

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**Н.В.Гриньова**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з інженерної графіки та креслення

(для студентів 1 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки

6.070601 - «Транспортні системи»)

Конспект лекцій з інженерної графіки та креслення (для студентів 1 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.070601 - «Транспортні системи»)/Укл: Гриньова Н.В. – Харків: ХНАМГ, 2009 – 52 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Н.В. Гриньова

Рецензент: к.т.н., проф. В.І. Лусь

Рекомендовано кафедрою інженерної і комп'ютерної графіки,  
протокол №9 від 12 червня 2009 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>ВСТУП.....</b>	4
<b>СИМВОЛІКА І ПОЗНАЧЕННЯ.....</b>	6
<b>ЛЕКЦІЯ № 1. МЕТОДИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ.....</b>	8
1.1. ЦЕНТРАЛЬНЕ ПРОЕКЦІЮВАННЯ. ПОНЯТТЯ ПРО ПРОЕКЦІЙНИЙ ПРОСТІР.....	8
1.2. ПАРАЛЕЛЬНЕ ПРОЕКЦІЮВАННЯ.....	10
1.3. ІНВАРІАНТИ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОЕКЦІЮВАННЯ.....	11
1.4. ОРТОГОНАЛЬНЕ ПРОЕКЦІЮВАННЯ.....	11
<b>ЛЕКЦІЯ № 2. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФІГУР.....</b>	13
2.1. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ТОЧКИ.....	13
2.2. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ЛІНІЙ.....	16
2.3. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРЯМИХ ЛІНІЙ.....	16
<b>ЛЕКЦІЯ № 3. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ .....</b>	20
<b>ЛЕКЦІЯ № 4. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ .....</b>	22
4.1. БАГАТОГРАННІ ПОВЕРХНІ. МНОГОГРАННИКИ.....	22
4.2. КРИВІ ПОВЕРХНІ.....	23
<b>ЛЕКЦІЯ №5. КОМПЛЕКСНІ ЧЕРТЕЖИ ПОВЕРХОНЬ.....</b>	25
5.1. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ.....	25
5.2. ОСНОВНА ТЕОРЕМА АКСОНОМЕТРІЇ (ТЕОРЕМА ПОЛЬКЕ).....	27
5.3. СТАНДАРТНІ АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ.....	28
5.4. КОЛО В АКСОНОМЕТРІЇ.....	31
5.5. ПОБУДОВА АКСОНОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	32
5.5.1. Побудова аксонометричних проєкцій плоских деталей.....	33
5.5.2. Побудова аксонометричних проєкцій 3-вимірних об'єктів.....	33
5.5.3. Побудова аксонометричних проєкцій ліній перетину кривих поверхонь.....	34
<b>ЛЕКЦІЯ № 6. БУДІВЕЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ.....</b>	36
6.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ.....	36
6.2. ЗМІСТ, ВИДИ І МАСШТАБИ БУДІВЕЛЬНИХ КРЕСЛЕНЬ.....	36
6.3. КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ І СХЕМИ БУДІВЕЛЬ.....	37
6.4. КООРДИНАЦІЙНІ ОСІ.....	38
6.5. РОЗМІРИ НА БУДІВЕЛЬНИХ КРЕСЛЕННЯХ.....	40
<b>ЛЕКЦІЯ № 7. АХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ.....</b>	41
7.1. СКЛАД РОБОЧИХ КРЕСЛЕНЬ.....	41
7.2. ВИКРЕСЛЮВАННЯ ПЛАНУ БУДІВЛІ.....	41
<b>ЛЕКЦІЯ № 8. КРЕСЛЕННЯ РОЗРІЗІВ, ФАСАДІВ БУДІВЛІ.....</b>	43
8.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ.....	43
8.2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКРЕСЛЕННЯ РОЗРІЗУ.....	45
8.3. ПОБУДОВА РОЗРІЗУ ПО СХОДАХ.....	46
8.4. КРЕСЛЕННЯ ФАСАДІВ БУДІВЕЛЬ.....	47
<b>ЛЕКЦІЯ № 9. ГРАФІКИ, ДІАГРАМИ, СТРУКТУРНІ І КЛАСИФІКАЦІЙНІ СХЕМИ .....</b>	48
9.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ.....	48
9.2. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ДІАГРАМ.....	49
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	51

## ВСТУП

**Геометрія** - частина математики, що вивчає просторові форми і відносини тіл. На відміну від інших природних наук вона вивчає об'єкти реального миру в найбільш абстрактному вигляді, приймаючи до уваги тільки форму і розміри предметів і не враховуючи їх фізичних і інших властивостей (матеріал, міцність, масу, колір, шорсткість поверхонь та інше).

Предмети, що розрізняються по цих властивостях, прийнято називати геометричними фігурами. До них відносяться точка, пряма, площа, коло, трикутник, круг, куля, куб, паралелепіпед, конус, циліндр та інші. **Геометричну фігуру вважають такою, що складається з точок і визначають як будь-яка безліч точок.** Безліч  $U$  всіх точок, що розглядаються в геометрії, називають математичним простором. Будь-яка геометрична фігура  $\Phi$  є підмножиною простору:  $\Phi \subseteq U$ . Якщо говорять: **дана геометрична фігура, то це означає, що виділене вся безліч точок, що належать даній фігурі.**

Основними невизначуваними поняттями геометрії є **точка, пряма, площа і відстань**. Поняття "множина" також є основним, невизначуваним, але не тільки геометрії, а всієї математики. Вони не можуть бути визначені за допомогою інших, простіших понять. Всі ці поняття виникли з безпосереднього спостереження предметів, що оточували нас.

**Точка** є результатом перетину двох прямих, прямої і площини, в загальному випадку - трьох площин (наприклад, вершина тетраедра). Точка не має розмірів. Зображення точки дає слід вістря олівця на папері. Пряма - проста лінія, має одне вимірювання. Уявлення про пряму дає натягнута нитка, найкоротша відстань між двома точками, лінія перетинів двох площин, а зображенням її є слід, який залишає на папері вістря олівця, рухомого уподовж краю лінійки.

**Площина** - проста поверхня, має два вимірювання. Уявлення про площину дає спокійна поверхня води в озері, полірована поверхня столу. В даний час геометрія має численні розділи. Існують елементарна, аналітична, диференціальна, накреслювальна, проектна, Лобачевського і інша геометрія.

**Нарисна геометрія** є тим розділом геометрії, який вивчає теоретичні основи методів побудови зображень (проекцій) геометричних фігур на якій-небудь поверхні і способи рішення різних позиційних і метричних задач, що відносяться до цих фігур, за допомогою їх зображень. Як поверхня, на якій

будуються зображення (проекції) предметів, як правило, вибирається площина. У спеціальних розділах нарисної геометрії розглядається побудова зображень на інших поверхнях, наприклад, сферичною, циліндровою і т.п. Нарисна геометрія ґрунтується на аксіомах і теоремах елементарної геометрії і інваріантах центрального і паралельного проєкціювання.

Сукупність двох і більш взаємозв'язаних зображень предмету називається кресленням. Креслення має виключно велике значення в практичній діяльності людини. Він є засобом виразу задумів вченого, конструктора і основним виробничим документом, по якому здійснюється будівництво будівель і інженерних споруд, виготовлення машин, механізмів і їх складових частин. Зрозуміло, не всяке креслення може служити цим цілям, а такий, який володіє оборотністю, удобоизмеримостью, наочністю, геометричною рівноцінністю оригіналу, простотою побудови, точністю графічних рішень.

**Креслення є міжнародною графічною мовою, зрозумілою будь-якій технічно грамотній людині. Нарисна геометрія - граматика цієї мови.**

Для побудови зображень (проекцій) геометричних фігур нарисна геометрія застосовує метод проєкціювання. Креслення, що виходять при цьому, називають проєкційними.

Існує два види проєкціювання - центральне і паралельне і відповідно два види проєкцій - центральні і паралельні. Побудова проєкцій предмету зводиться до побудови проєкцій деякої безлічі його точок. Тому **вивчення методу проєкціювання починають з побудови проєкцій точки.**

Знання і навички, придбані при вивченні нарисної геометрії, послужать надалі основою для вирішення технічних завдань в інженерній практиці. Вивчення нарисної геометрії розвиває просторове і логічне мислення, необхідне в будь-якій області інженерної діяльності, і особливо для конструктора і проєктувальника.

У цьому конспекті викладений короткий курс нарисної геометрії з позицій теоретико-множинного уявлення про геометричні фігури з використанням символічного запису пропозицій і алгоритмів.

## СИМВОЛІКА І ПОЗНАЧЕННЯ

### Знаки геометричні

#### а. Знаки, що позначають геометричні фігури:

**Φ** (фе - прописна буква грецького алфавіту) - геометрична фігура. **A, B, C,...** або **1, 2, 3,...** (прописні букви латинського алфавіту або арабські цифри) – точки простору.

**a, b, c,...** (рядкові букви латинського алфавіту) - прямі або криві лінії простору.

**(AB)** - пряма, що проходить через точки **A** і **B**.

**[AB)** - промінь з початком в точці **A**.

**[AB]** - відрізок прямої, обмежений точками **A** і **B**.

**/AB/** - довжина відрізка **[AB]**, відстань від точки **A** до точки **B**.

**/A,a/** - відстань від точки **A** до прямої **a**.

**/A,Γ/** - відстань від точки **A** до площини **Γ**.

**Γ** (гамма), **Δ** (дельта), **Λ** (ламбда), **Σ** (сігма), **Ψ** (псі) та інші - (прописні букви грецького алфавіту) - поверхні.

**<ABC** або **α, β, γ, ...** рядкові букви грецького алфавіту - кути.

**Π'** – площина проєкцій, картинна площина.

**Π<sub>1</sub>** - горизонтальна площина проєкцій,

**Π<sub>2</sub>** - фронтальна площина проєкцій,

**Π<sub>3</sub>** - профільна площина проєкцій,

**Π<sub>4</sub>, Π<sub>5</sub>,...** – інші площини проєкцій.

**A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>** – проєкції точки **A** (горизонтальна, фронтальна, профільна).

**l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, l<sub>3</sub>** - проєкції лінії **l** (горизонтальна, фронтальна, профільна).

**Γ<sub>1</sub>(A<sub>1</sub>,B<sub>1</sub>,C<sub>1</sub>), Γ<sub>2</sub>(A<sub>2</sub>,B<sub>2</sub>,C<sub>2</sub>), Γ<sub>3</sub>(A<sub>3</sub>,B<sub>3</sub>,C<sub>3</sub>)** - проєкції площини **Γ(ABC)**, що проходить через точки **A, B** і **C** (горизонтальна, фронтальна, профільна).

**A<sub>∞</sub>** - нескінченно віддалена точка,

**a<sub>∞</sub>** - нескінченно віддалена пряма,

**Γ<sub>∞</sub>** - нескінченно віддалена площина.

#### б. Знаки, що позначають відносини між геометричними фігурами:

**//** - паралельність двох геометричних фігур,

**⊥** - перпендикулярність,

**∩** - прямі, що схрещуються,

**⊂** - перетин геометричних фігур (множин),

**=** - рівні, співпадають або результат перетину геометричних фігур,

**≅** - конгруентність.

## в. Знаки, що позначають геометричні перетворення:

$\underline{\hspace{1cm}}$ - відображається.

## Знаки, що позначають множини, операції над ними і відношення між множинами

$A, B, C, \dots$  - множини.

$\Phi$  - порожня множина.

$a, b, c, \dots$  - елементи множини.

$\{ \dots \}$  - складається з, наприклад:  $M = \{a, b, c\}$  - безліч  $M$ , що складається з елементів  $a, b, c$  (і лише з них).  $M = \{a: P(a)\}$  - множина, що складається з таких  $a$ , які володіють властивістю  $P$ , наприклад:  $M = \{N: (ON = R)\}$  -  $M$  є безліч таких точок  $N$ , відстань яких до точки  $O$  рівне  $R$  (коло на площині або сфера у просторі).

$\in$ - приналежність, наприклад:

а)  $A \in l$  - точка  $A$  належить прямий  $l$ ,

б)  $b \ni M$  - пряма  $b$  проходить через точку  $M$  або пряма  $b$  містить точку  $M$ ,

в)  $\notin$  - не належить.

$\subset$  - включення (є частиною, підмножиною, міститься в..., включає, містить в собі), наприклад:

а)  $a \subset \Gamma$  - пряма  $a$  належить площині  $\Gamma$  (розуміється в сенсі: безліч точок прямою  $a$  є підмножина безлічі всіх точок площини  $\Gamma$ ),

б)  $\Gamma \supset a$  - площина  $\Gamma$  проходить через пряму  $a$  або площина  $\Gamma$  містить пряму  $a$ .

- об'єднання множин, наприклад:

$ABCD = [AB] \cup [BC] \cup [CD]$  - ламана лінія є об'єднання відрізків.

$\cap$  - перетин множин, наприклад:  $b = \Delta \cap \Gamma$  - пряма  $b$  є перетин  $\Delta$  и  $\Gamma$ .

$l \cap m = \Phi$  - перетином прямих є порожня множина, тобто прямі паралельні або схрещуються.

## Знаки, що позначають логічні операції

$\wedge$ - відповідає союзу "і".

$\vee$ - відповідає союзу "або".

$\Rightarrow$  логічне проходження, означає "якщо ..., то"

$\Leftrightarrow$  - в тому і лише в тому випадку, якщо....

## ЛЕКЦІЯ №1. МЕТОДИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ

### 1.1. Центральне проєкціювання

### 1.2. Паралельне проєкціювання

### 1.3. Інваріанти паралельного проєкціювання

### 1.4. Ортогональне проєкціювання

#### 1.1. Центральне проєкціювання. Поняття про проєкційний простір

Для того, щоб побудувати проєкцію, наприклад, деякої точки  $A$ , вибирається довільна площина  $\Pi'$ , звана площиною проєкцій, і точка  $S$ , що не належить площині  $\Pi'$ , звана центром проєкцій (рис. 1.1).

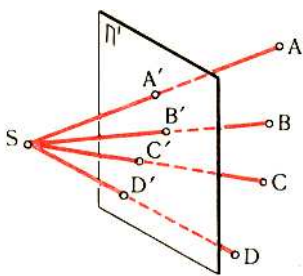


Рис.1.1

**Операція проєкціювання** полягає в тому, що через точки  $S$  і  $A$  проводиться пряма до перетину з площиною  $\Pi'$ .

Пряма  $SA$  називається проєкціуючою прямою, а точка  $A'$ , перетини проєкціуючої прямої з площиною проєкцій  $\Pi'$ , - центральною проєкцією точки  $A$ . На площині  $\Pi'$ ,

можна побудувати центральні проєкції і інших точок простору ( $B, C, D...$ ), за винятком тих, які належать площині  $\Pi$ , що проходить через центр проєкцій  $S$  і паралельною  $\Pi'$ . В цьому випадку проєкціуючі прямі виявляються паралельними площині  $\Pi'$  і точок перетину їх з площиною в звичайному сенсі немає. Цей недолік центрального проєкціювання усувається доповненням евклідова простору, так званими, нескінченно видаленими або невластими елементами. Доповнення евклідова простору невластими елементами дозволяє ліквідувати виключення в основних положеннях елементарної геометрії і затверджувати:

- 1) кожні дві прямі, що належать одній площині, завжди перетинаються (у власній або невластій точках);
- 2) дві будь-які площини простору завжди перетинаються (лінія перетину – власна або невластна пряма);
- 3) пряма і площина завжди перетинаються (у власній або невластій точках), отже, проєкцією точки  $C$ , належній площині  $\Pi \parallel \Pi'$  буде невластна точка  $C'_{\infty}$ .



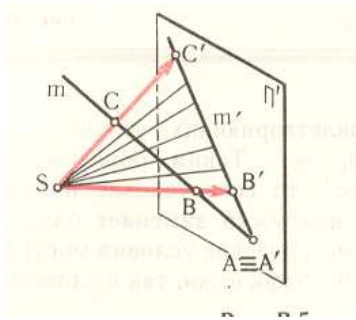


Рис. 1.2

Описаним методом центрального проєкціювання може бути побудована проєкція будь-якої точки геометричної фігури, а отже, і проєкція самої фігури. Наприклад, центральною проєкцією відрізка  $[BC]$  на площині  $\Pi'$  є безліч центральних проєкцій всіх точок відрізка  $[BC]$   $\rightarrow [B'C']$  (рис. 1.2).

При центральному проєціюванні відбувається спотворення форми, розмірів і деяких інших властивостей предмету (рис. 1.3). Разом з тим, неважко відмітити, що частина властивостей зберігається, наприклад, проєкція точки є точка; проєкція прямої – теж пряма лінія; якщо точка належить прямою то проєкція точки належить проєкції тієї ж прямої; точка перетину прямих проєкується в точку перетину їх проєкцій. Проєкція предмету, побудована методом центрального проєціювання, називається перспективою (рис. 1.3).

