

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ,
ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для виконання графічних робіт здобувачами першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агроінженерія»
спеціальності Н7 «Агроінженерія» денної форми здобуття вищої
освіти

Миколаїв – 2025

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 4 від 08.12.2025 р.

Укладачі:

Полянський П.М. – доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Степанов С.М. – старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Комочкін М.С. – головний інженер ТОВ «Пульсар Експо Україна».

Рецензенти:

Марченко Д.Д. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу МНАУ.

Лимар О.О. канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу МНАУ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ.....	6
1.1. Правила оформлення креслень.....	6
1.1.1. Формати	6
1.1.2. Масштаби.....	8
1.1.3. Шрифти.....	9
1.1.4. Штриховка.....	11
1.2. Проекції елементарних геометричних фігур.....	12
1.2.1. Проекції точки.....	12
1.2.2. Проекції прямої. Спосіб прямокутного трикутника.....	13
1.2.3. Проекції прямого кута.....	17
1.2.4. Проекція площини.....	19
1.3. Метричні та позиційні задачі.....	21
1.3.1. Точка і пряма.....	22
1.3.2. Дві прямі.....	24
1.3.3. Пряма і площина.....	28
1.3.4. Точка і площина.....	31
1.3.5. Дві площини.....	32
1.3.6. Побудова проекцій відстаней і кутів між геометричними фігурами.....	34
1.4. Способи перетворення проекцій.....	39
1.4.1. Обертання навколо проєктуючих прямих.....	39
1.4.2. Плоско паралельне переміщення.....	42
2. ТЕХНІЧНЕ КРЕСЛЕННЯ.....	47
2.1. Побудова заданого ухилу та конусності.....	47
2.2. Нанесення розмірів на кресленні.....	49
2.2.1. Основні вимоги нанесення розмірів.....	49
2.2.2. Основні розміри на креслення наносяться.....	52
2.3. Спряження та лекальні криві.....	62
2.3.1. Спряження.....	62
2.3.2. Спряження двох прямих ліній, що перетинаються.....	63
2.3.3. Спряження прямої з колом.....	64
2.3.4. Спряження кіл.....	65
2.3.5. Побудова дотичних.....	66

2.3.6. Лекальні криві.	67
3. ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА.	73
3.1. Види, перерізи, та перетини.	73
3.2. Нероз'ємні з'єднання.	77
3.3. Роз'ємні з'єднання.	79
3.3.1. Основні параметри різі.	80
3.3.2. Позначення різі.	81
3.3.3. Кріпильні деталі.	86
3.3. Роз'ємні з'єднання.	92
3.4. Робоче креслення деталі.	96
3.4.1. Типові елементи деталей.	97
Конструктивні елементи деталей, які виготовляються за допомогою механічної обробки:	97
3.4.2. Конструктивні елементи литих деталей.	102
3.5. Складальне креслення.	104
3.5.1. Виконання ескізів деталей виробу.	104
3.5.2. Послідовність виконання складального креслення.	105
3.5.3. Вибір кількості зображень на складальному кресленні.	106
3.5.4. Розміри на складальних кресленнях.	107
3.5.5. Номери позицій.	108
3.6. Специфікація.	108
ЛІТЕРАТУРА	112

ВСТУП

Дисципліна «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» сприяє розвитку просторового абстрактного мислення, яке необхідне для інженерної та проєкційної діяльності. Здобувачі вищої освіти інженерних спеціальностей у своїй професійній діяльності стикаються з розробкою проєктів конструкцій, механізмів та машин, що потребує знань теорій проєкційних зображень. Методичні рекомендації складаються із трьох розділів: нарисна геометрія, технічне креслення та інженерна графіка. Нарисна геометрія вивчає: геометричні методи зображення просторових фігур на площині, за допомогою яких фігури, які мають три виміри, знаходять відображення на площинному рисунку і мають тільки два виміри; методи вирішення геометричних задач, пов'язаних з визначенням розмірів, форми і взаємного розташування фігур.

Виготовлення будь-якого виробу починається зі створення його технічного креслення, яке дозволяє не тільки визначити форму і розміри всіх частин виробу, але й отримати наочну уяву про нього, тому важливою умовою успішного вивчення інженерної графіки являється засвоєння стандартів ЄСКД, розуміння їх сутності, правильного застосування правил та вимог, які вони містять.

Інженерна графіка вивчає методи та прийоми обробки, редагування графічних зображень за допомогою систем автоматизованого проєктування, при цьому формуючи навички роботи з інженерною графічною документацією.

Методичні рекомендації містять теоретичні відомості, приклади виконання завдань, та рекомендації щодо самостійної роботи здобувачів освіти. Матеріал подано у логічній послідовності, що забезпечує поступове ускладнення завдань та сприяє ефективному засвоєнню навчального матеріалу.

1. НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ.

1.1. Правила оформлення креслень.

1.1.1. Формати

Формати листів визначаються розмірами зовнішньої рамки. Кожному позначенню відповідає певний розмір основного формату. Позначення і розміри форматів наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1.

Формати	
Позначення форматів	Розміри сторін формату, мм
A0	1189x841
A1	594x841
A2	594x420
A3	297x420
A4	297x210
A5	148x210

Допускається застосування додаткових форматів, утворених збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, яка кратна їх розмірам (2,3...9), наприклад додатковий формат A3x4 має розміри 420x1189. Всі формати за винятком A4 можуть розміщуватися як вертикально, так і горизонтально. Кожне креслення має рамку, яка обмежує поле креслення. Внутрішню рамку проводять суцільними основними лініями: з трьох сторін на відстані 5 мм від краю листа, а зліва – на відстані 20 мм. З лівої сторони формату при цьому розміщується поле для підшивки креслення (рис.1.1).

На кресленнях необхідно виконати основний напис, що містить відомості про зображений виріб і інформацію про те, ким виконане дане креслення. Основний напис розміщується в правому нижньому кутку поля креслення. Зміст, розміщення і розміри граф основного напису для креслень представлені на рис. 1.2.

Всі креслення та ескізи, які виконані в навчальному семестрі і підписані викладачем, підлягають брошуруванню в альбом. Креслення збираються в послідовності виконання завдань – зверху титульний аркуш, під ним завдання 01 і т. д.

1.1.2. Масштаби.

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення предмета на кресленні до дійсних лінійних розмірів предмета. В залежності від розмірів зображуваного предмету, його зображення на кресленнях можуть виконуватися як в натуральну величину, так і зі зменшенням або збільшенням (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

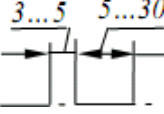
Масштаби

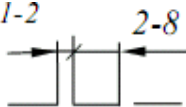
Масштаб зменшення	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:10	...
Масштаб збільшення	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	...
Натуральна величина	1:1					

В навчальних кресленнях найбільш часто використовують шість *типів ліній* (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

Типи ліній

	Суцільна товста основна лінія. Товщина $s \approx 0,5...1,4$ мм (на навчальних кресленнях рекомендується $s \approx 0,8...1,4$ мм). Призначення: зображення ліній видимого контуру, лінії контуру перерізу (винесеного і того, що входить в склад розрізу), внутрішня рамка креслення та ін..
	Суцільна тонка лінія. Товщина від $s/3$ до $s/2$. Призначення: зображення лінії контуру накладеного перерізу, лінії розмірні та виносні, лінії штриховки.
	Штрих-пунктирна тонка лінія. Товщина від $s/3$ до $s/2$. Призначення: зображення ліній осевих і центрових, ліній перерізу, які являються осями симетрії для накладених або винесених перерізів.

	Штрихова лінія. Товщина лінії від $s/3$ до $s/2$. Призначення: зображення ліній невидимого контуру.
	Суцільна хвиляста лінія. Товщина лінії від $s/3$ до $s/2$. Призначення: зображення лінії обриву, ліній розосередження виду і розрізу.
	Розімкнена лінія. Товщина лінії від s до $1,5s$. Призначення: зображення положень січних площин простих і складних розрізів і перерізів.

Зазначимо, що штрих-пунктирні лінії, які застосовуються в якості осьових ліній, повинні перетинатися між собою довгими штрихами.

Штрих-пунктирну лінію, яку використовують в якості осьової лінії кола з діаметром менше 12 мм, рекомендується замінити суцільною тонкою лінією. Штрихи (і проміжки між ними) повинні бути приблизно однакової довжини.

1.1.3. Шрифти.

Розмір *шрифту* визначається висотою прописних (заголовних) літер. Встановлені наступні розміри шрифту: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14. Ширина літер визначається за відношенням до розміру шрифту або по відношенню до товщини лінії обводки d (рис. 1.4).

Стандарт встановлює наступні типи шрифту:

тип А без нахилу ($d=h/14$);

тип А з нахилом близько 75° ($d=h/14$);

тип Б без нахилу ($d=h/10$);

тип Б з нахилом близько 75° ($d=h/10$).

На навчальних кресленнях рекомендується використовувати шрифт типу Б з нахилом (для розмірних чисел і всіх написів).

Шрифти виконуються з використанням допоміжної сітки (рис. 1.4). Сітку будують тонкими, ледь помітними лініями. Це дозволяє витримувати конструкцію літертацифр.



Рис. 1.4. Нахил шрифтів

Форма і конструкція арабських цифр шрифту Б з нахилом наведені на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Форма і конструкція арабських цифр

Форма прописних літер з нахилом українського алфавіту (кирилиця) представлено на рис. 1.6. Ширина літер залежить не тільки від розміру шрифту, а і від конструкції самої літери.



Рис. 1.6. Форма і конструкція великих букв

Форма і конструкція малих букв українського алфавіту шрифту типу Б з нахилом наведені на рис. 1.7.



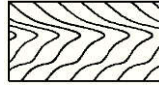
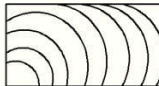
Рис. 1.7. Форма і розміри малих букв

1.1.4. Штриховка.

Загальні графічні *позначення матеріалів* в розрізах і перерізах повинні відповідати вказаним в табл. 1.4.

Таблиця 1.4.

Графічні позначення матеріалів

Матеріали		Позначення
Метали та тверді сплави		
Неметалічні матеріали		
Деревина	в поздовжньому перерізі	
	в поперечному перерізі	

Нахилені паралельні прямі лінії штриховки повинні проводитися під кутом 45° : до ліній рамки креслення (рис. 1.8.а), до осі зображення (рис. 1.8.б), до контуру перерізу (рис. 1.8.в).

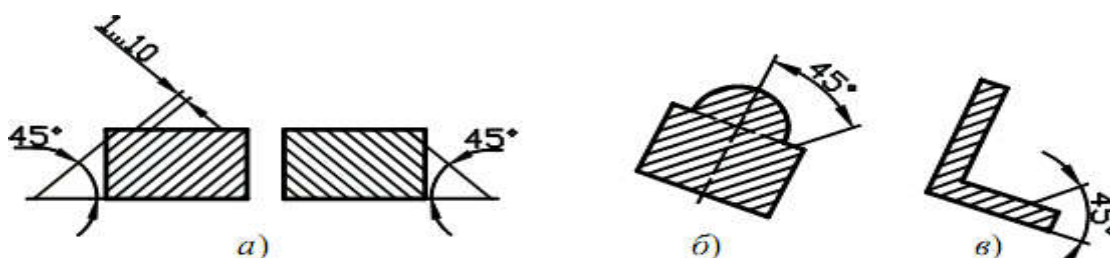


Рис.1.8. Позначення штриховки

Відстань між паралельними лініями штриховки повинна бути однаковою для всіх розрізів і перерізів даної деталі, які виконуються. Вказана відстань повинна складати від 1 до 10 мм в залежності від площі штриховки і необхідності урізноманітнити штриховку суміжних зображень. Для суміжних розрізів або перерізів двох деталей слід обрати нахил ліній штрихування для однієї деталі вправо, для іншої – вліво (зустрічна штриховка).

Якщо лінії штриховки, проведені до ліній рамки креслення під кутом 45° , співпадають по напрямку з лініями контуру або осьовими лініями, то замість кута 45° слід обрати кути 30° або 60° (рис. 1.9).

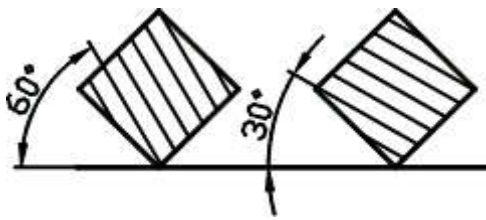


Рис.1.9. Нахил штриховки

Лінії штриховки повинні наноситися з нахилом вліво або вправо, але в одну і ту ж сторону на всіх розрізах або перерізах, які відносяться до однієї і тієї ж деталі, незалежно від кількості листів, на яких ці зображення розміщені.

1.2. Проекції елементарних геометричних фігур.

1.2.1. Проекції точки.

На рис.1.10 а і б представлені відповідно двовимірне та тривимірне комплексні креслення точок G і H . Креслення ці безвісні. Вони елементарні і особливих пояснень не потребують.

Іноді приходить будувати комплексні креслення точок по їх координатам. Координатами x, y, z точки M називаються відповідно відстані від даної точки до фіксованих площин проєкцій Π_3, Π_2, Π_1 (рис.1.10 б).

Комплексне креслення в такому випадку буде мати осі проєкцій. Вони будуть базами підрахунку координат: відстань $MM_3 \square OM_x$ – координата x (абсциса) точки M ; відстань $MM_2 \square OM_y$ – координата y (ордината) точки M ; відстань $MM_1 \square OM_z$ – координата z (апліката) точки M .

Чисельні величини, що виражають координати x, y, z точки в міліметрах, записують в скобках після її найменування. Наприклад: $A(30,15,25)$.

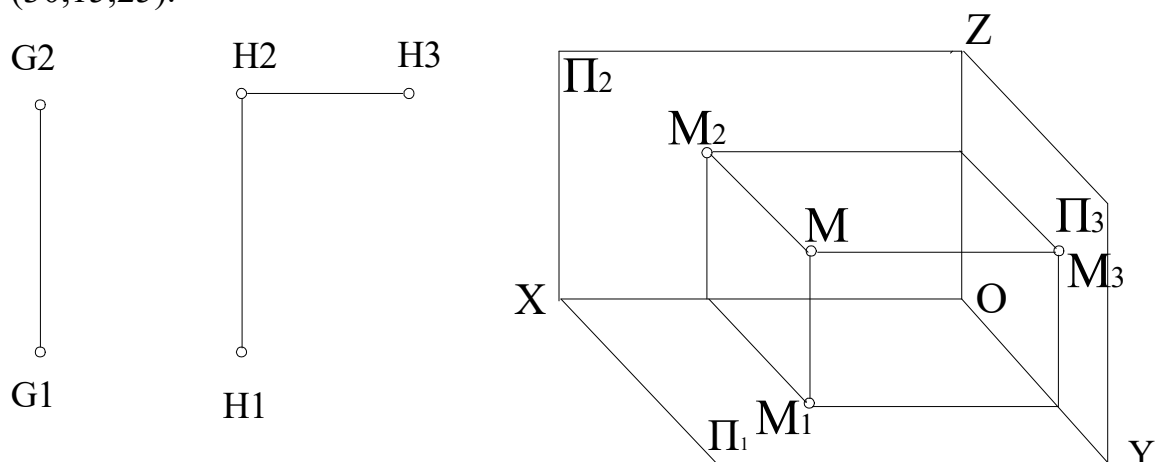


Рис. 1.10. Комплексні креслення

1.2.2. Проекції прямої. Спосіб прямокутного трикутника.

Пряма нескінченна, тобто вона може бути продовжена. Якщо пряма лінія не співпадає з напрямом проектування, то її проекція також являється прямою. В протилежному випадку вона проектується в точку.

На комплексному кресленні пряма лінія може бути задана безпосередньо своїми проекціями (пряма q на рис. 1.11, а), проекціями двох її точок (точки K і L на рис. 1.11, б) або проекціями її відрізка (відрізок KL на рис. 1.11, в).

Відновлюючи пряму лінію, що розглядається, по її зображенням (проекціям) – рис. 1.11, г, визначаємо, що дана пряма не паралельна і не перпендикулярна ні одній з площин проєкцій: Π_1 , Π_2 , Π_3 . Такі прямі називаються *прямими загального положення*.

Аналізуючи рис. 1.11, в, г, робимо висновок, що проекції K_1L_1 і K_2L_2 не дорівнюють по довжині самому відрізку-оригіналу, тобто вони коротші за нього, так як при проектуванні відрізок KL знаходився під кутом до площини проєкцій Π_1 і Π_2 .

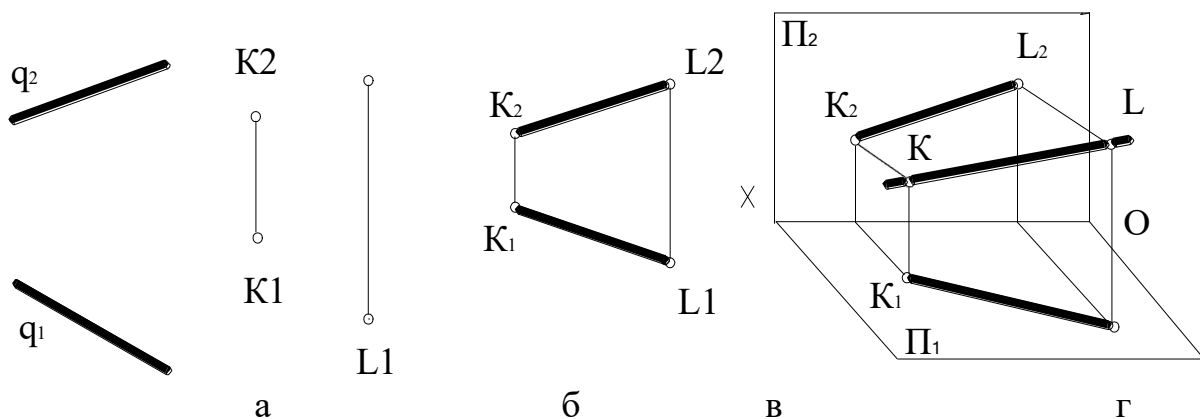


Рис. 1.11. Пряма на комплексному кресленні

Часто доводиться розв'язувати задачі визначення натуральної довжини відрізка прямої загального положення по його комплексному кресленню (рис. 1.12). Проведемо з точки P пряму $PS \parallel \Pi_1$. Отримаємо прямокутний трикутник PQS . Побудуємо в площині проєкцій Π_1 трикутник P_1Q_1T , що дорівнює трикутнику PQS . Для цього до катету P_1Q_1 з точки Q_1 побудуємо другий катет Q_1T , що дорівнює відрізку QS , тобто перевищенню $\square Z$ одного кінця відрізка над другим (або різниці відстаней кінців відрізка від площини Π_1).

Таким чином, трикутник P_1Q_1T дорівнює трикутнику PQS . Тоді гіпотенуза P_1T буде дорівнювати гіпотенузі PQ , тобто самому відрізку-оригіналу PQ .

Звертаючись до комплексного креслення (рис. 1.12), помічаємо, що всі необхідні елементи для розв'язання поставленої задачі тут є. Є катет

P_1Q_1 (горизонтальна проекція відрізка PQ) і відома довжина другого катета Q_1T (вона дорівнює перевищенню ΔZ одного кінця відрізка над другим). Виконавши необхідні побудови в площині Π_1 , отримуємо прямокутний трикутник P_1Q_1T , гіпотенуза P_1T

якого дорівнює натуральній величині даного відрізка. Такий спосіб визначення довжини відрізка прямої загального положення по його комплексному кресленню отримав назву способу *прямокутного трикутника*.

Повернемося до першого зображення на рис.1.12. Кут α між гіпотенузою P_1T і проекцією P_1Q_1 дорівнює куту нахилу відрізка-оригіналу PQ до горизонтальної площини проекцій Π_1 . Таким чином, в даній задачі одночасно була визначена і натуральна величина кута нахилу прямої загального положення (відрізка PQ) до горизонтальної площини проекцій Π_1 .

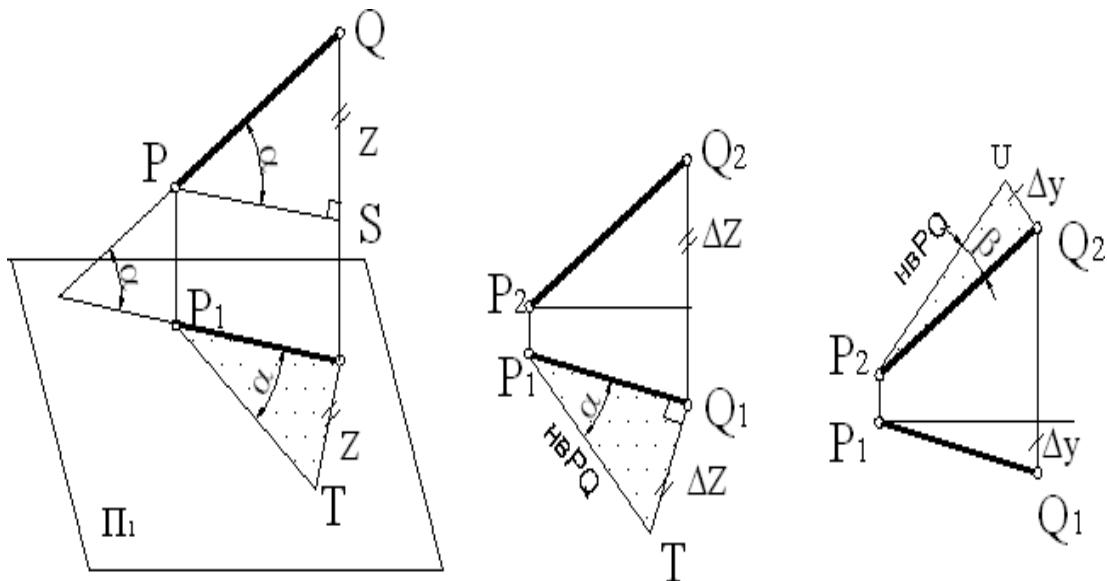


Рис. 1.12. Визначення натуральної величини відрізка

Розмірковуючи аналогічним чином у відношенні фронтальної площини проекцій Π_2 , знову визначимо ту ж саму натуральну величину відрізка PQ до фронтальної площини проекцій Π_2 . Читачеві рекомендується самостійно виконати схему, взявши замість площини Π_1 площину Π_2 .

Повернемося до комплексного креслення (рис. 1.12). Прямокутний трикутник будуюмо у фронтальній площині проєкцій Π_2 . Тут одним з катетів буде проєкція P_2Q_2 , а другим – відрізок Q_2U , що дорівнює різниці відстаней $\square$ у кінців відрізків від площини проєкцій Π_2 . Тоді гіпотенуза P_2U є та ж сама натуральна величина відрізка PQ , а кут α між гіпотенузою і проєкцією P_2Q_2 являється натуральною величиною кута α нахилу відрізка-оригіналу PQ до фронтальної площини проєкцій Π_2 .

Прямі окремого положення – це прямі, або паралельні, або перпендикулярні кожній з площин проєкцій: Π_1, Π_2, Π_3 .

Прямі паралельні до площин проєкцій Π_1, Π_2, Π_3 називаються *прямими рівня*, так як всі точки такої прямої знаходяться на одному рівні по відношенню до відповідної площини проєкцій. Прямі перпендикулярні до площин проєкцій Π_1, Π_2, Π_3 називаються *проектуючими прямими*, так як вони співпадають з напрямом проєктування.

На рис. 1.13 представлені наочні зображення першої групи прямих окремого положення – прямих рівня. В відповідності з назвою площини проєкцій, до якої вони паралельні, ці прямі отримали наступні назви:

пряма ***h*** – *горизонталь*, так як $h // \Pi_1$;

пряма ***f*** – *фронталь*, так як $f // \Pi_2$;

пряма ***p*** – *профільна пряма*, так як $p // \Pi_3$.

На рис. 1.14 представлені комплексні креслення горизонталі ***h*** і фронталі ***f***. Ці прямі в якості допоміжних достатньо часто будуть зустрічатися в рішеннях задач, тому на них необхідно звернути увагу. По своєму зображенню на комплексних кресленнях вони взаємно зворотні. Одна з їх проєкцій горизонтальна, а друга нахилена і уявляє собою натуральну величину прямої. Кути α і β визначають кути нахилу цих прямих до відповідних площин проєкцій Π_2 і Π_1 .

Що ж стосовно профільної прямої ***p***, то для неї двокартинне креслення являється незворотнім (рис. 1.15, а), так як не визначає дійсного положення даної прямої у просторі. В такому випадку креслення необхідно доповнити або третім зображенням (профільною проєкцією p_3) – рис. 1.15, б, або задати на цій прямій дві будь-які точки *A* і *B*.

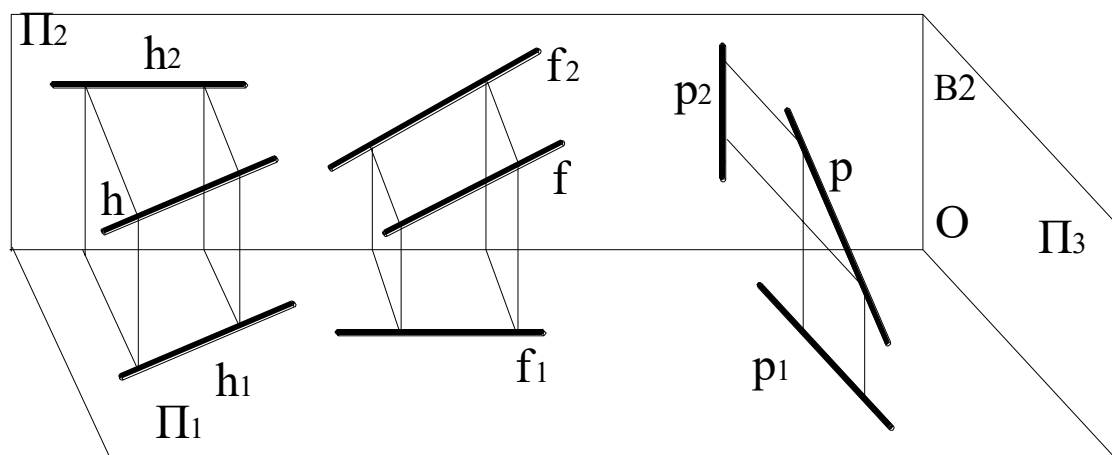


Рис.1.13. Наочні зображення прямих рівня

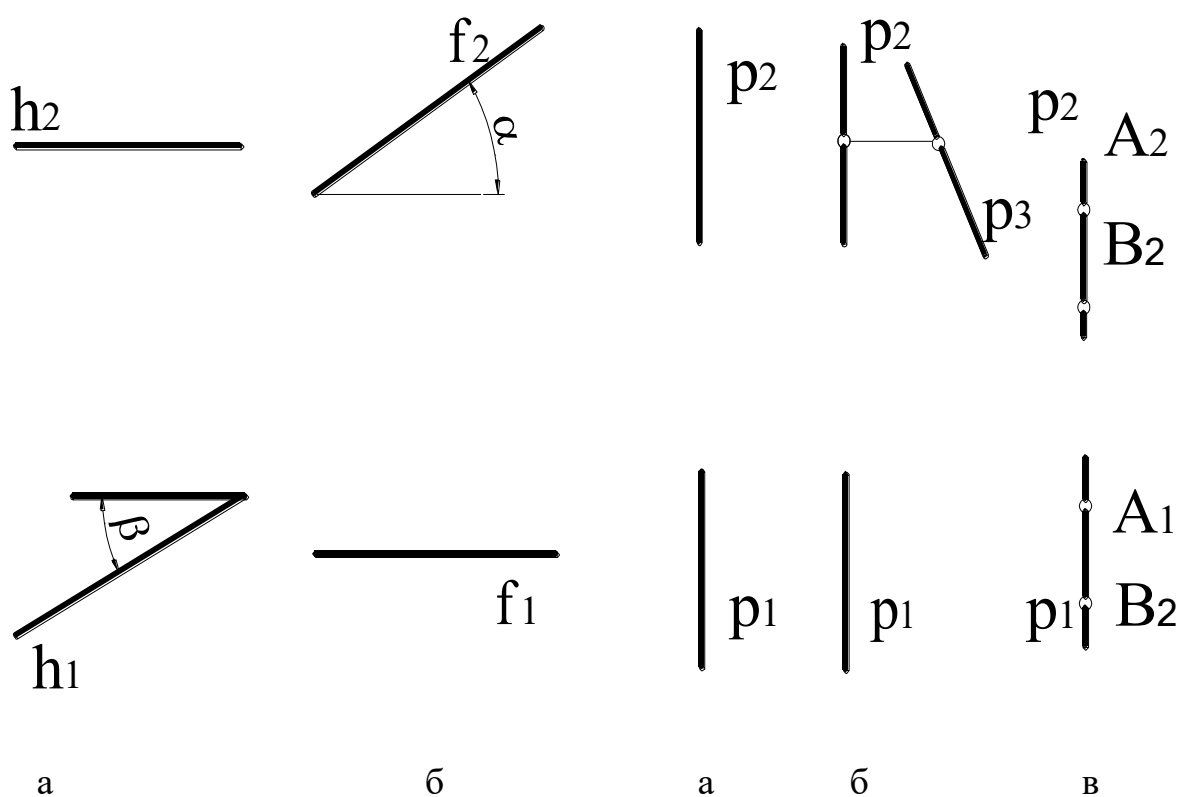


Рис. 1.14. Комплексні креслення креслення фронталі і горизонталі

Рис. 1.15. Комплексні профільної прямої

На рис.1.16 представлені наочні зображення другої групи прямих окремого положення – проєктуючих прямих.

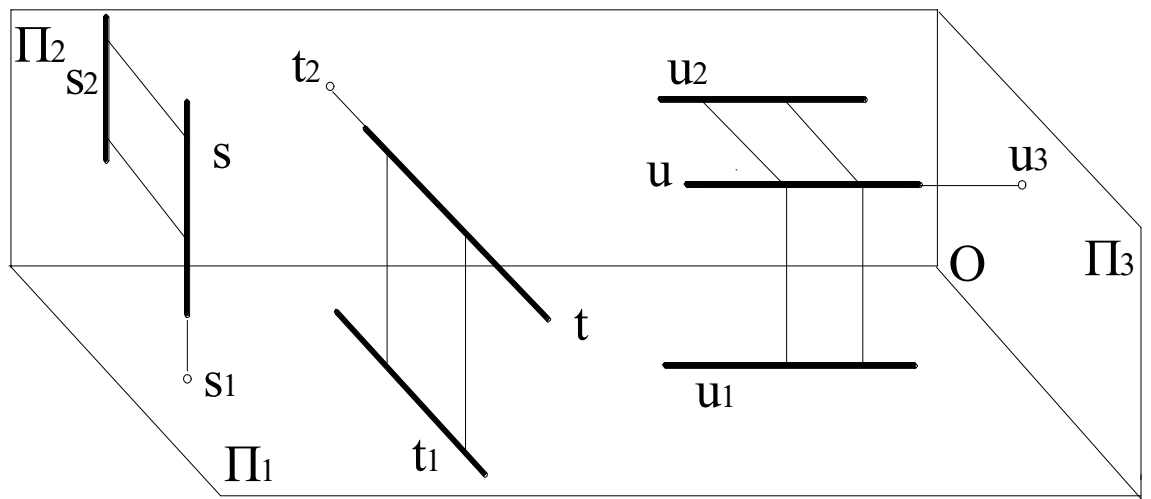


Рис.1.16. Наочні зображення проєктуючих прямих

У відповідності з назвою площини проєкцій, якої вони перпендикулярні, ці прямі отримали наступні назви:

пряма s – горизонтально-проєктуюча, так як $s \perp \Pi_1$;

пряма t – фронтально-проєктуюча, так як $t \perp \Pi_2$;

пряма u – профільно-проєктуюча, так як $u \perp \Pi_3$.

1.2.3. Проєкції прямого кута.

Можливі три випадки розташування сторін прямого кута по відношенню до площин проєкцій (рис.1.23). В першому випадку (рис. 1.23а) обидві сторони прямого кута hEh паралельні площині проєкцій Π_1 . Зрозуміло, що цей прямий кут зпроєктується на площину Π_1 в натуральну величину.

Зайвими будуть докази для ствердження, що в другому випадку (рис. 1.23б) прямий кут не зпроєктується на площину Π_1 в натуральну величину, так як обидві його сторони r і q являються прямими загального положення.

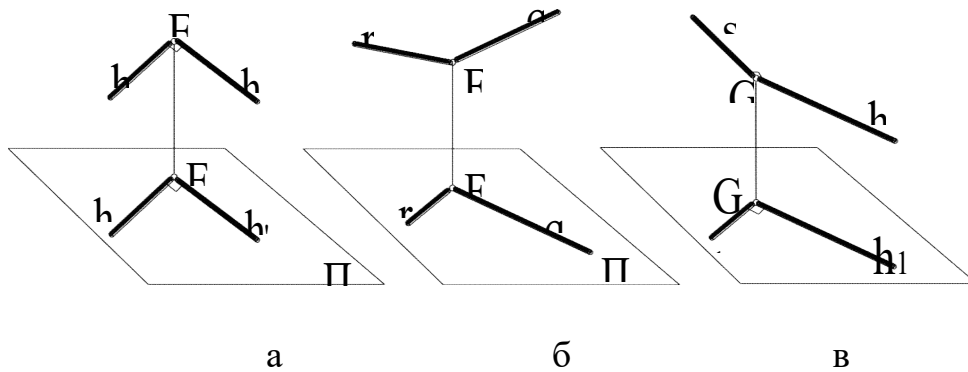


Рис.1.23. Три випадки розташування сторін прямого кута по відношенню до площин проєкцій

Розглянемо докладніше третій випадок (рис.1.23в), коли тільки одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій. Неважко довести, що в цьому випадку прямий кут sGh зпроєктується на площину Π_1 в натуральну величину.

Нехай через прямі s і GG_1 проходить площина $\square$. Тоді горизонталь $h \square \square$, так як $h \square s$ і $h \square GG_1$ (пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна двом перетинаючимся прямим цієї площини). А так як $h // h_1$, то $h_1 \square$. Значить, $h_1 \square s_1$ (тобто пряма h_1 буде перпендикулярна будь-якій прямій в площині $\square$, в тому числі і прямій s). Таким чином, ми довели, що кут $s G h \square 90^\circ$. Всі наведені вище міркування стосовно проєкцій прямих кутів справедливі і в відношенні фронтальної площини проєкцій Π_2 . Тільки там в якості прямої рівня повинна розглядатися фронталь.

На рисунках 1.24, а, б наводяться комплексні креслення прямих кутів, коли одна із їх сторін являється горизонталлю (рис. 1.24, а) або фронталлю (рис. 1.24, б).

Таким чином, доведену вище *теорему про проєкції прямого кута* можна сформулювати так: якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій, то на цю площину даний прямий кут проєктується в натуральну величину.

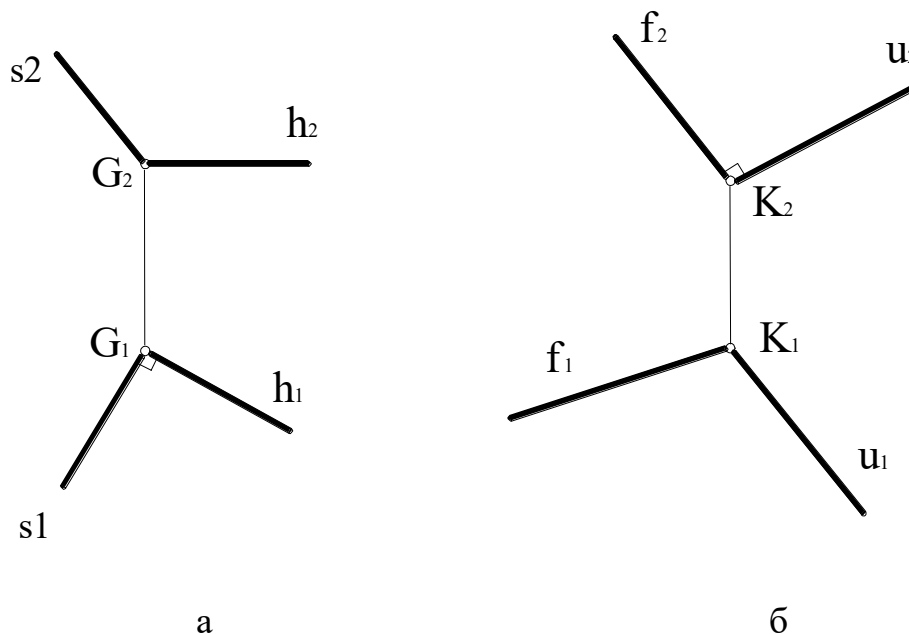


Рис. 1.24. Комплексні креслення прямих кутів

1.2.4. Проекція площини.

Площина – простий вид поверхні. Вона відноситься до незамкнених поверхонь, тобто може бути продовжена, не має товщини. В задачах будемо вважати її непрозорою. Площина, не паралельна і не перпендикулярна ні до однієї з площин проєкцій Π_1, Π_2, Π_3 , називається площиною *загального положення*. Площина загального положення на кресленні не може бути задана безпосередньо своїми проєкціями (як, наприклад, точка чи пряма), так як вона не має меж і покриває собою все поле проєкцій. Тому її задають або відсіком в вигляді n -кутної пластинки (рис. 1.25, а), або елементами її визначаючими:

- трьома точками – L, M, N , що не лежать на одній прямій (рис. 1.25, б);
- прямою a і точкою M за її межами (рис. 1.25, в);
- двома паралельними прямими – b і c (рис. 1.25, г);
- двома перетинними прямими – d і e (рис. 1.25, д).

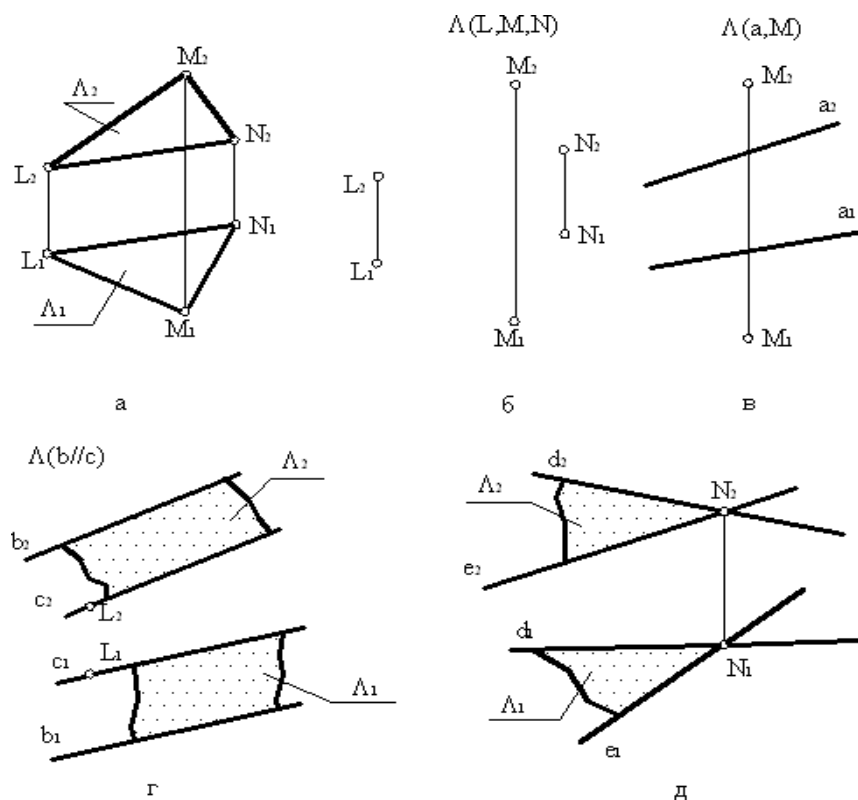


Рис. 1.25. Площина загального положення на комплексному кресленні

Необхідно відмітити, що в основі усіх цих способів завдання знаходяться три точки, що визначають єдину площину. Можна, по бажанню, легко переходити від одного способу завдання до другого.

