для застосування допоміжних сферичних поверхонь?

## 10.2.7. Вправи

- 10.2.7.1. На яких рисунках (рис. 2.240–2.247) для розв'язування завдання доцільно використати горизонтальні січні площини?

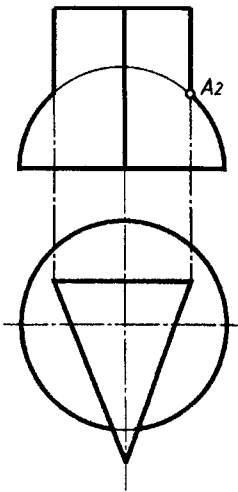


Рис. 2.240

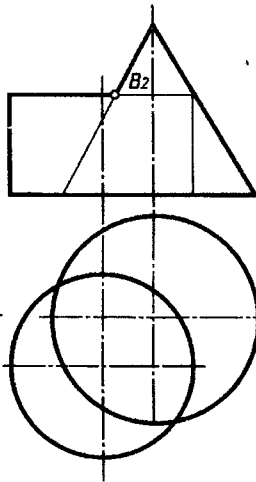


Рис. 2.241

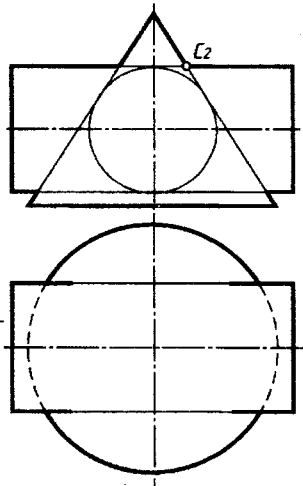


Рис. 2.242

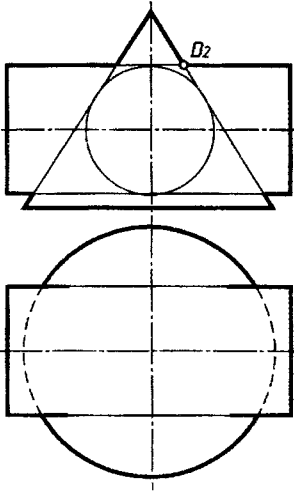


Рис. 2.243

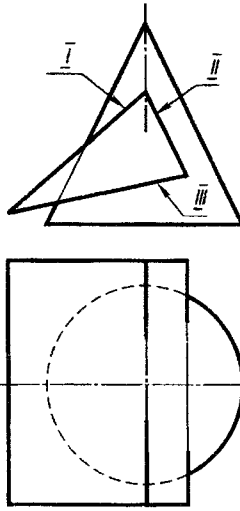


Рис. 2.244

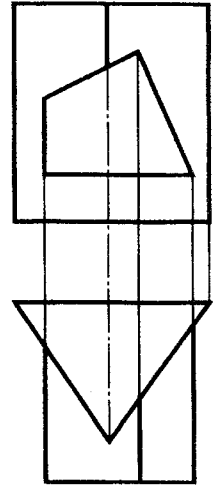


Рис. 2.245

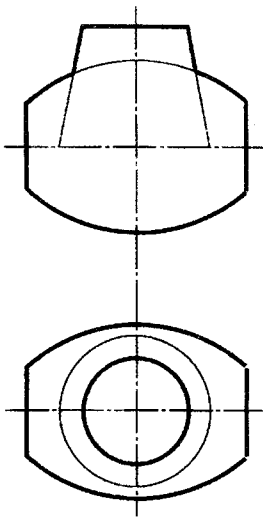


Рис. 2.246

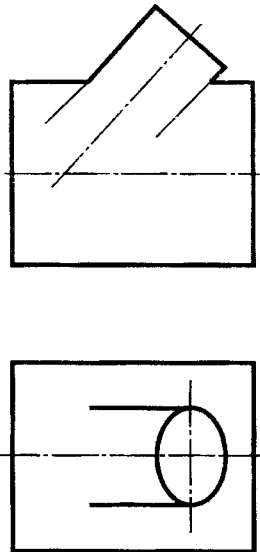


Рис. 2.247

- 10.2.7.2. На яких рисунках (рис. 2.240–2.247) для розв'язування завдання доцільно використати фронтальні січні площини?
- 10.2.7.3. На яких рисунках (рис. 2.240–2.247) завдання можна розв'язати за допомогою сфер?
- 10.2.7.4. В яких випадках для розв'язування завдання можна використати теорему Монжа (рис. 2.240–2.247)?
- 10.2.7.5. Скільки вершин має замкнена лінія перетину призм на рис. 2.245?
- 10.2.7.6. Які криві утворюються в перетині конуса гранями I, II, III призми (рис. 2.244)?
- 10.2.7.7. Які з точок  $A, B, C, D$  належать лінії перетину заданих поверхонь (рис. 2.240–2.243)?
- 10.2.7.8. В яких випадках у перетині утворюється одна замкнена лінія (рис. 2.240–2.247)?
- 10.2.7.9. На яких рисунках (рис. 2.240–2.247) лінія перетину є плавною замкнутою кривою?
- 10.2.7.10. На яких рисунках (рис. 2.240–2.247) лінія перетину тіл складається з кількох плоских кривих другого порядку?
- 10.2.7.11. Пояснити побудову лінії перетину прямого кругового циліндра з прямим круговим конусом (рис. 2.248).

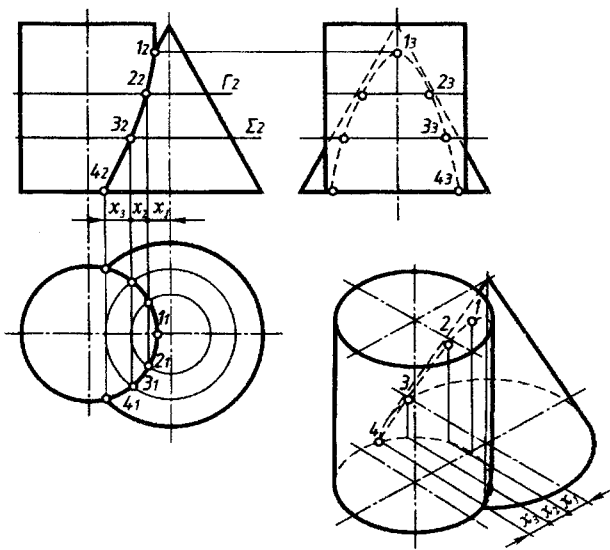


Рис. 2.248



## § 11. ЗОБРАЖЕННЯ – ВИГЛЯДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ

### 11.1. Основні положення

Для побудови зображень предметів на кресленнях користуються методом прямокутного (ортогонального) проектування. При цьому предмет розміщують між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій.

Правила побудови зображень предметів (вироби, споруди та їхні складові частини) на кресленнях усіх галузей промисловості регламентує ГОСТ 2.305–68.

*За основні площини проєкцій* вибирають шість граней пустотілого куба, всередині якого розміщують предмет. Проектують предмет на внутрішні грані куба. Розрізаючи куб по ребрах, суміщують його грані разом з одержаними на них зображеннями з площиною креслення, тобто з площиною задньої грані куба – фронтальною площиною проєкцій (рис. 2.249, а). У результаті одержують плоский комплексний рисунок (рис. 2.249, б).

Відомо, що креслення виконуються в безосній системі (осі проєкцій не вказують) і відлік розмірів здійснюється від вибраних базових площин. В будь-якому випадку треба вміти вибирати бази відрахунку розмірів, виходячи із заданих умов, і відкладати розміри від вибраних баз, дотримуючись проєкційного зв'язку. Зображення на фронтальній площині проєкцій вважають головним. Решта зображень мають своє певне місце відносно головного.

Для одержання неспотворених зображень основні виміри предмета (довжину, ширину, висоту) розташовують паралельно основним площинам проєкцій.

Зображення на кресленнях залежно від їх змісту поділяються на *вигляди, розрізи, перерізи*. Кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів) має бути мінімальною, але водночас достатньою для створення повного уявлення про зображуваний предмет.

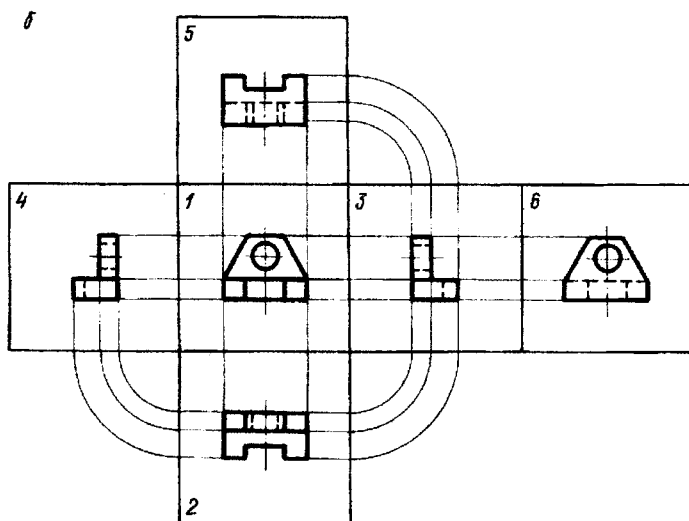
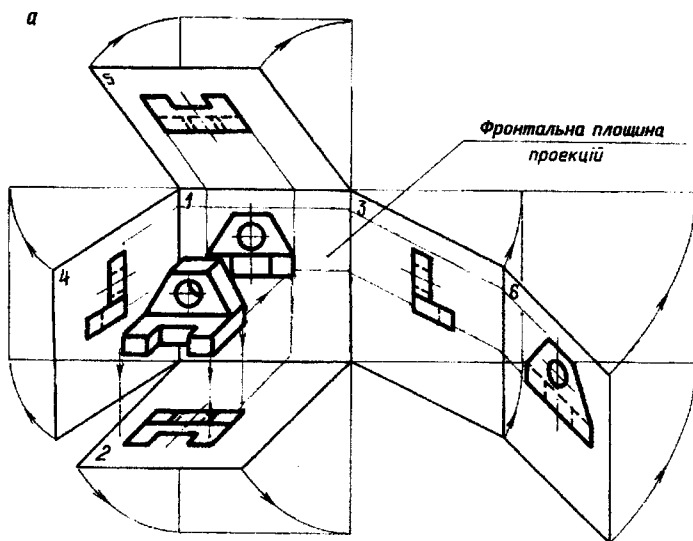


Рис. 2.249

## 11.2. Вигляди

*Виглядом* називається зображення видимої спостерігачеві частини поверхні предмета.

Для зменшення кількості зображень на виглядах допускається показувати необхідні невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній.

За змістом вигляди поділяються на *основні, додаткові та місцеві*.

*Основними* називаються вигляди, які одержуються проектуванням на шість основних площин проєкцій.

*Головним* називається основний вигляд предмета на фронтальній площині проєкцій, який дає найповніше уявлення про його форму і розміри.

Для одержання головного вигляду необхідно певним чином розташувати предмет відносно фронтальної площини проєкцій. Відносно головного вигляду розташовують решту основних виглядів. Вони мають такі назви (рис. 2.249, б): вигляд спереду (головний вигляд) – 1; вигляд зверху (під головним виглядом) – 2; вигляд зліва (праворуч від головного вигляду) – 3; вигляд справа (ліворуч від головного вигляду) – 4; вигляд знизу (над головним виглядом) – 5; вигляд ззаду (праворуч від вигляду зліва або ліворуч від вигляду справа, тобто грань 6 можна розташувати поруч з гранню 4).

Якщо всі вигляди розмішені на одному аркуші в безпосередньому проєкційному зв'язку з головним зображенням, то їх не надписують.

Якщо вигляди зверху, зліва, справа, знизу, ззаду не знаходяться в безпосередньому проєкційному зв'язку з головним зображенням (виглядом або розрізом, зображеним на фронтальній площині проєкцій) або відокремлені іншими зображеннями чи виконані на різних аркушах, то напрям проектування вказують стрілкою біля відповідного зображення. Над стрілкою і над зображенням (виглядом) наносять одну й ту ж прописну літеру українського алфавіту (рис. 2.250).

Розмір стрілки, яка вказує напрям проектування (напряму зору), наведений на рис. 2.251, а. Коли зображення, на якому можна показати напрям зору, відсутнє, то назву вигляду також надписують (рис. 2.251, б).

Крім основних, розрізняють *додаткові та місцеві вигляди*.

*Додатковим виглядом* називається зображення видимої частини поверхні предмета на площинах, які не паралельні жодній з основних площин проєкцій.

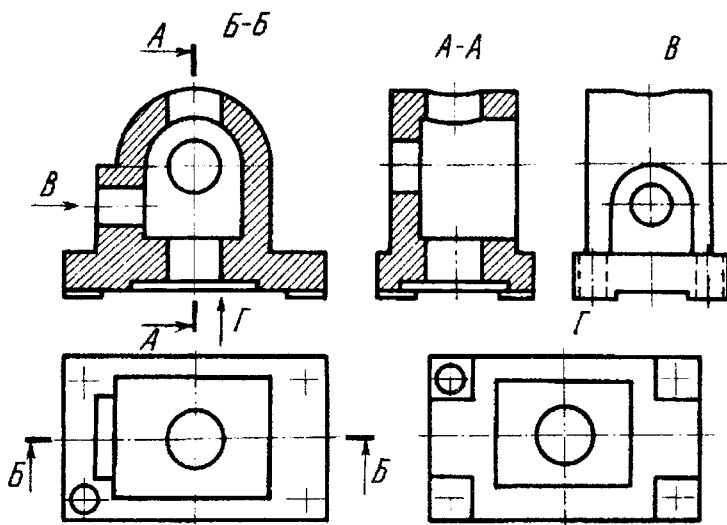


Рис. 2.250

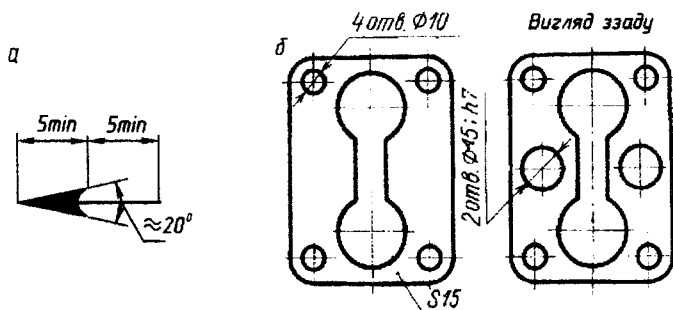


Рис. 2.251

Застосовуються додаткові вигляди в тому випадку, коли якусь частину предмета неможливо показати на основних виглядах без спотворення форми і розмірів, оскільки вона нахилена до основних площин проєкцій й проєкується на них зі спотворенням. Щоб досягти неспотвореного зображення, нахилені до основних площин елементи предмета проєкують на додаткову площину, паралельну їм і суміщену з площиною креслення, тобто застосовують спосіб заміни площин проєкцій.

Так на рис. 2.252 зображено деталь, елемент якої нахилений до горизонтальної площини проєкцій і проєктується на неї спотвореним. Для одержання неспотвореного зображення замість площини  $\Pi_1$  вводиться площина  $\Gamma$ , паралельна нахиленому елементу деталі і перпендикулярна до площини  $\Pi_2$  (рис. 2.252, б). Додатковий вигляд побудовано в системі  $\Gamma, \Pi_2$ .

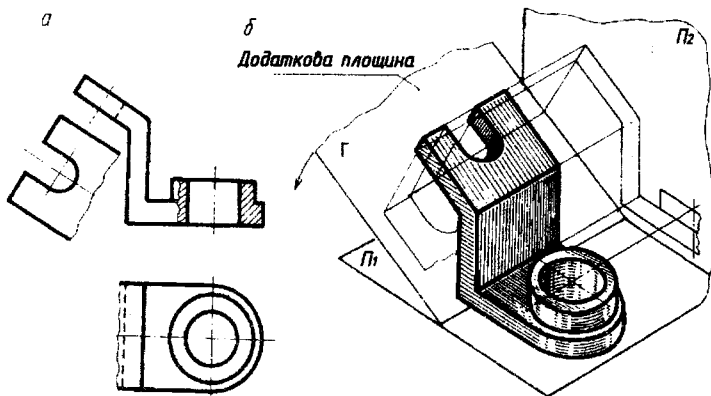


Рис. 2.252

Додатковий вигляд на кресленні позначають прописною літерою. Біля відповідного зображення предмета повинна бути поставлена стрілка, яка вказує напрям зору, з відповідним буквеним позначенням.

Якщо додатковий вигляд розміщено в безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, то стрілку й напис позначення вигляду не наносять (рис. 2.252, а).

Додатковий вигляд можна повертати, зберігаючи при цьому положення, яке предмет має на головному зображенні. В цьому разі позначення вигляду доповнюється умовним графічним позначенням  $\odot$  (рис. 2.253).

Декілька однакових додаткових виглядів, які відносяться до одного предмета, позначають однією літерою і креслять один вигляд. Якщо при цьому пов'язані з додатковим виглядом частини предмета розташовані під різними кутами, то до позначення вигляду умовне графічне позначення  $\odot$  не додають.

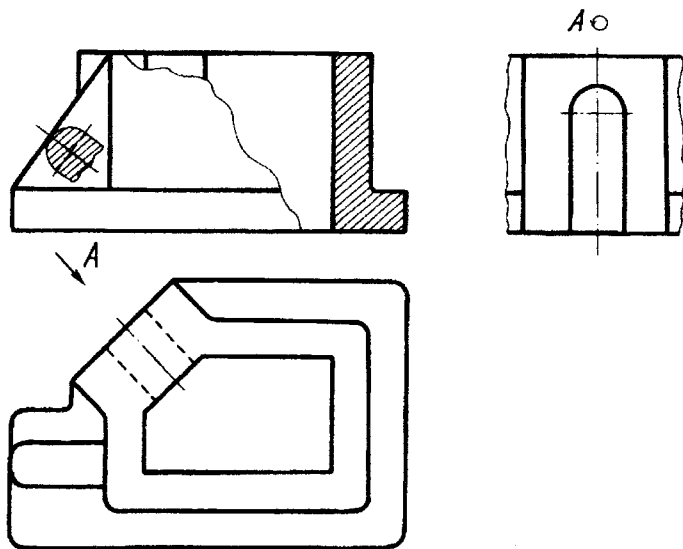


Рис. 2.253

*Місцевим виглядом* називається зображення окремої обмеженої частини поверхні предмета (рис. 2.254). Місцевий вигляд може обмежуватися хвилястою лінією обриву (вигляд *А*), а може й не обмежуватися (вигляд *Б*). Місцевий вигляд позначають на рисунку так само, як і додаткові вигляди (рис. 2.255).

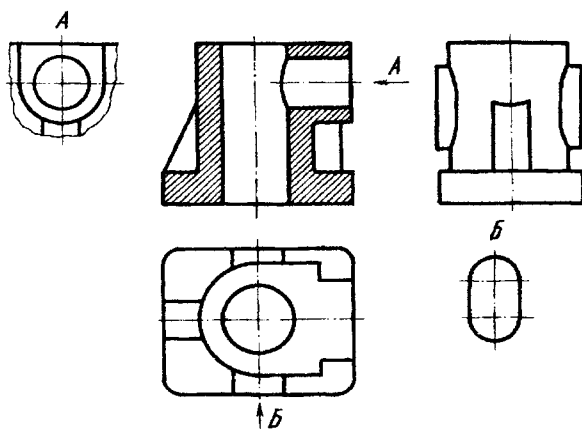


Рис. 2.254

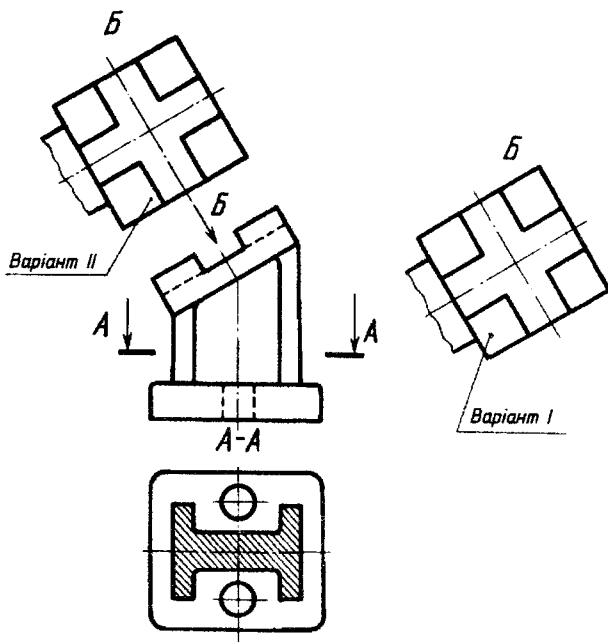


Рис. 2.255

## 11.3. Розрізи

### 11.3.1. Загальні відомості та означення

Розрізи та перерізи застосовуються для зображення внутрішніх, невидимих спостерігачеві, поверхонь предметів. Для виявлення цих поверхонь застосовують штучний спосіб, який полягає в тому, що предмет умовно розсікають площиною, що називається січною, і відкидають частину предмета, котра знаходиться перед січною площиною, а ту, що залишилася, проєктують на відповідну площину проєкцій. Завдяки цьому стають видимими внутрішні обриси предмета (рис. 2.256, 2.257).

*Розрізом називається ортогональна проєкція предмета, який уявно розсічено однією чи декількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь.*

На розрізі зображається те, що розміщено в січній площині та за нею. Внутрішні обриси деталі на розрізі показують суцільними

основними лініями, як і видимий контур предмета. Те, що попадає в січну площину, називають *перерізом* і заштриховують.

Місця, де січна площина проходить через порожнини, не заштриховують.

Слід добре уявити собі різницю між розрізом і перерізом.

*Переріз* – це плоска фігура, яка зображає лише те, що міститься в самій січній площині.

Переріз входить як складова частина до кожного розрізу, хоч може бути і самостійним зображенням.

На рис. 2.256 показано утворення розрізу деталі (стояка). Щоб вивчити внутрішню форму, деталь доцільно розсікти фронтальною січною площиною, яка проходить через виїмки, розташовані в основі цієї деталі. Переріз одержано внаслідок перетину цієї площини з поверхнями, які обмежують деталь. Він являє собою плоский контур (два прямокутники); переріз заштрихований і відмічений написом “Переріз”.

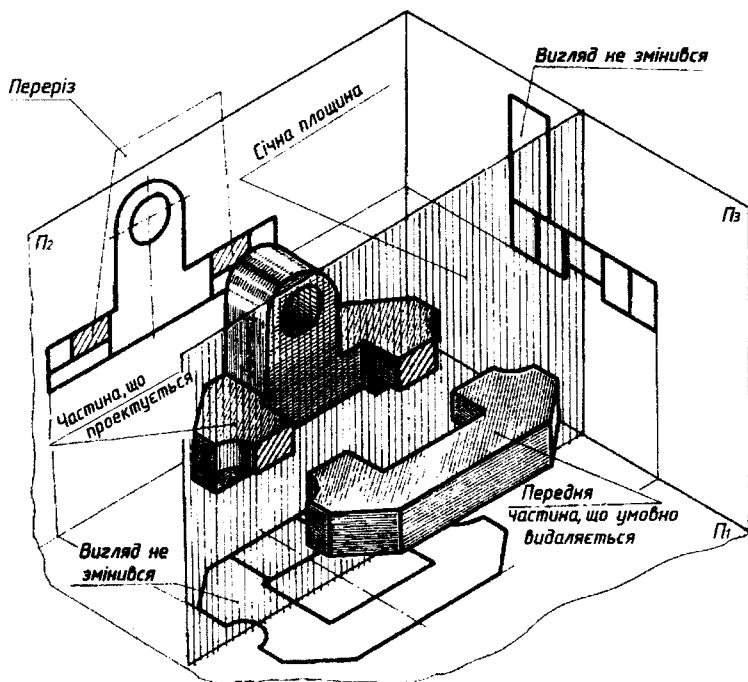


Рис. 2.256



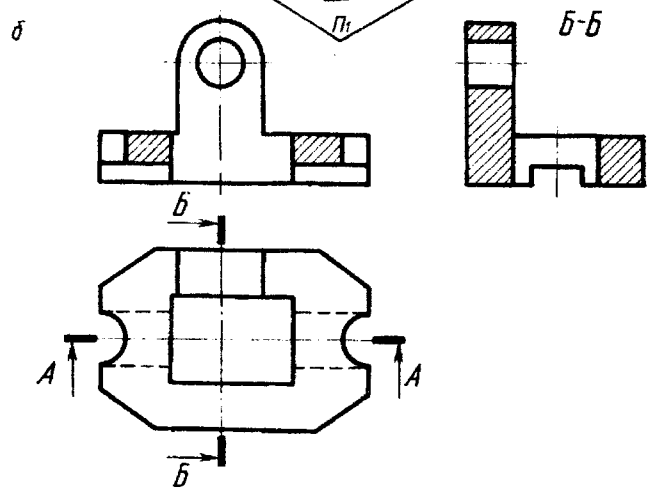
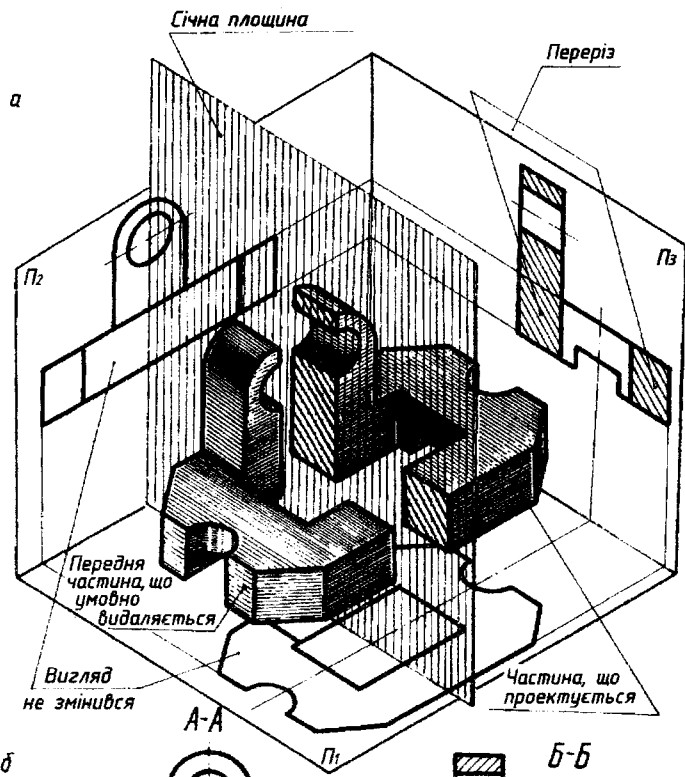


Рис. 2.257

На рис. 2.256 зображена передня, уявно відкинута частина деталі, яка знаходиться перед січною площиною, і та, яка залишилась, тобто яку проєктують. Розріз розташований на фронтальній площині проєкцій, паралельній січній площині, і являє собою ортогональну проєкцію частини деталі, котра залишилась.

Для одержання неспотворених зображень січна площина завжди повинна бути паралельною площині зображень. Якщо ж січна площина непаралельна площині зображень, то для досягнення паралельності слід застосовувати способи перетворення креслення.

Уявний розтин предмета січною площиною відноситься лише до даного розрізу і не несе за собою зміни інших зображень (видів, розрізів) того ж предмета. Так, на рис. 2.256 вигляди зверху і зліва не змінились від того, що на місці головного вигляду виконано розріз.

Для вияснення внутрішньої форми деталі виконаний ще один розріз, зображений на рис. 2.257, *а*. Цей розріз виконується незалежно від першого новою січною площиною (профільною), проведеною через вісь циліндричного отвору. Розріз розташований на профільній площині проєкцій, паралельній січній площині. На рис. 2.257, *б* виконано креслення деталі з розглянутими вище розрізами.

Необхідність виконання того чи іншого розрізу визначається формою зображуваного предмета. Положення січної площини вибирається таким, щоб на розрізі одержувались неспотворені зображення елементів внутрішньої форми, які нас цікавлять, – виїмок, пазів, отворів, порожнин тощо. Кількість розрізів має бути мінімальною, але такою, щоб забезпечити повну ясність внутрішньої форми зображуваного предмета.

Січні площини, за допомогою яких виконуються розрізи, є площинами рівня (фронтальною, горизонтальною, профільною) і проєктуючими, не паралельними основним площинам проєкцій.

На кресленні січна площина, як будь-яка проєктуюча площина, може бути задана однією проєкцією, котра вироджується в пряму лінію. Але при побудові розрізів, виконаних площинами рівня, слід враховувати і другу вироджену проєкцію січної площини. Так, на рис. 2.257, *б* при побудові розрізу, розташованого на місці вигляду зліва, враховано положення не лише горизонтальної проєкції січної площини (по лінії перерізу *Б–Б*), але й положення її фронтальної проєкції.

При виконанні розрізів відпадає необхідність проведення штрихових ліній, але ж повністю від них не відмовляються. Штрихові лінії проводяться після виконання всіх видів, розрізів, перерізів у тому випадку, якщо вони сприяють поясненню форми і зменшенню кількості зображень.

Так на рис. 2.258 замість креслення ще одного зображення – вигляду знизу на вигляді зверху відповідні елементи накреслені штриховими лініями.

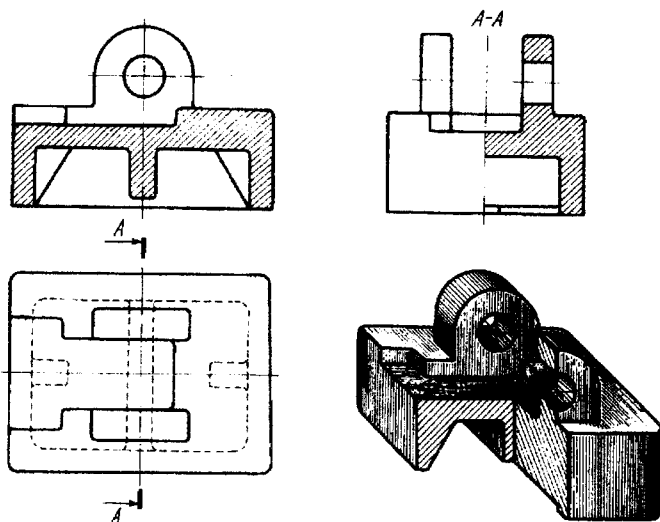


Рис. 2.258

На розрізах можна зображати не все, що розташоване за січною площиною, якщо в цьому немає необхідності для розуміння конструкції предмета. Як правило, це відноситься до елементів, які проєктуються спотворено, викликають додаткові труднощі в процесі виконання креслення і утруднюють його читання (рис. 2.259).

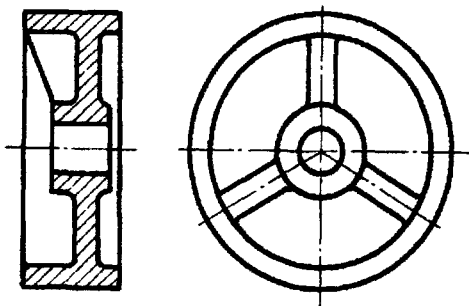


Рис. 2.259

### 11.3.2. Класифікація розрізів

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи поділяються на горизонтальні, вертикальні й похилі.

*Горизонтальними* називаються розрізи, виконані горизонтальною січною площиною (січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій) (рис. 2.260).

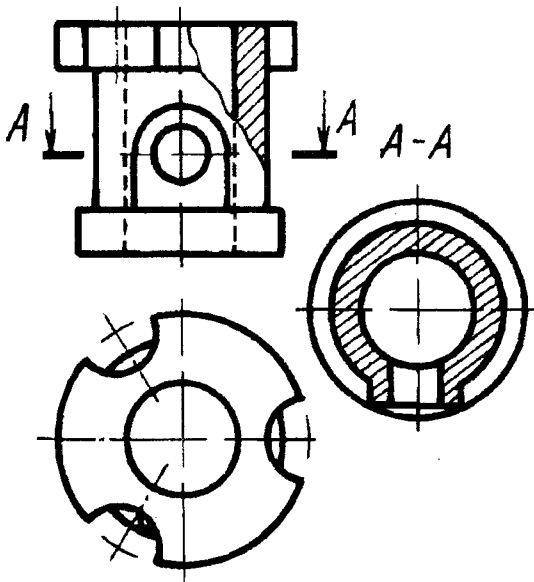


Рис. 2.260

*Вертикальними* називаються розрізи, виконані вертикальною січною площиною, перпендикулярною до горизонтальної площини проєкцій (рис. 2.257, рис. 2.261).

Якщо вертикальний розріз виконано фронтальною січною площиною, то його називають *фронтальним*; профільною січною площиною – *профільним*.

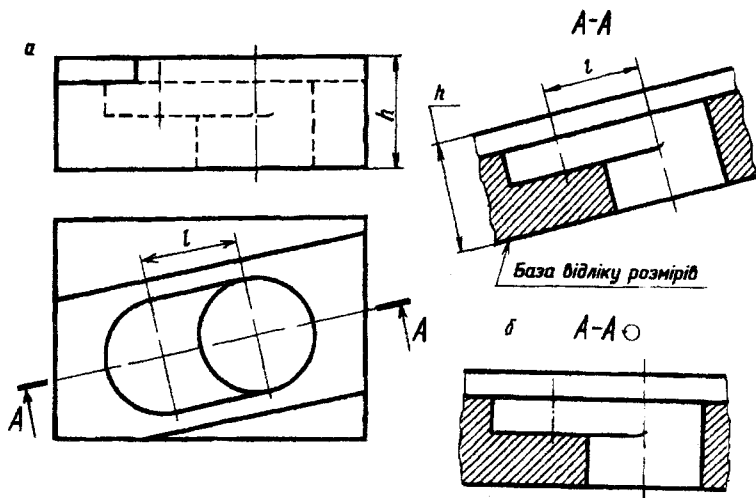


Рис. 2.261

*Похилими* називаються розрізи, в яких січна площина утворює з горизонтальною площиною проєкції кут, відмінний від прямого (рис. 2.262).

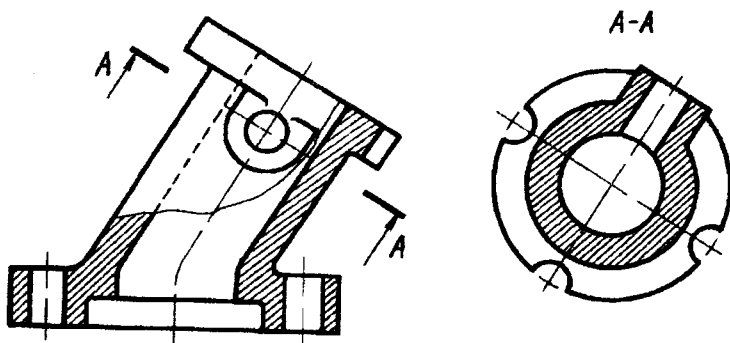


Рис. 2.262

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на прості і складні. Прості розрізи виконуються однією січною площиною, складні – декількома.

Розрізи поділяються на поздовжні і поперечні залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета.

Поздовжніми називаються розрізи, січні площини яких напрямлені вздовж довжини або висоти предмета (рис. 2.263, 2.264).

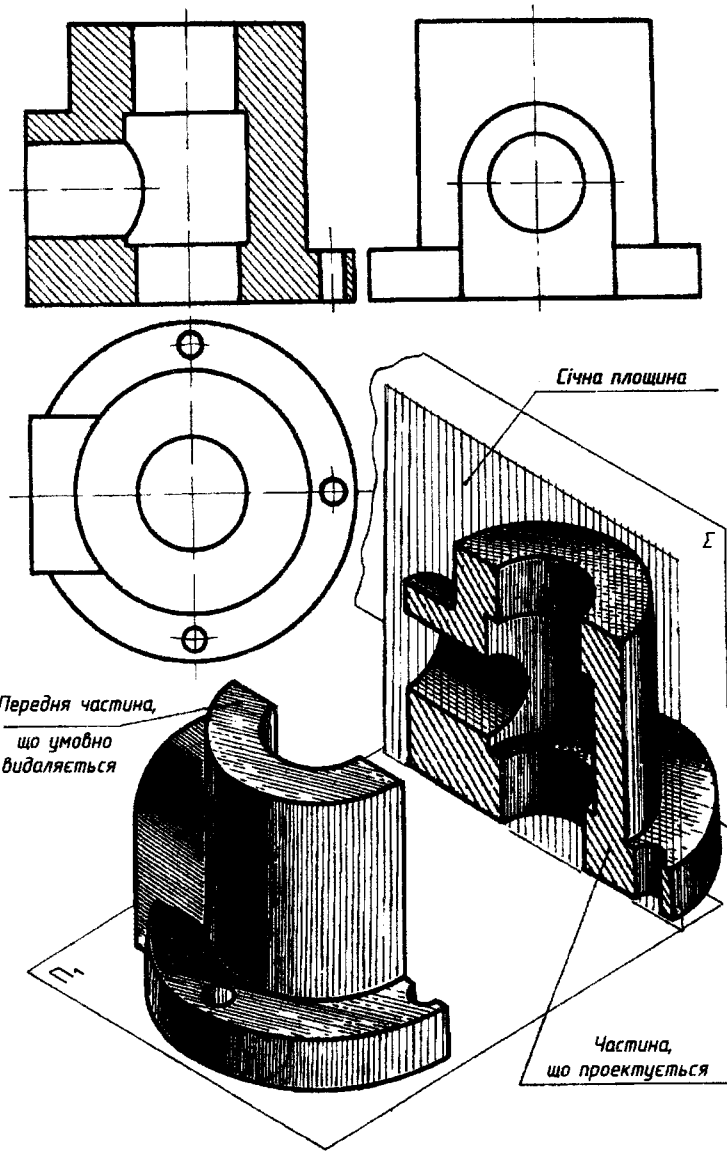


Рис. 2.263

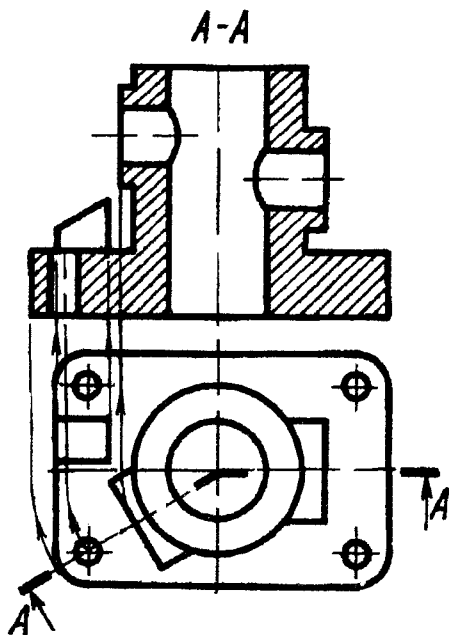


Рис. 2.264

*Поперечними* називаються розрізи, в яких січні площини напрямлені перпендикулярно до довжини або висоти предмета (рис. 2.265, 2.266).

### 11.3.3. Позначення розрізів

Положення січної площини на кресленні вказують лінією перерізу. Знаючи зображення проєктуючих площин, легко зрозуміти, що для горизонтальних розрізів лінія перерізу вказується на головному вигляді або на вигляді зліва; для фронтальних – на вигляді зверху або зліва; для профільних – на головному вигляді або вигляді зверху. Для лінії перетину застосовується розімкнена лінія товщиною від  $S$  до  $3/2S$  (ГОСТ 2.303–68).

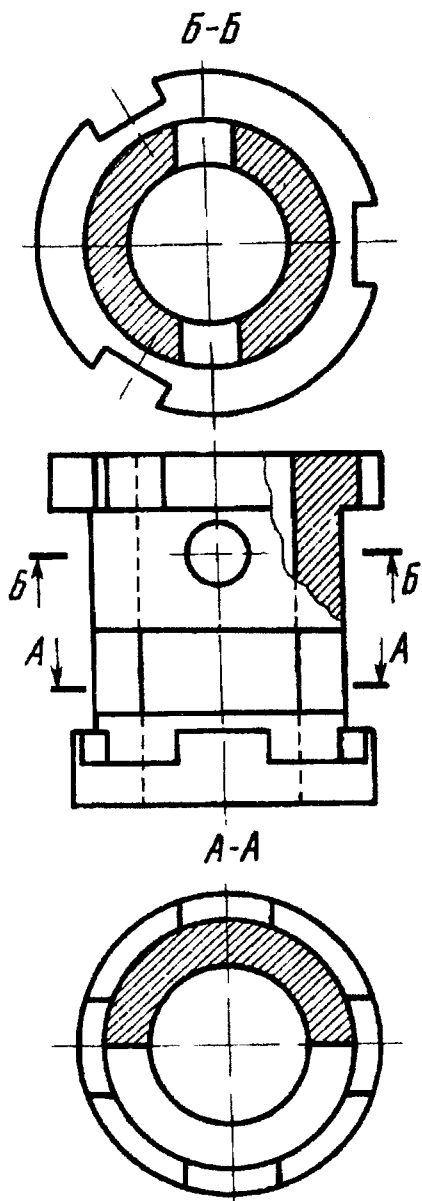


Рис. 2.265



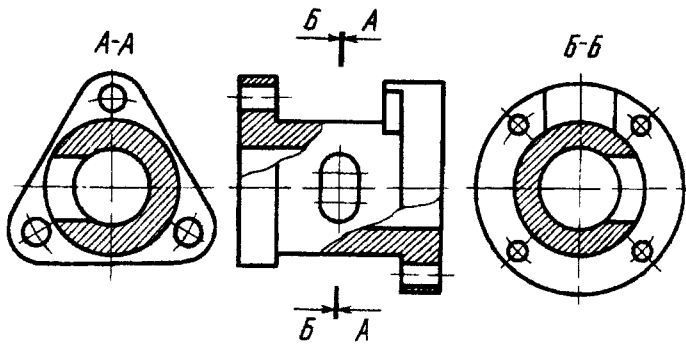


Рис. 2.266

Для простих розрізів креслять початковий і кінцевий штрихи (рис. 2.257, б), а для складних – початковий, біля перегинів і кінцевий штрихи (рис. 2.267). Початковий і кінцевий штрихи лінії перетину не повинні перетинати контур відповідного зображення. На цих штрихах перпендикулярно до них слід ставити стрілки, які вказують напрям зору. Стрілки наносять на відстані 2–3 мм від кінця штриха (рис. 2.251, а; рис. 2.268).

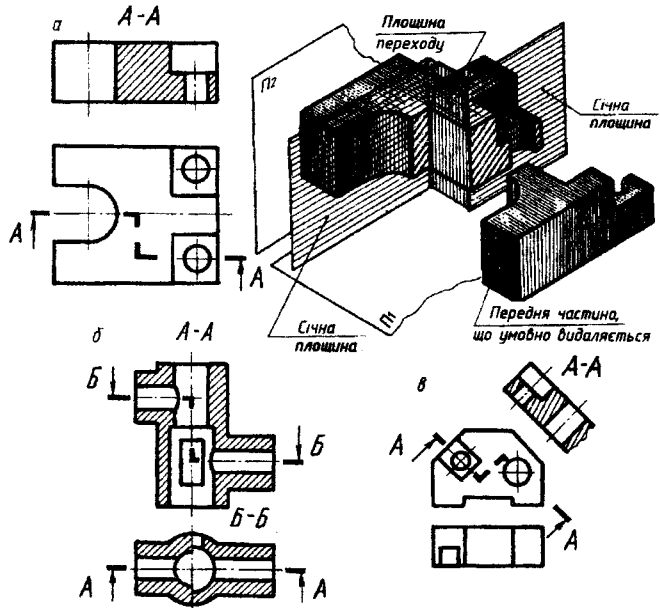


Рис. 2.267

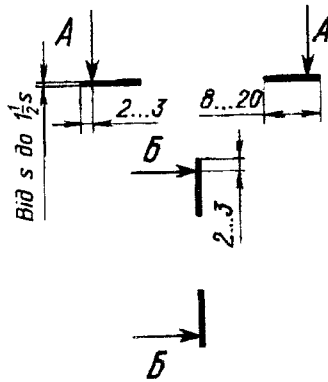


Рис. 2.268

Біля початку і кінця лінії перетину, а при необхідності і біля перегинів цієї лінії (для складних розрізів) ставлять одну й ту ж прописну літеру українського алфавіту.

Букви наносять біля стрілок, які вказують напрям зору, і в місцях перегину (в випадку необхідності) зі сторони зовнішнього кута, утвореного лінією перетину і стрілкою. Розрізи прості і складні відмічають написом типу "А-А" тими ж буквами, що й біля лінії перетину, написаними над розрізом через тире без підкреслення.

Якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розмішені на одному й тому ж аркуші в безпосередньому проєкційному зв'язку та не відокремлені іншими зображеннями, то для горизонтальних, фронтальних та профільних розрізів не показують положення січної площини, а сам розріз написом не супроводжують.

На рис. 2.250 положення фронтальної січної площини позначене (Б-Б) і фронтальний розріз має напис, оскільки дана площина не є площиною симетрії предмета в цілому через свою внутрішню форму.

Приклади розрізів, які не потребують написів, наведені на рис. 2.263, 2.269.

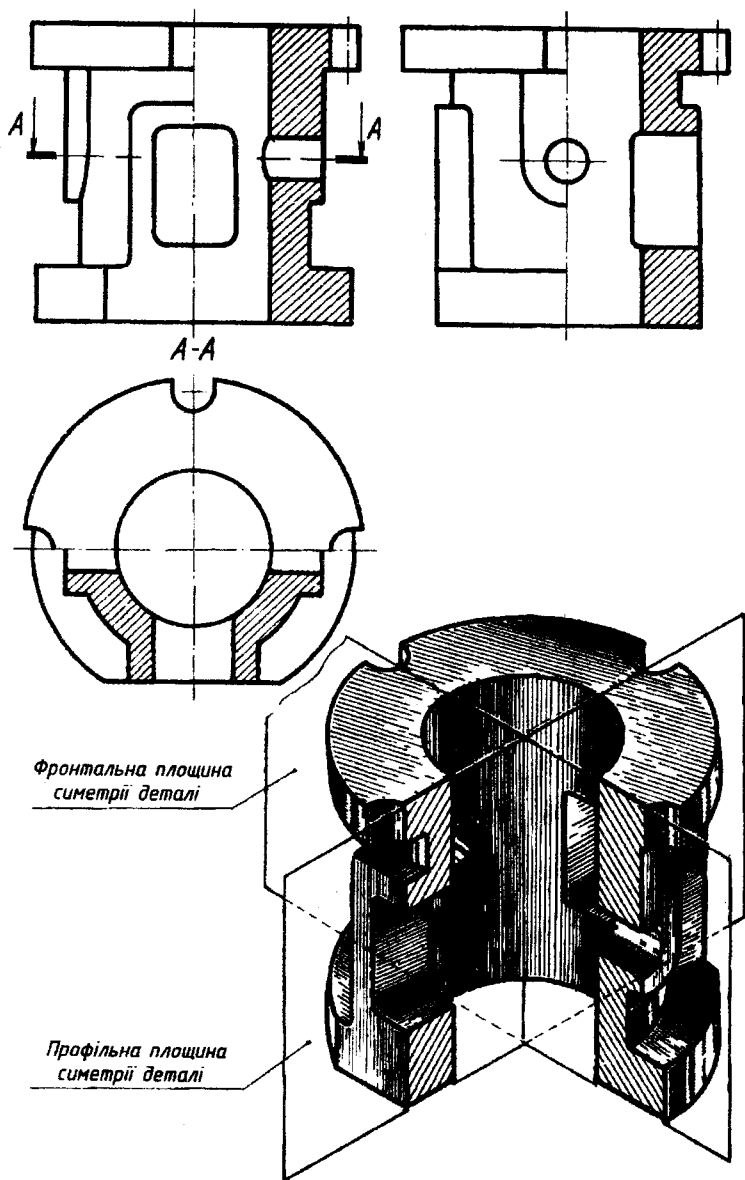


Рис. 2.269

### 11.3.4. Прості розрізи

#### Горизонтальні розрізи

Горизонтальні розрізи можуть бути розмішені на місці виглядів зверху або знизу в тому випадку, якщо ці вигляди не потрібні для в'яснення форми зовнішніх обрисів предметів. Якщо ці вигляди потрібні, то горизонтальний розріз слід розмішувати на вільному місці поля креслення відповідно до напрямку, вказаного стрілкою. В цьому випадку необхідно відмітити положення січної площини і виконати напис над розрізом.

Так, на рис. 2.260 вигляд зверху необхідний для в'яснення форми верхнього фланца деталі, тому горизонтальний розріз розмішений на вільному місці поля креслення і супроводжується написом (A-A).

На рис. 2.270 горизонтальний розріз розташований на місці вигляду зверху, що не порушило уявлення про зовнішню форму деталі і дало можливість виконати креслення з мінімальною кількістю зображень.

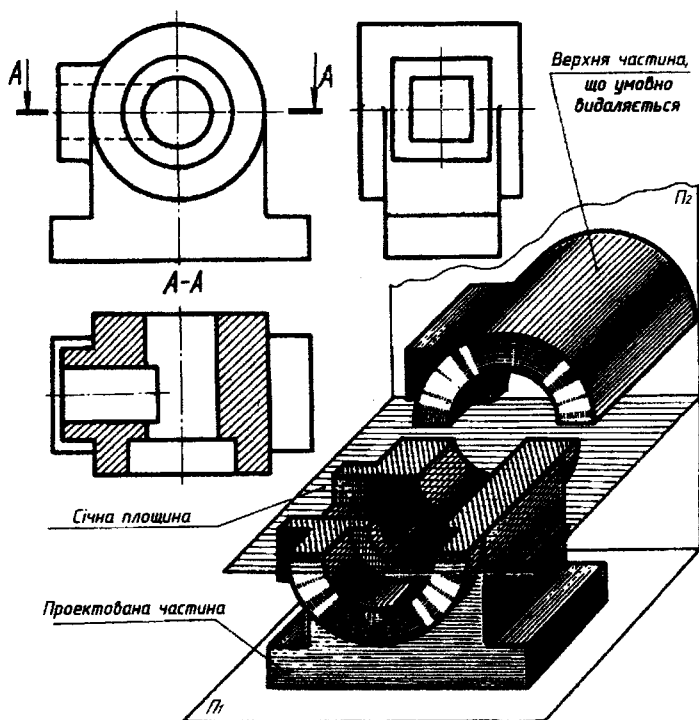


Рис. 2.270

Січна площина, якою здійснено горизонтальний розріз, не є площиною симетрії даної деталі (верхня умовно відкинута частина несиметрична залишеній частині, яка проектується). З рисунка видно, що фронтальна проекція січної площини (лінія перетину  $A-A$ ) не є віссю симетрії зображення. В цьому випадку положення січної площини слід відмітити і над розрізом виконати напис.

На рис. 2.265 горизонтальні розрізи деталі розміщені на місці вигляду зверху (розріз  $A-A$ ) і вигляду знизу (розріз  $B-B$ ). Якщо горизонтальний розріз нераціонально розташовувати на вигляді знизу, його можна дати на вільному місці поля креслення і будувати в напрямі, вказаному стрілками.

### **Вертикальні розрізи**

Фронтальні розрізи можуть бути розміщені на місці головного вигляду (рідше вигляду ззаду). В цьому випадку, якщо ці вигляди необхідні для в'яснення форми зовнішніх обрисів предмета, розрізи розташовують на вільному місці поля креслення.

Виконаний на рис. 2.263 фронтальний розріз розміщено на місці головного вигляду. Положення його січної площини не відмічено і сам розріз не супроводжується написом, оскільки в даному випадку січна площина збігається з площиною симетрії деталі, а розріз розташований в безпосередньому проекційному зв'язку з рештою зображень. Дійсно, вигляд зверху має горизонтальну вісь симетрії, яка є горизонтальною проекцією фронтальної площини симетрії деталі. З нею збігається горизонтальна проекція фронтальної січної площини.

Профільний розріз може бути розташований на місці вигляду зліва, вигляду справа або на вільному місці поля креслення.

Для з'ясування форми деталі, зображеної на рис. 2.266, виконано два профільних розрізи. Вони розташовані на місці вигляду зліва ( $B-B$ ) і вигляду справа ( $A-A$ ).

У випадках, подібних наведеному, стрілки, що вказують напрям зору, наносяться на одній лінії.

Фронтальним і профільним розрізам, як правило, надають положення, яке відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні (рис. 2.271, профільний розріз  $A-A$ ).

Вертикальний розріз у випадку, коли січна площина непаралельна фронтальній або профільній площині проекцій, а також похилий розріз мають будуватися і розташовуватися відповідно напрямку, вказаному стрілками на лінії перетину. Необхідність виконання таких розрізів викликана формою предметів, елементи яких нахилені до основних площин проекцій.

Для одержання неспотворених зображень похилі і вертикальні (коли січна площина непаралельна площині  $P_2$  або  $P_3$ ) розрізи будують на

додаткових площинах проєкцій, розташованих паралельно січній площині і суміщених з площиною креслення в довільному вільному місці його (тобто застосовують спосіб заміни площин проєкцій).

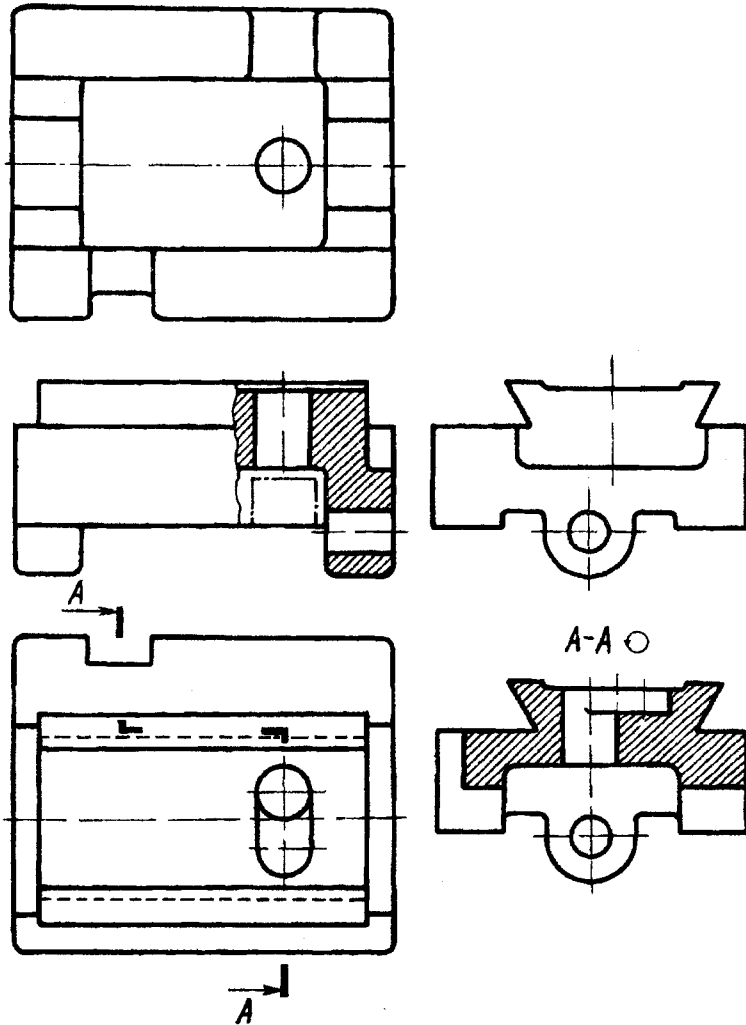


Рис. 2.271

Так, при виконанні вертикального розрізу деталі, зображеної на рис. 2.261, *а* для одержання неспотвореного перерізу фронтальну площину  $P_2$  заміняють додатковою площиною. Додаткова площина перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій  $P_1$  і паралельна січній площині, відміченій лінією перетину  $A-A$ . Побудову натурального вигляду перерізу розпочинають з проведення на вільному місці креслення лінії, паралельної горизонтальній проєкції січної площини. Ця лінія, будучи лінією перетину січної площини з площиною основи деталі, належить перерізу і є в даному випадку базою відрахунку розмірів. Такі розрізи, а також похилі допускається розташовувати з поворотом до положення, яке відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні. В цьому випадку до напису має бути добавлений знак  $\odot$  (рис. 2.261, *б*).

### **Похилі розрізи**

Похилий розріз деталі, зображеної на рис. 2.262, виконаний фронтально-проєктуючою площиною, яка утворює з горизонтальною площиною кут, відмінний від прямого. Побудову дійсного вигляду перерізу слід розпочинати з проведення осі, паралельної лінії перетину.

На рис. 2.272 зображено корпус підшипника, нахилений до горизонтальної площини проєкцій. Для виявлення його форми доцільно виконати похилий розріз фронтально-проєктуючою площиною (лінія перетину  $A-A$ ).

Похилий розріз розміщують на вільному місці поля креслення і супроводжують написом. Січна площина розрізує одне ребро деталі вздовж довгої сторони, воно не заштриховане, друге – поперек, воно заштриховане.

### **Місцеві розрізи**

*Місцевим називається розріз, який виявляє внутрішню будову деталі лише в окремому, обмеженому місці.*

Місцеві розрізи застосовуються в тих випадках, коли для виявлення внутрішньої форми предмета доцільно показати розріз лише на деякій частині проєкції, розкриваючи виїмки, отвори, які нас цікавлять.

Місцевий розріз виділяється на вигляді суцільною хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом. Ці лінії не мають збігатися з будь-якими іншими лініями зображення.

На рис. 2.272 для зображення циліндричних отворів деталі виконані місцеві розрізи.

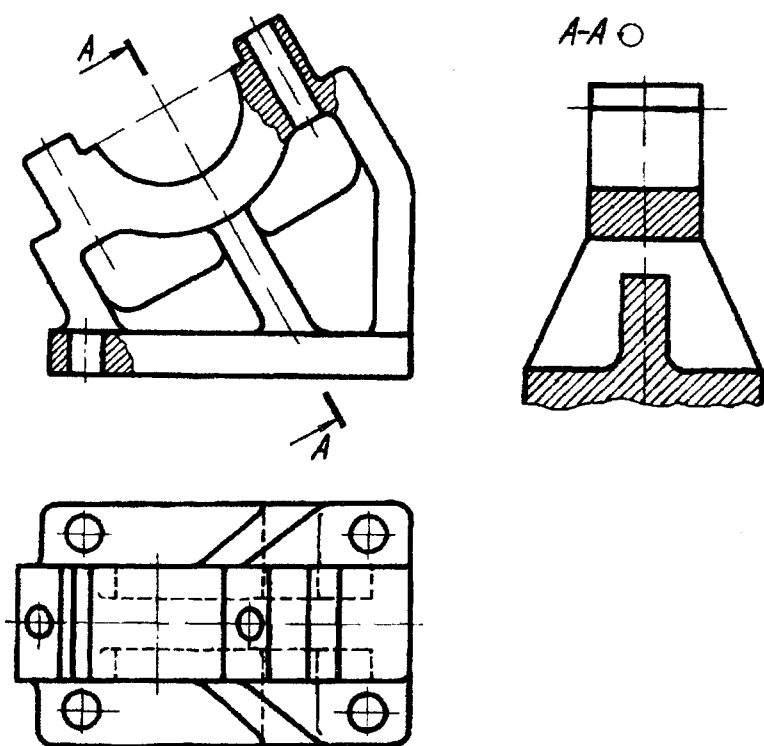


Рис. 2.272

### 11.3.5. Складні розрізи

Виконання складних розрізів дає можливість зменшити кількість зображень, оскільки на одному зображенні за допомогою декількох січних площин можна виявити внутрішню форму предмета в різних його місцях.

Залежно від взаємного положення січних площин складні розрізи поділяють на *ступінчасті* і *ламани*.

*Ступінчасті розрізи* виконуються паралельними січними площинами. Вони можуть бути горизонтальними, фронтальними, профільними і похилими.

На рис. 2.267, *a* зображено фронтальний ступінчастий розріз деталі, виконаний двома фронтальними січними площинами. При



розрізу січні площини суміщаються в одну площину, паралельну площині зображення. На розріз не впливає те, що він виконаний кількома січними площинами.

Перехід від однієї січної площини до іншої здійснюється площиною, перпендикулярною до січних площин, так званою площиною переходу. При виконанні ступінчастих розрізів рекомендують, щоб перерізи в місцях переходу цієї площини до січних площин були однаковими.

В деяких випадках перехід від однієї січної площини до іншої виконують площиною, що проходить через вісь симетрії отвору, як це показано на рис. 2.267, б. На рис. 2.267, в виконано похилий ступін-частий розріз.

*Ламані розрізи* виконуються січними площинами, які перетинаються (їх лінія перетину є ламаною лінією).

Для одержання неспотворених зображень січні площини цих розрізів способом обертання навколо проєктуючих прямих (лінії перетину січних площин) суміщаються в одну площину, паралельну площині зображення. Якщо суміщені січні площини виявляться паралельними одній з основних площин проєкцій, ламаний розріз розміщують на місці відповідного вигляду. Вибір площини суміщення залежить від заданих умов (конструкційних особливостей предмета, зручності розміщення і т. д.).

На рис. 2.264 зображений ламаний розріз, утворений двома горизонтально-проєктуючими площинами, які перетинаються і одна з яких фронтальна. Для побудови розрізу ліву січну площину разом з розташованим на ній перерізом повертають навколо лінії її перетину (горизонтально-проєктуючою прямою) з фронтальною січною площиною до суміщення з останньою.

В даному прикладі напрям суміщення січної площини (повороту її) суміщується з напрямом зору (напрямом проєктування), вказаним стрілкою на лінії перетину (біля літери А).

Напрям зору може і не збігатися з напрямом повороту січних площин до суміщення їх в одну площину, як це зображено на рис. 2.273, 2.274 (ліва частина лінії перетину), де напрям суміщення і стрілки біля літери А протилежні. На лівій частині креслення (рис. 2.274) січні площини зміщені одна відносно одної по циліндричній поверхні.

Будуючи ламаний розрив слід звертати увагу на зображення елементів предмета, розташованих за січною площиною.

При повороті січної площини елементи предмета, розташовані за нею, повертати не слід. Їх креслять так, як вони проєктуються на від-повідну площину, до якої здійснюється суміщення. Так спроектовано виступ деталі на рис. 2.264, розташований за січною площиною. Він не приймає участі в повороті.

Виключенням є випадок, коли січна площина перетинає будь-який елемент предмета і частина цього елемента розташована за нею (рис. 2.273, 2.274). В таких випадках елементи предмета, розташовані за січною площиною, проєктують на неї (в напрямі  $S$ , перпендикулярно до січної площини), разом з нею повертають до суміщення з відповідною площиною і проєктують на площину розриву.

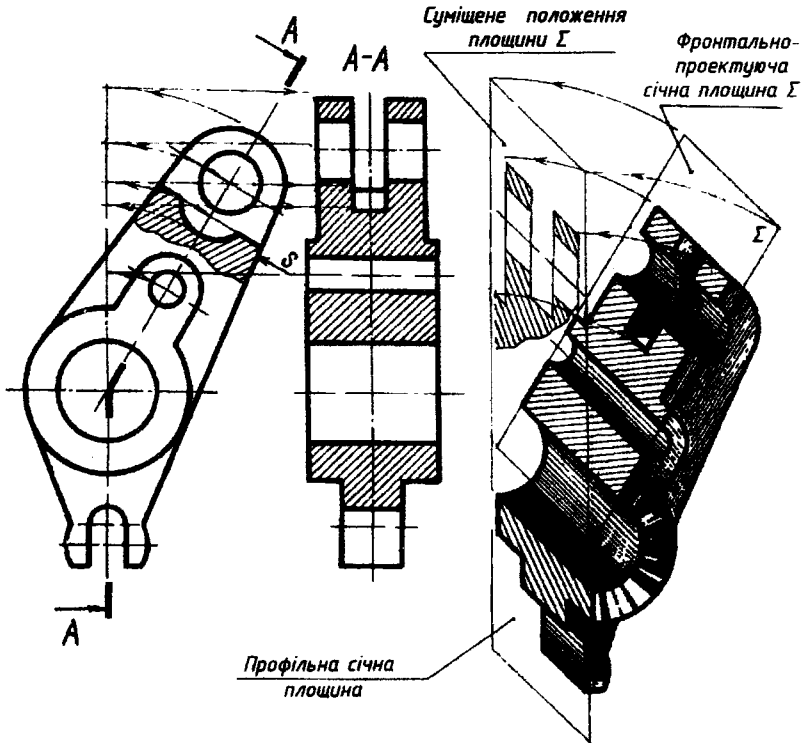


Рис. 2.273

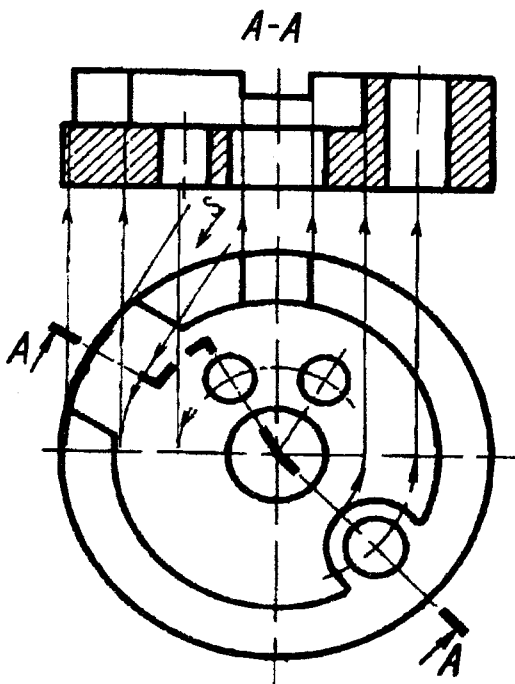


Рис. 2.274

### 11.3.6. Поєднання частини вигляду з частиною розрізу

Для зменшення кількості зображень доцільно в багатьох випадках поєднувати частину вигляду і частину відповідного розрізу. Це поєднання дає можливість при найменшій кількості зображень одержувати вичерпне уявлення про зовнішню і внутрішню форми зображуваного предмета.

Поєднання частини вигляду з частиною відповідного розрізу виконується на зображеннях, розташованих на місцях основних виглядів (в проекційному зв'язку). Частину вигляду і частину відповідного розрізу допускається поєднувати, відокремлюючи їх суцільною хвилястою лінією. Таке поєднання виконується для несиметричних фігур, суцільна хвиляста лінія проводиться там, де це необхідно для виявлення форми (рис. 2.262, рис. 2.266 тощо).

Якщо поєднуються половина вигляду і половина розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, лінією розділення їх є вісь симетрії – штрих-пунктирна тонка лінія, що підтверджує умовність розрізу (проведення суцільної основної лінії свідчило б про те, що виріз зроблений реально). Розрізи рекомендується розташовувати справа і знизу від осі симетрії.

Для виявлення зовнішніх і внутрішніх обрисів деталі, зображеної на рис. 2.269, розрізи виконані в поєднанні з відповідними виглядами. Це обумовлено формою даної деталі. На поданих зображеннях поєднуються половина вигляду і половина розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, (тобто вигляд і розріз є симетричними фігурами), про що свідчать осі симетрії всіх зображень. Дійсно, на головному зображенні є вісь симетрії, яка є фронтальною проекцією профільної площини симетрії цієї деталі. Зображення на профільній проекції має вісь симетрії, яка є профільною проекцією фронтальної площини симетрії деталі. Горизонтальні проекції названих площин симетрії проходять через осі симетрії (вертикальну і горизонтальну) зображення на горизонтальній проекції. Отже, якщо зображення, на якому передбачається виконати розріз, є симетричною фігурою (відносно зовнішньої і внутрішньої форм), розріз можна виконувати, якщо в цьому є необхідність, в поєднанні з відповідним виглядом, розділяючи їх штрих-пунктирною тонкою лінією.

На половині вигляду не слід проводити штрихові лінії проекцій внутрішніх обрисів предмета (вони зображені на розрізі), а на половині розрізу не слід повторяти штриховими лініями зображення зовнішніх обрисів предмета, оскільки вони показані на половині вигляду.

Розглянемо січні площини розрізів, виконаних на рис. 2.269. Фронтальний розріз виконаний фронтальною січною площиною, яка збігається з фронтальною площиною симетрії деталі. Розріз простий, розташований на місці головного вигляду, в проекційному зв'язку з іншими зображеннями, тому він не супроводжується написом, а положення його січної площини не відмічається. Профільний розріз виконано профільною площиною, яка збігається з профільною площиною симетрії деталі; він також не супроводжується написом. Горизонтальний розріз виконаний горизонтальною площиною, проведеною через вісь отвору деталі. Ця площина не є площиною симетрії предмета в цілому. Тому її положення відмічено на кресленні лінією перетину, а горизонтальний розріз супроводять написом.

Складні розрізи, як і прості, можна виконувати в поєднанні з виглядами. Так, для деталі, зображеної на рис. 2.275, виконаний горизонтальний ступінчастий розріз, який поєднаний з виглядом зверху.

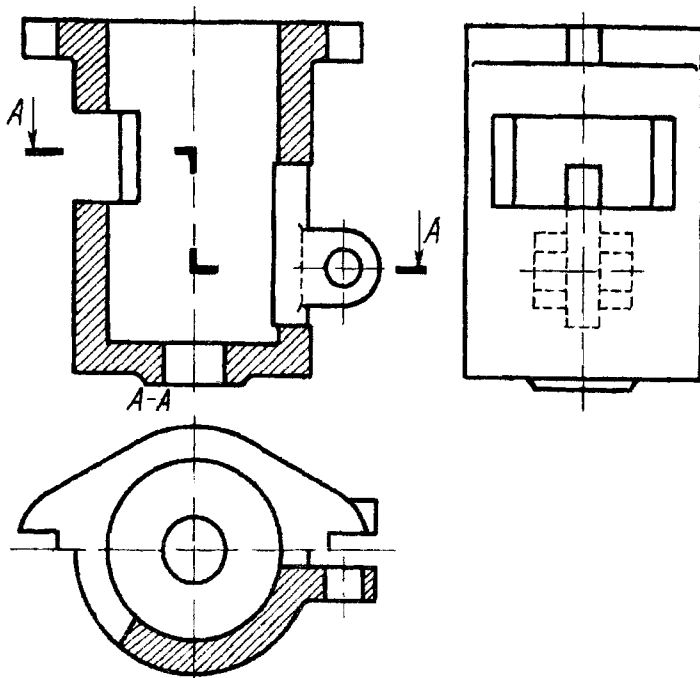


Рис. 2.275

Якщо лінія осі симетрії зображення збігається із суцільною основною лінією, яка належить проекції предмета (наприклад, ребра), слід поєднувати частину вигляду і розрізу, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією. Суцільну хвилясту лінію можна проводити праворуч (рис. 2.276, *a*) або ліворуч (рис. 2.276, *б*) від фронтальної проекції ребра залежно від того, що необхідно показати на вигляді і на розрізі. На рисунку показано, що проекцію ребра рекомендується зображати як для зовнішніх, так і для внутрішніх поверхонь.

Для деталей (наприклад, циліндричних втулок), які проектуються у вигляді симетричних фігур, що мають досить прості зовнішні обриси, рекомендується виконувати лише розрізи, оскільки розміри та інші дані зручніше наносити на розрізи, а прості зовнішні обриси їх не вимагають додаткових зображень. Допускається розділення розрізу і вигляду штрих-пунктирною тонкою лінією, яка збігається зі слідом площини симетрії не всього предмета, а лише його частини, якщо вона являє собою тіло обертавання.

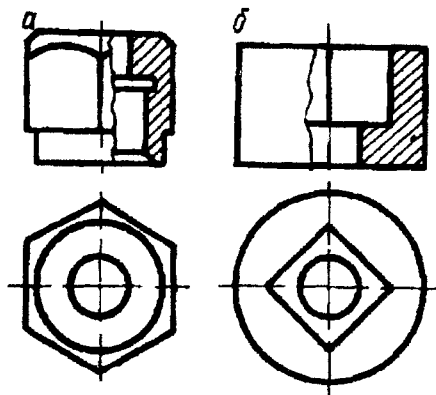


Рис. 2.276

Так, циліндрична частина кронштейна, зображеного на рис. 2.277, виконана з розрізом в поєднанні з виглядом. Розріз з'єднаний з виглядом штрих-пунктирною лінією, яка збігається з проекцією площини симетрії його циліндричної частини.

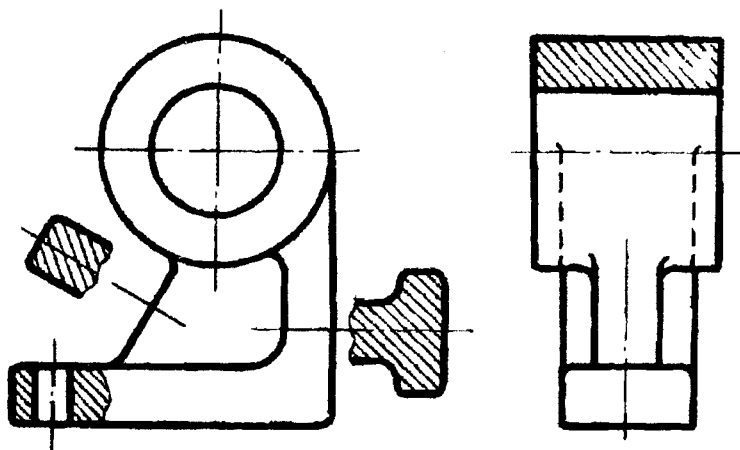


Рис. 2.277

Допускається поєднувати чверть вигляду і чверті трьох розрізів; чверть вигляду, чверть одного розрізу і половину другого при умові, що кожне з цих зображень симетричне.

## 11.4. Перерізи

Часто для зображення деталі застосовують нормальні перерізи, які зображують окремо, тобто вони не входять до складу розрізу. Такі перерізи в більшості випадків виявляють форму предметів в їх поперечних вимірах. Переріз як самостійне зображення доцільно застосовувати для таких деталей, як важелі, стояки, вали з отворами і шпонковими пазами, рукоятки, спиці, рами і т. д.

Перерізи, які не входять до складу розрізу, поділяють на *винесені* (рис. 2.278) і *накладені* (рис. 2.279).

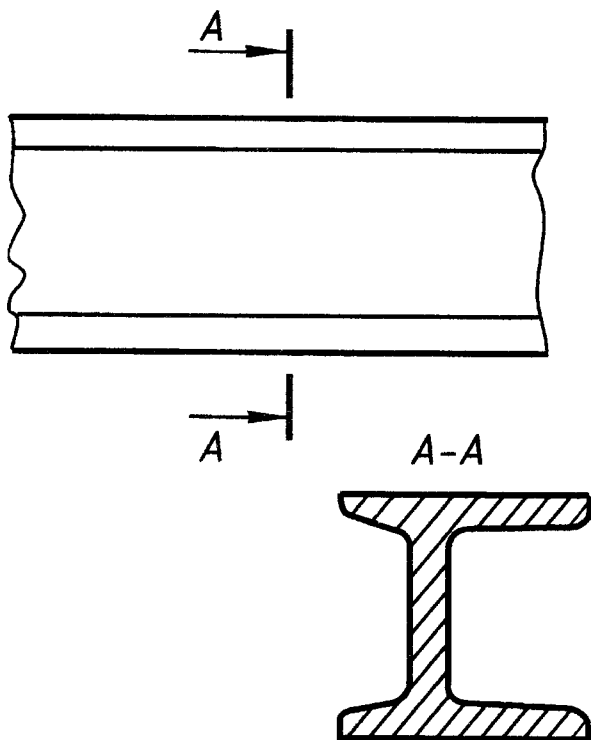


Рис. 2.278

*Винесеним* називається переріз, розташований окремо від відповідного зображення.

Винесені перерізи допускається розташовувати в розриві між частинами одного й того ж вигляду. Винесені розрізи мають перевагу над накладеними, оскільки останні затемнюють креслення. Контур винесеного перерізу, як і перерізу, що входить до складу розрізу, зображають суцільними основними лініями.

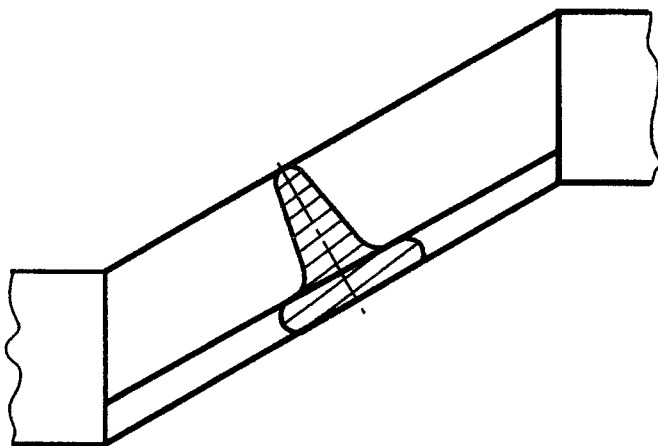


Рис. 2.279

Перерізи називаються *накладеними*, якщо вони розміщені на самому зображенні предмета. Контур накладеного перерізу зображають суцільними тонкими лініями, причому контур зображення в місці розташування накладеного перерізу не переривають. У випадку симетричної фігури перерізу, якщо вісь симетрії перерізу збігається з положенням січної площини, винесений переріз можна розташувати так, щоб його вісь симетрії була продовженням проєкції січної площини (рис. 2.280, *а*). При цьому положення січної площини вказують штрих-пунктирною тонкою лінією без позначення літерами та стрілками і лінію перетину не проводять. Це ж відноситься і до симетричного накладеного перерізу (рис. 2.280, *б*). На рис. 2.280, *в* симетричний переріз розташований в розриві між частинами одного й того ж вигляду.



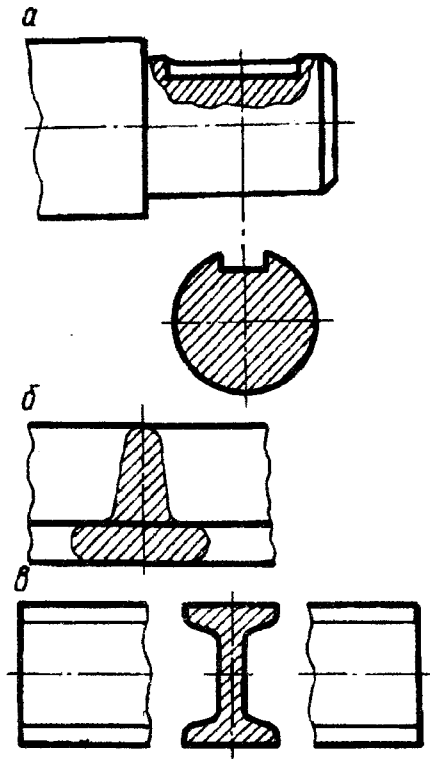


Рис. 2.280

В решті випадків для лінії перетину застосовують розізмкнену лінію з вказівкою стрілками напрямку зору. Позначають її однаковими прописними літерами українського алфавіту. Переріз супроводжують написом типу “А-А” (рис. 2.281, а); розміри літер, величина стрілок та інші дані такі ж, як і для розрізів.

Побудова і розташування перерізу має відповідати напрямку, вказаному стрілками. Допускається розташовувати переріз на довільному місці поля креслення. Для несиметричних перерізів, розташованих в розриві (рис. 2.281, б) або накладених (рис. 2.281, в) лінію перетину проводять зі стрілками, але буквами не позначають.

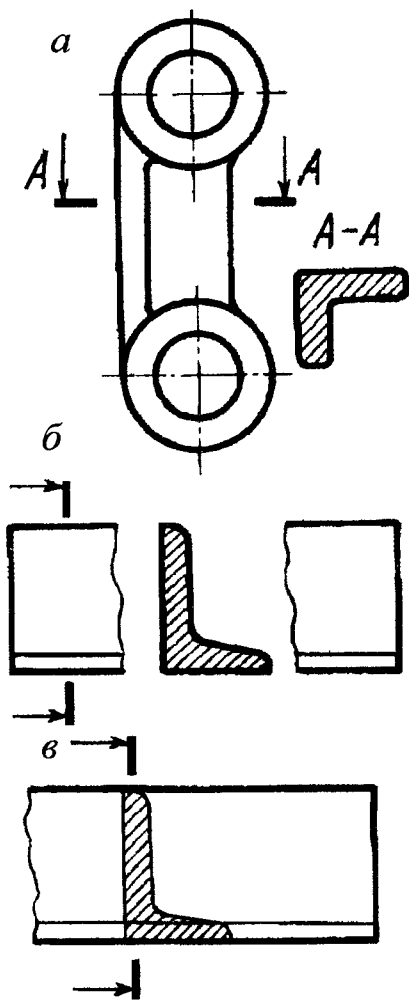


Рис. 2.281

Для декількох однакових перерізів, які відносяться до одного предмета, лінію перетину позначають однією літерою і креслять лише один переріз (рис. 2.282, а).

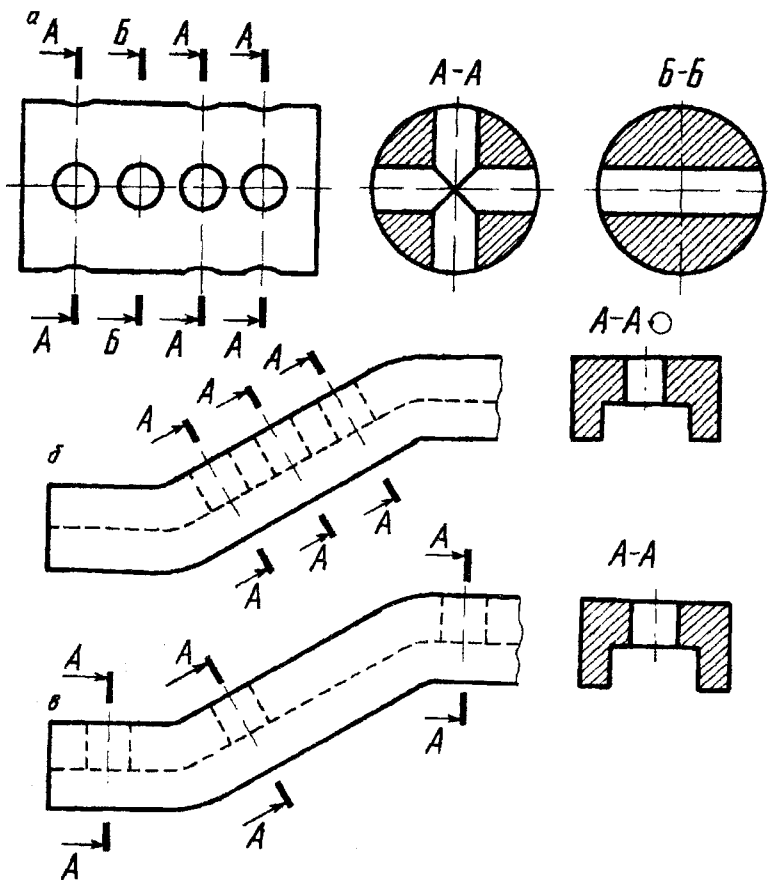


Рис. 2.282

Допускається розмішувати переріз з поворотом, додаючи знак  $\odot$  (рис. 2.282, б). Якщо при цьому січні площини напрямлені під різними кутами, то знак  $\odot$  не наносять (рис. 2.282, в).

Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, яка обмежує отвір або заглиблення, контур отвору або заглиблення показують повністю, як на розрізі (рис. 2.283). На цьому кресленні контур призматичного отвору (шпонкового паза) показаний неповністю, а контури циліндричних отворів і конічного заглиблення – повністю.

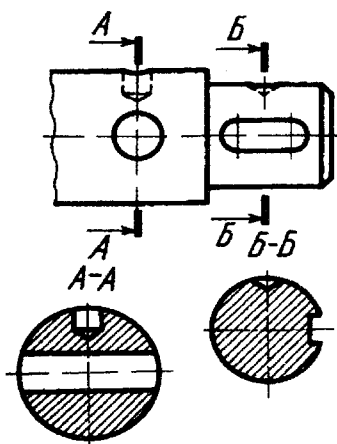


Рис. 2.283

Січні площини потрібно вибирати так, щоб одержувати нормальні поперечні перерізи. Якщо елементи предмета нахилени до площин проєкцій, січні площини для одержання нормальних перерізів слід розташовувати перпендикулярно до цих елементів (рис. 2.277).

Якщо січна площин проходить через не круглий отвір і переріз складається з окремих самостійних частин, слід застосовувати розрізи (рис. 2.284). При необхідності допускається за січну використовувати циліндричну поверхню, яка розвертається в площину (рис. 2.285).

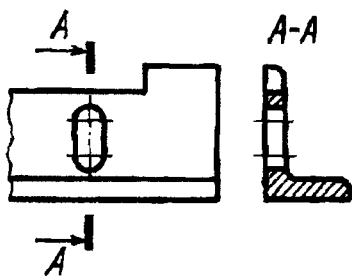


Рис. 2.284

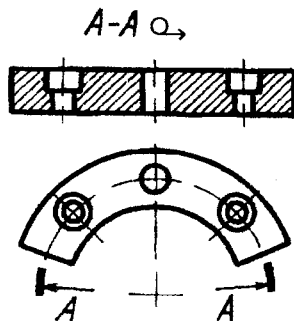


Рис. 2.285

## 11.5. Виносні елементи

*Виносний елемент* – додаткове окреме зображення частини предмета, яка потребує графічного та інших пояснень щодо форми, розмірів та інших даних, оскільки їх важко прочитати на основному зображенні.

Виносний елемент виконують у більшому масштабі, ніж основне зображення (рис. 2.286). Він може містити деталі, не вказані на відповідному зображенні (рис. 2.286, а), і відрізнятися від нього змістом (наприклад, зображення може бути виглядом, а виносний елемент – розрізом).

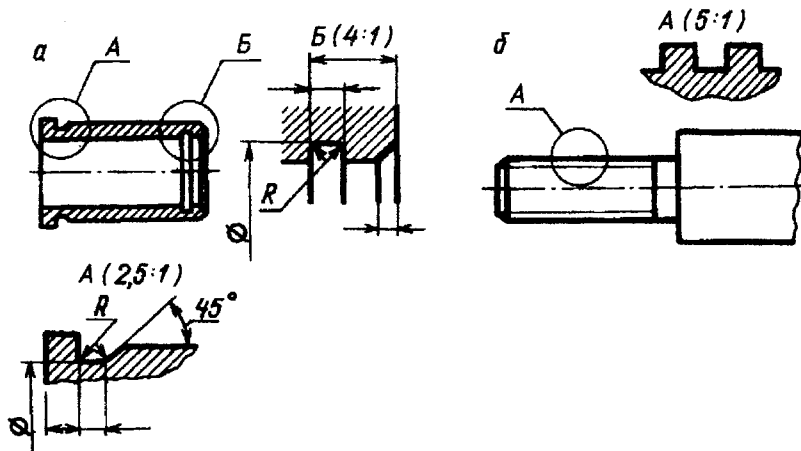


Рис. 2.286

Виносні елементи рекомендується виконувати на складні контури деталей, проточки, галтелі, розточки, профіль спеціальної різьби, зварювання, паяння тощо.

Частину предмета, яку потрібно показати у вигляді виносного елемента, виділяють на вигляді, розрізі або перерізі замкненою суцільною тонкою лінією у вигляді кола, овалу тощо з позначенням виносного елемента прописною літерою або поєднанням великої літери з арабською цифрою на поличці лінії – виноски. Над зображенням виносного елемента вказують позначення і масштаб, в якому він виконаний (рис. 2.287).

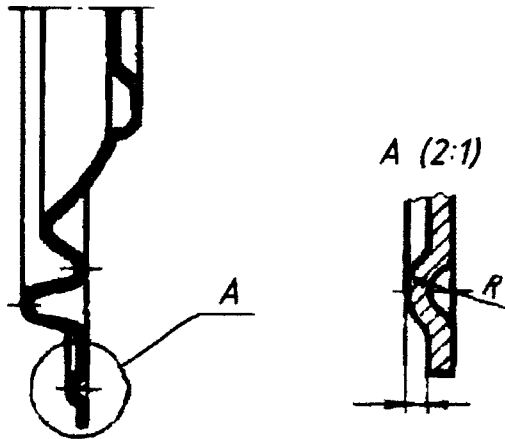


Рис. 2.287

Виносний елемент розташовують якомога ближче до відповідного місця на зображенні предмета.

## 11.6. Умовності та спрощення

При виконанні креслень слід урахувувати деякі умовності та спрощення, рекомендовані ГОСТ 2.305–68:

Коли вигляд, розріз або переріз є симетричною фігурою, допускається креслити половину зображення (вигляд зверху, рис. 2.288) або трохи більше половини (вигляд зліва, рис. 2.288). У першому випадку межею зображення є вісь симетрії, а в другому – лінія обриву.