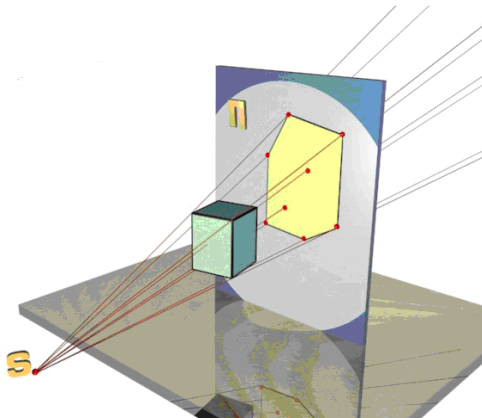


Рис.1.3 Центральна проєкція призми

Побудова проєкцій  $\square$  параллель об'єкту називається прямим завданням нарисної геометрії. Неважко відмітити, що метод центрального проєціювання дозволяє вирішувати її однозначно: кожна точка має на площині  $\Pi'$  єдину проєкцію, оскільки проєціюча пряма перетинається з площиною  $\Pi'$  в одній точці. Так, точка  $A$  (рис.1.1) має на площині  $\Pi'$  єдину

проєкцію  $A'$ , відрізок  $[BC]$  – єдину проєкцію  $[B'C']$ , будь-яка геометрична фігура – єдину проєкцію.

У практичній діяльності необхідно уміти не тільки створювати креслення, але і читати їх, тобто судити по кресленню однозначно про сам предмет. Визначення форми і розмірів об'єкту по його кресленню називається зворотним завданням нарисної геометрії. Одна проєкція – точки не визначає її положення в просторі, оскільки може бути проєкцією будь-якої точки, належною проєціючою прямою. Так, точка  $A'$  (рис. 1.1) може бути проєкцією будь-якої точки, належною прямою  $SA$ ;  $[B'C']$  на рис.1.2 – проєкцією будь-якої лінії, належній проєціючій площині, визначуваною точкою  $S$  і прямий  $BC$ .

Отже, одна проекція об'єкту не дозволяє судити про його форму і розміри, тобто однопроекційне креслення є необоротним.

## 1.2. Паралельне проєкціювання

Якщо за центр проєкцій прийняти невластну точку  $S_{\infty}$  простору, то проєкціючі прямі  $AA_1, BB_1, \dots$  будуть паралельними між собою. Для їх побудови замість відсутньої на кресленні точки  $S$  задають напрям проєкціювання  $s$  (рис.1.4). Такий вид проєкціювання називається паралельним, а точки  $A_1, B_1, D_1$

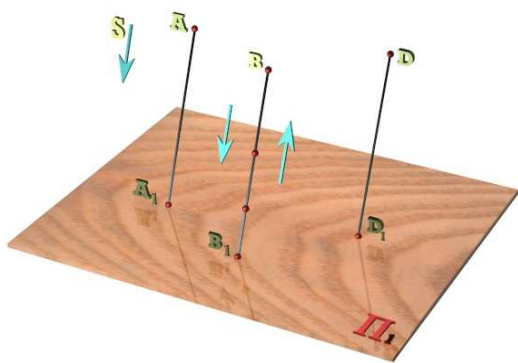


Рис. 1.4

перетини проєктуючих прямих з площиною проєкцій  $\Pi_1$  – паралельними проєкціями крапок  $A, B, D, \dots$  простору. Очевидно, що при паралельному проєктуванні, так само як і при центральному, кожна точка простору має на площині  $\Pi_1$  одну проєкцію, пар ця

проєкція не визначає положення точки в просторі.

## 1.3. Інваріанти паралельного проєкціювання

1. Проєкція точки на площину є точка (рис. 1.4)

$$A \rightarrow A_1.$$

2. Проєкція прямої в загальному випадку пряма:  $l \rightarrow l_1$ , (рис.1.5); вона вироджується в точку, якщо пряма  $\square$  паралельно напрямку проєкціювання:

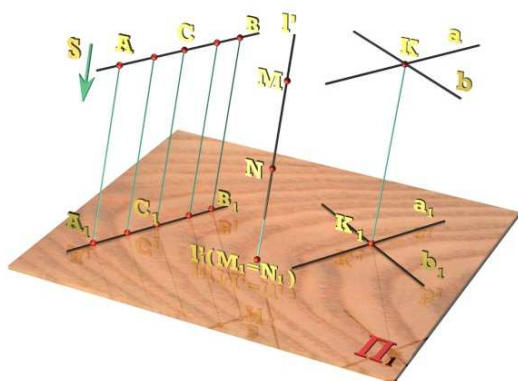


Рис.1.5

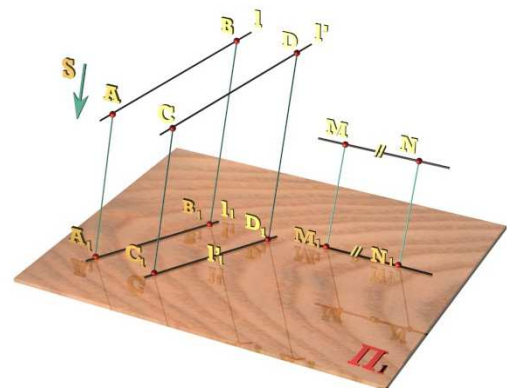


Рис.1.6

3. Якщо точка належить лінії, то проєкція точки належить проєкції лінії (рис. 1.6):

$$A \in l \Rightarrow A_1 \in l_1$$

Слідство з пп. 2 і 3. Для побудови проекції прямою досить побудувати проекції двох точок, що належать їй:

$$A \in l \wedge B \in l \Rightarrow A_1 \in l_1 \wedge B_1 \in l_1$$

4. Точка перетину ліній проектується в точку перетину їх проекцій (рис. 1.5):

$$K = a \cap b \Rightarrow K_1 = a_1 \cap b_1$$

5. Проекції паралельних прямих паралельні (рис. 1.6):

$$l \parallel l' \Rightarrow l_1 \parallel l'_1$$

#### Слідствія:

1) відношення довжин відрізків паралельних прямих рівне відношенню довжин їх проекцій (рис. 1.6):

$$[AB] / [CD] \Rightarrow \frac{|AB|}{|CD|} = \frac{|A_1B_1|}{|C_1D_1|},$$

2) якщо точка, що належить відрізку прямої, ділить його в деякому відношенні, то проекція точки ділить проекцію відрізка в тому ж відношенні (рис. 1.6).

6. Якщо геометрична фігура  $\Phi$  належить площині  $\Sigma$ , паралельній площині проекцій (наприклад,  $\Pi_1$ ), то проекція цієї фігури на площину  $\Pi_1$  конгруентна самій фігурі.

Наприклад, якщо відрізок  $MN$  паралельний площині проекцій, то його проекція на дану площину конгруентна самому відрізку (рис. 1.6).

7. Проекція геометричної фігури не змінюється при паралельному перенесенні площини проекцій.

### 1.4. Ортогональне проекціювання.

Якщо напрям проекціювання перпендикулярний площині проекцій, паралельне проекціювання називається ортогональним (прямокутним):

$s \perp \Pi_1 \Rightarrow (AA_1) \perp \Pi_1$ . В цьому випадку проекція  $A_1$ , точки  $A$  називається ортогональною, або прямокутною (рис. 1.7). Інакше проекціювання називається косокутним.

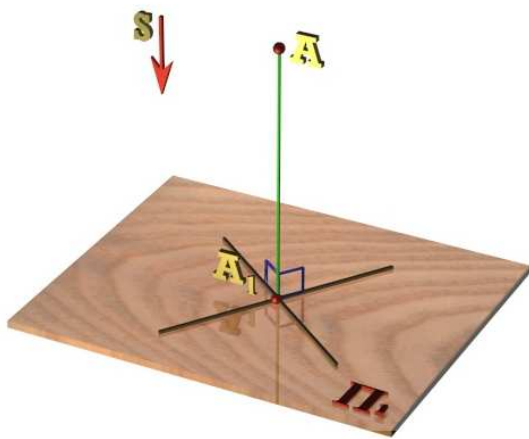


Рис. 1.7

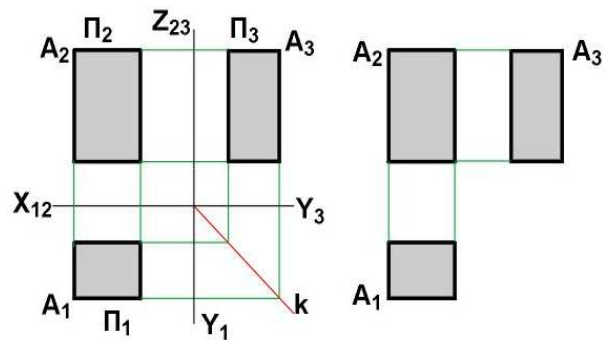


Рис. 1.8

Ортогональне проєкціювання, будучи окремим випадком паралельного, значно спрощує побудову проєкцій геометричних фігур і є основним при виконанні комплексних креслень технічних форм (рис. 1.8). Розглянуті в попередніх параграфах однопроєкційні креслення геометричних фігур є необоротними.

По ним не можна в думках відтворити просторову форму і розміри зображеного об'єкту. Існують різні способи усунення цього недоліку однопроєкційних креслень залежно від прийнятого виду проєкціювання.

Наприклад, при центральному проєкціюванні точку можна проєктувати з двох різних центрів (рис. 1.9), при паралельному - за допомогою двох різних напрямів, при ортогональному - на дві пересічні площини. Неважко відмітити, що в кожному з цих випадків виходять дві проєкції  $A_1$ , і  $A'_1$ , точки  $A$ , що однозначно визначають її положення в просторі.

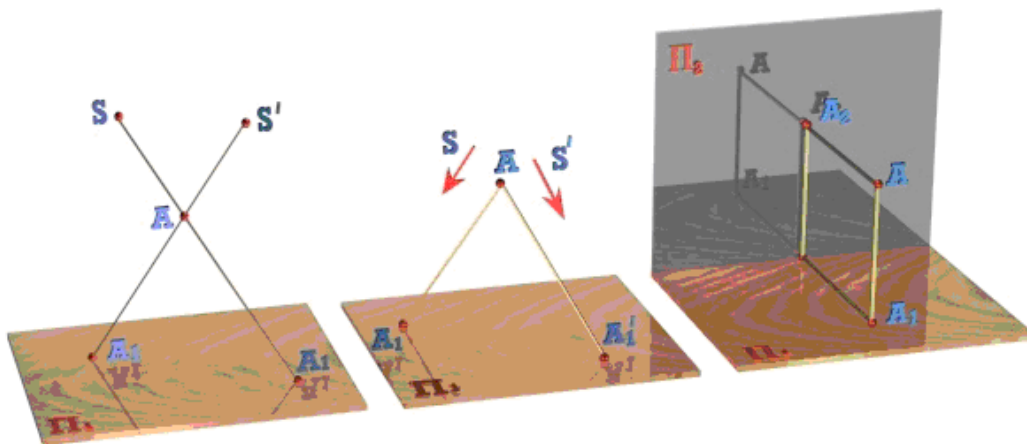


Рис.1.9

## ЛЕКЦІЯ № 2. КОМПЛЕКСНІ КРЕСЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФІГУР

- 2.1. Комплексне креслення точки
- 2.2. Комплексні креслення ліній
- 2.3. Комплексні креслення прямих ліній

### 2.1. Комплексне креслення точки

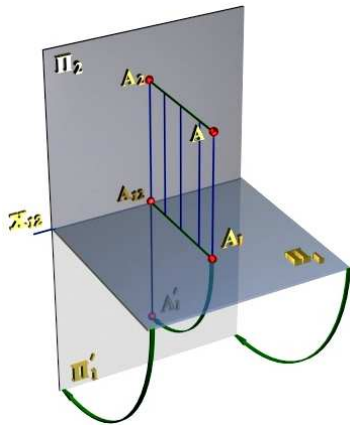


Рис. 2.1

Розглянемо систему двох взаємно перпендикулярних площин  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  (рис. 2.1). Площина  $\Pi_1$  розташуємо горизонтально і назвемо горизонтальною площиною проєкцій, а площину  $\Pi_2$ , перпендикулярну  $\Pi_1$ , розташуємо прямо перед собою і назвемо фронтальною площиною проєкцій. Лінія  $x_{12}$  їх перетину називається віссю проєкцій. Візьмемо яку-небудь точку  $A$  (рис. 2.1) і побудуємо її ортогональні проєкції  $A_1$  і  $A_2$  відповідно на

площинах  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ . Точка  $A_1$  називається горизонтальною проєкцією точки  $A$ , а точка  $A_2$  - її фронтальною проєкцією. Точка  $A$  і її ортогональні проєкції  $A_1$  і  $A_2$  належать одній площині.

$[(AA_1) \cap (AA_2)]$ , = перпендикулярною  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і осі  $x_{12}$ .

Відстань  $|AA_1|$  точки  $A$  до площини  $\Pi_1$  називається висотою точки  $A$ , а її відстань  $|AA_2|$  до площини  $\Pi_2$  – **глибиною точки  $A$** .

Просторова модель площин проєкцій (рис. 2.1) незручна для практичного використання, оскільки на площині  $\Pi_1$  відбувається спотворення форми і розмірів горизонтальної проєкції геометричної фігури. Для того, щоб перейти від просторової моделі площин проєкцій до більш простій площинній моделі, тобто до плоского креслення, сумістимо площину  $\Pi_1$  з площиною  $\Pi_2$ , обертаючи її навколо осі  $x_{12}$  в напрямі, вказаному на рис. 2.1 стрілками. В результаті отримаємо комплексне креслення точки  $A$ , що складається з комплексу двох її проєкцій  $A_1$  і  $A_2$ , що належать однієї прямій, перпендикулярної осі  $x_{12}$  (рис. 2.1). Пряма  $(A_1A_2) \perp x_{12}$ , що сполучає дві проєкції точки на комплексному кресленні, називається лінією зв'язку. Отримане таким чином комплексне креслення точки буде оборотним, оскільки дві її проєкції  $A_1$  і  $A_2$  однозначно визначають положення точки  $A$  в просторі.

У технічній практиці для визначення форми і розмірів предмету застосовується принцип внутрішнього координування, при якому задаються розміри предмету, що характеризують форму і взаємне розташування його крапок, ліній і поверхонь щодо його конструкторських і технологічних баз, а не щодо площин проекцій. Тому в техніці прийнятий безосний спосіб виконання креслень. Площини проекцій при цьому в просторі не фіксуються, вісь проекцій стає невизначеною і на кресленні не наноситься (рис. 2.2, в). Підставою для цього є те, що проекція геометричної фігури не змінюється при паралельному перенесенні площини проекцій (п. 7, розділ 1.3, лекція № 1).

Лінія зв'язку  $[A_1A_2]$  на безосному комплексному кресленні проводиться вертикально. Якщо з яких-небудь причин необхідно зафіксувати площини проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ , то на безосному комплексному кресленні наноситься вісь проекцій  $x_{12}$  перпендикулярно лініям зв'язку в будь-якому зручному місці між горизонтальною і фронтальною проекціями геометричної фігури.

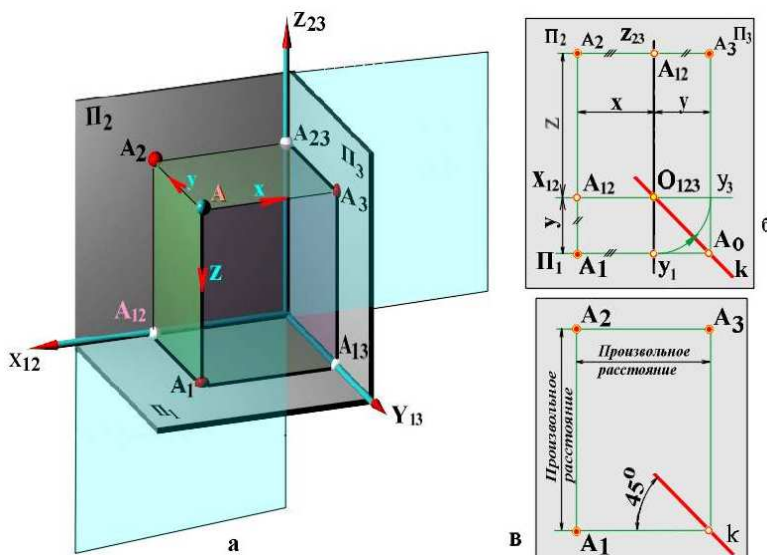


Рис.2.2

У багатьох випадках для виявлення форми і розмірів предмету доводиться будувати його проекції не на дві, а на більшу кількість площин. Велика частина предметів вимагає побудови трьох проекцій. Для побудови третьої проекції предмету застосовується профільна площина проекцій  $\Pi_3$ , перпендикулярна  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  (рис. 2.2). Ортогональна проекція  $A_3$  точки  $A$  на профільну площину проекцій називається профільною проекцією точки. Відстань  $/AA_3/$  точки  $A$  до площини  $\Pi_3$  називається шириною точки  $A$ .

Очевидно, що дві будь-які проекції точки  $A$  визначають її положення в просторі (рис. 2.2).

Утворення комплексного креслення точки **A** (рис. 2.2,б) зрозуміло з просторового креслення.

По двох заданих проекціях точки можна побудувати її третю проекцію, користуючись умовами зв'язку між проекціями точки на комплексному кресленні (рис.2.2 б)

- 1) горизонтальна і фронтальна проекції точки належать одній вертикальній лінії зв'язку;
- 2) фронтальна і профільна проекції точки належать одній горизонтальній лінії зв'язку;
- 3) горизонтальна і профільна проекції точки належать ламаній лінії зв'язку, вершина якого належить постійній прямій **k** креслення (пряма **k** є бісектрисою прямого кута, утвореного ламаною лінією зв'язку).