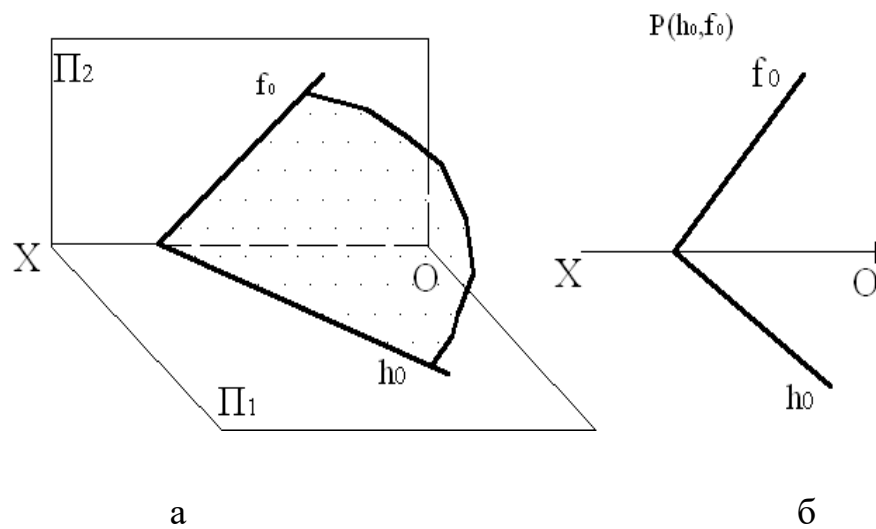


Рис. 1.26. Завдання площини на комплексному кресленні слідами

Переходимо до розгляду *площин окремого положення*. Це площини, або перпендикулярні до будь-якої з площин проєкцій, або паралельні їй.

Площини перпендикулярні до площин проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 називаються *проектуючими площинами*, так як вони співпадають з напрямом проєктування

(рис. 1.27).

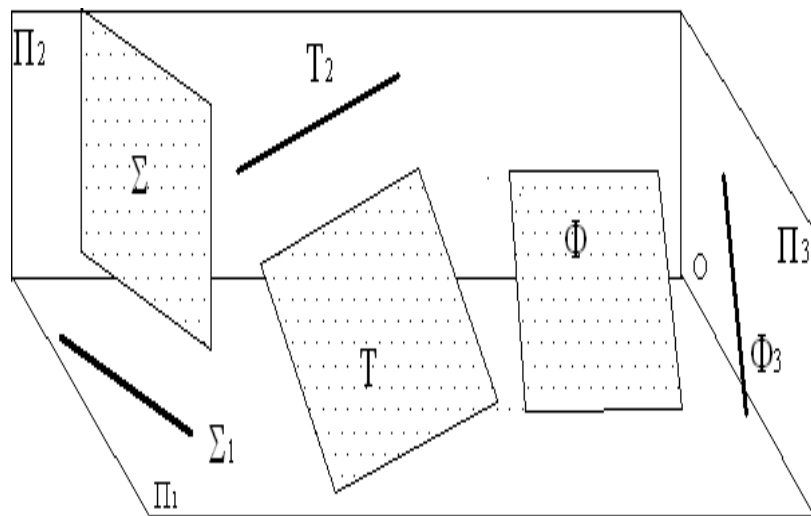


Рис. 1.27. Площини окремого положення

У відповідності з назвою площини проєкцій, якій вони перпендикулярні, ці площини окремого положення отримали наступні назви:

- площина Σ (сигма) – *горизонтально - проєктуюча*, так як $\Sigma \perp \Pi_1$;

- площина T (тау) – *фронтально - проектуєча*. Так як $T \perp P_2$;
- площина Φ (фі) – *профільно - проектуєча*, так як $\Phi \perp P_3$.

Таким чином, на відміну від площин загального положення площини окремого положення можуть задаватися на комплексному кресленні безпосередньо своїми проекціями.

Друга група площин окремого положення – площини рівня представлені на рисунку 1.28. *Площини рівня* – це площини паралельні до площин проекцій P_1, P_2, P_3 .

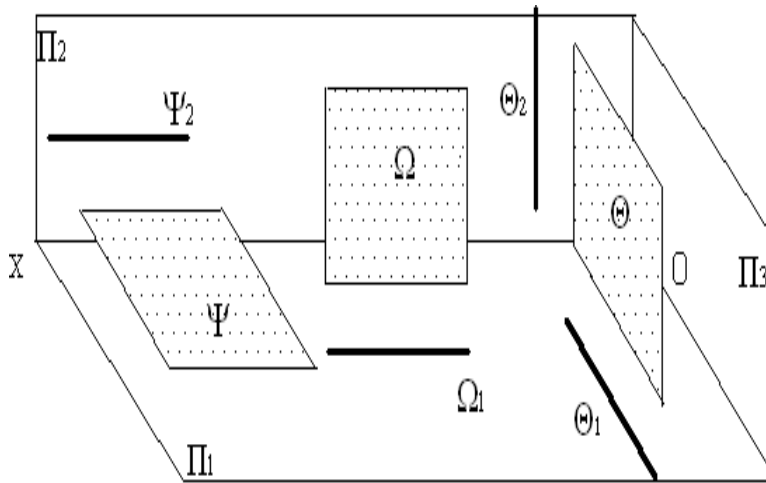


Рис. 1.28. Площини рівня

У відповідності з назвою площин проекцій, яким вони паралельні, ці площини окремого положення отримали наступні назви:

- площина Ψ (пси) – *горизонтальна* площина рівня, так як $\Psi // P_1$;
- площина Ω (омега) – *фронтальна* площина рівня, так як $\Omega // P_2$;
- площина Θ (тета) – *профільна* площина рівня, так як $\Theta // P_3$.

На комплексних кресленнях ці площини мають неповні зображення, що складаються з горизонтальних і вертикальних прямих.

1.3. Метричні та позиційні задачі.

В інженерній графіці розглядаються два види задач: *позиційні* і *метричні*. В основі рішення позиційних і метричних задач лежать позиційні і метричні властивості пар їх проекцій.

Задачі, пов'язані з рішенням питань взаємного розташування геометричних фігур на комплексному кресленні, називаються **позиційними**.

До **метричних** відносяться задачі, пов'язані з визначенням істинних (натуральних) величин відстаней, кутів і плоских фігур на комплексному кресленні. Можна виділити три групи метричних задач.

При рішенні позиційних задач з'ясовують взаємне розташування

(позицію) двох і більшого числа геометричних фігур. Поняття *взаємне розташування* включає також приналежність однієї фігури іншій. При цьому можливі випадки:

1) повної належності, наприклад, точка належить прямій, пряма належить площині (пряма є підмножина площини); 2) перетини, наприклад, пряма перетинається з площиною (пряма не є підмножиною площини), одна площина перетинається з іншою, 3) відсутність належності, наприклад, у двох прямих, що схрещуються.

До метричних задач відносять такі, в умові або рішенні яких присутні геометричні поняття, пов'язані з чисельною характеристикою. Рішенням метричних задач визначаються перпендикулярність геометричних фігур і чисельні характеристики фігур: відстань, площа, кут і т.п.

Нижче розглянуті метричні і позиційні властивості проєкцій найпростіших геометричних фігур в поєднанні їх по дві, сформульовані відповідні властивості і слідства, що витікають з них.

1.3.1. Точка і пряма.

Точка може належати прямій або не належати їй. Для вирішення питання про належність достатньо досліджувати їх проєкції, взявши до уваги наступну властивість: *точка належить прямій, якщо її проєкції належать тим же проєкціям прямої, і не належить прямій, якщо хоча б одна її проєкція не належить тій же проєкції прямій.*

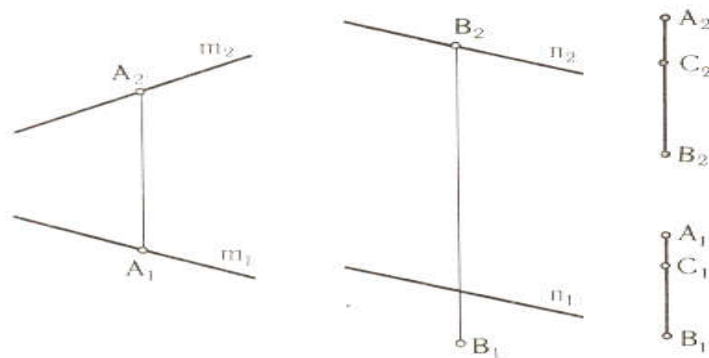


Рис.1.29

На рис. 1.29 показані прямі m і n . Точка A , проєкції якої інцидентні відповідним проєкціям прямої m , належить цій прямій. Точка B не належить прямій n , оскільки її горизонтальна проєкція не інцидентна горизонтальній проєкції прямій. Для двох проєкцій (фронтальній і горизонтальній) профільної прямої умови інцидентності недостатньо, оскільки якщо пряма і точка належать одній профільній площині, то проєкції точок завжди інцидентні проєкціям прямих. В цьому випадку необхідно внести визначеність, що полягає в тому, що на профільній прямій фіксується двома точками її

відрізок, а точка, що належить прямій, повинна ділити проекції цього відрізка в одному і тому ж відношенні на фронтальній і горизонтальній проекціях.

Метричні характеристики двох геометричних фігур виражаються, як правило, у визначенні відстаней і кутів між ними. Розглянемо такі положення геометричних фігур, при яких ці відстані і кути проєктуються у натуральну величину.

Почнемо з взаємного розташування точки і прямої.

При загальному розташуванні прямої відстань від точки до прямої проєктується у натуральну величину, якщо ця пряма є лінією нахилу площини, яка задається точкою і прямою. В цьому випадку відрізок, що вимірює відстань від точки до прямої, паралельний одній з площин проєкцій, а значить проєктується на неї без спотворення. На рис. 1.30 показана пряма m і точка A . Пряма є лінією нахилу (лінією ската) щодо площини Π_1 . Відстань від точки до прямої вимірюється відрізком горизонтальної прямої.

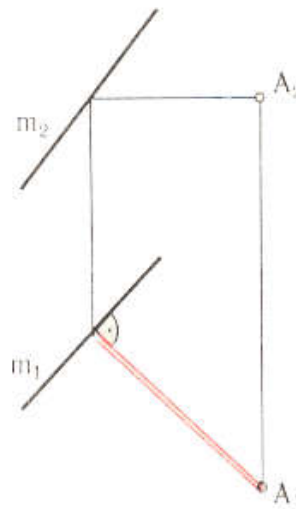


Рис.1.30

Сформулюємо властивість: *відстань від точки до прямої проєктується в натуральну величину, якщо пряма є лінією нахилу площини, заданою точкою і прямою, до однієї з площин проєкцій.*

З цієї властивості можна вивести два слідства:

Слідство 1. *Відстань від точки до прямої проєктується у натуральну величину на горизонтальній проєкції, якщо пряма вертикальна, і на фронтальній, якщо пряма фронтально-проєктуюча.*

На рис. 1.31, а показана вертикальна пряма m і точка A , відстань між прямою і точкою зобразиться без спотворення на горизонтальній проєкції.

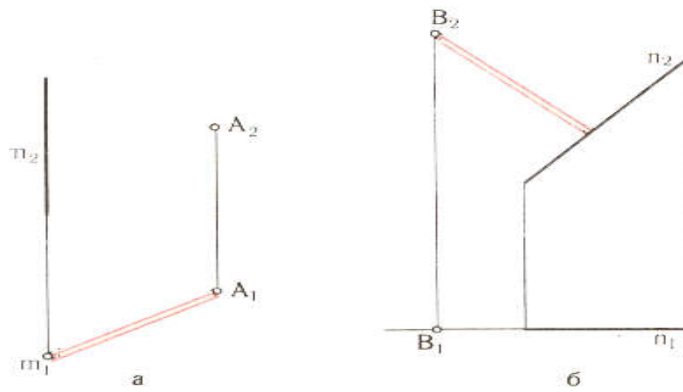


Рис.1.31

Слідство 2. Відстань від точки до прямої проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо площина, задана точкою і прямою, горизонтальна, і на фронтальній проекції, якщо ця площина фронтальна.

На рис. 1.31, б показана пряма n і точка B , що дають фронтальну площину. Відстань від точки до прямої зобразиться без спотворення на фронтальній проекції.

1.3.2. Дві прямі.

Прямі перетинаються, якщо мають одну загальну власну або невласну точку; прямі схрещуються, якщо не мають загальну точку. Дві прямі в просторі в загальному положенні схрещуються. В цьому випадку, як відомо з середньої школи, через них можна провести єдину пару площин, паралельних площині паралелізму (це площина, паралельна двом прямим, що схрещуються). Її можна задати, якщо через довільну точку простору провести дві прямі, паралельні прямим, що схрещуються. Відстань між прямими дорівнює відстані між цими площинами. При зменшенні цієї відстані до нуля дві площини зливаються в одну і прямі стають пересічними. Якщо точка їх перетину віддаляється в нескінченність — прямі паралельні. По проекціях прямих на комплексному кресленні можна судити про те, яке вони займають положення.

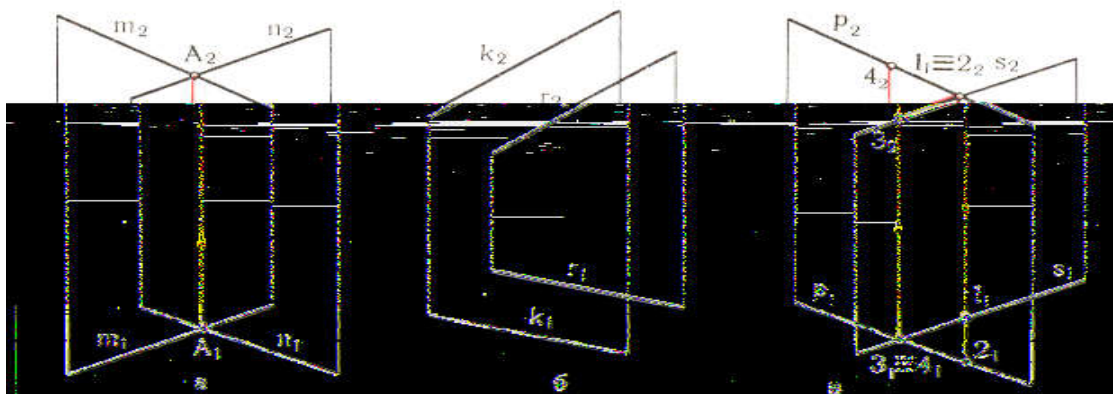


Рис.1.32

Сформулюємо властивості: якщо точки перетину однойменних проєкцій прямих загального положення належать одній вертикальній лінії зв'язку, прямі перетинаються (рис. 1.32, а); якщо однойменні проєкції прямих паралельні між собою, прямі паралельні (рис. 1.32, б); якщо точки перетину однойменних проєкцій прямих не належать одній вертикальній або горизонтальній лінії зв'язку, прямі схрещуються (рис. 1.32, в).

Звернемося до рис. 1.32 в, де зображено дві прямі, що схрещуються. Фронтальні проєкції перетинаються в точці $1_2 \equiv 2_2$, а горизонтальні — в точці $3_1 \equiv 4_1$. Конкуруючі точки (точки, що належать одній проєктуючій прямій) використовують при визначенні видимості геометричних елементів.

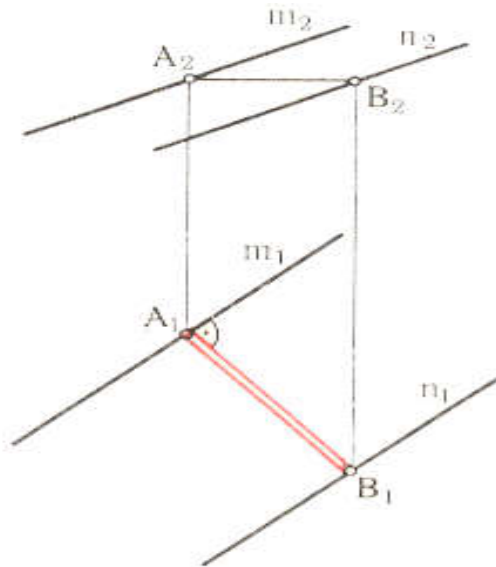


Рис. 1.33

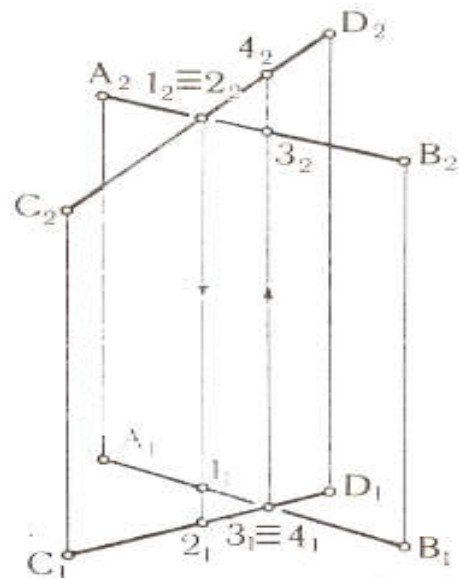


Рис. 1.34

На рис. 1.33 приведено два відрізки прямих AB і CD , що схрещуються. Для визначення «перекриття» їх на проєкціях відзначені конкуруючі точки 1 і 2 щодо площини Π_2 і точки 3 , 4 щодо площини Π_1 . При цьому точки 1 і 3 належать відрізку AB , а точки 2 і 4 — відрізку CD . Оскільки точка 4 розташована вище за точку 3 , на площині Π_1 відрізок CD «перекриває» відрізок AB . Точка 2 розташована ближче за точку 1 , тому на площині Π_2 відрізок CD «перекриває» відрізок AB .

Розглянемо метричні властивості двох паралельних прямих. На підставі властивості відстані від точки до прямої сформулюємо властивість, що стосується відстані між паралельними прямими

Відстань між двома паралельними прямими загального положення зображається у натуральну величину, якщо прямі є лініями нахилу площини, яку вони задають, до однієї з площин проєкцій. Так, якщо на одній з паралельних прямих узяти точку, то ця задача може бути зведена до попередньої задачі на відстань від точки до прямої, що є лінією нахилу.

На рис. 1.34 показана відстань між двома лініями нахилу m і n , що вимірюється відрізком горизонтальної прямої AB .

З приведеної вище властивості можна вивести два сліdstва:

1. Відстань між паралельними прямими проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо прямі вертикальні, і на фронтальній, якщо прямі фронтально-проектуючі (рис. 1.38, а).

2. Відстань між паралельними прямими зображається у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо задана ними площина горизонтальна, і на фронтальній, якщо ця площина фронтальна (рис. 1.38, б).

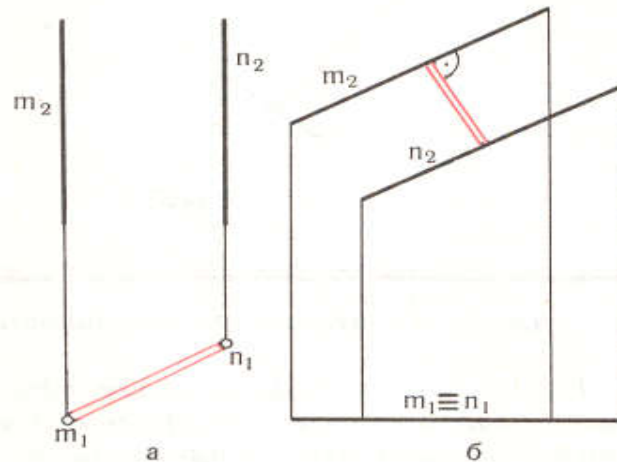


Рис. 1.38

Кут між прямими, що схрещуються або являються пересічними, проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо прямі горизонтальні, і на фронтальній, якщо прямі фронтальні (рис. 1.39).

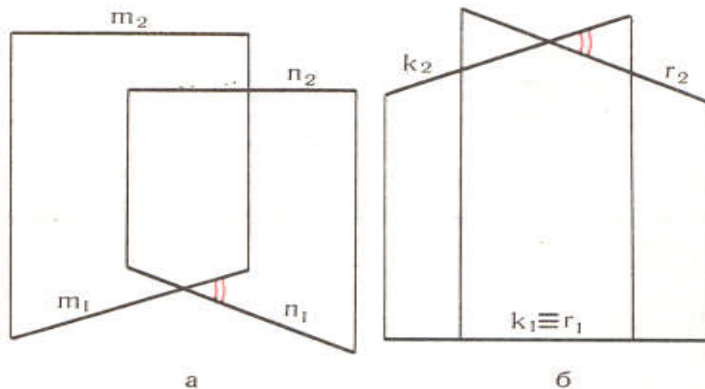


Рис. 1.39

Оскільки взаємно перпендикулярними можуть бути дві прямі, пряма і площина і дві площини, розглянемо послідовно всі ці випадки на прикладах. На рис. 1.40 показані дві взаємно перпендикулярні площини — горизонтальна Π_1 і вертикальна Π_4 . Окрім цього, задана горизонтальна пряма m , що належить Π_4 , і вертикальна площина Π_5 , перпендикулярна до прямої m в точці A , а значить і до площини Π_4 .

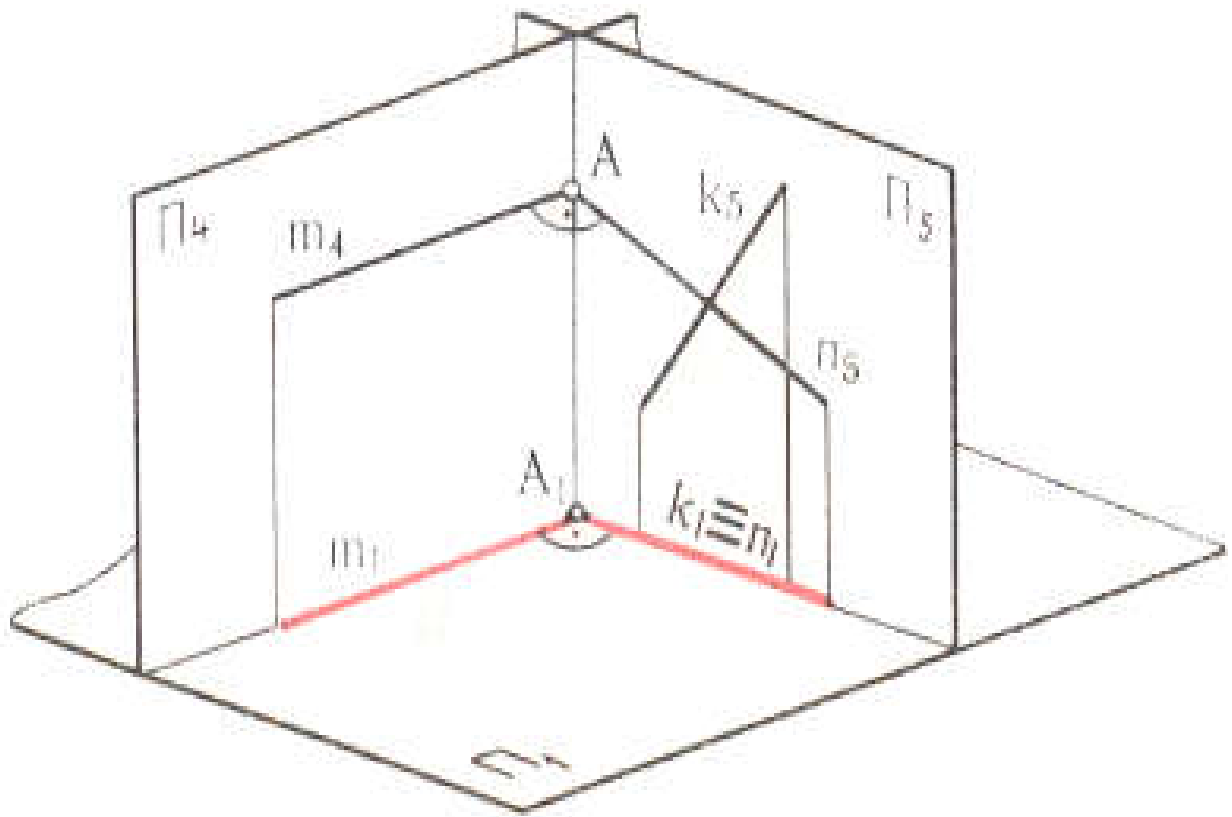


Рис. 1.40

Через точку A проходить пряма n , що належить площині Π_5 і яка створює, як відомо, з прямою m прямий кут. Цей кут проектується без спотворення на горизонтальну площину проєкцій Π_1 , оскільки його сторони лежать на гранях горизонтально-проєктуючого прямого двогранного кута, утвореного площинами Π_4 і Π_5 . Неважко помітити, що якщо в площині Π_5 узяти довільну пряму k (яка завжди буде перпендикулярна до m), що схрещується з прямою m , то цей прямий кут схрещення також зпроєктується без спотворення на горизонтальну площину проєкцій.

На підставі приведених міркувань можна сформулювати наступну властивість.

Прямий кут перетину або схрещення проектується у натуральну величину на горизонтальній проєкції, якщо хоча б одна його сторона горизонтальна, і на фронтальній, якщо хоча б одна сторона його фронтальна. При цьому друга сторона прямого кута не повинна бути проєктуючою, оскільки в цьому випадку проєкція прямого кута перетину перетворюється в лінію. На рис. 1.41, а є показаний прямий кут перетину, одна сторона якого горизонтальна, і прямий кут схрещення, одна сторона якого фронтальна (рис. 1.41, б), ці кути проєктуються в першому випадку на Π_1 , а в другому — на Π_2 у натуральну величину.

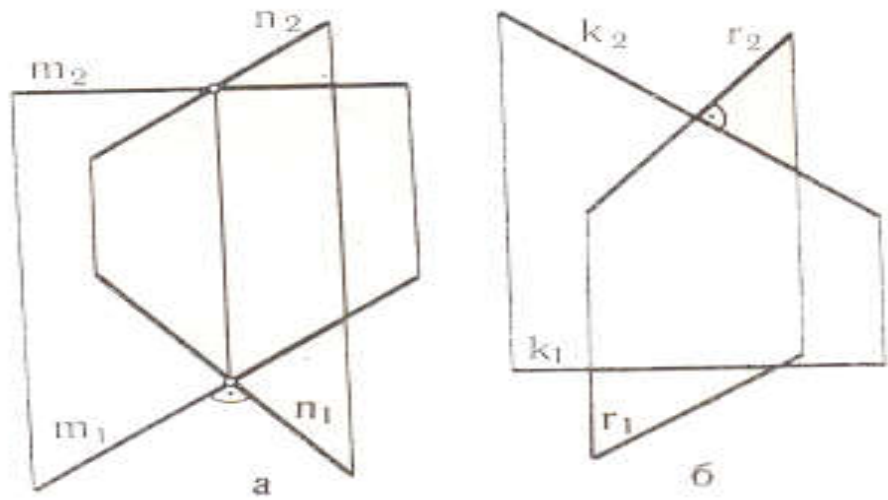


Рис. 1.41

1.3.3. Пряма і площина.

Щоб з'ясувати взаємне положення прямої і площини, скористаємося способом перетину

Алгоритм рішення складається з трьох операцій:

- 1) пряма заключається в допоміжну площину;
- 2) визначається лінія перетину заданої площини з допоміжною;
- 3) з'ясовується взаємне положення двох прямих: заданої і лінії перетину.

При цьому можливі три випадки:

дві прямі перетинаються в одній точці, значить, пряма перетинається з площиною в цій точці;

дві прямі паралельні, значить, пряма паралельна площині;

дві прямі співпадають, значить, пряма є підмножина площини.

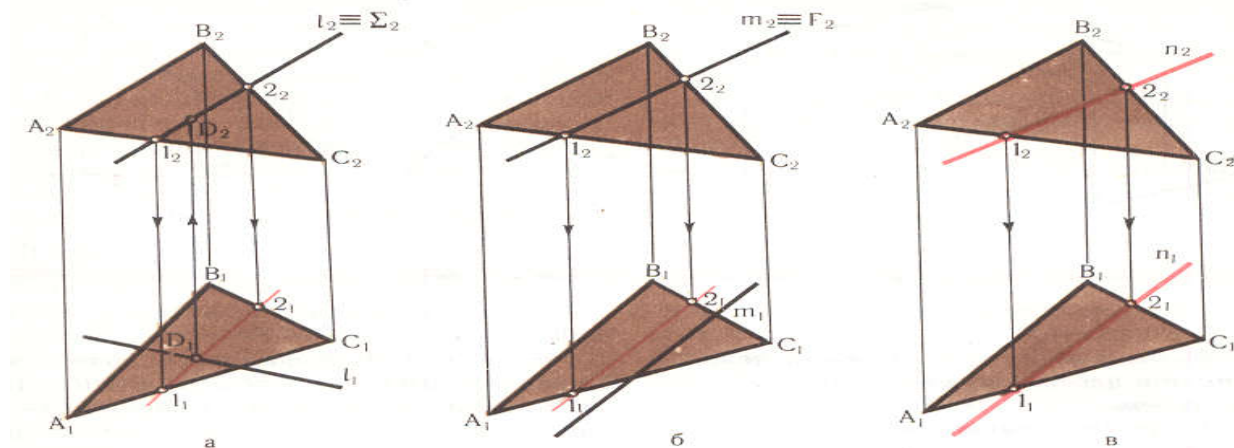


Рис. 1.42

На рис. 1.42, а є зображений трикутний відсік ABC і пряма загального положення l . Для визначення їх взаємного положення використана фронтально-проектуюча площина Σ , проведена через пряму l . Знайдена лінія перетину двох площин — пряма $l—2$.

З розгляду горизонтальних проекцій прямих l_1 і $l_1 2_1$ видно, що пряма l перетинається з площиною в точці D , фронтальна проекція якої визначається по вертикальній відповідності.

В символічному записі $\Sigma_2 \supset l_2, l_2 2_2 \equiv l_2, l_1 2_1 \times l_1 = D_1$

На рис. 1.42, *и* побудована пряма m , паралельна площині відсіку ABC . Для цього також була побудована пряма $l-2$, отримана в результаті перетину трикутного відсіку з фронтально-проектуючою площиною Γ . Горизонтальна проекція прямої m_1 повинна бути паралельна горизонтальній проекції прямої $l-2$

$$(\Gamma_2 \supset m_2, l_2 2_2 \equiv m_2, m_1 \parallel l_1 2_1).$$

На рис. 1.42, *в* показана пряма n , проекції якої співпадають з проекціями прямої $l-2$, , що належить площині. Значить, пряма належить площині ($l_2 2_2 \equiv n_2, l_1 2_1 \equiv n_1$).

Визначення точки перетину прямої з площиною — *перша основна позиційна задача* курсу інженерної графіки. До неї можна звести більшість позиційних задач.

Метричні характеристики поєднання — пряма і площина — торкаються визначення відстані між прямою і паралельною їй площиною, а також кута між прямою і площиною, якщо пряма і площина не паралельні. Відстань від прямої до паралельної їй площини проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо площина вертикальна, і на фронтальній, якщо вона фронтально-проектуюча.. На рис. 1.43 показана відстань між вертикальною площиною Θ і прямою m .

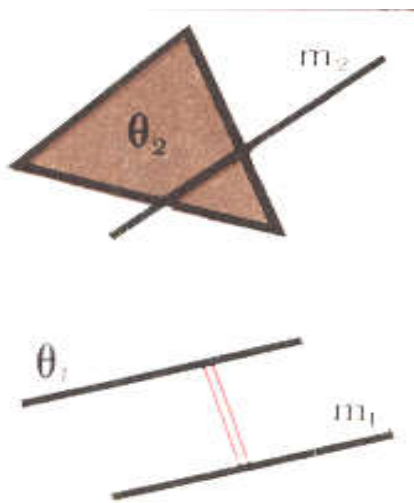


Рис. 1.43

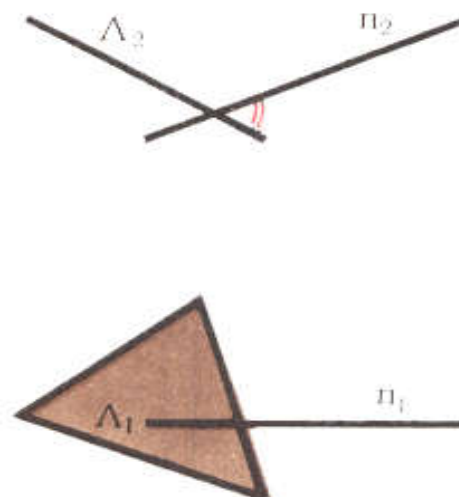


Рис. 1.44

Кут між прямою і площиною визначається такою властивістю: *кут між прямою і площиною проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо площина вертикальна, а пряма горизонтальна, і на*

фронтальній проекції, якщо площина фронтально-проектуюча, а пряма фронтальна.

На рис. 1.44 показаний кут між фронтально-проектуючою площиною Λ і фронтальною прямою n .

Як відомо, пряма перпендикулярна площині, якщо вона перпендикулярна до двох прямих, що належать площині. Беручи до уваги властивості проєкцій прямого кута, зі всієї безлічі прямих площини доцільно в якості цих ліній вибрати лінії рівня, тобто горизонталь і фронталь.

На рис. 1.45 показаний трикутний відсік, сторона якого AC є горизонталлю, а AB — фронталлю. Щоб з точки D опустити перпендикуляр на площину цього відсіку, достатньо провести фронтальну проєкцію його перпендикулярно до фронтальної проєкції фронталі A_2B_2 , а горизонтальну — перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі A_1C_1 .

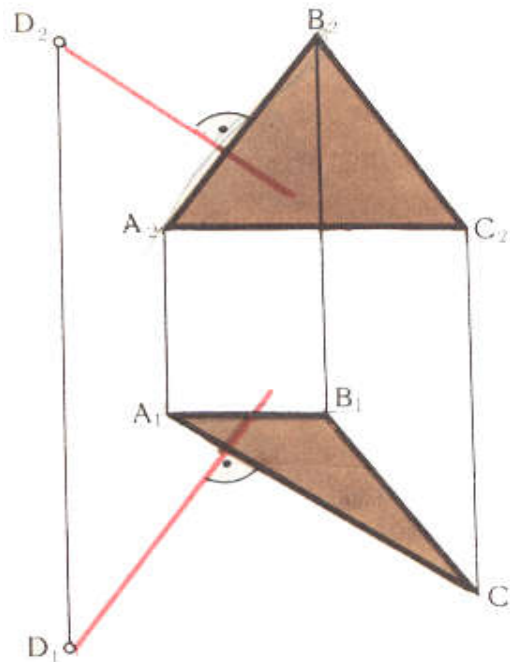


Рис. 1.45

Сформулюємо властивість: *проєкція прямої, що перпендикулярна до площини, на горизонтальній проєкції площини перпендикулярна до проєкції горизонталі, на фронтальній — перпендикулярна до проєкції фронталі площини.*

На рис. 1.45 точка перетину перпендикуляра з площиною, тобто його основа, відсутня. Щоб її знайти, достатньо вирішити першу основну позиційну задачу, тобто визначити точку перетину прямої з площиною.

Якщо на кресленні площини горизонталь і фронталь не показані, для проведення перпендикуляра до площини їх необхідно провести.

1.3.4. Точка і площина.

Точка може належати площині або не належати їй. Це визначається за допомогою прямої, що належить площини.

На рис. 1.46 показаний трикутний відсік ABC і задані точки 1 і 2 . Точка 1 належить площині, оскільки вона належить прямій BD , яка являється підмножиною площини, точка 2 не належить площині, оскільки тільки фронтальна проекція її належить фронтальній проекції прямої D_2B_2 , а горизонтальна проекція не належить D_1B_1 .

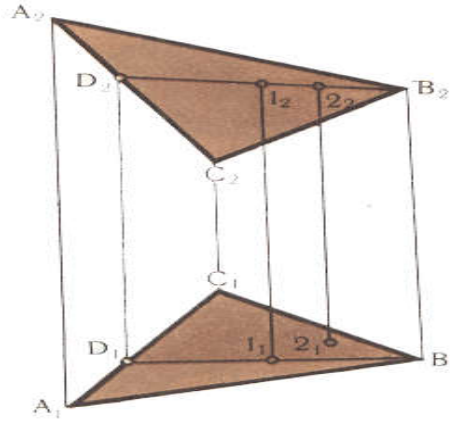


Рис. 1.46

Можна сформулювати наступну властивість: *точка належить площині, якщо обидві її проекції співпадають з тими ж проекціями прямої, що належить площині.*

Метрична характеристика визначається такою властивістю: *відстань від точки до площини проектується у натуральну величину на горизонтальній проекції, якщо площина вертикальна, і на фронтальній, якщо площина фронтально-проектуюча.* На рис. 1.47 показані точка A і вертикальна площина Φ , відстань між ними проектується без спотворення на горизонтальній площині проекцій.

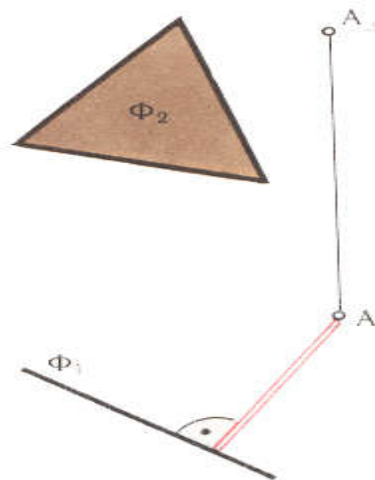


Рис. 1.47

1.3.5. Дві площини.

Дві площини завжди між собою перетинаються. Якщо лінія їх перетину — невласна пряма, площини паралельні. Тому щоб з'ясувати взаємне положення двох площин, знаходять лінію їх перетину — **друга основна позиційна задача**. Для цього достатньо визначити дві точки, що належить цій лінії. Рішення такої задачі можна звести до попередньої, тобто до перетину прямої з площиною, повторивши його двічі. На рис. 1.48 показано дві площини: одна задана трикутним відсіком, а інша — двома паралельними прямими. Знаходимо точку перетину кожній з паралельних прямих з трикутним відсіком. Для цього скористаємося фронтально-проектуючими допоміжними площинами Σ і Ω , які перетнуть трикутний відсік по прямим 1—2 і 3—4. Точки D і E визначають лінію перетину двох площин:

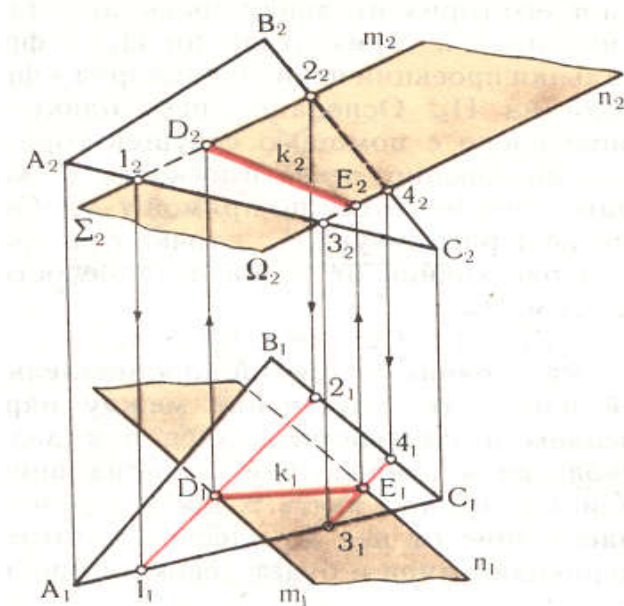


Рис. 1.48

$$\Sigma_2 \supset m_2; \Omega_2 \supset n_2; 1_2 2_2 \equiv m_2; 3_2 4_2 \equiv n_2;$$

$$1_1 2_1 \times m_1 = D_1; 3_1 4_1 \times n_1 = E_1; k \supset DE.$$

Таким чином, для визначення лінії перетину двох площин способом перетинів знаходять дві точки перетину прямих однієї з площин з іншою площиною.

На рис. 1.49 зображено дві площини: одна задана трикутним відсіком, друга — двома паралельними прямими m і n . Ці площини паралельні, оскільки прямі m і n паралельні прямим 1—2 і 3—4, отриманим в результаті перетину відсіку фронтально-проектуючими площинами A і G .

