

**ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА
ГРАФІКА:
ПРАКТИКУМ ДЛЯ НАВЧАННЯ
В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНО-
ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

*НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
за редакцією проф. Д. В. Бабенка*

Миколаїв
МНАУ
2020

УДК 744 : 004. 92

I-62

Д. В. Бабенко, Н. А. Доценко, О. А. Горбенко, С. М. Степанов

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Миколаївського національного аграрного університету від 30.06.2020 р., протокол №10.

Рецензенти:

І. П. Атаманюк – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої та прикладної математики, Миколаївський національний аграрний університет;

Р. М. Тріщ – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації, Українська інженерно–педагогічна академія (м. Харків);

А. С. Гордєєв – д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики, Українська інженерно–педагогічна академія (м. Харків).

Інженерна та комп'ютерна графіка: практикум для навчання в умовах інформаційно-освітнього середовища : навч. посіб. / [Д. В. Бабенко, Н. А. Доценко, О. А. Горбенко та ін.] ; за ред. професора Д. В. Бабенка. – Миколаїв : МНАУ, 2020. – 256 с.

ISBN 978–617–7149–46–9

В навчальному посібнику представлено основи інженерної та комп'ютерної графіки, загальні стандарти та методи представлення зображень, принципи роботи із засобами проектування. Теоретичний матеріал дисципліни, методики виконання задач, контрольні питання та завдання для практичних та самостійних робіт доповнені засобами інформаційно-освітнього середовища: мультимедійними презентаціями до лекцій, тестовими навчальними тренажерами та аудіовізуальними інструкціями до роботи із системами автоматизованого проектування. Розроблений для закладів вищої освіти III і IV рівнів акредитації, фахівців, науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти інженерних спеціальностей.

УДК 744 : 004. 92

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2020
©Бабенко Д. В., Доценко Н. А.,
Горбенко О. А. та ін., 2020

ISBN 978–617–7149–46–9

ВСТУП

Дисципліна «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. Навчальний посібник «Інженерна та комп'ютерна графіка» складається із трьох розділів: нарисна геометрія, інженерна графіка та комп'ютерна 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 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. Комп'ютерна графіка вивчає методи та прийоми обробки графічних зображень за допомогою систем автоматизованого проєктування.

Сучасні методики навчання приділяють значну увагу використанню інформаційно-освітнього середовища – системи доступних користувачеві джерел інформації, способів і засобів її обробки, а також умов інформаційної взаємодії суб'єкта з цими джерелами. У посібнику надається теоретичний матеріал, завдання, контрольні питання і рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти інженерних спеціальностей із використанням інформаційно-освітнього середовища, які представлені у вигляді QR-кодів і дають змогу перейти до мультимедійного або інтерактивного елемента курсу.

Вивчення дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» в умовах інформаційно-освітнього середовища відбувається наступним чином: здобувач вищої освіти реєструється на курс, опанувавши теоретичний матеріал посібника, він отримує завдання для виконання. Після кожного параграфу посібника представлений QR-код із посиланням на мультимедійну презентацію до лекції або аудіовізуальну інструкцію до роботи із системами автоматизованого проектування, які допоможуть у виконанні завдання. Перевірити отримані знання після кожного розділу можна за допомогою контрольних питань та тестового навчального тренажера, який також представлений у вигляді QR-коду.

Умовні позначення в курсі «Інженерна та комп'ютерна графіка»

- Точки в просторі позначають великими буквами латинського алфавіту: A, B, C, D, E , тощо.
- Прямі та криві лінії в просторі позначають малими буквами латинського алфавіту: a, b, c, d, e , тощо. Лінії рівня (в тому числі й сліди площини) позначають буквами: горизонталі – h , фронталі – f , профільні – p .
- Площини в просторі позначають малими буквами грецького алфавіту: $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, тощо.
- Плоскі кути позначають такими самими буквами та значком \angle або з написанням слова „кут”: $\angle\alpha$, або „кут α ”.
- Площини проекцій позначають грецькою буквою Π з індексом $1, 2, 3, 4, 5$ і т.д. Основні площини проекцій: Π_1 – горизонтальна, Π_2 – фронтальна, Π_3 – профільна. Бісекторну площину четвертого кута позначають буквою K .
- Проекції точок, прямих, площин, кутів позначають тими самими буквами, що й у просторі з додаванням підрядкового індексу відповідної площини проекції A_1, α_1, α_1 .
- Натуральну систему координат позначають через $Oxyz$.
- Осі проекцій на рисунку позначають через x_{12}, y_{13}, z_{23} , початок координат – буквою O .

- Центри проектування і напрямки проектування позначають відповідно буквами S, T, U та s, t, u . При зміні площин проєкцій нову вісь позначають буквою x з відповідним індексом площин, які по ній перетинаються: x_{14}, x_{25} і т.д.
- Нове положення точки A після одного перетворення проєкції позначають через \bar{A} , після двох – через $\overline{\bar{A}}$.
- Нову допоміжну проєкцію позначають з надрядковим штрихом та підрядковим індексом тієї площини, на якій її одержано: на горизонтальній площині – A'_2 .
- Площину аксонометричних проєкцій позначають буквою Π з надрядковим штрихом: Π' .
- Аксонометричні проєкції точок, прямих, площин та кутів позначають тими самими буквами з надрядковим штрихом: A', α', α' .
- Вторинні проєкції, крім штриха, зверху мають підрядковий індекс прямокутних проєкцій: $A'_1, A'_2, A'_3, a'_1, a'_2, a'_3$.
- Аксонометричні осі позначають буквами x'_1, y'_1, z'_1 ; початок координат – буквою O' .
- Прямий кут на рисунках позначають дугою з точкою в середині одержаного сектора.
- Шукані натуральні лінійні величини позначають подвійною лінією, шукані натуральні величини кутів – подвійною дугою.
- Умовні знаки, що визначають положення геометричних сегментів та дії над ними:
 $//$ – паралельності; \perp – перпендикулярності; \times – перетину чи перерізу;
 $=$ – результату дії; \equiv – збігу, тотожності; \in – належності.

Розділ 1 НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

1.1 Загальні правила оформлення креслень. Формати, масштаби, основний напис, лінії, шрифти

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.

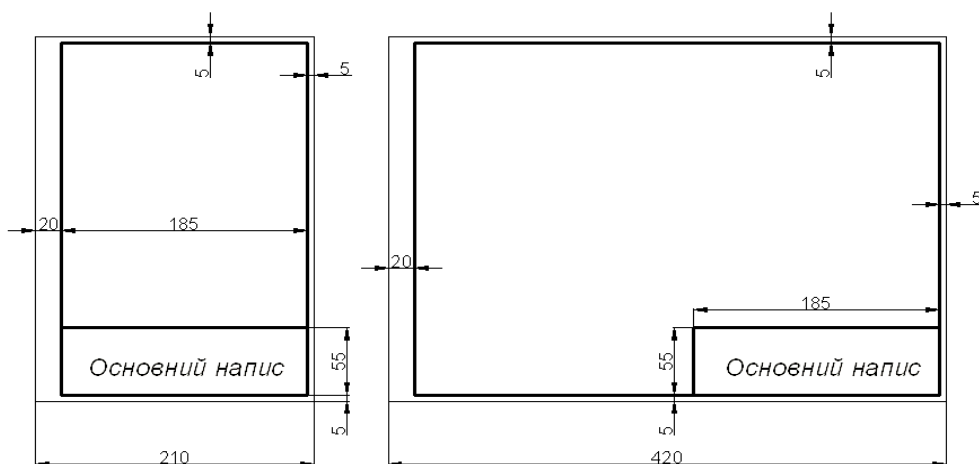


Рис.1.1. Розміщення основного напису на форматі

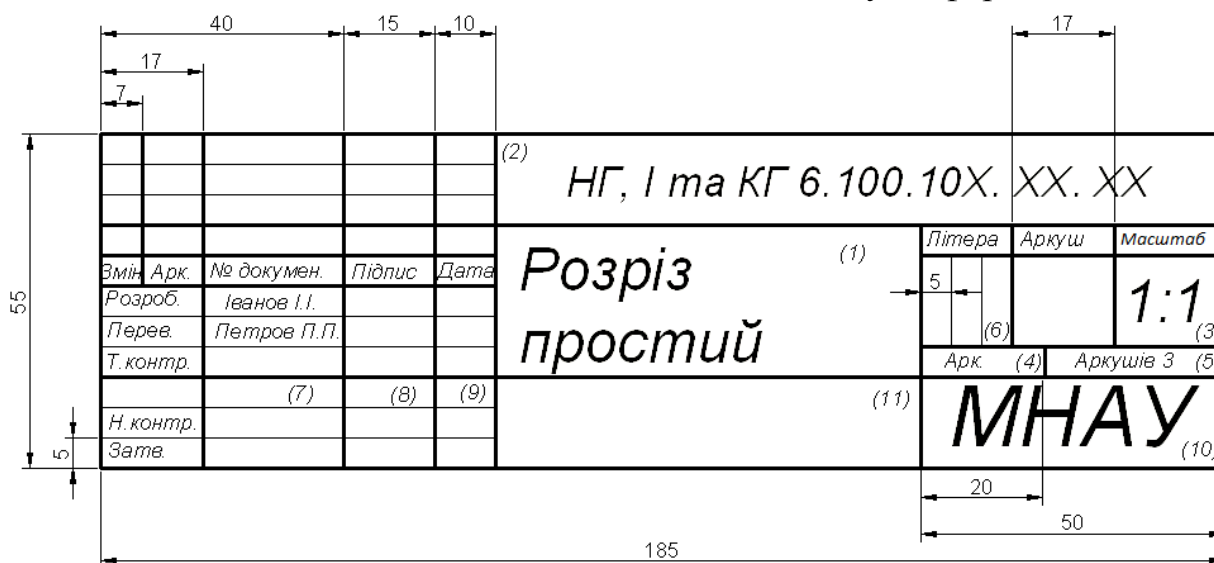


Рис. 1.2. Заповнення основного напису

1 – найменування виробу або найменування теми, яка вивчається. Запис ведеться в називному відмінку однини. Якщо назва складається із двох слів і більше, то перше слово повинно бути іменником, наприклад «Розріз простий»;

2 – позначення документа (рис.1.3); **3** – масштаб; **4** – порядковий номер аркушу (графу не заповнюють на документах, які виконані на одному аркуші); **5** – загальна кількість аркушів документа (графу заповнюють на першому аркуші); **6** – літера стадії розробки; **7** – прізвище; **8** – підпис; **9** – дата підпису документа; **10** – назва, індекс підприємства; **11** – позначення матеріалу (заповнюється на робочих кресленнях деталей).