На безосному комплексному кресленні умови зв'язку між проекціями точки зберігаються (рис. 2.2, в).

Якщо задана система взаємозв'язаних точок **A, B, C**, то по двох проекціях кожною з них можна побудувати третю, якщо на ній є три проекції одні з них, наприклад точки **A** (рис. 2.3, а). Точка **A** називається при цьому базовою.

Якщо прийняти площини проекцій  $\Pi_1, \Pi_2$  і  $\Pi_3$  за координатні площини декартової системи координат, то довжини відрізків, що виражають відстані точки **A** до площини проекцій, віднесені до одиниці довжини  $|e|$  будуть координатами точки **A** (рис. 2.2, а, б):

$$|AA_3| / |e| = x - \text{абсциса (широта)}$$

$$|A_2| / |e| = y - \text{ордината (глибина)}$$

$$|A_1| / |e| = z - \text{апліката (висота)}.$$

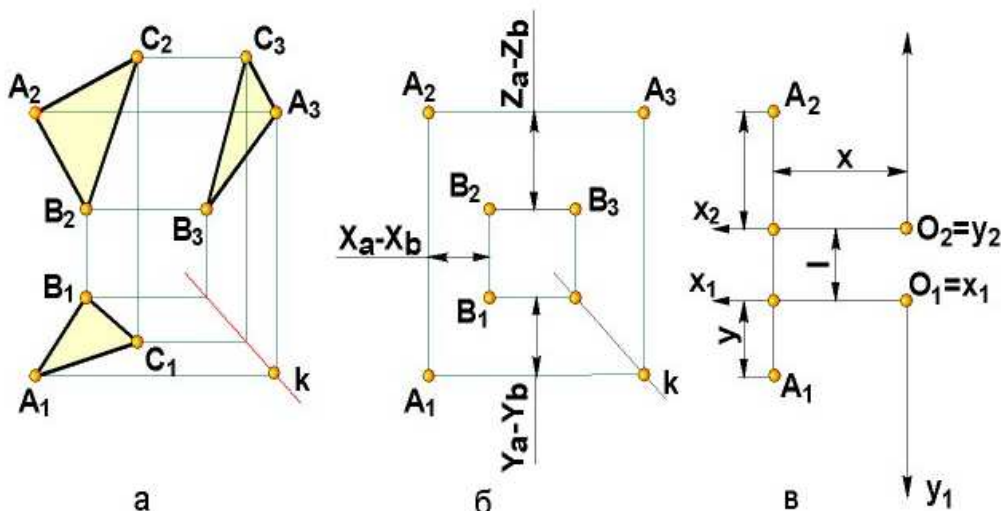


Рис.2.3



У технічних кресленнях за одиницю довжини приймають  $|e| = 1 \text{ мм}$ . По координатах точки  $A(x,y,z)$  можна побудувати її проекції, а по заданих проекціях визначити її координати (рис. 2.2, б). При безосному способі зображення координати точки стають не визначеними. В цьому випадку для побудови комплексного креслення точки можна скористатися різницями координат, які не залежать від положення площин проекцій (рис. 2.3, б), або побудувати на ньому проекції координатних осей і віднести точку до системи координат  $Oxyz$  (рис. 2.3, в).

### **Висновки**

1. Сукупність двох і більш взаємозв'язаних ортогональних проекцій геометричної фігури, розташованих на одній площині креслення, називається комплексним кресленням.
2. Оборотно-комплексне креслення повинне містити не менше двох проекцій геометричної фігури.
3. Для того, щоб креслення геометричної фігури було оборотним, воно повинно містити стільки проекцій, щоб кожна її точка мала не менше двох проекцій.

## **2.2. Комплексні креслення ліній**

**Лінії** серед геометричних фігур займають особливе положення. Крім службового застосування при виконанні зображень і різних графічних побудов, вони дозволяють вирішувати багато наукових і інженерних задач.

Наприклад, за допомогою ліній можна створити наочні моделі багатьох процесів, встановити і досліджувати функціональну залежність між різними параметрами, конструювати поверхні технічних форм і т.п. Лінію можна представити або як межу поверхні, або як слід безперервно рухомої в просторі точки. Оскільки положення точки на лінії визначається однією безперервно змінною величиною (одним параметром), лінія є однопараметричною (одновимірною) безперервною безліччю точок. Для нарисної геометрії другий, так званий кінематичний, спосіб представлення лінії є зручнішим. Існують **прямі, ламані і криві лінії**.

## **2.3. Комплексні креслення прямих ліній**

**Пряма** є така безліч точок, властивості якої визначаються відомою аксіомою прямої лінії: "**через будь-які дві різні точки проходить одна і лише**



одна пряма" і теоремою, яка виходить з аксіоми прямої: "дві різні прямі можуть мати не більш за одну загальну точку".

### Прямая загального положення

Пряма може займати в просторі різні положення щодо площин проекцій. Пряма, не паралельна і не перпендикулярна жодній з площин проекцій, називається прямою загального положення. Проекцією прямої лінії в загальному випадку є пряма (п. 2, розділ 1.3). Очевидно, що в системі площин проекцій  $\Pi_2/\Pi_1$  пряма  $l$  будет мати дві проекції:  $l_1$  на  $\Pi_1$  і  $l_2$  на  $\Pi_2$  (рис. 2.4).

Дві проекції прямої загального положення визначають її положення в просторі, оскільки кожна точка прямої має дві проекції.

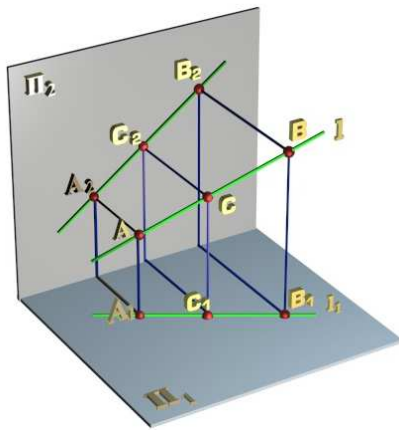


Рис 2.4

Для побудови проекцій прямою досить побудувати проекції двох її точок (рис. 2.4) на підставі слідства з пп. 2 і 3, розд. 1.3.

Різниця координат двох неспівпадаючих точок  $A$  і  $B$ , що належать прямою  $l$  загального положення, не дорівнює нулю (рис. 2.4):

$$X_A - X_B = a \neq 0,$$

$$Y_B - Y_A = c \neq 0,$$

$$Z_B - Z_A = b \neq 0.$$

Безліч точок, що складається з двох різних точок прямої і всіх точок, що знаходяться між ними, називається відрізком прямої

### Визначення довжини відрізка прямої способом прямокутного трикутника

На рис. 2.5 показана просторова схема рішення даної задачі, а на рис. 2.6 приведені необхідні побудови на комплексному кресленні. Побудуємо ортогональну проекцію  $[A_1B_1]$  відрізка  $AB$  на площину  $\Pi_1$ .

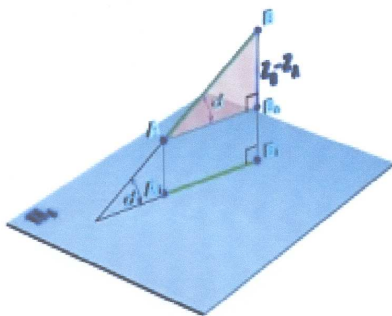


Рис.2.5

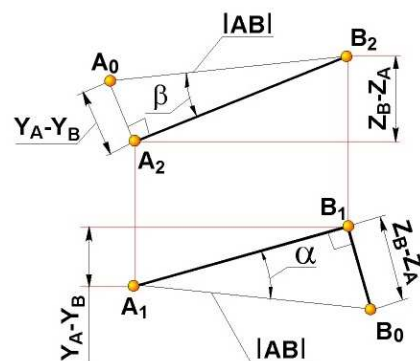


Рис.2.6

Проведемо  $[AB_0] \parallel [A_1B_1]$ . Трикутник  $ABV_0$  - прямокутний. Довжина одного його катета дорівнює довжині горизонтальної проекції відрізка  $[AB]$ , а другого - різниці висот кінців відрізка  $[AB]$ .

$$|AB_0| = |A_1B_1| ; |BV_0| = |BV_1| - |AA_1| = Z_B - Z_A$$

Відрізок  $[AB]$  є гіпотенузою цього трикутника, а  $\alpha$  - кутом нахилу  $[AB]$  до горизонтальної площини проєкцій. Трикутник, конгруентний даному, можна побудувати на комплексному кресленні (рис. 2.6).

Прийнявши за один катет  $[A_1B_1]$ , будуємо прямокутний трикутник, другим катетом якого є відрізок  $[B_1B_0] = Z_B - Z_A$ . Довжина гіпотенузи  $|A_1B_0|$  цього трикутника рівна  $|AB|$ , а  $\alpha = \angle B_1A_1B_0$  - величині кута нахилу його до площини  $\Pi_1$ . Довжина відрізка може бути визначена як довжина гіпотенузи прямокутного трикутника, одним катетом якого є фронтальна проєкція  $[A_2B_2]$ , а другим - різниця глибин точок  $A$  і  $B$  (ця побудова також показана на рис. 2.6). Доведіть це самостійно.

Подумайте, що визначає позначений на малюнку кут  $\beta$  ?

### Приналежність точки прямої лінії

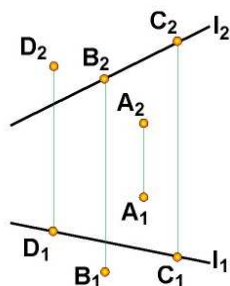


Рис. 2.7

Точка може належати прямій і знаходитися зовні прямої. Якщо точка  $C$  (рис. 2.7) належить прямій  $l$ , то проєкції  $C_1$  і  $C_2$  точки  $C$  належать однойменним проєкціям прямої  $l$ :

$$C \in l \Rightarrow C_1 \in l_1 \wedge C_2 \in l_2.$$

Якщо точка не належить прямою  $l$ , то, принаймні, одна з її проєкцій не належить однойменній проєкції прямої. На рис. 2.7

точки  $A$ ,  $B$  і  $D$  не належать прямою  $l$ , причому точка  $D$  розташована над прямою, а точка  $V$  - перед прямою.

### Прямі приватного положення

#### Прямі рівня

Пряма, паралельна одній з площин проєкцій, називається **прямою рівня**.

**Горизонталь** - пряма, паралельна  $\Pi_1$  (рис. 2.8). На рис. 2.9 показано комплексне креслення горизонталі. Горизонталь позначається буквою **h**.

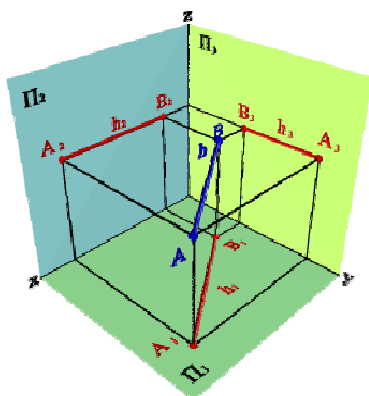


Рис.2.8

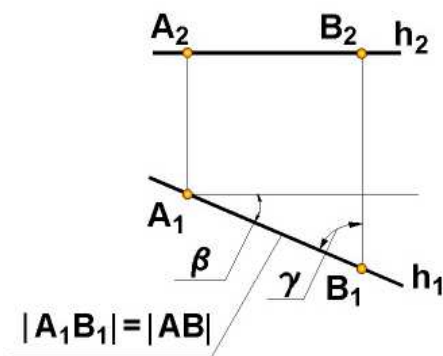


Рис. 2.9

Її горизонтальна проекція  $h_1$ , займає положення, відповідне положенню самої горизонталі в просторі, а фронтальна проекція перпендикулярна лініям зв'язку, оскільки  $Z_B - Z_A = 0$ . Відрізок  $[AB]$  горизонталі  $h$  і кут нахилу її до площини  $\Pi_2$  проектується на площину  $\Pi_1$  без спотворення.

**Фронталь** - пряма, паралельна  $\Pi_2$  (рис. 2.10, рис. 2.11).

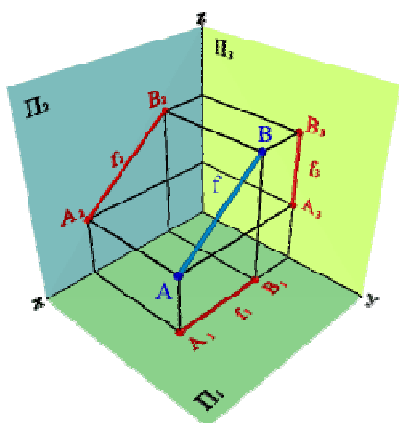


Рис.2.10

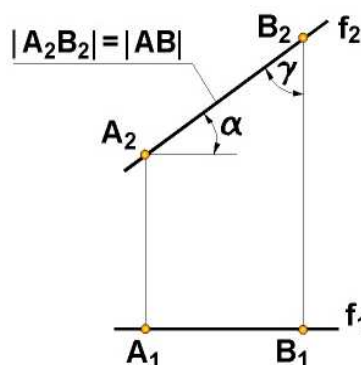


Рис.2.11

Фронталь позначається буквою  $f$ , її фронтальна проекція  $f_2$  займає положення, відповідне положенню самої фронталі в просторі, а її горизонтальна проекція перпендикулярна лініям зв'язку, оскільки  $Y_B - Y_A = 0$ . Відрізок  $[AB]$  фронталі  $f$  і кут  $\alpha$  нахилу її до площини  $\Pi_1$  проектується на площину  $\Pi_2$  без спотворення.

**Профільна пряма** - це пряма, паралельна  $\Pi_3$  (рис. 2.12, рис. 2.13).

Профільна пряма позначається буквою  $p$ . Її профільна проекція займає положення, відповідне положенню в просторі самої профільної прямої, а

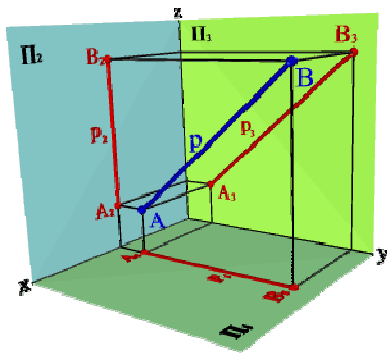


Рис. 2.12

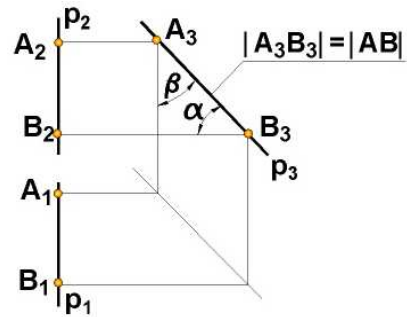


Рис.2.13

горизонтальна і фронтальна проекції співпадають з однією і тією ж вертикальною лінією зв'язку, оскільки  $X_A - X_B = 0$ . Відрізок  $[AB]$  профільної прямої  $p$  і кути  $\alpha$  і  $\beta$  нахилу її відповідно до площин  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  проектується на площину  $\Pi_3$  без спотворення.

Положення горизонталі  $h$  і фронталі  $f$  в просторі визначається завданням на кресленні двох їх проекцій  $h_1$  і  $h_2$ ,  $f_1$  і  $f_2$ . Дві проекції  $p_1$  і  $p_2$  профільної прямої  $p$  не визначають її положення в просторі, оскільки цим проекціям відповідає незліченна безліч прямих, що належать профільній площині, що проходить через задану пряму. По аналогії з цим горизонталь не визначається двома своїми проекціями  $h_2$ ,  $h_3$ , а фронталь -  $f_1$  і  $f_3$ . Тому для визначення прямої  $p$  необхідно задати дві проекції  $p_2$ ,  $p_3$  або  $p_1$ ,  $p_3$  або ж задати на прямій  $p$  дві точки  $A$  і  $B$  (рис.2.10) -  $p_2(A_2B_2)$  і  $p_1(A_1B_1)$ . Отже, двохпроекційне комплексне креслення лінії рівня обернемо тільки в тому випадку, якщо воне містить проекцію прямої не паралельну їй площину проекцій.

### ЛЕКЦІЯ № 3. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Всі поверхні можна розділити на плоскі (площини), багатогранні і криві. Простою поверхнею є площина.

#### Площина загального положення

**Площина** є така безліч точок, основні властивості якої виражаються наступними аксіомами:

**1. Через три точки, що не належать одній прямій, проходить одна і лише одна площина. Слідства:**

- 1) через пряму і не належну їй точку можна провести одну і лише одну площину;**
- 2) через дві пересічні прямі можна провести одну і лише одну площину;**
- 3) через дві різні паралельні прямі можна провести тільки одну площину.**

**2. Пряма, що проходить через будь-які дві різні точки площини, належить цій площині (якщо дві точки прямої належать площині, то і всі точки цієї прямої належать площині).**

**3. Якщо дві різні площини мають загальну точку, то їх перетин є пряма (дві площини перетинаються по прямій лінії).**

Площина може займати різні положення щодо площин проекцій. Площина, не паралельна і не перпендикулярна жодній з площин проекцій, називається площиною загального положення.