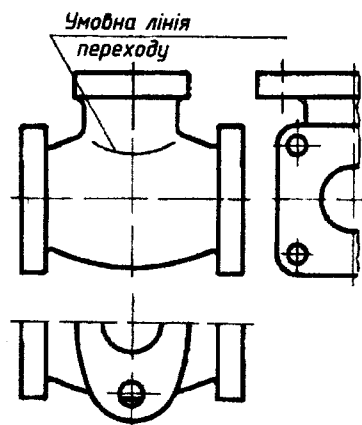


Рис. 2.288

Якщо предмет має декілька однакових рівномірно розташованих елементів (отворів, зубців, пазів тощо), то на зображенні повністю показують лише один – два таких елементи, а решту показують спрощено або умовно, наприклад один отвір на вигляді зверху (рис. 2.250).

Допускається креслити лише частину предмета з відповідним написом про кількість цих елементів, їх розташування тощо.

На виглядах і розрізах допускається спрощено зображати проекції лінії перетину поверхонь, якщо немає потреби точної їх побудови. Наприклад, замість лекальних кривих проводять дуги кола і прямі лінії (рис. 2.289–2.290).

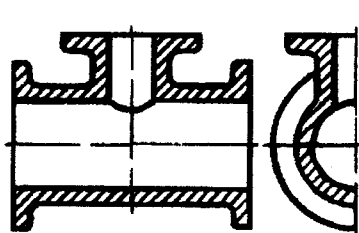


Рис. 2.289

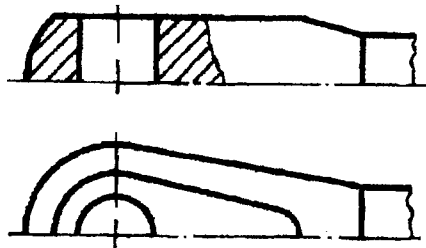


Рис. 2.290

Плавний перехід від одної поверхні до іншої показують умовно (рис. 2.291–2.293) або зовсім не показують (рис. 2.294–2.296).

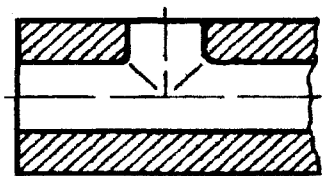


Рис. 2.291

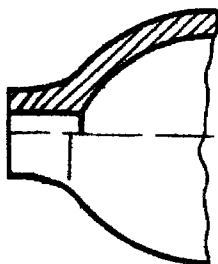


Рис. 2.292

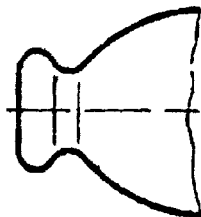


Рис. 2.293

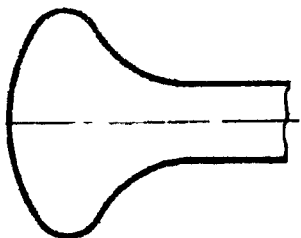


Рис. 2.294



Рис. 2.295

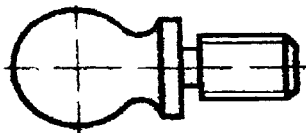


Рис. 2.296

На тих зображеннях, де уклон або конусність чітко не виявлені через наявність проміжної поверхні обертання, проводять лише одну лінію (суцільну тонку), що відповідає меншому розміру елемента з уконом або меншій основі конуса (рис. 2.297, а, б). Допускається незначну конусність або уклон зображати із збільшенням.



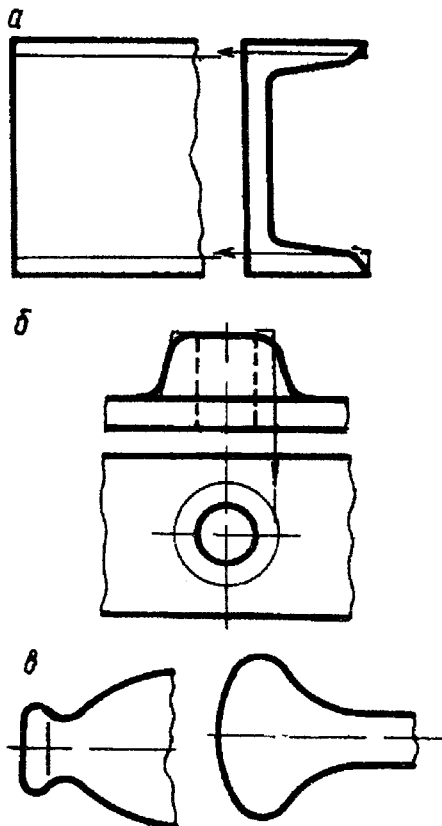


Рис. 2.297

Предмети або елементи з незмінним поперечним перерізом чи з таким, що змінюється закономірно (вали, ланцюги, прутки, фасонний прокат, шатуни тощо) допускаються зображати з розривами.

Частинні зображення і зображення з розривом обмежують одним з таких способів:

- суцільною тонкою зі зламами, яка може виходити за контур зображення на довжину від 2 до 4 мм. Ця лінія може бути похилою відносно лінії контуру (рис. 2.298, а);

- суцільною хвилястою лінією, яка з'єднує відповідні лінії контуру (рис. 2.298, б).

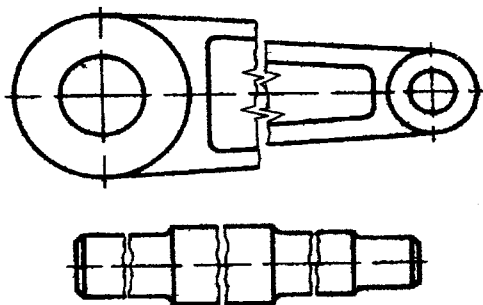


Рис. 2.298

Якщо на зображенні потрібно виділити плоскі поверхні предмета, то на них суцільними тонкими лініями проводять діагоналі.

Такі деталі, як гвинти, болти, заклепки, шпонки, шрифти, кульки, не пустотілі вали, шатуни, рукоятки тощо у поздовжньому розрізі умовно показують нерозсіченими (рис. 2.299), при поперечному – розсіченими і штрихують за загальними правилами. Спиці маховиків, шківів, зубчастих коліс, тонкі стінки, ребра жорсткості тощо, коли січна площина напрямлена вздовж осі або довгої сторони такого елемента, показують нерозсіченими, але не штрихують і відокремлюють від основної частини предмета суцільною основною лінією (рис. 2.300). Якщо в таких елементах деталі є місцеві свердління, заглибини і т. п., то роблять місцевий розріз.

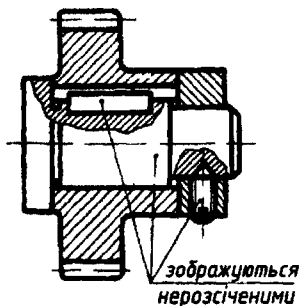


Рис. 2.299

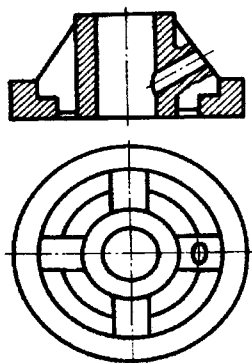


Рис. 2.300

Для спрощення креслення і зменшення кількості зображень допускається:

- частину предмета, розташовану між спостерігачем і січною площиною, показувати безпосередньо на розрізі потовщеною штрих-пунктирною лінією (рис. 2.301, *д*);
- робити складні розрізи (рис. 2.301, *а, з*);
- замість повного зображення давати лише контур отвору, паза, якщо треба показати отвори в маточинах коліс, шпонкові пази у валах тощо (рис. 2.301, *б, е*);
- показувати в розрізі отвори, коли вони розташовані на круглому фланці і не попадають у січну площину.

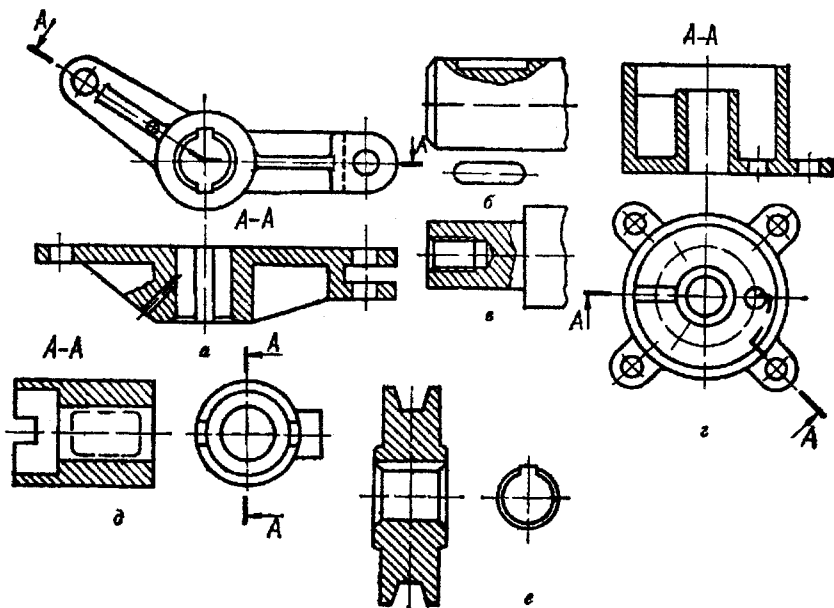


Рис. 2.301

## 11.7. Штриховка в розрізах та перерізах

Перерізи, незалежно від того, чи є вони окремими зображеннями, чи входять до складу розрізу, виділяють на кресленні штриховкою. Деталі можуть бути виготовлені з різних матеріалів, кожний з яких за ГОСТ 2.306–68 має певний тип штриховки. На рис. 2.302 подано

штриховки на машинобудівних кресленнях для найбільш поширених матеріалів.

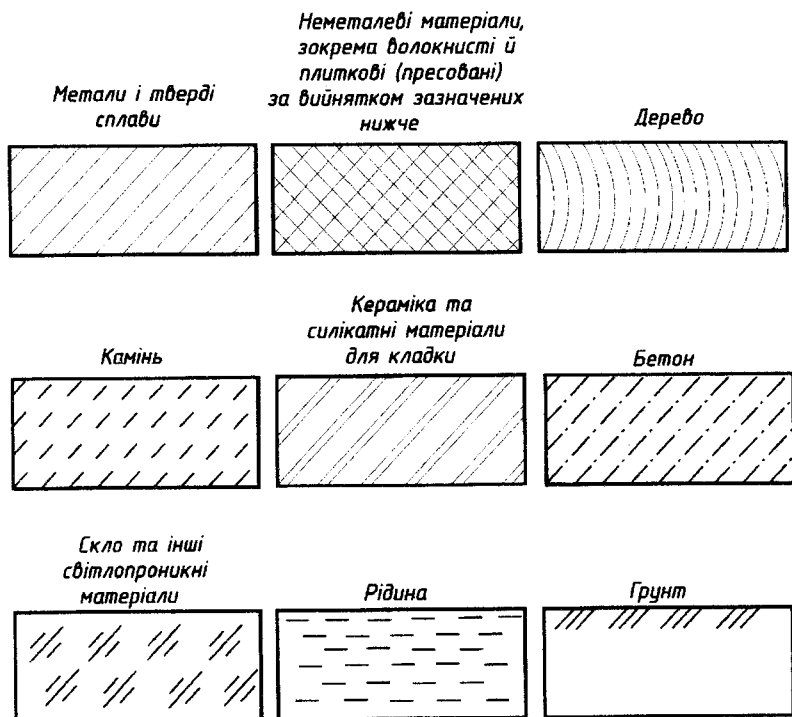


Рис. 2.302

Штриховку виконують під кутом  $45^\circ$  до рамки креслення (рис. 2.303, а). Якщо в цьому випадку лінії штриховки зливаються з напрямом ліній контуру, дозволяється виконувати її під кутом  $30^\circ$  або  $60^\circ$  (рис. 2.303, б, в). Лінії штриховки можна наносити з нахилом праворуч або ліворуч, але обов'язково в один бік для всіх розрізів і перерізів однієї деталі. Відстань між лініями штриховки має бути в межах 1–10 мм (залежно від матеріалу і площі штриховки). Для металу можна рекомендувати відстань 2–4 мм, а для цегли і бетону – 4–10 мм. Довгі і вузькі площадки, ширина яких на кресленні становлять 2–4 мм, рекомендується штрихувати від руки і не повністю, а лише так, як показано на рис. 2.303, г, д. Вузькі площадки товщиною до 2 мм дозволяється в перерізах затушовувати, залишаючи просвіт між

суміжними деталями (рис. 2.303, е). На рис. 2.303, е зображено штриховку кількох суміжних деталей з одного матеріалу.

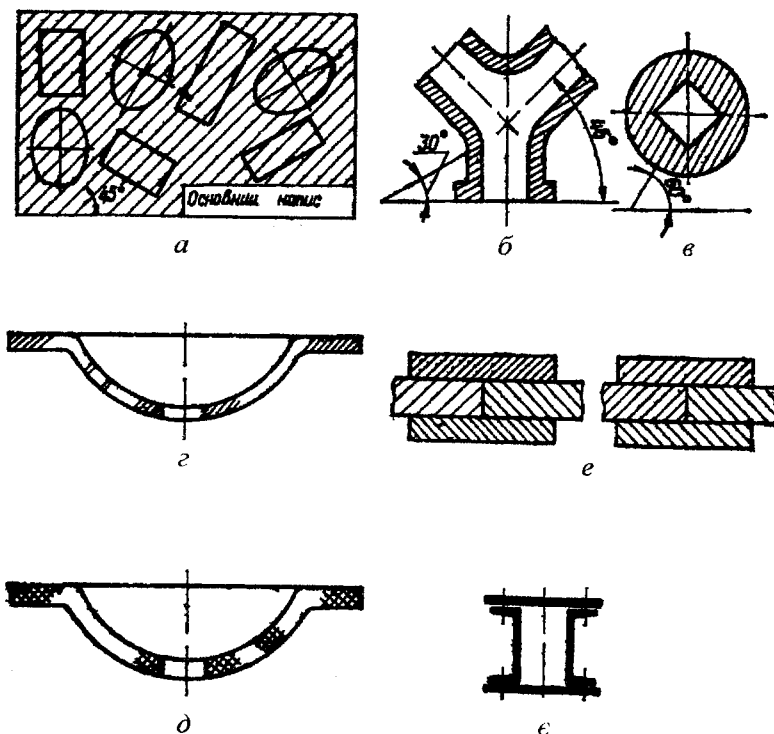


Рис. 2.303

## 11.8. Приклади виконання виглядів і розрізів

Креслення, які містять зображення (види, розрізи, перерізи) предметів слід виконувати в певній послідовності:

Необхідно уважно проаналізувати задані умови і визначити геометричну форму зовнішніх і внутрішніх поверхонь, які обмежують даний предмет.

Вирішити питання про те, які види і розрізи при їх мінімальній кількості зможуть забезпечити повне уявлення про зовнішні й внутрішні форми предмета.

Вияснити положення січних площин для виконання намічених розрізів і розташування кожного розрізу на кресленні.

Розглянути симетрію предмета і вирішити питання про те, де розташувати вигляди в поєднанні з розрізами.

Встановити, які розрізи слід надписувати і відмічати положення їх січної площини; які вигляди потрібно відмічати на кресленні.

Після вияснення цих питань можна приступати до виконання креслень.

Деталь, зображена на рис. 2.258, має призматичну основу і порожнину в ній. Три ребра надають конструкції жорсткості. У верхній частині деталі є два виступи з циліндричними отворами і виймка призматичної форми.

Найповніше уявлення про деталі дає вибраний головний вигляд. На місці головного вигляду доцільно виконувати фронтальний розріз. Січна площина цього розрізу збігається з фронтальною площиною симетрії деталі. (Горизонтальна вісь симетрії вигляду зверху є горизонтальною проекцією названої площини). Положення такої січної площини не слід відмічати, а розріз не потрібно надписувати.

Зображення на профільній площині проєкцій являє собою поєднання половини вигляду з половиною профільного розрізу, яке дає можливість вияснити зовнішню і внутрішню форми предмета. Профільна січна площина проходить через вісь циліндричних отворів. Положення цієї січної площини відмічене лінією перетину  $A-A$ . Оскільки вона не є площиною симетрії предмета в цілому, профільний розріз супроводжується написом. На вигляді зверху штриховими лініями показана форма внутрішньої порожнини деталі і розташування ребер жорсткості.

Головний вигляд деталі, зображеної на рис. 2.271, виконаний у поєднанні з частиною фронтального розрізу; частина вигляду і розрізу розділяються суцільною хвилястою лінією. Фронтальна січна площина цього розрізу проходить через осі циліндричних отворів (у верхній частині деталі і приливу). Розріз виявляє протяжність циліндричних отворів, форму порожнини. Зовнішні обриси деталі зрозумілі з наведених виглядів (головного, зверху, знизу, зліва).

Для зображення порожнини деталі в поперечному напрямі і пазів двома профільними площинами виконано ступінчастий профільний розріз. Він розташований на площині, паралельній суміщеним січним площинам, і розташований на вільному місці поля креслення (на вигляді зліва необхідно було показати зовнішню форму деталі). Розріз повернутий для того, щоб збереглось положення предмета, прийняте на головному зображенні.

## 11.9. Розрізи в аксонометричних проєкціях

Для наочного зображення внутрішньої форми предметів їх аксонометрію креслять з розрізами. Розрізи виконуються січними площинами, паралельними координатним площинам. При цьому відкидають ту частину предмета, яка дає можливість бачити фігури перерізів. Відрізи найчастіше обмежуються двома площинами, в яких креслять переріз, рідше – трьома.

Лінії штриховки перерізів в аксонометричних проєкціях, згідно ГОСТ 2.317–69, наносять паралельно одній з діагоналей аксонометричних проєкцій квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 2.304). Лінії штриховки декількох перерізів одного й того ж предмета, розташованих в різних координатних площинах, мають бути напрямлені паралельно або лише великим діагоналям квадратів, або тільки малим.

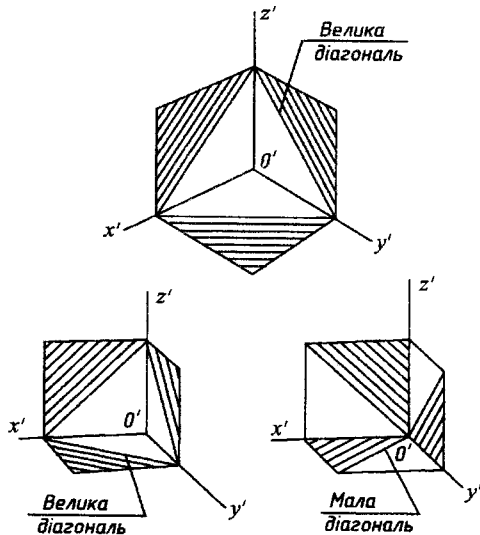


Рис. 2.304

На рис. 2.305 виконані ортогональні проекції (рис. 2.305, а) і прямокутна ізометрична проекція деталі (корпуса) з розрізами. Розріз в аксонометричній проекції виконаний двома координатними площинами  $xO'y'_1$  і  $zO'y'_2$ , що збігаються з площинами симетрії деталі, перший варіант (рис. 2.305, б) – виріз її в двох варіантах.

Виріз в аксонометрії виконано після того, як накреслили аксонометричну проекцію предмета. Другий варіант (рис. 2.305, в) – виконана аксонометрична проекція перерізу, а потім побудована аксонометрична проекція залишеної частини предмета. На рис. 2.305, г зображення обведене і переріз заштриховано.

Перерізи, які входять в поздовжні розрізи спиць маховиків і шківів, ребер жорсткості і подібних елементів, зображених в аксонометричних проекціях, заштриховують на загальних підставах.

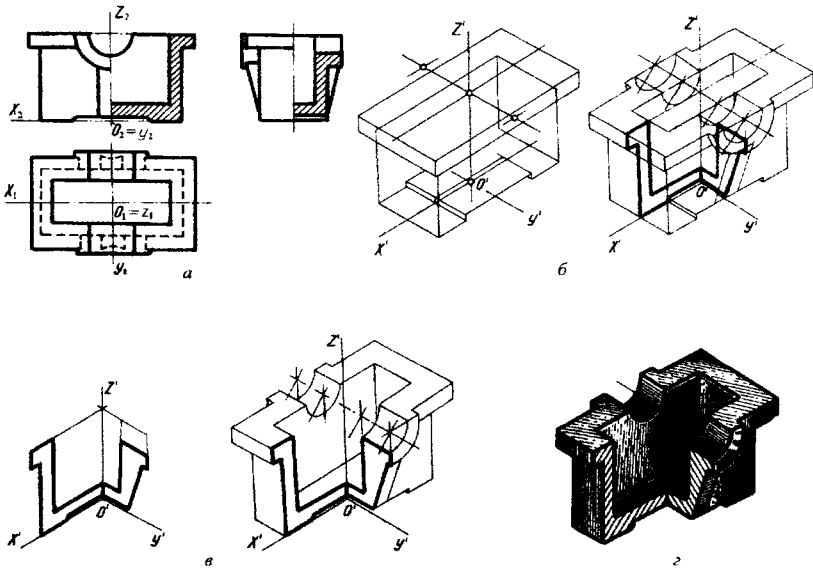


Рис. 2.305

## 11.10. Запитання для самоперевірки

- 11.10.1. Назвіть основні площини проекцій. Яким способом проектування користуються в кресленні?
- 11.10.2. Що називається виглядом і як їх поділяють?



- 11.10.3. Назвіть основні вигляди. Як вони розміщені на комплексному кресленні?
- 11.10.4. В яких випадках слід надписувати основні вигляди і як саме?
- 11.10.5. Які вигляди називаються додатковими? Як їх треба розміщувати на кресленні і надписувати?
- 11.10.6. Які вигляди називаються місцевими? Як їх розміщують на кресленні і надписують?
- 11.10.7. Для чого на кресленні роблять розрізи? Що називається розрізом?
- 11.10.8. У чому різниця між розрізом і перерізом?
- 11.10.9. В якій послідовності виконують розріз предмета?
- 11.10.10. Чому розріз є умовним зображенням?
- 11.10.11. Як поділяють розрізи залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій?
- 11.10.12. Як поділяють розрізи залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета?
- 11.10.13. Як поділяють розрізи залежно від кількості січних площин?
- 11.10.14. Як поділяють розрізи залежно від повноти їх виконання?
- 11.10.15. Як виконують ступінчастий розріз? ламаний розріз?
- 11.10.16. Як виконують місцевий розріз?
- 11.10.17. В яких випадках треба позначати прості розрізи?
- 11.10.18. Що таке лінія перетину і як її позначають на кресленні?
- 11.10.19. Як позначають складні ступінчасті ламані розрізи?
- 11.10.20. В яких випадках частину вигляду поєднують з частиною розрізу? Як оформляють таке комбіноване зображення?
- 11.10.21. Як треба виконувати розрізи, коли ребро деталі збігається з осьовою лінією, що поєднує вигляд з розрізом?
- 11.10.22. Що називається перерізом? В якій послідовності виконують переріз предмета?
- 11.10.23. Чому переріз є умовним зображенням?
- 11.10.24. Як поділяють перерізи?
- 11.10.25. Як виконують винесений переріз, якщо він являє собою симетричну фігуру? несиметричну фігуру?
- 11.10.26. Як виконують перерізи, розміщені в розриві між частинами зображуваного предмета?
- 11.10.27. Як виконують накладені перерізи?

- 11.10.28. Як виконують кілька однакових перерізів, що належать до одного предмета?
- 11.10.29. Як виконують перерізи, коли січна площина проходить через вісь поверхні обертання, що обмежує круглі отвори або заглибини?
- 11.10.30. Що називається виносним елементом? Як виконують виносні елементи?
- 11.10.31. Яку умовність застосовують при зображенні симетричних фігур?
- 11.10.32. Як зображати предмет, що має кілька однакових рівномірно розташованих елементів?
- 11.10.33. Як зображують предмети, що мають уклон або конусність незначної величини?
- 11.10.34. Як показують у розрізі болти, гвинти, вали, шатуни, шпильки?
- 11.10.35. Як зображують у розрізі ребра жорсткості або тонкі стінки?
- 11.10.36. Що називається накладеною проекцією?
- 11.10.37. Як штрихують у розрізі метал? пластмасу? скло? залізобетон?

## 11.11. Вправи

- 11.11.1. Як називається зображення 1 (рис. 2.306)?

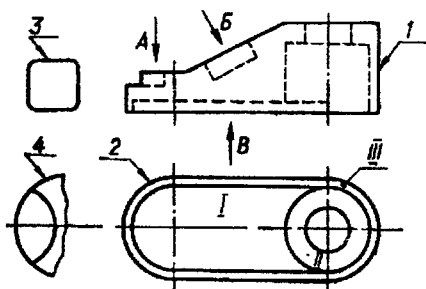


Рис. 2.306

- 11.11.2. Як називається зображення 2 (рис. 2.306)?
- 11.11.3. Як називається зображення 3 (рис. 2.307)?

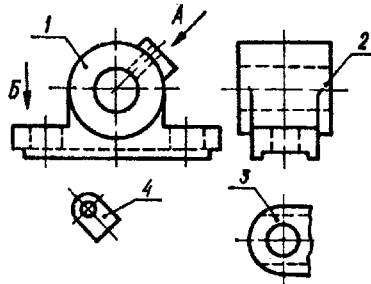


Рис. 2.307

- 11.11.4. Скільки додаткових виглядів виконано на рис. 2.306 і рис. 2.307?
- 11.11.5. Скільки місцевих виглядів виконано на рис. 2.306 і рис. 2.307?
- 11.11.6. Як треба підписати зображення 3 (рис. 2.306)?
- 11.11.7. Скільки основних виглядів виконано на рис. 2.306 і рис. 2.307?
- 11.11.8. Як треба підписати зображення 4 (рис. 2.307)?
- 11.11.9. Які вигляди зліва (а–д) відповідають фігури, виконаній на рис. 2.308?

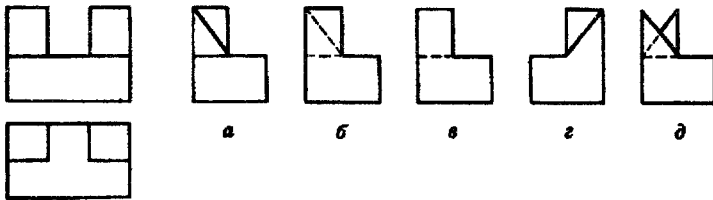


Рис. 2.308

- 11.11.10. З яких простих геометричних тіл складається деталь рис. 2.309?
- 11.11.11. Які з точок I, II, III, що лежать на деталі, найбільш віддалені від площини проєкцій  $\Pi_1$  (рис. 2.306)?
- 11.11.12. Який розріз доцільно зробити на рис. 2.310?

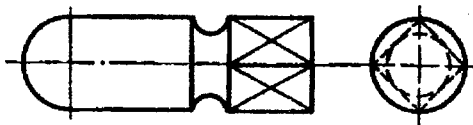


Рис. 2.309

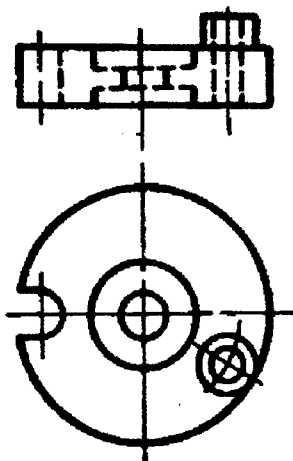


Рис. 2.310

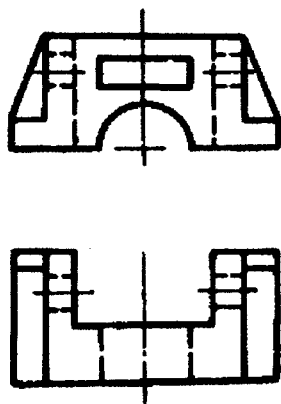


Рис. 2.311

- 11.11.13. Який розріз доцільно зробити на рис. 2.311?  
 11.11.14. Який розріз доцільно зробити на рис. 2.312?

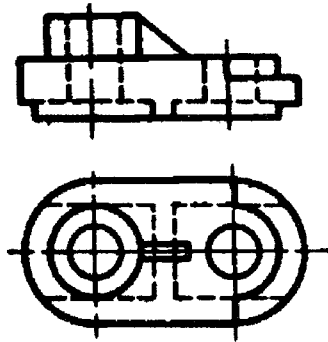


Рис. 2.312

- 11.11.15. Як називається розріз  $A-A$  на рис. 2.313?

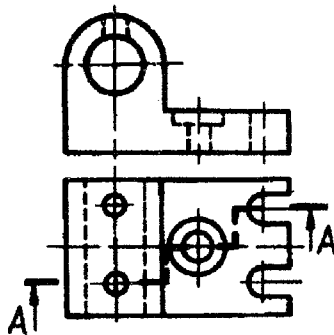


Рис. 2.313

- 11.11.16. На якому рисунку (рис. 2.310–2.313) слід зробити поєднання вигляду з розрізом?  
 11.11.17. На якому рисунку (рис. 2.310–2.313) розріз можна не позначати?  
 11.11.18. На якому рисунку (рис. 2.310–2.313) елемент деталі, що попадає в розріз, штрихувати не слід?

11.11.19. Скільки січних площин має розріз на рис. 2.313?

11.11.20. Як називається розріз, виконаний на рис. 2.314?



Рис. 2.314

11.11.21. На якому з рисунків (рис. 2.315–2.318) напис розрізу зроблений правильно?

AA

A-A

A-A

A-A

Рис. 2.315

Рис. 2.316

Рис. 2.317

Рис. 2.318

11.11.22. Виконайте ступінчастий розріз по A-A (рис. 2.319)?

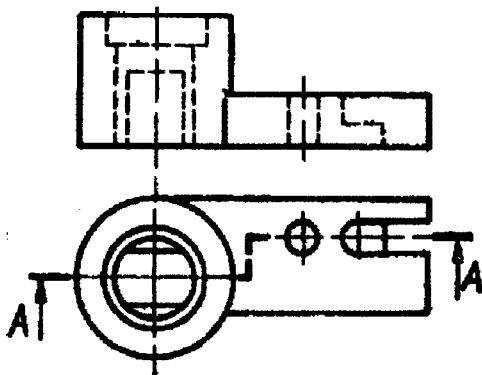


Рис. 2.319

11.11.23. Які перерізи відповідають лініям перетину А-А; Б-Б; В-В; ... (рис. 2.320)?

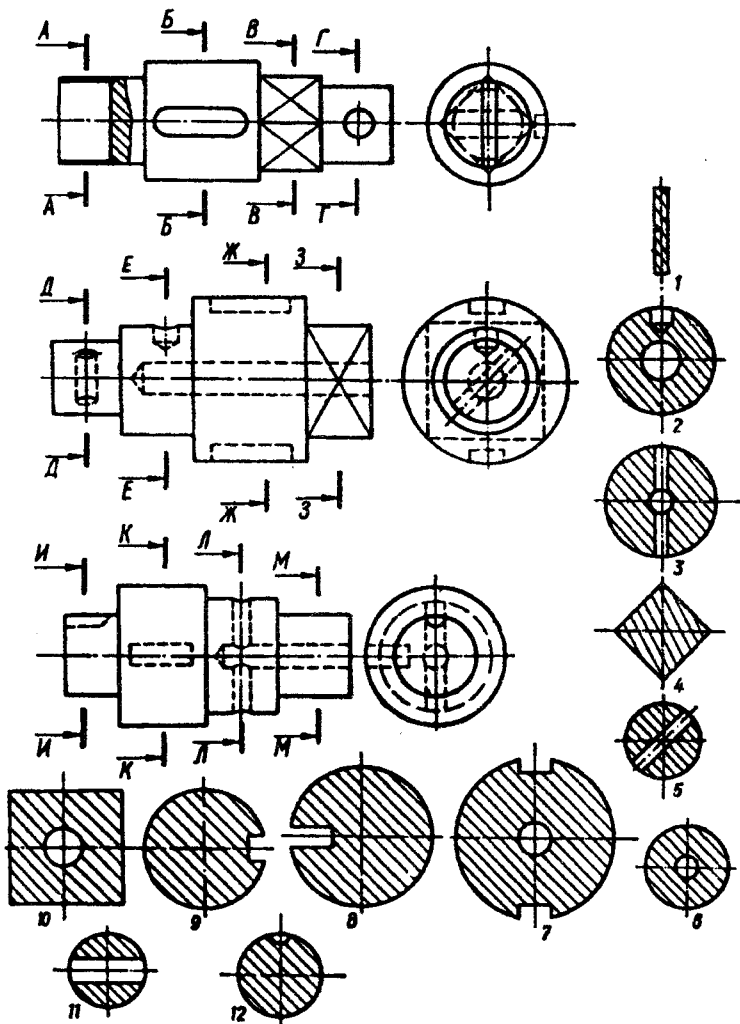


Рис. 2.320

## § 12. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ПОДВІЙНЕ ПРОНИКНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

В розглянутих нижче прикладах задано порожнисте геометричне тіло із наскрізним бічним призматичним отвором. Необхідно побудувати три проекції заданого тіла і визначити лінію перетину отвору із зовнішньою і внутрішньою поверхнями порожнистого тіла.

Розв'язування, як правило, слід розпочинати з аналізу одержуваних ліній перетину. Саме розв'язування здійснюють в три етапи:

- побудова лінії перетину поверхні отвору із зовнішньою поверхнею геометричного тіла;
- визначення лінії перетину поверхні отвору з внутрішньою поверхнею порожнистого геометричного тіла;
- оформлення необхідних розрізів.

**Приклад 1.** В зрізаному конусі обертання з внутрішньою циліндричною порожниною виконано бічний трикутний призматичний отвір (рис. 2.321, а). Необхідно на трьох виглядах побудувати лінію перетину призматичного отвору із зовнішньою і внутрішньою поверхнями порожнистого тіла і виконати необхідні розрізи (рис. 2.321, 2.322).

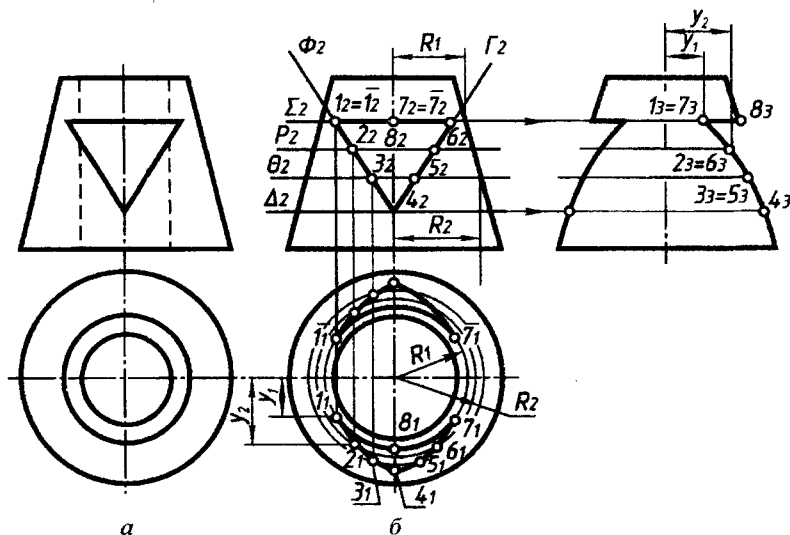


Рис. 2.321



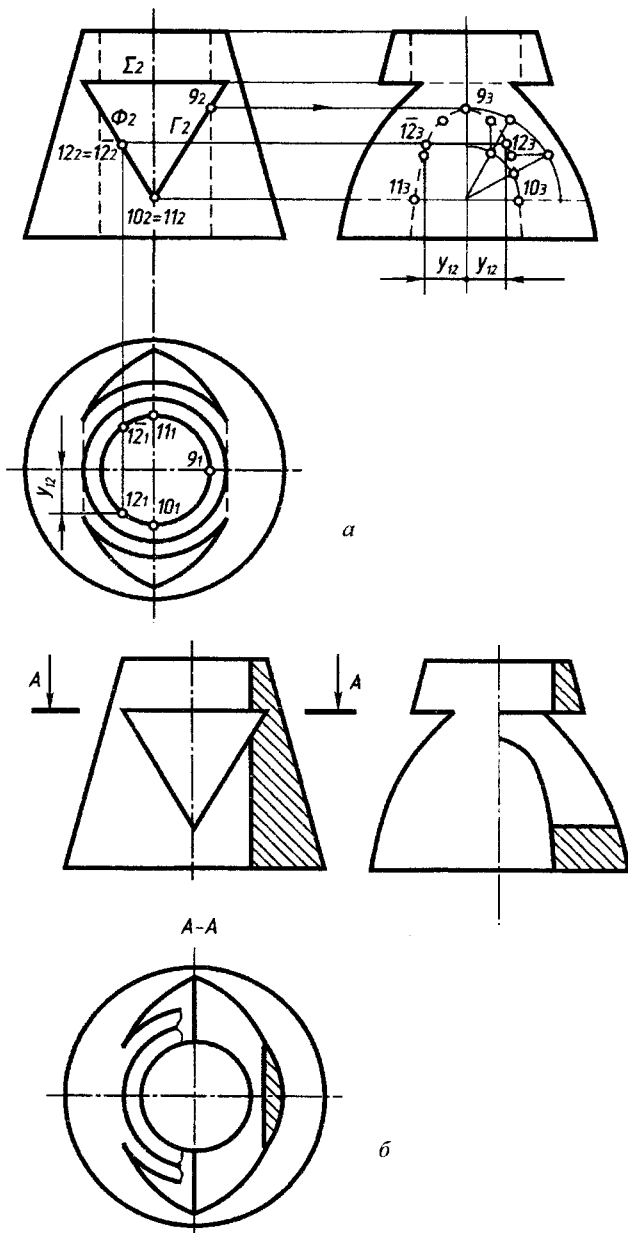


Рис. 2.322

Розглянемо поетапне розв'язування задачі.

*Перший етап* (рис. 2.321, б). Розглядається перетин зовнішньої конічної поверхні з призматичним отвором. Верхня горизонтальна грань призми – площина  $\Sigma$  перетинає конус по дугах кола радіуса  $R_1$ . Ці дуги обмежені точками 1 та 7 і проєктуються на вигляд зверху в натуральну величину. Бічні грані призми – фронтально-проєктуючі площини  $\Phi$  і  $\Gamma$  перетинають конус по дугах еліпсів, які проєктуються на вигляд спереду відрізками  $1_2-4_2$  і  $7_2-4_2$ . Намічають деяку кількість точок  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$  на еліпсах перерізу і за допомогою допоміжних горизонтальних січних площин визначають горизонтальні проєкції цих точок. Наприклад, точки 3 і 5 знайдені проведенням допоміжної площини  $\theta$ , яка перетинає конус по колу радіуса  $R_2$ . На вигляді зліва проєкції лінії перетину побудовані з використанням координат у відповідних точок.

*Другий етап* (рис. 2.322, а). Розглядається перетин трикутної призми з внутрішньою циліндричною поверхнею. Горизонтальна площина  $\Sigma$  перетинає циліндр по повному колу, що дорівнює колу діаметра циліндра. Фронтально-проєктуючі площини  $\Phi$  і  $\Gamma$  перетинають циліндр по еліпсах (кожна з площин дає половину еліпса). Величина великої півосі еліпса дорівнює відрізку  $10_2-9_2$ , а мала вісь за величиною дорівнює діаметру циліндра. Визначають проєкцію точки 9 на вигляді зліва і за великою і малою осями відомим способом будують проєкцію еліпса.

На рис. 2.322, а показано, що точки, які належать еліпсу, можуть бути визначені за допомогою координат за їх положенням на горизонтальній проєкції циліндра. На цьому ж рисунку зображено визначення горизонтальної і профільної проєкцій проміжної точки 12.

*Третій етап* (рис. 2.322, б). На рисунку виконані необхідні розрізи. На місці головного вигляду виконано поєднання вигляду з повним фронтальним розрізом, а на вигляді зліва – поєднання вигляду з профільним розрізом. Вигляд і розріз розділяє вісь симетрії. Фронтальний і профільний розрізи не позначені, оскільки січні площини збігаються з осями симетрії фігури. Горизонтальний розріз суміщений з виглядом зверху і позначений  $A-A$ .

**Приклад 2.** В зрізаній шестикутній піраміді з внутрішньою квадратною призматичною порожниною, виконано п'ятикутний призматичний отвір (рис. 2.323, а). Необхідно на трьох виглядах побудувати лінію перетину отвору із зовнішньою і внутрішньою поверхнями порожнистого тіла і виконати необхідні розрізи (рис. 2.323, 2.324).

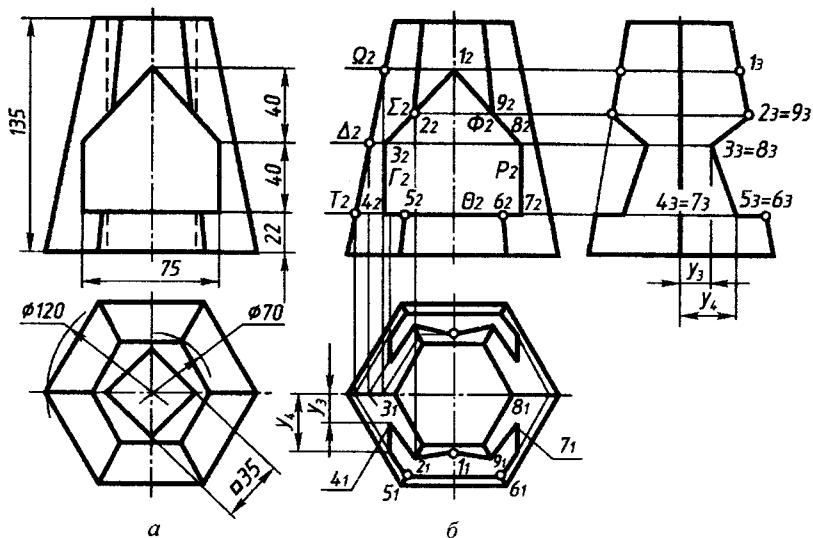


Рис. 2.323

*Перший етап* (рис. 2.323, б). Розглядають перетин зовнішньої пірамідальної поверхні з призматичним отвором. Взаємним перетином граней  $\Sigma$ ,  $\Phi$ ,  $\Gamma$ ,  $P$ ,  $\theta$  призматичного бічного отвору одержують фронтально-проектуючі прямі, які перетинають зовнішню поверхню зрізаної піраміди в точках 1, 3, 4, 7, 8. Фронтальні проекції цих точок відомі ( $1_2$ ,  $3_2$ ,  $4_2$ ,  $7_2$ ,  $8_2$ ). Для визначення горизонтальних проекцій точок проводять допоміжні горизонтальні площини рівня  $\Omega$ ,  $\Delta$ ,  $T$ , які перетинають поверхню піраміди по шестикутниках, подібних шестикутнику основи. Проводячи лінії зв'язку з точок  $1_2$ ,  $3_2$ ,  $4_2$ , ... до перетину з горизонтальними проекціями відповідних контурів перерізу, одержують точки  $1_1$ ,  $3_1$ ,  $4_1$ , ... Профільні проекції цих точок знайдені з використанням координат  $y$  (на рис. 2.323, б показано знаходження профільних проекцій  $3_3$  і  $4_3$ ).

Фронтальні проекції бічних ребер призми перетинають сліди площин призматичного отвору в точках  $2_2$ ,  $5_2$ ,  $6_2$ ,  $9_2$ . За допомогою ліній зв'язку визначають горизонтальні та профільні проекції цих точок. Порядок з'єднання точок на виглядах зверху і зліва зберігається таким самим, як і на вигляді спереду.

*Другий етап* (рис. 2.324, а). Розглядають перетин п'ятикутної бічної призми з внутрішньою призматичною поверхнею. Горизонтальна площина  $\theta$  перетинає внутрішню порожнину по

квадрату тих же розмірів, які мають основи цієї порожнини. Грані  $\Sigma$  і  $\Phi$  перетинають бічні ребра внутрішньої призми в точках 10, 11, 12, 13. Знаючи фронтальні проекції цих точок ( $10_2, 11_2, \dots$ ), за допомогою ліній визначають їх горизонтальні та профільні проекції. Порядок з'єднання точок зрозумілий з рисунка. Профільні площини  $\Gamma$  і  $P$  внутрішню призматичну порожнину не перетинають.

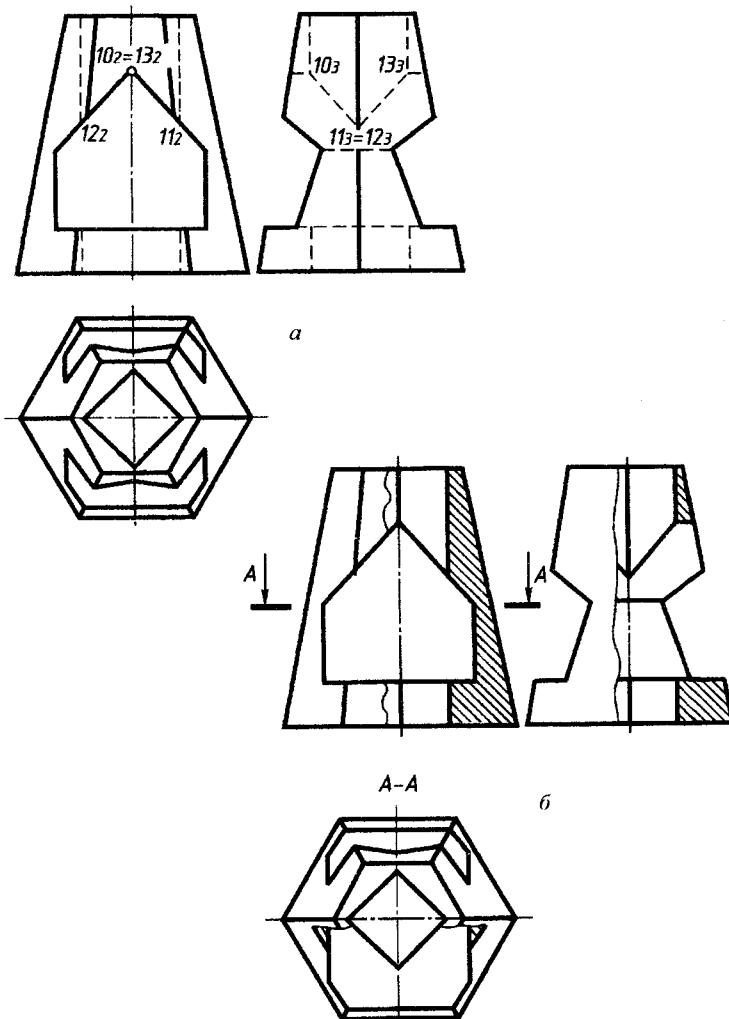


Рис. 2.324

*Третій етап* (рис. 2.324, б). На рисунку виконані необхідні розрізи. На місці головного вигляду виконано поєднання вигляду з повним фронтальним розрізом, а на вигляді зліва – поєднання вигляду з профільним розрізом. Положення горизонтальної січної площини позначене  $A-A$ . Горизонтальний розріз суміщений з виглядом зверху і позначений  $A-A$ . Фронтальний і профільний розрізи не позначені, оскільки січні площини збігаються з осями симетрії фігури.

Вигляд і розріз на всіх трьох зображеннях розділяє суцільна хвиляста лінія, оскільки з віссю симетрії у всіх випадках збігаються ребра піраміди або призми.

**Приклад 3.** *В зрізаній чотирикутній піраміді з внутрішньою трикутною призматичною порожниною виконано п'ятикутний призматичний отвір* (рис. 2.325, а). *Необхідно на трьох виглядах побудувати лінію перетину отвору із зовнішньою і внутрішньою поверхнями порожнистого тіла і виконати необхідні розрізи* (рис. 2.325, а-г).

Для розв'язування задачі спочатку слід прочитати креслення предмета (рис. 2.325, а), тобто уявно розчленити його на прості геометричні тіла, які утворюють предмет, чітко визначити його зовнішні і внутрішні поверхні. Встановити, які з поверхонь предмета знаходяться в проєктуючому положенні. Виявити площини або осі симетрії як всього предмета, так і окремих його елементів.

В даному прикладі (рис. 2.325, б) чотирикутна зрізана піраміда має вертикальний і горизонтальний отвори призматичної форми. Грані горизонтального вікна перпендикулярні площині  $P_2$ . Крім того, його бокові грані паралельні площині  $P_3$ , а нижня паралельна площині  $P_1$ . Трикутний вертикальний отвір зображено на головному вигляді (лініями невидимого контуру) і на вигляді зверху, горизонтальне п'ятикутне вікно – лише на головному вигляді.

Перші два етапи розв'язування задачі показані на рис. 2.325, в.

*Перший етап.* Горизонтальні проєкції  $1_1-2_1, 2_1-3_1, 4_1-5_1$  і  $5_1-6_1$  будують, скориставшись умовою їх паралельності ребрам основи піраміди за допомогою проєкцій  $A_2$  і  $A_1$  на проєкціях ребра піраміди. За координатами  $u_1$  і  $u_6$  і лініями зв'язку з фронтальною проєкцією будують профільну проєкцію  $1_3-2_3-3_3-4_3-5_3-6_3-1_3$ .

За фронтальними проєкціями  $7_2-B_2, 9_2-B_2, 8_2-C_2, 10_2-C_2$  фронталей на бічних поверхнях піраміди будують їх горизонтальні проєкції  $B_1-7_1, B_1-9_1, C_1-8_1, C_1-10_1$ . За координатами  $u_8$  і  $u_{10}$  на лінії зв'язку будують профільні проєкції точок  $7_3, 8_3, 9_3, 10_3$ .

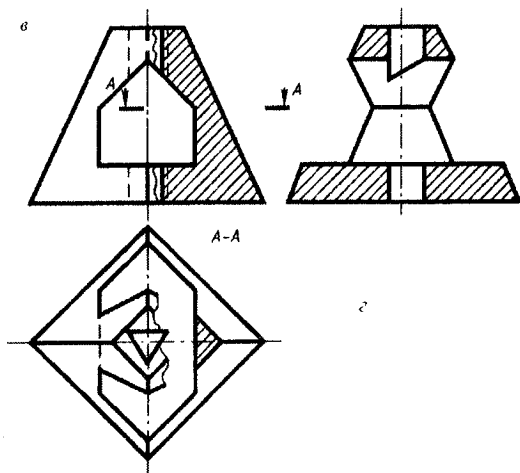
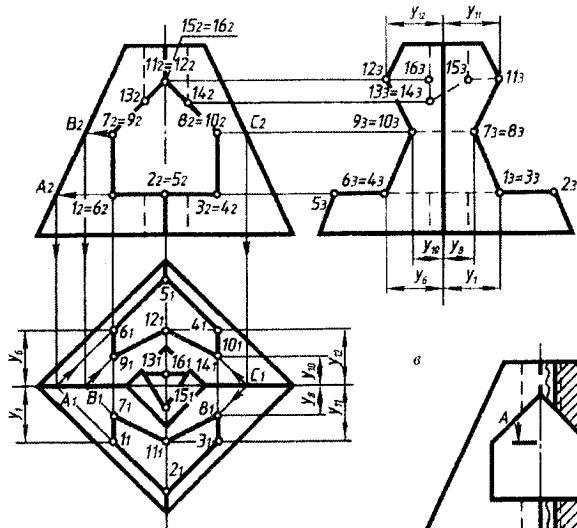
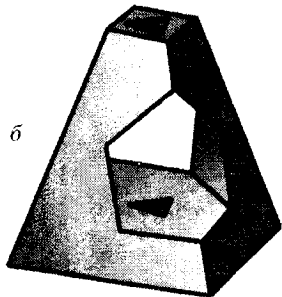
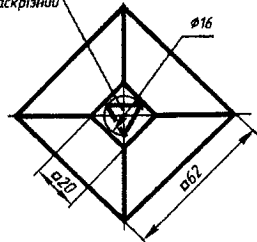
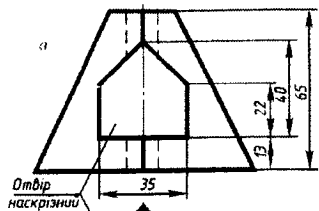


Рис. 2.325

За фронтальними проекціями  $11_2 = (12_2)$  на лінії зв'язку будують профільні проекції  $11_3$  і  $12_3$ , а за координатами  $y_{11}$  і  $y_{12}$  їх горизонтальні проекції  $11_1$  і  $12_1$ .

*Другий етап.* За фронтальними проекціями  $13_2, 14_2, 15_2$  і  $16_2$  точок перетину ребер вертикального тригранного отвору з верхніми гранями і ребром горизонтального призматичного отвору на лініях зв'язку будують проекції  $13_3, 14_3, 15_3$  і  $16_3$ .

Побудовані проекції точок з'єднують відповідними проекціями відрізків прямих, зображаючи всі невидимі лінії штриховими.

*Третій етап* (рис. 2.325, з). На одержаному кресленні виконують фронтальний необхідний розріз для виявлення вертикального тригранного отвору, профільний розріз для виявлення тригранного і горизонтального отворів. При цьому враховано, що тіло піраміди має одну площину симетрії – профільну, яка проходить через вісь піраміди. Тому трохи більше половини головного вигляду поєднано з фронтальним розрізом, трохи більше половини вигляду зверху поєднано з розрізом  $A-A$ .

**Приклад 4.** На рис. 2.326 зображено чотирикутну призму з двома вирізами. Необхідно побудувати лінії перетину бічної поверхні призми з поверхнею горизонтального вирізу, який її перетинає, і лінію взаємного перетину поверхонь двох вирізів.

Оскільки перетинаються багатогранники, то необхідно визначити точки перетину ребер кожного багатогранника з поверхнями решти двох. З'єднуючи одержані точки в певній послідовності, варто пам'ятати, що в замкненій просторовій ламаній лінії кожний відрізок має належати одночасно граням двох багатогранників.

Призматичну поверхню перетинає трикутний призматичний виріз, утворений фронтально-проектуючими площинами:  $\Sigma(\Sigma_2)$ ;  $\Phi(\Phi_2)$  – площина профільна і  $\Gamma(\Gamma_2)$  горизонтальна. Фронтальні проекції  $1_2 = \bar{1}_2 \dots 5_2 = \bar{5}_2$  ліній перетину належать фронтальній проекції вирізу (проекціям  $\Sigma_2, \Phi_2, \Gamma_2$  його площин), горизонтальні проекції  $1_1 \dots 5_1$  і  $\bar{1}_1 \dots \bar{5}_1$  цих ліній належать горизонтальній проекції  $A_1B_1C_1D_1$  призми, оскільки її бічна поверхня горизонтально-проектуюча. За цими проекціями лінії перетину будують їх профільні проекції  $1_3 \dots 5_3$  і  $\bar{1}_3 \dots \bar{5}_3$ .

Внаслідок перетину призми площинами  $\Sigma, \Phi, \Gamma$  вирізу одержують три замкнені контури  $1-2-3-\bar{3}-\bar{2}-\bar{1}$ ,  $3-4-\bar{4}-\bar{3}$  і  $1-5-4-\bar{4}-\bar{5}-\bar{1}$ .

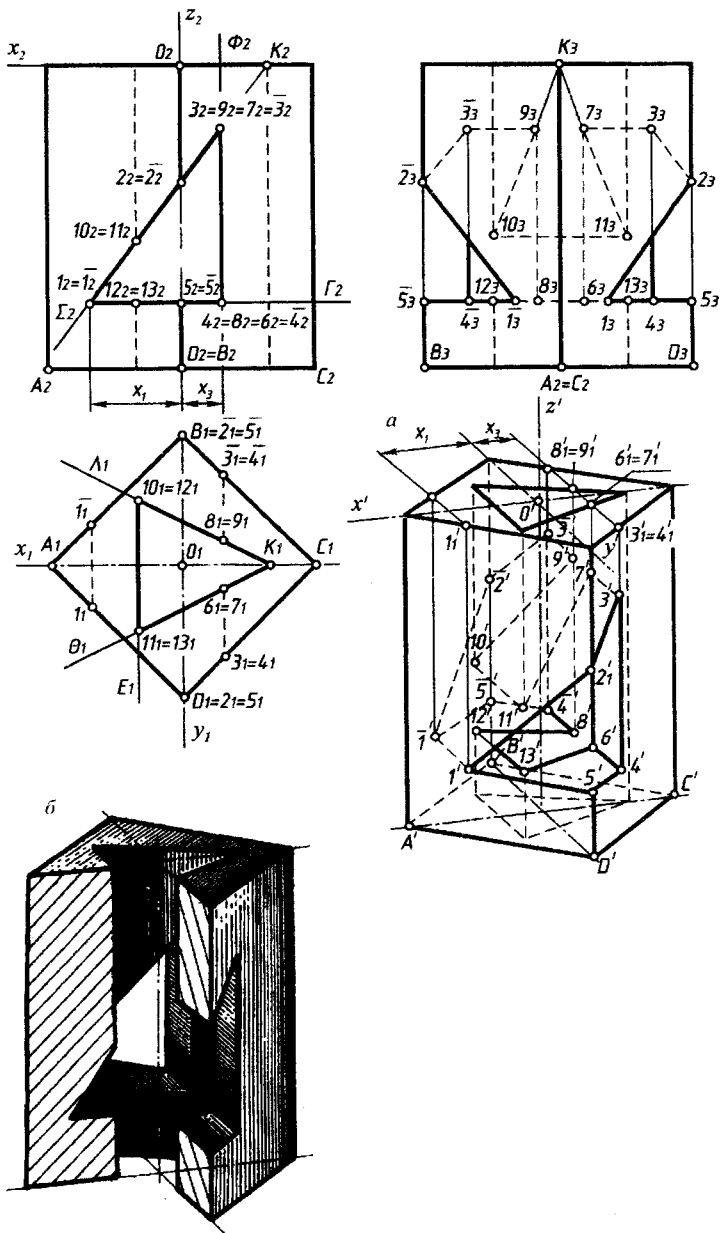


Рис. 2.326



Як видно з рисунка, другий призматичний виріз утворений горизонтально-проектуючими площинами  $\theta(\theta_1)$ ,  $A(A_1)$  і  $E(E_1)$  – площина профільна. Тому горизонтальна проекція  $6_1=7_1-11_1=13_1-10_1=12_1-8_1=9_1$  лінії перетину двох вирізів належить горизонтальним проекціям  $\theta_1$ ,  $A_1$ ,  $E_1$  цих площин. Фронтальна проекція лінії перетину  $10_2=11_2-7_2=9_2-6_2=8_2-12_2=13_2$  належить фронтальній проекції фронтально-проектуючого вирізу – проекціям  $\Sigma_2$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Gamma_2$ . Усі намічені точки є точками перетину ребер одного призматичного отвору з поверхнею другого і ребер другого з поверхнею першого.

Щоб правильно з'єднати профільні проекції одержаних точок, розглянемо переріз площинами  $\Sigma$ ,  $\Phi$  і  $\Gamma$  вертикального вирізу. Так, площина  $\Sigma$  при продовженні перетинає цей трикутний виріз по трикутнику  $10-11-K$  (див. проекції  $10_1-11_1-K_1$ ,  $10_2-11_2-K_2$ ,  $10_3-11_3-K_3$ ). Лінії перетину вирізів належить лише частина цього трикутника (див. проекцію  $9_3-10_3-11_3-7_3$ ).

Площина  $\Phi$  перетинає площини  $\theta$  і  $A$  по прямих  $6-7$  ( $6_1=7_1$ ,  $6_2-7_2$ ,  $6_3-7_3$ ) і  $8-9$  ( $8_1=9_1$ ,  $8_2-9_2$ ,  $8_3-9_3$ ). Горизонтальна площина  $\Gamma$  перетинає вертикальний виріз по чотирикутнику  $8-12-13-6$ . Отже, лінія перетину вирізів – замкнена ламана  $6-7-11-10-9-8-12-13-6$ . Одержану профільну проекцію варто доповнити проекціями ребер вирізів.

В аксонометрії (рис. 2.326, а) точки лінії перетину будуються на ребрах і гранях призматичної поверхні. При цьому використовують вторинні проекції на верхній основі призми (див. точки  $1'$ ,  $3'_1=4'_1$ ,  $6'_1=7'_1$ ,  $8'_1=9'_1$ ). На рис. 2.326, б виріз виконано в аксонометрії.

**Приклад 5.** На рис. 2.327 зображено вертикальний циліндр з двома вирізами. Побудувати лінії перетину бічної поверхні циліндра з поверхнею наскрізного горизонтального вирізу, утвореного фронтально-проектуючою циліндричною поверхнею і двома фронтально-проектуючими площинами  $\Sigma(\Sigma_2)$ ,  $\Phi(\Phi_2)$  (площина  $\Phi$  – профільна), що перетинають циліндр, та лінію взаємного перетину поверхонь двох вирізів.

Фронтальна проекція вирізу належить дузі кола його циліндричної поверхні і проекціям  $\Sigma_2$  і  $\Phi_2$  площин. На цій проекції намічають характерні точки вирізу – проекції  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2$ . Точки 2 і 5 належать профільним обрисовим твірним циліндра. Горизонтальна проекція лінії вирізу належить колу циліндра (позначені проекції  $1_1 \dots 5_1$  лише на вхідному отворі вирізу, вихідний отвір йому симетричний). За горизонтальною і фронтальною проекціями будують профільну проекцію  $1_3-2_3-3_3-4_3-5_3-1_3$  цієї лінії;  $K$  – проміжна точка на кривій  $1-2-3$ .

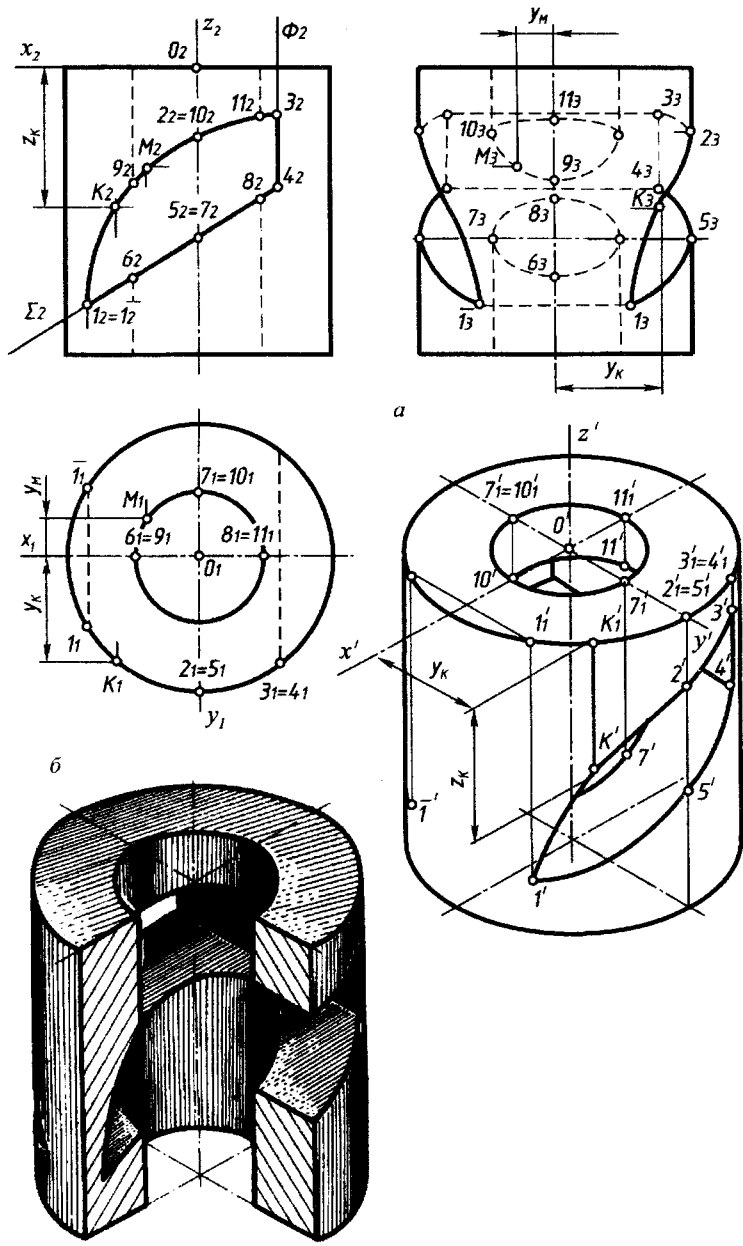


Рис. 2.327

Як видно з рисунка, циліндрична поверхня перетинається площиною  $\Sigma$  по дугах еліпса 1–5–4 і площиною  $\Phi$  по твірних 3–4.

Циліндрична поверхня отвору перетинається площиною  $\Sigma$  по еліпсу 6–7–8 і циліндричною поверхнею вирізу по кривій 9–10–11. Фронтальні проекції  $6_2-7_2-8_2$ ,  $9_2-10_2-11_2$  цих ліній належать фронтальній проєкції вирізу, а горизонтальні їх проєкції  $6_1-7_1-8_1$ ,  $9_1-10_1-11_1$  – колу циліндричного отвору. Позначені точки даних ліній перетину є характерними. Для побудови профільної проєкції  $6_3-7_3-8_3$ ,  $9_3-10_3-11_3$  цих ліній необхідно намітити на них проміжні точки.

Видима в профільній проєкції та частина лінії, яка належить лівій половині циліндра (криві  $1_3-2_3$  і  $1_3-5_3$ ). Завдяки наявності вирізу видима і частина дуги  $5_3-4_3$ .

В аксонометрії (рис. 2.327, а) точки лінії перетину можуть бути побудовані аналогічно точці  $K$ . На рис. 2.327, б виконано виріз в аксонометрії.

**Приклад 6.** На рис. 2.328 задані фронтальна і горизонтальна проєкції комбінованого геометричного тіла, нижня частина якого – шестикутна призма зі зрізами, верхня – зрізаний конус. Вони мають призматичний і циліндричний отвори. Необхідно на трьох виглядах побудувати лінію перетину призматичного отвору із зовнішньою і внутрішньою поверхнями порожнистого тіла. На профільній проєкції поєднати половину вигляду з половиною розрізу, а також побудувати натуральний вигляд перерізу фронтально-проєктуючою площиною по лінії перерізу  $A-A$ .

Як видно з рисунка, площини призматичного вирізу фронтально-проєктуючі. Тому фронтальна проєкція лінії перетину цього вирізу з призмою й конусом належить проєкціям  $\Sigma_2$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Gamma_2$ ,  $Q_2$  його площин. Горизонтальна проєкція ліній перетину в призматичній поверхні належить шестикутнику (точки 1, 2, 3), в конічній поверхні може бути визначена за допомогою її паралелей (див. точку 5).

Конічна поверхня перетинається площиною  $\Sigma(\Sigma_2)$  по дугах еліпса, а площинами  $\Phi(\Phi_2)$  і  $\Gamma(\Gamma_2)$  по дугах гіпербол. Циліндричний отвір перетинається площиною  $\Sigma(\Sigma_2)$  по еліпсу 6–7–8–9.

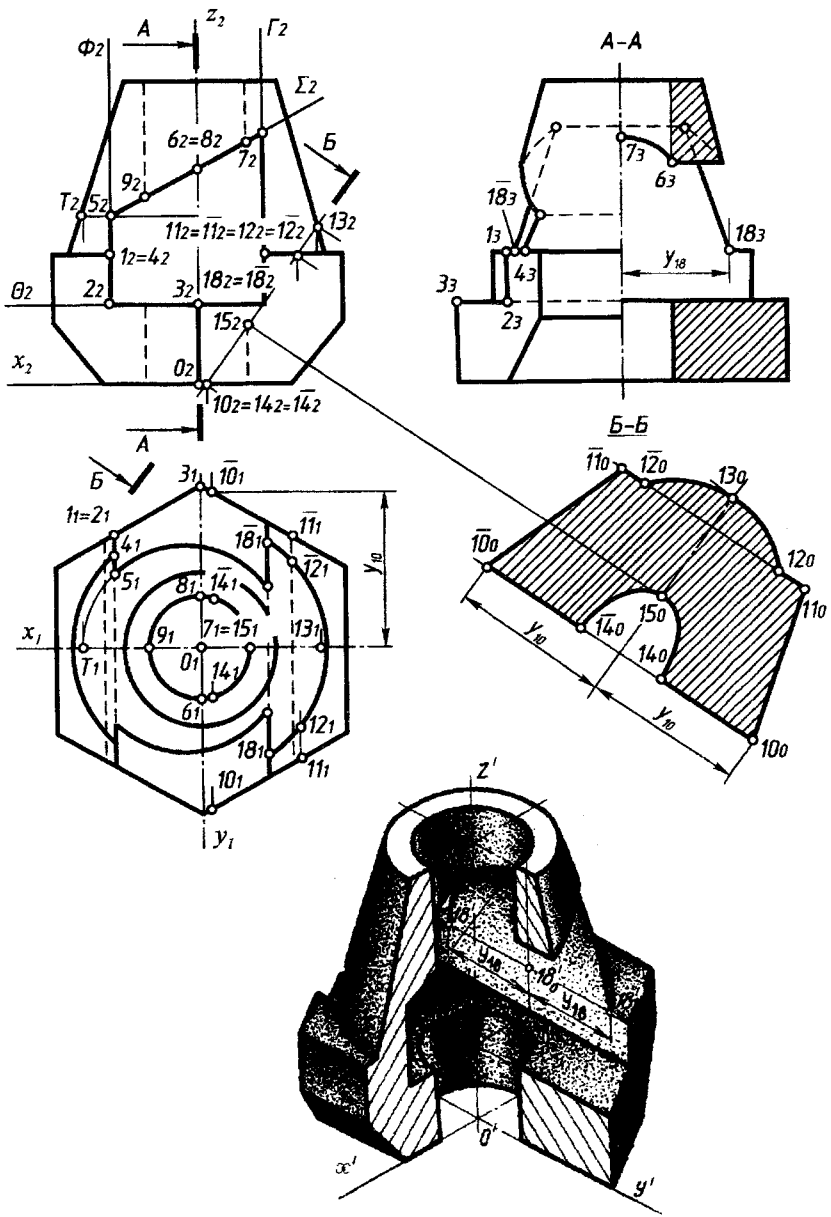


Рис. 2.328

Будують горизонтальну проекцію лінії вирізу на конічний поверхні. На профільній площині проєкцій виконують половину вигляду, поєднуючи його з половиною розрізу.

Натуральний вигляд перерізу тіла фронтально-проектуючою площиною по лінії перерізу  $B-B$  будують на площині, їй паралельній, способом заміни площин проєкцій. Для цього спочатку намічають на лінії перетину характерні його точки  $10_2, \dots, 15_2$ , потім визначають їх горизонтальні проєкції  $10_1, \dots, 15_1$  (точки позначають на передній половині предмета).

Даний предмет має фронтальну площину симетрії. Тому переріз також повинен мати вісь симетрії. Побудову перерізу розпочинають з проведення його осі симетрії на вільному полі креслення, бажано в проєкційному зв'язку з фронтальною проєкцією (лінією перетину). З проєкцій  $10_2, \dots, 15_2$  проводять лінії зв'язку, перпендикулярні до лінії перетину, а отже, до осі перерізу. На цих лініях зв'язку відкладають по обидва боки осі симетрії перерізу розмір  $y$  кожної точки (розмір  $y_{10}$ ). В перерізі призми одержують трапецію  $10-11-11-10$ , в перерізі конуса – дугу еліпса  $12-13-12$ , в перерізі циліндричної поверхні отвору – дугу еліпса  $14-15-14$ . На дугах еліпсів бажано побудувати декілька проміжних точок.

В аксонометрії, будуючи лінію перетину, доцільно використати переріз призматичного вирізу фронтальною площиною  $xOz$  (контур цього перерізу, трапеція, в аксонометрії зображений тонкою лінією). Лінії цього перерізу є осями симетрії фігур, які одержуються в перерізі предмета площинами  $\Sigma, \Phi, \Gamma, \theta$ . Тому від них можна відкладати рівні відрізки по обидва боки симетричних точок (див.  $y_{18}$  для точки 18).

**Приклад 7.** *В деталі, зображеної на рис. 2.329, зовнішня поверхня – тор; в середині виконані циліндричні отвори, діаметри яких  $D_1, D_2, D_3$ . Оскільки циліндричні поверхні проектує і одна проєкція кожної поверхні вироджується в коло, на цих колах намічають проєкції точок лінії їх взаємного перетину. Щоб не затемнювати креслення, точки позначають не на всьому колі, а на його частині. Так, за проєкціями  $1_1, 2_1, 3_1$  побудовані проєкції  $1_2, 2_2, 3_2$  на паралелях тора. Точки 1, 2, 3 належать лінії перетину тора з вертикальним циліндричним отвором.*

На лінії перетину циліндричних поверхонь діаметрів  $D_1$  і  $D_3$  намічають точки 4, 5, 6: проєкції  $4_1, 5_1, 6_1$  на колі діаметра  $D_3$ , проєкції  $4_2, 5_2, 6_2$  на колі діаметра  $D_1$ . На лінії перетину циліндричних поверхонь діаметрів  $D_2$  і  $D_3$  намічають точки 7, 8, 9: проєкції  $7_1, 8_1, 9_1$  на колі діаметра  $D_3$ , проєкції  $7_2, 8_2, 9_2$  на колі діаметра  $D_2$ .

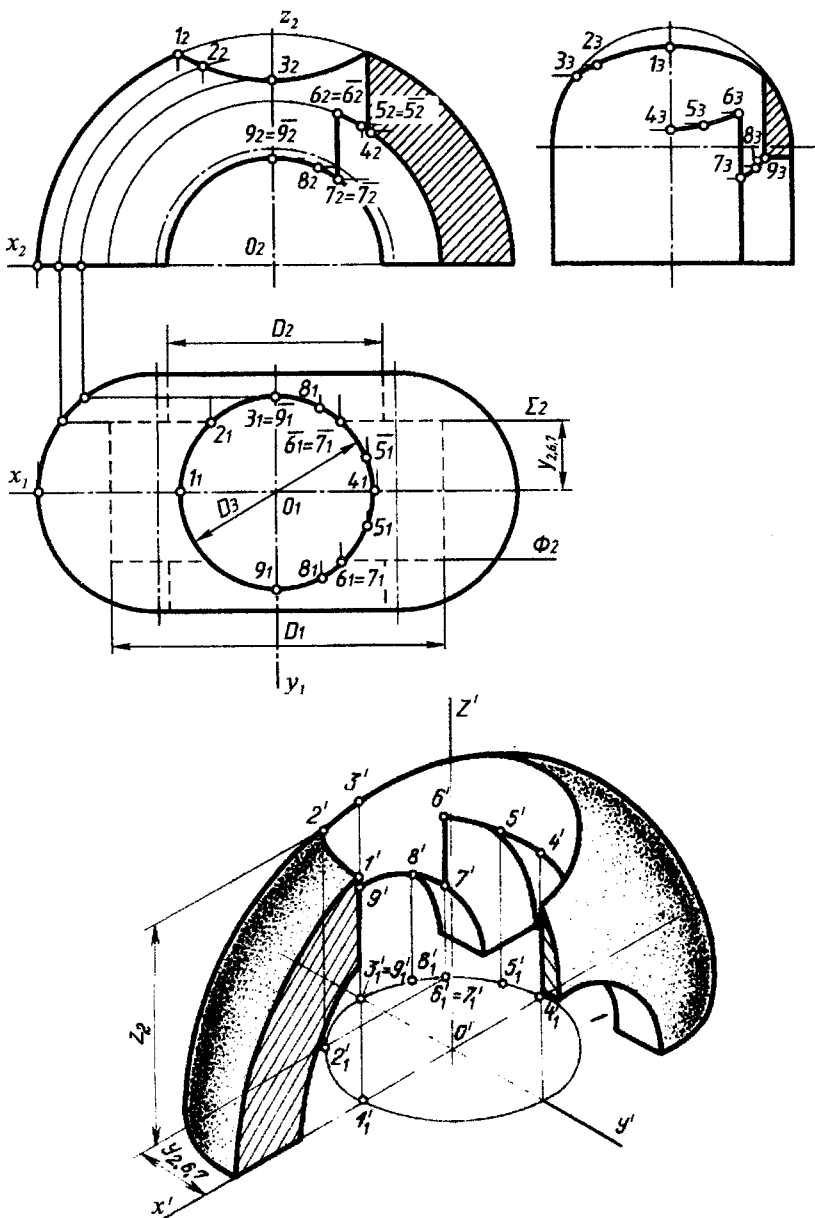


Рис. 2.329

Довжина циліндричного отвору діаметра  $D_1$  визначається симетрично розташованими площинами  $\Sigma (\Sigma_1)$  і  $\Phi (\Phi_1)$ . Ці площини перетинають циліндричну поверхню діаметра  $D_3$  по прямих 6-7 ( $6_1=7_1$ ,  $6_2=7_2$ ). За горизонтальною і фронтальною проекціями ліній перетину побудована їх профільна проекція.

На фронтальній і профільній проекціях поєднані половина вигляду з половиною розрізу.

Всі розглядувані лінії перетину належать циліндричній поверхні діаметра  $D_3$ . Тому в аксонометрії доцільно скористатися вторинною проекцією цієї поверхні на площині  $xOy$  (еліпс), на якій за допомогою координати  $y$  (або  $x$ ) намічають точки 1, ..., 9. Потім, використовуючи координату  $z$  кожної точки, одержують всі точки лінії перетину в аксонометрії (див. точку 2).

**Приклад 8.** На рис. 2.330 зображено кришку підшипника. Ця деталь обмежена сферою, циліндричними поверхнями і площинами. Внаслідок їх взаємного перетину одержуються різного вигляду лінії, котрі побудовані на кресленні.

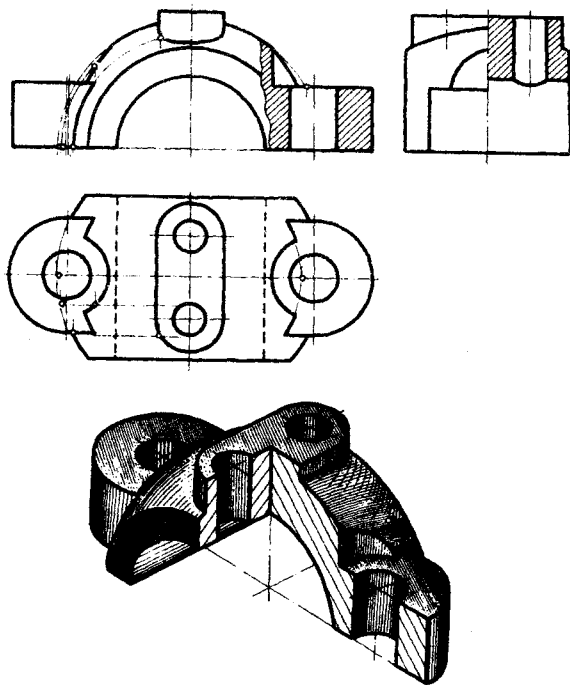


Рис. 2.330

## **Розділ III. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО КРЕСЛЕННЯ**

### **Вступ**

Завданням топографічного креслення є вивчення креслярських матеріалів та інструментів, вимог до графічного виконання оригіналу карти, правил і прийомів графічних робіт. Карта – це зменшене узагальнене зображення земної поверхні або небесних тіл на площині, побудоване за певним математичним законом, яке показує за допомогою умовних позначень об'єкти і явища відповідно до призначення карти.

Креслення не є механічним процесом. Успіх освоєння практичних навичок і прийомів робіт у значній мірі залежить від теоретичної підготовки виконавця.

Не дивлячись на те, що все більше впроваджуються механічні та автоматичні способи створення оригіналів карт, роль топографічного креслення як ручної праці досить велика. Тому оволодіння прийомами креслення і оформлення тісно пов'язане з розвитком окоміру, упевненості руки, акуратності, старанності, розвитком художнього смаку.

В процесі топографічного креслення створюється первинний оригінал. Від точності, витонченості і акуратності роботи залежить якість викреслюваного оригіналу, до якого ставляться дуже високі вимоги, оскільки топографічна карта як один з видів географічних карт характеризується повнотою змісту, географічною відповідністю, точністю.

### **§ 13. КРЕСЛЯРСЬКІ МАТЕРІАЛИ І ПРИЛАДДЯ. ТЕХНІКА РОБОТИ НИМИ**

#### **13.1. Папір**

Картографічне зображення виконується на різному папері і різних пластиках.

Креслярський папір, що використовується при виконанні оригіналів карт, характеризується доброю проклеюю, міцністю, щільністю і білізною. Вищі сорти креслярського паперу за традицією



називають ватманом. В даний час для картографічних робіт широко використовується креслярський папір марки В (вищої якості) і папір марки З (звичайний), який має нижчі креслярські можливості. Креслярський папір повинен мати білу або голубувату поверхню, бути досить щільним і міцним на розрив. Міцність на розрив перевіряється кількістю подвійних перегинів: якісний креслярський папір витримує 15–40 таких перегинів.

Папір не має пропускати туш і фарби та вступати з ними в хімічну реакцію. Це встановлюють експериментально. Поверхня паперу має бути трохи бугристою, оскільки на такому папері краще тримаються акварельні фарби і туш. Зберігають папір в місцях, закритих від світла, вологи і пилу.

При виконанні багатоколірних оригіналів, які зафарбовані однаковим фоном, використовується спеціальний папір з шаром бариту і желатиновим покриттям або матовий, попередньо відфіксований фотопапір, який має бути наклеєний на жорстку основу.

Рисувальний папір відрізняється від креслярського меншою щільністю і міцністю. Його поверхня дуже коштається від гумки, якою витирають, і скальпеля. Тому він, як правило, застосовується при акварельних роботах і при виконанні простих креслень (графіків, схем, ескізів тощо). Поверхня рисувального паперу може бути різною: гладенькою, шорсткуватою, бугристою.

На міліметровому папері нанесена кольорова сітка квадратів (1 мм × 1 мм). Такий папір використовують при побудові профілів, схем, графіків, букв, слів тощо.

В картографічному і в геодезичному виробництвах широко використовується фотопапір. Він використовується для виготовлення фотопланів, фотовідбитків, умовних знаків, написів, що замінює креслення цих елементів на оригіналі карти.

Працюючи з акварельними фарбами для зняття надлишку фарби використовується промокальний папір.

Для заточки і поліровки інструментів, а також грифелів олівців застосовується дрібнозернистий наждачний папір.

Оскільки калька, будучи зручним матеріалом для зняття копій, дуже деформується, особливо при виправленнях накресленого на ній рисунка, в картографічному виробництві замість кальки використовують пластики.

## 13.2. Фарби. Туш

Фарби складаються із фарбувальної речовини, зв'язувальної речовини і різних добавок. Залежно від зв'язувальної речовини вони поділяються на клейові, масляні і лакові. Для картографічних робіт використовуються клейові фарби. До них відносяться акварельні і гуашові фарби, туші, темпері.

Колір фарбі надає фарбувальна речовина внаслідок вибіркового поглинання світла.

Добавки у вигляді пластифікаторів, поверхнево-активних речовин, антисептиків тощо надають фарбам певні властивості: еластичність, стійкість до загнивання і т. д.

Фарба – не розчин, а суспензія. Фарбувальна речовина, якщо це не барвник, не розчиняється в зв'язувальній речовині, а знаходиться у ній в завислому стані. Тому при фарбуванні фарба на відміну від барвника залишається на поверхні, яку фарбують, скріплюючись з нею зв'язувальною речовиною.

Барвник, який розчиняється в рідині, утворює забарвлюючий розчин. Тому йому не потрібна зв'язувальна речовина.

Туш – стійка фарба, в якій фарбувальною речовиною є сажа або різноманітні кам'яновугільні барвники. Туш буває різних кольорів.

Для накреслювання оригіналів карт застосовується туш у рідкому стані – в флаконах, напіврідкому – в тубах і сухому – у вигляді паличок. Рідка туш зручна в роботі, але вона виготовлена на спиртовій основі, тому швидко засихає, погано сходить з креслярського інструмента, глибоко проникає в папір, дає неякісні лінії – з блиском, з нерівними краями. Найчастіше рідку туш використовують на допоміжних роботах, які не вимагають високої якості зображення. Оскільки ця туш не змивається водою, то її часто використовують, коли креслять на аерознімках в польових умовах.

Добре зарекомендувала себе напіврідка, концентрована туш в металевих тубах. Туш розводять водою до необхідної густини, видавивши з проколотої голкою головки туби декілька крапель туші в тушницю. Розведену туш перевіряють: пером або рейсфедером проводять товстий штрих, після чого його знімають кусочком паперу. Добре розведена туш дає на площі мазка однаковий інтенсивний фон, слабкорозведена – блідий фон. Дуже густа туш погано знімається, дає неоднаковий за світлістю фон.

Працювати слід свіжоприготовленою тушкою. Як правило, туш придатна протягом доби, після чого якість її знижується. В процесі

роботи туш слід тримати закритою і відкривати лише під час набирання її інструмент.

### 13.3. Приладдя для креслення

До приладдя для топографічного креслення відноситься: лінійка, трикутник, лекало, транспортир, вимірювальна лупа, шкала товщин ліній тощо.

Для топографічного креслення найпридатніші металева та дерев'яна лінійки. Кращою є дерев'яна лінійка зі скошеним пластмасовим краєм, на якому нанесені міліметрові поділки. Вздовж другої сторони лінійки, посередині, має бути вставлена пластмасова пластинка. Край лінійки має бути рівним, без зазубрин, прямолінійним.

Для нанесення на планшети рамок топографічних планів і сіток квадратів застосовують спеціальні металеві лінійки – Дробишева і Бізясєва–Лизунова (ЛБЛ). В цих лінійках є вирізи через рівні відстані: в лінійці Дробишева (рис. 3.1, а) – через 10 см, а ЛБЛ (рис. 3.1, б) – через 8 см. Вирізи мають скошений край по дузі кола, радіус якого дорівнює відстані від нуля-пункту до даного вирізу.

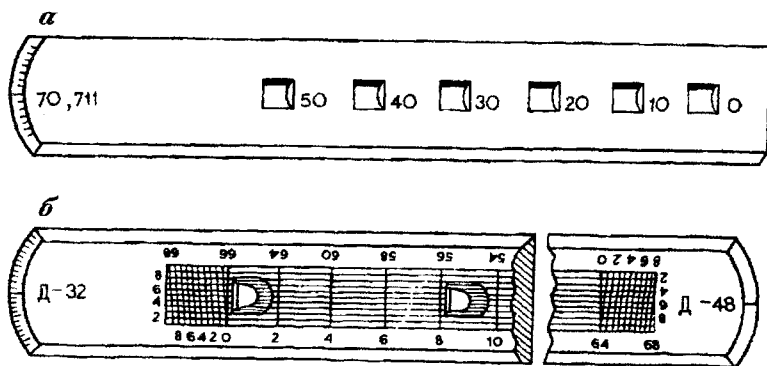


Рис. 3.1. Лінійки:  
а – Дробишева; б – ЛБЛ

Трикутники використовують для проведення вертикальних, похилих і паралельних ліній. Як правило, прямокутні трикутники мають кути 30, 45, 60 градусів.

Паралельні і перпендикулярні лінії проводять за допомогою трикутника і лінійки (рис. 3.2), лінійка при цьому не змінює свого положення.

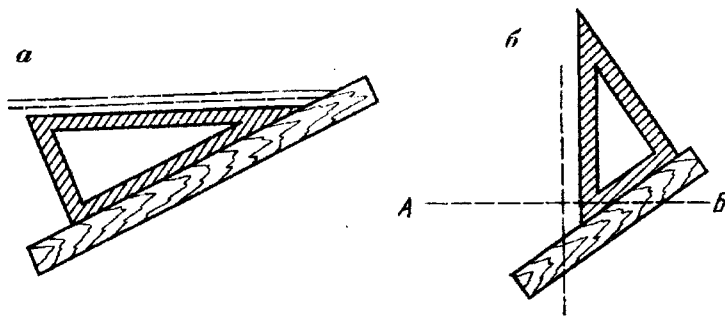


Рис. 3.2. Проведення ліній:  
а – паралельних; б – перпендикулярних

Лекало – шаблон криволінійного обрису, який застосовують для проведення кривих ліній, які неможливо побудувати за допомогою циркуля (рис. 3.3).

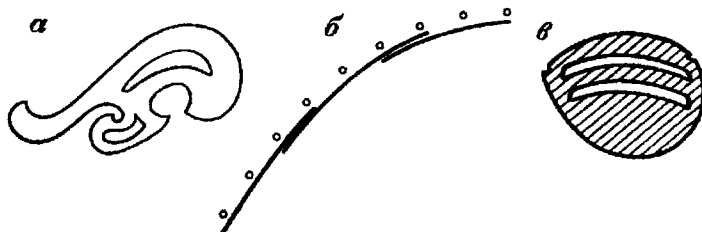


Рис. 3.3. Лекала (а, в) і схема роботи з ними (б)

Як правило, важко підібрати лекало, щоб за допомогою його з'єднати усі точки накресленої кривої. Тому криву накреслюють частинами. Лекало прикладають по можливості до найбільшої кількості точок. Для досягнення плавного переходу від однієї частини кривої до іншої застосовують перекриття частин (рис. 3.3, б). Для накреслювання меридіанів і паралелей, як правило, використовують спеціальні картографічні лекала (рис. 3.3, в).

