

### Лекція 3. Просторова система координат

Порядок побудови креслення практично не залежить від прийнятої технології (ручний або комп'ютерної).

Побудова виконується в тонких лініях і лише в кінці роботи після перевірки правильності виконаної роботи проводиться обведення контурних ліній.

Всі лінії на кресленні несуть певне смислове навантаження, для цього їх стиль (зовнішній вигляд) і товщина регламентуються ГОСТ 2.303-68 «Лінії». Відповідно до нього лінії рамки креслення, частина ліній таблиці основного напису, а також лінії видимого контуру зображуються суцільною товстою основною лінією товщиною  $s = 0.5 \div 1.4$  мм. Конкретне значення товщини цієї лінії вибирається виконавцем в залежності від величини і складності зображень, а також від формату креслення. В умовах розглянутого прикладу досить прийняти товщину суцільної основної лінії приблизно 0.8 - 0.9 мм. Товщина всіх інших ліній вибирається пропорційно товщині цієї лінії. Так, товщина тонких ліній (осьових, розмірних, ліній штрихування і ліній обриву, а також деяких інших) повинна становити від  $s/3$  до  $s/2$ . Тоді в нашому випадку тонкі лінії повинні мати товщину приблизно 0.3 - 0.4 мм.

Побудова зображень починають з нанесення їх осьових ліній. Для цього використовуються тонкі штрих пунктирні лінії з довжиною штриха від 5 до 30 мм і відстані між штрихами від 3 до 5 мм. Конкретні значення цих величин вибираються виконавцем в залежності від величини і складності зображень, а також від формату креслення.

Побудова зображень має проводитися відповідно до правил нарисної геометрії. Порядок побудови зображень не має значення. Тому він визначається виконавцем, виходячи з його досвіду і конкретних особливостей зображення. У розглянутому прикладі слід спочатку побудувати вид зверху, потім спереду і в останню чергу - вид зліва (рис.17).

Зауважимо, що на всіх зображеннях виходи осьових ліній за контурні повинні складати приблизно 2-3 мм.

Виконуємо побудову розрізів.

Для побудови простого фронтального розрізу приймемо площину, яка паралельна фронтальній площині проєкцій і проходить через вісь призми. Вона не є площиною симетрії моделі, тому її положення на кресленні має бути фіксоване. Це здійснюється за допомогою штрихів розімкнутої лінії (ГОСТ 2.303-68) довжиною  $8 \div 20$  мм і товщиною  $1.5s$ , де  $s$  - товщина контурної лінії. Початковий і кінцевий штрихи розімкнутої лінії не повинні перетинати ліній контуру відповідного зображення, а також розмірних та інших ліній і написів. Перпендикулярно до начального і кінцевого штрихах на відстані 2-3 мм від їх кінців наносять стрілки, що вказують напрямок погляду. Розміри стрілки представлені на рис.19.

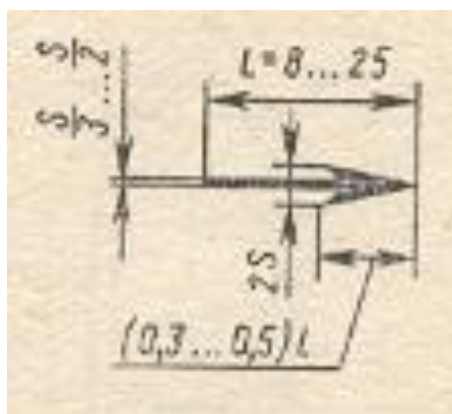


Рис. 19

У початку і кінця лінії перетину ставлять одну й ту ж прописну букву українського алфавіту. Букви наносять близько стрілок, що вказують напрямлення погляду, паралельно нижньої рамці креслення. А над розрізом наноситься напис по типу «А - А» (завжди двома буквами, через тире) і підкреслюється.

Контур зображення, яке знаходиться в січній площині, заповнюється штриховкою, яка позначає тип матеріалу, з якого повинна бути виготовлена деталь. Типи штриховок і правила їх нанесення регламентовані ГОСТ 2.306-68 «Позначення графічні і правила їх нанесення на кресленнях». Будемо

вважати, що модель п'ятигранника повинна бути виготовлена з металу. Метали і тверді сплави позначаються штрихуванням тонкими паралельними лініями, які в загальному випадку наносяться під кутом  $45^\circ$  до ліній рамки креслення. Якщо напрямок ліній штрихування збігається з напрямком ліній контуру або осьовими лініями, то їх наносять під кутом  $30^\circ$  або  $60^\circ$  до ліній рамки креслення. Напрямок нахилу ліній штрихування на всіх зображеній одного і того ж креслення повинно бути однаковим. Відстань між лініями штрихування (частота) має перебувати в межах від 1 до 10 мм в залежності від площі штрихування і бути однаковим на всіх зображеній одного і того ж креслення. В результаті зображення фронтального розрізу набуде вигляду, якій представлений на рис.20.

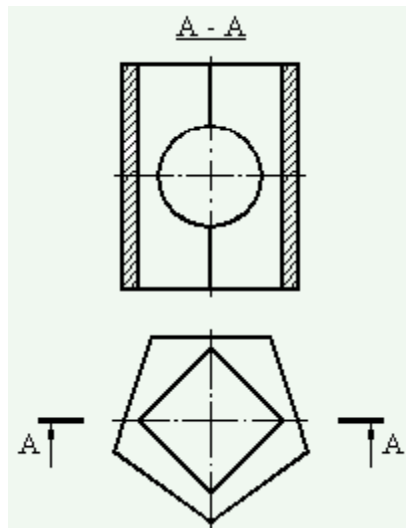


Рис. 20

З метою збільшення інформативності зображень державний стандарт рекомендує об'єднувати на одному зображенні частину виду і частину розрізу. В якості кордону між ними наноситься лінія обриву (тонка хвиляста лінія). У загальному випадку частка кожної з цих частин в комплексному зображенні не лімітується. Приклад об'єднання довільних частин виду і розрізу представлений на рис.21.

