

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького

Кафедра загальнотехнічних дисциплін

Конспект лекцій з навчальної дисципліни

«Інженерна та комп'ютерна графіка»

Розробила доцент Чохань М. І.

Львів 2023

Лекція 1

Предмет і метод нарисної геометрії та інженерної графіки

1.1 Методи проектування

Інженерна та комп'ютерна графіка відноситься до дисциплін, які складають основу загально-інженерної підготовки спеціалістів з вищою освітою.

Метою курсу інженерної та комп'ютерної графіки являється одержання знань, необхідних інженеру для втілення технічних думок з допомогою креслення, а також розуміння конструкції та принципу роботи представленого на кресленні технічного виробу.

Предметом інженерної та комп'ютерної графіки являється вміння будувати та читати креслення або графічні моделі геометричних фігур закладених в основу технічних виробів.

Курс інженерної та комп'ютерної графіки базується на теоретичних основах побудови зображень з використанням елементів нарисної геометрії та нормативів, викладених в стандартах на виконання креслень. Нарисна геометрія, як навчальна дисципліна є теорією відображення на площині фігур розташованих у просторі, та операцій над ними.

Методом нарисної геометрії є метод графічного відображення, суть якого полягає в тому, що кожній фігурі простору, яку називають прообразом, відповідає деяка фігура площини, що називається образом фігури.

Розглядаючи методи проектування необхідно ввести поняття проектування зображення, яке дало б змогу судити про форму і положення в просторі будь-якого предмета. Це зображення повинно володіти певними властивостями:

1. **Зворотність** – властивість зображення, що дозволяє однозначно відтворити дійсну форму, розміри предмета і його положення в просторі. Отже ця властивість дає можливість за зображенням виготовити предмет. Графічне зображення, що має властивість зворотності, називається кресленням.
2. **Наочність** – властивість зображення, яке викликає у спостерігача просторову уяву про предмет.
3. **Єдність умовностей**, які прийняті при виконанні зображень. Вони повинні бути такими, щоб кожен спеціаліст міг прочитати зображення, виконане іншою особою.

При викладанні матеріалу будемо дотримуватись таких позначень і символічних знаків:

1. Точки позначаються великими літерами латинського алфавіту без індексів – $A, B, C, \dots$, з індексами – $A_1, A_2 \dots A_n$ або цифрами – $1, 2, 3, \dots$
2. Прямі (і всі лінії) – позначаються рядковими літерами латинського алфавіту без індексів – $a, b, c, d, \dots$, а також з індексами $a_1, b_1, \dots a_n, b_n$.
3. Площини (поверхні) позначаються рядковими літерами грецького алфавіту -- $\alpha, \beta, \gamma, \dots$
4. Кути позначаються рядковими літерами грецького алфавіту $\alpha^\circ, \beta^\circ, \gamma^\circ, \dots$
5. Проекції геометричних елементів позначаються такими ж літерами, що й оригінали, з надписом цифр зверху з лівого від літери боку:
 - а) горизонтальна проекція – $^1A, ^1a, ^1\alpha, \dots$;
 - б) фронтальна проекція – $^2A, ^2a, ^2\alpha, \dots$;
 - в) профільна проекція – $^3A, ^3a, ^3\alpha, \dots$
6. Площини проекцій:
 - а) горизонтальна – $^1\Pi$
 - б) фронтальна – $^2\Pi$
 - в) профільна – $^3\Pi$
7. Аксиометричні проекції геометричних елементів позначаються тими ж літерами, що й оригінали з надписом цифри 0 з верхнього лівого боку літери:
 - а) аксиометричні проекції точок – $^0A, ^0B, ^0C, \dots$
 - б) аксиометричні проекції прямих (і ліній) – $^0a, ^0b, ^0c, \dots$
 - в) аксиометричні проекції площин (поверхонь) – $^0\alpha, ^0\beta, ^0\gamma, \dots$
8. Зв'язки між геометричними елементами:
 $\subset$ - належність, $\supset$ - включення, $\cup$ - дотик, $\parallel$ - паралельність, $\equiv$ - співпадання (тотожність)
9. Операції між геометричними елементами:
 $=$ - результат дії, $\cap$ - перетин, $\cup$ - з'єднання, $\cong$ - конгруентність, $\sim$ - подібність, $\underline{0}$ - мимобіжність, $\rightarrow$ - відображення, $\perp$ - прямий кут $\wedge$ - кон'юнкція (сполучник „і”), $\vee$ - диз'юнкція (сполучник “або”), $\Rightarrow$ - імплікація (логічний висновок “якщо ..., то”), $/$ - знак заперечення (ні)
10. Відстань між геометричними елементами позначають так: між точками A і B – AB , довжина відрізка AB – $[AB]$, відстань від точки A до площини α – $|A\alpha|$; відстань між площинами α і β – $[\alpha \beta]$,
11. Площину α . Задану точками A, B, C – $\alpha (\Delta ABC)$;
12. Невласні елементи простору (точки, прямі, площини) позначаються такими ж символами із знаком безмежності ∞ , який проставляється над символом. Наприклад: A невласна точка; l , невласна пряма; $\bar{l}$; $\infty \alpha$ невласна площина α .

13. Центри проектування на площини $^1\Pi$, $^2\Pi$, $^3\Pi$ позначаються відповідно 1S ; 2S ; 3S .
14. Аксонометричні осі позначаються 0x , 0y , 0z , початок аксонометричних осей – 00 .

Прийнято зображати точки у вигляді пустотілих кілець діаметром 2÷3 мм

У сучасній нарисній геометрії існує багато різних способів графічного відображення. Найбільш поширеним у креслярській практиці є відображення проєкціями та слідами.

Розглянемо відображення проєкціями (проєктування), яке здійснюється за допомогою фіксованих у просторі точки S (центра проєктування) та площини α (площини проєкцій).

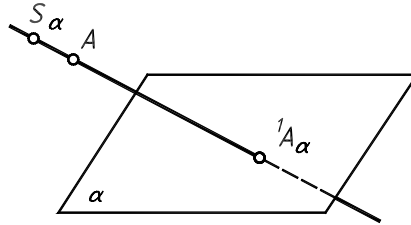


Рис. 1.1

Отже: A_α – проєкція точки A на площину α $A_\alpha = \alpha \cap SA_\alpha$ $S_\alpha - A_\alpha$ – проєктуючий промінь або проєктуюча пряма.

Проєкцію 1A деякої точки A з центра проєктування S_α на площину проєкцій α є точка перетину площини α з проєктуючим променем, який проходить через центр проєктування S_α і точку A (рис.1.1).

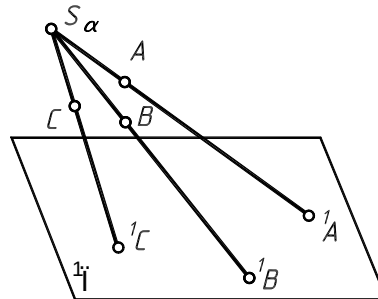


Рис. 1.2

Якщо в просторі виділити деяку точку – центр проєктування S_α і задати декілька точок, то вони разом з центром складуть декілька проєктуючих променів. Перетнувши ці промені площиною (площиною проєкцій), в перетині ми одержимо проєкції заданих точок (рис. 1.2).

Якщо центр проєктування перенести у безмежність, то проєктуючі промені стануть паралельні. Промені такого проєктування, яке називають паралельним, складають з площиною прямі (рис.1.3,а) або гострі (рис.1.3,б) кути. В залежності від цього розрізняють прямокутне (ортогональне) і косокутне проєктування.

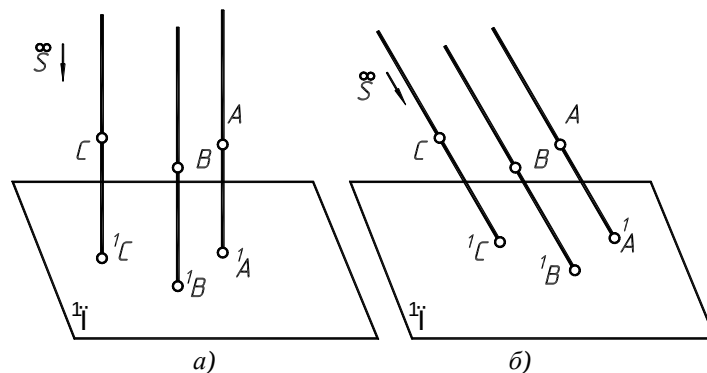


Рис. 1.3

У відповідності із способом проєктування проєкції називаються центральними, косокутними або прямокутними.

Центральні і паралельні проєкції характеризуються певними властивостями. Поскільки проєкцією точки є точка на площині проєкцій, то проєкцією прямої в загальному випадку є пряма, а проєкцією фігури на площину є множина проєкцій всіх її точок. Проєкцією прямої в загальному випадку є пряма.

Якщо задані центр проєктування і площина проєкцій, то проєкція точки простору визначається однозначно – це точка перетину проєктуючого променя з площиною проєкцій.

Зворотня задача – побудова точки в просторі за її центральною проєкцією, неоднозначна, так як в одну точку на площині проєкцій проєктується множина точок, які належать проєктуючому променю.

Для забезпечення зворотності креслення французьким вченим Гаспаром Монжем (1746-1818) було запропоновано метод, де використовувались два центри проєкцій. В методі Монжа площини проєкцій $^1\Pi$ і $^2\Pi$ взаємно

перпендикулярні, а центри проектування віддалені у безмежність по напрямках, перпендикулярних до площин проєкцій.

Креслення, яке складається з декількох (мінімум двох) зв'язаних між собою проєкцій зображеної фігури називається комплексним кресленням. Метод комплексного креслення в прямокутних проєкціях називається **методом Монжа**.

Відмітимо інваріантні (незмінні) властивості, які відповідні паралельному ортогональному проектуванню.

1. Проєкцією точки є точка;
2. Проєкцією прямої є пряма;
3. Якщо точка належить прямій, то її проєкція належить проєкції даної прямої;
4. Паралельні прямі проєктуються в паралельній проєкції прямих;
5. Якщо точка ділить відрізок прямої в деякому співвідношенні, то її проєкція ділить проєкції цього відрізка в такому – ж співвідношенні;
6. Проєкція точки перетину двох прямих являється точкою перетину проєкцій цих прямих.
7. Площа багатокутна фігура проєкується у фігуру з такою самою кількістю кутів.
8. При перенесенні плоскої фігури на паралельну площину її конфігурація не змінюється.

1.2 Проектування точки на дві площини проєкцій.

Розглядаючи оточуючий нас простір ми можемо прийти до висновку, що самим елементарним об'єктом його є точка. Для побудови проєкцій точки використовується метод Г. Монжа. Задамо дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій – горизонтальну $^1\Pi$, фронтальну $^2\Pi$, і точку A , яка не лежить в цих площинах (рис. 1.4.)

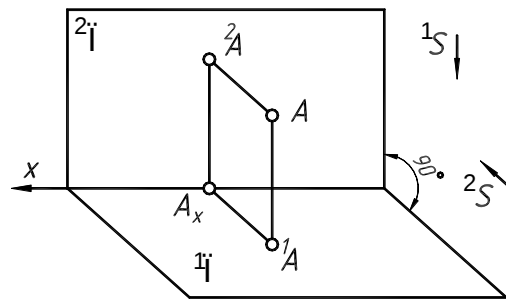


Рис. 1.4

Приймемо напрямок проектування $^1S \perp ^1\Pi$ і $^2S \perp ^2\Pi$. Щоб побудувати проєкцію точки A на $^1\Pi$ проведемо через точку проєктуючу пряму паралельно 1S і відмітимо точку 1A її перетину з цією площиною. Площину $^1\Pi$ назовемо горизонтальною площиною проєкцій, а точку 1A – горизонтальною проєкцією точки A .

Відповідно площину $^2\Pi$ назовемо фронтальною площиною проєкцій. Провівши пряму через точку A паралельно 2S до перетину з $^2\Pi$, одержимо фронтальну проєкцію точки A – 2A . Проєкції 1A і 2A одержані в результаті ортогонального (прямокутного) проектування, тому вони називаються ортогональними проєкціями.

Отже, використовуючи даний метод, ми можемо здійснити як пряму задачу (одержання проєкцій точок та відповідні площини проєкцій) так і зворотню – по двох проєкціях 1A і 2A Монжа визначити положення точки A в просторі.

Пряма x , по якій перетинаються площини $^1\Pi$ і $^2\Pi$ називається віссю проєкцій. Відрізок $A^1A \equiv ^2AA_x$ представляє собою відстань від точки A до площини $^2\Pi$. Таким чином, не маючи самої точки, а користуючись лише її двома проєкціями, ми можемо визначити, на якій відстані від кожної площини проєкцій знаходиться дана точка.

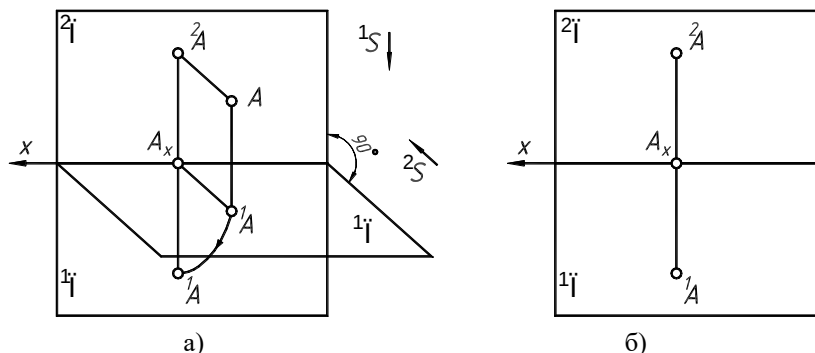


Рис. 1.5

Для перетворення просторового зображення точки в двох взаємоперпендикулярних площинах повернемо площину $^1\Pi$ навколо осі x до суміщення з площиною $^2\Pi$ (площиною креслення), як показано стрілками на Рис. 1.5,а. Разом з площиною $^1\Pi$ переміститься і точка 1A , а також всі інші точки поля проєкцій $^1\Pi$. В результаті (рис. 1.5,б) площина креслення несе в собі два поля проєкцій – $^1\Pi$ і $^2\Pi$, причому проєкції точки A – (1A і 2A) розміщені на загальному перпендикулярі до осі проєкцій. Такий перпендикуляр називається лінією зв'язку. В цьому випадку про точки 1A і 2A говорять, що вони розміщені в проєкційному зв'язку.

Креслення площина якого є носієм двох полів ортогональних проекцій, розміщених так, що лінія зв'язку перпендикулярна до осі проекцій називається комплексним кресленням або епюром.

Епюром точки називається креслення, на якому зображені дві ортогональні проекції точки, розміщені в проекційному зв'язку. Зображення на рис. 1.5,6 представляє собою епюр точки A . Відмітимо, що на епюрі не має самої точки, а дані тільки її проекції.

Положення точки відносно площин проекцій.

Точка не інцидентна ні одній з площин проекцій, називається точкою загального положення (точка A , рис. 1.5)

Розглянемо деякі випадки особливого положення точки. Точка $B \in {}^2\Pi$ (Рис.1.6,а), її фронтальна проекція 2B співпадає з самою точкою B (${}^2B \equiv B$) так як відстань від точки B до ${}^2\Pi$ дорівнює нулю то горизонтальна проекція 1B

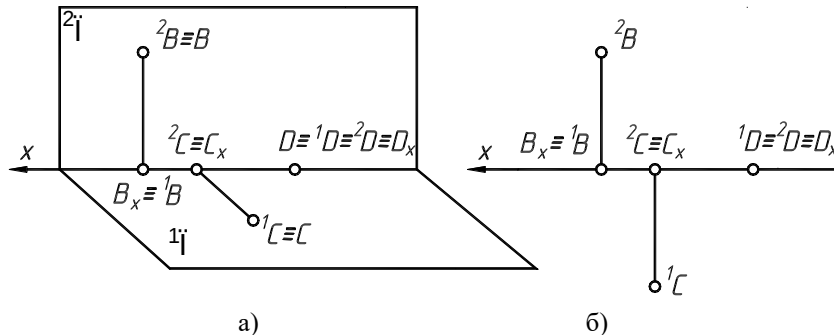


Рис.1.6

лежить на осі X і співпадає з B_x ($B \equiv {}^1B$). Точка $C \in {}^1\Pi$. Її горизонтальна проекція ${}^1C \equiv C$, фронтальна ${}^2C \equiv C_x$. Точка $D \in X$, тому $D \equiv {}^1D \equiv {}^2D \equiv D_x$. Епюр цих точок представлений на Рис. 1.6,б.

якщо точка рівновіддалена від площин ${}^1\Pi$ і ${}^2\Pi$, то вона лежить в площині бісектора яка ділить двугранний кут між площинами ${}^1\Pi$ і ${}^2\Pi$ наполовину. В цьому випадку ${}^2EE_x = {}^1EE_x$ (рис.1.7).

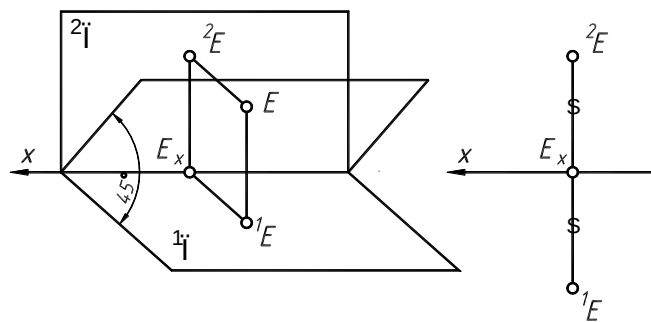


Рис.1.7

1.3 Проектування точки на три площини проекцій.

В багатьох випадках в креслярській практиці необхідно побудувати третю проекцію фігури. Для цього використовується ще одна площина проекцій ${}^3\Pi$, яка перпендикулярна ${}^1\Pi$ і ${}^2\Pi$. Цю площину називають профільною площиною проекцій. Лінія перетину ${}^1\Pi$ і ${}^2\Pi$ позначається літерою Y , а лінія перетину ${}^2\Pi$ і ${}^3\Pi$ – літерою Z (Рис.1.8).

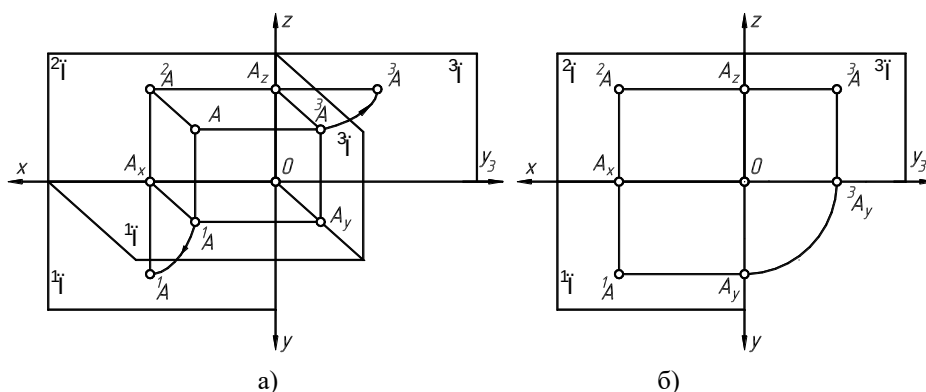


Рис. 1.8

Щоб побудувати профільну проекцію точки A необхідно через цю точку провести перпендикуляр до перетину з ${}^3\Pi$ і одержимо 3A . Щоб перейти до креслення, на якому всі три поля проекцій суміщені з однією площиною, повернемо площину ${}^3\Pi$ навколо осі Z , а ${}^1\Pi$ навколо осі X до суміщення з ${}^2\Pi$. Одночасно і перемістяться точки 1A і 3A (рис.1.8б). В результаті на кресленні ми одержимо три проекції точки A , площини ${}^1\Pi$, ${}^2\Pi$ і ${}^3\Pi$ осі X , Y , Z .

Позначення Y приведені на рис.1.8,а це вісь, яка належить площині ${}^1\Pi$; позначення Y_3 – це та ж вісь, яка належить площині ${}^3\Pi$. Точка 3A лежить на лінії зв'язку, яка перпендикулярна осі Z , точкою 2A . Точка 3A також знаходиться в проекційному зв'язку 1A .

Приймаючи, що осі проєкцій співпадають з осями прямокутних координат вважаємо, що додатні значення для X будуть в напрямку справа наліво (Рис.1.8,б), для осі Y на площині $^1\Pi$ зверху вниз, на площині $^3\Pi$ – зліва направо, вісь Z – знизу вверх.

Всі положення, які були розглянуті при проєктуванні точки на дві площини проєкцій, відповідають і для проєктування на три площини проєкцій.

Лекція 2

Відображення елементів простору.

2.1 Пряма

- Прямою називають траєкторію найкоротшої відстані між двома точками в просторі.
- Проєкції прямої також прямі.
- Визначник прямої – дві точки, тому й на епюрі пряма задається проєкціями двох точок.

Задамо в просторі точки A, B і спроектуємо їх на дві взаємно перпендикулярні площини. Виконаємо перетворення просторової моделі в плоске зображення.

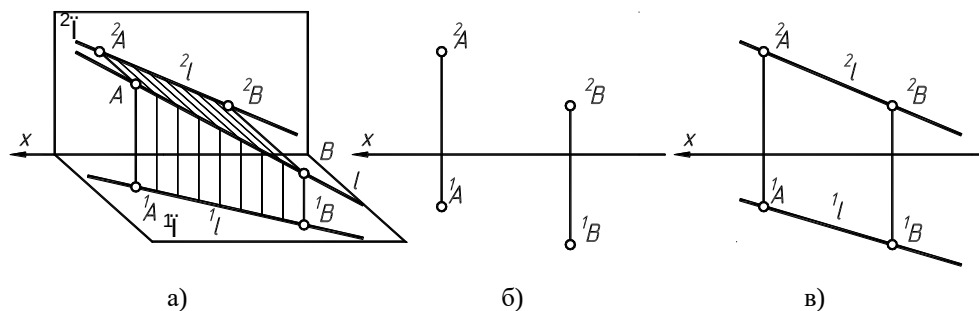


Рис.2.1

На рис. 2.1,а задані проєкції $^1A, ^2A$ і $^1B, ^2B$ двох точок A і B . Вони визначають положення деякої прямої AB . З'єднавши однойменні проєкції точок 1A і 1B , 2A і 2B , одержимо проєкції $^1A^1B$ і $^2A^2B$ прямої AB . На рис. 2.1,б зображені проєкції точок, а на рис. 2.1,в – проєкції прямої лінії l , що проходить через задані точки.

Отже, позначення прямої на епюрі може бути представлене двома точками, якщо зафіксований її відрізок, або однією літерою (рядковою літерою латинського алфавіту), якщо задано тільки положення прямої відносно площин проєкцій.

Прямі в просторі можуть займати різні положення. Розрізняють наступні положення прямих:

1. Прямі загального положення;
2. Прямі рівня;
3. Проектуючі прямі.

При русі точки по прямій загального положення усі координати точки змінні, по прямій рівня одна з координат постійна, по проектуючих прямих – дві координати постійні.

2.1.1 Пряма загального положення.

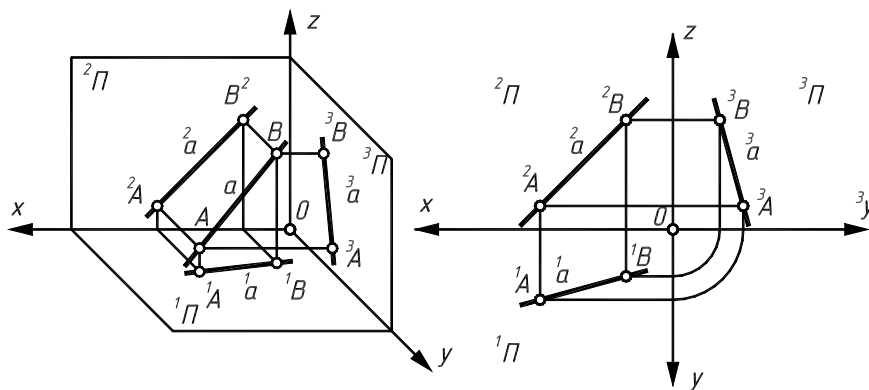


Рис. 2.2

На рис.2.2 представлена пряма a загального положення. Ні одна з проєкцій відрізка представленої прямої a не дорівнює натуральній величині відрізка AB . Пряма загального положення не паралельна і не перпендикулярна ні до однієї площини проєкцій.

2.1.2 Прямі рівня.

Якщо пряма паралельна одній з площин проекцій (перпендикулярна до однієї з осей), то така пряма називається прямою рівня. Назва цієї прямої співпадає з назвою площини, до якої вона паралельна.

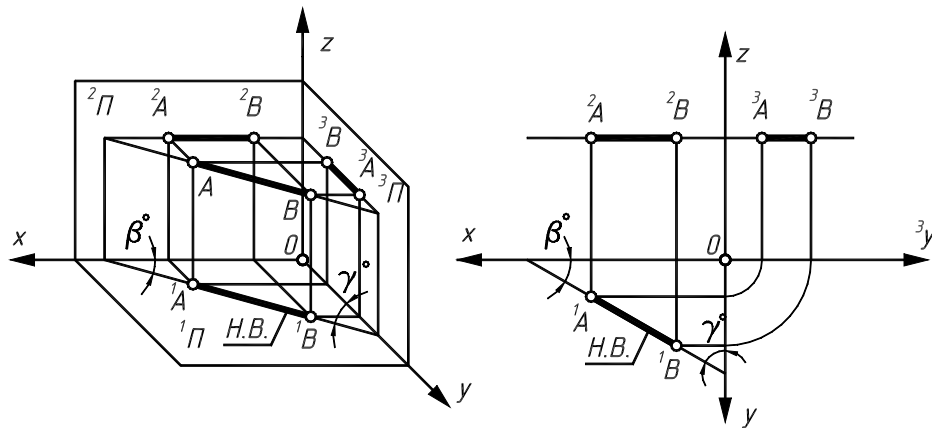


Рис. 2.3

На рис.2.3 представлені просторова модель і епюр горизонтальної прямої рівня. Всі точки цієї прямої знаходяться на однаковій відстані від горизонтальної площини проекцій. На горизонтальну площину проекцій відрізок AB прямої проектується в дійсну величину. Кут β° - це кут нахилу прямої до фронтальної площини проекцій, а кут γ° - це кут нахилу прямої до профільної площини проекцій.

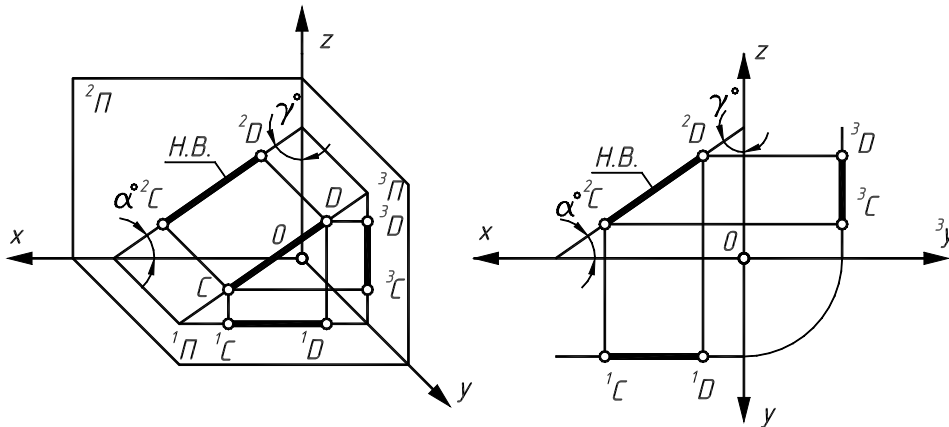


Рис. 2.4

На рис.2.4 представлені просторова модель і епюр фронтальної прямої рівня. Всі точки цієї прямої знаходяться на однаковій відстані від фронтальної площини проекцій. На фронтальну площину проекцій відрізок CD проектується в дійсну величину з кутами нахилу α - до горизонтальної площини проекцій і γ - до профільної.

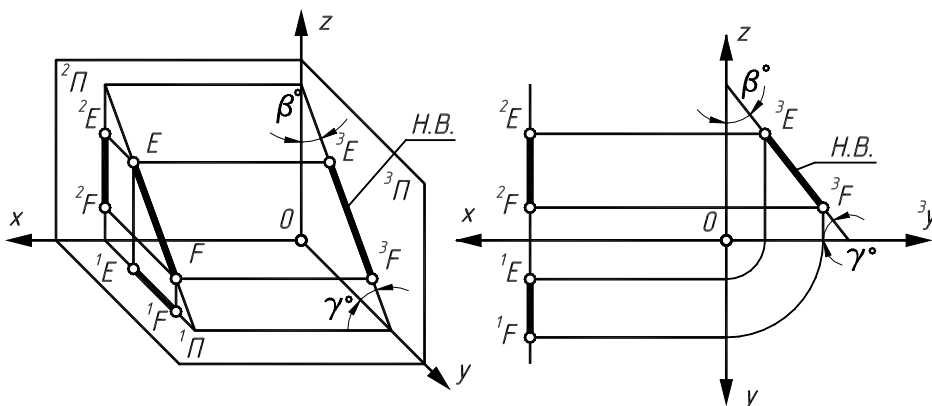


Рис. 2.5

На рис.2.5 представлені просторова модель і епюр профільної прямої рівня. Всі точки цієї прямої знаходяться на однаковій відстані від профільної площини проекцій. На профільну площину проекцій відрізок EF прямої проектується в дійсну величину, а кут α - це кут нахилу прямої EF до горизонтальної площини проекцій, кут β - це кут нахилу прямої EF до фронтальної площини проекцій.

Отже, знаючи особливості проектування прямих рівня, можна використовувати їх для розв'язування позиційних і метричних задач.

2.1.3 Проектуючі прямі

Проектуючі прямі – це прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій (паралельні одній осі). Такі прямі носять назву тої площини, до якої вони перпендикулярні: горизонтально-проєкціююча пряма, фронтально-проєкціююча пряма, профільно-проєкціююча пряма).

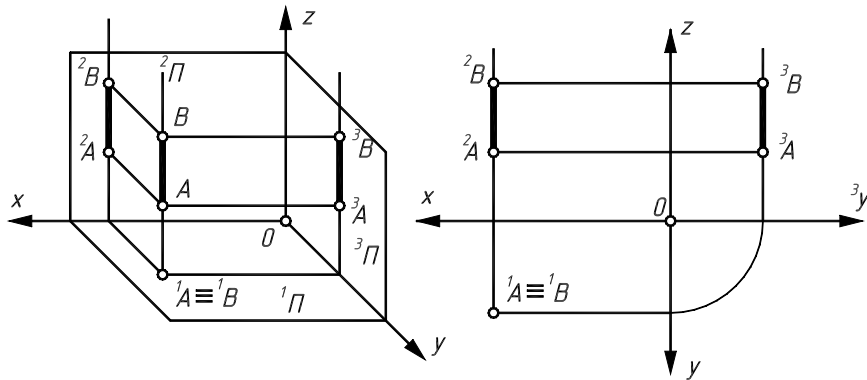


Рис. 2.6

На рис.2.6 представлена горизонтально-проєкціююча пряма (паралельна осі Oz). Ця пряма проєктується на горизонтальну площину в точку, а на фронтальну і профільну площини проєкцій – в лінію, паралельну осі Oz .

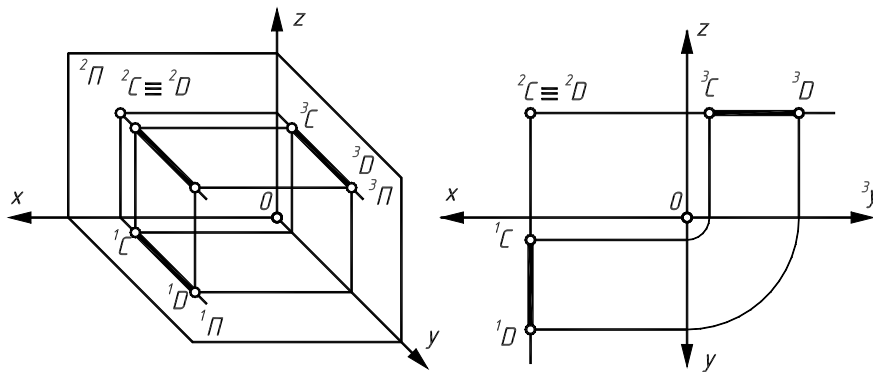


Рис. 2.7

На рис.2.7 представлена фронтально-проєкціююча пряма (паралельна осі Oy). Ця пряма проєктується в точку на фронтальну площину проєкцій, а на горизонтальну і профільну площини проєкцій – в лінію, паралельну осі Oy .

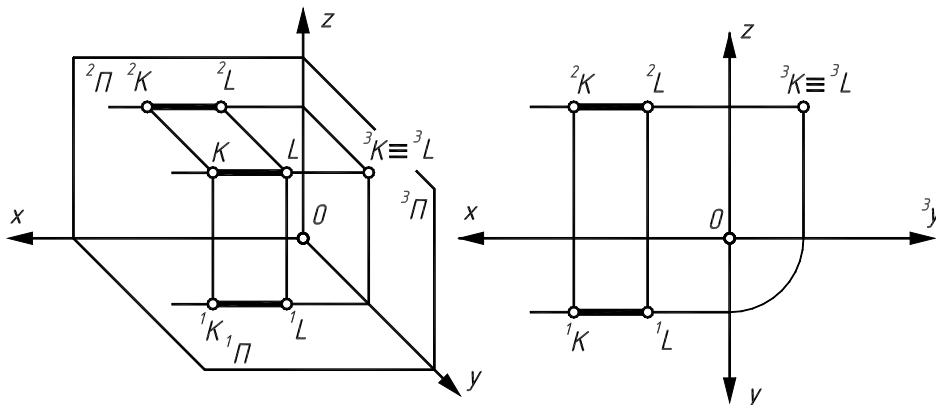


Рис. 2.8

На рис.2.8 подана профільно-проєкціююча пряма (паралельна осі Ox). Пряма проєктується в точку на профільну площину проєкцій, а її горизонтальна і фронтальна проєкції паралельні осі Ox .

Таким чином, розглянуті вище прямі складають другу групу прямих особливого положення, що дають змогу використовувати їх в наступних побудовах.

2.2 Площина

Із стереометрії відомо, що площина визначена, якщо відомі належні їй:

1. Три точки, що не належать одній прямій (рис. 2.9,а);
2. Пряма і точка, що не належить цій прямій (рис.2.9,б);
3. Дві прямі, що перетинаються (рис.2.9,в);

4. Дві паралельні прямі (рис.2.9,г);
5. Будь-яка плоска фігура, наприклад трикутник (рис.2.9,д,рис.2.9,е).

Таким чином, площина може бути заданою однією з перерахованих вище комбінацій елементів. Всі ці випадки задання площини рівноцінні, і можуть бути представлені як модифікація основного визначника площини – три точки, що не лежать на одній прямій.

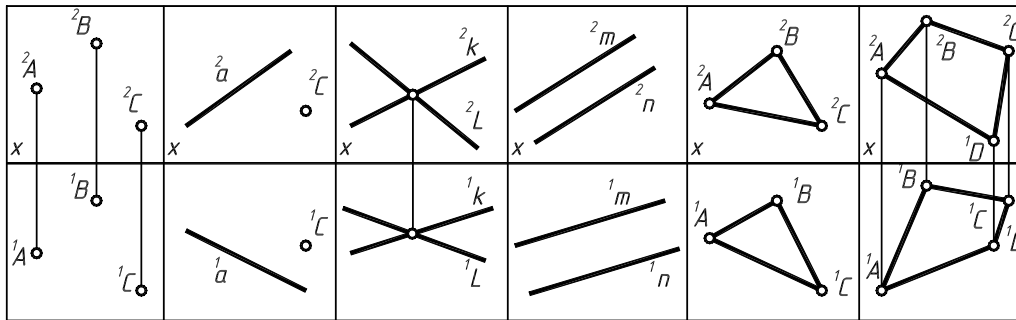


Рис. 2.9

Площина може бути задана також нульовими лініями рівня (рис. 2.10).

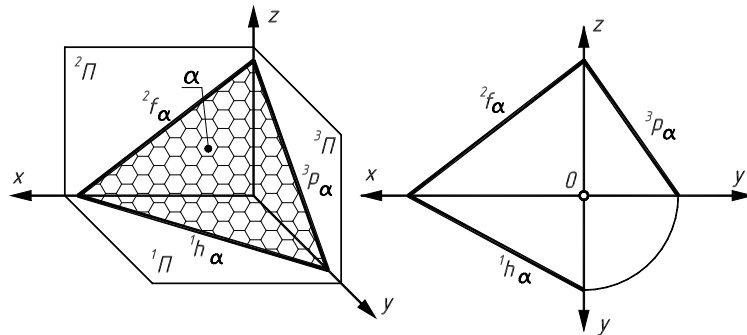


Рис. 2.10

Відносно площин проекцій площина може займати наступні положення:

1. Площина загального положення – це площина, не паралельна і не перпендикулярна до жодної з площин проекцій (рис.2.9-2.10).
2. Проекціююча площина – це площина, перпендикулярна тільки до однієї площини проекцій (рис.2.11-2.13).
3. Площина рівня – це площина, перпендикулярна до двох площин проекцій або паралельна одній площині проекції.