*Транспортир* – застосовують для вимірювання і побудови кутів. Для побудови і вимірювання кутів більш  $180^\circ$  використовують круглий транспортир.

*Трафарети* (рис. 3.4) так само широко застосовуються в топографічному кресленні, як і лінійки. Їх використання значно прискорює та полегшує накреслювання умовних знаків і написів.

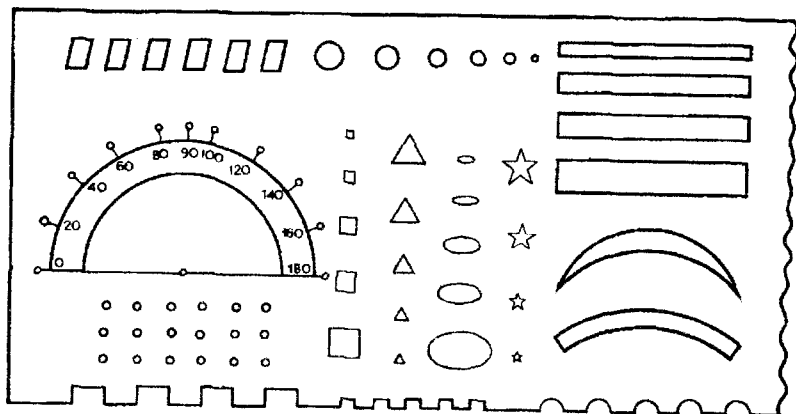


Рис. 3.4. Трафарет

Трафарети виготовляють, як правило, прямокутної форми з прозорого пластика. Така форма дозволяє розташовувати трафарет на оригіналі карти паралельно до її рамок або до паралелей, а прозорість – розмішувати трафарет на потрібному місці. Трафарет має наскрізні отвори різної форми і розмірів, які можуть бути використані для написання олівцем багатьох умовних знаків, для розграфки написів. Деякі умовні знаки можна зразу накреслювати тушшю, використовуючи перо або рейсфедер. Прорізи виконують трохи більших розмірів, ніж дійсні розміри знаків, щоб при накреслюванні одержати знаки необхідних розмірів.

Для нанесення великої кількості написів однакового розміру рекомендується при розграфлюванні замість лінійок використовувати самостійно виготовлені трафарети-шаблони. Виріз виконують з врахуванням товщини загостреного олівця.

*Циркулі* призначені для вимірювання і відкладання відрізків прямих ліній, а також для побудови геометричних фігур. Залежно від

призначення циркулі поділяються на циркулі-вимірювачі, мікрОВимірювачі, штангенциркулі і пропорційні циркулі.

*Циркуль-вимірювач* (розмічувальний циркуль) складається з двох ніжок, з'єднаних шарніром (рис. 3.5, а) для надання ніжкам плавного руху. На кінцях ніжок гвинтами закріплені голки. Польовий циркуль має наконечник для охорони голок, а також для регулювання в шарнірі зажимних гвинтів (рис. 3.5, б).

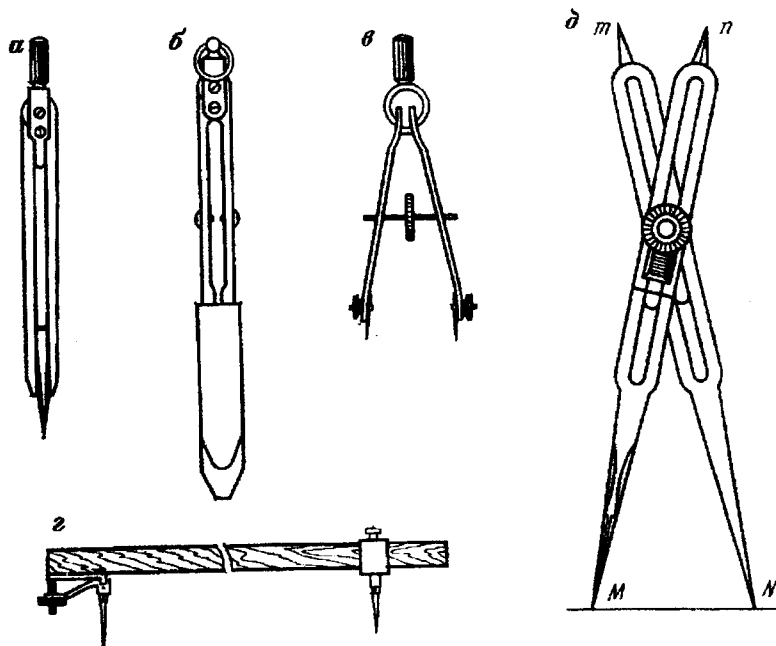


Рис. 3.5. Циркулі:

а, б – вимірювачі; в – мікрОВимірювач;  
з – штангенциркуль; д – пропорційні

Циркулі-вимірювачі використовують для вимірювання і відкладання відрізків ліній довжиною від 0,5 до 100–200 мм.

*МікрОВимірювач* (мікроциркуль або розмічувальний кронциркуль (рис. 3.5, в)) призначений для відкладання або вимірювання однакових відрізків ліній малих розмірів – від 0,3 до 40 мм.

*Штангенциркуль* (рис. 3.5, з) призначений для відкладання і вимірювання ліній довжиною від 20 до 600 мм і проведення дуг великих радіусів. Для цього на плоскому, як правило, дерев'яному

бруску є дві голки, одна з яких закріплена на муфті, яка може пересуватися по бруску. Цією голкою відкладають наближену відстань, закріплюючи голку зажимним гвинтом (на рисунку ця голка праворуч). Ліву голку мікрометровим гвинтом ставлять на потрібну поділку, наприклад, поперечного масштабу. Для цього є спеціальні металеві лінійки, на яких вигравіруваний поперечний масштаб. Замість голки можна вставити олівець або перо-рейсфедер.

*Пропорційний циркуль* (рис. 3.5, д) призначений для зменшення або збільшення відрізка лінії в певне число разів, а також поділу його на рівні частини.

*Готовальня* являє собою набір креслярських інструментів. Для різних креслярських робіт випускають готовальні різних типів, вони відрізняються кількістю і набором інструментів. Для картографічних робіт найбільш годиться топографічна (Т) і універсальна картографічна (УК) готовальні.

### 13.4. Пристрої для проведення паралельних ліній

Для проведення паралельних ліній застосовуються різні пристрої: рейшина, пропорційні лінійки, штрихувальний прилад.

Широке застосування в картографічному кресленні мають *пропорційні (синусні) лінійки*, котрі дозволяють з великою точністю проводити паралельні лінії.

Комплект синусних лінійок складається з двох частин (рис. 3.6).

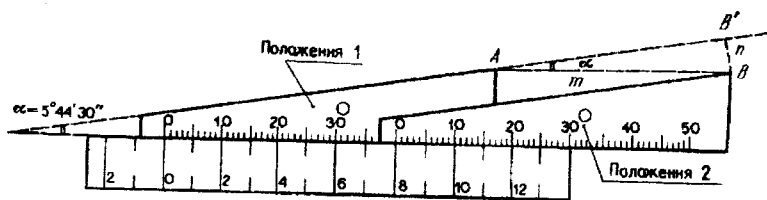


Рис. 3.6. Синусні лінійки

Для проведення паралельних ліній на заданій відстані одна від одної призначені *штрихувальні (шрафірувальні) прилади*. Вони мають перед синусними лінійками ту перевагу, що синусні лінійки потрібно часто перекладати, щоб заштрихувати площу по вертикалі більше 2 см.

Існують механічні штрихувальні прилади ПШ-1, які роблять можливим проводити ряд паралельних ліній на різних відстанях одна від одної (рис. 3.7).

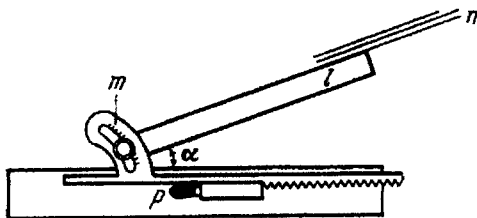


Рис. 3.7. Схема побудови штрихувального приладу

### 13.5. Креслення олівцем

Залежно від матеріалу пишучого стержня олівці поділяються на чорні (графітні), кольорові і копірувальні (чорнильні). За призначенням олівці поділяються на креслярські, канцелярські, шкільні, олівці для малювання тощо.

В картографічному кресленні широко застосовуються креслярські олівці: при допоміжних розграфках, підсиленні блідого зображення на голубих копіях перед накресленням тушшю, на польових топографічних знімках тощо. За своїми креслярськими властивостями креслярські олівці поділяються на тверді і м'які. Тверді олівці позначаються літерою Т, м'які – М. За ступенем твердості в порядку її зростання вони позначаються так: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т (олівці зарубіжних марок замість літери Т мають літеру Н, замість М – В).

Застругування олівця слід виконувати з кінця, протилежного маркуванню (рис. 3.8). Спочатку зрізують дерево на 30 мм, оголюючи графіт на 8–10 мм, потім на дрібнозернистій наждачці або бруску застругують графітний стержень. Остаточну шліфовку виконують на креслярському папері. Заструганий олівець повинен мати форму конуса.

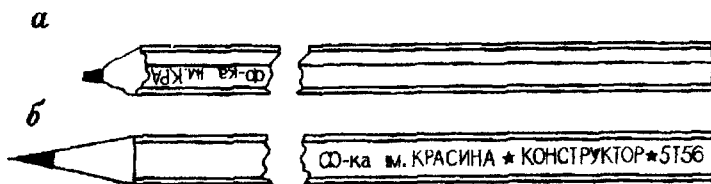


Рис. 3.8. Застругування олівця:  
а – неправильне; б – правильне



Списування графіту відбувається не так швидко, якщо застругати його лопаткою. Одержали широке поширення механічні олівці з цанговими тримачами. Але не всі з них можна застосовувати в кресленні.

Для стирання ліній, накреслених олівцем, і чистки забруднених місць креслення використовують стиральні гумки. Вони можуть бути м'якими (олівцевими) і жорсткими (чорнильними).

Як правило, креслення спочатку виконують олівцем, а потім наводять тушшю. Олівцем в основному виконують допоміжні роботи: побудова рамок, сіток, умовних знаків, шрифтів тощо.

Топографічне креслення характеризується високою точністю. Ступінь точності, як правило, визначається відхиленнями одержаного результату від заданого, тобто величиною похибки. Чим менша величина відхилення, тим вища точність. Гранічна графічна точність становить близько 0,1 мм. Похибка більша 0,1 мм не допустима. На точність креслення впливають кваліфікація і акуратність виконавця, якість інструментів, матеріалів і приладь для креслення.

### 13.6. Допоміжні роботи олівцем

Олівцем виконують багато допоміжних робіт: проведення паралельних ліній, побудова перпендикулярів, поділ ліній на задану кількість частин, побудова рамок, сіток, масштабів тощо.

*Проведення паралельних ліній* виконують за допомогою трикутника і лінійки (рис. 3.2, а).

*Побудову перпендикулярів*, а також поділ ліній на задану кількість відрізків можна виконати різними способами (3.1, б, 3.9, 3.10).

*Поділ лінії на парну кількість відрізків* виконують за допомогою лінійки з міліметровими поділками, за допомогою циркуля, використовуючи спосіб засічок.

За допомогою лінійки, як правило, поділяють лінію, довжина якої кратна цілому числу частин.

В інших випадках застосовують циркуль-вимірювач або мікровимірювач. Циркуль розхиляють на величину, яка приблизно дорівнює половині лінії *АВ* (рис. 3.9, а), ліву ніжку ставлять в точку *А*, праву – на лінію. Потім циркуль повертають навколо правої голки на  $180^\circ$  і роблять накол *Н*. Відрізок *НВ* поділяють приблизно пополам і на цю величину змінюють розхил циркуля. Операцію повторюють доти, доки ліва голка після повороту циркуля навколо правої не попаде в точку *В*. Зручніше поділяти лінію пополам за допомогою пропорційного циркуля.

Третій спосіб поділу відрізка пополам називається способом засічок (рис. 3.9, б). З кожної точки прямої  $AB$  проводяться дуги радіусом більшим половини відрізка. Точки перетину дуг з'єднують прямою, яка й поділяє лінію  $AB$  пополам в точці  $B$ .

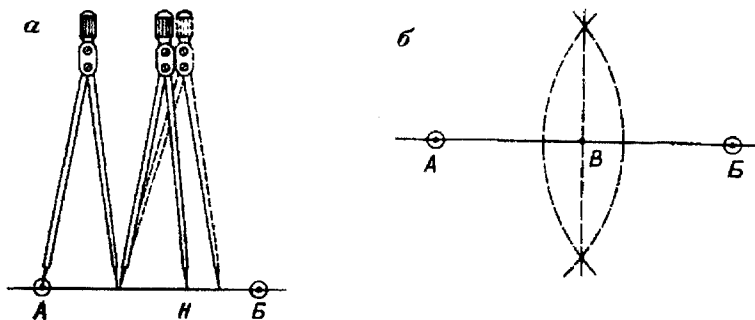


Рис. 3.9. Схема поділу відрізка пополам:  
 а – циркулем; б – використовуючи спосіб засічок

Поділ ліній на непарну кількість частин виконують за допомогою лінійки, циркуля або використовуючи спосіб паралельних ліній. Поділяючи лінію на будь-яку кількість рівних частин, доцільно скористатися способом паралельних ліній. Наприклад, поділяючи відрізок  $AB$  довжиною 67 мм на 5 рівних частин (рис. 3.10), слід з точки  $B$  під гострим кутом до  $AB$  провести лінію  $BV$ . На ній відкладають п'ять однакових відрізків довільної довжини. Трикутник прикладають до точок  $A$  і  $V$ . Потім, рухаючи його по лінійці, проводять через кінці відрізків лінії, паралельні  $AB$ , до перетину з  $AB$ . Одержані точки поділяють відрізок  $AB$  на п'ять рівних частин.

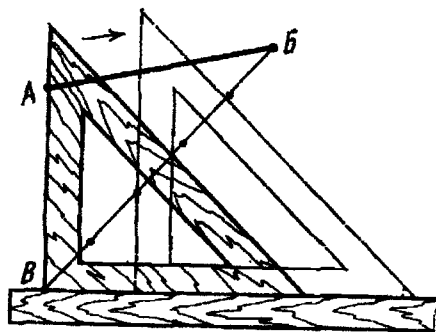


Рис. 3.10. Схема поділу відрізка за допомогою способу паралельних ліній

**Побудова прямокутників.** Якщо потрібно побудувати прямокутник без заданих розмірів сторін, поступають таким чином. На аркуші паперу тонкими лініями проводять дві прямі, що перетинаються – діагоналі. Від точки перетину діагоналей на проведених лініях відкладають рівні відрізки. З'єднуючи одержані точки, отримують прямокутник  $ABCD$  (рис. 3.11).

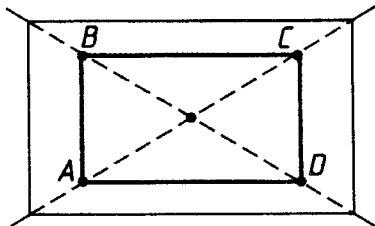


Рис. 3.11. Схема побудови прямокутника без заданих розмірів сторін

Рівність діагоналей і протилежних сторін прямокутника свідчить, що побудова виконана правильно.

Прямокутник із заданими сторонами можна побудувати різними способами. По-перше, на основі одержаної раніше прямокутної рамки. Для цього від вершин прямокутника  $ABCD$  на сторонах або їх продовженнях відкладають відрізки з таким розрахунком, щоб довжини сторін одержаного прямокутника дорівнювали заданим (рис. 3.12, а).

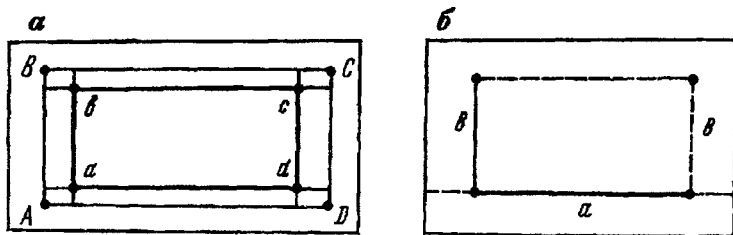


Рис. 3.12. Схема побудови прямокутника із заданими розмірами сторін

По-друге, прямокутник можна одержати побудовою перпендикулярів однакової довжини із кінців будь-якої сторони (рис. 3.12, б). З'єднуючи їх вершини, одержують шуканий прямокутник.

Розглянуті способи застосовують при виконанні рамок невеликих розмірів.

Побудова рамок великих розмірів і сіток квадратів виконується точніше і швидше за допомогою лінійки Дробишева. Методика побудови показана на рис. 3.13.

I етап – на прямій лінії (нижня рамка) за допомогою вирізів лінійки виконують засічки.

II етап – лінійку ставлять приблизно перпендикулярно, суміщаючи штрих на вирізі лінійки з останньою засічкою розміщеної лінії, і знову за допомогою вирізів роблять засічки.

III етап – штрих першого вирізу лінійки суміщають з першою засічкою, одержаною на першому етапі, а останнім вирізом перетинають останню засічку, одержану на II етапі.

Внаслідок одержують перший прямокутний трикутник. Другий прямокутний трикутник будують аналогічним способом (етапи IV–VI). Одержують квадрат. Правильність побудови сітки перевіряється за діагоналями. Якщо сітка нанесена правильно, то лінійка проходитиме через вершини квадратів.

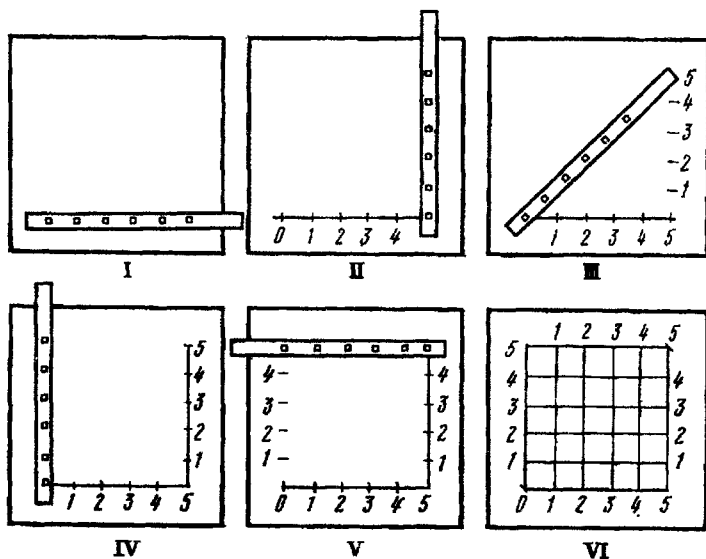


Рис. 3.13. Схема рамки і сітки квадратів за допомогою лінійки Дробишева

*Лінійний масштаб* будується так, як зображено на рис. 3.14, *а*.

Проводять дві паралельні лінії, із яких нижня трохи товща верхньої. Від початкової точки послідовно декілька разів відкладають відрізок, який називають *основою* масштабу. Як правило, основа береться рівною 1 або 2 см. На рис. 3.14, *а* величина основи дорівнює 2 см. Крайній лівий відрізок поділяють на 10 рівних частин. Праворуч і ліворуч від нуля надписують число метрів на місцевості, що відповідає кількості основ при даному числовому масштабі. Розмірність показують біля останньої цифри. Лінійний масштаб не завжди забезпечує потрібну точність вимірювань. Працюючи з величинами порядку десятих частин міліметра, застосовують поперечний масштаб, який, як правило, гравірують на металевих лінійках (рис. 3.14, *б*).

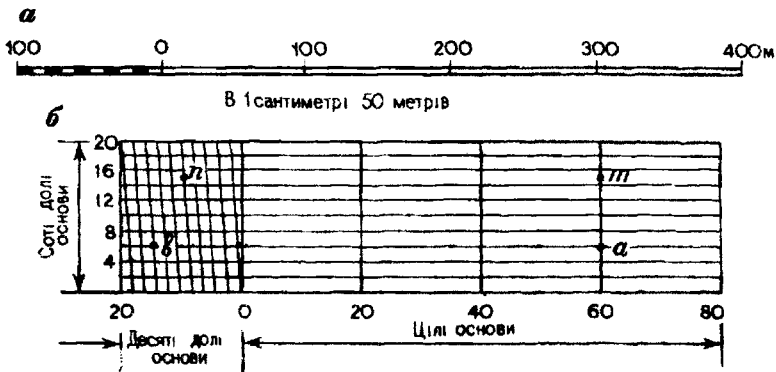


Рис. 3.14. Лінійний (*а*) і поперечний (*б*) масштаби

*Поперечний масштаб* будують так. На прямій лінії відкладають декілька разів відрізок, довжиною 2 см, який є основою, через точки поділу проводять перпендикуляри і надписують їх від нуля вліво і вправо. На крайніх перпендикулярах відкладають десять рівних відрізків по 2 мм довжиною. Протилежні точки з'єднують тонкими лініями, паралельними основі. На крайньому лівому перпендикулярі точки надписують з лівого боку через одну. Ліві нижню і верхню основи поділяють на десять рівних частин. Точки поділу з'єднують відповідно з рис. 3.14, *б*.

Внаслідок побудови ціна однієї поділки на горизонтальній лінії дорівнює  $1/10$  основи масштабу, а мінімальний відрізок між похилою і перпендикулярною лініями –  $1/100$ . Тому довжина відрізка *ав* дорівнює 7,46 см, а *мн* – 6,95 см.

Пропорційний або клиновий масштаб застосовують працюючи з різномасштабними аерознімками і планами. При побудові цього масштабу по горизонталі і вертикалі відкладають одну і ту ж відстань, виражену в різних масштабах.

Кінці одержаних відрізків з'єднують.

Масштаб уклонів (рис. 3.15, а) застосовується при визначенні крутизни схилів на карті або плані, яка характеризується уклоном  $i$  або кутом нахилу  $\alpha$ . Перш ніж будувати масштаб, обчислюють закладення для різної крутизни скатів між горизонталями за формулою:

$$l = \frac{h}{i},$$

де  $l$  – закладення,  $h$  – переріз рельєфу,  $i$  – уклон.

На горизонтальній прямій відкладають рівні відрізки і надписують значення уклонів у відсотках, а також величини закладень для них. Потім на перпендикулярах з точок горизонтальної прямої відкладають в масштабі карти відповідні закладення. Кінці перпендикулярів з'єднують кривою за допомогою лекала.

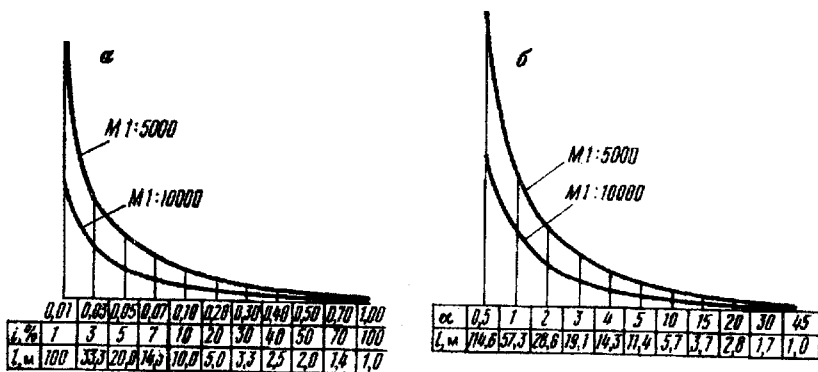


Рис. 3.15. Масштаби:  
а – уклонів; б – закладень

Масштаб закладень (рис. 3.15, б) застосовується для визначення кутів нахилу, схилів по закладеннях між горизонталями. Перш ніж будувати масштаб за формулою  $l = h \operatorname{ctg} \alpha$  обчислюють закладення для різних кутів нахилу  $\alpha$  при відомому перерізі рельєфу  $h$ . На горизонтальній прямій відкладають рівні відрізки і

надписують величини кутів нахилу і відповідні їм закладення в метрах. Потім на проведених через точки перпендикулярах відкладають в потрібному масштабі закладення, а кінці перпендикулярів з'єднують кривою за допомогою лекала.

## **13.7. Копіювання креслень**

Копіювання креслень полягає у відтворенні рисунка оригіналу.

Точне відтворення оригіналу виконується за допомогою фотографування або електрографічних апаратів. Фотографування дозволяє змінювати масштаб зображення, з якого знімається копія.

Часто потрібне неповне відтворення оригіналу. В таких випадках застосовуються різні способи копіювання:

- зі збереженням масштабу оригіналу – на прозорий пластик, на копіювальному столі, способом переведення, способом переколювання;
- зі зміною масштабу оригіналу – за допомогою пантографа, пропорційним циркулем, за допомогою проектора.

Копіювання креслень зі зміною масштабу доцільно виконувати фотографуванням. Якщо це з якихось причин неможливо, то застосовують пантограф.

В копіювальних роботах зі збільшенням або зменшенням масштабу копії, широко застосовуються оптичні проектори.

## **13.8. Креслення пером, рейсфедером і циркулем**

### **13.8.1. Креслярські пера і ручки. Техніка креслення пером**

Креслення виконується спеціальними креслярськими перами, які порівняно з канцелярськими перами менші за розмірами і мають тонкий робочий кінець.

Для креслярського пера передбачений спеціальний тримач – креслярська ручка.

Туш набирають на зовнішню поверхню пера в невеликій кількості.

Для визначення товщини лінії широко використовується шкала товщин ліній (рис. 3.16).

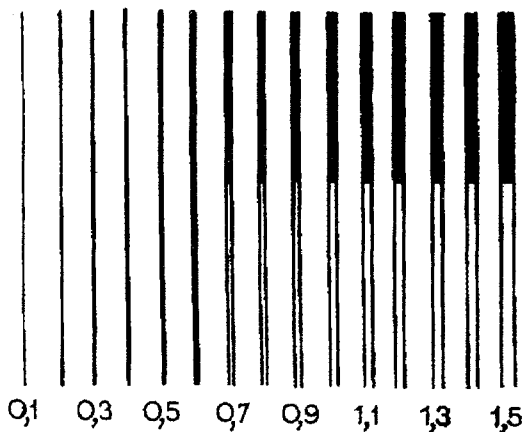


Рис. 3.16. Шкала товщин ліній

Товщина накресленої лінії визначається порівнянням цієї лінії зі шкалою товщин. При кресленні потрібна товщина встановлюється в рейсфедері шляхом проб і порівнянням зі шкалою.

Креслярське перо широко застосовується в топографічному кресленні. Ним накреслюють складні за формою і невеликі за розміром умовні знаки, горизонталі складної форми, написи, виправляють дефекти ліній, проведених іншими інструментами.

В топографічному кресленні при роботі пером широко застосовується метод нарощування (рис. 3.17, а).

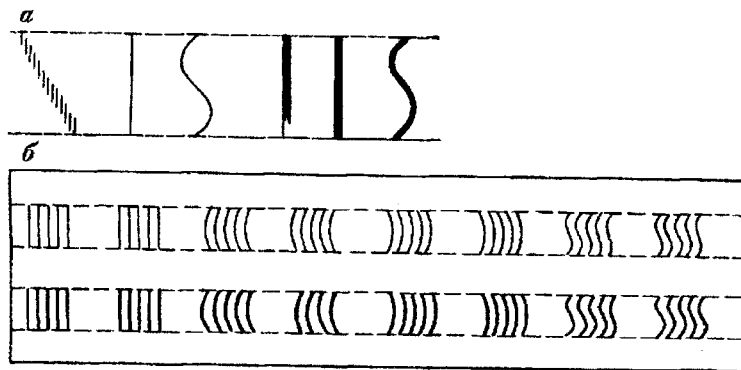


Рис. 3.17. Схема нарощування лінії (а), вправа з накреслення штрихів креслярським пером (б)



Товстий штрих одержують, накресливши два паралельних тонких штрихи, проміжок між якими затушовується.

При кресленні перо має давати на папері тонкі лінії товщиною 0,1 мм.

Добрим тренуванням є виконання вправ з накреслення пером штрихів різної форми і товщини (рис. 3.17, б).

### 13.8.2. Креслення рейсфедером і циркулем

*Рейсфедери* застосовуються для накреслювання ліній тушшю. Розрізняють лінійні (прямі, прості), обертові (кривоніжки), кругові (циркульні), а також одинарні і подвійні рейсфедери. Лінійний рейсфедер призначений для проведення ліній під лінійку або лекало, обертовий – для накреслювання кривих ліній від руки, круговий – для проведення дуг і кіл.

Одинарний рейсфедер (рис. 3.18, а) складається з двох металевих створок, закріплених на ручці, які розхиляються за допомогою гвинта. Конструкція рейсфедерів може бути різною: з відкидними і поворотними створками, полуторними, напівавтоматичними, калібровими. Перші легко чистити (рис. 3.18, б, в), але вони швидко зношуються. Полуторний рейсфедер (рис. 3.18, г) вміщує в себе більше туші і дозволяє одержувати більшу товщину ліній. Напівавтоматичний рейсфедер (рис. 3.18, д) має порожнисту ручку, в яку наливається туш. Туш поступає до створок по капілярній трубці, після натиску головки наверху ручки. Калібровий рейсфедер (рис. 3.18, е) має на гвинті оцифровку, завдяки якій можливо встановлювати необхідну товщину лінії. Широкі створки рейсфедера дозволяють набирати більше туші при накреслюванні товстих ліній.

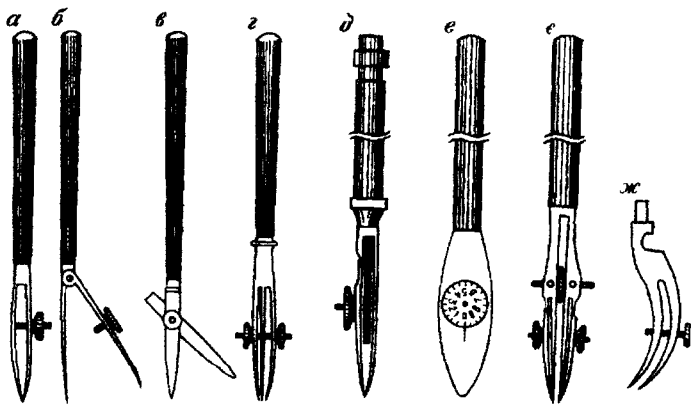


Рис. 3.18. Рейсфедери

Подвійний рейсфедер складається з двох скріплених між собою рейсфедерів, які мають одну ручку (рис. 3.18, с).

Круговий рейсфедер (рис. 3.18, ж) призначений для креслярського циркуля. Він має зігнуті створки, які при роботі допомагають досягти перпендикулярності рейсфедера до площини креслення.

Для накреслювання ліній різної товщини застосовуються рапідграфи – креслярські трубчасті ручки, в яких туш із резервуара подається в тонку трубку. Їх можна використовувати як креслярські ручки і як рейсфедери. Та краще всього креслити ними по шаблонах.

При накресленні ліній під лінійку (рис. 3.19) рейсфедер слід тримати гвинтом від себе при невеликому нахилі в бік руху або перпендикулярно.

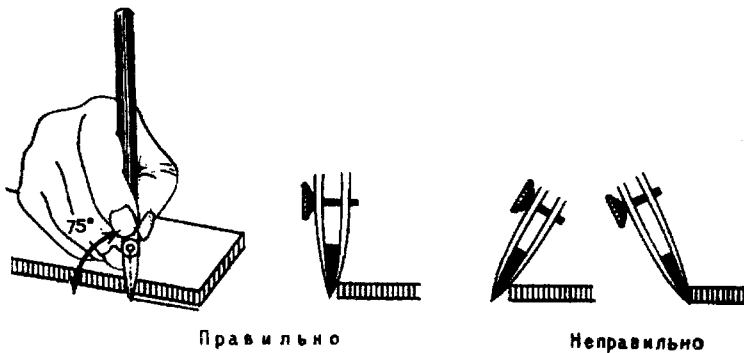


Рис. 3.19. Положення рейсфедера під час креслення

Накреслювання виконують зліва направо з невеликою рівномірною швидкістю і слабим натиском без затримок і повторень.

Обертовий рейсфедер називають *кривоніжкою*. Кривоніжки бувають одинарні і подвійні. Одинарна кривоніжка (рис. 3.20, а) має рейсфедер із зігнутими створками пера. Рейсфедер прикріплений до стержня, який вільно обертається в ручці (трубці), якщо між гайкою і ручкою на стержні є зазор.

Подвійна кривоніжка – це обертовий подвійний рейсфедер (рис. 3.20, б) призначений для одночасного накреслювання двох паралельних кривих.



Рис. 3.20. Кривоніжки

*Креслярський (круговий) циркуль* (рис. 3.21, а) застосовують для накреслення дуг і кіл діаметром більше 5 мм тушшю або олівцем. Одна ніжка циркуля має шарнірне з'єднання з наконечником, в який вставляють олівець (рис. 3.21, б) або циркульний рейсфедер. Для накреслювання кіл більше 150 мм застосовується подовжувач (рис. 3.21, в). Проводячи з одного центра декілька концентричних кіл, застосовують голки і центрики (рис. 3.21, г).

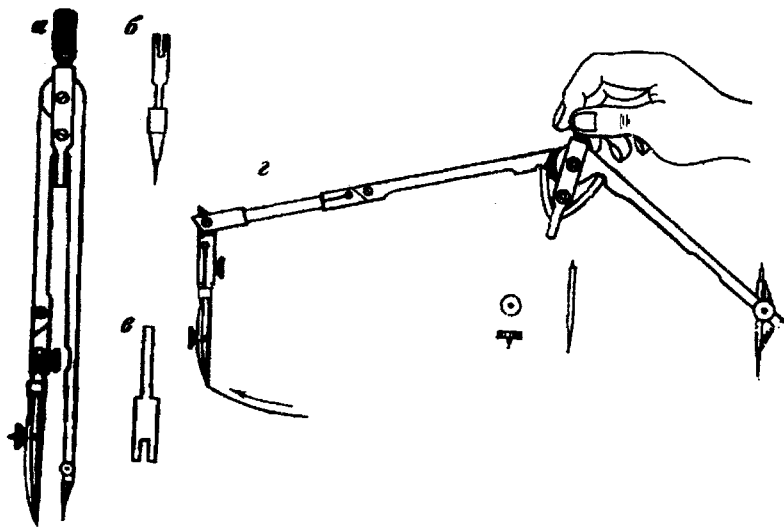


Рис. 3.21. Креслярський циркуль

Кронциркуль (рис. 3.22) призначений для накреслювання дуг і кіл невеликих радіусів – до 7 мм.

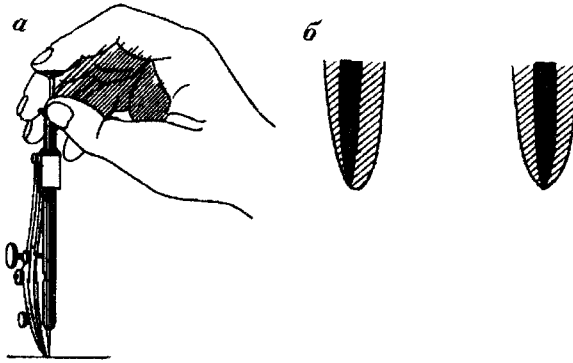


Рис. 3.22. Кронциркуль

### 13.9. Робота фарбами

*Акварель* – прозора фарба, яка розводиться водою. Забарвлюючою речовиною в акварелі є пігменти. Зв'язувальною є рослинний клей, який добре розчиняється у воді: вишневий клей, гуміарабік, декстрин, мед тощо. В склад акварелей входять також звичайні домішки.

*Гуаш* – непрозора фарба на клею з добавкою білил, яка розводиться водою. Непрозорість фарб дозволяє наносити світлі фарби на темні. Домішка білил надає гушовим фарбам матову бархатистість. Застосовуються при виготовленні оригіналів обкладинок карт, атласів тощо.

*Темпера* – фарби, які розводяться водою і в яких сполучною речовиною є емульсії. Застосовуються при оформленні авторських оригіналів.

Фарби використовують для виконання фонового фарбування, під яким розуміють зафарбовування площі.

Спочатку розводять фарбу, оскільки вона має відстоятися. Фарби рекомендується розводити в неширокій посудині, в якій води має бути не менше 2–2,5 см по висоті. Як правило, фарба відстоюється близько години. Верхній шар фарби, що відстоялась, переливають в чисту посудину і користуються нею при фоновому фарбуванні.

Для фонового фарбування підбирається щільний білий папір, бажано без відтінків і без додаткових включень. Закріплений на фанері або картоні папір змочують за допомогою пензля чистою водою.

До фонового фарбування приступають після того, як папір висохне. Фарбують обов'язково при похилому положенні паперу рухом кисті руки зліва направо і знову, вже нижче справа наліво. Фарбування починають з верхньої частини контуру.

Потрібний колір для фарбування можна одержати двома способами: механічним і лесіровою. При механічному способі потрібний кольоровий тон одержують змішуванням різних фарб. Спосіб лесіровки, як правило, застосовується при виправленні робіт, а також при підборі гармонічного поєднання кольорів.

Робота барвниками відрізняється від технології фарбування акварелями. По-перше, барвникам не потрібне відстоювання. По-друге, вони проникають в товщу паперу, а тому не змиваються водою із зафарбованої поверхні. Нарешті, барвники при фарбуванні паперу не дають рівного фону. Тому при роботі на креслярському папері користуються не барвниками, а акварельними фарбами.

Барвники широко застосовують для фарбування картографічних фотозображень або для виготовлення яскравих оригіналів карт за особливою технологією на спеціальному папері.

Для рівномірного розподілу барвника на поверхні фотопаперу в нього добавляють гліцерин і полівініловий клей.

## **§ 14. ШРИФТИ І НАПИСИ НА КАРТАХ**

### **14.1. Призначення написів на картах**

На картах різних за змістом, призначенням і масштабів зображення природних і соціально-економічних об'єктів і явищ умовними знаками доповнюється написами.

За своїм призначенням написи є: власними назвами географічних об'єктів (міст, річок, озер тощо), умовними знаками, власними назвами і умовними знаками одночасно, пояснювальними словами (озеро, гора, річка – часто в скороченій формі, числові характеристики тощо), пояснювальним текстом.

Написи на картах допомагають читати їх і детально вивчати зміст.

Написи на картах виконуються різними шрифтами, які відрізняються рисунком букв. Так, наприклад, для топографічних карт

масштабу 1:10 000 використовується 15 різних шрифтів. Рисунок букв кожного шрифту має елементи, властиві лише даному шрифту.

Для груп споріднених об'єктів застосовуються певні шрифти. Наприклад, на топографічних картах масштабу 1:10 000 для назв міст – п'ять шрифтів прямого обрису, для назв об'єктів гідрографії – два курсивних шрифти. Написи назв міст або річок, виконані відповідними шрифтами, є одночасно і власними назвами, і умовними знаками, які позначають саме ті об'єкти, до групи яких вони відносяться.

## **14.2. Остовні шрифти і методика накреслювання букв і слів**

В основі правильного накреслювання написів на знімальних і складальних оригіналах карт лежить знання особливостей різних шрифтів і дотримання правил їх побудови. Основою рисунок букв наливних шрифтів, які застосовуються на топографічних та інших картах, є відповідні остовні шрифти. Вони так названі тому, що всі елементи їх букв – тонкі, волосні лінії (0,15 мм), що утворюють остов букв відповідного наливного шрифту. Користуючись остовними буквами, можна відтворити букви наливного шрифту. Наприклад, остовний, стародавній курсив, як і наливний, – шрифт вузький, не має підсікань і нижніх заокруглень. На рис. 3.23 показані букви цього шрифту в наливному (контурному) і остовному (потовщеною лінією) виконанні.

При переході від наливного шрифту до остовного керуються правилом: остовний шрифт має зберегти висоту, ширину, рисунок букв свого наливного шрифту. Дотримання цих правил необхідне для того, щоб написи, виконані остовними шрифтами на польових і складальних оригіналах карт займали таку площу, яку займають написи, відтворені наливними шрифтами.

На рис. 3.23 показана система переходу трьох шрифтів: Древнього, БСАМ і Літературного до їх остовних накреслень.

В топографічному кресленні використовують два види остовних шрифтів: Остовний курсив (БСАМ) і Остовний прямий (рис. 3.24).

### *Особливості шрифту Остовний курсив*

Шрифт Остовний курсив – похилий. Нахил букв визначається допоміжною побудовою. Якщо провести кілька паралельних горизонтальних ліній, які утворюють рядки і проміжки між ними, то для одержання лінії нахилу в горизонтальному напрямі від деякої початкової точки відкладають відрізок довжиною, наприклад, 10 мм, а по вертикалі – 5 таких же відрізків (50 мм). З'єднавши кінці

горизонтального і вертикального відрізків, одержують лінію нахилу 1:5.

ДРЕВНІЙ КУРСИВ

Аа Бб Ж ж Мм Н н  
Вв Гг Дд Ее Зз Йи Кк Лл Пп  
Рр Тт Уу Фф Хх Чч Щщ Ъъ  
Ыы Ээ Юю Яя 123456789

БСАМ КУРСИВ

АБ Жж ММ НН  
Вв Гг Дд Ее Зз Йи Кк Лл Пп Рр  
Сс Тт Уу Фф Хх Цц Щщ Чч Ъъ  
Ыы Ээ Юю Яя 1234567890

ЛІТЕРАТУРНИЙ КУРСИВ

Аа Бб Жж Мм Нн  
Вв Гг Дд Ее Зз Йи Кк Лл Пп Рр  
Сс Тт Уу Фф Хх Чч Щщ Ъъ  
Ыы Ээ Юю Яя 1234567890

Рис. 3.23. Перехід від наливних шрифтів до остовних

Співвідношення ширини і висоти букви цього шрифту становить 3/5, що відповідає групі нормальних букв, таких, як *Н, П, И*. Букви *Ж ж, М м, т, Ф ф, х, Ш ш, Щ щ, Ы ы, Ю ю* в 1,5–2,0 рази ширші, ніж нормальні.

Майже всі прописні букви за своїм рисунком відрізняються від малих. Прямолинійні елементи прописних букв закінчуються двосторонніми підсіканнями. Малі букви мають лівосторонні підсікання тільки зверху біля кожного лівого прямолинійного елемента. Як виключення, нижній елемент букви *p* закінчується двостороннім підсіканням. Праві прямолинійні елементи малих букв закінчують внизу плавним закругленням. В буквах *и, ц, ш, щ, п, т, ч, у* з'єднувальні елементи мають плавні обриси.

*ОСТОВНИЙ КУРСИВ*

*Аа Бб Вв Гг Дд Ёё Жж Зз  
Йй Кк Лл Мм Нн Оо Пп  
Рр Сс Тт Уу Фф Хх Цц Чч  
Щщ Ъъ Ыы Ьь Ээ Юю Яя  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0*

*ОСТОВНИЙ ПРЯМИЙ*

*Аа Бб Вв Гг Дд Ёё Жж Зз  
Йй Кк Лл Мм Нн Оо Пп  
Рр Сс Тт Уу Фф Хх Цц Чч  
Щщ Ъъ Ыы Ьь Ээ Юю Яя  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0*

Рис. 3.24. Зразки шрифтів



Усі округлі букви мають в основі свого рисунка овал – букву *о*. Їх побудова показана на рис. 3.25.

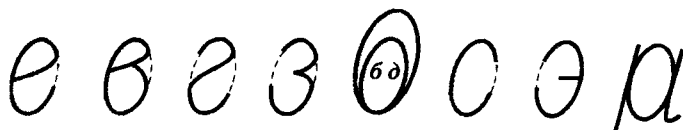


Рис. 3.25. Побудова букв з округленими елементами

Малі букви *д* і *б* мають надрядкові елементи, *р* і *у* – підрядкові, *ф* – і *ті*, і інші. Величина цих елементів дорівнює половині висоти букв, у великих буквах *Б, В, Е, Є, Ж, З, Н, Ю, Я, К* і в малих *н, я, к, ж* середній горизонтальний елемент накреслюється не точно по геометричній середині букви, а трохи вище ( $1/10$ – $1/20$  висоти букви), а в буквах *А, Р, Ч* – нижче середини.

Круглі букви *О, С* та інші порівняно з буквами *Н, П* здаються меншими за висотою, тому їх накреслюють на товщину лінії вище і нижче рядка.

#### *Особливості шрифту Остовний прямий*

За основу рисунка букв цього шрифту взято шрифт Рублений широкий з остовним (волосним) обрисом, який не має підсікань. Відношення ширини до висоти нормальних букв  $3/5$ . Букви *Ж, Ш, Щ, Ю* в  $1,5$ – $2,0$  рази ширші, ніж нормальні. Великі та малі букви, за виключенням *а, б, е, р, у, ф* мають однаковий рисунок. Всі округлі букви шрифту накреслюються на основі букви *о*: *а, б, е, Є с, З з, р, С с, Ю ю*.

Мала буква *б* має надрядковий елемент, *у, р* – підрядковий, *ф* – той та інший елементи. Довжина їх дорівнює половині висоти букви.

Горизонтальні елементи великих і малих букв *Б, В в, Е е, Є с, З з, Ж ж, К к, Н н, Ъ ъ, Ь ь, Ю ю, Я я* накреслюються трохи вище середини, а в буквах *А, Р, Ч ч* – нижче.

#### *Методика викреслювання букв і слів*

На польових і складальних оригіналах підписи остовними шрифтами виконують спочатку гостро заструганим олівцем (3Т–4Т) без сильного натиску на папір, щоб не було вдавнених ліній. Букви в словах не пишуть, а накреслюють методом нарощування штриха. Виконані олівцем написи обводять тушшю тим же методом.

Висота великих букв має бути в  $1,5$  рази більшою висоти малих букв. Але при дрібному шрифті, ширину малих букв трохи збільшують, щоб було краще читати.

Так, при висоті малих букв, яка дорівнює 2 мм, вони мають майже таку ж ширину. Якщо написи виконуються одними великими буквами, то всі букви накреслюються однієї висоти.

Дуже важливим є правильне розміщення букв в словах. Оскільки букви мають різний рисунок, проміжки між ними в словах (міжбуквенні просвіти) визначають не лінійною величиною, а площею просвітів. Щоб букви в слові сприймалися зором рівномірно розташованими, просвіти між ними мають бути однаковими за площею.

При написанні слів дотримуються таких правил розміщення букв. Якщо сусідні елементи поряд розміщених букв – прямі, то лінійний проміжок між ними береться рівним  $1/3$  ширини нормальної букви. При співвідношенні ширини і висоти нормальної букви, яке дорівнює  $3/5$ , просвіт становить  $1/3$  площі нормальної букви.

Умовно назвемо цю площу нормальним просвітом.

Якщо сусідні елементи букв відмінні за формою (прямий і овальний, прямий і похилий, похилий і овальний, обидва похилі або обидва овальні), то площі просвітів між буквами збільшуються. Зрівнювання просвітів між буквами до нормального виконують приблизно, зближуючи або розсовуючи сусідні букви. На рис. 3.26, а показано, що при однакових лінійних проміжках між буквами в слові “глина” буква “г” відірвалася від “л”, оскільки до нормального просвіту добавилася додаткова площа (заштрихована). Щоб ліквідувати цей розрив, букву “г” слід змістити вправо (рис. 3.26, б).

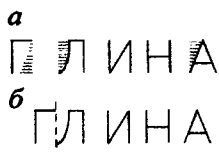


Рис. 3.26. Розміщення букв в словах

Проміжки між словами мають дорівнювати подвійній ширині нормальної букви. При написанні слів врозбіжку букви розміщують так, щоб перша і остання букви слова попадали на початок і кінець рядка. При цьому просвіти між буквами мають бути однаковими. Якщо врозбіжку в одному рядку мають бути написані декілька слів, то відстані між словами роблять у 1,5–2 рази більшими ніж між буквами.

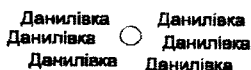
### 14.3. Правила розміщення на картах підписів назв об'єктів

#### Населені пункти

Назву населеного пункту розташовують по рядку, паралельно південній (північній) рамці карти або вздовж паралелей, переважно справа від зображення пункту (рис. 3.27, а).

Якщо неможливо розташувати напис справа від населеного пункту із-за перевантаження карти іншими елементами зображення, то підписи назви роблять з будь-якої сторони, але із усіх можливих варіантів вибирається такий, при якому напис перекриває, як можна, менше інших умовних позначок (рис. 3.27, б). При частому розташуванні населених пунктів на карті написи їх назв мають чітко показувати, до якого з них вони відносяться (рис. 3.27, в).

**а**



**б**



**в**

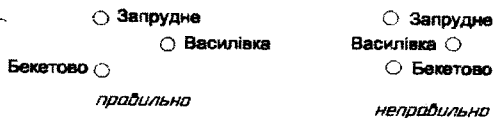


Рис. 3.27. Розміщення підписів населених пунктів

На топографічних картах, що виконані у великих масштабах, зображення великого населеного пункту може займати два суміжних аркуші карти або більше. В цьому випадку назву його розміщують також справа, але на тому аркуші карти, на якому показано його більшу частину. Надписи назв невеликих населених пунктів розміщують, як правило, справа і напроти середини їх зображень на віддалі 2–3 мм.

#### Об'єкти гідрографії

Назви рік розташовують паралельно руслу річки по плавній кривій лінії, що огинає найбільш великі згини русла (рис. 3.28).



Рис. 3.28. Розміщення підписів річок

У випадку написання слів по кривій лінії прямим шрифтом осі букв мають бути перпендикулярними до неї. Викреслюючи назву рік Остовним курсивом по кривій лінії, нахил букв виконують відносно нормалей, проведених до кривої в початковій точці кожної букви (рис. 3.29).



Рис. 3.29. Написання слів по дугах врозбіжку

В обох випадках букви одна відносно одної будуть мати різний нахил.

Підписи назв річок розташовують на відстані 0,5–1,0 мм від русла з будь-якої його сторони, так щоб було зручно читати (рис. 3.30).

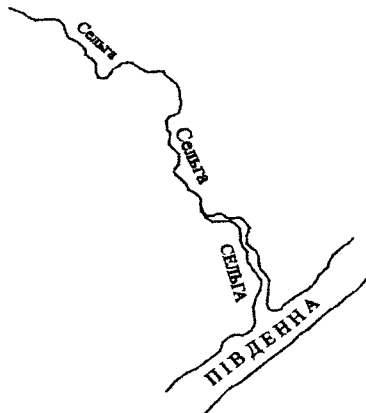


Рис. 3.30. Підписи річок залежно від ширини русла

Великі річки підписують малим шрифтом у витокі, більш великим – в середній течії, і великим – в гирлі. На топографічних картах в тій частині, де річка судноплавна, підпис виконується великими буквами. Якщо ширина річки в масштабі карти дозволяє розмістити назву всередині її, то таку річку підписують по середині русла (рис. 3.30).

Назву озер і морів розташовують за такими правилами. Моря і великі озера підписують посередині по плавній кривій, що повторює загальні обриси їхніх берегів. Малі озера підписуються за правилом розміщення найменувань населених пунктів. Вузькі витягнуті озера підписують так, як річки (рис. 3.31).

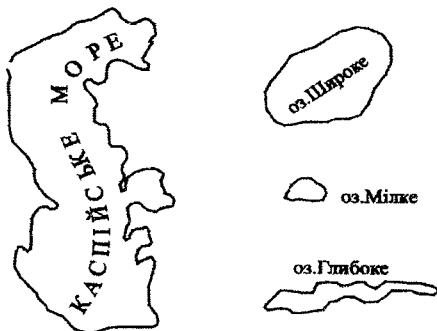


Рис. 3.31. Підписи морів і озер

Назву великих водних просторів (океанів, морів, заток, проток) розташовують посередині площі басейну врозбіжку по кривій лінії, приблизно паралельно обрисам берегової лінії від одного краю до іншого по найбільшій протяжності.

При написанні слів врозбіжку віддалі між ними залежать як від довжини напису, так і від довжини об'єкта, що підписується.

Невеликі затоки і протоки підписують не врозбіжку по дугах, що відповідають обрисам берегової лінії.

#### *Розміщення назв форм і елементів рельєфу*

Вершини гір, сопок, позначених на карті точкою, підписуються так само, як населені пункти (рис. 3.32, а). Числово відмітку проставляють біля точки з будь-якої сторони.

Гірські хребти, низини та інші об'єкти, які мають протяжність, підписують так, щоб назва розташовувалась уздовж всього об'єкта (рис. 3.32, б).

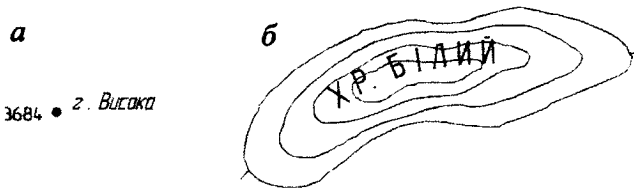


Рис. 3.32. Підписи вершин гір і хребтів

*Розміщення назв, що відносяться до політико-адміністративного поділу*

Подібні назви розташовують по всій протяжності території в один, два, а іноді й три рядки. Слова пишуть врозбіжку, однаковою для всіх рядків. Віддалі між рядками мають бути також однаковими, а рядки – паралельними один одному. Допускається незначне зміщення букв у словах, якщо вони закривають зображення на карті.

#### 14.4. Скорописне написання цифр

Скоропис – це манера письма, яка характеризується перш за все тим, що букви і цифри виконуються від руки швидко, чітко, розбірливо. В геодезії найбільше значення має скорописне написання цифр, оскільки багато процесів польових і камеральних робіт пов'язані з записом результатів інструментальних вимірювань і їх математичної обробки. В картографії скоропис застосовується при обчисленні картографічних проекцій.

Скорописне письмо цифр виконується звичайною або шариковою ручкою в польових журналах, а при камеральних роботах – на спеціальному обчислювальному папері, що має допоміжну горизонтальну і вертикальну розграфки.

Для написання застосовується прямий шрифт. Розмір цифр задається висотою одиниці (шириною рядка). Всі інші цифри пишуть на  $1/3$  більше одиниці. При цьому парні цифри виступають на  $1/3$  рядка вверх, а непарні – на  $1/3$  вниз (рис. 3.33, а).

Такий шрифт використовується в логарифмічних таблицях і називається логарифмічним.

На рис. 3.33, б стрілками і номерами показано порядок письма цифр окремими швидкими прийомами. Слід звернути увагу на характер нижніх закінчень цифр 3, 5, 9, а також цифри 6, які не закругляються, а мають серповидний рисунок. Суть полягає в тому, що серповидна лінія проводиться легко і швидко.

При обчисленнях приходиться записувати в таблиці багатозначні числа в колонку одне під одним. Цифри при цьому розташовуються строго по рядках і по вертикалях: одиниці під одиницями, десятки – під десятками і т. д. Приклад табличного запису наведено на рис. 3.33, в.

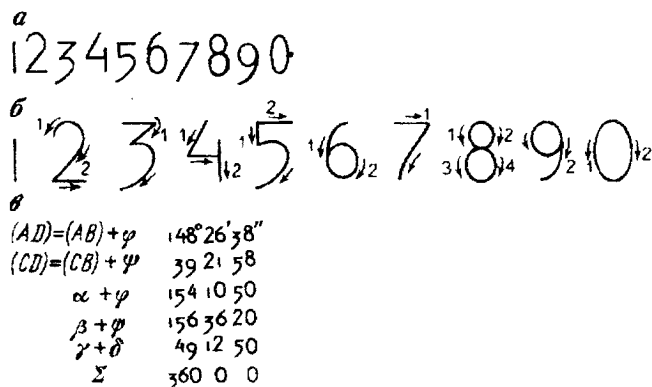


Рис. 3.33. Скорописне письмо цифр

## § 15. УМОВНІ ЗНАКИ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

### 15.1. Поняття про умовний знак і його призначення

Картографічні *умовні знаки* – це графічні побудови (позначення) певної величини, форми і кольору, за допомогою яких на картах зображуються різні географічні об'єкти і предмети місцевості (населені пункти, річки, озера, рельєф, рослинність, залізниці та автогужові шляхи і т. д.). Всі об'єкти місцевості зображуються на планах в ортогональній проекції (вигляд зверху) у вигляді ліній, точок або контурів. Відносно ліній і точок, які відповідають дійсному розміщенню предметів на місцевості, виконують умовні знаки, а всередині контуру дають пояснювальні умовні знаки, як правило, по формі і зовнішньому вигляду нагадує зображуваний предмет. Наприклад, в масштабі 1:10 000 ліс зображується колами діаметром 1,1 мм, рідкі ліси – колом з підсічкою. Такий підхід до зображення споріднених об'єктів єдиноподібними умовними знаками допомагає кращому їх запам'ятовуванню. З іншої сторони, умовні знаки різних предметів відрізняються один від одного. Більшість умовних знаків являє собою поєднання точок, ліній, штрихів і простих

геометричних фігур. Умовні знаки розроблені з врахуванням оптимальності пропорції його конструкції.

Щоб легше читати карти і розрізняти зображені об'єкти місцевості, для умовних знаків введені такі кольори: синій – для зображення гідрографії, коричневий – рельєфу, чорний – населених пунктів та ін.

## 15.2. Види умовних знаків

### *Масштабні (площові) умовні знаки*

Масштабні умовні знаки застосовуються тоді, коли розміри об'єктів місцевості виражаються в масштабі карти. Об'єкти, які проєктуються на карту у вигляді обмеженої контуром площі і заповнювані всередині умовними знаками або підписом, називаються площовими або контурними. Всередині площі умовні знаки розміщують рівномірно. Умовні знаки, які заповнюють всю площину, не вказують ні місця розташування самих предметів у межах контуру, ні їх кількості чи розміру. Іноді замість заповнюючих умовних знаків застосовується фонове фарбування. Так, площу, зайняту лісом, зафарбовують в зелений колір. Іноді застосовують заповнення площі штриховим умовним знаком по фоновому фарбуванні. Наприклад, площу, зайняту фруктовими і цитрусовими садами, зафарбовують зеленим кольором і заповнюють штриховими умовними знаками у вигляді кіл, розташованих вертикальними і горизонтальними рядами.

Часто на оригіналі карти замість заповнюючого умовного знака всередині контуру дають пояснювальний підпис. Так, наприклад, на плані масштабу 1:5 000 контур городу не заповнюють штриховкою або заливкою сірого кольору, оскільки це робиться на карті масштабу 1:10 000, а підписується – „город”.

### *Лінійні умовні знаки*

До лінійних умовних знаків відносяться умовні знаки, які мають лінійну протяжність, – дороги, межі, городи тощо (рис. 3.34).

На карті їх проєкції зображено у вигляді ліній. Лінійні умовні знаки зберігають на карті протяжність того чи іншого об'єкта, а ширину об'єкта можуть перебільшувати. Умовний знак виконується відносно осі лінійного об'єкта.

На планах масштабів 1:2 000, 1:5 000 і т. д. в масштабі карти зображуються не лише довжина дороги, але й ширина. З двох сторін від лінії автостради пунктирною лінією зеленого кольору (або двома паралельними лініями) зображується канава. В розриві дороги дається її характеристика, яка означає: 8 – ширина смуги в метрах; 2 –



кількість смуг; 24,5 – ширина дороги від канави до канави в метрах, Ц – матеріал покриття.

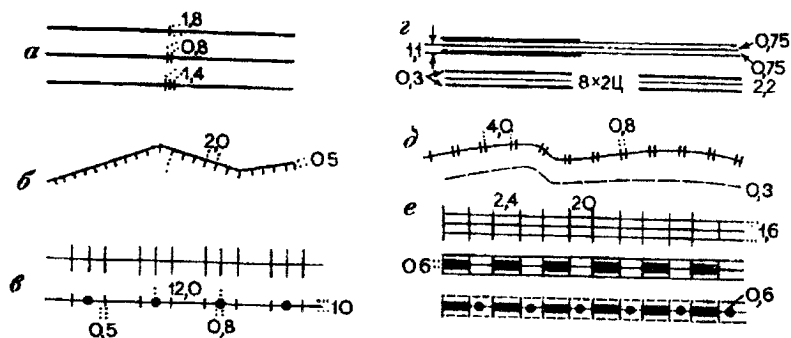


Рис. 3.34. Побудова і накреслювання деяких лінійних умовних знаків

### Позамасштабні умовні знаки

До цього виду відносяться умовні знаки окремих об'єктів місцевості, площа яких не виражається в масштабі карти. Проекцією такого об'єкта на карту є точка. Відносно цієї точки будуються той чи інший позамасштабний знак. До таких предметів місцевості можна віднести пункти державної геодезичної сітки, окремі дерева, дорожовкази, млини тощо. Умовний знак центрується на точку порізно, залежно від його форми і рисунка: якщо умовний знак має форму геометричної фігури, то справжньому положенні на місцевості такого предмета відповідає його геометричний центр (рис. 3.35, а); якщо в рисунку умовного знака є прямий кут, то за центр знаку беруть вершину кута або основу підшви знаку (рис. 3.35, б); якщо умовний знак зображується фігурою з широкою основою, то він центрується на точку серединою основи (рис. 3.35, в); якщо умовний знак являє собою поєднання декількох фігур, то він центрується на точку центром нижньої фігури (рис. 3.35, г).

Позамасштабні умовні знаки орієнтують відносно північної і південної рамок карти, або середнього меридіана, а не відносно контуру, в якому він розміщений (рис. 3.35, д). Кілометрові стовпи орієнтуються відносно дороги, тобто ставляться перпендикулярно до її лінії (рис. 3.35, е).

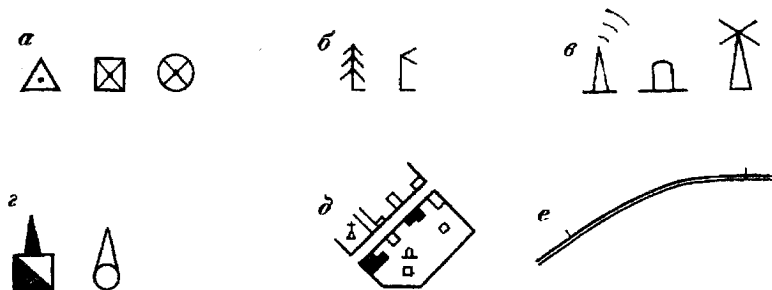


Рис. 3.35. Центрування і орієнтування позамасштабних умовних знаків

### *Пояснювальні умовні знаки і написи цифрових характеристик*

До особливої групи відносять пояснювальні підписи і цифрові дані, які дають на карті додаткову якісну або кількісну характеристики. Вони, як правило, застосовуються в поєднанні з масштабними лінійними і позамасштабними умовними знаками.

До пояснювальних умовних знаків відносяться, наприклад, знаки, які визначають переважаючу породу лісу або кущів. Тут же дається кількісна характеристика, яка указує середню висоту дерев або кущів, середню товщину дерев, а також гущину лісу. На болотах підписують середню глибину їх.

Часто пояснювальний підпис на карті дається в скороченому вигляді. Як правило, розташовується він праворуч від умовного знака або на вільному місці там, де це добре видно. Пояснювальний підпис як і цифрові характеристики розміщують паралельно до північної і південної рамок карти. Виключенням є підписи будівель на топографічних планах масштабу 1:2 000 і більше. Вони розміщуються всередині будівлі (рис. 3.36).

## 15.3. Таблиці умовних знаків

Рисунки, кольори і розміри умовних знаків для топографічних карт і планів наведені в спеціальних таблицях умовних знаків. Вони є обов'язковими для всіх установ і відомств, які ведуть зйомку або складають топографічні карти (плани) в тому чи іншому масштабі. Умовні знаки усіх масштабів є стандартними, і, як правило, узгоджені між собою за формою (обрисом) і кольором. Залежно від масштабу змінюється лише розмір умовного знака. Така узгодженість полегшує

сумісне використання карт різних масштабів. Для кожного або декількох масштабів видаються таблиці умовних знаків.

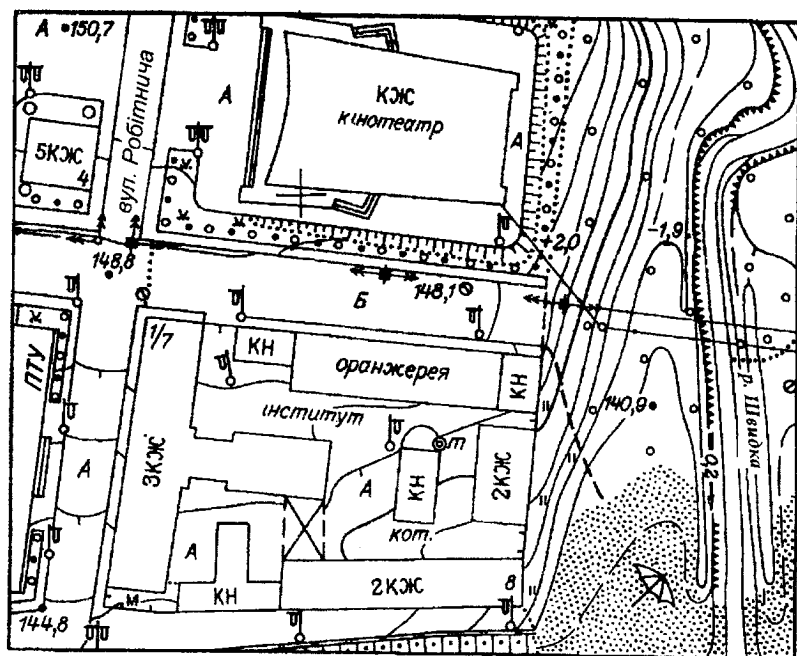


Рис. 3.36. Фрагмент карти масштабу 1:2 000

Наприклад, умовні знаки в таблицях „Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000”, виданих у 1977 році, згруповані по розділах відповідно основних об’єктів місцевості: геодезичні пункти, населені пункти і окремі будівлі; промислові, сільськогосподарські та соціально культурні об’єкти; залізниці та споруди біля них; гідрографія; рельєф; рослинність; ґрунти та мікроформи земної поверхні; межі і огорожі. Крім умовних знаків, в таблицях наведені приклади їх поєднань, а в кінці книги даються пояснення до умовних знаків. В них наводяться вказівки щодо накреслення того чи іншого умовного знака (його орієнтування, послідовність накреслення, правила центрування тощо).

Більшість таблиць умовних знаків складаються з трьох граф. У першій графі поміщений порядковий номер умовного знака, в другій – назва умовного знака, в третій – його зображення. Біля зображення умовного знака написані його розміри. Іноді в графі „зображення”

стоять два знаки під рубриками „а” і „б”. Біля умовного знака під рубрикою „а” стоять розміри, а біля умовного знака під рубрикою „б” розмірів немає. Це означає, що перший знак використовується у випадках, коли розміри об’єкта не виражаються в масштабі, другий – коли його площа подається в масштабі карти.

Умовний знак слід накреслювати тим кольором, яким він поданий в таблицях умовних знаків. Виключенням є елементи гідрографії. В таблицях вони мають синій або голубий колір. При накреслюванні знімального оригіналу штриховий рисунок синього кольору замінюють на зелений. Теж саме відноситься і до написів гідрографії і умовного знаку боліт.

Іноді графа зображення поділяється на дві колонки. В першій колонці показується зображення умовного знака так, як воно виконується на знімальному оригіналі, а в другій – як показується на кольоровому відбитку, тобто на виданій карті. Накреслюючи умовні знаки на знімальному оригіналі в масштабі 1:10 000, їх зображення слід брати з першої колонки – „на знімальному оригіналі”.

Досить часто після назви умовного знака в квадратних дужках стоїть цифра, вона відсилає за поясненнями в кінець таблиць.

#### **15.4. Методика побудови і накреслювання умовних знаків**

Розглянемо методику побудови і накреслювання найчастіше вживаних умовних знаків на прикладі масштабу 1:10 000 і деяких знаків масштабів 1:50 000 і 1:2 000.

Умовні знаки, як правило, будуються спочатку олівцем, а потім накреслюються тушшю різного кольору. Для побудови умовного знака використовують синусний прилад, шкалу товщин ліній, а також пластмасові палетки і трафарети. Тушшю умовні знаки накреслюють креслярським пером, рейсфедером (під лінійку), кривоніжкою одинарною або подвійною, кронциркулем.

##### *Геодезичні пункти*

Геодезичні пункти наносяться на карту за координатами. Тому вони мають бути накреслені особливо ретельно.

Розглянемо порядок побудови і накреслювання деяких геодезичних пунктів і умовних знаків (рис. 3.37).

*Приклад 1.* Умовний знак пункту державної геодезичної сітки (пункту триангуляції). В таблиці з лівого боку знака вказаний розмір 2,0 мм. Це означає, що попередньо необхідно побудувати олівцем квадрат зі сторонами 2,0 мм (рис. 3.37, а). Побудову квадрата

починають з проведення олівцем горизонтальної і вертикальної лінії через точку, нанесену за координатами, яка відповідає дійсному положенню пункту триангуляції на місцевості. Пересовуючи синусну лінійку від горизонтальної лінії на  $1/3$  вниз і на  $2/3$  вверх від указанного розміру умовного знака (приблизно це відповідатиме величинам 0,7 мм і 1,3 мм), проводять допоміжні лінії. Такі ж лінії будують на відстані 1,0 мм ліворуч і праворуч від точки. Одержані вершини трикутника з'єднують. При накресленні умовного знака тушшю можна користуватися креслярським пером, але накреслювати сторони трикутника слід під лінійку. Щоб туш з креслярського пера не підтікала під лінійку, краще всього використати дерев'яну лінійку з пластмасовою вставкою посередині лінійки або пластмасовий трикутник на невеликих ніжках-підставках, тобто край лінійки або трикутника має бути трохи піднятий. Для зручності роботи лінійка і трикутник мають бути невеликого розміру.

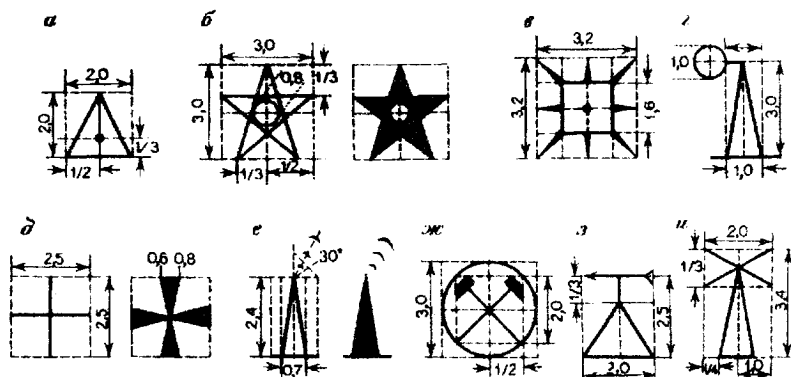


Рис. 3.37. Побудова і накреслювання позамасштабних умовних знаків

*Приклад 2.* Умовний знак астрономічного пункту будується аналогічно попередньому умовному знаку. Починають з побудови квадрата зі стороною, рівною 3,0 мм (рис. 3.37, б). Для цього проводять горизонтальну і вертикальну лінії через точку, нанесену за координатами. Після побудови квадрата олівцем, допоміжною побудовою знаходять вершини променів зірки. Від верхньої сторони квадрата вниз на відстані 1,0 мм проводять горизонтальну лінію. Перетин цієї лінії з боковими сторонами квадрата дає вершини бокових променів зірки. На нижній стороні квадрата відкладають від її

середини в обидва боки по 1,0 мм, внаслідок чого одержують вершини нижніх променів зірки. Вершини з'єднують під лінійку, як показано на рисунку. Центральною частиною знака є коло діаметром 0,8 мм. Його накреслюють зразу тушшю кронциркулем. Центром кола є центр знака. Обвівши контур зірки, заливають тушшю за допомогою креслярського пера всю площу, крім внутрішнього круга.

*Приклад 3.* Умовний знак пункту геодезичної сітки згущення, закріплений на місцевості центром і розташований на кургані (рис. 3.37, в). Цей умовний знак дано в табл. 1 №4. Біля знака стоїть розмір 1,6 мм. Він означає розмір сторони квадрата. Як і в попередніх прикладах побудову починають від центра знака. Побудову зовнішнього рисунка умовного знака виконують в допоміжному квадраті, розміри якого удвічі більші внутрішнього квадрата.

#### *Населені пункти і окремі будівлі*

Накреслення населеного пункту починають з об'єктів – орієнтирів (промислові підприємства, споруди у формі башти, церкви тощо).

Умовний знак капітальної споруди у формі башти починають з побудови його нижньої частини, тобто з кола. Голку кронциркуля ставлять в точку, яка відповідає дійсному положенню даної споруди на місцевості, накреслюють коло діаметром 0,6 мм, потім через цю точку олівцем проводять вертикальну лінію і відкладають на ній вгору від нижньої частини кола величину, що дорівнює всій висоті умовного знака, тобто 3 мм. Заливають круг чорною тушшю за допомогою креслярського пера.

При побудові олівцем умовного знака церкви проводять через точку дві взаємно перпендикулярні лінії, а потім за допомогою синусного приладу будують квадрат зі сторонами 2,5×2,5 мм (рис. 3.37, д). За допомогою рейсфедера або креслярського пера під лінійку накреслюють дві середні взаємно перпендикулярні лінії товщиною 0,2–0,3 мм і креслярським пером потовщують кінці цих ліній до 0,6–0,8 мм.

Після об'єктів, які мають значення орієнтирів, накреслюють головні вулиці і проїзди, а також важливі будинки, окремо розташовані за межами квадратів, решту проїздів і будівель всередині кварталів. Прямі дільниці вулиць і проїздів накреслюють рейсфедером під лінійку або подвійним рейсфедером, а криволінійні – за допомогою лекал або креслярським пером від руки. Під лінійку рейсфедером накреслюють всі великі будівлі, а на планах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 і 1:500 – практично всі будівлі. Великі будівлі в масштабах 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 і забудовану частину кварталів зручніше накреслювати креслярським пером, користуючись при цьому

маленьким трикутником на ніжках-підставках або короткою лінійкою з вставкою. Малі букви накреслюють креслярським пером від руки, при цьому потрібно слідкувати, щоб кути будівель були чітко позначені.

При накреслюванні населеного пункту сільського типу в масштабах 1:25 000 і 1:50 000 після накреслювання його головних вулиць і проїздів виділяють забудовану частину населеного пункту проведенням ліній, паралельних до ліній вулиць, на відстані 1,4–1,5 мм (1:25 000) або 1,1–1,2 (1:50 000) від них. Забудовану частину в масштабі 1:25 000 виділяють на знімальному оригіналі фарбуванням жовтого або оранжевого кольору залежно від переваги в кварталі невогнестійких або вогнестійких будівель.

На топографічних планах масштабу 1:5 000 невогнестійкі житлові будівлі показують одинарною штриховкою, а будівлі вогнестійкі нежитлові – хрестовою штриховкою. Для виконання штриховки використовують синусні лінійки і рейсфедер. Штриховка виконується під кутом  $45^\circ$  до лінії рамки карти. Залежно від орієнтування будівель кут штриховки мало змінюється, важливо, щоб лінії штриховки не були паралельні лініям будівель (рис. 3.38, а).

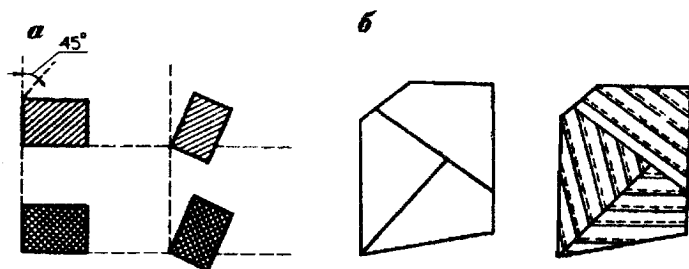


Рис. 3.38. Правила виконання штриховок:  
а – окремих будівель; б – городів

На планах масштабів 1:2 000, 1:1 000 і 1:500 дається характеристика кожної будівлі. В середині контуру будинку позначають буквами матеріал стінок (тільки для вогнестійких), призначення будинку (житлове, нежитлове і т. д.) і цифрами – поверховість (рис. 3.36).

В масштабі 1:10 000 штриховкою у вигляді поперемінних пунктирних і суцільних ліній, виділяють площі городів. Відповідно до розмірів площі, відстані між лініями штриховки можна змінювати: давати більш розрідженими на великих площах і менш розрідженими –

на малих. На великих площах штриховку виконують у різних напрямках, але вона не має бути паралельною лініям контуру городу. Попередньо площу городу поділяють олівцем на декілька ділянок. Спочатку виконується пунктирна лінія, потім суцільна (рис. 3.38, б).

*Промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти*

На рис. 3.37 показано побудову позамасштабних умовних знаків, які зображують промислові та сільськогосподарські об'єкти. Побудову всіх цих умовних знаків починають від точки, яка відповідає дійсному місцезнаходженню даного предмета на місцевості. Пунктирною лінією показані допоміжні побудови олівцем, які виконуються за допомогою синусних лінійок і трафаретів. Умовний знак гирл шахтних стволів на рис. 3.37, ж можна розпочати з накреслювання тушшю кола, а потім виконати допоміжні побудови олівцем для завершення побудови умовного знака.

Лінії трубопроводів, електропередач тощо накреслюють рейсфедером під лінійку, за допомогою лекала або кривоніжки. Деталі цих умовних знаків (стрілки, точки, поперечні штрихи тощо) розмічають олівцем з допомогою спеціальних трафаретів або трафаретів, виконаних на краю щільного паперу. Наприклад, при виконанні умовного знака наземних і надземних трубопроводів на опорах (рис. 3.34, в) перш за все олівцем розмічають поперечні штрихи і кола. Потім тушшю накреслюють лінію трубопроводу товщиною 0,1 мм. Креслярським пером викреслюють поперечні штрихи, а за допомогою кронциркуля – кола діаметром 0,8 мм.

*Шляхова мережа і дорожні споруди*

Залізниця і автошляхи зображуються лінійними умовними знаками і накреслюються на топографічних картах одинарною, подвійною або потрійною лінією. Прямі ділянки доріг накреслюють рейсфедером під лінійку, а криволінійні – за допомогою лекал, одинарної або подвійної кривоніжки.

При накреслюванні шляхової мережі необхідно слідкувати, щоб рисунок умовного знака був розміщений симетрично відносно осьової лінії, виконаної олівцем.

Залізниця на топографічних картах показують одинарною лінією чорного кольору. Залежно від масштабу товщина лінії змінюється. Поперечними штрихами через певний проміжок позначається кількість колій на перегонах (рис. 3.34, а).

Шосейні і ґрунтові дороги за рівнем їхнього технічного стану поділяються на автостради, удосконалені шосе, просто шосе, поліпшені ґрунтові і ґрунтові путівці, пішохідні стежки тощо. На зображеннях автодоріг високого класу дається характеристика, яка



визначає ширину дороги і матеріал її покриття. Перш ніж накреслювати дорогу необхідно намітити місця, де буде позначена ця характеристика (приблизно через 8–10 см).

При накресленні умовного знака автостради спочатку накреслюють її осьову лінію товщиною 0,1 мм, а потім дві бокові потовщені. За шкалою товщин ліній встановлюють рейсфедери кривоніжки на товщину 0,3 мм і відповідну відстань між рейсфедерами. Потім накреслюють прямолінійні ділянки доріг рейсфедером за допомогою синусного приладу. При пересуванні синусної лінійки від осьової лінії необхідно враховувати не лише заданий проміжок 0,75 мм, але й товщину ліній 0,3 мм. Тому синусну лінійку пересовують на величину 1,0–1,1 мм (0,75+0,3). При цьому буде збережений заданий проміжок 0,75 мм (рис. 3.34, з) і загальна ширина дороги становитиме 2,2 мм.

При накреслюванні польових доріг, караванних шляхів і пішохідних стежок намічають олівцем за допомогою пластмасового трафарету довжину штрихів і проміжків (рис. 3.34, д). Пересовуючи трафарет вздовж осьової лінії дороги, виконаної олівцем, розмічають довжину штрихів і проміжків. На крутих поворотах доріг обов'язково накреслюється вся ланка. Якщо необхідно, то ланку подовжують.

Умовний знак щоглових семафорів і світлофорів накреслюється так, щоб його поздовжня вісь була перпендикулярна до північної і південної рамок. Побудову і накреслювання умовного знака семафорів і світлофорів показано на рис. 3.37, з.

При накресленні умовних знаків насипу і виїмки спочатку олівцем проводять лінії, які обмежують довжину штрихів. Штрихи накреслюють на відстані 1 мм один від одного, їх не доводять до лінії залізниці на 0,2 мм. До країв умовного знака довжина штрихів зменшується до 0,3–0,4 мм.

#### *Межі та огорожі*

Побудова і накреслювання меж і огорож має багато спільного з побудовою і накреслюванням доріг і стежок.

На рис. 3.34, е показано побудову і послідовність накреслювання умовного знака державного кордону. Середина штрихів умовного знака межі і центри кіл, розташованих між ними, мають лежати на осьовій лінії, яка відповідає її дійсному положенню на місцевості. За допомогою синусного приладу від осьової лінії в обидві сторони проводять олівцем дві паралельні лінії, які обмежують довжину поперечних тонких штрихів. Потім з допомогою трафарету намічають довжину ланок і проміжків між ними. Поперечні штрихи можна накреслювати рейсфедером або креслярським пером під лінійку або

трикутник (на ніжках-підставках). Ланки накреслюють рейсфедером або кривоніжкою товщиною, указаною в таблицях умовних знаків (в нашому прикладі – 0,6 мм). Кружки між ланками мають діаметр, що дорівнює товщині ланки. Їх накреслюють кронциркулем, а потім заливають тушшю з допомогою креслярського пера. Якщо діаметр кружків порядку 0,4 мм (умовний знак меж районів), то їх можна накреслювати креслярським пером. Але необхідно, щоб вони мали округлену форму.

### Рельєф

Рельєф на топографічних картах зображується горизонталями і умовними знаками тих форм рельєфу, які не виражаються горизонталями: яри, зсуви, скали і т. д. Горизонталі – лінії рівних висот. Для зручності визначення висоти рельєфу на карті кожну п'яту і десяту горизонталь залежно від перерізу рельєфу накреслюють потовщеною лінією. Якщо основна горизонталь накреслюється товщиною 0,1 мм, то потовщена 0,2–0,25 мм.

Для виділення характерних форм рельєфу, які не виразились основними горизонталями, або для передавання змін в крутизні схилів проводять додаткові горизонталі, а для передавання мікрорельєфу поверхні (западин, бугрів і т. д.) – допоміжні. Додаткові та допоміжні горизонталі зображуються пунктиром, на крутих згинах горизонталей необхідно накреслювати ланку, що досягається збільшенням або зменшенням довжини ланки або проміжку. Всі ланки додаткових і допоміжних горизонталей мають бути узгоджені напрямком, тобто продовжувати одна одну (рис. 3.39, а).

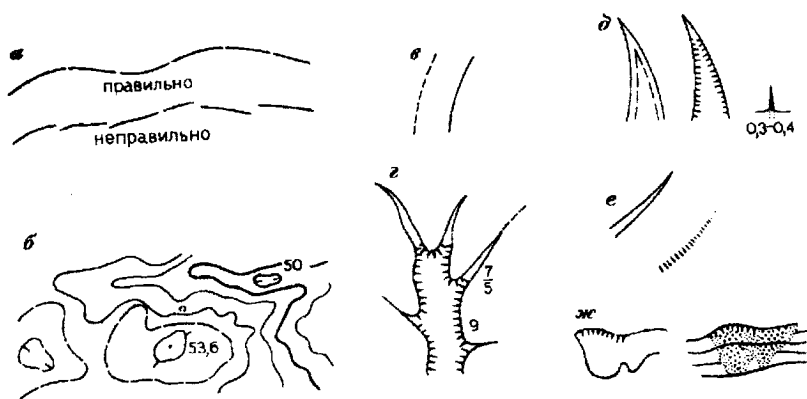


Рис. 3.39. Накреслювання умовних знаків різних форм рельєфу

Для полегшення читання карти на горизонталях даються написи і бергштрихи – штрихи, які показують напрям скатів, горизонталей (рис. 3.39, б). Написи розташовують в розриві ліній горизонталей так, щоб вони розташовувались посередині розриву і своєю основою були обернені в бік пониження рельєфу. Написи мають бути розташовані так, щоб їх було легко читати. Бергштрихи накреслюють строго перпендикулярно до горизонталі.

Зображення рельєфу доповнюють числовими відмітками характерних точок місцевості, ярів, обривів, курганів, ям та інших.

На топографічних картах і планах більшість елементів рельєфу та їх числові характеристики подаються коричневим кольором, а відмітки характерних точок – чорним.

Яри і вимоїни шириною менше 3 м в масштабі 1:10 000 накреслюють одинарною лінією з поступовим потовщенням (рис. 3.39, в).

Яри і вимоїни шириною від 3 до 10 м накреслюють в дві лінії, причому в числовій характеристиці указують в чисельнику – ширину поверху, в знаменнику – глибину (в метрах). Якщо яр з обривистим схилом має ширину більше 10 м, то його накреслюють зі збереженням дійсної ширини в масштабі карти (рис. 3.39, г). На рис. 3.39, д показана послідовність накреслювання цього умовного знака. Перш за все накреслюють бровку яру товщиною 0,1 мм, намічають олівцем лінію висоти зубчиків паралельно бровці яру і тільки після цього накреслюють самі зубчики. Зубчики яру мають форму витягнутих трикутників з основою 0,3–0,4 мм і накреслюють їх строго перпендикулярно до бровки яру. Максимальна висота зубчиків в самій широкій і глибокій частині яру дорівнює 1,5 мм, а у звуженій частині висота зубчиків зменшується до 0,3–0,4 мм. Віддаль між зубчиками приблизно дорівнює їх висоті. В звуженій частині яру після самих маленьких за висотою зубчиків бровка яру накреслюється потовщеною лінією (знаком вимоїни). Умовний знак обриву накреслюється аналогічно умовному знаку яру.

Зображення задернованих уступів в основному нагадують знак обриву, тільки зубчики мають іншу основу і ближче розташовані один до одного. Крім того, бровка задернованого уступу тушшю не накреслюється. Побудову умовного знака задернованого уступу починають з проведення олівцем бровки (на рисунку – пунктир) і лінії, які відмічають висоту зубчиків (рис. 3.39, е). Потім тушшю накреслюють зубчики, які своєю основою повернуті до підвищення рельєфу.

Осипи поділяються на осипи крихких порід (пісчані, глинисті) і осипи твердих порід (кам'янисто-щебеневі і галечні). Послідовність і способи викреслювання осипів (рис. 3.39, *ж*) такі: накреслюють коричневою тушшю брівку осипу, а в тих місцях, де схил обривистий – зубчики обриву; намічають олівцем межу осипів; накреслюють коричневою тушшю креслярським пером знак піску, якщо це осипи крихких порід. Причому біля брівки і в середній частині язиків осипу точки зображуються більшими, а біля країв – дрібні. Якщо це осипи твердих порід, то накреслюють умовний знак галечників або кам'янистої поверхні, а між цими знаками накреслюють умовний знак піску. Основні горизонталі через накреслені знаки не проводять.

#### *Рослинне покриття і ґрунти*

Елементи рослинного покриття і ґрунтів відносяться, в основному, до контурних умовних знаків, оскільки вони займають на карті певну площу. Контур рослинності або ґрунтів може передаватися замкнутою лінією або точковим пунктиром. При зображенні контурів мають фіксуватись усі їх кути, повороти і круті згини. Точковий пунктир накреслюють креслярським пером чорною тушшю круглими точками діаметром 0,3 або 0,2 мм і на відстані 1,0 або 0,8 мм залежно від масштабу.

Більша частина деревної рослинності зображується кружками різного діаметра, кольору і рисунка. Умовний знак лісу (рис. 3.40, *а*) для передавання суцільного деревостою являє собою кружки діаметром 1,1 мм, поміщені по всій площі без розграфки. Спочатку всередині контуру лісу розміщують характеристику деревостою. В ній показується переважаюча порода дерев підписом і рисунком дерева (листяного або хвойного). Якщо ліс мішаний, то даються два написи і два рисунки дерева. На рис. 3.40, *б* дано побудову і накреслення характеристики деревостою мішаного лісу. Праворуч від рисунка дерев поміщається числова характеристика деревостою в метрах: в чисельнику – середня висота дерев, в знаменнику – середня товщина стовбурів. Рисунок дерев і підпис переважаючої породи лісу поміщають симетрично рисці дробу. Між рисою дробу і цифрами (верхньою і нижньою) залишають проміжок приблизно 0,5 мм. Потім кронциркулем накреслюють кружки. Причому на узліссі кружки розміщують щільніше, для великих площ лісу – на відстані 6–8 мм один від одного і ближче до точкового контуру лісу. Всередині контуру кружки поміщують в більшій мірі розосереджено (на віддалі приблизно 1 см і більше). Поросль лісу накреслюють кружками діаметром 0,6 мм.