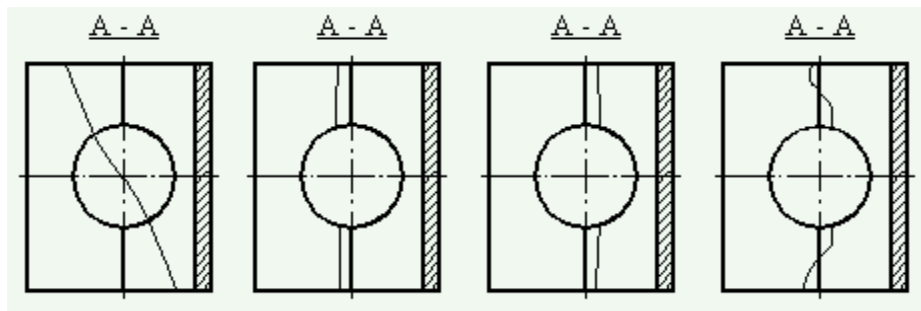


Рис. 21

Рис. 22

Рис. 23

Рис. 24

Однак у випадках, коли отриманий розріз має вертикальну вісь симетрії, рекомендується об'єднати половину виду і половину розрізу. При цьому вид показують зліва, а розріз праворуч від осьової лінії, яка служить кордоном між ними. При об'єднанні половини виду і половини розрізу контурні лінії, які збігаються з осьовою лінією, повинні бути збережені. А для того, щоб можна було визначити приналежність контурної лінії внутрішньої або зовнішньої поверхні, з її відповідної сторони на відстані 2 - 3 мм від контурної лінії проводять лінію обриву. Наприклад, якби в розглянутому прикладі необхідно було зберегти тільки внутрішнє ребро, то комплексне зображення мало б вигляд, представлений на рис.22. А якби необхідно було зберегти тільки зовнішнє ребро, то комплексне зображення мало б вигляд, представлений на рис.23. А оскільки необхідно зберегти і зовнішнє і внутрішнє ребра, то лінію обриву необхідно нанести з переходом з одного боку осьової лінії на іншу. Таким чином, остаточно фронтальний розріз матиме вигляд, представлений на рис.24.

Для побудови горизонтального розрізу приймемо горизонтальну площину рівня, що проходить через вісь циліндричній порожнини. Ця площина є площиною симетрії моделі, тому її положення на кресленні не фіксується, а отриманий розріз не позначається (рис.25).

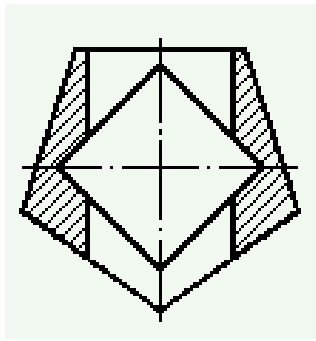


Рис.25

У випадках, коли горизонтальний розріз має горизонтальну вісь симетрії, вид показують над нею, а розріз - під нею. В даному випадку такий осі симетрії немає, але є вертикальна вісь симетрії. У таких випадках вид показують ліворуч від неї, а розріз - праворуч. Таким чином, остаточно горизонтальний розріз матиме вигляд, якій представлений на рис.26.

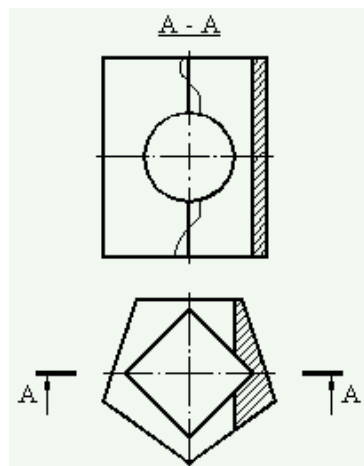


Рис.26

Для побудови профільного розрізу приймемо площину профільного рівня, що проходить через вісь призми. Ця площина є площиною симетрії моделі, тому її положення на кресленні не фіксується, а отриманий розріз не позначається.

Профільний розріз не має вертикальної осі симетрії, тому на рис.27 представлено його повне зображення.

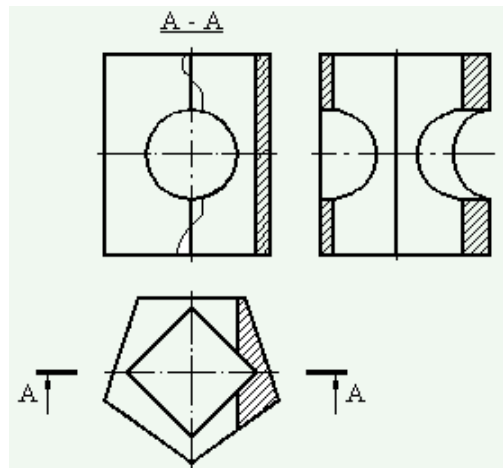


Рис.27

Побудуємо винесене перетин площиною Б-Б (рис.28). Положення січної площини фіксується аналогічно положенню січної площини при побудові розрізів. Контур винесеного перерізу зображують суцільними основними лініями і заповнюють штрихуванням відповідно до ГОСТ 2.306-68. Позначають перетин аналогічно розрізу. Якщо при цьому подовжня вісь розтину не паралельна сліду січної площини, до позначення січення додається слово «повернуто», яка не підкреслюється.