Із елементарної геометрії відомо: якщо дві пересічні прямі однієї з площин відповідно паралельні двом пересічним прямим іншої площини, то площини паралельні:

$$\Lambda_2 \supset m_2; \quad \Gamma_2 \supset n_2; \quad m_2 \equiv l_2 2_2; \quad n_2 \equiv 3_2 4_2; \quad m_1 \parallel n_1 \parallel l_1 2_1.$$

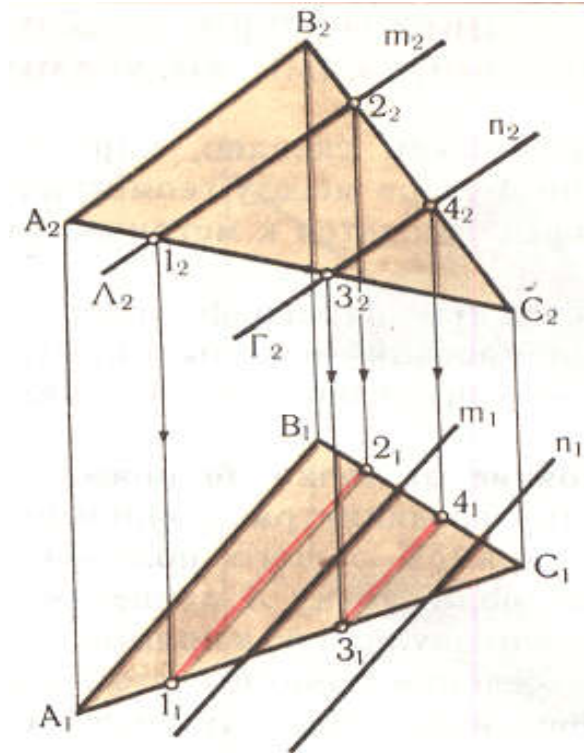


Рис. 1.49

Розглянемо метричні характеристики — відстані і кути між двома площинами.

Відстань між паралельними площинами проектується у натуральну величину на горизонтальну площину проєкцій, якщо площини вертикальні, і на фронтальну, якщо площини фронтально проєктуючі.

На рис. 1.50 показана відстань між двома паралельними вертикальними площинами Θ і Φ , що проектується без спотворення на горизонтальну площину проєкцій.

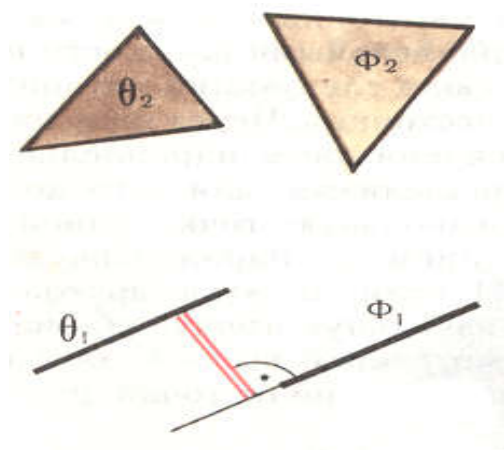


Рис. 1.50

Кут між двома площинами (двогранний кут) проектується в натуральну величину на горизонтальній проєкції, якщо площини вертикальні, і на фронтальній, якщо площини фронтально- проєктуючі.

На рис. 1.51 показано дві фронтально-проектуючі площини, кут між

якими проектується без спотворення на фронтальну проекцію.

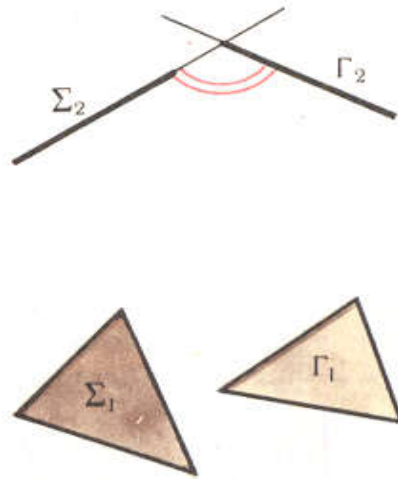


Рис. 1.51

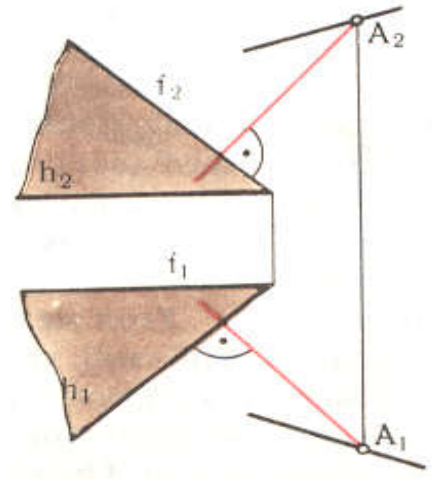


Рис. 1.52

Проведемо площину, перпендикулярну до заданої, використовуючи властивість, розглянуту в п.3 і що стосується проведення перпендикуляра до площини. На рис. 1.52 площину задано горизонталлю h і фронталлю f . Через точку A до цієї площини проведений перпендикуляр. Якщо через точку A провести довільну пряму, то вона разом з перпендикуляром задасть площину, перпендикулярну до заданої. Оскільки пряма проводиться довільно, таких площин — незліченна множина.

Сформулюємо властивість: *площина перпендикулярна до іншої площини, якщо вона містить перпендикуляр до неї*

1.3.6. Побудова проекцій відстаней і кутів між геометричними фігурами.

Як вже було сказано, визначення відстаней і кутів між геометричними фігурами відноситься до метричних задач.

В даному параграфі розглянемо побудову проекцій шуканих відстаней і кутів без визначення їх натуральних величин.

Відстань від точки до прямої. Для визначення проекції відстані від точки A до прямої загального положення m (рис. 1.53) через точку A проведемо площину, перпендикулярну до прямої, знайдемо точку перетину прямої з цією площиною і з'єднаємо знайдену точку з точкою A . Отриманий відрізок шуканий.

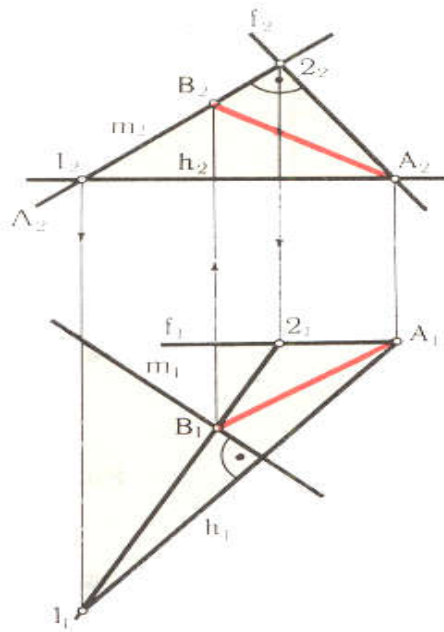


Рис. 1.53

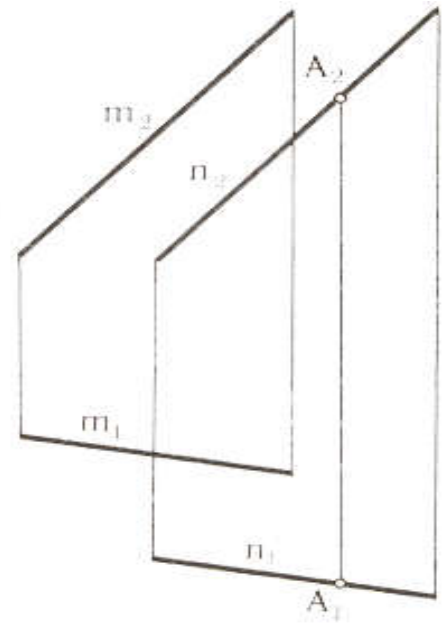


Рис. 1.54

Площину задамо горизонталлю h і фронталлю f , при цьому на полі Π_1 горизонтальна проекція горизонталі перпендикулярна до m_1 , а на Π_2 фронтальна проекція фронталі перпендикулярна до m_2 .

Для знаходження точки перетину прямої m_2 з площиною скористаємося січною фронтально-проектуючою площиною Λ , що проходить через m , яка перетне площину по прямій $l_2 2_2$. Перетином горизонтальної проекції $2_1 l_1$ з m_1 визначають шукану точку B . Відрізок AB є проекцією відстані від точки до прямої:

$$\Lambda_2 \supset m_2; l_2 2_2 \equiv m_2; l_1 2_1 \times m_1 = B_1.$$

Відстань між паралельними прямими. Якщо на одній з прямих узяти довільну точку, наприклад A , то ця задача може бути зведена до попередньої, тобто до визначення відстані від точки до прямої (рис. 23).

Відстань від точки до площини. Для визначення відстані від точки до площини необхідно з точки опустити перпендикуляр на площину і знайти його основу. На рис. 1.55 показаний трикутний відсік, сторона AC якого — горизонталь, а сторона AB — фронталь. З точки D проведені проекції перпендикуляра n , його горизонтальна проекція перпендикулярна до горизонталі на Π_1 , а фронтальна проекція перпендикулярна до фронталі на Π_2 . Основа перпендикуляра визначена за допомогою січної горизонтально-проектуючої площини Γ , яка перетне відсік по прямій $1-2$. Основа перпендикуляра — точка E , а проекції відстані від точки до площини — $D_1 E_1$ і $D_2 E_2$:

$$\Gamma_1 \supset n_1; l_1 2_1 \equiv n_1; l_2 2_2 \times n_2 = E_2.$$

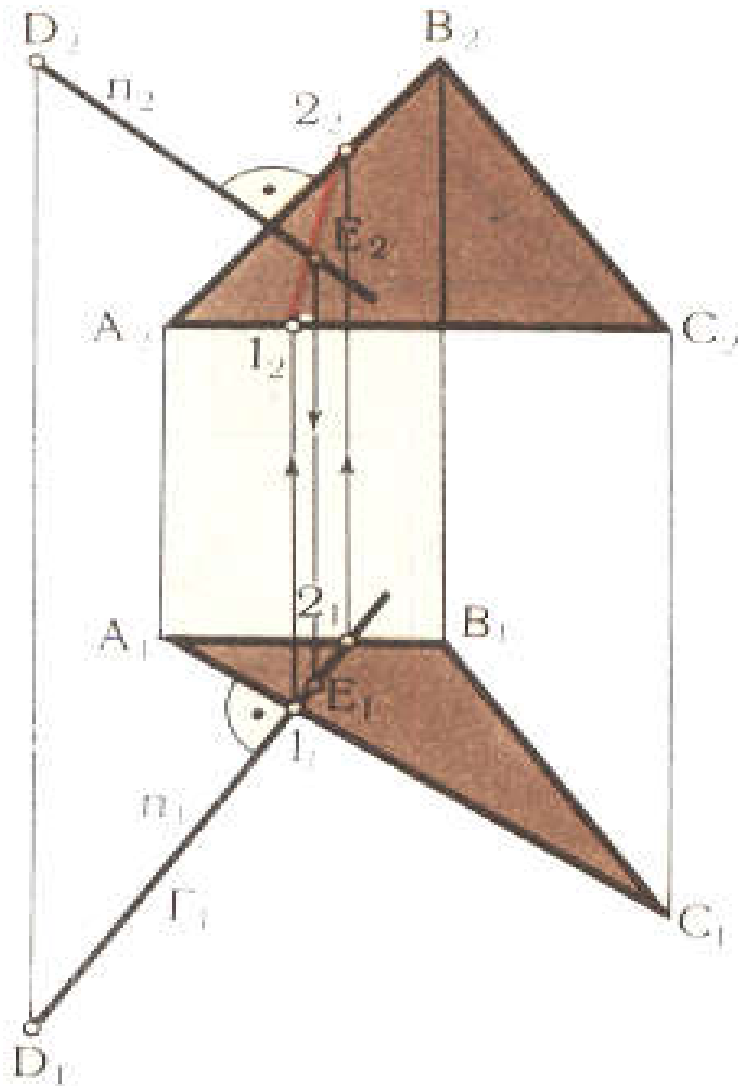


Рис. 1.55

Відстань від прямої до паралельної їй площини, відстань між паралельними площинами. Обидві ці задачі зводяться до попередньої, якщо на прямій або в площині узяти точку і визначити відстань від неї до площини. Відрізок перпендикуляра і буде шуканою відстанню.

Відстань між прямими, що схрещуються. Відомо (див. п.2), що відстань між прямими, що схрещуються, дорівнює відстані між їх площинами, паралельними площині паралелізму.

Звідси наступний алгоритм визначення відстані. Через одну з прямих проводиться площина, паралельна площині паралелізму, для чого достатньо через довільну точку однієї прямої провести пряму, паралельну іншій прямій. І якщо на цій іншій прямій узяти довільну точку, задача зводиться до розглянутої вище задачі по визначенню відстані від точки до площини (рис. 1.56):

$$A \in m; A_1B_1 \parallel n_1; A_2B_2 \parallel n_2.$$

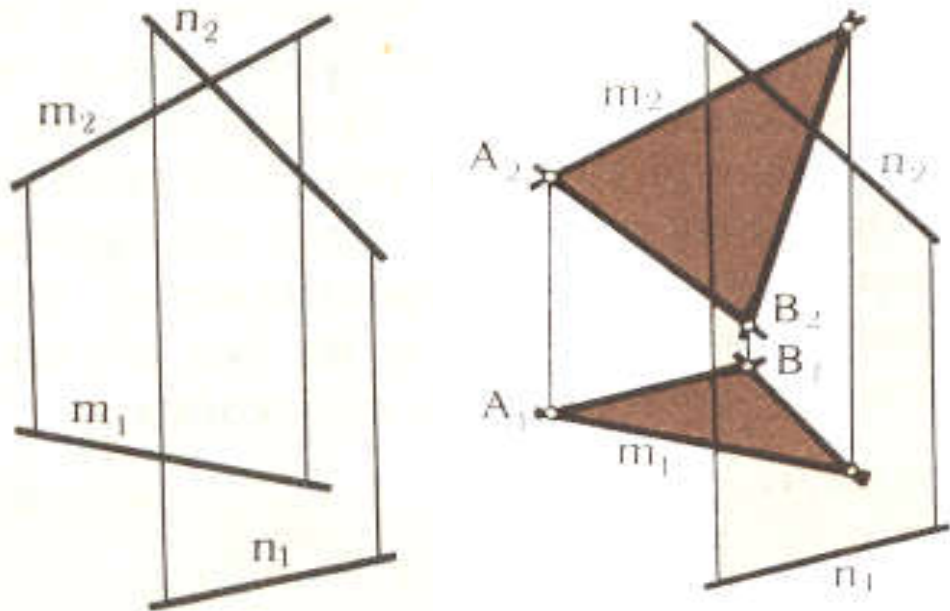


Рис. 1.56

Кут між прямими, що схрещуються, вимірюється кутом перетину, для чого достатньо через довільну точку однієї з прямих, що схрещуються, провести пряму, паралельну другій прямій.

Кут між прямою і площиною. Як відомо, кут між прямою і площиною вимірюється кутом між прямою і її прямокутною проекцією на дану площину. Звідси можливий прямий шлях побудови цього кута, для чого необхідно через пряму провести площину, перпендикулярну до даної площини. Лінія їх перетину і є проекція прямої на цю площину.

Оскільки отриманий при цьому трикутник ABC (рис. 1.57) прямокутний, сума кутів при вершинах A і B завжди рівна 90° .

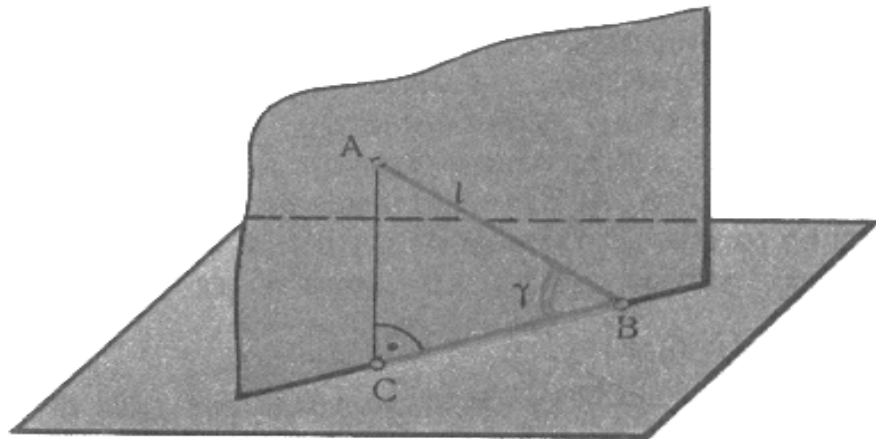


Рис. 1.57

Звідси можливий більш простий спосіб визначення кута між прямою і площиною: достатньо з точки, що належить прямій, опустити перпендикуляр на площину. Отриманий при цьому кут доповнить шуканий до прямого кута (рис. 1.58):

$$A \in l; n \supset A; n_2 \perp f_2; n_1 \perp h_1.$$

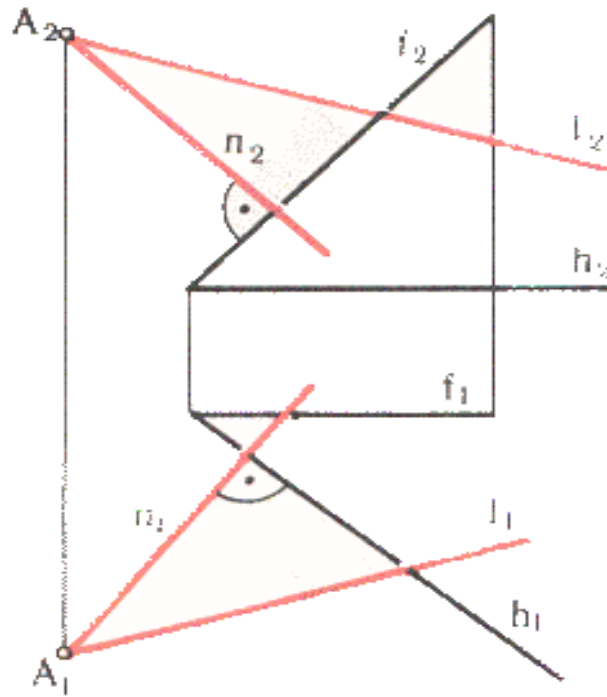


Рис. 1.58

Кут між двома площинами. Для визначення двогранного кута знаходять лінію перетину двох площин (ребро двогранного кута). Перпендикулярно до цього ребра проводять площину, яка перетне двогранний кут по шуканому лінійному куту.

Можливий інший, більш простий шлях: достатньо взяти до уваги, що кут між площинами рівний куту між перпендикулярами до них, проведеними з довільної точки.

На рис. 1.59 показано дві площини Φ і Ω . Для визначення двогранного кута в просторі узята довільна точка A і з неї опущені перпендикуляри на обидві площини:

$$\begin{aligned} n \supset A; n_2 &\perp B_2C_2; n_1 \perp A_1C_1; m \supset A; \\ m_2 &\perp D_2E_2; m_1 \perp D_1F_1. \end{aligned}$$

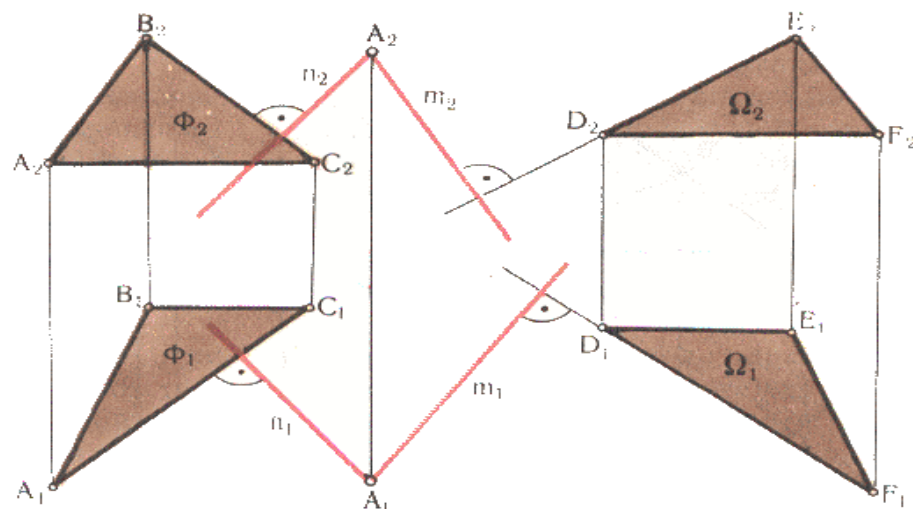


Рис. 1.59

1.4. Способи перетворення проєкцій.

Існують різноманітні способи перетворення. Розглянемо два, які найбільш часто використовуються в практиці:

1. Зміна положення геометричного образу по відношенню до площин проєкцій (обертання навколо проєктуючих прямих і прямих рівня).

2. Зміна положення площин проєкцій по відношенню до геометричного образу (заміна площин проєкцій).

1.4.1. Обертання навколо проєктуючих прямих.

Обертання широко використовується в інженерній практиці при дослідженні траєкторії точок елементів механізмів та машин, які обертаються. Головне в процесі обертання при вивченні його на кресленні – це чітке уявлення траєкторії руху точки в просторі і в проєкціях. Кожному відомо, що траєкторія точки, яка обертається навколо нерухомої осі, є окружність.

І якщо вісь обертання перпендикулярна одній з площин проєкцій, тобто являється проєктуючою прямою, то траєкторія точки, що обертається, буде знаходитися в відповідній площині рівня.

На рис. 41 вісь обертання i являється горизонтально-проєктуючою прямою, а траєкторія-коло p точки U разом з її центром обертання O належить горизонтальній площині рівня Δ . Радіусом обертання точки U являється відрізок OU , тобто $R_v = OU$.

Спроєкуємо ортогонально траєкторію повного оберта точки U на площини проєкцій Π_2 і Π_1 . В результаті на комплексному кресленні (рис. 41, б) фронтальна проєкція траєкторії p представляє собою горизонтальний відрізок прямої p_2 , по довжині рівний діаметру, а горизонтальна проєкція p_1 - коло p в натуральну величину.

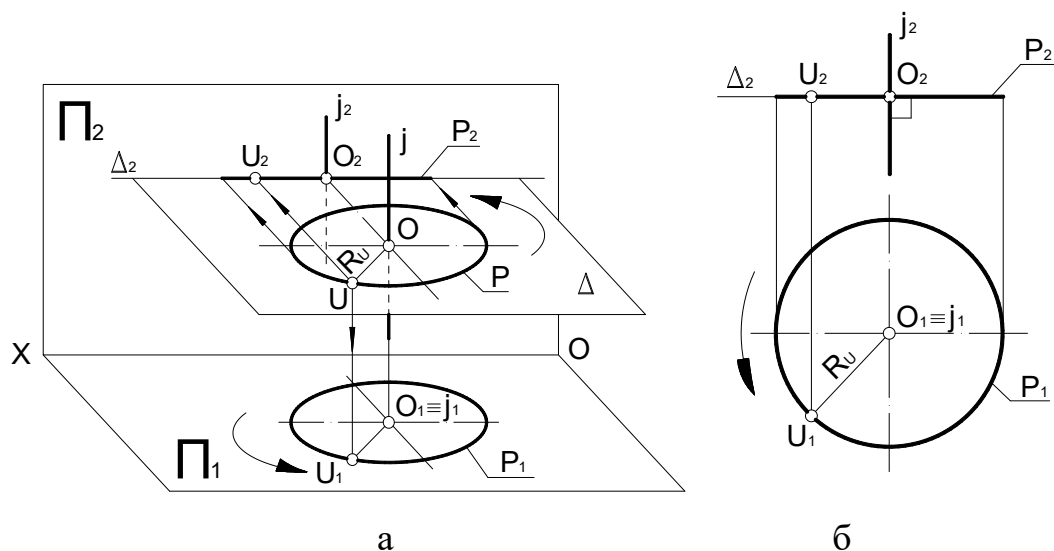


Рис. 1.60

При повороті точки або іншого геометричного образу на потрібний кут необхідно вказувати напрям повороту, інакше задача буде мати два рішення.

Наприклад, на рис. 1.60 задана точка T повернута навколо профільно-проектуючої вісі i на кут 60° по руху часової стрілки (якщо дивитися на площину Π_3 в напрямку вісі i).

Спочатку в усіх трьох проекціях намічається траєкторія точки T , яка обертається. Вона знаходиться в профільній площині рівня θ , на горизонтальній і фронтальній проекціях співпадає з вертикальною лінією зв'язку, а на профільній зображається в натуральну величину, тобто дугою окружності радіусом $R_T = i_3 T_3$.

Залишається повернути на потрібний кут в вказаному напрямі радіус R_T і зафіксувати нове положення точки T , яке відмічається однією горизонтальною рисою над літерним позначенням, тобто

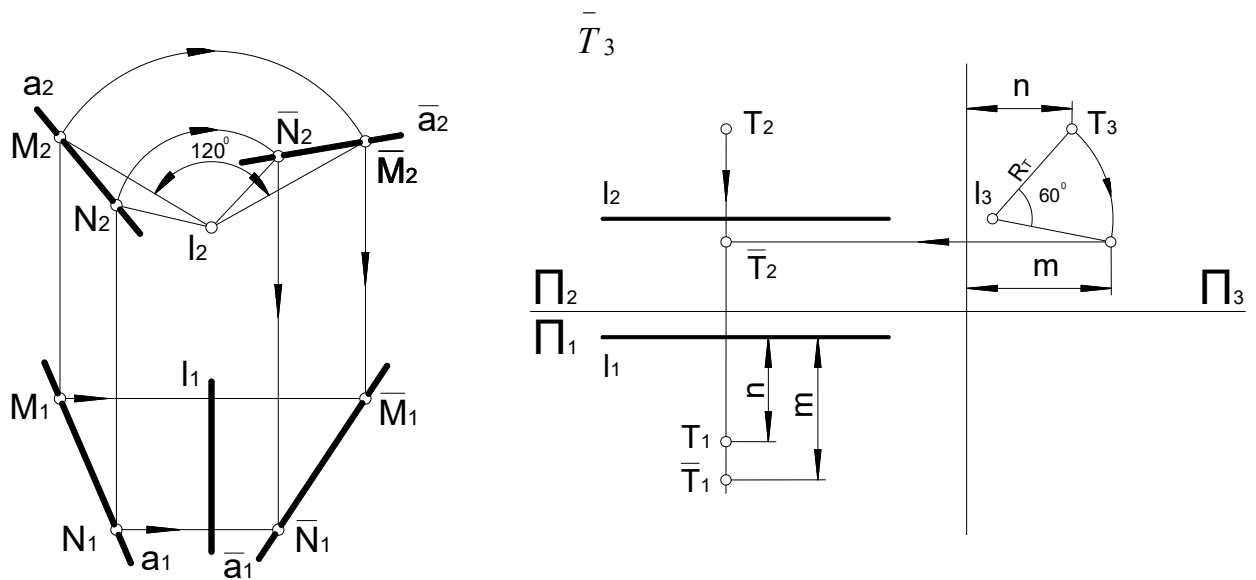


Рис.1.61

Потім по законам побудови профільної проекції визначаємо інші проекції $\bar{T}_2$ і $\bar{T}_1$ нового положення точки T після її повороту на кут 60° .

Для повороту прямої на потрібний кут достатньо повернути на цей кут кожен з її двох точок. На рис. 1.61 пряма a повернута на кут 120° по руху годинникової стрілки навколо фронтально-проектуючої прямої i . Тут також необхідно Рис. 1.61 починати з нанесення в тонких лініях траєкторій обертання точок M і N , які знаходяться в фронтальних площинах рівня Λ і P .

Значить, в горизонтальній проекції це будуть горизонтальні прямі, а в фронтальній – дуги окружності.

Повернувши кожен з радіусів R_M і R_N на кут 120° в заданому напрямі, фіксуємо нові положення $\bar{M}_2$ і $\bar{N}_2$ точок M і N , а потім за допомогою ліній

зв'язку визначаємо проекції $\bar{M}_1$ і $\bar{N}_1$. З'єднавши нові однойменні проекції точок прямими лініями, отримаємо проекції $\bar{a}_2$ і $\bar{a}_1$ нового положення прямої a , повернутої на кут 120° .

Для повороту площини на потрібний кут необхідно повернути на цей кут три її точки, які не лежать на одній прямій.

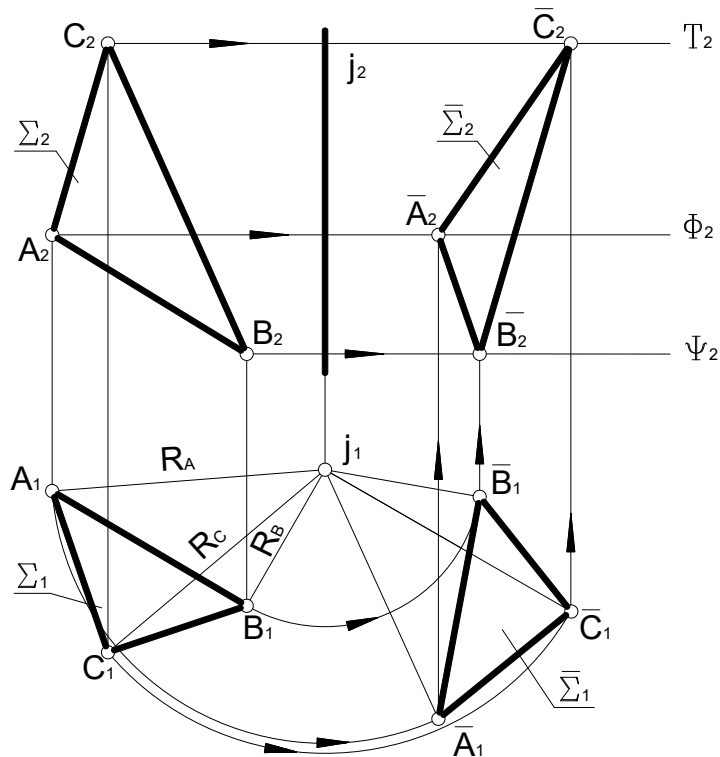


Рис. 1.62

На рис. 1.62 площина Σ , задана трикутним відсіком ABC , повернута на кут 90° проти руху годинникової стрілки навколо горизонтально-проектуючої вісі i . Попередніх прикладів достатньо, щоб зрозуміти хід розв'язання цієї задачі.

Тепер використаємо обертання для визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення. Спочатку звернемося до просторової моделі задачі (рис. 1.63, а).

Щоб відрізок DE зпроектувався в натуральну величину, його необхідно повернути до положення прямої рівня – горизонталі або фронталі. Для зручності розв'язання задачі проведемо вісь обертання через один із кінців відрізка (наприклад, через точку E). Хай віссю обертання буде горизонтально-проектуюча пряма i . Повернувши відрізок DE навколо вісі i до положення фронталі $\bar{D}\bar{E}$ і спроектувавши його ортогонально на площину Π_2 , отримаємо натуральну величину відрізка DE . І так як під час руху відрізка DE навколо вісі i кут α нахилу до площини Π_1 не мінявся, то одночасно отримуємо його натуральну величину.

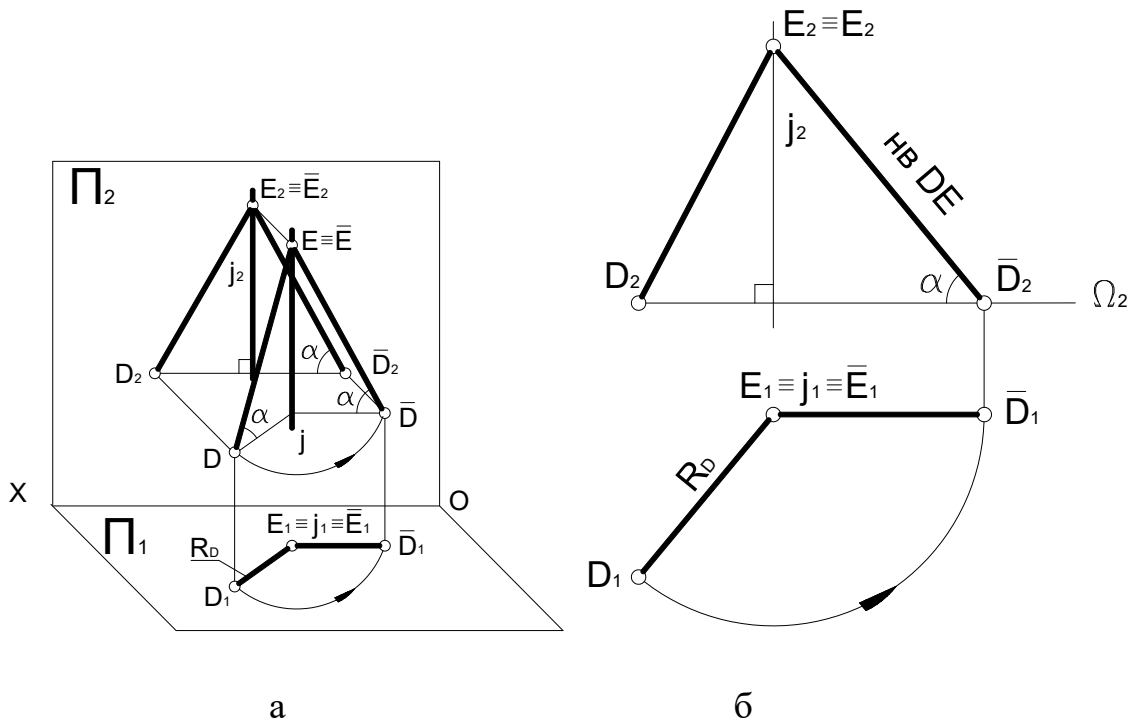


Рис. 1.63

На комплексному кресленні (рис. 1.63, б) спочатку намічаємо траєкторію обертання точки D . Радіусом обертання точки D є сама горизонтальна проекція D_1E_1 відрізка.

Щоб відрізок зайняв положення фронталі, треба його горизонтальну проекцію повернути до горизонтального положення. Точка D при цьому оберталася в горизонтальній площині рівня Ω . За допомогою ліній зв'язку визначаємо проекцію D_2 нового положення точки D . Точка E не змінила свого положення, так як вона знаходиться на вісі обертання i . З'єднуємо її прямою лінією з новим положенням точки D .

Таким чином, ми перетворили креслення, тобто отримали нові, додаткові до основних проекції $\bar{D}_1\bar{E}_1$ і $\bar{D}_2\bar{E}_2$ відрізка, які утворюють нове комплексне креслення. На цьому кресленні пряма DE загального положення стала прямою рівня. Значить, нова проекція $\bar{D}_2\bar{E}_2$ визначає натуральну величину відрізка DE , а кут α - натуральну величину кута нахилу відрізка DE до горизонтальної площини проекцій Π_1 . Раніше ці параметри прямої загального положення ми визначали способом прямокутного трикутника.

1.4.2. Плоско паралельне переміщення.

Перетворення креслення обертанням геометричних об'єктів з вказівкою проєктуючих осей має суттєву незручність, яка заключається в тому, що нові, додаткові проекції або примикають до основних, або налягають на них. Це затрудняє як сам процес розв'язання задачі, так і читання вже розв'язаних задач. Цю незручність усуває так назване плоско

паралельне переміщення. Сама назва цього способу перетворення поясняє, що переміщення елементів геометричних образів проходить в паралельних площинах.

Повернемося до рис. 1.63, б і звернемо увагу на наступне. Горизонтальна проекція $\bar{D}_1 \bar{E}_1$ відрізка DE при його обертанні навколо вертикальної вісі не змінюється по довжині, так як не змінюється кут α нахилу відрізка до площини проєкцій Π_1 (рис. 1.63, а).

Використовуючи цю особливість, спробуємо друге положення горизонтальної проєкції відрізка (після його повороту) зразу помістити в будь-якому вільному полі креслення, не міняючи довжини проєкції, тобто $\bar{D}_1 \bar{E}_1 = D_1 E_1$ (рис. 1.64, а).

Це значить, що відбулося таке переміщення відрізка DE в його нове положення $\bar{D}\bar{E}$, при якому кут α його нахилу до площини Π_1 не мінявся, а точки D і E переміщувались відповідно в паралельних площинах рівня Ξ і Γ (горизонтальних). За допомогою ліній зв'язку будуюмо фронтальну проєкцію $\bar{D}_2 \bar{E}_2$ нового положення відрізка DE .

Таким чином, перетворення креслення здійснено способом плоско паралельного переміщення. Тут відбулося обертання відрізка навколо відсутньої на кресленні вертикальної вісі ("неявної" вісі).

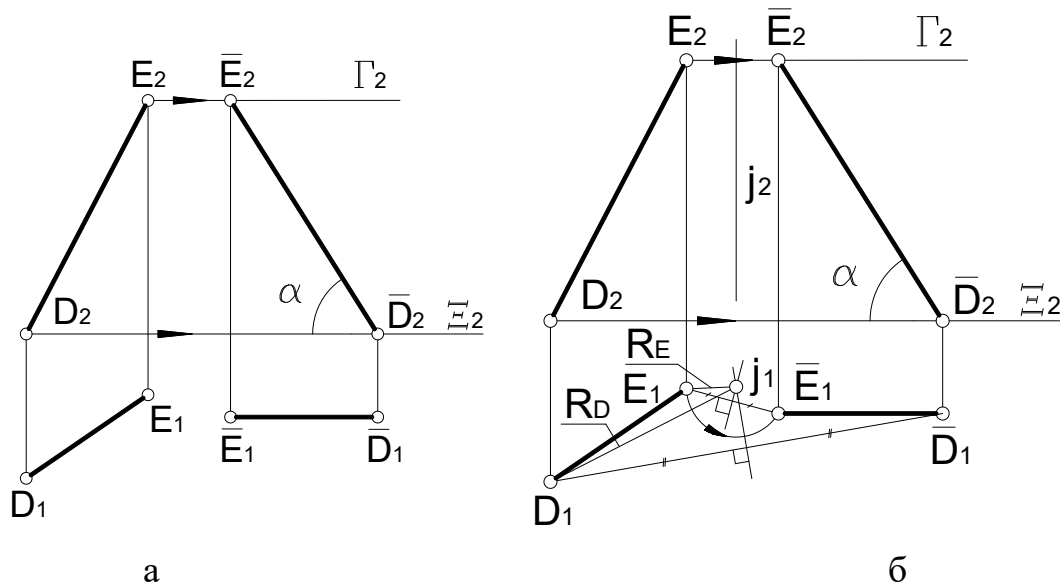


Рис. 1.64

При бажанні можна визначити положення цієї "неявної" вісі обертання, а також вказати горизонтальну проєкцію дуг кіл, по яким переміщалися точки D і E (рис. 1.64, б). З'єднавши однойменні горизонтальні проєкції точок прямими і побудувавши до середини відрізків $D_1 \bar{D}_1$ і $E_1 \bar{E}_1$

перпендикуляри, ми знаходимо в точці i_1 їх перетину проєкцію тій самої “неявної” вісі обертання, навколо якої відбулося обертання відрізка DE . Тепер, маючи радіуси обертання R_D і R_E точок D і E , можемо побудувати горизонтальні проєкції траєкторій-дуг точок, які обертаються.

Але необхідності в таких побудовах немає. Треба тільки зрозуміти, що плоско паралельне переміщення є обертання навколо проєктуючої прямої, яка не вказана на кресленні. І головне тут – тільки результат руху, а не сам процес безперервної зміни геометричного образу в просторі.

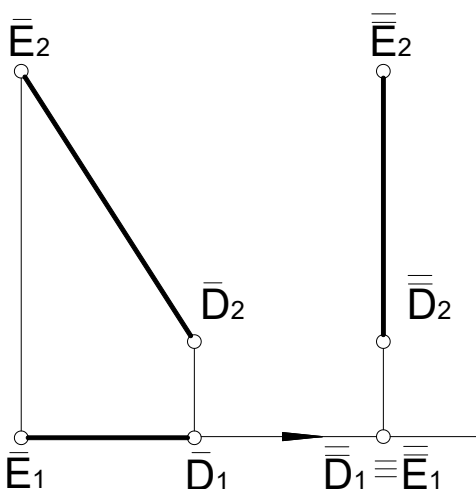
Такий вид обертання цікавить тим, що дає можливість в процесі перетворення відділити нове комплексне креслення від старого, основного. Зменшується також кількість ліній на кресленні (відсутні вісі обертання і проєкції-дуги). Все це робить креслення більш чітким та зрозумілим.

В основі розв’язання багатьох задач нарисної геометрії знаходяться наступні чотири задачі перетворення креслення.

1. Перетворення прямої загального положення в пряму рівня.
2. Перетворення прямої рівня в проєктуючу пряму.
3. Перетворення площини загального положення в проєктуючу площину.
4. Перетворення проєктуючої площини в площину рівня.