Для виконання умовних знаків молодих посадок лісу і розсадників спочатку будують олівцем розграфку через 4 мм (рис. 3.40, в). Перетин ліній штриховки дає центри кружків.

Умовні знаки рідкого лісу, буроломів, вирубаного, погорілого і сухостійного лісів даються у довільному розміщенні. Перш за все на всій площі намічають місця, де будуть накреслюватися ці знаки, і роблять допоміжні побудови олівцем для кожного умовного знака. Накреслення тушшю виконують кронциркулем, креслярським пером під лінійку або від руки. На рис. 3.40, г наведено побудову умовних знаків буроломів, погорілого і сухостійного лісів. Суцільні зарослі кушів і саксаулу накреслюють тушшю червоного кольору.

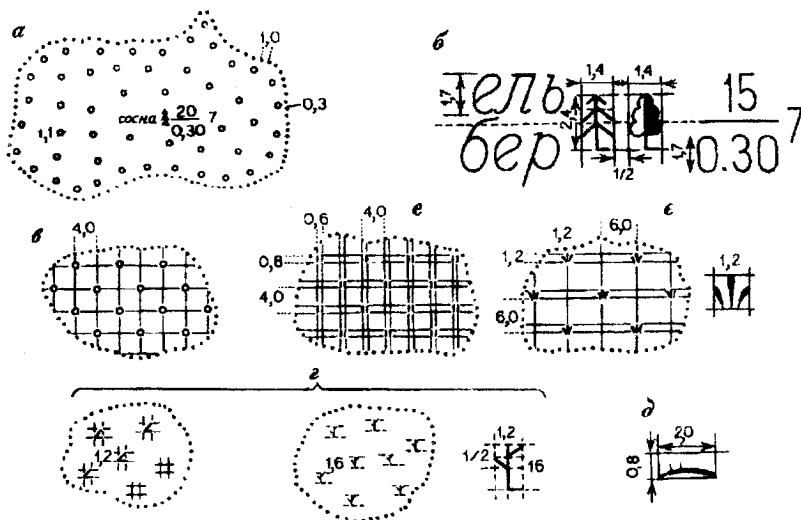


Рис. 3.40. Побудова і накреслювання деяких умовних знаків рослинності

Знак кушів складається із кружків двох розмірів. Центральний кружок знака накреслюється кронциркулем, а три заливаних кружки можна викреслювати креслярським пером. Умовний знак саксаулу має складніший рисунок (рис. 3.40, д).

Умовні знаки трав'янистої рослинності, очеретяних заростей, мохової рослинності тощо всередині контуру розташовуються в шаховому порядку. Тому для них необхідна попередня розграфка олівцем з допомогою синусного приладу або трафарету.

Умовний знак лугової рослинності має висоту 0,8 мм і ширину 0,6 мм. Відстані між знаками становлять 4,0 мм по вертикалі і по горизонталі. Вказані розміри включають в себе висоту і ширину знака. Тому вертикальну розграфку виконують через 0,6 мм і 3,4 мм, а горизонтальну – через 0,8 мм і 3,2 мм (рис. 3.40, *е*).

На рис. 3.40, *е* показано побудову умовного знака очеретяної рослинності. Середня частина умовного знака виконується у вигляді знака оклику, а дві бокові частини – трохи зігнуті лінії з невеликим потовщенням у верхній частині. В нижній частині всі три деталі рисунка мають бути на одній лінії, на відстані 0,3 мм одна від одної.

Умовний знак купинястої поверхні має вигляд трьох точок, розміщених у вершинах умовного рівностороннього трикутника. Горизонтальна розграфка олівцем виконується через 3,0 мм і 1,0 мм, а вертикальна – через 4,0 (рис. 3.41, *а*). Верхня точка накреслюється на вертикальній, виконаній олівцем, розграфці, дві інші – на нижній горизонтальній лінії на відстані 1,5 мм одна від одної. Цю відстань між точками відкладають приблизно. Умовний знак накреслюється коричневою тушшю креслярським пером.



Рис. 3.41. Побудова і накреслювання деяких умовних знаків ґрунтів

Піски також накреслюються коричневою тушшю. Умовний знак має вигляд дрібних точок діаметром 0,1 мм, розташованих близько одна від одної і рівномірно по всій площі. Щоб при накреслюванні умовного знака пісків не одержувався якийсь рисунок у вигляді концентричних кіл або прямих ліній, то спочатку наносять точки по ламаній горизонтальній лінії (рис. 3.41, *б*), а потім рівномірно заповнюють вільні місця.

На рис. 3.41, в показано послідовність накреслювання умовного знака пасмових пісків в масштабі 1:50 000. Спочатку на всій площі олівцем намічають рисунок пасм (пасмо має бути точно паралельне північній чи південній рамці). Накреслювання кожного пасма починають з самої великої центральної точки. Щоб пасмо сприймалося як один умовний знак, решту точок, які поступово зменшуються до краю пасма, розміщують близько одну від одної. Їх розмір має бути більшим розміру точок рівних пісків, якими заповнюється решта площі. Такої ж послідовності дотримуються, накреслюючи піски горбистих, барханних, ямкових і комірчастих.

На топографічних картах болота поділяються за прохідністю і характером рослинності. Накреслювання умовного знака боліт починають з накреслювання знаків рослинності, які наносяться без розграфки, рівномірно по всій площі. Якщо болото непрохідне або важкопрохідне, то за допомогою рейсфедера під синусну лінійку виконують штриховку зеленою тушшю (замість голубої, наведеної в Умовних знаках) через 1,0 мм, перериваючи її на знаках рослинності.

Виконуючи умовний знак прохідних боліт (рис. 3.41, з), після накреслювання знаків рослинності намічають контури штриховок олівцем. Штриховку накреслюють в межах контуру, наміченого олівцем. Вільні і зайняті штриховкою площі мають бути приблизно однаковими.

#### *Способи виконання умовних знаків*

При побудові умовних знаків багато часу потребують попередні побудови олівцем. Значно прискорює цей процес застосування різних палеток і трафаретів, виконаних на прозорій основі. Вони дозволяють умовні знаки на всій площі зобразити однакового розміру.

На рис. 3.42 зображено пластмасовий трафарет для розмітки положення кружків умовного знака фруктових і цитрусових садів. Повернутий на 45° трафарет можна також застосовувати для побудови знака молодих посадок лісу.

Для накреслення умовних знаків лугової, низькорослої і високорослої рослинності, очеретяних заростей, степової рослинності, виноградників, фруктових і цитрусових садів доцільно застосовувати спеціальний трафарет-палетку. На тонкому пластику товщиною 0,5 мм розміром 100×100 мм за допомогою синусних лінійок гострою голкою намічають горизонтальні і вертикальні лінії, які відповідають розграфці того чи іншого знака. Потім на поверхню з цими лініями утирають порошок звичайної синьки за допомогою ватного тампона або аркуша паперу. Перевернувши палетку наміченими лініями вниз

накладають її на потрібну площу і притирають зверху – лінії розграфки трафарету легко залишають відбиток на оригіналі.

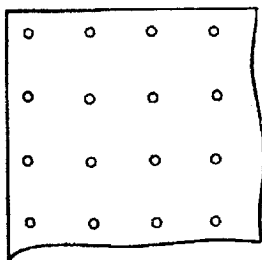


Рис. 3.42. Пластмасовий трафарет для розмітки положення кружків умовного знака фруктових і цитрусових садів

Нині є такі технічні засоби як фотонабір, перебивні самоприклеювані зображення, декелі, темплети, аплікації на силіконовій основі, прозорі й непрозорі липкі стрілки тощо, які значно прискорюють виконання графічних робіт і підвищують їх якість. На оригіналах топографічних карт і планів з їх допомогою можуть виконуватися позамасштабні, площові і лінійні умовні знаки, написи, цифрові характеристики, зарамочне оформлення (вихідні дані, номенклатура, числовий і лінійний масштаби, масштаб закладень тощо).

*Фотонабір* в основному використовується при виготовленні видавничих оригіналів, оскільки якість фотонабірних відбитків досить висока. Але його можна застосовувати і для виконання знімальних і складальних оригіналів, складних за рисунком, або знаків, які часто повторюються. В картографічному виробництві фотонабір реалізується на фотонабірних приладах.

В картографічному виробництві тепер велике застосування знайшли *самоприклеювальні картографічні аплікації*. Вони являють собою фотонабірну гранку на знімному емульсійному шарі, покриту клеєм. Шар клею захищений від висихання силіконовим папером. За допомогою аплікацій створюють зображення написів, цифр, окремих і площових умовних знаків, різних сіток, текстів тощо. Аплікація може бути наклеєна на оригінали, які виконані на пластиках, матовому і глянцевою фотопапері, на креслярському папері. Необхідний умовний знак або напис вирізають ланцетом, прорізаючи лише знімний шар. Поля мають бути шириною 0,5–0,6 мм. Потім наклейку відокремлюють від основи і розміщують на оригіналі. Впевнившись,



що вона розміщена правильно, її притирають. Особливо ретельно притирають краї і кути наклейки. Якщо напис необхідно виконати врозрядку, то її розрізають на окремі букви, розмічають на оригіналі місця розміщення букв і наклеюють їх. Самоприклеювальні картографічні аплікації мають досить великий термін зберігання – приблизно 8 місяців. Зберігають їх в конверті в горизонтальному положенні, а гранки перекладають чистими аркушами паперу, щоб не злипалися.

Самоприклеювальні перебивні зображення (супизи) являють собою графічні зображення умовних знаків, цифр, окремих букв і їх сполучень, видрукувані за допомогою трафаретного друку на плоскій полімерній основі, яка покрита чутливим до тиску клеєм. З боку клейового шару супизи покривають захисним папером, щоб запобігти його висиханню, забрудненню і пошкодженню. Супизи легко перебиваються на різні сорти паперу і картону, що мають досить міцну поверхню, на полімерні плівки з матовою глянцевою поверхнею, аерофотознімки тощо. Перенесення зображення виконується за допомогою гладенького жорсткого предмета подовженої форми. Ним може бути дерев'яна, пластмасова чи металева паличка або звичайна шарикова ручка. Для перебивання зображення можна скористатися гладеньким кінцем ручки ланцета чи скальпеля. Колір самоприклеювальних перебивних зображень може бути різним: чорним, червоним, зеленим, синім тощо.

Перебивання зображень виконується в такій послідовності. З аркуша перебивного зображення знімають захисний папір і накладають зображення клеєним боком на потрібне місце оригіналу. Видне на просвіт зображення притирають гладеньким жорстким предметом. Тиск при цьому відповідає натиску руки при звичайному письмі. Процес продовжують до появи висвітлювання кольору зображень. На перенесене зображення накладають аркуш захисного паперу і зображення повторно ретельно притирають гладеньким жорстким предметом.

Переведене зображення при необхідності можна зняти ваткою, змоченою в бензині, і на це місце знову перевести потрібне зображення.

Декелі від супиз відрізняються тим, що перебивання букв, цифр, умовних знаків та інших зображень може виконуватись декілька разів з одного аркуша. Декель являє собою прозору плівку, на яку різні зображення наносяться спеціальною фарбою декілька разів. Досить якісне перенесення одержується від триразового використання. Використаний декель можна відновити, змивши попередньо залишки

фарби скипидаром або сумішшю бензину Б-70 та ізопропилового спирту. Декелі можна переносити на всі види паперу, кальку, різні пластики.

Перенесення декелів виконується так само, як і перенесення супиз, лише попередньо визначають експериментально силу натиску. Оскільки декель багаторазового користування, то перше переведення виконують слабшим натиском, ніж друге і третє. Сила натиску змінюється залежно від тривалості зберігання декеля. Недоліком декелів є те, що вони довго сохнуть.

*Темплет*, на відміну від аплікації, можна використовувати багаторазово. Його можна наклеїти і знову відклеїти, переклеїти на інше місце.

Підкладкою темплетів може служити папір або пластик. На його лицьовому боці поліграфічним способом наноситься зображення, а на зворотному боці – шар невисихаючого клею, захищеного неліпким папером. Потрібне зображення вирізують, відокремлюють захисну прокладку і наклеюють на оригінал.

Недоліком темплетів є те, що при наклеюванні умовних знаків та назв на оригіналах створюється рельєфна поверхня, а також те, що фарба знаходиться поверху брівки і її можна зіскоблити. Позитивною якістю є великий термін зберігання темплетів і те, що клеєвий шар готовий до постійного вживання, оскільки захищений неліпким папером.

Отже, найвищу графічну якість оригіналів забезпечують фотонабір, аплікації та темплети. Продуктивність праці при роботі з темплетами і аплікаціями удвічі вища порівняно зі звичайним фотонабором.

## **§ 16. НАКРЕСЛЮВАННЯ ЗНІМАЛЬНИХ ОРИГІНАЛІВ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ І МАТЕРІАЛІВ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ЗЙОМОК**

### **16.1. Загальні відомості**

Топографічна карта відноситься до загальнографічних карт. Усі топографічні карти створюються як державні, за єдиними для країни порадами, інструкціями і умовними знаками. При розробці масштабного ряду картографічних карт, враховують вимоги до них з боку всіх галузей господарства. В 1934 році Державною міжвідомчою геодезичною радою був розроблений основний масштабний ряд – 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000,

а також розроблена система умовних позначень топографічних карт. Карти більшого масштабу 1:10 000, а саме 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 і 1:500, називають *планами*.

Топографічні карти є початковим картографічним матеріалом для створення дрібномасштабних загальногеографічних карт і є географічною базою для різних тематичних карт.

До географічних карт ставляться такі вимоги: карта повинна бути наочною і такою, щоб зручно читалась; на ній має бути точно і достовірно показаний весь зміст і настільки повно і детально, як вимагає того масштаб, призначення і особливості зображуваної місцевості.

Щоб топографічна карта відповідала цим вимогам, створення знімального оригіналу має проводитись з повною точністю і ретельністю. А це, в свою чергу, залежить не лише від точності вимірювань і нанесення об'єктів місцевості, але й від ретельного й акуратного накреслення, тобто від якості графічного оформлення знімального оригіналу.

## **16.2. Накреслювання знімальних оригіналів карт і вимоги щодо їх графічного оформлення**

Знімальний оригінал виконується внаслідок проведення топографо-геодезичних робіт (мензульної і графічної зйомок).

Основним методом створення топографічних карт нині є аерофотозйомка. Вона проводиться в тих випадках, коли необхідно створити карту великої території. При зйомках невеликої ділянки виконується мензульна зйомка, оскільки в цих випадках аерофотозйомка економічно недоцільна.

Знімальний оригінал при мензульній зйомці виконується на чистому аркуші паперу, який попередньо закріплюється на мензульній дошці. Перед виходом в поле на планшет наносять кути рамки, координатну сітку, пункти геодезичної основи. Зверху планшет накривають чистим аркушем креслярського паперу, так званою сорочкою. В процесі роботи на сорочці прорізують вікна в місцях стоянки мензули. Під лінійку кіпрегеля (скошений край) проводять олівцем допоміжні лінії, товщиною 0,10–0,15 мм. Вони мають бути досить блідими, щоб після того, як буде намічена точка, їх можна було легко зняти м'якою гумкою. Для цього використовують олівець твердості 5Т–6Т, заструганий у вигляді лопаточки або на конус.

В процесі мензульної зйомки робиться багато наколів за допомогою вимірювача. Точки від голки вимірювача мають бути не

більші 0,1–0,2 мм. Точки, накреслені олівцем, теж не мають бути більші 0,1–0,2 мм.

В польових умовах при мензульній зйомці олівцем рисують усі предмети місцевості та рельєфу. Лінії креслять твердим олівцем (3Т–6Т), вони мають бути тонкими (0,1 мм), потовщеними та однотипними. Рисуючи лінії від руки, користуються методом нарощування штриха. Натиск на олівець має бути легким, щоб лінію при потребі можна було легко зняти м'якою гумкою.

Весь рисунок місцевості олівцем виконують на точці, з якої виконується зйомка. Об'єкти місцевості зображують відповідними умовними знаками. При цьому точка умовного знака, яка означає місце розташування предмета, має співпадати з наколом. Річки і струмки, зображені однією лінією, накреслюються олівцем з поступовим потовщенням. При зображенні населених пунктів олівцем шрафіровка площ кварталів виконується розрідженішою (масштаб 1:25 000 і 1:50 000), ніж при виконанні її тушшю, або фарбування виконується голубим та рожевим олівцем (масштаб 1:10 000). Фарбування виконується блідим, щоб його можна було зняти м'якою гумкою. Окремі будівлі, які потім мають бути залиті чорною тушшю, злегка затушовуються графічним чорним олівцем. Усі дороги накреслюють відповідними умовними знаками. При накресленні шосейних доріг двома лініями обидві лінії накреслюються тонкими. При накресленні умовних знаків насипів і виїмок викреслюються тонкі штрихи.

Додаткові і допоміжні горизонталі у випадку рисування олівцем мають бути добре помітні. Для цього довжина штрихів ланок напівгоризонталей збільшується, а допоміжних – зменшується. При накресленні олівцем умовних знаків ґрунтово-рослинного покриву і ґрунтів допоміжна розграфка не робиться – значки розставляються приблизно. Всі підписи виконують остовними шрифтами. Розташовувати їх слід так, щоб не виникало сумнівів в належності підпису до того чи іншого об'єкта.

Паралельно з виконанням мензульної зйомки накреслюється *калька висот*. Перед виходом в поле на кальку висот наносяться рамка карти, точки координатної сітки і пункти геодезичної мережі. Щоденно в процесі зйомки на кальку висот з планшета переносяться всі пункти знімальної мережі, всі перехідні точки і точки знімальних ходів, а також рейкові, з підписами їх відміток. Позначення пунктів триангуляції, точок полігонометрії, реперів і їх підписи накреслюються червоним кольором. Точки знімальної мережі накреслюються чорним кольором, причому в чисельнику чорною тушшю підписується номер

точки, а в знаменнику червоною тушшю – її висота. Зрізи вод підписуються зеленим кольором, а відхилення магнітної стрілки – синім. Повністю накреслена калька висот оформлюється так: посередині, зверху підписують номенклатуру аркуша, праворуч – „калька висот”, знизу – масштаб. Калька висот призначена для контролю правильності накреслення горизонталей на знімальному оригіналі, оскільки в процесі роботи у полі рисунок горизонталей олівцем може бути затертим або накреслений помилково. Кальку висот накладають на знімальний оригінал і розміщені на ній рейкові точки мають підтверджувати правильність нарисування горизонталей на оригіналі.

Іноді при зніманні складної контурної ситуації використовується *калька контурів*. На неї можуть наноситися не всі контури, а лише найскладніші і найважливіші. Накреслюється така калька тушшю щоденно. До її графічного оформлення ставляться ті ж вимоги, що і до кальки висот. Але й вони не можуть забезпечити абсолютне збереження польового рисунка олівцем. Тому виконується щоденне накреслення знімального оригіналу тушшю по ходу виконання зйомки. Не допускається відставання закріплення рисунка олівцем на оригіналі тушшю більше, ніж на три дні. Всі елементи змісту на знімальному оригіналі накреслюються тушшю з великою ретельністю, точністю і в кольорах, передбачених таблицями умовних знаків, як правило трьома–чотирма кольорами.

На знімальному оригіналі зеленим кольором (замість голубого, наведеного в таблицях умовних знаків), накреслюються всі елементи гідрографії: берегова лінія морів, річок, озер; річки і струмки, зображені однією лінією; колодязі, джерела, зрізи вод, ізобати, числові характеристики усіх водних об'єктів і їх власні назви, штриховка боліт і їх числова характеристика. Штриховка боліт на знімальному оригіналі може виконуватись голубим кольором, оскільки не кожний топограф або картограф може виконати рисунок боліт якісно і красиво, зберігаючи той рисунок, який наведено в умовних знаках. При наступному фотографуванні знімального оригіналу голуба штриховка не відтворюється, тому голуба копія, одержана з першого оригіналу, отримується якіснішою, тобто ділянки, зайняті рисунком боліт, не затемнені. На видавничому оригіналі досвідчений кресляр-оформлювач виконує рисунок боліт відповідно до умовних знаків.

Коричневою тушшю на знімальному оригіналі накреслюють горизонталі та їх підписи, скелі, осипи, яри, обриви, вимоїни, їх числові характеристики, піски, кам'янисті і горбисті поверхні і т. д.,

тобто всі ті умовні знаки, які в таблицях умовних знаків наведені коричневим кольором.

Червоною тушшю накреслюються окремі знаки рослинності відповідно до таблиць умовних знаків і межа, яка означає поступовий перехід одного виду рослинності в інший.

Решта елементів змісту на знімальному оригіналі накреслюється чорним кольором – населені пункти, мережа доріг, межі, рослинність тощо.

Перш ніж накреслювати знімальний оригінал тушшю, необхідно відновити затерті лінії виконані олівцем, а зайві лінії зняти м'якою гумкою. Кришками м'якої гумки, які при цьому залишилися, круговими рухами долони збирають грязь з оригіналу, при цьому не слід дуже натискувати. Поля оригіналу чистять чорнильною гумкою. Після цього приступають до накреслювання знімального оригіналу тушшю. Воно виконується ретельно зі зберіганням розмірів і рисунків умовних знаків. Відступати від розміру умовного знака дозволяється лише на 0,1 мм.

Накреслювання тушшю виконується точно по лініях, проведених олівцем. Тому горизонталі, гідрографію, деякі види доріг або окремі їхні ділянки прийнято накреслювати креслярським пером, а не кривоніжкою.

В польових умовах допускається спрощене зарамочне оформлення: не накреслюють зовнішню рамку і масштаб закладень, деякі зарамочні написи можуть залишатися виконані олівцем.

Розглянемо порядок і деякі особливості накреслювання знімального оригіналу. Щоб уникнути зайвих виправлень і підчисток, а також не пропустити основного при накреслюванні знімального оригіналу тушшю, дотримуються такої послідовності.

Спочатку накреслюють лінії внутрішньої рамки оригіналу і фарбують дзеркало води голубою акварельною фарбою, квартали – голубою і рожевою.

Особливо ретельно і точно накреслюють опорні пункти, висотні точки і предмети місцевості, які служать орієнтирами, їх числові характеристики і пояснювальні підписи.

Ще раз уточнюють розміщення написів, виконаних олівцем. Обриси і розміри шрифтів мають відповідати шрифтам, наведеним у таблицях умовних знаків. Для швидкого виконання написів можна виготовити трафарет: на невеликому кусочку пластику вирізають отвори висотою трохи більшою висоти букв. При цьому враховують товщину гостро заструганого олівця. Довжина отвору визначається довжиною найбільшого напису.

Накреслення населених пунктів починають з промислових, сільськогосподарських і соціально-культурних об'єктів, їх назв і числових характеристик. Всі споруди, які зображуються позамасштабними умовними знаками, орієнтують відносно рамки карти, але не відносно ліній кварталів, всередині яких вони розташовані (рис. 3.35, д).

Потім накреслюють головні вулиці та проїзди, визначні будинки, іншу внутрішню забудову; зовнішні контури населеного пункту, умовні знаки садів, парків, городів тощо.

При накресленні мережі доріг насамперед зображають залізниці. Якщо паралельно залізниці на близькій відстані проходить автодорога, то полотно залізниці накреслюють за її дійсним положенням, а автодорогу зсовують. Проміжок між ними має бути не менше 0,2 мм.

При накресленні доріг показують всі споруди, які знаходяться на них, і лінії зв'язку, а також окремі будівлі, розташовані поза населеними пунктами. Якщо дорога зображається двома лініями, то будівлю показують на лінії дороги, а якщо однією, то на відстані 0,2 мм від неї.

Накреслювання гідрографії починають зі зрізів вод і пристаней, оскільки вони можуть розривати берегову лінію. Потім накреслюють берегову лінію річок, морів, озер та інших водоймищ, річки і струмки, зображувані однією лінією і, нарешті, тимчасові водотоки.

Після гідрографії накреслюють рельєф і всі числові характеристики, які відносяться до нього, в такій послідовності: яри, обриви, вимоїни, скелі та інші форми зображувані спеціальними умовними знаками, потім потовщені основні, додаткові та допоміжні горизонталі.

Зображення рельєфу доповнюється числовими відмітками характерних точок місцевості. Їх виконують чорним кольором.

При накреслюванні межі місця перегинів фіксують різкими зламами штрихів або точками знака. В таких випадках довжина ланки межі й проміжку може бути збільшена або зменшена. Деталі рисунка огорож, які виступають, орієнтують всередину огорожених територій, в окремих випадках – у менш затемнений штриховими елементами бік.

Накреслювання ґрунтово-рослинного покриву і ґрунтів починають із їх меж. Потім олівцем виконують розграфку для розміщення заповнюючих умовних знаків за допомогою синусних лінійок, палеток і трафаретів. Якщо виконувач має певні навички і в нього добрий окомір, розграфку олівцем можна виконувати за допомогою звичайної лінійки і трикутника або накреслювати умовні знаки приблизно без допоміжної побудови. Умовні знаки рослинності і ґрунтів не слід

перетинати зображеннями інших об'єктів, оскільки навіть шахова розстановка може бути порушена; умовний знак може бути трохи зсунутий у бік або взагалі не показаний. Щільність розстановки знаків рослинності залежить від площі, яку займає угіддя: якщо площа маленька, то відстань між знаками може бути зменшена на третину.

При виконанні умовних знаків лісів, порослі лісу, суцільних заростей чагарників перш за все в центрі площі намічають характеристику деревостою. Якщо площа, зайнята лісом, велика, характеристика робиться декілька разів. Якщо площа невелика або являє собою вузьку смугу, то характеристику деревостою розміщують поза контуром лісу.

Ще раз проглядають розташування всіх написів і, якщо необхідно, їх переносять на інше місце. Встановивши, що напис розміщений правильно – не перетинається іншими об'єктами, його накреслюють тушшю.

Завершують виготовлення знімального оригіналу накресленням зовнішньої рамки і зарамочного оформлення. Після всіх перевірок з нього накреслюють видавничий оригінал. Видавничий оригінал накреслюється креслярем-оформлювачем, який добре вміє користуватися креслярськими інструментами і способами топографічного креслення. Всі написи, числові характеристики і умовні знаки виконують за допомогою фотонабору.

Послідовність накреслювання знімального оригіналу тушшю може змінюватися залежно від місцевості, яку знімають. Наведеної послідовності накреслювання оригіналу необхідно дотримуватись при виконанні навчального завдання. Всю ситуацію з макета фрагмента знімального оригіналу необхідно скопіювати тонкими, м'якими лініями, які легко знімаються гумкою. Потім накреслити тушшю в тій послідовності, яка наведена вище, і відповідно до номерів умовних знаків, зображених на макеті. Потовщені горизонталі, проміїни, річки слід копіювати тонкою лінією, а не потовщеною. Точковий пунктир меж угідь копіюють подовженою пунктирною лінією, а польові дороги і стежки – тонкою суцільною лінією. Населені пункти, прямі ділянки доріг копіюють під лінійку. Одержану копію звіряють з рисунком макета, виправляють допущені помилки і лише після цього накреслюють оригінал тушшю.

На рис. 3.43 наведено приклад накреслювання частини знімального оригіналу в масштабі 1:10 000 відповідно до „Учебной топографической карты” (М., 1978).

Накреслювання фотопланів має свої особливості. Щоб туш добре лягала на фотоемульсійний шар, спочатку поверхню фотоплану



протирають м'якою гумкою. Якщо знімки виконано на глянцевому фотопапері, то їх поверхню злегка протирають чорнильною гумкою, щоб трохи зняти глянець. Рисунок олівцем на фотоплані виконують дуже ретельно. При цьому користуються олівцями Т, ТМ, 2М, щоб не пошкодити фотоемульсію. Особлива обережність потрібна при роботі на фотоплані креслярськими інструментами. Креслярські пера підбираються найм'якші (№41). Рейсфедер, кривоніжка і кронциркуль мають не врізатися в фотопапір.

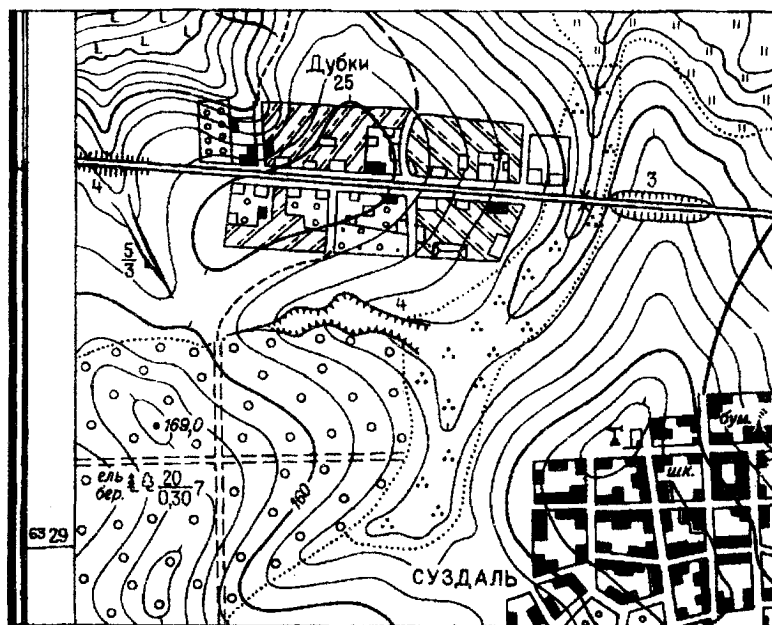


Рис. 3.43. Фрагмент знімального оригіналу масштабу 1:10 000

Польове накреслювання фотоплану тушшю проводиться по ходу виконання зйомки і тими ж кольорами, що й знімальний оригінал мензульної зйомки.

До його накреслювання ставляться ті ж вимоги, що й до знімального оригіналу, зберігається та ж послідовність накреслювання елементів змісту.

Якщо при накреслюванні фотоплану користуються звичайною тушшю і фарбою, то неправильно накреслений рисунок можна акуратно видалити вологою ваткою. Відновлюють рисунок лише після

повного висихання поверхні. Коли весь оригінал накреслений, з нього видаляють фотозображення шляхом вибілювання. Вибілений фотоплан виглядає так само, як знімальний оригінал мензульної зйомки.

Зарамочне оформлення фотоплану в польових умовах виконують скороченим: не накреслюють зовнішню і мінутну рамки, лінійний масштаб тощо.

### **16.3. Графічне оформлення матеріалів великомасштабних зйомок**

#### *Тахеометрична зйомка*

Для виготовлення планів невеликих ділянок застосовується тахеометрична зйомка. При цьому виконують зйомку ситуації і рельєфу. В польових умовах все креслення виконують олівцем. Для того, щоб різні елементи краще відрізнялись один від одного, користуються олівцями різної твердості. Наприклад, горизонталі накреслюють олівцем 4Т, 5Т, потовщені горизонталі – 2Т, 3Т, населені пункти – 2Т, ТМ, написи – Т, М.

Під час тахеометричної зйомки олівцем ведуть журнал, де для записів цифр використовується обчислювальний шрифт. Крім того, під час тахеометричної зйомки для кожної станції складають абрис (кроки), який являє собою план місцевості, виконаний приблизно від руки.

Знімальний журнал і кроки служать основним посібником при складанні тахеометричного плану. План, складений олівцем, ретельно коректують, а потім накреслюють тушшю і оформляють відповідно до таблиць умовних знаків (рис. 3.44).

#### *Теодолітна зйомка*

Теодолітну зйомку виконують в масштабах: 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 і 1:500. При прокладанні теодолітних ходів в польових умовах попутно знімають і зарисовують ситуацію місцевості в абрисах. Абрис складають в довільному масштабі олівцем (2Т, Т), але при цьому дотримуються умовних знаків, прийнятих для складання плану. При виконанні абрису допускається робити винесення окремих деталей. Виноски мають бути зроблені так, щоб при складанні плану не виникало ніяких запитань. Цифри і пояснювальні підписи виконуються чіткими і розбірливими. Для них використовують основні шрифти.

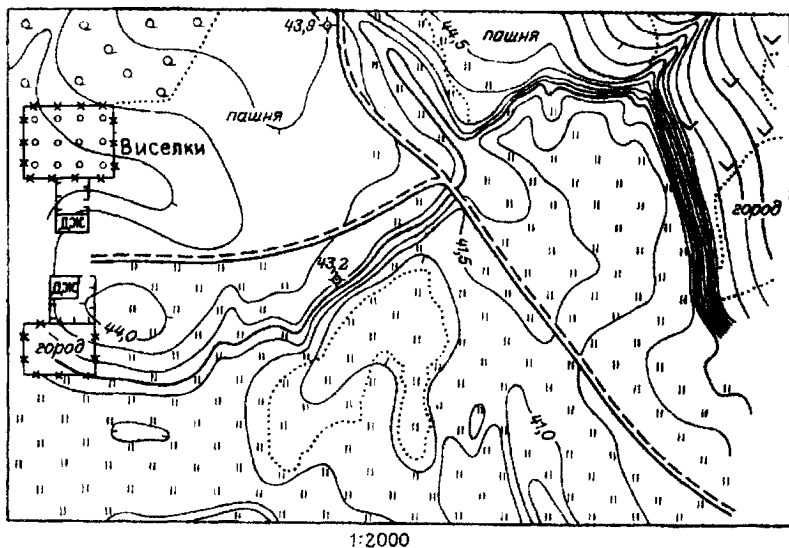


Рис. 3.44. Зразок плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки

Камеральне складання плану виконують спочатку олівцем, беручи за основу абрисні зарисовки, виконані в польових умовах. Після нанесення геодезичної основи приступають до зображення місцевих предметів і характерних точок контурів. Точки наносять за допомогою транспортира, масштабної лінійки, вимірника або за допомогою лінійки і трикутника. Всі допоміжні побудови виконують слабенькими сірими лініями, щоб їх легко було зняти гумкою. Одночасно з точками на план наносять і накреслюють контури і предмети місцевості відповідно до умовних знаків. На рис. 3.45 наведено приклад плану ділянки місцевості, виконаного за даними теодолітної зйомки.

#### *Накреслення повздожнього профілю*

Повздожній профіль ділянки земної поверхні можна побудувати за даними топографічного плану або за результатами польових робіт при прокладанні нівелірного ходу. В обох випадках побудову починають з виконання олівцем, а потім накреслюють тушшю. Профіль найзручніше будувати на міліметровому папері. Оскільки він

за своїми якостями відрізняється від хорошого креслярського паперу, то працюють олівцями твердості 2Т, 3Т без натиску. Підчищати гумкою слід дуже акуратно, щоб не зруйнувати верхній шар паперу. При польових роботах в процесі проектування бувають переробки. Тому накреслювання олівцем робиться блідими лініями, які легко видаляються м'якою гумкою.

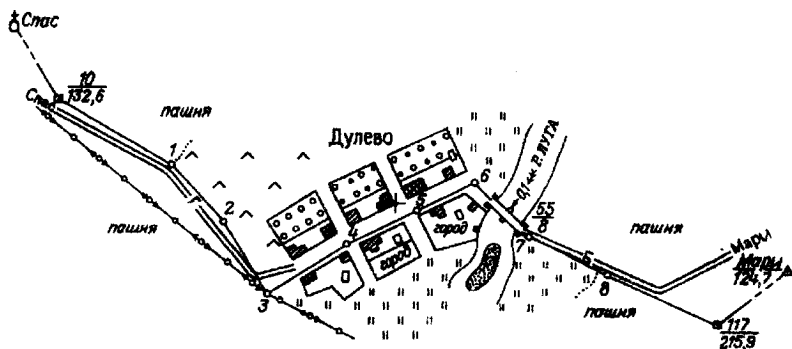


Рис. 3.45. Зразок плану ділянки місцевості за даними теодолітної зйомки

Повздовжні профілі накреслюють в двох масштабах.

Якщо горизонтальних масштаб дорівнює 1:5 000, то вертикальний може дорівнювати 1:500. Таку різницю масштабів вибирають для того, щоб краще виразити рельєф місцевості. При проектуванні лінія нульових робіт виходить дуже звивистою. Тому спочатку олівцем її спрямляють, а потім вже накреслюють тушшю.

Профіль накреслюють тушшю двома кольорами. Всі проектні дані і план шляху накреслюють червоною тушшю, а решту даних – чорною. Червоною тушшю накреслюється і сама траса, від якої стрілками показують кути повороту. Кінці стрілок мають бути тонкими та гарними. Внутрішній зміст контурів на плані накреслюють умовними знаками прийнятого масштабу (в нашому прикладі 1:5 000). Всі цифри виконують креслярським пером, висотою 2–2,5 мм без попереднього накреслювання їх олівцем. На рис. 3.46 наведений дорожній профіль.

В нівелірному журналі всі записи виконують олівцем акуратно і чітко. Для записів цифр використовують обчислювальний шрифт.

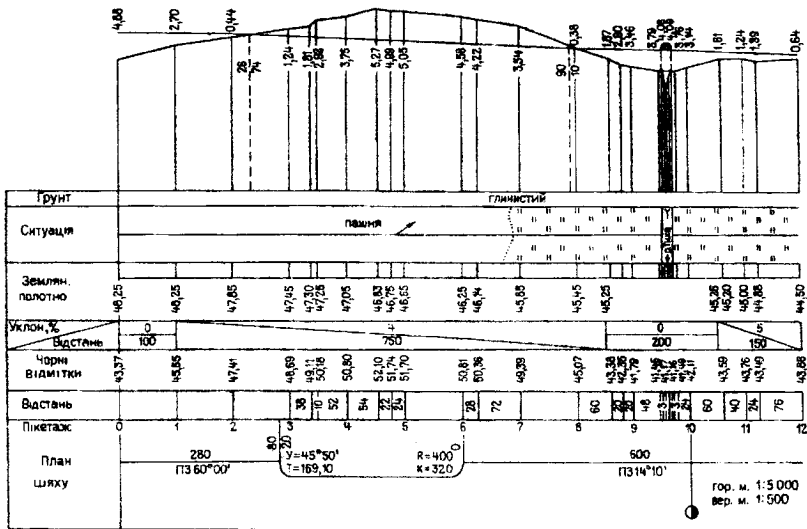


Рис. 3.46. Повздовжній профіль

## **Розділ IV. ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ**

### **Вступ**

В час швидкого розвитку комп'ютерних технологій та впровадження їх в різні галузі науки і техніки значного розповсюдження набуло програмне забезпечення, яке покликане вирішувати інженерні, екологічні, дослідницькі та конструкторські завдання.

Серед широкого спектру спеціалізованого програмного забезпечення інформаційних систем чільне місце займають програми, призначені для обробки графічної інформації (малюнків, схем, креслень тощо) – графічні редактори.

Сучасний етап підготовки висококваліфікованих фахівців різних напрямків обумовлює використання методів комп'ютерної графіки.

Вивчення розділу “Комп'ютерна графіка” дисципліни “Інженерна графіка, маркшейдерське й топографічне креслення” передбачає оволодіння навичками роботи зі спеціалізованим програмним пакетом, призначеним для роботи з креслярськими документами, на прикладі креслярсько-комп'ютерної системи (ККС) КОМПАС-ГРАФИК-5.Х. Для вивчення її необхідно мати загальні уявлення про комп'ютери та уміння працювати в операційній системі (ОС) MS Windows.

Розділ “Комп'ютерна графіка” даного навчального посібника складається з п'яти параграфів.

Перший параграф ввідний, присвячений загальним питанням, що розкривають основні поняття та принципи комп'ютерної графіки.

В другому параграфі розділу наведено основні теоретичні та структурні принципи побудови і роботи ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.Х. Розглянуто елементи, з яких складається ККС, їх характеристики та призначення.

В третьому та четвертому параграфах даного розділу розглянуто питання практичного використання ККС при побудові та розробці креслярських документів. На прикладі побудови креслення реальної деталі наведено послідовність виконання та основні прийоми роботи в системі КОМПАС-ГРАФИК-5.Х.

В п'ятому заключному параграфі докладно розглянуто побудову моделі деталі тобто її тривимірне зображення з використанням засобів КОМПАС-3D.

## **§ 17. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ПРИНЦИПИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ**

### **17.1. Загальні відомості про комп'ютерну графіку**

Комп'ютерна (машинна) графіка – термін, під яким розуміють використання комп'ютерної техніки для створення, редагування, зберігання, документування та відображення інформації у вигляді графічних зображень.

З інженерної точки зору комп'ютерна графіка застосовується для створення креслень та креслярсько-конструкторських документів з використанням комп'ютерної техніки. Окрім функцій безпосередньої побудови креслень, методи комп'ютерної графіки, на відміну від методів інженерної графіки, дозволяють здійснювати автоматизацію побудови зображень. Вона полягає у звільненні конструктора від громіздких за часом та об'ємом операцій побудови типових елементів креслення (різьбові з'єднання, зубчасті передачі, зварювальні шви тощо).

До беззаперечних переваг комп'ютерної графіки відноситься можливість корегування та внесення змін у креслення на будь-якому етапі їх створення.

Залежно від поставлених завдань комп'ютерна графіка застосовується:

- для відображення результатів моделювань та розрахунків (при побудові діаграм, схем, графіків тощо);
- для автоматизації побудови зображень (при виконанні креслень, малюнків, схем);
- для вирішення задач геометричного моделювання, дизайну тощо.

Реалізацію методів комп'ютерної графіки неможливо здійснити без засобів комп'ютерної графіки. До засобів комп'ютерної графіки належить весь комплекс технічних засобів та програмних продуктів (комп'ютерних програм), призначених для реалізації функцій комп'ютерної графіки.

### **17.2. Принципи подання графічної інформації в комп'ютерній графіці**

На даний час єдиної концепції подання графічної інформації в аналітичному вигляді немає. Існує ряд методів подання графічної інформації, що відрізняються за своїм принципом, властивостями та сферами використання. Ці методи поділяються на загальні два класи – растрові та векторні. При растровому методі графічне зображення представлено, як множина точок, кожна з яких має дискретні

координати  $X$ ,  $Y$ , та колір  $C$ . Даний метод має свої деякі обмеження, що виявляються у неможливості здійснення геометричного моделювання, складності редагування графічних даних, представлених таким способом, а також потреба значного об'єму пам'яті для зберігання растрових графічних даних. Усі ці недоліки відсутні у векторному способі подання графічної інформації. Слід зазначити, що векторна графіка поділяється на двовимірну та тривимірну. В двовимірній усе зображення складається з плоских елементів зображення, розташування яких характеризують координати  $X$  та  $Y$ .

Тривимірні зображення складаються з об'ємних елементів, розташування яких, окрім координат  $X$  та  $Y$ , визначається ще координатою  $Z$ .

Векторні зображення будуються з геометричних примітивів (точка, відрізок, коло, прямокутник), що описуються координатами положення характерних точок або математичною залежністю. Наприклад, відрізок представляється у вигляді координат крайніх його точок або координатами початкової точки, довжиною та кутом нахилу до осі  $X$ . Тобто на відміну від растрового способу представлення для опису елемента зображення використовується не множина точок з координатами, а лише характерні точки та параметри, за якими комп'ютер буде даний елемент зображення (рис. 4.1).

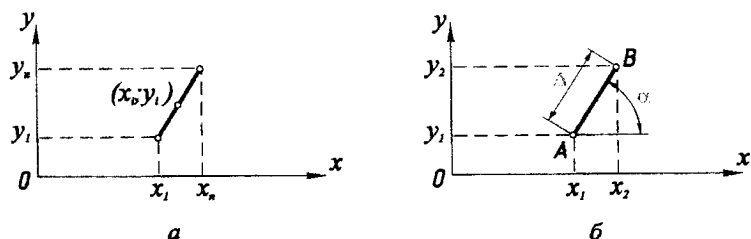


Рис. 4.1. Способи представлення графічної інформації:  
а – растровий; б – векторний

У двовимірній графіці використовується побудова зображення як з використанням геометричних примітивів, так і на підставі математичного опису.

В тривимірній графіці існує ряд способів представлення елементів зображення: дротяне, полігонне та інше.

При дротяному представленні тривимірний графічний об'єкт являє собою сукупність ребер (відрізків прямої), які утворюють об'ємний каркас (рис. 4.2, а).



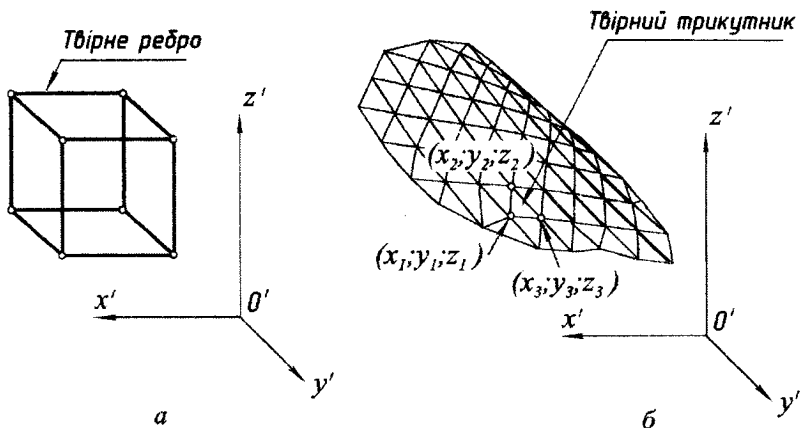


Рис. 4.2. Принцип представлення тривимірних зображень:  
 а – дротяна модель; б – полігональна модель

Однак при такому способі представлення складно здійснити візуалізацію об'єкту. Складність полягає в неможливості визначення видимих граней, оскільки їх взагалі не існує (об'єкт складений з ребер). При такому способі неможливо побудувати криволінійні грані та тіла обертання (циліндр, конус, тор). Також неможливо визначити характер взаємного перетину поверхонь.

При полігонному представленні тривимірний об'єкт складається з множини елементарних площин, як правило, плоскі трикутники або чотирикутники, з'єднані між собою ребрами утворюючи при цьому поверхню (рис. 4.2, б). Тобто будь-яка поверхня апроксимується багатогранником, кожна грань якого є елементарною площиною. Положення в просторі елементарних площин відносно заданої системи координат визначається координатами вершин або характерних точок. Крім плоских трикутників або чотирикутників використовуються способи задання поверхні за допомогою плоскопаралельного переміщення в тривимірному просторі геометричних примітивів так, як це показано на прикладі переміщення відрізка прямої ( $AB$ ) або дуги кола ( $CD$ ) на певну відстань (рис. 4.3).

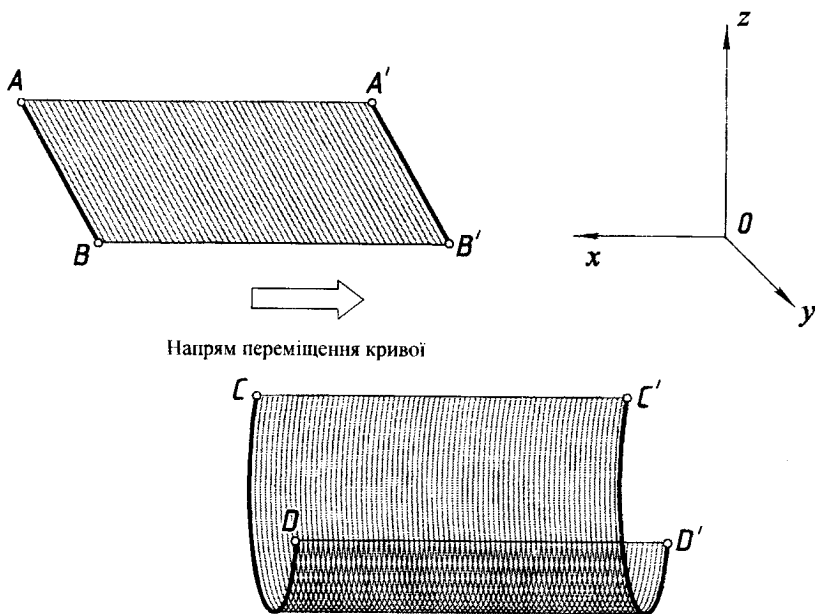


Рис. 4.3. Побудова поверхонь плоскопаралельним переміщенням твірної

Цей спосіб використовується при побудові циліндричних, конічних та інших поверхонь.

Будь-яке тривимірне зображення на екрані монітора буде виглядати двовимірним, тобто на площині. При цьому здійснюється його візуалізація. Вона полягає в тому, що усі елементи тривимірного зображення проєктуються на площину, при чому невидимі грані зображення (грані, що знаходяться позаду від граней, розташованих ближче до площини проєктування) не зображуються (рис. 4.4).

Візуалізацію тривимірних зображень вдається також досягати затушовуванням граней деталі різними кольорами та відтінками.

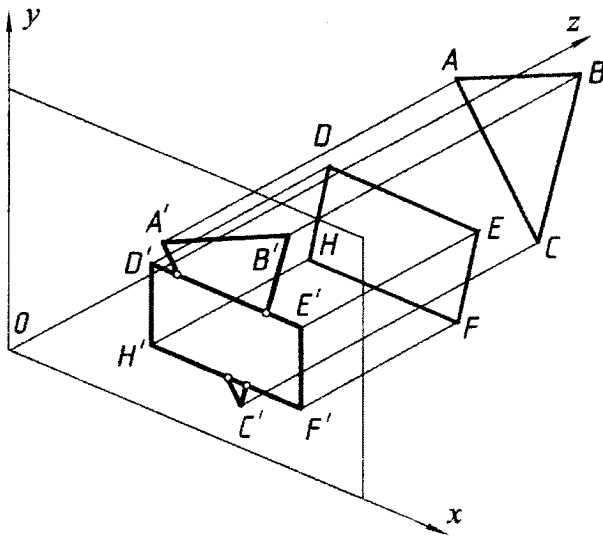


Рис. 4.4. Принцип візуалізації тривимірних зображень

### 17.3. Апаратні засоби комп'ютерної графіки

До апаратних засобів комп'ютерної графіки відносяться технічні пристрої, які використовуються для реалізації методів комп'ютерної графіки (побудова, створення, редагування, відображення та документування зображень).

За функціональним призначенням апаратні засоби комп'ютерної графіки поділяються на:

- засоби вводу інформації;
- засоби синтезу та обробки графічної інформації;
- засоби зберігання графічної інформації;
- засоби відображення графічної інформації;
- засоби документування графічної інформації.

До засобів вводу інформації належать алфавітно-цифрова клавіатура, спеціалізований графічний планшет, сканер, а також різні типи маніпуляторів. Клавіатура і маніпулятори використовуються для керування процесами створення зображення шляхом задання необхідних команд та даних.

Графічний планшет – плоске поле сенсорів, що відновлюють структуру екрана, в якому окрім функцій керування може бути реалізована функція безпосереднього формування зображення.

Сканер використовується для введення графічних зображень у комп'ютер з твердих копій на папері.

Засобом синтезу та обробки графічної інформації є графічний адаптер, який входить до складу комп'ютера та виконує основну масу операцій обробки графічної інформації. Головним компонентом графічного адаптера є графічний процесор, який працює паралельно з центральним процесором комп'ютера, вивільнюючи його від громіздких та тривалих за часом операцій обробки графічної інформації. При обробці та синтезу графічної інформації центральний процесор лише видає в графічний процесор команди високого рівня типу пересилки блоку відеоінформації, формування відрізка прямої, зміни масштабу тощо.

До засобів зберігання графічної інформації належать оперативно-запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) комп'ютера, відеопам'ять, пристрій накопичення інформації на дисках. Відеопам'ять використовується виключно для тимчасового зберігання графічної інформації, на відміну від ОЗП вона працює швидше. Для довгострокового зберігання графічної інформації використовуються пристрої накопичення інформації на дисках.

До апаратних засобів відображення графічної інформації належить монітор. В моніторі реалізовані два способи відображення інформації на екран: текстовий та графічний.

В текстовому режимі комп'ютер звертається до екрана монітора, як до сукупності окремих коміринок (або знакоміць), в кожному з яких може бути занесена літера, цифра, спеціальний символ (!%^&\*#@!№;”~) або символи псевдографіки (елементи рамок, ліній та ін.). Тому текстовий режим ще має назву алфавітно-цифровий. В цьому режимі екран монітора ділиться на 80 позицій по горизонталі (колонок) та 25 по вертикалі (рядків), тим самим забезпечуючи відображення одночасно до 2000 (80×25) символів.

В текстовому режимі відображення графіки неможливе, оскільки усі відображувані символи стандартизовані за своїм зовнішнім виглядом, а звернення до них відбувається по коду кожного символу.

Набір символів відповідає стандарту ASCII (American Standard Code for Information Interchange-Американський стандартний код для обміну інформацією). Зовнішній вигляд символів, що відображуються на екрані монітора, запрограмований у постійно-запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) відеоадаптера.

Кожен символ алфавітно-цифрового набору описується двома байтами: інформаційним та атрибутивним.

Інформаційний байт вказує код ASCII даного символу (наприклад, 78 відповідає зображенню символу "N"), за яким відеоадаптер знаходить його в своєму ПЗП.

Атрибутивний байт визначає колір тексту (зображення символу) і фону, на якому символ відображується на екрані, градації яскравості, наявність або відсутність інверсії та наявність або відсутність мерехтіння.

Однак текстовий режим не знайшов широкого розповсюдження при вирішенні задач комп'ютерної графіки, яка досить широко використовує можливості графічного режиму.

В графічному режимі комп'ютер звертається до екрана монітора не як до сукупності комірчинок для символів, а як до масиву точок — найменших компонентів зображення.

Працюючи таким чином монітор може відображувати на екрані графіки, малюнки та складні ілюстрації. Виведення зображення здійснюється шляхом керування кольором та яскравістю кожної з точок екрана.

Сучасні комп'ютерні монітори здатні працювати як в текстовому, так і в графічному режимі.

Безпосереднє керування монітором здійснює відеоадаптер. Він передає керуючі сигнали виконавчим блокам монітора, а вони, в свою чергу, повністю контролюють процес формування зображення на екрані.

Для виводу інформації на екран монітора відеоадаптер здійснює керування:

- рядковою та кадровою розгортками електронно-променевої трубки монітора (ЕПТ);
- яскравістю елементів зображення;
- змішуванням кольорів.

Зображення на екрані монітора створюється пучком електронів, що випромінюються електронною гарматою. Цей промінь прискорюється електричною напругою та потрапляє на внутрішню поверхню екрана ЕПТ, вкриту шаром люмінофору (хімічною сполукою на основі фосфору, що починає світитися під дією пучка електронів).

Електронний промінь керується електромагнітним полем, що створюється відхиляючою системою монітора, яка, в свою чергу, підпорядковується командам відеоадаптера (рис. 4.5).

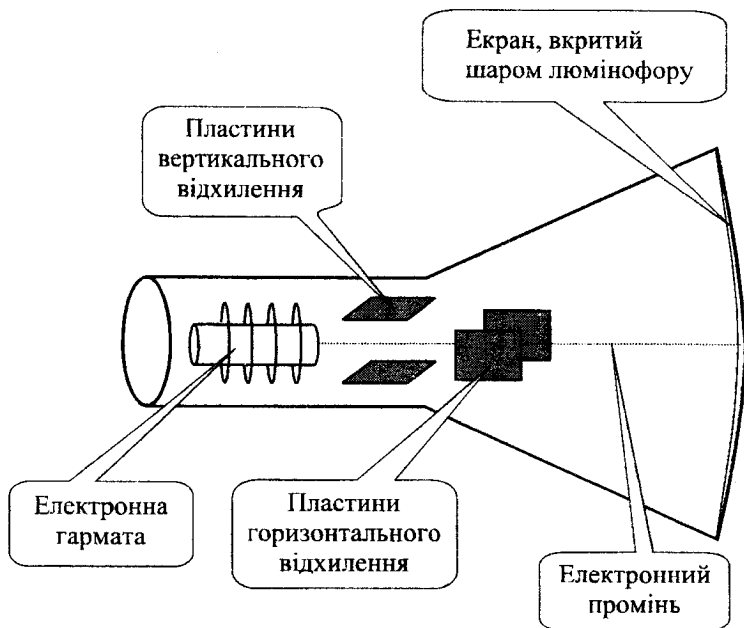


Рис. 4.5. Електронно-променева трубка монітора

Колір на екрані монітора формується з трьох основних складових: червоного, синього та зеленого. Всередині ЕПТ знаходяться три електронних гармати, по одній для кожної складової, причому керування їхніми променями здійснюється окремо. З середини на екрані монітора наносяться дрібні крапки люмінофору трьох кольорів: червоного, синього та зеленого. Тому відеоадаптеру та відхиляючій системі монітора необхідно створювати три зображення: зелене, синє та червоне, які потім змішуються. Внаслідок чого виходить багатоколірне зображення.

Комп'ютерні монітори, що використовуються при вирішенні задач комп'ютерної графіки, належать до растрових. Також існують ще векторні монітори, але через свою складність поширення вони не набули.

Принцип побудови зображення на екрані растрових моніторів такий: електронний промінь під впливом відхиляючої системи

монітора оббігає поверхню екрана горизонтальними рядками зліва направо, починаючи з верхнього лівого кутка. Після того, як рядок завершується, промінь здійснює зворотний рух, під час якого інтенсивність його невисока і в цей період світіння не відбувається, та починає оббігати новий рядок трохи нижче, ніж попередній (рис. 4.6). Таким чином весь кадр (растр) екрана складається з горизонтальних рядків, а кожен рядок являє собою сукупність точок зображення – пікселів.

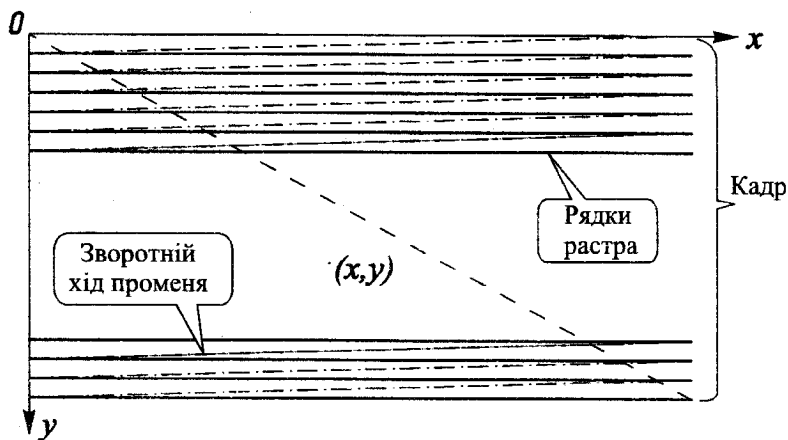


Рис. 4.6. Структура растра зображення

Таким чином, екран монітора можна представити як дискретну множину пікселів.

Загальна кількість точок растра називається дозвільною можливістю та є важливою характеристикою монітора. Так, дозвільна здатність  $640 \times 480$  означає, що монітор здатний відтворювати 640 пікселів по горизонталі та 480 пікселів по вертикалі.

Існує ряд стандартів графічних адаптерів, які відрізняються дозвільною здатністю та кількістю одночасно відтворюваних на екрані кольорів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

№ п/п	Найменування відео-адаптера	Дозвільна здатність	Відтворення кольорів
1	CGA	320×200	2
		640×200	4
2	EGA	640×200	16
		640×350	16
3	VGA	640×200	16
		640×350	16
		640×480	16
4	SVGA	800×600	256 (8 біт); 65536 (16 біт); 16,7 млн. (24 біта)
		1024×768	До 16,7 млн. (24 біта)
5	XGA	1024×768	256; 16,7млн; 4,29 млрд.(32 біта)
6	SXGA	1280×1024	256; 16,7млн; 4,29 млрд.
7	SXGA+	1400×1050	256; 16,7млн; 4,29 млрд.
8	UGA	1600×1200	256; 16,7млн; 4,29 млрд.

До основних характеристик моніторів, як засобів відображення графічної інформації, належить ширина пропускання відеосигналу. Ця характеристика визначає швидкість, з якою монітор здатний приймати керуючі сигнали від відеоадаптера. Більш широкополосні монітори забезпечують кращу чіткість та контурну різкість зображення, особливо в графічному режимі.

Інша важлива характеристика монітора – частота розгортки. Ця величина нероздільно зв'язана з дозвільною здатністю. Вона визначає, як часто електронний промінь оббігає поверхню екрана. Відповідно, чим більша частота розгортки, тим вища роздільна здатність монітора.

Існує цілий ряд моніторів, які відрізняються розмірами екрана. Так, при збільшенні розміру екрана має зберігатися співвідношення висоти та ширини зображення. При цьому використовують не два, а один показник – розмір по діагоналі. Бувають монітори з розміром екрана 14 дюймів (36 см), 15 дюймів, 17 дюймів, 19 та 21 дюйм. Для потреб комп'ютерної графіки бажаним є використання моніторів з діагоналлю екрана не менше 17 дюймів.

Як засоби документування графічних зображень використовуються плоттери та принтери. Плоттери бувають планшетного та барабанного типів. Вони призначені для креслення на паперових



носіях машинобудівних креслень, графіків, схем, метеорологічних та геодезичних карт тощо.

Залежно від фізичного способу нанесення зображення принтери поділяються на: матричні, струменеві та електростатичні (лазерні). Вони характеризуються рядом показників – форматом друку (A4, A3, A1 та A0), якістю друку, тобто кількістю пікселів на дюйм, та швидкістю друку. Найбільшу якість зображення забезпечують лазерні принтери порівняно з струменевими та матричними. Однак, при документуванні креслень, найбільшого поширення набули плоттери та принтери великого формату.

#### **17.4. Програмні засоби комп'ютерної графіки**

Для реалізації можливостей комп'ютерної графіки використовуються програми та програмні пакети, що дістали назву графічні редактори або креслярські системи. Залежно від призначення та реалізованих в них функцій графічні редактори можуть бути як універсальні (для створення графіків, схем, ілюстрацій), так і спеціалізовані (для створення графічної документації, креслень) для роботи з растровою графікою та для роботи з векторною.

До складу таких програмних пакетів входять такі структурні елементи:

- екранний інтерфейс;
- графічний покажчик;
- бібліотека примітивів;
- засоби редагування;
- засоби збереження графічної інформації на носіях;
- засоби створення твердих копій графічних зображень.

Екранний інтерфейс являє собою підпрограму, яка реалізовує та забезпечує доступ та взаємодію користувача з функціональними елементами та інструментами графічного редактора.

Графічний покажчик являє собою підпрограму графічного редактора, здійснює відображення на екрані графічного зображення, з яким працює користувач, графічних та текстових позначок функціональних елементів системи. До функцій цієї підпрограми належать: деталізація зображення, масштабування та реалізація інших режимів відображення.

Бібліотека примітивів являє собою масив інформації у вигляді графічних примітивів та елементів, необхідних для побудови зображень. Якщо графічний редактор являє собою пакет прикладних програм, призначених для автоматизації побудови креслярських

документів, то в бібліотеку примітивів, в такому випадку, входять усі типові та стандартні елементи, з яких складається креслення (пазові та різьбові з'єднання, шпонки, шайби, гайки тощо).

Засоби редагування – підпрограма, за допомогою якої користувач має змогу здійснювати маніпуляції над зображенням та його елементами.

Засоби збереження графічної інформації на носіях являють собою підпрограму, головною функцією якої є реалізація процесів зчитування та запису інформації на різного типу носіях (дискетах, жорстких дисках, лазерних компакт-дисках).

Засоби створення твердих копій зображень являють собою підпрограму, що здійснює керування процесами виводу графічної інформації на засоби друку. Дана підпрограма дає можливість перед тим, як виводити графічний документ на друк, здійснювати його попередній перегляд на екрані монітора. Це робить можливим визначення габаритних розмірів документа та розташування його відносно аркуша, на якому буде виконуватися друк. В тому випадку, коли графічний документ повністю не вміщується в рамки аркуша, то програма здійснює його розбивку на фрагменти відповідно з наступним склеюванням надрукованого документа. Коли виникає потреба розміщення зображення на одному аркуші, то підпрограма в такому випадку здійснює зменшення масштабу таким чином, щоб графічний документ повністю розміщувався на одному аркуші певного формату.

Серед спеціалізованих графічних редакторів, що використовуються в машинобудуванні, приладобудуванні та будівництві широкого використання набули такі системи як: AutoCAD, КОМПАС-ГРАФИК, ГЕОМОД, ArchiCAD тощо.

## **§ 18. ЗАГАЛЬНІ ВІДМОСТІ ПРО КРЕСЛЯРСЬКО-КОМП'ЮТЕРНУ СИСТЕМУ КОМПАС-ГРАФИК-5.X**

### **18.1. Призначення та склад креслярсько-комп'ютерної системи КОМПАС-ГРАФИК-5.X**

Система КОМПАС-ГРАФИК-5.X призначена для автоматизації проектно-конструкторських робіт в машино- та приладобудуванні, архітектурі та будівництві при складанні схем та планів, у кожній галузі, де необхідно розробляти та випускати креслярську та текстово-графічну документацію.

Креслярсько-комп'ютерна система (ККС) КОМПАС-ГРАФИК розроблена спеціально для операційного середовища MS Windows, а тому її структура та загальні прийоми роботи суттєво не відрізняються від роботи з додатками цього операційного середовища.

Відображення складових елементів ККС та робочого вікна з зображенням фрагменту або креслення здійснюється в головному вікні системи (рис. 4.7).

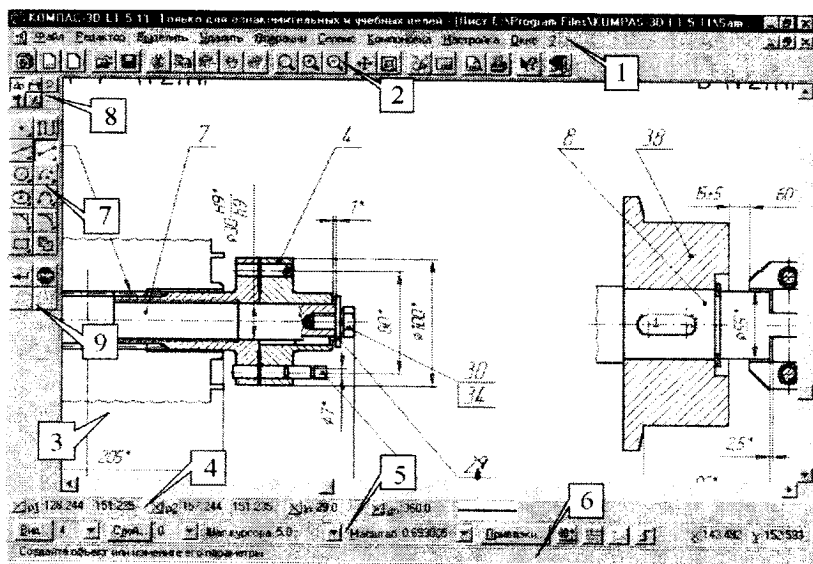


Рис. 4.7. Загальний вигляд головного вікна ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.X:

- 1 – рядок команд меню; 2 – панель керування; 3 – вікно документа; 4 – рядок параметрів об'єктів; 5 – рядок поточного стану; 6 – рядок повідомлень; 7 – інструментальна панель; 8 – панель переключення; 9 – панель спеціального керування

Головне вікно системи – це поле, на якому розташовуються сторінки верхнього текстового меню, панелі кнопок та інші елементи керування, а також вікна документів.

Самий верхній рядок головного вікна – його заголовок, в якому вказана назва системи та номер її версії – КОМПАС-3D LT 5.11.

Під заголовком головного вікна знаходиться рядок команд меню, в якому відображені назви сторінок верхнього меню системи.

*Вікно документа* – це поле, що зображується всередині головного вікна і відображає інформацію цього документа (креслення, фрагмент, специфікація тощо). Вікна документа є підпорядкованими головному вікну системи, а тому відображуються тільки всередині його.

У верхній частині вікна документа знаходиться рядок заголовка, в якому вказана назва цього документа. В головному вікні системи одночасно може бути відкрито декілька документів (але тільки для комерційної версії програми).

*Команди меню* – група команд різного призначення (команди налаштування системи, компоновки креслення та інші), необхідних для роботи в ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.X, яка розташовується в рядку в верхній частині головного вікна під рядком заголовка вікна.

Деякі команди меню мають свої власні підменю, на наявність яких вказує зображення маленької трикутної стрілки праворуч від назви команди (рис. 4.8).

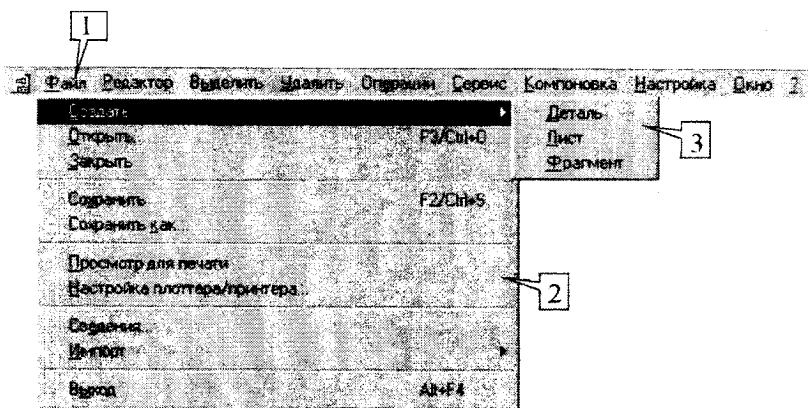


Рис. 4.8. Вигляд рядка команд меню:

1 – назва сторінки; 2 – меню команд; 3 – підменю команд

*Панелі кнопок* – панелі, на яких розташовані кнопки з піктограмами, кожна кнопка відповідає певній команді системи. Слід відмітити, що цілий ряд команд доступний або тільки через панелі кнопок, або тільки через меню.

При роботі з ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.X на екрані відображується декілька різних панелей кнопок.

*Панель керування* – група кнопок команд загального призначення (кнопки створення нових документів, відкриття існуючих документів,

запис в файл, вивід на друк та ін.), яка розташовується в верхній частині вікна системи відразу під рядком заголовків сторінок меню.

Склад панелі керування різний для різних режимів роботи в системі. При роботі з текстовим документом на панелі керування відображується зовсім інший набір кнопок, ніж при редагуванні креслення (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Панель керування при роботі з кресленням

Набір кнопок на панелі керування може бути змінений користувачем в діалозі **Настройка системи** в меню **Сервис**.

В ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.X, окрім панелі керування, існують ще інструментальна панель та панель спеціального керування.

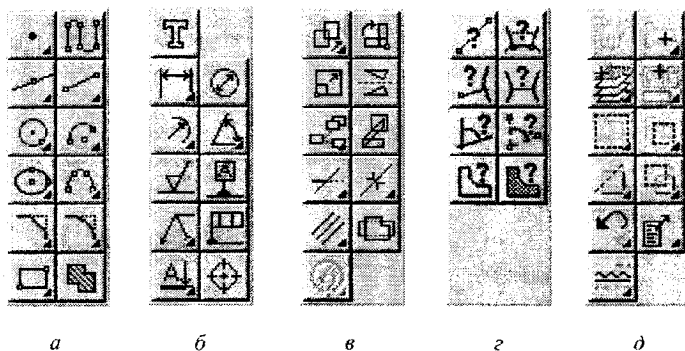


Рис. 4.10. Сторінки інструментальної панелі:

- a* – панель геометрії;
- б* – панель розмірів;
- в* – панель редагування;
- г* – панель вимірювань;
- д* – панель виділень

Інструментальна панель знаходиться в лівій частині головного вікна системи. Вона складається з п'яти сторінок: панель геометрії, панель розмірів, панель редагування, панель вимірювань та панель виділень (рис. 4.10). Інші три панелі – це панелі користувача, які ним формуються з доступних команд системи.

Одночасно на екрані зображується тільки одна сторінка інструментальної панелі. Перехід між сторінками інструментальної

панелі здійснюється з допомогою набору кнопок, що знаходяться зверху над нею (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Панель переключення

Панель спеціального керування – група кнопок, що дозволяють контролювати процес виконання команд (введення об'єкта, переривання поточної дії та ін.). З'являється вона на екрані тільки після виклику будь-якої команди інструментальної панелі (рис. 4.12).

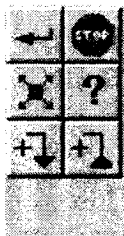


Рис. 4.14. Панель спеціального керування

В нижній частині головного вікна системи знаходиться рядок повідомлень, рядок параметрів об'єктів та рядок поточного стану.

Рядок параметрів об'єктів призначений для відображення значень характерних параметрів елемента при його створенні та редагуванні.

Значення кожного параметра об'єкта відображається в окремому полі, зліва від якого написана коротка назва параметра (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Рядок параметрів об'єктів

Наприклад, для відрізка: **p1** – координати початкової точки, **p2** – координати кінцевої точки, **ln** – довжина, **an** – кут нахилу до осі X поточної системи координат.

Рядок поточного стану призначений для відображення параметрів поточного стану ККС – вигляд (в кресленні), шар, масштаб відображення у вікні, крок курсора при переміщенні клавішами, поточні координати курсора та інше, а також деякі керуючі кнопки (рис. 4.14).

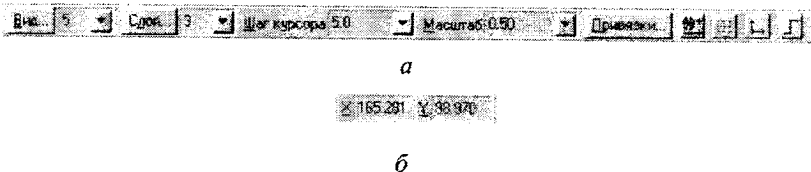


Рис. 4.14. Рядок поточного стану:  
а – ліва частина рядка поточного стану; б – поле координат в рядку поточного стану

Рядок поточного стану розбитий на поля. Поле **Поточний вид** призначене для відображення номера вигляду, який в даний момент є поточним. Поле присутнє в рядку тільки в тому випадку, якщо активний документ є аркуш креслення. Поруч з полем розташована кнопка **Вид**, при допомозі якої змінюють поточний вигляд. Його можна змінювати наявним набором потрібного вигляду в полі вводу, або вибором його зі списку, що розкривається при натисканні на кнопку з стрілкою.

Праворуч від поля **Текущий вид** розташовується поле **Текущий слой**. В ньому відображується номер шару, який в даний момент є поточним. Для того, щоб змінити поточний шар, необхідно натиснути кнопку **Слой**, розташовану поруч з полем. На екрані буде зображений діалог настроювання стану шарів. Інші шляхи задання номера поточного шару подібні до поля **Текущий вид**.

Праворуч від поля **Текущий слой** розташовується поле **Текущий шаг курсора**. В цьому полі зображується значення кроку курсора при його переміщенні клавішами, тобто відстань, на яку переміщується курсор при одиночному натиску керуючої клавіші (будь-якої клавіші зі стрілкою). Для поля **Текущий шаг курсора** задання параметра аналогічне з іншими полями Рядка поточного стану.

Поле **Текущий масштаб** знаходиться праворуч від поля **Текущий шаг курсора**. В цьому полі відображується масштаб, з яким зображено у вікні документ.

Останні поля рядка поточного стану, які знаходяться з правої сторони – це поля координат X та Y. В них відображуються значення координат курсора (в поточній системі координат).

Для того, щоб поле стало доступним, необхідно підвести до нього курсор та натиснути на ліву кнопку миші. Також можна натиснути комбінацію клавіш <Alt>+<X> та <Alt>+<Y> (для координат X та Y відповідно).

В рядку поточного стану, окрім полів, існують ще кнопки. Одна з них – кнопка **Привязка**. Вона призначена для виклику діалогу настроювання глобальних прив'язок. Коли в процесі створення або редагування об'єктів використовується меню прив'язок або клавіатурні комбінації, то для того, щоб точно встановити курсор в необхідну точку, застосовується локальна прив'язка.

## 18.2. Типи документів та об'єктів ККС

До основних графічних документів в системі КОМПАС-ГРАФИК-5.X відноситься аркуш креслення. Саме креслення зберігається в окремому файлі спеціального двійникового формату (розширення файлу \*.cdw).

Якщо конструкторська документація складається з декількох аркушів, то вони в даній системі створюються та опрацьовуються окремо (в різних файлах).

Кожне креслення складається з виглядів, технічних вимог, основного напису (штампу креслення) та позначення невказаної шорсткості поверхні деталей.

Іншим типом графічного документа в цій системі є фрагмент (розширення файлу \*.frw). Основна відмінність від креслення – відсутність об'єктів оформлення. Фрагмент не має рамки, основного напису, знаку невказаної шорсткості та технічних вимог. Так само, як і креслення, фрагмент може нараховувати до 255 шарів.

Фрагмент найчастіше використовується для збереження зображень, які не потрібно оформлювати як аркуш креслення (типові елементи, ескізи, розробки тощо).

Окрім креслення та фрагмента в ККС існує ще документ, що має назву специфікація. На відміну від інших типів документів з ним можна працювати лише в повній версії ККС.

Основним складовим елементом креслення ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.X є об'єкт.

Об'єкти розділяються на:

- геометричні;
- розміри;



- спеціальні та технологічні позначення;
- об'єкти оформлення креслення.

До складу геометричних об'єктів входять:

- точка;
- пряма;
- відрізок прямої;
- коло;
- дуга кола;
- еліпс;
- багатокутник;
- ламана лінія;
- крива Без'є;
- NURBS-крива;
- штриховка;
- еквідистантна крива;
- макроелемент.

До складу об'єктів розмірів належать:

- розмір лінійний;
- розмір кутовий;
- розмір радіальний;
- розмір діаметральний;
- розмір висоти.

До складу об'єктів спеціальних та технологічних позначень належать:

- багаторядковий текстовий надпис;
- позначення бази;
- допуск форми та розташування;
- символ шорсткості;
- лінія-виноска;
- позначення маркування;
- позначення клеймування;
- стрілка напряму погляду;
- лінія розрізу або перерізу;
- позначення виносного елемента;
- позначення центра.

До об'єктів оформлення креслення належать:

- технічні вимоги;
- основний напис (штамп);
- позначення шорсткості невказаних поверхонь.

### 18.3. Одиниці вимірювань та система координат

В ККС використовується метрична система мір. Відстані між точками на кресленнях та фрагментах обчислюються та відображаються в міліметрах. При цьому користувач завжди працює з реальними розмірами (в масштабі 1:1), а наступні розміщення зображення на форматі аркуша креслення виконується при допомозі потрібного масштабу вигляду.

Таким чином, не має необхідності здійснювати перерахунок реальних координат залежно від розмірів виробу та формату креслення.

При зміні вимірювань площ, відстаней, розмірів елементів та деталей користувач може керувати формою подання результатів, зазначивши одиниці вимірювань (міліметри, сантиметри, дециметри або метри).

При роботі в системі КОМПАС-ГРАФИК-5.X. використовуються декартові праві системи координат.

Початок абсолютної системи координат креслення завжди знаходиться в лівій нижній точці габаритної рамки формату.

При створенні нового вигляду користувач має можливість задавати положення системи координат цього вигляду.

Початок системи координат фрагменту та початок системи координат деталі не має такої чіткої прив'язки, як у випадку креслення. Тому, коли створюється новий фрагмент або нова деталь, точка початку системи координат автоматично відображається в центрі вікна.

Для зручності роботи користувач може створювати в документі необмежену кількість локальних систем координат (ЛСК) та оперативно переключатися між ними.

*Локальна система координат* – система координат з довільною початковою точкою та кутом повороту осей, визначена користувачем в поточному вигляді аркуша креслення або в фрагменті.

Кожній ЛСК можна присвоїти ім'я, під яким вона буде відображатися в списку при виборі, видаленні або зміні параметрів.

При встановленні будь-якої локальної системи координат як поточної значення координат та кутів будуть вимірюватися відносно цієї ЛСК. Задання ЛСК здійснюється при допомозі команди **Локальная СК** в меню **Сервис**.

## 18.4. Інструментальні засоби геометричних побудов об'єктів системи КОМПАС-ГРАФИК-5.X

В ККС основний набір команд створення та редагування об'єктів знаходиться на інструментальній панелі. Окрім засобів безпосереднього створення існують ще допоміжні засоби, що робить можливим спростити та підвищити точність побудови графічних об'єктів. До них належать команди побудови допоміжних прямих різного призначення:

- бісектриса;
- вертикальна допоміжна пряма;
- допоміжна пряма;
- допоміжна пряма, дотична до двох кривих;
- горизонтальна допоміжна пряма;
- дотична допоміжна пряма в точці кривої;
- дотична допоміжна пряма з зовнішньої точки;
- паралельна допоміжна пряма;
- перпендикулярна допоміжна пряма.

До допоміжних засобів побудови зображень належать також прив'язки та геометричний калькулятор.

*Прив'язки* – механізм, що дає змогу точно визначити положення курсора, обравши умови позиціонування (наприклад, у вузлах сітки або в найближчій характерній точці, або на перетині об'єктів тощо).

Існує два типи прив'язок: локальні та глобальні.

Відмінність між ними полягає в тому, що локальні прив'язки діють одноразово, а тому для виконання підряд однотипних прив'язок необхідно задавати їх повторно. Це створює певні незручності, усунути які покликані глобальні прив'язки, що спрацьовують постійно протягом усього часу роботи з графічним документом.

*Геометричний калькулятор* – механізм отримання кількісної інформації про параметри та взаємне розташування об'єктів з метою використання їх при побудові інших об'єктів.

Наприклад, з допомогою геометричного калькулятора можна побудувати коло з радіусом, рівним довжині будь-якого об'єкта, відрізок з кутом нахилу, рівним куту між іншими відрізками.

## 18.5. Інструментальні засоби геометричних побудов об'ємних деталей системи КОМПАС-3D

Окрім побудови креслень деталей на площині дана система містить набір команд для побудови та моделювання об'ємних деталей.

В ККС КОМПАС–3D для задання форми об'ємних елементів деталей виконується таке переміщення плоскої фігури в просторі, слід від якого визначає форму елемента (наприклад, поворот дуги кола навколо осі утворює сферу або тор, зміщення багатокутника – призму і т. д., (рис. 4.15).

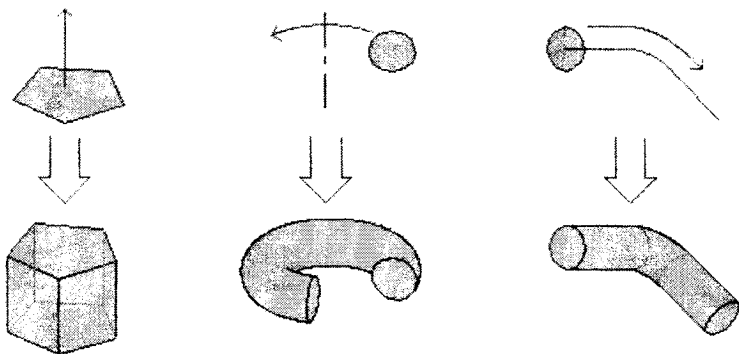


Рис. 4.15. Утворення об'ємних елементів у ККС

Плоска фігура, на основі якої утворюється об'ємна має назву *ескіз*.

Переміщення ескизу в просторі, при якому утворюється об'ємна фігура, називається *операцією*.

При побудові та моделюванні об'ємних деталей використовують булеві операції. Такі операції включають в себе об'єднання, віднімання та перетин об'ємних елементів (рис. 4.16).

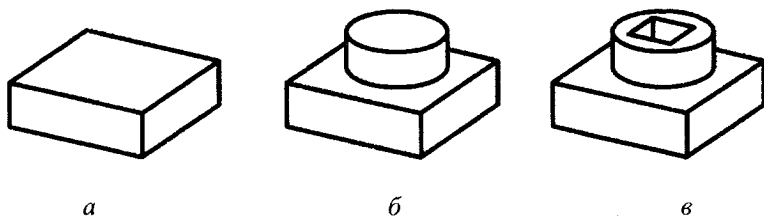


Рис. 4.16. Булеві операції над об'ємними елементами:  
 а – призма; б – об'єднання призми та циліндра; в – віднімання призми

Вікно ККС при роботі з об'ємними зображеннями має деякі відмінності ніж при роботі з кресленнями (рис. 4.17).

Для роботи з об'ємними елементами ККС має набір команд, кнопки яких знаходяться на інструментальних панелях.

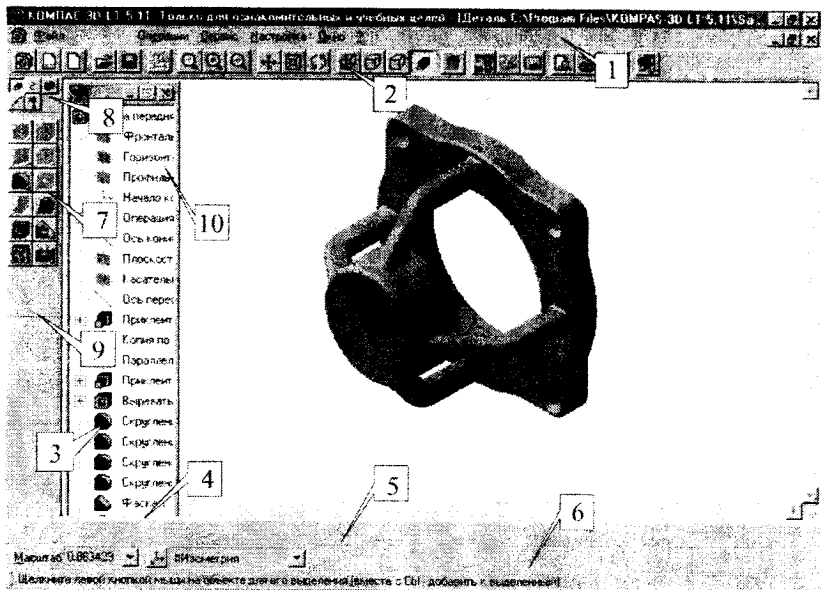


Рис. 4.17. Вікно ККС КОМПАС-3D LT-5.11

при роботі з об'ємними деталями:

- 1 – рядок команд меню; 2 – панель керування; 3 – вікно документа деталі; 4 – рядок параметрів об'єктів; 5 – рядок поточного стану документа деталі; 6 – рядок повідомлень; 7 – інструментальна панель; 8 – панель переключення; 9 – панель спеціального керування; 10 – дерево побудов.

Ці кнопки розташовані на п'яти інструментальних панелях (рис. 4.18).

При роботі з об'ємною моделлю деталі в КОМПАС-3D на екрані, окрім вікна документа деталі відображується також вікно дерева побудови деталі.

*Дерево побудови* – це представлена в графічному вигляді послідовність елементів, з яких складається деталь. Елементи побудови відображаються в дереві побудови зверху вниз у порядку їх створення (рис. 4.19).

У вікні дерево побудов відображаються такі елементи:

- позначення початку координат;
- площини проєкцій (горизонтальна, фронтальна та профільна);
- осі;
- ескізи;

- операції;
- вказівник закінчення побудови моделі.

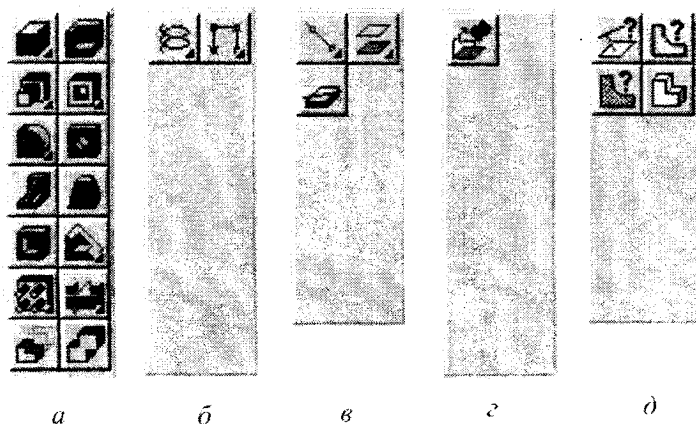


Рис. 4.18. Інструментальні панелі ККС для роботи з об'ємними деталями:

*a* - панель побудови деталей; *б* - панель просторових кривих; *в* - панель поверхні; *г* - панель допоміжної геометрії; *д* - панель вимірювання.

Команди інструментальної панелі побудови деталей призначені для створення та редагування деталей.

Команди інструментальної панелі побудови кривих призначені для створення спіралей та кривих (поліліній).

Інструментальна панель поверхонь містить команду імпортована поверхня. Ця команда дозволяє імпортувати у файл моделі КОМПАС поверхні, записані в файлі формату SAT.

Команди інструментальної панелі допоміжної геометрії поділяються за типами дій, які вони викликають: група кнопок команд для побудови конструкційних площин, група кнопок команд для побудови конструкційних осей.

Інструментальна панель вимірювань в своєму складі має чотири команди.

Команди **Измерить расстояние и угол** дозволяє виміряти відстань та кут між двома вказаними об'єктами (конструкційними осями та площинами, гранями, ребрами та вершинами).

Команда **Измерить длину ребра** дає можливість виміряти довжину ребра або периметр грані деталі.