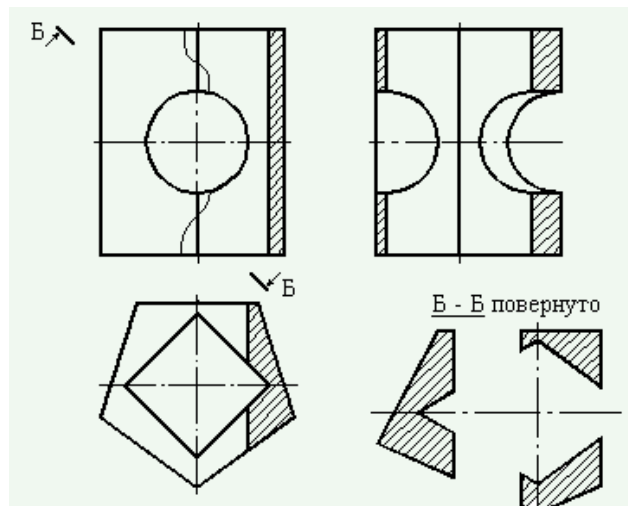


Рис.28

Допускається наносити перетину в масштабі, відмінному від масштабу креслення. У цих випадках позначення перетину повинно включати в себе і масштаб (рис.29).



Рис. 29

Наступним етапом побудови креслення є нанесення розмірів. Всі питання, пов'язані з нанесенням розмірів, регламентує ГОСТ 2.307-68 «Нанесення розмірів і граничних відхилень».

Загальна кількість розмірів на кресленні має бути мінімальним, але достатнім для виготовлення і контролю виробу. А це означає, що на кресленні повинні бути розміри всіх конструктивних елементів деталі, включаючи і деталь в цілому (розміри форм) і розміри, які визначають положення конструктивних елементів в деталі.

У процесі конструювання визначаються так звані номінальні розміри деталі і її елементів. Однак в силу ряду причин витримати ці розміри в процесі виготовлених деталі не представляється можливим. Тому в процесі конструювання, з урахуванням головним чином технології виготовлення, призначаються величини граничних відхилень від номінальних розмірів, при яких деталь залишається придатною до експлуатації. Для цього на кресленні повинні бути нанесені не тільки номінальні розміри, але і їх граничні відхилення. Призначення розмірів і граничних відхилень і їх нанесення на кресленні є вельми відповідальною операцією.

Розмір складається з розмірного числа, розмірної лінії і виносних ліній.

Розрізняють лінійні і кутові розміри.

При нанесенні лінійного розміру розмірну лінію проводять паралельно лінії, розмір якої вказують. При цьому відстань між ними повинно бути не менше 7 - 10 мм. У загальному випадку розмірна лінія закінчується стрілками, які впираються своїми кінцями в виносні лінії. Державним

стандартом передбачено два стилі розмірних стрілок - закритий і відкритий (рис.30).

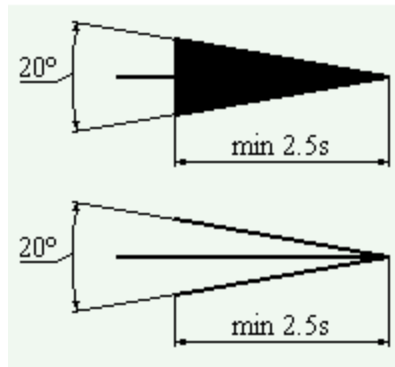


Рис. 30

Їх довжина вибирається залежно від товщини  $s$  лінії видимого контуру. Виносні лінії повинні бути перпендикулярні до розмірним лініям і виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1 - 5 мм. Стель, величини елементів стрілок і величини виходу виносних ліній за кінці стрілок розмірних ліній повинні бути приблизно однаковими на всьому кресленні.

Лінійні розміри на кресленнях вказують розмірними числами в міліметрах без позначення одиниці виміру. У загальному випадку розмірні числа наносять над розмірною лінією. Якщо розмірна лінія займає вертикальне положення, то розмірне число наноситься зліва від неї. Якщо кут нахилу розмірної лінії, відлічуваний від вертикальної лінії проти напрямки руху часовою стрілки, не перевищує  $30^\circ$ , то розмірне число наносять на полиці виноски. При цьому у всіх випадках основа числа повинна бути паралельна розмірної лінії або лінії полиці винесення. В необхідних випадках перед розмірним числом наносять умовне позначення діаметра окружності  $\varnothing$ , радіуса дуги окружності  $R$  або квадрата  $\square$ .

Стель і розмір шрифту для нанесення розмірних чисел вибирається виконавцем відповідно до ГОСТ 2.304-81 з розрахунку, щоб значення розмірів ясно читалися і гармоніювали з іншими елементами креслення. У загальному випадку розмірні числа наносять над розмірною лінією можливо ближче до її середині. Однак у випадках, коли ця вимога з тих чи інших



причин неможливо, положення розмірних чисел зміщують в ту або іншу сторону або взагалі завдають над продовженням розмірної лінії.

Якщо при нанесенні розміру розмірні стрілки перетинаються контурними лініями, то останні в цьому місці перериваються.

Наносити розміри краще за межами зображень.

Рекомендується також розміщувати розміри рівномірно на всіх зображень.

З урахуванням викладених вимог на кресленні моделі досить вказати розміри, представлені на рис.31. При цьому зауважимо, що для циліндричної і призматичної порожнин вказані тільки розміри їх форми. Відсутність розмірів положення їх форм свідчить про те, що чотирихгранна призматична порожнина співвісна з шестигранником, а вісь циліндричної порожнини розташована на середині висоти шестигранника.