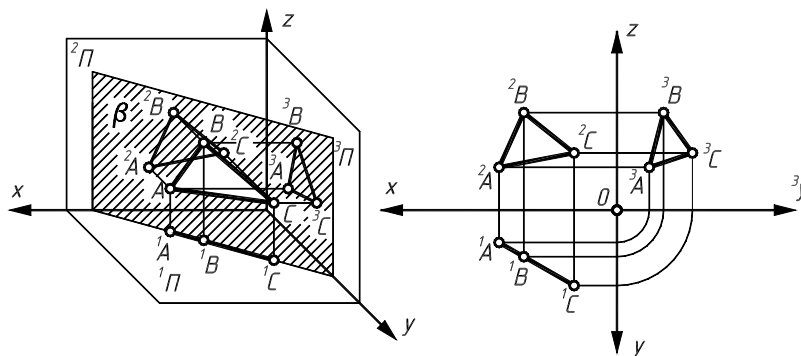


Рис. 2.11. Горизонтально-проектуюча площина

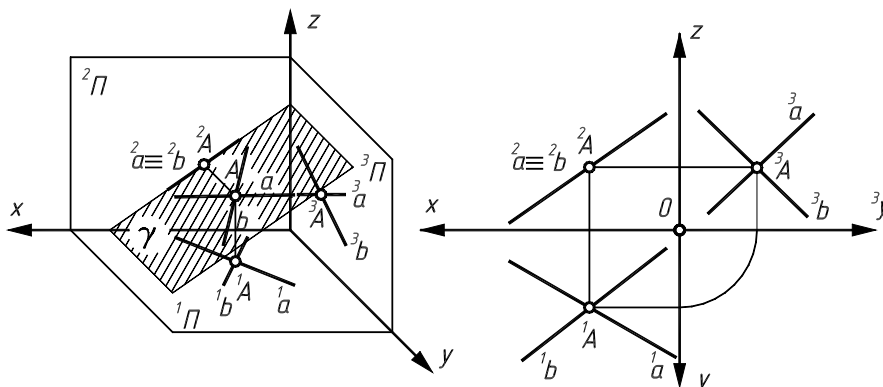


Рис. 2.12. Фронтально-проектуюча площина

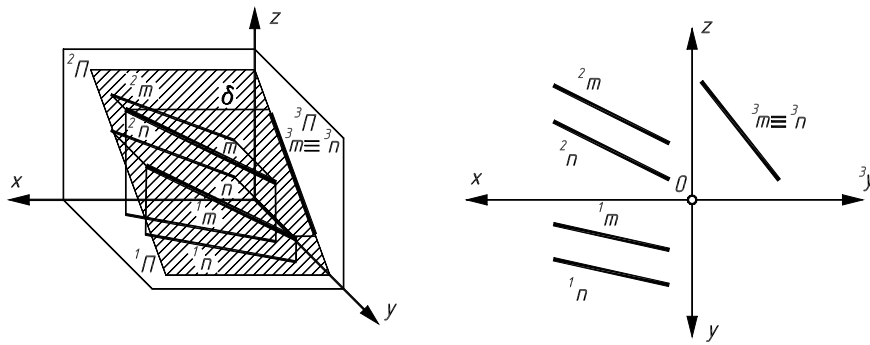


Рис. 2.13. Профільно-проектуюча площина.

Основні властивості проєктуючих площин наступні:

1. Горизонтально-проектуюча площина паралельна осі Oz і перпендикулярна 1Π ; фронтально-проектуюча площина паралельна осі Oy ; профільно-проектуюча площина паралельна осі Ox .
2. Розміри кутів, які проєктуючі площини утворюють з площинами проєкцій представлені на рис.2.11-2.13 і з площиною Π_1 це кут α° , з площиною Π_2 кут β° , з площиною Π_3 -кут γ° . Необхідно відмітити, в розглянутих площинах один з кутів прямий, а два інших в сумі складають 90° . Наприклад, для горизонтально-проектуючої площини $\beta^\circ + \gamma^\circ = 90^\circ$.
3. Фігура, яка належить проєктуючій площині, проєкується у відрізок прямої на площину проєкцій, до якої вона перпендикулярна.
4. Якщо проєктуюча площина задана трьома точками або двома прямими, то на одній із площин проєкцій ці точки знаходяться на одній прямій, а проєкції прямих співпадають.

На рис. 2.14-2.16 представлені площини рівня. Назва площини рівня співпадає з назвою площини проєкцій, до якої вона паралельна.

Площини рівня ще називають двічі проєктуючими площинами.

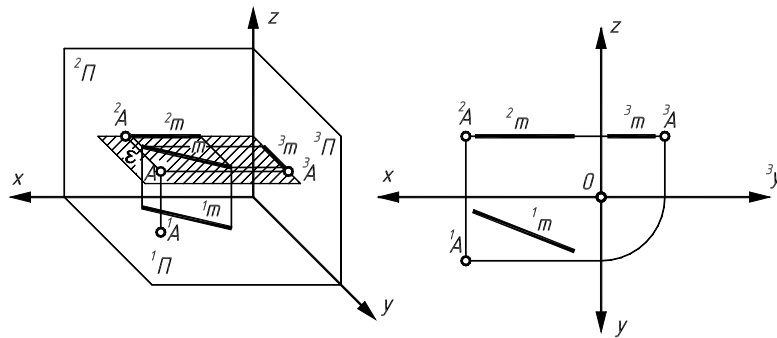


Рис. 2.14. Горизонтальна площина

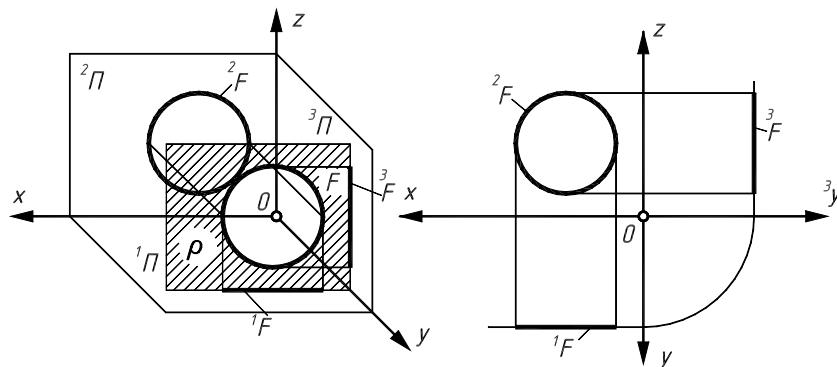


Рис. 2.15. Фронтальна площина

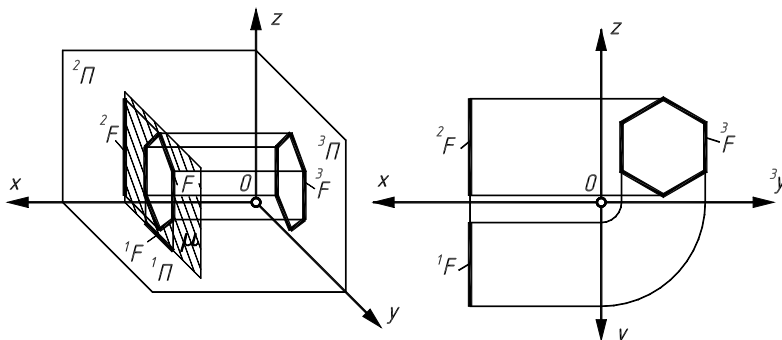


Рис. 2.16. Профільна площина.

Основні властивості площин рівня:

1. Горизонтальна площина рівня паралельна горизонтальній площині проєкцій і не має горизонтального сліду. Аналогічно фронтальна і профільна площини рівня не мають відповідно фронтального і профільного слідів.
2. Можна відмітити, що горизонтальна площина перпендикулярна до осі Oz , фронтальна перпендикулярна до осі Oy , а профільна перпендикулярна до осі Ox .
3. Кожна із розглянутих вище площин перпендикулярна зразу до двох площин проєкцій, по відношенню до яких вона одночасно являється проєктуючою.
4. Дві проєкції належної площини рівня фігури, являють проєкції відрізків прямих площин проєкцій, до яких ця фігура перпендикулярна. Третя проєкція являє дійсну величину фігури.
5. Якщо точка і пряма належать площині, паралельній площині проєкцій, то відстань від точки до прямої проєкується на цю площину без спотворення. Також без спотворення проєкується відстань між двома паралельними прямими чи кут між двома прямими, що перетинаються.

Лекція 3

Взаємозв'язок між елементами простору (належність, паралельність, перпендикулярність).

3.1 Належність точок прямим

Точка належить прямій, коли її одноіменні проєкції лежать на одноіменних проєкціях прямої і знаходяться у проєкційному зв'язку.

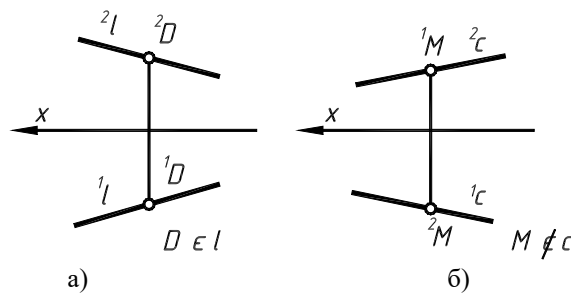


Рис. 3.1

Належність точки прямій загального положення достатньо перевірити на двох її проєкціях (рис. 3.1). Перевірку і побудову проєкцій точки, яка належить прямій рівня, необхідно проводити на таких двох проєкціях прямої, одна з яких – проєкція на паралельну прямій площину (рис. 3.2)

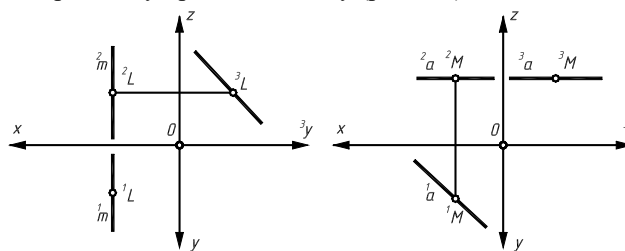


Рис. 3.2

3.2 Ділення відрізка точкою в даному співвідношенні.

За умовою завдання необхідно розділити відрізок AB точкою C у співвідношенні 3:5.

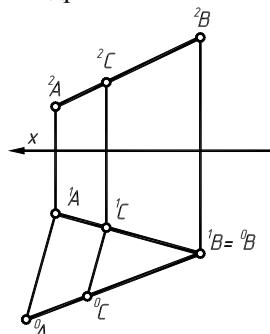


Рис. 3.3

На рисунку 3.3 точку 0C яка поділяє відрізок AB у співвідношенні 3:5, знаходимо за допомогою графічного ділення. Метод графічного ділення полягає в тому, що з проекції 1B проводимо лінію $^1B^0A$ рівну сумі долей співвідношення (тобто $3+5=8$). Лінію $^1B^0A$ проводимо в довільному напрямі. З'єднавши 0A з проекцією 1A , одержимо трикутник, в якому на стороні $^1B^0A$ за співвідношенням 3:5 (т. 0C) проведемо з точки 0C паралельний $^1A^0A$ відрізок $^0C^1C$. Другу проекцію тобто 2C , знаходимо по інцидентності (належності) точки прямій.

3.3 Взаємозв'язок між графічними параметрами прямої.

3.3.1 Визначення натуральної величини прямої і кутів нахилу прямої до площин проекцій.

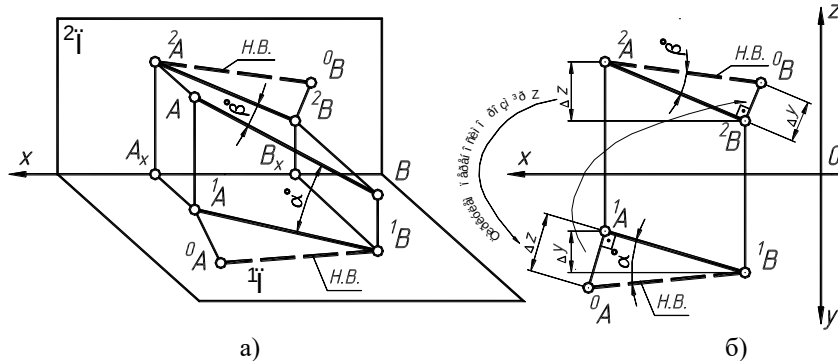


Рис. 3.4

На рис.3.4. задана пряма загального положення. На просторовому зображенні (рис 3.4а) відрізок AB натуральна величина прямої. Це гіпотенуза прямокутного трикутника, одним катетом якого слугує проекція прямої, а другим катетом різниця ΔZ координат точок $\Delta Z = Z_B - Z_A$. Таким чином, на горизонтальній проекції, побудувавши прямокутний трикутник з вищеназваними катетами ми одержимо проекцію натуральної величини відрізка AB у площині 1П . Кут нахилу прямої до 1П (це кут α° між даною прямою), і її горизонтальною проекцією.

На рис.3.4б представлений епюр відрізка AB прямої. На цьому показано спосіб побудови натуральної величини відрізка AB і кутів нахилу відрізка до горизонтальної (α°) і фронтальної (β°) площин проекцій. Для побудови натуральної величини відрізка AB на горизонтальній площині проекцій 1П використовуємо перевищення точки B над точкою A - $\Delta Z = Z_A - Z_B$, а на фронтальній площині проекцій 2П - використовуємо перевищення $\Delta y = y_B - y_A$. Кут між горизонтальною проекцією і натуральною величиною відрізка AB - це кут α° , нахилу прямої до горизонтальної площини проекцій, а кут між фронтальною проекцією і натуральною величиною відрізка AB - це кут β° нахилу до фронтальної площини проекцій.

3.3.2 Взаємне положення двох прямих

Прямі в просторі можуть займати різні положення - перетинатися, бути паралельними або мимобіжними.

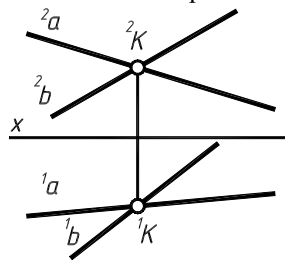


Рис. 3.5

Якщо прямі перетинаються в просторі, то на епюрі (рис. 3.5) перетинаються їх однойменні проекції. Проекції точок перетину прямих знаходяться у проекційному зв'язку. $a \cap b \Rightarrow 1a \cap 1b \wedge 2a \cap 2b, a \cap b \Rightarrow K$.

Якщо одна з прямих, що перетинаються являється лінією рівня, то перевірка перетину прямих проводиться у цій площині проекцій, до якої лінія рівня паралельна, або з допомогою ділення відрізка в даному співвідношенні.

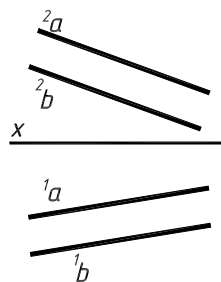


Рис. 3.6

Якщо прямі в просторі паралельні між собою, то на епюрі (рис.3.6) їх однойменні проекції також паралельні.

$$a // b \Rightarrow {}^1a // {}^1b \wedge {}^2a // {}^2b.$$

Перевірку прямих загального положення на паралельність достатньо провести на двох проекціях. Паралельність прямих рівня, перевіряють на тій площині проекцій, до якої ці прямі паралельні.

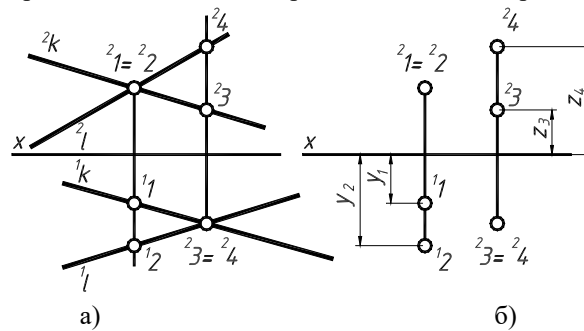


Рис. 3.7

Якщо прямі не паралельні і не перетинаються то вони мимобіжні (рис. 3.7,а). Співставлення координат (рис. 3.7,б) характеризує видимість однієї прямої відносно іншої.

Фронтальні проекції точок 1 і 2 співпадають. Координата $y_2 > y_1$. Отже, фронтальна проекція 2l прямої видима. Горизонтальні проекції точок 3 і 4 співпадають. Координата $z_4 > z_3$. Отже, горизонтальна проекція 1l прямої видима.

Просторовий чотирикутник, який утворюється двома парами мимобіжних прямих (гіперболічних параболічних) крило вітряка – площини другого порядку. Така площина широко використовується для апроксимації криволінійних поверхонь в авіаційній суднобудівній та автомобільній промисловостях.

3.4. Лінії площини.

Пряма належить площині, якщо дві довільні точки прямої належать цій площині.

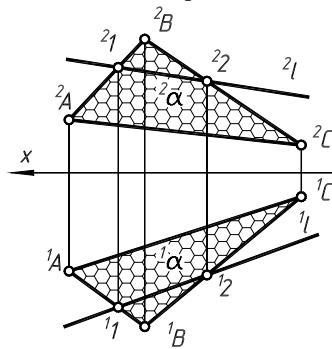


Рис. 3.8

Пряма l належить площині $\alpha(\Delta ABC)$, тому що вона проходить через точки 1, 2, що належать цій площині:
 $l \in \Delta ABC \Rightarrow 1 \in AB \wedge 2 \in BC.$

Серед прямих, які належать площині, виділимо два класи прямих, які відіграють роль при розв'язуванні задач – це горизонталі і фронталі площини.

Горизонталь – це лінія, що належить площині і паралельна горизонтальній площині проекцій (рис.3.9).

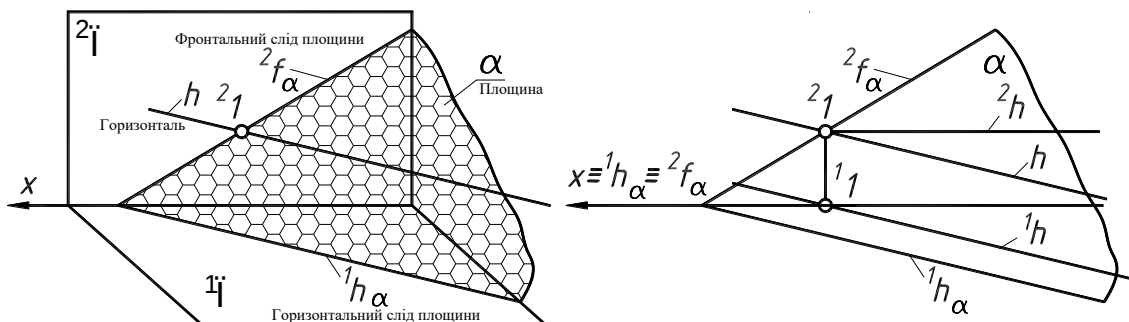


Рис. 3.9

Фронтальна проекція 2h горизонталі паралельна осі Ox . Площина має безліч горизонталей. Всі горизонталі площини паралельні між собою.

Фронталь площини – f називається пряма, яка належить площині і паралельна фронтальній площині проекцій (рис. 3.10)

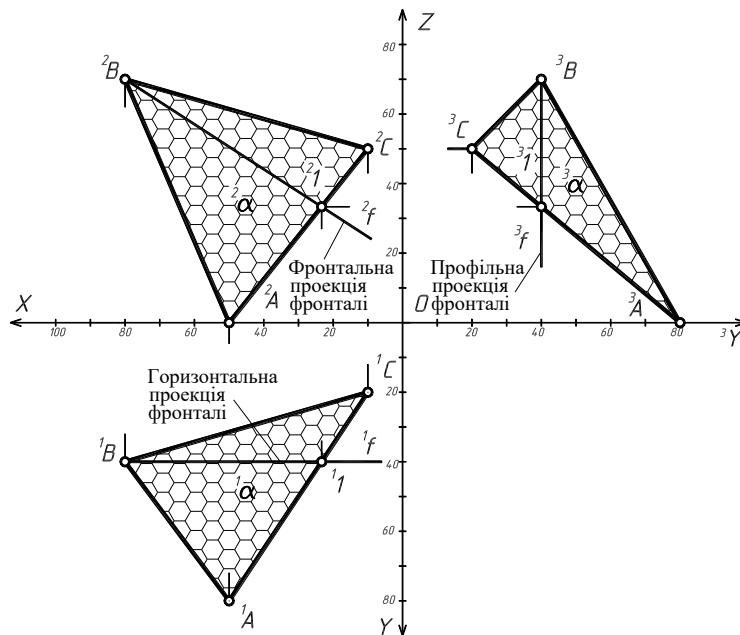


Рис. 3.10

Горизонтальна проекція $1f$ фронталі паралельна осі Ox . Площина має безліч фронталей. Всі фронталі площини взаємно паралельні.

3.5 Належність точок і прямих площинам.

Точка належить площині, якщо вона належить прямій, цієї площини.

Пряма належить площині, якщо вона має з площиною щонайменше дві спільні точки.

Нехай задана горизонтальна проекція $1A$ точки A , яка належить площині α ($a \parallel b$). Побудуємо фронтальну проекцію $2A$ цієї точки.

Через горизонтальну проекцію $1A$ точки A проведемо горизонтальну проекцію $1l$ довільної прямої l , яка належить площині α . Побудуємо фронтальну проекцію $2l$ цієї прямої за належністю точок 1 і 2 прямої l площині α . Провівши через горизонтальну проекцію $1A$ точки A лінію проєкційного зв'язку до перетину з фронтальною проекцією $2l$ прямої l , знайдемо положення фронтальної проекції $2A$ точки A .

Якщо нам необхідно побудувати точку A , яка належить площині α , то необхідно попередньо в цій площині провести яку-небудь пряму і на ній побудувати точку (рис.3.11).

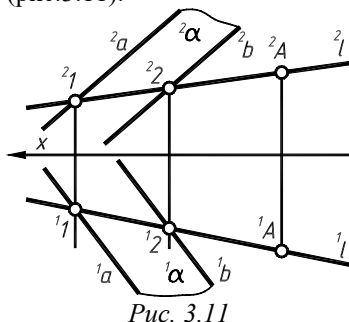


Рис. 3.11

Перевірку належності точки площині проводять, провівши через точку пряму. Якщо ця пряма належить площині, то точка також належить площині.

3.6. Взаємне положення прямих і площин.

Взаємне положення прямої і площини визначається з наступним алгоритмом:

1. Через пряму і площину проводимо допоміжну площину.
2. Будуємо лінію перетину допоміжної площини і заданої площини.
3. Аналізуємо взаємне положення заданої прямої і лінії перетину.
Встановлюємо один із трьох можливих випадків
 - а) пряма належить площині
 - б) пряма паралельна площині
 - в) пряма перетинає площину

3.6.1 Лінія перетину двох площин.

Отже алгоритм полягає у побудові лінії перетину двох площин. Розглянемо спосіб такої побудови.

Лінію перетину двох площин задають дві точки, або одна точка і напрямок. Отже для побудови лінії перетину двох площин необхідно використати площину посередник і знайти лінію її перетину з кожною площиною (рис.3.12).

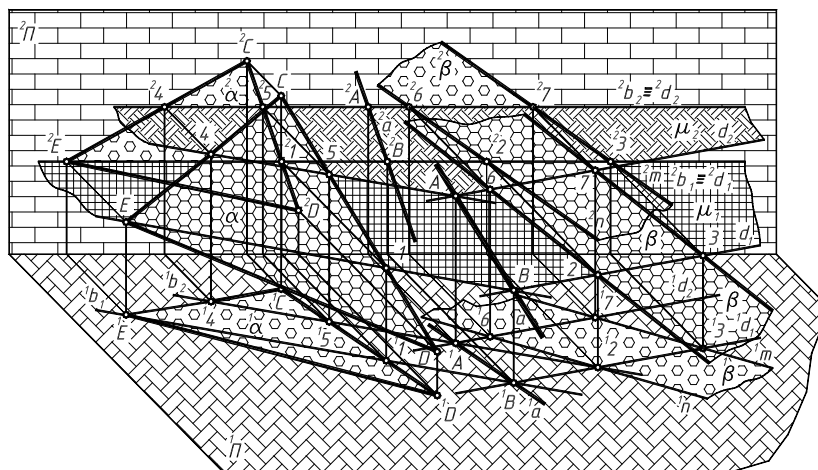


Рис. 3.12

Побудова лінії перетину двох площин, на комплексному кресленні представлено на рис. 3.13

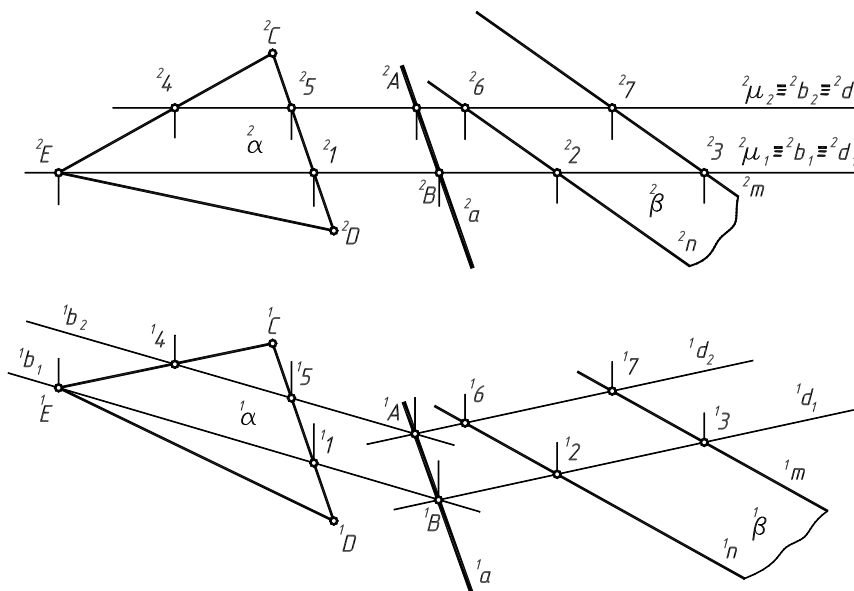


Рис. 3.13

Дано: $\alpha = \triangle CDE; \beta = n // m$
 $? a(AB) = \alpha \cap \beta$

1. $\mu_1 \dots \mu_n$	$\left. \begin{array}{l} 6. \mu_2 \dots \mu_n \\ 7. \mu_2 \cap \alpha = b_1 \\ 8. \mu_2 \cap \beta = d_2 \\ 9. b \cap d = B \\ 10. B \in a \end{array} \right\}$
2. $\mu_1 \cap \alpha = b_1$	
3. $\mu_1 \cap \beta = d_1$	
4. $b \cap d = A$	
5. $A \in a$	

3.6.2 Паралельність прямої площині.

Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна прямій, яка належить площині, або коли в площині можна провести пряму, паралельну цій площині (рис. 3.14).

Дано: $\alpha(\triangle ABC), m.E$
 $? l \in E // \alpha$

$l // \alpha \Rightarrow l // {}^1B^1C \wedge l // {}^2C^2B.$

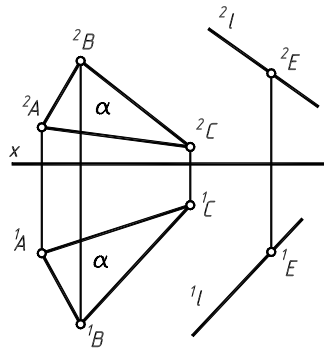


Рис. 3.14

Слід відмітити, що при побудові паралельної площини прямої на комплексному кресленні, однойменні проекції повинні бути паралельні між собою. Тобто в даному випадку якщо ми через т. E проводимо пряму паралельну α то l паралельна $^1B^1C^1$ і 2l повинна бути паралельна $^2B^2C^2$.

3.6.3 Прямі, перпендикулярні до площини.

З курсу стереометрії відомо, що пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна до двох прямих, що перетинаються і належать площині. Пряма буде перпендикулярна до іншої прямої, якщо пряма належить площині, перпендикулярній до іншої прямої.

Для того, щоб побудувати перпендикуляр до площини на комплексному кресленні, необхідно використати правило проектування прямого кута (рис.3.15). Якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проекцій, а друга сторона не перпендикулярна до площини проекцій, то на цю площину проекцій прямий кут проекціюється в дійсну величину.

Поєднавши це правило з лініями рівня площини, ми завжди можемо провести перпендикуляр до горизонталі і фронталі, так як вони являються проекціями однієї із сторін прямого кута.

Лінії рівня площини паралельні площинам проекцій, тому їх використовують при побудові перпендикуляра до площини.

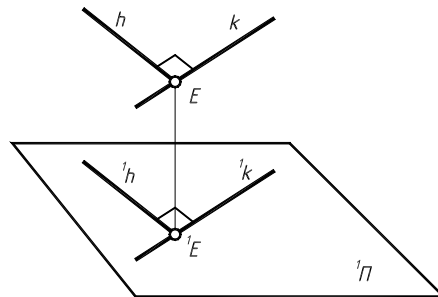


Рис. 3.15

Лінії рівня площини паралельні площинам проекцій, тому їх використовують при побудові перпендикуляра до площини. Отже, щоб побудувати перпендикуляр до площини, необхідно побудувати в площині горизонталь і фронталь у площині і опустити перпендикуляр до горизонтальної проекції горизонталі і фронтальної проекції фронталі.

(рис. 3.16).

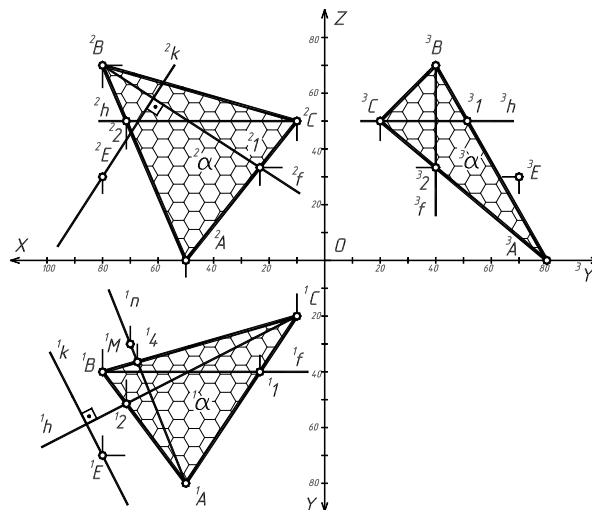


Рис. 3.16

З креслення видно, щоб побудувати горизонтальну проекцію горизонталі 1h ми будемо не що інше як сторону прямого кута. Аналогічно із фронтальною проекцією фронталі 2f .

Лекція 4

Поверхні

4.1 Утворення та задання поверхонь.

Поверхня в геометрії визначається як двопараметрична множина точок простору, тобто множина точок простору, координати яких є диференційованими функціями двох параметрів. Це визначення дозволяє розглянути поверхню як неперервну множину послідовних положень змінної лінії – твірної, що рухається в просторі за певним правилом, або перетин твірної (у всіх її послідовних положеннях), з деякими фіксованими лініями, які називаємо напрямними.

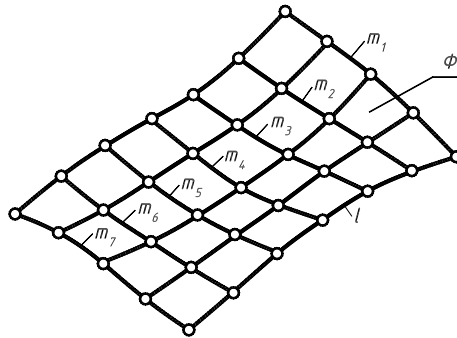


Рис. 4.1

В нарисній геометрії користуються головним чином кінематичним способом утворення поверхонь. На поверхні Φ можливо в загальному випадку провести два типи сімейства ліній l та m , яким будуть задовольняти наступні умови:

- ніжкі дві лінії одного сімейства не перетинаються між собою.
- кожна лінія одного сімейства перетинає всі лінії другого.

На рис. 4.1 поверхня Φ утворена рухом твірної l по нерухомих напрямним m . Твірні та напрямні можуть мінятися місцями.

З великої кількості поверхонь оточуючого нас простору ми будемо розглядати два класи, поверхні обертання і гранні поверхні.

Поверхнею обертання називається поверхня, яка описується якою-небудь лінією (прямою, кривою) твірною при її обертанні навколо нерухомої осі.

Визначник поверхні обертання: 1. Нерухома пряма – вісь обертання; твірна - пряма або крива лінія. 2. Твірна обертається навколо осі так, щоб кожна точка твірної здійснила повний оберт.

Щоб викреслити складну деталь, треба навчитись будувати прості геометричні фігури, форми яких складають деталі: призми, циліндри, сфери, конуси, піраміди. Проектування геометричних тіл заключається не тільки в побудові за заданими розмірами проєкцій цих тіл, але і в умінні провести повний аналіз креслення, тобто вказати ребро, вершини, грані, визначити взаємне розміщення цих елементів, знайти видимі і невидимі частини фігури, визначити проєкції точок, які лежать на поверхні тіла, тощо.

Положення точки, яка лежить на поверхні задана, якщо відома одна її проєкція і вказано, на якій частині поверхні (видимої або невидимої) точка розміщена. Якщо немає вказівок, вважають, що точка розміщена на видимій частині поверхні.

Щоб побудувати недостаючі проєкції точки яка лежить на поверхні, необхідно: 1) визначити вид поверхні (проектуюча або загального положення) на якій лежить задана точка; 2) вибрати графічно просту для побудови на кресленні лінію поверхні яка б проходила через задану точку; 3) побудувати проєкції цієї лінії на кресленні; 4) побудувати шукані на кресленні задані точки.

Будь-яка лінія являє собою сукупність точок, тому побудова проєкцій лінії, розміщеної на поверхні, зводиться до побудови проєкцій декількох точок, які належать цій лінії.

Розглянемо деякі поверхні, утворені обертанням прямої лінії.

4.2 Відображення поверхонь. Точки на поверхнях

4.2.1 Циліндр.

Циліндром називається тіло, обмежене циліндричною поверхнею і двома паралельними площинами (основами). Прямим називається циліндр, в якого твірні перпендикулярні до основи рис. 4.2,а. Проводячи аналіз креслення циліндра можна відмітити, що верхня основа циліндра паралельна площині $^1\Pi$, нижня основа належить $^1\Pi$.

Бокова циліндрична поверхня – горизонтально – проектуюча. На $^1\Pi$ вона проектується в коло. Твірні даної поверхні (позначені як a, b, c, d) являються горизонтально-проектуючими прямими.

Розглянемо аксонометричне зображення циліндра (рис. 4.2,б) на горизонтальній проекції видимою буде верхня основа циліндра. На фронтальній проекції видимою буде передня частина циліндра (до площини δ). Площина δ умовно поділяє зображення циліндра на фронтальній площині проекцій на видиму і невидиму частини. Площина ε розділяє поверхню циліндра на видиму і невидиму частини на профільній площині проекцій. $^3\Pi$. Всі точки, що знаходяться зліва від даної площини на профільній площині $^3\Pi$ будуть видимі, а точки, що знаходяться справа – невидимі. Невидимі точки на комплексному кресленні зображуються в круглих дужках (точка E на рис. 4.2,е).

Побудова всіх проекцій точок здійснюється з допомогою ліній зв'язку по відповідних координатах. Яку б точку ми не взяли на поверхні циліндра, горизонтальна проекція цієї точки буде знаходитись на основі циліндра, тобто на колі.

Розглянемо декілька прикладів знаходження проекцій точок.

1. **Задано:** точка A на фронтальній проекції належить твірній a та верхній основі α . У символічному записі - $^2A \subset ^2a \subset ^2\alpha$ (рис. 4.2,в).

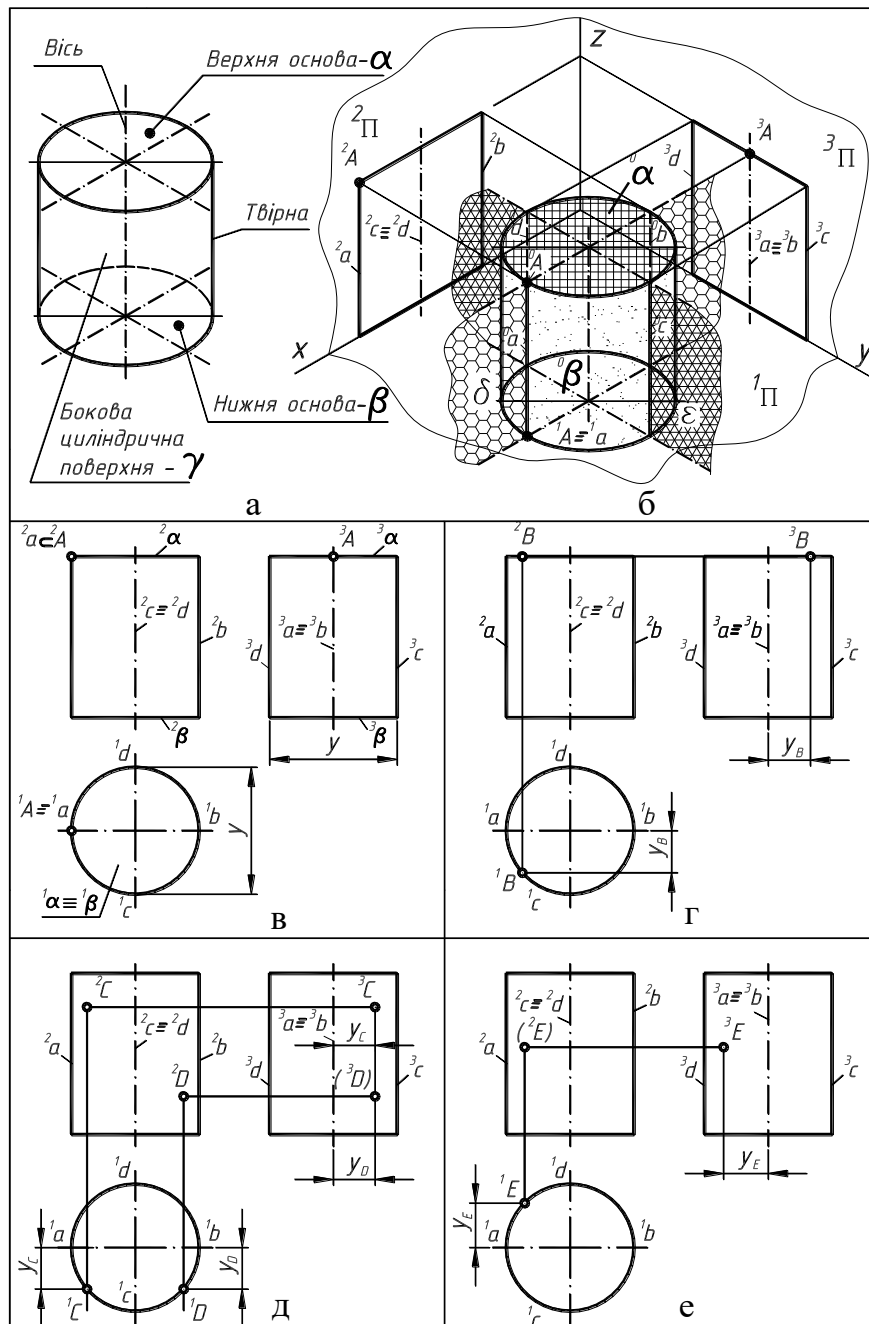


Рис. 4.2

Креслення: проекція точки 1A на горизонтальній площині співпадає із проекцією твірної $^1A \equiv ^1a$. Проекція точки 3A на профільній площині проекцій співпадає із профільною проекцією твірної 3a та належить верхній основі -

$^3\alpha$ (твірна - a належить фронтальній площині γ , що проходить через вісь симетрії (див. рис. 4.2, б) тому на профільній площині не викреслюється).

2. **Задано:** точка B на фронтальній проекції належить верхній основі α та боковій поверхні γ . У символічному записі - $^2B \subset \alpha^2 \subset ^2\gamma$ (рис. 4.2,г).

Креслення: проекція 1B на горизонтальній площині видима і знаходиться на колі основи. Проекція 3B на профільній площині проекцій видима належить верхній основі - $^3\alpha$ і знаходиться вправо від осі симетрії на відстані u_B

3. **Задано:** на фронтальній проекції точка C належить боковій поверхні γ . У символічному записі - $^2C \subset ^2\gamma$ (рис. 4.2,д).