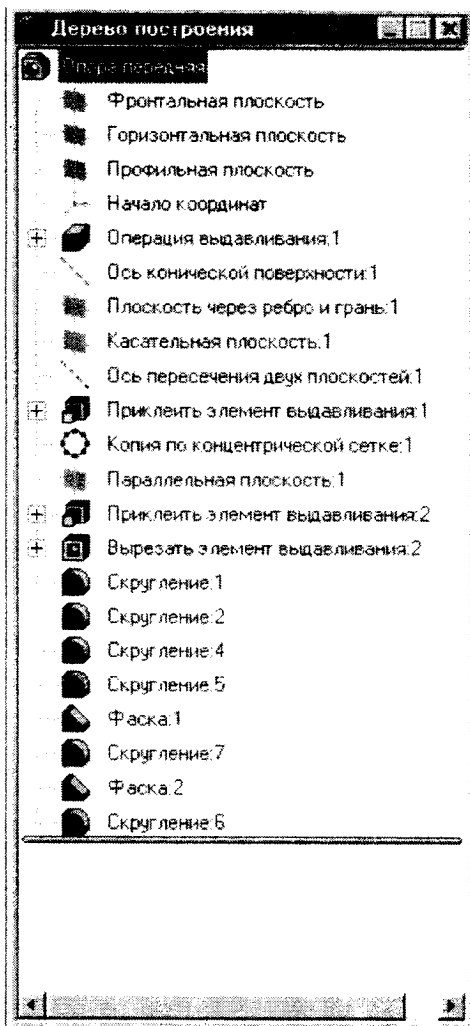


Рис. 4.19

Команда **Измерить площадь** дозволяє виміряти площу граней деталі.

Команда **Вычислить массо-центровочные характеристики детали** дозволяє виконати розрахунок масо-центровочних характеристик існуючої деталі.

## § 19. ПОБУДОВА КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ПЛАСТИНА” З ВИКОРИСТАННЯМ ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.Х

Особливості побудови креслення в системі КОМПАС-ГРАФИК такі ж, як і при створенні креслення на стандартному аркуші паперу з допомогою звичайного набору креслярського інструменту.

Дана креслярська система має в своєму складі набір інструментів, які являють собою набір підпрограм, кожна з яких виконує своє вузьке коло завдань. З допомогою одних інструментів ККС здійснює побудову кола, відрізка прямої, з допомогою інших – наносить штриховку або розміри.

Однак головним при створенні нового креслення є дотримання послідовності побудови, яка здебільшого подібна до послідовності створення креслення на кульмані:

- 1) вибір формату аркуша креслення;
- 2) задання виглядів зображення та їх масштабу;
- 3) геометрична побудова;
- 4) нанесення розмірів та позначень;
- 5) заповнення основного надпису;
- 6) виведення на друк.

Створення креслення будемо здійснювати на прикладі побудови деталі “Пластина” (рис. 4.20).

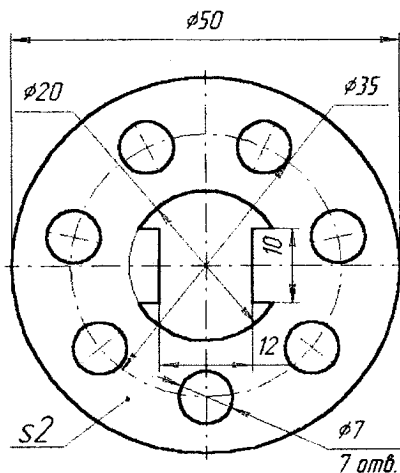


Рис. 4.20



Щоб створити (відкрити) новий графічний документ виберіть в меню **Файл** та підменю **Создать** команду **Лист** або натисніть на кнопку **Новый лист** панелі керування (рис. 4.21).

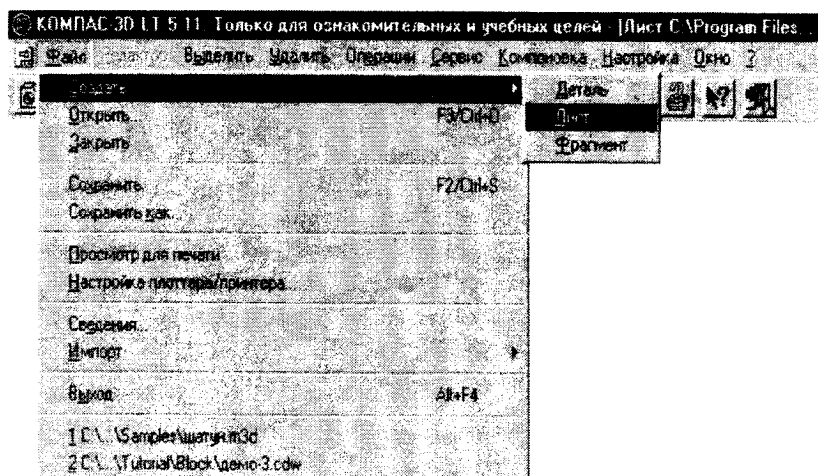


Рис. 4.21

На екрані з'явиться вікно графічного документа, в якому буде зображено рамку документа та осі координат системного вигляду з номером 0.

Далі потрібно визначити параметри (формат) аркуша на якому буде в подальшому виконуватися побудова. За допомогою команди **Настройка/Параметры текущего листа/Параметры листа** задайте параметри нового документа, визначивши для нього формат аркуша A4 та вертикальну його орієнтацію, як це показано на рисунку 4.22.

Щоб побачити на екрані графічний документ повністю, на панелі керування натисніть кнопку **Показать все**.

За допомогою кнопки **Увеличить масштаб рамкой** курсором виділіть ту частину аркуша креслення, на якому будете виконувати усі побудови (рис. 4.23).

Тепер у вікні документа відобразиться збільшена частина виділеного фрагмента аркуша.

Зображення деталі виконайте в масштабі 2:1. В системному вигляді з номером 0 масштаб змінювати неможливо, він завжди буде рівний 1:1. Тому створіть додатковий вигляд креслення з масштабом 2:1.

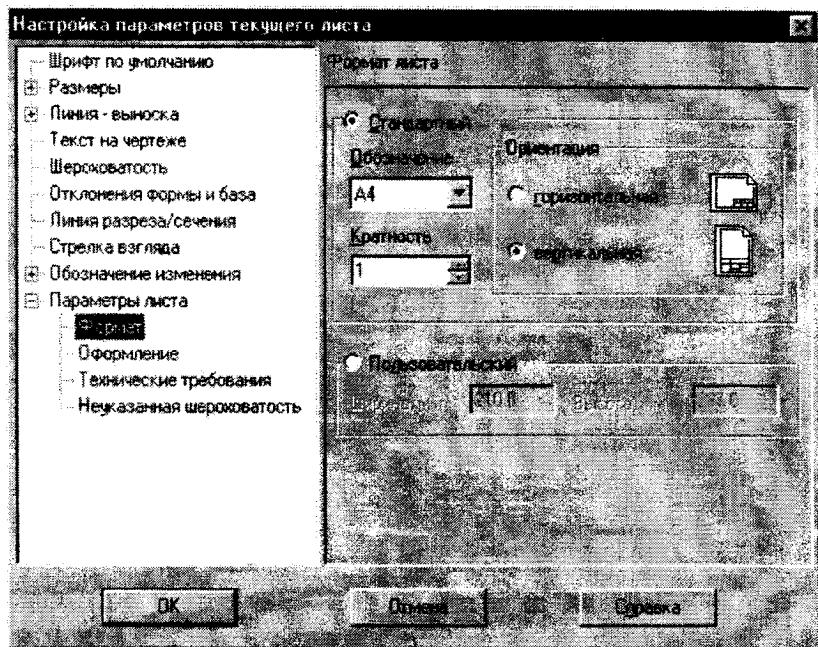


Рис. 4.22

З меню **Компоновка** виконайте команду **Создать вид**. В діалоговому вікні **Параметры нового вида** в полі **Масштаб** введіть або виберіть з списку масштаб вигляду 2.

В текстовому полі **Имя** введіть ім'я вигляду **Головний вигляд** та натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.24).

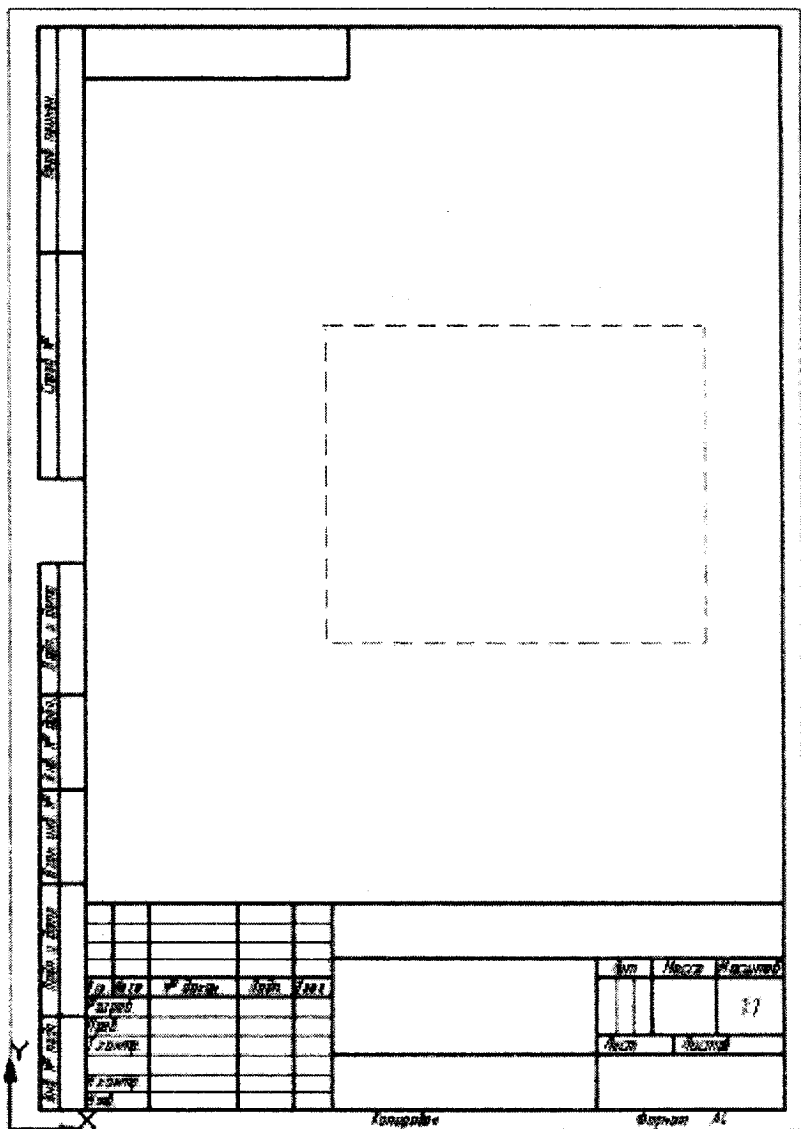


Рис. 4.23

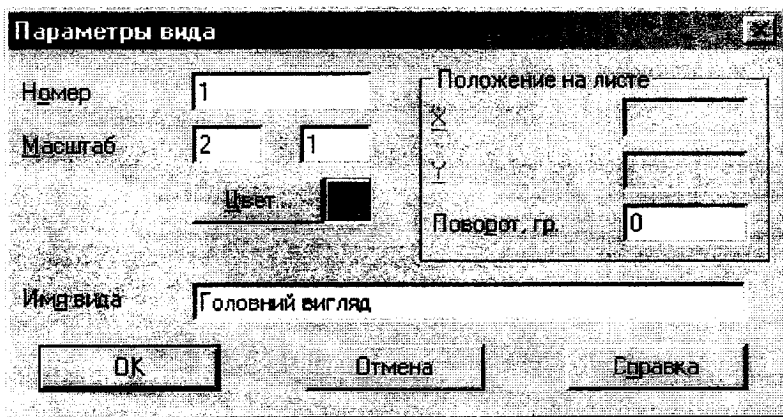


Рис. 4.24

Після цього курсор буде виглядати як символ початку координат, тобто система очікує на введення точки, в якій на аркуші креслення буде знаходитися початок системи координат нового вигляду, натисніть ліву кнопку миші (рис. 4.25).

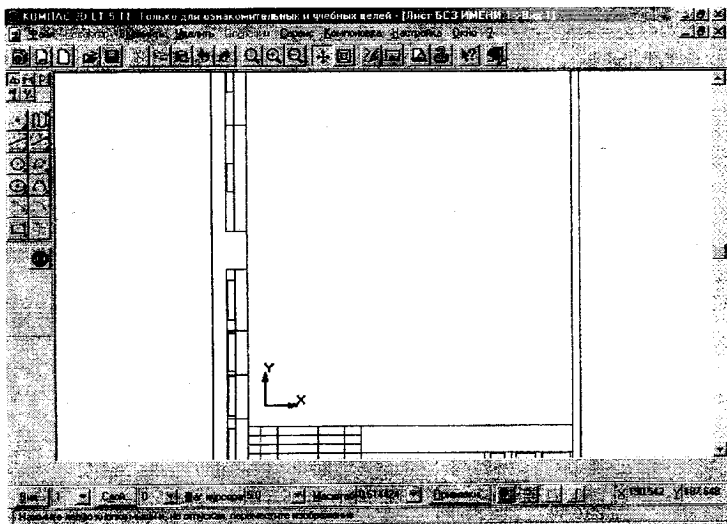


Рис. 4.25

У вказаній точці система зафіксує точку початку координат створеного вигляду, а в рядку поточного стану в полі **Вид** з'явиться номер поточного вигляду 1 – система створила новий вигляд з заданими параметрами та автоматично зробила його поточним. З цього моменту абсолютні координати усіх точок будуть відраховуватися відносно початку координат створеного вигляду, а усі створені об'єкти будуть логічно належати цьому вигляду. Креслення готове до виконання графічної побудови.

При виконанні побудови необхідно визначити одну точку на кресленні, відносно якої будуть виконуватися побудови та можна буде задавати або вимірювати абсолютні координати геометричних об'єктів. Для побудови даної деталі цю точку зручно буде розмістити в центрі цієї деталі, тобто, в центрі кола діаметром 50 мм. Побудову починаємо із зображення вирізу в центрі деталі.

Натисніть на кнопку **Ввод окружности** інструментальної панелі **Геометрия**, при цьому курсор відразу змінить свій вигляд – система очікує на введення координат центра кола.

Центр кола можна задати двома способами:

- 1) явно навести курсором на потрібне місце на аркуші (в даному випадку приблизно на середину аркуша) та натиснути на ліву кнопку миші або на клавішу **<Enter>**;
- 2) задати в рядку параметрів об'єктів значення координат центру в полі **Центр окружности**.

Слідуючий етап введення кола – задання значення його радіуса. В полі **Радіус** рядка параметрів об'єктів введіть значення радіуса 10 мм. Після того, як здійснено введення усіх необхідних даних кола – радіус та центр, натисніть на кнопку **Отрисовка осей** в рядку параметрів об'єктів та для завершення виконання побудови кола необхідно натиснути клавішу **<Enter>** або кнопку **Ввод объекта** панелі спеціального керування.

На екрані з'явиться коло діаметром 20 мм (рис. 4.26).

Далі потрібно вирізати це коло з обох боків прямокутними частинами.

Для цього скористаємося інструментом панелі **Геометрия** – допоміжні прямі. При виведенні на друк ці прямі не зображуються, вони слугують як так звана “лінійка”, по якій можна будувати відрізки на кресленні.

Одночасно на панелі **Геометрия** може відобразитися тільки одна кнопка допоміжної прямої.

Щоб розгорнути увесь список команд панелі **Геометрия**, наведіть курсором на одну з кнопок, кнопку **Горизонтальная прямая** та,

натиснувши на ліву кнопку миші, утримуйте її, після чого розгорнеться весь список кнопок команд допоміжних прямих (рис. 4.27).

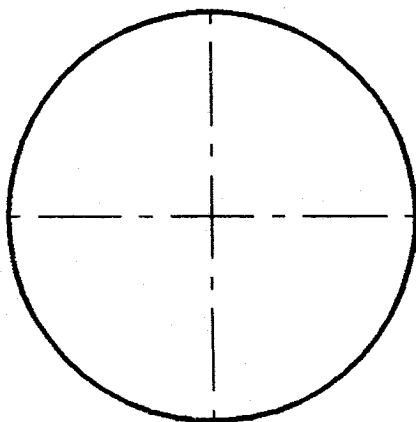


Рис. 4.26

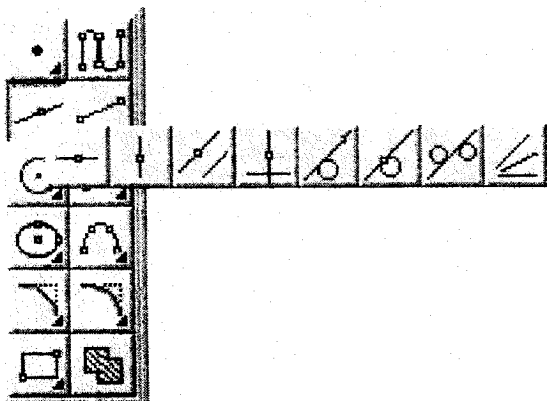


Рис. 4.27

Про наявність додаткових кнопок команд інструментальних панелей вказує зображення чорного прямокутного трикутника в правому нижньому кутку кнопки.

З ряду кнопок команд допоміжних прямих виберіть кнопку команди **Параллельная прямая**. З допомогою цієї команди виконаємо побудову двох вертикальних та двох горизонтальних допоміжних прямих.

Спочатку побудуємо дві вертикальні прямі рівновіддалені від вертикальної осевої лінії кола на відстань 6 мм.

Виділіть курсором необхідну вертикальну осеву лінію кола та в полі **Расстояние до прямой** рядка параметрів об'єктів введіть відповідне значення – 6 мм, зафіксуйте його, натиснувши на квадратну кнопку зліва відразу біля цього поля, кнопка при цьому змінить свій вигляд (рис. 4.28).

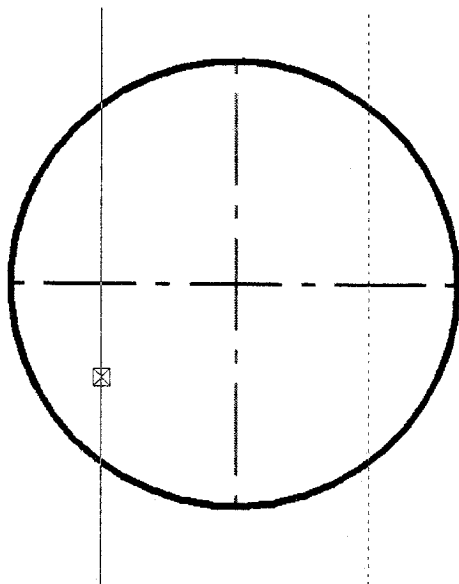


Рис. 4.28

Для завершення побудови двох вертикальних прямих натисніть на кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування. Після першого натискання з'явиться перша вертикальна допоміжна пряма, після другого натискання на цю кнопку – друга вертикальна допоміжна пряма (рис. 4.29).

Команда знову очікує на введення паралельних допоміжних прямих.

Таким же чином виконано побудову двох горизонтальних прямих, попередньо визначивши курсором горизонтальну осеву лінію та ввівши значення відстані до прямої – 5 мм (рис. 4.30).

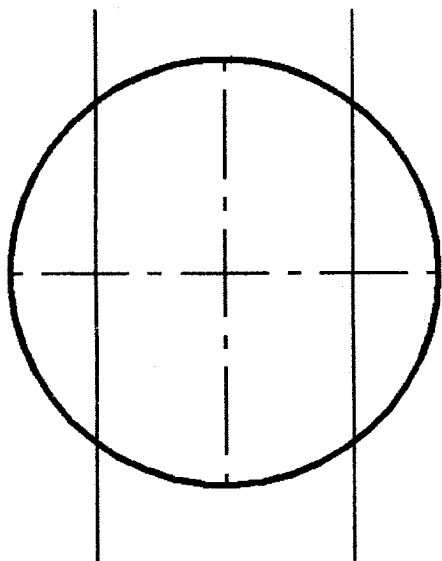


Рис. 4.29

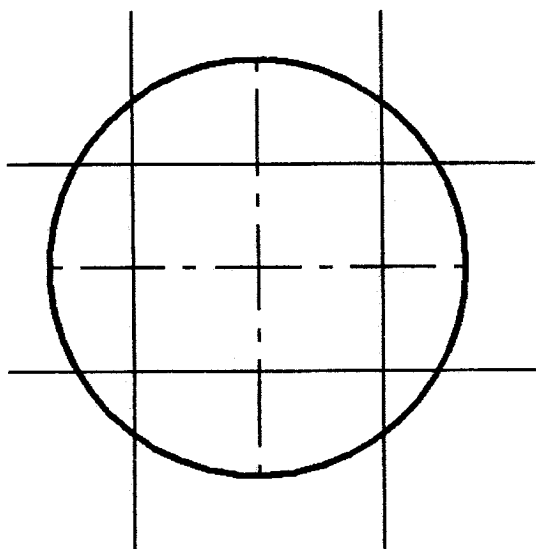


Рис. 4.30



Виконаємо побудову відрізків з обох боків кола, користуючись командою **Непрерывный ввод объектов**.

Для виконання побудов скористаємося глобальними прив'язками ККС. Вони дозволяють точно виконувати позиціонування при побудові геометричних об'єктів.

Побудову відрізків всередині кола почнемо з точки перетину кола верхньою горизонтальною допоміжною прямою.

Натисніть кнопку **Привязки** в рядку поточного стану та увімкніть прив'язку **Пересечение** (рис. 4.31).

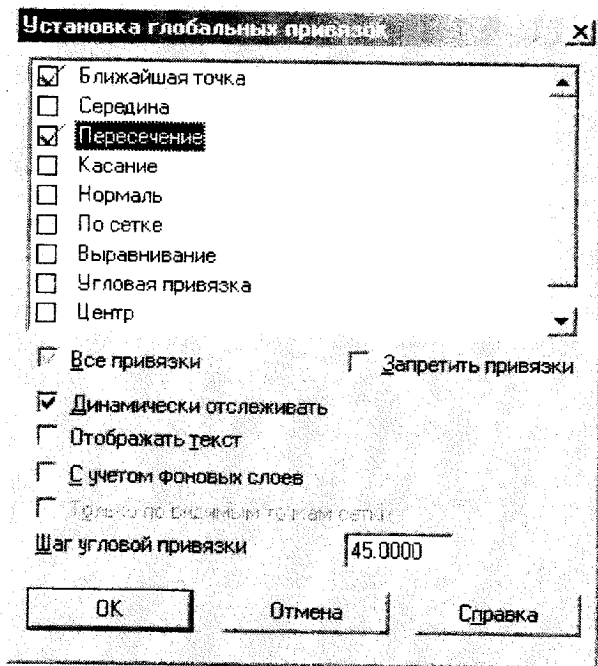


Рис. 4.31

Зафіксуйте першу точку відрізка на перетині верхньої горизонтальної допоміжної прямої та кола.

Початкова точка відрізка при цьому буде мати номер 1, а кінцева номер 2 (рис. 4.32). Коли натисканням на ліву кнопку миші зафіксується положення другої точки, система переведе побудову наступного відрізка на положення кінцевої точки першого, а це буде

початковим положенням першої точки другого відрізка. Після побудови цих відрізків з однієї сторони кола натисніть клавішу <Esc> або кнопку панелі спеціального керування **Прервать команду**. Потім знову активізуйте команду **Непрерывный ввод объектов** натиском на відповідну кнопку інструментальної панелі **Геометрия**.

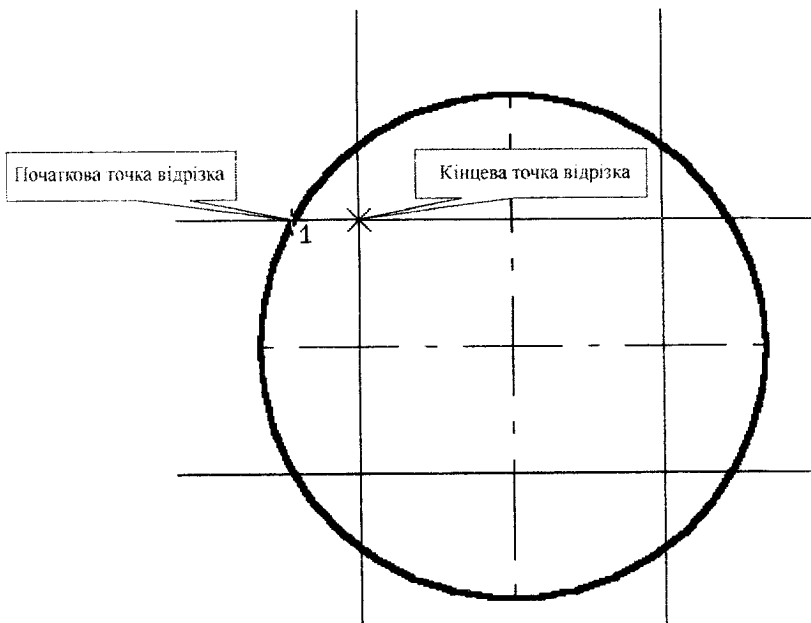


Рис. 4.32

Виконайте за аналогією побудову другої частини відрізків на колі з іншого боку.

Після завершення виконання цих побудов на кресленні не буде видно побудованих відрізків тому, що вони перекриваються допоміжними прямими.

В меню **Удалить** та підменю **Вспомогательные кривые и точки** виконайте команду **В текущем виде** – усі допоміжні прямі, що знаходяться на кресленні будуть знищені (рис. 4.33).

Залишається видалити непотрібні частини дуги кола. Перемикніть з інструментальної панелі **Геометрия** на панель **Редактирование** та натисніть на кнопку команди **Усечь кривую**, після чого наведіть курсором на дугу кола, що підлягає видаленню, та натисніть на ліву кнопку миші.

Після видалення непотрібних дуг креслення має виглядати так, як це зображено на рис. 4.34.

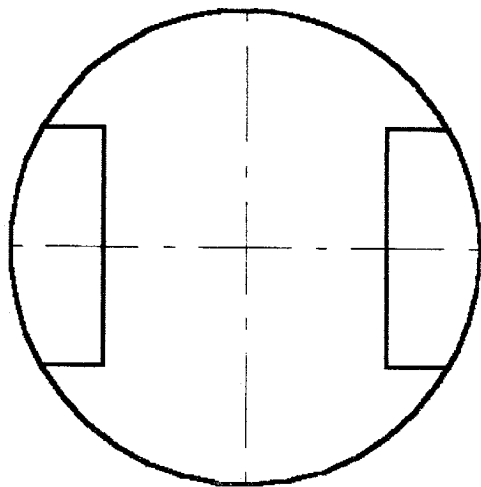


Рис. 4.33

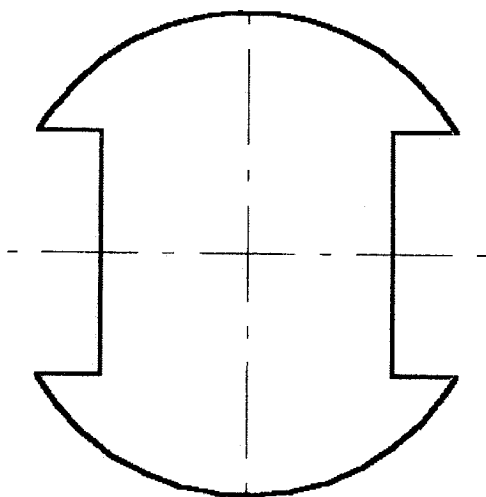


Рис. 4.34

Наступним побудуйте осьове коло діаметром 35 мм. Перемикніть з інструментальної панелі **Редактирование** знову на панелі **Геометрия** та активізуйте команду **Ввод окружности**. В рядку параметрів об'єктів вимкніть кнопку **Простановка осей** та натисніть в полі команди **Стиль**. На екрані з'явиться вікно **Выберите текущий стиль**, в якому виберіть тип лінії **Осевая**. Після чого задайте центр кола та його радіус. Значення радіуса можна внести у вигляді  $35/2$  – система автоматично підрахує та здійснить введення значення радіуса кола. Результатом виконання команд буде побудоване коло осьовою лінією (рис. 4.35).

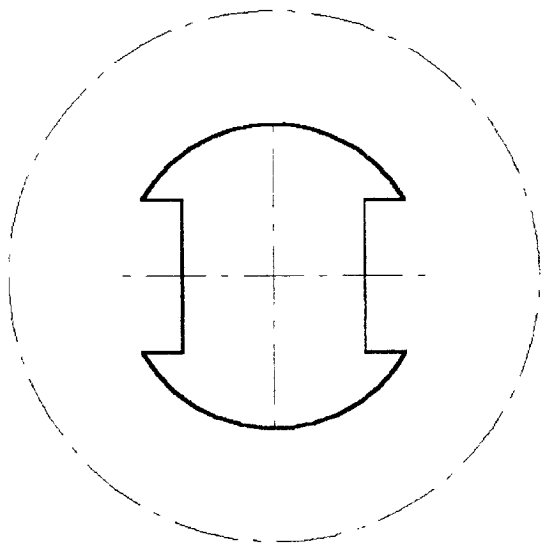


Рис. 4.35

Далі буде створено коло діаметром 50 мм. При його побудові потрібно задати тип лінії **Основная**. Після виконання побудови креслення буде мати наступний вигляд (рис. 4.36).

Для даної деталі існуючі осьові лінії є досить короткими. Щоб їх подовжити, виділіть їх курсором. При цьому вони змінять свій колір з чорного на зелений, а по центру та по краях цих ліній з'являться чорні квадрати. Наведіть на один з цих квадратів курсор і він також замінить свій вигляд (рис. 4.37).

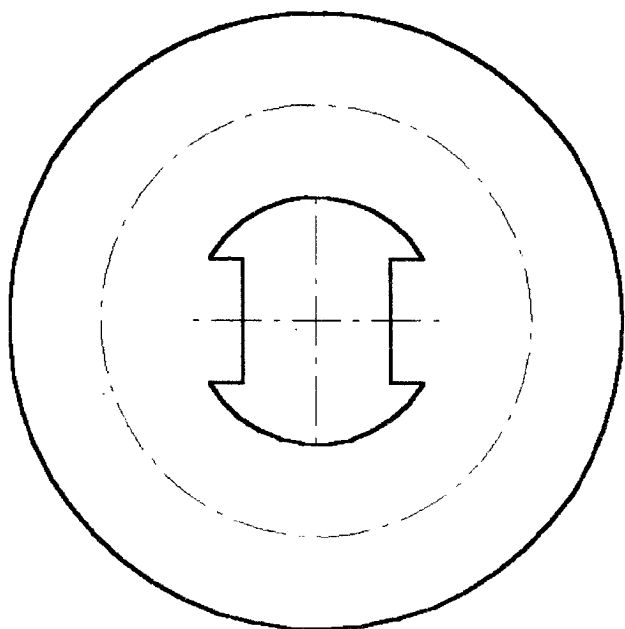


Рис. 4.36

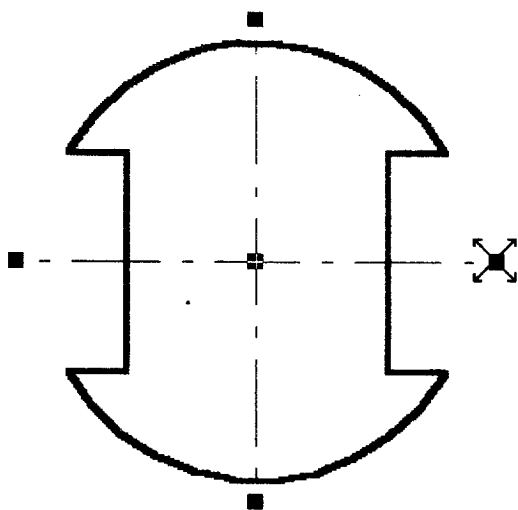


Рис. 4.37

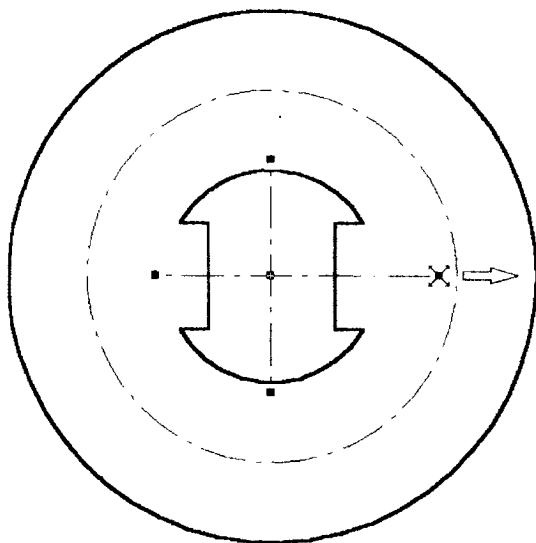


Рис. 4.38

Наступними побудуйте кола діаметром 7 мм. Центр першого кола визначений – перетин вертикальної осьової лінії та осьового кола діаметром 35 мм (рис. 4.39).

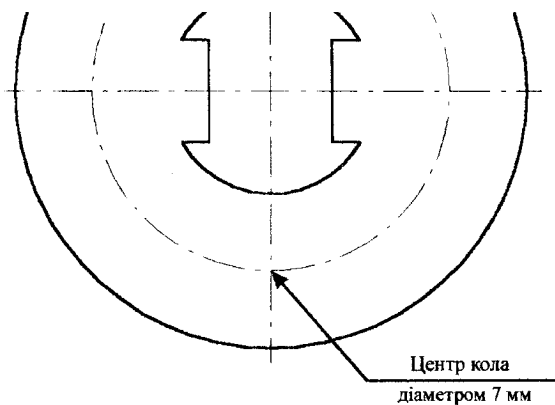


Рис. 4.39

Виконайте побудову кола, задаючи його центр, радіус та тип лінії, при цьому кнопка **Постановка осей** має бути вимкненою (рис. 4.40).

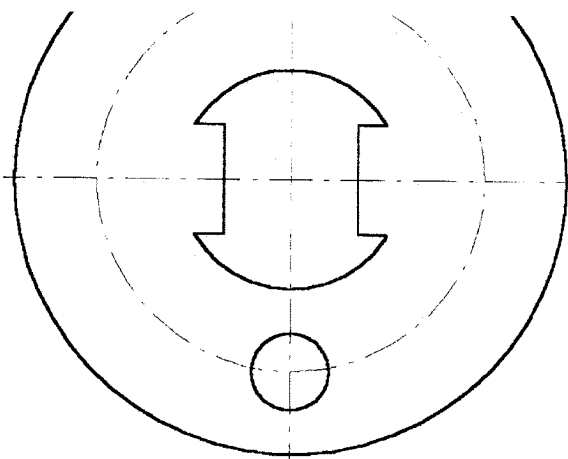


Рис. 4.40

Центр інших подібних кіл даної деталі невідомий, але відомо, що їх центри рівновіддалені один від одного та лежать на осьовому колі.

Для даного випадку зручно скористатися набором команд копіювання, що знаходяться на інструментальній панелі **Редактирование**. Для того, щоб кнопка набору команд копіювання була активною, виділіть спочатку коло діаметром 7 мм та виберіть з списку цих команд кнопку команди **Копия по окружности**. Курсором виділіть центр, відносно якого по колу буде здійснюватися копіювання.

В рядку параметрів об'єктів натисніть на кнопку **Равномерно по окружности** та в полі **Количество копий** задайте їх кількість – 7, та натисніть кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування (рис. 4.41).

Для цих кіл потрібно побудувати додаткові осьові лінії. На інструментальній панелі **Размеры и технологические обозначения** активізуйте команду **Обозначение центра**.

В рядку параметрів об'єктів натисніть кнопку **Одна ось**. Потім курсором виділіть коло, для якого буде виконуватися постановка осей, та курсором зафіксуйте вісь.

Усі осі цих кіл направлені до центру деталі. Тому курсором наведіть на центр перетину осьових ліній даної деталі, при цьому

спрацює прив'язка, та натисніть ліву кнопку миші – система виконає побудову осьової лінії для даного кола (рис. 4.42).

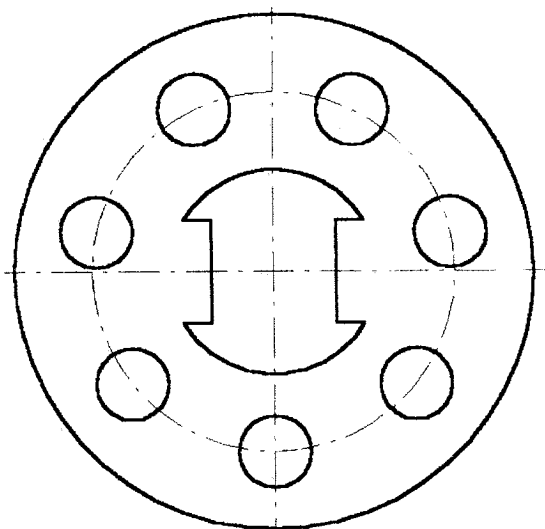


Рис. 4.41

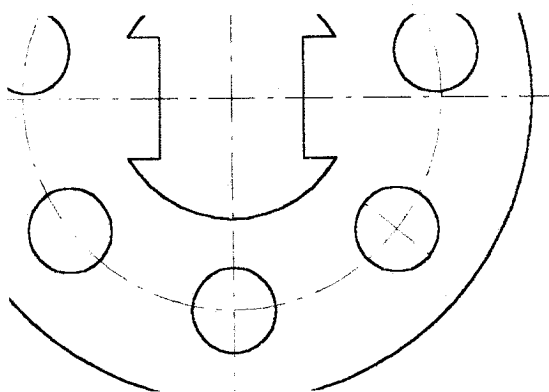


Рис. 4.42

Подібним чином виконайте постановку осьових ліній для інших кіл. Після цих операцій деталь буде побудована повністю (рис. 4.43).



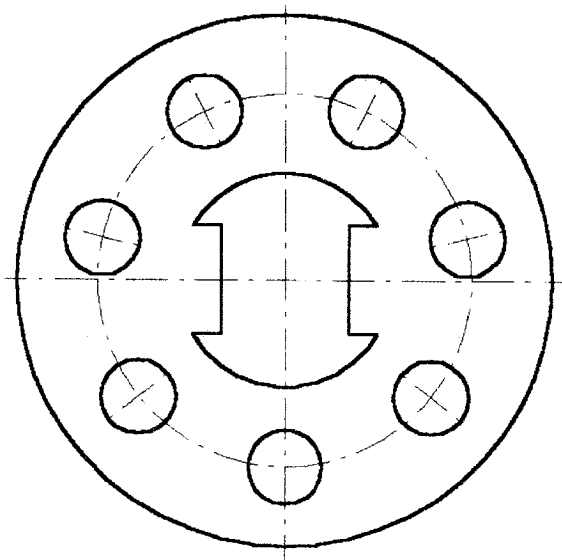


Рис. 4.43

Наступним етапом створення креслення буде простановка розмірів. Для простановки розмірів скористаємося командами інструментальної панелі **Размеры и технологические обозначения**.

Спочатку виконаємо простановку діаметральних розмірів.

Натисніть на кнопку **Диаметральный размер**, курсором виберіть нижній отвір деталі діаметром 7 мм – з'явиться розмірна стрілка з прямокутником, в якому потім, після введення команди, з'явиться розмірний напис (рис. 4.44).

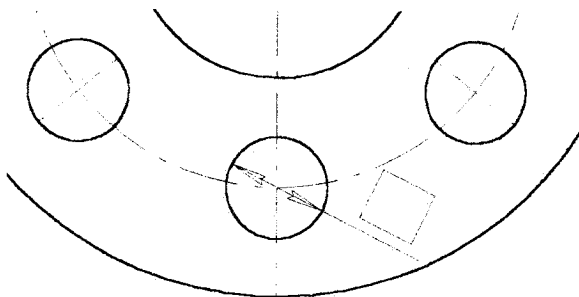


Рис. 4.44

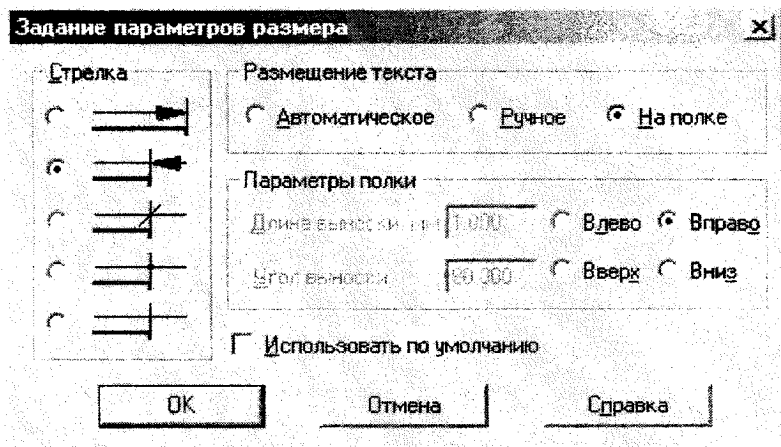


Рис. 4.45

Текст, що буде відобразитися при виконанні команди, зображено в полі **Размерная надпись** рядка параметрів об'єктів (рис. 4.46).

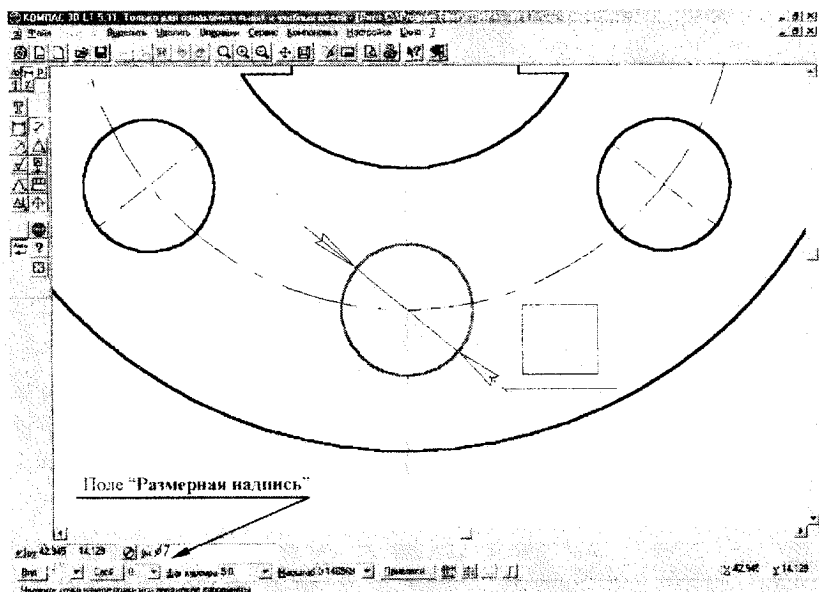


Рис. 4.46

Наведіть на це поле курсором та натисніть ліву кнопку миші – на екрані з'явиться вікно **Задание размерной надписи**, в якому потрібно вимкнути функції **Квалитет** та **Отклонения**. Далі натисніть на нижню праву кнопку цього вікна та введіть текст під розмірним надписом "7 отв." після чого натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.47).

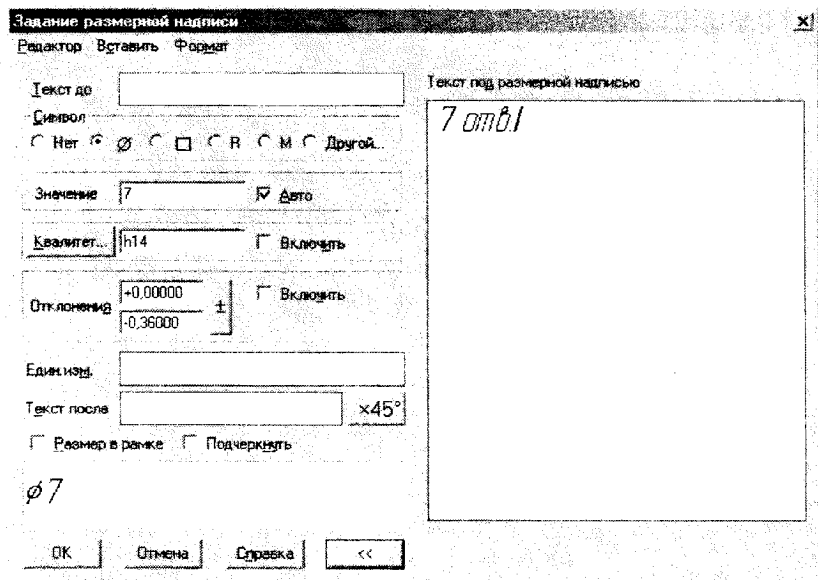


Рис. 4.47

Виберіть курсором оптимальне розміщення розмірної стрілки та натисніть ліву кнопку миші.

На екрані з'явиться діаметральний розмір з проставленим розмірним надписом (рис. 4.48).

При подальших простановках розмірів квалитет та точність будуть вмикатися автоматично. Тому для цього їх потрібно вимкнути в настройках системи. Виберіть в меню **Настройка** команду **Настройка системы**, після чого з'явиться вікно **Настройка параметров системы** та в меню **Графический редактор** виберіть підменю **Параметры новых размеров**, в якому вимкніть квалитет та відхилення і натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.49).

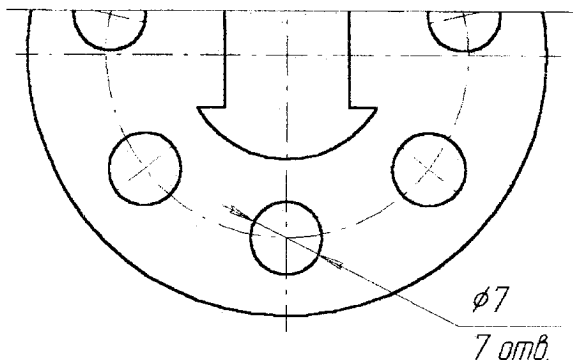


Рис. 4.48

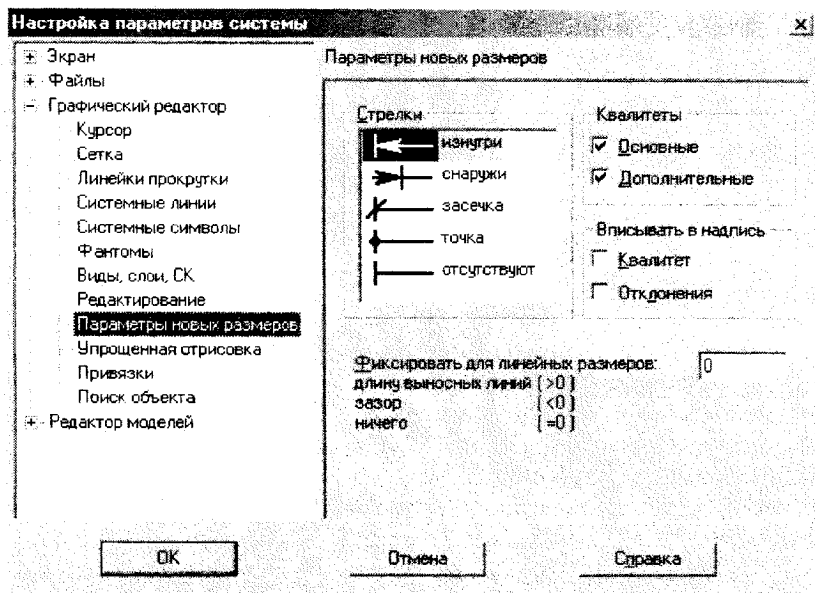


Рис. 4.49

Наступним проставим діаметральний розмір осевого кола діаметром 35 мм.

Не вмикаючи команди **Діаметральний розмір**, курсором виберіть осеве коло. Натисніть на кнопку **Параметри розміра** панелі спеціального керування та у вікні **Задание параметров**

размера виберіть розміщення тексту – на полиці. Виберіть курсором потрібне розташування розмірної лінії та здійсніть його введення (рис. 4.50).

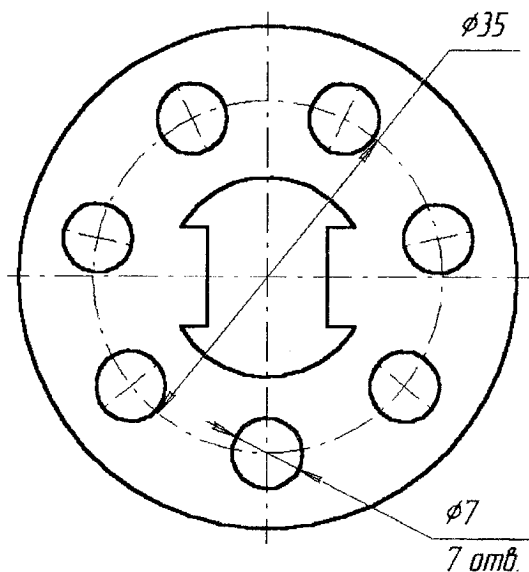


Рис. 4.50

Наступним проставте розмір для усіченого кола діаметром 20 мм.

За допомогою цієї команди виділіть курсором одну з дуг цього кола. Натисніть кнопку **Параметры размера**, у вікні **Задание параметров размеров** виберіть розташування тексту – на полиці, а параметри полиці – вліво та натисніть кнопку **OK** або на клавішу **<Enter>**. Курсором виберіть розташування розмірної лінії, після чого натисніть на ліву кнопку миші або клавішу **<Enter>** (рис. 4.51).

Останній діаметральний розмір потрібно побудувати для кола діаметром 50 мм. Але в даному випадку скористаємося командою **Линейный размер** інструментальної панелі **Размеры и технологические обозначения**. Натиснувши відповідну кнопку цієї панелі, виберіть дві точки, між якими виконується побудова. Ці точки лежать на перетині горизонтальної осьової лінії деталі та кола діаметром 50 мм (рис. 4.52).

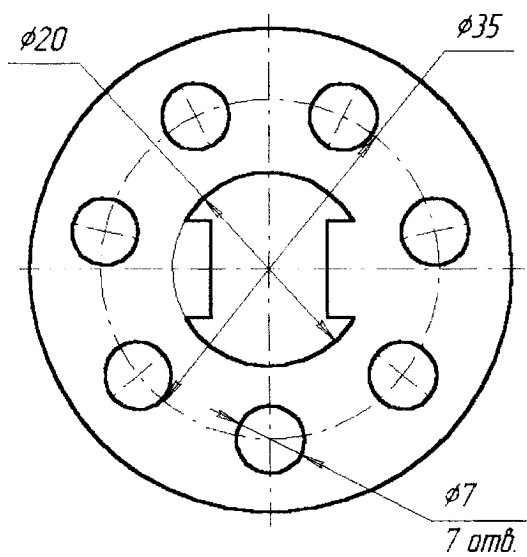


Рис. 4.51

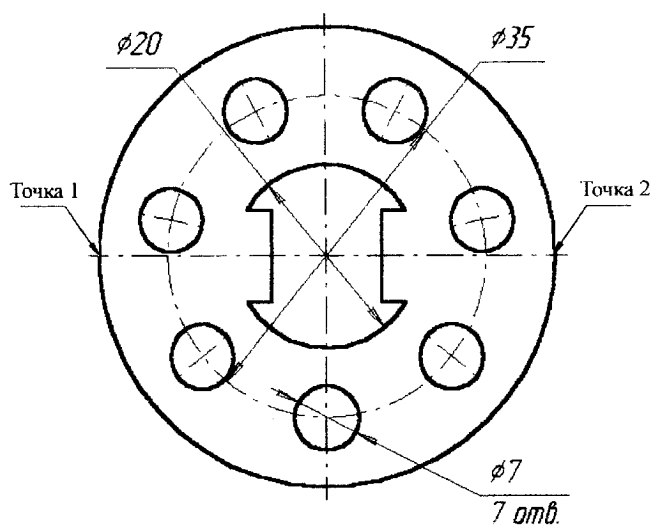


Рис. 4.52

Вкажіть, навівши курсором та натиснувши ліву кнопку миші, спочатку одну точку, а потім другу. Далі в полі **Размерная надпись** активізуйте вікно **Задание размерной надписи**. Вкажіть в полі **Символ** зображення знаку  $\varnothing$  та натисніть кнопку **ОК**.

Курсором винесіть розмірну лінію зверху над деталлю так, щоб вона не перетиналася з будь-якими лініями деталі та здійсніть її ввід (рис. 4.53).

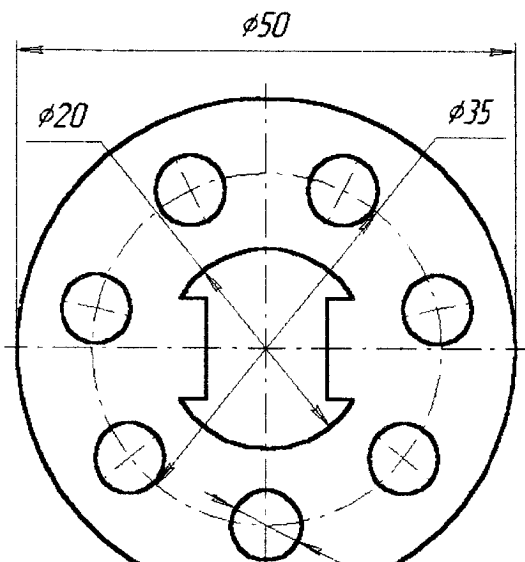


Рис. 4.53

За допомогою цієї команди виконайте простановку розмірів для прямолінійних ділянок внутрішнього вирізу деталі. Першим виконаємо простановку вертикального лінійного розміру між двома точками (рис. 4.54).

Спочатку введіть першу точку, потім другу, після чого, натиснувши на кнопку **Параметры размера**, у вікні **Задание параметров линейного размера** в полі встановіть розміщення тексту – ручне та натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.55).

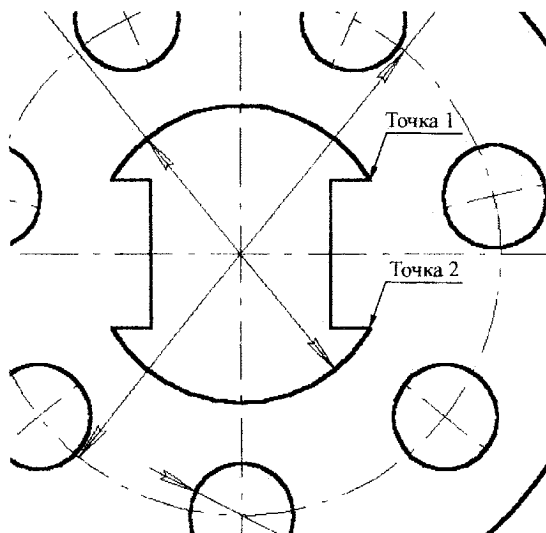


Рис. 4.54

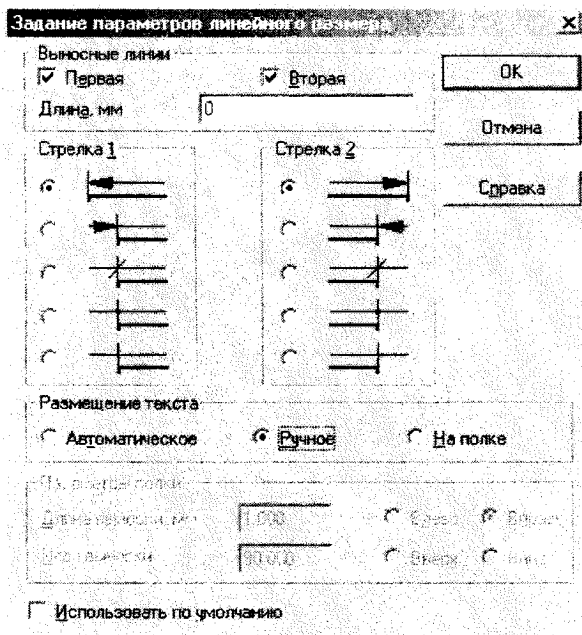


Рис. 4.55



Це дає змогу виставити положення розмірної лінії та розміру так, щоб позначення розміру не перетинало ліній креслення.

Визначивши положення розміру проставте його (рис. 4.56).

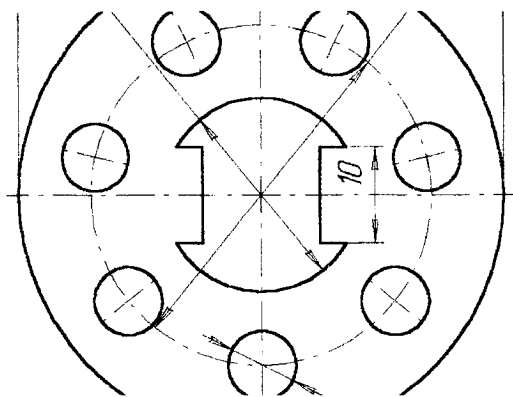


Рис. 4.56

Якщо з першого разу не вдалося проставити розмір так, як потрібно, то зробіть це знову, але попередньо видаліть розмір за допомогою кнопки **Отменить** панелі керування.

Останнім проставте горизонтальний лінійний розмір між точками 1 і 2, зображеними на рис. 4.57.

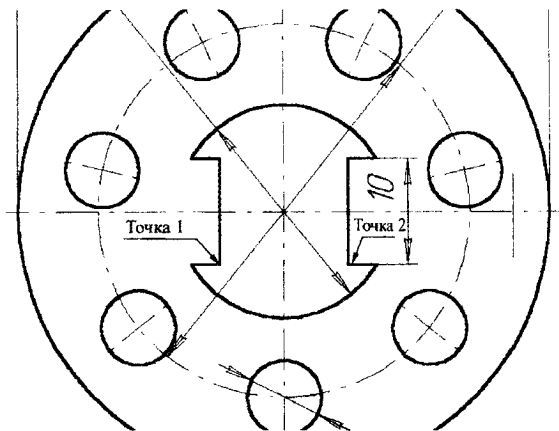


Рис. 4.57

Таким же чином, як і в попередньому випадку, виконайте простановку розміру так, як це показано на рис. 4.58.

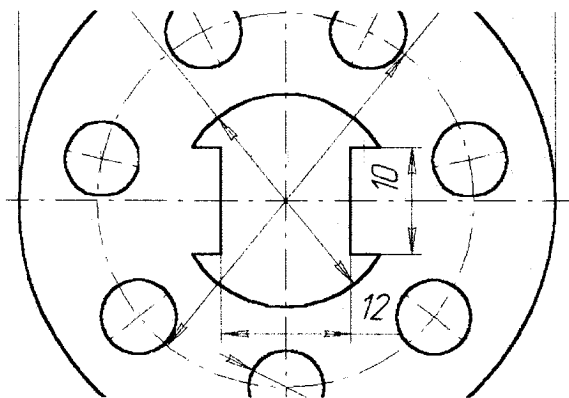


Рис. 4.58

Останнім виконайте позначення товщини цієї деталі. Натисніть на кнопку **Линия – Выноска** та, утримуючи її, виберіть кнопку команди **Обозначение позиции** (рис. 4.59).

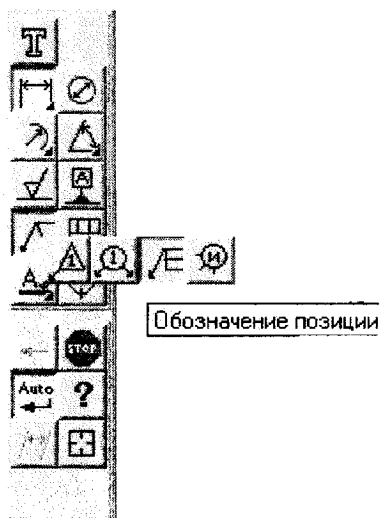


Рис. 4.59

Здайте розташування полиці приблизно так, як це показано на рис. 4.20, направивши курсором її у відповідне місце та зафіксувавши положення, натиснувши ліву кнопку миші. Далі натисніть на кнопку **Параметры** панелі спеціального керування та у вікні **Параметры обозначения позиции** виберіть полицю – зліва та натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.60).

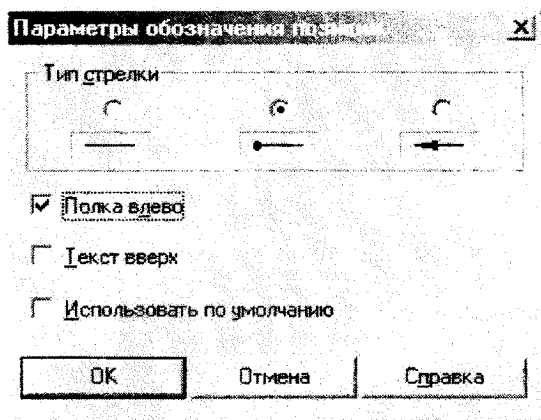


Рис. 4.60

Потім натисніть на поле **Ввод текста** рядка параметрів об'єктів, при цьому з'явиться діалогове вікно **Введите текст**. У цьому вікні потрібно ввести значення товщини  $S_2$ .

Результат побудови деталі та нанесення розмірів буде виглядати так, як це зображено на рис. 4.20.

Для запису даного графічного документа на диск в меню **Файл** виконайте команду **Сохранить как**. У вікні **Укажите имя файла для записи** відчиніть список доступних дисків та папок, підведіть курсор на значок жорсткого диску та натисніть ліву кнопку миші **С** (рис. 4.61).

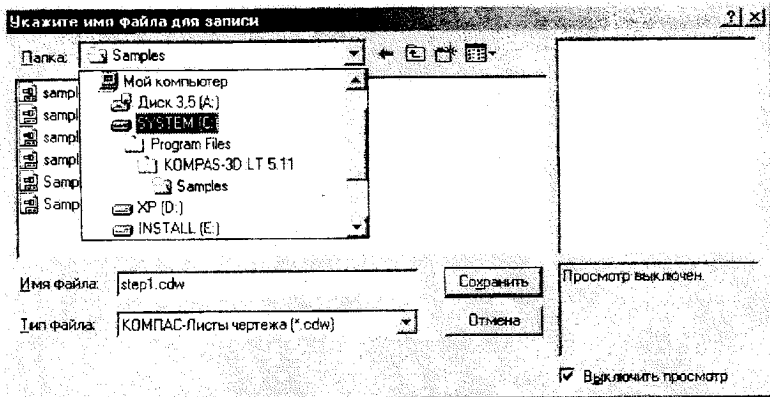


Рис. 4.61

Після цього поточним стане кореневий каталог (папка) даного жорсткого диску. Послідовним відкриттям папок **Program Files\Kompac3DLT5.11\Tutorial** відкриваєте папку **Tutorial**, в якій і будемо зберігати цей графічний документ.

Далі в полі **Имя файла** введіть ім'я креслення **Пластина** та натисніть кнопку **Сохранить** (рис. 4.62).

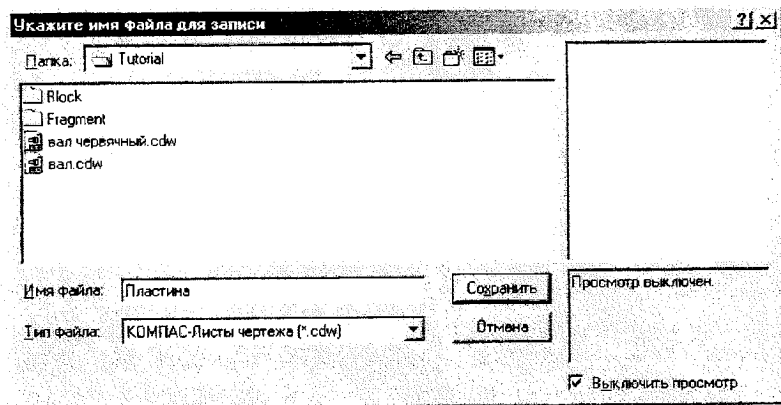


Рис. 4.62

Має з'явитися діалогове вікно **Информация о документе**, в якому потрібно заповнити текстові поля **Автор** і **Комментарий**. Однак заповнення цих полів не є обов'язковим (рис. 4.63).

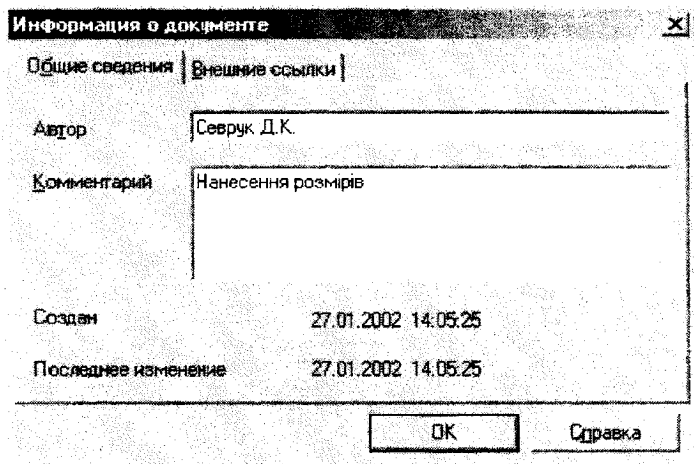


Рис. 4.63

Далі натисніть кнопку **ОК**, після чого система здійснить запис документа на диск, а діалогове вікно буде автоматично зачинено.

Заголовок програмного вікна КОМПАС-ГРАФИК зміниться, в ньому буде відображатись ім'я та місцезнаходження створеного документа.

Питання виводу графічного документа на друк докладно розглянуто в §20.

## § 20. ПОБУДОВА КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ РОЛИК З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ККС КОМПАС-ГРАФИК-5Х

Для даного прикладу скористаємося деталлю, зображеною на рис. 4.64.

Натисніть на кнопку **Новый лист**, на екрані з'явиться аркуш креслення формату А4. Однак креслення будемо виконувати на аркуші формату А3 з альбомним розташуванням, бо в подальшому виводити на друк готове креслення будемо разом з деталлю ролик деталь пластина. Викличте команду **Настройка/параметры текущего листа**. На екрані з'явиться діалогове вікно **Настройка параметров текущего листа**, в якому в настройках **Параметры листа** виберіть настройку **Формат** та вкажіть формат аркуша А3, розташування аркуша горизонтальне, після чого натисніть кнопку **ОК**.

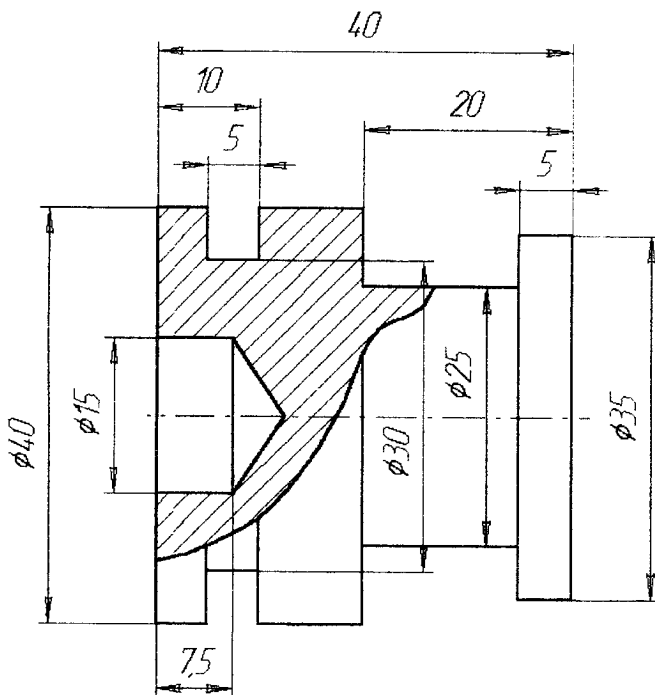


Рис. 4.64

Як і в попередньому випадку, цю деталь будемо будувати в масштабі 2:1 (§19).

Для розміщення цієї деталі ми не можемо скористатися системним виглядом з номером 0, оскільки масштабний коефіцієнт для нульового вигляду рівний 1 та не може бути зміненим користувачем. Активізуйте команду **Компоновка/Создать вид** рядка команд меню та у вікні **Параметры вида** задайте масштаб 2:1. Далі курсором визначте положення нового вигляду, приблизно в нижньому лівому куті аркуша документа. Використовуючи кнопки зміни масштабу панелі керування, збільшіть масштаб відображення лівої частини аркуша, на якій будемо виконувати усі необхідні побудови (рис. 4.65).

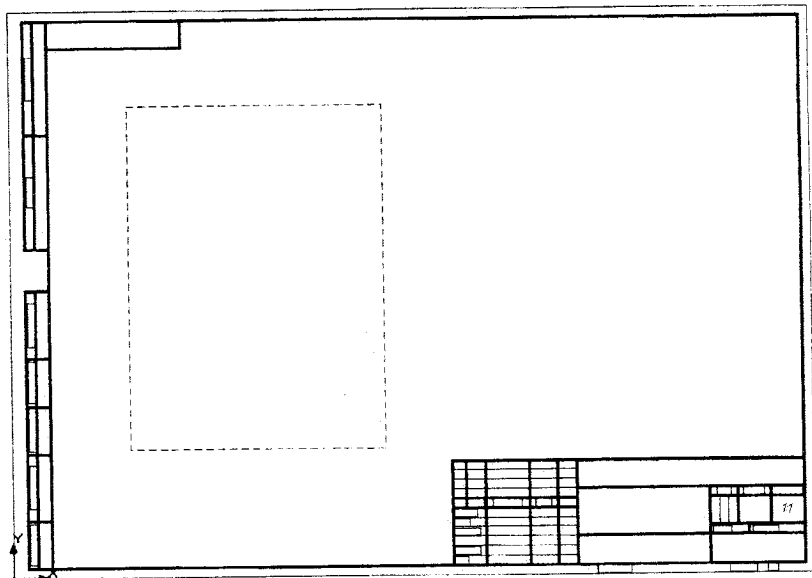


Рис. 4.65

Побудову даної деталі зручно починати з задання положення допоміжних прямих, по яких потім будемо виконувати побудову частин деталі. Натисніть на кнопку **Горизонтальная прямая** інструментальної панелі **Геометрия** та розмістіть горизонтальну допоміжну пряму приблизно посередині вікна.

Далі натисніть на кнопку **Вертикальная прямая** та розмістіть вертикальну допоміжну пряму в лівій видимій на екрані частині аркуша (рис. 4.66).

Ці дві допоміжні прямі будуть початковими для виконання подальших побудов. Відносно їх будемо виконувати побудови усіх інших горизонтальних та вертикальних допоміжних прямих.

Спочатку виконаємо побудову усіх горизонтальних допоміжних прямих. Побудову, як горизонтальних, так і вертикальних допоміжних прямих, будемо здійснювати за допомогою команди **Параллельная прямая** інструментальної панелі **Геометрия**. Дана команда дає змогу вводити одночасно дві паралельні прямі з обох боків рівновіддалені від заданої прямої.

Оскільки деталь симетрична відносно горизонтальної осі, то усі горизонтальні допоміжні прямі будуть розташовуватися попарно на однаковій відстані від цієї осі.

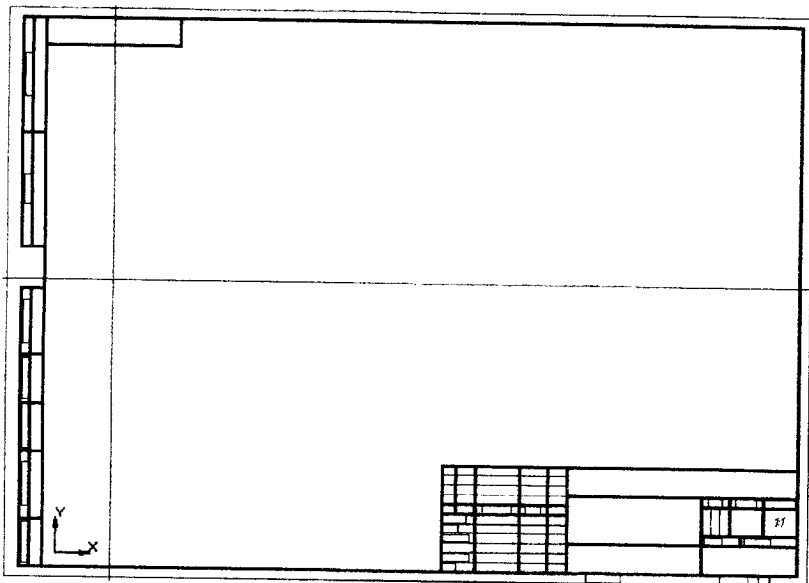


Рис. 4.66

Усього побудуємо п'ять пар горизонтальних допоміжних прямих.

Активізуйте команду **Параллельная прямая** та курсором задайте горизонтальну початкову допоміжну пряму, як пряму відносно якої будемо будувати усі інші. Перша пара допоміжних прямих буде розташовуватися на відстані 20 мм від початкової. В текстовому полі **Расстояние до прямой** задайте значення 20 та зафіксуйте його, натиснувши квадратну кнопку зліва від цього поля або натиснувши клавішу <Enter>. Щоб здійснити ввід цих допоміжних прямих, два рази підряд натисніть на кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування. Після першого натискання система побудує першу пряму, після другого – другу. Після виконання побудови система знову очікує на введення допоміжних прямих.

За аналогією здійсніть побудову пар горизонтальних допоміжних прямих, віддалених від початкової прямої на відстань 20; 17,5; 15; 12,5; 7,5 мм відповідно.

Після завершення побудови горизонтальних допоміжних прямих креслення буде мати вигляд, як це зображено на рис. 4.67.



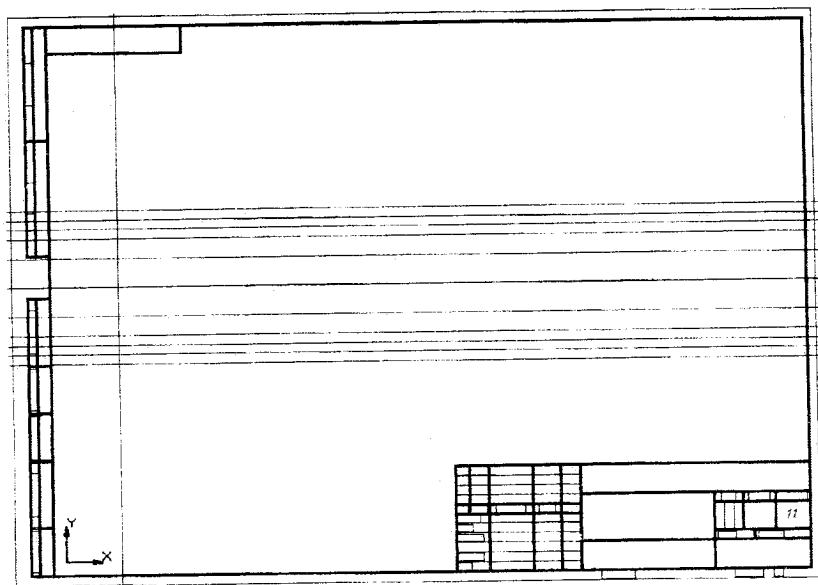


Рис. 4.67

Далі побудуємо вертикальні допоміжні прямі. Почнемо побудову з шести допоміжних вертикальних прямих. Побудову будемо виконувати за допомогою цієї ж команди, але замість двох ліній будувати будемо по одній. В рядку параметрів об'єктів натисніть на кнопку **Одна/две прямые** для того, щоб перевести в режим введення однієї паралельної прямої. Курсором виділіть вертикальну допоміжну пряму та в текстовому полі **Расстояние до прямой** рядка параметрів об'єктів введіть значення 5, зафіксуйте його, натиснувши клавішу **<Enter>**. Здійсніть ввід цієї вертикальної прямої, натиснувши на кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування. Далі в такому ж порядку виконайте побудову інших вертикальних допоміжних прямих, розміщених справа від початкової допоміжної прямої, на відстані 40; 35; 20; 10; 7,5 мм відповідно.

Після виконання цих побудов креслення буде мати вигляд, як на рис. 4.68.

Далі виконаємо обрисовку по напрямним деталі. В рядку поточного стану натисніть кнопку **Привязки**, у діалоговому вікні **Установка глобальных привязок** виділіть прив'язки типу **Ближайшая точка** і **Пересечение**, після чого натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.69).

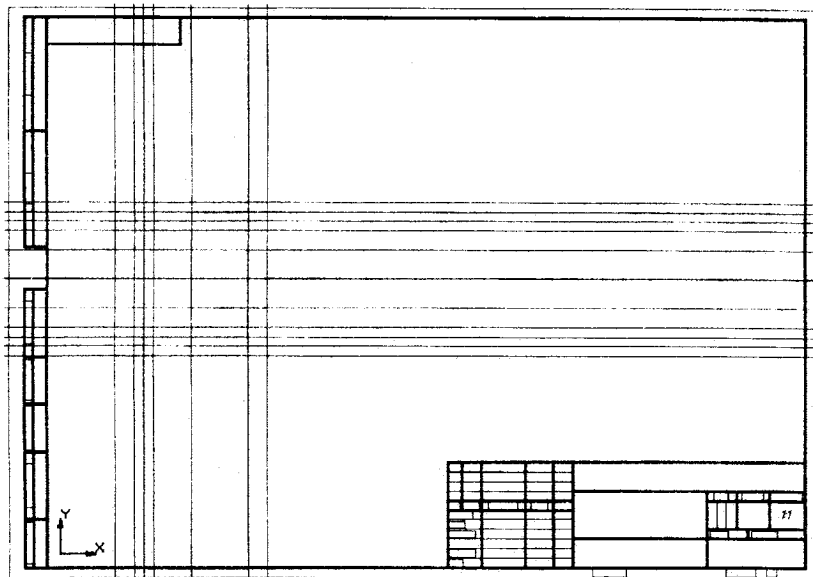


Рис. 4.68

Натисніть кнопку **Непрерывный ввод объекта** та обведіть контур деталі по точках перетину допоміжних прямих (рис. 4.70).

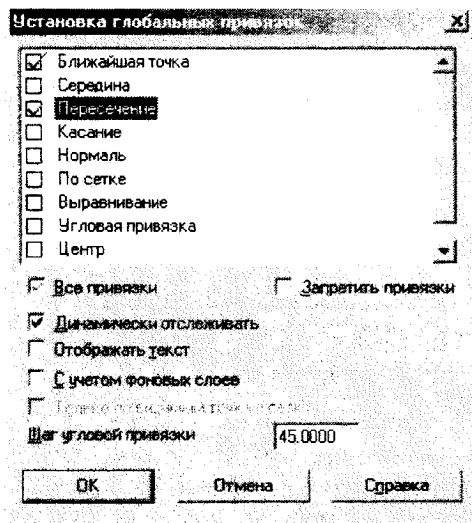


Рис. 4.69

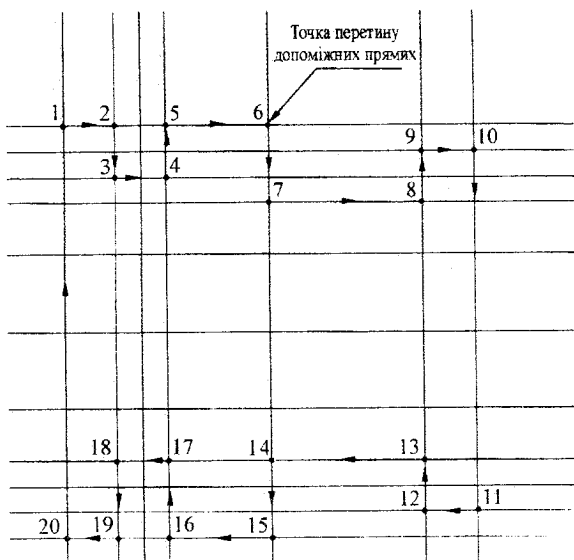


Рис. 4.70

Потім обведіть зображення циліндричного отвору в цій деталі (рис. 4.71), використовуючи команду **Ввод прямоугольника**.

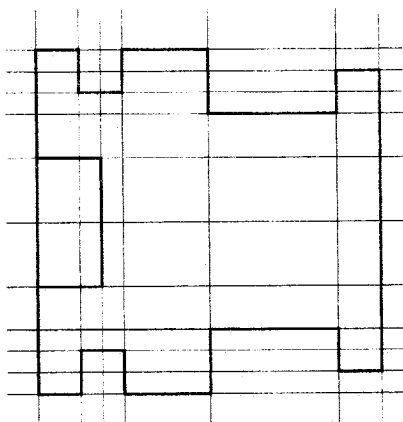


Рис. 4.71

Знову активізуйте команду **Непрерывный ввод объектов**, обведіть конічний отвір, приблизно задавши його глибину рівною половині глибини циліндричного отвору (рис. 4.72).

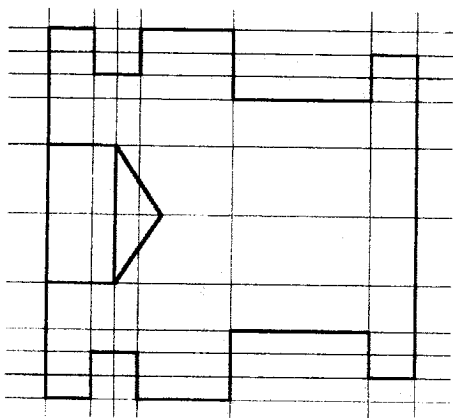


Рис. 4.72

В меню **Удалить** підменю **Вспомогательные кривые и точки** виконайте команду **В текущем виде**. На екрані залишиться контур деталі з отвором, при цьому усі допоміжні прями будуть видалені.

Далі виконаємо побудову усіх інших ліній даної деталі. Спочатку побудуємо місцевий розрив цієї деталі.

Натисніть на кнопку **Ввод кривой Безье** та, натиснувши кнопку **Привязки...**, у діалоговому вікні **Установка глобальных привязок** встановіть прив'язку **Точка на кривой**. На вертикальному відрізку зафіксуйте першу точку, після чого задайте ряд проміжних точок даної кривої та завершіть ввід останньої точки, яка лежить на горизонтальному відрізку деталі, натиснувши кнопку **Ввод объекта** (рис. 4.73).

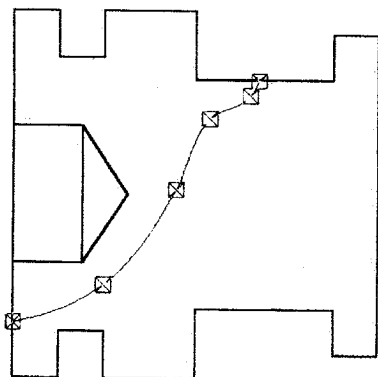


Рис. 4.73

Щоб виконати штрихову, натисніть кнопку команди **Штрихова** та вкажіть курсором область, яку потрібно заштрихувати, після чого відразу з'явиться штрихова в цій області. Для виконання цієї команди натисніть кнопку **Ввод об'єкта** (рис. 4.74).

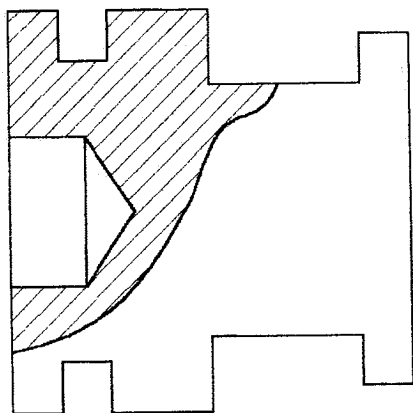


Рис. 4.74

Далі побудуємо інші лінії креслення. Активізуйте команду **Ввод отрезка** інструментальної панелі **Геометрия** та введіть відрізок між точками 1 та 2 (рис. 4.75).

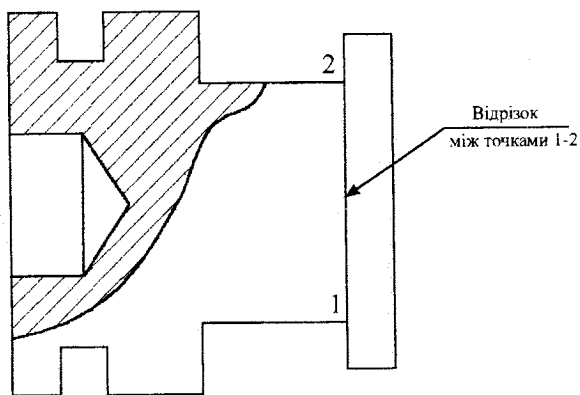


Рис. 4.75

Після виконання побудови виберіть команду **Паралельний відрізок** інструментальної панелі **Геометрія** (рис. 4.76).



Рис. 4.76

За допомогою цієї команди виконаємо побудову усіх інших відрізків креслення. Вкажіть, спочатку, курсором вертикальну пряму, паралельно якій буде виконуватися побудова відрізків, – будь-який вертикальний відрізок цієї деталі. Вкажіть початкову точку відрізка (рис. 4.77).

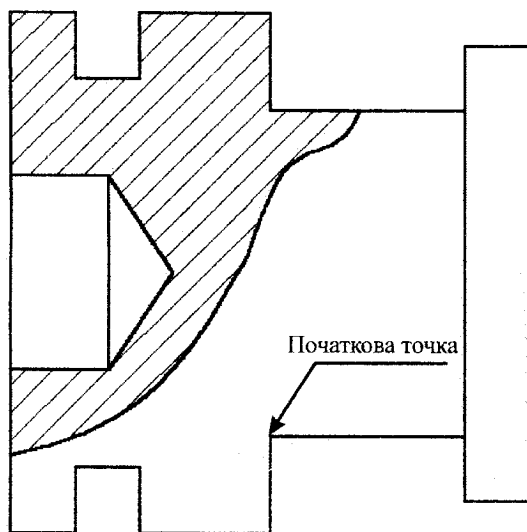


Рис. 4.77

Кінцева точка цього відрізка буде на кривій (рис. 4.78).

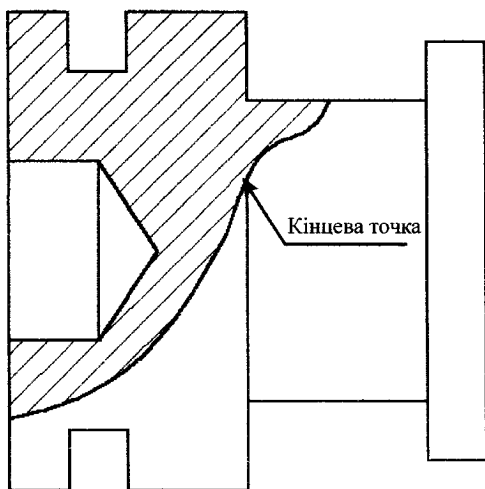


Рис. 4.78

Таким же чином виконайте побудову інших двох відрізків креслення.

Після завершення цих побудов креслення має виглядати як на рис. 4.79.

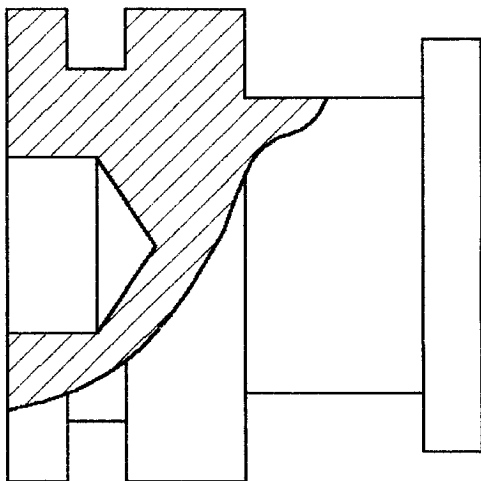


Рис. 4.79

Наступною побудуємо осьову лінію цієї деталі. Активізуйте команду **Обозначение центра** інструментальної панелі **Размеры и технологические обозначения**. В рядку поточного стану натисніть кнопку **Одна ось** та курсором виділіть зображення циліндричного отвору деталі, натиснувши ліву кнопку миші.

На екрані з'явиться горизонтальна осьова лінія, виконана саме для виділеного нами прямокутника (рис. 4.80).

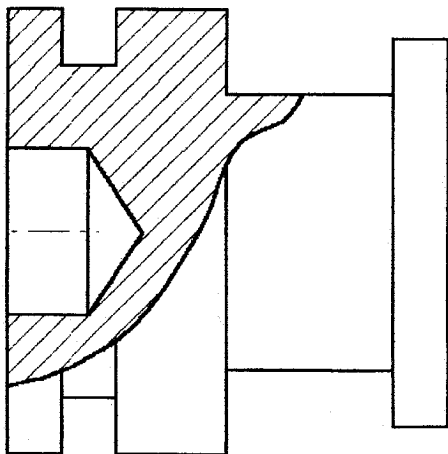


Рис. 4.80

Виділіть цю осьову лінію курсором, після чого вона відразу змінить свій колір на зелений та буде позначена чорними квадратами (рис. 4.81).