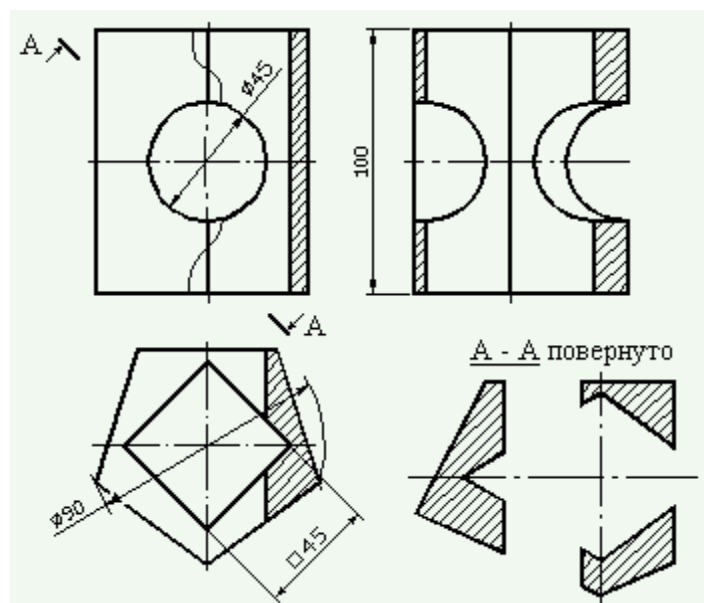


Рис. 31

У ряді випадків на вільному місці робочого поля креслення наноситься різного типу текстова інформація - технологічні вказівки, примітки і ін. Стиль і розмір шрифту для нанесення текстової інформації вибирається виконавцем відповідно до ГОСТ 2.304-81 з міркувань, щоб вона ясно читалася і зовнішнім виглядом гармоніювала з іншими елементами креслення.

Потім заповнюються графі основного напису.

На закінчення проводиться оформлення креслення (виконується обвідка контурних ліній, видаляються не потрібні лінії побудови і т.п.).

#### **2.4. Загальні принципи побудови зображень**

Для побудови зображення необхідно мати *об'єкт (оригінал)*, *картинну площину* і *алгоритм (правило)* побудови зображення.

Під *об'єктом (оригіналом)* розуміють будь-який реальний чи уявний об'єкт (виріб, деталь). З точки зору побудови зображення інтерес представляє тільки його геометрична характеристика, яку прийнято називати геометричний образ.

*Геометричний образ* може бути різного ступеня складності. Тому для зручності вивчення його умовно ділять на більш прості геометричні образи - точки, лінії, поверхні. Найпростішим геометричним чином є точка. Геометричні образи більш високого рівня складності утворюються кінематичним способом, тобто переміщенням простіших геометричних образів відповідно до заданого законом. Так, наприклад, лінія може бути утворена рухом точки, поверхня - рухом лінії.

Для побудови зображення об'єкта його геометричний образ, необхідно спочатку встановити, тобто описати таким чином, щоб можна було побудувати будь-яку його точку, а також зафіксувати його положення в просторі. Це двоєдине завдання вирішується за допомогою визначника геометричного образу. Під визначником розуміють мінімальну сукупність незалежних умов, які однозначно задають геометричний образ. До цих умов відносять геометричні елементи, за допомогою яких геометричний образ можна утворити, а також алгоритм (правило) його формування з цих елементів.

Зрозуміло, для кожного геометричного образу складові визначника мають наповнення, яке залежить від умов формоутворення. У ряді випадків один і той же геометричний образ може бути утворений різними способами.

Наприклад, прямий круговий циліндр можна утворити обертанням прямолінійної твірної навколо паралельної їй осі, плоскопаралельним переміщенням прямолінійної твірної по направляючої окружності, переміщенням сфери, центр якої ковзає по прямій, і т.д. А це означає, що в будь-якому з цих випадків ми будемо мати конкретний варіант визначника. При цьому слід зауважити, що жоден з них не може мати переваг перед іншими і при вирішенні завдань слід приймати найбільш зручний з них. Більш того, між різними варіантами визначника одного і того ж геометричного образу існують взаємозв'язки, які дають можливість перейти від одного варіанта до другого або, як кажуть, перезадать геометричний образ.

Під *картинної площиною* розуміють будь-яку площину, на якій проводиться побудова зображення. З огляду на те, що в нарисної геометрії побудова зображень виконується проєкційним методом, будемо надалі картинну площину називати площиною проєкцій.

Третьою необхідною умовою є *алгоритм (правило)* побудови зображення. В основу алгоритму покладено паралельна ортогональна проєкція, яка базується на методі проєктування. Нехай задана деяка площину проєкцій  $\Pi_2$  і точка  $A$  (рис. 32). Задамося деяким напрямком проєктування  $s$ . Через точку  $A$  паралельно цьому напрямку проведемо пряму  $j$ , яку в подальшому будемо називати проєцирующою прямою. Точка  $A_2$ , в якій проєцирующа пряма  $j$  перетинає площину проєкцій  $\Pi_2$ , називається проєкцією точки  $A$  на площині  $\Pi_2$ .

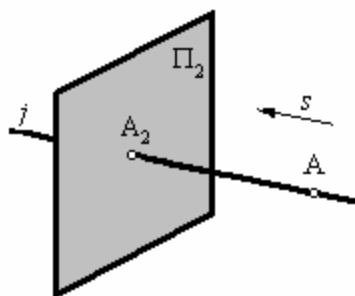


Рис. 32

Оскільки будь-який геометричний образ можна розглядати як сукупність точок, то для побудови його зображення досить побудувати проєкції кожної з них, а потім з'єднати ці проєкції між собою. Якщо при цьому поставити умову, щоб всі проєцируючі прямі були паралельними напрямку проєктування  $s$ , а значить і між собою, то утворюється метод проєктування, який отримав назву паралельної проєкції (рис. 33).