Креслення: проекція 1C на горизонтальній площині видима і знаходиться на колі основи. Проекція 3C на профільній площині проекцій видима і знаходиться від проекції 2C по горизонтальній лінії з'вязку вправо від осі симетрії на відстані u_C

4. **Задано:** на фронтальній проекції точка D належить боковій поверхні γ . У символічному записі - $^2D \subset ^2\gamma$ (рис. 4.2,д).

Креслення: проекція 1D на горизонтальній площині видима і знаходиться на колі основи. Проекція 3D на профільній площині проекцій невидима і знаходиться від проекції 2D по горизонтальній лінії з'вязку вправо від осі симетрії на відстані u_D

5. **Задано:** невидима на фронтальній проекції точка E належить боковій поверхні γ . У символічному записі - $^2E \subset ^2\gamma$ (рис. 4.2,е).

Креслення: проекція 1E на горизонтальній площині видима і знаходиться на колі основи. Проекція 3E на профільній площині проекцій невидима і знаходиться від проекції 2E по горизонтальній лінії з'вязку вліво від осі симетрії на відстані u_E

4.2.2 Сфера.

Сферична поверхня може бути одержана шляхом обертання кола навколо осі, яка лежить в площині кола і проходить через його центр. Рис. 4.3,а.

Проекції контуру сфери на епюрі представляють собою кола які зображені на рис. 4.3,б. Довільний перетин сфери площиною рівня (горизонтальна, фронтальна, профільна) утворює коло і воно проектується без спотворення на відповідну площину проекцій.

Горизонтальна площина проходить через центр сфери і ділить її на дві рівні частини. Коло, що утворюється в перетині, називається екватор. Верхня половина сфери дає видимі точки на горизонтальній проекції (точки D і E на рис. 4.3,г), а нижня – невидимі.

Фронтальна площина також ділить сферу на дві рівні частини. Коло, що утворюється в перетині, називається головний меридіан. Точки, які знаходяться попереду цієї площини на фронтальній проекції видимі (точка F на рис. 4.3,д), які позаду – невидимі (точка G на рис. 4.3,д).

Ще одне коло одержимо як січення профільною площиною. Коло, що утворюється в перетині, називається профільний меридіан. Точки будуть видимі на профільній проекції, тоді коли вони будуть з лівої сторони від цієї січної площини (точки F і G на рис. 4.3,д), і невидимі, коли вони будуть справа (точки H і I на рис. 4.3,е).

Розглянемо декілька прикладів знаходження проекцій точок.

1. **Задано:** точка A на фронтальній проекції знаходиться в перетині головного фронтального та профільного меридіанів. У символічному записі - $^2A \subset ^2b \cap ^2c$ (рис. 4.3,в). (Аналогічно можна провести аналіз побудови точки B , що знаходиться в перетині екватора та профільного меридіана та аналіз побудови точки C що знаходиться в перетині екватора та головного меридіана)

Креслення: проекція точки 1A на горизонтальній площині буде знаходитись в перетині головного фронтального та профільного меридіанів- $^1A \subset ^1b \cap ^1c$. Проекція точки 3A на профільній площині буде знаходитись в перетині головного фронтального та профільного меридіанів- $^3A \subset ^3b \cap ^3c$.

Аналогічно можна провести аналіз побудови точки B , що знаходиться в перетині екватора та профільного меридіана та аналіз побудови точки C що знаходиться в перетині екватора та головного меридіана (рис. 4.3,в)

2. **Задано:** точка D на фронтальній проекції належить головному (фронтальному) меридіану. У символічному записі - $^2D \subset ^2b$ (рис. 4.2,г).

Креслення: проекція точки 1D на горизонтальній площині буде знаходитись на перетині вертикальної лінії з'вязку і осової лінії, а саме належати головному меридіану - $^1D \subset ^1b$. Координата точки D по осі OX визначається колом радіусом - $R1$ утвореним в горизонтальній площині.

Аналогічно можна провести аналіз побудови точки E , (рис. 4.3,г) її проекція на горизонтальній площині визначається екватором сфери- $^1E \subset ^1a$, фронтальна проекція буде знаходитись на перетині вертикальної лінії з'вязку і осової лінії - $^2E \subset ^2b$. Координата точки E на профільній проекції визначається колом радіусом - $R3$ утвореним в профільній площині.

3. **Задано:** точка F - видима та точка G - невидима на фронтальній проекції. У символічному записі - $^2F \equiv ^2G$ (рис. 4.3,д).

Креслення: проекції точок 1F і 1G на горизонтальній площині будуть знаходитись на колі радіусом - $R1$, його радіус визначено з фронтальної площини проекцій. Проекції точок 3F і 3G на профільній площині будуть знаходитись на колі радіусом - $R3$, його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

4. **Задано:** точка H - видима та точка I - невидима на горизонтальній проекції. У символічному записі - $^2H \equiv ^2I$ (рис. 4.3,е).

Креслення: проекції точок 2H і 2I на горизонтальній площині будуть знаходитись на колі радіусом – R_2 , його радіус визначено з фронтальної площини проекцій. Проекції точок 3F і 3G на профільній площині будуть знаходитись на колі радіусом – R_3 , його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

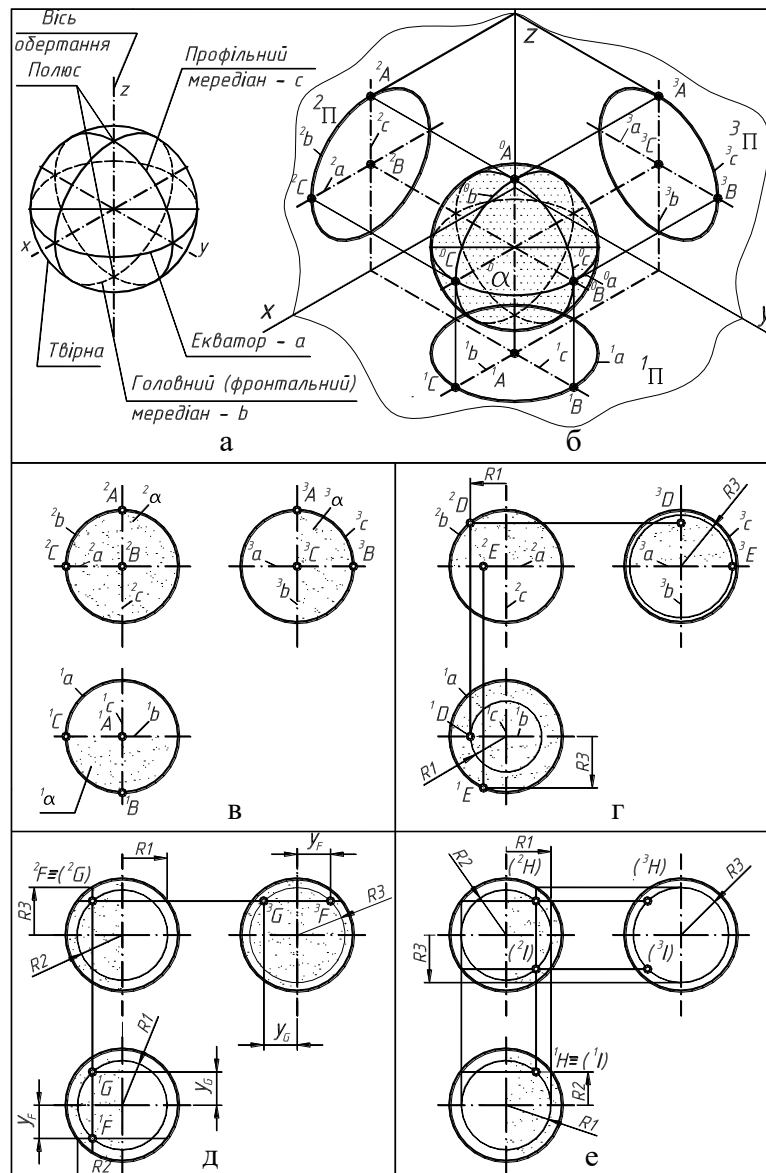


Рис. 4.3

4.2.3 Конус.

Конус – геометричне тіло, обмежене боковою конічною поверхнею - β і площиною основи - α , що перетинає всі його твірні. Основа конуса лежить в площині $^1\Pi$. Прямим круговим називається конус, у якого основа є коло, а висота проходить через центр основи. Бічна поверхня прямого конуса утворена твірними які проходять через загальну точку S - вершину конуса (див.рис 4.4,а). На рис. 4.4,б зображено проекції конуса на площини проекцій.

Твірні a, b є окреслюючими по відношенню до $^2\Pi$, вони лежать у фронтальній площині. Твірні c, d – окреслюючі по відношенню до площини проекцій $^3\Pi$, знаходяться в профільній площині (рис. 4.4,в). Всі інші твірні конуса - прямі загального положення і на епюрі не зображуються.

Проекції точок, які лежать на основі конуса, знаходять на інших площинах проекцій за допомогою ліній зв'язку.

Розглянемо декілька прикладів знаходження проекцій точок.

1.Задано: проекція точки - 2C належить основі конуса (рис. 4.4,г).

Креслення: проекції точки - 1C на горизонтальній площині знайдемо на колі основи, а проекцію точки - 3C на профільній площині знайдемо на відстані Y_C в напрямку додатніх значень осі координат – Y .

2.Задано: точки – 1D і 1E , що належать окреслюючим твірним - $^1d, ^1c$ конуса (рис. 4.4,д).

Необхідно: Побудувати проекції точок. Вказати їх видимість.

Аналіз: На горизонтальній проекції видимою буде вся бічна поверхня конуса. Фронтальні окреслюючі твірні $^2a, ^2e$ ділять бічну поверхню конуса на передню - видиму і задню - невидиму (по відношенню до $^2\Pi$ – рис. 4.4.д). Профільні окреслюючі твірні - $^3d, ^3c$ ліву видиму і праву невидимі частини (по відношенню до $^3\Pi$, рис. 4.4. д).

Креслення: Проведемо горизонтальну площину - $^2\gamma$ через фронтальну проекцію точки - (^2D) – невидима, та горизонтальну площину - $^2\delta$ через фронтальну проекцію точки - 2E . Побудуємо коло радіусом - R1 в площині $^1\gamma$ та коло радіусом - R2 в площині - $^2\delta$ на горизонтальній площині проєкцій. Проекції точок - 1D і 1E на горизонтальній площині знайдемо в перетині кіл радіусами R1 та R2 з горизонтальною проєкцією окреслюючих твірних - 1d , 1c . Профільні проєкції точок - 3D і 3E знаходяться в перетині горизонтальних ліній зв'язку від фронтальних проєкцій точок - 2D і 2E та профільних проєкцій окреслюючих твірних - 3d та 3c .

3. **Задано:** точка - 2F , що належить конічній поверхні (рис. 4.4,е).

Креслення: Проведемо горизонтальну площину - $^2\epsilon$ через фронтальну проєкцію точки - 2F . Побудуємо коло радіусом - R1 в цій площині на горизонтальній проєкції. Горизонтальну проєкцію точки - 1F знайдемо в перетині цього кола і вертикальної лінії зв'язку від фронтальної проєкції точки - 2F . Профільну проєкцію точки - 3F знайдемо в площині - $^3\epsilon$ на відстані Y_F в напрямку додатніх значень осі координат - Y.

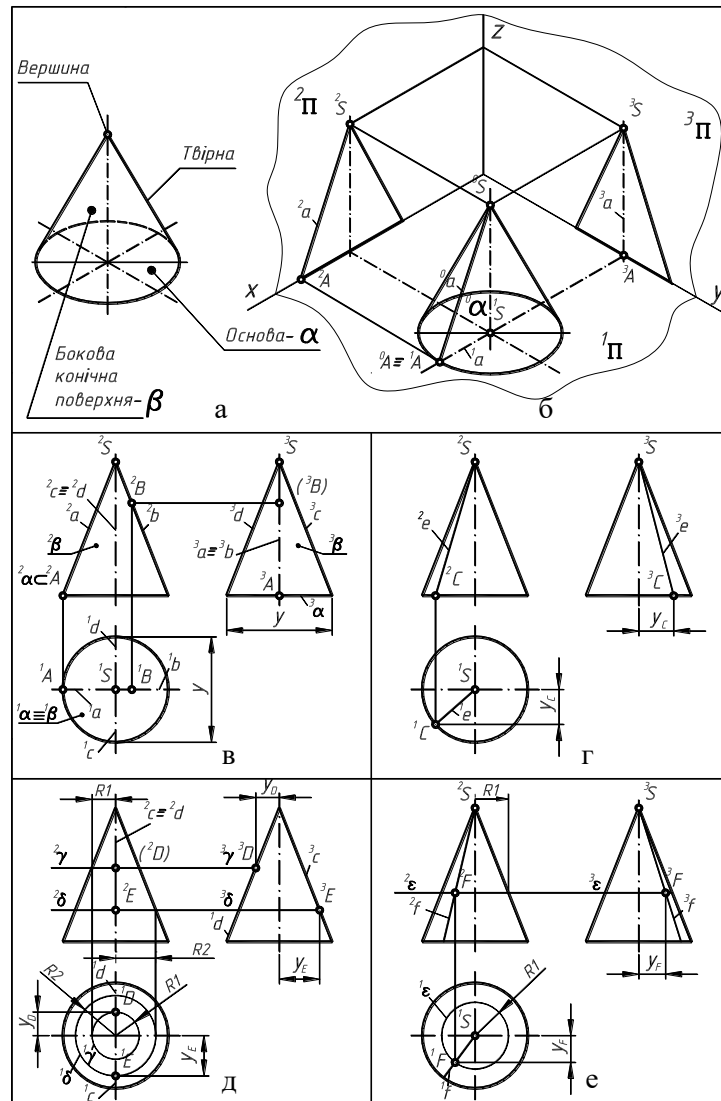


Рис. 4.4

4.2.4 Призма.

Призма – многогранник, утворений перетином призматичної поверхні двома паралельними площинами - α і β . На рис.4.5,а зображені проєкції призми і її деяких складових елементів. Елементами призм вважають: вершини (точки), ребра (прямі), грані (площини). Призму називають прямою, якщо бокові ребра її перпендикулярні до основи. Призму називають правильною, якщо в основі її лежить правильний многокутник. Аксонометричне зображення призми наведено на рис. 4.5,б.

Призма, яку зображено на рис.4.5,в має 6 граней, 2 основи, 18 ребер (із них 6 бокових - а, b, c, d, e, f), 12 вершин. Верхня основа паралельна горизонтальній площині проєкцій 1П нижня – належить 1П . Грані BCMK, FEOT – фронтальні площини. На 3П кожна з них проєктується в лінію – слід площини. Інші грані – горизонтально-проєктуючі площини. Ребра основи – горизонтальні лінії рівня. На горизонтальній проєкції видимою буде верхня основа призми. На фронтальній проєкції видимі грані ABKL, BCMK, CDNM, інші – невидимі. На профільній проєкції видимі грані – ABKL, AFTL, інші – невидимі.

Комплексне креслення правильної призми слід починати з горизонтальної проекції. Побудову всіх проекцій точок на боковій поверхні призми здійснюють за допомогою ліній зв'язку по відповідних координатах. Яку б точку ми не взяли на боковій поверхні призми, горизонтальна проекція цієї точки буде знаходитись в основі призми.

Розглянемо декілька прикладів знаходження проекцій точок.

1. **Задано:** проекція точки – 2P належить грані $ABKL$ (площина – γ , див.рис. 4.5,г).

Креслення: горизонтальна проекція точки – 1P знаходиться в основі призми на ребрі – $^1K^1L$. Профільну проекцію точки – 3P знаходимо на горизонтальній лінії зв'язку, яку проводимо від фронтальної проекції точки – 2P , на відстані Y_P в напрямку додатніх значень осі координат – Y .

2. **Задано:** проекція точки – 2S належить грані $CDNM$ (площина – δ , див.рис. 4.5,д).

Аналіз: грань $CDNM$ видима на горизонтальній, фронтальній та невидима на профільній проекціях (див. рис.4.5,б), аналогічно позначимо проекції точки – $^1S, ^2S$ і 3S .

Креслення: горизонтальна проекція точки – 1S знаходиться в основі призми на ребрі – $^1N^1M$. Профільну проекцію точки – 3P знаходимо на горизонтальній лінії зв'язку, яку проводимо від фронтальної проекції точки – 2P , на відстані Y_S в напрямку додатніх значень осі координат – Y .

3. **Задано:** проекція точки – 2I належить грані $BCMK$ (площина – $^2\epsilon$, див.рис. 4.5,е).

Аналіз: грань $BCMK$ – фронтальна площина.

Креслення: горизонтальна проекція точки – 1I знаходиться в основі призми на ребрі – $^1K^1M$. Профільну проекцію точки – 3I знаходимо по горизонтальній лінії зв'язку на проекції грані $BCMK$ (площина – $^3\epsilon$).

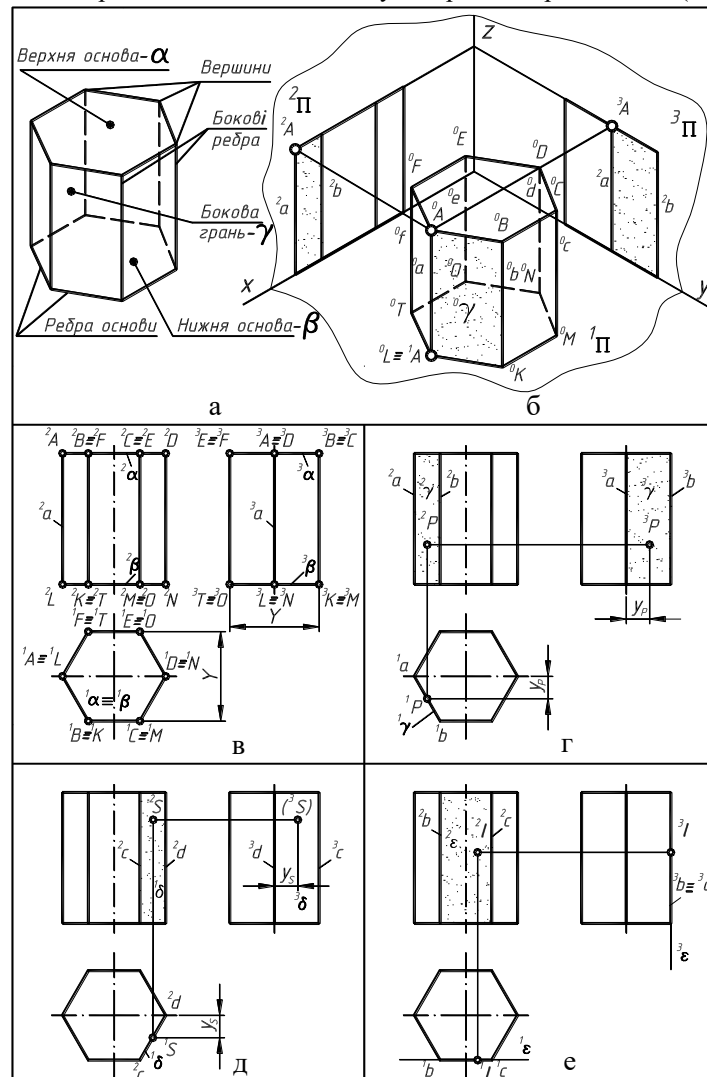


Рис.4.5

4.2.5 Піраміда.

Піраміда – многогранник, утворений перетином пірамідальної поверхні площиною основи $-\alpha$. На рис.4.6,а зображені проекції піраміди і її деяких складових елементів. Елементами пірамід вважають: вершини (точки), ребра (прямі), грані (площини). Піраміду називають прямою, якщо її висота перпендикулярна основі. Піраміду називають правильною, якщо в основі її лежить правильний многокутник. Аксонометричне зображення піраміди наведено на рис. 4.6,б.

Піраміда, яку зображено на рис.4.6,в має 6 граней, 1 основу, 12 ребер (із них 6 бокових), 7 вершин. Основа піраміди належить горизонтальній площині проекцій $^1\Pi$ або паралельна їй. Бокові ребра SA та SD – фронтальні прямі

рівня. Інші бокові ребра – прямі загального розташування. Ребра основи – горизонтальні лінії рівня. На горизонтальній проекції видимими будуть всі грані піраміди. На фронтальній проекції видимі грані SAB , SBC , SCD , інші – невидимі. На профільній проекції видимі грані – SAB , SAF , інші – невидимі.

Комплексне креслення правильної піраміди слід починати з горизонтальної проекції.

Розглянемо декілька прикладів знаходження проекцій точок.

1. **Задано:** проекція точки – 2G належить ребру – AB в основі піраміди (площина – α , див.рис. 4.6,г).

Креслення: горизонтальна проекція точки – 1G знаходиться в основі піраміди на ребрі – $^1A^1B$. Профільну проекцію точки – 3G знаходимо на горизонтальній лінії з'вязку, яку проводимо від фронтальної проекції точки – 2G , на відстані Y_G в напрямку додатніх значень осі координат – Y .

2. **Задано:** проекція точки – 2H належить боковому ребру SB (див.рис. 4.6,д).

Креслення: горизонтальна проекція точки – 1H знаходиться в перетині вертикальної лінії з'вязку та ребра – $^1S^1B$ піраміди. Профільну проекцію точки – 3H знаходимо на перетині горизонтальної лінії з'вязку, яку проводимо від фронтальної проекції точки – 2H , із ребром – $^3S^3B$.

3. **Задано:** проекція точки – 2I належить грані SAB (див.рис. 4.6,е).

Аналіз: грань SAB – площина загального розташування.

Креслення: Проведемо горизонтальну площину – $^2\beta$ через фронтальну проекцію точки – 2I . Утворюється лінія перетину n , що належить горизонтальній площині – $n \subset \beta$. Горизонтальна проекція точки – 1I знаходиться на перетині вертикальної лінії з'вязку, яку проведено від фронтальної проекції точки – 2I , із горизонтальною проекцією лінії – 1n . Профільну проекцію точки – 3I знаходимо по горизонтальній лінії з'вязку, яку проводимо від фронтальної проекції точки – 2I , на відстані Y_I в напрямку додатніх значень осі координат – Y .

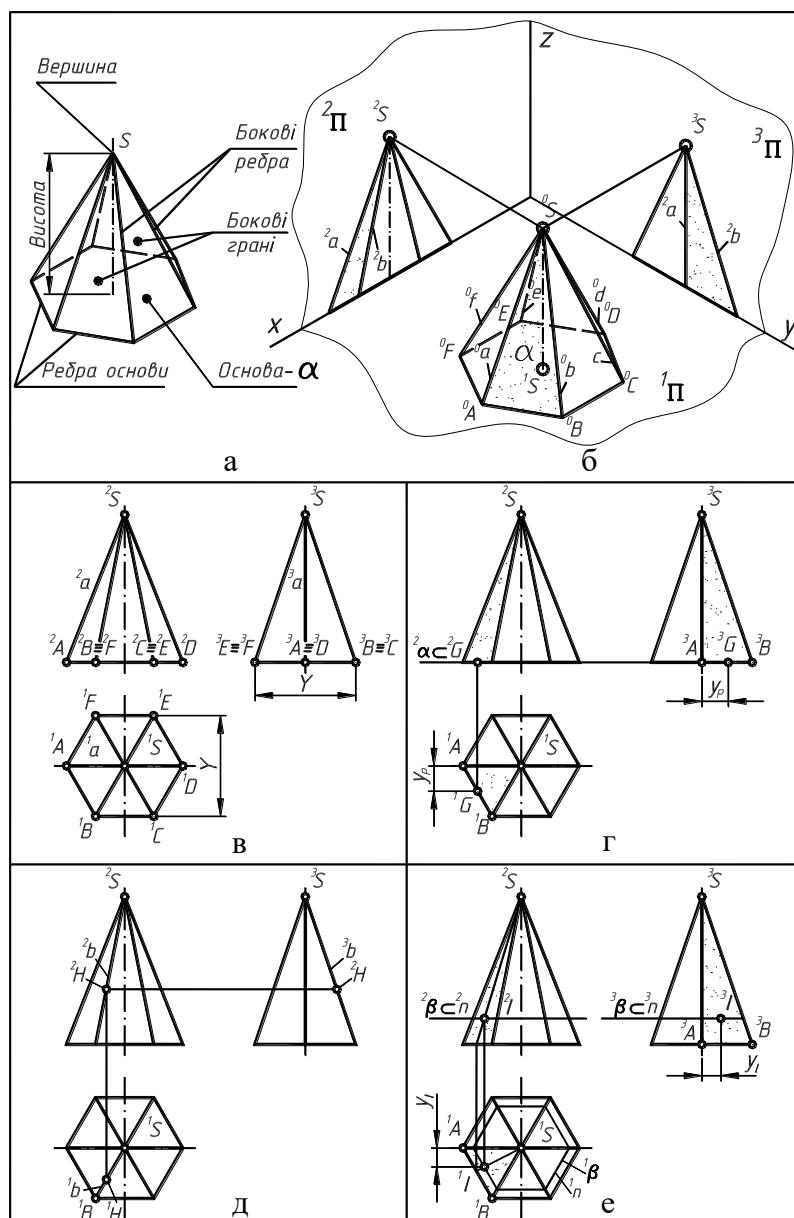


Рис. 4.6

4.3 Перетин поверхонь площинами.

При перетині поверхонь геометричних тіл, площинами отримуємо лінії прямі і плоскі алгебраїчні криві другого порядку (коло, еліпс, парабола, гіпербола). Будь-яка лінія представляє собою сукупність точок, тому побудова проєкцій ліній, розмішених на поверхнях геометричних тіл базується на побудові проєкцій декількох точок (двох для прямих і більше - для кривих) цих ліній.

На рис. 4.7 зображені три проєкції і аксонометрія призми яку перетинають: горизонтальною площиною - α (рис. 4.7,а); фронтальною - β (рис. 4.7,б); профільною - γ (рис. 4.7,в); фронтально-проєктуючою площиною - δ (рис. 4.7,в) та побудову решти проєкцій точок для яких задано - 1A (рис. 4.7,а), 2B (рис. 4.7,б), 3C (рис. 4.7,в), 1D (рис. 4.7,в), які належать переліченим вище площинам.

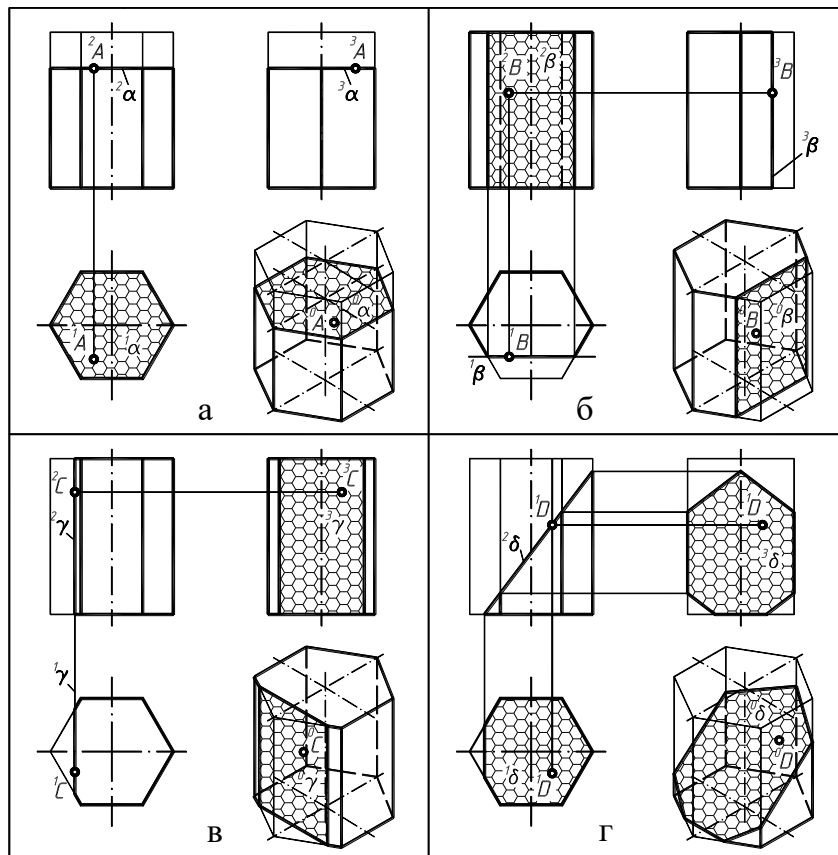


Рис. 4.7

На рис. 4.8 зображені три проєкції і аксонометрія піраміди яку перетинають: горизонтальною площиною - α (рис. 4.7,а); фронтально-проєктуючою площиною - β (рис. 4.7,б) та побудову решти проєкцій точок для яких задано - 1A (рис. 4.7,а), 1B (рис. 4.7,б), які належать переліченим вище площинам.

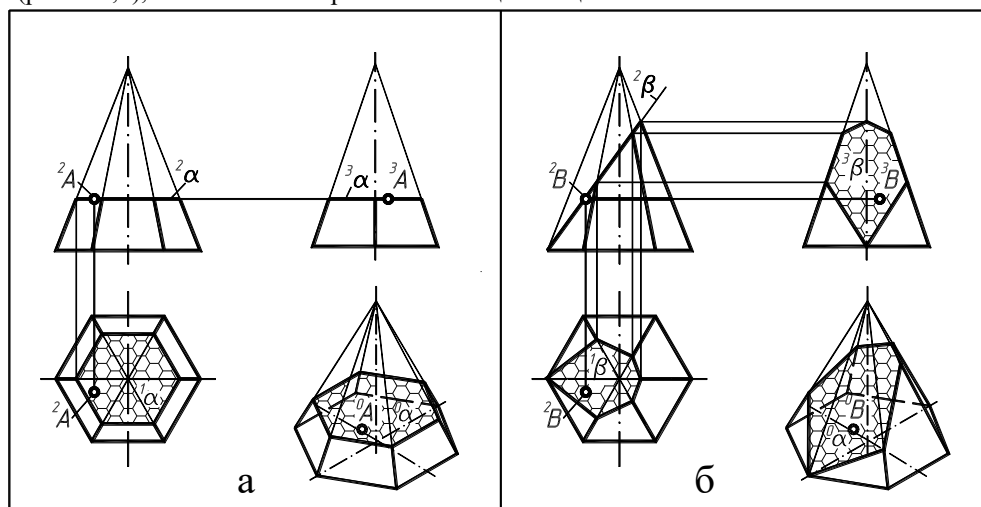


Рис. 4.8

На рис. 4.9 зображені три проєкції і аксонометрія циліндра який перетинають: фронтально-проєктуючою площиною - α (рис. 4.9,а); профільною площиною рівня- β (рис. 4.9,б) та побудову решти проєкцій точок для яких задано - 1E (рис. 4.9,а), 3F (рис. 4.9,б), які належать переліченим вище площинам. Перетин циліндра фронтально-

проектуючою площиною - α утворює криву лінію на його поверхні – еліпс, який на профільній проекції будують по точках визначених проектуванням на горизонтальну проекцію циліндра - коло.

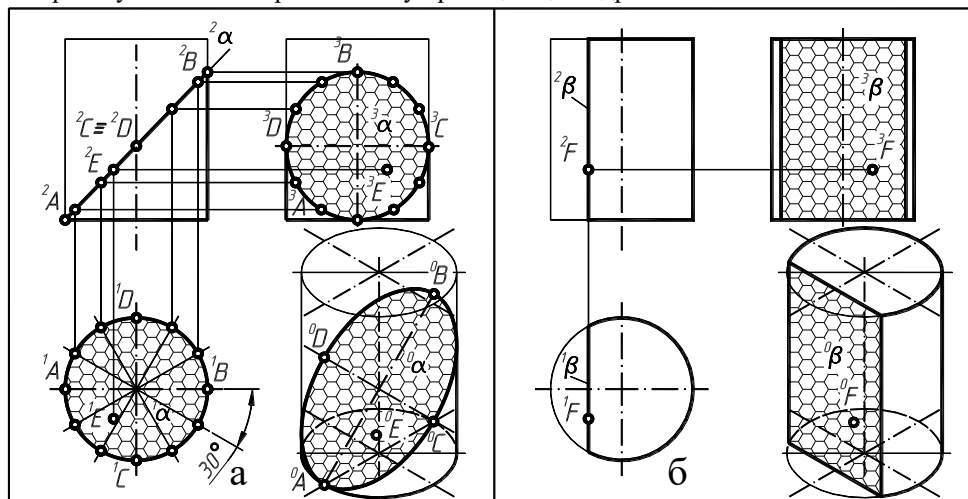


Рис. 4.9

На рис. 4.10 зображені три проекції і аксонометрія сфери яку перетинають: горизонтальною площиною - α (рис. 4.10,а); фронтальною - β (рис. 4.10,б); профільною - γ (рис. 4.10,в); фронтально-проектуючою площиною - δ (рис. 4.10,г) та побудову недостаючих проекцій точок для яких задано проекція точки 1A належить фронтальному меридіану та площині- α (рис. 4.7,а), проекція точки 2B належить екватору сфери та площині- β (рис. 4.7,б), проекція точки 3C належить екватору сфери та площині- γ (рис. 4.7,в) які належать переліченим вище площинам.

Зріз сфери фронтально-проектуючою площиною - δ (рис. 4.10,г) зображується на інших площинах проекцій - $^1\Pi$, $^3\Pi$ у вигляді еліпсів. Зрештою зріз іншими проектуючими площинами (горизонтально-проектуючою та профільно-проектуючою) також зумовить зображення еліпсів на інших площинах проекцій - $^2\Pi$, $^3\Pi$ (для горизонтально-проектуючої) та $^1\Pi$, $^2\Pi$ (для профільно-проектуючої).

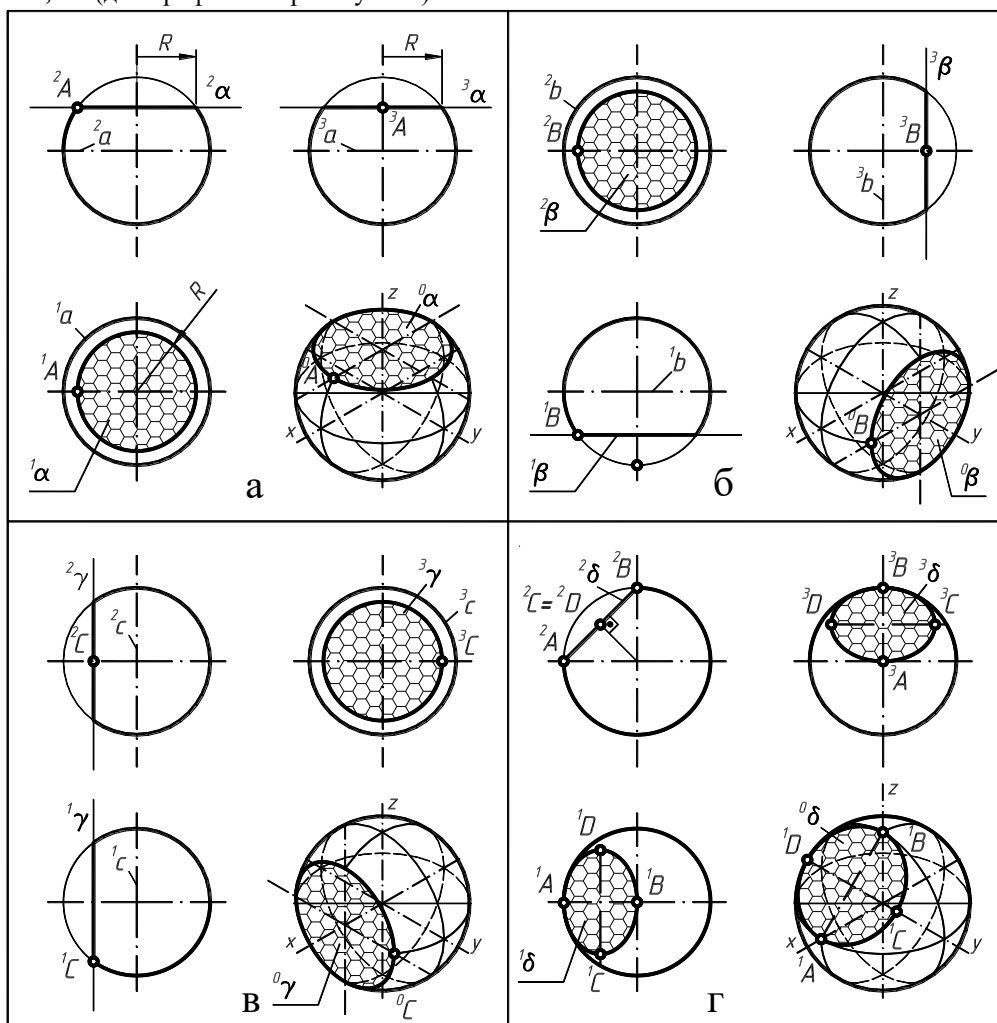


Рис. 4.10

На рис. 4.12,а зображені три проекції і аксонометрія конуса який перетинає горизонтальна площина рівня - α . В перетині конічної поверхні утворюється коло.

На рис. 4.12,б зображені три проекції і аксонометрія конуса який перетинає фронтально-проектуюча площина рівня - β , яка проходить через його вершину. В перетині конічної поверхні його дві твірні утворюють трикутник.

На рис. 4.12,в та 4.12,г зображені три проекції і аксонометрія конуса який перетинає фронтально-проектуюча площина - γ , яка нахилена до осі конуса під кутом, більшим за кут нахилу твірної конуса до осі. В перетині конічної поверхні утворюється еліпс. Неповний еліпс утворюється, якщо фронтально-проектуюча площина перетинає основу конуса. На першому етапі побудови (див.рис. 4.12,в) слід побудувати горизонтальні проекції точок 1A і 1B (велика піввісь еліпса) та 1C і 1D (мала піввісь еліпса). Пошук профільної проекції цих точок розглянуто вище (див. рис.4.4,г). На другому етапі побудови (див.рис. 4.12,д) проекції допоміжних точок еліпса як належних конусові точок знаходимо за допомогою площин-посередників μ_i , які являють горизонтальні площини рівня, у такій послідовності (рис.11).