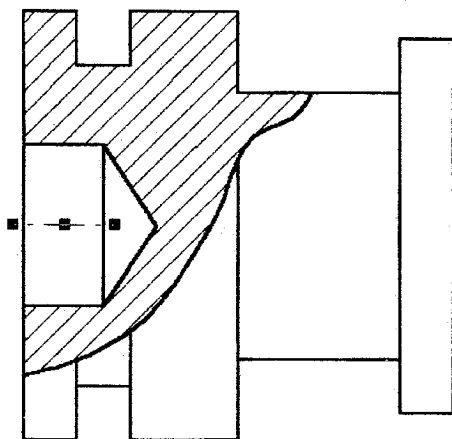


Рис. 4.81



Наведіть курсор на правий квадрат, натисніть ліву кнопку миші та, утримуючи її, подовжіть цю лінію (рис. 4.82).

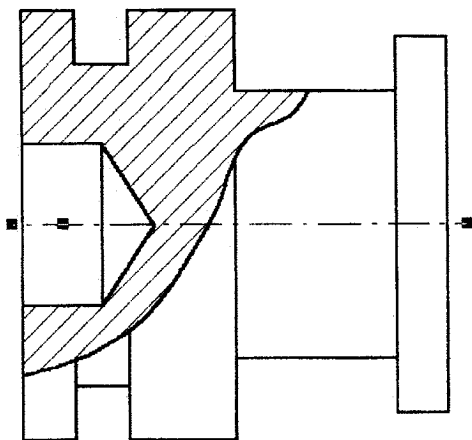


Рис. 4.82

Щоб зняти виділення з об'єкта, натисніть курсором в будь-якій вільній частині креслення.

Тепер проставте розміри. Спершу проставте лінійні розміри. Натисніть на кнопку **Линейный размер** та вкажіть точки креслення, між якими буде проставлятися розмір (рис. 4.83).

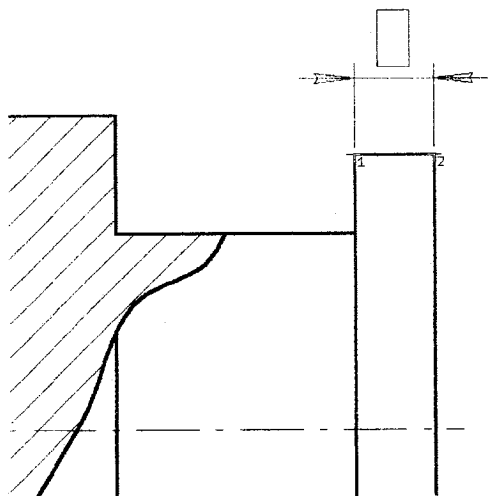


Рис.4.83

В полі **Размерная надпись** рядка параметрів об'єктів викличте діалогове вікно **Задание размерной надписи**. В цьому вікні вимкніть зображення квалітету та відхилень, після чого натисніть кнопку **ОК** (рис. 4.84).

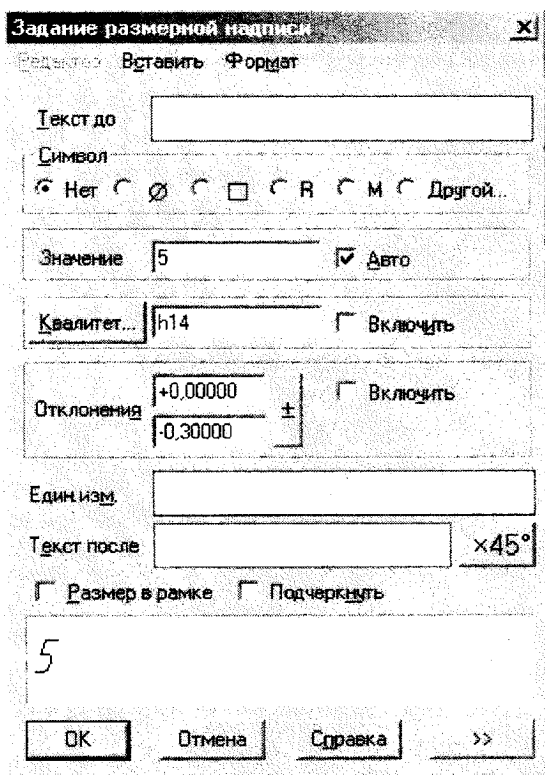


Рис. 4.84

Зафіксуйте розмірну лінію так, як це показано на рис. 4.85.

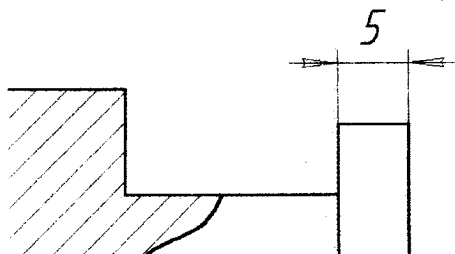


Рис. 4.85

При простановці кожного розміру значення якості та точності будуть зображуватися на розмірі, тому, щоб при кожній простановці їх не виключати, це потрібно зробити один раз в налашках системи.

В меню **Настройка** виконайте команду **Настройка системы**. На екрані з'явиться діалогове вікно **Настройка параметров системы**, в якому відкрийте меню **Графический редактор**, натиснувши на хрестик зліва від назви, виберіть меню **Параметры новых размеров**. В цьому меню в полі **Вписывать в надпись** вимкніть якість та відхилення, після чого натисніть кнопку **ОК** або клавішу **<Enter>** (рис. 4.86).

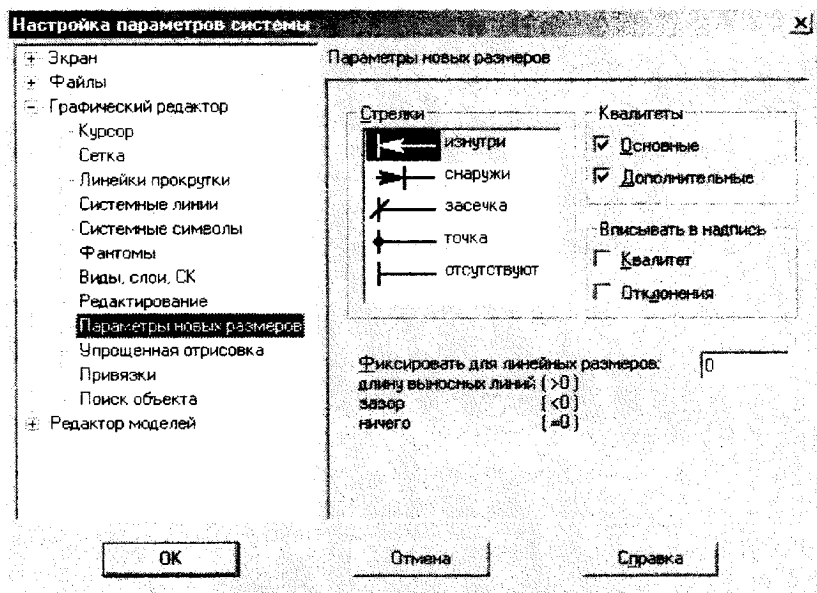


Рис. 4.86

Далі задайте дві наступні точки, між якими буде проставлятися розмір (рис. 4.87).

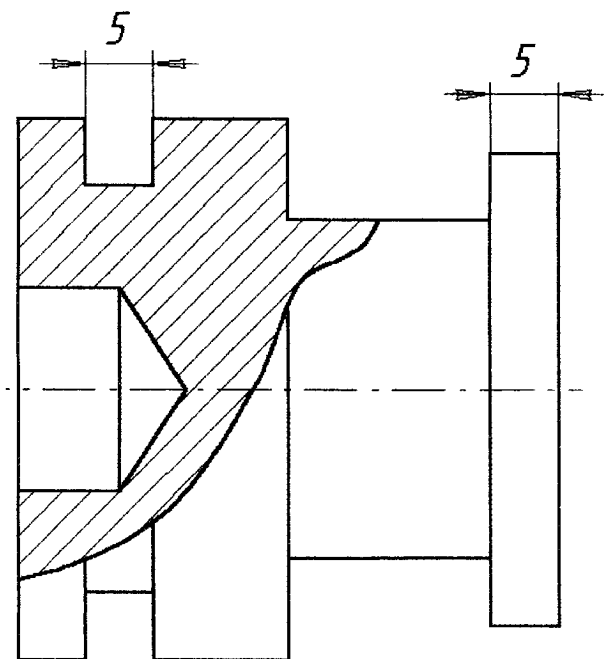


Рис. 4.87

За аналогією проставте усі інші лінійні розміри, користуючись зразком, зображеним на рис. 4.64.

При простановці глибини циліндричного вирізу в цій деталі може виникнути проблема з проставленням горизонтального розміру, тому для цього натисніть кнопку **Горизонтальный** рядка параметрів об'єктів. Після чого проставте цей розмір.

Наступними проставте діаметральні розміри цієї деталі.

Для цього скористайтеся цією ж командою. Введенням двох точок вкажіть розмір (рис. 4.88).

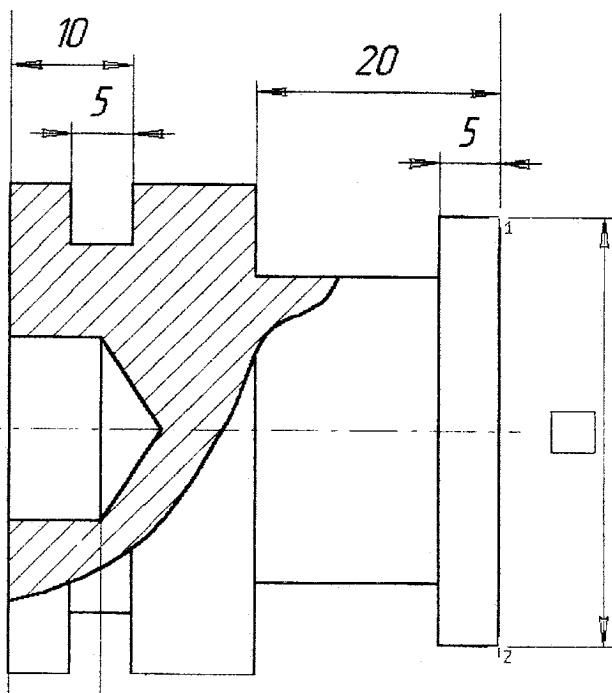


Рис. 4.88

Викличте діалогове вікно **Задание размерной надписи** натиском на текстове поле **Размерная надпись** рядка параметрів об'єктів. У цьому вікні в полі **Символ** виділіть ввід позначення  $\varnothing$ , після чого натисніть кнопку **ОК** або клавішу **<Enter>** (рис. 4.89).

Тоді виберіть зручне місце розташування цього розміру та проставте його (рис. 4.90).

За аналогією виконайте простановку інших діаметральних розмірів деталі. При простановці розмірів  $\varnothing 30$  та  $\varnothing 27,5$  позначення розміру буде перекриватися осью ліній, тому позначення потрібно змістити в бік. Натисніть на кнопку **Параметры размера** та в діалоговому вікні **Задание параметров линейного размера** в полі **Размещение текста** вкажіть меню **– Ручное**, після чого натисніть кнопку **ОК**. Далі курсором визначте місце розташування позначення розміру, зафіксуйте його та натисніть ліву кнопку миші.

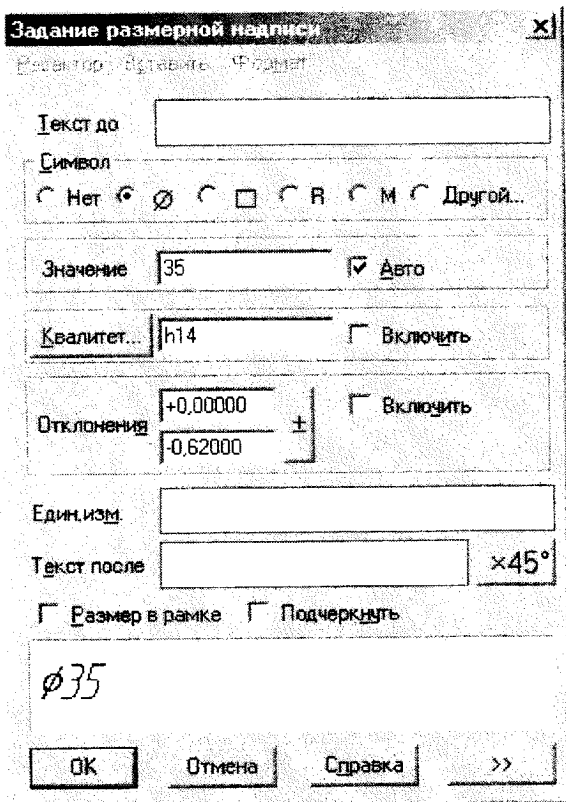


Рис. 4.89

Результатом цих побудов буде зображення, аналогічне показаному на рис. 4.64.

Далі цей графічний документ потрібно записати на диск. В меню **Файл** виберіть команду **Сохранить** або натисніть на кнопку **Сохранить документ**. В діалоговому вікні **Укажите имя файла** для записи вкажіть ім'я файла для запису та виберіть папку **Samples** в полі **Папка**, натисніть кнопку **OK** або клавішу **<Enter>** (рис. 4.91).

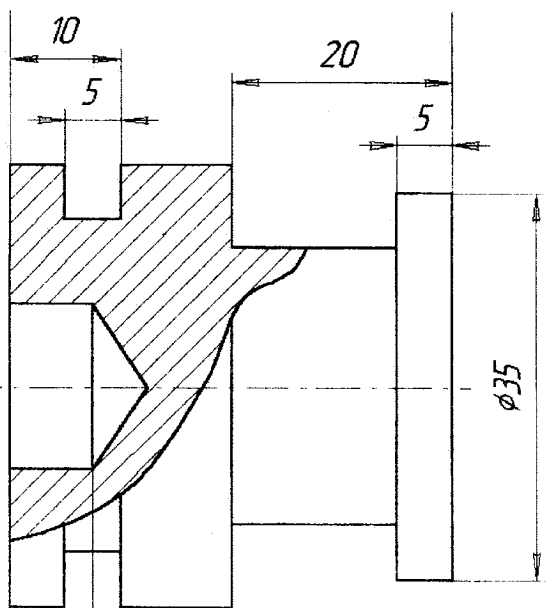


Рис. 4.90

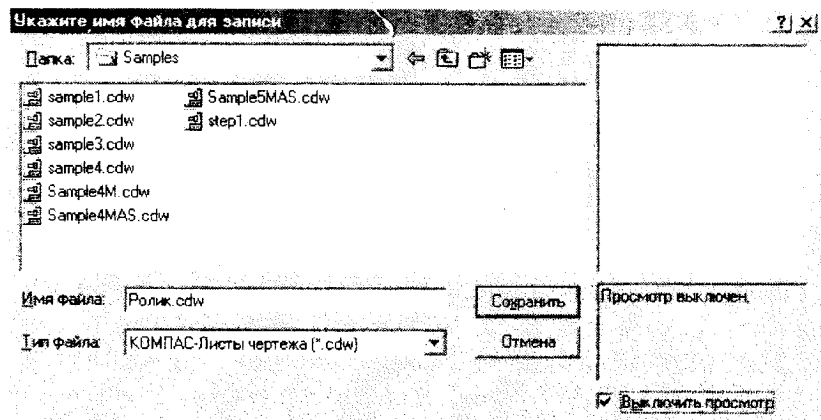


Рис. 4.91

Якщо ця папка не задана, то знайдіть її за шляхом **C:\Program files\KOMPAS-3D LT\Samples** (рис. 4.92).

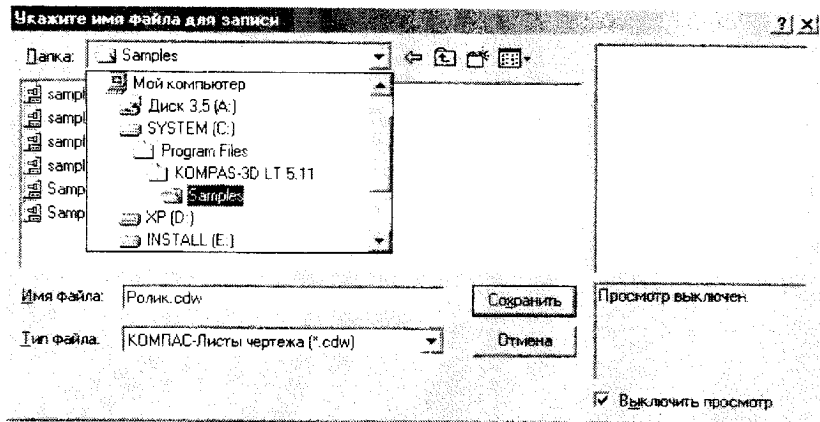


Рис. 4.92

Далі з'явиться діалогове вікно **Інформація о документе**, в якому вкажіть в полі **Автор** та в полі **Комментарии** потрібну інформацію. Але робити це не обов'язково, можна просто натиснути кнопку **ОК** або клавішу **<Enter>**. Графічний документ запишеться на диск у визначеному нами місці.

Затим ми виконаємо копіювання зображення деталі **Пластина** на це креслення. Для цього натисніть кнопку **Открыть документ**, в діалоговому вікні **Выберите файл для открытия** курсором виберіть файл на ім'я **Пластина** або введіть ім'я цього файлу в текстове поле **Имя файла** та натисніть кнопку **ОК**.

Відчиниться вікно документа, в якому буде зображена деталь пластина. Курсором виділіть усю деталь та натисніть кнопку **Копировать в буфер** панелі керування, або виконайте команду **Копировать** в меню **Редактор**.

Курсором зафіксуйте точку прив'язки виділеного об'єкту, тобто деталі пластина, після чого зображення відразу буде скопійоване в буфер (рис. 4.93).



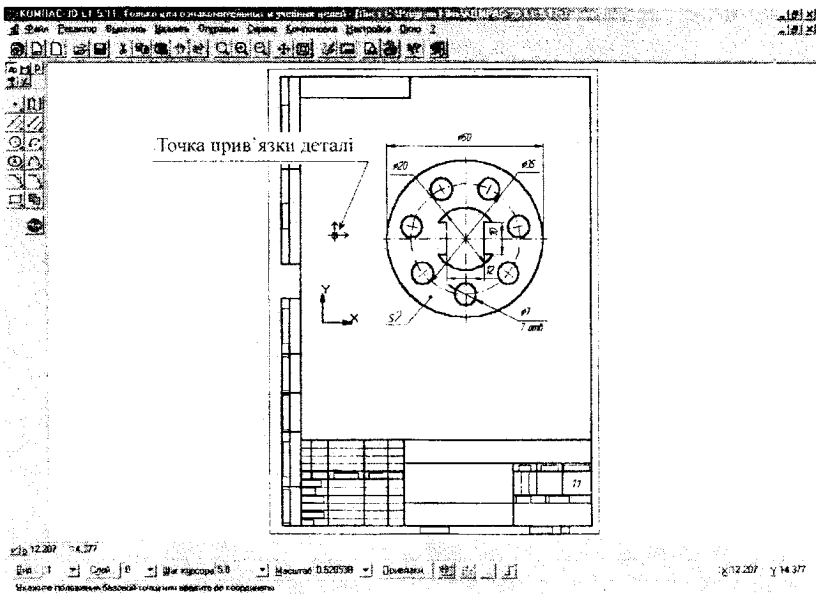


Рис. 4.93

Тепер натисніть кнопку **Открыть документ** та в діалоговому вікні **Выберите файл для открытия** виберіть файл деталі **Ролик**, натисніть кнопку **Открыть** або клавішу **<Enter>**.

Відкриється графічний документ деталі **Ролик**. Натисніть кнопку **Вставить из буфера** панелі керування, курсором вкажіть місце розташування об'єкту, натисніть ліву кнопку миші і об'єкт зафіксується у вибраному положенні.

Після чого натисніть кнопку **Прервать команду** панелі спеціального керування (рис. 4.94).

Побудову креслення можна було б вважати завершеною, однак залишається незаповнений основний напис (штамп) креслення. Для цього, натиснувши на кнопку **Увеличить масштаб рамкой**, збільшіть область креслення, на якому зображено штамп. Можна також скористатися лінійками прокрутки вікна документа. При заповненні штампа креслення спочатку необхідно активізувати його. Цього можна досягти декількома способами:



На заключному етапі повністю оформлений документ можна вивести на друк. Підготовка документа до друку починається з вводу команди **Просмотр** для печати з меню **Файл** або при натисканні на кнопку **Просмотр** для печати на панелі керування. Після цього система переходить в режим виводу документів. Головне вікно системи при цьому повністю змінюється (рис. 4.96).

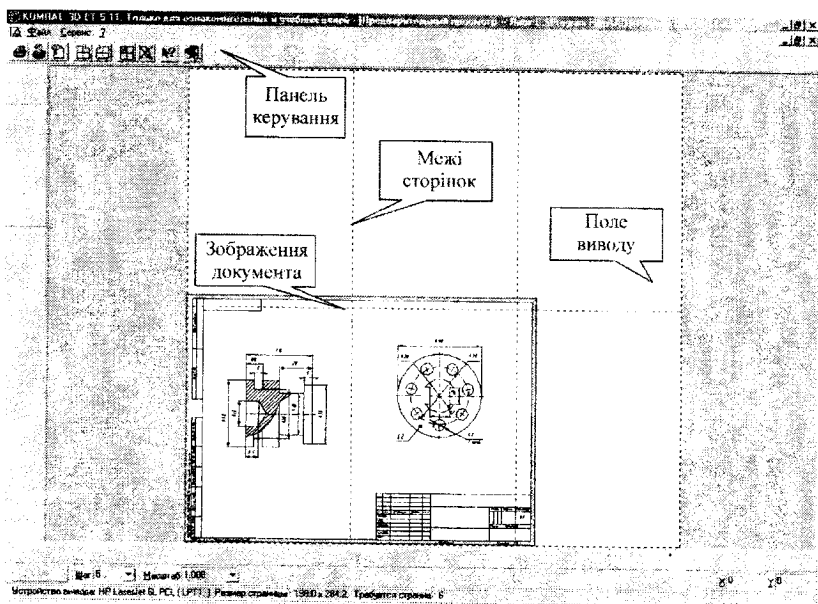


Рис. 4.96

В ньому умовно відображено поле виводу, тобто аркуш паперу, на якому буде роздруковане креслення. На аркуші відображено документ, його розміри та орієнтація. Система автоматично підрахувала, що в масштабі 1:1 даний документ розміщується на чотирьох аркушах формату A4.

Використовуючи команду **Подогнать масштаб документа** з меню **Сервис**, на екрані з'явиться діалогове вікно **Подгонка масштаба документа** (рис. 4.97).

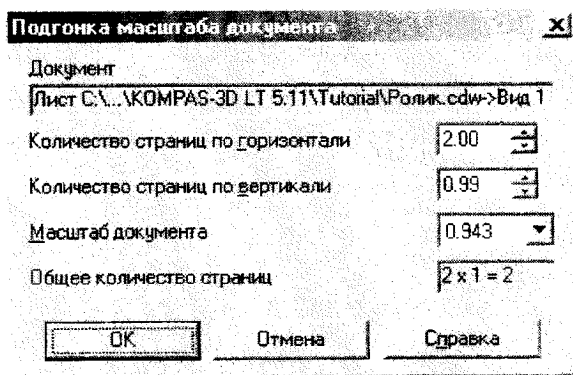


Рис. 4.97

Для розміщення графічного документа на двох аркушах форматом А4 необхідно в полях **Количество страниц по горизонтали** ввести значення 2, масштаб при цьому зменшиться. На підтвердження даної операції натисніть на кнопку **ОК**. На екрані буде відображено документ лише на двох аркушах паперу формату А4. Документ повністю готовий до друку.

Далі необхідно виконати команду **Печать** з меню **Файл** або натиснути відповідну кнопку на панелі керування, після чого система відправить документ на друк.

## § 21. ПОБУДОВА ТРЬОХ ПРОЕКЦІЙ ДЕТАЛІ ЗА ЇЇ НАОЧНИМ ЗОБРАЖЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ККС КОМПАС-3D

В даній ККС існує набір інструментів для побудови тривимірної моделі деталі, тобто її зображення не на площині, а в просторі.

З використанням засобів КОМПАС-3D LT 5.11 на прикладі деталі, зображеної на рис. 4.98, виконаємо її побудову спочатку в просторі (тримірну модель), а потім і три її проекції на площині.

Щоб запустити в роботу ККС КОМПАС-3D LT 5.11 в операційній системі Windows, натисніть кнопку **Пуск**, в підменю **Программы** в папці **КОМПАС-3D LT 5.11** запусить файл **КОМПАС-3D LT 5.11**.

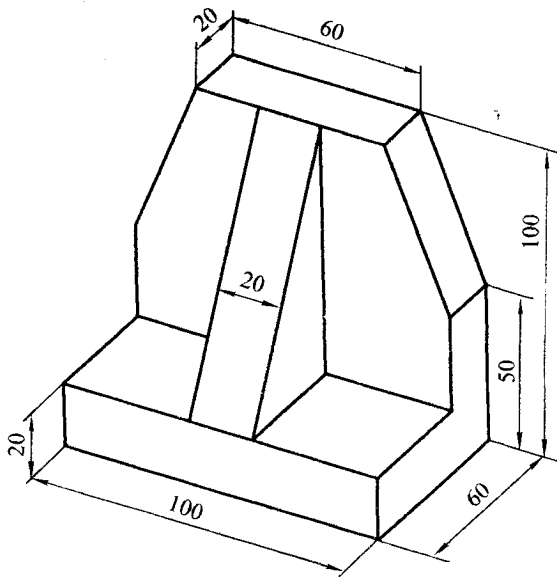


Рис. 4.98

На екрані з'явиться вікно ККС, в якому, на панелі керування натисніть кнопку **Новая деталь** – система відчинить вікно документа деталі та буде очікувати на виконання побудови (рис. 4.99).

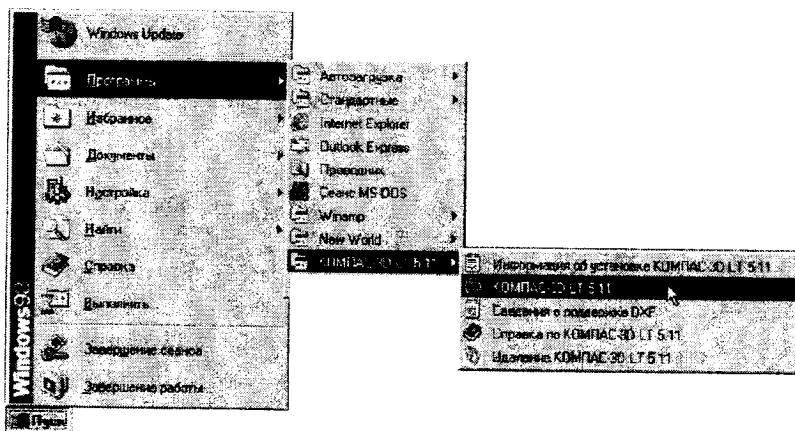


Рис. 4.99

За основу тривимірної деталі беруться плоскі (двовимірні) фігури, які переміщенням їх утворюють тривимірні об'єкти. В цьому полягає принцип створення тривимірних деталей в даній ККС. Так, наприклад, якщо намалювати коло в певній площині, то переміщуючи його в напрямку, перпендикулярному цій площині, одержимо циліндр (рис. 4.100).

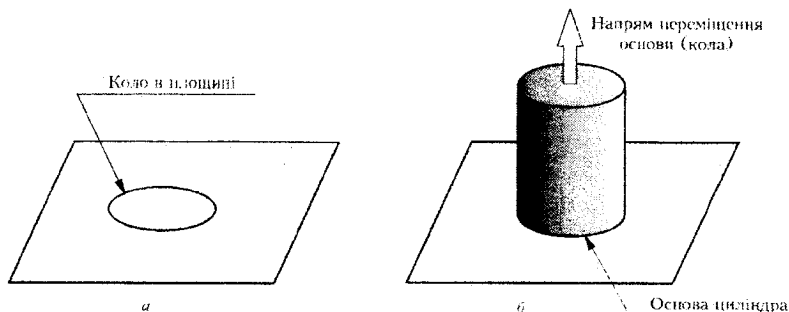


Рис. 4.100

Подібним чином будемо виконувати побудову тривимірної деталі за заданим її наочним зображенням.

У вікні **Дерево побудови** курсором виділіть фронтальну площину, при цьому відразу на екрані з'явиться квадрат (позначення цієї площини) зі стрілками системи координат (рис. 4.101).

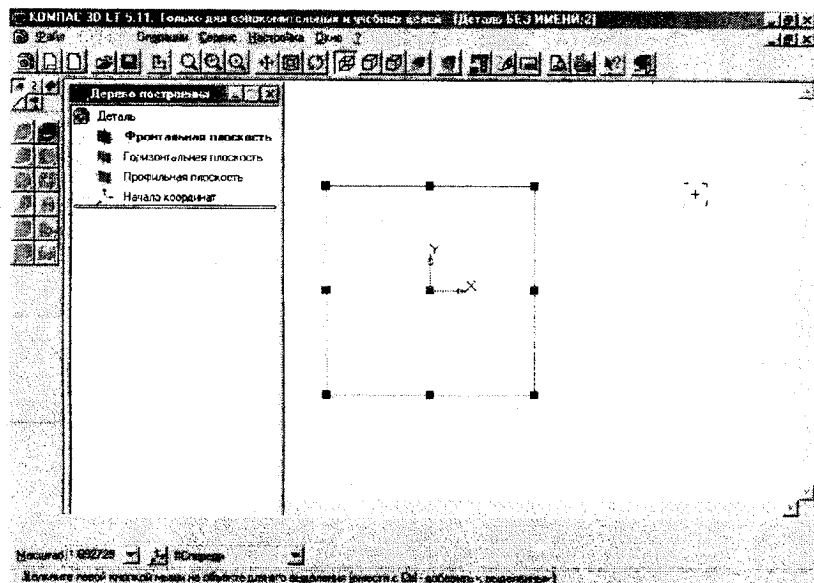


Рис. 4.101

Дана деталь є симетричною відносно вертикальної площини, а тому будемо будувати тільки її одну половину, за якою потім відразу побудуємо іншу.

Для початку задамо основу деталі. Натисніть кнопку **Новый эскиз** панелі керування – система перейде в режим побудови елементів на площині. Натисніть на кнопку команди **Ввод прямоугольника**, першу його точку зафіксуйте на початку координат, а потім в **Строка параметров объектов** введіть значення його висоти  $h \approx 100$  та ширини  $w = 50$  (після вводу кожного значення висоти та ширини потрібно їх зафіксувати натисканням на квадратик зліва від поля, в якому здійснюємо ввод).

Після побудови прямокутник буде видно на екрані не повністю, а тому скористаємось командою **Сдвинуть**, яка знаходиться на панелі керування.

Зліва у верхній частині контура повинен бути зріз. Натисніть на кнопку **Параллельная прямая**, потім натисніть на кнопку **Одна/две прямые** рядка параметрів об'єктів.

Виділіть курсором правий вертикальний відрізок та введіть значення відстані допоміжної прямої до цього відрізка  $dis = 30$ . Після чого натисніть кнопку **Создать объект**.

Натисніть на кнопку **Привязка** рядка поточного стану ескізу та в діалоговому вікні **Установка глобальных привязок** вкажіть прив'язки **Середина** та **Пересечение** (рис. 4.102).

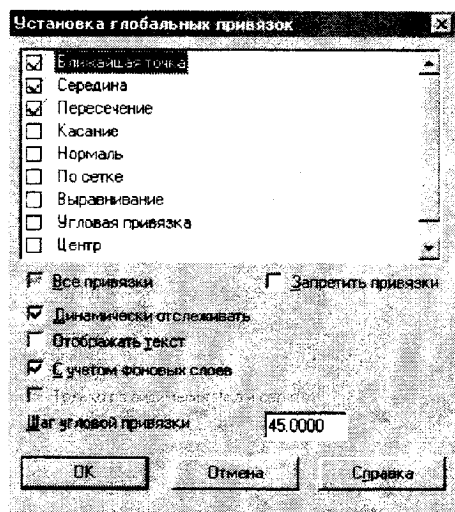


Рис. 4.102

Після цього натисніть на кнопку команди **Ввод отрезка** та послідовно задайте початкову точку на середині лівого вертикального відрізка (при цьому спрацює прив'язка **Середина**) та кінцеву точку, що знаходиться на перетині верхнього горизонтального відрізка та допоміжної прямої (спрацює прив'язка **Пересечение**) (рис. 4.103).

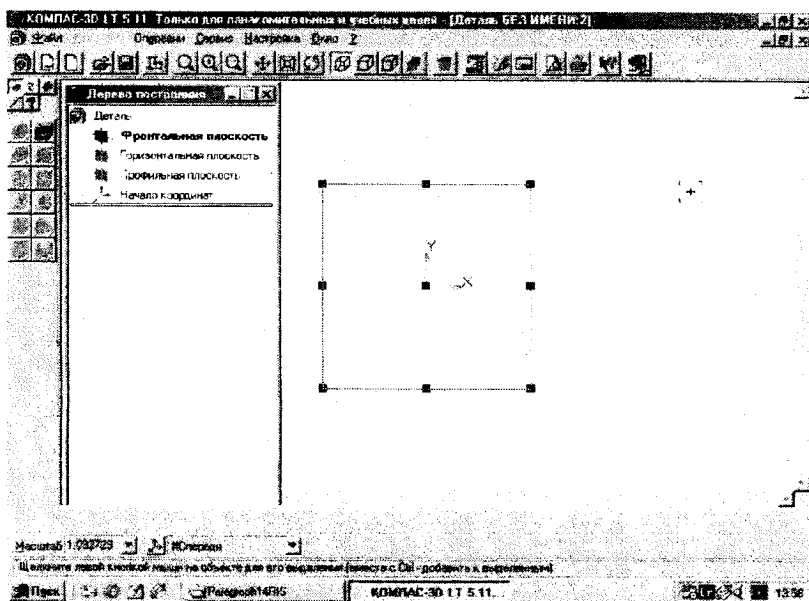


Рис. 4.103

Видалимо непотрібні елементи. Для цього скористаємося командою **Усечь кривую** інструментальної панелі **Редактирование**.

Після завершення побудови основи необхідно натиснути кнопку **Закончить редактирование** панелі керування.

У вікні **Дерево построений** має з'явитися елемент під назвою **Эскиз 1**, це і є побудований нами ескіз (основа), по якому будемо створювати тривимірний об'єкт.

На інструментальній панелі **Построение детали** натисніть кнопку **Операция выдавливания**, з'явиться вікно **Параметры**, в якому



потрібно задати напрям та відстань видавлювання, яка дорівнює 60 мм (рис. 4.104).

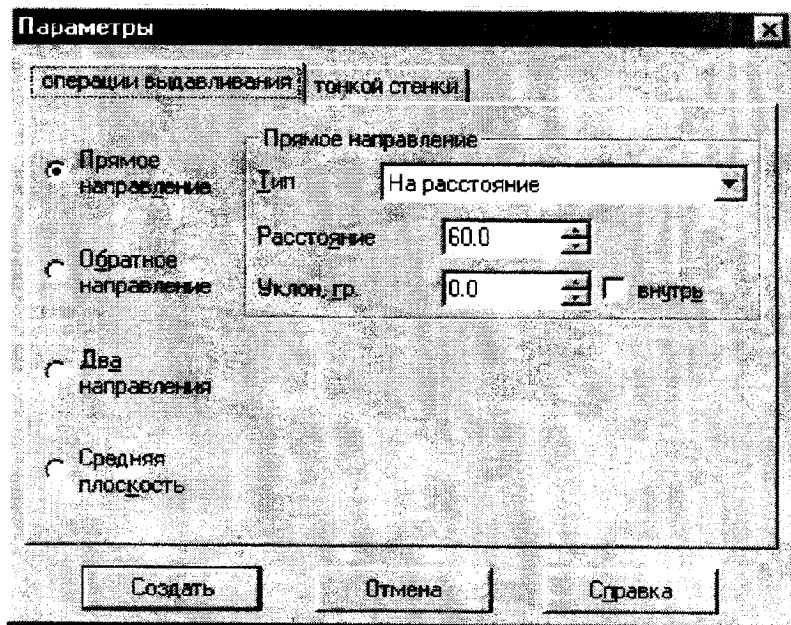


Рис. 4.104

Напрямок при цьому вибираємо прямий, тип видавлювання – на відстань. Далі натисніть кнопку **Создать**.

На екрані суттєвих змін не відбулося за винятком того, що цей об'єкт змінив свій колір. Тривимірний об'єкт побудовано, але його не видно через те, що в рядку поточного стану документа в полі **Текущая ориентация изображения** задано вигляд **Спереди**, та тому ця деталь проектується на екрані в основу, з якої вона побудована.

На панелі керування натисніть кнопку **Повернуть**, після чого наведіть курсор на робоче поле документа, натисніть ліву кнопку миші та, не відпускаючи її, переміщуйте мишу – деталь буде повертатися, залежно від напрямку руху миші. На екрані буде видно цей тривимірний об'єкт (рис. 4.105).

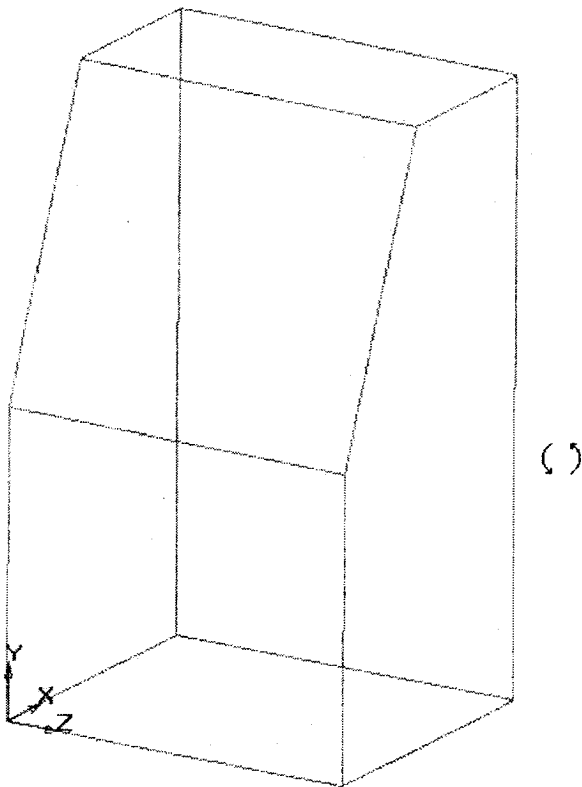


Рис. 4.105

Для наочності відображення можна також скористатися кнопкою **Полутоновое** панелі керування (рис. 4.106).

Далі в цій деталі послідовно будемо виконувати вирізи.

Курсором виділіть верхню вертикальну площину, в якій будемо виконувати побудову основи (ескіз) вирізу. Натисніть кнопку **Новый эскиз** та для зручності виберіть поточне орієнтування зображення – зверху (поле **Ориентация** знаходиться в рядку поточного стану документа деталі) (рис. 4.107).

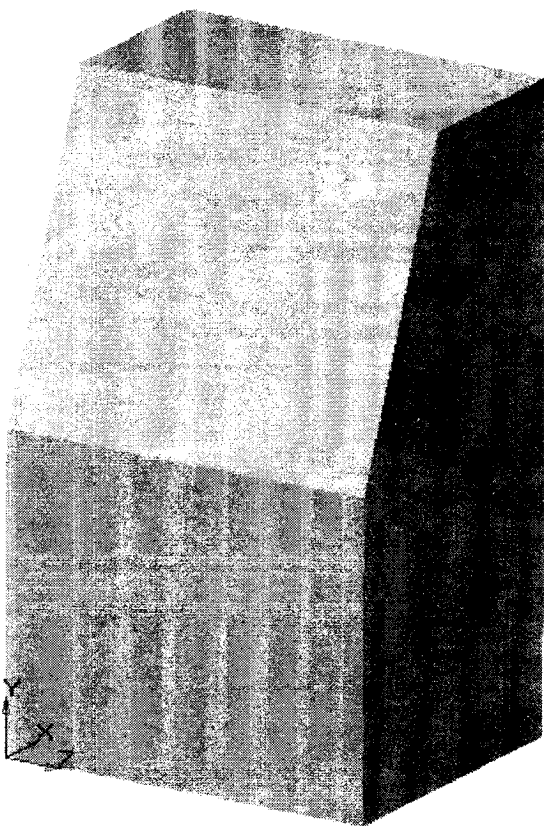


Рис. 4.106

Активізуйте команду **Параллельная прямая**, курсором виділіть верхній горизонтальний відрізок виділеної площини та в полі **Расстояние до прямой** задайте значення 20, тоді натисніть кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування. Не перериваючи виконання цієї команди, курсором вкажіть правий вертикальний відрізок цього прямокутника та задайте значення відстані до прямої – 10. Завершіть побудову цієї прямої, натиснувши кнопку **Создать объект** (рис. 4.108).

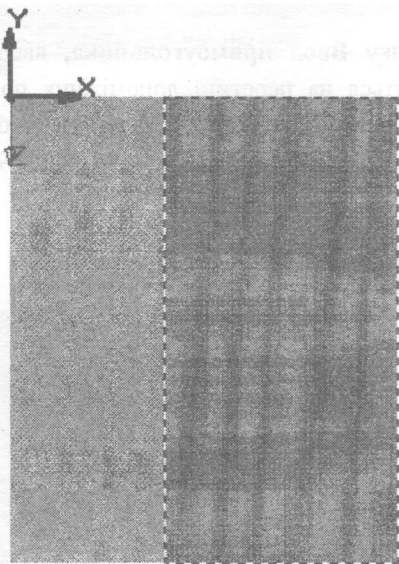


Рис. 4.107

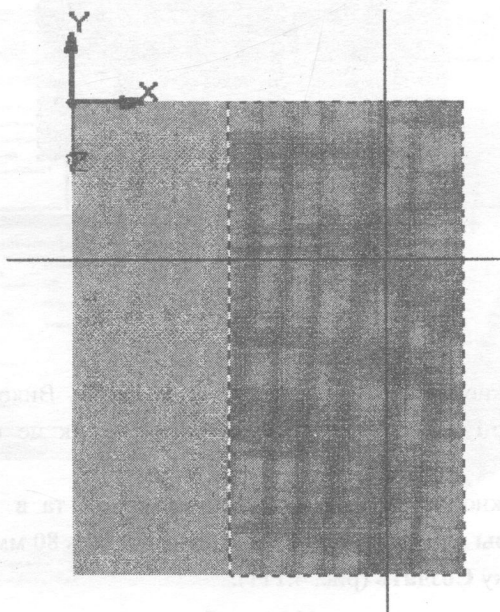


Рис. 4.108

Натисніть кнопку **Ввод прямоугольника**, введіть першу його точку, яка знаходиться на перетині допоміжних прямих, а друга в будь-якому місці, але за умови що цей прямокутник буде перекривати усю частину деталі, яка має бути вирізаною (рис. 4.109).

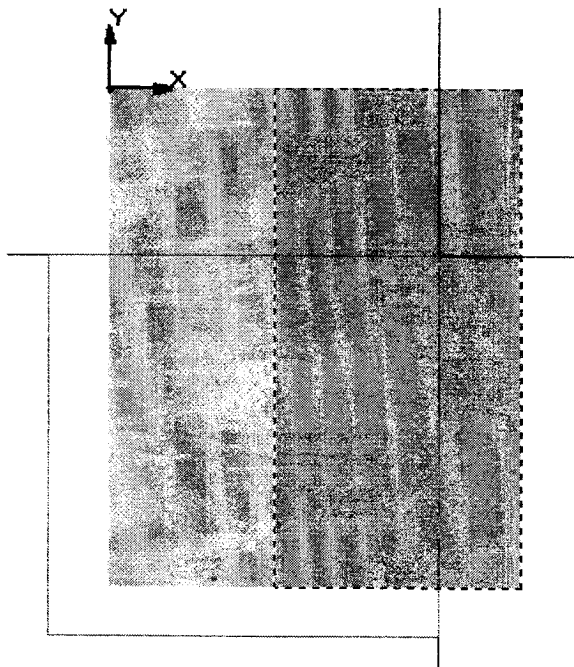


Рис. 4.109

Натисніть кнопку **Закончить редактирование**. Використовуючи команду **Повернуть**, поверніть зображення так, як це показано на рис. 4.110.

Натисніть кнопку **Вырезать выдавливанием** та в діалоговому вікні **Параметры** задайте прямий напрямок, відстань 80 мм, після чого натисніть кнопку **Создать** (рис. 4.111).

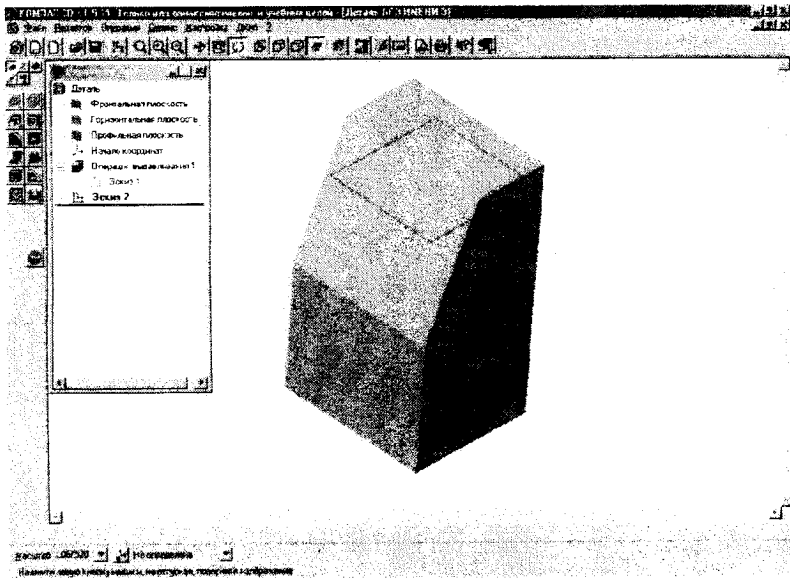


Рис. 4.110

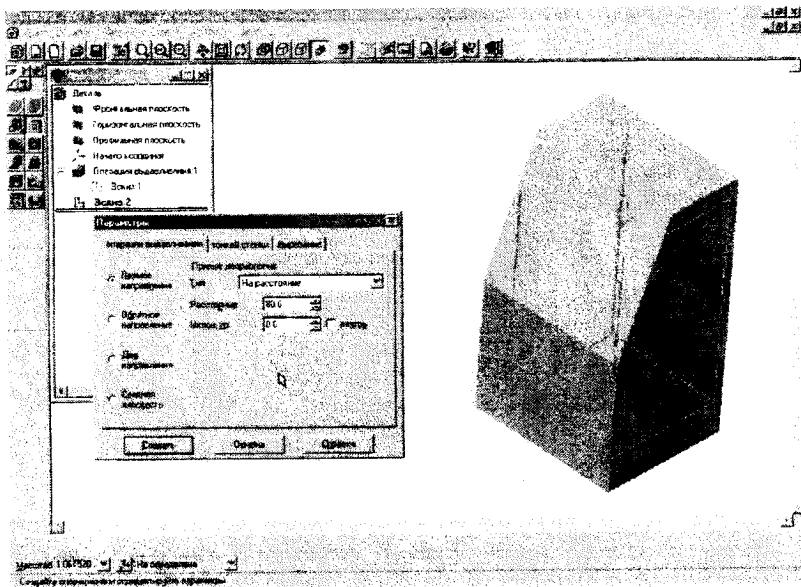


Рис. 4.111

Результатом вирізу буде деталь, що виглядає наступним чином (рис. 4.112).

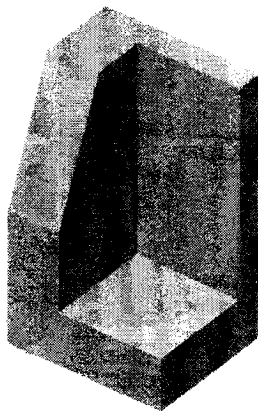


Рис. 4.112

Тепер виконаємо ще один виріз. Виділіть курсором площину, в якій будемо будувати основу (рис. 4.113).

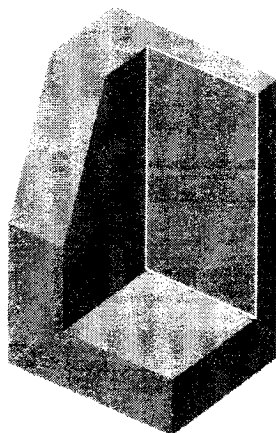


Рис. 4.113

Знову натисніть кнопку **Новый эскиз** та активізуйте команду **Непрерывный ввод объекта**, задайте основу у вигляді прямокутного трикутника, як це показано на рис. 4.114.

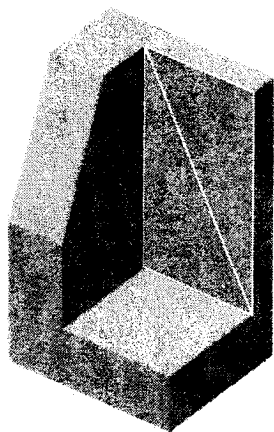


Рис. 4.114

Натисніть на кнопку **Закончить редактирование**, тоді натисніть на кнопку команди **Вырезать выдавливанием**.

В діалоговому вікні **Параметры** в колі **Тип** задайте **Через все** і після цього натисніть на кнопку **Создать**.

Результатом побудови буде частина деталі зображена на рис. 4.115.

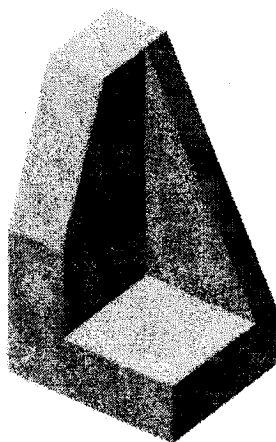


Рис. 4.115



До повної побудови деталі залишається симетрично її відобразити. Для цього натисніть кнопку команди **Зеркально отобразити все** та виділіть курсором площину, відносно якої симетрично буде копіюватися дана частина деталі (рис. 4.116).

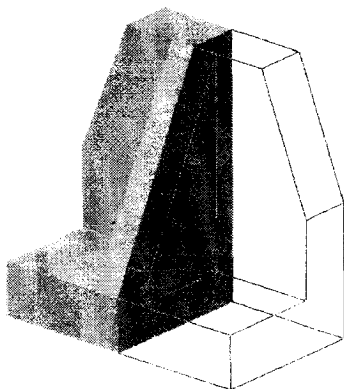


Рис. 4.116

Далі натисніть на кнопку **Создать объект** панелі спеціального керування і деталь буде побудована повністю (рис. 4.117).

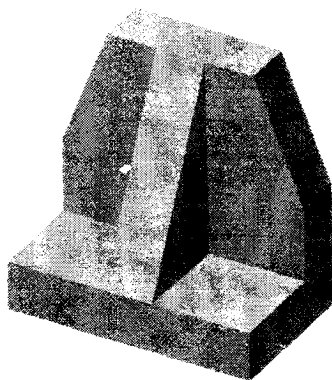


Рис. 4.117

Система КОМПАС-ГРАФИК 5.X робить можливим виконувати побудову проєкції тривимірної деталі.

Для цього в меню **Файл** виконайте команду **Создать заготовку для чертежа** (рис. 4.118).

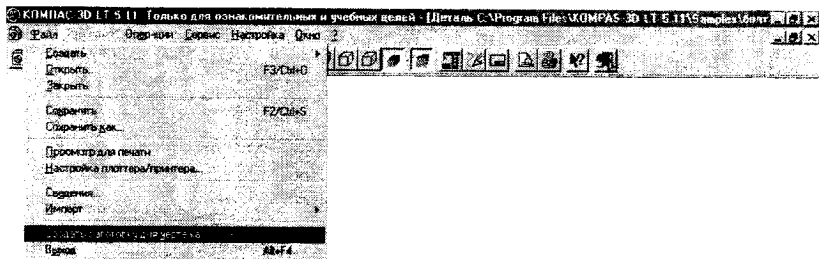


Рис. 4.118

На екрані з'явиться діалогове вікно **Параметры чертежа**, в якому виберіть вигляди **Спереди**, **Сверху** та **Слева** (рис. 4.119).

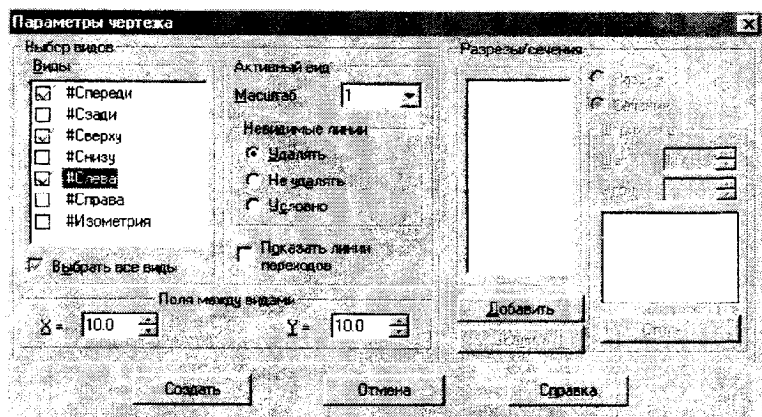


Рис. 4.119

Після цього натисніть кнопку **Создать** – система виконає побудову трьох проекцій деталі (рис. 4.120).

Для даного креслення залишається проставити розміри осевих ліній та вибрати формат креслення, на якому воно буде розташовуватися.

В результаті, після завершення усіх необхідних операцій, креслення буде мати вигляд як це зображено на рис. 4.121.

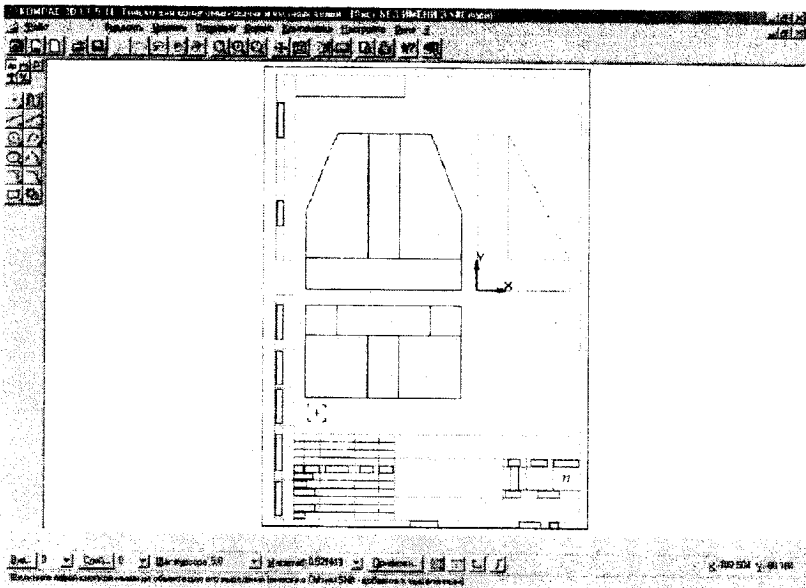


Рис. 4.120

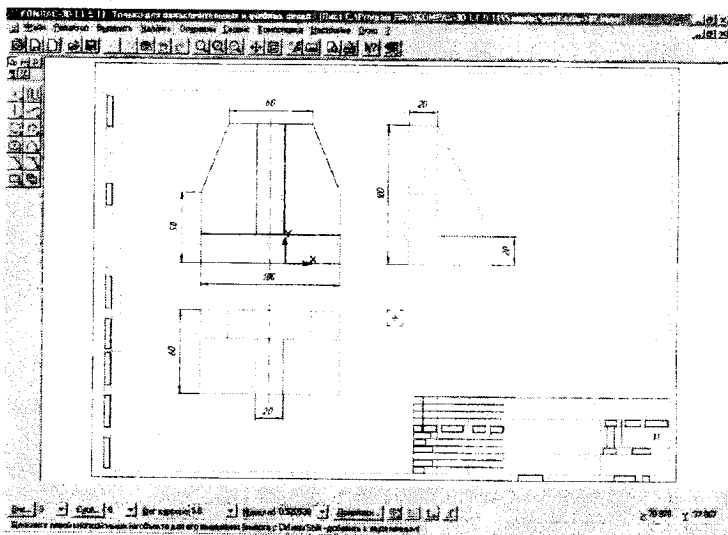


Рис. 4.121

## § 22. ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ, ВРАЗКИ ЇХ ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ

### Завдання 1

Виконати зображення трьох деталей (ролика, валика і планки) в масштабі 1:1. Нанести необхідні розміри.

(Графічну умову завдання вибрати згідно з варіантом з табл. Д2.1–Д2.3).

### Методичні вказівки

Креслення деталей рівномірно розташувати на полі аркуша.

Розміри на кресленнях наносити відповідно до ГОСТ 2.307–68.

На зображенні планки вказати центри і точки спряження.

(Приклад виконання завдання зображено на рис. 6 додатка 3).

Розміри на ролику і валику проставити, враховуючи технологічні бази, а на планці з врахуванням виготовлення її з листового матеріалу.

### Завдання 2

За двома заданими зображеннями деталі побудувати третє, а також наочне зображення в прямокутній диметричній проекції. Нанести розміри.

(Графічну умову завдання вибрати згідно з варіантом з табл. Д2.4).

### Методичні вказівки

Ознайомитись з кресленням даної деталі і визначити основні геометричні тіла, з яких вона складається.

За двома зображеннями побудувати третє.

Виконати наочне зображення в прямокутній диметричній проекції.

На кресленні обов'язково показати лінії невидимого контуру.

Нанести розміри.

(Приклад виконання завдання зображено на рис. 7 додатка 3).

### Завдання 3

За двома заданими проекціями побудувати третю, виконуючи необхідні розрізи. Нанести розміри.

(Графічну умову завдання вибрати згідно з варіантом з табл. Д2.5).

### Методичні вказівки

Ознайомитись з кресленням даної деталі і визначити основні геометричні тіла, з яких вона складається.

За двома заданими проекціями побудувати третю.

Побудувати необхідні розрізи.

Нанести розміри.

(Приклад виконання завдання зображено на рис. 8 додатка 3).

#### **Завдання 4**

За двома заданими зображеннями деталі побудувати третє, а також наочне зображення в прямокутній ізометричній проекції з вирізом передньої чверті. Нанести розміри.

(Графічну умову завдання вибрати згідно з варіантом з табл. Д2.6).

#### **Методичні вказівки**

Ознайомитись з кресленням даної деталі і визначити основні геометричні тіла, з яких вона складається.

За двома зображеннями побудувати третє.

Побудувати необхідні розрізи.

Нанести розміри.

Виконати наочне зображення деталі в прямокутній ізометричній проекції з вирізом передньої чверті.

(Приклад виконання завдання зображено на рис. 9 додатка 3).

#### **Завдання 5**

Побудувати креслення деталей використовуючи ККС КОМПАС-ГРАФИК-5.Х.

(Графічну умову взяти із завдання 1).

#### **Методичні вказівки**

Вибрати формат аркуша креслення.

Виконати геометричну побудову та нанести усі необхідні виносні й розмірні лінії та проставити розмірні числа на кресленні.

Заповнити основний напис креслення.

Вивести на друк.

Приклад та послідовність виконання завдання наведені в § 19–20.

(Приклад виконання завдання зображено на рис. 6 додатка 3).

#### **Завдання 6**

Побудувати наочне зображення деталі, а потім за цим наочним зображенням три її проекції. Усі побудови виконувати з допомогою ККС КОМПАС-ГРАФИК-3Д.

(Графічну умову взяти із завдання 2).

#### **Методичні вказівки**

Побудувати деталь.

На основі побудованої деталі створити три її проекції, вибравши при цьому формат аркуша креслення.

Нанести усі необхідні позначення та розміри.

Заповнити основний напис креслення.

Вивести на друк.

Приклад та послідовність виконання завдання наведені в § 21.

Вимоги щодо оформлення розрахунково-графічної роботи наведені в додатку 1.

## Вимоги щодо оформлення розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічна робота складається з графічної та текстової частин.

Титульний лист (рис. 1) – перший лист розрахунково-графічної роботи.

272, №3,5	<i>Міністерство освіти і науки України</i>
№5	<b>ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ</b>
220, №3,5	<i>Кафедра геотехнологій та промислової екології</i> Група _____
170, №3,5	<i>Нарисна геометрія та інженерна графіка</i>
№7	<b>РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА</b>
130, №7	<b>09ГГ.442 100.000-01РГР</b>
80, №3,5	Керівник <span style="float: right;">В.С. Івасюк</span>
40, №3,5	Виконавець <span style="float: right;">М.К. Кравченко</span>
10, №3,5	2003

Рис. 1. Зразок заповнення титульного листа

Примітка: цифри, приведені зліва від титульного листа, означають: до коми відстань від основи відповідного рядка до нижньої обрамлюючої лінії; після коми – рекомендований розмір шрифту

Креслення завдань розрахунково-графічної роботи виконуються на форматі А3 (297×420) з дотриманням відповідних стандартів.

Текстова частина розрахунково-графічної роботи повинна задовольняти вимоги таких стандартів: ГОСТ 2.105–79, ГОСТ 2.106–68.

Для оформлення креслень розрахунково-графічної роботи основний напис виконується за ГОСТ 2.104–68 (форма 1, рис. 1.4 і форма 2а для наступних аркушів, рис. 1.3).

### *Структура позначень креслень з нарисної геометрії*

Структура позначення виробу і його конструкторського документа за ЕСКД складається із 15 знаків, що несуть таку інформацію:

- перші чотири знаки – код організації-розробника;
- наступні шість знаків – код кваліфікаційної характеристики;
- наступні три знаки – порядковий реєстраційний номер;
- останні два знаки – шифр документа на виріб за ГОСТ 2.102–68, 2.602–68, 2.604–68, 2.701–68.

Для навчальних креслень візьмемо спрощену систему позначення, яка за формою є відповідником структурі позначення конструкторських документів згідно з ЕСКД, а за змістом – простою для користування (рис. 2).

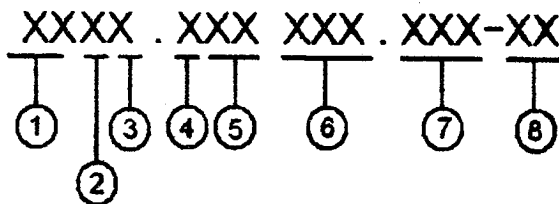


Рис. 2. Структура позначення навчальних креслень:

- 1 – номер групи спеціальності;
- 2 – індекс кафедри, для кафедри інженерної графіки візьмемо індекс „Г”;
- 3 – індекс курсу: нарисна геометрія та інженерна графіка – Г;
- 4 – шифр технічної дисципліни;
- 5 – шифр розрахунково-графічної роботи;
- 6 – номер комплексного завдання;
- 7 – номер задачі, що входить в комплексне завдання;
- 8 – номер варіанта

## Оформлення графічної частини завдань

Відрізки ліній і зображення плоских фігур, що задані умовою задачі, виконують суцільною основною лінією чорного кольору олівцем. Шуканий результат задачі – суцільною основною лінією червоного кольору. Проміжні допоміжні побудови – суцільною тонкою кольоровою лінією (зеленого, блакитного, синього та ін. кольорів), яка має бути в два рази тоншою суцільної основної лінії. Лінії зв'язку і осі проєкцій виконують суцільною тонкою лінією чорного кольору в три рази тоншою суцільної основної лінії.

## Оформлення текстової частини завдань

Текстову частину завдань (умови задач) слід вважати технічними вимогами креслення і згідно з ГОСТ 2.316–68 (пункти 11, 14, 15, 17) слід розташовувати над основним написом в колонку, ширина якої не більша 185 мм. Текстову частину рекомендується записувати символічно, а у випадках, коли ці вимоги виконати не можна, слід умову задач записувати текстом шрифтом №5 (висота цифр і великих літер – 5 мм, малих літер – 3,5 мм, віддал між основами рядків – 8 мм). Для запису координат точок будують таблицю відповідно до ГОСТ 2.105–79, як показано на рис. 3.

Цифровий матеріал оформлюють у вигляді таблиць. Таблиця складається із головки, рядків, боковика і граф.

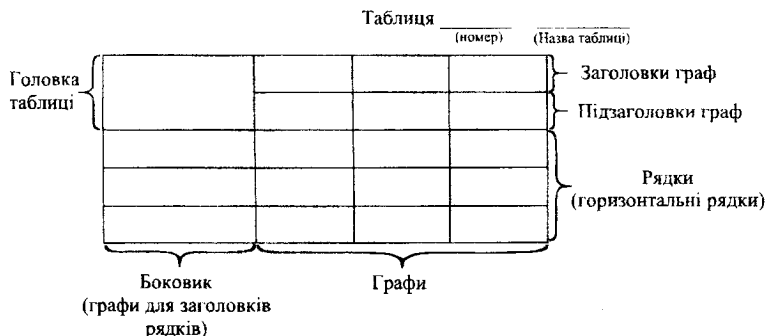


Рис. 3. Форма таблиці

Заголовки граф таблиці вказують в називному відмінку однини. Діагональний поділ графи в головці таблиці не допускається. Графу "№ п/п" в таблицю не включають.



Якщо всі параметри, розмішені в таблиці, мають тільки одну розмірність, наприклад, міліметри, скорочене позначення одиниці виміру розташовують над таблицею.

Всі таблиці, якщо їх декілька, мають бути пронумеровані арабськими цифрами в межах одного документа. Над правим верхнім кутком таблиці розміщують напис "Таблиця ..." з вказівкою рядкового номера таблиці без знака №, наприклад, "Таблиця 2".

Слово "Таблиця" при наявності тематичного заголовка пишуть над заголовком. Якщо в документі тільки одна таблиця, то номер їй не присвоюють і слово "Таблиця" не пишуть.

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово „Таблиця” в тексті пишуть повністю, якщо таблиця не має номера, і скорочено, – якщо має номер, наприклад, "... в табл. 1.1”.

Згідно з ГОСТ 2.316–68 (пункти 11, 12) між текстовою частиною і основним написом не допускається розташовувати зображення, таблиці і т. п. Таблиці розташовують на вільному місці креслення праворуч від зображення або нижче його, за виключенням тих випадків, коли для креслень деяких виробів, наприклад, зубчастих коліс, відповідними стандартами обумовлено місце розташування і розміри таблиць.

Більш детальні відомості про оформлення текстової документації наводяться в ГОСТ 2.105–79.

### *Брошування роботи в альбом. Вимоги щодо оформлення титульного аркуша*

Студенти денної і заочної форм навчання брошують усі роботи в один альбом до формату А4 за ГОСТ 2.501–68. Аркуші креслення складають „гармонікою” зображенням назовні так, щоб основний напис креслення знаходився на верхньому боці складеного аркуша в правому нижньому куті (рис. 4).

Для альбому робіт виконують титульний лист на аркуші форматом А4 відповідно до вимог ГОСТ 2.1 05–79. На рис. 5 наведено зразок виконання титульного листа з вказівкою рівня рядків відповідних записів відносно нижньої обрамляючої лінії поля креслення, а також розміру шрифту. Віддаль між невказаними рядками беруть за ГОСТ 2.304–68, а саме: на віддалі, що дорівнює 1,5 розміру шрифту.



Рис. 4. Приклад розташування умови задачі й таблиці координат заданих точок на кресленні

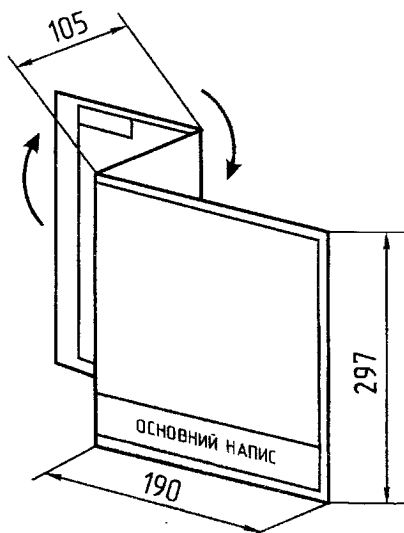
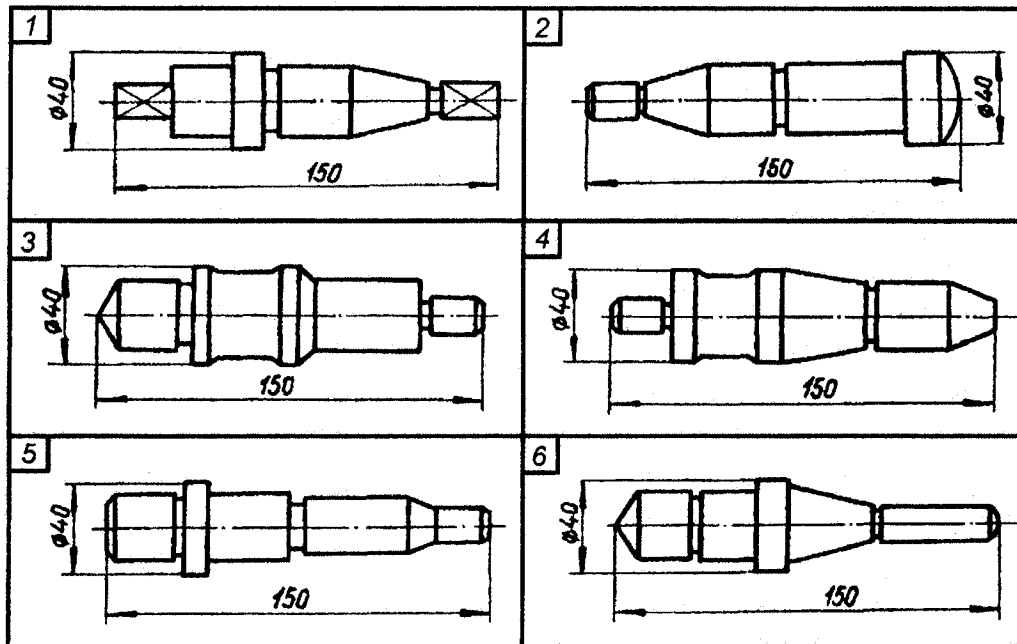


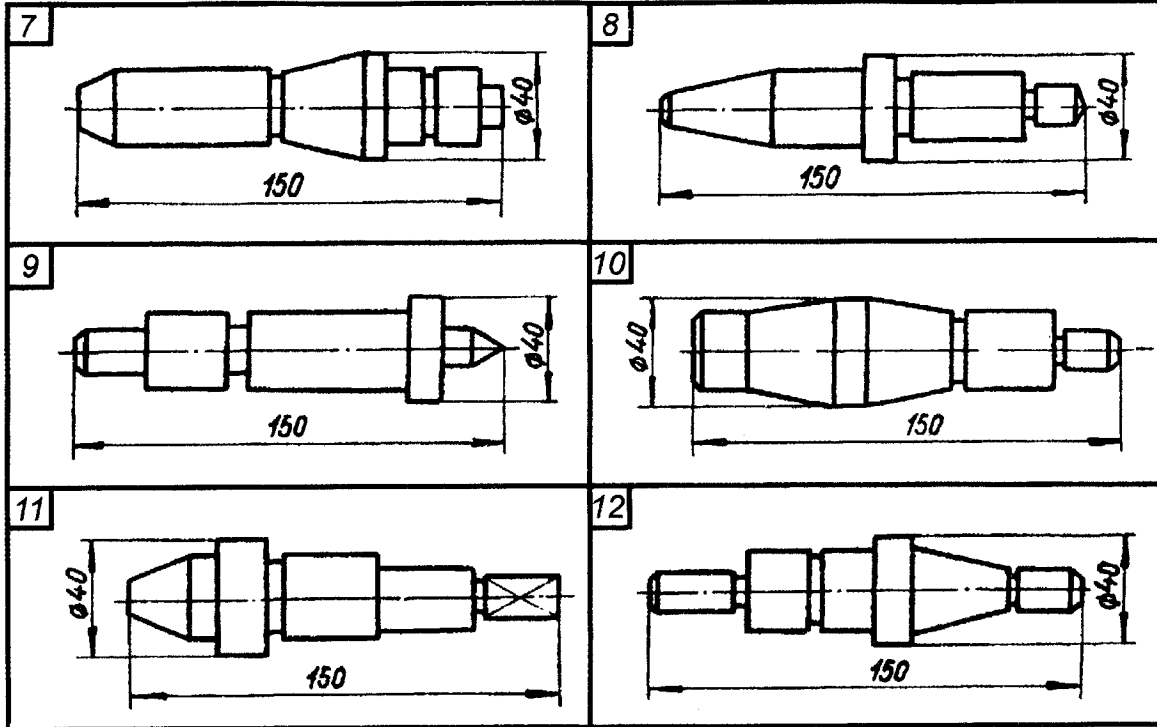
Рис. 5. Складання формату А3 до формату А4 для брошурування в альбом

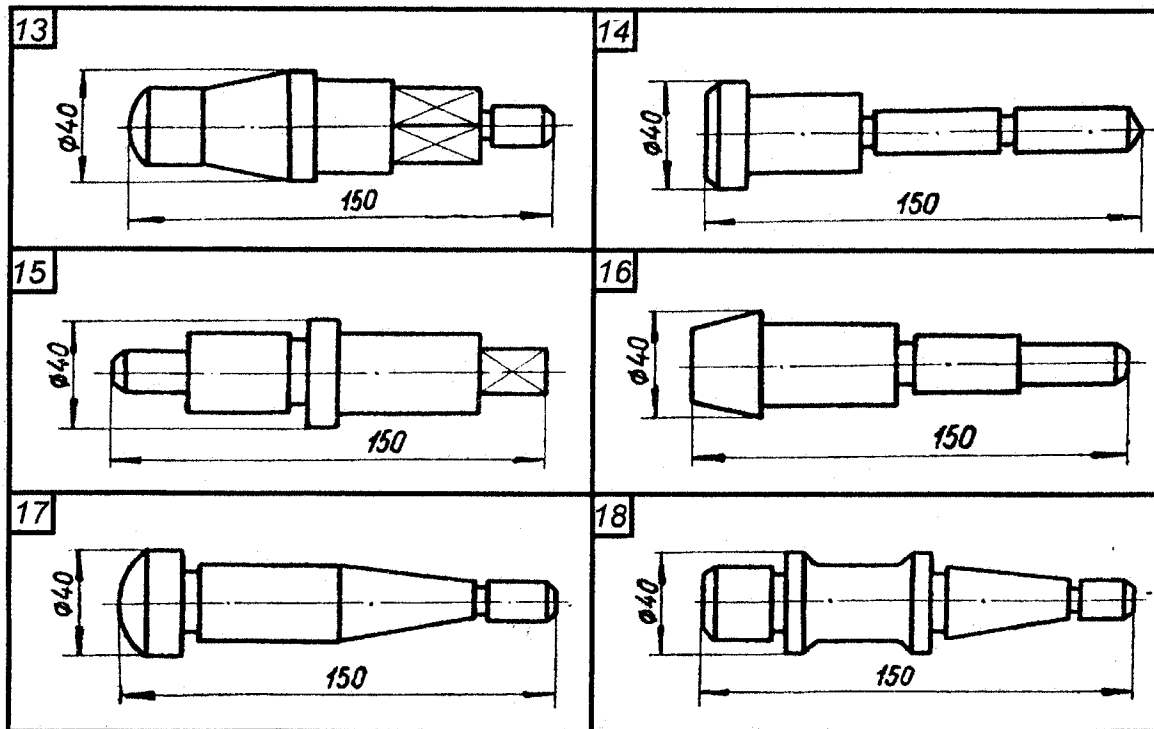
## Графічні умови до завдань розрахунково-графічної роботи

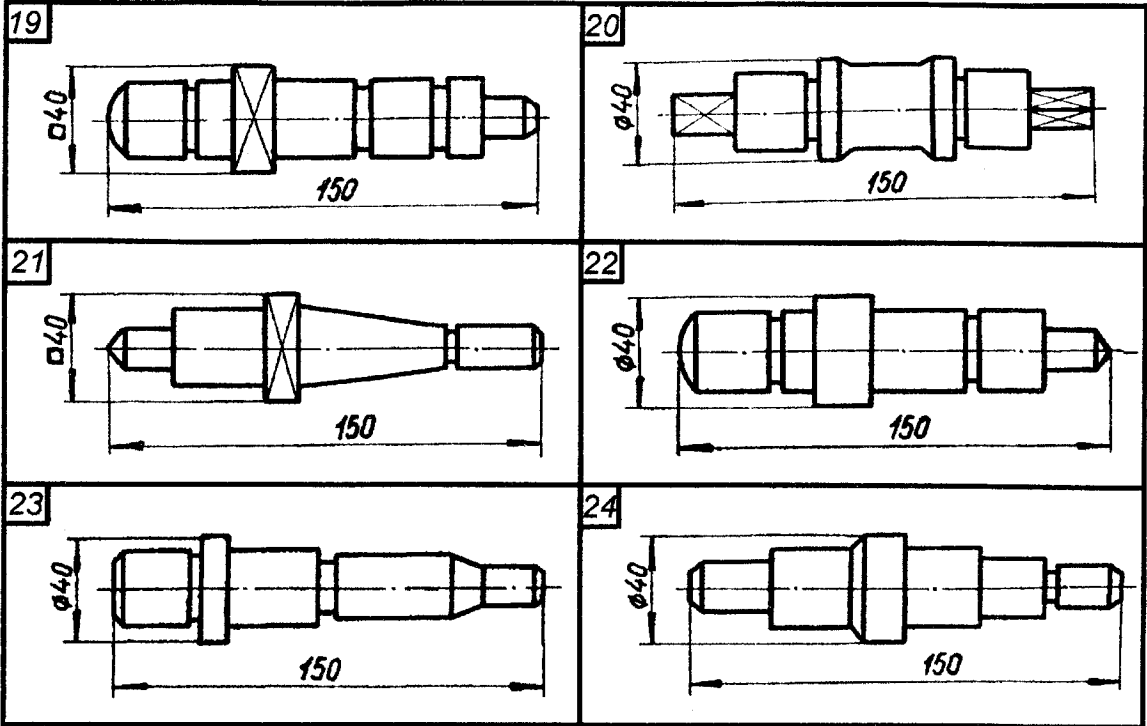
Таблиця Д2.1

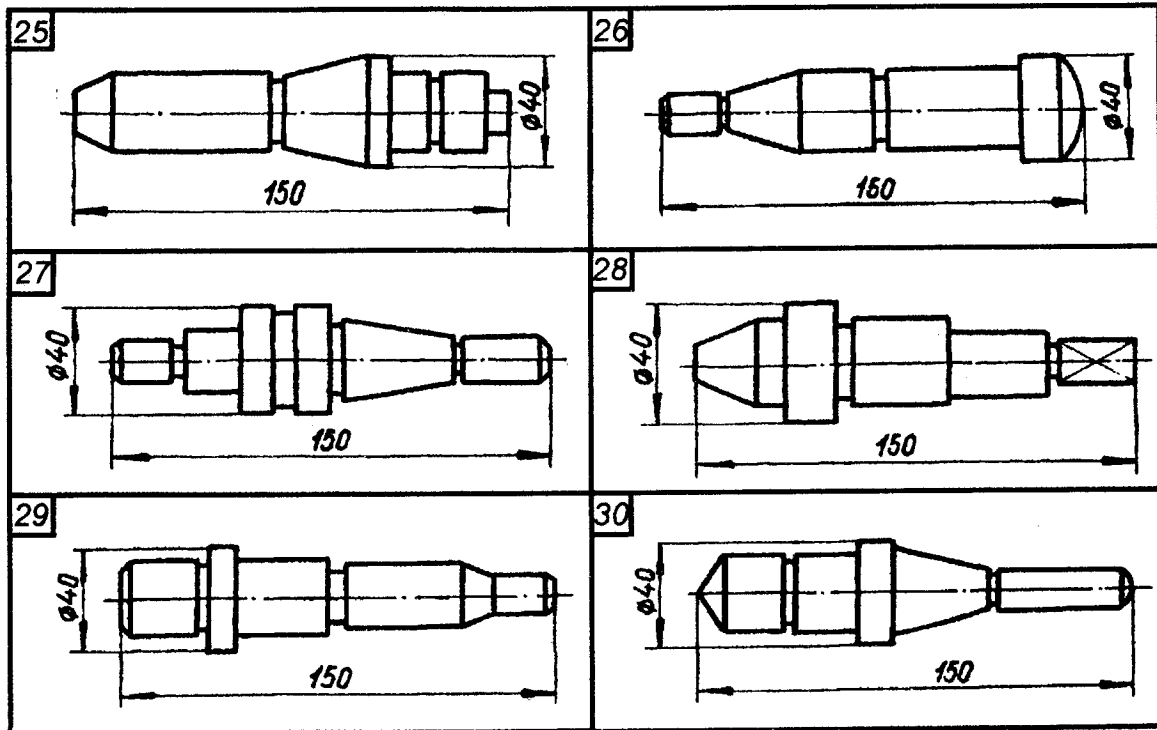
Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 100.000-XX (Деталь 1)



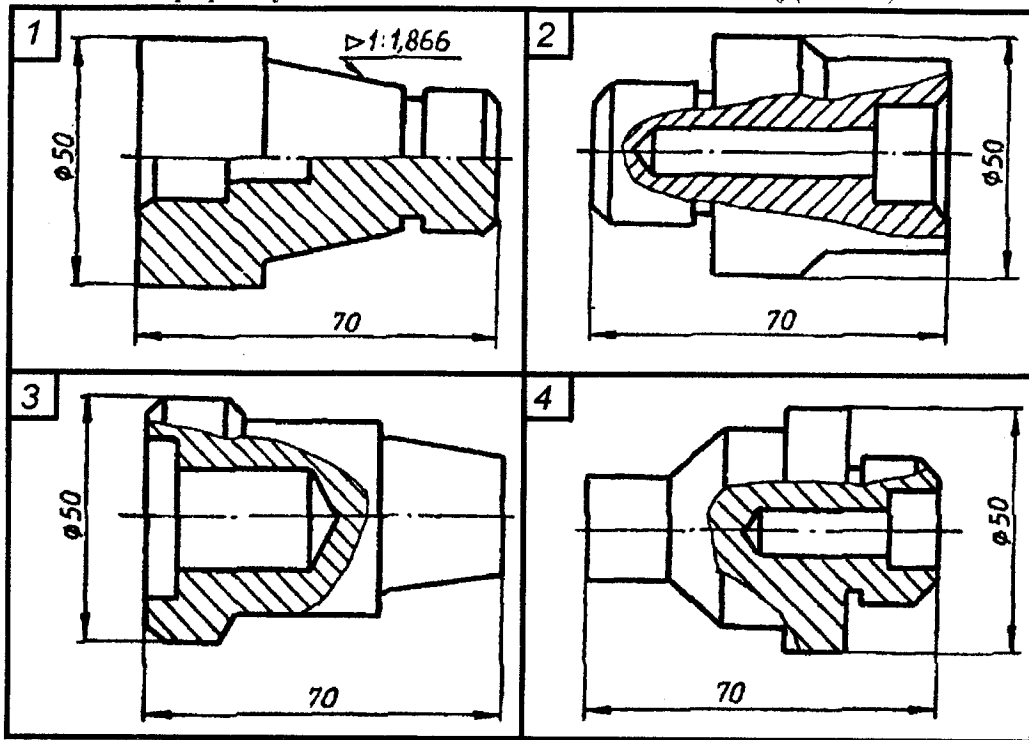




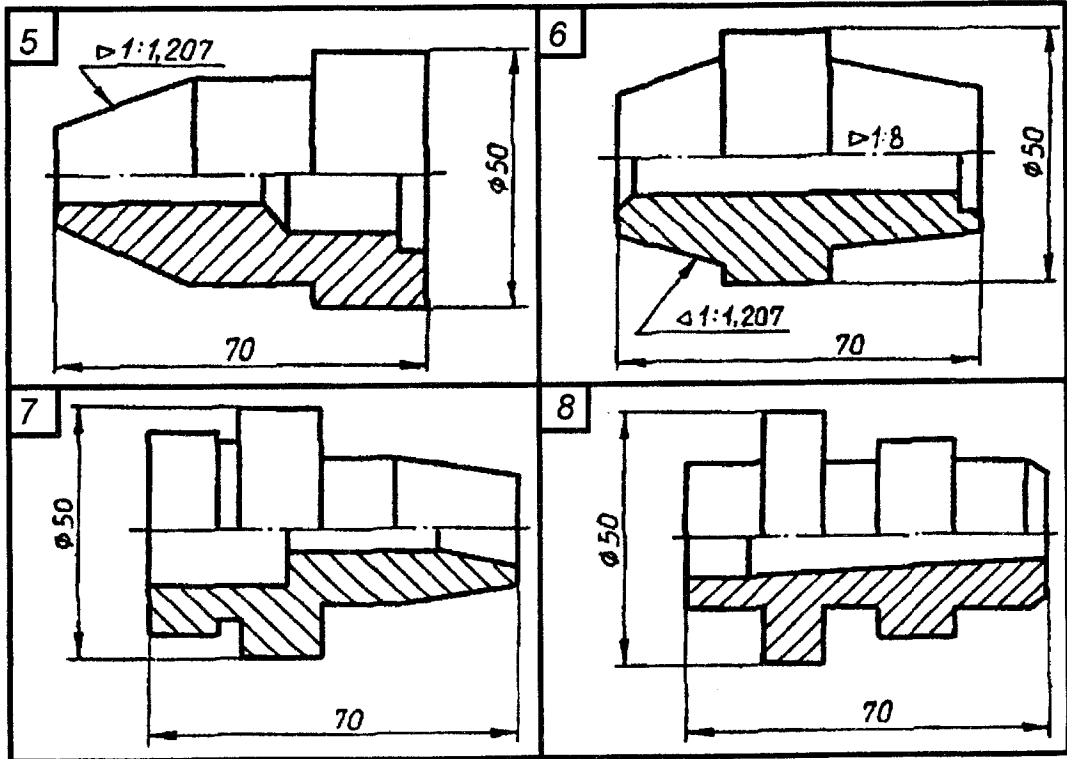


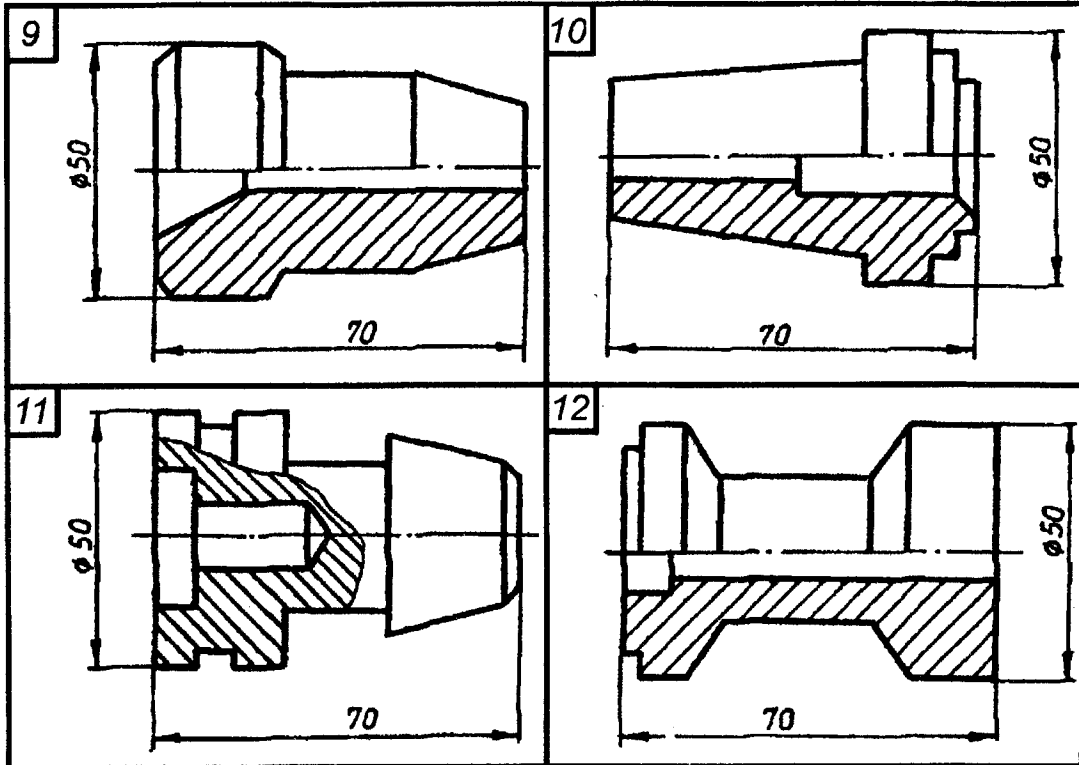


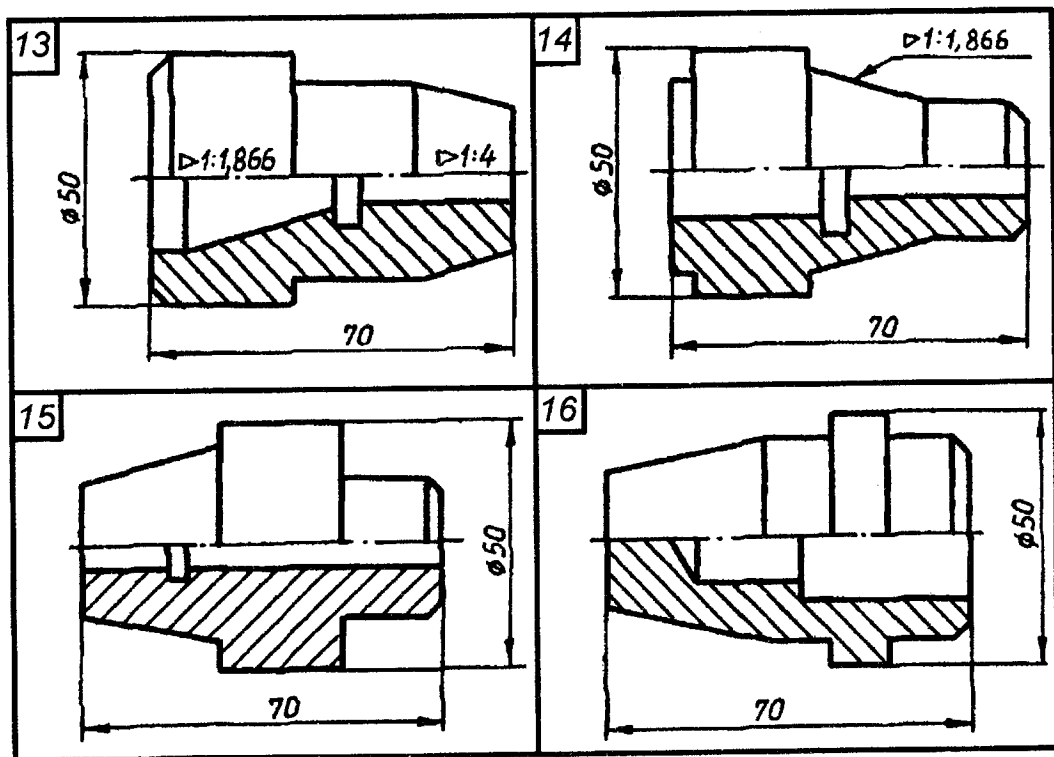
Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 100.000-XX (Деталь 2)