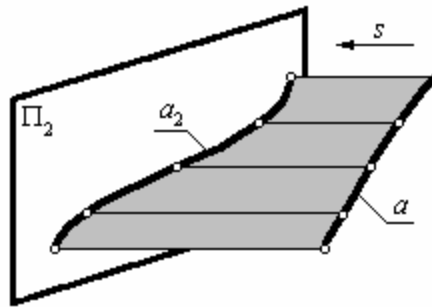


Рис. 33

Розглянемо основні властивості паралельної проєкції.

1. Проєкцією точки є точка. Це властивість випливає з самого методу проєктування.

2. Проєкцією прямої лінії є пряма лінія. Як відомо, через пряму  $a$  можна провести безліч площин. Серед них можна виділити площину  $T$ , паралельну заданому напрямку проєктування  $s$  (рис.34). Відомо, що дві площини перетинаються по прямій. Тому лінією перетину площин  $\Pi_2$  і  $T$  буде пряма  $a_2$ . А оскільки ця пряма одночасно належить обом згаданим площинам, то вона буде проєкцією прямої  $a$ . Це властивість називають властивістю прямолінійності.

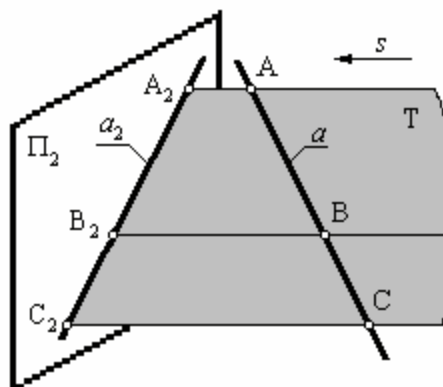


Рис. 34

3. Проекцією точки, яка належить деякої прямої, є точка, яка належить проєкції даної прямої. На прямій  $a$  візьмемо точку  $B$  (рис. 34) і через неї проведемо проєцируючу пряму. Вона буде належати проєцируючій площині  $T$ . А оскільки проєкція  $B_2$  точки  $B$  одночасно буде належати площині проєкцій  $\Pi_2$  і проєцируючій площині  $T$ , то вона буде належати лінії перетину цих площин  $a_2$ . Це властивість називають властивістю приналежності.

4. Проекціями паралельних прямих є паралельні прямі. Якщо прямі  $a$  і  $b$  паралельні (рис. 35), то паралельні і проєктують їх площини  $T^1$  і  $T^2$ , так як пересічні прямі  $a$  і  $AA_2$  площині  $T^1$  відповідно паралельні пересічним прямим  $b$  і  $DD_2$  площині  $T^2$ . З цього випливає, що прямі  $a_2$  і  $b_2$  паралельні як прямі, отримані при перетині двох паралельних площин третьою. Це властивість отримало назву властивості збереження паралельності.

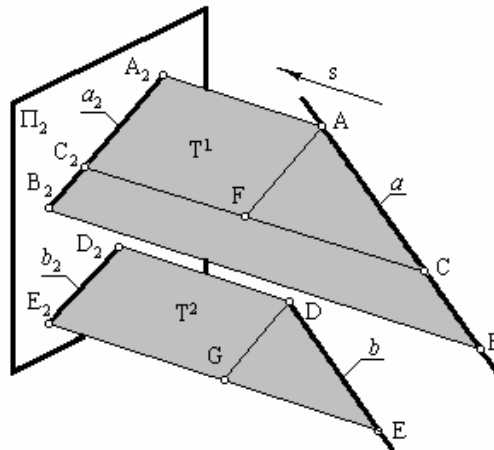


Рис. 35

5. Ставлення проєкцій відрізків, які належать паралельним прямим або однієї і тієї ж прямої, дорівнює відношенню самих відрізків. Нехай  $AB$  і  $DE$  (рис. 35) - відрізки, які належать прямим  $a$  і  $b$ , а  $A_2 B_2$  і  $D_2 E_2$  - їх проєкції. Проведемо в площинах  $T^1$  і  $T^2$  відрізки  $AF$  і  $DG$  відповідно паралельні відрізкам  $A_2 B_2$  і  $D_2 E_2$ . Тоді  $AF = A_2 C_2$ , а  $DG = D_2 E_2$ . Отже, трикутник  $ACF$  подібний трикутнику  $DEG$ . Але з цього випливає, що  $A_2 C_2 : D_2 E_2 = AF : DG = AC : DE$ . Якщо задані відрізки належать одній і тій же прямій, наприклад,  $AC$  і  $BC$ , то аналогічно можна отримати, що  $A_2 C_2 : B_2 C_2 = AC : BC$ .

Відповідно до цього властивістю спотворення для всіх паралельних відрізків є постійним  $k$ , зокрема, середина відрізка проектується в середину проекції відрізка.

6. Проекція оригіналу не змінюється при паралельному перенесенні площин проекцій. Спроекуємо трикутник  $ABC$  в напрямку  $s$  на площині проекцій  $\Pi_2^1$  і  $\Pi_2^2$ , паралельні один одному (рис. 36). Оскільки відрізки  $A_2^1 A_2^2 = B_2^1 B_2^2 = C_2^1 C_2^2$  рівні і паралельні один одному, то чотирикутники  $A_2^1 B_2^1 B_2^2 A_2^2$ ,  $B_2^1 C_2^1 C_2^2 B_2^2$  і  $C_2^1 A_2^1 A_2^2 C_2^2$  є паралелограми. Тому у трикутників  $A_2^1 B_2^1 C_2^1$  і  $A_2^2 B_2^2 C_2^2$  відповідні сторони рівні, і, отже, самі трикутники рівні один одному. Очевидно, що наведені міркування будуть справедливими і для будь-якої іншої геометричної фігури.