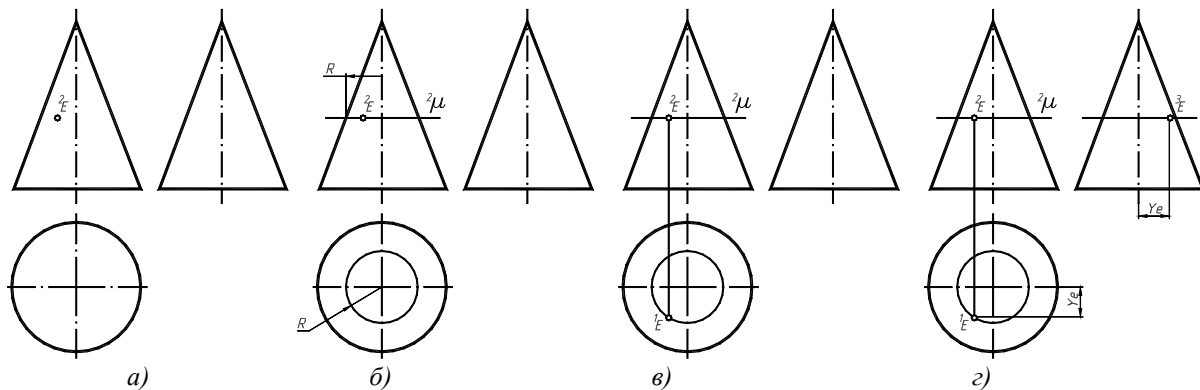


Рис. 4.11. Побудова проєкцій належної поверхні конуса точки E.

Через задану на поверхні конуса фронтальну проекцію 2E точки E (рис. 4.11,а) проводимо горизонтальну площину рівня $^2\mu$ як площину-посередник (рис. 4.11,б). Ця площина перетинає конус по колу радіуса R. Будемо горизонтальну проекцію кола, що являє дійсну величину перерізу конуса площиною μ . На перетині лінії проекційного зв'язку з колом будемо горизонтальну проекцію 1E точки E (рис. 4.11,в). Профільну проекцію 3E точки E будемо, визначивши на горизонтальній проекції значення координати y_E (рис. 4.11,г).

На рис. 4.12,д зображені три проекції і аксонометрія конуса який перетинає фронтально-проектуюча площина паралельна одній твірній конуса - $^2\delta$. В перетині конічної поверхні утворюється парабола. Побудову характерних точок параболи – 1, 2, 6 розглянуто вище (див. рис.4.4, в, г, д ,точки –B, C, D, E). Проекції допоміжних точок – 3, 4, 5 знаходимо за допомогою площин посередників (див.рис. 4.12).

На рис. 4.12,е зображені три проекції і аксонометрія конуса який перетинає фронтально-проектуюча площина паралельна двом твірним або осі конуса - $^2\epsilon$. В перетині конічної поверхні утворюється гіпербола.

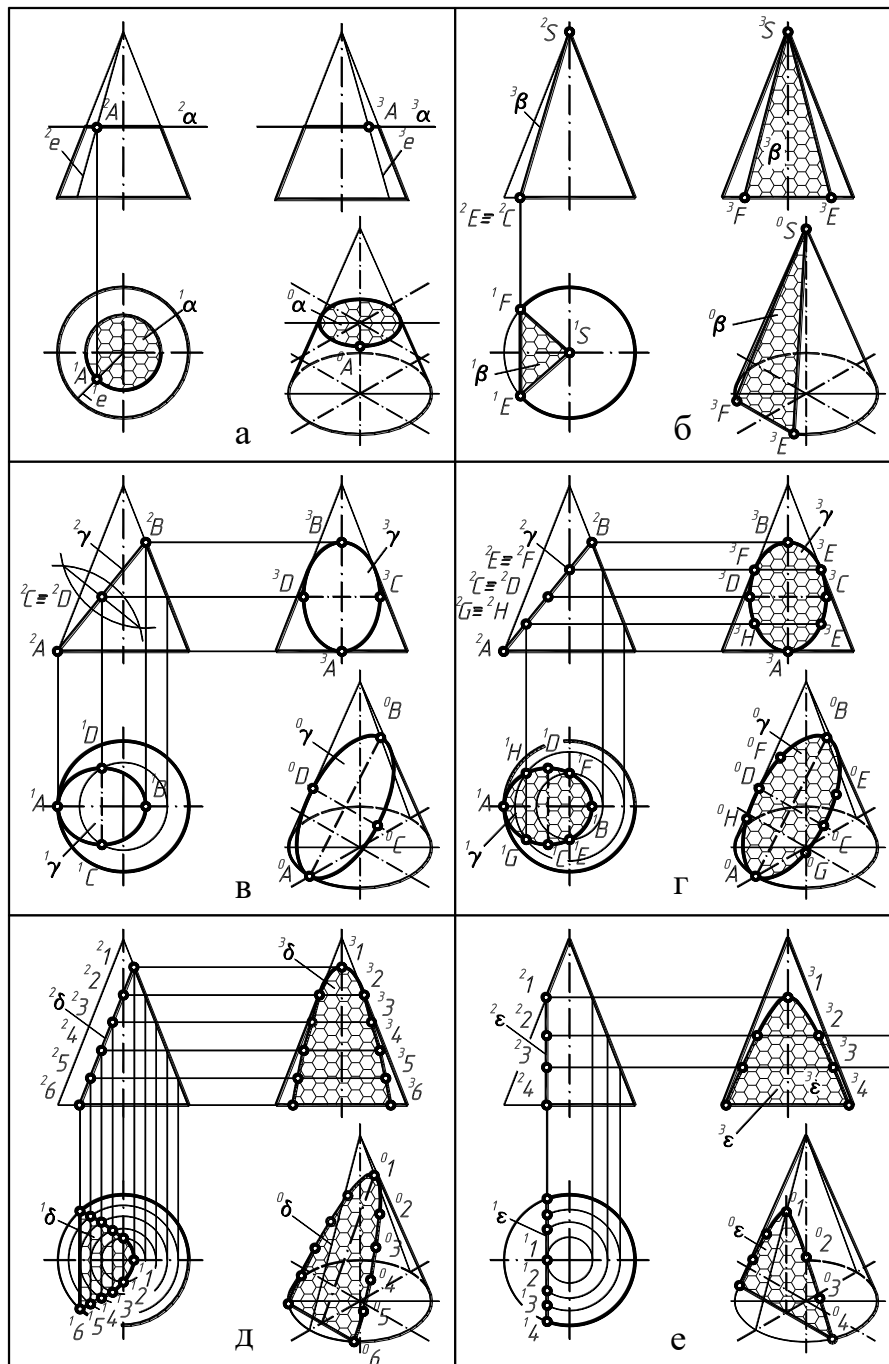


Рис.4.12

4.4 Взаємний перетин поверхонь площинами.

4.4.1 Тіло обмежене сферичною і циліндричною поверхнею.

На рис. 4.13,а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі півсферичної поверхні - α та циліндричної поверхні - β які перетинає чотирибогранна поверхня - γ , а також результат поєднання поверхонь - α і β та віднімання від них поверхні - γ (рис.4.13,б).

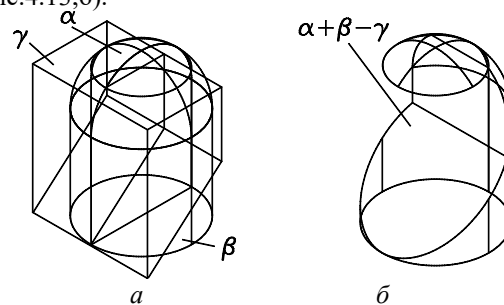


Рис. 4.13

Перетин сферичної поверхні- α гранню - γ_1 (горизонтальна площина рівня) утворює колову лінію радіусом - $R1$ (див.рис.4.14). Перетин сферичної поверхні гранню - γ_2 (профільна площина рівня) утворює лінію кола, радіусом - $R2$. В перетині площин позначаємо точки $^1 1$ і $^2 2$, що визначають початок та закінчення дуги радіусом $R1$ та початки дуг радіусом $R2$. На лінії екватора сфери позначаємо точки $^3 3$ і $^4 4$ в яких буде закінчуватись побудова дуг радіусом $R2$. Горизонтальну проекцію точок $^1 1$ і $^2 2$ знаходимо на перетині вертикальної лінії з'вязку із колом радіусом $R1$, а точок $^3 3$ і $^4 4$ із екватором сфери. На профільній площині проекції точки $^3 1$ і $^3 2$ та точок $^3 3$ і $^3 4$ будуть знаходитись на колі радіусом - $R2$, його радіус визначено з фронтальної площини проекцій.

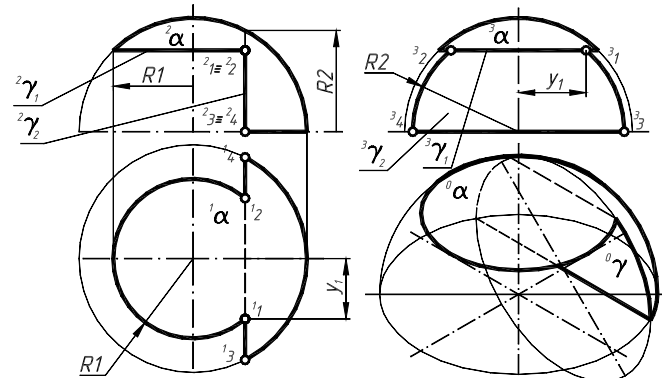


Рис. 4.14. Побудова ліній перетину гранної поверхні - γ із сферичною поверхнею - α

Перетин циліндричної поверхні - β гранню - γ_2 (профільна площина рівня) проходить по твірним циліндра. На фронтальній проекції циліндра позначимо точки $^5 5$ та $^6 6$ – закінчення вертикальних відрізків. Побудову решти проекцій точок 5 та 6 виконуємо згідно опису, наведеному на рис. 4.2.

Перетин циліндричної поверхні - β гранню - γ_3 (фронтально-проектуючою площиною) утворює криву лінію на його поверхні – еліпс, який на профільній проекції будуть по точках, визначених проектуванням на горизонтальну проекцію циліндра – коло (див. рис. 4.15).

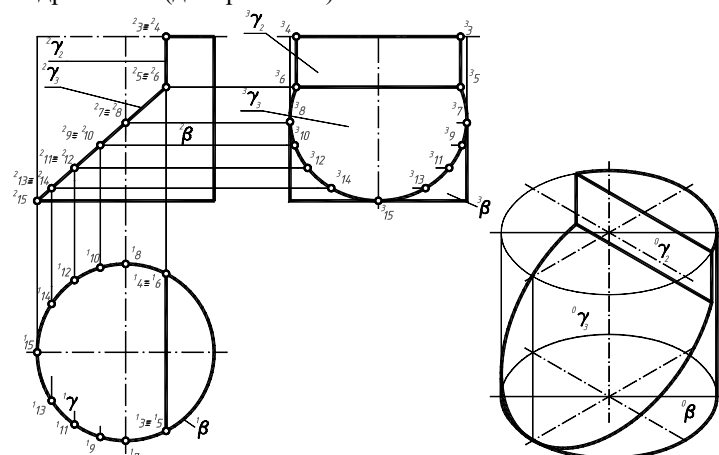


Рис. 4.15. Побудова ліній перетину гранної поверхні - γ з циліндричною поверхнею - β

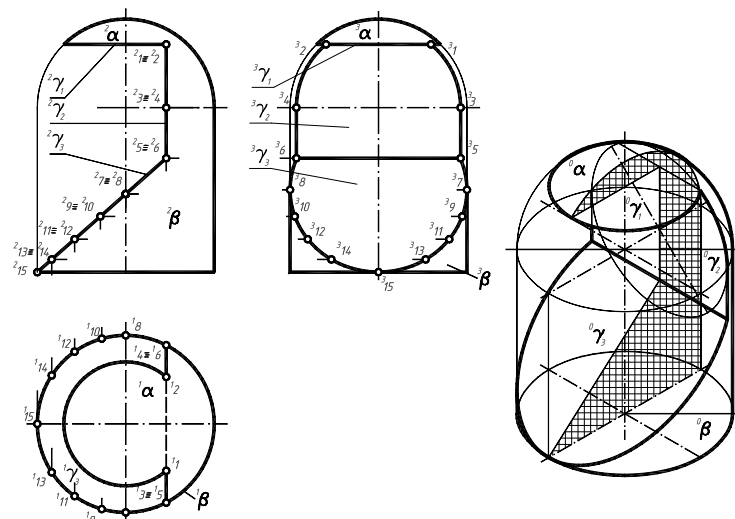


Рис. 4.16. Комплексне креслення поєднаної сферичної та циліндричної поверхні.

4.4.2 Тіло обмежене пірамідальною і циліндричною поверхнею.

На рис. 4.17,а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі поверхні піраміди - α та циліндричної поверхні - β які перетинає поверхня - γ , а також результат поєднання поверхонь - α і β та віднімання від них поверхні - γ (рис.4.13,б).

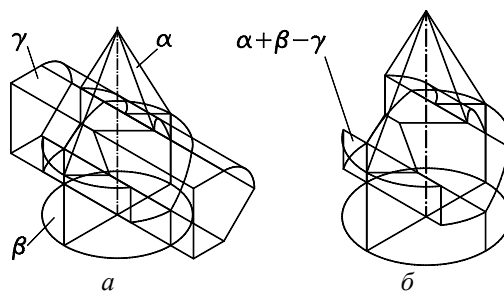


Рис. 4.17

Перетин лівої половини поверхні піраміди - α гранню - γ_2 (горизонтальна площина рівня) утворює в нашому випадку правильний чотирикутник подібний основі піраміди (див.рис. 4.18, а). Перетин піраміди гранню - γ_1 (профільна площина рівня) утворює лінії зрізу паралельні ребрам піраміди. В основі піраміди позначаємо точки 2_3 і $^2_{11}$. В перетині площини γ_2 з ребрами піраміди позначаємо точки 2_5 і $^2_{13}$. Точки 2_4 і $^2_{12}$ позначаємо на перетині площин $^2_{\gamma_1}$ та $^2_{\gamma_2}$.

Перетин правої половини поверхні піраміди - α гранню - γ_3 циліндричною поверхнею утворює просторову криву. Вибір кількості допоміжних площин впливає на докладність побудови кривої. В основі піраміди позначаємо точки 2_6 і $^2_{14}$.

Побудову решти проєкцій точок на поверхні піраміди виконуємо згідно опису наведеному на рис. 4.6.

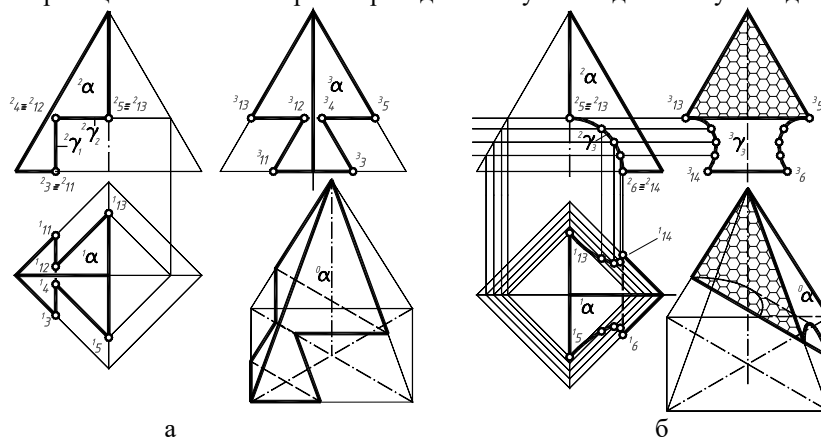


Рис. 4.18. Побудова ліній перетину поверхні γ із поверхнею піраміди - α .

Перетин циліндричної поверхні - β гранню - γ_1 (профільна площина рівня) проходить по твірним циліндра. На фронтальній проєкції циліндра позначимо точки 2_1 та 2_9 – закінчення вертикальних відрізків (див. рис. 4.19,а). Побудову решти проєкцій точок 1 та 9 виконуємо згідно опису наведеному на рис. 4.2.

Перетин циліндричної поверхні - β гранню - γ_4 (фронтально-проєктуючою площиною) утворює криву лінію на його поверхні – еліпс. На верхній основі циліндра позначаємо точки 2_7 і $^2_{15}$. Точки 2_8 і $^2_{16}$ позначаємо на перетині площин $^2_{\gamma_4}$ та $^2_{\gamma_5}$. Побудова еліптичної кривої проводиться по дискретним точкам за допомогою декількох допоміжних горизонтальних площин рівня. Ці точки на профільній проєкції будуть по точках визначених проєктуванням на горизонтальну проєкцію циліндра – коло (див. рис. 4.19,б).

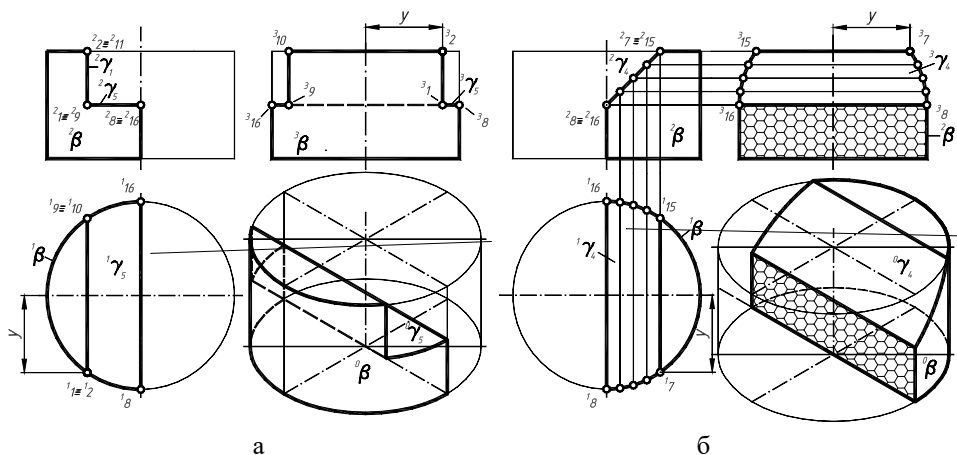


Рис. 4.19. Побудова ліній перетину поверхні γ з циліндричною поверхнею - β .

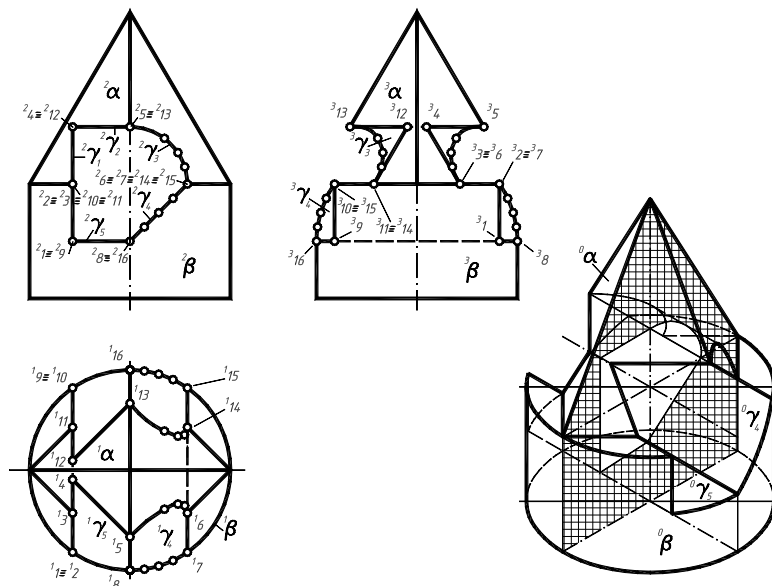


Рис. 4.20. Комплексне креслення поєднаної сферичної та циліндричної поверхні.

4.4.3 Тіло обмежене кінечною і сферичною поверхнею.

На рис. 4.21,а представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі конічної поверхні - α та півсферичної поверхні - β які перетинає чотиригранна поверхня - γ , а також результат поєднання поверхонь - α і β та віднімання від них поверхні - γ (рис.4.21,б).

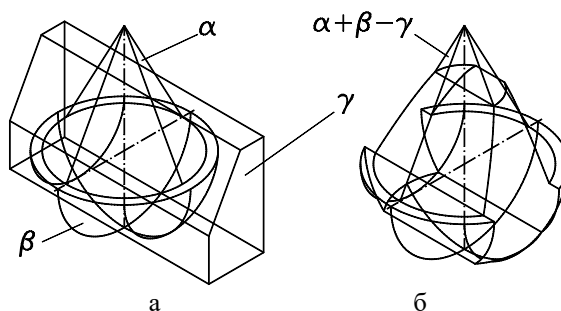


Рис.4.21

Перетин конічної поверхні- α гранню - γ_5 (фронтально-проектуюча площина паралельна твірній конуса) утворює параболічну криву на конічній поверхні (див.рис 4.22,а). В основі конуса позначаємо точки 25 і 26 . Точки 213 і 214 позначаємо на перетині площин $^2\gamma_1$ та $^2\gamma_5$. Побудова параболічної кривої проводиться по дискретним точкам за допомогою декількох допоміжних горизонтальних площин рівня. Ці точки на горизонтальній проекції знаходять в перетині вертикальних ліній зв'язку із відповідними січними колами (див. рис. 4.22,а). Побудову профільних проекцій точок на поверхні конуса виконуємо згідно опису, наведеному на рис. 4.11.

Перетин конічної поверхні гранню - γ_1 (горизонтальна площина рівня) утворює лінію дуги, радіус якої дорівнює відстані від осі до твірної(див.рис 4.22,б).

Перетин конічної поверхні гранню - γ_2 (профільна площина рівня) утворює гіперболічну криву на конічній поверхні (див.рис 4.22,б)

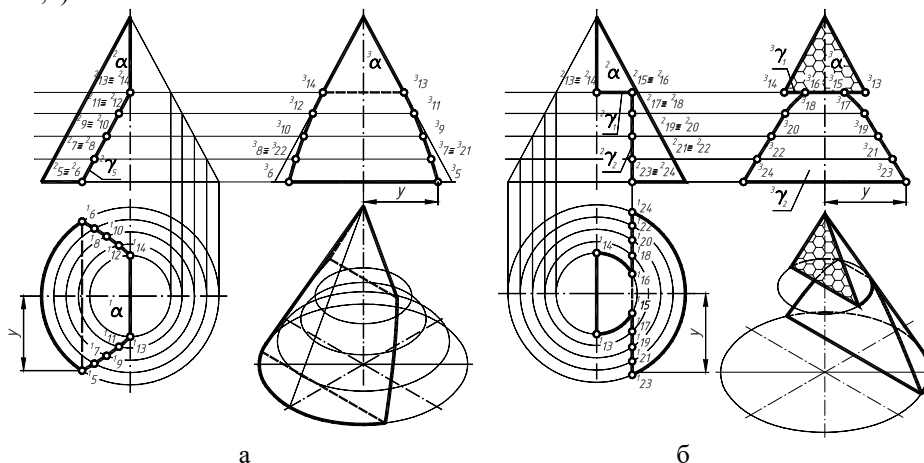


Рис. 4.22. Побудова ліній перетину поверхні γ із конічною поверхнею - α .

Перетин сферичної поверхні - β гранню - γ_4 та гранню - γ_2 (профільні площини рівня) утворюють лінії кола радіусом - R_3 . Перетин сферичної поверхні гранню - γ_3 (горизонтальна площина рівня) утворює лінії кола радіусом - R_1 . В перетині площин позначаємо точки $^1 1$ і $^2 2$, та $^{27} 27$ і $^{28} 28$, що визначають початок та закінчення дуги радіусом R_3 та початки дуг радіусом R_1 . На лінії екватора сфери позначаємо точки $^3 3$ і $^4 4$ та $^{25} 25$ і $^{26} 26$ в яких буде закінчуватись побудова дуг радіусом R_3 . Горизонтальну проекцію точок $^1 1$ і $^2 2$ та $^{27} 27$ і $^{28} 28$ знаходимо на перетині вертикальної лінії з'вязку із колом радіусом R_1 , а точок $^3 3$ і $^4 4$ та $^{25} 25$ і $^{26} 26$ із екватором сфери. На профільній площині проєкцій точок $^3 3$ і $^4 4$ та $^{25} 25$ і $^{26} 26$ будуть знаходитись на колі радіусом - R_3 , його радіус визначено із фронтальної площини проєкцій.

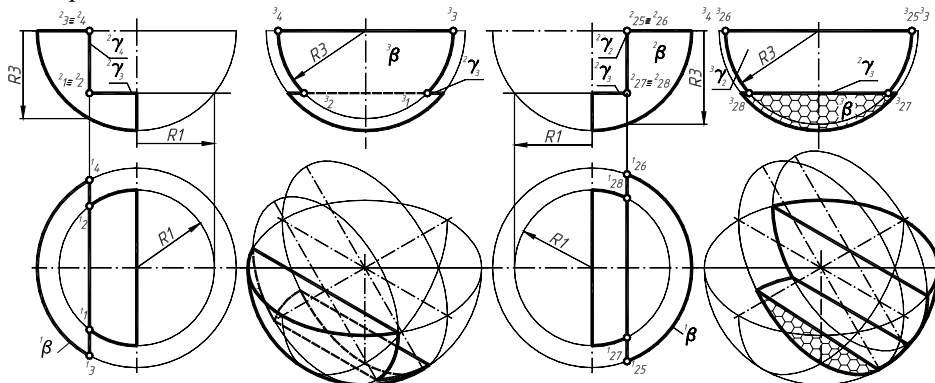


Рис. 4.23. Побудова ліній перетину гранної поверхні - γ із сферичною поверхнею - β .

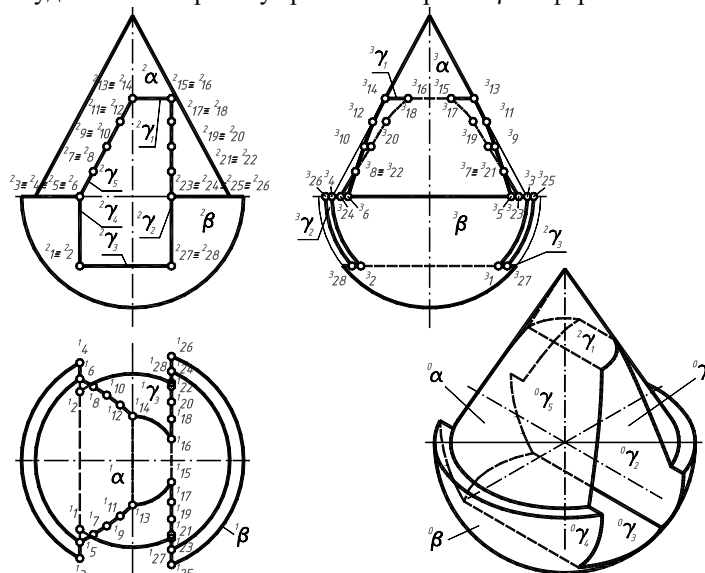


Рис. 4.24. Комплексне креслення поєднаної конічної та сферичної поверхні.

4.5 Побудова зображень геометричних тіл з подвійним проникненням

4.5.1 Тіло, обмежене призматичною і конічною поверхнями.

На рис. 4.25 представлено виконані на комп'ютері твердотільні моделі призматичної поверхні - α , конічної поверхні - β та гранної поверхні - γ . Завдання - викреслити фігуру - Φ яку ми отримаємо в результаті віднімання від поверхні - α поверхні - β та наступного віднімання від новоутвореної поверхні ще однієї поверхні - γ .

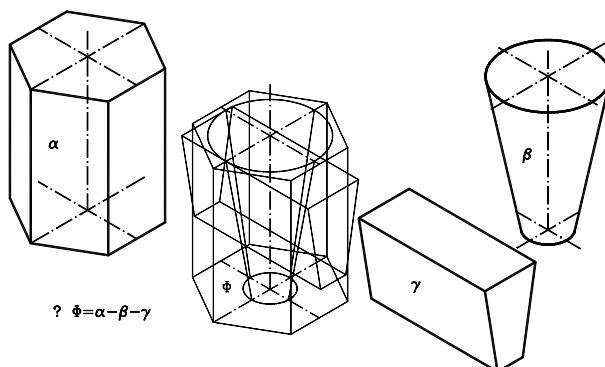


Рис. 4.25

На рис 4.26 показано процес моделювання шуканої фігури – Φ . Шляхом попарного віднімання однієї поверхні від іншої.

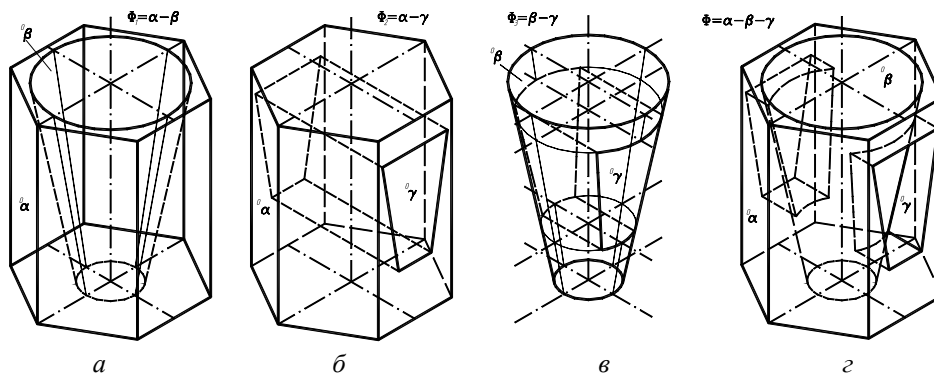


Рис. 4.26

На кресленні побудову ліній перетину зовнішньої призматичної поверхні - α з внутрішньою конічною поверхнею - β показано на рис. 4.27,а. Перетин поверхонь α і β на фронтальній та профільній проекції зображено двома твірними (штрихові лінії невидимого контура). Горизонтальна проекція зображена коловими лініями верньої та нижньої основ перевернутого конуса.

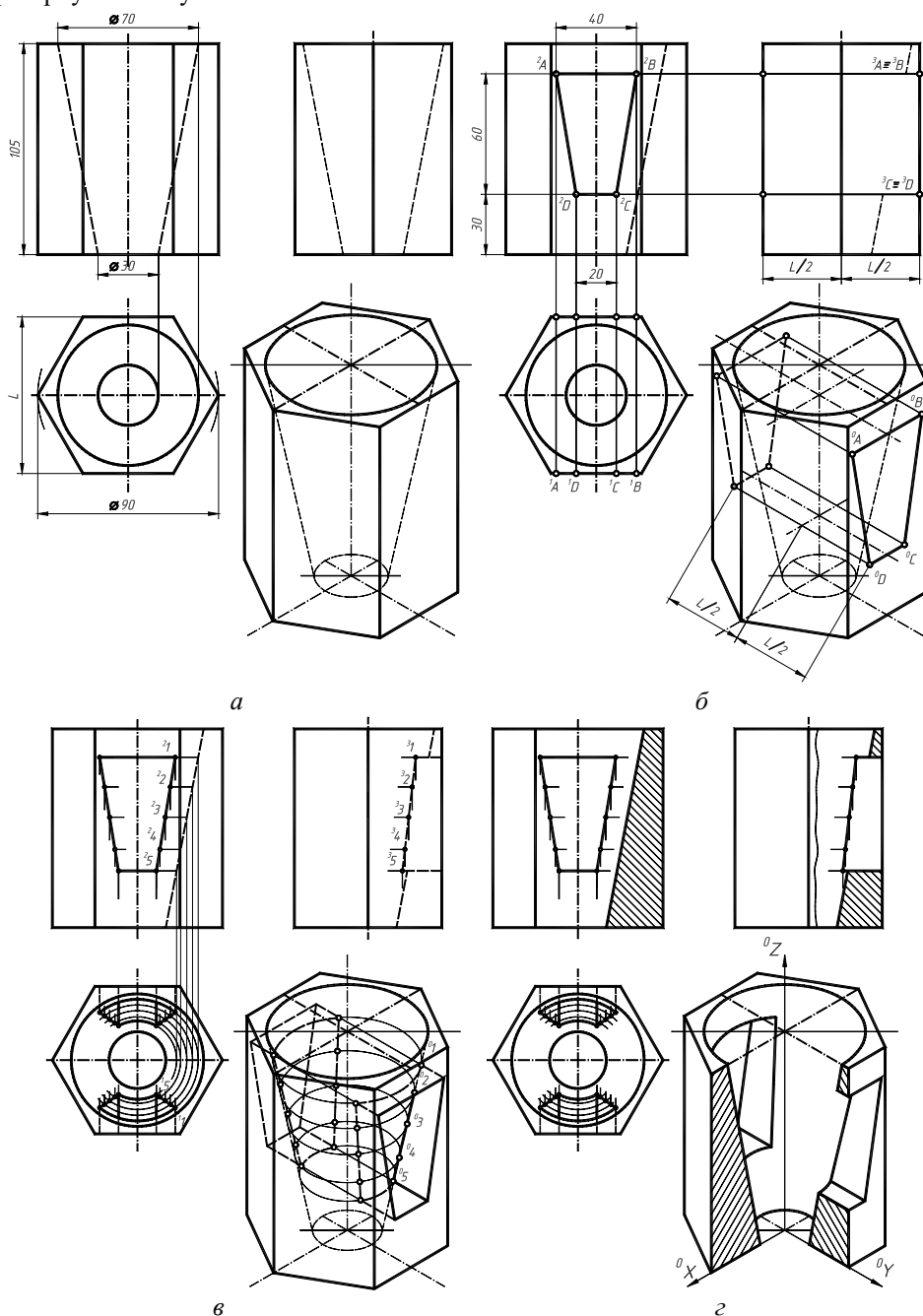


Рис. 4.27

Побудову ліній перетину зовнішньої призматичної поверхні - α з внутрішньою гранною поверхнею - γ показано на рис. 4.27,б. На фронтальній проекції призми - α викреслюємо наскрізний отвір трапецієвидної форми (позначено точками $^2A, ^2B, ^2C, ^2D$). Горизонтальна проекція точок $^1A, ^1B, ^1C, ^1D$ знаходиться по вертикальній лінії зв'язку на поверхні призми - α . Профільні проекції точок $^3A \equiv ^3B$ та $^3C \equiv ^3D$ знаходимо по горизонтальній лінії зв'язку на боковій грані призми.

Побудову ліній перетину внутрішньої конічної поверхні β з гранною поверхнею γ показано на рис. 4.27,в. Лінія перетину поверхонь β і γ являє собою чотири відрізки параболічних кривих (оскільки сторони трапеції AD і BC паралельні твірній конуса) і чотири дугових сегмента (див.рис. 4.26,в).

Побудова параболічної кривої проводиться по дискретним точкам за допомогою декількох допоміжних горизонтальних площин рівня. Нами вибрано п'ять січних площин дві з яких співпадають із горизонтально розташованими гранями поверхні - γ . Ці точки на горизонтальній проекції знаходять в перетині вертикальних ліній зв'язку із відповідними січними колами (див. рис. 4.27,в). Побудову профільних проекцій точок на поверхні конуса виконуємо згідно опису, наведеному на рис. 4.11.

На рис.4.27,г виконано корисний розріз суміщеної фігури та розріз по ізометричних осях 0X та 0Y .

Більш детально інформація про розрізи та перерізи буде надана в шостому розділі книги, а відомості про послідовність виконання аксонометричних проекцій у наступному - сьомому розділі.

Для закріплення даного матеріалу виконуються графічна робота Гр02.02 (Конічні перетини) та Гр02.07 (Проекційне креслення). Проекційна частина роботи Гр02.09 (Модель).

Лекція 5

Взаємний перетин поверхонь обертання.

5.1 Принципи побудови лінії перетину поверхонь обертання.

Поверхнею обертання називають поверхню, одержану обертанням якої – не будь твірної лінії навколо нерухомої прямої –осі. Люба поверхня обертання на епюрі Монжа може бути задана твірною і віссю обертання. Більшість деталей машин містять поверхні обертання або їх фрагменти.

Порядок лінії перетину двох поверхонь обертання дорівнює добутку порядків цих поверхонь.

$$\alpha^n \cap \beta^m = l^{nm},$$

де α, β - поверхні обертання, n, m - порядки поверхонь відповідно α і β ; l - лінія перетину.

Лінія перетину двох поверхонь обертання, які мають загальну площину симетрії, проектується на неї або на паралельні їй площини у вигляді кривої другого порядку. Для перетину кривих поверхонь другого порядку дійсна теорема Монжа: якщо дві поверхні другого порядку вписані або описані навколо третьої того ж порядку, лінії перетину таких поверхонь являються плоскими кривими.

Лінію перетину двох поверхонь в загальному випадку будують в такій послідовності:

- 1) задані поверхні перетинають допоміжною;
- 2) відшукують лінії перетину допоміжної і заданих поверхонь;
- 3) знаходять точки перетину одержаних ліній. Множина цих точок належить лінії перетину заданих поверхонь;
- 4) в тій –же послідовності використовуючи аналогічні допоміжні поверхні, знаходять достатні і необхідні кількості точок для повної побудови лінії перетину їх плавним з'єднанням.

В якості допоміжної січної поверхні найбільш часто використовують сферичну, а також площину.

При виборі січної поверхні необхідно прагнути до того, щоб лінії перетину допоміжної і заданих поверхонь були простими в побудові - прямою або колом.

Для побудови лінії перетину двох поверхонь спочатку доцільно знайти особливі або опорні точки, потім проміжні. До особливих відносяться точки, які розміщені на проекціях контурних твірних поверхонь, точки з максимальними і мінімальними значеннями координат вздовж координатних осей – крайні точки.

Лінії перетину двох поверхонь не можуть виходити за границі цих поверхонь, і як наслідок, проекції ліній перетину повинні знаходитись в межах проекцій поверхонь.

5.2 Спосіб січних площин.

При використанні даного способу в якості допоміжних елементів застосовуються січні площини.

Нехай необхідно знайти лінію перетину двох поверхонь обертання другого порядку: сферичної α і конічної β (рис. 5.1)

Центр сферичної поверхні O зміщений відносно осі обертання t_1 конічної, обидві поверхні мають загальну площину симетрії γ ; паралельну фронтальній площині проекцій і яка проходить через точку O і вісь t_1 . Фронтальна проекція лінії перетину буде кривою другого порядку, при цьому порядку порядок самої лінії перетину l буде:

$$\alpha^2 \cap \beta^2 = l^4.$$

Попередньо знайдемо деякі особливі точки лінії перетину. Фронтальні проекції поверхонь $^2\alpha$ і $^2\beta$ утворені проекціями контурних твірних, розміщених в площині симетрії γ . Точки перетину фронтальних проекцій контурних

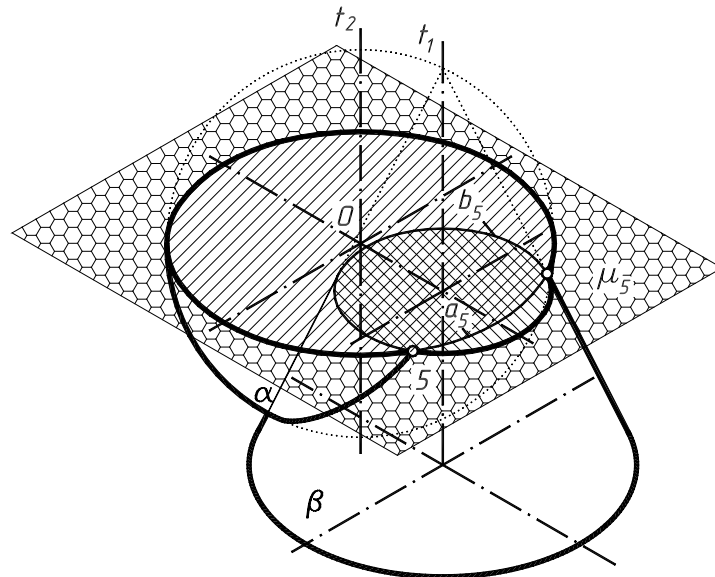


Рис. 5.2

Алгоритм розв'язку даної задачі наступний:

Дано: $\alpha(^1\alpha, ^2\alpha), \beta(^1\beta, ^2\beta)$
 $? \alpha \cap \beta = l(^1l, ^2l, ^3l)$

1. μ_i – площина
2. $\mu_i \cap \alpha = a_i$
3. $\mu_i \cap \beta = b_i$
4. $a_i \cap b_i = C_i$
5. $C_i \in l$
6. $i = 1, 2, \dots, k$

Нижче приведено рішення задачі знаходження лінії перетину двох поверхонь обертання другого порядку: сферичної і конічної зроблене із застосуванням комп'ютера.