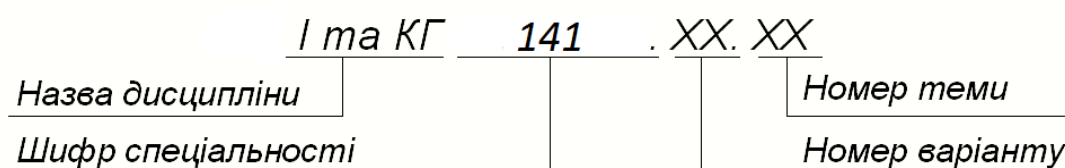


Рис. 1.3. Формування елементів основного напису

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).



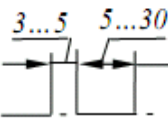
Таблиця 1.2. Масштаби

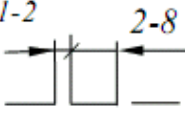


Масштаб зменшення	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:10	...
Масштаб збільшення	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	...
Натуральна величина	1:1					

1.1.3. Лінії

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

Таблиця 1.3. Типи ліній

	Суцільна товста основна лінія. Товщина $s \approx 0,5 \dots 1,4$ мм (на навчальних кресленнях рекомендується $s \approx 0,8 \dots 1,4$ 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 осьових і центрових, ліній перерізу, які являються осями симетрії для накладених або винесених перерізів.

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

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.

1.1.4. 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 літер та цифр.



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.

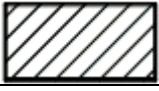
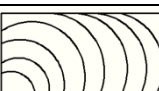


Рис. 1.7. Форма і розміри малих букв

1.1.5. 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).

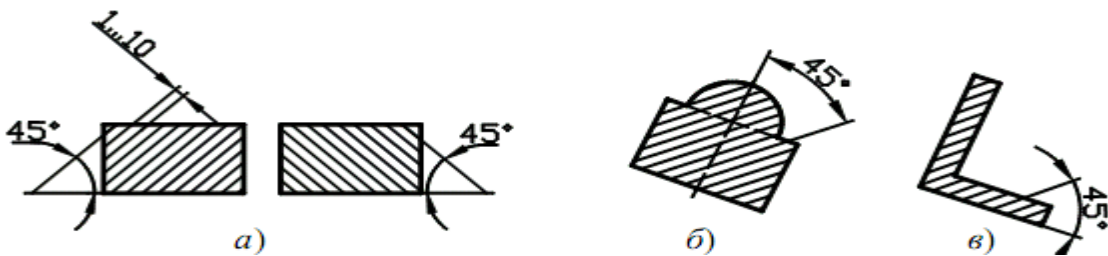


Рис.1.8. Позначення штриховки

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).

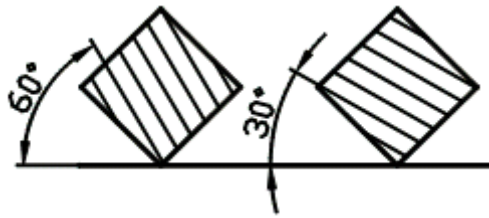


Рис.1.9. Нахил штриховки

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 Точка, пряма та площина на комплексному кресленні

1.2.1. Точка на комплексному кресленні

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 приходиться 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 $MM_3 = OM_x$ – координата x (абсциса) точки M ; відстань $MM_2 = OM_y$ – координата y (ордината) точки M ; відстань $MM_1 = OM_z$ – координата z (апліката) точки M .

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

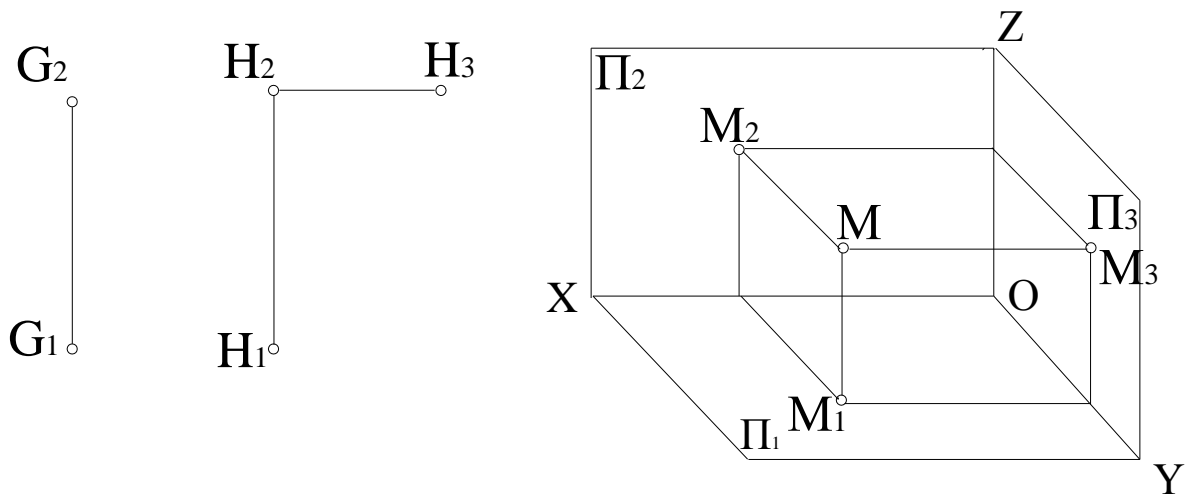


Рис. 1.10. Комплексні креслення

1.2.2. Пряма на комплексному кресленні. 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 проєкції 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 .

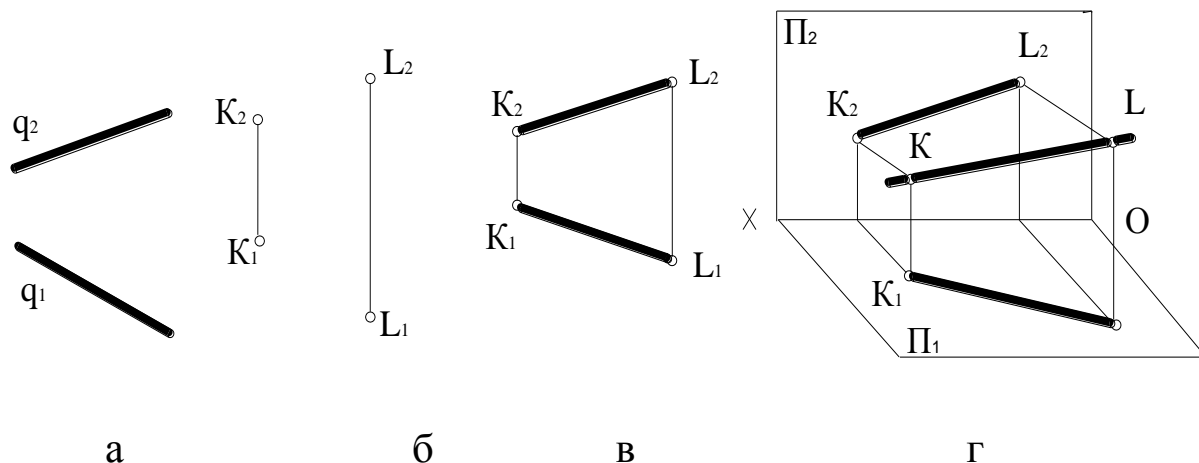


Рис. 1.11. Пряма на комплексному кресленні

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 ΔZ 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 проєкція 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 проєкцій Π_1 . Таким чином, в даній задачі одночасно була визначена і натуральна величина кута α нахилу прямої загального положення (відрізка PQ) до горизонтальної площини проєкцій Π_1 .

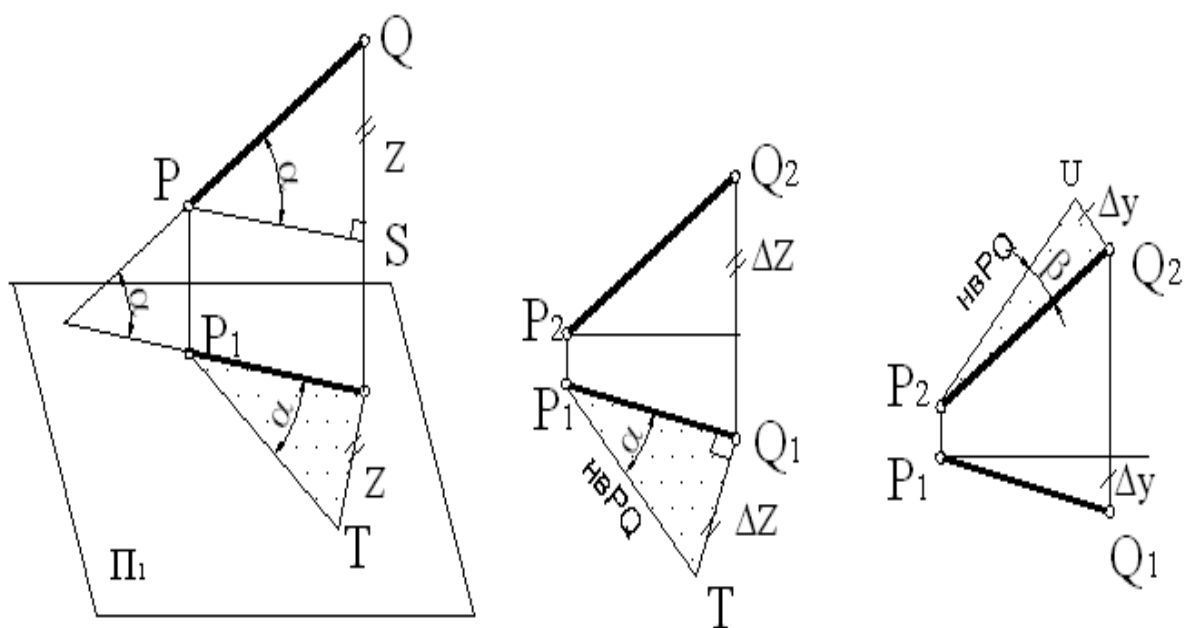


Рис. 1.12. Визначення натуральної величини відрізка

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

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

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*.