Задати площину на кресленні проекціями безлічі її точок практично неможливо, оскільки проекції точок площини покривають площини проекцій і ми не отримаємо на них ніяких зображень. Тому площину на кресленні задають проекціями тих, що таких належать їй геометричних фігур, які однозначно визначають її положення в просторі і дозволяють побудувати будь-яку її точку. На підставі аксіоми 1 і слідствій з неї площина загального положення на кресленні можна задати (рис. 3.1. а, б, в, г, д):

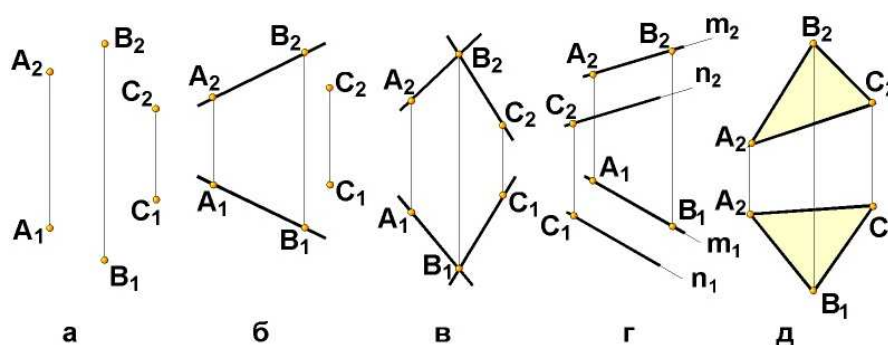


Рис. 3.1

- а) проекціями трьох точок, що не належать одній прямій лінії;
- б) проекціями прямої і не належної нею точки;
- в) проекціями двох пересічних прямих;
- г) проекціями двох різних паралельних прямих;

д) проєкціями плоскої фігури.

На рис. 3.2 приведені тривимірна модель і комплексне креслення площини загального положення.

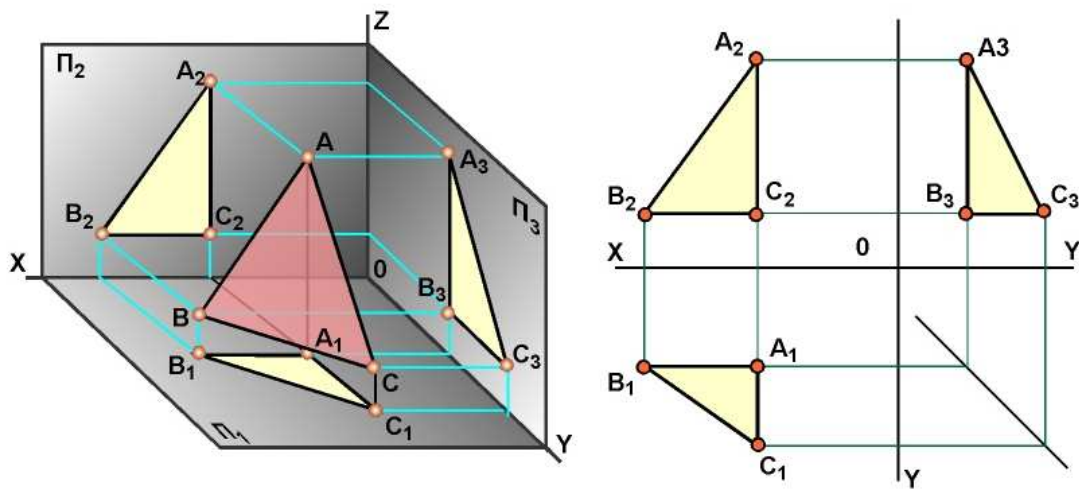


Рис.3.2

## ЛЕКЦІЯ № 4. КОМПЛЕКСНІ КРЕСЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

4.1. Багатогранні поверхні. Многогранники

4.2. Криві поверхні

### 4.1. Багатогранні поверхні. Многогранники.

Поверхня, утворена частинами попарно пересічних площин, називається **багатогранною**. На рис. 4.1 зображені деякі види багатограних поверхонь.

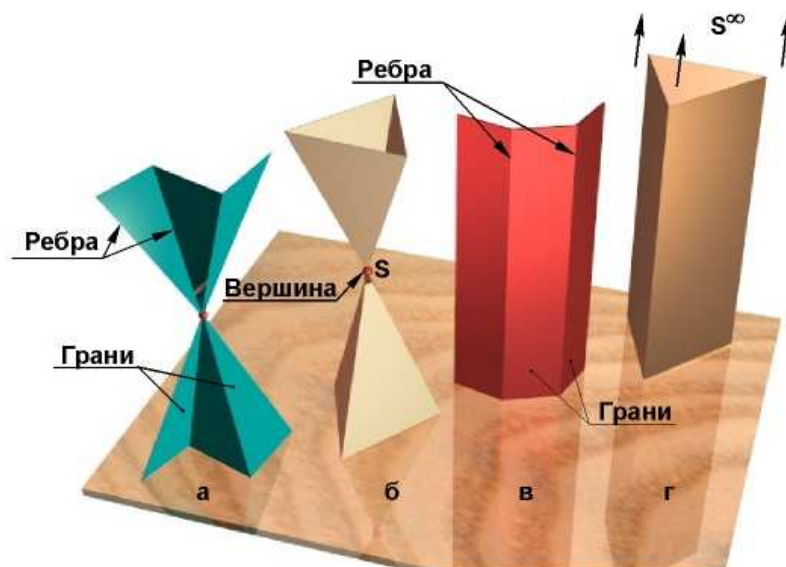


Рис. 4.1

Їх елементами є грані, ребра і вершини. Відсіки площин, створюючі багатогранну поверхню, називаються гранями, лінії перетину суміжних граней - ребрами, точки перетину не менше чим трьох граней - вершинами.

Якщо кожне ребро багатогранної поверхні належить одночасно двом її граням, її називають **замкнутою** (рис. 4.1, б, г), інакше - **незамкнутою** (рис. 4.1, а, в)

Багатогранна поверхня називається **пірамідальною**, якщо всі її ребра перетинаються в одній точці - вершині (рис.4.1, а). Пірамідальна поверхня має дві необмежені підлоги. Багатогранна поверхня називається **призматичною**, якщо всі її ребра паралельні між собою (рис.4.1, г).

Геометричне тіло, з усіх боків обмежене плоскими багатокутниками, називається **многогранником**. Простими многогранниками є піраміди і призми (рис.4.2)

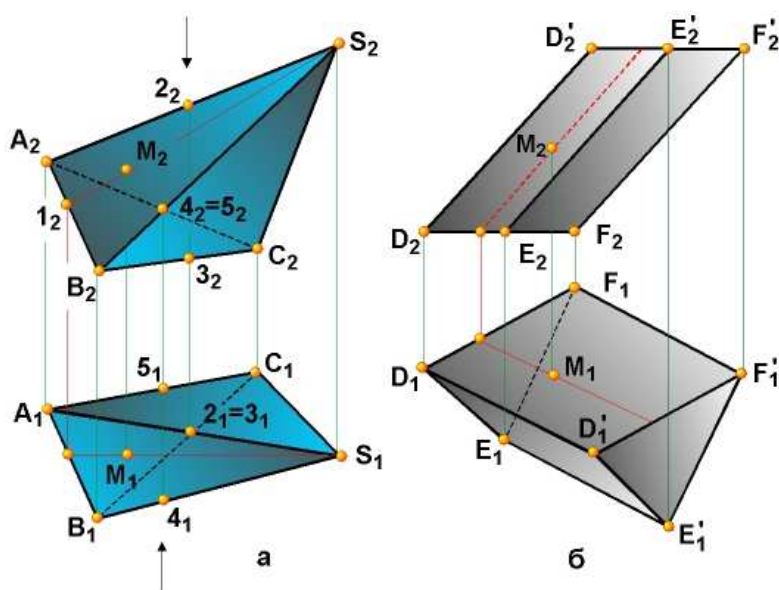


Рис.4.2

## 4.2. Криві поверхні

### Загальні поняття і визначення

Криві поверхні широко застосовуються в різних областях науки і техніки при створенні контурів різних технічних форм або як об'єкти інженерних досліджень. Існують три способи завдання кривих поверхонь:



**1. Аналітичний - за допомогою рівнянь;**

**2. За допомогою каркаса;**

**3. Кінематичний, тобто переміщенням ліній в просторі.**

Складанням рівнянь поверхонь займається аналітична геометрія; вона розглядає криву поверхню як безліч точок, координати яких задовольняють деякому рівнянню. На рис. 4.3 приведений приклад поверхні, заданої аналітично (системою рівнянь алгебри).

При каркасному способі завдання крива поверхня задається сукупністю деякої

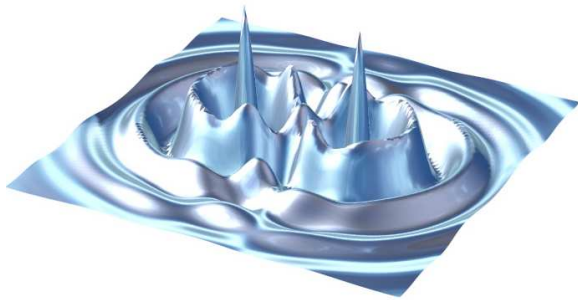


Рис 4.3

кількості ліній, що належать поверхні.

Лінії, створюючи каркас, як правило, беруть сімейство ліній, що виходять при перетині поверхні поряд паралельних площин. Цей спосіб застосовується при проектуванні

кузовів автомобілів, в літако- і суднобудуванні, в топографії і т.п.

Нарисна геометрія вивчає **кінематичні способи** створення і завдання кривих поверхонь. При цьому кожна крива поверхня розглядається як сукупність послідовних положень лінії твірної  **$l$** , що переміщається в просторі по певному закону. Лінія твірної при своєму русі може залишатися незмінною, а може і міняти свою форму.

**Такий спосіб утворення поверхні називається кінематичним, а сама поверхня - кінематичною.**

Закон переміщення лінії твірної, як правило, задається за допомогою направляючих ліній і алгоритму переміщення створюючою по тих, що направляють.

На кресленні кінематична крива поверхня задається за допомогою її визначника.

**Визначником поверхні називають сукупність умов, необхідних і достатніх для завдання поверхні в просторі.**



## ЛЕКЦІЯ № 5 КОМПЛЕКСНІ КРЕСЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

- 5.1. Аксонометричні проекції
- 5.2. Основна теорема аксонометрії (теорема Польке)
- 5.3. Стандартні аксонометричні проекції
- 5.4. Коло в аксонометрії
- 5.5. Побудова аксонометричних зображень

### 5.1. Аксонометричні проекції

Аксонометричні зображення широко застосовуються завдяки добрій наочності і простоті побудов.

Слово «аксонометрія» в перекладі з грецького означає вимірювання по осях. Аксонометричний метод може поєднуватися і з паралельним, і з центральним проектуванням за умови, що предмет проектується разом з координатною системою.

Суть методу паралельного аксонометричного проектування полягає в тому, що предмет відносять до деякої системи координат і потім проектують паралельними променями на площину разом з координатною системою.

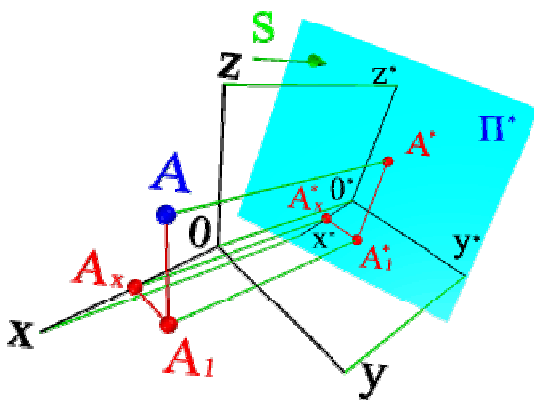


Рис. 5.1

На рис 5.1 показана точка  $A$ , віднесена до системи прямокутних координат  $xyz$ . Вектор  $S$  визначає напрям проектування на площину проєкцій  $\Pi^*$ .

Аксонометричну проєкцію  $A_1^*$  горизонтальної проєкції точки  $A$  прийнято називати **вторинною проєкцією**.

Спотворення відрізків осей координат при їх проєціюванні на  $\Pi'$  характеризується так званим коефіцієнтом спотворення.

**Коефіцієнтом спотворення називається відношення довжини проекції відрізка осі на картині до його дійсної довжини.**

Так по осі  $x^*$  коефіцієнт спотворення складає  $u = 0^*x^*/0x$ , а по осі  $y^*$  і  $z^*$ , відповідно,  $v = 0^*y^*/0y$  і  $\omega = 0^*z^*/0z$ .

Залежно від відношення коефіцієнтів спотворення аксонометричні проекції можуть бути:

**Ізометричними**, якщо коефіцієнти спотворення по всіх трьох осях рівні між собою; в цьому випадку  $u = v = \omega$ .

**Диметричними**, якщо коефіцієнти спотворення по двох будь-яких осях рівні між собою, а по третій – відрізняється від перших двох.

**Триметричними**, якщо всі три коефіцієнти спотворення по осях різні.

Аксонометричні проекції розрізняються також і по тому куту  $\phi$ , який утворюється проектуючим променем з площиною проекцій. Якщо  $\phi \neq 90^\circ$ , то аксонометрична проекція називається **косокутною**, а якщо  $\phi = 90^\circ$  – прямокутною.

## **5.2. Основна теорема аксонометрії (теорема ПОЛЬКЕ)**

Розглянувши загальні відомості про аксонометричні проекції, можна зробити такі висновки:

- **аксонометричні креслення оборотні;**
- **аксонометрична і вторинна проекції точки цілком визначають її положення в просторі.**

Аксонометричні проекції оборотні, якщо відома аксонометрія трьох головних напрямів вимірювань фігури і коефіцієнти спотворення по цих напрямках.

Аксонометричні проекції фігури є її проекціями на площині довільного положення при довільно вибраному напрямі проекціювання.

Очевидно, можливо і зворотнє. На площині можна вибрати довільне положення осей з довільними аксонометричними масштабами.

**У просторі завжди можливе таке положення натуральної системи прямокутних координат і такий розмір натурального масштабу по осях, паралельною проекцією яких є дана аксонометрична система.**

Німецький вчений Карл Польке (1810-1876) сформулював основну теорему аксонометрії: **три відрізки прямих довільної довжини, що лежать в одній площині і виходять з однієї точки під довільними кутами один до**

одного, представляють паралельну проекцію трьох рівних відрізків, відкладених координатних осях від початку.

Згідно цієї теореми, **будь-які три прямі в площині**, витікаючі з однієї точки і не співпадаючі між собою, можна прийняти за аксонометричні осі. Будь-які відрізки довільної довжини на цих прямих, відкладені від точки їх перетину, можна прийняти за аксонометричні масштаби. Ця система аксонометричних осей і масштабів є паралельною проекцією деякої прямокутної системи координатних осей і натуральних масштабів.

У практиці побудови аксонометричних зображень зазвичай застосовують лише деякі певні комбінації напрямів аксонометричних осей і аксонометричних масштабів: прямокутна ізометрія і диметрія, косокутна фронтальна диметрія, кабінетна проекція і ін.

### 5.3. Стандартні аксонометричні проекції

Згідно ДСТ 2.317-69, з прямокутних аксонометричних проекцій рекомендується застосовувати прямокутні **ізометрію і диметрію**.

Між коефіцієнтами спотворення і кутом  $\varphi$ , створеним напрямом проєкціювання і картинною площиною, існує така залежність:

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + ctg^2 \varphi,$$

$$\text{якщо } \varphi = 90^\circ, \text{ то } u^2 + v^2 + w^2 = 2,$$

У ізометрії  $u=v=w$  і, отже,  $3u^2=2$ , звідки  $u=\sqrt{2/3} \approx 0,82$ .

Таким чином, в прямокутній ізометрії розміри предмету по всіх трьох вимірюваннях скорочуються на 18 %. ДСТ рекомендує ізометричну проекцію будувати без скорочення по осях координат (рис.5.2), що відповідає збільшенню зображення проти оригіналу в 1,22 разу.