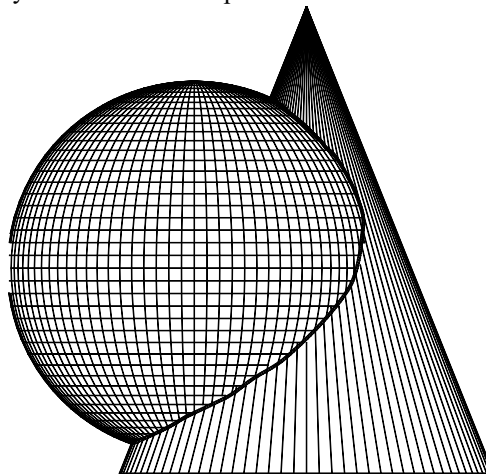


Рис. 5.3

5.3 Спосіб січних концентричних сфер.

В деяких випадках для визначення лінії перетину двох поверхонь використовують допоміжні січні сферичні поверхні. Спосіб січних сфер більш раціональний в тих випадках, коли використання способу січних площин викликають необхідність побудови складних кривих для знаходження точок лінії перетину. Існують два види цього способу: концентричних і ексцентричних січних сфер. Розглянемо тільки спосіб концентричних січних сфер.

Найбільш просте рішення задачі способом січних сфер вимагає виконання таких умов:

- осі заданих поверхонь обертання перетинаються і розміщені паралельно одній з площин проєкцій;
- одна з осей обертання – проєктуюча пряма.

Суть способу концентричних сфер заключається в наступному.

В точці перетину осей обертання заданих поверхонь розміщуємо центр допоміжної сфери. В результаті перетину сфери і заданих поверхонь одержимо два кола. Точки перетину цих кіл являються точками шуканої лінії

перетину. В тій –же послідовності, змінюючи лише радіуси сфер, знаходимо необхідну кількість точок лінії перетину. З'єднуючи проєкції точок плавними кривими, одержимо відповідні проєкції лінії перетину.

Розглянемо розв'язок задачі на прикладі, представленою на рис. 5.4. Необхідно знайти лінію перетину двох поверхонь: конічної α і конічної β , осі яких t_1 і t_2 перетинаються в точці O . На фронтальній площині проєкцій центром допоміжних сфер буде фронтальна проєкція 2O цієї точки.

Максимальний радіус $R_{\max}$ січної сфери визначається відстанню від точки O до найбільш віддаленої точки перетину контурних твірних поверхонь. Мінімальним радіусом $R_{\min}$ є радіус допоміжної сфери, яка двічі перетинає одну поверхню і вписана в іншу поверхню. Отже мінімальний діаметр сфери повинен бути дотичний до більшої поверхні обертання.

При перетині мінімальної сфери $\sigma_{\min}$ з конічною поверхнею α утворюється коло 2a_i , а з другою конічною поверхнею β – коло 2b_i . Ці кола проєкціюються на фронтальній площині проєкцій як прямі лінії, на їх перетині ми позначаємо точку 1, що належить лінії перетину l_1 . Нижче показано перетин кіл a_i і b_i в точці 1 в аксонометричній проєкції (див рис. 5.5).

Горизонтальні і профільні проєкції точки 1 належать відповідним проєкціям кола 2b_i . Особливі точки лінії перетину A, B , знаходяться як точки перетину фронтальних проєкцій контурних твірних поверхонь, розміщених в площині $\gamma(t_1 \cap t_2)$. Решта особливих точок знаходяться по методиці, описаній в методі січних площин.

При перетині мінімальної сфери $\delta_{\min}$ з конічною поверхнею α утворюється дві точки 1 і 9 – видимі на фронтальній проєкції та ще дві невидимі (симетричні) точки (див. рис. 5.5).

Збільшивши радіус допоміжної сфери δ ми отримаємо в перетині чотири кола які взаємно перетинаються в шести точках, три з яких видимі на фронтальній проєкції. Нижче показано перетин цих кіл в точках 2, 8, 10 (див. рис. 5.6).

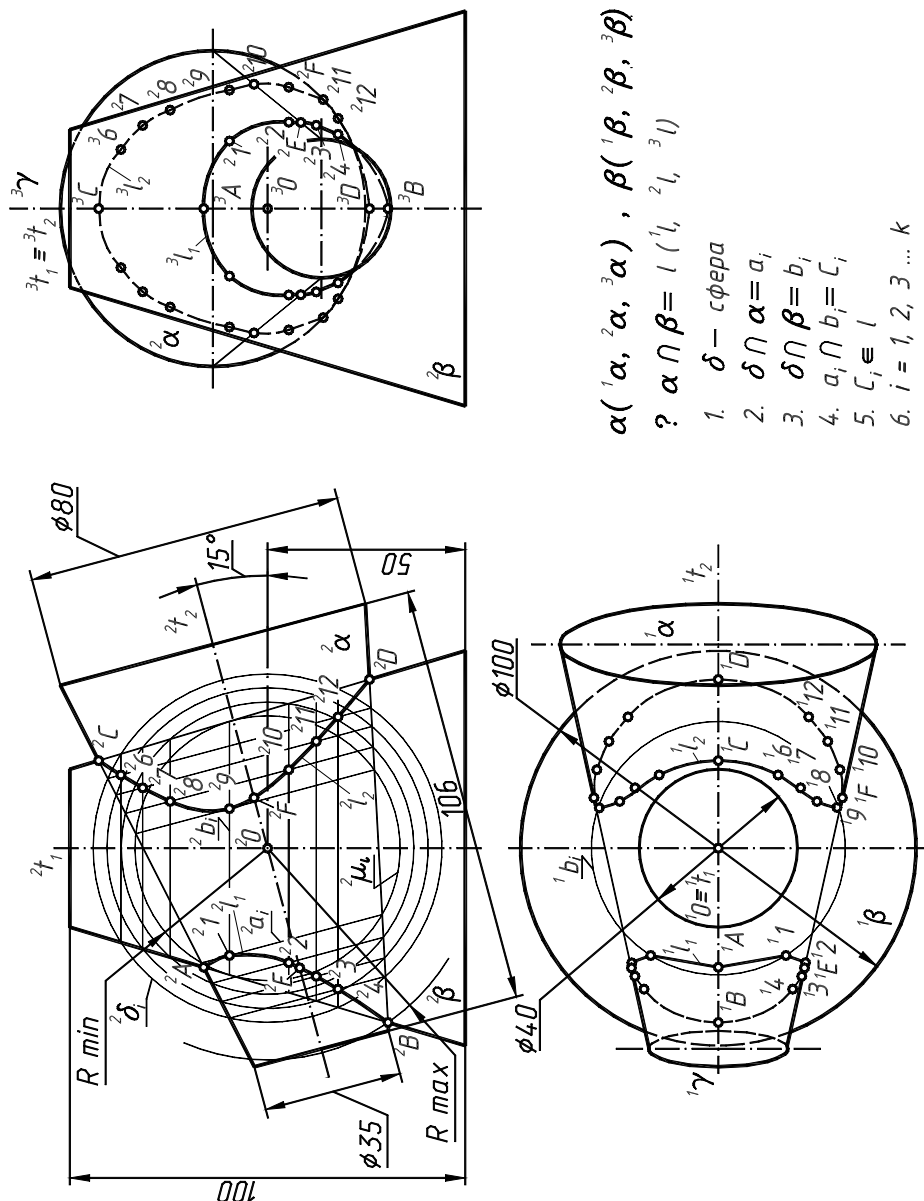


Рис. 5.4

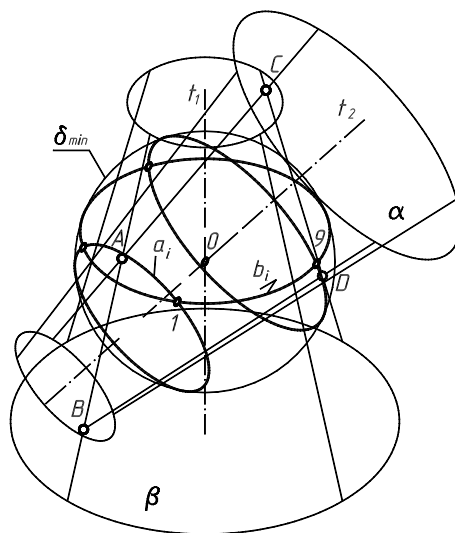


Рис. 5.5

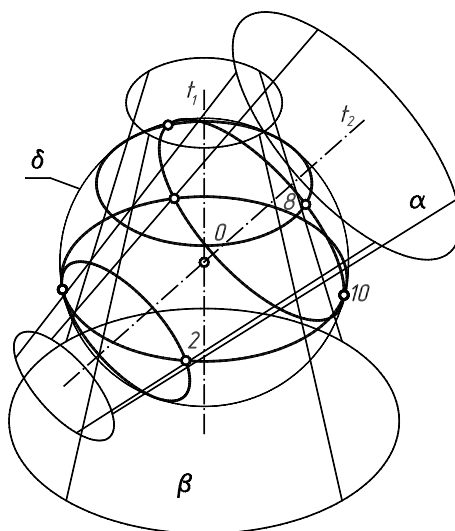


Рис. 5.6

Повторюючи побудови допоміжних сфер та знаходячи наступні точки в перетині січних кіл створюємо лінії перетину l_1 і l_2 на відповідних проекціях.

Алгоритм розв'язку даної задачі наступний:

Дано: $\alpha(^1\alpha, ^2\alpha), \beta(^1\beta, ^2\beta)$
 $? \alpha \cap \beta = l(^1l, ^2l, ^3l)$

1. δ_i – сфера
2. $\delta_i \cap \alpha = a_i$
3. $\delta_i \cap \beta = b_i$
4. $\alpha \cap b_i = C_i$
5. $C_i \in l$
6. $i = 1, 2, \dots k$.

Для закріплення наведеного в розділі матеріалу виконуються графічна робота Гр02.04 (Перетин поверхонь обертання).

Лекція 6

Проекційне креслення. ГОСТ 2.305 –68

Проекційне креслення дає змогу практично відобразити на кресленні різного виду деталі, які в свою чергу складаються з вивчених нами раніше просторових тіл. Крім того, на графічному матеріалі проекційного креслення використовуються відомості, одержані в курсі нарисної геометрії.

Для правильного відтворення і розуміння всіх зображень, вони повинні бути виконані згідно відповідних стандартів ЄСКД.

На відмінність від нарисної геометрії в проекційному кресленні, як правило, не проводяться осі проекцій і на кресленні відсутні літери якими позначають проекції всіх точок, які визначають форму вивчаемого тіла. Тому питання про кількість проекцій які визначають дане тіло, приймає в кресленні дещо інше рішення, ніж в нарисній геометрії. В кресленні в окремих випадках буває достатньо однієї проекції, чого в нарисній геометрії не було. Це досягається спеціальними умовними позначеннями.

Виконуючи робоче креслення якої – небудь деталі необхідно мати на меті зручність використання цього креслення при виготовленні деталі, тому в ряді випадків необхідно збільшувати кількість проекцій.

Будь – яке креслення виконують за допомогою методу прямокутного (ортогонального) проектування, яке полягає в тому що предмети розміщують між спостерігачем і відповідною площиною проекцій. Проектуючі промені проходять перпендикулярно до площини проекцій. За основні площини проекцій приймають шість граней куба рис.6.1.

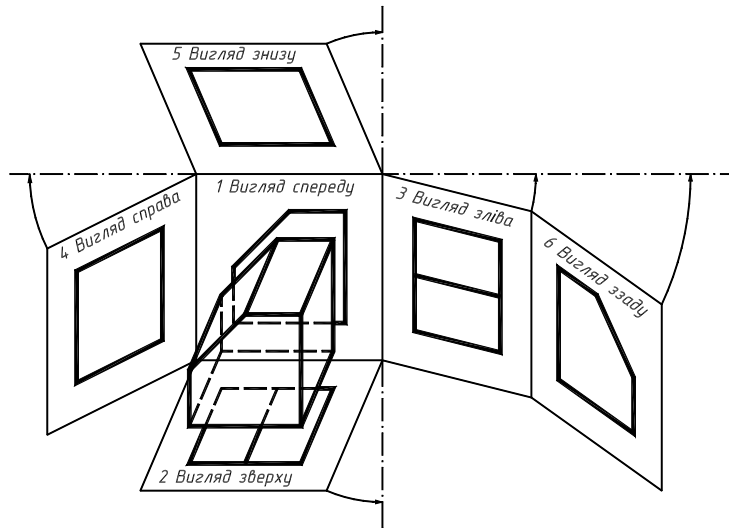


Рис. 6.1

Предмет розміщують в середині куба і проектують його на грані куба. Всі шість граней куба (площини проекцій) суміщують у певному порядку з фронтальною площиною проекцій. Користуючись способами нарисної геометрії при такому суміщенні граней куба будують всі зображення предмета на полі креслення у відповідному проекційному зв'язку по відношенню до зображення на фронтальній площині проекцій. Отже отримуємо комплексне креслення предмета на відповідних площинах проекцій. (див. рис. 6.2).

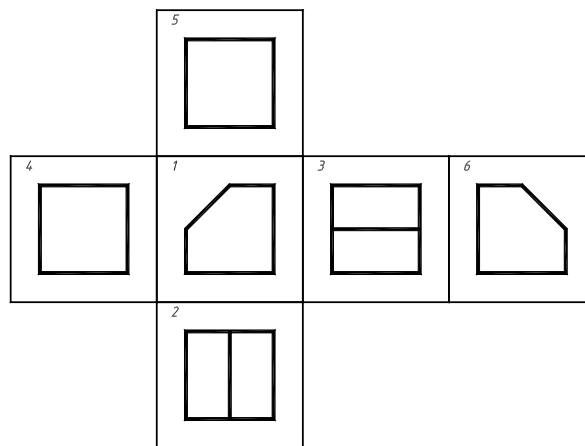


Рис. 6.2

6.1 Зображення. Види

Зображення в проєкційному кресленні в залежності від їх змісту поділяють на вигляди, розрізи, перерізи. Кількість зображень на кресленні повинно бути мінімальним але разом з тим достатнім для повного розуміння форми та розмірів даного предмета.

Виглядом називається зображення повернених до спостерігача видимих частин поверхні предмета.

За характером виконання та змістом вигляди поділяють на основні, додаткові та місцеві.

Основними називають вигляди утворені проєктуванням предмета на шість граней куба. Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроектовано предмет. В зв'язку з цим встановлені такі назви виглядів (рис. 6.2).

1. вигляд спереду (головний вид) – зображення на фронтальній площині проєкції;
2. вигляд зверху – зображення на горизонтальній площині проєкції;
3. вигляд зліва – зображення на профільній площині проєкції;
4. вигляд справа – зображення на профільній площині проєкції;
5. вигляд знизу – зображення на горизонтальній площині проєкції;
6. вигляд ззаду – зображення на фронтальній площині проєкції.

Вигляд зверху розміщують під головним видом, вигляд зліва – з правої сторони головного вигляду, вигляд справа – з лівої сторони головного виду – вигляд знизу – розміщують над головним виглядом.

При такому розміщенні назви виглядів не підписують і не показують лінії зв'язку між зображеннями. У випадку, коли, які – небудь вигляди розташовані не в проєкційному зв'язку їх позначають великими літерами українського алфавіту, а напрями поглядів показують стрілками (рис. 6.3) з тими ж літерами

Віддалі між виглядами вибирають, виходячи з умов розташування їх на полі креслення, нанесення розмірів, текстових пояснень, таблиць тощо..

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

Головний вигляд повинен давати найбільш повне уявлення про форму, розміри та службове призначення предмета рис. 6.4.

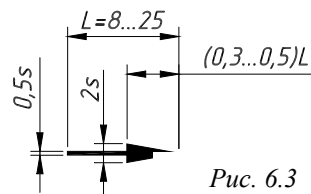


Рис. 6.3

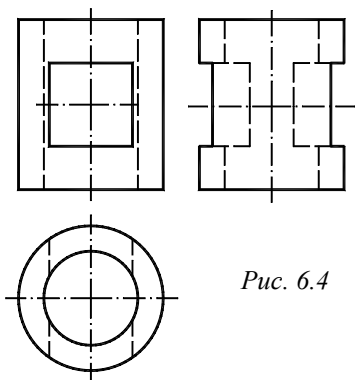


Рис. 6.4

Правильний вибір головного вигляду предмета зумовлює кількість потрібних зображень. На вибір головного вигляду предмета впливають також його конструктивні особливості та технологічні фактори виготовлення.

Якщо яку – небудь частину предмета неможливо показати на основних виглядах без спотворення форми і розмірів, тоді використовують додаткові вигляди.

Додатковий вигляд – зображення, утворене внаслідок проєктування частини предмета на додаткову площину, не паралельну основним площинам проєкції. Додаткову площину розміщують паралельно до нахиленої частини предмета, яка проєкується на додаткову площину в натуральному величину (див. рис. 6.5,а).

Для зручності розгляду креслення додатковий вид дозволяється повертати, але із збереженням, як правило, розташування, прийнятого для цього предмета на головному вигляді; при цьому до напису додається умовне позначення викреслене у формі кола діаметром 10 – 12 мм із стрілкою (див. рис. 6.5,б), що означає вигляд Б повернуто.

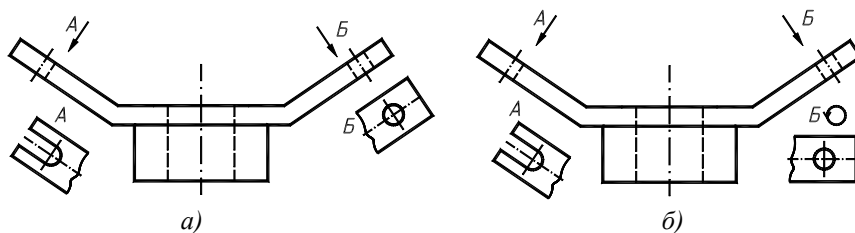


Рис. 6.5,б

Додаткові вигляди на кресленні позначаються літерами і стрілками (див. рис. 6.5, 6.3). Літери, які позначають погляд повинні бути на порядок більші від розмірних чисел.

Місцевий вигляд – зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета. Його застосовують, коли треба показати форму й розміри окремих елементів предмета, наприклад, отвір в деталі, фланець і т. п. Місцевий вигляд може бути обмежений лінією обриву (рис. 6.6., вид А) чи не обмежений (рис. 6.6., вид Б).

Позначення місцевого вигляду не відрізняється від позначення додаткового вигляду. Застосування місцевого вигляду дає змогу зменшити обсяг графічної роботи, зекономити місце на полі креслення.

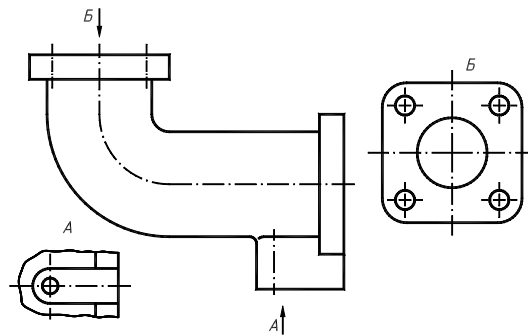


Рис. 6.6

6.2 Розрізи

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

Розріз – зображення предмета, утвореного умовним розрізом його однією або декількома січними площинами. На кресленні в розрізі показують зображення предмета, яке розміщене у відповідних січних площинах і за ними. Розріз є умовним зображенням, бо при його виконанні тільки умовно проводять січні площини та уявно показують окремі частини предмета, які розміщені між спостерігачем і даними січними площинами. На кресленні внутрішні конфігурації частини предмета в розрізі показують суцільними лініями, як і видимий контур предмета. При цьому те, що знаходиться в січній площині, за винятком порожнин, штрихують тонкою суцільною лінією (див. рис. 6.7).

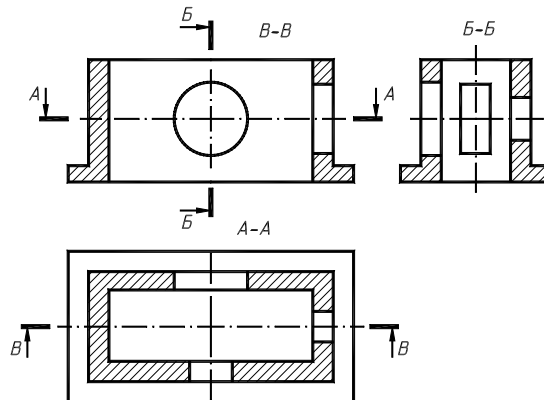


Рис. 6.7

Будь-які розрізи не повинні погіршувати сприйняття креслення та змінювати форму предмета в цілому а, навпаки, повинні допомагати розкрити важкодоступні місця для їх кращого розуміння. Ці розрізи ще носять назву **корисними**.

Залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета розрізи поділяються на поздовжні й поперечні, а залежно від кількості січних площин розрізи бувають прості та складні, причому останні поділяються на ступінчасті та ламані. За повнотою виконання і призначення розрізи бувають повні та місцеві.

В залежності від положення січних площин відносно площин проекцій розрізи поділяються на горизонтальні фронтальні профільні та похилі.

Характеристики та визначення розрізів:

Простий розріз – утворюється однією січною площиною

1. Горизонтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до горизонтальної площини проекцій (Рис. 6.7, розріз А-А).
2. Фронтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до фронтальної площини проекцій (Рис. 6.7, розріз В-В).
3. Профільний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до профільної площини проекцій (Рис. 6.7, розріз Б-Б),
4. Похилий розріз – утворюється січною площиною яка нахилена до горизонтальної площини проекцій під гострим кутом (Рис. 6.8, розріз А-А).
5. Повздовжній розріз – утворюється січною площиною, яка проходить вздовж довжини або висоти предмета (див. рис. 6.7. розріз Б-Б, В-В та рис. 6.9,а розріз Б.Б, В-В). Якщо фігура симетрична дозволяється поєднувати вид і розріз як показано нижче, а позначення розрізів Б-Б, В-В не показувати(див. рис. 6.9,б). Якщо на внутрішній поверхні предмета знаходиться контурна лінія, яка співпадає з віссю симетрії, для прикладу - ребро чотирикутної призми, тоді розріз

виконують дещо більшим половини зображення підкреслюючи його суцільною тонкою лінією, як це зображено на фронтальній проекції фігури (див. рис. 6.9,в). У випадку наявності контурної лінії на зовнішній поверхні розріз виконують дещо меншим половини зображення. А якщо зовнішня і внутрішня контурні лінії співпадають з віссю симетрії тоді суцільна тонка лінія що розділяє вид-розріз робиться хвилястою (див. рис. 6.9,в профільна проекція).

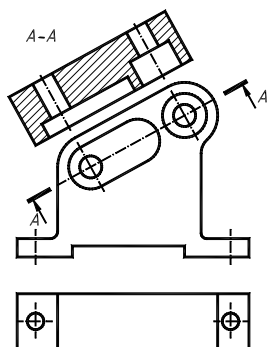


Рис. 6.8

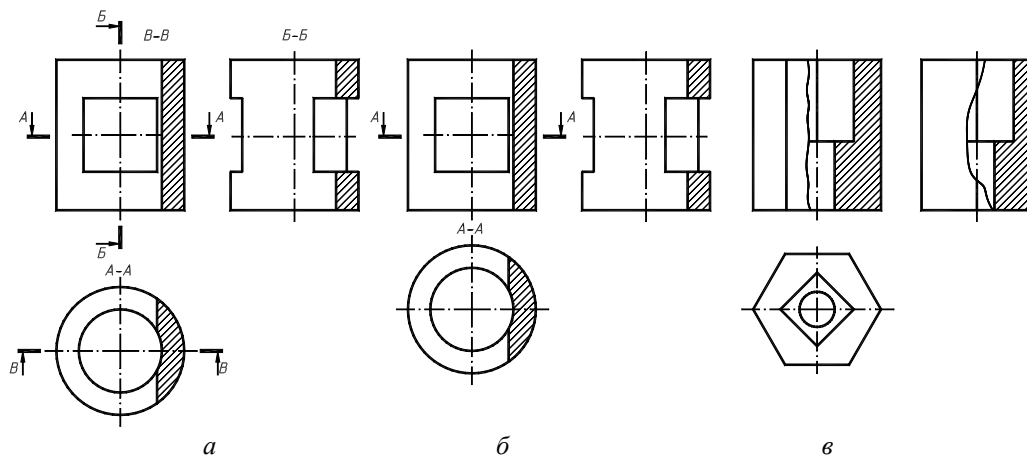


Рис. 6.9

6. Поперечний розріз – утворюється січною площиною, яка проходить перпендикулярно до довжини або висоти предмета. (див. рис.6.7 розріз A-A і рис. 6.9 розріз A-A).

Складний розріз – утворюється двома або декількома січними площинами.

7. Ступінчастим називається складний розріз, утворений паралельними січними площинами.
- 8.

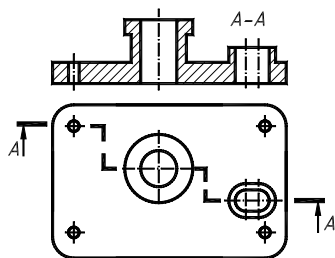


Рис. 6.10

9. Ламаним називається складний розріз утворений паралельними січними площинами, причому одна із них або декілька похилі до горизонтальної площини проекцій.

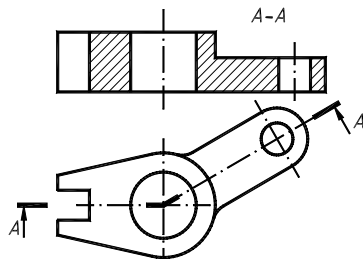


Рис. 6.11

10. Повний розріз – зображення, утворене при повному (наскрізному) перетині несиметричного предмета січною площиною (див. рис. 6.7; В-В. 6.10; А-А і 6.11; А-А).
10. Місцевий розріз (вириг) – зображення що розкриває конструктивні особливості предмета лише в окремому, обмеженому місці (див. рис. 6.12).

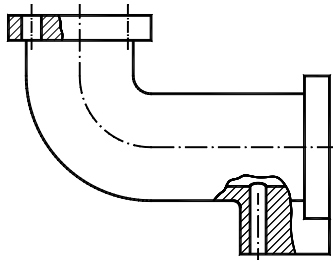


Рис. 6.12

Місцевий розріз виділяють на вигляді тонкою суцільною хвилястою лінією, яка не повинна співпадати з будь-яким зображенням. На рис. 6.13 за допомогою місцевих розрізів показані отвір під стопорний гвинт, паз для сегментної шпонки, та центровий отвір.

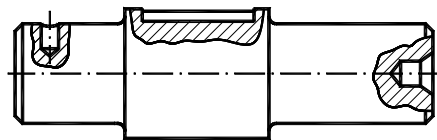


Рис. 6.13

6.3 Перерізи

Перерізи – зображення предмета, утвореного тільки умовним перетином його однією або декількома січними площинами. На кресленні в перерізі показують зображення предмета яке розміщене тільки у відповідних січних площинах. Фігуру перерізу на кресленні штрихують тонкими лініями під кутом 45° . **Частина предмета, розташованого за січною площиною, в перерізі не показують.** Переріз є частковим випадком розрізу. Тобто розріз включає переріз. На рис. 6.14,а зображено переріз, а на рис. 6.14,б розріз.

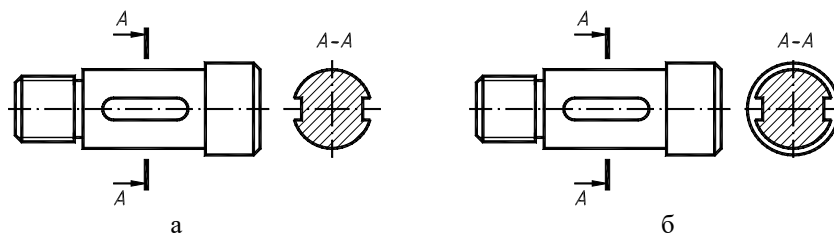


Рис. 6.14

Залежно від розміщення на кресленні розрізняють *винесені* й *накладні* перерізи. Винесені перерізи розташовують поза контуром зображення деталі (рис. 6.15) на будь-якому місці поля креслення, накладні – безпосередньо на виглядах (рис. 6.16).

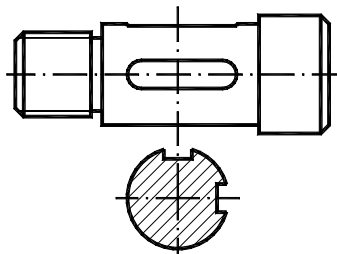


Рис. 6.15

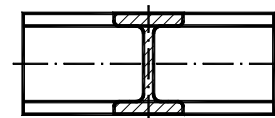


Рис. 6.16

Винесені перерізи застосовують частіше, бо вони не затемнюють зображення зайвими лініями та не погіршують читання креслення.

Перерізи, як і розрізи, можуть бути складними, зокрема ламаними й ступінчастими (див. рис. 6.17. ступінчастий переріз А-А).

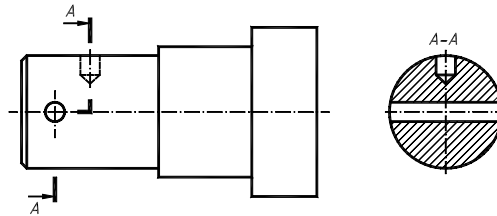


Рис. 6.17

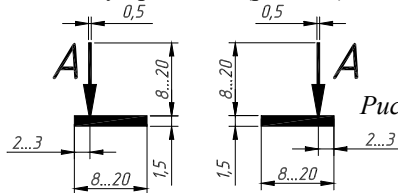
За формою перерізи поділяють на симетричні (рис. 6.14,а, 6.16, 6.17) і несиметричні (рис. 6.15).

6.4 Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів

Зображення на кресленні, зокрема розрізів і перерізів, повинно розташовуватися економно й раціонально на полі креслення та зручно читатися разом з розмірами, позначеннями, написами, таблицями.

Для позначення на кресленні січних площин у розрізі і перерізах використовують розімкнену лінію – потовщені штрихи (рис. 6.18). Перпендикулярно до крайніх штрихів (початкового і кінцевого) наносять стрілки, що вказують напрям погляду, і розташовують їх як показано на рис. 6.1.

Згідно з вимогами стандарту щодо оформлення креслень, крайні штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення їх необхідно позначити великими літерами українського алфавіту (див. рис. 6.1). Для позначення розрізів і перерізів застосовують стрілки і літери таких же розмірів, що й для позначення виглядів, а самі літери на кресленні проставляють у відповідність до розташування основного напису із зовнішнього боку стрілок, незалежно від їх напрямку. Вибирають літери в алфавітному порядку та слідкують за тим, щоб вони не повторювались на одному кресленні (рис. 6.7).



Розрізи та перерізи супроводжуються написом А-А, Б-Б і т. д.

Підкреслимо деякі умовності виконання розрізів та перерізів.

1. Для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не позначається, а самі розрізи написом не супроводжуються, якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета і ці розрізи розташовані в проєкційному зв'язку та не розділені будь-якими зображеннями (див. рис. 6.9,в). Необхідно зазначити, що на рис. 6.7 фронтальний розріз В-В та профільний Б-Б можна було б не позначати.

2. Похилі і складні розрізи та перерізи, позначають завжди. (рис. 6.8, рис. 6.11, 6.14,а та рис 6.17).

3. Похилі розрізи та перерізи, що розташовані не в проєкційному зв'язку та повернені відносно січної площини, супроводжуються написом з умовною позначкою (“повернено”) (див. рис. 6.5,б).

4. Місцеві розрізи виділяють на виглядах тонкою хвилястою суцільною лінією, яка не повинна збігатися з будь-якими іншими лініями зображення. Їх не позначають і не підписують (див. рис. 6.12 та 6.13).

5. Для ступінчастих розрізів, крім початкового і кінцевого штрихів, у місцях переходу однієї січної площини в іншу ставлять штрихи без літер. Літери проставляються лише на крайніх штрихах розімкненої лінії Зміна ліній напрямку січних площин на зображення не впливає (див. рис. 6.10).

6. Для симетричних фігур дозволяється поєднувати в одному зображенні вигляд з розрізом. (половину вигляду з половинного відповідного розрізу). Лінією розділення вигляду та розрізу є штрихпунктирна лінія, що збігається з віссю симетрії фігури (див. рис. 6.9,а.). При цьому невидимий контур предмета на вигляді штриховими лініями не показують, якщо симетричний йому показаний у розрізі.

7. У випадках, коли контурна лінія зображення збігається з віссю симетрії предмета, межею між виглядом і розрізом є хвиляста лінія обриву (див. рис. 6.9,б).

8. Оскільки вважається, що читання креслення здійснюється зліва направо й зверху вниз і вигляд має перевагу над розрізом та на головному вигляді та на вигляді зліва розріз розміщують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на вигляді зверху – праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі.

Лекція 7

Аксонетричні проєкції.

7.1 Основні поняття, визначення, класифікація

Практичні прийоми побудови наочних зображень – аксонетричних проєкцій та технічних малюнків – оснований на теорії аксонетричних та перспективних проєкцій. Наочні зображення мають велике практичне значення, їх дуже широко використовують в різних областях діяльності. Необхідність в наочному зображенні виникає

при читанні креслення виробу, коли важко уявити його конструктивну форму. Людина яка не знайома з методами ортогонального проектування на три площини проекцій, навряд чи зможе одразу уявити що вона бачить на рис. 7.1.

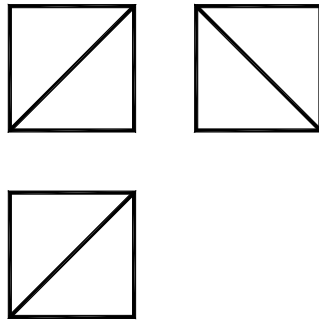


Рис. 7.1

Щоб полегшити процес просторової уяви використовуються аксонометричні проекції. На рис. 7.2 показаний приклад цього креслення, виконаного в аксонометричній проекції. На ньому показано зображення куба з вирізом в аксонометричній проекції і його проекції на три площини.

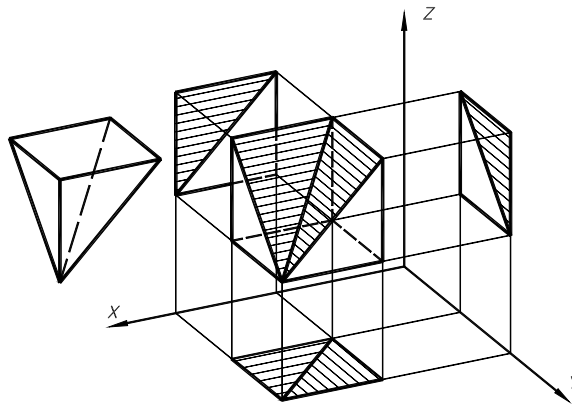


Рис. 7.2

Тепер нам видно, як одержуються ортогональні проекції фігури.

Отже, з допомогою аксонометричних проекцій ми можемо показати конструктивну будову як цілого виробу, так і будову окремих частин виробу, технологічні процеси обробки, зборки та монтажу. Аксонометричні проекції використовують для передачі технічного задуму автора при проектуванні та конструюванні нових виробів.

При розгляді наочного зображення відомість про предмет формується лише на основі єдиного образу, який представлений з однієї нерухомої точки зору. На наочному зображенні має бути видно найбільша кількість складових частин предмета, які виявляють його форму в цілому. Окремі частини предмета не повинні повністю закривати інші його частини.

Аксонометричною проекцією називається зображення, одержане при паралельному проєкціюванні предмета разом з осями прямокутних координат x, y, z до яких він віднесений в просторі, на яку – небудь площину Π . При цьому площина Π , на яку проєктується предмет, називається аксонометричною, а проєкції на неї осей Ox, Oy, Oz називаються аксонометричними осями. Розмір кута між ними залежить від напрямку проєктування і положення площини Π відносно осей x, y, z .