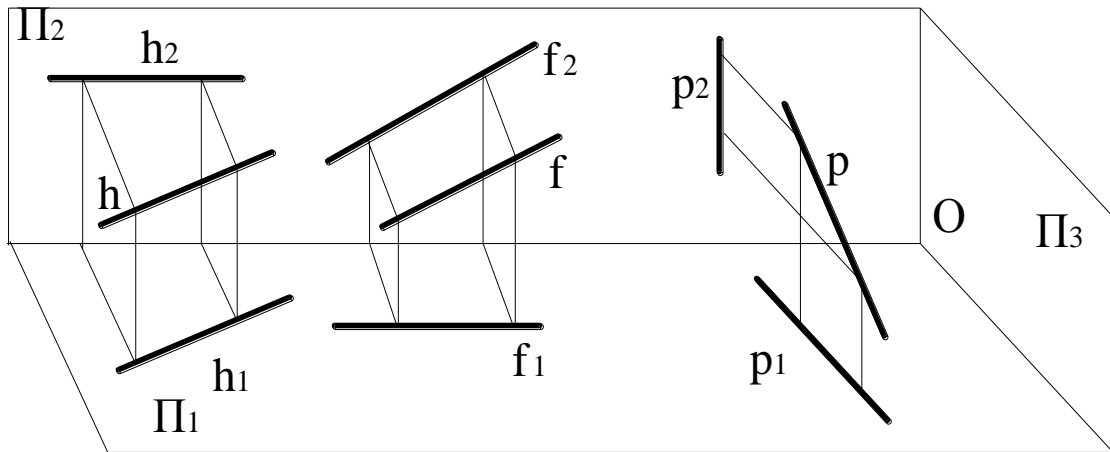
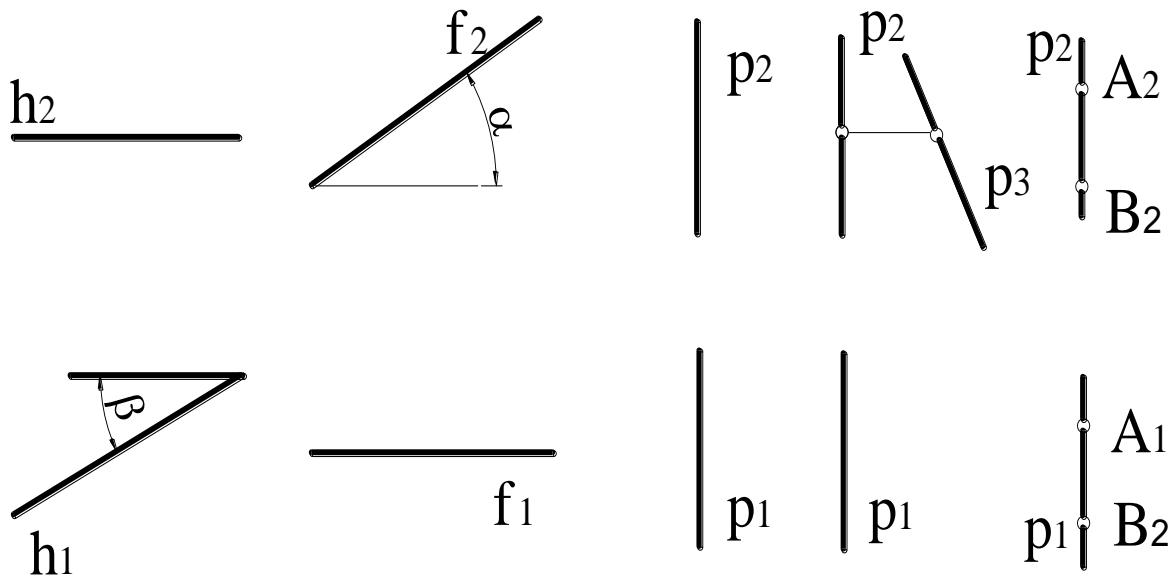


Рис.1.13. Наочні зображення прямих рівня



а б
Рис. 1.14. Комплексні креслення фронталі і горизонталі

а б в
Рис. 1.15. Комплексні креслення профільної прямої

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

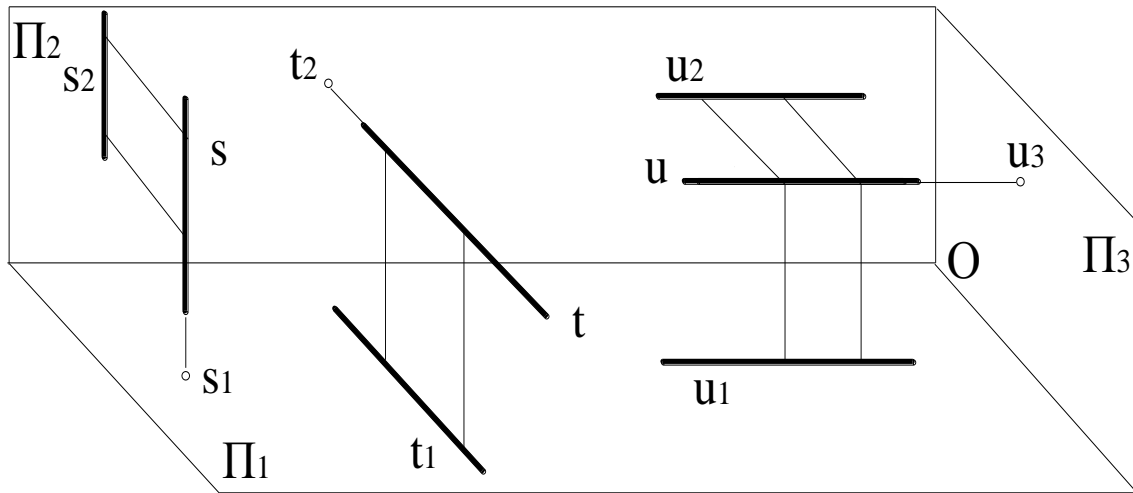


Рис.1.16. Наочні зображення проєктуючих прямих

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 $u \perp \Pi_3$.

На рис.1.17 представлені комплексні креслення проєктуючих прямих s, t, u .

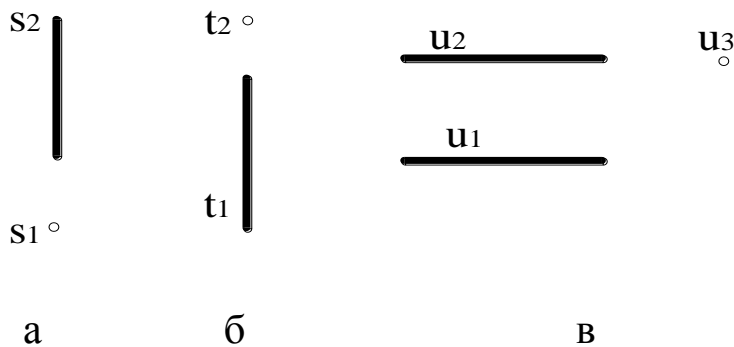


Рис. 1.17. Комплексні креслення проєктуючих прямих

Одна з проєкцій представляє собою точку, а другі співпадають з лініями зв'язку.

1.2.3. Взаємне положення двох прямих

Паралельні прямі. На комплексному кресленні однойменні проєкції двох паралельних прямих також паралельні між собою, тобто $s_1 // t_1$ і $s_2 // t_2$ (рис. 1.18).

При наявності основного двокартинного креслення це твердження дійсно для любых прямих, крім профільних. На рис.1.19 представлені дві профільні прямі: p і u . На перший погляд вони здаються паралельними, так як $p_1 // u_1$ і $p_2 // u_2$. Але побудувавши їх треті проекції p_3 і u_3 , ми бачимо зворотне, тобто вони не паралельні.

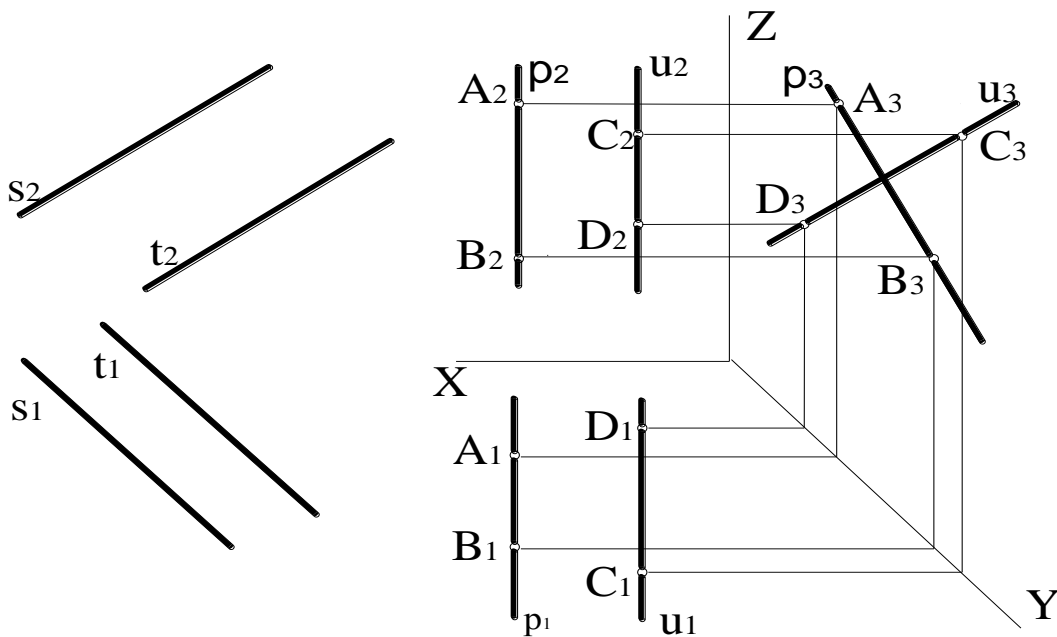


Рис. 1.18.Паралельні прямі

Рис. 1.19.Профільні прямі

Перетинні прямі. Дві прямі, що перетинаються мають одну спільну точку. На комплексному кресленні проекції T_1 і T_2 даної точки T являються точками перетину однойменних проекцій прямих і вони повинні знаходитися на одній вертикальній лінії зв'язку (рис.1.20).

Перехресні прямі. Ці дві прямі не паралельні і не перетинаються. На комплексному кресленні їх однойменні проекції перетинаються в точках, що не лежать на одній лінії зв'язку (рис.1.21).

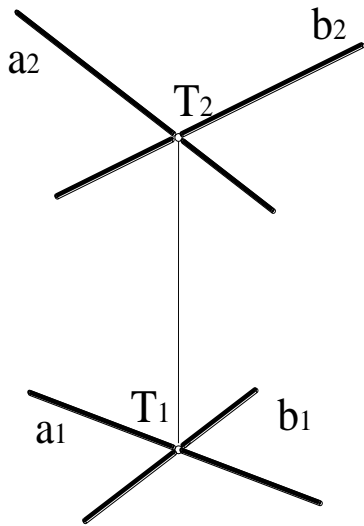


Рис. 1.20. Перетинні прямі

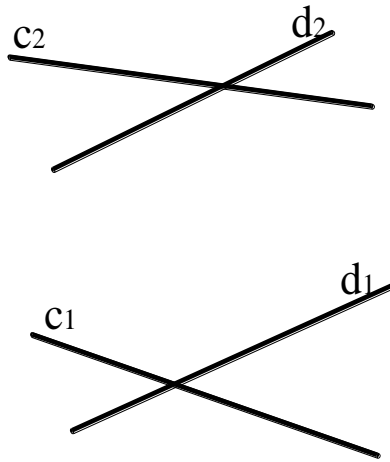
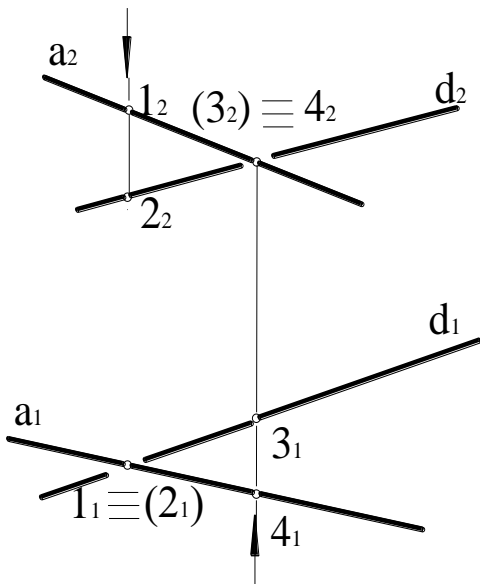
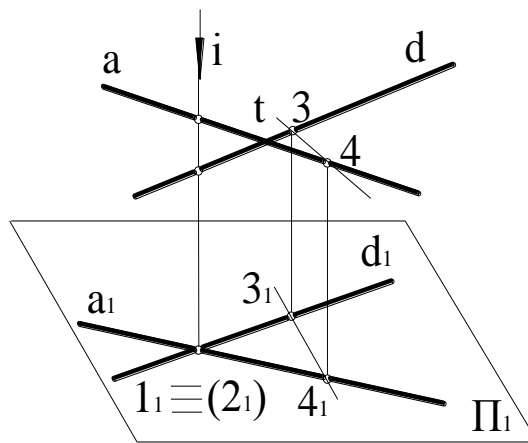


Рис. 1.21. Перехресні прямі

Перехресні прямі часто використовуються для визначення видимості елементів на комплексному кресленні. Нехай задані дві перехресні прямі a і d (рис. 1.22, а). Необхідно розв'язати задачу: яка з прямих закриває собою другу в горизонтальній та фронтальній проєкціях. Звернемося спочатку до наочного зображення (рис. 1.22, б).