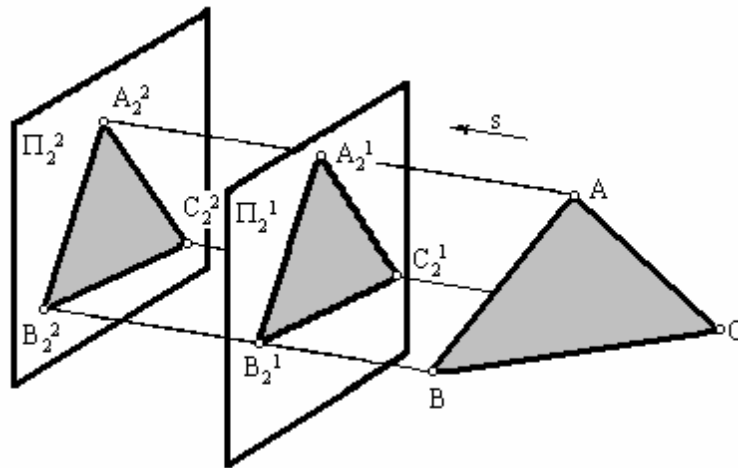


Рис. 36

Якщо поставити умову, щоб напрям проектування  $s$  було перпендикулярним до площини проекцій  $\Pi$ , то отримаємо так звану паралельну ортогональну проекцію або просто - ортогональну проекцію. У зв'язку з цим, до перерахованих вище властивостей додається ще одне.

7. Якщо напрям проектування  $s$  становить з площиною проекцій  $\Pi_2$  прямий кут, то довжина проекції відрізка дорівнює довжині самого відрізка, помноженої на  $\cos \delta$ , де  $\delta$  - кут нахилу відрізка до площини проекцій. Дійсно, якщо через точку  $B$  (рис. 37) провести відрізок  $BC$ , паралельний відрізку  $A_2 B_2$ , то з трикутника  $ABC$  отримаємо, що  $BC = AB \cos \delta$ . Але  $A_2 B_2 = BC$ , тому  $A_2 B_2 = AB \cos \delta$ .

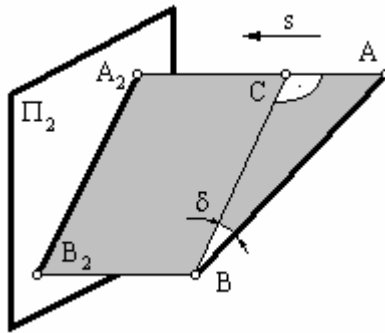


Рис. 37

З наведеного випливає, що якщо напрям проектування  $s$  становить з площиною проєкцій прямий кут, то відрізки прямих і відсіки площин, паралельних площині проєкцій, проєктуються на неї в істинну величину.

## 2.5. Просторова система координат

Оскільки побудова зображень виконується в просторі, то потрібно спочатку обумовити його властивості. Домовимося, що це буде евклідов простір. Під цим розуміють тривимірний простір, властивості якого описуються системою аксіом Евкліда. Нагадаємо їх у вигляді, який відображає приналежність елементів простору один одному:

1. Якщо точка  $A$  належить прямій  $a$ , а пряма  $a$  належить площині  $\Pi$ , то точка  $A$  належить площині  $\Pi$ .
2. Дві точки  $A$  і  $B$  завжди належать одній і тій же і тільки одній прямій  $a$  чи будь-якої прямої  $a$  належить, принаймні, дві точки  $A$  і  $B$ .
3. Три різних точки  $A$ ,  $B$  і  $C$ , які не належать одній прямій, належать одній і тій же і тільки одній площині.
4. Якщо дві точки  $A$  і  $B$ , які належать прямій  $a$ , належать площині  $\Pi$ , то пряма  $a$  належить площині  $\Pi$ .
5. Дві прямі, які належать одній площині, можуть належати одній точці, але цього може і не бути.
6. Дві площини можуть належати одній і тій же прямій, але цього може і не бути.

7. Площина і пряма, яка не належить їй, можуть належати одній точці, але цього може і не бути.

Паралельна ортогональна проекція з точки зору техніки побудови зображень має значні переваги перед іншими проекціями. Основним з них є простота побудови проекції по заданому оригіналу, тобто простота рішення прямої задачі. Але в той же час ця проекція має і суттєвий недолік: вона не дозволяє по заданій проекції однозначно відтворити (реконструювати) оригінал, тобто не дозволяє вирішувати зворотню задачу. Це пояснюється тим, що проекція точки не несе інформації про відстані самої точки від площини проекцій. Тому, щоб скористатися паралельною ортогональною проекцією, треба якимось чином компенсувати цей дефект методу проектування. Однією з таких можливостей є проектування об'єкта на кілька площин проекцій. Очевидно, що їх повинно бути якомога менше, але досить для однозначного відтворення по ним оригіналу. Цій вимозі відповідає наявність трьох проекцій оригіналу, розташованих у взаємно перпендикулярних площинах. А це призводить до висновку, що найбільш зручною буде прямокутна просторова система координат. При цьому логічно розташувати площини проекцій в просторі так, як це зручно спостерігачеві. Домовилися, що першою з них буде площина, на якій знаходиться спостерігач. Цю площину назвали горизонтальною і дали їй позначення  $\Pi_1$ . Іншу площину розмістили перед спостерігачем і назвали фронтальною ( $\Pi_2$ ), третю, профільну площину проекцій  $\Pi_3$ , розмістили праворуч спостерігача.