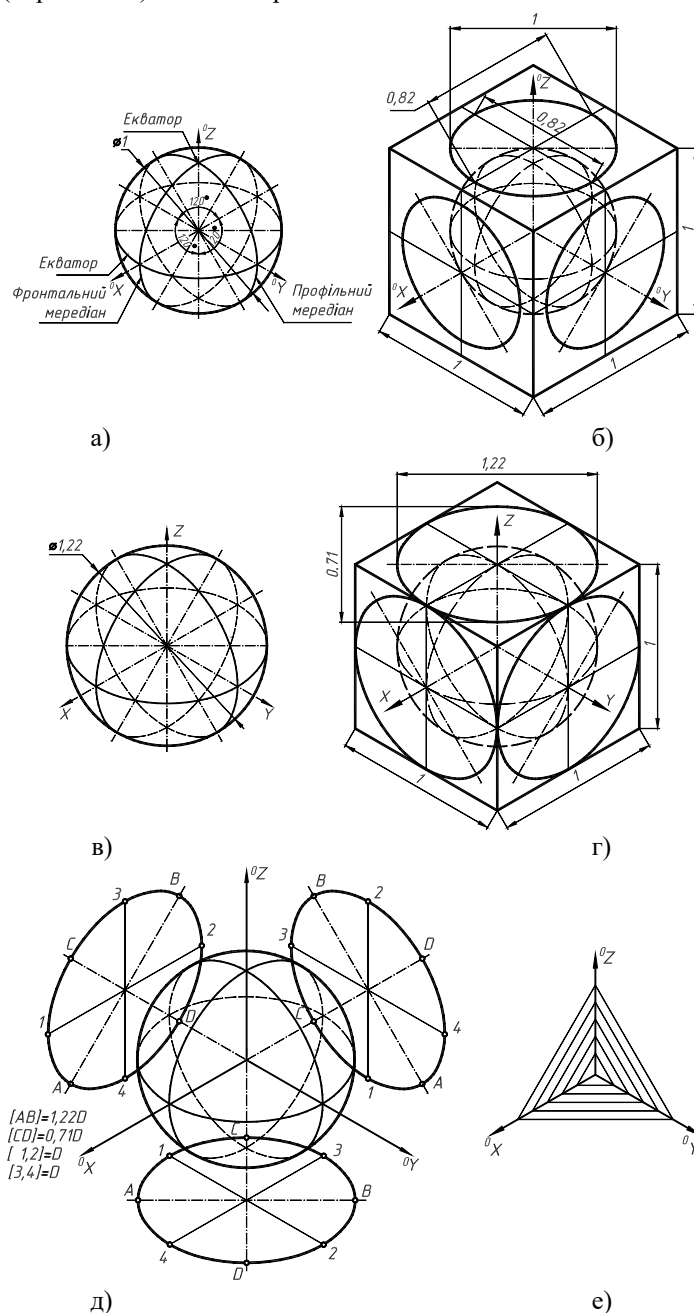
Для аксонометричних проєкцій використовуються також основні положення паралельних проєкцій: аксонометричні проєкції паралельних прямих паралельні між собою; рівні відрізки, котрі належать паралельним прямим, проєктуються в рівні відрізки; якщо точка ділить відрізок в певному співвідношенні, то її аксонометрична проєкція ділить аксонометричну проєкцію відрізка в тому ж співвідношенні. Відрізки на осях координат x, y, z проєктуються в загальному випадку із спотворенням. Спотворюються також і розміри проєктуємих предметів. Коефіцієнти (показники) спотворення по осях дорівнюють відношенню аксонометричних координат (на зображенні) до натуральних (на предметі). В залежності від напрямлення проєктуючих променів аксонометричні проєкції поділяються на прямокутні і косокутні. Аксонометричні проєкції називаються прямокутними, якщо кут між проєктуючими променями і площиною Π рівний 90° . Аксонометричні проєкції називаються косокутними, якщо кут між проєктуючими променями і площиною Π менший від прямого кута. В залежності від спотворення лінійних розмірів предмета вздовж осей аксонометричні проєкції поділяють на ізометрію і диметрію. ГОСТ 2.317-69 рекомендує використовувати два види прямокутних аксонометричних проєкцій – ізометричну (рис. 7.3) і диметричну (рис. 7.4) і три види косокутних аксонометричних проєкцій – фронтальну ізометричну (рис. 7.5), горизонтальну ізометричну (рис. 7.6) і фронтальну диметричну (рис. 7.7).

7.2 Види аксонометрії

7.2.1 Прямокутна ізометрична проекція.

Ізометрія – аксонометрична проекція з однаковими показниками спотворення по всіх трьох осях.

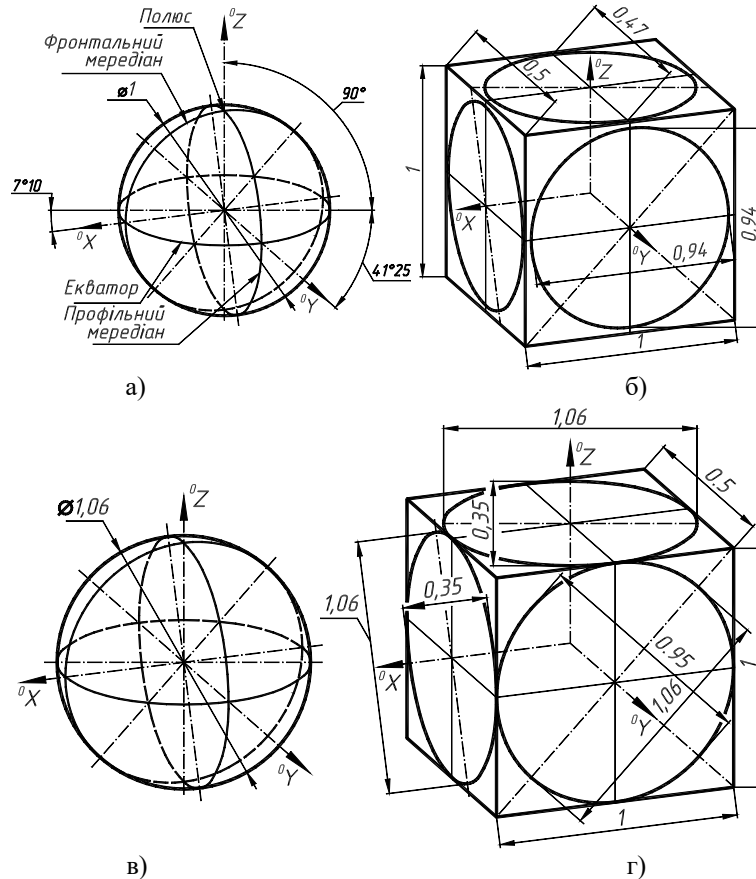
На рис 7.3,а зображена сфера у прямокутній ізометричній проекції діаметр якої дорівнює одиниці вимірювання. Кут між осями дорівнює 120° . Розташуємо цю сферу всередині куба, ребра якого, також дорівнюють одиниці по напрямку аксонометричних осей (див рис. 7.3,б). Спроектуємо сферу на грані куба. Такий вид проектування називається третьоквadrантним (американським). Як бачимо проєкції сфери на грані куба менші за розміром (спотворені). Тобто відрізок координатної осі довжиною 1 мм в прямокутній ізометрії відобразиться відрізком аксонометричної осі довжиною 0,82 мм. Співвідношення $1 / 0,82 = 1,22$ рази визначає коефіцієнт масштабування на який ми збільшуємо сферу (див.рис. 7.3,в). Зараз проєкції сфери у вигляді еліпсів вписуються в грані куба (див. рис. 7.3,г). Велика вісь еліпса складає 1,22 діаметра – D проєкційного кола сфери (екватор, фронтальний меридіан, профільний меридіан), а мала 0,71 діаметра. Розташуємо сферу у звичному нам (європейському) першоквadrантному виді проектування. На рис. 7.3,д наведені співвідношення для визначення довжини відрізків великої [AB] і малої [CD] осей еліпсів. Величина відрізків [1, 2] і [3, 4] дорівнює діаметру проєкційного кола сфери, а в загальному випадку діаметру циліндра або отвора на фігурі. При виконанні четвертих розрізів у прямокутній ізометрії слід дотримуватись наведеного на рис. 7.3,е правила штриховки. Штрихові лінії проводять перпендикулярно (паралельно) аксонометричним осям.



7.2.2 Прямокутна диметрична проекція.

Диметрія - аксонометрична проекція з однаковими показниками спотворення по двох осях.

На рис. 7.3,а зображена сфера у прямокутній диметричній проекції діаметр якої дорівнює одиниці вимірювання. Кут між горизонтальною лінією і вісью X дорівнює $7^{\circ}10'$, а вісью Y - $41^{\circ}25'$. Розташуємо цю сферу всередині куба, ребра якого, також дорівнюють одиниці по напрямку аксонометричних осей X і Z, а по напрямку осі Y ребро в прямокутній диметрії буде виглядати в половину меншим (див. рис. 7.3,б). Спроектуємо сферу на грані куба. Як бачимо проекції сфери на грані куба менші за розміром (спотворені). Тобто відрізок координатної осі довжиною 1 мм в прямокутній диметрії відобразиться відрізком довжиною 0,94 мм по напрямку осей X і Z, і відрізком довжиною 0,47 мм по напрямку осі Y. Співвідношення $1 / 0,94 = 1,06$ рази визначає коефіцієнт масштабування на який ми збільшуємо сферу (див.рис. 7.3,в). Зараз проекції сфери у вигляді еліпсів вписуються в грані куба (див. рис. 7.3,г). Велика вісь еліпсів складає 1,06 діаметра – D проекційного кола сфери (екватор, фронтальний меридіан, профільний меридіан), а мала - 0,95 діаметра на фронтальну площину проекцій і 0,35 діаметра на горизонтальну і профільну площини. Розташуємо сферу у звичному нам (європейському) першоквadrантному виді проектування. На рис. 7.3,д наведені співвідношення для визначення довжини відрізків великої [AB] і малої [CD] осей еліпса на фронтальну площину проекцій та малої осі - [EF] еліпсів на горизонтальній та профільній площинах. Величина відрізків [1, 2] і [3, 4] дорівнює діаметру проекційного кола сфери (в загальному випадку діаметру циліндра або отвора на фігурі), а відрізка [5, 6] половині діаметра проекційного кола сфери. При виконанні четверних розрізів у прямокутній ізометрії слід дотримуватись наведеного на рис. 7.3,е правила штиховки. Штрихові лінії спочатку проводять перпендикулярно аксонометричній осі Y, а надалі їх проводять через одну лінію до осі Y на відстань в половину меншу.



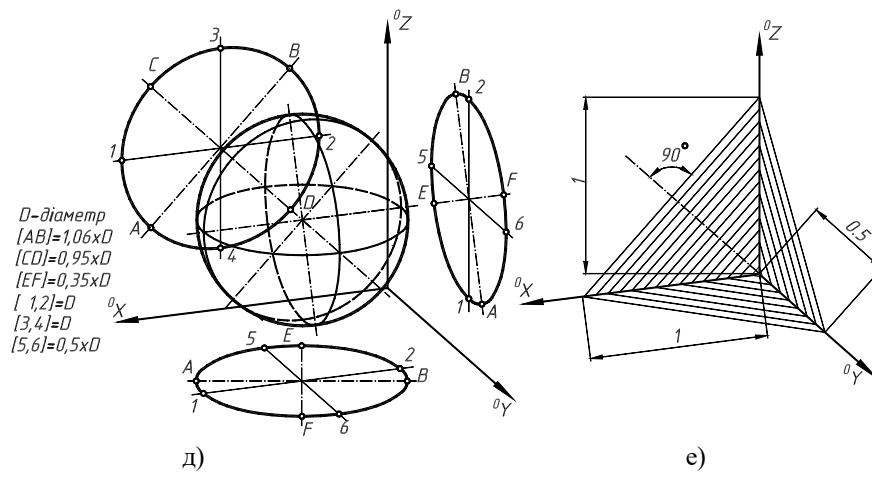


Рис. 7.4

7.2.3 Аксонометричні косокутні проекції ГОСТ 2.317-69.

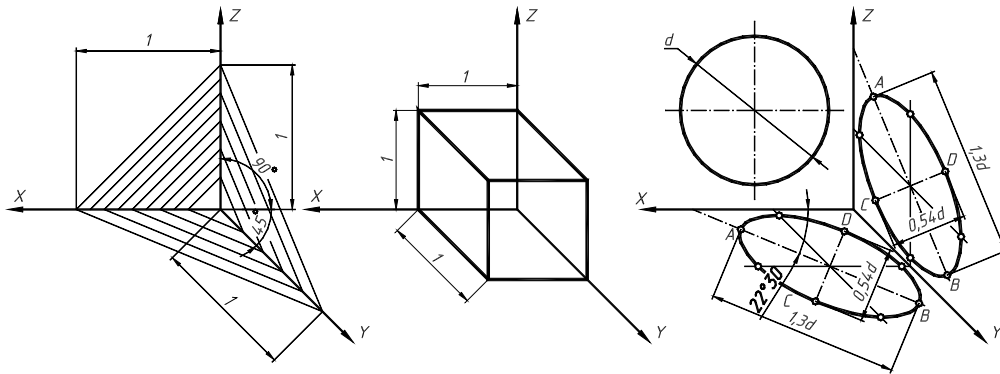


Рис 7.5. Фронтальна ізометрія.

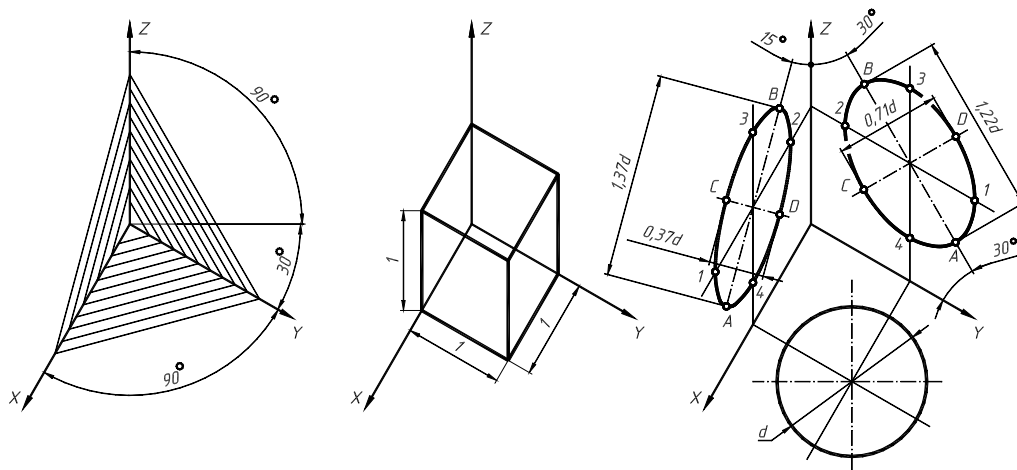


Рис 7.6. Горизонтальна ізометрія.

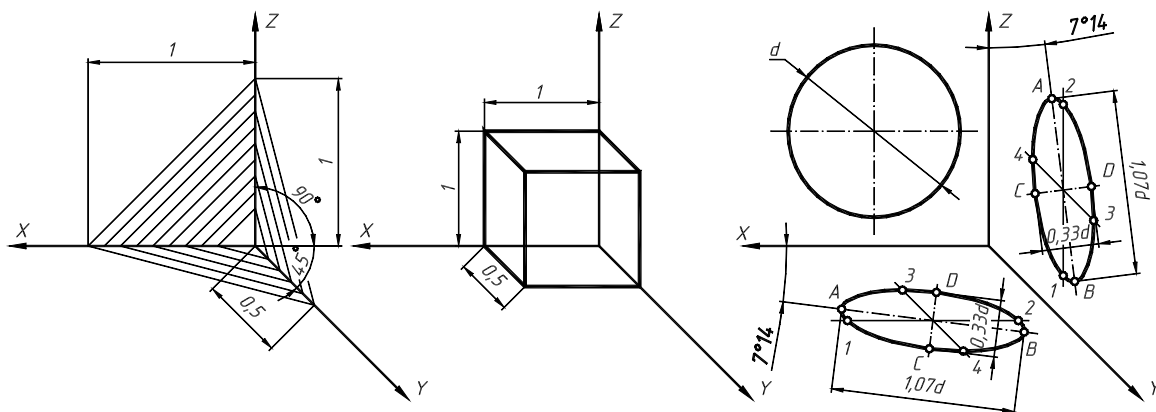


Рис. 7.7. Фронтальна диметрія.

7.3 Методи побудови фігур аксонометричних проєкцій

7.3.1 Аксонометрія плоских фігур.

Для побудови точки в аксонометрії будують координальну ламану лінію з врахуванням коефіцієнтів спотворення по осях x , y , і z в залежності від виду аксонометрії.

Розглянемо побудову аксонометрії точки, прямої і плоскої фігури в прямокутній ізометрії.

В ізометрії коефіцієнти спотворення по осях x , y , і z рівні і дорівнюють 1.

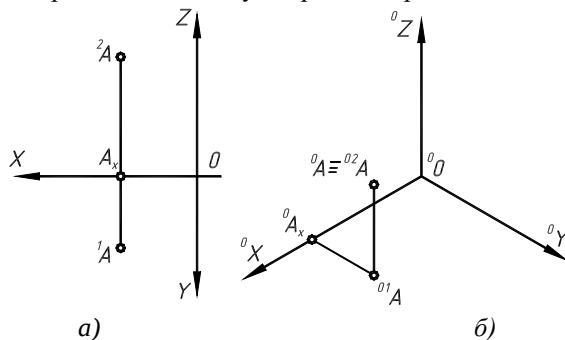


Рис. 7.8

Відрізок OA_x (рис. 7.8, а) відкладаємо від точки 0_0 по осі $0x$ аксонометричної системи координат (рис. 7.8, б). Через одержану точку $0A_x$ проводимо пряму, паралельну $0y$, на якій відкладаємо відрізок, рівний відрізку $A_x A^1A$. Одержимо точку 0^1A , з якої проводимо пряму, паралельну $0z$. На цій прямій відкладаємо відрізок 0^1A^0A , рівний відрізку $A_x A^2A$. Одержана точка $0A$ являється ізометричною проєкцією точки A . При цьому, відкладені аксонометричні відрізки складають аксонометричну координатну площину.

Виконуючи розглянуті побудови для кожної точки аксонометричної фігури, ми можемо побудувати модель цієї фігури в аксонометричних проєкціях. На рис. 7.9, а показана побудова прямокутної ізометрії для відрізка AB , а на рис. 7.10, б – побудова прямокутної ізометрії плоскої фігури ABC .

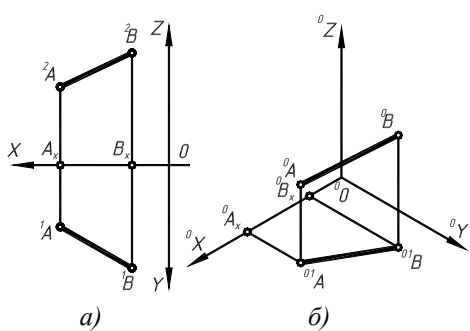


Рис. 7.9

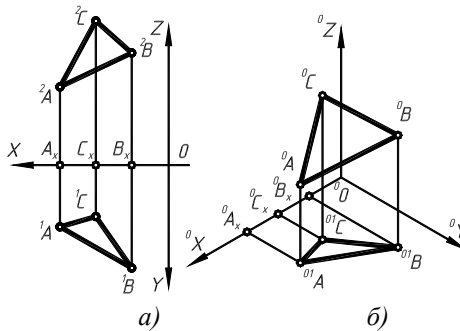


Рис. 7.10

Розглянемо побудову прямокутної ізометрії плоскої фігури яка лежить в площині проєкцій (або в площині рівня). Оскільки плоскі фігури мають два виміри тому для їх побудови в аксонометрії використовують дві осі, які вибирають в залежності від того, якій із площин проєкцій паралельна задана фігура.

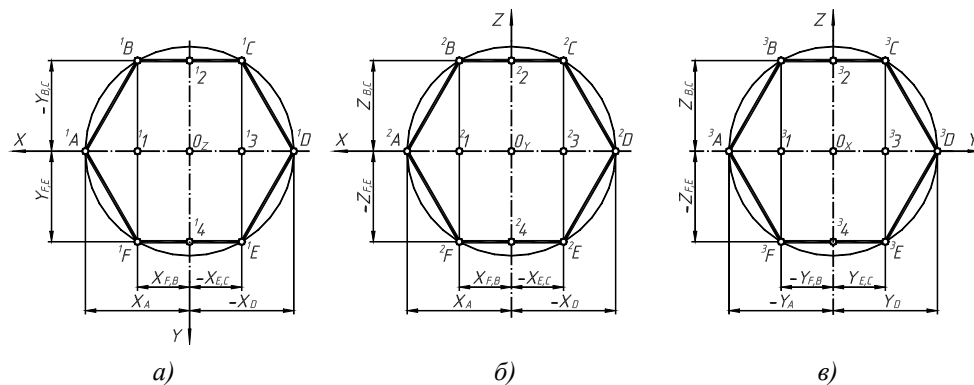


Рис. 7.11

На рис. 7.11 зображено правильний шестикутник, який розміщений: а) паралельно горизонтальній площині б) – паралельно фронтальній площині проєкцій в) паралельно профільній площині проєкцій. Побудова кожної точки у аксонометричній проєкції в загальному випадку здійснюється за описом по рис. 7.8., ми ж скористаємось вже відомим положенням: аксонометричні проєкції паралельних прямих паралельні між собою. Через допоміжні точки 1, 2, 3, 4, які знаходяться на аксонометричних осях, проводимо прямі паралельні відповідним аксонометричним осям (див. рис 7.12, а) і на їхньому перетині позначимо точки 0B , 0C , 0E , 0F . Точки 0A , 0D також знаходимо на відповідних аксонометричних осях. З'єднавши всі аксонометричні проєкції точок, одержимо аксонометричну проєкцію фігури рис. 7.12, б.

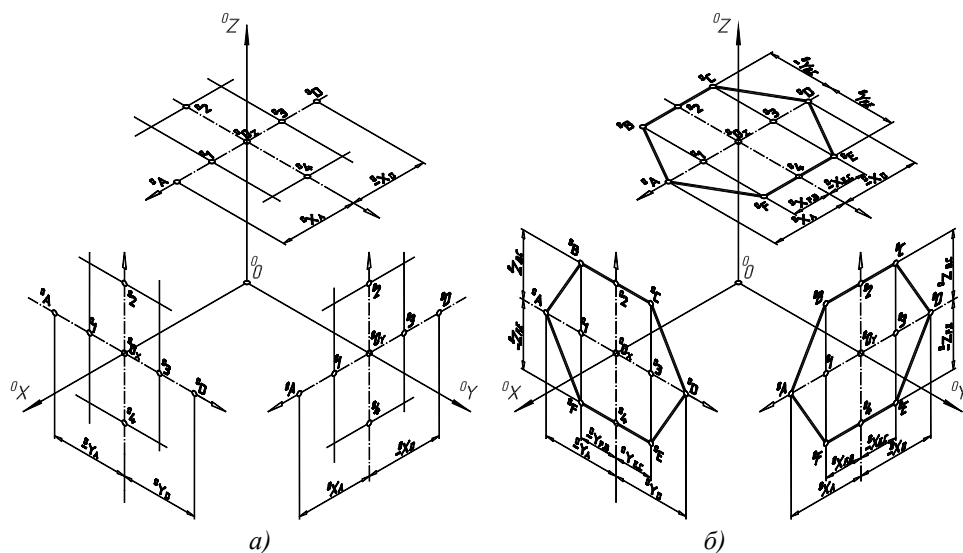


Рис. 7.12

Аксонометрію довільного кола можна побудувати як сукупність аксонометричних проєкцій певного числа точок цього кола. У будь якому типі аксонометрії коло спроектується в еліпс. Для побудови прямокутної ізометрії кола (див рис 7.13, а), яке лежить в координатній площині (або в площині рівня), спочатку необхідно побудувати аксонометрію його центра (точки 0O_x , 0O_y , 0O_z (див.рис.7.8)) провести через отриману точку прямі, паралельні відповідним двом аксонометричним осям (відрізок: $[1, 2] = D$ (діаметр кола в площині), та $[3, 4] = D$). Надалі будемо малу вісь еліпса (відрізок $[CD] = 0,71 \times D$ (штрихпунктирна лінія)), що розташується паралельно аксонометричній осі відсутній в даній площині, а також велику вісь (відрізок $[AB] = 1,22 \times D$), що буде їй перпендикулярна (див рис 7.13, б). По одержаних восьми точках за допомогою лекала викреслюється шуканий еліпс (див рис 7.13, в).

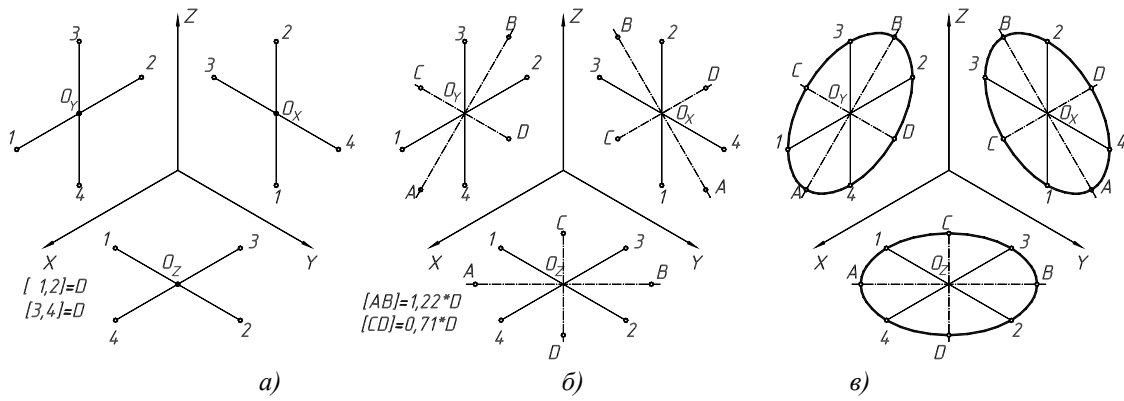


Рис. 7.13

Розглянемо побудову прямокутної диметрії плоскої фігури яка лежить в площині проєкцій (або в площині рівня). Нагадаємо, що це аксонометрична проєкція з однаковими показниками спотворення по двох осях – X та Z.

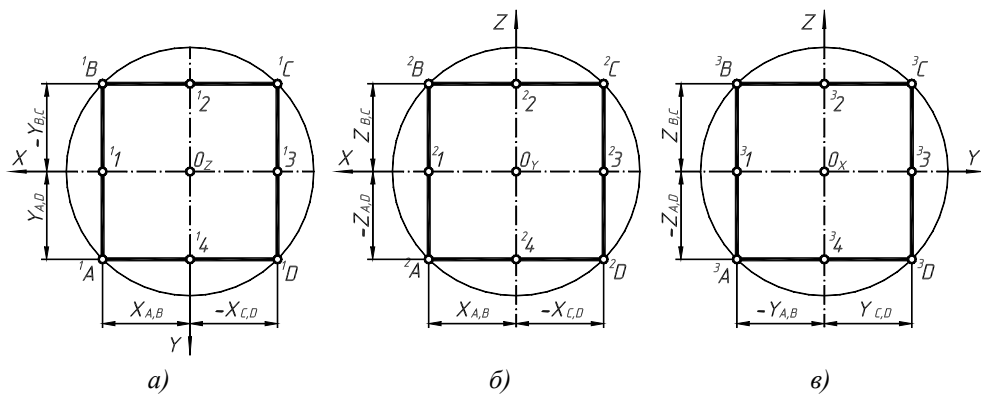


Рис. 7.14

На рис. 7.14 зображено квадрат, який розміщений: а) паралельно горизонтальній площині б) – паралельно фронтальній площині проєкцій в) паралельно профільній площині проєкцій. Разом взяті квадрати являють собою проєкцію куба на ортогональні площини проєкцій. У прямокутній диметрії цей куб зображено на рис. 7.4, г з якого видно, що довжина грані по напрямку осі Y вдвічі менша. Побудова кожної точки у аксонометричній проєкції в загальному випадку здійснюється за описом по рис. 7.8., тому ще раз скористаємось вже відомим положенням: аксонометричні проєкції паралельних прямих паралельні між собою. Через допоміжні точки 1, 2, 3, 4, які знаходяться на аксонометричних осях, проводимо прямі паралельні відповідним аксонометричним осям (див. рис 7.15, а) і на їхньому перетині позначимо точки 0B , 0C , 0E , 0F . Точки 0A , 0D також знаходимо на відповідних аксонометричних осях. З'єднавши всі аксонометричні проєкції точок, одержимо аксонометричну проєкцію фігури рис. 7.15, б.

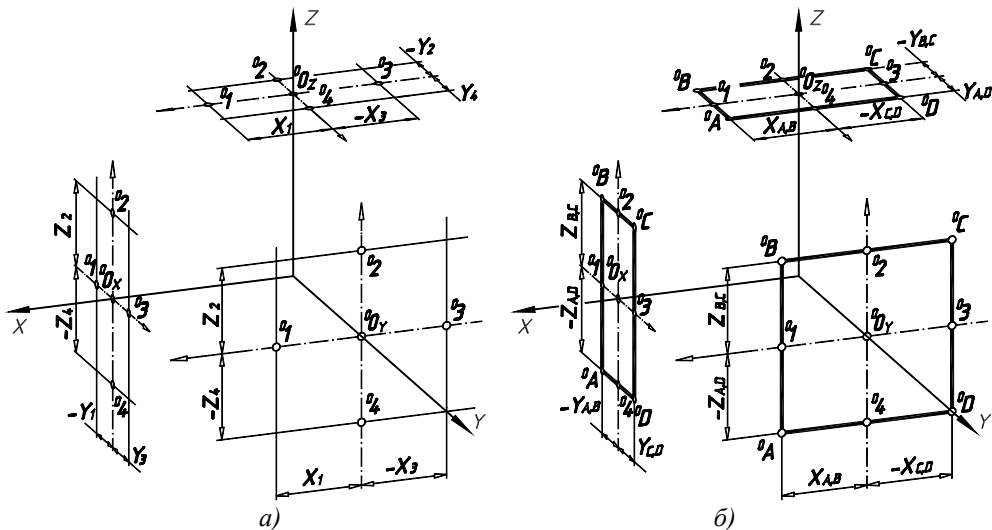
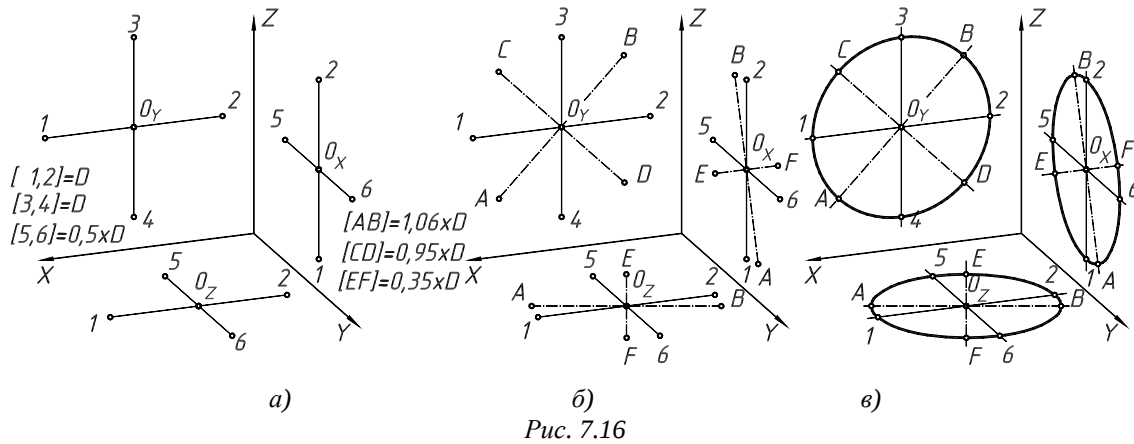


Рис. 7.15

Для побудови прямокутної диметрії кола (див рис 7.16, а), яке лежить в координатній площині (або в площині рівня), спочатку необхідно побудувати аксонометрію його центра (точки O_x, O_y, O_z (див.рис.7.8)) провести через отриману точку прямі, паралельні відповідним двом аксонометричним осям (відрізок: $[1, 2] = D$; $[3, 4] = D$; $[5, 6] = 0,5 \times D$).

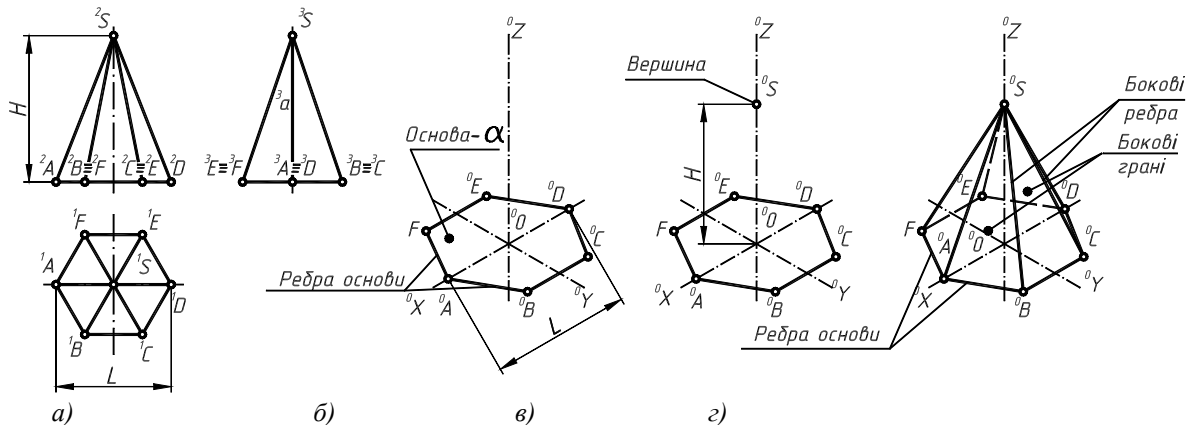


Надалі будемо малу вісь еліпса (відрізок $[CD] = 0,95 \times D$ (штрихпунктирна лінія) або $[EF] = 0,35 \times D$), що розташується паралельно аксонометричній осі відсутній в даній площині, а також велику вісь (відрізок $[AB] = 1,06 \times D$), що буде їй перпендикулярна (див рис 7.16, б). По одержаних восьми точках по лекалу викреслюється шуканий еліпс (див рис 7.16, в).

7.3.2 Приклади побудови ізометричних проєкцій простих фігур.

Побудова прямокутної ізометрії піраміди.

Для наведеної на рис. 7.17,а піраміди осі координат проводимо так, щоб вони співпадали з її осями симетрії, причому початок координат - 0 буде знаходитись в центрі основи піраміди - α . Спочатку викреслюємо ізометричні осі для побудови основи піраміди (рис. 7.17, б). Основа піраміди плоска фігура яка будується згідно опису, зробленому раніше (див рис.7.12). З проєкційного креслення визначаємо необхідні координати точок та розташування вершини піраміди - S (рис. 7.17, в). Відрізками сполучаємо вершину піраміди з точками в основі, утворюючи бокові ребра та бокові грані (рис. 7.17, г).



Побудова прямокутної ізометрії призми.

Для наведеної на рис. 7.18,а призми осі координат проводимо так, щоб вони співпадали з її осями симетрії, причому початок координат - 0 буде знаходитись в центрі нижньої основи піризми - α . Спочатку викреслюємо ізометричні осі для побудови основи призми (рис. 7.18, б). Верхня та нижня основи призми плоска фігура яка будується згідно опису зробленому раніше (див рис.7.12). З проєкційного креслення визначаємо необхідні координати точок та розташування верхньої основи призми - β (рис. 7.18, в). Відрізками сполучаємо точки на верхній та нижній основі утворюючи бокові ребра та бокові грані - γ (рис. 7.18, г).

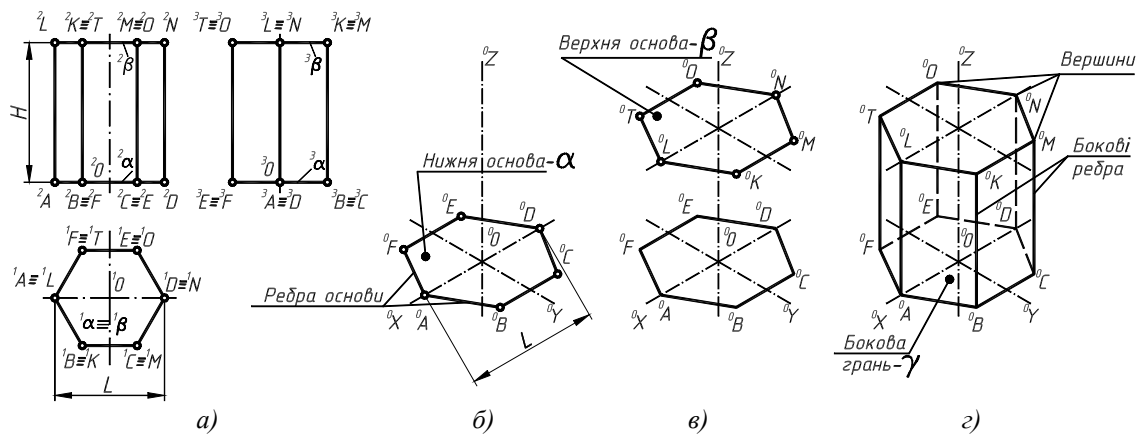


Рис. 7.18

Побудова прямокутної ізометрії конуса.

Для прямого конуса (рис. 7.19, а) осі координат проводимо так, щоб вони співпадали з центром кола в основі, причому початок координат - 0 буде знаходитись в центрі кола. Спочатку викреслюємо ізометричні осі для побудови основи конуса (рис. 7.19, б). Основа конуса – коло, яке будується в ізометрії згідно опису, зробленому раніше (див рис.7.13). З проекційного креслення визначаємо розташування вершини – S (рис. 7.19, в). Сполучаємо вершину конуса відрізками твірних дотичних до еліптичної кривої (рис. 7.19, г).

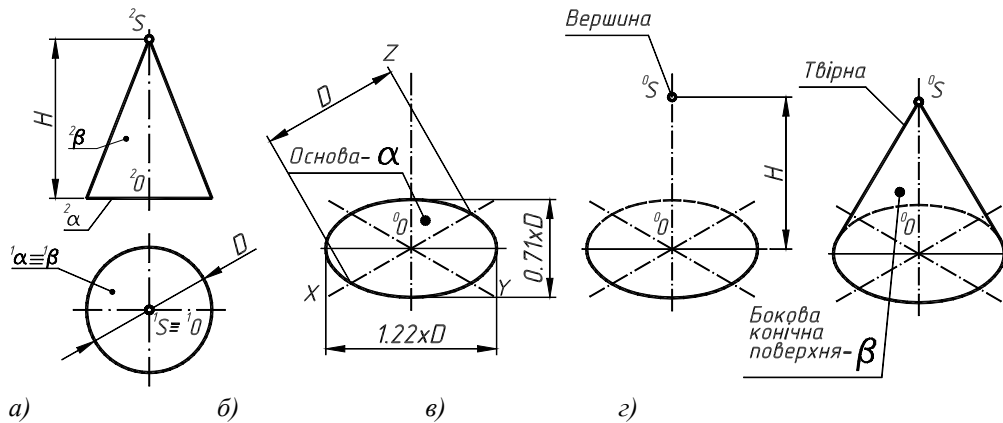


Рис. 7.19

Побудова прямокутної ізометрії циліндра.

Для прямого циліндра (рис. 7.20, а) осі координат проводимо так, щоб вони співпадали з центром кола в основі, причому початок координат - 0 буде знаходитись в центрі кола. Спочатку викреслюємо ізометричні осі для побудови нижньої основи циліндра - β (рис. 7.20, б). Основа циліндра коло, яке будується в ізометрії згідно опису зробленому раніше (див рис.7.13). З проекційного креслення визначаємо розташування верхньої основи циліндра - α (рис. 7.20, в). Сполучаємо верхню та нижню основи відрізками твірних дотичних до еліптичних кривих (рис. 7.20, г).