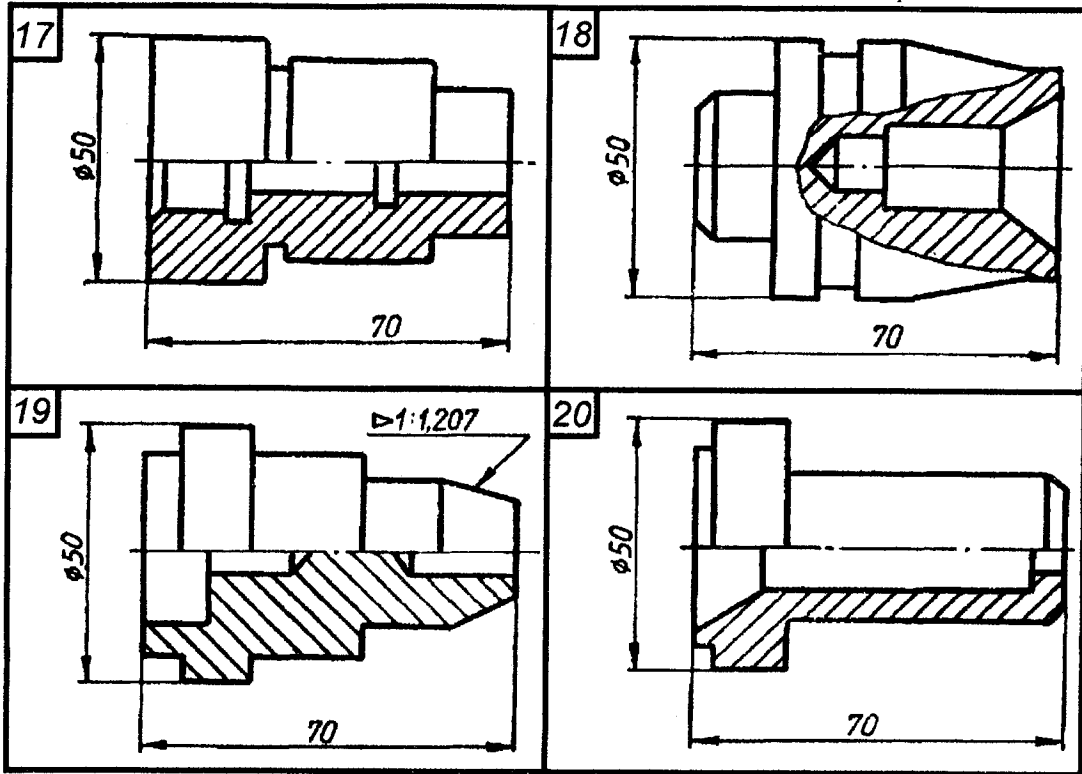


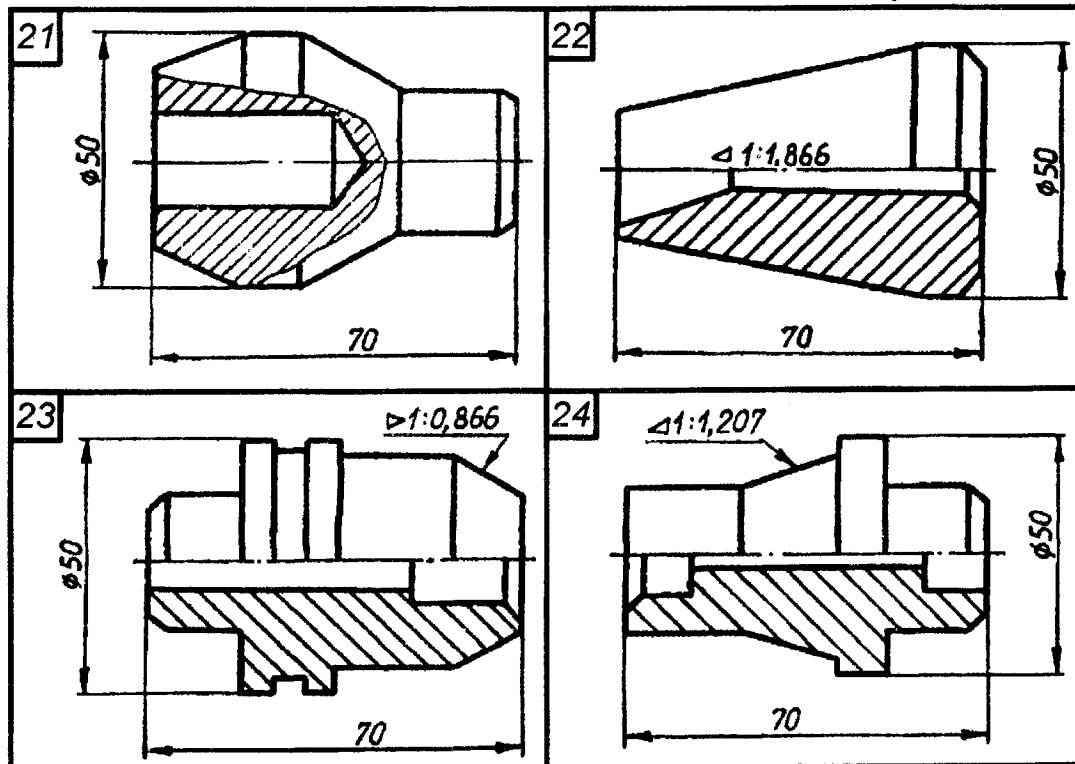


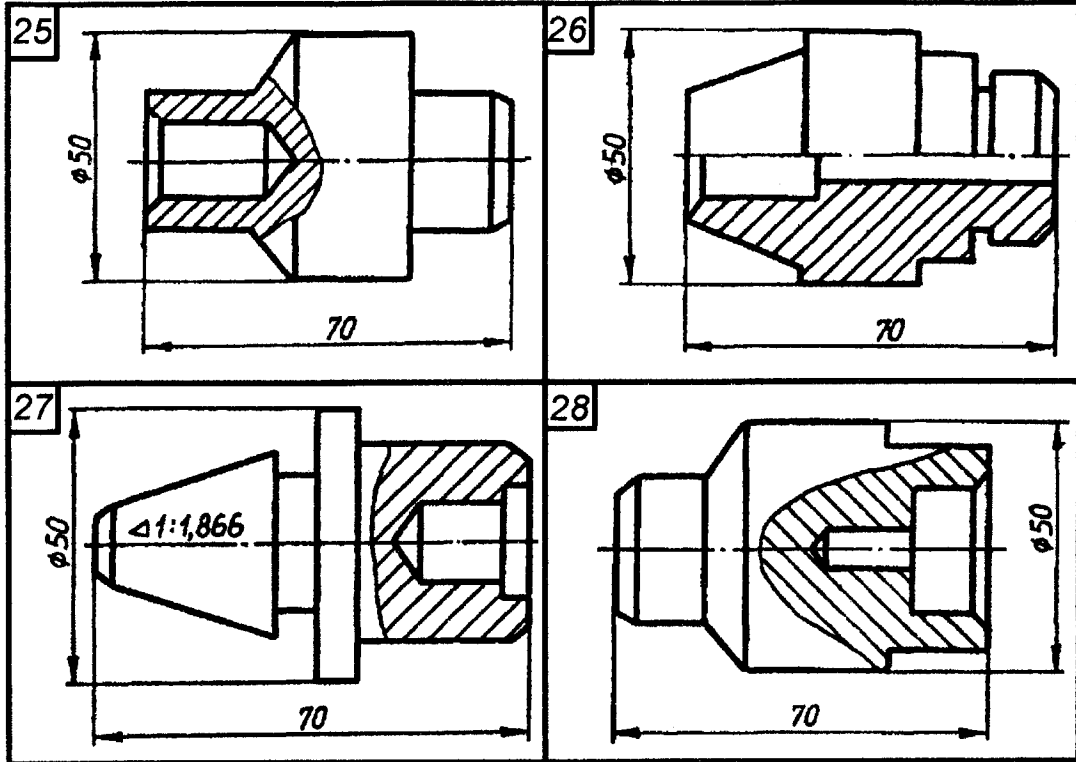


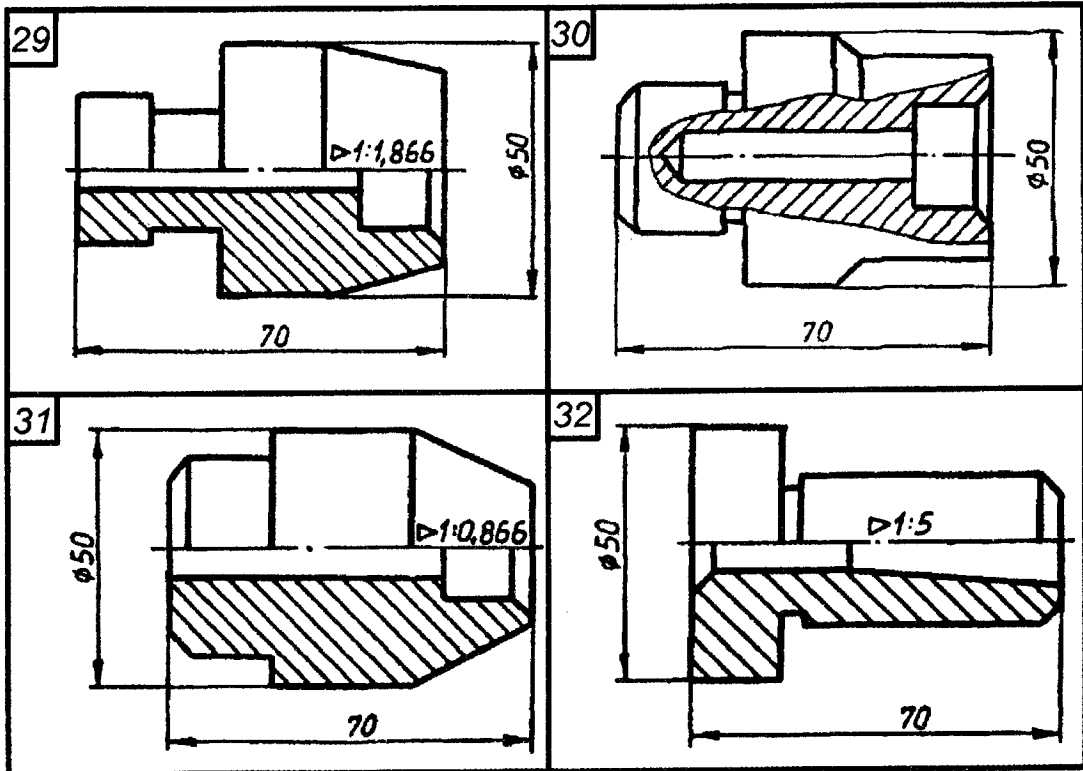




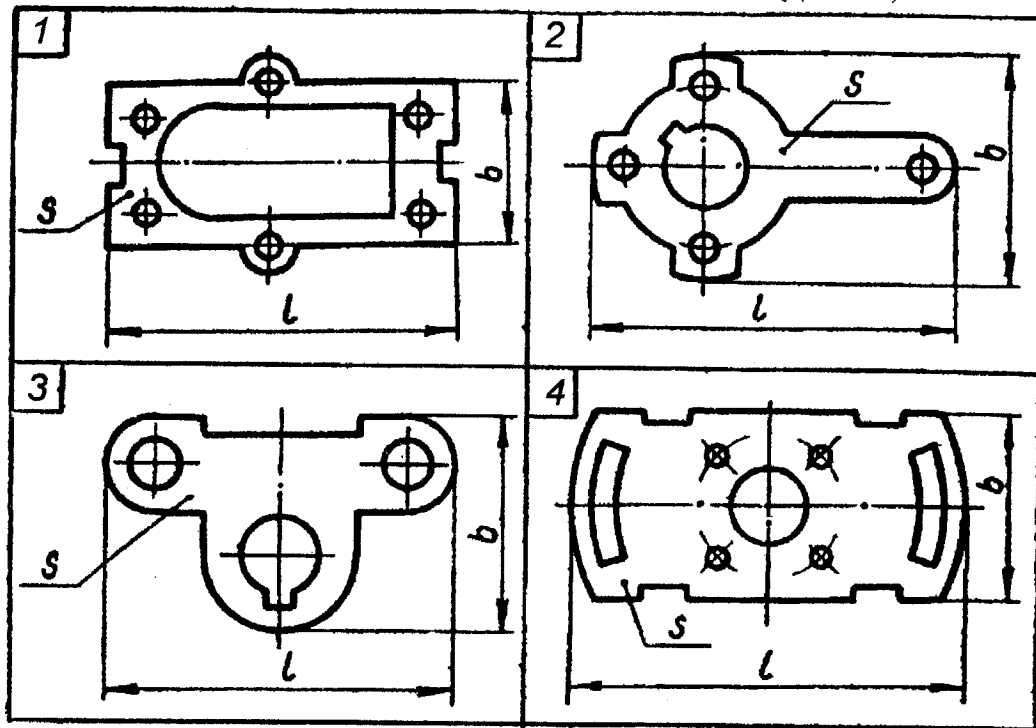




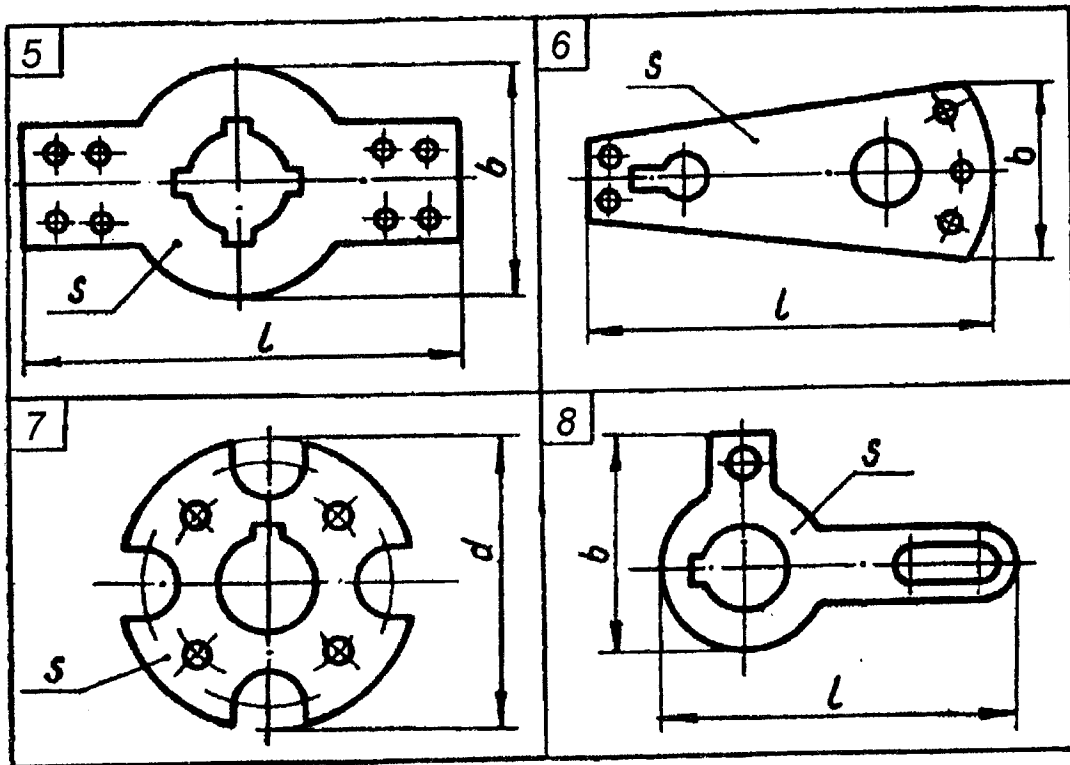


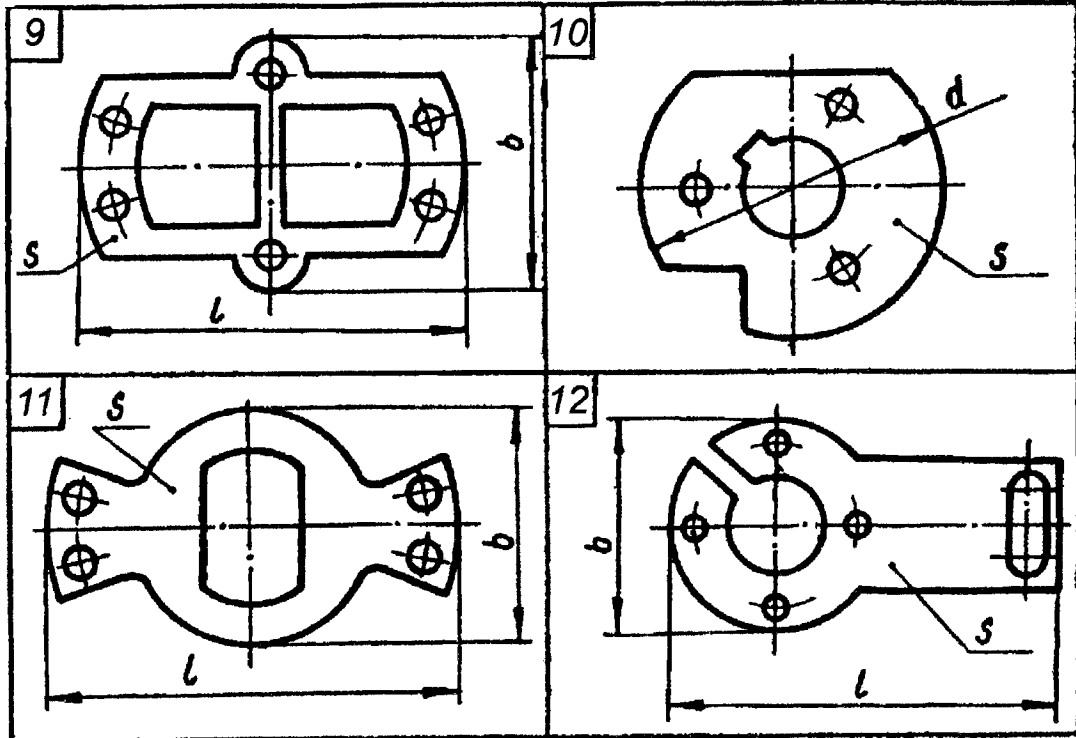


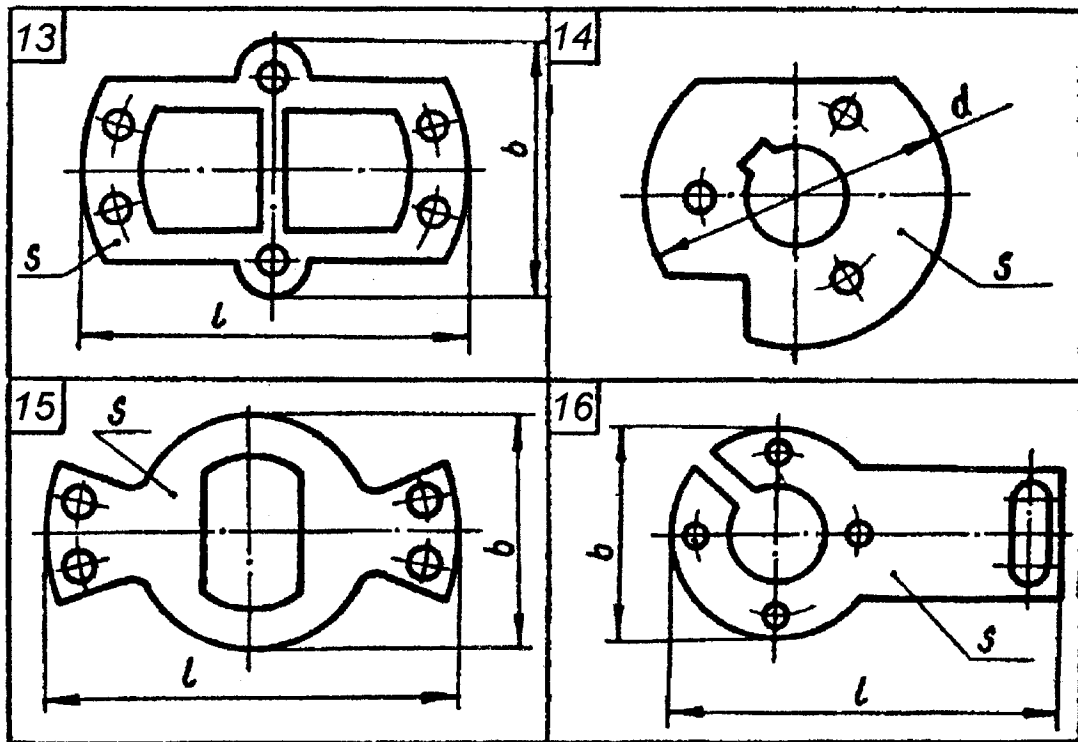
Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 100.000-XX (Деталь 3)

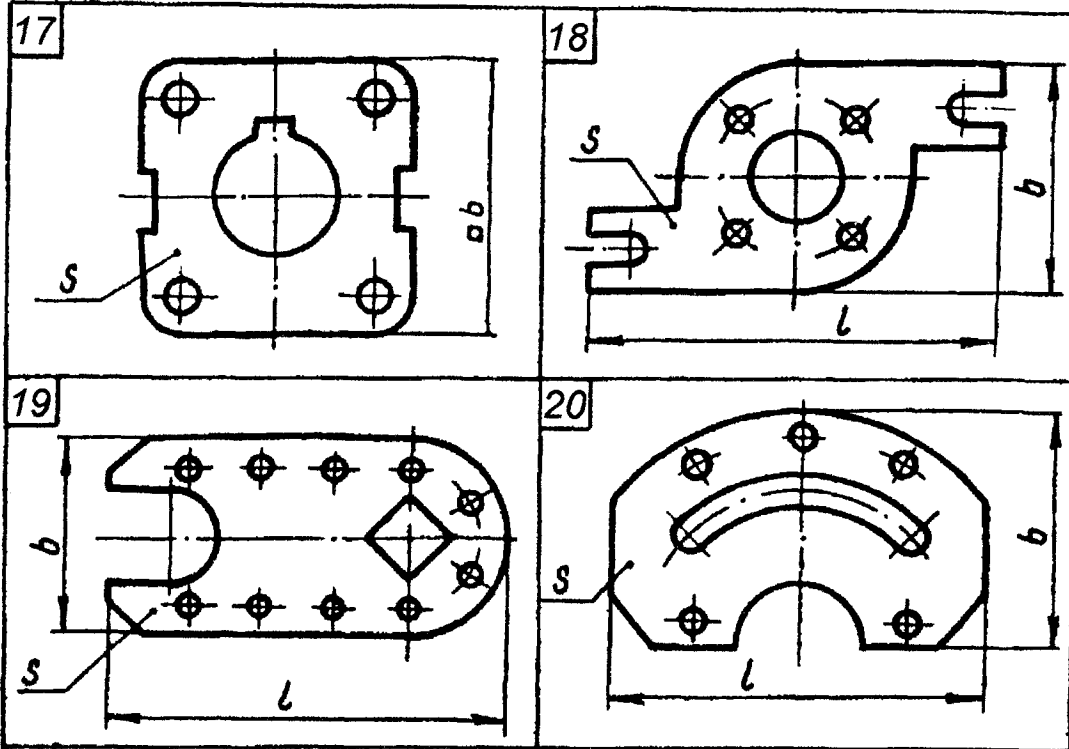


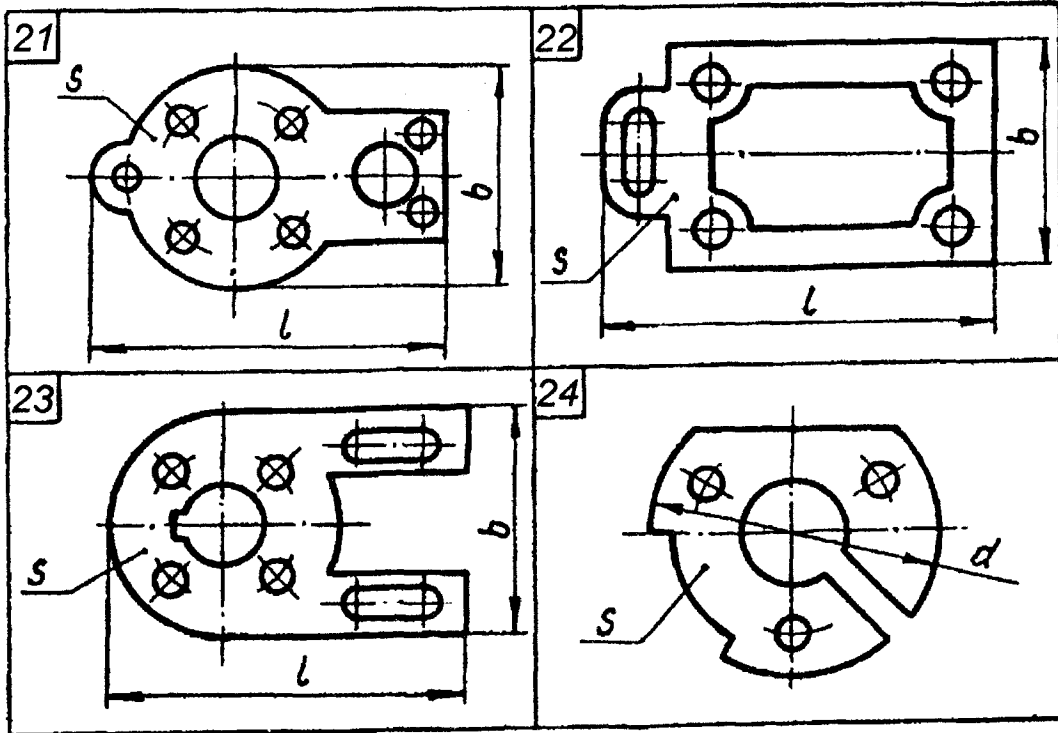


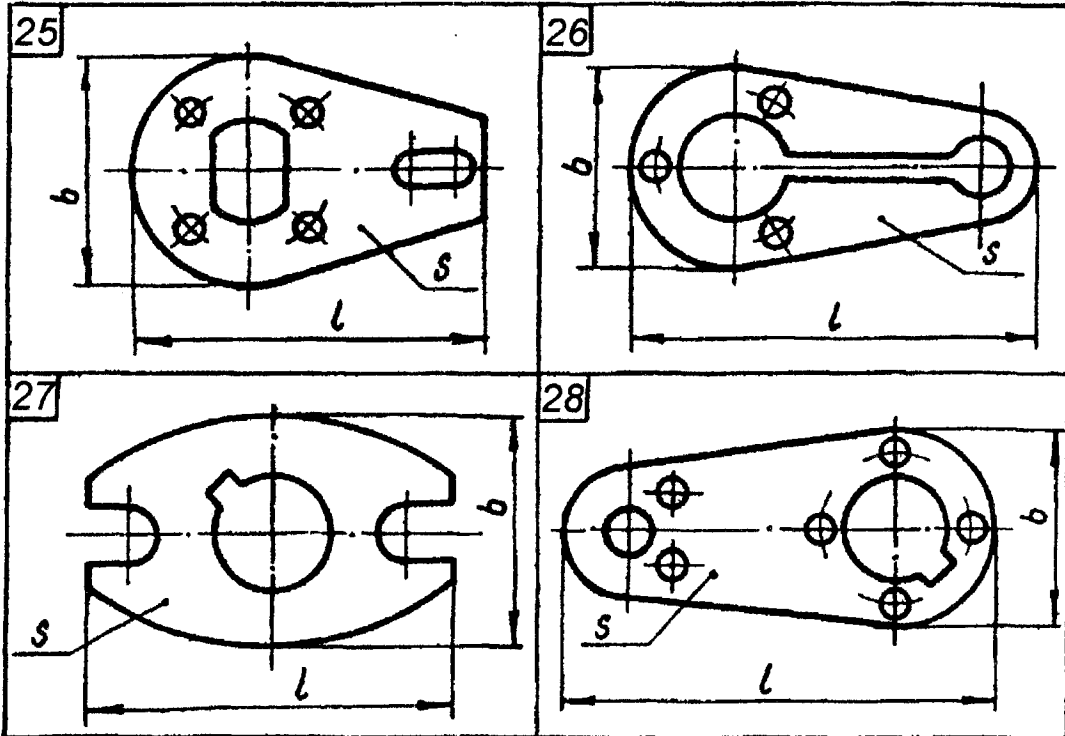


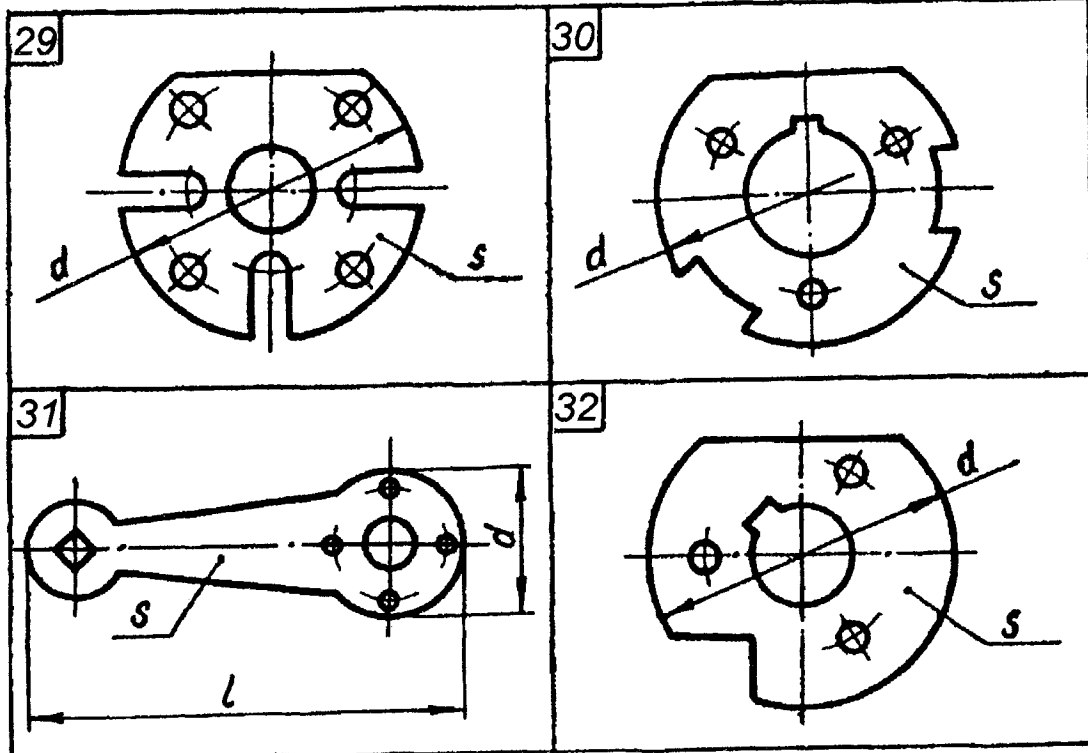




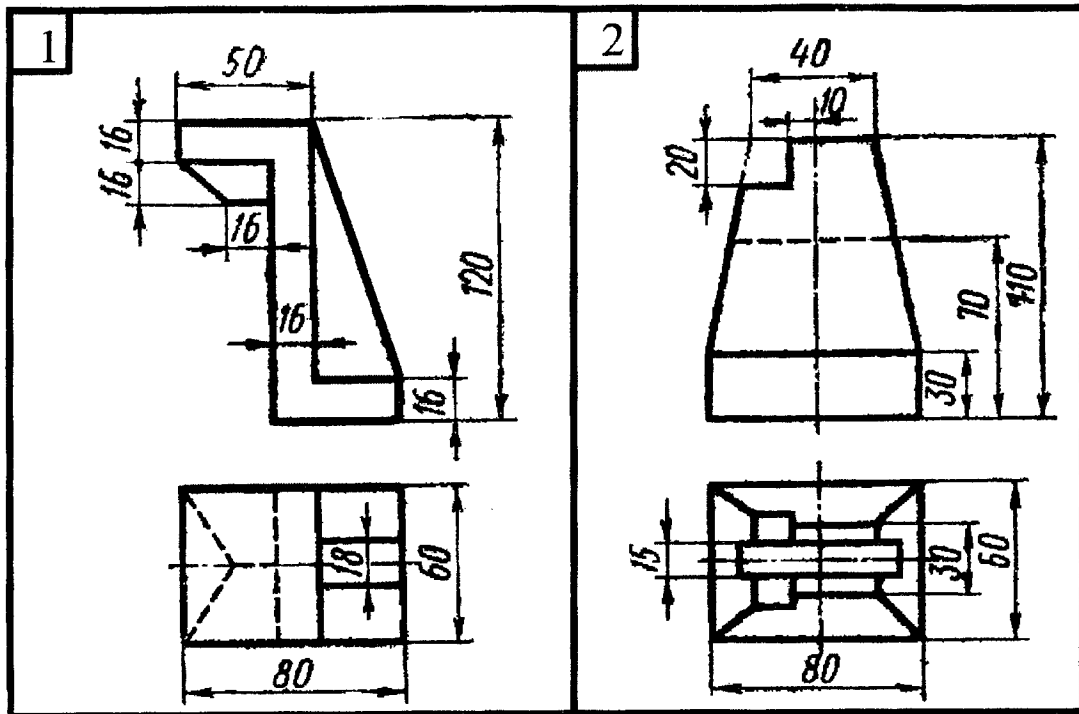




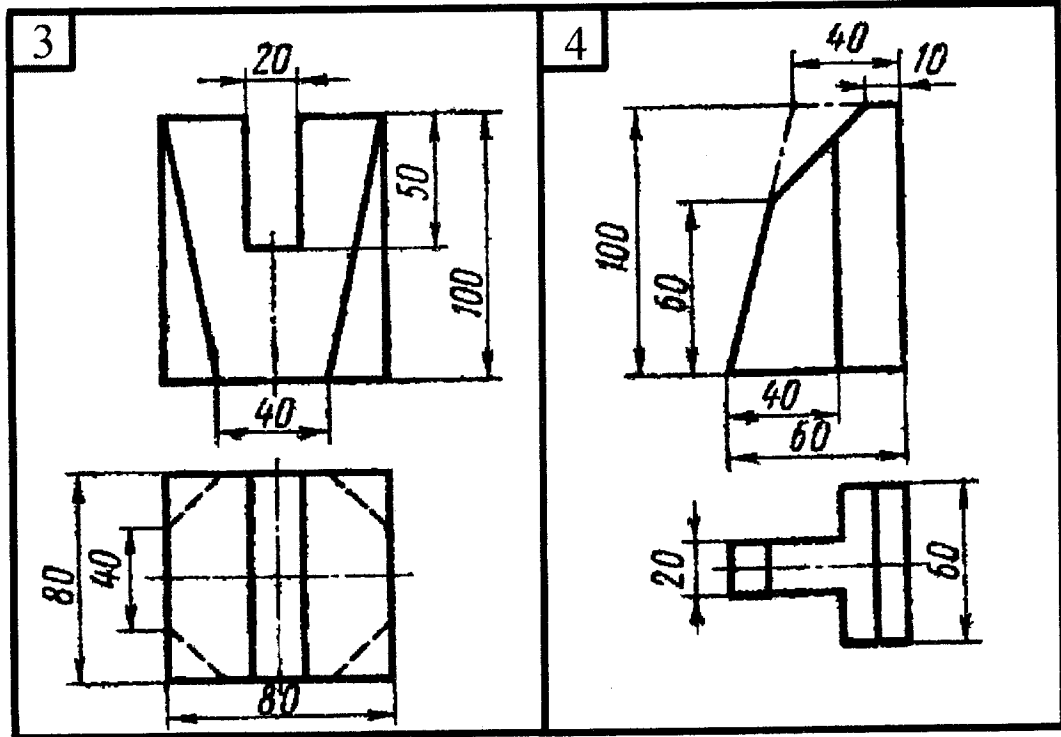


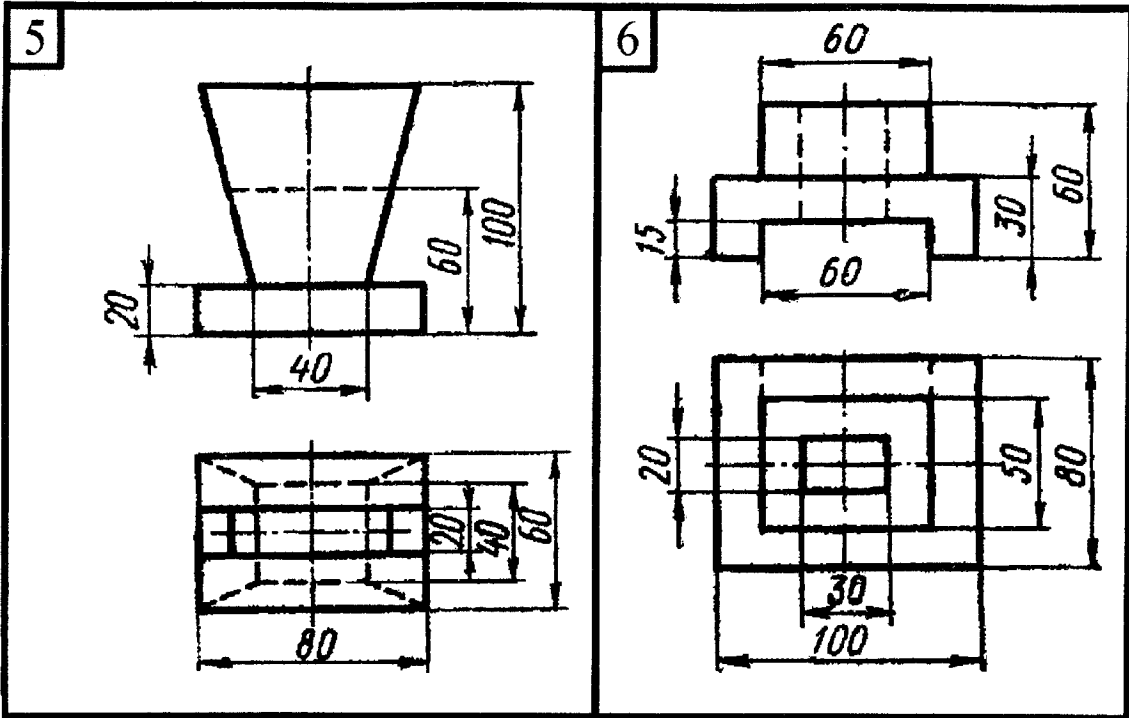


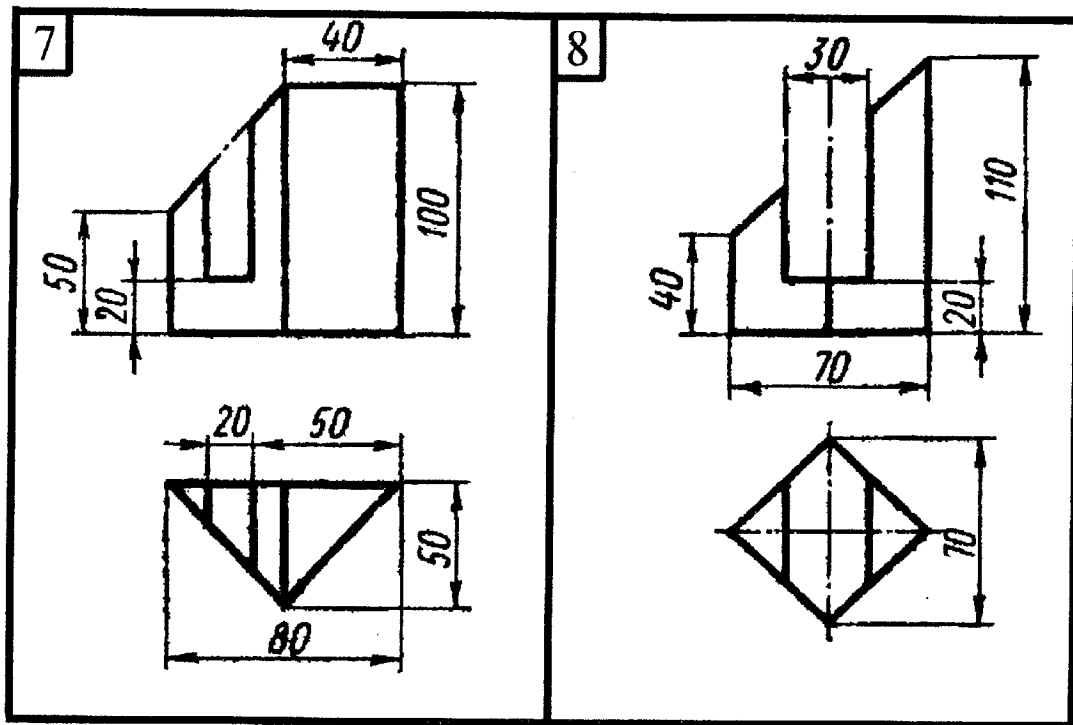
## Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 200.000-XX

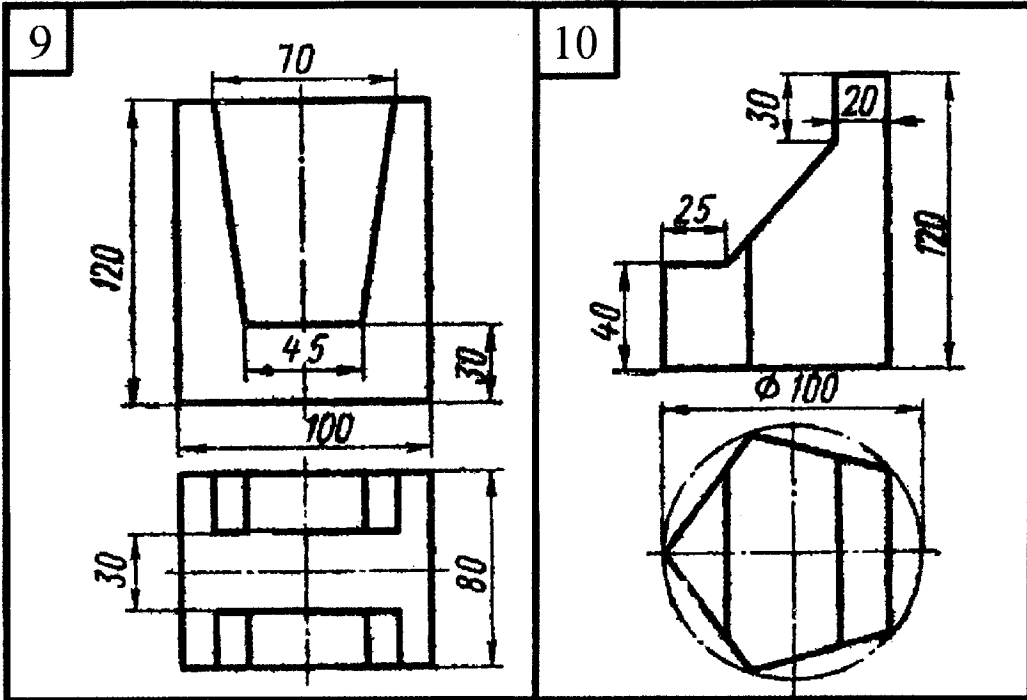


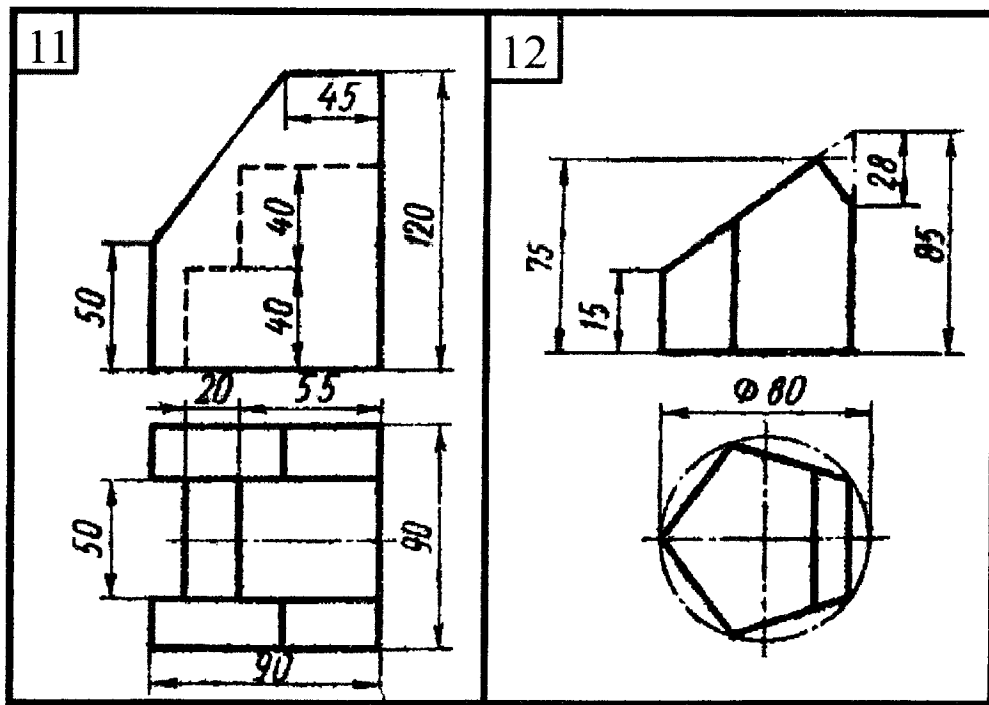


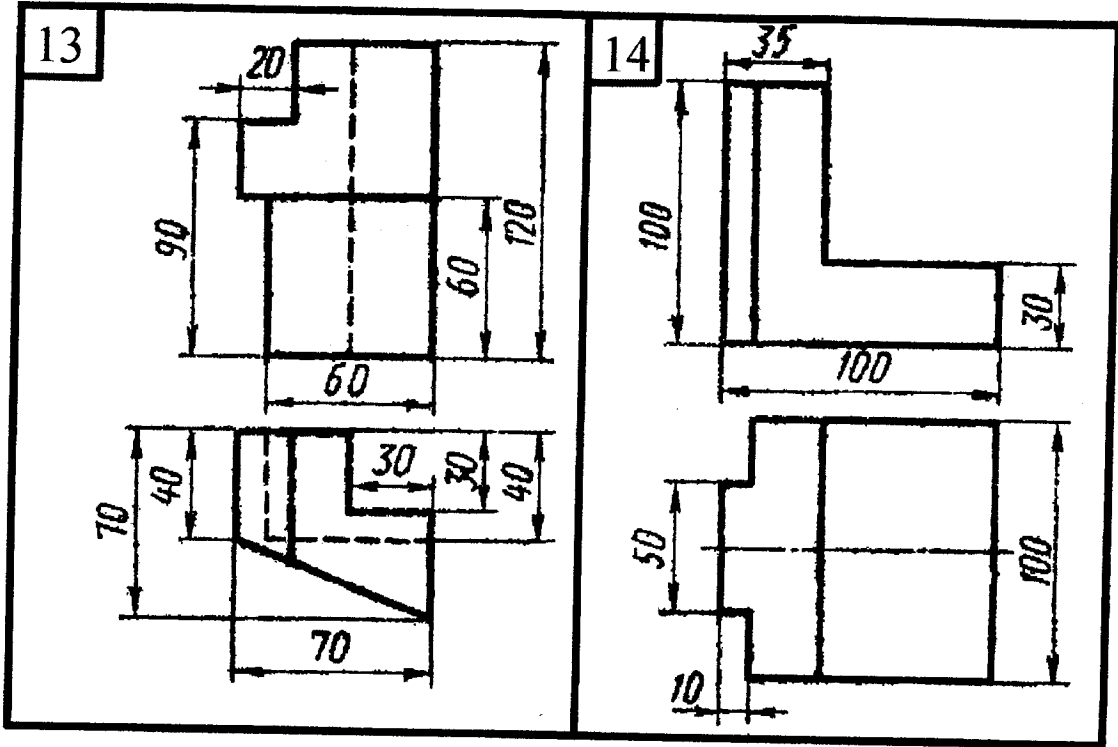


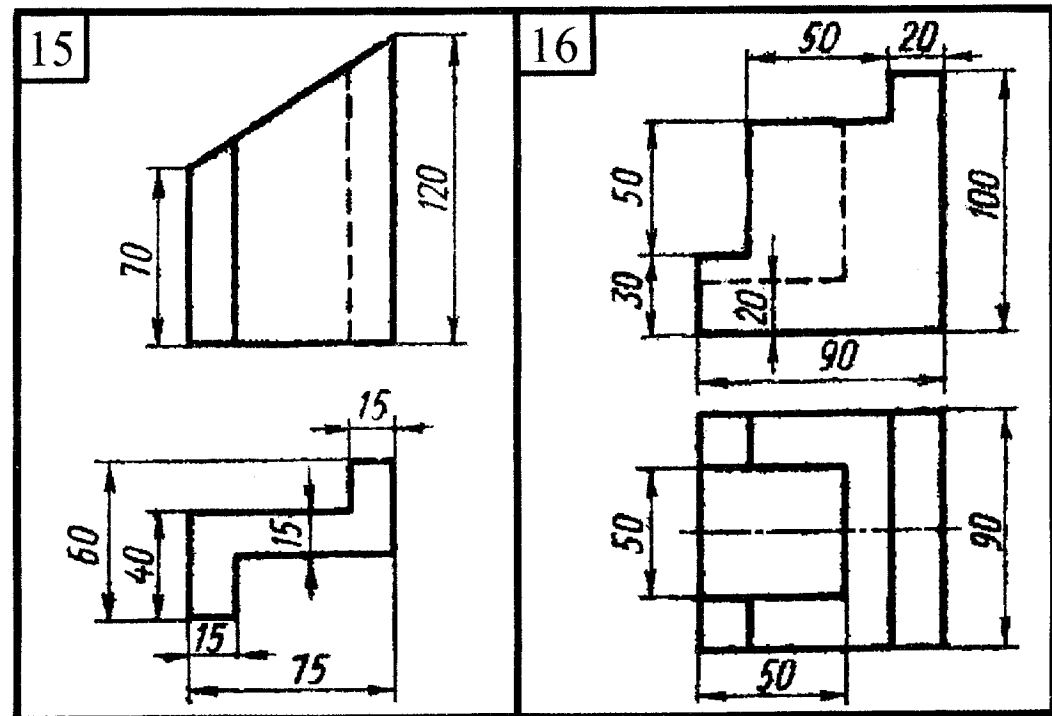


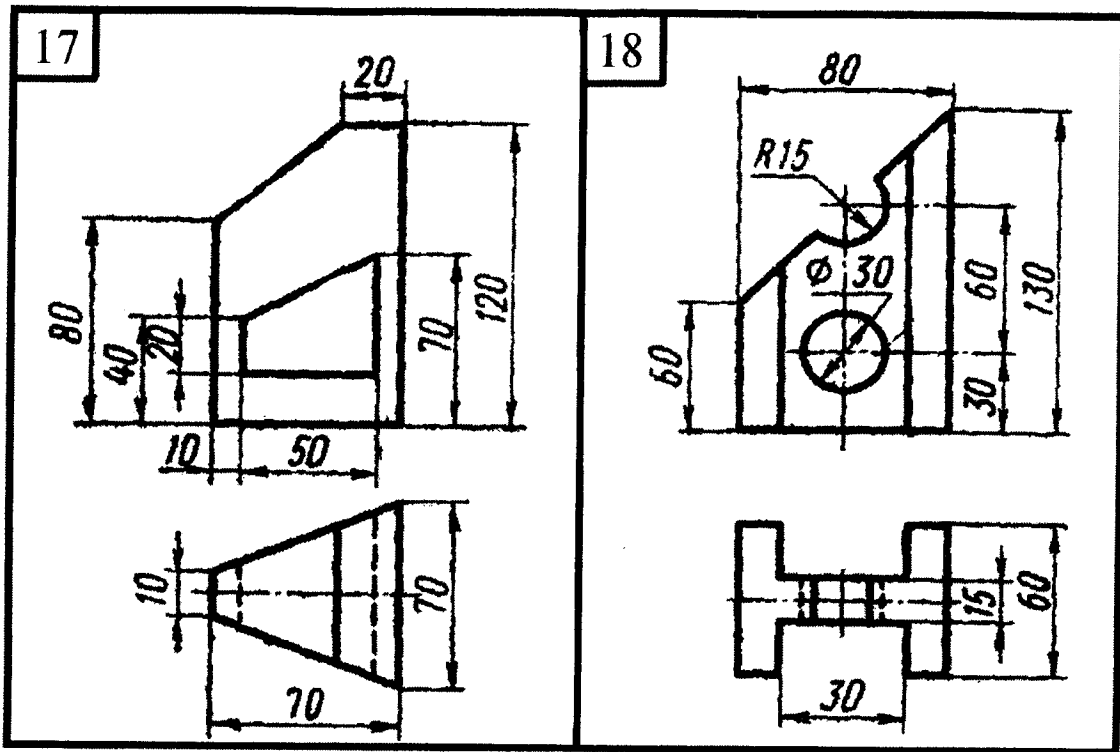




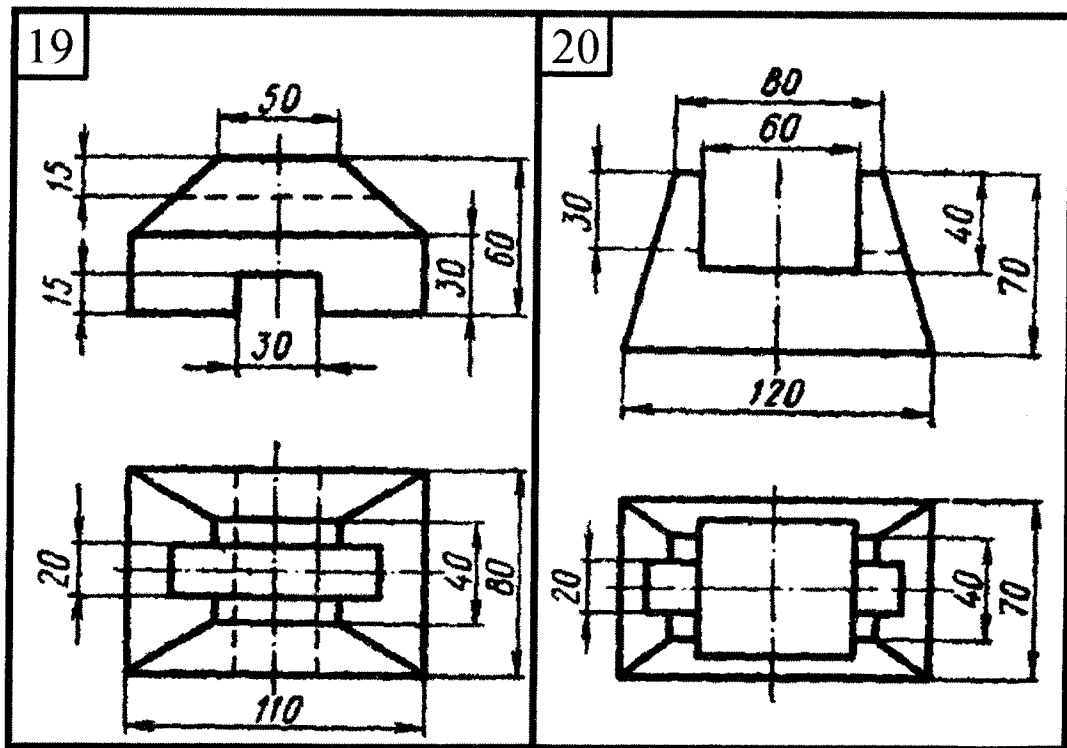




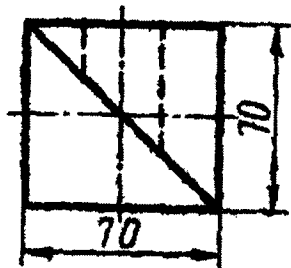
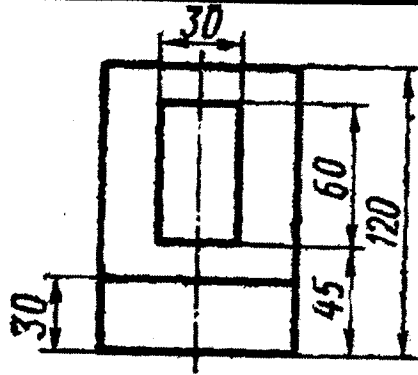




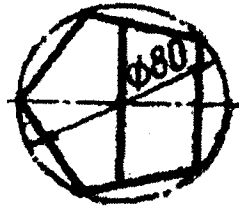
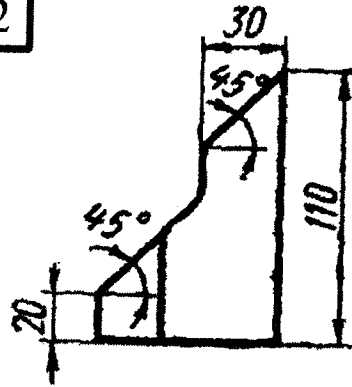


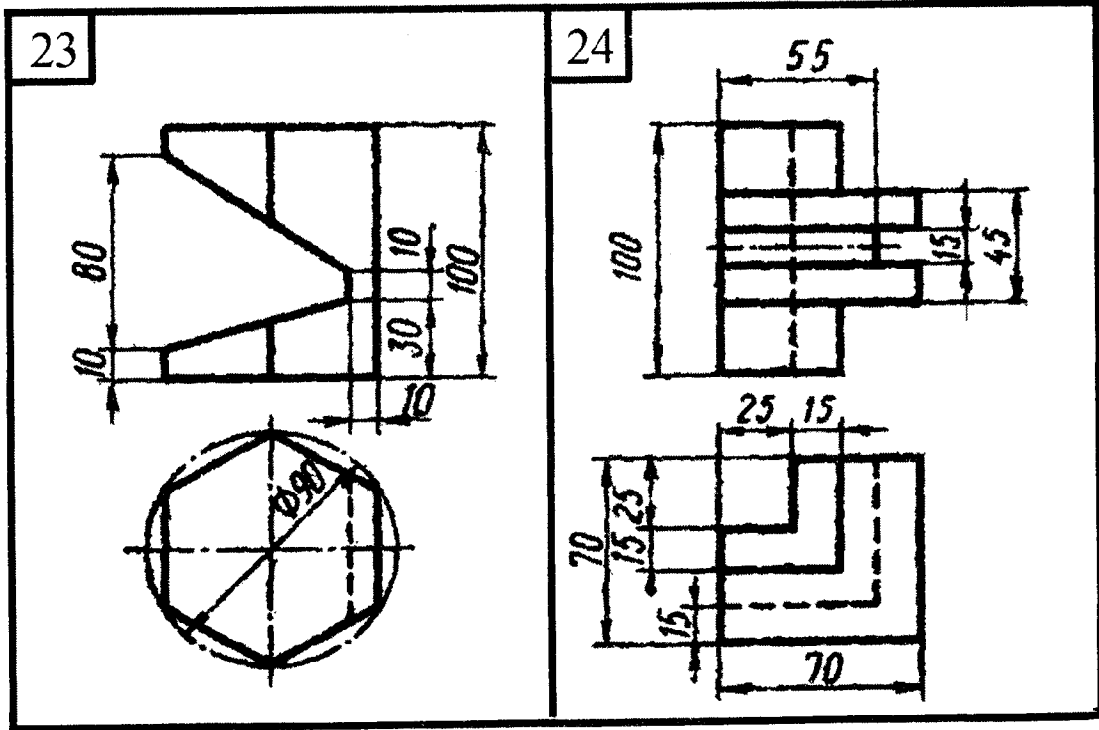


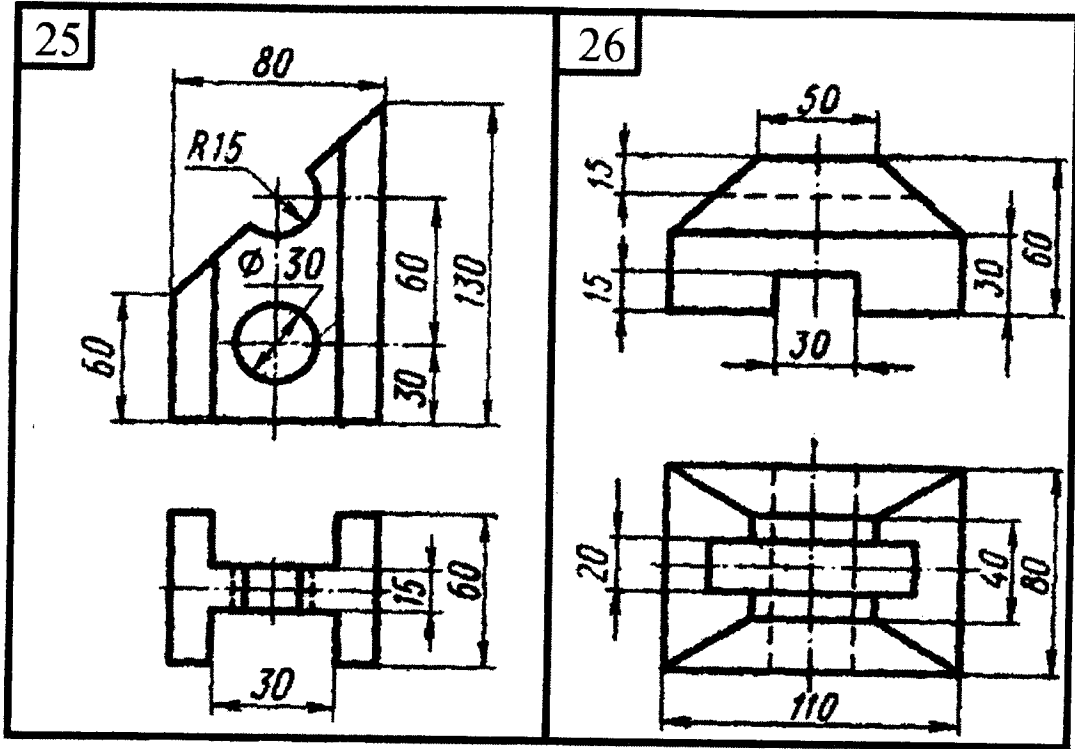
21

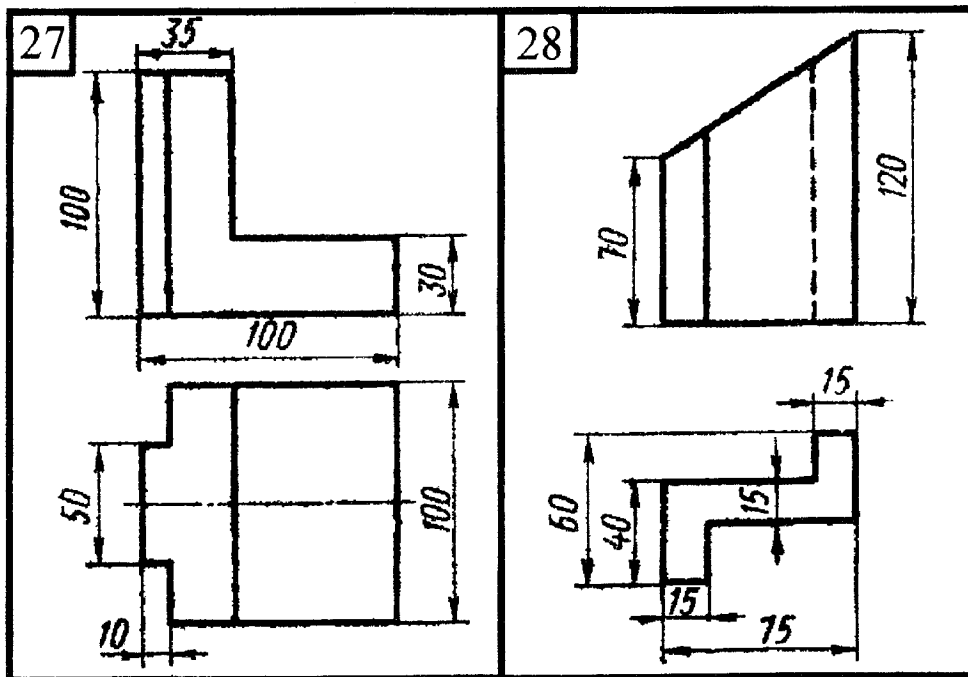


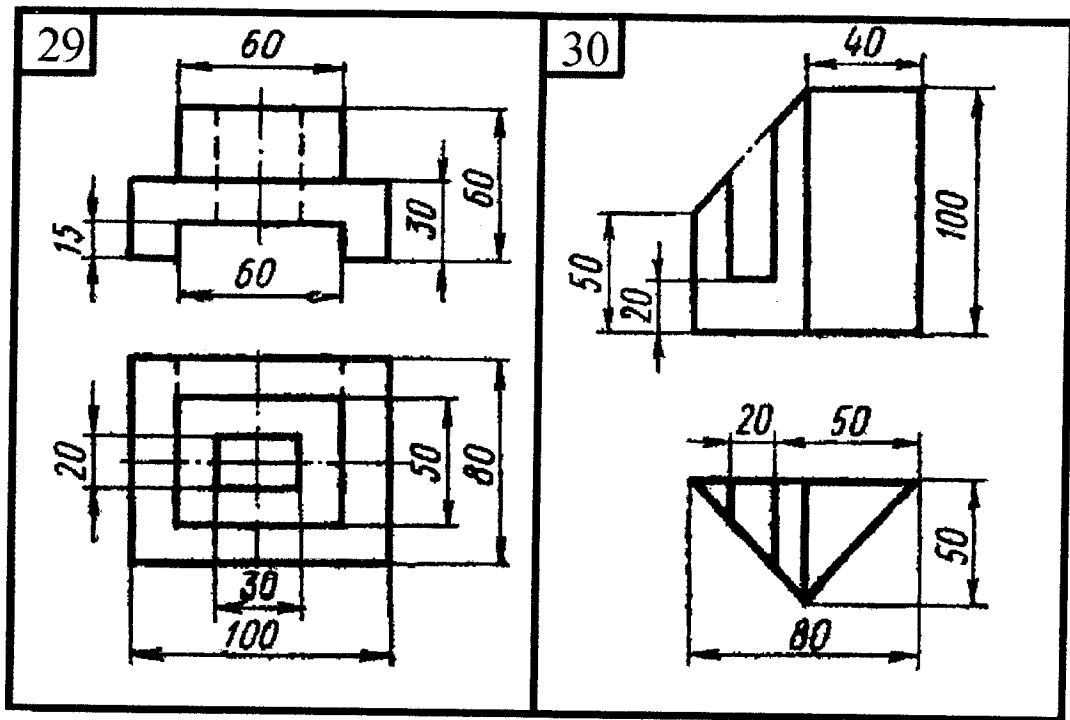
22



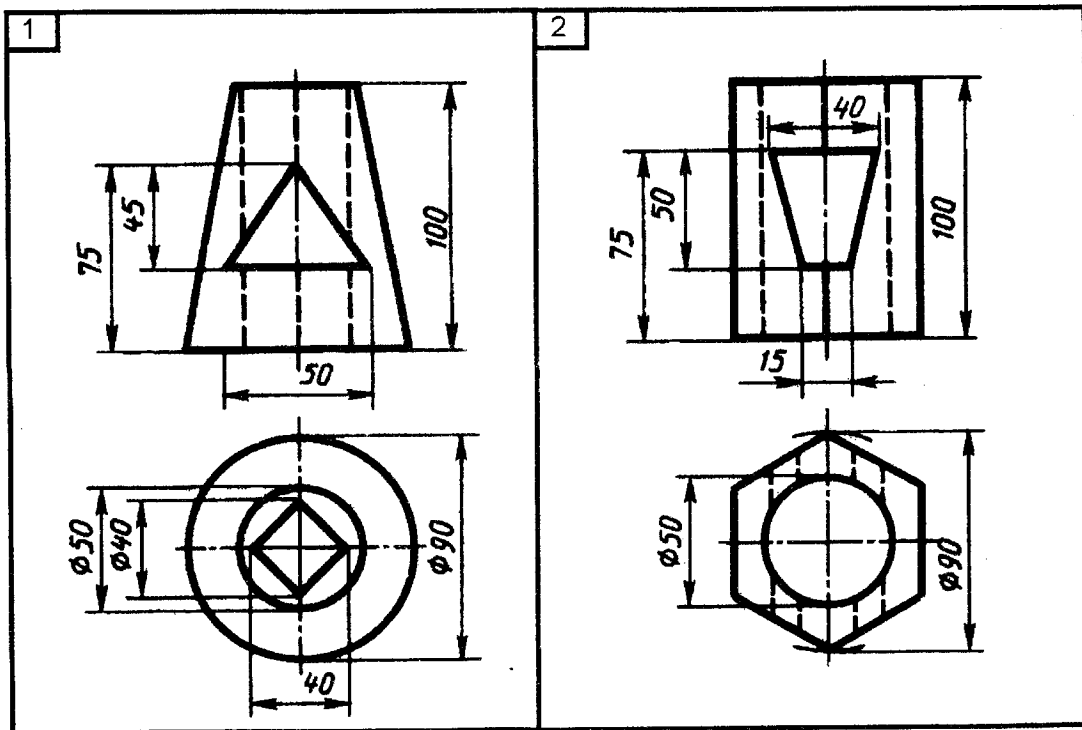


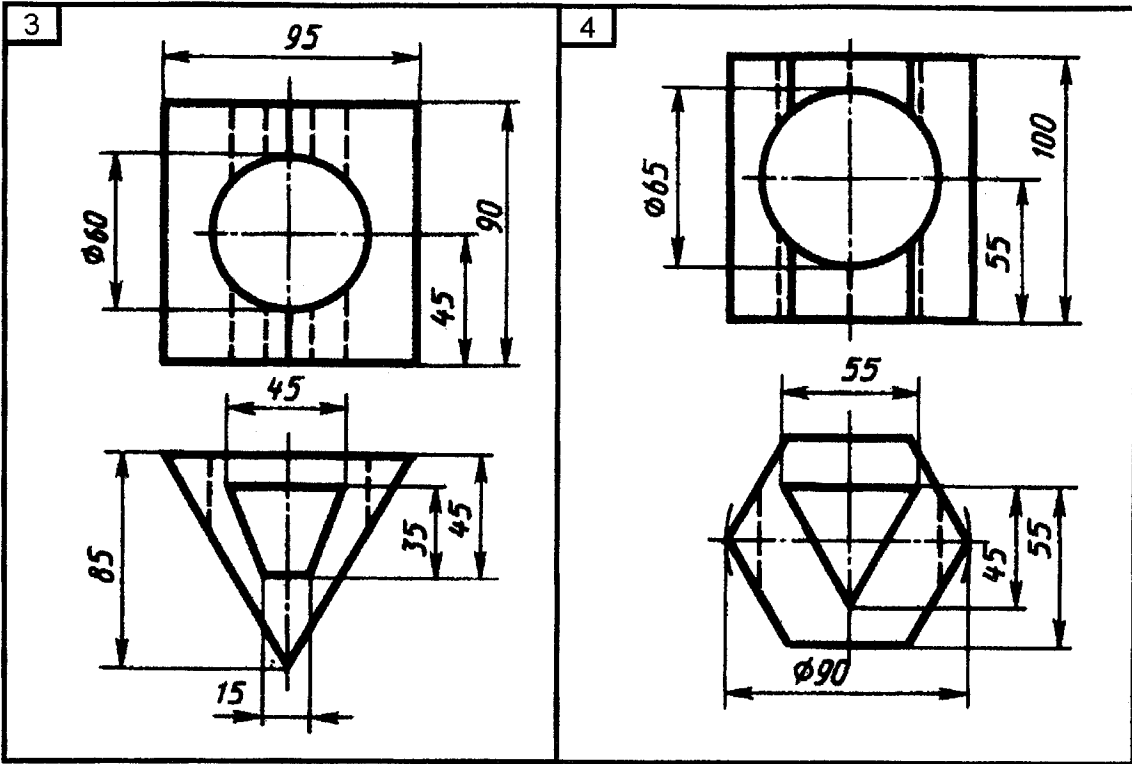




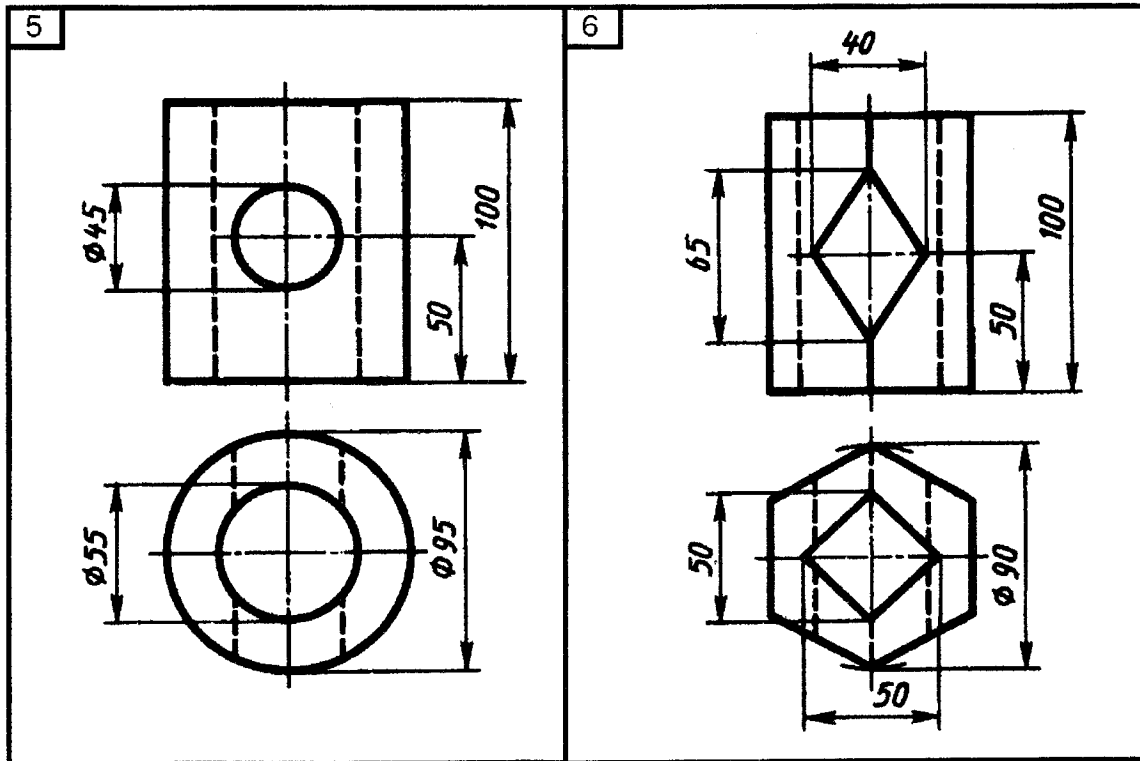


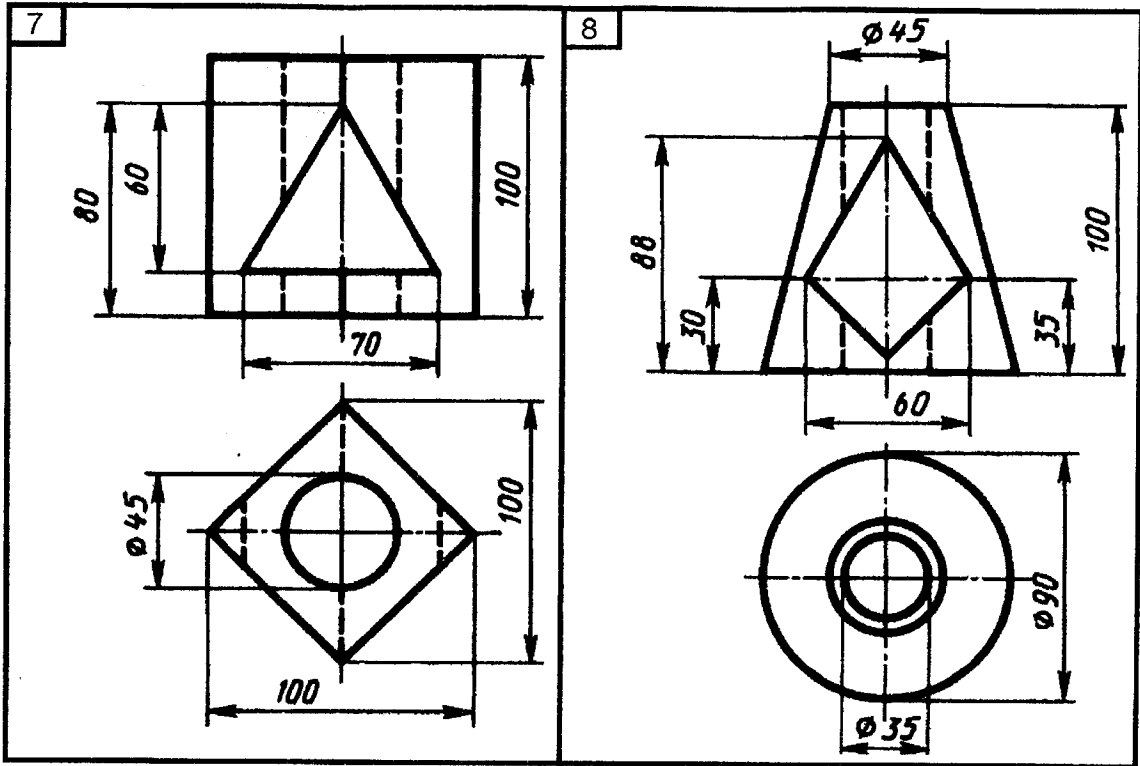
## Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 300.000-XX