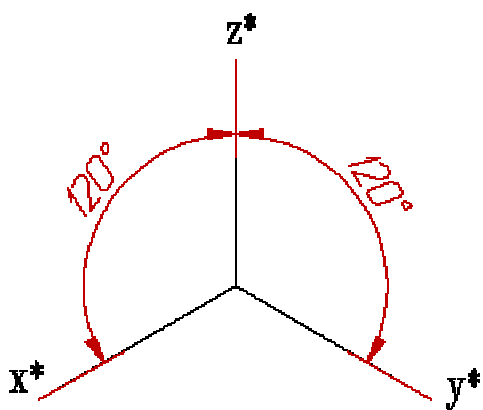


Рис.5.2

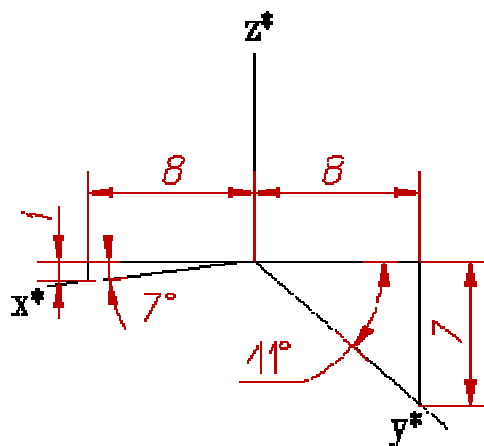


Рис.5.3

При побудові прямокутної диметричної проєкції скорочення довжин по осі  $y'$  (рис.5.3) приймають удвічі більше, ніж по двох інших, тобто вважають, що

$$u=\omega, \text{ а } v=0,5u.$$

$$\text{тоді } 2u^2+(0,5u)^2=2, \text{ звідки } u^2=8/9 \text{ і } u\approx 0,94, \text{ а } v=0,47.$$

У практичних побудовах від таких дробних коефіцієнтів зазвичай відмовляються, вводячи масштаб збільшення, визначуваний співвідношенням  $1/0,94=1,06$ , і тоді коефіцієнти спотворення по осях  $x'$  і  $z'$  рівні одиниці, а по осі  $y'$  удвічі менші  $v=0,5$ .

З косокутних аксонометричних проєкцій ДСТом передбачено застосування фронтальної і горизонтальної ізометрії і фронтальної диметрії (останню ще називають кабінетною проєкцією).

#### 5.4. Коло в аксонометрії

При паралельному проєціюванні кола на яку-небудь площину  $\Pi^*$  отримуємо її зображення в загальному випадку у вигляді еліпса (рис. 5.4).

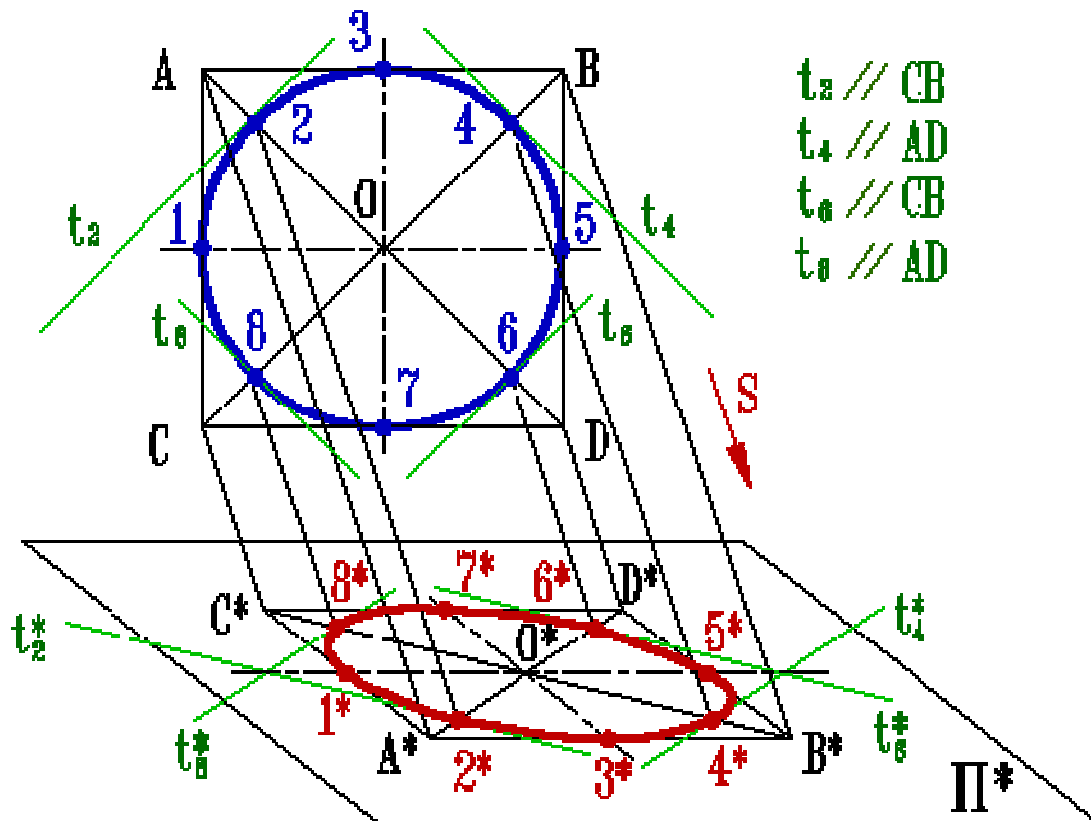


Рис. 5.4

Як би не була розташована площина кола, спочатку доцільно побудувати паралелограм  $A^*B^*C^*D^*$  – паралельну проекцію квадрата  $ABCD$ , описаного біля даного кола, а потім за допомогою восьми точок і восьми дотичних вписати в нього еліпс.

Точки **1, 3, 5 і 7** – середини сторін паралелограма. Точки **2, 4, 6 і 8** розташовані на діагоналях так, що кожна з них ділить напівдіагональ у співвідношенні 3:7.

Дійсно, на основі властивостей паралельного проєціювання можна записати, що  $A2/1O = A^*2^*/2^*O^*$ , що  $A1/1O = (r\sqrt{2}-r)/r \approx 3/7$ .

З восьми дотичних до еліпса перші чотири – це сторони паралелограма, а решта  $t_2, t_4, t_6, t_8$  – прямі, паралельні його діагоналям.

Так дотична  $t_2^*$  до еліпса паралельна діагоналі  $C^*D^*$ , Пояснюється це тим, що  $t_2^*$  і  $C^*D^*$  є проєкціями двох паралельних прямих  $t_2$  і  $CD$ .

Графічні побудови, передуючі викреслюванню самого еліпса, доцільно виконувати в наступній послідовності (рис.5.5):

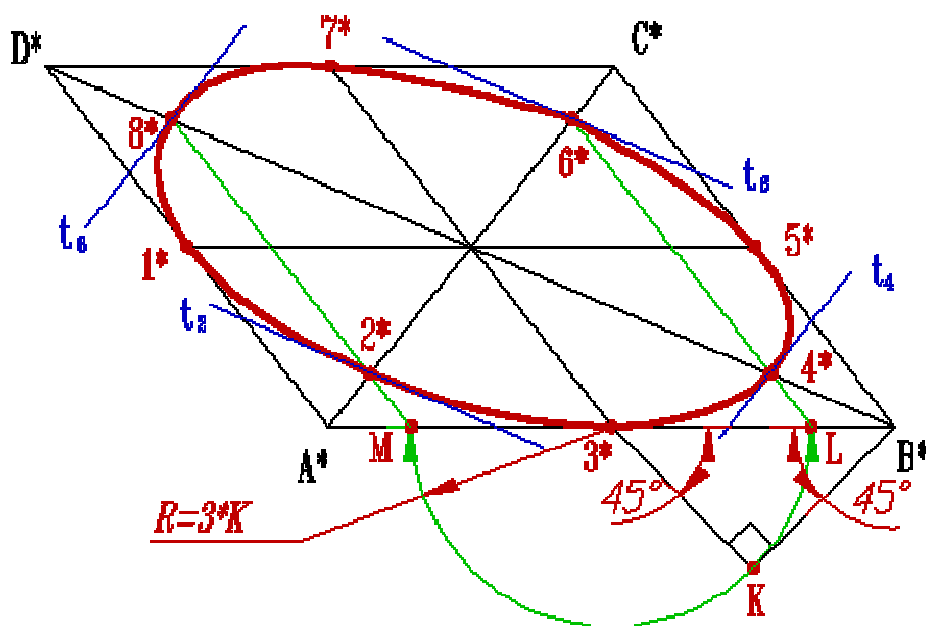


Рис. 5.5

1. Побудувати аксонометричну проєкцію квадрата - паралелограм  $A^*B^*C^*D^*$  і провести діагоналі  $A^*C^*$  і  $B^*D^*$ ;
2. Відзначити середини сторін паралелограма – точки **1\*, 3\*, 5\* і 7\*** ;
3. На відрізку  $3^*B^*$ , як на гіпотенузі, побудувати прямокутний рівнобедрений трикутник  $3^*KB^*$ ;

4. З точки  $3^*$  радіусом  $3^*K$  описати півколо, яке перетне  $A^*B^*$  в точках  $L$  і  $M$ ; ці точки ділять відрізок  $3^*A^*$  і рівний йому відрізок  $3^*B^*$  відносно  $3:7$ ;
5. Через точки  $L$  і  $M$  провести прямі, паралельні бічним сторонам паралелограма, і відзначити точки  $2^*$ ,  $4^*$ ,  $6^*$  і  $8^*$  розташовані на діагоналях;
6. Побудувати дотичні до еліпса в знайдених точках. Дотичні  $t_2$  і  $t_6$  паралельні  $BD$ , а дотичні  $t_4$  і  $t_8$  паралельні  $AC$ .
7. Отримавши вісім точок і стільки ж дотичних, можна з достатньою точністю накреслити еліпс.

ДСТ 2.317-69 визначає положення кіл, що лежать в площинах, паралельних площинам проєкцій для прямокутної ізометричної проєкції (рис.5.6) і для прямокутної диметрії (рис5,7).

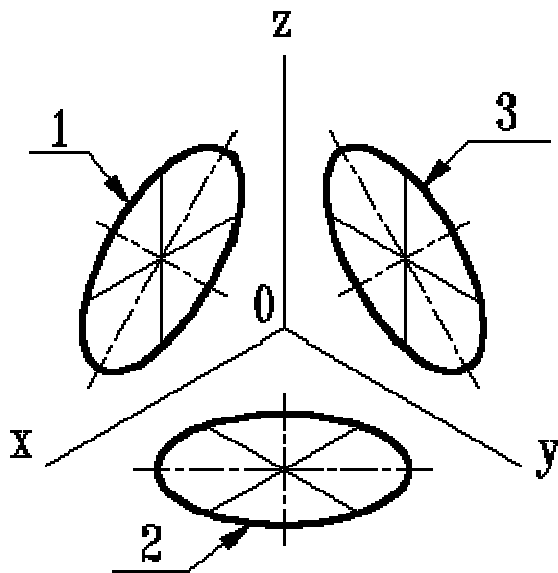


Рис.5.6

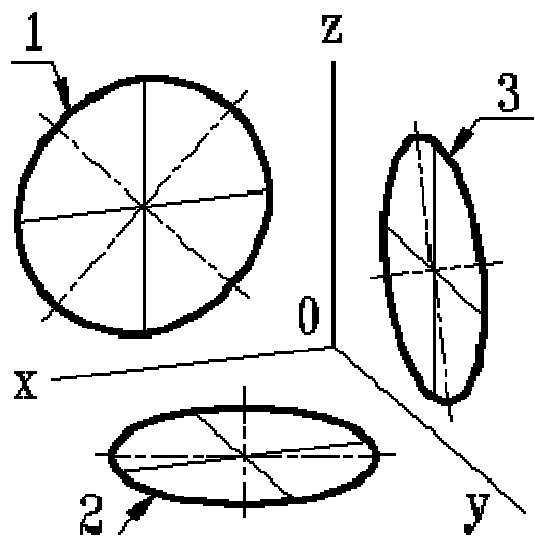


Рис.5.7

Якщо ізометричну проєкцію виконують без спотворення по осях  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то велика вісь еліпсів 1,2,3 рівна 1,22, а мала вісь - 0.71 діаметру кола.

Якщо ізометричну проєкцію виконують із спотворенням по осях  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то велика вісь еліпсів 1, 2, 3 рівна діаметру кола, а мала - 0.58 діаметру кола.

Якщо диметричну проєкцію виконують без спотворення по осях  $x$  і  $z$ , то велика вісь еліпсів 1, 2, 3 дорівнює 1,06 діаметру кола, а мала вісь еліпса 1 - 0.95, еліпсів 2 і 3 - 0.35 діаметру кола.

Якщо диметричну проекцію виконують із спотворенням по осях  $x$  і  $z$ , то велика вісь еліпсів 1, 2, 3 дорівнює діаметру кола, а мала вісь еліпса 1 - 0,9, еліпсів 2 і 3 - 0,33 діаметру кола.

1- еліпс (велика вісь розташована під кутом  $90^\circ$  до осі  $y$ ); 2- еліпс (велика вісь розташована під кутом  $90^\circ$  до осі  $z$ ); 3-еліпс (велика вісь розташована під кутом  $90^\circ$  до осі  $x$ ).

### 5.5. Побудова аксонометричних зображень

Перехід від ортогональних проекцій предмету до аксонометричного зображення рекомендується здійснювати в такій послідовності (рис. 5.8):

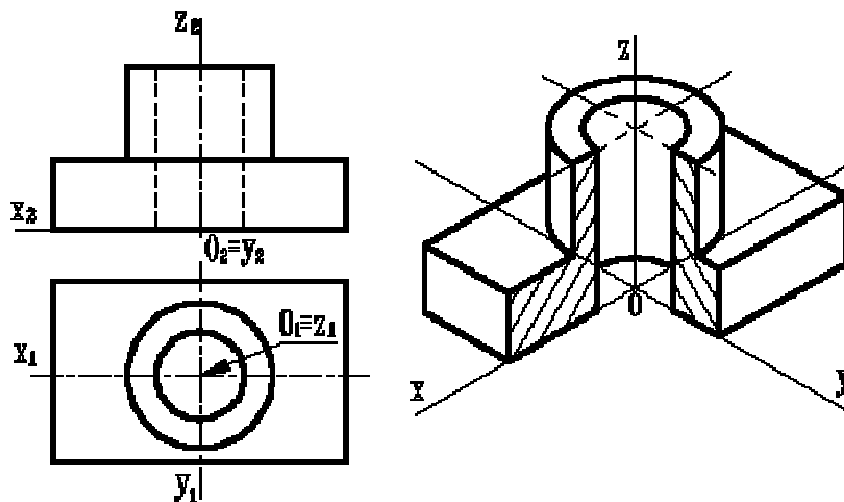


Рис.5.8

1. На ортогональному кресленні розмічають осі прямокутної системи координат, до якої і відносять даний предмет. Осі орієнтують так, щоб вони допускали зручне вимірювання координат точок предмету. Наприклад, при побудові аксонометрії тіла обертання одну з координатних осей доцільно сумістити з віссю тіла.
2. Будують аксонометричні осі з таким розрахунком, щоб забезпечити якнайкращу наочність зображення і видимість тих або інших точок предмету.
3. По одній з ортогональних проекцій предмету креслять вторинну проекцію.
4. Створюють аксонометричне зображення, для наочності роблять виріз чверті.

ДСТ 2.317-69 визначає умовності і способи нанесення розмірів при побудові аксонометричного зображення, основну увагу слід звернути на таке:

Лінії штрихування перетину в аксонометричних проекціях наносять паралельно одній з діагоналей проекцій квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям, рис.5.9а,б.

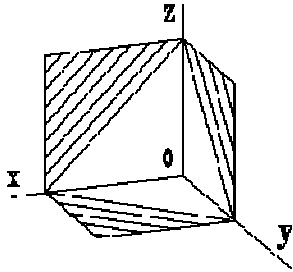


Рис. 5.9,а

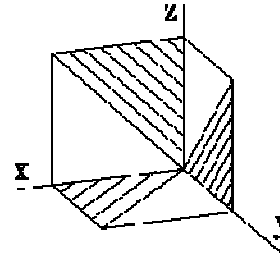


Рис. 5.9,б

При нанесенні розмірів виносні лінії проводять паралельно аксонометричним осям, розмірні лінії – паралельно вимірюваному відрізку.

У аксонометричних проекціях спиці маховиків і шківів, ребра жорсткості і подібні елементи штрихують.

### 5.5.1. Побудова аксонометричних проекцій плоских деталей

Побудова зображень плоских багатокутників зводиться до побудови аксонометричних проекцій їх вершин, які з'єднують між собою прямими лініями. У вигляді прикладу розглянемо побудову п'ятикутника, зображеного на рис. 5.10

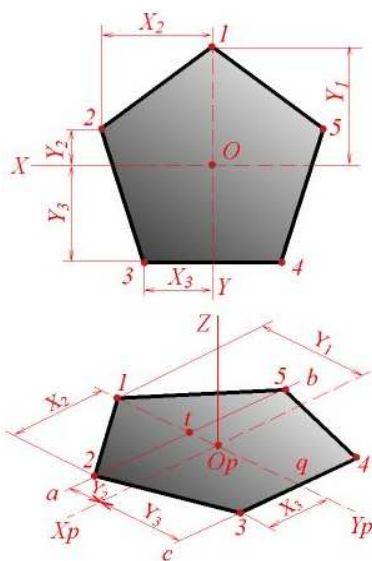


Рис. 5.10

Лінії **X**, **Y** приймемо за координатні осі. Проводимо ізометричні осі **Xp** і **Yp** (рис. 5.10). Для побудови зображення точки **1** достатньо на осі **Yp** відкласти відрізок **Op-1**, рівний за величиною координаті **Y1**. Потім відкладаємо в той же бік від точки **Op** відрізок **Op-t**, рівний координаті **Y2**, і через точку **t** проводимо пряму **ab**, паралельну осі **Xp**. Координати **X2** вершин **2** і **5** п'ятикутника однакові за величиною, але



різні за знаками; тому на ізометричному зображенні відкладаємо в обидва боки від точки  $t$  відрізки  $t-2 = t-5 = X_2$ . Сторона 3-4 п'ятикутника паралельна осі  $X$ . Відклавши від точки  $q$  по осі  $Y_p$  відрізок  $q-O_p$ , рівний координаті  $Y_3$ , проводимо пряму  $cd$ , паралельну осі  $X_p$ , і відкладаємо на ній відрізки  $q-3 = q-4 = X_3$ . З'єднавши точки 1, 2, 3, 4, 5 прямими лініями, отримуємо аксонометричну проекцію п'ятикутника.