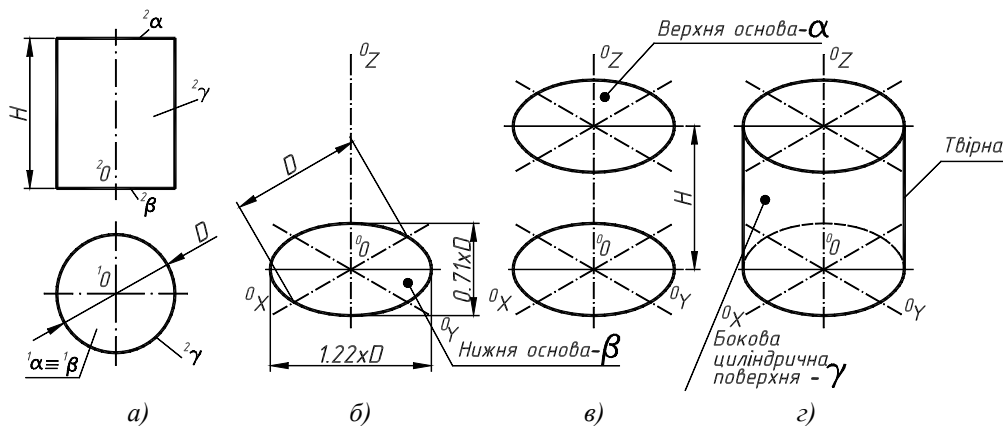


Рис. 7.20

Побудова прямокутної ізометрії сфери.

Для побудови прямокутної ізометрії сфери (див рис 7.21,а) спочатку необхідно побудувати аксонометрію її центра 0. Осі координат сфери перетинаються в її центрі (див.рис. 7.21, а). Спочатку викреслюємо ізометричні осі та приведений діаметр сфери $D_{\Pi} = 1,22 \times D$ (рис. 7.21, б). При необхідності виконання зрізаних площин у ізометрії коло, яке лежить в координатній площині (або в площині рівня), будується в ізометрії згідно опису зробленому раніше (див рис.7.13). Вигляд півсфери зрізаної горизонтальною, фронтальною, профільною - площинами наведено на рис. 7.21, в, г, д. На рис. 7.21,е зображена сфера з вирізом у першому октанті простору.

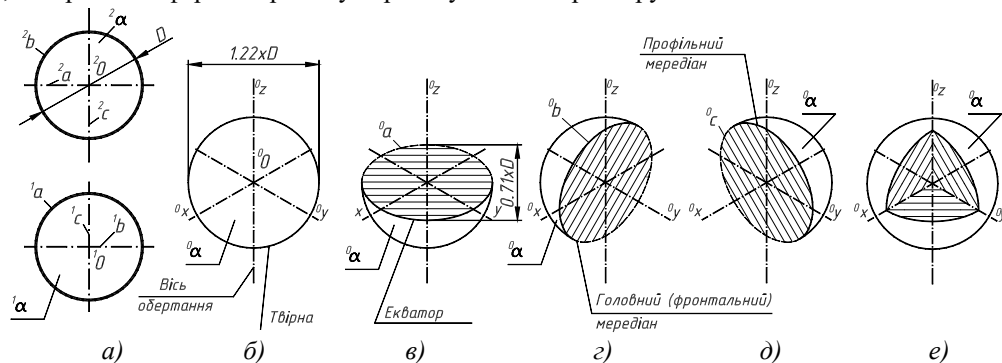


Рис. 7.21

7.3.3 Приклади побудови ізометричних проєкцій складних фігур.

В четвертій лекції ми розглядали проєкційне креслення поєднаних між собою простих фігур з вирізами. В ньому наведена достатня кількість прикладів аксонометричних зображень тому зараз ми розглянемо один приклад на основі якого стане зрозумілим принцип креслення таких фігур у прямокутній ізометрії.

Ізометрія циліндра і сфери з вирізом.

Побудова прямокутної ізометрії циліндра - β та сфери- α була розглянута вище (див.рис.7.20 та 7.21).

Розглянемо поетапну побудову вирізу на півсфері гранною поверхнею - γ . Для побудови аксонометричного зображення достатньо двох проєкцій півсфери зображеної на рис 7.22,а.

На висоті - Z від центра півсфери будуюмо осі в площині зрізу гранною поверхнею - $^0\gamma_1$.

Знаходимо вісім опорних точок (див.рис 7.13) для побудови ізометричної проєкції кола горизонтального зрізу радіусом - R1 (див.рис.7.22,б).

На відстані -X від центра півсфери будуюмо осі в площині зрізу гранною поверхнею - $^0\gamma_2$.

Знаходимо вісім опорних точок для побудови ізометричної проєкції кола профільного зрізу радіусом - R2.

Позначаємо опорні точки 01 та 02 в перетині еліпсів у площинах $^0\gamma_1$ та $^0\gamma_2$, а також опорні точки 03 та 04 на екваторі сфери. (див.рис.7.22,в).

Усуваємо зайві лінії на ізометричній проєкції півсфери (див.рис.7.22,г). Доцільно перевірити ізометричні проєкції точок координатним способом (див.рис. 7.8). Наприклад для побудови точки 01 у ізометрії необхідно із проєкційного креслення (рис.7.22,а) визначити відстані до точки 1 по осях X, Y, Z та послідовно відкласти їх на ізометричному зображенні (див.рис. 7.22,г).

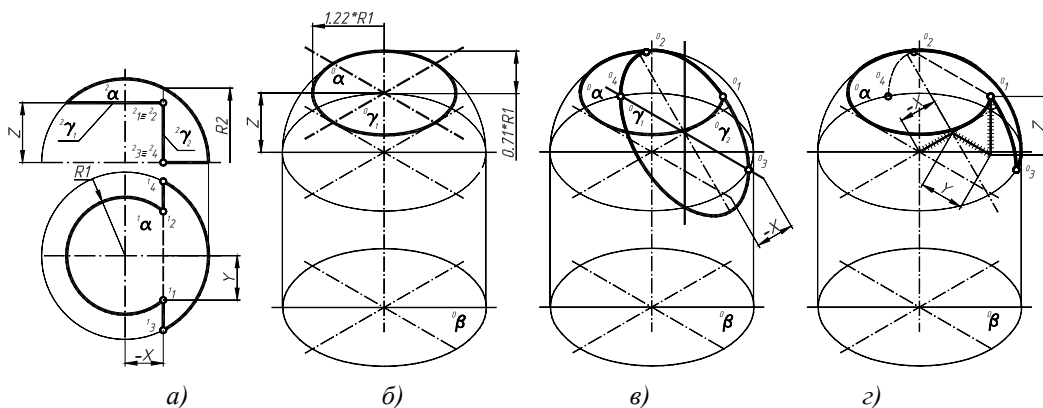


Рис. 7.22

Розглянемо поетапну побудову вирізу на циліндрі гранною поверхнею - γ . Для побудови аксонометричного зображення достатньо двох проєкцій циліндра, представленого на рис 7.23,а.

На відстані (- X, +Y, +Z) та (- X, -Y, +Z) від центра циліндра знаходимо аксонометричні проєкції точок 05 та 06 що належать лінії перетину площин - $^0\gamma_2$ та $^0\gamma_3$ (див.рис. 7.23,б).

Аналогічним проєкційним способом знаходимо ізометричні проєкції точок 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 (див.рис. 7.23,в).

Усуваємо допоміжні та зайві лінії на ізометричній проекції циліндра (див.рис.7.22,г).

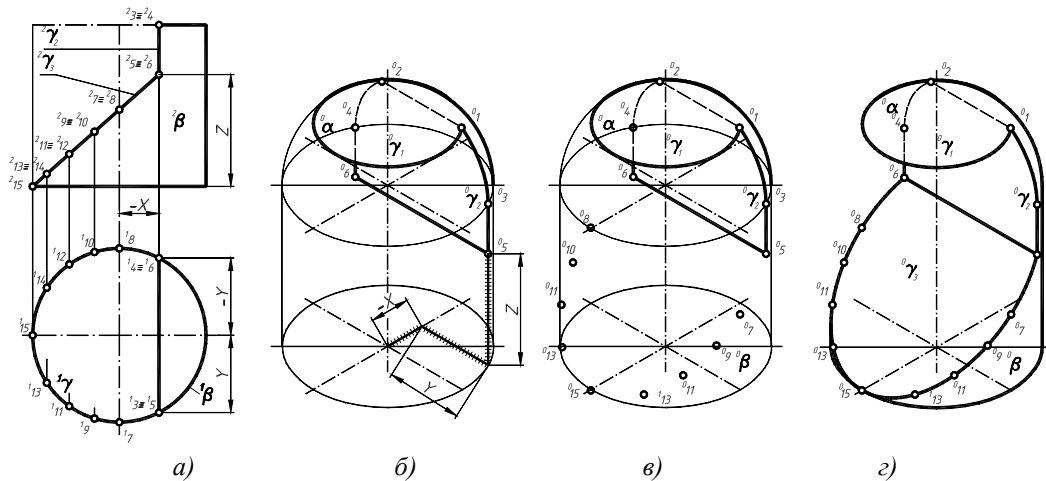


Рис. 7.23

Лекція 8

З'єднання.

8.1. Види з'єднань

Машини і механізми можна в загальному поділити на складові частини, які утворюють єдину функціональну систему з'єднаних між собою елементів і деталей.

З'єднання деталей можуть бути роз'ємними і нероз'ємними.

До роз'ємних належать з'єднання, які дозволяють багаторазово з'єднувати і роз'єднувати деталі без пошкодження або пластичного деформування як з'єднуваних, так і з'єднуючих деталей.

До нероз'ємних відносяться з'єднання, які неможливо роз'єднати без пошкодження або пластичного деформування деталей даного з'єднання. (З'єднання зваркою, пайкою, склеюванням, пресові з'єднання за допомогою заклепок, тощо).

Роз'ємні з'єднання поділяють на рухомі, в яких можливі відносні переміщення з'єднувальних деталей (шпонкові шліцьові та ін.), і нерухомі, в яких з'єднувані деталі не переміщуються одна відносно одної (різбові з'єднання за допомогою кріпильних елементів та ін.). Розглянемо роз'ємні різбові з'єднання. Розглядаючи це питання необхідно вяснити основні визначення і класифікацію різьб. Основні визначення різьб наведені в ГОСТ 11708-66.

8.2. Зображення та позначення різьби на кресленнях

Різьбою називається поверхня утворена при гвинтовому переміщенні довільного плоского контуру по циліндричній, конічній або іншій поверхні обертання.

На кресленнях всі різьби зображують умовно, відповідно до вимог ГОСТ 2.311-68:

на стержні (зовнішня різьба): зовнішній діаметр – основною лінією, внутрішній – суцільною тонкою на відстані не менше 0,8мм і не більше розміра кроку від основної товстої лінії, на вигляді з торця стержня внутрішній діаметр різьби показують радіусною дугою, розімкненою в довільному місці поза осьовими лініями, при цьому довжина дуг становить $\frac{3}{4}$ кола;

в отворі (внутрішня різьба): внутрішній діаметр – суцільною товстою лінією, зовнішній – суцільною тонкою лінією, на вигляді з торця отвору зовнішній діаметр різьби зображують радіусною дугою рівною $\frac{3}{4}$ кола, відстань між лініями та сама, що й для різьби на стержні.

Межі різьби по довжині стержня або отвору позначаються суцільною товстою лінією.

Для всіх різьб (крім трубної і конічної дюймової) умовні позначення проставляють над розмірною лінією зовнішнього діаметра різьби. Трубні різьби, циліндричну і конічну, позначають за допомогою ліній виноску із стрілками і полічками, над якими записують умовне позначення різьби. Для конічної дюймової різьби над полічкою записують умовне позначення і стандарти на її основні параметри.

Циліндрична різьба – це різьба на циліндричній поверхні, а **конічна** на конічній поверхні. Для виконання різьбових з'єднань необхідно мати дві деталі, на одній з яких різьба знаходиться на зовнішній поверхні (зовнішня різьба), а на другій – на внутрішній (внутрішня різьба). Різьба, утворена за годинниковою стрілкою і переміщується вздовж осі обертання від спостерігача, називається правою. Плоский контур, який обертається проти годинникової стрілки і переміщується вздовж осі від спостерігача утворює ліву різьбу.

Різьба може бути утворена гвинтовим переміщення одного або кількох ідентичних плоских контурів які розташовані щільно один біля одного уздовж осі обертання. У першому випадку – це одназахідна різьба, у другому – багатозахідна.

Залежно від форми плоского контуру, тобто від профілю гвинтового випуску, різьбу поділяють на трикутні, трапецієвидні, круглі, прямокутні і ін.

За призначенням різьби бувають кріпильні, ходові (перетворення обертання руху однієї деталі на прямолінійній другій) і спеціальні.

Основні параметри різьби розглянемо на прикладі трикутної різьби, зображеної на рис. 8.1.

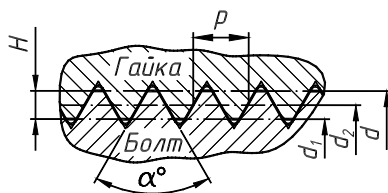


Рис. 8.1

Параметри трикутної різьби: d , d_1 - відповідно зовнішній та внутрішній діаметри зовнішньої і внутрішньої різьб, d_2 - середній діаметр різьби, α - кут профілю різьби, P - крок різьби, H - робоча висота профілю. Кроком різьби P називається відстань між двома сусідніми однойменними точками профілів. Хід різьби t - це відстань, на яку переміститься вздовж осі різьби один оберт різьбової поверхні.

8.3. Класифікація різьб

За ступенем нормалізації параметрів різьби поділяють на: **стандартні** { метрична, трубна (циліндрична і конічна), дюймова конічна, трапецієвидна та упорна}, **спеціальні** і **нестандартні**. Найбільш поширені стандартні різьби.

Для всіх стандартних і деяких спеціальних різьб передбачені умовні позначення, до складу яких входять буква, що позначає різьбу і номінальний діаметр різьби, позначення поля допуску або класу точності різьби. Для однозахідної різьби позначається додатково крок, а для багатозахідної - хід і крок літерою P в дужках, наприклад, 3 (P 1.5). Умовне позначення лівої різьби - дві літери, LH .

8.3.1 Метрична різьба

Метрична різьба є основним видом кріпильної різьби. Розміри метричної різьби регламентує ГОСТ 24705-81, їх профіль (рис.8.2) - ГОСТ 9150-81, кроки - ГОСТ 8724-81, допуски на розміри різьби - ГОСТ 16093-81. В умовне зображення метричної різьби входить літера M .

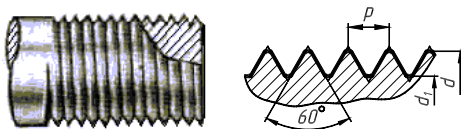


Рис. 8.2. Профіль метричної різьби.

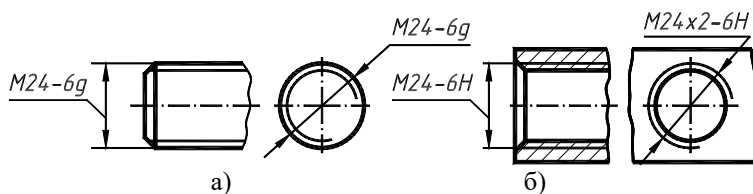


Рис. 8.3. Умовне зображення метричної різьби: а) на зовні; б) в отворі.

Приклади умовного позначення метричної різьби з номінальним діаметром 24мм.

1. $M24 - 6g$ - зовнішня, права, з крупним кроком і полем допуску $6g$;
2. $M24 \times 2 - 6H$ - внутрішня, права, з дрібним кроком і полем допуску $6H$;
3. $M24 \times 3 (P1.5) LH - 6H$ - внутрішня, двозахідна, з дрібним кроком 1,5мм і ходом 3 мм, ліва, з полем допуску $6H$;

Діаметри і кроки метричної циліндричної різьби загального призначення приведені в таблиці 8.1. Діаметрам різі 1-го ряду надають перевагу.

Таблиця 8.1

Діаметри та кроки метричної циліндричної різі загального призначення

Діаметр різі, мм		Крок, мм	
1-й ряд	2-й ряд	крупний	дрібний
6	-	1	0,75; 0,5
8	-	1,25	1; 0,75; 0,5
10	-	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	-	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5

16	-	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
-	18	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
-	22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	-	3	2; 1,5; (1)
-	27	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	33	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
36	-	4	3; 2; 1,5; 1
-	39	4	3; 2; 1,5; 1
42	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	45	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	-	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	52	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
56	-	5,5	4 ; 3; 2; 1,5; 1
-	60	(5,5)	4 ; 3; 2; 1,5; 1
64	-	6	4 ; 3; 2; 1,5; 1

8.3.2 Трубна циліндрична різьба

Трубна циліндрична різьба є кріпильною і застосовується в основному для з'єднання водо- і газопровідних труб і арматури. Профіль даної різьби зображений на рис. 8.4.

В умовних позначеннях трубної циліндричної різьби (рис. 8.5) входять: латинська літера G; номінальний умовний розмір в дюймах; клас точності середнього діаметра і при необхідності загальне позначення для лівої різьби.

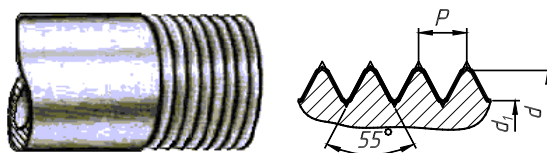


Рис. 8.4. Профіль трубної циліндричної різьби.

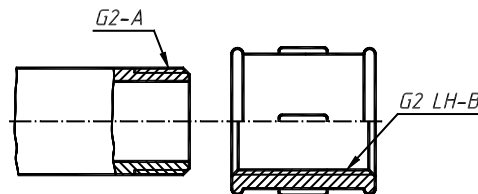


Рис. 8.5. Умовне зображення трубної циліндричної різьби: а) на зовні; б) в отворі.

Для даної різьби встановлено два класи точності, А і В. Приклади умовного позначення трубної циліндричної різьби з номінальним розміром 1 дюйм: G1–А (для класу точності А) G 1LH –В (для лівої різьби класу точності В).

Необхідно пам'ятати, що розмір трубної циліндричної різьби не вимірюється по зовнішньому діаметру – d. На відміну від метричної та інших різей номінальний розмір трубної циліндричної різі позначається в дюймах, при цьому він наближено дорівнює діаметру умовного проходу отвору труби, на який різьба нарізана. Трубна циліндрична різьба одного і тогож розміру може бути нарізана як на трубах з різною товщиною стінки так і на суцільному стержні. Параметри трубної циліндричної різі згідно з ГОСТ 6357-81 наведені в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Розміри трубної циліндричної різі для діаметрів від 1/4" до 2"(перший ряд)

Діаметр умовного проходу труби D _v		Діаметр різьби, мм		Крок різьби Р, мм
в дюймах	в мм	Зовнішній -d	Внутрішній -d ₁	
1/4	8	13.158	11.446	1.337
3/8	10	16.663	14.951	1.337
1/2	15	20.956	18.532	1.814
3/4	20	26.442	24.119	1.814
1	25	33.250	30.292	2.309
1 1/4	32	41.912	38.954	2.309
1 1/2	40	47.805	44.847	2.309
1 3/4	45	53.750	50.791	2.309
2	50	59.616	56.659	2.309

8.3.3 Трубна конічна різьба

Трубна конічна різьба є також кріпильною і застосовується при підвищених вимогах до герметичності з'єднання.

Розміри різьби визначає ГОСТ 6211-81. Конусність різьби становить 1:16 ($\varphi = 1^\circ 47' 24''$). Профіль різьби показаний на рис. 8.6. Умовний розмір трубної конічної різьби та її діаметр вимірюють у так званій основній площині, яка співпадає з торцем різьбового отвору. В цій площині вони повністю ідентичні з аналогічними розмірами циліндричної трубної різьби з таким самим умовним розміром. Отже, ці деталі з трубною конічною різьбою можуть з'єднуватись з деталями на яких виконано трубну циліндричну різьбу такого самого розміру.

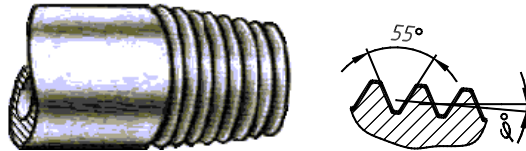


Рис. 8.6. Профіль трубної конічної різьби.

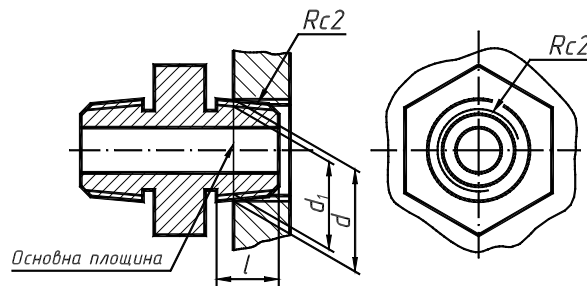


Рис. 8.7. Умовне зображення трубної циліндричної різьби:

Умовне позначення даної різьби (рис. 8.7) складається з латинської літери R (для зовнішньої) або R_C (для внутрішньої), номінального розміру в дюймах і при необхідності позначення лівої різьби. Приклад умовного позначення трубної конічної різьби в отворі з розміром 2 дюйма: R_C2.

8.3.4 Трапецієвидна різьба

Трапецієвидна різьба є ходовою. Її застосовують в основному для перетворення обертового руху на поступовий. Розміри однозахідної трапецієвидної різьби регламентують ГОСТ 9484-81, а багатозахідної – ГОСТ 2439-81. Профіль різьби зображений на рис. 8.8.

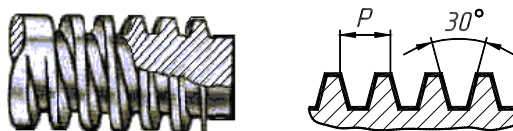


Рис. 8.8. Профіль трапецієвидної різьби.

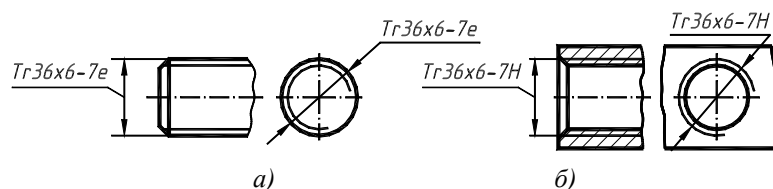


Рис. 8.9. Умовне зображення трапецієвидної різьби: а) на зовні; б) в отворі.

В позначенні різьби (рис. 8.9) входять: латинські літери T_r і зовнішній (номінальний) діаметр та інші параметри відповідно до загальних правил позначення різьб.

Приклад умовного позначення різьби з номінальним діаметром 36мм:

1. T_r36 x18(P6)LH-8H- різьба тризахідна з ходом 18мм. і кроком 6мм, внутрішня, з полем допуску 8H, ліва;
2. T_r36x6-6g – різьба зовнішня з полем допуску 7e і кроком 6мм, права.

8.3.5 Упорна різьба

Упорну різьбу застосовують як ходову при значних односторонніх зусиллях наприклад в домкратах, пресах і т. п. Профіль різьби зображений на рис. 8.10 він визначається ГОСТ 10177-82. Розміри номінальних діаметрів і кроків співпадають з відповідними параметрами трапецієвидної різьби. В позначеннях різьби входять: латинська літера S, зовнішній (номінальний) діаметр та інші параметри згідно із загальними правилами позначення різьб.

Приклад умовного позначення упорної різьби з номінальним діаметром 80мм, кроком 10мм, зовнішньої з полем допуску 7h: S80x10-7h.



Рис. 8.10. Профіль упорної різьби.

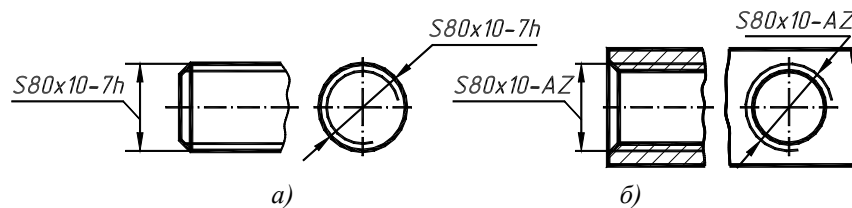


Рис. 8.11. Умовне зображення упорної різьби: а) на зовні; б) в отворі.

8.3.6 Прямокутна нестандартна різьба.

Прямокутна нестандартна різьба. Профіль прямокутної нестандартної різьби, (рис. 8.12) прямокутний або квадратний. Умовного позначення різьба немає, тому на кресленні проставляють всі розміри різьби (рис. 8.13). Застосовують як ходову різьбу (наприклад, в домкратах і т. п.)

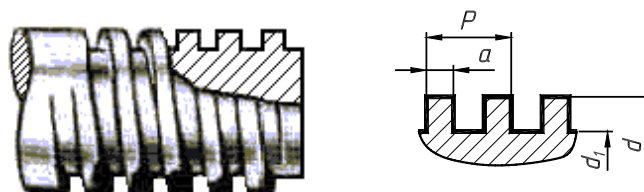


Рис. 8.12. Профіль прямокутної нестандартної різьби.

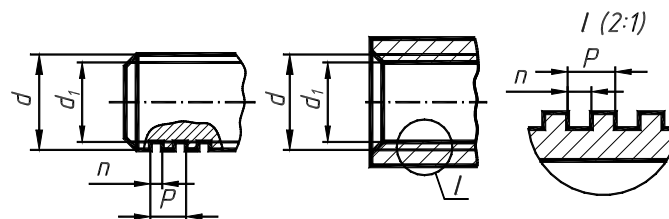


Рис. 8.13. Умовне зображення прямокутної нестандартної різьби.

8.3.7 Спеціальна різьба.

До спеціальних належать різьби, які мають стандартний профіль, але відмінні від стандартних значенням діаметрів або кроків, а також різьби з нестандартним профілем (наприклад, різьба з прямокутним або круглим профілем). Для спеціальної різьби із стандартним профілем перед умовним позначенням записують літери С_п (наприклад, С_п М60х5-6g, де 5 –нестандартний крок). Для різьб з нестандартним профілем розміри всіх параметрів різьби проставляють на кресленні.

8.4 Кріпильні вироби

Всі роз'ємні нерухомі різьбові з'єднання здійснюють за допомогою кріпильних різьбових і нерізьбових виробів.

До кріпильних різьбових виробів відносяться болти гвинти, шпильки і гайки. Форму і розміри різьбових кріпильних виробів регламентують відповідні стандарти.

На стандартизовані кріпильні різьбові вироби робочі креслення, як правило, не виконують, а самі вироби замовляють на основі умовного стандартного позначення. В умовне позначення стандартних різьбових виробів у вказаній послідовності входять; назва виробу, вказівки про точність виготовлення і варіант виконання; стандартне позначення метричної різьби; клас міцності матеріалу, з якого виготовлений виріб; товщина захисного антикорозійного покриття; стандарт на конструкцію.

В нерухомих різьбових з'єднаннях широко застосовують нерізьбові кріпильні вироби (шайби, шплінти, фіксуючі кільця та ін.). Найбільш поширені конструкції цих виробів теж стандартизовані, для них існують умовні стандартні позначення.

8.4.1 Болти

Болт являє собою стержень з різьбою на одному кінці і головкою різних форм на другому. Найпоширеніша конструкція болта з шестигранною головкою. Болти виготовляють з нормальною, підвищеною і грубою точністю.

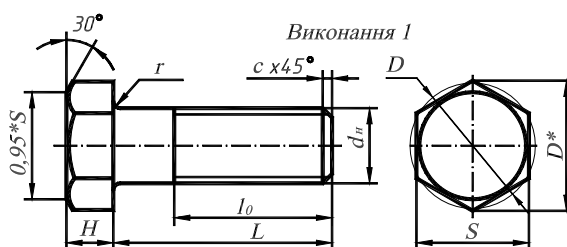


Рис. 8.14

Для болтів передбачена метрична як основна кріпильна різьба із крупним і дрібним кроками. Робоча довжина болта дорівнює довжині стержня без головки. Приклад умовного позначення болта нормальної точності, виконання 1 без отворів в головці та стержні, з діаметром різьби 20мм, дрібним кроком 2мм, полем допуску 6g робочою довжиною 100 мм, класом міцності 5.8, без покриття згідно ГОСТ 7798-70.

БОЛТ М20х2-6g х100.58 ГОСТ 7798-70

Болти виконання 2 та 3 використовуються для з'єднання деталей машин, що знаходяться під вібрацією. Вона приводить до самовідгвинчування гайок і болтів. На рис 8.15 зображено болт виконання 2 - з отвором для шплінта та виконання 3 - з двома отворами в головці болта для проволочного з'єднання групи болтів.

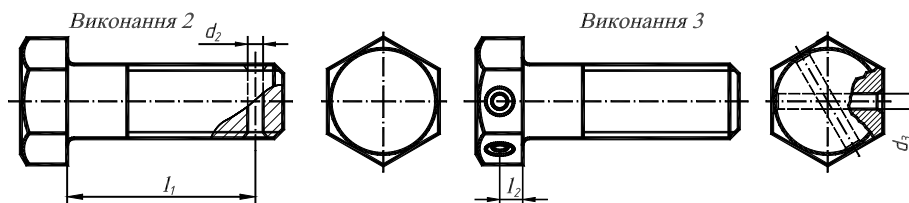


Рис. 8.15

На головному вигляді болтів і гайок показують три грані шестигранників. Креслення гайки і головки болта починають виконувати з побудови правильного вписаного шестигранника. На рис. 8.16 показано поетапну побудову ліній перетину граней головки болта з конічною поверхнею фаски на його торці. При такій побудові гіперболічні криві ліній перетину спрощено зображують дугами кіл.

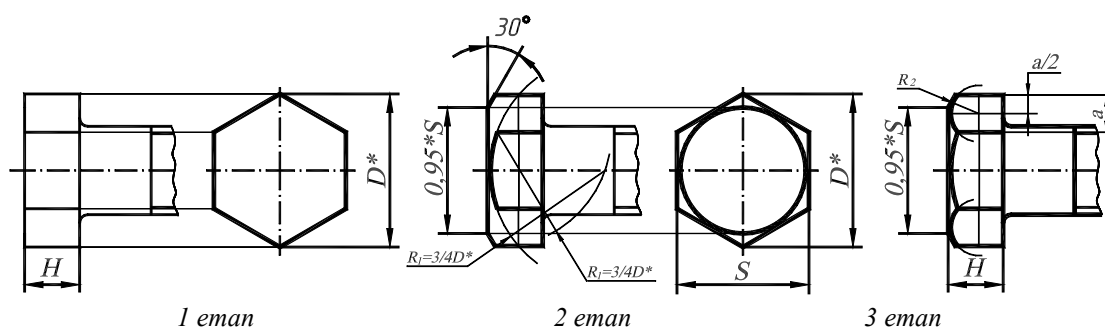


Рис. 8.16

Основні розміри болтів нормальної точності приведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3

Номинальний діаметр різьби d_n	Крок різі		S	H	D^*	R , не більше	D , не менше	l_0	c
	крупний	дрібний							
16	2.0	1.5	24	10	27.7	1.2	26.5	36	2
18	2.5	1.5	27	12	31.2	1.6	29.9	42	2.5
20	2.5	1.5	30	13	34.6	2.2	33.3	46	2.5
22	2.5	1.5	32	14	37.0	2.2	35.0	50	2.5
24	3.0	2.0	36	15	41.6	2.2	39.6	54	3

Параметр D^* визначає довідковий діаметр кола описаного навколо шестикутника, а параметр D регламентує дійсний мінімальний розмір по діагоналі шестикутника для реального прокатного матеріалу в якому є технологічні заокруглення ребер.

8.4.2 Гайки

Гайки, це деталі з різьбовим отвором для нагвинчування на різьбовий кінець болта або шпильки. Для стандартизованих гайок визначена форма зовнішньої поверхні, варіант виконання і точність виготовлення. На рис 8.17 зображено три варіанти виконання гайки. В стандартних гайках застосовують метричну різьбу з крупним і дрібним кроками. Найбільшого поширення дістали стандартні шестигранні гайки різної висоти.

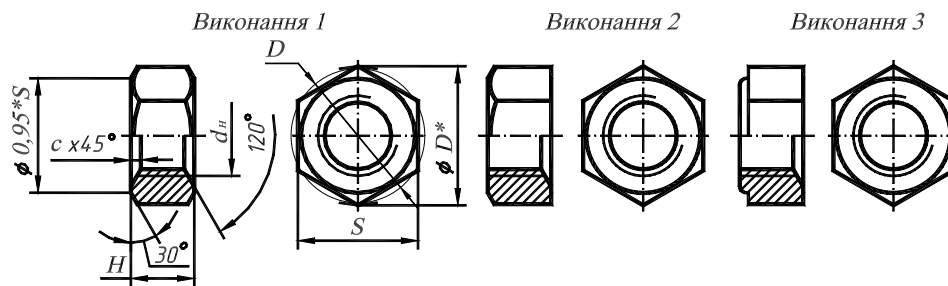


Рис. 8.17

Приклад, умовного позначення гайки виконання 1, нормальної точності з діаметром метричної різьби 12 мм, крупним кроком, полем допуску 7Н, класом міцності 5 і покриттям 02 (кадмієве з хроматуванням), товщиною 9 мкм.

Гайка М12-7Н. 5.029 ГОСТ 5915-70

Основні параметри гайок наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4

Номинальний діаметр різьби d_n	Крок різі		S	H	D^*	D	c
	крупний	дрібний					
16	2.0	1.5	24	13	27.7	26.5	2
18	2.5	1.5	27	15	31.2	29.9	2.5
20	2.5	1.5	30	16	34.6	33.3	2.5
22	2.5	1.5	32	18	37.0	35.0	2.5
24	3.0	2.0	36	19	41.6	39.6	3

8.4.3 Гвинти

Гвинт – це стержень з різьбою на одному кінці і головкою різних форм на другому. На рис 8.18,а зображено гвинт з конічною головкою згідно ГОСТ 17475-80, а на рис 8.18,б гвинт з циліндричною головкою згідно ГОСТ 1491-80. Робочою довжиною гвинтів з конструктивною потайною (конічною) головкою є вся довжина гвинта. Для всіх інших гвинтів робочою довжиною є довжина стержня без головки. На гвинті виконують метричну різьбу крупного або дрібного кроку з полем допуску 6g і 8g. Як правило, на головці гвинта виконують шліц під викрутку. Основні параметри гвинтів з конічною головкою приведені та гвинтів з циліндричною головкою приведені в таблиці 8.5.

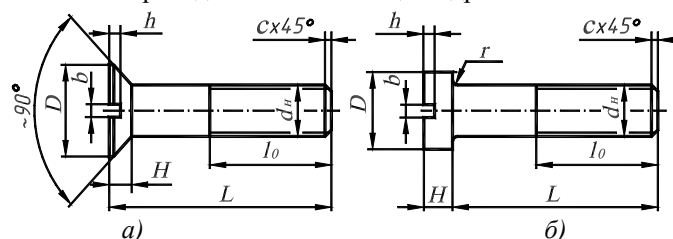


Рис. 8.18

Приклад позначення гвинта з потайною головкою, підвищеною точністю *A*, виконання 2, діаметром різьби 12мм, крупним кроком, довжиною 45мм, полем допуску 8g, класом міцності 5,8 без покриття;

Гвинт А2.М12×45-8g.58 ГОСТ17475-80

Основні параметри гвинтів з конічною головкою приведені в таблиці 8.5, а гвинтів з циліндричною головкою приведені в таблиці 8.6.

Таблиця 8.5

Номинальний діаметр різьби d_n	Крок різі		D	H	b	h	c	L	Довжина l_0 залежно від l^*	
	крупний	дрібний							l_0	l^*
12	1.75	1.25	21.5	6	3	2.5	1.6	22-85	30	42-85
14	2	1.5	25	7	3	3	1.6	25-90	34	47-90
16	2	1.5	28.5	8	4	3.5	2	30-95	38	55-95
18	2.5	1.5	32.5	9	4	4	2.5	35-100	42	59-100
20	2.5	1.5	36	10	5	4.5	2.5	40-110	46	65-110

Таблиця 8.6

Номинальний діаметр різьби d_n	Крок різі		D	H	b	h	c	r	L	Довжина l_0 залежно від l^*	
	крупний	дрібний								l_0	l^*
12	1.75	1.25	18	6	3	2.5	1.6	0.6	22-85	30	35-85
14	2	1.5	21	7	3	3	1.6	0.6	25-90	34	40-90
16	2	1.5	24	8	4	3.5	2	0.6	30-95	38	45-95
18	2.5	1.5	27	9	4	4	2.5	0.6	35-100	42	50-100
20	2.5	1.5	30	10	5	4.5	2.5	0.8	40-110	46	55-110

8.4.4 Шпильки

Шпилька – це стержень з різьбою на одному кінці для загвинчування в одну із з'єднувальних деталей, і з різьбою для нагвинчування гайки на другому. В основному шпильки застосовують у тих випадках, коли нерационально використовувати болти і гвинти великої довжини.

Довжина різьбового кінця L_1 , для загвинчування в деталь залежить від міцності матеріалу даної деталі (табл. 8.7). Робоча довжина шпильки - L дорівнює частині її довжини без кінця шпильки, який загвинчують у деталь. Довжина нарізки різьби на робочому кінці шпильки - l_0 визначається її номінальним діаметром та ідентична довжині нарізки різьби на болті (див. табл. 8.3)

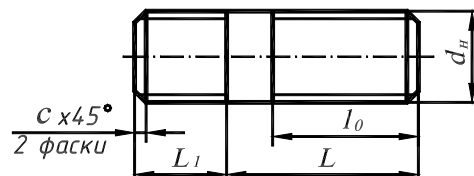


Рис. 8.19

Таблиця 8.7

Довжина вкручуваного кінця L_1 , мм	ГОСТ на шпильку	Матеріал деталі
$L_1 = d$	22032-76	Сталь, бронза, латунь, титанові сплави
$L_1 = 1,25d$	22034-76	Чавун
$L_1 = 1,6d$	22036-76	Чавун, допускається використання сталі, бронзи
$L_1 = 2d$	22038-76	Легкі сплави, допускається використання сталі

Приклад умовного позначення шпильки нормальної точності для загвинчування в чавунну деталь допуску 6g робочою довжиною 60мм, класом міцності матеріалу 5.8, без покриття.

Шпилька М16×60-6g.58 ГОСТ 22034-76.

Конструкцію і розміри шпильок загального призначення регламентують ГОСТ 22032-76 – ГОСТ 22043-76. Параметри метричної різьби такі самі як і для болтів, гайок і гвинтів.

8.4.5 Шайби.

Шайба – це плоска деталь з отвором без різьби. Найбільш поширені круглі, пружинні, стопорні, косі шайби. На рис 8.20 зображено два варіанти виконання круглої шайби. Основні параметри круглих шайб по ГОСТ 11371-78

приведені в таблиці 8.8. Приклад умовного позначення круглої шайби виконання 1 для кріпильної деталі з різьбою М20, з товщиною, встановленою в стандарті (01), покриттям 01 (цинкове з хромуванням), товщиною 6 мкм.

Шайба 20.01.016 ГОСТ 11371-78.