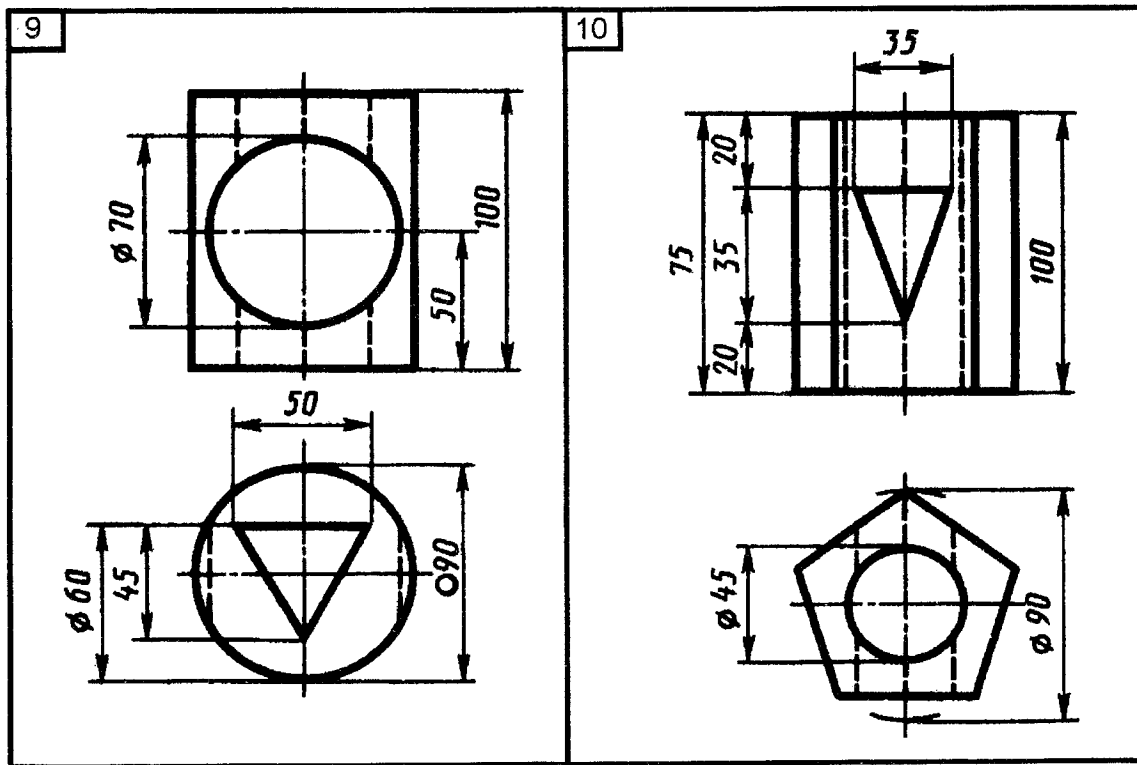


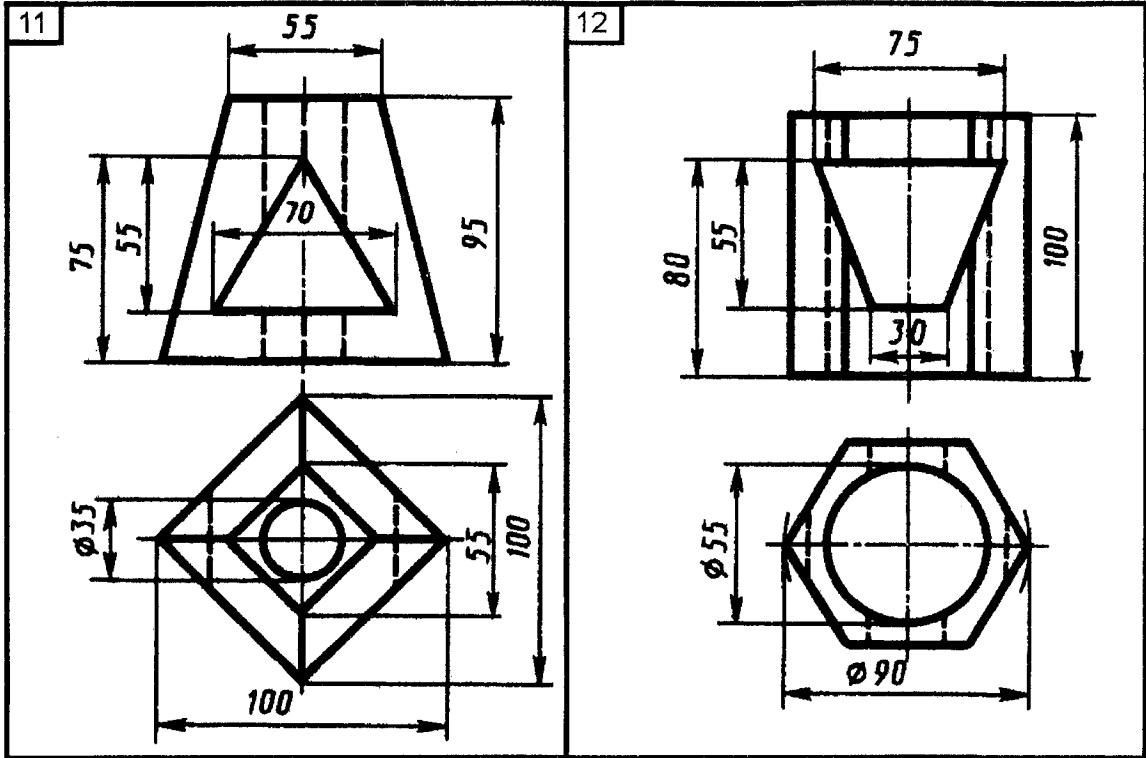


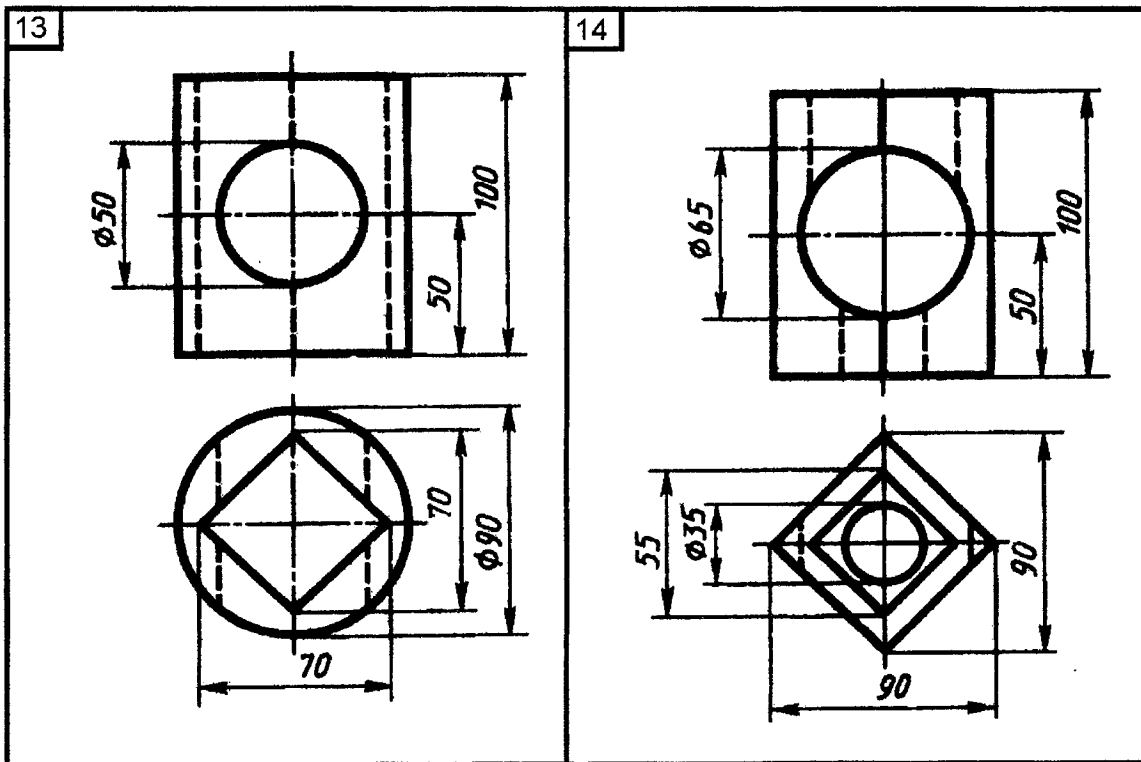


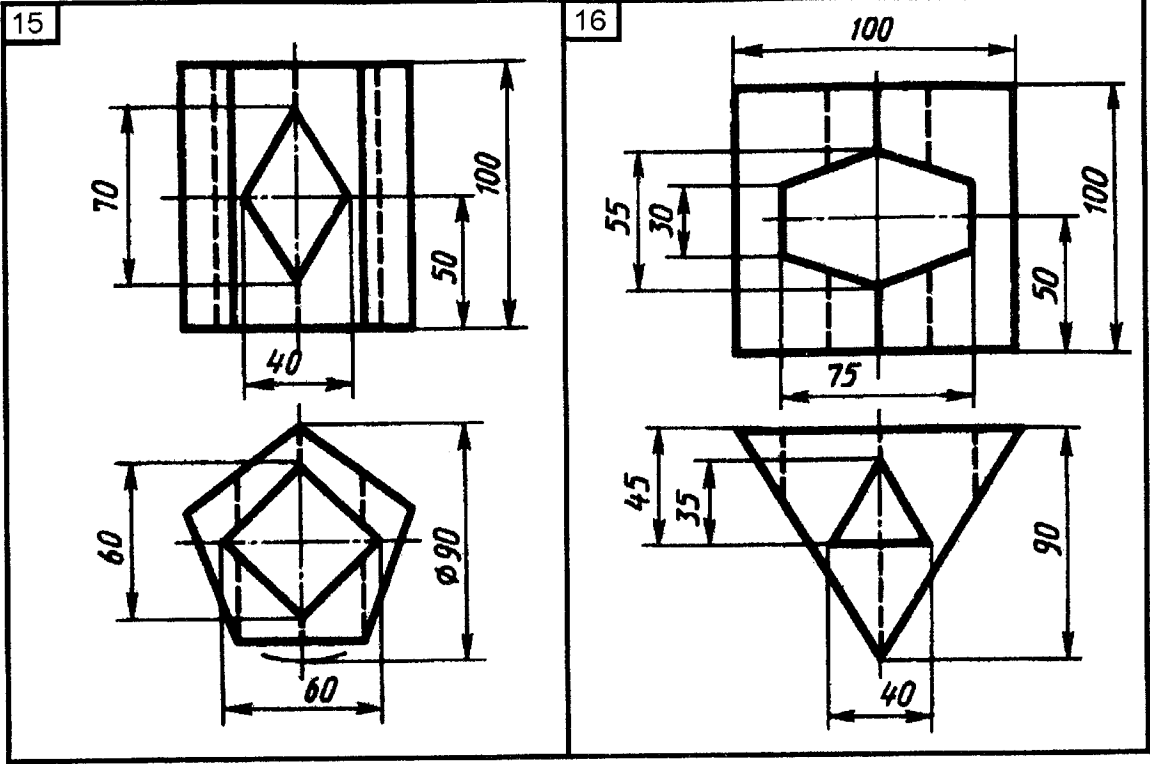


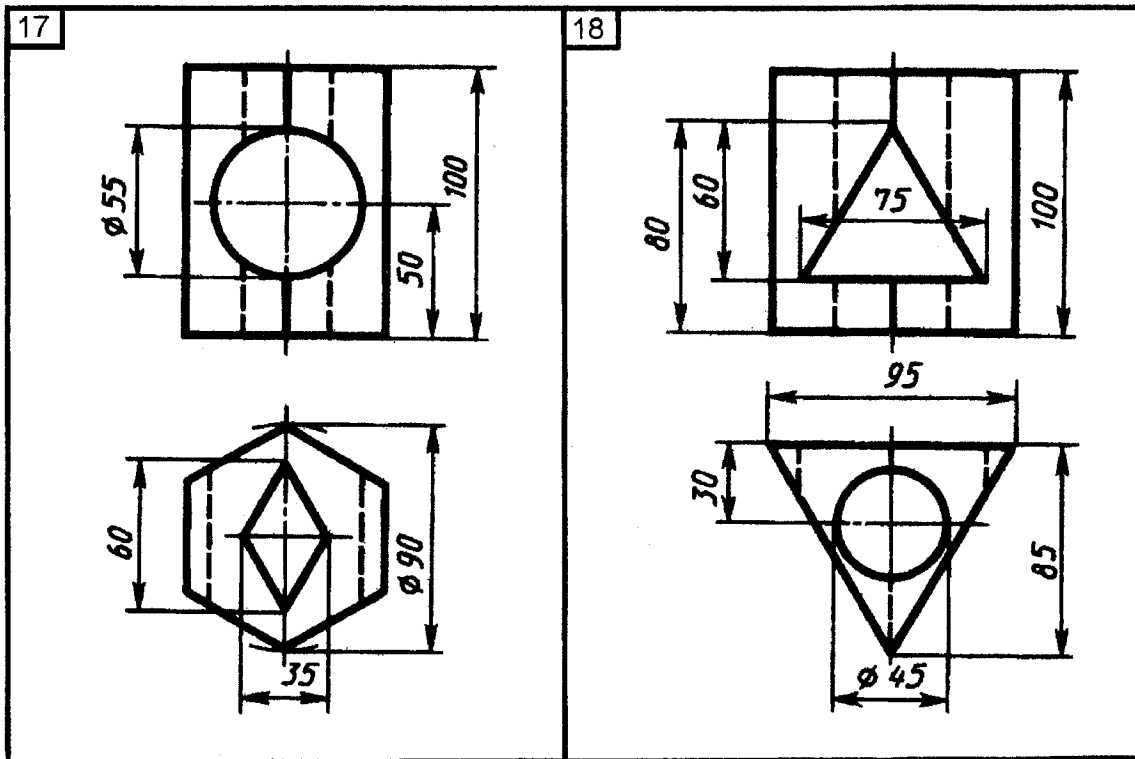


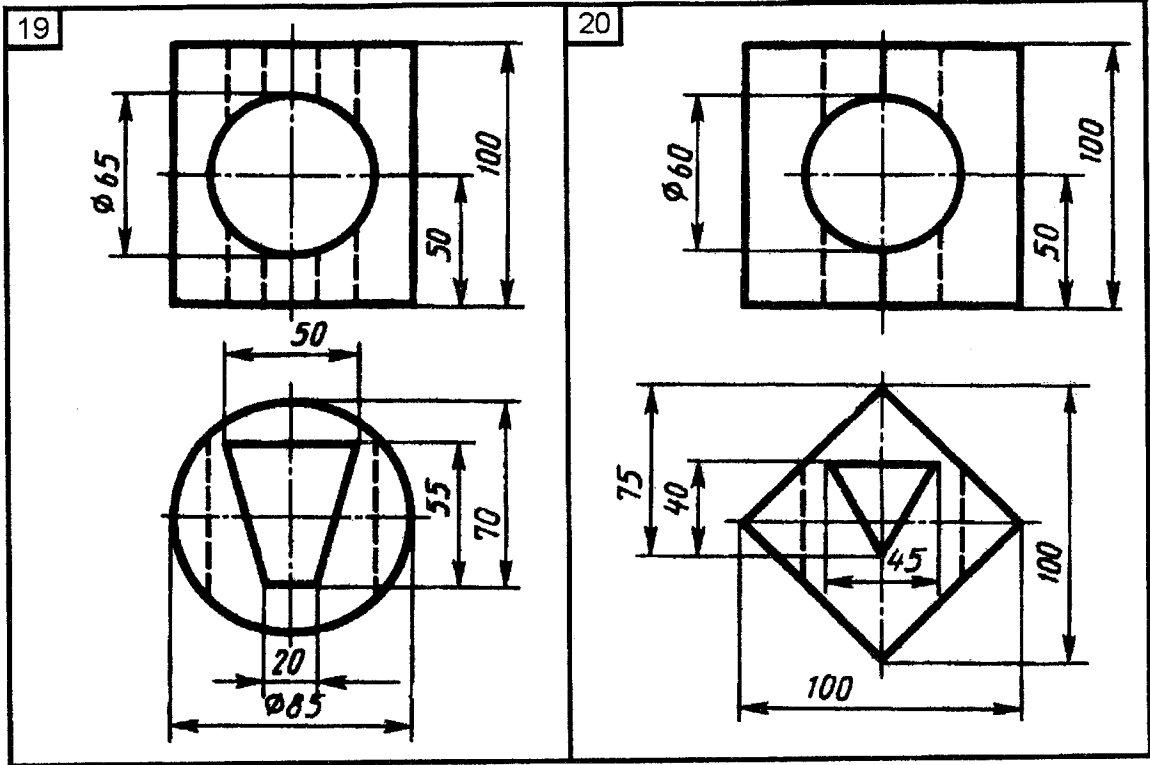




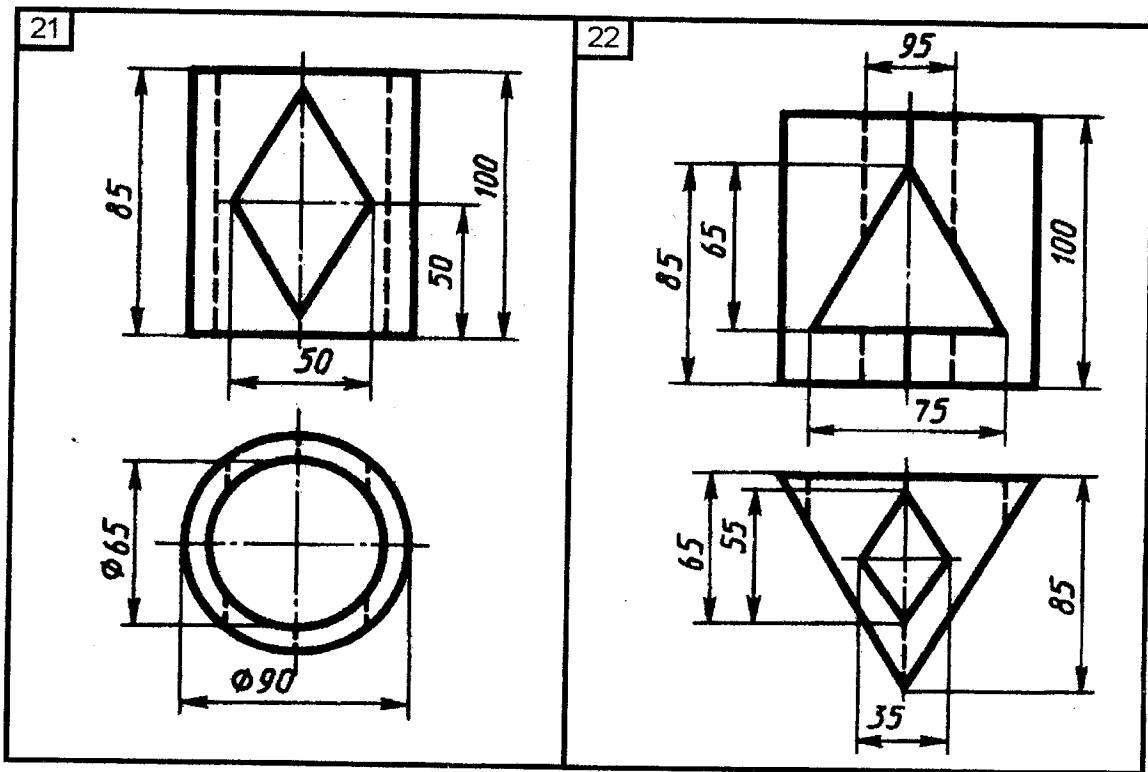




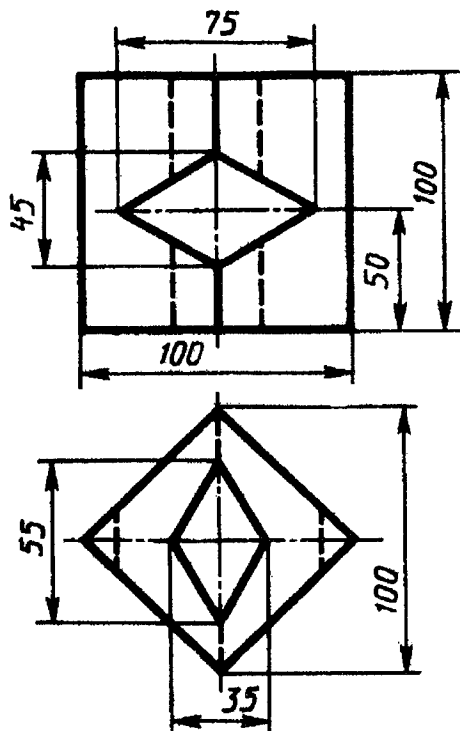




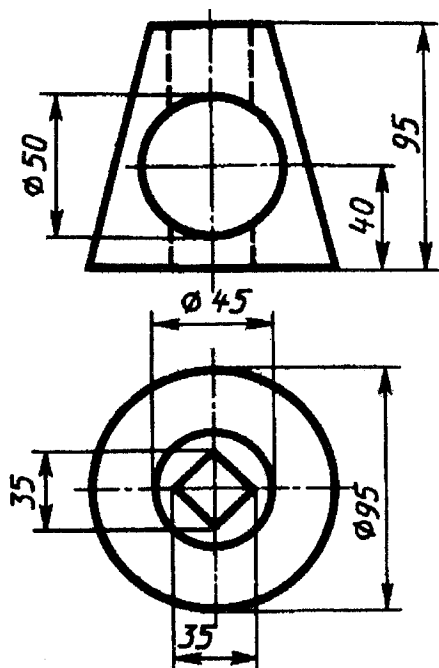


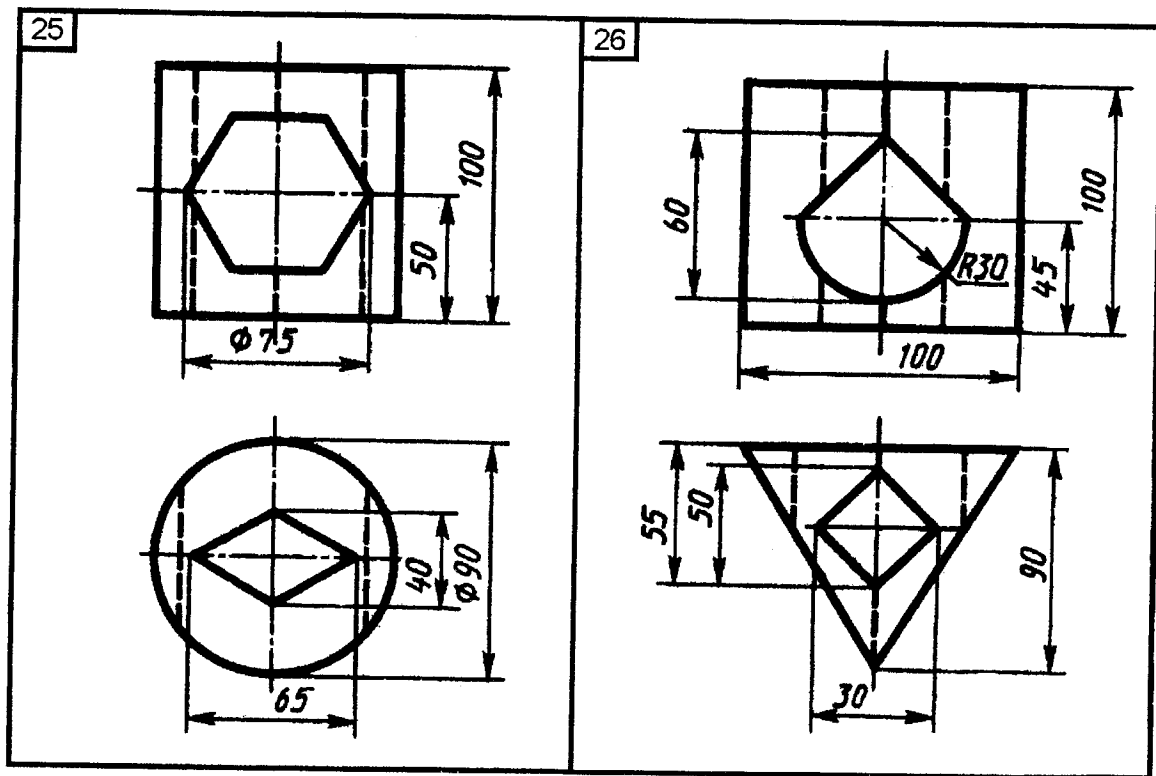


23

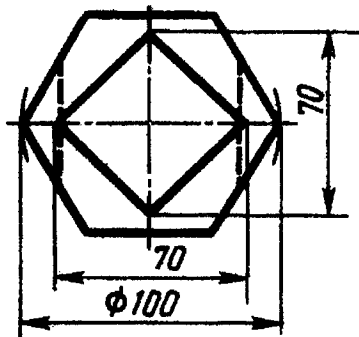
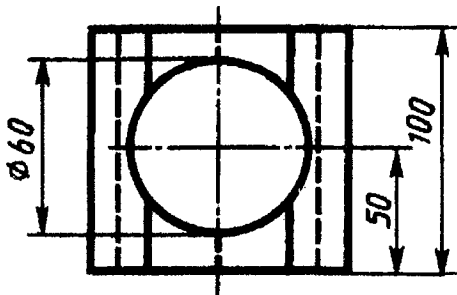


24

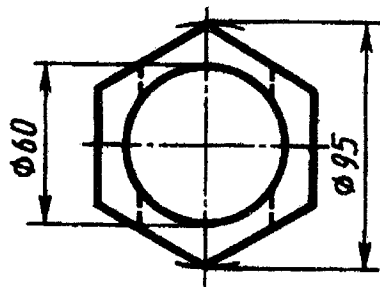
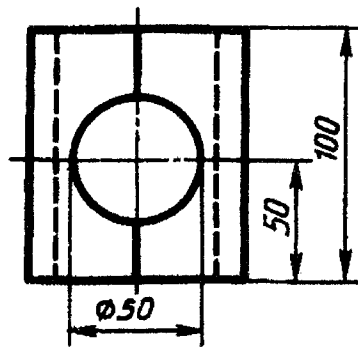


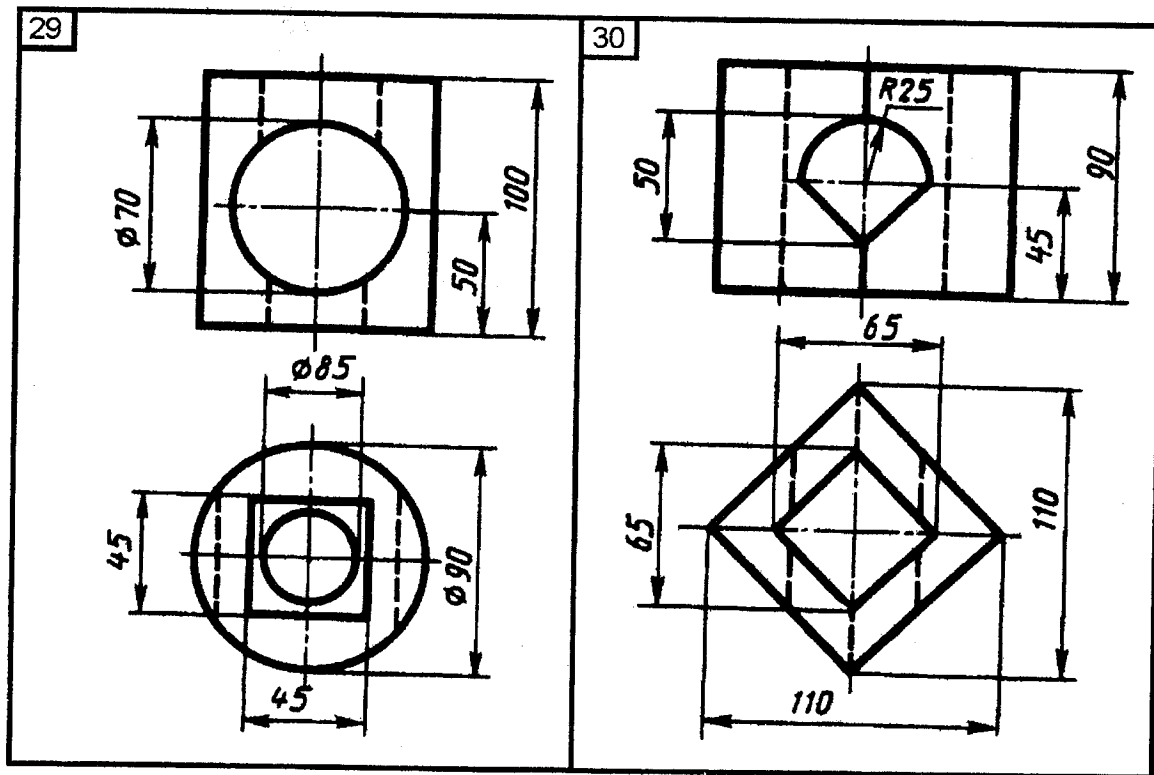


27

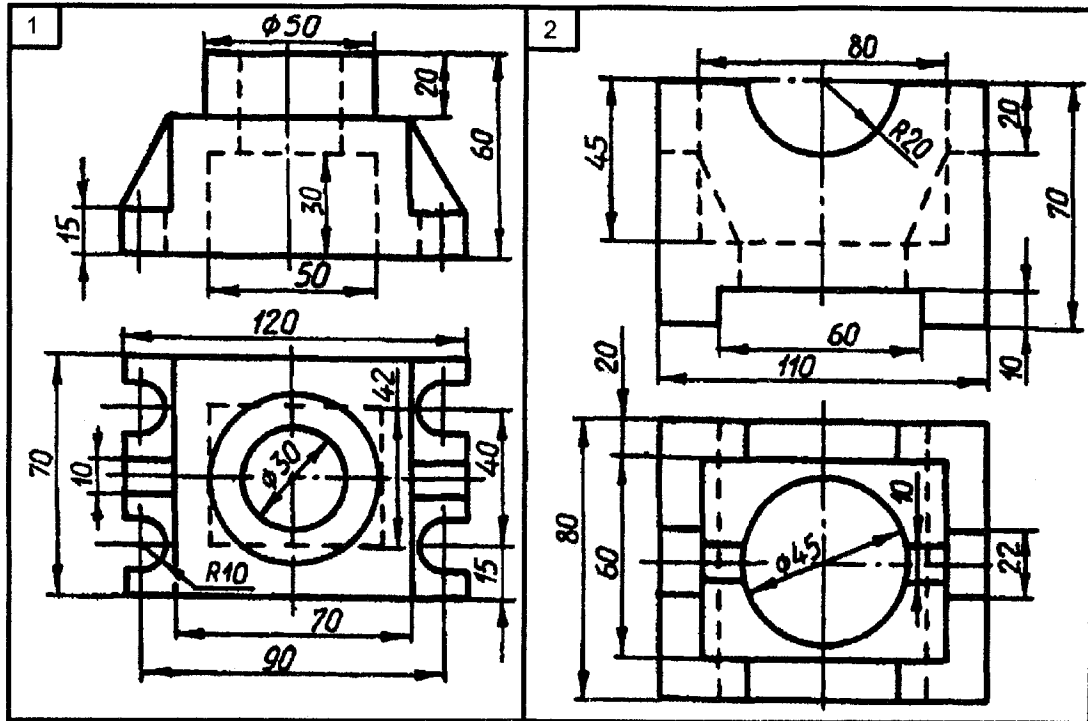


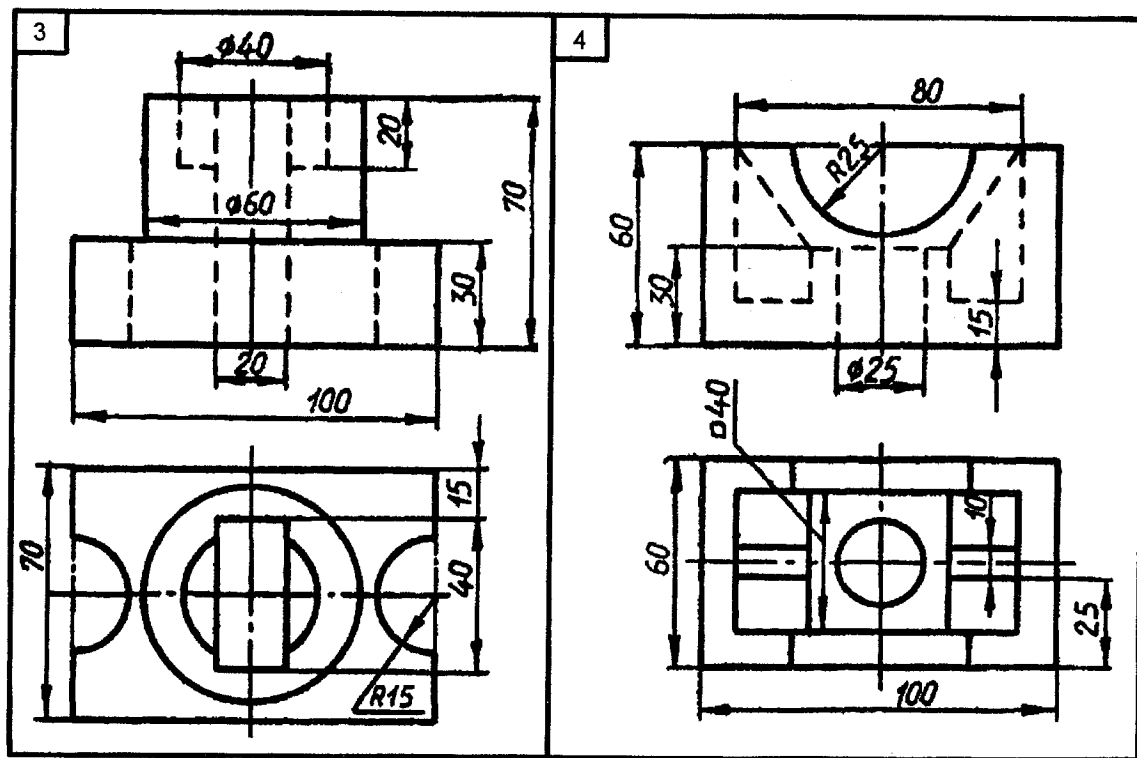
28

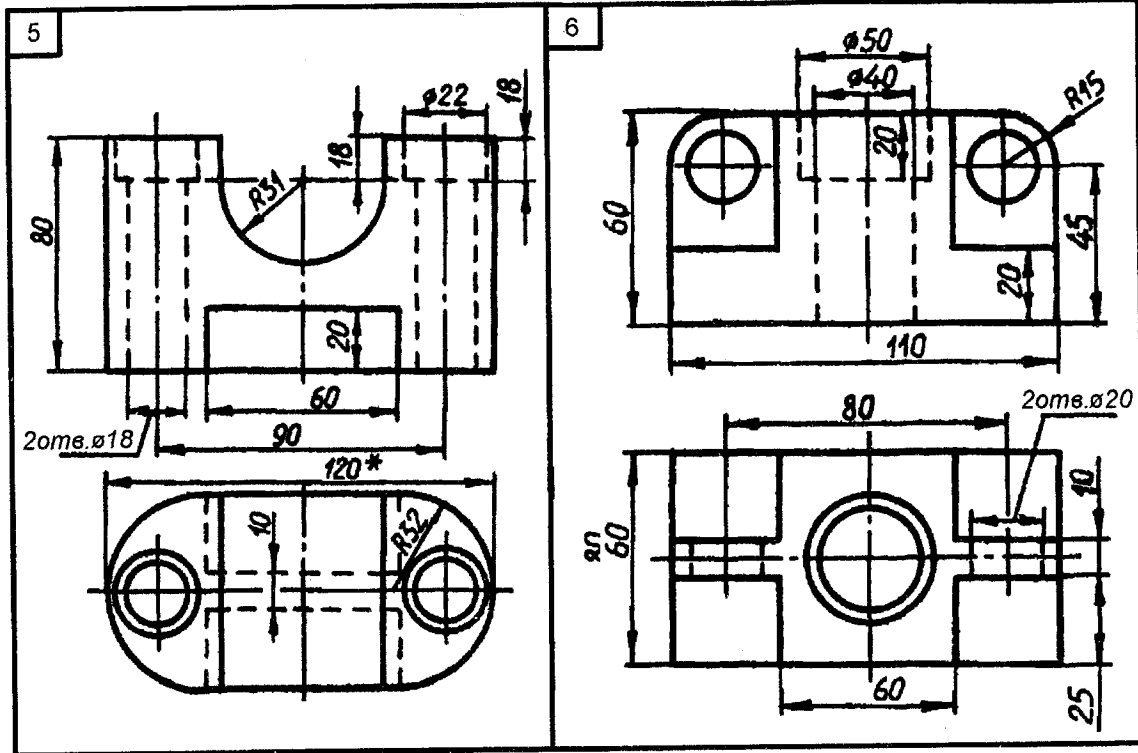




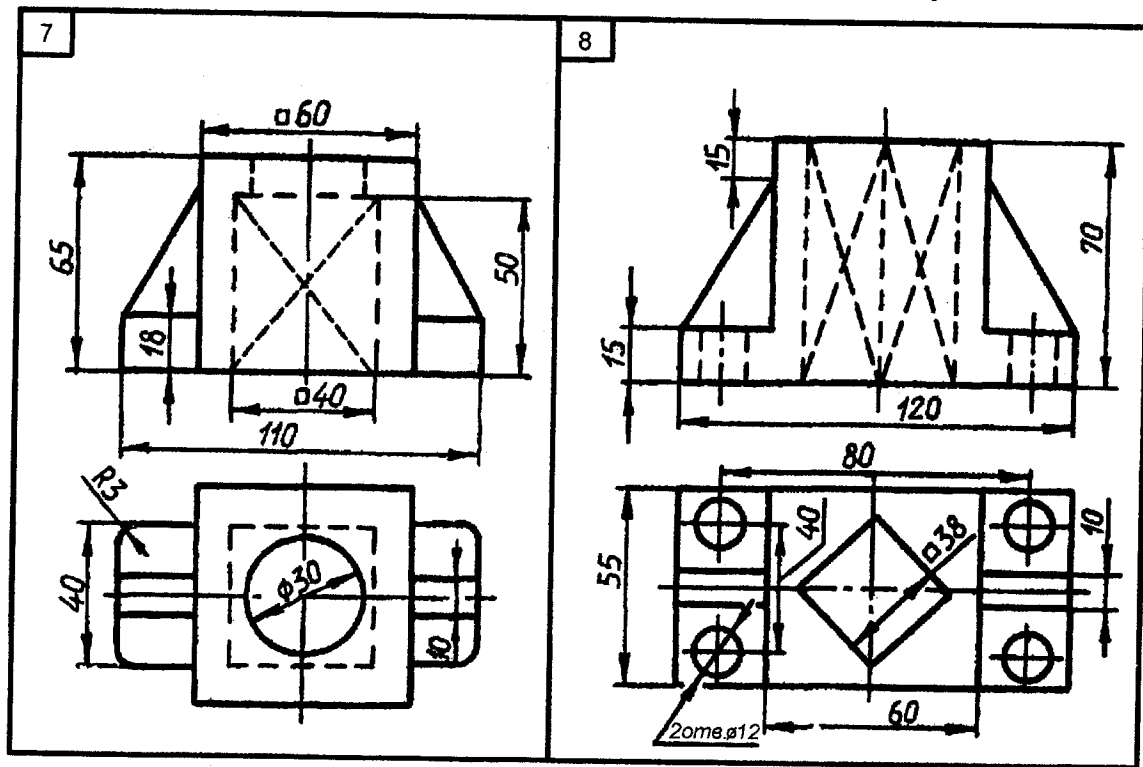
## Графічні умови до завдання 09ГГ. 442 400.000-XX

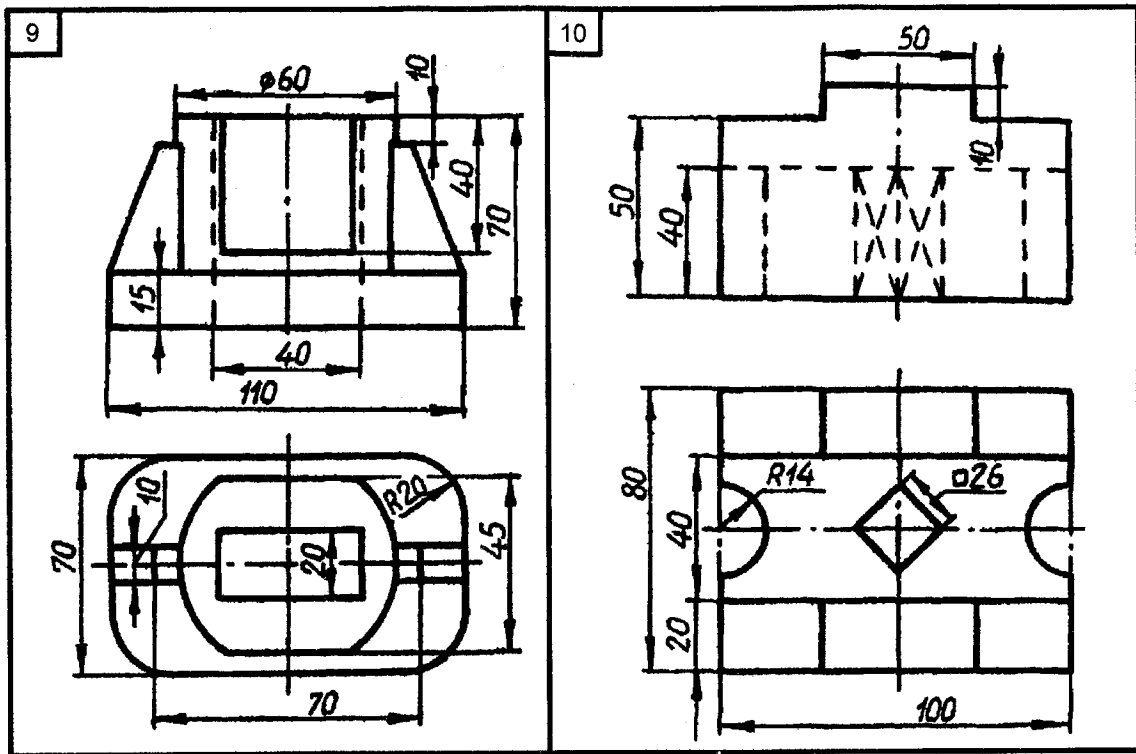


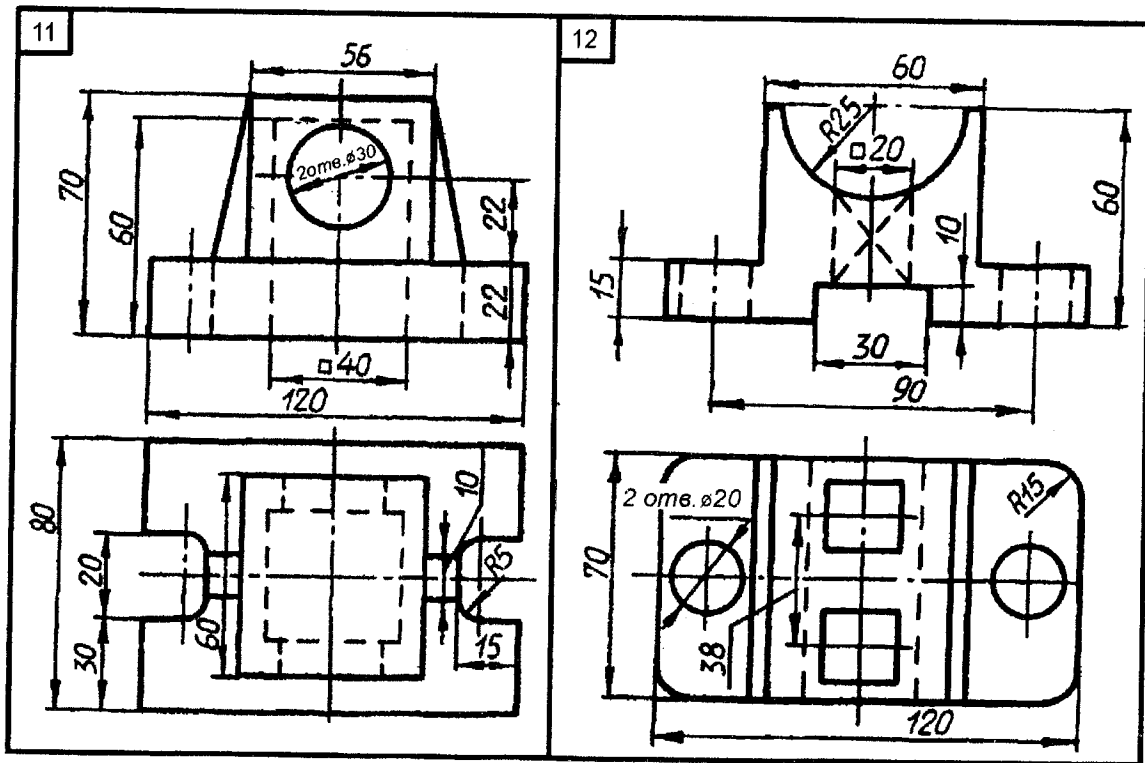


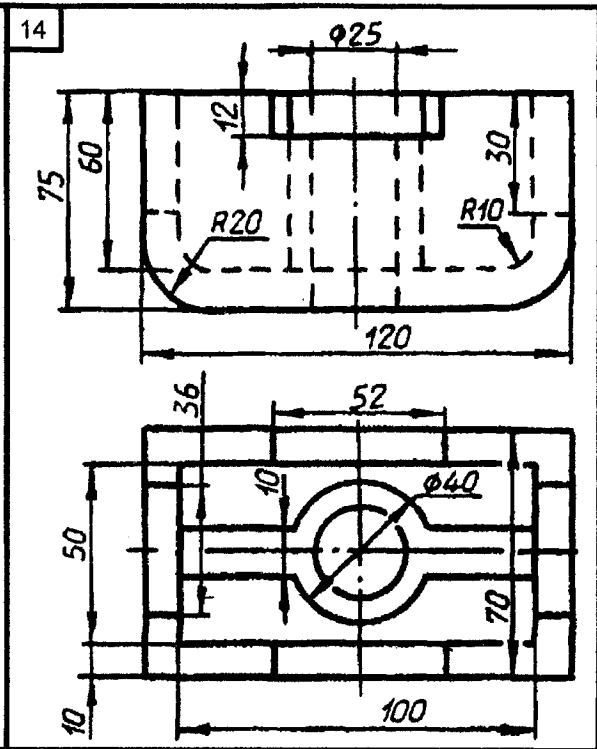
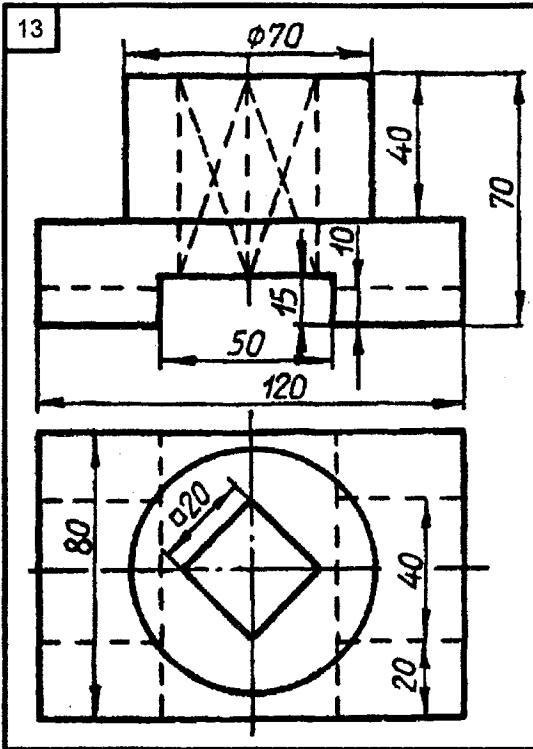


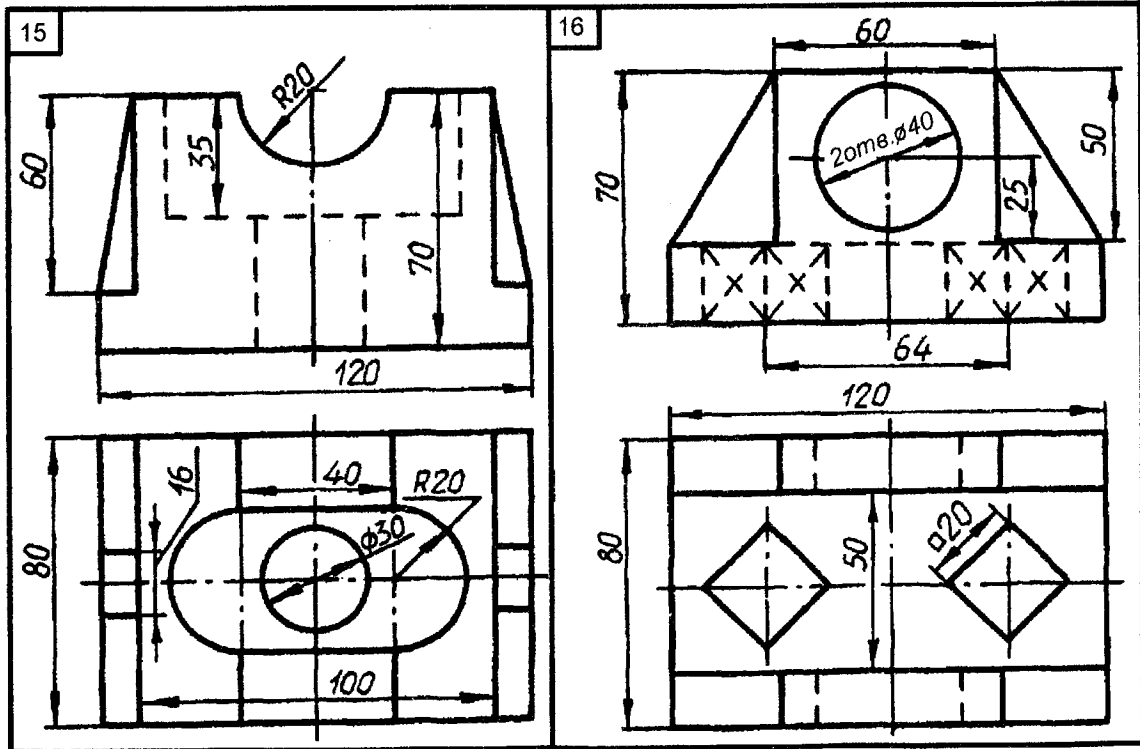


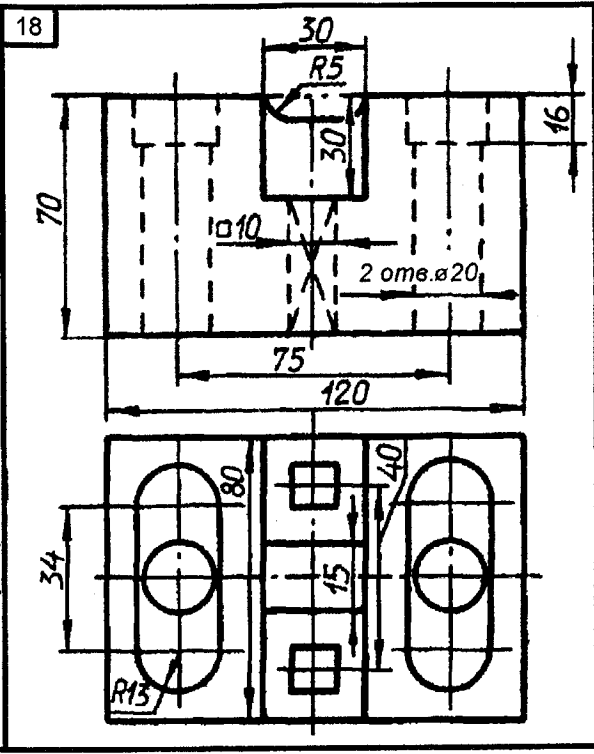
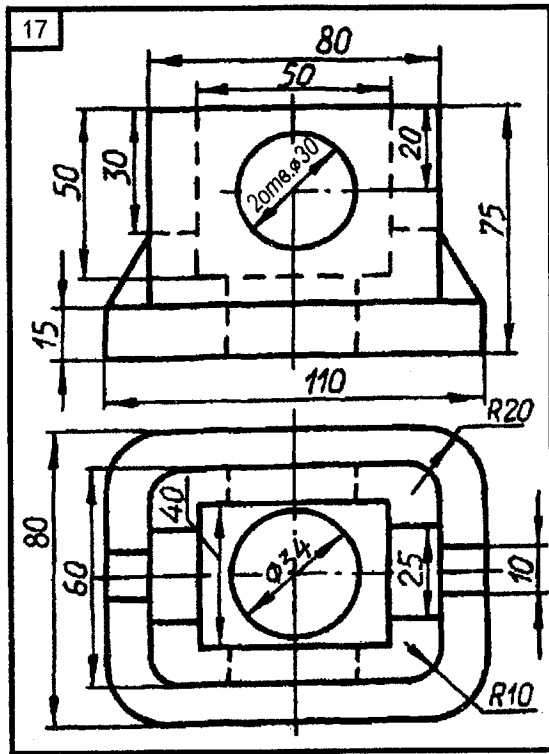


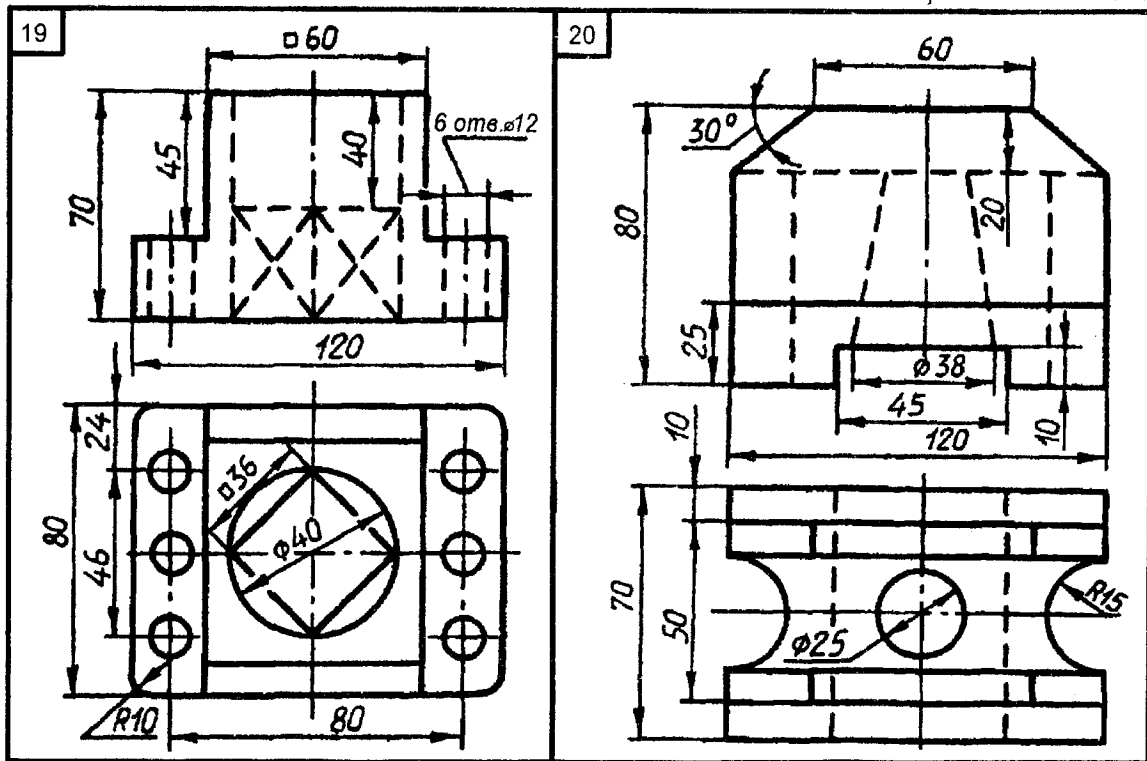


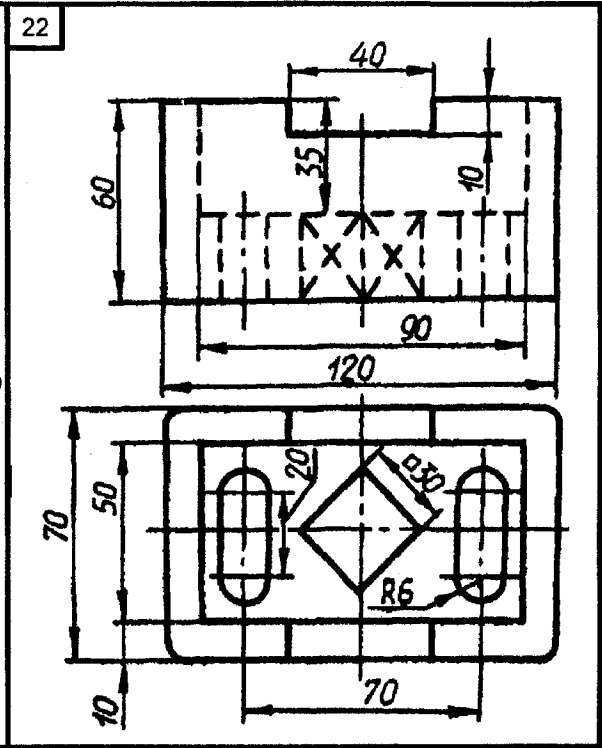
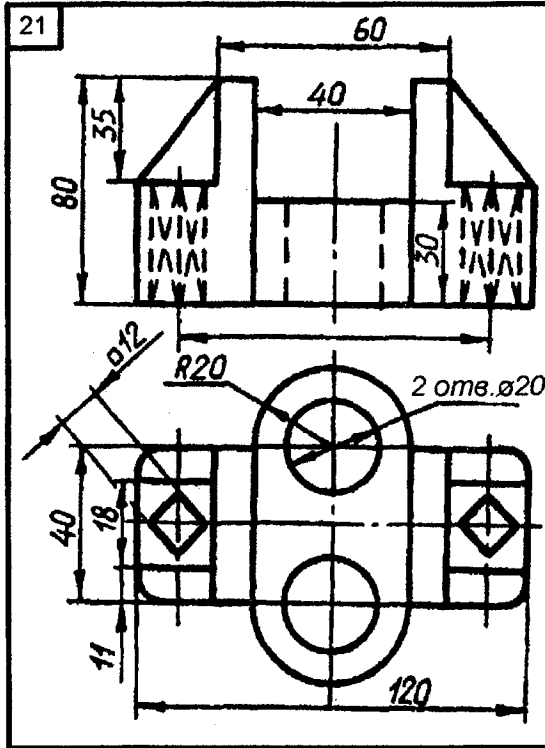




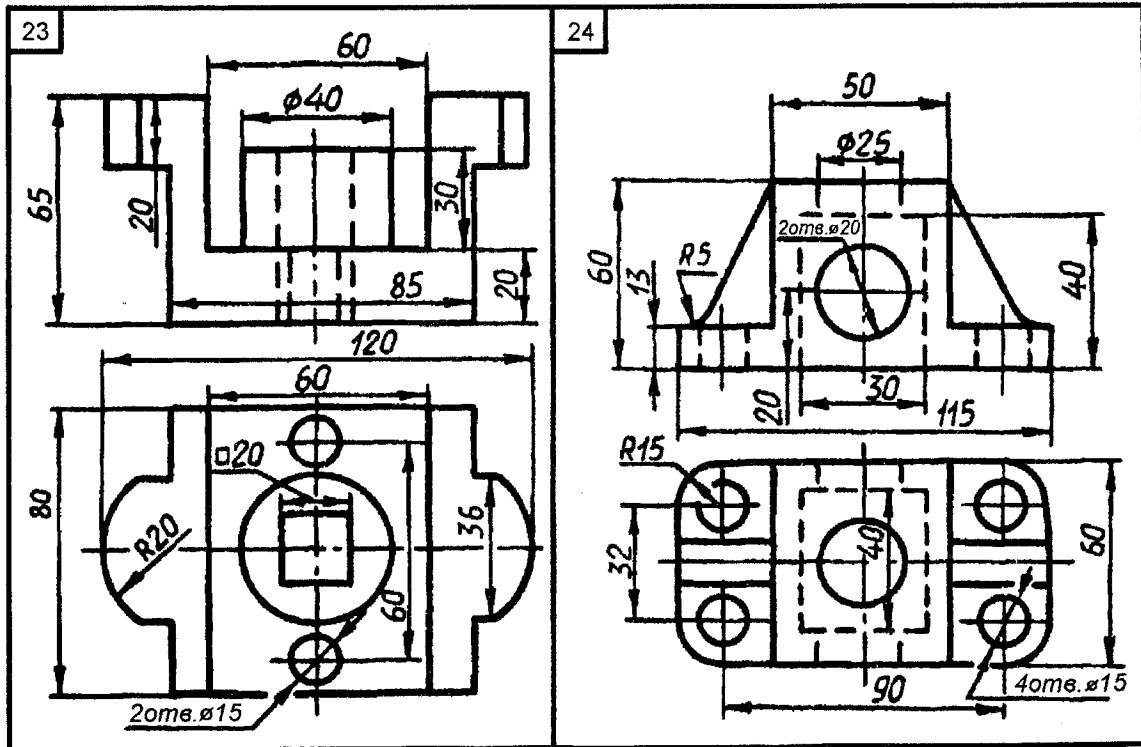


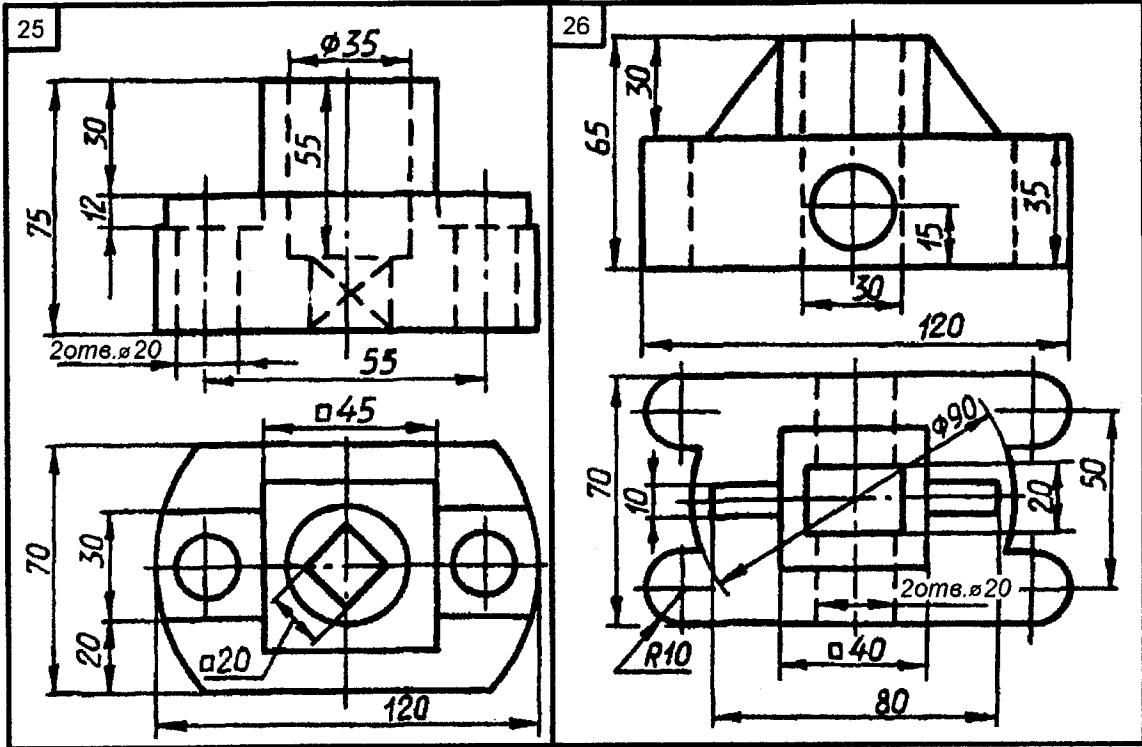


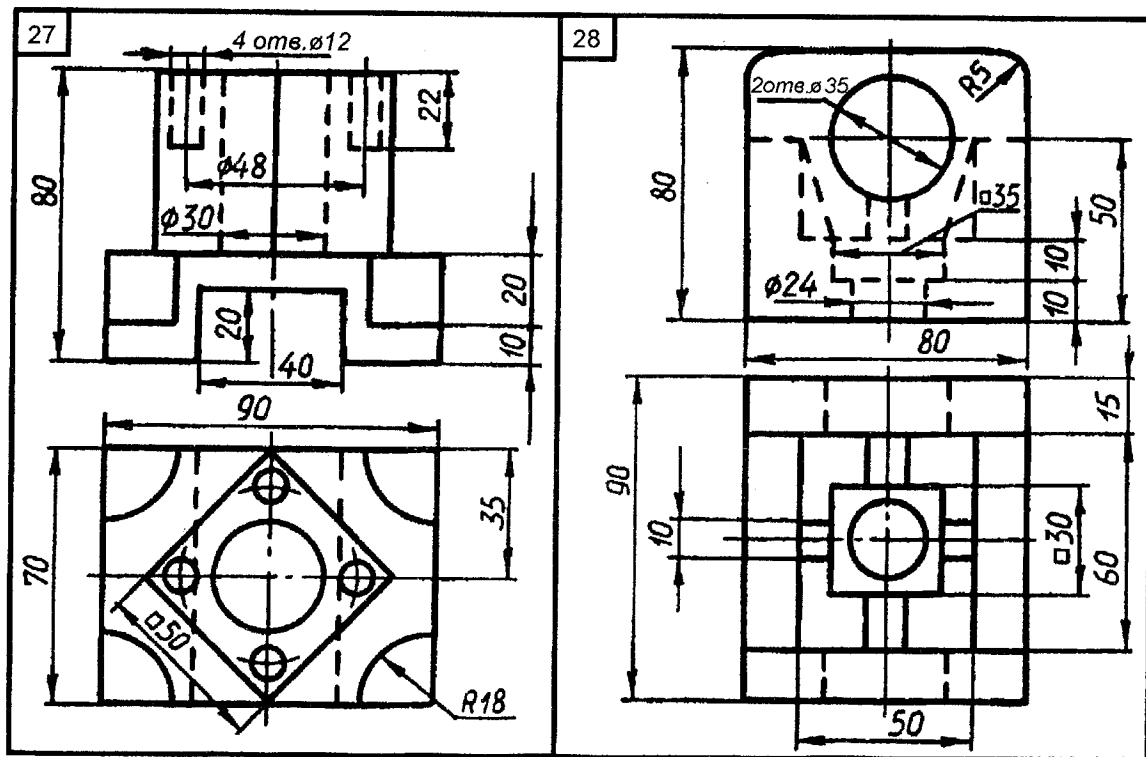


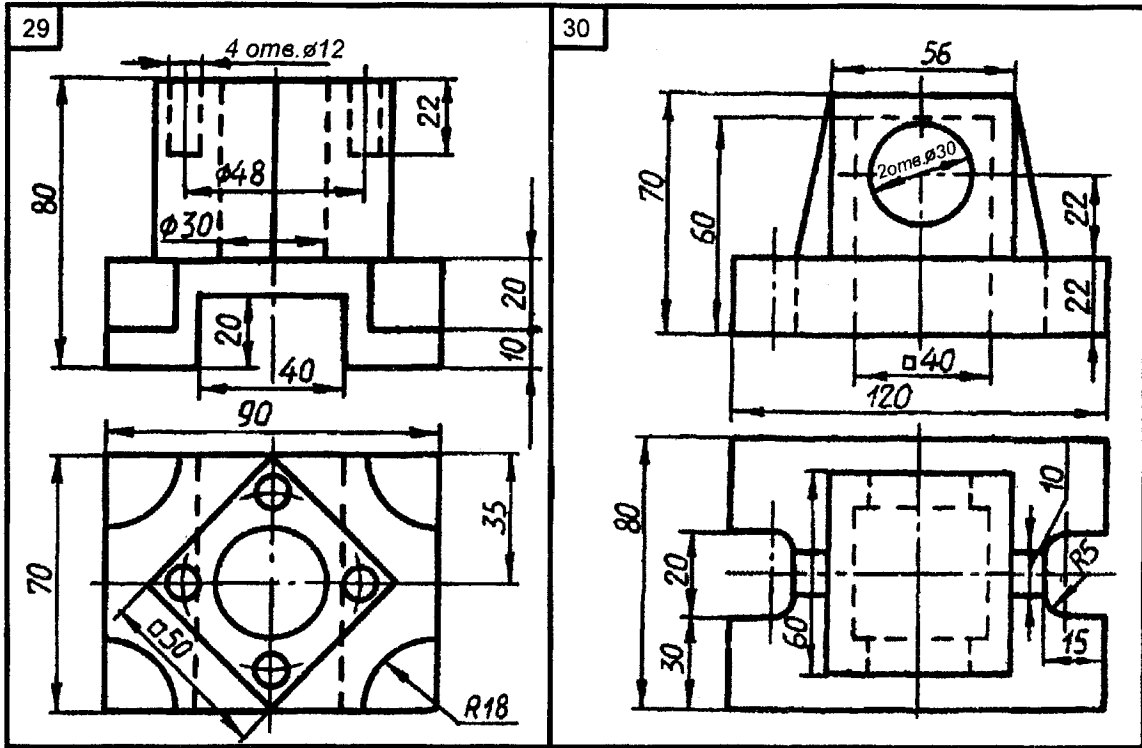






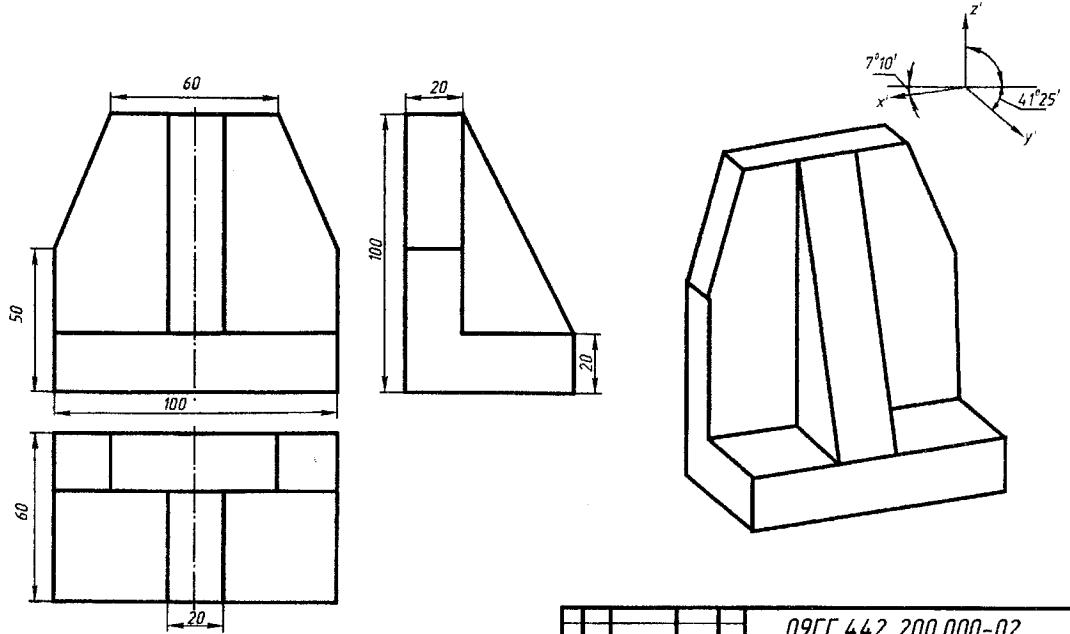








09ГГ.442.200.000-02



09ГГ.442.200.000-02						Креслення проекційне			Мітка	Маск	Нормат
№ Арк	№ Форми	Підпис	Дата	Рисувач	Свідоцтво Д.К.	Перевірч	Масштаб	Арків	Архів	1:1	
І.Контр	Зам.							ЖДТУ, зр.ОК-14			

Формат А3

Рис. 7. Приклад виконання завдання 09ГГ.442.200.000-XX

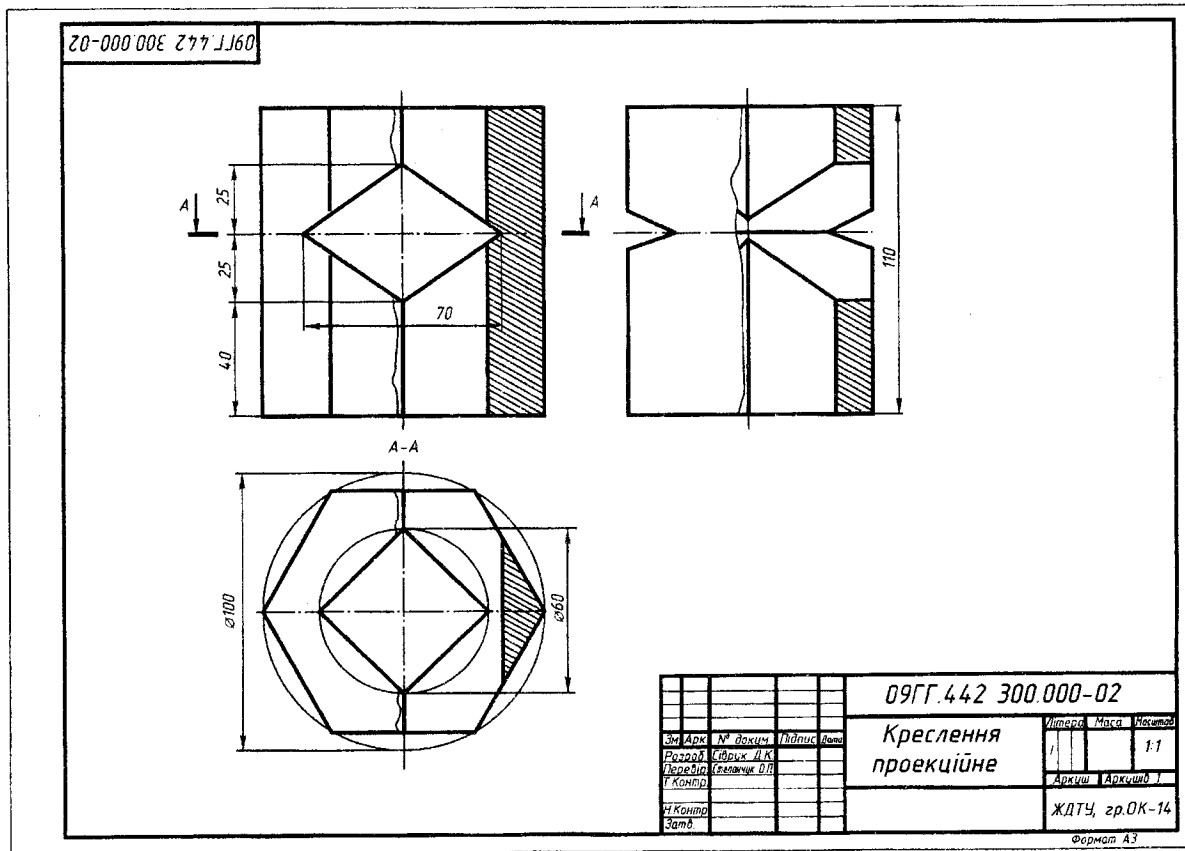


Рис. 8. Приклад виконання завдання 09ГГ.442 300.000-XX

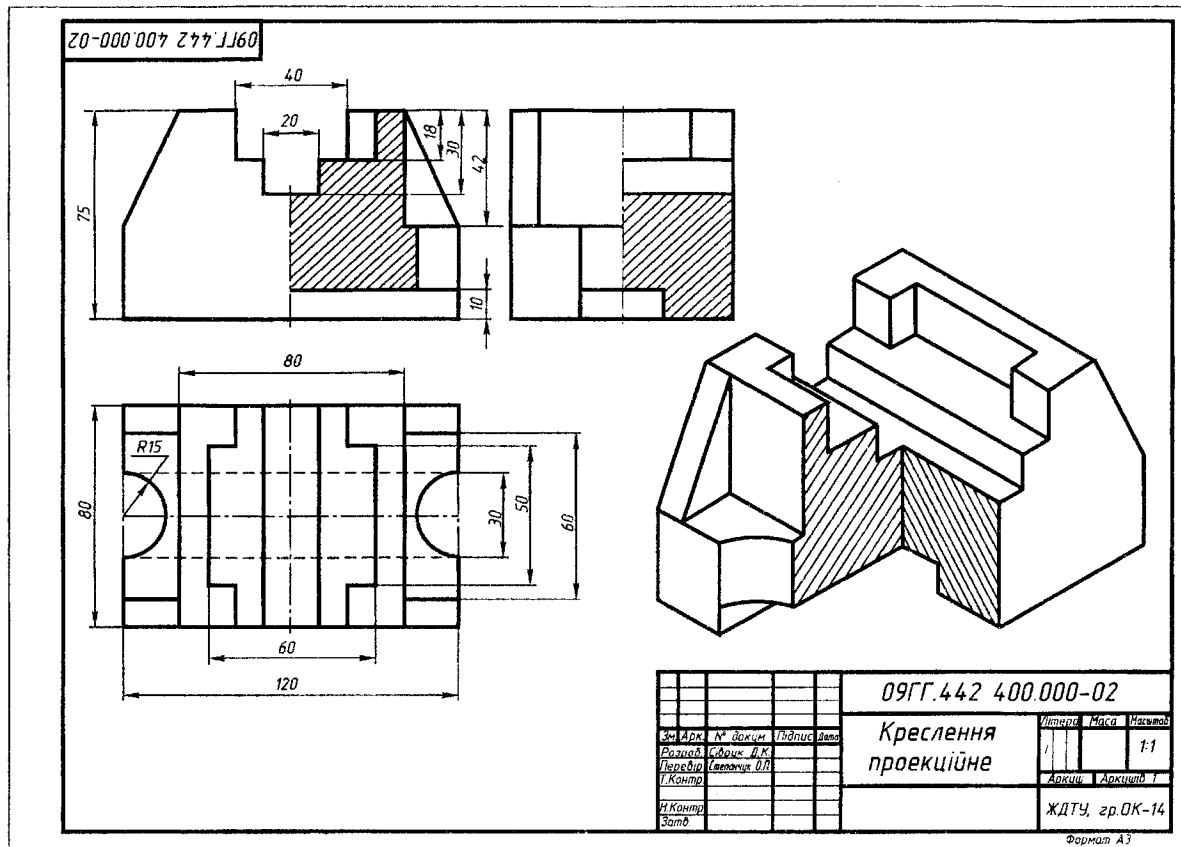


Рис. 9. Приклад виконання завдання 09ГГ.442 400.000-XX



### Керуючі клавіші в системі КОМПАС-ГРАФИК-5.X

В КОМПАС-ГРАФИК-5.X передбачено великий набір керуючих клавішних комбінацій, за допомогою яких можна виконувати ряд дій (прив'язка, переміщення за координатами, зміна масштабу вікна відображення).

Нижче наведено перелік керуючих клавіш, що використовуються при роботі з графічними документами, та дії, що ними викликаються.

Загальносистемні дії:

<Enter>	Зафіксувати (ввести) точку
<Esc>	Перервати виконання команди або знищити сторінку меню
<Delete>	Знищити усі виділені об'єкти
<F1>	Викликати Допомогу КОМПАС-ГРАФИК

Збереження та відкриття документів:

<F2> або <Ctrl>+<S>	Записати документ
<F3> або <Ctrl>+<O>	Відкрити документ
<Alt>+<F4>	Завершення роботи з КОМПАС-ГРАФИК

Відміна та повтор операції:

<Alt>+<BackSpace> або <Ctrl>+<Z>	Відмінити попередню операцію
<Shift>+<Alt>+<BackSpace> або <Ctrl>+<Y>	Повторити відмінену операцію

Робота з буфером обміну (Clipboard):

<Shift>+<Delete> або <Ctrl>+<X>	Вирізати виділені об'єкти в буфер обміну
<Ctrl>+<Insert> або <Ctrl>+<C>	Скопіювати виділені об'єкти в буфер обміну
<Shift>+<Insert> або <Ctrl>+<V>	Вставити вміст буфера обміну в документ

Керування положенням курсору та прив'язка:

<Ctrl>+<0> (цифрова клавіатура)	Перемістити курсор в точку (0,0) поточної системи координат
<.> (цифрова клавіатура)	Встановити курсор по нормалі в найближчу точку ближнього елемента
<5> (цифрова клавіатура)	Встановити курсор в найближчій характерній точці ближнього елемента
<Shift>+<5> (цифрова клавіатура)	Встановити курсор в середину найближчого до нього примітива (для кола – встає в центр, для тексту – в середину основи)
<Alt>+<5>	Встановити курсор в точку перетину двох найближчих до нього примітивів
<Ctrl>+<←>, <Ctrl>+<↑>, <Ctrl>+<→>, <Ctrl>+<↓>	Прив'язки до ближчого (в напрямку стрілки) елемента по напрямку осей поточної системи координат
<Alt>+<X>	Ввід координат X в поле Рядку параметрів
<Alt>+<Y>	Ввід координат Y в поле Рядку параметрів
<Ctrl>+<K>	Переключити зовнішній вигляд курсору (великий або маленький)

Керування вікнами:

<Ctrl>+<F4>	Зачинити активне вікно
<Ctrl>+<F6>	Перейти до наступного вікна

Керування зображенням у вікні:

<Ctrl>+<F9>	Обновити зображення в активному вікні
<Shift>+<+>, <Shift>+<->, (цифрова клавіатура)	Збільшити (зменшити) в N разів масштаб відображення (точка, де знаходиться курсор, буде поміщена в центр екрана)
<Ctrl>+<L>	Масштаб за виділеними об'єктами
<Ctrl>+<I>	Вибрати вікно відображення рамкою
<Ctrl>+<G>	Включити (виключити) зображення сітки в активному вікні
<Page Up>	Пролистати зображення на один екран вгору
<Page Down>	Пролистати зображення на один екран вниз
<Home>	Пролистати зображення до верхньої границі документа

<End>	Пролистати зображення до нижньої границі документа
<Ctrl>+<Page Up>	Пролистати зображення на один екран вліво
<Ctrl>+<Page Down>	Пролистати зображення на один екран вправо
<Ctrl>+<Home>	Пролистати зображення до лівої границі документа
<Ctrl>+<End>	Пролистати зображення до правої границі документа

Виділення об'єктів:

<Ctrl>+<A>	Виділити весь вміст документа
------------	-------------------------------

Переміщення між полями Рядку параметрів та керуючими елементами діалогів:

<Tab>	Перехід між полями X та Y при вводі координат або між керуючими елементами (полями, перемикачами і т.д.) при роботі в діалозі
<Ctrl>+<Tab>	Перехід між полями в Рядку параметрів об'єктів
<Shift>+<Tab>	Перехід в зворотному напрямку між керуючими елементами при роботі в діалозі
<Ctrl>+<Shift>+<Tab>	Перехід в зворотному напрямку між полями в Рядку параметрів об'єктів

Інші дії:

<Ctrl>+<Esc>	Викликати Список задач (Task List) Windows
<Alt>+<Tab>	Переключитися на інший працюючий додаток Windows
<Alt>+<F10>	Викликати контекстно-залежне меню

## Література:

1. Бакка М.Т., Редчиць В.С., Кальчук С.В. Основи проектування, інженерна та комп'ютерна графіка. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 371 с.
2. Бакка М.Т., Редчиць В.С., Редчиць І.С. Практикум з гірничої графіки. – Житомир: ЖІТІ, 1999. – 130 с.
3. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа, 1973. – 416 с.
4. Виткуп Н.К. (Грушинская). Основы проекционного черчения: Лекция в магнитофонной записи: Лекция 3. – К.: МВССО УССР, 1965. – 16 с.
5. Гаардан И., Люка М. Машинная графика и автоматизация конструирования. – М.: Мир, 1987. – 270 с.
6. Годик Е.И., Хаскин А.М. Справочное руководство по черчению. – М.: Машиностроение, 1974. – 696 с.
7. Гордон В.О., Иванов Ю.Б., Солнцева Т.Е. Сборник задач по курсу начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1998. – 320 с.
8. ГОСТ 2.303–68.
9. ГОСТ 2.306–81.
10. ДСТУ 3321–96.
11. КОМПАС–ГРАФИК 5.X. Руководство пользователя в 2-х частях. – М.: АО “АСКОН”, 1999.
12. Короев Ю.И. Черчение для строителей. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
13. Манцвєтова И.В., Маянц Д.Ю., Галиченко К.Я., Ляшевич К.К. Проекционное черчение с задачами. – Мн.: Выш. школа, 1978.
14. Михайленко В.Є., Найдиш В.М., Підкоритов А.М., Скідан І.А. Інженерна та комп'ютерна графіка. – К.: Вища школа, 2000. – 342 с.
15. Посвянский А.Д. Краткий курс начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1965. – 238 с.
16. Редчиць В.С. Основні положення нарисної геометрії в гірництві. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 143 с.
17. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
18. Хаскин А.М. Креслення. – К.: Вища школа, 1976. – 436 с.
19. Чалый А.Т. Курс начертательной геометрии. – К.: Машгиз, 1961. – 280 с.

20. Чекмарев А.А. Инженерная графика. – М.: Высшая школа, 2000. – 365 с.
21. Четверухин Н.Ф., Левицкий В.С., Прянишникова З.И., Тевлин А.М., Федотов Г.И. Курс начертательной геометрии. – М.: Гостехиздат, 1956. – 436 с.

## Зміст

<b>Розділ І. Геометричне креслення.....</b>	<b>3</b>
Вступ.....	3
<b>§ 1. Основні правила оформлення креслень.....</b>	<b>5</b>
1.1. Основні відомості про оформлення креслень.....	5
1.1.1. Формати.....	5
1.1.2. Лінії креслення.....	10
1.1.3. Запитання для самоперевірки.....	13
1.1.4. Вправи.....	14
1.2. Креслярські шрифти.....	14
1.2.1. Запитання для самоперевірки.....	27
1.3. Масштаби. Нанесення розмірів.....	27
1.3.1. Масштаби.....	27
1.3.2. Нанесення розмірів.....	28
1.3.3. Запитання для самоперевірки.....	35
<b>§ 2. Основні геометричні побудови.....</b>	<b>36</b>
2.1. Загальні положення.....	36
2.2. Поділ відрізка прямої.....	36
2.3. Побудова перпендикулярних і паралельних прямих.....	37
2.4. Побудова і вимірювання кутів. Поділ кутів.....	39
2.5. Побудова плоских фігур.....	40
2.6. Поділ кола на рівні частини. Побудова правильних вписаних багатокутників.....	42
2.7. Побудова правильних багатокутників за даною стороною.....	43
2.8. Визначення центра дуги кола і величини радіуса.....	44
2.9. Побудова уклону і конусності.....	45
2.10. Запитання для самоперевірки.....	46
2.11. Спряження.....	47
2.11.1. Загальні положення.....	47
2.11.2. Побудова дотичної до кола і до двох кіл.....	48
2.11.3. Спряження прямих дугою кола.....	50
2.11.4. Спряження дуги з прямою.....	51
2.11.5. Спряження дуг між собою.....	52
2.11.6. Побудова коробових кривих.....	53
2.11.7. Приклади побудови креслень деталей, які мають спряження.....	55
2.11.8. Запитання для самоперевірки.....	57
2.11.9. Вправи.....	57
2.12. Побудова деяких лекальних кривих.....	59

2.12.1. Загальні положення.....	59
2.12.2. Послідовність побудови лекальної кривої.....	62
2.12.3. Побудова еліпса.....	63
2.12.4. Побудова гіперболи.....	66
2.12.5. Побудова параболи.....	67
2.12.6. Циклоїдальні криві (рулети).....	69
2.12.7. Спіральні криві.....	72
2.12.8. Синусоїда.....	75
2.12.9. Запитання для самоперевірки.....	75
2.12.10. Вправи.....	76
<b>Розділ II. Проекційне креслення.....</b>	<b>78</b>
Вступ.....	78
<b>§ 3. Метод проектування. Комплексне креслення точки.....</b>	<b>81</b>
3.1. Метод проектування.....	81
3.2. Комплексне креслення точки.....	83
3.3. Побудова проєкцій точки за її координатами.....	85
3.4. Запитання для самоперевірки.....	90
3.5. Вправи.....	90
<b>§ 4. Проектування прямої лінії.....</b>	<b>92</b>
4.1. Проектування прямої на три площини проєкцій.....	92
4.2. Положення прямої відносно площин проєкцій.....	94
4.3. Пряма і точка.....	97
4.4. Сліди прямої.....	98
4.5. Взаємне розташування прямих у просторі.....	99
4.6. Запитання для самоперевірки.....	100
4.7. Вправи.....	101
<b>§ 5. Проектування площини.....</b>	<b>105</b>
5.1. Зображення площини на комплексному кресленні.....	105
5.2. Положення площини у просторі відносно площин проєкцій.....	106
5.3. Прямі та точки, які лежать у площині. Головні лінії площини.....	110
5.4. Проєкції плоских фігур.....	113
5.5. Взаємне розташування площин.....	116
5.6. Пряма, паралельна площині. Перетин прямої з площиною.....	119
5.7. Запитання для самоперевірки.....	122
5.8. Вправи.....	123
<b>§ 6. Способи перетворення проєкцій.....</b>	<b>130</b>
6.1. Загальні положення.....	130
6.2. Спосіб заміни площин проєкцій.....	130

6.2.1. Теорія способу заміни площин проєкцій.....	130
6.2.2. Розв'язування чотирьох основних задач способом заміни площин проєкцій.....	133
6.3. Спосіб обертання.....	139
6.3.1. Обертання точки.....	139
6.3.2. Обертання відрізка.....	143
6.3.3. Обертання площини.....	145
6.3.4. Розв'язування чотирьох основних задач способом обертання.....	145
6.4. Спосіб плоскопаралельного перенесення .....	152
6.5. Спосіб допоміжного проєктування .....	155
6.6. Застосування способів перетворення проєкцій при розв'язуванні метричних задач.....	160
6.6.1. Визначення відстаней.....	160
6.6.2. Визначення кутів.....	165
6.6.3. Побудова проєкцій плоскої фігури за заданими умовами.....	170
6.7. Запитання для самоперевірки.....	171
6.8. Вправи.....	172
<b>§ 7. Аксонометричні проєкції.....</b>	<b>179</b>
7.1. Види і способи аксонометричного проєктування.....	179
7.2. Прямокутна ізометрична проєкція.....	180
7.3. Прямокутні ізометричні проєкції прямих ліній і плоских фігур.....	183
7.4. Прямокутні ізометричні проєкції геометричних тіл.....	184
7.5. Прямокутні ізометричні проєкції кола.....	186
7.6. Прямокутна диметрична проєкція.....	189
7.7. Косокутна фронтальна ізометрична проєкція.....	193
7.8. Косокутна горизонтальна ізометрична проєкція.....	195
7.9. Косокутна фронтальна диметрична проєкція.....	196
7.10. Запитання для самоперевірки.....	197
7.11. Вправи.....	198
<b>§ 8. Проєкції геометричних тіл.....</b>	<b>201</b>
8.1. Форми геометричних тіл .....	201
8.2. Проєкції призм.....	201
8.3. Проєкції пірамід.....	206
8.4. Проєкції циліндрів.....	209
8.5. Проєкції конусів.....	211
8.6. Проєкції кулі.....	213
8.7. Проєкції тора.....	214
8.8. Геометричні тіла як елементи моделей і деталей машин.....	217



8.9. Запитання для самоперевірки.....	220
8.10. Вправи.....	221
<b>§ 9. Перетин геометричних тіл площиною і прямою лінією.....</b>	<b>229</b>
9.1. Перетин багатогранників площиною і прямою лінією.....	229
9.1.1. Загальні положення.....	229
9.1.2. Перетин площини з багатогранником.....	230
9.1.3. Перетин прямої лінії з багатогранником.....	233
9.2. Перетин кривих поверхонь площиною і прямою лінією.....	237
9.2.1. Загальні положення.....	237
9.2.2. Перетин кривих поверхонь площиною.....	239
9.2.3. Перетин кривих поверхонь прямою лінією.....	249
<b>§ 10. Взаємний перетин поверхонь тіл.....</b>	<b>255</b>
10.1. Загальні положення.....	255
10.2. Приклади взаємного перетину поверхонь тіл.....	259
10.2.1. Перетин багатогранників.....	259
10.2.2. Перетин багатогранника з тілом обертання.....	263
10.2.3. Перетин тіл обертання.....	277
10.2.4. Вплив співвідношення розмірів поверхонь на лінії їхнього перетину.....	279
10.2.5. Взаємний перетин поверхонь другого порядку. Особливі випадки перетину.....	282
10.2.6. Запитання для самоперевірки.....	289
10.2.7. Вправи.....	289
<b>§ 11. Зображення – вигляди, розрізи, перерізи.....</b>	<b>292</b>
11.1. Основні положення.....	292
11.2. Вигляди.....	294
11.3. Розрізи.....	298
11.3.1. Загальні відомості та означення.....	298
11.3.2. Класифікація розрізів.....	303
11.3.3. Позначення розрізів.....	306
11.3.4. Прості розрізи.....	311
11.3.5. Складні розрізи.....	315
11.3.6. Поєднання частини вигляду з частиною розрізу.....	318
11.4. Перерізи.....	322
11.5. Виносні елементи.....	328
11.6. Умовності та спрощення.....	329
11.7. Штриховка в розрізах і перерізах.....	334

11.8. Приклади виконання виглядів і розрізів.....	336
11.9. Розрізи в аксонометричних проекціях.....	338
11.10. Запитання для самоперевірки.....	339
11.11. Вправи.....	341
<b>§ 12. Приклади розв'язування задач на подвійне проникнення поверхонь.....</b>	<b>347</b>
<b>Розділ III. Основні положення топографічного креслення.....</b>	<b>363</b>
Вступ.....	363
<b>§ 13. Креслярські матеріали і приладдя. Техніка роботи ними.....</b>	<b>363</b>
13.1. Папір.....	363
13.2. Фарби. Туш.....	365
13.3. Приладдя для креслення.....	366
13.4. Пристрої для проведення паралельних ліній.....	370
13.5. Креслення олівцем.....	371
13.6. Допоміжні роботи олівцем.....	372
13.7. Копіювання креслень.....	378
13.8. Креслення пером, рейсфедером і циркулем.....	378
13.8.1. Креслярські пера і ручки. Техніка креслення пером.....	378
13.8.2. Креслення рейсфедером і циркулем.....	380
13.9. Робота фарбами.....	383
<b>§ 14. Шрифти і написи на картах.....</b>	<b>384</b>
14.1. Призначення написів на картах.....	384
14.2. Остовні шрифти і методика накреслювання букв і слів.....	385
14.3. Правила розміщення на картах підписів назв об'єктів .....	390
14.4. Скорописне написання цифр.....	393
<b>§ 15. Умовні знаки топографічних карт.....</b>	<b>394</b>
15.1. Поняття про умовний знак і його призначення.....	394
15.2. Види умовних знаків.....	395
15.3. Таблиці умовних знаків.....	397
15.4. Методика побудови і накреслювання умовних знаків.....	399
<b>§ 16. Накреслювання знімальних оригіналів топографічних карт і матеріалів великомасштабних зйомок.....</b>	<b>413</b>
16.1. Загальні відомості.....	413
16.2. Накреслювання знімальних оригіналів карт і вимоги щодо їх графічного оформлення.....	414

16.3. Графічне оформлення матеріалів великомасштабних зйомок.....	421
<b>Розділ IV. Основи комп'ютерної графіки.....</b>	<b>425</b>
Вступ.....	425
<b>§ 17. Основні поняття та принципи         комп'ютерної графіки.....</b>	<b>426</b>
17.1. Загальні відомості про комп'ютерну графіку.....	426
17.2. Принципи подання графічної інформації в комп'ютерній графіці.....	426
17.3. Апаратні засоби комп'ютерної графіки.....	430
17.4. Програмні засоби комп'ютерної графіки.....	436
<b>§ 18. Загальні відомості про креслярсько-комп'ютерну         систему КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....</b>	<b>437</b>
18.1. Призначення та склад креслярсько-комп'ютерної системи КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....	437
18.2. Типи документів та об'єктів ККС.....	443
18.3. Одиниці вимірювань та система координат.....	445
18.4. Інструментальні засоби геометричних побудов об'єктів системи КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....	446
18.5. Інструментальні засоби геометричних побудов об'ємних деталей системи КОМПАС–3D.....	446
<b>§ 19. Побудова креслення деталі „Пластина” з         використанням ККС КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....</b>	<b>451</b>
<b>§ 20. Побудова креслення деталі „Ролик” з         використанням засобів ККС КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....</b>	<b>480</b>
<b>§ 21. Побудова трьох проекції деталі за її наочним         зображенням з використанням засобів         ККС КОМПАС–3D.....</b>	<b>503</b>
<b>§ 22. Завдання розрахунково-графічної роботи,         зразки їх виконання та оформлення.....</b>	<b>519</b>
Додаток 1. Вимоги щодо оформлення розрахунково-графічної роботи.....	521
Додаток 2. Графічні умови до завдань розрахунково-графічної роботи.....	526
Додаток 3. Приклади виконання завдань розрахунково-графічної роботи.....	592
Додаток 4. Керуючі клавіші системи ККС КОМПАС–ГРАФІК–5.Х.....	596
Література.....	599
Зміст.....	601

Навчальний посібник

Бакка Микола Терентійович  
Редчиць Валентина Сергіївна  
Кальчук Сергій Володимирович

**Основи топографічного  
і технічного креслення та комп'ютерної графіки**

Рецензенти: Лось Л.В., Могильний С.Г.

Редактор В.С. Редчиць  
Технічний редактор В.І. Бобришева  
Коректор В.І. Бобришева  
Комп'ютерні дизайн та верстка О.А. Повторейко  
Макетування О.А. Повторейко

Здано в набір 22.05.2003. Підписано до друку 28.09.2003.  
Формат 60 x 84/16. Папір друкарський. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 37,3. Обл. вид. арк. 37,4.  
Тираж 300 пр. Зам. № 55

Редакційно-видавничий відділ  
Житомирського державного технологічного університету  
10005 Житомир, вул. Черняхівського, 103