Перш у основну задачу перетворення ми вже розв’язали (див. рис. 1.65), тобто способом плоско паралельного переміщення перетворили пряму загального положення в пряму рівня – фронталь.

Переходимо до розв’язання другої основної задачі перетворення прямої рівня в проєктуючу пряму. Розв’яжемо цю задачу як продовження попередньої. В подальшому буде часто виникати необхідність в об’єднанні цих двох задач (при перетворенні прямої загального положення в проєктуючу пряму).



Щоб пряма рівня стала на новому комплексному кресленні проєктуючою прямою, треба її проєкцію – натуральну величину - розташувати вертикально.

На рис. 1.65 маємо фронталь $\bar{D}\bar{E}$ в її початковому положенні. Не змінюючи довжини проєкції $\bar{D}_2\bar{E}_2$, розташовуємо її вертикально в вільному полі креслення. Нове положення відрізка відмічають дві горизонтальні риски над їх літерним

позначенням ($\bar{\bar{D}}_2\bar{\bar{E}}_2$).

Обидва кінця відрізка, тобто точки $\bar{D}$ і $\bar{E}$, переміщувались в одній фронтальній площині рівня Δ , а “неявною” віссю обертання була фронтально-проектуюча пряма. Її місце розташування і фронтальні проекції траєкторій-дуг нас не цікавлять. За допомогою ліній зв’язку визначаємо нову горизонтальну проекцію $\bar{D}_1 \bar{E}_1$ відрізка, яка зображається точкою $\bar{D}_1 \equiv \bar{E}_1$.

Таким чином, в результаті перетворення (плоско паралельного переміщення) ми отримали нове комплексне креслення, на якому пряма рівня стала проектуючою прямою.

Третя основна задача полягає в перетворенні площини загального положення в проектуючу площину.

Перетворюючи пряму рівня деякої площини в проектуючу пряму, ми тим самим перетворюємо в проектуючу і саму площину (рис. 1.66).

Почнемо з горизонталі. На комплексному кресленні (рис.1.67) задана площина загального положення θ своїм трикутним відсіком NPQ . Побудуємо в ній горизонталь h і приведемо горизонтальну проекцію відсіку, не міняючи його форму та розміри, в таке положення, щоб проекція – натуральна величина h його горизонталі стала вертикальною. Тому і почнемо побудову з горизонталі. На вільному полі креслення будуємо нове положення горизонталі – вертикальну пряму $\bar{h}_1$, а потім за допомогою засічок із точок Q і O будуємо вершини N і P відсіку таким чином, щоб нова проекція $\bar{N}_1 \bar{P}_1 \bar{Q}_1$ залишилася рівною проекції $N_1 P_1 Q_1$ початкового положення відсіку.

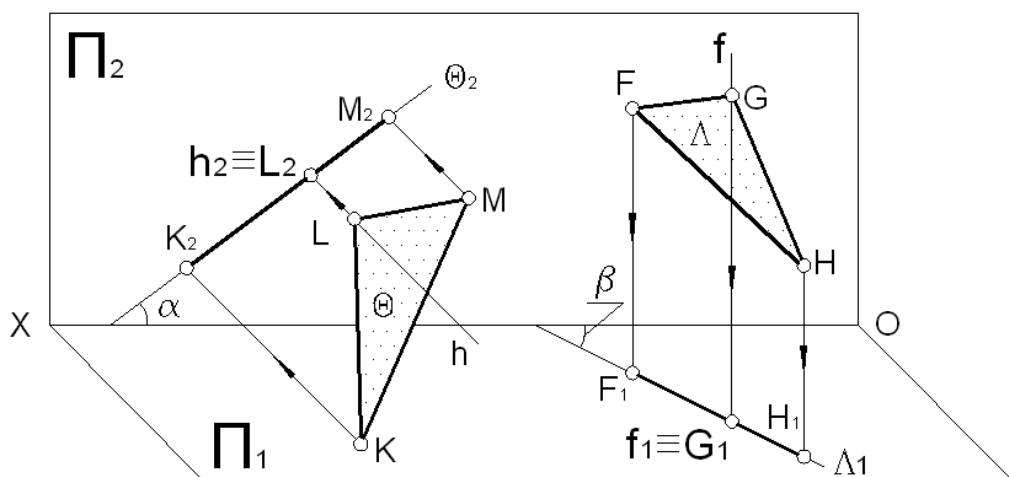
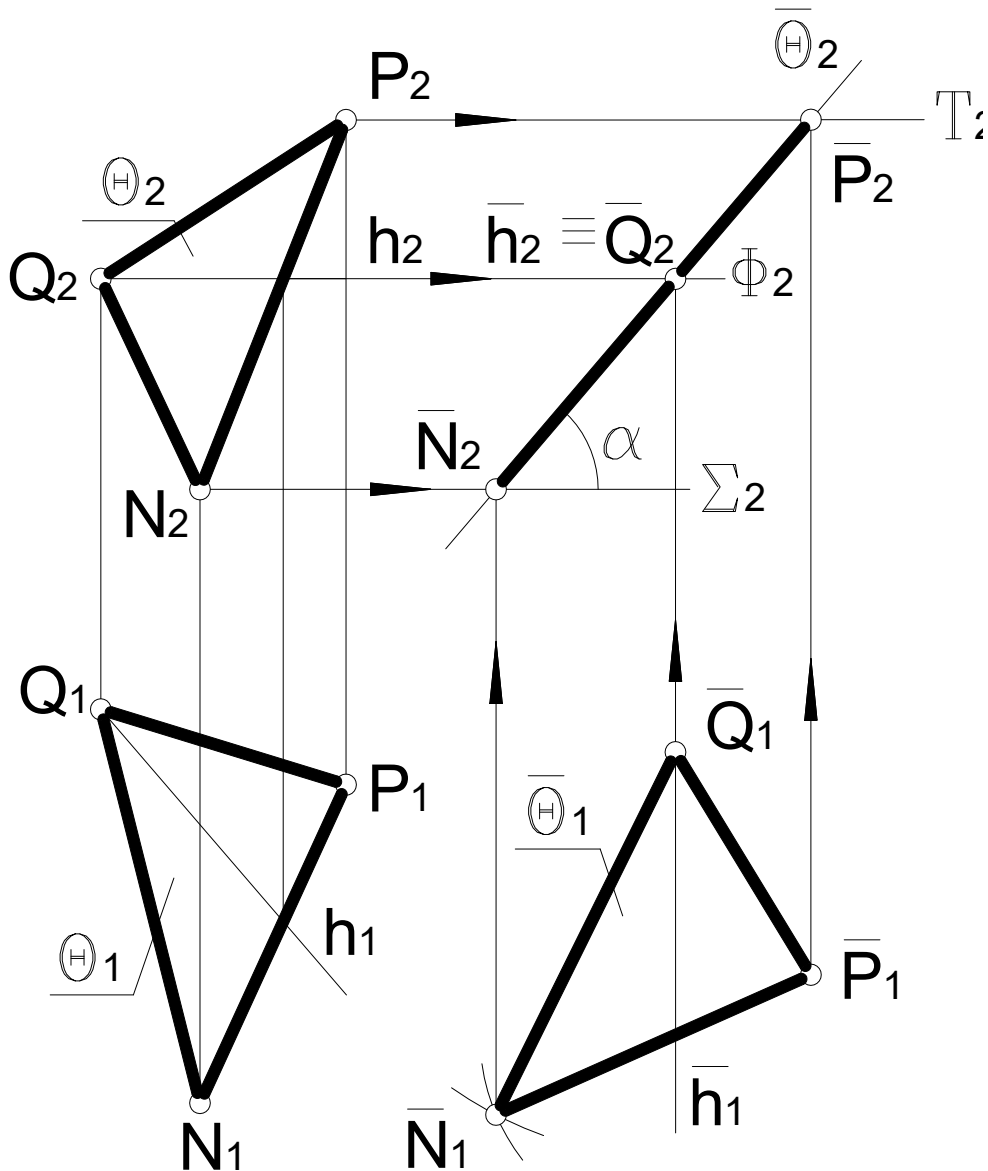


Рис. 1.66

Так як кут α нахилу площини θ до площини проєкцій Π_1 (див. рис. 1.67) при переміщенні, тобто обертанні навколо “неявної” горизонтально-проектуючої вісі, залишався незмінним, можна стверджувати, що даним перетворенням ми визначили натуральну величину цього кута.



46

2.ТЕХНІЧНЕ КРЕСЛЕННЯ.

2.1. Побудова заданого ухилу та конусності.

Похил. Величина, яка характеризує нахил однієї лінії відносно іншої, називається похилом. Для визначення похилу прямої OB , нахиленої до горизонтальної прямої OA під кутом α (рис. 2.1), на цій прямій виберемо довільну точку B і з неї опустимо перпендикуляр на OA .

Відношення $AB/AO = b/a = S \operatorname{tg} \alpha$ показує похил прямої OB до OA . Для побудови заданого похилу, наприклад 1:3, на горизонтальній прямій відкладемо три однакові відрізки довільної довжини (рис. 2.2). Потім з кінця A горизонтального відрізка встановимо перпендикуляр AB завдовжки в один відрізок. З'єднавши точки O і B , одержимо лінію, побудовану з похилом 1:3.

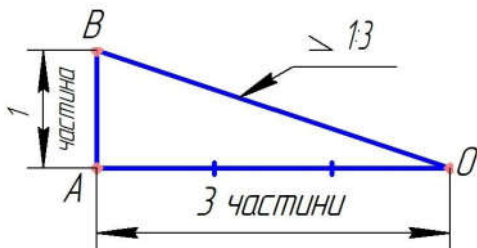


Рис. 2.1

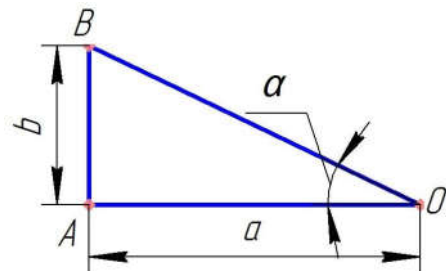


Рис. 2.2.

Значення похилу записують на поличці лінії-виноски, розміщеної паралельно напрямку, за яким визначають похил. Перед розмірним числом, яким позначено похил наносять знак $\searrow$, або $\swarrow$ (гострий кут, спрямований у бік похилу).

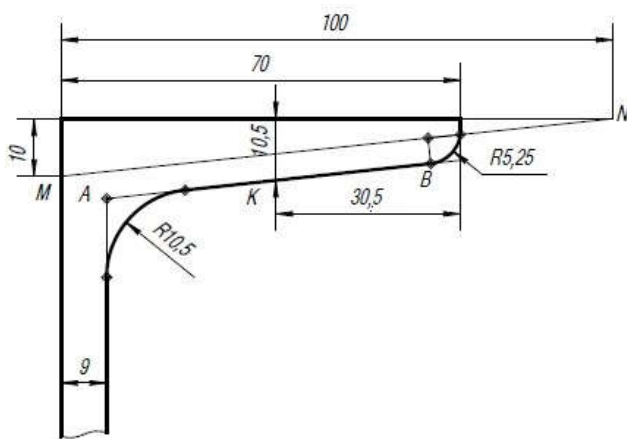


Рис. 2.3.

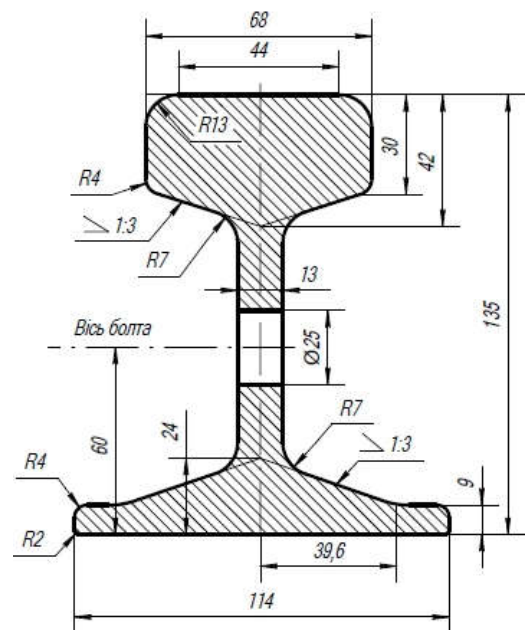


Рис. 2.4.

Побудову похилів застосовують при кресленні багатьох деталей, зокрема, при виконанні креслень профілів сталевих балок. На рис. 2.3 показано

побудову верхньої частини (полички) швелера за заданими розмірами, де ширина полички – 70 мм, її похил – 1:10, товщина стінки швелера – 9 мм.

На рис. 2.4 наведено креслення профілю залізничної рейки, нижня частина контуру рейкової головки та опорна поличка мають похил 1:3.

Конусність. Цей параметр являє собою відношення діаметра кола основи прямого конуса до його висоти (рис. 2.5), тобто $C = D / H$, а для зрізаного конуса – відношення різниці між діаметрами кіл основ до висоти (відстані між центрами цих основ): $C = (D - d) / h$. Конусність, як і похил, виражається простим та десятковим дробом, або в процентах. Числове значення конусності записують на поличці лінії-виноски, розміщеної паралельно осі конуса, або на осі (див. рис. 2.5). Перед розмірним числом ставиться знак конусності ∇ – рівнобедрений трикутник, вершина якого спрямована в бік вершини конуса. На рис. 2.6 показано один з можливих варіантів нанесення розмірів форми та положення зовнішнього конуса деталі.

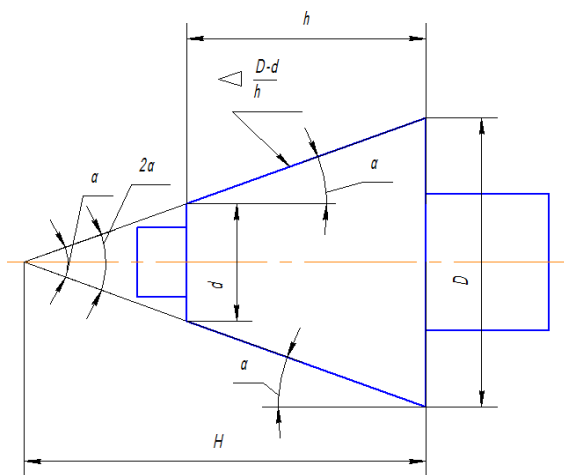


Рис. 2.5.

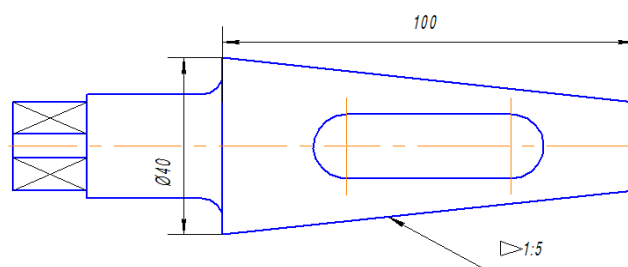


Рис. 2.6.

Побудова похилу. Якщо потрібно через точку А, що належить прямій АВ (рис. 2.7), провести пряму з похилом $i = 1 : n$ відносно АВ, треба відкласти від точки А за напрямком даної прямої n довільних одиниць; в кінці отриманого відрізка АЕ – побудувати перпендикуляр ЕС довжиною в одну одиницю. Гіпотенуза АС побудованого прямокутного трикутника визначає шукану пряму.

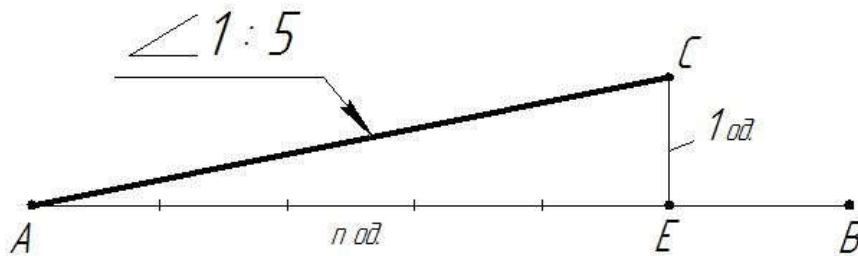


Рис. 2.7. Побудова

2.2. Нанесення розмірів на кресленні.

Розміри наносяться за допомогою розмірних чисел, розмірних і виносних ліній.

Розмірна лінія визначає границі вимірювання. Її проводять паралельно відрізку елемента деталі, розмір якого вимірюється. Розміщується розмірна лінія за межами контуру деталі на відстані 6-10 мм. Розмірні лінії обмежуються стрілками, які упираються у виносні лінії. Величини елементів стрілок розмірних ліній обирають в залежності від товщини лінії видимого контуру і викреслюють їх приблизно однаковими на всьому кресленні. Форма стрілки і приблизне співвідношення її елементів показано на рис. 2.8.

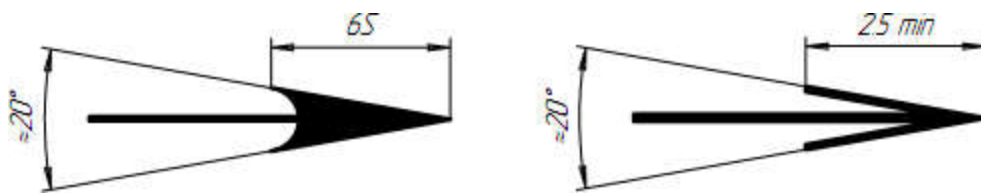


Рис. 2.8

Виносні лінії перпендикулярні до контурної лінії елемента, виходять за межі розмірних на 1-5 мм.

Розмірне число наносять над розмірною лінією і по можливості ближче до середини, між розмірною лінією і розмірним числом повинна бути відстань в 1 мм.

Розмірні числа наносяться креслярським шрифтом 3,5-5 мм та нахилом 75° до розмірної лінії.

2.2.1. Основні вимоги нанесення розмірів.

1. Основою для визначення величини зображеного виробу та його елементів слугують розмірні числа, нанесені на креслення.
2. Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу.

3. Розміри, які не підлягають виконанню по даному креслені і вказуються для зручності користування кресленням, називаються **довідковими**.

4. Довідкові розміри на креслені позначаються знаком «*», а в технічних вимогах записують: «* розміри для довідок». Якщо всі розміри на креслені довідкові, то їх знаком «*» не позначають, а в технічних вимогах записують: «розміри для довідок».

5. До довідкових відносяться наступні розміри:

а). один із розмірів замкненого розмірного ланцюга (рис. 2.9);

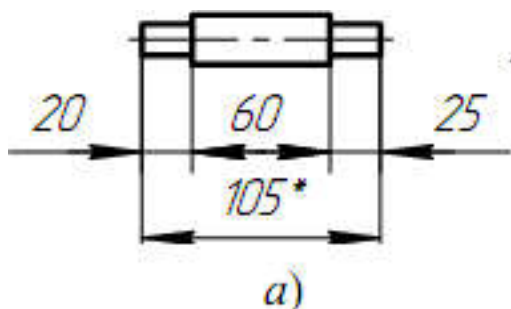


Рис. 2.9

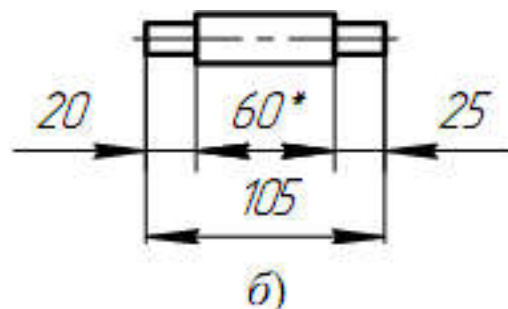


Рис. 2.10

б). розміри на складальному креслені, по яких визначають граничні положення окремих елементів конструкцій, наприклад хід поршня, хід клапана двигуна внутрішнього згорання і т.п.;

в). розміри на складальному креслені, які перенесені з креслень деталей і використовуються в якості встановлюючих та з'єднальних;

г). габаритні розміри на складальному креслені, які перенесені з креслень деталей або являються сумою розмірів декількох деталей;

6. Не допускається повторювати як виконавчі розміри одного і того ж елемента на різних зображеннях, в технічних вимогах і в специфікації (рис. 2.11).

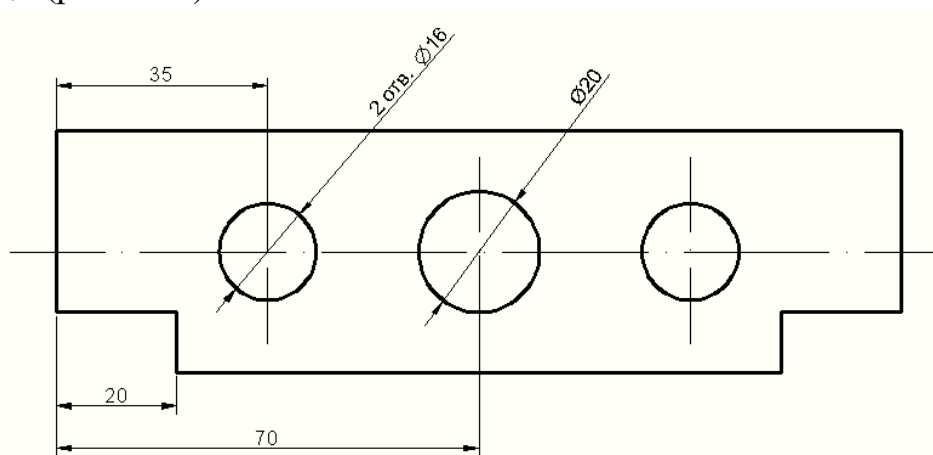


Рис. 2.11

7. Лінійні розміри на кресленнях і в специфікаціях вказують в міліметрах, без зазначення одиниці вимірювання.

Для розмірів, які вказуються в технічних вимогах і пояснювальних написах на полі креслення, обов'язково вказують одиниці вимірювання.

8. Кутові розміри вказують в градусах, хвилинах та секундах з позначенням одиниці вимірювання, наприклад: 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 45' 30''$; $0^\circ 30' 40''$; $0^\circ 18'$; $0^\circ 5' 25''$; $30^\circ \pm 1^\circ$; $30^\circ \pm 10'$.

9. Для розмірних чисел застосовувати звичайні дробы не допускається, за виключенням розмірів в дюймах.

10. Розміри, які визначають розміщення поверхонь спряження, проставляють, як правило, від конструктивних баз з врахуванням можливостей виконання і контролю цих розмірів.

11. При розміщенні елементів предмету (отворів, пазів, зубів і т.п.) на одній осі або на одній окружності розміри, які визначають їх взаємне розміщення, наносять наступними способами.

а). від загальної бази (поверхні, осі) (рис. 2.12 а). і б).);

б). заданням розмірів декількох груп елементів від декількох загальних баз (рис. 2.12 в).);

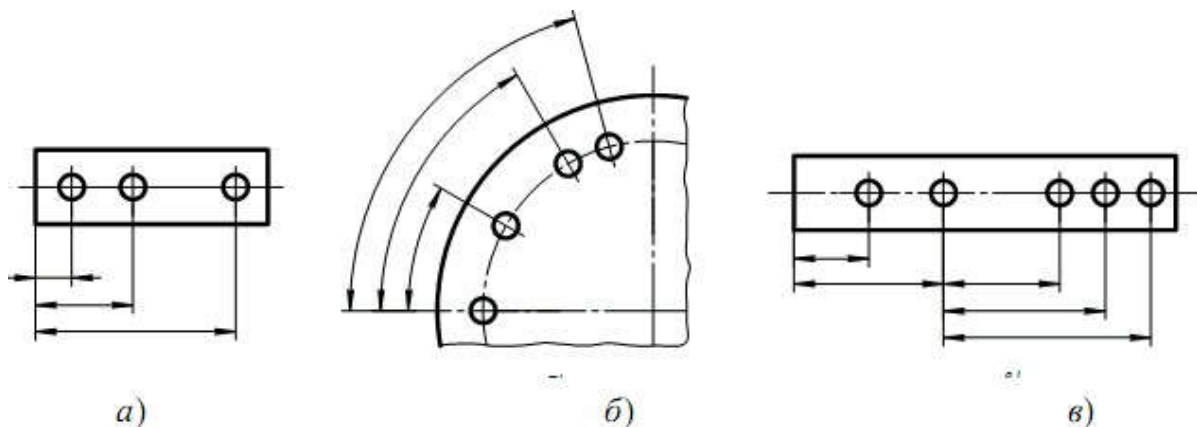


Рис. 2.12

в). заданням розмірів між суміжними елементами (ланцюгом) (рис. 2.13).

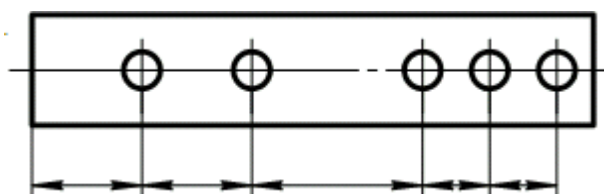


Рис. 2.13

12. Розміри на кресленнях не можна наносити у вигляді замкненого ланцюга, за винятком випадків, коли один з розмірів вказаний як довідковий (рис. 2.13).

Розміри, які визначають положення симетрично розміщених поверхонь симетричних виробів, наносять, як показано на рис. 2.14.

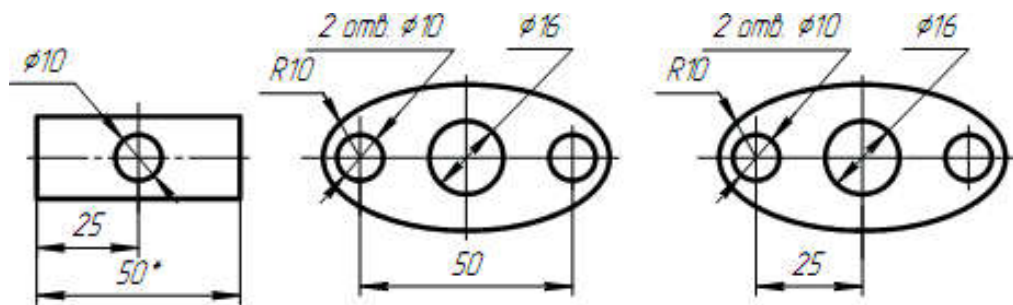


Рис. 2.14

2.2.2. Основні розміри на креслення наносяться.

1. Розміри на кресленнях вказують розмірними числами і розмірними лініями.

2. При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно даному відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно розмірним (рис. 2.15).

3. При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром в його вершині, а виносні лінії – радіально (рис. 2.16).

4. При нанесенні розміру дуги окружності розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута, над розмірним числом наносять знак « $\curvearrowright$ » (рис. 2.17).

5. Розмірну лінію з обох кінців обмежують стрілками, які впираються у відповідні лінії (контурні, виносні, осьові), а при нанесенні розміру радіуса дуги стрілку проставляють з внутрішньої або зовнішньої сторони дуги. (рис. 2.18).

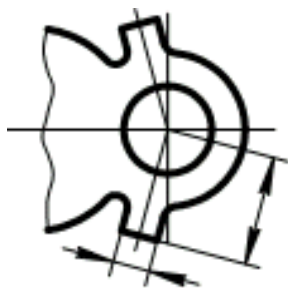


Рис. 2.19



Рис. 2.20

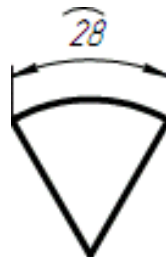


Рис. 2.21

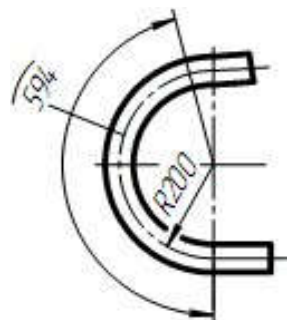


Рис. 2.22

6. У випадках, показаних на рис. 30, розмірну та виносну лінію проводять так, щоб вони разом з відрізком, який вимірюється, утворювали паралелограм.

7. Розмірні лінії зазвичай наносять поза контуром зображення.

8. Виносні лінії повинні виходити за межі кінців стрілок розмірної лінії на 1...5 мм.

9. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями повинна бути 7 мм, а між розмірною і лінією контуру – 10 мм і обрані в залежності від розмірів зображення і насиченості креслення.

10. Не допускається перетин розмірних ліній будь-якими іншими лініями. Виносні лінії можуть перетинатися між собою. (рис. 2.24).

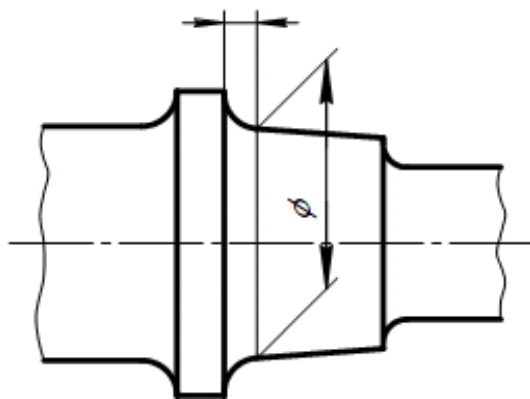


Рис. 2.23

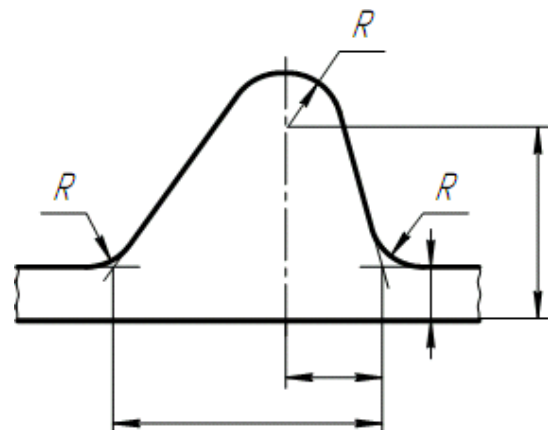


Рис. 2.24

11. Не допускається використання лінії контуру, осьові, центрові і виносні лінії в якості розмірних.

12. Якщо треба показати координати вершини округленого кута або центру дуги округлення, то виносні лінії проводять від точки перетину сторін округленого кута або центра дуги округлення (рис. 2.23 і 2.24).

13. Якщо вид або розріз симетричного предмета або окремих симетрично розміщених елементів зображують тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, які відносяться до цих елементів, проводять з обривом, і обрив розмірної лінії виконують далі від осі або лінії обриву предмета (рис. 2.25).

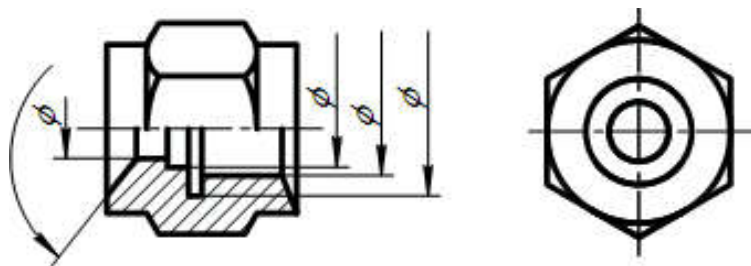


Рис. 2.25

14. Розмірні лінії допускається проводити з обривом в наступних випадках:

а). при зазначенні розміру діаметра окружності незалежно від того, зображена і окружність повністю або частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі від центра окружності (рис. 2.26);

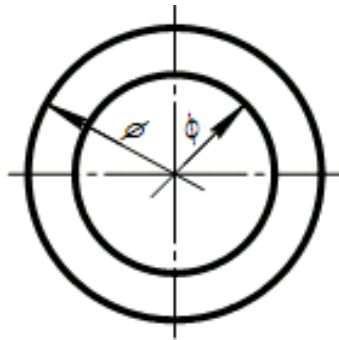


Рис. 2.26

б). при нанесенні розмірів від бази, яка не зображена на даному кресленні (рис. 2.27).

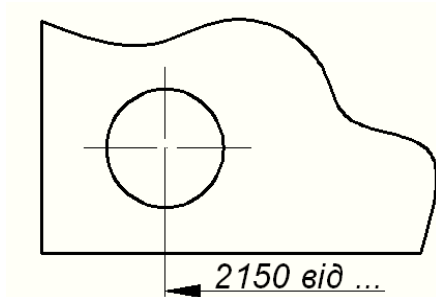


Рис. 2.27

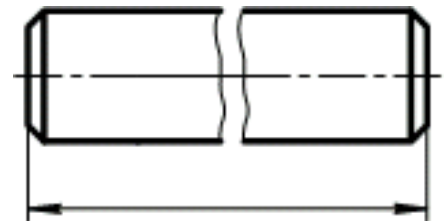


Рис. 2.28

15. При зображенні виробів з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 2.28).

16. Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або відповідно за контурні, осьові, центрові і т.д.) і стрілки виносять, як показано на рис. 2.29

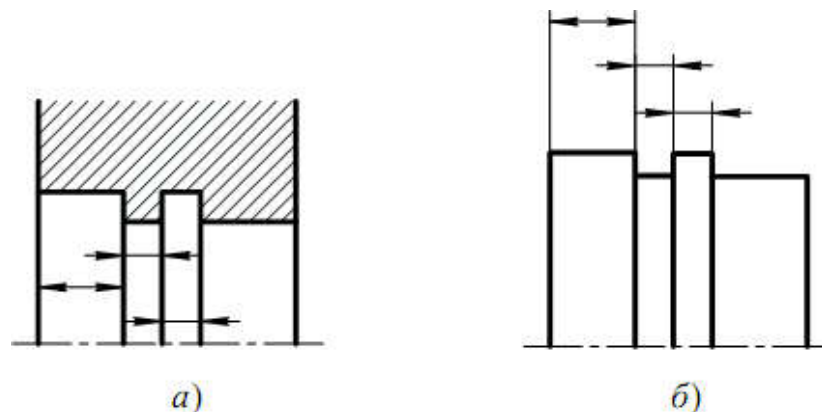


Рис. 2.29

17. При недостатній кількості місця для стрілок на розмірних лініях, розміщених ланцюгом, стрілки допускається замінити засіками, які наносять під кутом 45° до розмірних ліній (рис. 2.30), або чітко нанесеними точками (рис. 2.31).

18. При недостатній кількості місця для стрілки із-за близько розміщеної контурної або виносної лінії останні допускається переривати (рис. 2.32).

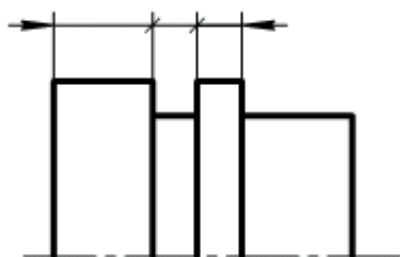


Рис. 2.30

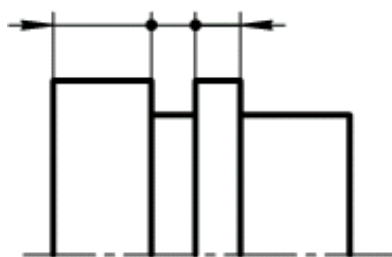


Рис. 2.31

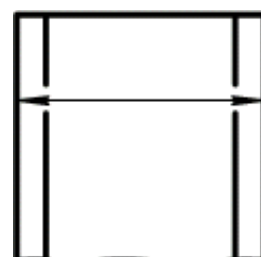


Рис. 2.32

19. Розмірні числа наносять над розмірною лінією по можливості ближче до її середини (рис. 2.33).

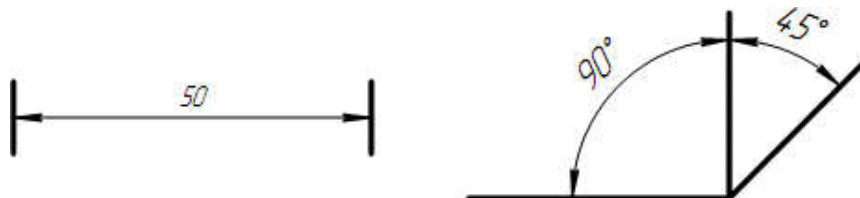


Рис. 2.33

20. При нанесенні розміру діаметра всередині окружності розмірні числа зміщують відносно середини розмірних ліній.

21. При нанесенні декількох паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної розмірні числа над ними рекомендується розміщувати в шаховому порядку (рис. 2.34).

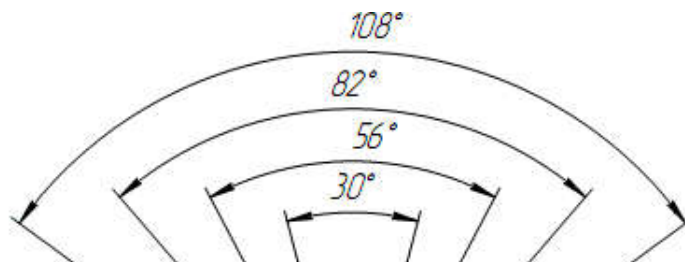
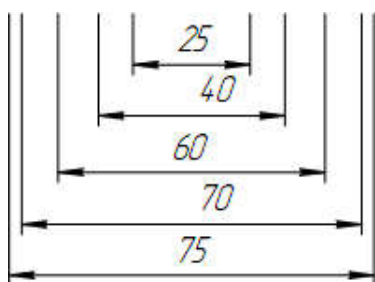


Рис. 2.34

22. Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розміщують як показано на рис. 2.35.

Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять на поличці-виносці (рис. 2.36).

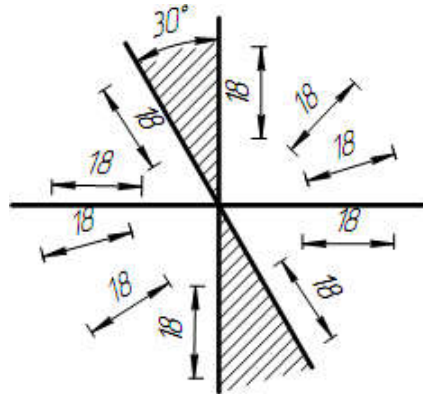


Рис. 2.35

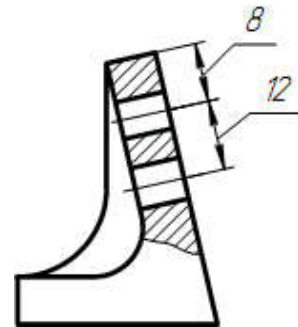


Рис. 2.36

23. Кутові розміри наносять так, як показано на рис. 2.37.

Для кутів малих розмірів при недостатній кількості місця розмірні числа поміщають на поличках-виносках в будь-якій зоні (рис. 2.38).

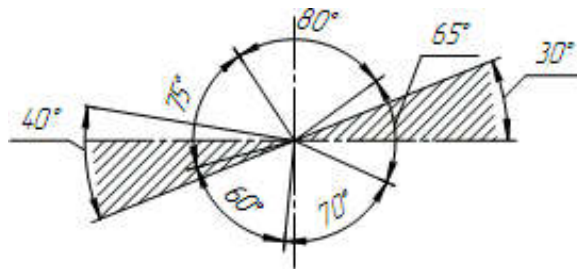


Рис. 2.37

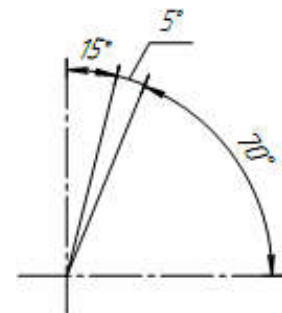


Рис. 2.38

24. Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять як показано на рис. 2.39; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять як показано на рис. 2.40.

Спосіб нанесення розмірного числа при різноманітних положеннях ліній (стрілок) на кресленні визначається найбільшою зручністю читання

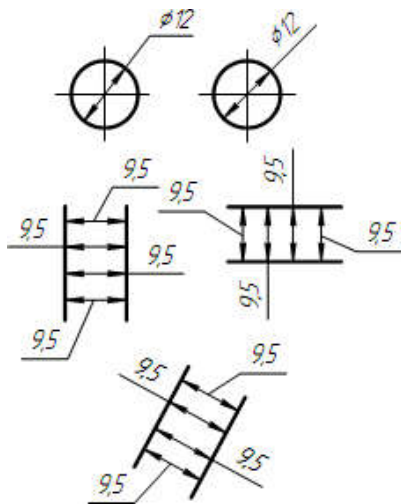


Рис. 2.39

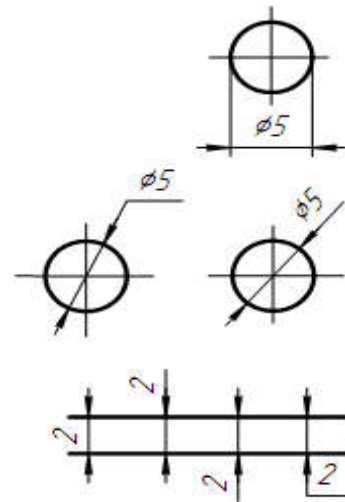


Рис. 2.40

25. Розмірні числа не допускається розділяти або перетинати будь-якими лініями креслення. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа в місцях перетинання розмірних, осьових або центрових ліній. В місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії і лінії штриховки переривають (рис. 2.41 і 2.42).