а



б

Рис. 1.22. Перехресні прямі на комплексному кресленні

Почнемо з горизонтальної проєкції. В місці перетину горизонтальних проєкцій a_1 і d_1 перехресних прямих маємо

співпадаючі проекції точок 1 і 2 , що належать різним прямим. Нехай точка 1 належить прямій a , а точка 2 – прямій d . Ці дві точки, що знаходяться на горизонтально-проектуючій прямій i , з якою співпадає наш напрямок зору, називаються *конкуруючими*. Вони конкурують на видимість в горизонтальній площині. З рисунку 1.22, б видно, що виграє точка 1 , тобто вона закриває собою точку 2 в горизонтальній проекції. Про це ж свідчить і фронтальна проекція на рис.1.22, а. Точка 1 знаходиться вище точки 2 . Відмітимо факт невидимості точки 2 дужками. Значить, пряма a з точкою 1 закриває собою пряму d з точкою 2 . Умовно перериваємо в цьому місці проекцію d_1 .

Переходимо до установлення видимості в фронтальній проекції за допомогою конкуруючих точок 3 і 4 . Наш промінь зору, що співпадає з фронтально-проектуючою прямою t , проходить через точку 4 (нехай вона належить прямій a) і точку 3 , що належить прямій d . Як впливає з рис. 1.22, б, виграє точка 4 , яку ми бачимо першою і яка закриває собою точку 3 . Значить, пряма a з точкою 4 закриває собою пряму d з точкою 3 . Про це ж говорить і горизонтальна проекція рис. 1.22, а. Точка 4 знаходиться ближче точки 3 . Умовно перериваємо в цьому місці проекцію d_2 прямої d .

1.2.4. Проекції прямого кута

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

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

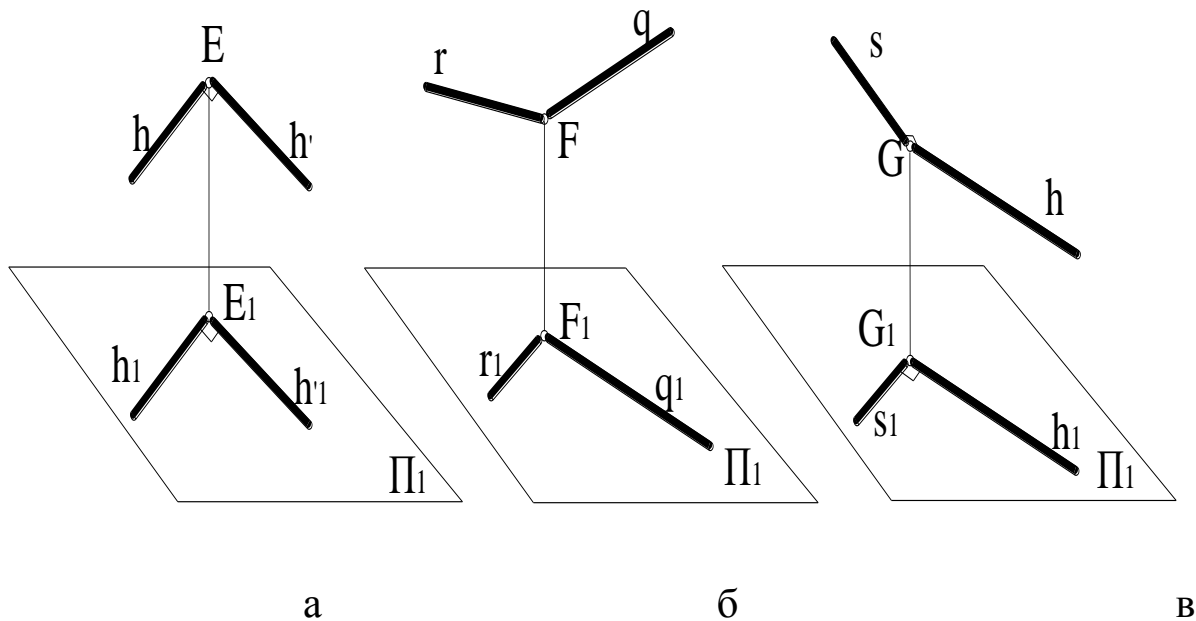


Рис.1.23. Три випадки розташування сторін прямого кута по відношенню до площин проекцій

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

Нехай через прямі s і GG_1 проходить площина θ . Тоді горизонталь $h \perp \theta$, так як $h \perp s$ і $h \perp GG_1$ (пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна двом перетинаючимся прямим цієї площини). А так як $h // h_1$, то $h_1 \perp \theta$. Значить, $h_1 \perp s_1$ (тобто пряма h_1 буде перпендикулярна будь-якій прямій в площині θ , в тому числі і прямій s_1). Таким чином, ми довели, що кут $s_1G_1h_1 = 90^\circ$. 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 проєкується в натуральну величину.

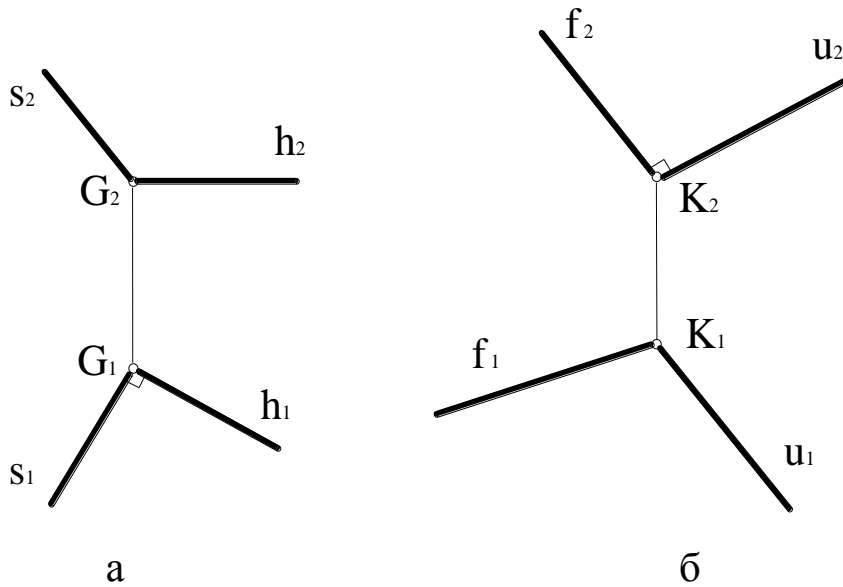


Рис. 1.24. Комплексні креслення прямих кутів

1.2.5. Площина на комплексному кресленні

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 комплексному 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 -кутньої 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).

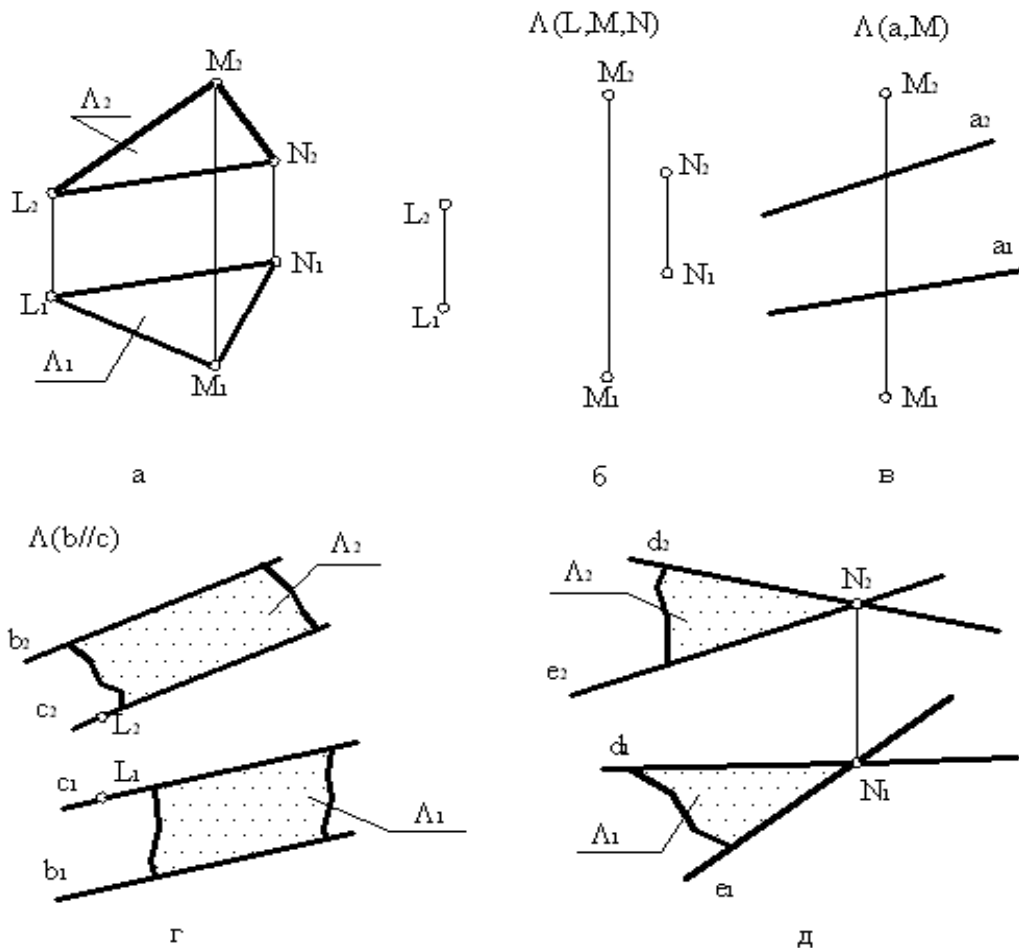


Рис. 1.25. Площина загального положення на комплексному кресленні

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.