Побудова аксонометричних проекцій плоскою кривою зводиться до побудови проекцій ряду її точок і з'єднання їх в певній послідовності. На рис. 5.11 показана побудова еліпса, розташованого в площині координатних осей  $X, Y$ .

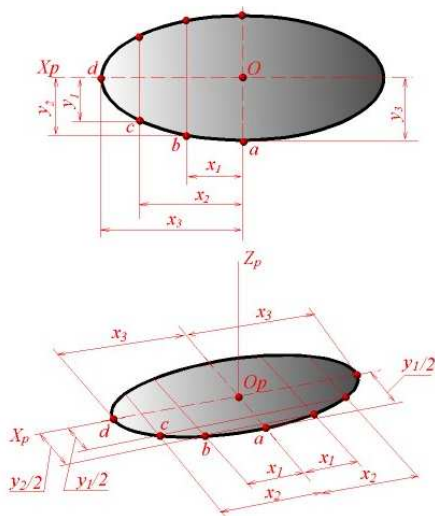


Рис. 5.11

На еліпсі намічаємо ряд крапок і визначаємо їх прямокутні координати  $X$  і  $Y$ . Провівши аксонометричні осі, відкладаємо від точки  $O_p$  уздовж осі  $X_p$  відрізки, рівні за величиною координатам  $X$  намічених крапок, а уздовж осі  $Y_p$  - відрізки, рівні за величиною половині координат  $Y$  (показана побудова крапок  $a, b, z, d$ ). Через кінці відрізків проводимо

прямі, паралельні осям  $X_p, Y_p$ ; на їх перетині отримуємо аксонометричні проекції відповідних крапок, які з'єднуємо пальною лінією.

### 5.5.2. Побудова аксонометричних проекцій 3-вимірних об'єктів

Побудова проекцій многогранників зводиться до побудови їх вершин і ребер. Для призми зручніше починати з побудови вершин повністю видимої основи. На рис. 5.12 показана шестикутна призма, висота якої співпадає з віссю  $Z$ , а верхня основа розташована в площині осей  $X$  і  $Y$ .

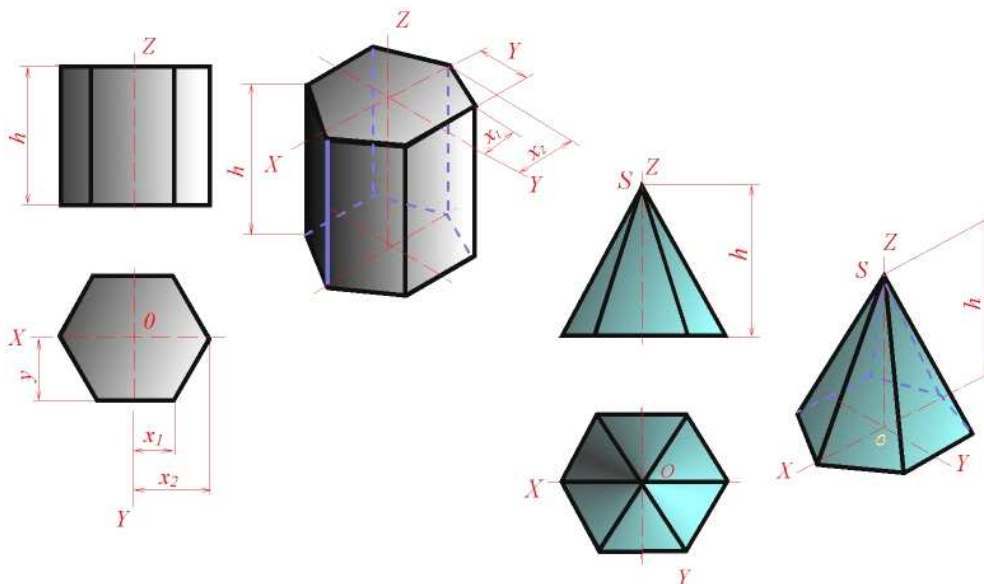


Рис.5.12

Ізометрична проекція цієї основи будується точно так, як і проекція п'ятикутника на рис. 5.10. Хід побудови зрозумілий з рис. 5.12.

Оскільки довжина всіх бокових ребер призми рівна висоті призми  $h$ , то для побудови нижньої основи з вершин верхньої основи проведені прямі, паралельні осі  $Zp$ , і на них відкладені відрізки, рівні  $h$ . Кінці відрізків з'єднані прямими лініями.

Побудова аксонометричної проекції піраміди, зображеної на рис. 5.12, слід почати з побудови основи, а потім з точки  $Op$  відкласти на осі  $Zp$  висоту піраміди і отриману вершину піраміди  $Sp$  з'єднати з вершинами основи.

### 5.5.3. Побудова аксонометричних проекцій ліній перетину кривих поверхонь

Проекцію лінії перетину поверхонь можна будувати або за координатами ряду її точок, узятих з креслення проєктованого предмету, або безпосередньо на аксонометричному зображенні, використовуючи для побудови допоміжні поверхні.

Слід, по можливості, підбирати такі допоміжні поверхні, які із заданими поверхнями дають на кресленні прості для побудови лінії перетину.

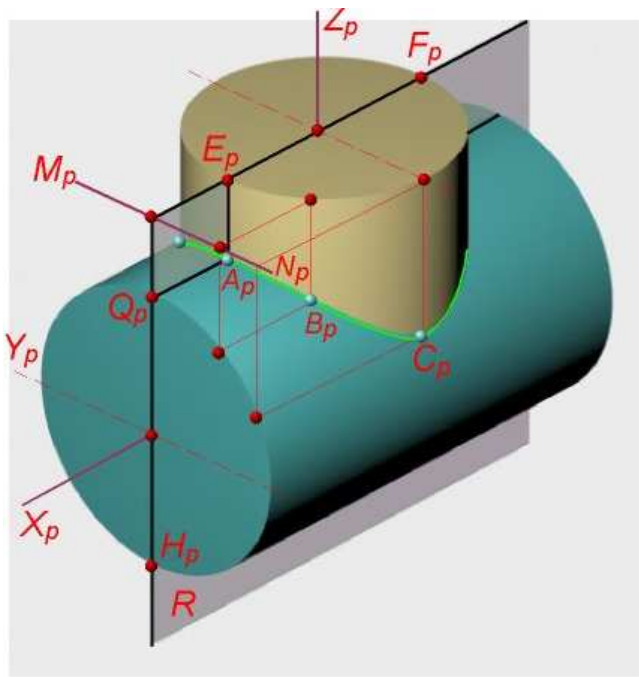


Рис. 5.13

Так, при побудові лінії перетину циліндрів допоміжні площини слід проводити паралельно прямолінійним створюючим циліндрових поверхонь. На рис. 5.13 площина **R** перетинає основи циліндрів по прямим **Е<sub>р</sub>Ф<sub>р</sub>** і **Q<sub>р</sub>Н<sub>р</sub>**, а циліндрові поверхні - по створюючих, таких, що проходять через точки **Е<sub>р</sub>, Ф<sub>р</sub>, Q<sub>р</sub>, Н<sub>р</sub>**.

Утворюючи, перетинаючись між собою, дають точки (наприклад, точка **А<sub>р</sub>**), приналежні лінії перетину. Для побудови точок необхідної лінії зручно використовувати лінію перетину площин основ циліндрів (**М<sub>р</sub>Н<sub>р</sub>**). Коли на кресленні відсутні проекції основ циліндрів, що перетинаються, то їх можна побудувати поза зображенням самої деталі (рис. 5.14).

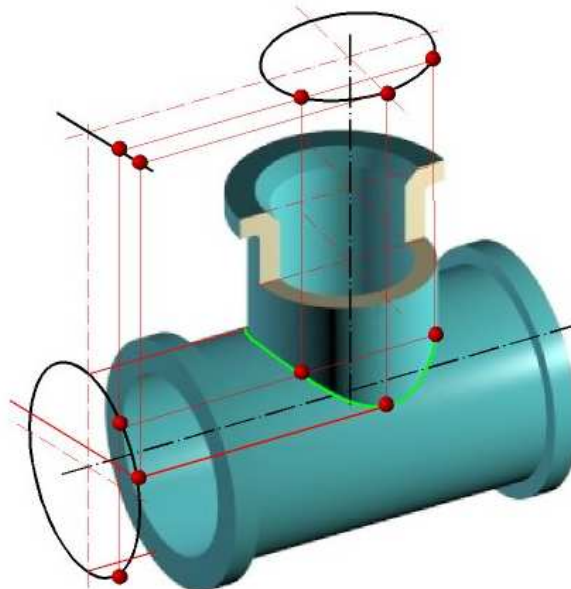


Рис.5.14

## **ЛЕКЦІЯ №6. БУДІВЕЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ**

- 6.1. Загальні поняття
- 6.2. Зміст, види і масштаби будівельних креслень
- 6.3. Конструктивні елементи і схеми будівель
- 6.4. Координатні осі і модуль.
- 6.5. Розміри на будівельних кресленнях

### **6.1. Загальні поняття**

Будівельними кресленнями називають креслення, які містять проекційне зображення будівельних об'єктів або їх частин і інші дані, необхідні для їх зведення.

Будівельні об'єкти залежно від їх призначення підрозділяють на 4 основні групи:

- житлові і суспільні будівлі - цивільні;
- промислові будівлі;
- сільськогосподарські будівлі;
- інженерні споруди - мости, тунелі, естакади і так далі

Найбільш прогресивний метод будівництва - монтаж, тобто збірка будівлі або споруди з окремих елементів заводського виробника. Вони в готовому вигляді поступають на будмайданчик, при проектуванні по каталогах типових виробів підбирають необхідні елементи і деталі, а на кресленнях проставляють марки цих виробів.

За призначенням будівельні креслення ділять на 2 основних групи: креслення будівельних виробів і будівельно-монтажні креслення і схеми.

При виконанні і оформленні будівельних креслень необхідно керуватися ДСТами, ЕСКД і СПДС (системи проектної документації для будівництва).

### **6.2. Зміст, види і масштаби будівельних креслень**

**Масштаби креслень вибирають відповідно до ДСТ 2.302-68.**

Для житлових і суспільних будівель:

Плани поверхів, підвалу, фундаментів, розрізи, фасади, монтажні, плани перекриттів-М1:100, 1:200; 1:500.

Плани секцій, фрагменти планів, розрізів і фасадів-1:50; 1:100.

Вироби і вузли 1:5; 1:10; 1:20.

### 6.3. Конструктивні елементи і схеми будівель.

Будівельні об'єкти складаються з окремих частин-конструкцій.

Конструкції бувають збірні, що складаються з окремих елементів, і монолітні, такі, що виготовляються на місці монтажу (рис.6.1).

**Фундаментом** під стіну або окрему опору (колону) називають підземельну частину будівлі, через яку передається навантаження на ґрунт.

Фундаменти бувають стрічкові і стовпчасті.

**Стіни** в будівлі поділяються на зовнішні та внутрішні. Стіни бувають несучі (які передають навантаження на фундамент від власної ваги і ваги перекриття і даху), самонесучі (тільки від власної ваги) і навісні (навішуються на колони, складаються з окремих плит і навантаження від ваги передають на колони).

**Перегородки - внутрішні** захищаючі конструкції.

**Цоколь** - нижня частина зовнішньої схеми, що спирається на фундамент.

**Перекриття** - внутрішня горизонтальна конструкція, що розділяє будівлі на поверхи.

**Покриття** - верхня захищена конструкція, що визначає приміщення будівлі від зовнішнього середовища.

**Крівля** - верхній водоізолюючий шар покриття або даху будівлі.

**Отвір** - наскрізний отвір в стіні, призначений для установки вікна, дверей, воріт і ін.

**Віконний блок** - віконний перепліт з коробкою.

**Сходові клітка** - захищене капітальними стінами приміщення сходів.

**Сходовий марш** - нахилений елемент сходів із ступенями (не більше 18 ступенів).

**Сходовий майданчик** - горизонтальний елемент сходів між маршами. Основна (на рівнях поверхів) і проміжна (для переходу з одного маршу на інший).

**Розрізняють дві основні конструктивні схеми будівлі:** з несучими стінами (навантаження від перекриттів і даху восприн. стіни) і каркасну (коли навантаження передається на систему зв'язаних між собою вертикально опор-колон і горизонтальних балок, на яких укладаються плити).

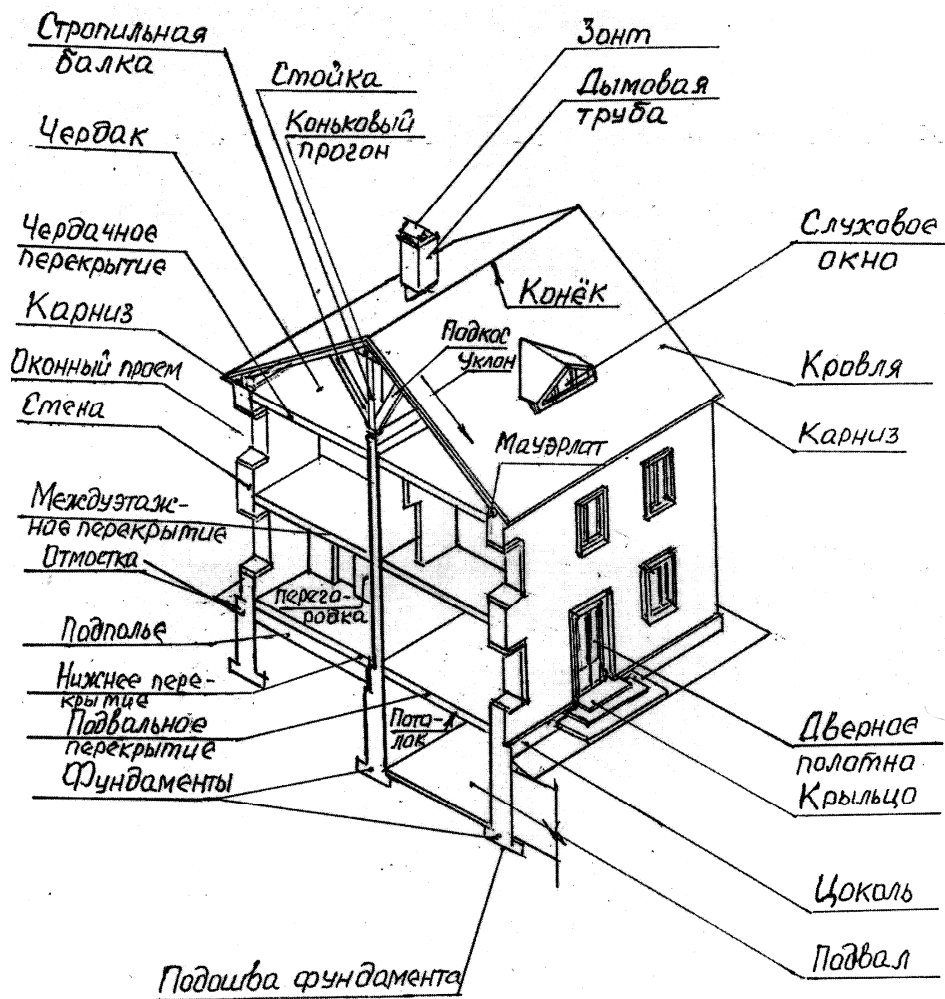


Рис. 6.1

#### 6.4. Координаційні осі і модуль.

Основою для стандартизації та уніфікації в проектуванні, виготовленні виробів і будівництві служить Єдина модульна система (ЄМС) - є правилами координації розмірів на базі модуля. За величину основного модуля (М) прийнятий розмір 100 мм. На базі основного утворюються укрупнені і дробові модулі, які отримують множенням М на цілі і дробові числа: 6000, 3000, 1500 позначають 60М, 30М, 15М, (укрупнені модулі), а 50,20,10,5,2,1 - 1/3М, 1/2М, 1/10М (дроби).