26. Розміри, які відносяться до одного і того ж конструктивного елементу (пазу, виступу, отвору і т.п.), рекомендується групувати в одному місці, розміщуючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма даного елементу показана найбільш повно (рис. . 2.43).

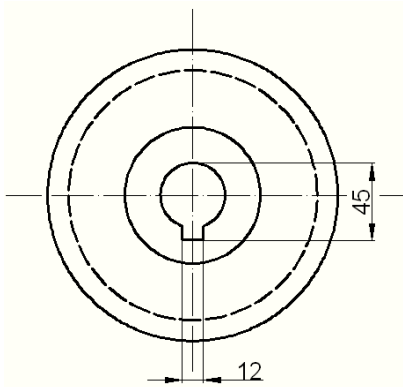


Рис. 2.41

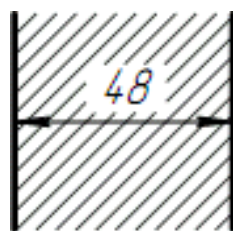


Рис. 2.42

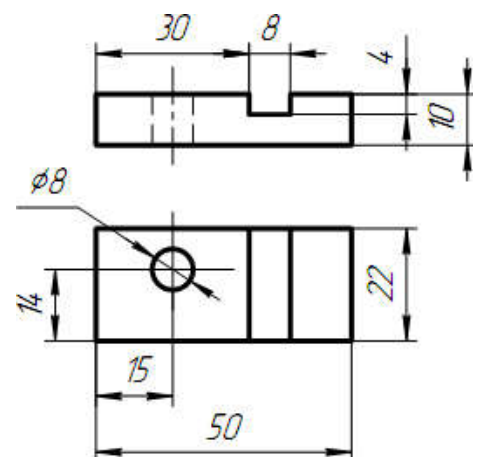


Рис. 2.43

27. При нанесенні розміру радіуса перед розмірним числом розміщують прописну літеру *R*.

28. Якщо при нанесенні розміру радіуса дуги окружності необхідно вказати розмір, який визначає положення її центра, то останній зображують у вигляді перетину центрових або виносних ліній.

При великій величині радіуса центр дозволяється наближувати до дуги, в даному випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом 90° (рис. 2.44).

29. Якщо не потрібно вказувати розміри, які визначають положення центра дуги окружності, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра і зміщувати її відносно центра (рис. 2.45).

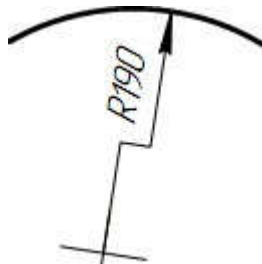


Рис. 2.44



Рис. 2.45

30. При побудові декількох радіусів із одного центра розмірні лінії будь-яких двох радіусів не розміщуються на одній прямій (рис. 2.46).

При співпаданні центрів декількох радіусів її розмірні лінії допускається не доводити до центра, окрім крайніх (рис. 2.47).

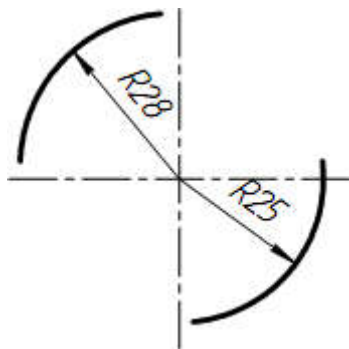


Рис. 2.46

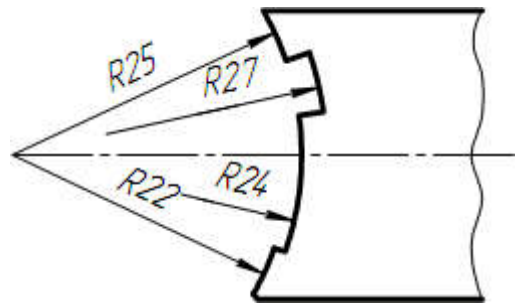


Рис. 2.47

31. Розміри радіусів зовнішніх округлень наносять як показано на рис. 2.48, внутрішніх округлень – на рис. 2.49.

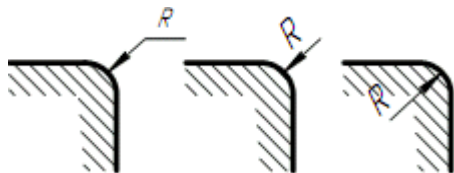


Рис. 2.48

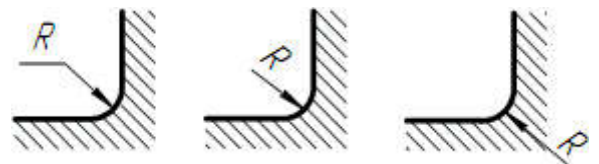


Рис. 49

Розміри однакових радіусів допускається вказувати на спільній поличці, як показано на рис. 2.50.

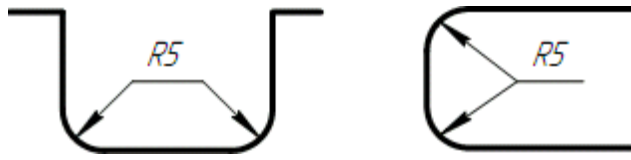


Рис. 2.50

32. При вказуванні розміру діаметра (у всіх випадках) перед розмірним числом наносять знак « $\varnothing$ ».

33. Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також наносять знак « $\varnothing$ » (R) без напису «Сфера». Якщо на кресленні важко відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається наносити слово «Сфера» або знак «O», наприклад:

«Сфера $\varnothing 18$, OR12».

34. Розмір квадрата наносять як показано на рис. 2.51, 2.52 і 2.53.

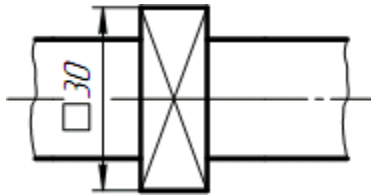


Рис. 2.51

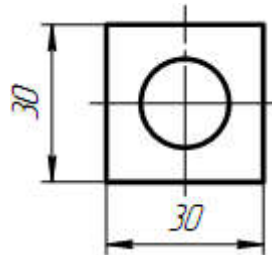


Рис. 2.52

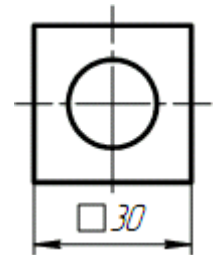


Рис. 2.53

Висота знака $\square$ повинна бути рівна висоті розмірних чисел на кресленні.

35. Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак « ∇ », гострий кут якого повинен бути направлений в сторону вершини конуса (рис. 2.54).

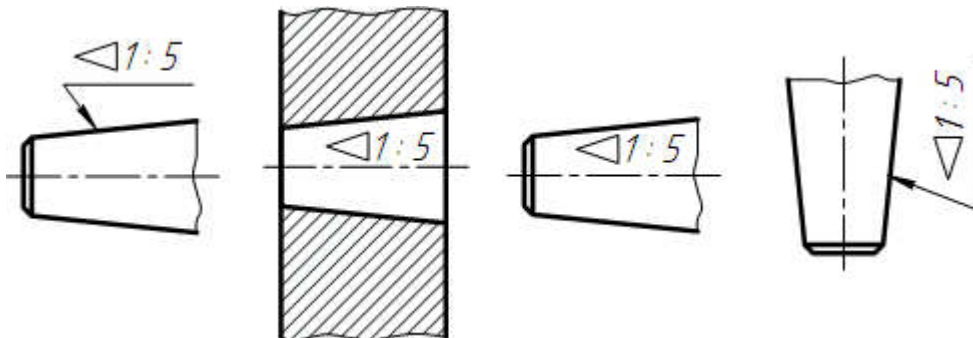


Рис. 2.54

Знак конуса і конусність у вигляді співвідношення слід наносити над осьовою лінією або на поличці-виносці.

36. Кут поверхні слід вказувати безпосередньо біля зображення поверхні нахилу або на поличці-виносці у вигляді співвідношення (рис. 2.55 а), у відсотках (рис. 2.55 б). перед розмірним числом, яке визначає нахил, наносять знак « $\angle$ », гострий кут якого повинен бути направлений в сторону нахилу.

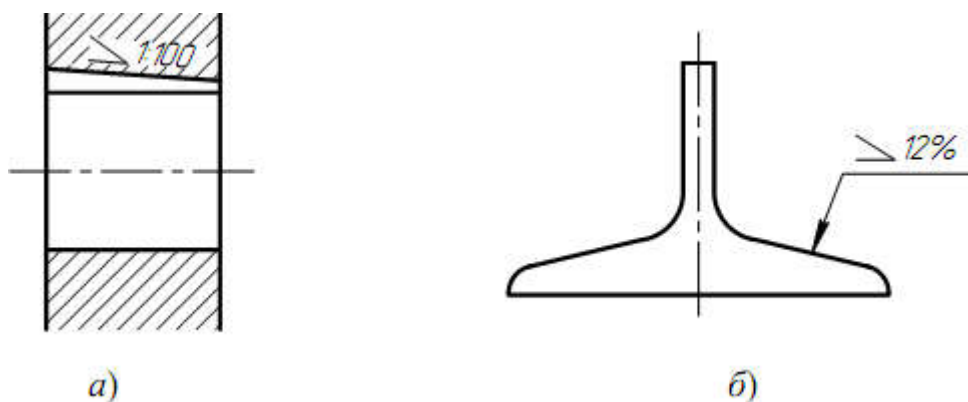


Рис. 2.55

37. Розміри фасок під кутом 45° наносять як показано на рис. 63.

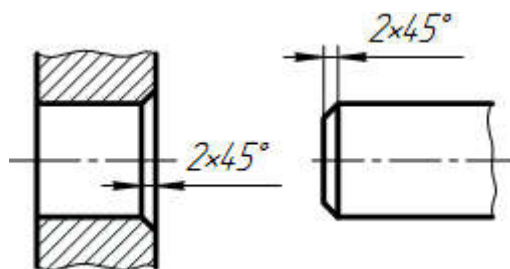


Рис. 2.56

Розміри фасок під іншими кутами вказують керуючись загальними правилами – лінійним та кутовим розмірами (рис. 2.57 а, б) або двома лінійними розмірами (рис. 2.57в).

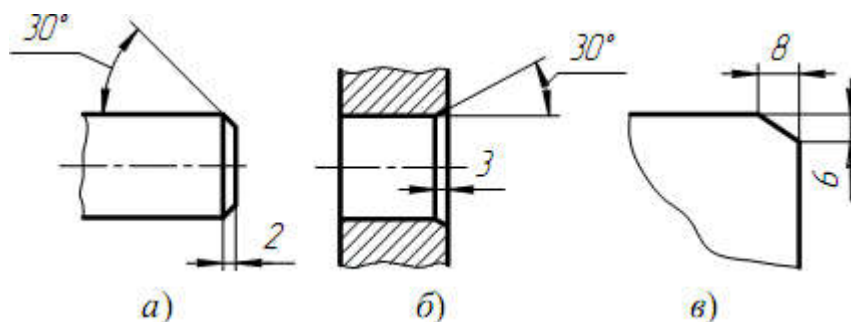


Рис. 2.57

38. Розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз з вказівкою їхньої кількості на поличці лінії-виноски (рис. 2.58а).

Допускається вказувати кількість елементів (рис. 2.58 б).

39. При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розміщених по окружності виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, визначаючих взаємне розміщення елементів, вказують тільки їх кількість (рис. 2.59-2.61).

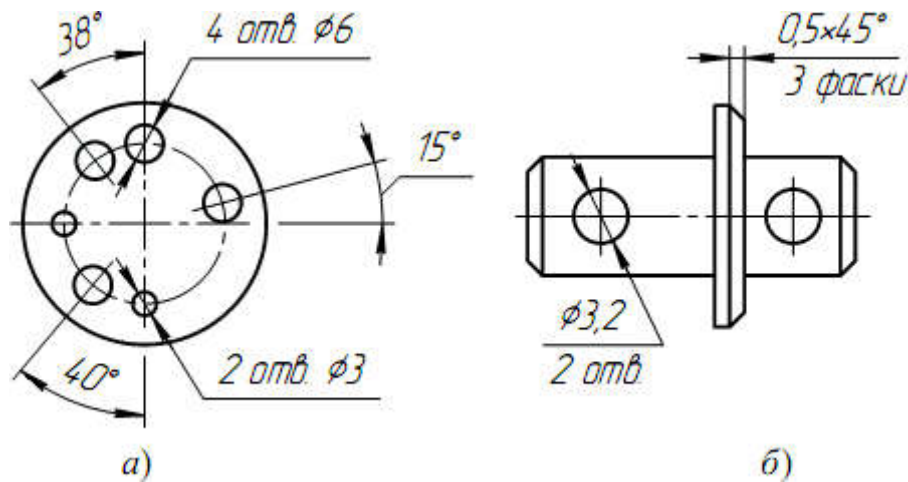


Рис. 2.58

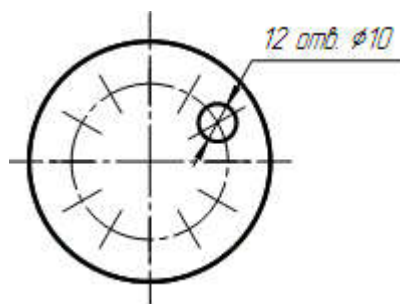


Рис. 2.59

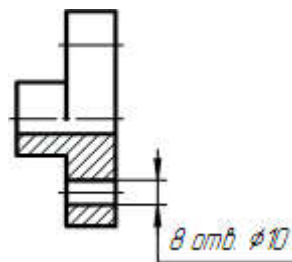


Рис. 2.60

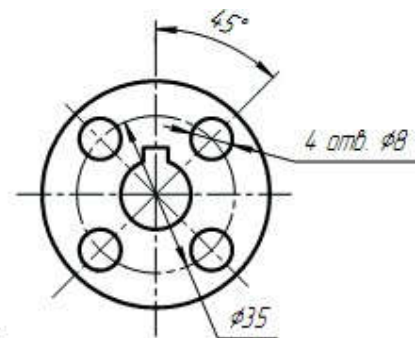


Рис. 2.61

40. Розміри двох симетрично розміщених елементів виробу (окрім отворів) наносять один раз без вказування їх кількості, групуючи, як правило, в одному місці всі розміри (рис. 2.62 і 2.63).

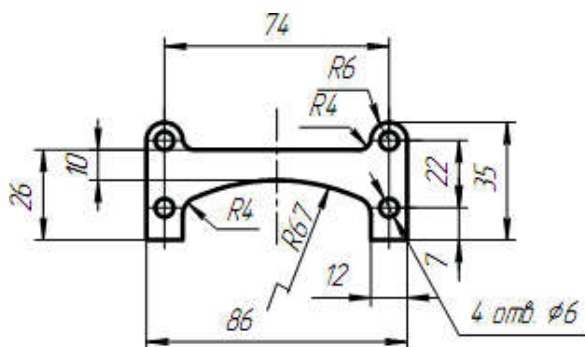


Рис. 2.62

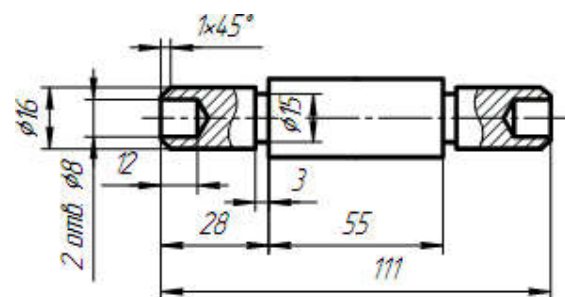


Рис. 2.63

Повністю вказують кількість однакових отворів, а їх розміри – тільки один раз.

41. При нанесенні розмірів, визначаючих відстань між рівномірно розміщеними однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розміри між сусідніми елементами і розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 2.64).

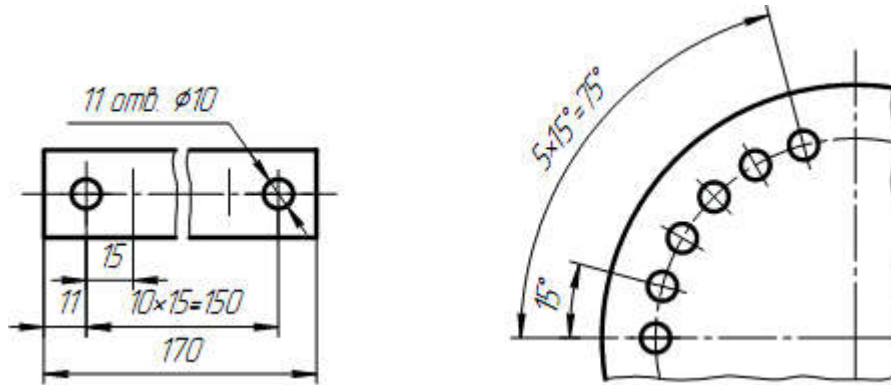


Рис. 2.64

2.3. Спряження та лекальні криві.

2.3.1. Спряження.

В кресленнях технічних форм часто зустрічаються плавні переходи від однієї лінії до іншої. Плавний перехід однієї лінії в іншу, виконаний за допомогою проміжної лінії, називається **спряженням**. Побудова спряження обґрунтована наступними положеннями геометрії:

1. Перехід кола в пряму буде вірним лише тоді, коли задана пряма являється дотичною до кола (рис. 2.65.а). Радіус кола, проведений в точку дотику K перпендикулярний до дотичної прямої.

2. Перехід від одного кола до іншого в точці K тільки тоді буде плавним, коли кола мають в даній точці спільну дотичну (рис. 2.65.б).

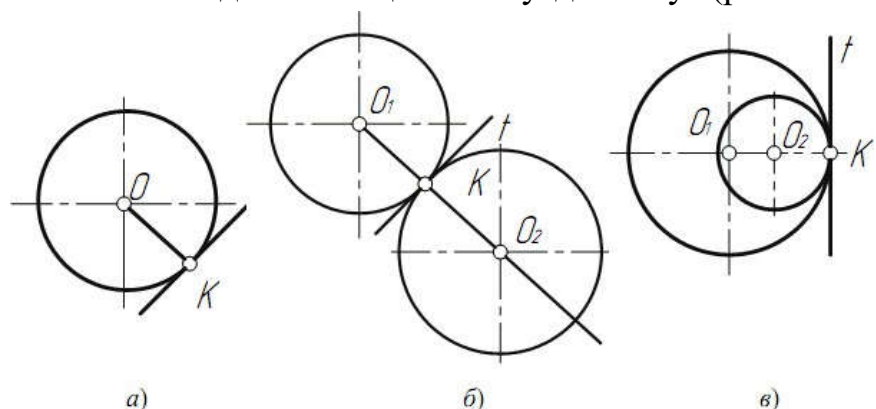


Рис. 2.65 Побудова дотичної

Точка дотику K і центри кіл O_1 і O_2 лежать на одній прямій. Якщо центри кіл лежать по різні боки від дотичної t , то спряження називається

зовнішнім (рис. 2.65 б); якщо центри O_1 і O_2 знаходяться з одного боку від спільної дотичної – відповідно внутрішнім (рис. 2.65.в).

В теорії спряження застосовуються наступні терміни:

а). центр спряження – точка O ; б). радіус спряження R ; в). точки спряження A і B ; г). дуга спряження AB .

Центром спряження O називається точка, яка рівновіддалена від ліній спряження (рис. 2.66).

Точкою спряження A (B) називається точка дотику двох ліній спряження (рис. 2.66).

Дуга спряження AB – це дуга кола, за допомогою якої виконується спряження (рис. 2.66).

Радіус спряження R – це радіус дуги спряження (рис. 2.66).

Для виконання спряження необхідно визначити три елемента побудови:

1). радіус спряження; 2). центр спряження; 3). точки спряження.

2.3.2. Спряження двох прямих ліній, що перетинаються.

Розглянемо дві прямі m , n , що перетинаються і радіус спряження R (рис. 2.66). Необхідно побудувати спряження даних прямих колом радіусом R .

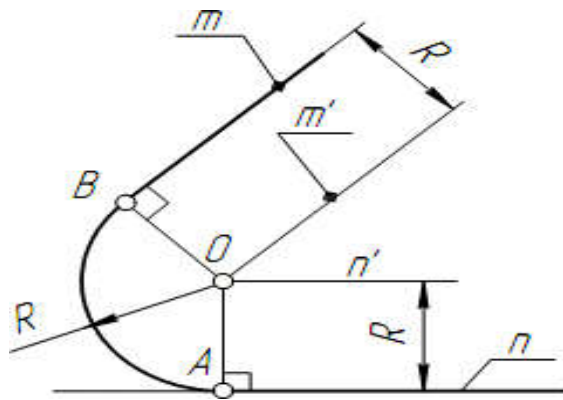


Рис. 2.66. Побудова спряження Виконуємо наступні побудови:

1. Побудуємо множину точок центрів спряження, віддалених від прямої n на відстань радіуса R спряження. Такою множиною являється пряма n' , паралельна даній прямій n і віддалена від неї на відстань R .

2. Побудуємо множину точок центрів спряження, віддалених від прямої m на відстань радіуса спряження. Такою множиною являється пряма m' , паралельна m і віддалена від останньої на відстань R .

3. На перетині побудованих прямих m' і n' знаходимо центр спряження O .

4. Визначимо точку A спряження прямої n . Для цього опустимо із

центру O перпендикуляр на пряму n . Для визначення точки спряження B на прямій m , необхідно опустити відповідно перпендикуляр із центра O на пряму m . Проведемо дугу спряження AB . Тепер будуть визначені всі елементи спряження: радіус, центр і точки спряження.

2.3.3. Спряження прямої з колом.

Спряження прямої з колом може бути зовнішнім та внутрішнім. Розглянемо побудову зовнішнього спряження прямої з колом.

Приклад 1. Нехай задано коло радіусом R з центром в точці O_1 і пряма m . Необхідно побудувати спряження кола з прямою дугою кола заданого радіуса R (рис. 2.67.а).

Для вирішення задачі виконаємо наступні побудови:

1. Побудуємо множину точок центрів спряження, які віддалені від прямої спряження на відстань R . Цю множину задає пряма m' , паралельна m і віддалена від неї на відстань R .
2. Множина точок центрів спряження, віддалених від кола n на відстань R , являється колом n' , яка проведена радіусом $R_1 + R$.
3. Центр спряження O знаходимо як точку перетину лінії n' і m' .
4. Точка спряження A знаходиться як основа перпендикуляра, проведеного із точки O на пряму m . Щоб побудувати точку спряження B , необхідно провести лінію центрів OO_1 , тобто з'єднати центри спряження дуг. На перетині лінії центрів з заданим колом визначимо точку B .
5. Побудуємо дугу спряження AB .

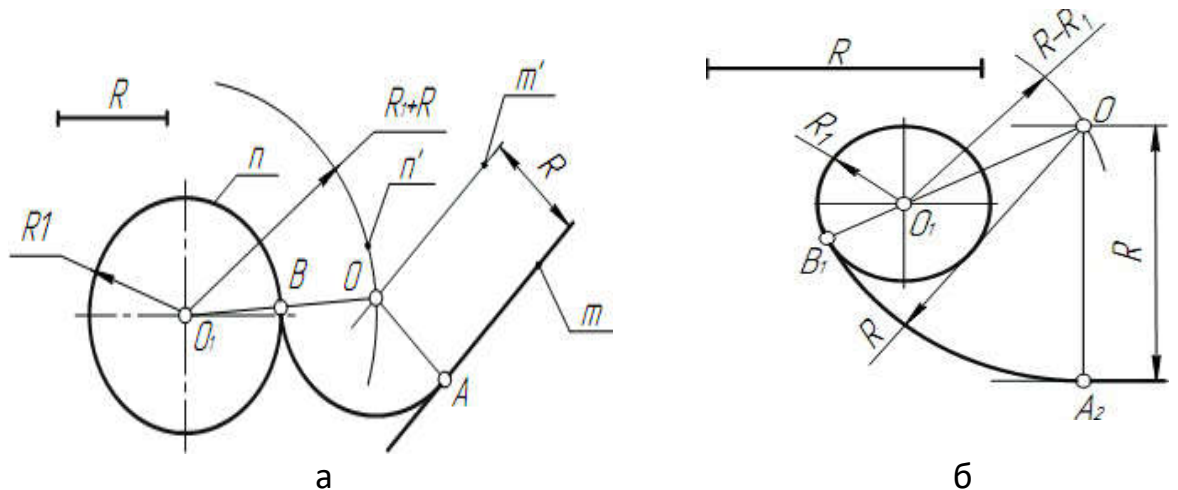


Рис. 2.67. Спряження прямої з колом

Приклад 2. При побудові внутрішнього спряження (рис. 2.67 б) послідовність побудови залишається такою ж, як і в прикладі 1. Але центр спряження визначається за допомогою допоміжної дуги кола, яка проведена із центра O_1 , радіусом $R-R_1$.

2.3.4. Спряження кіл.

Спряження двох кіл може бути зовнішнім, внутрішнім і змішаним. Нехай задано радіус спряження R , а центри спряження і точки спряження треба знайти.

Приклад 1. Побудуємо спряження з зовнішнім дотиком двох даних кіл m і n з радіусами R_1 і R_2 дугою заданого радіуса R (рис. 2.68.а).

1. Для знаходження центра спряження O проведемо коло m' , віддалену від даного кола m на відстань R . Так як спряження з зовнішнім торканням, то радіус кола m' рівний R_1+R .
2. Радіусом R_2+R проведемо коло n' , яка віддалена від даного кола n на відстань R .
3. Знайдемо центр спряження O як точку перетину кіл m' і n' .
4. Знайдемо точку спряження A , як перетин ліній центрів OO_1 з дугою m .
5. Аналогічно знайдемо точку B , як перетин ліній центрів OO_2 з дугою n .
6. Проведемо дугу спряження AB .

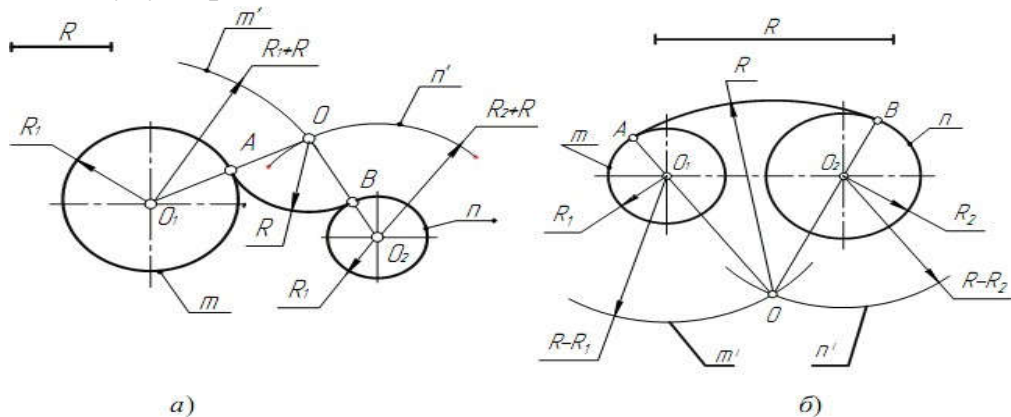


Рис. 2.68. Спряження кіл

Приклад 2. Побудуємо спряження з внутрішнім торканням двох даних кіл m і n з радіусами R_1 і R_2 дугою радіусом R (рис. 2.68.б).

1. Для знаходження центра спряження O проведемо коло m' на відстані $R-R_1$ від даного кола m .
2. Проведемо коло n' на відстані $R-R_2$ від даного кола n .
3. Центр спряження O знайдемо як точку перетину кіл m' і n' .
4. Точку спряження A знайдемо як точку перетину ліній центрів OO_1 з заданим колом m .

5. Точку спряження B знайдемо як точку перетину ліній центрів OO_2 з заданим колом n .

6. Проведемо дугу спряження AB з центром в точці O .

Приклад 3. На рис. 2.69 представлено приклад побудови спряження з змішаним торканням.

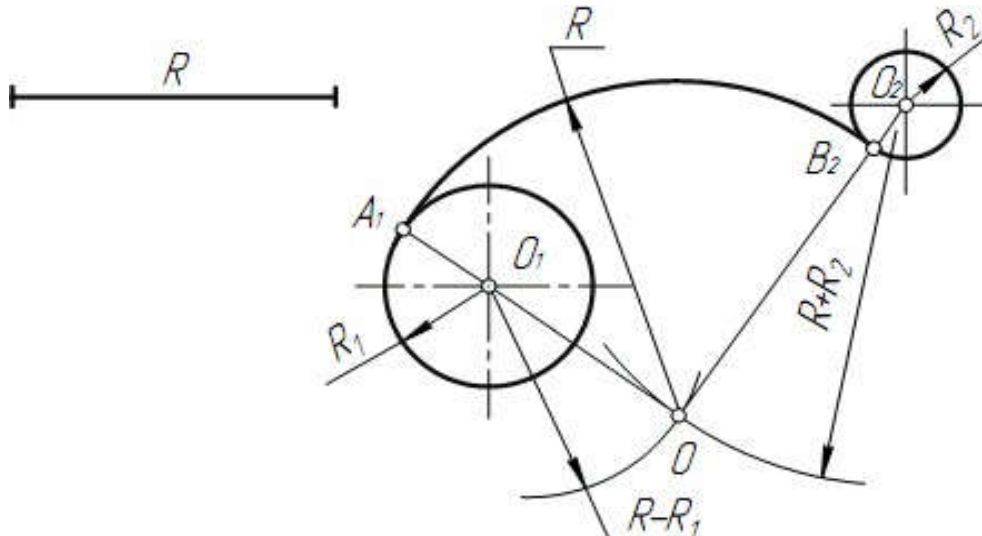


Рис. 2.69. Побудова спряження із змішаним торканням.

2.3.5. Побудова дотичних.

Приклад 1. Дано коло з центром в точці O_2 і точка O_1 за нею. Через дану точку O_1 провести дотичну до даного кола (рис. 2.70).

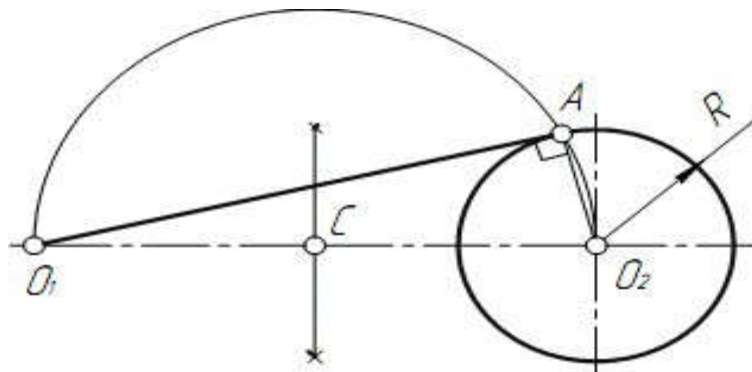


Рис.2.70. Побудова дотичних

Для вирішення задачі виконаємо наступні побудови:

1. З'єднаємо точку O_1 з центром кола O_2 .
2. Знайдемо середину C відрізка O_1O_2 .
3. Із точки C , як з центра, проведемо допоміжне коло радіусом $CO_1=CO_2$.
4. В точці перетину допоміжного кола з заданим отримаємо точку торкання A . З'єднаємо точку O_1 з точкою A .

The diagram shows a mechanism with two wheels of radii R_1 and R_2 , centers O_1 and O_2 , and a connecting rod AB . A point K is on the rod, and a vertical line passes through O_2 and K . A horizontal line passes through O_1 and C . A vertical line passes through C and K . A curved line connects A and B .

1. Знаходимо середину C відрізка O_1O_2 .
2. Із точки C , як із центра, радіусом $CO_1=CO_2$ проведемо допоміжне коло.
3. Із центру великого кола O_2 проведемо друге допоміжне коло радіусом R_2-R_1 .
4. Перетин двох допоміжних кіл визначає точку K , через яку проходить радіус O_2K , що проходить до точки дотику B .
5. Для побудови другої точки дотику A проведемо $O_1A \parallel O_2B$.
6. З'єднаємо точки A і B відрізком прямої лінії.

Дуже часто в техніці зустрічаються плоскі криві: еліпс, парабола, гіпербола, циклоїда, синусоїда, евольвента та інші. Вони обводяться за допомогою лекала.

Методи побудова еліпса:

- Побудова еліпса одним з методів приведено на рис.2.72.

Дано: AB – велика вісь еліпса;

CD – мала ось еліпса.

Для побудови еліпса по великій і малій осях через точку O – центр еліпса – проводять дві взаємно перпендикулярні прямі у напрямку осей еліпса. Із центра O проводять два допоміжні концентричні кола з діаметрами, які рівні великій і малим осям еліпса. Точки A , B , C і D , побудовані на перпендикулярних прямих, належать еліпсу як кінці його осей.

Для знаходження проміжних точок коло ділять на декілька рівних частин, наприклад 12; точки поділу повинні лежати на великому колі. Відмічають, наприклад, точки M і N . Провівши через точку M пряму, паралельну малій осі еліпса (CD), а через точку N – пряму, паралельну великій осі еліпса (AB), отримують на їх перетині точку E , яка належить еліпсу. Аналогічно можна знайти будь яке число точок еліпса. З'єднуючи за допомогою лекала знайдені точки. Будують еліпс.

Для побудови дотичної і нормалі в точці K , треба з'єднати точку K з фокусами і розділити навпіл кут між радіус-векторами E_1K і E_2K ; бісектриса внутрішнього кута F_1KF_2 і є нормаллю, а перпендикулярна до неї бісектриса зовнішнього кута – дотична.

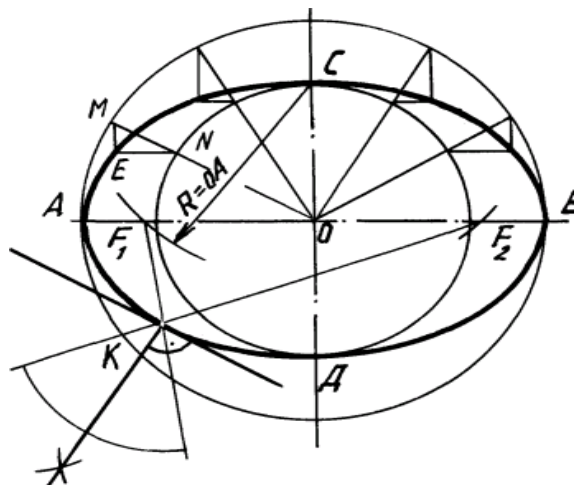


Рис. 2.72. Побудова еліпса

Параболою називається крива, яка є геометричним місцем точок площини, рівновіддалених від даної точки (що називається фокусом), і даної прямої тієї ж площини (директриси параболі).

Методи побудови параболі:

- за заданими директрисою і фокусом;
- за заданими вершиною, віссю і одною із точок параболі (рис. 2.73);
- за допомогою дотичних прямих до параболі.

Розглянемо спосіб побудови параболи за направленням вісі, вершини і однієї з точок. Сторони $A6$ і 66 ділимо на однакове число рівних частин. Перетин променя $A5$ з прямою, паралельною осі AB і проведеної через точку 5 , яка знаходиться на прямій $A5$, визначає точку $5'$, яка належить окресленню параболи. Аналогічно знаходять положення точок $4'$, $3'$ та ін.

Дотична до параболи в даній точці M є бісектрисою кута GMN . Якщо фокус невідомий – опускають з точки M на вісь перпендикуляр і відкладають від вершини відрізок $AB=OA$. Дотична проходить через точки O і M . Нормаль перпендикулярна до дотичної.

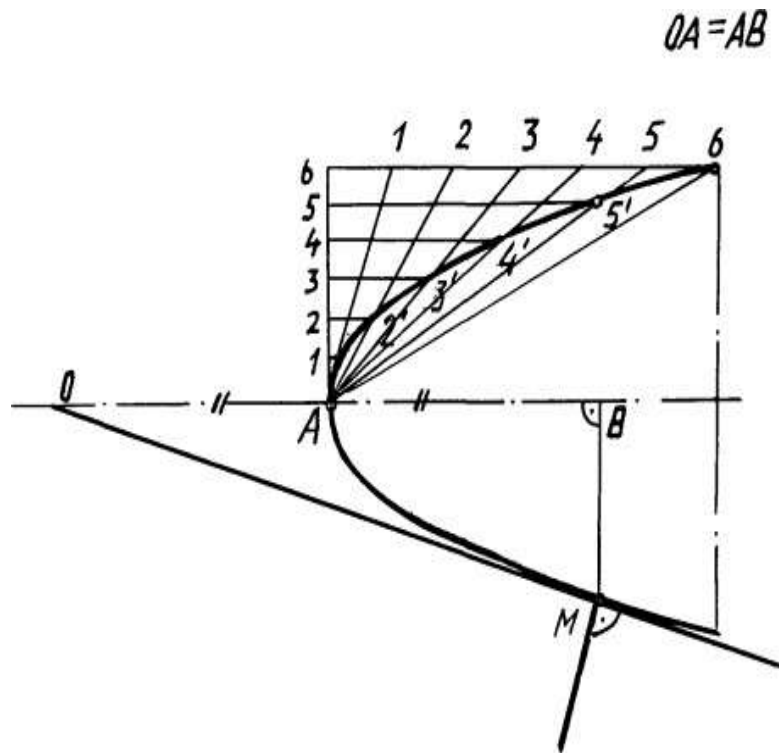


Рис. 2.73. Побудова параболи

Гіперболою називається геометричне місце точок площини, різниця відстаней від яких до двох заданих точок – фокусів – є величина постійна, рівна відстані між вершинами гіперболи.

Існує декілька способів побудови гіперболи. Розглянемо один з них (рис. 2.74). Для побудови задається одна з точок гіперболи, наприклад, точка M . Через точку M проводять прямі I_1 та I_2 паралельні асимптотам I_1 та I_2 . Із точки O перетину осей проводять прямі, які перетинають прямі I_1 та I_2 . Далі з точок перетину з цими прямими проводять прямі паралельні асимптотам до їх взаємного перетину в точці 1. Аналогічно можна знайти будь-яке число точок гіперболи. Отримані точки гіперболи з'єднують за допомогою лекала. Дотична до гіперболи в точці n проводиться як бісектриса кута F_1nF_2 .

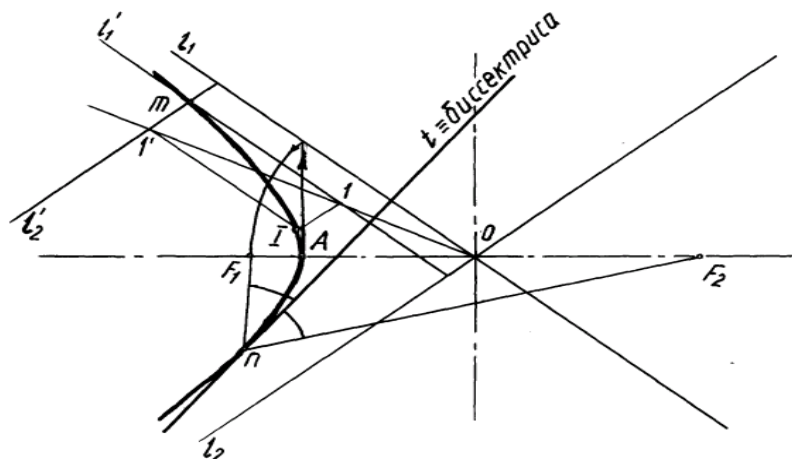


Рис. 2.74. Побудова гіперболи

Синусоїдою називається траєкторія точки, яка рухається по циліндричній гвинтовій лінії, на площину, паралельну осі циліндра. Рух точки складається із рівномірно-обертового руху (навколо осі циліндра) і рівномірно-поступального (паралельно осі циліндра). Синусоїда – це плоска крива, яка показує зміну тригонометричної функції синуса в залежності від зміни величини кута.