Існує ще один спосіб завдання площини на комплексному кресленні – це завдання слідами. На рисунку 1.26, а зображена частина площини загального положення P . Прямі h_0 і f_0 , по яким площина P перетинає площини проєкцій Π_1 і Π_2 , називаються її *слідами*. Якщо тепер розвернути цю модель в плоске креслення (забравши площину-оригінал P), то на комплексному кресленні залишаться тільки сліди цієї площини – прямі h_0 і f_0 (рис. 1.26, б).

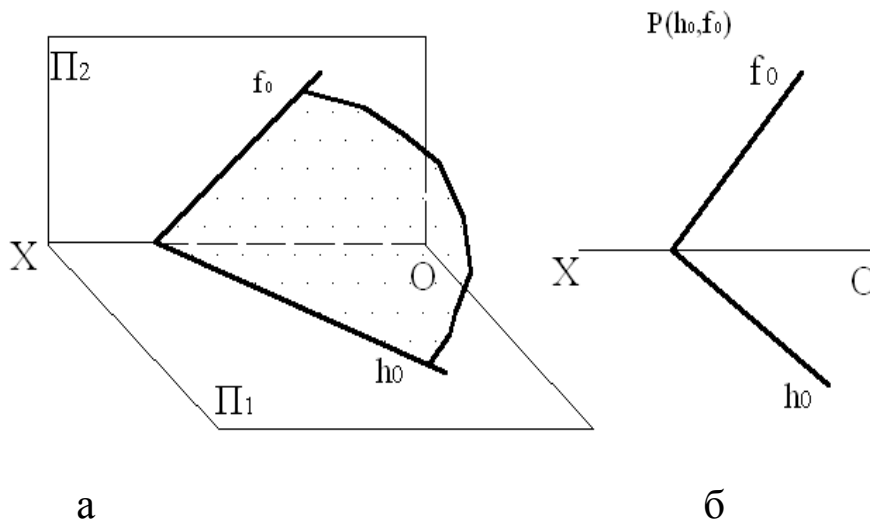


Рис. 1.26. Завдання площини на комплексному кресленні слідами

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 *проєктуючими площинами*, так як вони співпадають з напрямом проєктування (рис. 1.27).

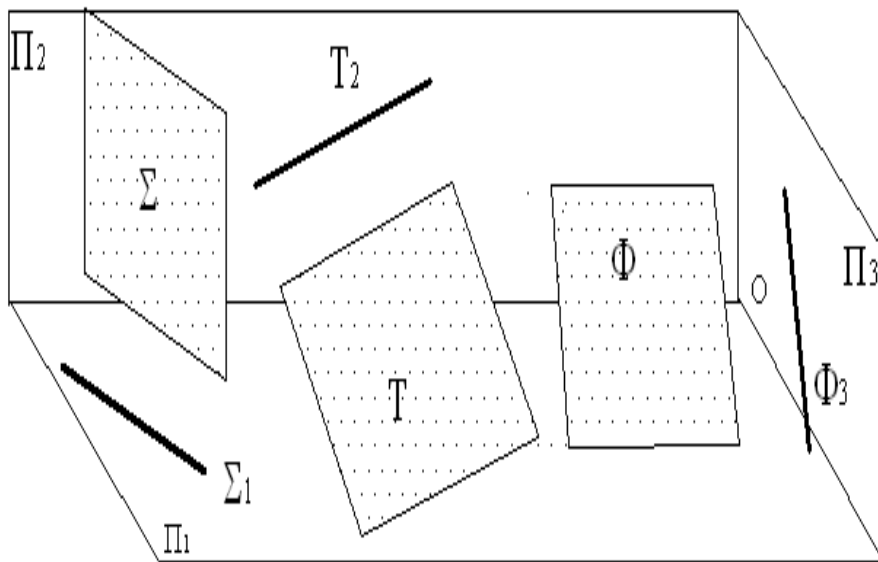


Рис. 1.27. Площини окремого положення

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 Т (тау) – фронтально - проектуюча. Так як $T \perp P_2$;
- площина Ф (фі) – профільно - проектуюча, так як $F \perp P_3$.

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 проєкцій P_1, P_2, P_3 .

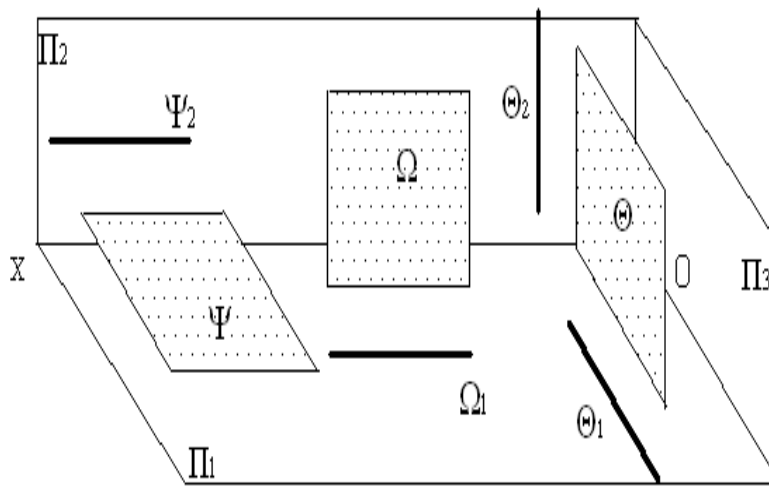


Рис. 1.28. Площини рівня

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

- площина Ψ (псі) – 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.

1.2.6. Точки і прямі в площині

Побудова точок та прямих в площинах окремого положення не викликає складнощів, так як одна з проєкцій цих геометричних об'єктів співпадає з однойменною проєкцією-прямою цих площин.

А як побудувати довільну точку в площині загального положення? Тут ми повинні покликати на допомогу простішу лінію – пряму. Цією допоміжною прямою точка як би прив'язується до площини.

Нехай маємо площину загального положення Γ (рис. 1.29, а). Щоб задати в цій площині точку P , достатньо провести в ній довільну пряму g . Із елементарної геометрії відомо, що пряма належить площині в тому випадку, коли дві точки цієї прямої належать даній площині. Хай це будуть точки 1 і 2 . Залишається задати точку P в будь-якому місці цієї допоміжної прямої g .

Рисунок 1.29, б представляє розв'язання цієї задачі на комплексному кресленні. Площина загального положення Γ задана двома перетинними прямими: k і l .

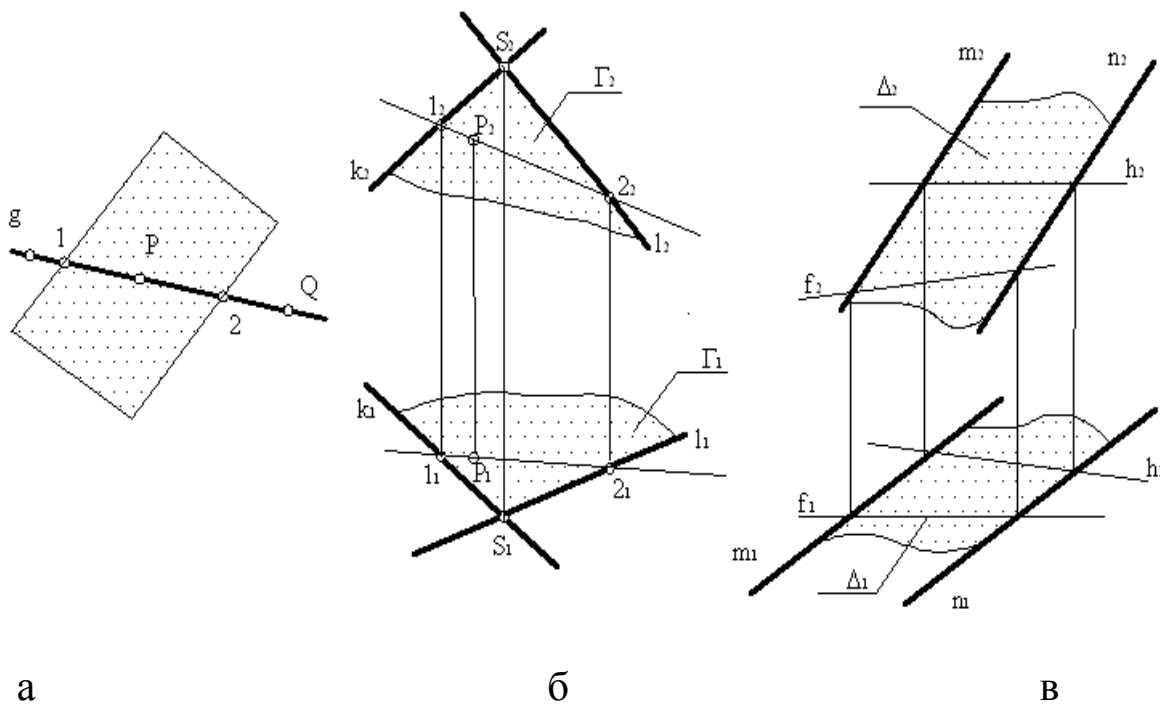


Рис.1.29. Точки і прямі в площині

В якості допоміжних прямих площини в задачах часто використовуються прямі рівня – горизонталь h і фронталь f . І в площинах їх треба будувати не задумуючись. Зрозуміло, що необхідно починати з тієї проекції прямої рівня, яка завжди горизонтальна. На рис.1.29в в площині загального положення Δ , що

задана двома паралельними прямими m і n , побудовані довільні горизонталь h і фронталь f .

Існує ще одна цікава пряма в площині – лінія *найбільшого нахилу*, яка є мірою кута нахилу цієї площини до площини проєкцій Π_1 . Іноді цю пряму називають лінією *скату* (по такій траєкторії з площини буде котитися куля).

Якщо в площині загального положення Θ (рис. 1.30, а) провести пряму q , перпендикулярну горизонталі h , то із усіх прямих цієї площини вона одна утворює найбільший кут α нахилу до площини проєкцій Π_1 , тобто вона буде лінією скату. На основі теореми про прямий кут можемо стверджувати, що прямий кут, утворений цією лінією скату q і горизонталлю h , зпроєктується на площину Π_1 без спотворення. Значить, в горизонтальній проєкції повинно бути $q_1 \perp h_1$.

Рис. 1.30, б представляє задачу побудови лінії скату q на комплексному кресленні. Площина загального положення Θ задана її трикутним відсіком. Лінія найбільшого нахилу q (лінія скату) проходить через вершину B перпендикулярно горизонталі h . Продовжуючи цю задачу, можна визначити кут нахилу α відрізка BT лінії скату до площини Π_1 . Для цього використаємо спосіб прямокутного трикутника. В результаті цей кут α визначає кут нахилу заданої площини Θ до горизонтальної площини проєкцій Π_1 .