Таблиця 8.8

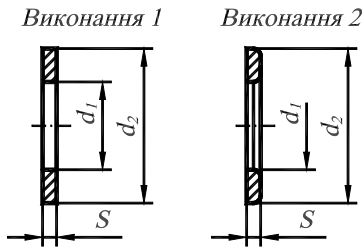


Рис. 8.20

Номінальний діаметр різьби d_n	d_1 виконання		d_2	S
	1	2		
16	17.5	17	30	3.0
18	20	19	34	3.0
20	22	21	37	3.0
22	24	23	39	3.0
24	26	25	44	4.0

8.5. Різьбові з'єднання

Основні види з'єднань з використанням розглянутих раніше з'єднувальних елементів це з'єднання болтом, гвинтом, шпилькою, а також трубні з'єднання. Ці види з'єднань (крім трубних) мають три види зображень: конструктивне, спрощене і умовне.

Конструктивне відповідає виконанню всіх конструктивних елементів деталей з'єднання.

Спрощене – передбачає викреслювання деталей без фасок, різьбу зображують по всій довжині стержня різьбової деталі, зазор між стержнем і отвором не показують.

Умове зображення використовують у тих випадках, коли діаметр стержня на кресленні менший 2 мм. На з'єднання спрощені розповсюджуються ГОСТ 2.315-68.

Трубні з'єднання виконують тільки конструктивно.

8.5.1 З'єднання болтом

Болтове з'єднання здійснюється з допомогою болта - 3, гайки - 5 і шайби - 1 (рис. 8.21,а). Крім вищезгаданих елементів в з'єднанні болтом приймає участь дві деталі – 1, 2 певної товщини (δ_1 і δ_2).

При конструктивному зображенні різьбового з'єднання в деталях зображується отвір, діаметр якого рівний $1,1 \times d_n$ (де d_n – номінальний діаметр різьби болта). Дійсну робочу довжину болта знаходять як суму наступних параметрів: $L = \delta_1 + \delta_2 + H_r + S_{sh} + 0.25 \times d_n$

де δ_1 і δ_2 – товщина з'єднувальних деталей, H_r – товщина гайки, S_{sh} – товщина шайби, d_n – номінальний діаметр різьби. Отриману суму заокруглюють до найближчої із наведеного стандартного ряду робочих довжин - L за табл. 8.9.

Таблиця 8.9

Робоча довжина болта L, мм	Довжина нарізки різьби l_0 при заданому номінальному діаметру різьби d_n				
	16	18	20	22	24
50,55,60,65,70,75,80	38	42	46	50	54

З цієї таблиці за дійсним значенням робочої довжини L визначають довжину різьбової частини болта l_0 .

При спрощеному зображенні болтового з'єднання для розрахунку робочої довжини болта - L використовують залежність:

$$L = \delta_1 + \delta_2 + 1,3 \times d_n$$

де δ_1 і δ_2 – товщина з'єднувальних деталей, d_n – номінальний діаметр різьби;

Параметр $1,3 \times d_n$ наближено враховує конструктивні розміри товщини шайби, висоти гайки і запас по довжині болта. Для виконання спрощеного зображення болтового з'єднання використовуються наступні співвідношення:

$$D = 2 \times d_n; \quad D_{sh} = 2.2 \times d_n; \quad H = 0.8 \times d_n; \quad S_{sh} = 0.15 \times d_n; \quad h = 0.7 \times d_n$$

На рис. 8.21,а представлено конструктивне зображення болтового з'єднання, а на рис. 8.21,б – спрощене.

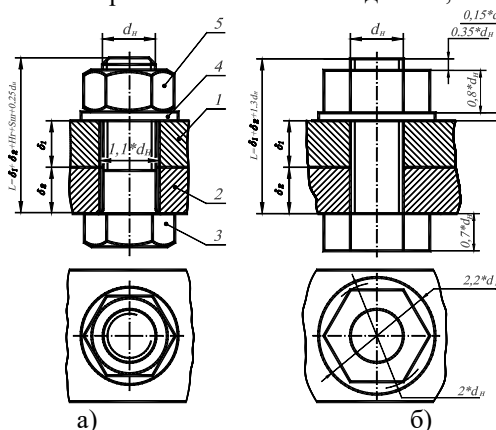


Рис.8.21

8.5.2 З'єднання шпилькою.

З'єднання шпилькою – це з'єднання за допомогою шпильки - 3 (рис. 8.22) шайби - 4 і гайки - 5. При конструктивному зображенні різьбового з'єднання в деталі - 1 зображується отвір, діаметр якого рівний $1,1 \times d_H$ (де d_H – номінальний діаметр різьби шпильки). Дійсну робочу довжину шпильки знаходять як суму наступних параметрів:

$$L = \delta_1 + H_r + S_{ш} + 0,25 \times d_H$$

де δ_1 – товщина з'єднувальних деталей, H_r – товщина гайки, $S_{ш}$ – товщина шайби, d_H – номінальний діаметр різьби. Отриману суму заокруглюють до найближчої із наведеного стандартного ряду робочих довжин - L за табл. 8.9.

Таблиця 8.9

Довжина нарізки різьби l_0 при заданому номінальному діаметру різьби d_H

Робоча довжина шпильки L , мм	$d_H=16$	$d_H=18$	$d_H=20$	$d_H=22$	$d_H=24$
35	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	-	-	-
40	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	-	-
45	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	-
50	38	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$
55	38	42	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$	$l_0=L-0,5 \times d_H$

З цієї таблиці за дійсним значенням робочої довжини L визначають довжину різьбової частини болта l_0 .

При спрощеному зображенні шпилькового з'єднання для розрахунку робочої довжини шпильки - L використовують залежність: $L = \delta_1 + 1,3 \times d_H$

де δ_1 – товщина з'єднувальної деталі, d_H – номінальний діаметр різьби;

Параметр $1,3 \times d_H$ наближено враховує конструктивні розміри товщини шайби, висоти гайки і запас по довжині болта. Для виконання спрощеного зображення шпилькового з'єднання використовуються наступні співвідношення: $D = 2 \times d_H$; $D_{ш} = 2,2 \times d_H$; $H = 0,8 \times d_H$; $S_{ш} = 0,15 \times d_H$

На рис. 8.22, а представлено конструктивне зображення болтового з'єднання, а на рис. 8.22, б – спрощене.

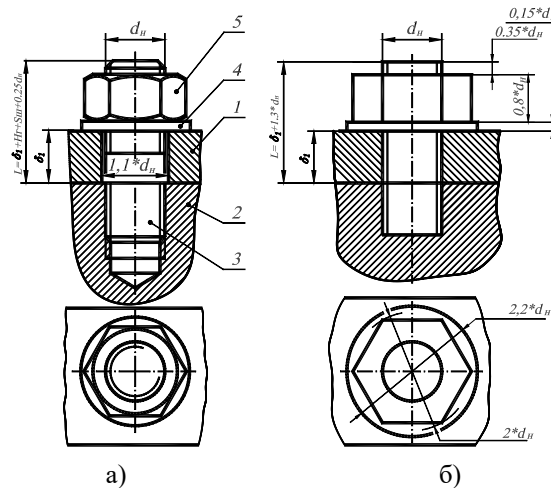


Рис.8.22

Параметри гнізда під шпильку знаходять за наступними залежностями:

$$d_{отв} = 0,85 \times d_H; \quad L_{отв} = L + 0,5 \times d_H; \quad L_p = L + 0,25 \times d_H$$

За даними значеннями параметрів виконують гніздо під шпильку рис. 8.23.

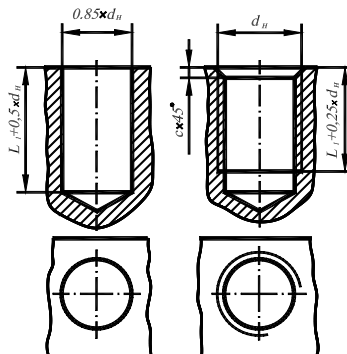


Рис. 8.23

8.5.3 З'єднання гвинтом

Вихідні дані для зображення з'єднання гвинтом є товщина верхньої приєднувальної деталі і параметри гвинта. При конструктивному зображенні з'єднання гвинтом (див.рис. 8.23,а,б,в) передбачається викреслювати всі конструктивні елементи кріпильних і з'єднувальних деталей. Для цього зображення проставляють розміри різьби, довжини гвинта і розміри опорних поверхонь під головку. На вигляді з торця головки паз під викрутку розташовують під кутом 45°. На спрощеному зображенні з'єднання гвинтом (див.рис. 8.23г,д,е) проставляють розміри різьби і довжини гвинта. Паз під викрутку зображують потовщеною контурною лінією. Різьбовий отвір під гвинт виконують аналогічно отвору під шпильку.

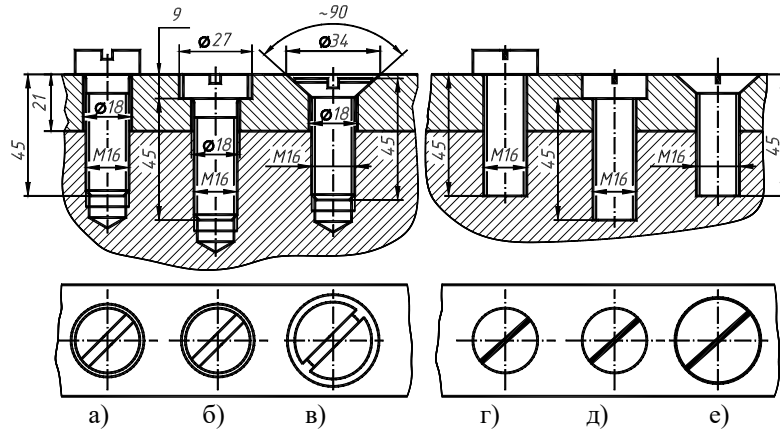


Рис.8.24

Параметри опорних поверхонь під головки гвинтів регламентовані. ГОСТ 12876-76.

8.5.4 Умовні зображення кріпильних деталей і з'єднань.

Умовні зображення кріпильних деталей (табл. 8.10) регламентує ГОСТ 2.315-68. Умовно в з'єднаннях зображують кріпильні деталі, для яких на кресленні діаметр стержня дорівнює 2мм. або менше. Умовне зображення і його розміри повинні давати вичерпну і необхідну інформацію про вигляд з'єднання та його складові частини.

Таблиця 8.10

Умовні зображення кріпильних деталей

Назва деталі	Вигляд	Зображення	Назва деталі	Вигляд	Зображення
Болти і гвинти з півкруглою та циліндричною головкою	Головний	Т	Гайки	Головний	×
	Зверху	◊		Зверху	◊
	Знизу	•	Шайби	Головний	—
Гвинти з півпотайною і потайною головками	Головний	Y		Зверху	
	Зверху	⊘	Шпильки	Головний	⋈
	Знизу	•		Зверху	•

Умовне зображення і його розміри повинні давати вичерпну і необхідну інформацію про вигляд з'єднання та його складові частини. На рис.8.25 наведено приклади виконання умовного зображення різьбових з'єднань: а - болтом на виді і в розрізі; б - шпилькою на виді і в розрізі; в - гвинтом з конічною головкою на виді і в розрізі; г - гвинтом з циліндричною головкою на виді і в розрізі.

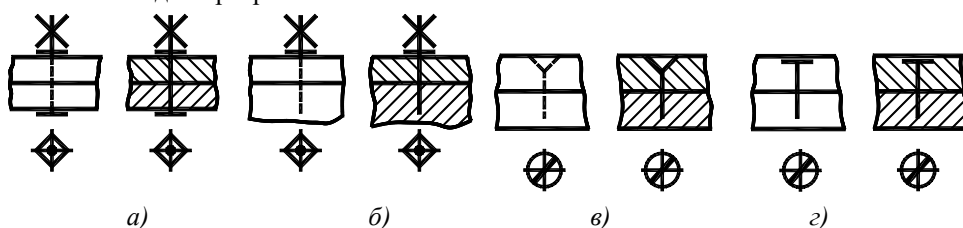


Рис. 8.25

8.5.5 Труби з'єднання.

Для з'єднання труб в системах парового і водяного опалення, газопроводів та інших трубопровідних мереж, призначених для транспортування неагресивних речовин (води, скрапленого газу, насиченої водяної пари та інше) з температурою не вище 175°C, використовують з'єднувальні деталі, виготовлені з ковкого чавуну з цинковим покриттям або без нього. Можливе використання з'єднувальних деталей, виготовлених з бронзи, у системах водопостачання.

Для трубних з'єднань використовують трубу циліндричну або конічну різьбу. Всі параметри, в тому числі і зовнішній діаметр трубної різьби, визначають за умовними номінальними розмірами різьби в дюймах, який відповідає діаметру отвору труби (в дюймах), при цьому різьба нарізана на зовнішній поверхні труби.

Зовнішній діаметр трубної різьби, таким чином, завжди більший (рис. 8.5) від умовного номінального розміру на дві товщини стінки труби. Параметри трубної різьби наведена в таблиці 8.11.

Треба пам'ятати, що діаметр отвору в трубі залежить від точності її виготовлення і досить наближено відповідає умовну номінальну розміру різьби в дюймах (1 дюйм = 25,4 мм).

8.5.5.1 Труби, патрубки

Основним параметром для труб і з'єднувальних деталей є величина умовного проходу D_y , яка наближено дорівнює розміру внутрішнього номінального діаметру отвору труби. Умовні проходи стандартизовані. Згідно ГОСТ 3262-75 сталі зварні труби для водо- і газопроводів, для систем опалювання виготовляють нецинкованими і оцинкованими, звичайної точності виготовлення та підвищеної. В залежності від товщини стінки труби поділяють на легкі, звичайні та підсилені. Ці труби виготовляють зі сталі згідно ГОСТ 380-71 або ГОСТ 1050-74.

Конструктивні розміри патрубка під згон, який отримують токарною обробкою труби шляхом виконання зовнішніх трубних різьб згідно із ГОСТ 3262-75, наведені на рис. 8.26.

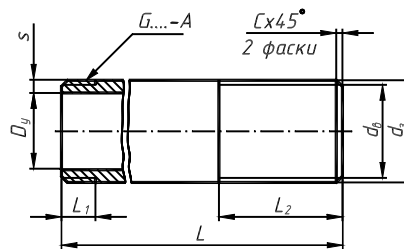


Рис. 8.26

У таблиці 8.11 наведені числові значення параметрів різьби залежно від умовного проходу D_y

Таблиця 8.11

Умовний прохід, D_y , мм	Різьба, G, дюйм	Діаметр зовнішній, d_3 , мм	Діаметр внутрішній, d_6 , мм	Товщина стінки труби, s, мм			L_1 , мм	L_2 , мм	L , мм
				легка	звичайна	підсиленна			
10	3/8	16.663	14.951	2	2.2	2.8	8.5	46	105
15	1/2	20.956	18.532	2.5	2.8	3.2	9	58	120
20	3/4	26.442	24.119	2.5	2.8	3.2	10.5	64	135
25	1	33.250	30.292	2.8	3.2	4	11.0	75	150
32	1 1/4	41.912	38.954	2.8	3.2	4	13.0	85	160
40	1 1/2	47.805	44.847	3	3.5	4	15.0	85	160
50	2	59.616	56.659	3	3.5	4.5	17.0	85	160

Приклад умовного позначення труби сталі нецинкованої: **Труба 20 ГОСТ3262-75.**

Фасонні з'єднувальні деталі виконуються з чавуну. На них нарізається циліндрична зовнішня різьба згідно ГОСТ 6357-81 (клас точності В). Нижче наводяться креслення та конструктивні розміри фасонних деталей трубних з'єднань.

8.5.5.2 Контргайки (ГОСТ 8961-75)

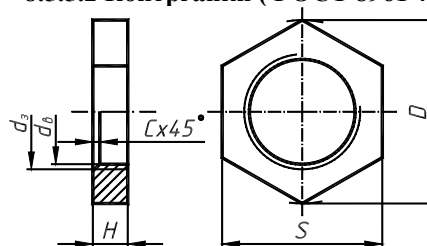


Рис. 8.27

Таблиця 8.12

Умовний прохід D_y , мм	Різьба G , дюйми	Діаметр зовнішній, d_3 , мм	Діаметр внутрішній, d_B , мм	H , мм	D , мм	S , мм	Фаска, c , мм
10	3/8	16.663	14.951	7	31,2	27	1
15	1/2	20.956	18.532	8	36,9	32	1,5
20	3/4	26.442	24.119	9	41,6	36	1,5
25	1	33.25	30.292	10	53,1	46	2
32	1 ¼	41.912	38.954	11	63,5	55	2
40	1 ½	47.805	44.847	12	69,3	60	2
50	2	59.616	56.659	13	86,5	75	2

Приклад умовного позначення контргайки: **Контргайка 20 ГОСТ8961-75.**

8.5.5.3 Муфти прямі довгі (ГОСТ 8955-75)

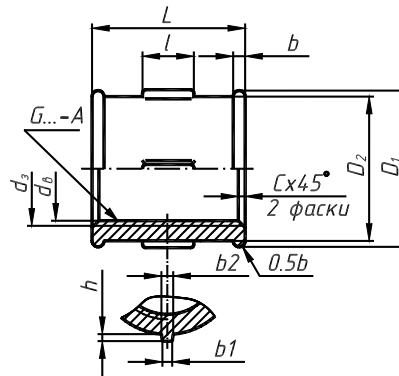


Рис. 8.28

Таблиця 8.13

Умовний прохід D_y , мм	Різьба G , дюйм	L , мм	l , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	B , мм	b_1 , мм	b_2 , мм	h , мм	Ребер, шт	Фаска, c , мм
10	3/8	30	8	22	20	2	2	3.5	2	2	1
15	1/2	36	9	26	24	2	2	4	2	2	1,5
20	3/4	39	10.5	32.5	30	2.5	2	4	2.5	2	1,5
25	1	45	11	39.5	37	2.5	2.5	4.5	2.5	4	2
32	1 ¼	50	13	49	46	3	2.5	5	3	4	2
40	1 ½	55	15	56	53	3	3	5	3	4	2
50	2	65	17	68.5	65	3.5	3	5	3.5	6	2

Примітка. Розміри величин зовнішнього та внутрішнього діаметрів d_3 , d_B наведено в табл. 8.11.

Приклад умовного позначення муфти прямої довгої: **Муфта 20 ГОСТ8955-75.**

8.5.5.4 Муфти перехідні (ГОСТ 8957-75)

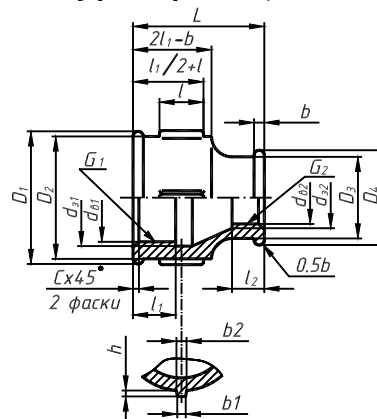


Рис. 8.29

Таблиця 8.14

Умов. прохід, D_y мм	Різьба, $G_1 \times G_2$, дюйм	L , мм	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	b , мм	b_1 , мм	b_2 , мм	h , мм	ре- бер
20x10	3/4 x 3/8	39	10	13	10	32	30	20	22	2	2	3,5	2	2
20x15	3/4 x 1/2	39	10	13	10	32	30	24	26	2	2	3,5	2	2
25x15	1 x 1/2	45	11	15	12	39	37	24	26	2	2	4	2	4
32x15	1 1/4 x 1/2	50	13	17	12	48,5	46	24	26	2,5	2	4	2,5	4
32x20	1 1/4 x 3/4	50	13	17	12	48,5	46	30	32,5	2,5	2	4	2,5	4
32x25	1 1/4 x 1	50	13	17	12	48,5	46	37	39,5	2,5	2	4	2,5	4
40x20	1 1/2 x 3/4	55	15	19	13	55,5	53	30	32,5	2,5	2,5	4,5	2,5	4
40x25	1 1/2 x 1	55	15	19	13	55,5	53	37	39,5	2,5	2,5	4,5	2,5	4
50x25	2 x 1	65	17	21	15	68	65	37	40	3	2,5	5	3	6

Приклад умовного позначення муфти перехідної: **Муфта перехідна 20 ГОСТ8957-75.**

8.5.5.5 Кутники прямі (ГОСТ 8946-75)

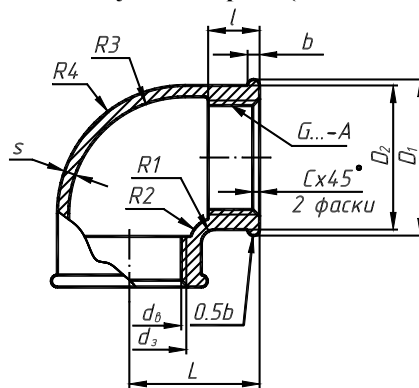


Рис. 8.30

Таблиця 8.15

Умов. прохід, D_y , мм	Різьба, G , дюйм	L , мм	l , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	b , мм	R_1 , мм	R_2 , мм	R_3 , мм	R_4 , мм	s , мм
10	3/8	25	10,0	24	22	2,0	4	6,5	23,5	26	2,5
15	1/2	28	12,0	28,6	26,6	2,0	2,7	5,5	26,5	29,3	2,8
20	3/4	33	13,5	34,9	32,4	2,5	3,3	6,3	32,8	35,7	3,0
25	1	38	15,0	42,1	39,6	2,5	3,2	6,5	39,5	42,8	3,3
32	1 1/4	45	17,0	52	49	3,0	3,4	7	49	52,6	3,6
40	1 1/2	50	19,0	59	56	3,0	3	7	55	60,5	4,0
50	2	58	21,0	70,5	67	3,5	2,5	7	67	71,5	4,5

Приклад умовного позначення кутника прямого: **Кутник прямий 20 ГОСТ8946-75.**

8.5.5.6 Трійники прямі (ГОСТ 8948-75)

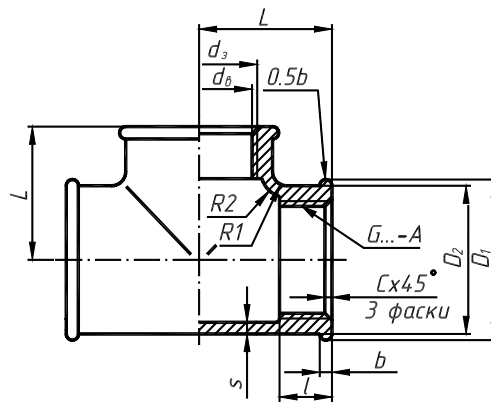


Рис.8.31

Таблиця 8.16

Умовний прохід, D_y , мм	Різьба, G , дюйм	L , мм	l , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	b , мм	R_1 , мм	R_2 , мм	s , мм
10	3/8	25	10.0	24	22	2.0	4	6.5	2.5
15	1/2	28	12.0	28.6	26.6	2.0	2.7	5.5	2.8
20	3/4	33	13.5	34.9	32.4	2.5	3.3	6.3	3.0
25	1	38	15.0	42.1	39.6	2.5	3.2	6.5	3.3
32	1 1/4	45	17.0	52	49	3.0	3.4	7	3.6
40	1 1/2	50	19.0	59	56	3.0	3	7	4.0
50	2	58	21.0	70.5	67	3.5	2.5	7	4.5

Приклад умовного позначення трійника прямого: **Трійник прямий 20 ГОСТ8948-75.**

Побудову з'єднання починають з викреслення труби, після чого креслять зображення з'єднувальних деталей по розмірам взятим з таблиць (8-12, 8-16). Трубу на кресленні показують недогвинченими у з'єднувальну деталь на 2-4 мм (1-2 нитки), тому різьба на трубі виходить за торець з'єднувальної частини деталі. На рис 8.32 наведено креслення з'єднання труб муфтою. Зовнішня різьба на трубі зображається так само як і на стержні болта суцільною контурною лінією по найбільшому діаметру і суцільною тонкою по внутрішньому діаметру різьби. Таке зображення різьби на трубі буде і у з'єднанні з іншими деталями.

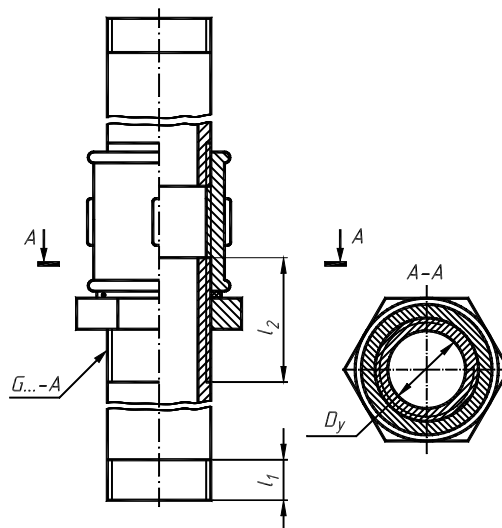


Рис. 8.32

Внутрішня різьба в з'єднувальних деталях залишається незмінною лише в місцях не зайнятих трубою. Найбільший діаметр зображують суцільною тонкою лінією, а найменший діаметр суцільною контурною. В розрізі перевага зображення різьби також залишається за трубою.

8.6.Нероз'ємні з'єднання.

Як було відмічено раніше, до нероз'ємних відносяться такі з'єднання, які неможливо роз'єднати без пошкодження з'єднувальних деталей. Розглянемо такі види з'єднань, як з'єднання зваркою, пайкою, склеюванням.

8.6.1 Зварні з'єднання.

Зварними з'єднаннями називають сукупність деталей, які з'єднані між собою за допомогою зварки. Зварним швом називають затверділий після розплавлення метал, який з'єднує зварні деталі.

Найбільш поширеним видом зварки являється дугова електрозварка, яка здійснюється електричною дугою, виникаючою між електродом і зварюваними деталями.

Газова зварка проводиться полум'ям гарячого газу, який спалюється в потоці кисню.

При контактній зварці нагрів здійснюється теплом, яке виділяється при протіканні електричного струму великої сили через зварювані деталі у місці контакту між ними. Контактна зварка ділиться на стикову, точкову і роликову.

По виду зварного з'єднання (по взаємному розміщенню зварних деталей) розрізняють наступні з'єднань: стикові – С, кутові – У, таврові – Т, нахлесточні – Н.

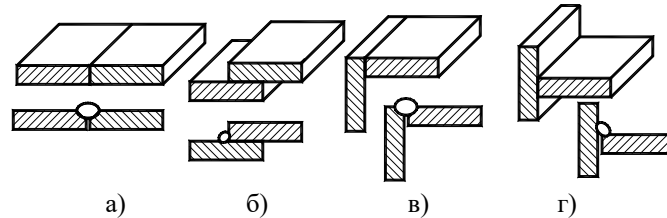


Рис. 8.33

Стикові з'єднання (рис. 8.33,а) - це з'єднання двох елементів, розміщених в одній площині або на одній поверхні.

Нахлесточні з'єднання (рис. 8.33б) – це з'єднання в яких елементи що зварюються між собою розміщені паралельно і перекривають один одного.

Кутові з'єднання (рис. 8.33в) – це з'єднання двох елементів, розміщених під прямим кутом і зварених в місці дотикання їх країв.

Таврові з'єднання (рис. 8.33г) – це з'єднання, в яких до бокової поверхні одного елемента дотикається під кутом і приварений інший елемент.

Частина зварного з'єднання, утвореного в місці з'єднання в результаті зварювання і яка має структурну, відмінну від структури основного металу виробу, називається **зварним швом**.

Зварні шви поділяються на типи по наступним ознакам: по тривалості, по зовнішній формі, по формі підготовки кромок, по характеру виконання шва.

По тривалості зварні шви можуть бути *безперервними* і *переривчастими*.

Безперервний – зварний шов без проміжків по довжині (рис. 8.34,а).

Переривчастий – це зварний шов з проміжками по довжині (рис. 8.34,б).

Переривчасті шви можуть бути

ланцюговими та *шахматними*.

Ланцюговий шов – це одно (рис. 8.34,в) або двосторонній переривчастий шов таврового з'єднання в якого проміжки розміщені по обидва боки стінки один проти одного (не зображений).

Шахматний шов – двохсторонній переривчастий шов таврового з'єднання, в якого проміжки на одній стороні стінки розміщені навпроти зварених ділянок другої її сторони. (рис. 8.34,г).

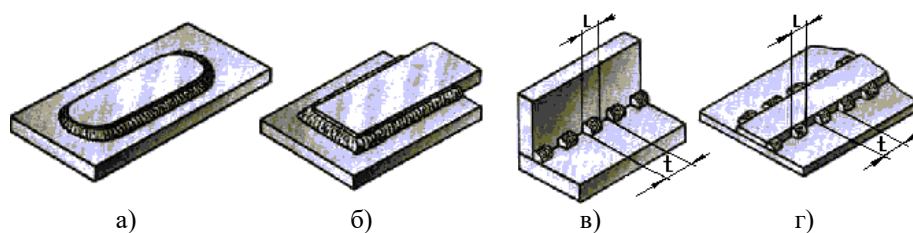


Рис. 8.34

По зовнішній формі зварні шви розділяють на *підсиленні* і *ослаблені*. **Підсилення** стикового шва характеризується підвищенням частини металу над поверхнею зварюваних деталей (g – висота підсилення). Рис. 8.35.

Ослаблення кутового шва характеризується відстанню m – між площиною, яка проходить через видимі лінії сплавлення шва з основним металом і поверхнею зварного шва, заміряного в місці найбільшої вгнутості кутового шва (див.рис. 8.36,а).

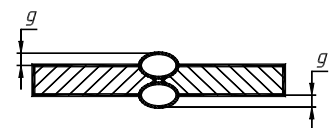


Рис. 8.35

Для деяких швів кутових, таврових, а також нахлесточних з'єднань характерний розмір катета K (див.рис. 8.36,б,в).

Катет кутового шва – це найкоротша відстань від поверхні однієї із зварюваних частин до межі кутового шва та поверхні іншої зварюваної частини.

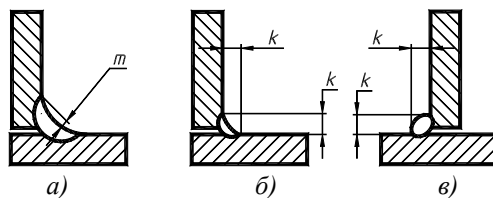
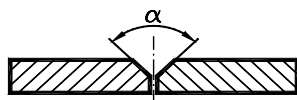


Рис. 8.36

Форма підготовки кромки положення шва в просторі і інших скошеними кромками зварюваних



залежить від товщини зварюємих деталей, даних. Кут розробки кромки – це кут α між частин (рис. 8.37).

Рис. 8.37

Характер виконання шва залежить від товщини зварюваних деталей і технічних умов зварки. Шви бувають **односторонніми** (односторонній провар, Рис. 8.38,а) і **двосторонніми** (провар з двох сторін, рис. 8.38,б).

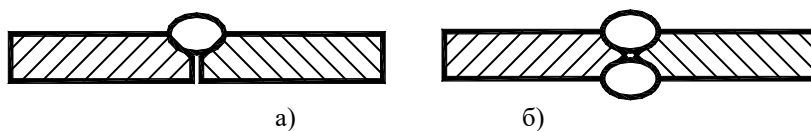


Рис. 8.38

В швах зварних з'єднань розрізняють **лицьову** і **зворотню** сторони шва. За **лицьову** сторону зварного шва приймають ту, з якої виконують зварку. (рис. 8.21).

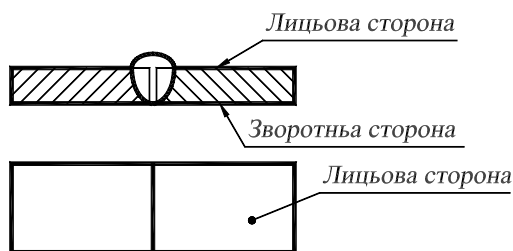


Рис. 8.39

Відповідно до ГОСТ 2.312-72 шви зварних з'єднань незалежно від способу зварки умовно зображують: видимий – суцільною основною лінією товщиною S (рис. 8.40а), невидимий – штриховою лінією товщиною $s/2$ (Рис. 8.40б).

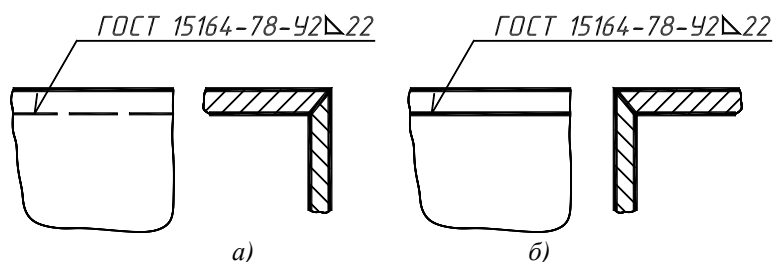


Рис. 8.40

Видимі одиночні зварні точки незалежно від способу їх зварки умовно зображують знаком «+», який виконують суцільними основними лініями (Рис. 8.41). Невидимі одиночні точки не показують.

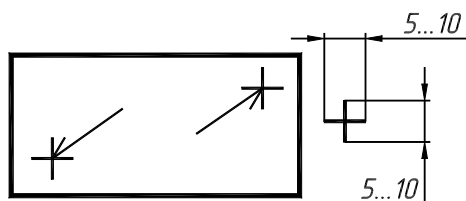


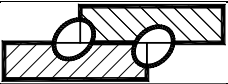
Рис. 8.41

Для вказування місця розташування шва зварного з'єднання використовують лінію – виноску з односторонньою стрілкою, яку викреслюють суцільною тонкою лінією товщиною $s/3 \dots s/2$. Нахил лінії – виноски до лінії шва рекомендується виконувати під кутом $30-60^\circ$. До лінії – виноски приєднують горизонтальну точку такої – ж товщини, на якій дають повну характеристику зварки.

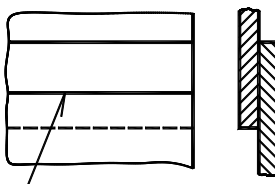
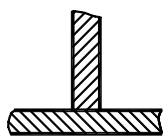
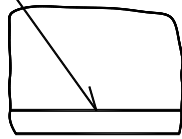
В таблиці 8.17 дані позначення основних типів швів ручної дугової зварки по ГОСТ 5264-80.

Таблиця 8.17

Форма підготовлених кромок	Характер виконуваного шва	Форма поперечного січення шва	Товщина зварюваних деталей, мм	Умовне позначення шва	Довжина катета шва, мм
Стикове з'єднання					
Без скося кромок	Односторонній		1-6	C2	
Без скося кромок	Двосторонній		2-6	C4	
Зі скосям однієї кромки	Двосторонній		4-26	C5	
Зі скосям двох кромок	Односторонній		3-50	C15	
Кутове з'єднання					
Без скося кромок	Односторонній		1-6	У2	
Без скося кромок	Двосторонній		2-6	У3	
Зі скосям однієї кромки	Односторонній		4-26	У6	
Зі скосям двох кромок	Односторонній		12-60	У9	
Таврове з'єднання					
Без скося кромок	Односторонній		2-30	T1	3-8
Без скося кромок	Двосторонній		2-30	T3	2-8
Зі скосям однієї кромки	Односторонній		4-26	T6	
Нахлесне з'єднання					
Без скося кромок	Односторонній преривистий		2-60	H1	

Без скоса кромок	Односторонній		2-60	H2	
------------------	---------------	---	------	----	--

ГОСТ 5264-80-T1- $\nabla 5$



ГОСТ 157878-79-H6-Kp-6x50/100

Рис. 8.43

Рис. 8.44

На рис. 8.43 представлений приклад шва таврового з'єднання - T1 без скосу кромок, двохсторонній, виконаний автоматичною зваркою під флюсом по замкнутій лінії катет шва 5 мм.

На рис. 8.44 представлений приклад переривчастого нахлесточного - H6 шва, виконаний контактною повною зваркою. Ширина шва 6мм., довжина провареного проміжку 50мм., крок 100мм.

8.6.2 Паяні і клеєні з'єднання.

Умовні зображення і позначення з'єднань, одержаних пайкою і склеюванням, передбачають ГОСТ 2.313-82.

Місце з'єднання елементів необхідно зображувати суцільною лінією товщиною 2S.

Для позначення паяного і клеєного з'єднань прийняті умовні значки, які наносять на лінії – виноска суцільною основною лінією: С- для пайки, К- для склеювання. Паяне з'єднання зображено на Рис. 8.45, клеєне – на рис. 8.46.

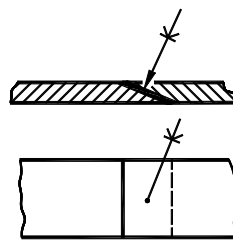
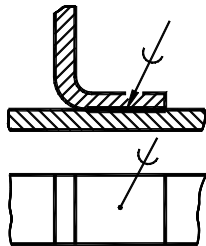


Рис.8.45

Рис.8.46

Шви, виконані по замкненій лінії, необхідно позначити колом діаметром від 3 до 5мм, викресленим тонкою лінією. (Рис. 8.46). На зображенні паяного з'єднання при необхідності слід вказувати розміри шва і позначення шорсткості поверхні.

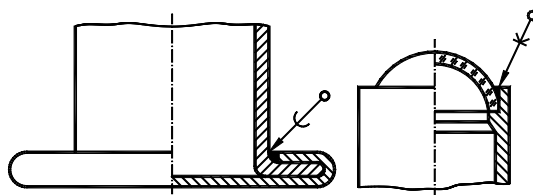


Рис.8.47

Рекомендована література

Базова

1. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник. Київ : Каравела, 2018. 272 с.
2. Чохань М. І., Волос В. А. Інженерна та комп'ютерна графіка : навч. посіб. Львів: В-во ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, 2014. 176 с.
3. Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. М., Власик Г. Г. Інженерна графіка : підручник. Київ : Видавнича група BVH, 2018. 400 с.
4. Головчук А. Ф., Кепко О. І., Чумак Н. М. Інженерна та комп'ютерна графіка : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 160 с.

Допоміжна

5. Шевченко А. В., Сухоруков С. І., Ткаченко О. В. Інженерна графіка. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів всіх форм навчання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2016. 174с.
6. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка». Укладач Чохань М.І. Львів: В-во ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького, 2020. 27 с.
7. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка». Укладачі Ціж Б.Р., Чохань М.І. Львів: В-во ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького, 2020. 45 с.

Інформаційні ресурси

1. Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника. URL: <http://www.lsl.lviv.ua>
2. Наукова бібліотека Національного університету «Львівська політехніка».
3. Вісник Національного університету «Львівська політехніка», серія «Комп'ютерні науки та інформаційні технології».
4. <http://www.autodesk.com/>
5. <http://194.44.152.155/elib/local/sk756061.pdf>
6. <https://core.ac.uk/download/pdf/11317289.pdf>
7. http://geometry.kpi.ua/files/Inz_graf_Vanin.pdf