Для побудови синусоїди коло ділять на довільне число рівних частин, наприклад 12. На це ж число частин ділять і пряму AB , довжина якої дорівнює довжині хвилі. Із отриманих та пронумерованих точок проводять взаємно перпендикулярні прямі. Отримані точки перетину цих прямих з'єднують за допомогою лекала плавною кривою (рис. 2.75).

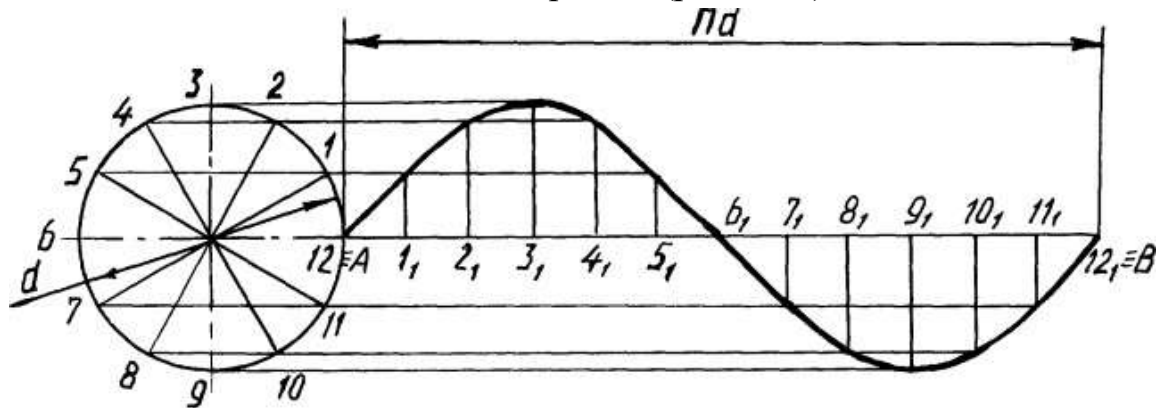


Рис. 2.75. Побудова синусоїди

Евольвента кола. Евольвентою або розгорткою кола називається плоска крива, яка є траєкторією точки кола, утвореною її розгортанням і витравлюванням (рис. 2.76). Для побудови евольвенти кола радіуса R ділять на декілька рівних частин, наприклад 12. В точках поділу 1, 2, 3, ..., 12 проводять дотичні до кола. На дотичній в точці 12 відкладають довжину кола ($2\pi R$), яку ділять на ту ж кількість рівних частин. Послідовно на дотичних відкладають $1/12, 2/12, \dots, 12/12$ довжини кола.

Отримані точки з'єднують за допомогою лекала плавною кривою. Дотична до евольвенти, наприклад в точці X , перпендикулярна до дотичної $X-10$ кола.

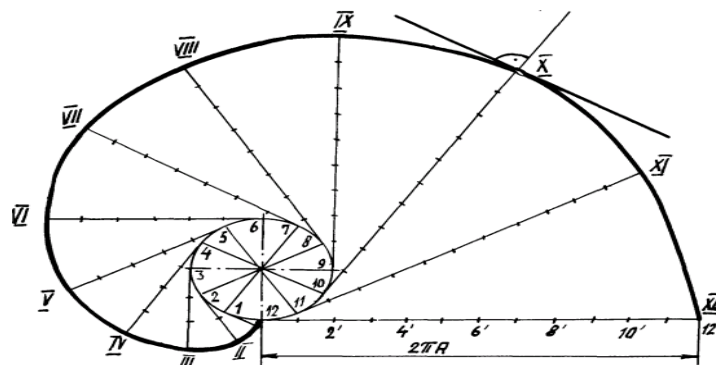


Рис.2.76. Побудова евольвенти

Спіраллю Архімеда називається плоска крива, яка описується точкою, що рівномірно рухається по радіус-вектору, який в той же час рівномірно обертається в площині навколо нерухомої точки O . Розглянемо побудову спіралі Архімеда по заданим центру і кроку (рис. 2.77). Проведемо коло, відрізок $O 12$ і коло ділять на рівне число частин, наприклад на дванадцять; через точки ділення кола 1, 2, ..., 12 і центр O проводять промені, на яких від центру O відкладають відрізки відповідно рівні $1/12$, $2/12$ і т.д. кроку спіралі. Лекальна крива, яка з'єднує отримані на променях точки, і буде шуканою спіраллю.

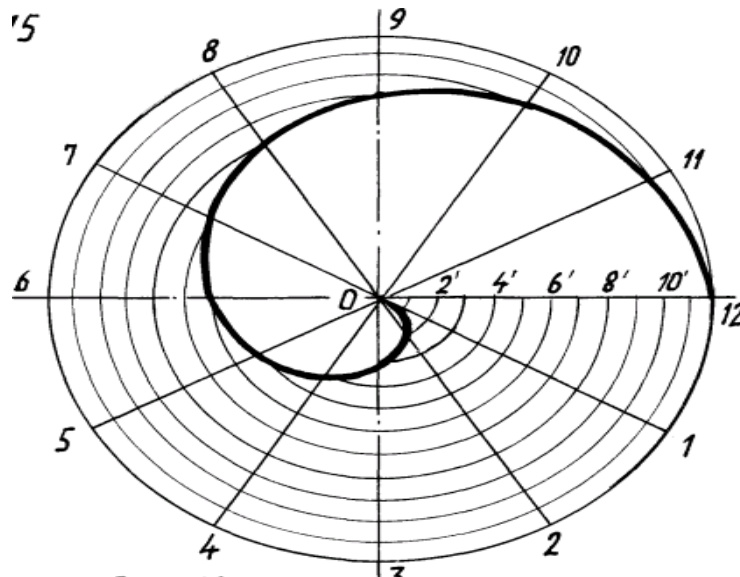


Рис. 2.77. Побудова спіралі Архімеда

Циклоїда є плоскою кривою, що представляє собою траєкторію точки A утворюючої коло, яке котиться без ковзання по нерухомій прямій (рис. 2.78). Для побудови циклоїди проводять коло даного радіуса і ділять його на довільне число рівних частин (наприклад 12). На заданій направляючій горизонтальній прямій AA_1 відкладають довжину кола, рівну $2\pi R$ і ділять її на таке ж число рівних частин. Із точок ділення прямої

1, 2, ..., 12 встановлюють перпендикуляри до перетину їх з прямою, яка проходить через центр O паралельно AA_1 , в точках $O_1, O_2 \dots, O_{12}$. З цих точок, як з центрів, роблять засічки на відповідних лініях, проведених паралельно горизонтальній осі, через точки ділення кола, що котиться. У результаті отримують точки, які належать циклоїді. Пряма $N8$, яка з'єднує точку N з точкою 8 дотику кола, яка котиться, до направляючої AA_1 , є нормаллю циклоїди в даній точці; перпендикуляр опущений до $N8$ – дотична.

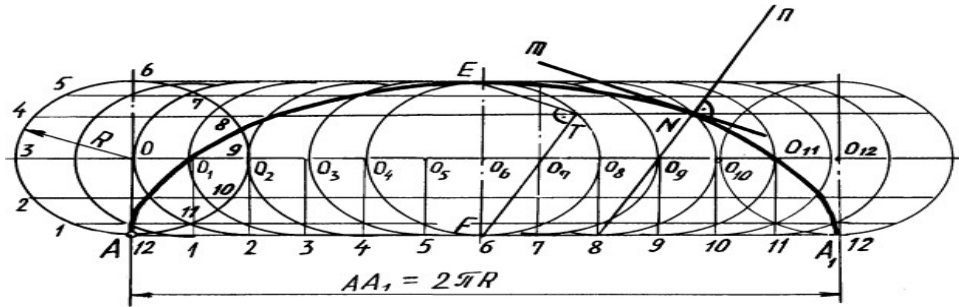


Рис. 2.79 Побудова циклоїди

Побудова *епіциклоїди* і *гіпоциклоїди*. Епіциклоїду і гіпоциклоїду можна розглядати як окремі випадки циклоїди, коли направляюча пряма AA_1 перетворюється в дугу кола. При перекочуванні утворюючої кола радіуса r із зовнішньої сторони направляючої кола радіуса R утворюється епіциклоїда (рис. 2.79), при перекочуванні утворюючої кола всередині направляючої – гіпоциклоїда. Довжина дуги AA_1 визначається центральним кутом $\alpha = 360^\circ \times \frac{r}{R}$.

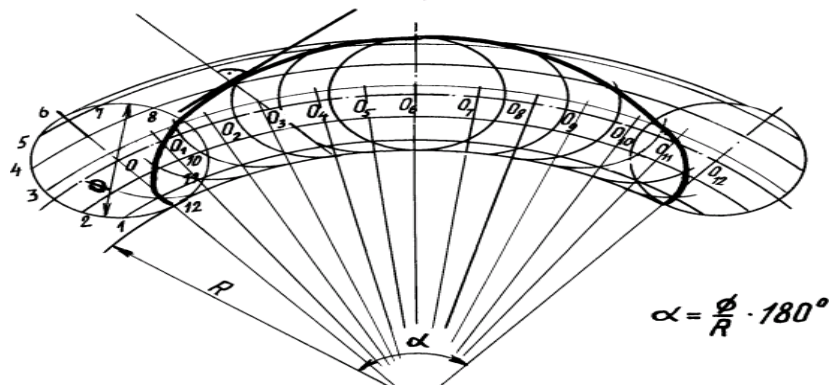


Рис. 2.79. Побудова гіпоциклоїди

Побудова точок епіциклоїди та гіпоциклоїди проводиться також, як для циклоїди, з тією різницею, що всі прямі, які паралельні лінії AA_1 замінюються концентричними дугами, а перпендикуляри до лінії AA_1 – радіусами. Епіциклоїда, яку отримують при $R=r$, називається кардіоїдою. Гіпоциклоїда, яку отримують при $R=4r$, називається астроїдою. При $R=2r$ гіпоциклоїда перетворюється в пряму, яка являється діаметром направляючого кола.

3. ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА.

3.1. Види, перерізи, та перетини.

Вид – зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній (рис. 3.1).

Встановлюються такі назви видів, одержуваних на основних площинах проекцій: вид спереду (головний вид); вид зверху; вид зліва; вид праворуч; вид знизу; вид ззаду.

Назви видів на кресленнях надписувати не слід, за винятком випадку, коли види зверху, зліва, справа, знизу, ззаду не знаходяться в безпосередній проекційній зв'язку з головним зображенням (видом або розрізом, зображеним на фронтальній площині проекцій).

При порушенні проекційного зв'язку, напрямок проектування повинен бути вказаний стрілкою біля відповідного зображення. Над стрілкою і над отриманим зображенням (видом) слід нанести одну і ту ж велику літеру. Креслення оформляють так само, якщо перераховані види відокремлені від головного зображення іншими зображеннями або розташовані не на одному аркуші з ним.

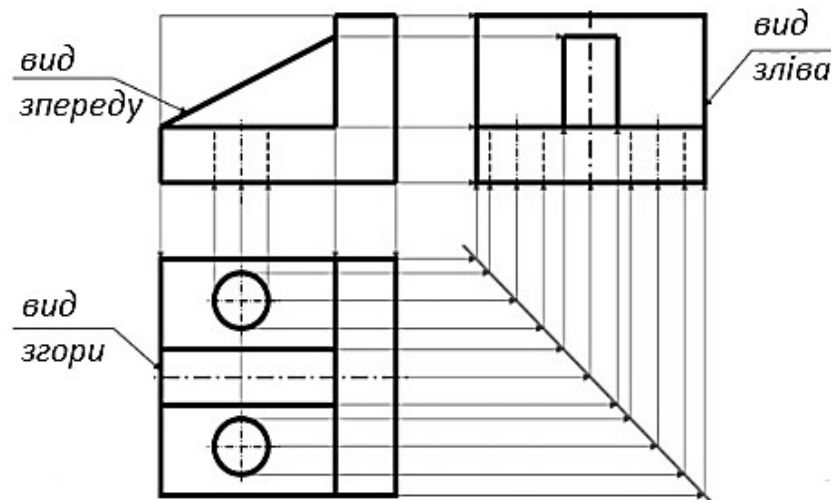


Рис. 3.2. Зображення видів на кресленні

Розрізи поділяються, залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проекцій, на:

горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проекцій (наприклад, рис. 3.3). У будівельних кресленнях горизонтальним розрізах можуть присвоюватися інші назви, наприклад, «план»;

вертикальні – січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проекцій (наприклад, рис. 3.4);

похилі – січна площина становить з горизонтальною площиною проєкцій кут, відмінний від прямого (наприклад, рис. 3.5).

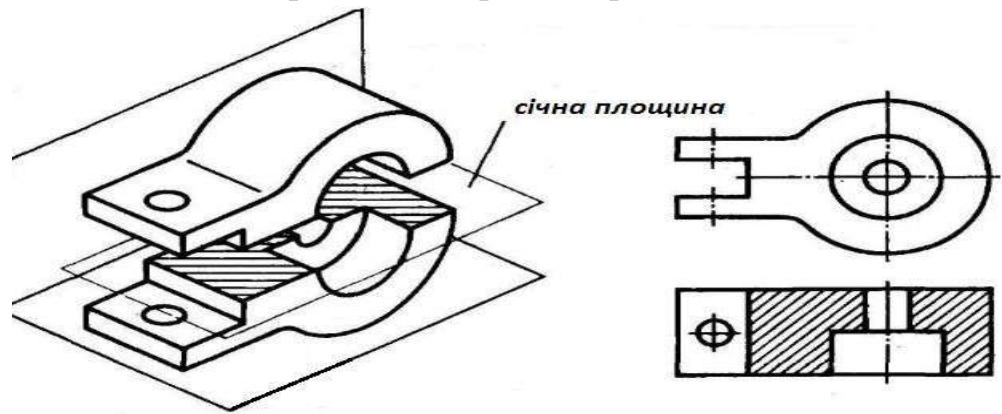


Рис. 3.3. Горизонтальний розріз

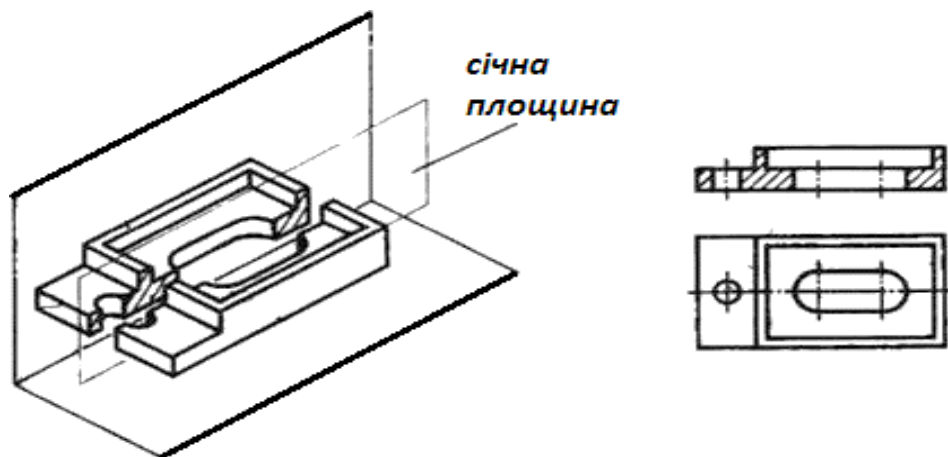


Рис. 3.4. Вертикальний розріз

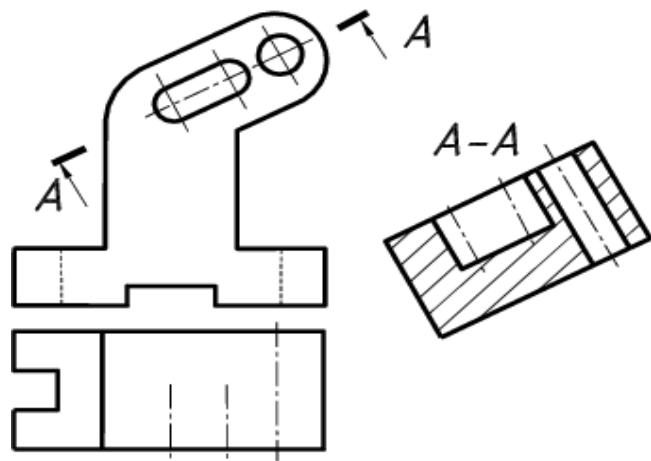


Рис. 3.5. Похилий розріз

Залежно від числа січних площин розрізи поділяються на: *прості* – при одній січній площині (рис.3.3 -3.5); *складні* – при кількох січних площинах (рис. 3.5).

Вертикальний розріз називається фронтальним, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій і профільним, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій.

Складні розрізи бувають *ступінчасті*, якщо січні площини паралельні (рис. 3.6.а), і *ламані*, якщо січні площини перетинаються (рис. 3.6.б).

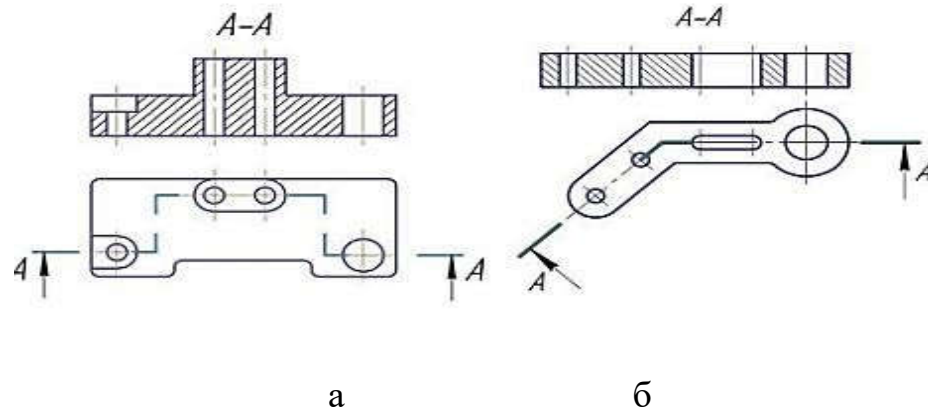


Рис. 3.6. Складні розрізи

Розрізи називаються поздовжніми, якщо січні площини спрямовані уздовж довжини або висоти предмета і поперечними, якщо січні площини спрямовані перпендикулярно довжині або висоті предмета.

Положення січної площини вказують на кресленні лінією перетину. Для лінії перетину повинна застосовуватися розімкнена лінія. При складному розрізі штрихи проводять також у місцях перетину січних площин між собою. На початковому і кінцевому штрихах слід ставити стрілки, що вказують напрямок погляду стрілки повинні наноситися на відстані 2-3 мм від кінця штриха. Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. Стрілки, що вказують напрямок погляду, наносяться на одній лінії.

У початку і кінця лінії перетину, а при необхідності і у місць перетину січних площин ставлять одну й ту ж велику літеру українського алфавіту. Букви наносять близько стрілок, що вказують напрямок погляду, і в місцях перетину з боку зовнішнього кута.

Розріз повинен бути відзначений написом на кшталт «А-А» (завжди двома буквами через тире). У будівельних кресленнях у лінії перетину замість букв допускається застосовувати цифри, а також надписувати назву розрізу (плану) з присвоєним йому літерним, цифровим або іншим позначенням.

Коли січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розташовані на одному і тому ж аркуші в безпосередній проекційної зв'язку і не розділені будь-якими іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів не

відзначають положення січної площини, і розріз написом не супроводжують.

Фронтальним і профільним розрізам, як правило, надають положення, що відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні креслення. Горизонтальні, фронтальні і профільні розрізи можуть бути розташовані на місці відповідних основних видів.

При ламаних розрізах січні площині умовно повертають до суміщення в одну площину, при цьому напрямок повороту може не збігатися з напрямком погляду.

Якщо суміщені площини виявляться паралельними до однієї з основних площин проєкцій, то ламаний розріз допускається поміщати на місці відповідного виду (розрізи А - А). При повороті січної площини елементи предмета, розташовані за нею, викреслюють так, як вони проєктуються на відповідну площину, з якою виконується суміщення.

Розріз, що служить для з'ясування складу предмета лише в окремому, обмеженому місці, називається місцевим. Місцевий розріз виділяється на вигляді суцільної хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом. Ці лінії не повинні збігатися з будь-якими іншими лініями зображення.

Частину виду і частину відповідного розрізу допускається з'єднувати, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом. Якщо при цьому з'єднуються половина виду і половина розрізу, кожен з яких є симетричною фігурою, то розділяє лінією служить вісь симетрії.

Переріз – зображення фігури, що виходить при уявному розсіченні предмета однією або декількома площинами (рис. 3.7). На перерізі показується тільки те, що виходить безпосередньо в січній площині. На розрізі показують те, що знаходиться в січній площині і за нею, відповідно, розріз завжди включає переріз.

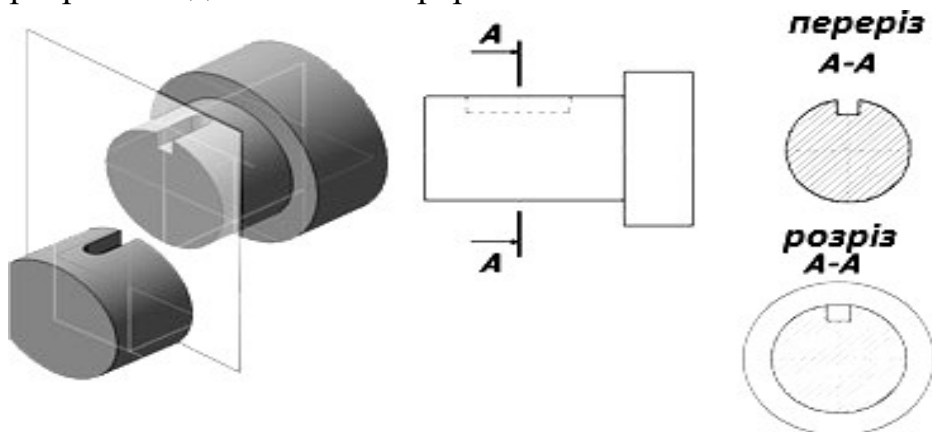


Рис. 3.7. Різниця між розрізом і перерізом

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на: винесені і накладені. Винесені перерізи є кращими і їх допускається розташовувати в розриві між частинами одного і того ж виду.

Контур винесеного перерізу, а також перерізу, що входить до складу розрізу, зображують суцільними основними лініями, а контур накладеного перерізу – суцільними тонкими лініями, причому контур зображення в місці розташування накладеного перерізу не переривають.

Вісь симетрії винесеного або накладеного перерізу вказують штрих-пунктирною тонкою лінією без позначення літерами і стрілками і лінію перетину не проводять

У всіх інших випадках для лінії перерізу застосовують розімкнену лінію із зазначенням стрілками напрямку погляду і позначають її однаковими великими літерами українського алфавіту (в будівельних кресленнях – великими або малими літерами або цифрами). Переріз супроводжують написом на кшталт «А-А». У будівельних кресленнях допускається надписувати назву перерізу.

3.2. Нероз'ємні з'єднання.

Нероз'ємні з'єднання – це такі, в яких при розбиранні окремі елементи руйнуються (клепані, зварні, паяні).

Зварні з'єднання отримують за допомогою зварювання. Зварюванням називають процес отримання нероз'ємного з'єднання твердих предметів, що складаються з металів, пластмас або інших матеріалів, шляхом місцевого їх нагрівання до розплавленого або пластичного стану без застосування або з застосуванням механічних зусиль.

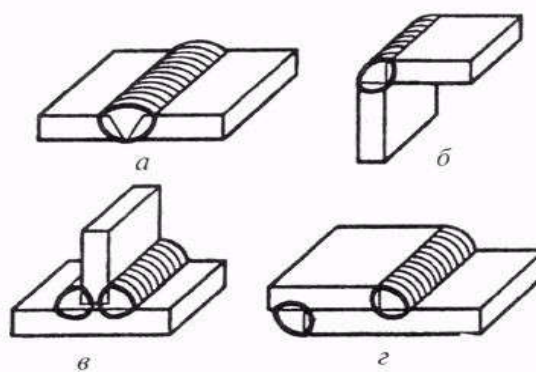


Рис. 3.8. Типи зварних швів

Зварним з'єднанням називається сукупність виробів, з'єднаних за допомогою зварювання. Зварним швом називається затверділий після розплавлення матеріал. Металевий зварний шов відрізняється за своєю структурою від структури металу зварюються металевих деталей.

За способом взаємного розташування деталей, що зварюються розрізняють з'єднання стикові (рис. 3.8 а), кутові (рис. 3.8 б), таврові (рис. 3.8 в) і внапуск (рис. 3.8 г). Вид з'єднання визначає вид зварного шва. Зварні шви поділяються на: стикові, кутові (для кутових, таврових з'єднань і з'єднань внапуск), точкові (для з'єднань внахліст, зварюванням точками).

Способи зварювання, типи і конструктивні елементи зварних швів визначаються відповідними стандартами. Зварні шви зображують суцільними основними лініями, якщо шов видимий, і штриховими, якщо шов невидимий. Від зображення шва проводять односторонню стрілку з лінією-виноски.

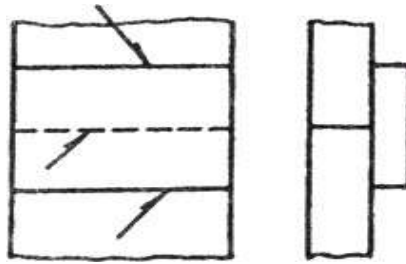


Рис. 3.9. Позначення зварного шва на рисунку

З'єднання деталей паянням знаходять широке застосування в приладобудуванні, електротехніці. При пайці деталі, що з'єднуються, нагріваються до температури, що не приводить до їх розплавлення. Зазор між деталями заповнюється розплавленим припоєм. Припой має нижчу температуру плавлення, ніж матеріали, що сполучаються пайкою. Для пайки використовують м'які припої ПОС – олов'яно-свинцеві і тверді припої Пер – срібні.

Припой на видах і розрізах зображують суцільною лінією товщиною 2S. Для позначення пайки використовують умовний знак (рис. 3.10 а) – дуга опуклістю до стрілки, який креслять на лінії-виносі, що вказує паяний шов. Якщо шов виконується по периметру, то лінію-виноску закінчують колом. Номер швів вказують на лінії-виносі (рис. 3.10 б). Марка припою записується або в технічних вимогах, або в специфікації в розділі «Матеріали».

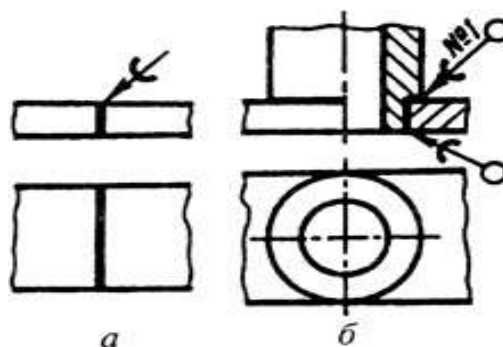


Рис. 3.10. Умовне позначення пайки

Марка припою записується або в технічних вимогах, або в специфікації в розділі «Матеріали». Клейові з'єднання дозволяють з'єднувати різноманітні матеріали. Клейовий шов, як і паяний, згідно зображується суцільною лінією товщиною 2S. На лінії-виносці креслять умовний знак (рис. 3.11а), що нагадує букву К. Якщо шов виконується по периметру, то лінію- виноску закінчують колом (рис. 3.11б). Марка клею записується або в технічних вимогах, або в специфікації в розділі «Матеріали».

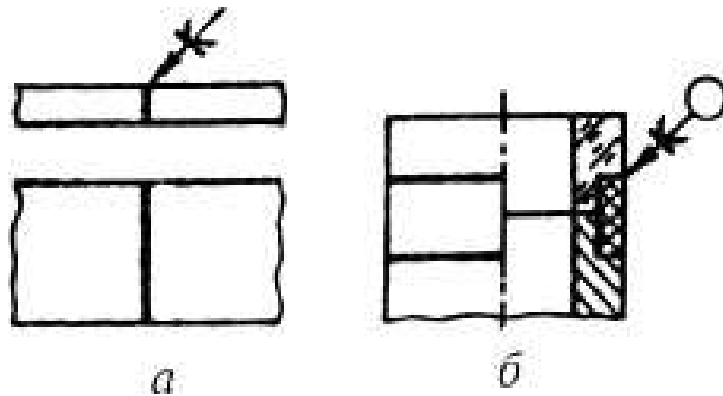


Рис. 3.11. Позначення клейового з'єднання

3.3.Роз'ємні з'єднання.

В машинобудуванні, приладобудуванні і інших галузях промисловості широке розповсюдження отримали роз'ємні з'єднання деталей машин, здійснювані за допомогою різі різних профілів (трикутного, трапецеподібного, прямокутного, напівкруглого і ін.).

Різю називається поверхня, утворена при гвинтовому русі плоского контуру по циліндричній чи конічній поверхні. При цьому утвориться гвинтовий виступ відповідного профілю.

Різі класифікуються наступним чином:

- 1) *по формі профілю* (трикутна, прямокутна, трапецеподібна, кругла);
- 2) *по формі поверхні, на якій вона нарізана:*
 - а) циліндрична різь – утворена на поверхні циліндра;
 - б) конічна різь – утворена на поверхні конуса.
- 3) *по розташуванню різі на поверхні стрижня або отвору:*
 - а) зовнішня різь – утворена на зовнішній поверхні циліндра або конуса;
 - б) внутрішня різь – утворена на внутрішній поверхні циліндра або конуса.
- 4) *по призначенню:*
 - а) кріпильні (нарізують звичайно на деталях, призначених для скріплення);
 - б) кріпильно – ущільнювальні;

в) ходові (наприклад, різь на валу для руху супорту токарного верстата, різь на гвинті домкрата та інше);

г) спеціальні.

5) по напрямку різі:

а) права різь – утворена контуром, що обертається за годинниковою стрілкою і переміщується уздовж осі в напрямі від спостерігача;

б) ліва різь – утворена контуром, що обертається проти годинникової стрілки і переміщується уздовж осі в напрямі від спостерігача;

б) по числу заходів:

а) однозахідна різь – утворена однією гвинтовою ниткою;

б) багатозахідна різь – утворена двома, трьома і т.д. гвинтовими нитками.

3.3.1. Основні параметри різі.

Різь характеризують три діаметри: зовнішній d (D), внутрішній d_1 (D_1) і середній d_2 (D_2).

Діаметри зовнішньої різі позначають d , d_1 , d_2 , а внутрішньої різі в отворі – D , D_1 і D_2 .

Зовнішній діаметр різі d (D) – діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої чи западин внутрішньої різі. Цей діаметр для більшості різі є визначальним і входить в умовне позначення різі.

Гвинтова нитка – це виступ гвинтової різі, утворений одним профілем.

Крок різі (P) – відстань між відповідними точками двох сусідніх витків, заміряна паралельно осі різі.

Хід різі – відстань між відповідними точками на поверхні гвинтової нитки за один оберт контуру, заміряна паралельно осі різі. В однозахідній різі (рис. 3.12, а) хід дорівнює кроку, а в багатозахідній (рис. 3.12, б) – добутку кроку P на число заходів

n ($t = nP$).

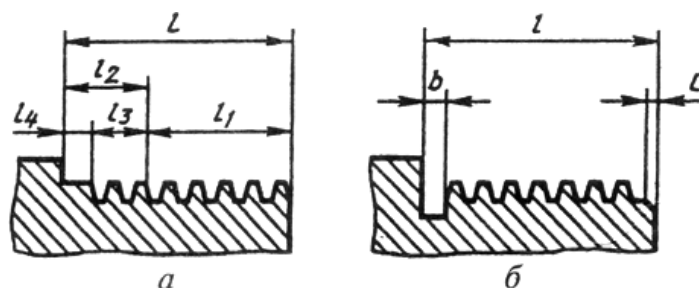


Рис. 3.12. Параметри різі

Число заходів різі – число ниток, утворюючих різь.

На рис. 3.12, а – довжина різі l , довжина різі з повним профілем

Збіг різі – ділянка неповного профілю в зоні переходу різі в головну частину предмета l_3 .

Недовід різі l_4 – величина не нарізаної частини поверхні між кінцями стоку й опорною поверхнею деталі.

Недоріз різі l_2 містить у собі стік і недовод різі. Щоб усунути стік чи недоріз різі, виконують проточку b (рис. 3.12, б). Щоб полегшити вгвинчування нарізаного стрижня, на кінці різі виконують конічну фаску з під кутом 45° (рис. 3.12, б).

Кожний вид різі характеризується зовнішнім, внутрішнім і середнім діаметрами, кутом і висотою профілю.

3.3.2. Позначення різі.

Відповідно до стандарту, який встановлює правила зображення і нанесення позначення різі на кресленнях всіх галузей промисловості і будівництва, різь зображають:

а) *на стрижні* – суцільними товстими – основними лініями по зовнішньому діаметру і суцільними тонкими лініями – по внутрішньому; на зображеннях, отриманих проектуванням на площину, паралельну осі стрижня, суцільну тонку лінію по внутрішньому діаметру різі проводять на всю довжину різі без збігу (рис. 3.13); на видах, отриманих проектуванням на площину, перпендикулярну до осі стрижня, по внутрішньому діаметру різі проводять дугу, приблизно рівну колу, розімкнену в будь-якому місці.

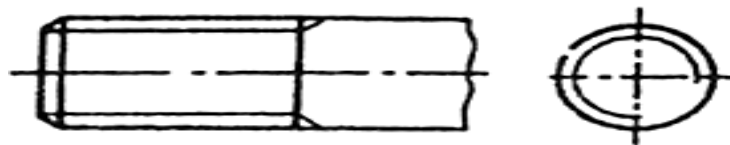


Рис. 3.13. Позначення різі на стрижні

б) *в отворі* – суцільними товстими – основними лініями по внутрішньому діаметру різі і суцільними тонкими лініями – по зовнішньому діаметру (рис. 3.14).

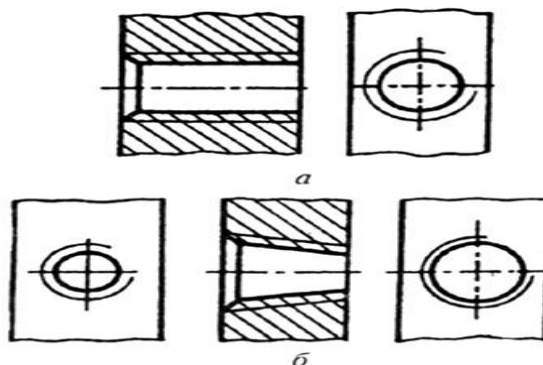


Рис. 3.14. Позначення різі в отворі

Різь, що показується як невидима, повинна зображатися штриховими тонкими лініями однакової товщини по зовнішньому і по внутрішньому діаметрам (рис. 3.14); на розрізах, отриманих проектуванням на площину, паралельну осі отвору, суцільна тонка лінія по зовнішньому діаметру різі проводиться на всю довжину різі без збігу, а на зображеннях, отриманих проектуванням на площину, перпендикулярну до осі отвору, по зовнішньому діаметру різі проводять дугу, приблизно рівну колу, розімкнену в будь-якому місці.

Лінію, що визначає межу різі, наносять на стрижні і в отворі з різзю в кінці повного профілю різі (до початку збігу).

Межу різі проводять до лінії зовнішнього діаметра різі і зображають суцільною товстою основною лінією, перпендикулярною до осі різі, і штриховою тонкою, якщо різь зображено як невидиму.

Штрихування в розрізах і перерізах проводять до лінії зовнішнього діаметра різі на стрижні і до лінії внутрішнього діаметра в отворі, тобто в обох випадках до суцільної товстої основної лінії.

Глухий отвір з різзю називають *гніздом*. Кінцева частина свердленого гнізда звичайно має форму конуса з кутом при вершині. Фаски на стрижні з різзю і в отворі з різзю, не мають спеціального конструктивного призначення, в проекції на площину, перпендикулярну до осі стрижня або отвору, не зображають.

Суцільна тонка лінія зображення різі на стрижні повинна перетинати лінію межі фаски.

Якщо на кресленні необхідно показати профіль різі (рис. 3.15), слід застосовувати місцевий розріз, виконувати профіль різі на розрізі або зображати ділянку профілю в збільшеному вигляді як виносний елемент.

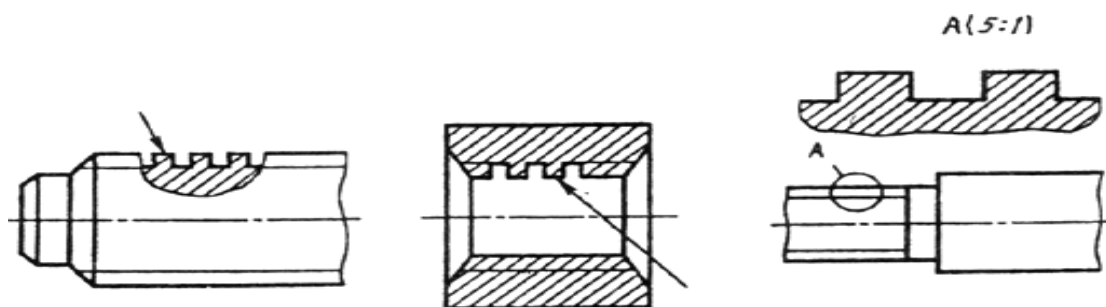


Рис. 3.15. Профіль різі

Окрім розмірів і граничних відхилень різі, на кресленні вказують додаткові дані про число заходів, про лівий напрям різі і т.п. з додаванням слова «Різь».

На розрізах нарізного з'єднання в зображенні на площині, паралельній його осі, в отворі показують тільки ту частину різі, яка не закрита різью вкрученого в нього стрижня (рис. 3.16). Розглянемо стандартні різі загального призначення.

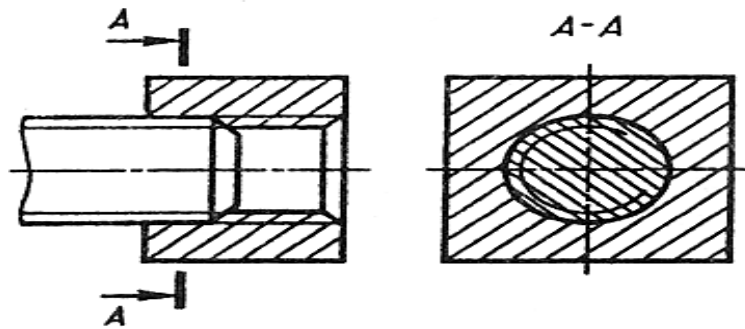


Рис. 3.16. Зображення різі

Різь метрична. Профіль метричної різі визначається кутом, рівним 60° (рис. 3.17); форма западини різі може бути як плоскозрізанною, так і закругленою. У болта переважно закруглена форма западини. Метрична різь стандартизована і підрозділяється на різь з великим кроком і різь з дрібним кроком.

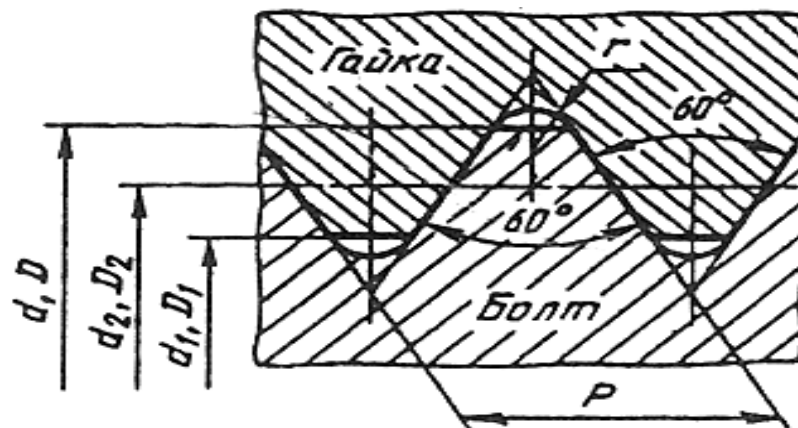


Рис. 3.17. Метрична різь

Метричні різі з великим кроком позначають буквою «М», зовнішнім діаметром і вказівкою поля допуску, наприклад: M24 – 6g; M64 – 6H і т.д.