Для визначення кута β нахилу заданої площини до фронтальної площини проєкцій Π_2 необхідно скористатися фронталлю f . В такому випадку необхідно дотриматися перпендикулярності проєкцій: $q_2 \perp f_2$. Пряма q вже буде називатися лінією найбільшого нахилу до площини Π_2 , лінією скату в такому випадку її називати не можна.

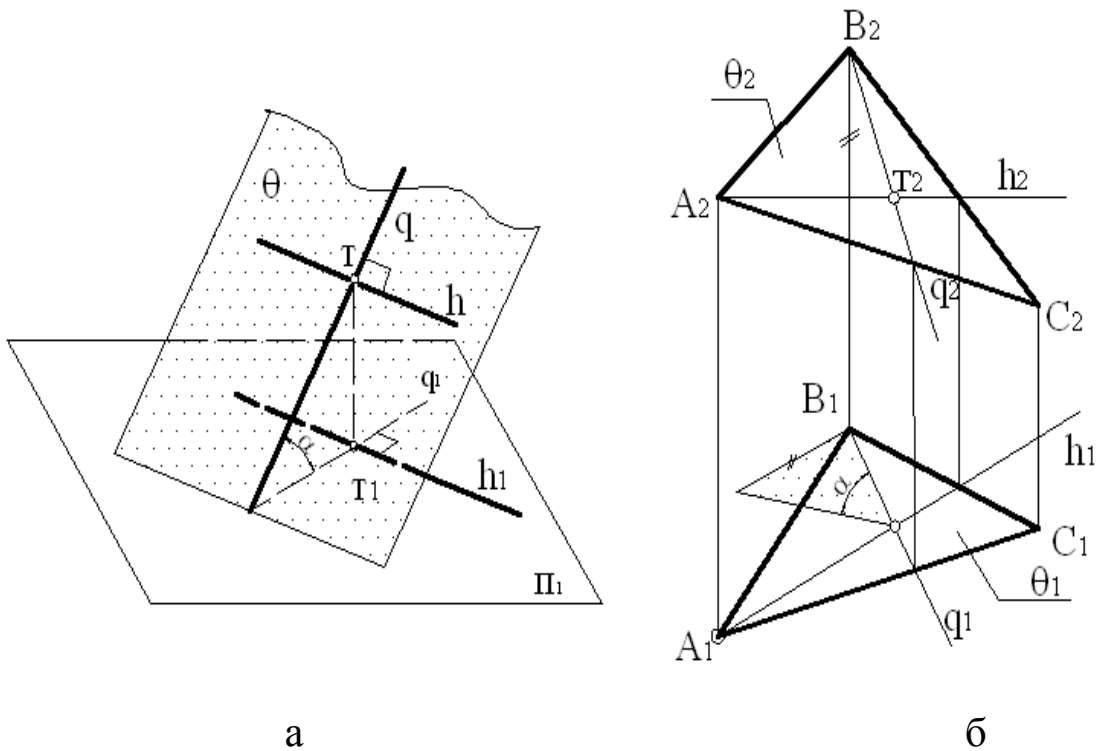


Рис. 1.30. Лінії скату

1.2.7. Прямі, паралельні та перпендикулярні до площини

Для того, щоб побудувати прямі паралельні та перпендикулярні до площин загального положення, необхідно спочатку згадати два твердження із стереометрії. Ось перше з них: пряма в тому випадку паралельна площині, якщо вона паралельна іншій прямій, що належить цій площині.

Схема на рис.1.31 пояснює це твердження. Щоб побудувати в просторі через точку D пряму t , паралельну заданій площині Λ , необхідно спочатку в цій площині провести деяку допоміжну пряму u , а потім вже паралельно їй будують через точку D шукану пряму t .

Так ми і зробимо на комплексному кресленні (рис.1.31.б), де площина загального положення Λ задана паралельними прямими r і s .

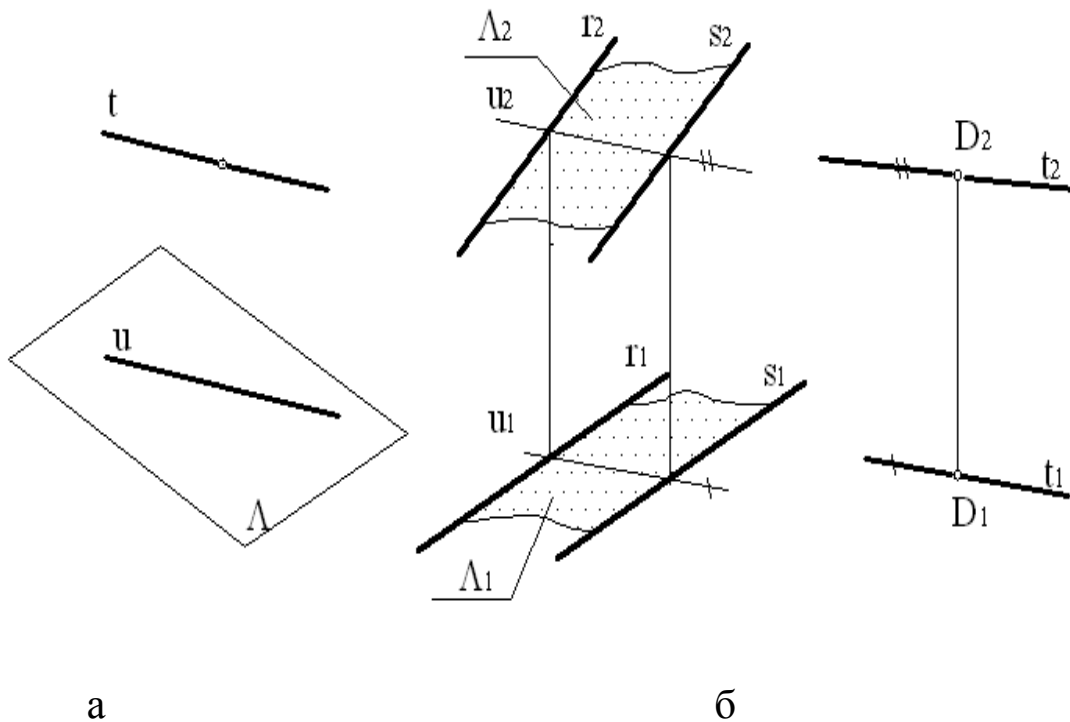


Рис.1.31. Побудова прямих паралельних та перпендикулярних до площин загального положення

А зараз згадаємо друге твердження з стереометрії: пряма в тому випадку перпендикулярна площині, якщо вона перпендикулярна двом перетинним прямим цієї площини.

Схема на рис.1.32.а пояснює це твердження. Пряма n являється перпендикуляром до площини P , так як $n \perp a$ і $n \perp b$. Але в якості пари перетинних прямих зручніше брати не довільні прямі a і b , а прямі рівня – горизонталь h і фронталь f (рис.1.32, б). Тому що на основі теореми о проекції прямого кута прямий кут між горизонталлю h і шуканим перпендикуляром n (прямою загального положення) повинен зпроектуватися на площину Π_1 в натуральну величину, тобто $n_1 \perp h_1$.

Точно таким же чином прямий кут між фронталлю f і перпендикуляром n зпроектується в натуральну величину на площину проєкцій Π_2 , тобто $n_2 \perp f_2$.

Перейдемо до комплексного креслення (рис.1.32, в), на якому необхідно через точку S провести до площини P , що задана перетинними прямими c і d , перпендикуляр n . Для цього будемо в

площині P довільні горизонталь h і фронталь f , а потім через точку S проводимо перпендикуляр n , знаючи, що $n_1 \perp h_1$ і $n_2 \perp f_2$.

Тут необхідно підкреслити суттєву деталь – для побудови перпендикуляра до площини прямі рівня проводяться в будь-якому її місці. Вони потрібні для визначення напрямів проєкцій перпендикуляра.

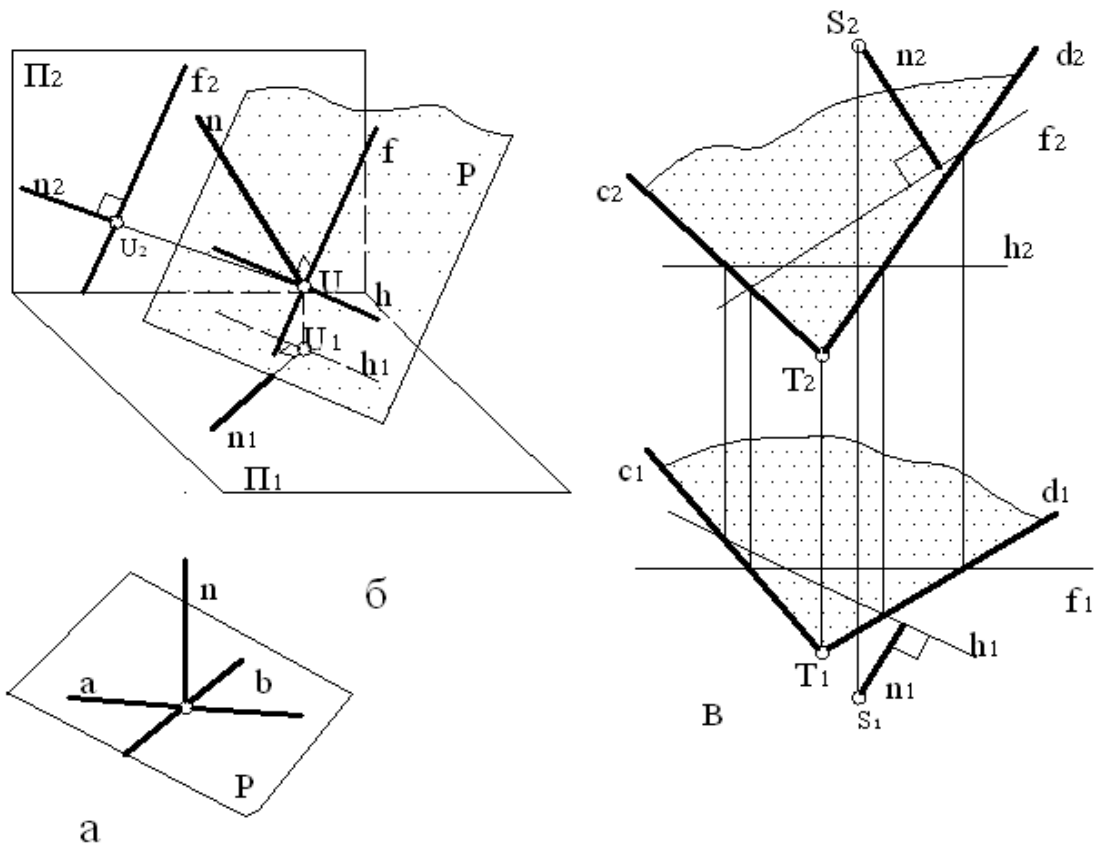


Рис. 1.32. Побудова перпендикуляра до площини

1.2.8. Прямі, що перетинаються з площиною

Прямі, не паралельні площині, перетинаються з нею, тобто мають загальну точку. Тому і почнемо з питання побудови їх точки перетину. Тут можливі наступні варіанти перетину:

1. Пряма проєктуюча – площина загального положення.
2. Пряма загального положення – площина окремого положення.
3. Пряма загального положення – площина загального положення.