Перераховані площини проекцій взаємно перетинаються і утворюють просторову систему координат з початком в точці  $O$  (рис. 38). Площини проекцій, перетинаючись попарно, утворюють координатні осі: горизонтальна і фронтальна - вісь абсцис  $x$ , горизонтальна і профільна - вісь ординат  $y$ , фронтальна і профільна - вісь аплікват  $z$ . Позитивним для осі  $x$  домовилися вважати напрямок вліво від спостерігача, для осі  $y$  - до спостерігача, для осі  $z$  - вгору.



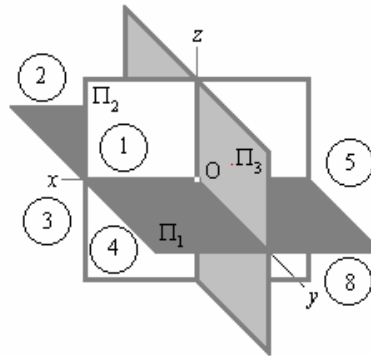


Рис. 38

Перетинаючись між собою, площини проекцій ділять простір на 8 частин, які отримали назву октантів. Нумерація октантів приведена на рис.38.

У ряді випадків можна обмежитися двома площинами проекцій (при цьому, як правило, виключають профільну площину проекцій). Тоді залишається реальною тільки одна координата вісь -  $x$  (рис. 39), а простір ділиться на 4 частини, які отримали назву чвертей. Їх нумерація збігається з нумерацією перших чотирьох октантів. Але оскільки положення точки в тривимірному просторі визначається трьома координатами, то початок системи координат вибирається довільно.

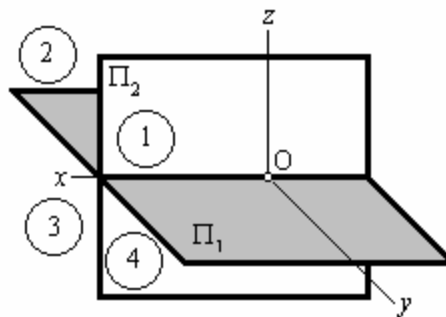


Рис. 39

У зв'язку з наявністю октантів або чвертей простору виникає питання, в якому з них доцільно розташовувати оригінал для побудови його проекцій? З конструкції паралельної ортогональної проекції слід, що техніка побудови проекцій не залежить від того, в якій частині простору розташований оригінал. Тому рішення поставленого питання залишається за виконавцем. У більшості випадків, виходячи зі зручності побудови, оригінал у своєму розпорядженні в першому октанті або першій чверті простору.

## 2.6. Комплексне креслення

Розглянемо процес побудови зображення. Спроекуємо заданий оригінал (рис. 40) на всі три площини проєкцій. Отримаємо горизонтальну, фронтальну та профільну проєкції оригіналу (рис. 41).

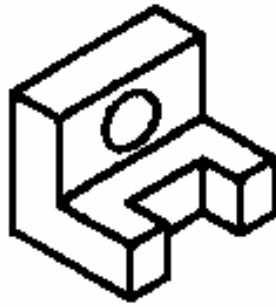


Рис. 40

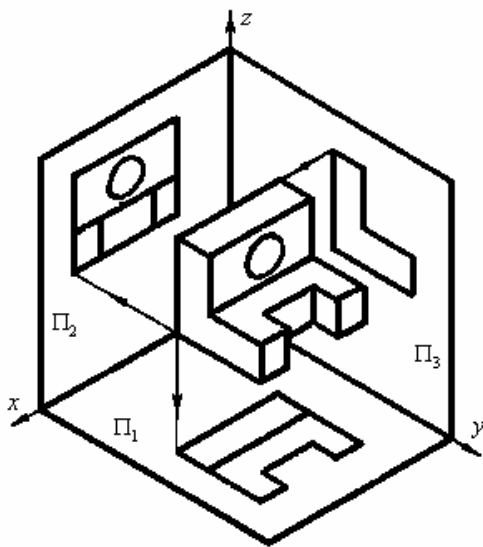


Рис. 41

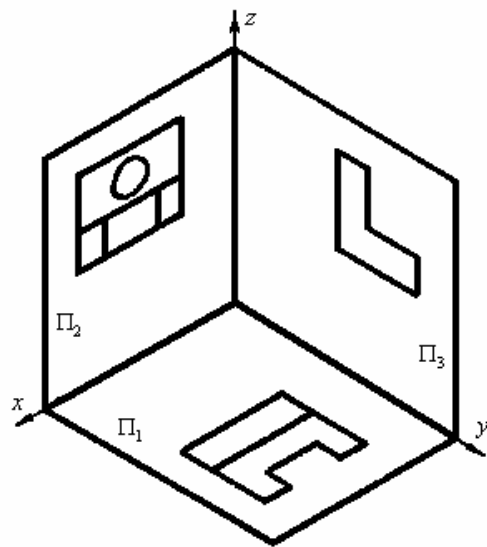


Рис. 42

Якщо зараз вилучити оригінал, то у нас залишиться його трьох картинне просторове креслення (рис. 42). Воно дає досить повне уявлення про оригінал, проте незручне для практичного використання. Тому його перетворюють в плоске креслення. Для цього просторове креслення подумки розрізають уздовж осі  $y$ , потім горизонтальну площину проєкцій  $\Pi_1$  повертають проти напрямку руху годинникової стрілки навколо осі  $x$ , а профільну площину проєкцій  $\Pi_3$  - у напрямку руху годинникової стрілки навколо осі  $z$  до

суміщення з продовженням фронтальній площині проєкцій (для спостерігача, що знаходиться на початку координат). В результаті утворюється плоске трьох картинне зображення (рис. 43), яке слід було б назвати *комплексним*. Однак в літературі за цим зображенням закріпилася назва комплексного креслення.