Будівля або споруда в плані розчленовуються основними лініями на ряд елементів. Ці осі визначають розташування основних несучих конструкцій і називаються координаційними осями подовжніми і поперечними. Відстань між осями в плані називається кроком. Крок може бути подовжнім або поперечним (проліт - це відстань між осями в напрямі, який відповідає прольоту основної несучої конструкції перекриттю або покриттю. За висоту поверху  $H_{\text{пов}}$  приймають відстань від рівня підлоги даного поверху

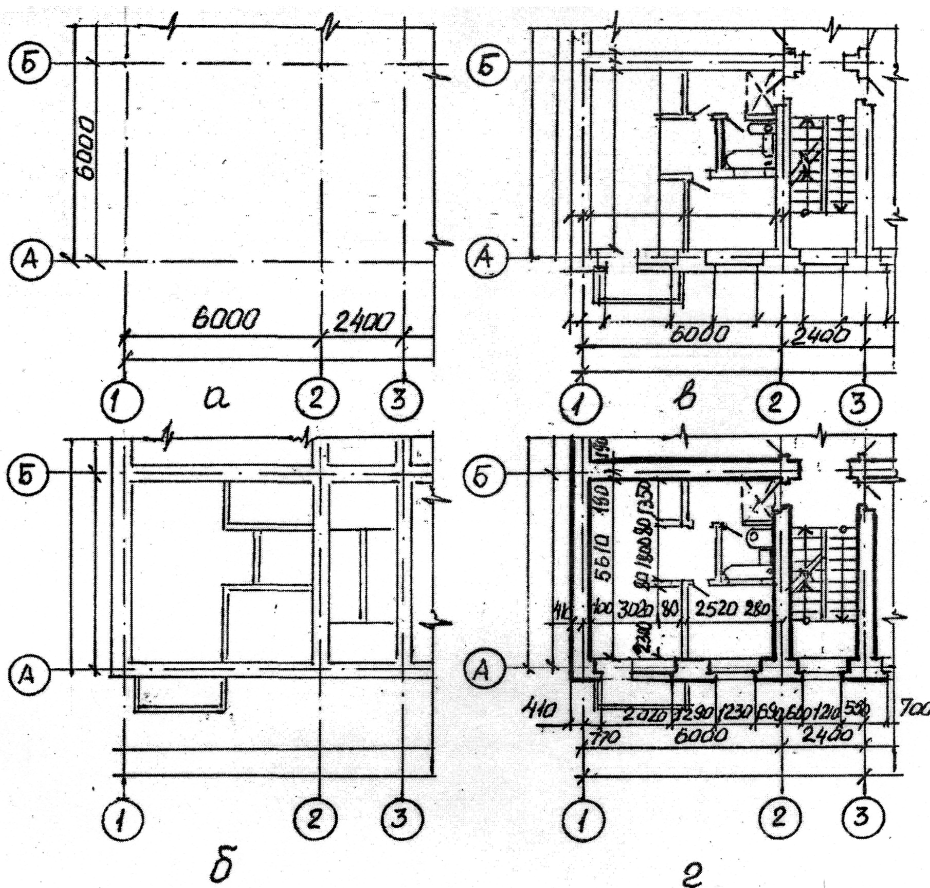


Рис. 6.2

**Координаційні осі** наносять штрихпунктирними лініями і позначають марками в колах радіусом в 12мм. Для маркіровки застосовують арабські цифри і прописні букви окрім з, й, о, х, ы, с, ь, ъ. Розмір шрифту на один-два номери більший розміру шрифту чисел. Цифрами маркують осі по стороні будівлі з великою кількістю осей. Послідовність маркіровки – зліва направо, знизу догори. Зазвичай розташовують по нижній і лівій сторонах плану.

**Прив'язка.** У будівлях з несучими подовжніми і поперечними стінами прив'язку до координаційних осей зовнішніх і внутрішніх стін проводять таким чином: внутрішню грань зовнішньої стіни розміщують від координаційної осі на відстані М або 2М, тобто 100 або 200 мм (наз. модульна прив'язка). Можлива також назва нульова прив'язка, коли координаційна вісь співпадає з внутрішньою поверхнею стіни (рис. 6.2, рис. 6.3).

У внутрішніх стінах координаційна вісь повинна співпадати з віссю симетрії стіни, окрім стін сходових кліток і стін з каналами (центральними).

до рівня підлоги вищерозміщеного.

У одно-поверхових промислових будівлях висота поверху = відстані від рівня підлоги до нижньої грані конструкції покриття.

Розміри кроків, прольотів і висот поверхів повинні прийматися рівними укрупненому модулю. Розміри конструктивних елементів повинні бути кратними основному модулю.

## 6.5. Розміри на будівельних кресленнях

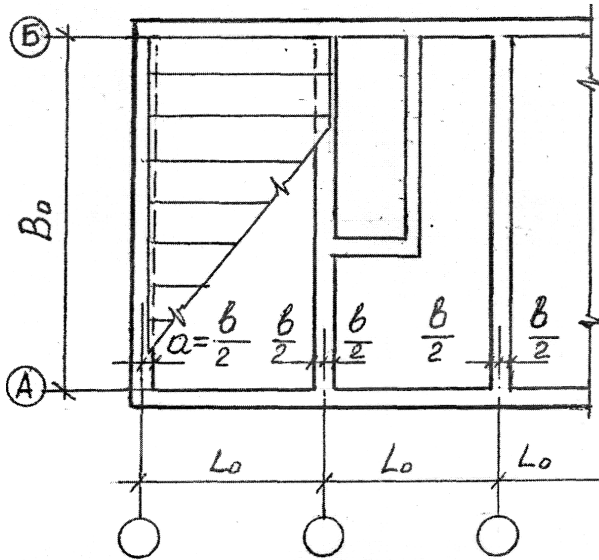


Рис. 6.3

Розміри на будівельних кресленнях проставляються в мм без позначення одиниці вимірювання. Наносять у вигляді замкнутого ланцюга (рис.6.2). Розміри допускається повторювати. Замість стрілок застосовують зарубки у вигляді короткої суцільної основної лінії завдовжки 2-4 мм під  $45^\circ$  до розмірної лінії, при цьому розміри лінії повинні виступати за крайні виносні на 1.3 мм (рис. 6.3).

Нанесення розмірів на плані будівлі виконують по ДСТ 2.307-68,

що здійснюється таким чином. Поза габаритами плану поверху проставляють три ланцюжки розмірів:

**1-й ланцюжок:** прив'язка простінків і зовнішніх граней стін до координаційних осей, розміри простінків і отворів.

**2-й ланцюжок:** відстань між всіма координаційними осями, прив'язка осей крайніх колон.

**3-й ланцюжок:** габаритні розміри будівлі тобто відстань між крайніми координаційними осями.

При нанесенні розмірів діаметрів, радіусів і кутів замість зарубок ставлять стрілки.

Відмітки рівнів (висоти, глибини) елементу будівлі або конструкції від будь-якого відлікового рівня, що приймається за нульовий, поміщають на виносних лініях (або лініях контура). Їх позначають знаком "виносна лінія рівня відповідає поверхні". Відмітки указують в метрах з трьома десятковими знаками. Умовну нульову відмітку позначають 0.000. Відмітки нижче умовної нульової позначають із знаком мінус, відмітки вище нульової - без знаку.

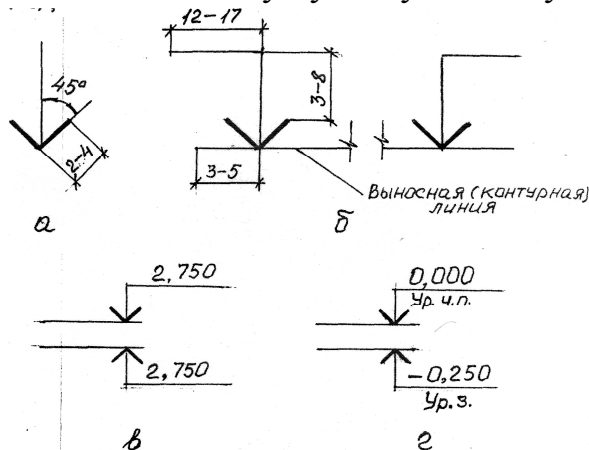


Рис. 6.4

Нульової позначають із знаком мінус, відмітки вище нульової - без знаку. На планах, якщо це не обхідно, відмітки указують із знаком +. Як нульова для будівель зазвичай приймають рівень підлоги 1-го поверху. Відмітки при необхідності супроводжують пояснюючими написами - Ур.ч.п., Ур. Землі (рис. 6.4).



На планах напрям ухилу площини указують стрілкою, над якою (якщо потрібно) проставляють величину ухилу.

## **ЛЕКЦІЯ № 7 АХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ**

### **7.1 Склад робочих креслень**

#### **7.2 Викреслювання плану будівлі**

##### **7.1. Склад робочих креслень**

Відповідно до ДСТ 21.501-80, до складу компоненту креслень марки АР-«Арх. Рішення» входять:

- загальні дані по робочих кресленнях;
- креслення підземних конструкцій будівлі;
- плани поверхів, розрізи і фасади, їх фрагменти і вузли;
- план крівлі (даху);
- план підлог;
- схеми розташування перегородок;
- доповнення віконних отворів (окрім метал.).

Будівельні креслення будівлі і споруди складають по загальних правилах прямокутного проектування на основні площини проекцій. Зображення будівель мають свої назви.

##### **7.2. Креслення планів будінків**

**Планом будівлі** називається зображення будівлі, в думках розітнутої горизонтально, площиною на рівні віконних і дверних отворів (1м) і спроекціюваного на горизонтальну площину проекцій. Показують те, що знаходиться в січній площині і те, що під нею. Тобто, план - це горизонтальний розріз, якщо планування приміщень однакове, то окрім плану 1 пов. виконується план 2 пов. і називають його планом типового поверху.

На плані будівлі показують віконні і дверні отвори, розташування сходів, перегородок і капітальних стін, вбудованих шаф, санітарно-технічне устаткування. План розташовується під фасадом в проекційному зв'язку з ним.

Для повної характеристики будівлі архітектурно-будівельна частина проекту містить різні плани: плани підвалу і фундаментів, плани поверхів (цокольного або 1-го), що повторюються, план типового поверху, плани підлог і покрівлі.

**На плані типового поверху** конструктивні елементи зображають спрощено - віконні отвори без полотен, перегородки - однією лінією.

**На планах поверхів** проставляють розміри, які дають можливість судити про величину всіх приміщень і розміри конструктивних елементів. Розміри наносять відповідно до ДСТ 2.307-68 і 21.105-79. Положення всіх конструктивних елементів визначається прив'язкою до координаційних осей.

Поза контуром будівлі проставляють розміри віконних і дверних отворів «в світлі» і простінків між ними, між координаційними осями і в осях. **Внутрішні розміри приміщень**, товщину стін перегородок проставляють на внутрішніх розмірних лініях (ланцюжках), їх проводять на відстані не менше 8.10 мм від стіни або перегородки. Проставляють також прив'язку всіх внутрішніх і капітальних стін до осей.

**Площі** приміщень є в правому нижньому кутку плану приміщення в квадратних метрах без позначення одиниць вимірювання з двома десятковими знаками і межею внизу.

У будівлях з цеглини товщини стін, розміри простінків повинні бути кратні розмірам цеглини: 250x120x65 мм. Вежі, канали в поперечних стінах зазвичай не показують, їх викладають на спеціальних кресленнях-розгортках стін з каналами, схід з одного поверху на іншій зазвичай здійснюється по двох маршах, оскільки план поверху утворюють розтином умовно січною площиною на рівні 1м, то в сходовій клітці висхідний марш перетинається приблизно посередині. На плані в цьому листі проводять хвилясту лінію обриву під кутом 45°. Довша сторона цієї частини маршу повинна примикати до стіни сходової клітки на планах 1-го поверху показують укорочений цокольний марш.

Невидимі конструктивні елементи на планах показують в тих випадках, коли вони можуть бути зображені на інших кресленнях як видимі. Їх зображають штриховими лініями.

**На планах показують**, в який бік відчиняються двері. Зовнішні двері з вулиці в будинок повинні відчинятися назовні, а двері зі сходів в квартиру - всередину квартири. Відкриття решти дверей визначається зручністю експлуатації.

**Марки** віконних отворів і зовнішніх дверей проставляють із зовнішнього боку стіни.

**На плані** розімкненою лінією показують положення січної площини для відповідного розрізу.

**План будівлі викреслюють в такій послідовності (рис. 6.2):**

- компоновка креслярського плану;
- проводять подовжні і поперечні координатні осі;
- викреслюють всі зовнішні і внутрішні стіни, перегородки і колони, якщо вони є;
- проводять розбиття віконних і дверних отворів в зовнішніх і внутрішніх стінах і перегородках, умовно показують відчинення дверей, викреслюють санітарно-технічні прилади і наносять необхідні виносні і розмірні лінії;
- проставляють всі розміри, роблять відповідні написи, перевіряють креслення; після виправлень і доопрацювання роблять остаточне обведення.

Контури розрізів і перетинів виконують суцільною лінією. Елементи, що не потрапляють в площину перетину, виконують тонкими лініями.

## **ЛЕКЦІЯ № 8 КРЕСЛЕННЯ РОЗРІЗІВ, ФАСАДІВ БУДІВЛІ**

8.1 Загальні поняття

8.2 Послідовність викреслювання розрізу.

8.3 Побудова розрізу по сходах.

8.4 Креслення фасадів будівель.

### **8.1. Загальні поняття**

**Розрізом** називається зображення будівлі, подумки розітнутої вертикальною площиною до спроектованої на площину проекції. Положення січної площини для заданого розрізу показують на плані будівлі.

**Розріз будівлі називається поперечним**, коли січна площина перпендикулярна подовжнім стінам будівлі; і **подовжнім**, коли січна площина паралельна подовжнім стінам. Це найменування умовне, оскільки іноді скрутно виділити переважаюче вимірювання.

Іноді при виконанні розрізу застосовують не одну, а дві і більше січних паралельних площин. Такий розріз називається ступінчастим.

Напрямок січної площини позначають на плані 1 поверху розімкненою лінією зі стрілками на кінцях, що показують напрями погляду. Біля стрілок ставлять арабські цифри або прописні букви, а на самому розрізі роблять напис **розріз 1-1**.

При складанні розрізів січні площини не можна проводити по колонах, уздовж прогонів і балок перекриттів і по кроквах. У подовжньому напрямі ці елементи завжди показують перетнутими, а в поперечному - розітнутими.

На розрізах видимі лінії контурів, перетини, що не потрапляють в площину, виконують суцільною тонкою лінією.

На початковій стадії проектування для виявлення внутрішнього вигляду приміщень і розташування архітектурних елементів інтер'єру складають архітектурні (або контурні) розрізи будівлі, яких не показують конструкції фундаментів, перекриттів, крокв (стропил) і інших матеріалів, але представляють розміри і висотні відмітки, необхідні для опрацювання фасаду. Архітектурний розріз для будівництва будівлі не використовується.

**На стадії розробки робочих креслень** виконують конструктивні розрізи будівлі. Січні площини проводять так, щоб в розріз потрапили віконні і дверні отвори, сходові клітки, внутрішні стіни і інші конструктивні елементи будівлі.

На розрізах видимі осі виносять вниз, маркірують і проставляють розміри між суміжними осями.

Положення конструктивних елементів по висоті визначають за допомогою висотних відміток і розмірів, які проставляють на виносних лініях рівнів відповідних елементів. У середині розрізу наносять висоти поверхів, дверних і віконних отворів, а так само висотні відмітки рівнів підлог і сходових майданчиків.

**Архітектурно-будівельні креслення** типових проектів будівель зазвичай поділяють на дві групи: нульовий цикл (креслення підземної частини-фундаменти, підвал), креслення надземної частини будівлі.

Для монтажу сходових маршів і майданчиків служить розріз по сходах. Січна площина проводиться по ближніх до спостерігача сходових маршах

Із зовнішнього боку розрізу на відстані 12-15 мм проводять розмірні ланцюжки, що визначають розміри віконних отворів і простінків, цоколя, зовнішнього дверного отвору. На відстані 10-15 мм від цього ланцюжка наносять висотні відмітки рівня землі і верхівки стіни, полиці повернені назовні.

За умовну нульову відмітку приймають відмітку підлоги 1-го поверху. Також наносять відмітки підлоги сходової клітки в тамбурі (-0.890), вхідного майданчика (-0.940) - на один ступінь вище за тротуар. Рівень цих майданчиків

підвищується у напрямі до сходового маршу, з тим, щоб дощова вода не потрапила в сходову клітку.

На розрізах виробничих будівель зображають не всі елементи, розташовані за січною площиною, а тільки в безпосередній близькості.