Два перших варіанта взаємо перетину геометричних образів достатньо прості для розв'язання задач, і здобувачу вищої освіти рекомендується самостійно скласти їх комплексні креслення, а потім і розв'язати ці задачі. Ми же розглянемо третій варіант, тобто загальний випадок взаємо перетину прямої та площини. Спочатку звернемося до схеми на рис.1.33, а.

Задачу на побудову точок перетину прямої з площиною, а в подальшому і з любою поверхнею, можна умовно поділити на три частини:

1. *Задану пряму e заключаємо в допоміжну площину Σ (для зручності рішення ця площина повинна бути окремого положення).*

2. *Побудуємо лінію перетину допоміжної площини Σ з заданою площиною T (в нашому випадку – прямою g).*

3. *Точка перетину побудованої лінії перетину g з заданою прямою e - шукана точка K .*

Так як допоміжна площина Σ явилася як би посередником між прямою e і площиною T в визначенні їх загального елемента (точки K), такі площини будемо називати *площинами–посередниками*.

Перейдемо до вирішення задач комплексного креслення (рис. 1.33, б), де площина загального положення T задана її трикутним відсіком HLM . Відповідно наведеної вище схеми, заключаємо пряму e в площину-посередник Σ (горизонтально-проектуючу). Потім будуємо лінію перетину площин Σ і T (пряму g). В завершення визначимо шукану точку K . Вона і буде точкою перетину заданих прямої e і площини T .

Тепер, вважаючи площину T непрозорою, ми повинні визначити видимість прямої e . Почнемо з горизонтальної проекції. Виділяємо пару перехресних прямих, якими являються, наприклад, задана пряма e і сторона HM трикутного відсіку. На них знаходяться конкуруючі точки 1 і 2. При погляді зверху точка 1, яка знаходиться на заданій прямій e , виграє в конкуренції на видимість. Значить, пряма e закриває собою сторону HM в горизонтальній проекції. Обводимо ділянку прямої e справа від точки K лінією видимого контуру.

Невидиму ділянку прямої зліва обводимо штриховою лінією невидимого контуру.

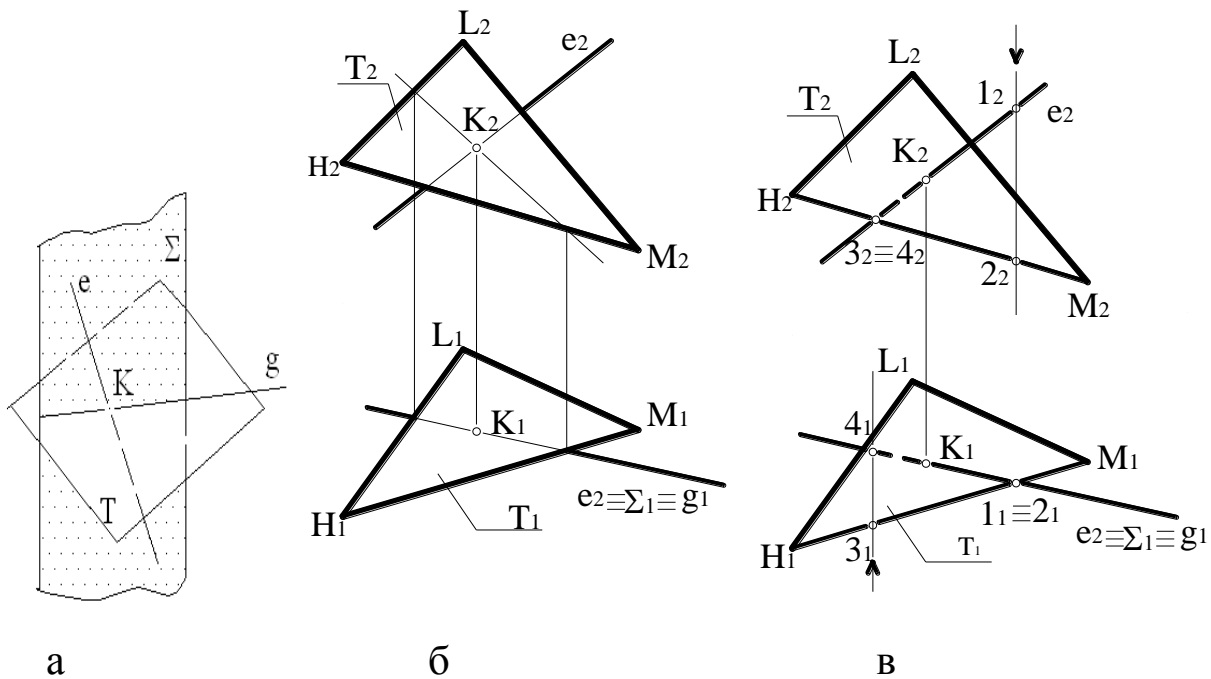


Рис.1.33. Прямі, що перетинаються з площиною

Для визначення видимості прямої в фронтальній проекції також виділяємо пару перехресних прямих, наприклад, ті ж самі задані пряму e і сторону HM трикутного відсіку. На них знаходяться конкуруючі точки 3 і 4 .

При виді спереду точка 3 буде видимою і закриває собою точку 4 . Значить, сторона HM відсіку, на якій знаходиться точка 3 , закриває собою пряму e . Обводимо ділянку прямої e зліва від точки K штриховою лінією. Справа від точки K пряма e видима.

1.2.9. Паралельність і перпендикулярність двох площин

Спочатку розглянемо паралельність площин. Згадаємо наступне твердження з стереометрії: дві площини в тому випадку паралельні, якщо дві перетинні прямі однієї площини відповідно паралельні двом перетинним прямим другої площини.

Схема на рис. 1.34, а пояснює це твердження. Площини ψ і Ω паралельні одна одній, так як пара перетинних прямих m і n площини

ψ відповідно паралельні другій парі перетинних прямих k і l , що знаходяться в площині Ω .

Перейдемо до комплексного креслення (рис.1.34, б). Площина загального положення ψ задана відсіком у вигляді паралелограма $NPQR$. Через точку S простору побудувати площину Ω , паралельну заданій площині ψ .

Для рішення задачі необхідно мати в площині ψ пару прямих, що перетинаються. Хай це будуть прямі при вершині N , тобто сторони відсіку NP і NR . Тоді через точку S будуюмо прямі r і t , відповідно паралельні відріzkам NP і NR . Ці перетинні прямі r і t визначають шукану площину Ω , що проходить через точку S і паралельна заданій площині ψ .

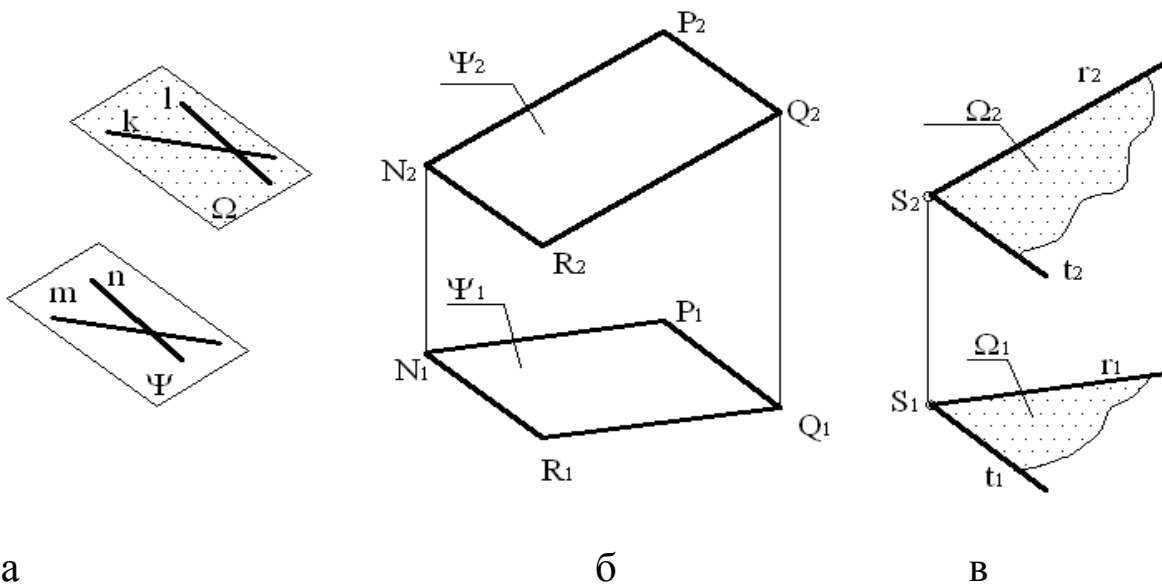


Рис. 1.34. Паралельність і перпендикулярність двох площин

Тепер розглянемо взаємну перпендикулярність двох площин. Для цього згадаємо друге твердження з стереометрії: дві площини в тому випадку взаємно перпендикулярні, якщо одна з них проходить через перпендикуляр до іншої.

На схемі рис.1.35, а площина Δ , яка проходить через точку T , перпендикулярна площині Γ , так як вона проходить через перпендикуляр n до площини Γ .

Розв'яжемо цю задачу на комплексному кресленні (рис.1.35, б). Площина загального положення Γ задана паралельними

прямими p і q . Через точку T необхідно побудувати площину Δ , перпендикулярну до заданої площини Γ . Шукана площина Δ повинна проходити через перпендикуляр n до заданої. Тому спочатку через точку T будуюмо перпендикуляр n за допомогою горизонталі h і фронталі f , які проводимо в довільному місці площини Γ . Дотримуємося умови, щоб $n_1 \perp h_1$ і $n_2 \perp f_2$.