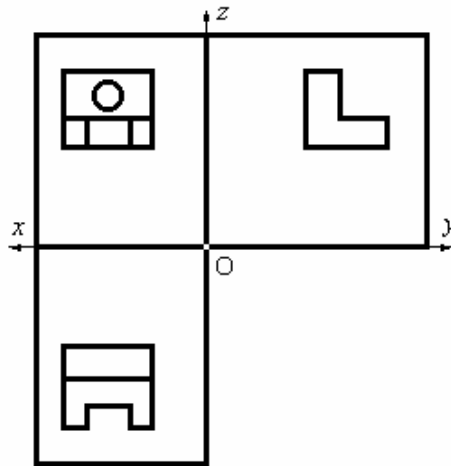


Рис. 43

Якщо оригінал наближати або віддаляти від площин проєкцій без зміни його орієнтації в просторі або, що одне і те ж, наближати або віддаляти від нього площині проєкцій, то це буде впливати тільки на відстань між проєкціями. Тому в загальному випадку можна відмовитися від зображення координатних осей на комплексному кресленні.

Однак якщо геометричний образ задати в координатній формі, то можна відразу побудувати всі проєкції оригіналу, так як кожна з них є плоскою геометричною фігурою, всі крапки якої визначаються однією і тією ж парою координат (рис. 43).

## 2.7. Перетворення комплексного креслення

У ряді випадків виникає необхідність в перетворенні заданого комплексного креслення в таке комплексне креслення, в якому деякі геометричні образи займали б приватне положення, що істотно спростило б вирішення завдань з їх участю. Це завдання можна вирішити методом допоміжного проектування (тобто проектуванням на деяку допоміжну площину проєкцій).

Нехай в системі основних площин проєкцій  $\Pi_1$ ;  $\Pi_2$  заданий деякий оригінал (рис. 44). Його грань ABCD проєкується на фронтальну площину проєкцій з спотворенням, а на горизонтальну - вироджується в пряму. Для того щоб ця грань проєктувалася на деяку площину проєкцій в натуральну величину, необхідно, щоб вона була паралельна згаданій межі. Тому паралельно заданій межі вводимо додаткову площину проєкцій  $\Pi_4$ . В результаті її перетину з горизонтальною площиною проєкцій  $\Pi_1$  утворюється нова координатна вісь  $s_{1,4}$ .

Якщо після проєкування на неї оригіналу додаткову площину проєкцій  $\Pi_4$  повернути навколо координатної осі  $s_{1,4}$  до суміщення з продовженням горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ , то ми отримаємо його комплексний креслення в системі площин проєкцій  $\Pi_1$ ;  $\Pi_4$  (рис. 45). Виконане перетворення рівноцінно «заміні» фронтальної проєкції оригіналу на додаткову проєкцію.

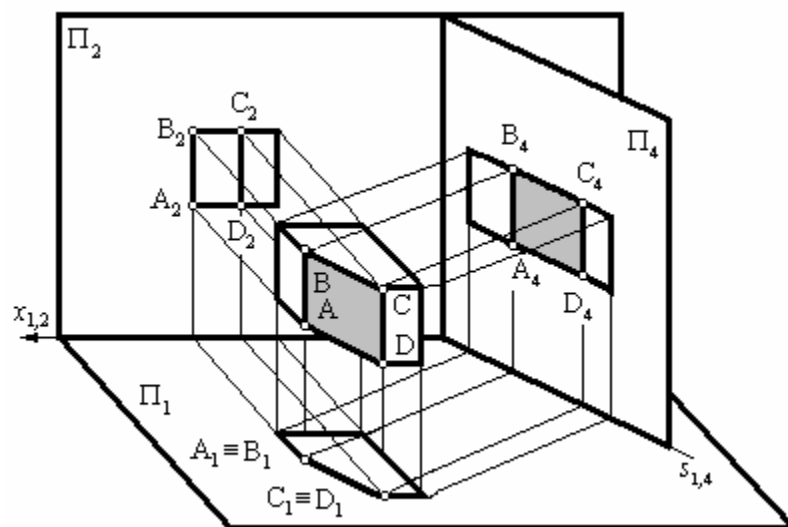


Рис. 44

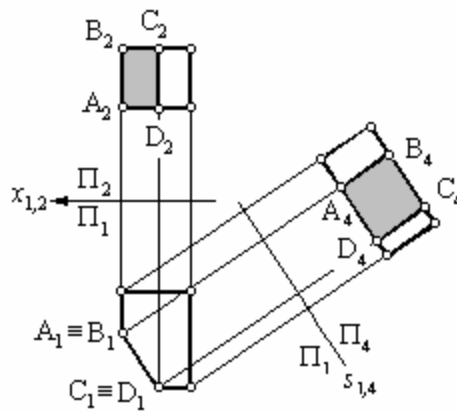


Рис. 45

Звідси і виникла назва способу перетворення - спосіб заміни площин проєкцій. Слід підкреслити, що це перетворення комплексного креслення стало можливим завдяки наявності однозначної відповідності між проєкціями оригіналу на основну  $\Pi_2$  і додаткову  $\Pi_4$  площині проєкцій, яке визначається перпендикулярністю додаткової площини проєкцій  $\Pi_4$  до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ . Таким чином, перпендикулярність додаткової площини проєкцій однією з основних площин є обов'язковою вимогою розглянутого способу перетворення.

### Контрольні питання.

Перерахуйте переваги і недоліки векторної графіки.

Формати векторної графіки ви знаєте?

Які два способи представлення зображень Ви знаєте?