Метричні різі з дрібним кроком позначають буквою «М», зовнішнім діаметром, значенням кроку і вказівкою поля допуску, наприклад: M24 2 – 6g; M64 2 – 6H і т.д.

На кресленні різь позначають по номінальному діаметру. Якщо на кресленні зображено нарізане з'єднання, то посадки нарізаних деталей позначають дробом, в чисельнику якого вказують позначення поля допуску гайки, тобто внутрішньої різі, а в знаменнику – позначення поля допуску болта, тобто зовнішньої різі, наприклад: M12 – 6H/6g; M64 2 – 6H/6g .

Приклади позначення різі:

М 30 – метрична різь з зовнішнім діаметром 30 мм і великим кроком різі;

М 30 х 1,5 – метрична різь з зовнішнім діаметром 30 мм, дрібним кроком 1,5 мм.

На кресленні метрична різь позначається наступним чином (рис. 3.18).

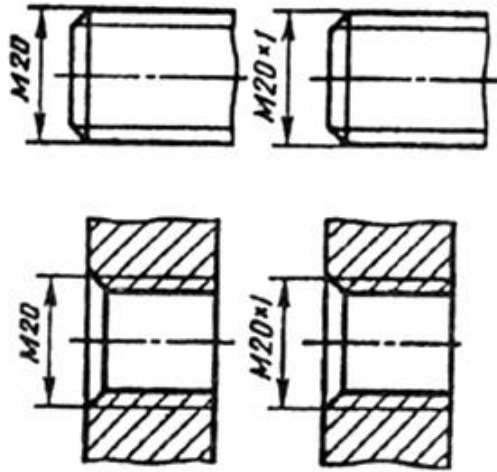


Рис. 3.18. Зображення різі

Різь трубна. Трубна циліндрична різь застосовується для з'єднання труб, арматури, трубопроводів і інших тонкостінних деталей (пробки, заглушки і ін.). Кут профілю рівний 55° . Профіль різі виконується з закругленнями (рис. 3.19). Номінальний діаметр трубної різі умовно віднесений до внутрішнього діаметра труби.

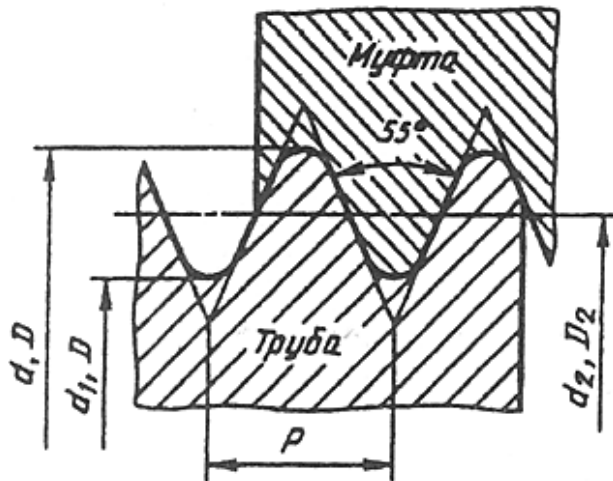


Рис. 3.19. Приклад умовного позначення трубної різі

Різь трубна конічна має профіль, аналогічний профілю різі трубної циліндричної; застосовується у вентилях і газових балонах. Можливе з'єднання труб, що мають конічну різь (конусність 1:16), з виробами, що мають трубну циліндричну різь.

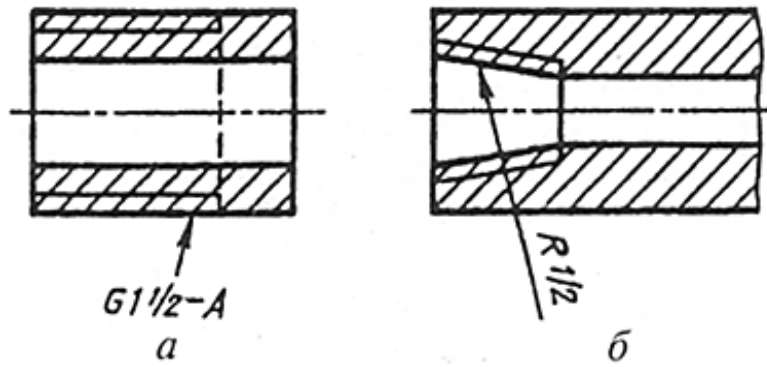


Рис. 3.20. Приклад умовного позначення трубної конічної різі

Розмір конічної різі і трубної циліндричної різі умовно позначається в дюймах ($1'' = 25,4$ мм), у всіх інших видів різі зовнішній діаметр різі проставляється в міліметрах.

Умовне позначення трубної різі:

$G 1 1/2$ – трубна циліндрична різь з розміром $1 1/2''$. R

$1 1/2$ – різь трубна конічна з розміром $1 1/2''$.

Різь трапецеподібна. Ця різь служить для перетворення руху (в ходових гвинтах верстатів, гвинтах супортів, штурвальних гвинтах, вантажних гвинтах і т. п.). Профіль трапецеподібної різі – рівнобічна трапеція з кутом між бічними сторонами 30° . Для кожного діаметра різь може бути однозахідною і багатозахідною, правою і лівою.

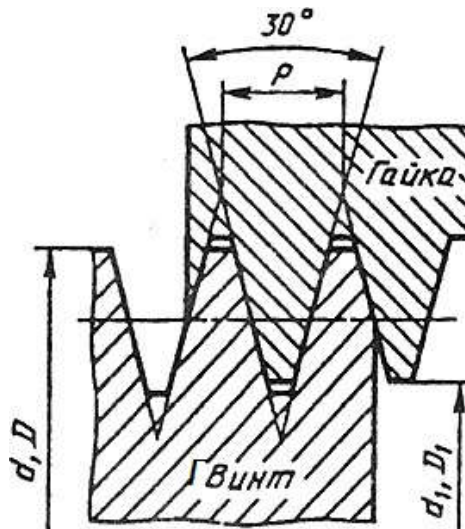


Рис. 3.21. Умовне позначення трапецеподібної різі

Умовне позначення трапецеподібної різі: $Tr 36 \times 6$, де 36 – діаметр, а 6 – крок різі.

Різь упорна. Упорна різь (рис. 3.22) застосовується в механізмах з великим осьовим зусиллям (в гвинтових пресах, в нажимних гвинтах прокатних станів і т. п.).

Різь упорна має профіль трапеції, одна із сторін якої нахилена на 30° , а друга – на 3° до нормалі, проведеної до осі різі.

Умовне позначення різі: $S\ 80 \times 10$ – упорна різь однозахідна з зовнішнім діаметром 80 мм і кроком 10 мм.

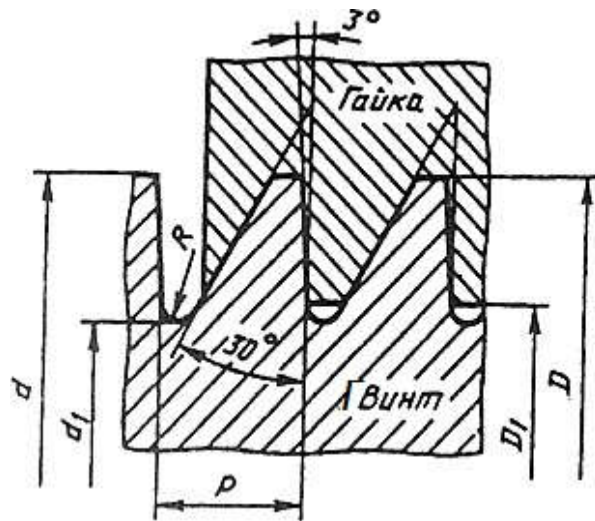


Рис. 3.22. Упорна різь

3.3.3.Кріпильні деталі.

До кріпильних деталей відносяться болти, гайки, гвинти, шпильки, шайби, штифти, шпонки та ін. Кріпильні деталі можуть бути викресленими за розмірами, узятими зі стандартів, або по умовних співвідношеннях. Останній спосіб застосовується на складальних кресленнях і на кресленнях, по яким деталі не виготовляються. Умовні співвідношення для всіх елементів деталей рекомендується брати залежно від зовнішнього діаметра різі d і кроку різі P . Стандарт розповсюджується на механічні властивості болтів, гвинтів і шпильок, виготовлених з вуглецевих і легованих сталей при нормальній температурі, діаметром різі від 1 до 48 мм.

Болт уявляє собою циліндричний стрижень з голівкою на одному кінці і різзю на іншому кінці. Болти використовуються (разом з гайками, шайбами) для скріплення двох чи декількох деталей. Існують різні типи болтів, що відрізняються друг від друга за формою і розмірами голівки і стрижня, по кроку різі, по точності виготовлення і по виконанню.

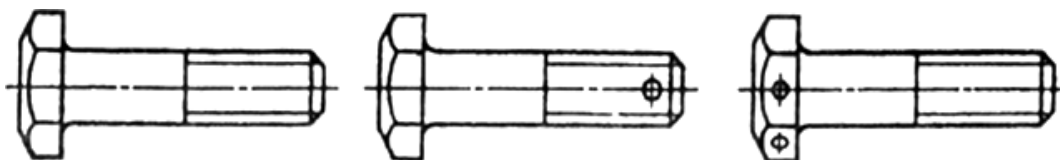


Рис. 3.23. Виконання болтів

Болти із шестигранними голівками мають від трьох (рис. 3.23) до п'яти виконань: виконання 1 – без отворів (у голівці і стрижні); виконання 2 – з отвором на різьбовій частині стрижня; виконання 3 – із двома отворами в голівці болта.

При зображенні болта на кресленні виконують два види (рис. 3.24) за загальними правилами і наносять розміри довжини l болта, довжини різі l_0 , розмір під ключ S і позначення різі Md . Висота H голівки в довжину болта не включається.

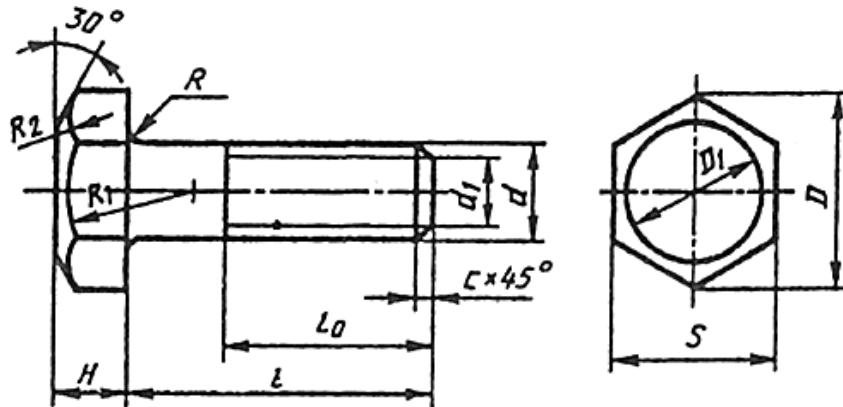


Рис. 3.24. Виконання болта

Основні параметри болтів:

l – довжина болта ;

$l_0 = 2d + 6$ – довжина нарізаної частини болта;

$d_1 = 0,85d$ – внутрішній діаметр різі болта;

$H = 0,7d$ – висота головки болта;

$D = 2d$ – діаметр кола, описаного навколо шестикутника;

$S \approx 1,7d$ (або побудовою) – розмір під ключ;

$c = (0,12 \div 0,15) d$ – висота фаски нарізаного кінця стрижня;

$R = 0,08d$ – радіус закруглення під головкою болта;

$R_1 = 1,5d$ – закруглення головки болта;

$D_1 \approx 1,6d$;

R_2 – визначається побудовою.

Приклади умовних позначок болтів:

Болт М12 х 60 ДСТУ 7798–70 – із шестигранною голівкою, першого виконання, з різзю М12, крок різі великий, довжина болта 60 мм.

Болт 2М12 х 1,25 х 60 ДСТУ 7798–70 – із дрібною метричною різзю М12х1,25, другого виконання, довжина болта 60 мм.

Гвинт уявляє собою циліндричний стрижень, на одному кінці якого виконана різь, на іншому кінці є голівка. По призначенню гвинти розділяються

на кріпильні і настановні. Кріпильні гвинти застосовуються для з'єднання деталей шляхом укручування гвинта нарізаною частиною в одну з деталей, що з'єднуються.

Настановні гвинти використовуються для взаємного фіксування деталей. Їхній стрижень нарізаний цілком, вони мають натискний кінець циліндричної чи конічної форми або плоский кінець (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Виконання гвинта

Кріпильні гвинти бувають чотирьох виконань; виконання

1 – діаметр різі більше діаметра гладкої частини стрижня (рис. 3.27); виконання 2 – діаметр різі дорівнює діаметру гладкої частини; виконання 3 – голівка гвинта має хрестоподібний шліц для викрутки.

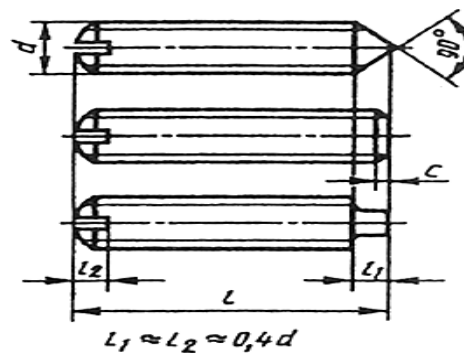


Рис. 3.26. Виконання кріпильних гвинтів

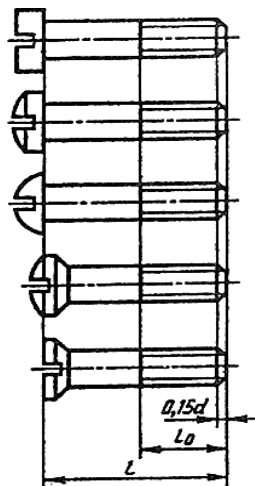


Рис. 3.27. Виконання кріпильних гвинтів

У залежності від умов роботи гвинти виготовляються (рис. 3.27) з циліндричною голівкою, напівкруглою голівкою, напівпотайною голівкою чи потайною голівкою зі шліцом, а також з голівкою під ключ і з рифленням.

Висота голівки в довжину гвинта не входить, виключення складають гвинти з потайною голівкою. На кресленні форму гвинта зі шліцом цілком передає одне зображення на площині, паралельній осі гвинта. При цьому вказують розмір різі, довжину гвинта, довжину нарізаної частини ($l_0 = 2d + 6$ мм) і умовна позначка гвинта по відповідному стандарті.

Приклади умовних позначок гвинтів:

Гвинт М12х50 ДСТУ 1491–80 циліндричною голівкою, першого виконання, з різью М12 з великим кроком, довжиною 50 мм; Гвинт 2М12х1,25х50 ДСТУ 17475–80 – з потайною голівкою, другого виконання, із дрібною метричною різью діаметром 12 мм і кроком 1,25 мм, довжина гвинта 50 мм.

Шпилька уявляє собою циліндричний стрижень з різью на обох кінцях (рис. 3.28). Шпилька служить для з'єднання двох чи декількох деталей. Один кінець шпильки l_1 вгвинчується в нарізаний отвір деталі, а на інший кінець l_0 нагвинчується гайка. Випускають шпильки з двома однаковими по довжині різі кінцями для деталей із гладкими наскрізними отворами. Довжина гладкої частини стрижня шпильки повинна бути не менш $0,5d$. Довжина кінця шпильки l_1 залежить від матеріалу нарізаного отвору, в який вгвинчується шпилька:



Рис. 3.28. Виконання шпильки

$l_1 = 1,0 d$ – шпилька вгвинчується в сталь, бронзу, латунь;

$l_1 = 1,25d$ – шпилька вгвинчується в чавун;

$l_1 = 2d$ – шпилька вгвинчується в легкі сплави.

Довжина другого кінця шпильки l_0 приймається рівною $2d \square 6$ мм. Довжиною шпильки l називають довжину частини шпильки безнарізаного кінця, що вгвинчується в деталь (l_1). При зображенні шпильки викреслюють тільки один вид на площині, паралельній осі шпильки, і вказують розміри різі, довжину l шпильки і її умовну позначку.

Шпилька М8 х 60 ДСТУ 22038–76 – з великою метричною різью діаметром 8 мм, довжина шпильки 60 мм, призначена для вгвинчування в легкі сплави, довжина кінця, що вгвинчується, 16 мм.

Шпилька М8 х 1,0 х 60 ДСТУ 22038–76 – та ж, але з дрібним кроком різі – 1,0 мм.

Гайка – кріпильна деталь з нарізаним отвором у центрі. Застосовується для нагвинчування на болт чи шпильку до упора в одну з деталей, що з'єднуються.

У залежності від назви й умов роботи гайки виконують шестигранними, круглими, фасонними і т.д. Найбільше застосування мають гайки шестигранні. Їх виготовляють трьох виконань: виконання 1 – із двома конічними фасками (рис. 3.29); виконання 2 – з однією конічною фаскою; виконання 3 – без фасок, але з конічним виступом з одного торця.

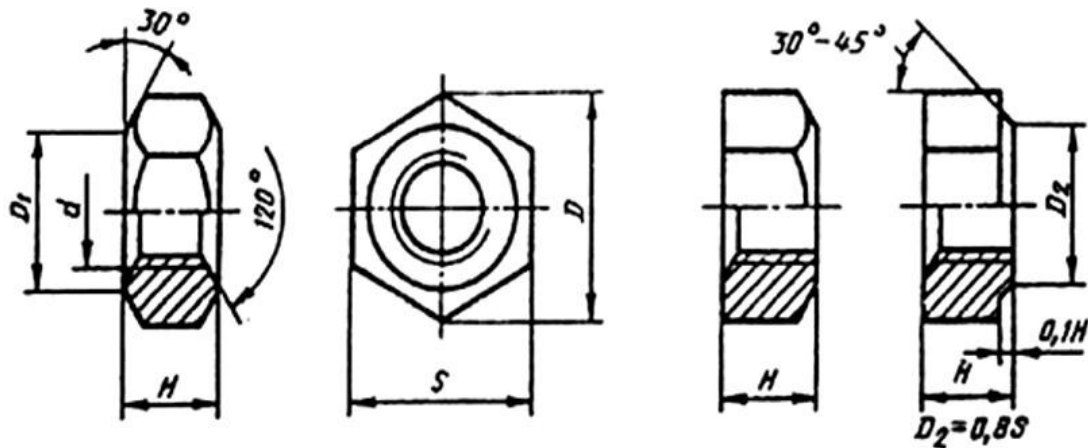


Рис. 3.29. Виконання гайок

Форму гайки на кресленні цілком передають два її види: на площині проєкцій, паралельній осі гайки, сполучають половину виду з половиною фронтального розрізу, і на площині, перпендикулярній осі гайки, з боку фаски. На кресленні вказують розмір різі, розмір S під ключ і дають позначення гайки по стандарту.

Приклади умовних позначок гайок:

Гайка М12 ДСТУ 5915–70 – першого виконання, з діаметром різі 12 мм, крок різі великий;

Гайка 2М12 х 1,25 ДСТУ 5915–70 – другого виконання, із дрібною метричною різзю діаметром 12 мм і кроком 1,25 мм.

Шайба являє собою точене чи штамповане кільце, що підкладають під гайку, голівку гвинта чи болта в нарізних з'єднаннях.

Площина шайби збільшує опорну поверхню й охороняє деталь від задирань при загвинчуванні гайки ключем. З метою запобігання нарізного з'єднання від мимовільного розгвинчування в умовах вібрації і знакозмінного навантаження застосовують шайби пружинні і шайби стопорні, що мають виступи-лапки. Круглі шайби мають два виконання (рис. 3.30): виконання 1 –

без фаски, виконання 2 – з фаскою. Форму круглої шайби цілком передає одне зображення на площині, паралельній осі шайби.

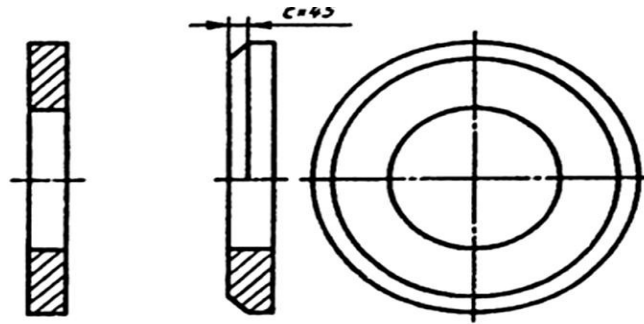


Рис. 3.30. Виконання шайб

Внутрішній діаметр шайби звичайно на 0,5...2,0 мм більше діаметра стрижня болта, на який шайба надівається. В умовну позначку шайби включається і діаметр різі стрижня, хоча сама шайба різі не має.

Приклади умовної позначки шайби:

Шайба 20 ДЕСТ 11371– 78 – кругла, першого виконання, для болта з різзю М20;

Шайба 2.20 ДЕСТ 11371–78 – та ж шайба, але другого виконання.

3.3.4.З'єднувальні деталі трубопроводів. Роз'ємні з'єднання труб здійснюються за допомогою з'єднувальних деталей (муфт, кутовиків, трійників і т.д.).

Конструкція і розміри з'єднувальних деталей трубопроводів визначені стандартами. Кінці труб мають різь зовнішню, а з'єднувальні деталі – внутрішню. Основним параметром деталей трубних з'єднань є умовний прохід D_u – внутрішній діаметр труб у міліметрах. З'єднувальні деталі трубопроводів мають покриття в основному цинкове.

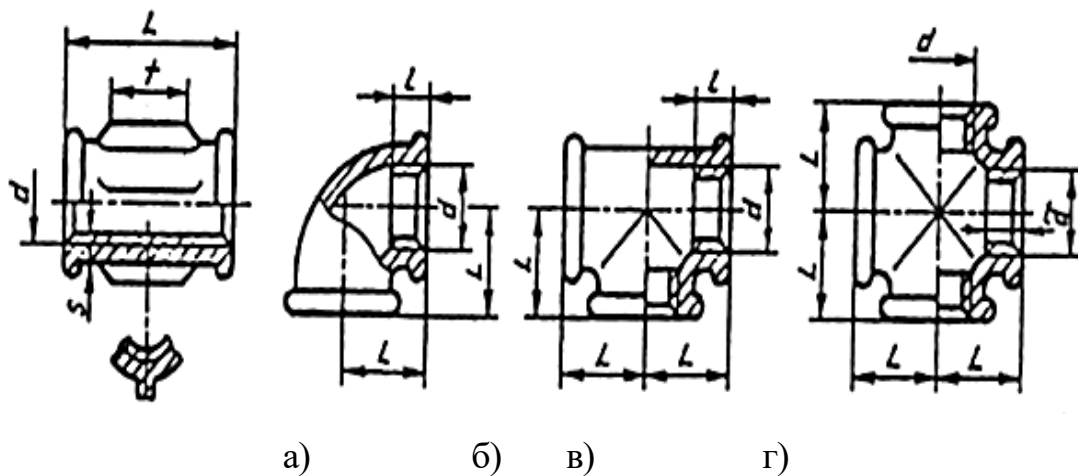


Рис. 3.31. З'єднувальні деталі трубопроводів.

Муфти (рис. 3.31, а) використовуються для різьбового з'єднання двох труб. Муфта має наскрізний нарізний отвір з трубною циліндричною різзю та ребра по зовнішній поверхні (для зручності збирання з'єднання).

Кутовики (рис. 3.31, б) служать для різьбового з'єднання труб під кутом 90 град., мають наскрізний отвір, на обох кінцях якого нарізана трубна циліндрична різь.

Приклади умовних позначок з'єднувальних деталей трубопроводів:

Муфта довга 20 ДЕСТ 8955–75 – пряма, неоцинкована, для труб з умовним проходом 20 мм;

Кутовик Ц-25 ДЕСТ 8946–75 – прямий, оцинкований, для труб з умовним проходом 25 мм.

3.3.Роз'ємні з'єднання.

Різьбові з'єднання являються нерухомими роз'ємними з'єднаннями, до них відносяться: болтове з'єднання; з'єднання шпилькою; з'єднання болтом або гвинтом; з'єднання труб.

Різьбові з'єднання виконуються за допомогою кріпильних деталей: болтів, шпилек, гвинтів, гаєк, шурупів і т.д.

Болтове з'єднання використовують для скріплення двох та більш деталей. Болтове з'єднання складається з болта, гайки, шайби і деталей, що з'єднуються.

У деталях, що з'єднуються, просвердлюють наскрізні отвори діаметром $d_0 = (1,05...1,10)d$, де d – діаметр різі болта. В отвір уставляють болт, надягають на нього шайбу і нагвинчують до упора гайку (рис. 3.32).

Зображення такого з'єднання складається із зображень: болта, гайки, шайби та частин деталей, що скріплюються.

На кресленні болтового з'єднання (рис. 3.32) виконують не менш двох зображень – на площині проекцій, паралельній осі болта, і на площині проекцій, перпендикулярної його осі (з боку гайки).

При зображенні болтового з'єднання в розрізі болт, гайку і шайбу показують нерозрізаними.

Голівку болта і гайку на головному виді зображують трьома гранями. Суміжні деталі штрихують з нахилом у різні сторони. На кресленні болтового з'єднання вказують три розміри: діаметр різі, довжину болта і діаметр отвору під болт.

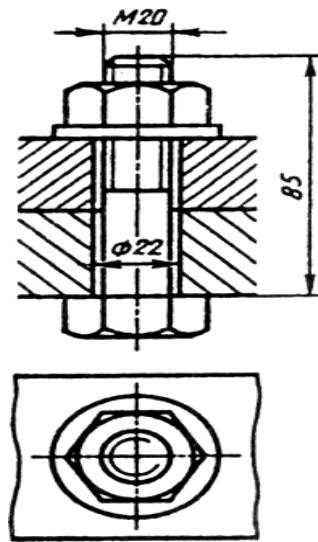


Рис. 3.32. Болтовез'єднання

Довжину болта визначають по формулі

$$l \geq b_1 + b_2 + S_{\text{ш}} + H + a + c,$$

де b_1 і b_2 – товщина деталей, що з'єднуються;

$S_{\text{ш}} = 0,15d$ – товщина шайби;

$H = 0,8d$ – висота гайки;

$a = (0,25 \div 0,5)d$ – запаси різі болта на виході з гайки

$c = (0,12 \div 0,15)d$ – висота фаски нарізаного кінця стрижня

Розрахункову довжину болта округляють до найближчої стандартної довжини болта.

Приклад розрахунку довжини болта при заданому діаметрі його стрижня.

Дві деталі I і II з товщинами $b_1 = 20$ мм і $b_2 = 30$ мм необхідно з'єднати за допомогою болта М24 ДСТУ 7798–70, гайки 2М24 ДСТУ 5915–70 і шайби 24 ДСТУ 11371–68.

В відповідних ДСТУ знаходять чисельні значення величин:

$S_{\text{ш}} = 4$ мм (ДЕСТ 11371–68);

$H = 19$ мм (ДЕСТ 5915–70);

$a = 3$ мм (ДЕСТ 9150–59);

$c = 2,5$ мм (ДЕСТ 7798–70),

потім підставляють в формулу, із якої отримують

$$l = 20 + 30 + 4 + 19 + 3 + 2,5 = 78,5 \text{ мм.}$$

Отриману величину порівнюють зі стандартними довжинами болтів М24 в ДСТУ 7798–70. В таблиці є два найближчих значення 75 і 80 мм. Вибирають

довжину болта 80 мм як найближчу більшу до розрахованої. В тій же таблиці знаходять довжину нарізаної частини стрижня болта $l_0 = 54$ мм.

З'єднання шпилькою та гайкою використовують для скріплення двох та більш деталей, коли по конструктивним міркуванням використання болтового з'єднання неможливо або недоцільно, наприклад: недосяжність монтажу болтового з'єднання, неможливість наскрізного свердлування всіх деталей, що скріпляються і т.д.

Шпилькове з'єднання складається зі шпильки, шайби, гайки і деталей, що з'єднуються. З'єднання деталей шпилькою застосовується тоді, коли немає місця для голівки болта чи коли одна з деталей, що з'єднуються, має значну товщину. У цьому випадку економічно недоцільно свердлити глибокий отвір і ставити болт великої довжини. З'єднання шпилькою зменшує масу конструкцій. Одна з деталей, що з'єднуються шпилькою, має поглиблення з різью – гніздо під шпильку, що вгвинчується в нього кінцем l_1 (див. рис. 3.33). Інші деталі, що з'єднуються, мають наскрізні отвори діаметром $d_0 = (1,05 \dots 1,10)d$, де d – діаметр різі шпильки.

Гніздо спочатку висвердлюється на глибину l_2 , що на $0,5d$ більше кінця шпильки, що вгвинчується, а потім у гнізді нарізається різь. На вході в гніздо виконується фаска $s = 0,15d$. При вгвинченні у гніздо шпильці з'єднання деталей далі здійснюється як у випадку болтового з'єднання.

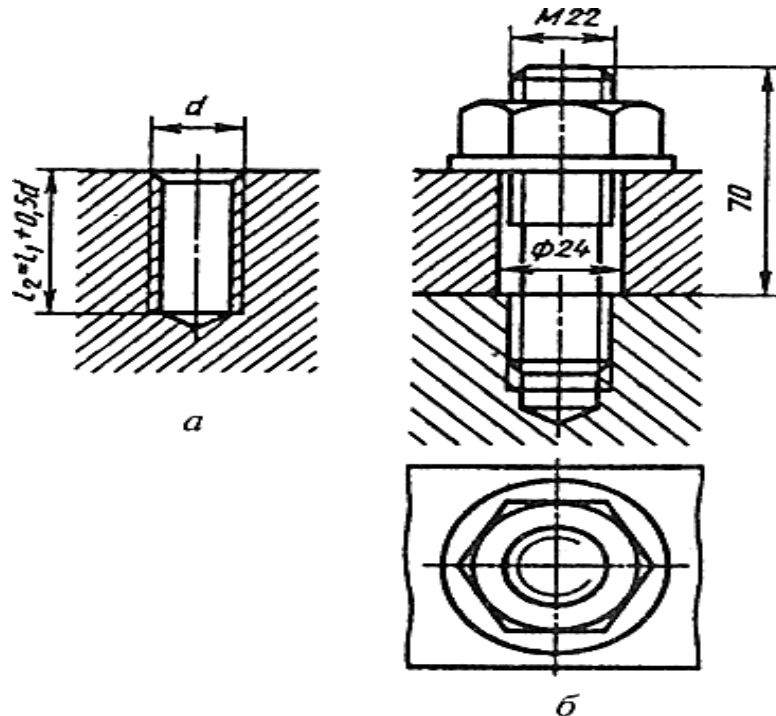


Рис. 3.33. Шпилькове з'єднання

Довжину шпильки визначають по формулі

$$l \geq b_I + S_{III} + H + a + c, \text{ мм}$$

де b_I – товщина деталі, що приєднується;

$S_{III} = 0,15d$ – товщина шайби;

$H = 0,8d$ – висота гайки;

$a = (0,25 \div 0,5)d$ – запаси різі шпильки на виході з гайки;

$c = (0,12 \div 0,15)d$ – висота фаски нарізаного кінця стрижня

Розрахункову довжину шпильки округляють до стандартного значення. На кресленні шпилькового з'єднання лінія розділення деталей, що з'єднуються, повинна збігатися з границею різі нарізаного кінця шпильки, що вгвинчується.

Гніздо під шпильку закінчується конічною поверхнею з кутом 120° . Нарізати різь до кінця гнізда практично неможливо, але на складальних кресленнях допускається зображувати різь на всю глибину гнізда. На кресленні шпилькового з'єднання вказують ті ж розміри, що і на кресленні болтового з'єднання. Штрихування в нарізному з'єднанні шпильки з деталлю, у яку шпилька вгвинчена, у розрізі доводять до суцільної основної лінії різі на шпильці й у гнізді.

Приклад визначення розмірів шпильки для з'єднання двох деталей шпилькою М24. Товщина деталі I – $b_I = 40$ мм, матеріал деталі II – чавун, товщина її більш 50 мм.

Знаходять для шпильки М24 (при загвинчуванні її в чавун) довжину вгвинчуваного кінця $l_I \leq 1,25d$, $l_I = 1,25 \times 24 = 30$ мм.

Довжину шпильки l (довжина шпильки без вгвинчуваного кінця) визначають по формулі $l \leq b_I \leq S_{III} \leq H \leq a \leq c$.

Значення величин вибирають із ДСТУ:

$$S_{III} = 4 \text{ мм (ДСТУ 5915 – 70);}$$

$$H = 19 \text{ мм (ДСТУ 11371 – 66);}$$

$$a = 3 \text{ мм (ДСТУ 9150 – 59);}$$

$$c = 2,5 \text{ мм (ДСТУ 7798 – 70);}$$

$$l = 40 + 19 + 4 + 3 + 2,5 = 68,5 \text{ мм.}$$

Із стандарту вибирають значення l , найближче більше до розрахункового $l = 70$ мм.

Нарізні з'єднання труб. Рознімні з'єднання труб за допомогою різі застосовуються в трубопроводах, де повинні бути забезпечені щільність і міцність з'єднань і простота їхньої зборки і розбирання. Нарізні сполучення труб здійснюються за допомогою різі на трубах і проміжних деталях: до них відносяться муфти, кутовики і т.д.

Для з'єднання труб застосовують циліндричну і конічну різі (метричну і дюймову). Щільність з'єднання з циліндричною різзю забезпечують застосуванням засобів, що ущільнюють. З'єднання конічною різзю спеціальних ущільнень не вимагає. Визначальним розміром з'єднання труб служить умовний прохід труби D_y .

Трубне з'єднання складається з труб, що з'єднуються, і сполучних деталей трубопроводів. При з'єднанні двох труб муфтою крім муфти в з'єднання входять контргайка і прокладка. Креслення трубних з'єднань виконуються по розмірах їхніх деталей як конструктивні креслення, без спрощень. Перед тим як приступити до креслення трубного з'єднання, необхідно по значенню умовного проходу D_y підібрати по таблицях відповідних стандартів розміри труб і сполучних частин.

3.4.Робоче креслення деталі.

Машини, механізми, апарати, прибори складаються із деталей. На виробництві деталі виготовляються на основі робочих креслень.

Робоче креслення деталі – це документ, що містить зображення деталі та всі дані, необхідні для виготовлення, контролю та випробування виробу. Деталі на робочому кресленні зображують у тому вигляді, з тими розмірами та іншими даними, з якими деталь надходить до складальної операції.

Робоче креслення деталі виконують або на основі креслення загального вигляду, або за ескізом, який виконується з натури.

Ескізи відрізняються від робочих креслень лише тим, що їх виконують від руки, без застосування креслярських інструментів, з дотриманням пропорційності розмірів деталі, а не їх величин. Решта вимог щодо ескізів повністю збігається з аналогічними вимогами, щодо робочих креслень.

Правила оформлення робочих креслень

Кількість зображень на робочому кресленні має бути мінімальною, але достатньою для уявлення форми деталі з урахуванням умовностей та спрощень, відповідних знаків і написів. Для складних деталей доцільно виконувати додаткові та місцеві вигляди, місцеві розрізи, перерізи, щоб уникнути виконання повних виглядів і розрізів.

Зображення деталі на фронтальній площині проєкцій називають головним виглядом. Головний вигляд має давати якомога повне уявлення про форму та елементи деталі. Правильний вибір головного вигляду дає змогу досягти мінімальної кількості решти зображень. На вибір головного вигляду впливають різноманітні конструктивні та технологічні чинники.

Масштаб зображень вибирають відповідно до ДСТУ за умови вдалого використання поля рисунка, а також можливостей зображення та нанесення розмірів, відхилень тощо для всіх елементів деталі.

Основний напис для креслень і схем встановлено за формою 1 (ДСТУ 2.104:2006), для текстових конструкторських документів першого та заголовного аркушів основний напис виконують за формою 2.

3.4.1. Типові елементи деталей.

При виконанні ескізів та робочих креслень часто доводиться стикатися з необхідністю розпізнавання та правильного викреслювання різних конструктивних елементів.

Частини деталей, які мають відповідне функціональне призначення і зумовлені відповідною технологією виготовлення, називають *типовими конструктивними елементами деталей*. Їх умовно розділяють на елементи, які виконуються на деталях незалежно від способів з'єднання з іншими деталями та елементи, призначені для конкретних видів з'єднань.

Під конструктивним елементом деталі розуміють місцеві зміни форми або поверхні деталі для надання їй додаткових властивостей при виготовленні, складанні та експлуатації.

Конструктивні елементи деталей, які виготовляються за допомогою механічної обробки:

Лиска – це плоский зріз з поверхні деталі циліндричної, конічної або сферичної форми, який розташовується паралельно осі (рис. 3.34).

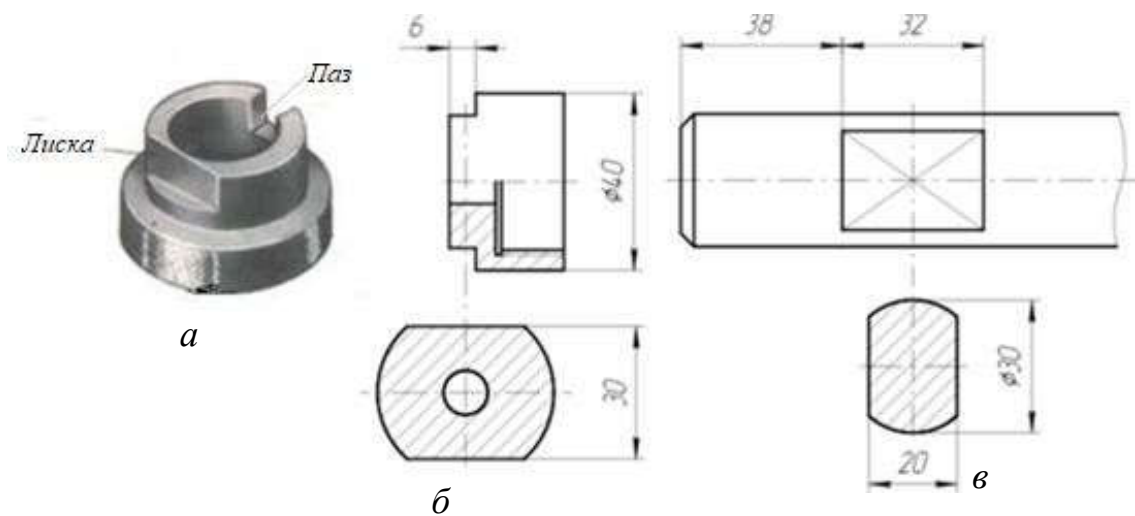


Рис.3.34

Одностороння лиска (рис. 3.34а) використовується для щільного з'єднання з площиною іншої деталі, а також для запобігання поломки ріжучого інструмента від стикання з криволінійною поверхнею деталі.

Двосторонні лиски розташовані рівновіддалено від осі, паралельно одна одній і призначені для захвату та утримання деталі від обертання або для повороту деталі за допомогою ключа (рис. 3.34 б, в).

Площини лисок, повернуті до спостерігача, виділяють на кресленні двома діагоналями, які виконуються суцільною тонкою лінією (рис. 3.34 в). Зображення винесеного перерізу деталі розташовується біля місця перерізу, що дозволяє більш точно уявити форму та проставити необхідні розміри.

Якщо чотири рівновіддалені від осі лиски розташовані перпендикулярно одна до одної, то в перерізі буде квадрат (рис. 3.35).

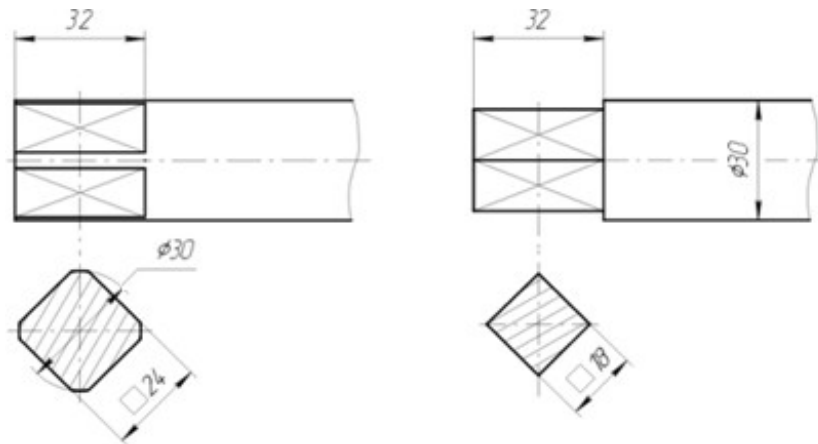


Рис.3.35

Фаска - це кромка деталі, яка зрізана під визначеним кутом (рис. Рис.3.35). Фаски виконуються на торцях (рис. Рис.3.35 а) або місцях переходу циліндричних деталей (стрижнів й отворів) і ребер.