## 8.2. Послідовність викреслювання розрізу (рис .8.1).

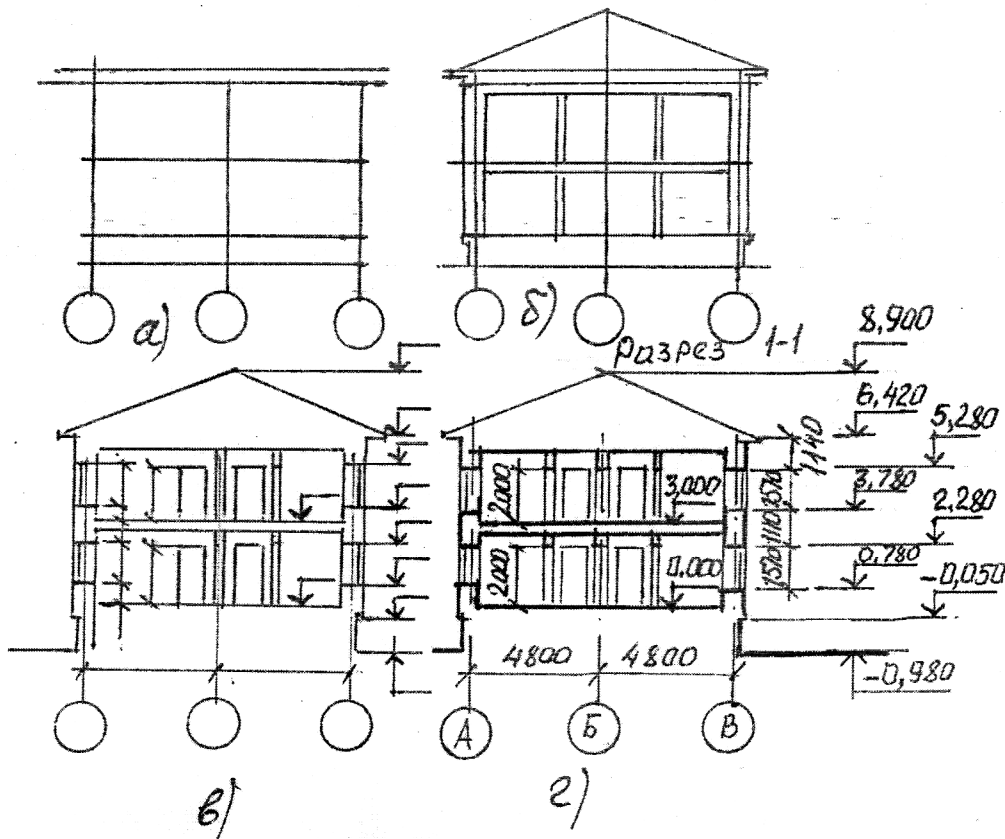


Рис. 8.1

1.Проводять координаційні осі основних несучих конструкцій. Перпендикулярно проводять горизонтальні лінії рівнів: поверхонь землі, підлоги, всіх поверхів і верхівки горищного перекриття і карниза.

2.Наносять контури зовнішніх і внутрішніх стін перегородок, що потрапили в розріз, а також висоти міжповерхових і горищних перекриттів і коника даху, викреслюють винесення карниза і цоколя, викреслюють скати дахів.

3.Намічають в зовнішніх і внутрішніх стінах і перегородках віконні і дверні отвори, а також видимі дверні отвори та інші елементи, розташовані за січною площиною.

4.Проводять виносні і розмірні лінії, кухлі для маркіровки осі і знаки висотних відміток.

5.Проводять остаточне обведення, проставляють розміри і висотні відмітки, роблять пояснюючі написи і указують номер розрізу.

### 8.3. Побудова розрізу по сходах (рис. 8.2).

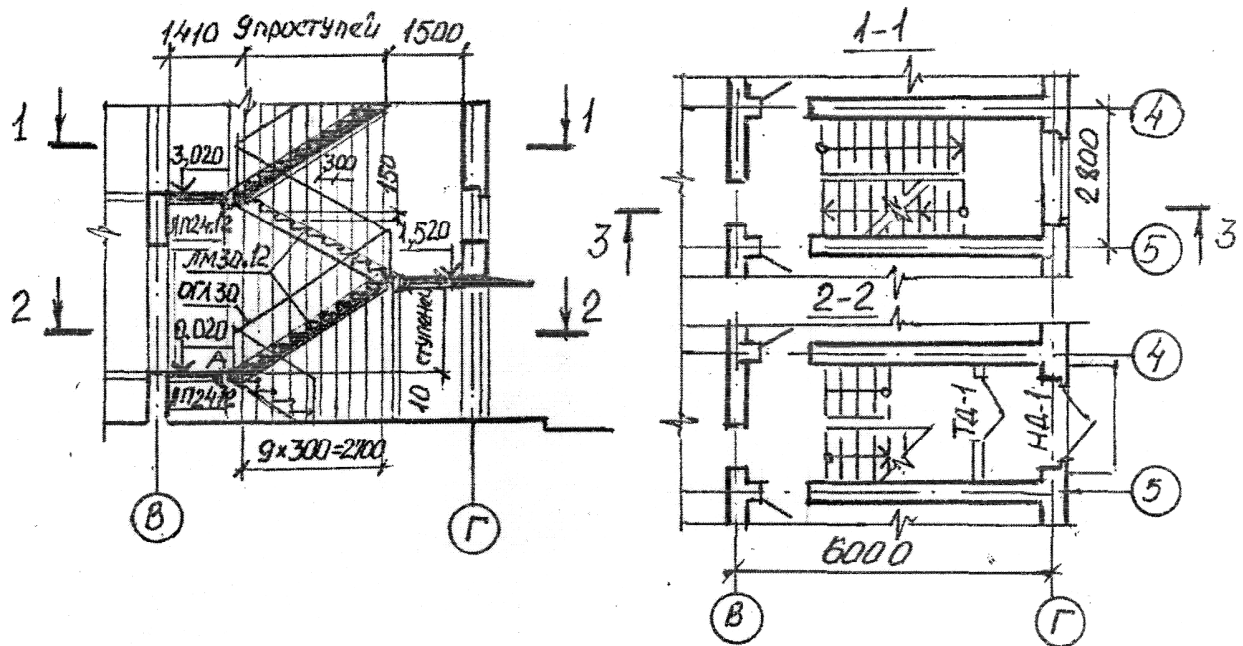


Рис. 8.2

Хай довжина сходової клітки 5610 мм, ширина 2200. Висота поверху 3000. При висоті ступеня 150 - в кожному марші мають бути 10 ступенів (1500:150)

**Горизонтальну площину ступеня називають проступью.**

Проступь останнього ступеня кожного маршу співпадає з рівнем майданчика і включається в неї. Тому в плані число ходи менше числа ступенів на одну.

Проводять координаційні осі, викреслюють стіни, відзначають горизонтальними лініями рівні сходів, майданчиків (поповерхових і проміжних).

Потім від внутрішньої стіни відкладають ширину майданчика (1410) і дев'ять разів по 300. Проводять тонкі вертикальні лінії. Після цього відкладають ширину одного ступеня у бік майданчика 1 поверху (т."А") з'єднують т."А" з крайньою точкою вищерозміщеного майданчика (т."В") пряма „АВ” перетинає вертикальні лінії в точках, через які проводять горизонтальні лінії ступенів.

Після цього викреслюють сходові майданчики і марші, обводять контурними лініями всі елементи, що потрапили в січну площину.

#### **8.4. Креслення фасадів будівель.**

Види будівлі спереду, ззаду, справа і зліва називають фасадами. У найменуванні фасадів указуються крайні координаційні осі. Фасади дають уявлення про зовнішній вигляд будівлі, про його загальну форму, розміри, кількість поверхів, наявність балконів і лоджій.

Погляд на будівлю з боку вулиці називають головним фасадом, з боку подвір'я - дворовим, а збоку - торцевими.

На кресленнях фасадів показують розташування вікон, дверей, балконів, наличників і так далі

У великоблочних і панельних будівлях показують розрізи стін на блоки і панелі.

Розміри на фасадах не наносять, показують тільки крайні координаційні осі. Справа або зліва проставляють відмітки висот - рівня землі, цоколя, низу і верху отворів, карниза, верхівки крівлі. На фасадах маркірують конструктивні елементи, які не були показані на кресленнях планів і розрізів. Основою фасаду служить суцільна потовщена лінія 1,5...2

Фасади зазвичай виконують в М 1:100, 1:200 (цивільні будівлі) і 1:200, 1:500 (промислові будівлі). Складні ділянки фасадів виконуються у вигляді фрагментів в М 1:10, 1:20.

На кресленнях фасадів виробничих будівель наносять марки заповнення віконних отворів, деформаційні шви, пожежні сходи, жалюзійні ґрати і так далі Штрихуванням виділяють ділянки стін матеріал, який відрізняється від всього фасаду. Конструктивні елементи зображаються спрощено (наприклад, товщину палітурки викреслюють в одну лінію). До креслень фасаду відносять так само схеми заповнення віконних отворів. На них показують розміри отворів. Умовним позначенням показують відкриття палітурок (гіпотенуза трикутника - місце підвіски палітурки). Наносять марки елементів. До схеми додається специфікація елементів.

**Послідовність викреслювання фасадів (рис. 8.3)**

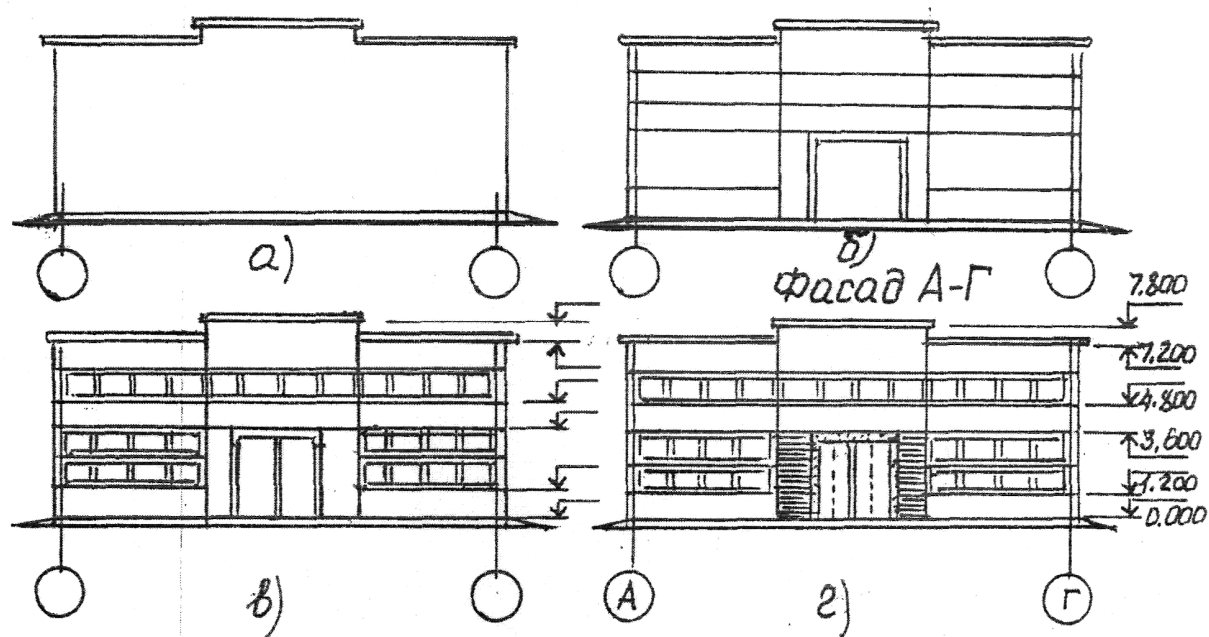


Рис. 8.3

1. Наносять координаційні осі і креслять загальний контур будівлі.
2. Викреслюють віконні і дверні отвори, карниз, балкони, плити козирків і інші архітектурні елементи.
3. Викреслюють віконні палітурки, двері огорожі балконів, вентиляційні і димові труби на даху, проставляють значки відміток.
4. Після перевірки відповідності з планом і розрядом проводять остаточне обведення.

Фасади виконуються основною лінією. Лінію землі виконують потовщеною лінією, такою, що виходить за межі фасаду.

## ЛЕКЦІЯ №9 ГРАФІКИ, ДІАГРАМИ СТРУКТУРНІ І КЛАСИФІКАЦІЙНІ СХЕМИ

### 9.1 Загальні поняття

### 9.2 Правила виконання діаграм

#### 9.1. Загальні поняття

1. Координаційні осі
2. Масштаби і шкала
3. Лінії і точки
4. Позначення величин
5. Нанесення одиниць вимірювання

Графіком називають креслення, що показує зв'язок і залежність величин.



## 9.2. Правила виконання діаграм

Правильне виконання діаграм, що зображають функціональну залежність двох або більше змінних величин в системі координат встановлює ГОСТ 2.319-81. Діаграма може мати найменування, що пояснює функцію, що зображає залежність і текстову або графічну частину, пояснюючу застосовану в діаграмі, позначену і розміщену після найменувань діаграми або на вільному місці поля діаграми. Діаграму для інформаційного зображення функціональної залежності допускається виконувати без шкал значень величин. В цьому випадку осі координат закінчують стрілками, що вказують напрями зростання значення величин.

Ці діаграми виконуються на всіх напрямках координат. У діаграмі зі шкалами осі можуть бути без стрілок.

**Значення величин**, пов'язаних із зображенням, слід відкладати на осях координат у вигляді шкал. У прямокутній системі незалежна змінна відкладається на горизонтальній осі. Позитивне значення величин відкладається вправо по горизонталі і вгору по вертикалі осі. При виконанні діаграми функціональної залежності слід зображати в аксонометричній площині. Значення змінних величин слід відкладати на осях координат в лінійному масштабі. Координатні осі як шкали значень, що зображають величини, слід розділити на графічні інтервали одним з наступних способів:

1. координатною сіткою;
2. ділильними відрізками і поєднанням координатної сітки і додатковими штрихами.

Розмір графічного інтервалу слід вибирати з урахуванням призначень діаграм (для зручності звіту). Поряд з діленням сітки або ділильними штрихами повинні бути вказані відповідні числа (хоч би після першого і останнього ділення). Частоту нанесення часових позначок і проміжних ділень шкал слід вибрати з урахуванням зручності користувача діаграмами.

Числа у шкал слід розміщувати поза полем діаграми і підписувати горизонтально осі координат, осі шкал, що обмежують координатною сіткою, поле діаграми виконуються суцільними осьовими лініями.

На діаграмі першої функціональної залежності її зображення виконується лінією завтовшки 2,5 мм. Характерні точки лінії функціональної залежності

зображення підписуються біля крапки на полі діаграм або тонкою суцільною лінією проводяться біля точки діаграми.

**Змінні величини слід указувати одним з 4-х способів:**

- 1) символом-г
- 2) найменуванням - пар
- 3) найменуванням і символом г (пар)
- 4) математичним виразом функціональної залежності.

У діаграмі зі шкалами позначення величин розміщують у середини шкали з її зовнішнього боку або (при об'єднанні символу з позначенням одиниці у вигляді дробу) в кінці шкали після останнього числа.

У діаграмі без шкал позначення величин розміщується поблизу стрілки, якою закінчується вісь. Позначається у вигляді символів і математичних виразів, розташованих паралельно горизонтальній лінії. Якщо в діаграмі зображається лініями дві або більш функціональних залежностей, біля цих ліній проставляють найменування або символи відповідних величин або порядкові номери, що розшифровують їх в пояснювальній частині діаграми.

Якщо в діаграмі функціональна залежність трьох змінних зображається системою ліній, параметри (числові значення) змінної величини указують на полі діаграми у окремих ліній системи або поза полем діаграми на ділянці, де не нанесена шкала.

Одиниці фізичних величин (одиниці виміру) наносять (3-ма способами) **слід наносити одним з даних способів:**

1. В кінці шкали між останнім і передостаннім числом. При недоліку місця передостаннє число не наносять.

2. В місці з найменуванням змінної.

3. Після останнього числа в кінці шкали з позначенням змінної величини у вигляді дробу, в численнику яких проставляють позначення змінної величини, а в знаменнику позначення цієї величини. Одиниці кутів (градуси, мінуси, секунди) наносять один раз у останнього числа шкали або допускається наносити їх у кожного числа шкали.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Гордон В.О., М.А. Семенцов-Огиевский. Курс начертательной геометрии: Учеб. Пособие для Втузов/ Под ред. В.О. Гордона и Ю.Б. Иванова.- 24-изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000.- 272 с.
2. Начертательная геометрия: Учебник для Вузов / Н.Н. Крылов, П.И. Лобандиевский, С.А. Мэн, В.Л. Николаев, Г.С. Иконникова. – М.: Высш. шк., 1977. – 231с.
3. Локтев О.В. Краткий курс начертательной геометрии: Учебник для Втузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 136 с.
4. Локтев О.В., Числов П.А. Задачник по начертательной геометрии: Учебное пособие для Втузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 104 с.
5. Михайленко В.Е. Пономарев А.М. Инженерная графика: Учебник.– Київ: Вища шк., 1990. – 303 с.
6. Черчение / Хаскин А.М. – 4-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., 1985, - 447 с.
7. Фролов С.А. Начертательная геометрия: Учебник для Втузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
8. Начертательная геометрия: Учебник для Втузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 1977. – 231 с.
9. Короев Ю.Ч. Строительное черчение и рисование. – М., 1983. – 152 с.
10. Семёнов В.Н. Унификация и стандартизация проектной документации в строительстве. – Л., 1985. – 224 с.
11. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение.:Справочник. – Л.: Машиностроение, 1986. – 447 с.
12. Бриллинг Н.С. Справочник по строительному черчению. – М.: Стройиздат, 1987. – 448 с.
13. Государственные стандарты ЕСКД. – М., 1984
14. Государственные стандарты СПДС. – М., 1977 – 1988

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з інженерної графіки та креслення (для студентів 1 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.070601 - «Транспортні системи»)

Укладач: Наталія Володимирівна Гриньова

Редактор: М.З. Аляб'єв

План 2009, поз.72Л

Підп. до друку 30.09.2009	Формат 60×84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк. арк. 2,6	Обл.-вид.арк. 2,9
Тираж 50 прим.	Замовл. №	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ  
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12