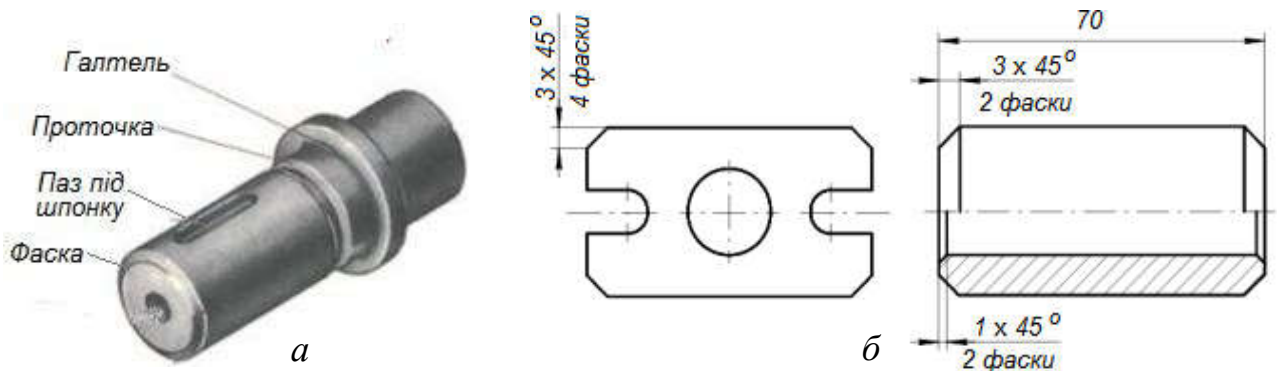


Рис.3.35

Фаски забезпечують більш зручне й швидке з'єднання деталей, ліквідують гостру кромку, яка утворюється з боків торців при виготовленні деталей, запобігають ушкодженню робочих поверхонь деталей. Найчастіше фаска виконується під кутом 45° . В такому випадку в позначення фаски входить розмір катета зрізу з вказуванням кута (рис.3.35 б). Вхідження розміру фаски в ланцюжок розмірів деталі не допускається.

Потрібно відзначити, що кількість фасок повинна дорівнювати кількості поверхонь зрізу. Якщо однакових по катету фасок декілька, то розмір фаски проставляється на одній із фасок з вказівкою їх кількості.

Якщо кут зрізу відмінний від 45° , то позначення фаски здійснюється або двома лінійними розмірами (рис.3.36 а), або лінійним та кутовим розміром (рис. 3.36 б).

Якщо розмір фаски в масштабі креслення менше ніж 1 мм, то її позначають, як на рис. 3.36 в.

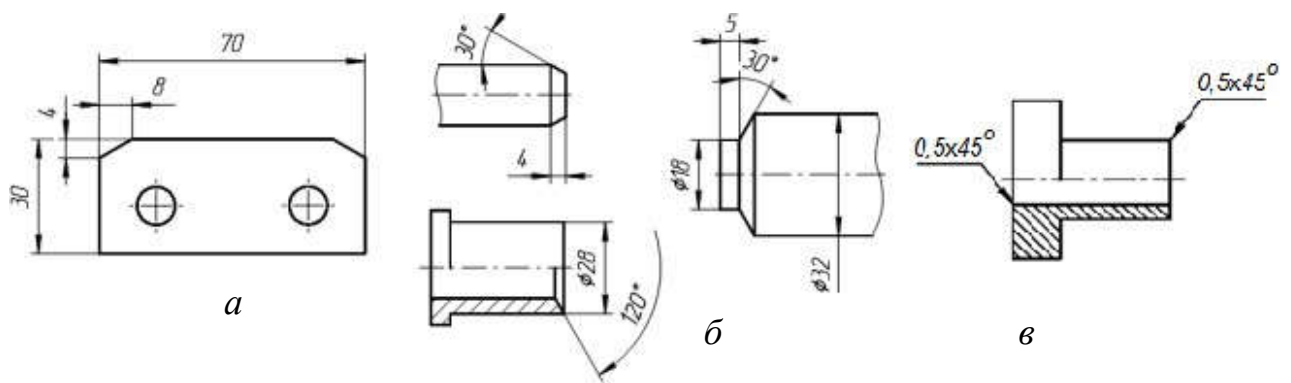


Рис. 3.36

Галтель - це скруглення кута переходу одного діаметра в інший на деталях циліндричної або конічної форми (рис. 3.35 а, рис. 3.37). Вони підвищують міцність деталі, знижуючи внутрішні напруги на цій ділянці. Розмір радіуса галтелі проставляється над розмірною стрілкою або на поличці винесення.

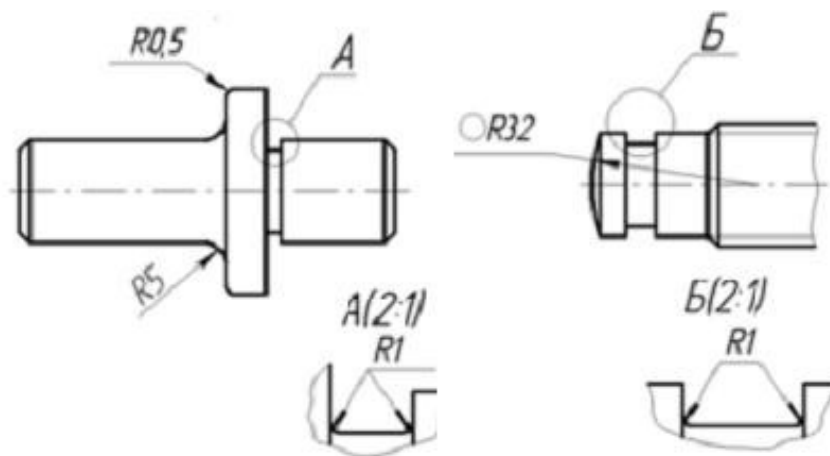


Рис. 3.37

Канавка – це протяжне заглиблення на поверхні деталі різної траєкторії простого поперечного перерізу (рис. 3.38).

Канавки призначені для відокремлення поверхонь із різною характеристикою обробки, для виходу ріжучого інструменту при виготовленні деталі або для забезпечення певних вимог при складанні та експлуатації.

Канавки використовують для приводу, розподілення та утримання мастил, для фіксації ущільнювачів різної форми. Траєкторія канавки може бути різною: по прямій, по колу, по гвинтовій лінії та ін.

Канавки для виходу шліфувального круга є технологічними елементами деталей. Форми й розміри канавок встановлені ГОСТ8820-69. На робочих кресленнях канавки, як правило, показують спрощено, а дійсне їх зображення з необхідними розмірами – на виносних елементах, які виконуються у збільшеному вигляді.

Проточка – це канавка з траєкторією кола, яка зроблена на зовнішніх циліндричних або конічних поверхнях (рис. 3.35 а, рис. 3.38 б, в, г).

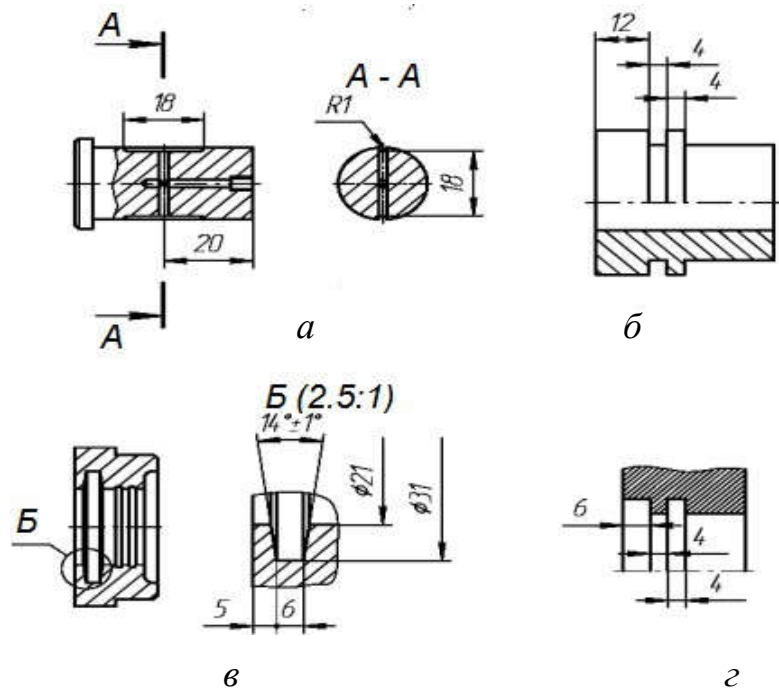


Рис. 3.38

Паз – це канавка із прямолінійною траєкторією (рис. 3.39). Пази служать для рухомого з'єднання між деталями.

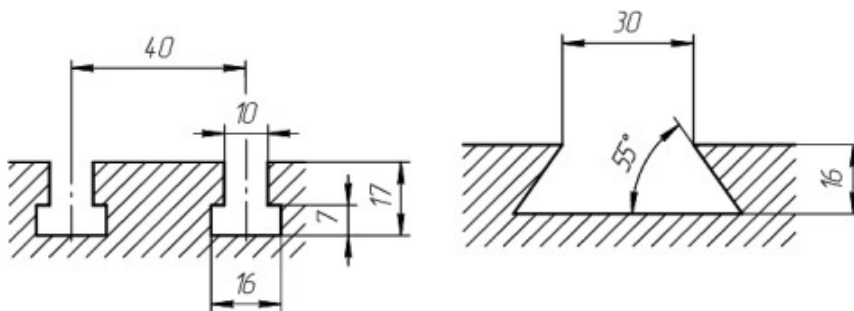


Рис. 3.39

Прорізь – це вузька канавка, яка прорізає стінки деталі наскрізь (рис.3.40).

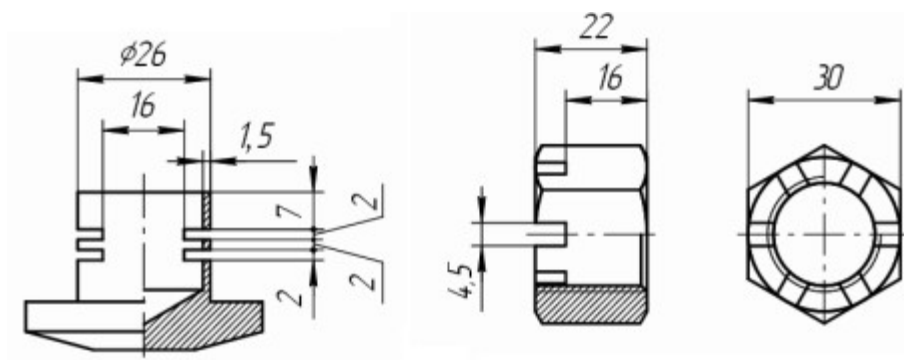
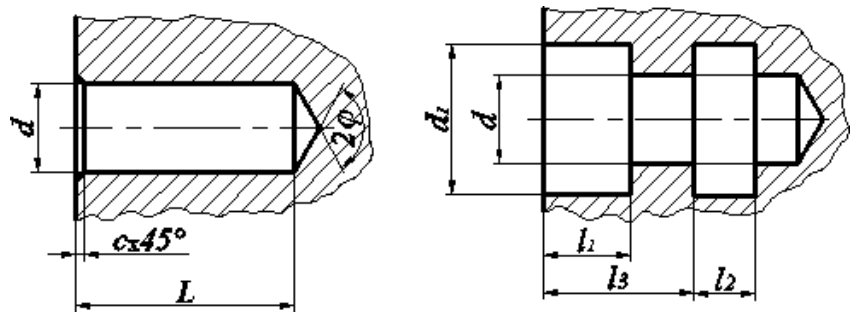


Рис.3.40

Отвори – найбільш поширені елементи деталей. Вони можуть бути циліндричної, конічної та іншої форми. Крім того, розрізняють отвори наскрізні й глухі, гладкі та різьбові, однакового перерізу по всій довжині й ступінчаті.

За позначенням отвори можна поділити на отвори *конструктивні* (наприклад, отвори під кріпильні вироби) і *технологічні* (наприклад, центрові отвори). Розглянемо деякі особливості зображення отворів і нанесення розмірів на них. При зображенні *глухого циліндричного отвору* прийнято показувати і конічний елемент, який залишається від забірної частини свердла (рис.3.41 *а*). При цьому кут при вершині конуса роблять таким, щоб він дорівнював $2\phi=120^\circ$, але цей розмір не наносять. Наносять лише діаметр отвору **d** і його глибину **L**, яка є довжиною циліндричної частини отвору. Розмір глибини фаски отвору **c** наносять паралельно осі отвору, цей розмір входить у загальну глибину отвору **L**.

Розмір глибини розточки отвору на більший діаметр звичайно координують від зовнішньої поверхні деталі



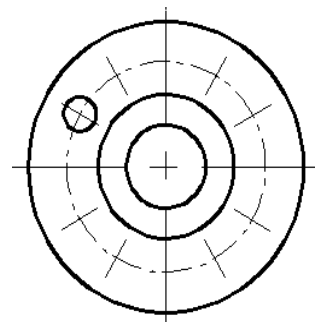
а

б

(рис.3.41 *б*).

Рис.3.41

Якщо предмет має кілька однакових рівномірно розміщених отворів, то повністю зображають один-два отвори, а решту зображають спрощено або умовно (рис.3.42).



Розміри кількох однакових отворів проставляють один раз з позначенням їх кількості. Можливі два варіанти позначення кількості отворів (рис.3.43):

- над розмірною лінією (рис.3.43 *а*) перед позначенням діаметра;
- під розмірною лінією (рис.3.43 *б*) після позначення діаметра.

Рис.3.42

Отвори, розміщені на круглих фланцях, дозволяється виконувати у розрізі, навіть якщо вони не потрапляють у січну площину розрізу (рис.3.43 *в*).

-

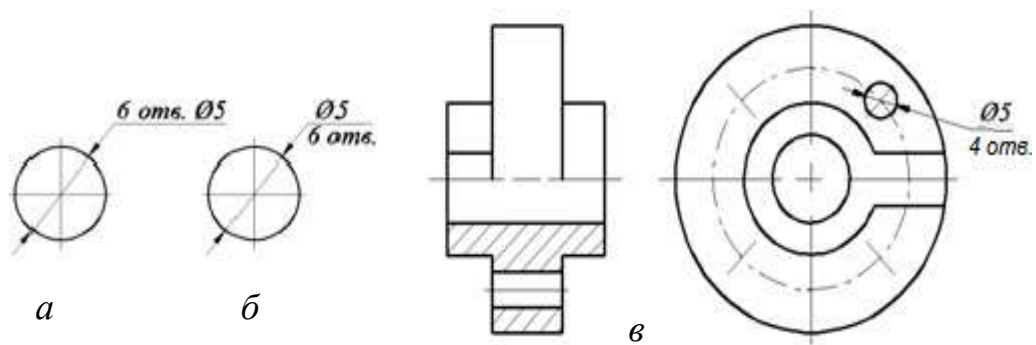
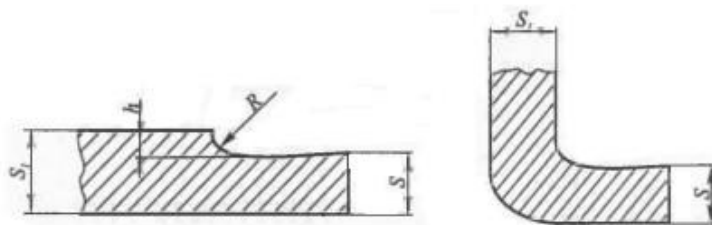


Рис.3.43

3.4.2.Конструктивні елементи литих деталей.

Стінки деталей, що виготовляються литвом повинні бути рівними за товщиною або мати рівномірне наростання масивності. Внутрішні стінки мають бути тоншими за зовнішні на 10-20%. У місцях переходу від однієї стінки до іншої виконують галтелі й скруглення (рис.3.44).

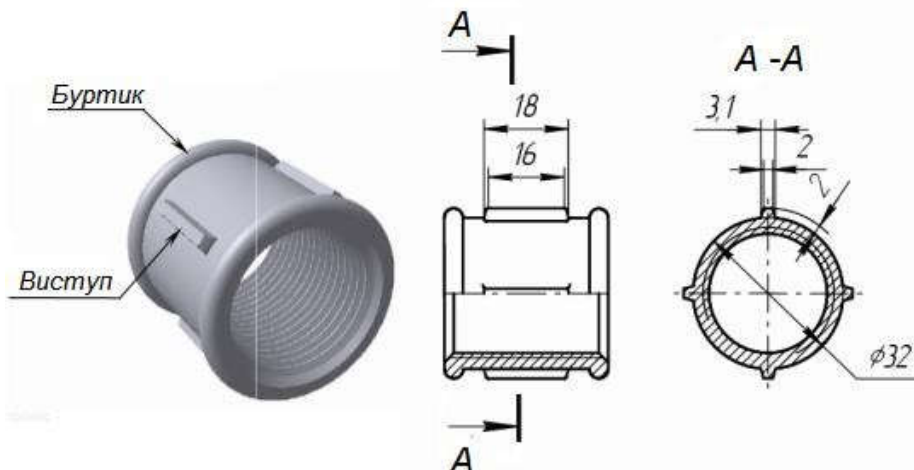


Для співвідношення стінок ($S_1:S_2$) ≤ 2 приймається: для чавуну та алюмінієвих сплавів $R = 0,3h$; для сталі, бронзи, латуні $R = 0,4h$.

Для кутових спряжень наближено $R = 0,3(S_1+S)$.

Рис.3.44

Буртик - це вузький виступ по краю деталі, призначений для упора та обмеження переміщення деталей відносно одна одної (рис.3.45).



Буртики часто виконують на литих тонкостінних деталях для надання їм жорсткості або як заміник гранної поверхні для захвату ключем.

Рис.3.45

Бобишка - це виступ на поверхні литої деталі, призначений для утворення опорної площини під кріпильні деталі (рис.3.46).

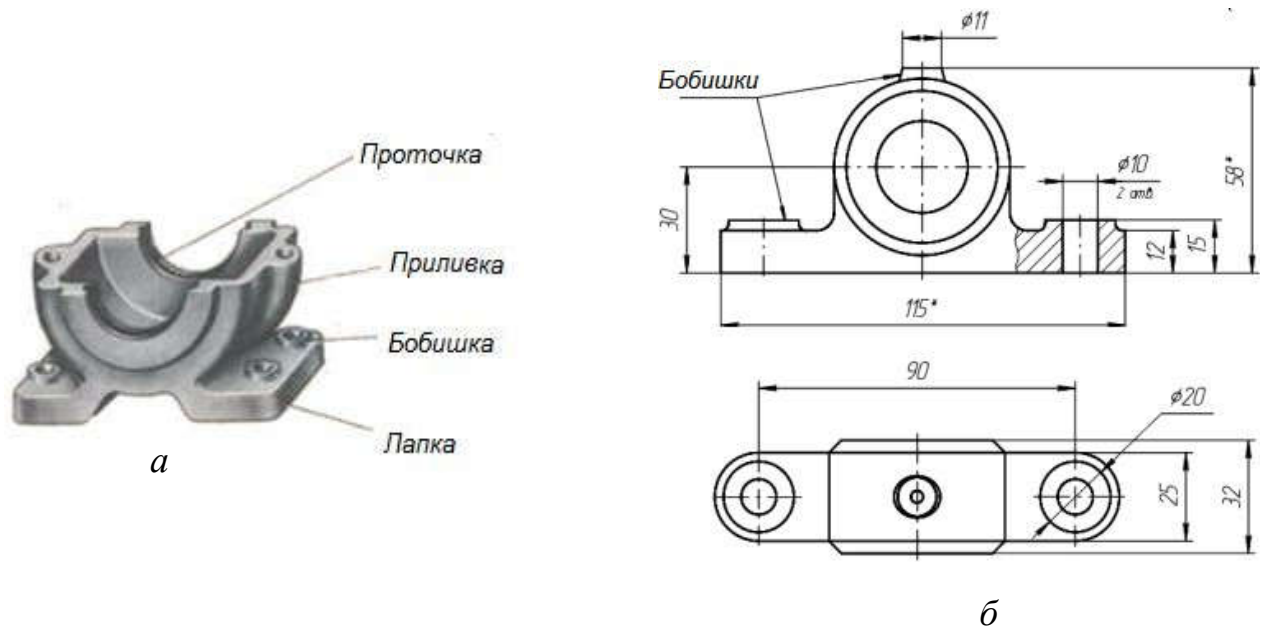
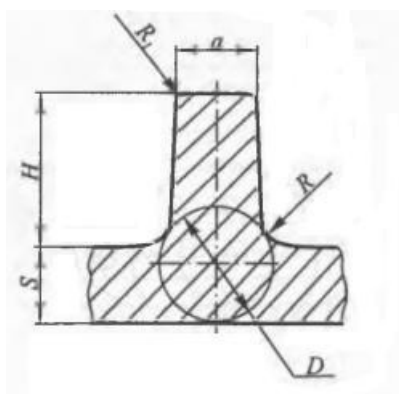


Рис.3.46

Висота бобишок приймається 2-3 мм. Опорну площину бобишки можливо обробляти, не торкаючись усіх інших поверхонь деталі. У місцях розташування отворів стінки корпусу підсилюються *приливками* за рахунок місцевого збільшення товщини (рис.3.46, а).

Ребра жорсткості (рис. 3.47) підвищують міцність литих деталей.



Коло, вписане у стінки деталі, визначає правильність положення елементів відливки.

Розміри визначаються:

$$D = 1,25 S; H \leq 5 S;$$

$$R = 0,5 S; R_1 = 0,25 S;$$

для внутрішніх ребер $a = (0,5 - 0,6) S$;

для зовнішніх $a = (0,6 - 0,7) S$.

Рис. 3.47

Формувальні уклони. Усі поверхні відливка, перпендикулярні до площини роз'ємну ливарної форми, мають формувальні уклони. Формувальні уклони виконуються на поверхнях ливарної моделі для полегшення її витягування з форми. Формувальні уклони не перевищують 3° . Інформація про формувальні уклони дається в технічних вимогах –

«Формувальні уклони ДСТУ 3212 - 80».

3.5.Складальне креслення.

Складальним називається креслення виробу, яке складається з двох і більше деталей і містить в собі зображення виробу та інші дані, потрібні для його складання (виготовлення) і контролю.

Складальне креслення дає уявлення про склад і способи поєднання між собою деталей.

Складальне креслення повинно включати в себе наступне:

а) зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розміщення та взаємний зв'язок окремих його частин. Дозволяється розташовувати на складальному кресленні схему з'єднання або схему розміщення складових частин виробу;

б) розміри з граничними відхиленнями та інші параметри і вимоги, які виконують і контролюють у процесі складання виробу;

в) вказівки про характер спряження деталей і методи його виконання, якщо точність цього спряження забезпечується в процесі складання виробу підбиранням, підгонкою тощо; вказівки про спосіб з'єднання нероз'ємних частин виробу (зварних, паяних з'єднань тощо);

г) номери позицій складових частин виробу;

д) габаритні, установлювальні, приєднувальні, а також необхідні довідкові розміри.

3.5.1.Виконання ескізів деталей виробу.

Перед тим як почати виконувати ескізи, треба:

а) з'ясувати призначення і принцип роботи виробу, вивчити його конструкцію, тобто з яких деталей складається виріб, їх призначення, як поєднані деталі між собою тощо;

б) вивчити порядок складання і розбирання виробу.

Рекомендується скласти схему послідовності його складання;

в) виявити наявність деталей, які не підлягають ескізуванню, наприклад кріпильні, стандартні тощо;

г) скласти попередню специфікацію, де показати, які конструкторські документи потрібні для виготовлення і комплектування виробу, перерахувати і позначити номери позицій складальних одиниць, деталей, стандартних виробів та матеріалів, що входять до виробу; проставити в специфікації позначення складальних одиниць та деталей.

Після докладного вивчення виробу переходять безпосередньо до виконання ескізів. Наведемо лише деякі вимоги, які слід урахувати при виконанні ескізів деталей.

1. Вибір головного виду деталі на ескізі не слід пов'язувати з розміщенням її у виробі. Рекомендується за головний вид брати зображення деталі, яке дає найкраще уявлення про її форму, розміри і відповідає основній технологічній операції в процесі її виготовлення.

2. Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів) і їх розробка повинні бути настільки повними, щоб за ними можна було передати інформацію про форму та розміри деталі.

3. Різного характеру поєднання деталей (рухомі, нерухомі), або їх посадок, досягають за рахунок реальних розмірів. Тому на ескізах слід проставляти граничні відхилення розмірів у вигляді числових величин або умовного позначення поля допуску. Якщо необхідно проставляти на ескізах граничні відхилення форми і розташування поверхонь.

4. Шорсткість поверхонь повинна відповідати характеру посадки деталі і класу її точності. Шорсткість для спряжених поверхонь, як правило, беруть однаковою.

5. Оформлювати ескізи слід за вимогами, які ставляться до робочих креслень деталей.

3.5.2.Послідовність виконання складального креслення.

1. Ескізи перевіряють щодо правильності виконання зображень, нанесення розмірів, умовних позначень тощо.

2. Вибирають необхідну і достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів), які дозволяють розкрити конструкцію виробу на складальному кресленні.

3. Залежно від складності виробу і його габаритних розмірів установлюють масштаб креслення й вибирають формат креслення. Наносять рамку і виділяють місце для основного напису.

4. Проводять осі симетрії і намічають габаритні прямокутники для розміщення окремих зображень.

5. Наносять контур основної деталі виробу, причому побудову ведуть одночасно на всіх намічених зображеннях. Разом з видом деталі виконують і потрібні розрізи.

6. Інші деталі креслять приблизно в тій самій послідовності, в якій їх приєднують. Виконують на складальному кресленні розрізи, перерізи, виносні елементи, показують різьбу і т. п.

7. Перевіряють зроблене креслення, обводять лінії видимого і невидимого контурів, заштриховують перерізи.

8. Проводять виносні і розмірні лінії, проставляють розмірні числа.
9. Заповнюють основний напис і записують технічні вимоги або технічну характеристику виробу.
10. По окремій формі складають специфікацію виробу.
11. Наносять номери позицій деталей виробу на креслення.

Якщо треба, на кресленні показують умовне позначення посадок у відповідальних спряженнях, вимоги щодо обробки деталей у процесі складання виробу або після складання, характер спряження роз'ємних і нероз'ємних деталей виробу та методи забезпечення контролю цих з'єднань, зображення контурів граничних деталей, зображення рухомих частин у крайніх або проміжному положенні тощо.

3.5.3. Вибір кількості зображень на складальному кресленні.

Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів) залежить від складності конструкції і має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про будову виробу. Навчальне складальне креслення найчастіше виконують у двох або трьох основних зображеннях, застосовуючи місцеві і додаткові види, прості, складні і місцеві розрізи, перерізи тощо.

Для предметів, що проектується у вигляді симетричної фігури, рекомендується поєднувати в одному зображенні половину вигляду з половиною відповідного розрізу. Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, вали, шатуни, рукоятки і т. п., у поздовжньому розрізі на складальному кресленні показують нерозсіченими (рис.3.48).

Як правило, показують нерозсіченими гайки і шайби. Такі елементи, як спиці маховиків і зубчастих коліс, тонкі стінки, ребра жорсткості і т.п., розрізають, але показують на кресленні незаштрихованими, якщо січна площина напрямлена вздовж осі або довгої сторони такого елемента

Штриховку в розрізі тієї самої деталі на всіх зображеннях виконують в один бік, витримуючи однакову відстань між лініями штриховки. Якщо в розрізі кілька деталей з одного матеріалу стикаються між собою, то різноманітності штриховки досягають зміною її напрямку або відстані між її лініями (рис. 3.48).

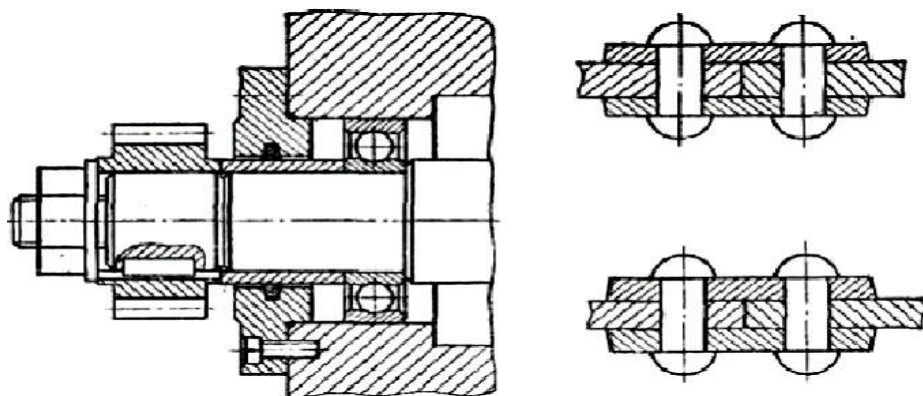


Рис.3.48. Штриховка деталей

3.5.4. Розміри на складальних кресленнях.

На складальному кресленні виробу проставляють наступні види розмірів:

1. *Габаритні розміри*, які характеризують висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр. Якщо який-небудь з цих розмірів є змінним внаслідок переміщення рухомих деталей механізму, то на кресленні показують розміри граничних положень рухомих частин.

2. *Монтажні розміри*, які потрібні для правильного поєднання між собою деталей, розміщених у виробі у безпосередньому зв'язку. Наприклад, відстань між осями валів, розміри монтажних зазорів, розмір від осі отвору до привальцевої площини тощо. Монтажні розміри наносять з граничними відхиленнями.

3. *Установлювальні розміри*, що визначають величину елементів, за якими виріб установлюють на місце його монтажу або приєднують до іншого виробу. Наприклад, відстань між осями отворів у фланцях, між осями під фундаментні болти, розміри центрових кіл і діаметри отворів під болти тощо.

4. *Експлуатаційні, або виробничі, розміри*, які показують деякі розрахункові і конструктивні характеристики виробу. Наприклад, діаметри отворів для рідини і газу в насосах і вентилях, розміри «під ключ», число зубів, їх модуль, позначення різьби для приєднання межових деталей тощо.

Розміри окремих деталей або їх елементів на складальному кресленні не проставляють, бо на складання йдуть готові деталі. Розміри габаритні, установлювальні, приєднувальні, експлуатаційні, а також розміри, що показують граничні положення окремих елементів конструкції, відносять до довідкових і позначають знаком «*». На складальному кресленні проставляють розміри отворів під болти, гвинти, заклепки, штифти, якщо ці отвори обробляють під час складання виробу.

3.5.5.Номери позицій.

На складальному кресленні всі складові частини виробу нумерують відповідно до номерів позицій, нанесених у специфікації виробу, тобто спочатку заповнюють специфікацію, а потім з неї переносять на креслення відповідні номери позицій. Номери позицій слід проставляти на тому зображенні, на якому певна деталь проектується як видима, віддаючи при цьому перевагу основним виглядам або розрізам, розміщеним на їх місці.

Проставляють номери позицій на поличках ліній-виносок, які заходять на зображення деталі і закінчуються потовщенням у вигляді точки. Розміщують номери паралельно основному напису креслення поза контуром зображення, групуючи їх у рядок або в колонку по можливості на одній прямій. Номер позиції проставляють на кресленні, як правило, тільки один раз. В разі потреби дозволяється повторювати номери позицій для однакових складових частин виробу. Цифри для номерів позицій мають бути на один-два розміри більшими за розмір шрифту, вибраного на тому самому кресленні для розмірних чисел.

Лінії-виноски і полички виконують тонкими суцільними лініями, причому лінії-виноски повинні не перетинатися між собою і по можливості не бути паралельними лініям штриховки розрізів і перерізів. Дозволяється проводити спільну лінію-виноску з вертикальним розміщенням номерів позицій для групи кріпильних деталей (болт, гайка, шайба тощо), що належить до однієї точки кріплення, або для групи деталей з добре виявленим взаємозв'язком, якщо від кожної деталі провести окрему лінію-виноску неможливо. В останньому випадку лінію-виноску проводять від закріплюваної складової частини.

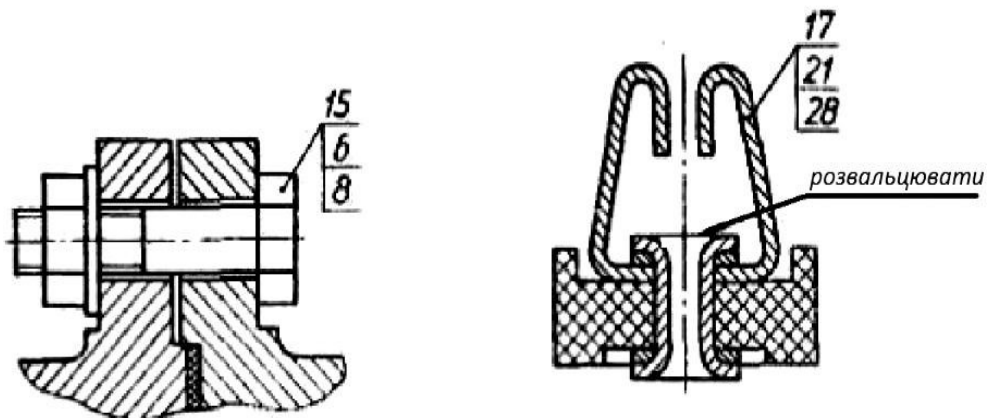


Рис.3.49. Виконання ліній-виносок

3.6.Специфікація.

Специфікація – це основний конструкторський документ для складальної одиниці, який визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту, потрібний для виготовлення конструкторських документів і для запускання виробу у виробництво.

На кожну складальну одиницю виконують свою специфікацію на окремих аркушах за формою 1 (таблиця 3.1). Якщо складальне креслення виконано на форматі А1, дозволяється поєднувати специфікацію з самим кресленням.

У загальному вигляді специфікація складається з таких розділів:

а) документація; б) складальні одиниці; в) деталі; г) стандартні вироби; д) інші вироби; е) матеріали; є) комплекти. Назву кожного розділу записують у специфікації у вигляді заголовка в графі «Назва» і підкреслюють.

У розділ «Документація» заносять документи, що складають основний комплект конструкторських документів на специфікований виріб, крім самої специфікації. Документи записують у певній послідовності, наприклад: складальне креслення, креслення загального вигляду, монтажне креслення, пояснювальна записка тощо.

У розділ «Складальні одиниці» записують складальні одиниці, що безпосередньо входять до специфікованого виробу. На кожну з них виконують самостійне складальне креслення із своєю специфікацією.

У розділ «Деталі» записують оригінальні деталі, що безпосередньо входять до виробу. Деталі записують у послідовності зростання цифр, які входять у позначення.

У розділ «Стандартні вироби» записують вироби, виготовлені за державними стандартами (ДСТУ), галузевими стандартами, стандартами окремих виробництв і т. д. У межах кожної категорії стандартів вироби записують за однорідними групами, об'єднаними їх функціональним призначенням, наприклад: підшипники, кріпильні вироби, електротехнічні вироби і т. п. У межах кожної групи – в алфавітній послідовності їх назв, у межах назви – за зростанням номерів стандартів і, нарешті, у межах кожного номера стандарту – в порядку зростання основних параметрів виробу. Наприклад, групу кріпильних деталей слід записувати в специфікацію за алфавітом, а саме: болти; гайки; гвинти; шайби; шпильки тощо. У межах назви болти, наприклад, записують у послідовності зростання номерів стандартів; якщо номер той самий, – у послідовності зростання параметрів болтів, тобто зростання їх діаметрів і довжин.

У розділ «Матеріали» записують лише ті матеріали, які безпосередньо входять до складального виробу. Записувати їх слід у такій послідовності:

а) чорні метали; б) кольорові метали; в) пластмаси; г) паперові і текстильні матеріали; д) деревні матеріали; е) гумові і шкіряні матеріали; є) лаки і фарби та ін.

У специфікацію не записують такі матеріали, як, наприклад, лаки, фарби, електроди, припой, клей та ін., якщо кількість цих матеріалів визначає не конструктор, а технолог. Вказівку про ці матеріали роблять у технічних вимогах до креслення.

Розглянемо, як заповнюють окремі графи специфікації:

1. У графі «Формат» записують позначення формату, на якому виконано креслення деталі або інший конструкторський документ. Цю графу не заповнюють для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали». Для деталей, на які креслення не виготовлені, у цій графі слід писати «БК».

2. У графі «Зона» проставляють позначення зони, в якій розміщена певна складова частина виробу. Цю графу заповнюють лише для креслень, розподілених на зони.

3. У графі «Поз.» наводять порядкові номери складових частин виробу в послідовності записування їх у специфікацію. Для розділів «Документація» і «Комплекти» цю графу не заповнюють.

4. У графі «Позначення» записують позначення конструкторських документів на всі документи й вироби, занесені до специфікації. Не заповнюють цю графу для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали».

5. У графі «Назва» записують:

а) для документів що входять в основний комплект документів специфікованого виробу, лише їх назву, наприклад: «Складальне креслення», «Схема», «Технічні умови» і т. п.;

б) для складальних одиниць і деталей – їх назву згідно з основним написом на кресленнях цих виробів. Для деталей, на які не випущені креслення, показують не тільки назву, а й матеріал і розміри, за якими деталь виготовлена;

в) для стандартних виробів і матеріалів – їх назву і умовне позначення за відповідним стандартом або технічними умовами.

6. У графі «Кількість» показують кількість складових частин, які входять до одного виробу, а для матеріалів – кількість матеріалу на один виріб з позначенням одиниці вимірювання.

7. У графі «Примітка» наводять додаткові дані, що стосуються виробів, документів і матеріалів, занесених до специфікації. Для деталей, на які немає креслень, записують масу деталей.

Після кожного розділу специфікації залишають кілька вільних рядків.

Приклад розгорнутої специфікації виробу можна побачити у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

5	15	8	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт кн									
</																		

ЛІТЕРАТУРА

1. Бенке Й. З. Збірник тестів з інженерної графіки. Технічне креслення : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2024. 184 с.
2. Браїлов О. Ю. Інженерна геометрія : підручник. Київ : Каравела, 2023. 516 с.
3. Ванін В. В., Ковальов С. М., Михайленко В. Є. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник. Київ : Каравела, 2018. 360 с.
4. Волошкевич П. П., Бойко О. О., Базишин П. А., Мацура Н. О. Технічне креслення та комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Київ : Кондор-Видавництво, 2017. 234 с.
5. Воронцов Б. С., Бочарова І. А. Нарисна геометрія : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 187 с.
6. Колосова О. П., Баскова Г. В., Лазарчук М. В. Навчальні завдання з нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки для програмованого навчання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 94 с.
7. Костюкова Т. І. Інженерна графіка : практикум : навчальний посібник. Львів : Новий Світ–2000, 2023. 365 с.
8. Кравченко І. В., Микитенко В. І. Розробка конструкторської документації в середовищі AutoCAD Mechanical : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 342 с.
9. Надкернична Т. М., Лебедева О. О. Курс комп'ютерної графіки в середовищі AutoCAD. Теорія. Приклади. Завдання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.
10. Пустюльга С. І., Самостян В. Р. Машинобудівне креслення : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. 275 с.
11. Чермних І. О., Нестеренко В. І., Краєвська О. О. та ін. Основи інженерної графіки з елементами професійного конструювання : підручник. Київ : Кондор, 2020. 240 с.
12. Bethune J., Byrnes D. Engineering Graphics with AutoCAD 2023. 1st ed. Peachpit Press, 2022. 832 p.

Навчально-методичне видання

НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для виконання графічних робіт

здобувачами першого (бакалаврського) рівня

вищої освіти ОПІ «Агроінженерія»

спеціальності Н7 «Агроінженерія»

денної форми здобуття вищої освіти

Укладачі:

Полянський Павло Миколайович

Степанов Сергій Миколайович

Комочкін Микола Сергійович

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 7.1

Тираж 30. Зам. № ____.

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету.
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.