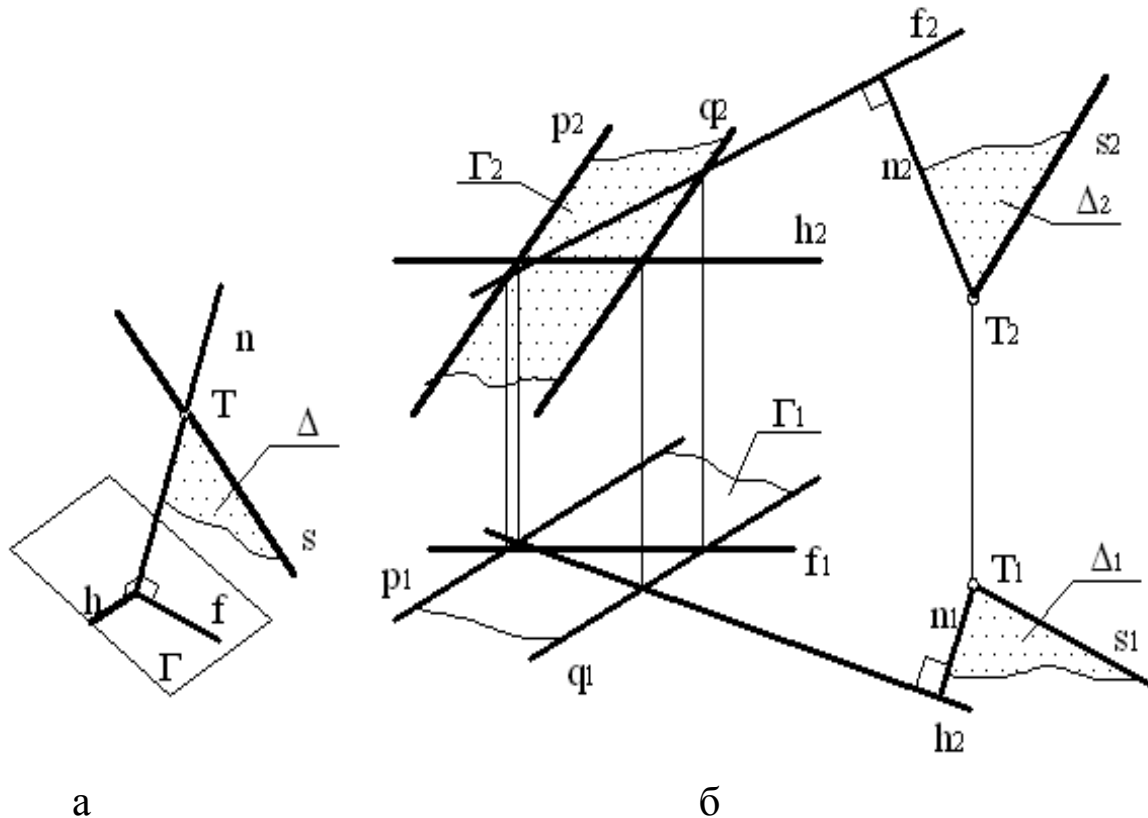


Рис.1.35. Взаємна перпендикулярність двох площин

Так як через перпендикуляр n і точку T на ньому можна провести велику кількість площин, то за допомогою деякої прямої s ми визначаємо одну конкретну площину Δ , яка перпендикулярна до заданої площини Γ і проходить через точку T .

1.2.10. Площини, що перетинаються

Тут можливі наступні варіанти взаємного перетину:

1. обидві площини окремого положення;
2. одна площина загального положення, друга – окремого;
3. обидві площини загального положення.

Два перших випадки достатньо прості. Ми розглянемо загальний випадок.

Звернемося до схеми на рис.1.36, на якій своїми відсіками задані площини загального положення Θ і Λ . Вони непаралельні і при своєму продовженні повинні перетнутися по якійсь прямій u . Вона уявляє собою геометричне місце точок, спільних для заданих площин Θ і Λ . Отже, для побудови цієї прямої достатньо мати мінімум дві точки, спільні для площин Θ і Λ .

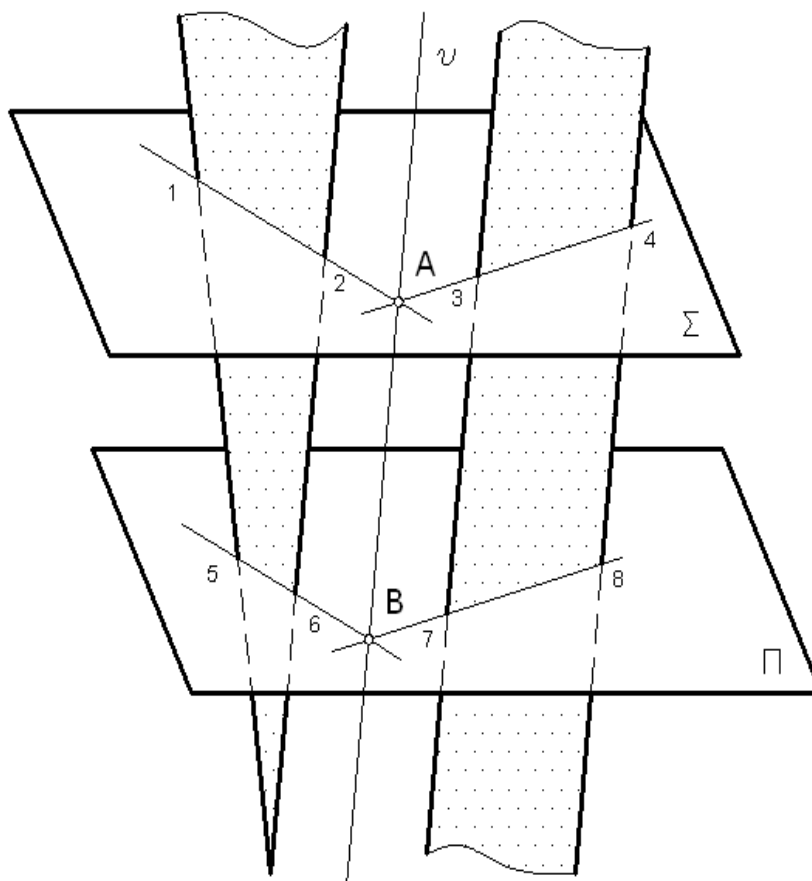


Рис.1.36. Площини, що перетинаються

Першу з них, тобто точку A , отримуємо за допомогою площини-посередника P , яка перетинає площину Θ по прямій 1-2, а площину Λ – по прямій 3-4. Ці дві прямі, в свою чергу, знаходяться в одній площині P і перетинаються в точці A .

Аналогічно будуємо другу спільну точку B за допомогою площини-посередника Σ , яка перетинає площину Θ по прямій 5-6, а площину Λ – по прямій 7-8. Ці дві прямі при взаємному перетині дають другу спільну точку B .

На рис.1.37 розглянута задача розв'язана на комплексному кресленні в відповідності до вищерозглянутої схеми. В якості січних

площин-посередників зручніше вибирати або проектуючи площини, або площини рівня. Паралельність їх не обов'язкова.

Якщо плоскі відсіки знаходяться в безпосередньому взаємо перетині, то використання таких площин-посередників не обов'язкове.

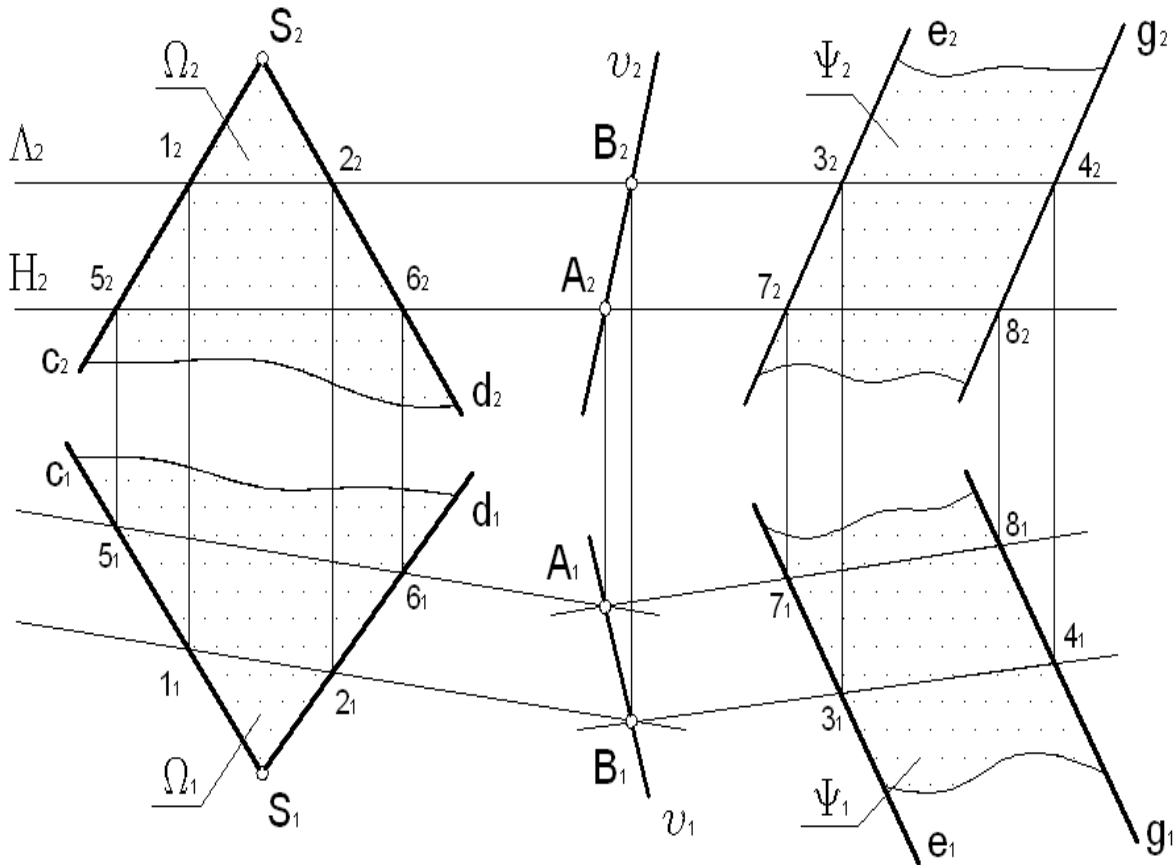


Рис.1.37. Задача розв'язана на комплексному кресленні

1.3 Загальні правила оформлення креслень

Графічні роботи з інженерної та комп'ютерної графіки являють собою креслення, які виконуються по мірі послідовного проходження матеріалу. Завдання особисті, розроблені по варіантам.

При оформленні завдань слід дотримуватися таких вимог:

1. Завдання виконують на аркушах паперу для креслення стандартного формату А3 (420x297).
2. Написи виконують стандартним шрифтом №5.
3. Графічні роботи та титульний лист виконують дотримуючись таких рекомендацій:

- Рамку виконують суцільною лінією товщиною $s=(0,8-1,2)$ мм, відступивши з лівого боку 20 мм, з правого, знизу та зверху по 5 мм.
- В правому верхньому куті форматного аркуша, на якому виконують графічну роботу, креслять таблицю з координатами точок згідно варіанту.

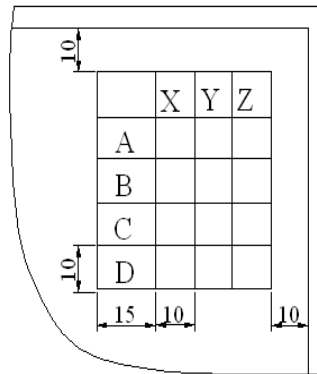


Рис.1.38. Таблица координат

- В правому нижньому куті форматного аркуша виконують основний напис.

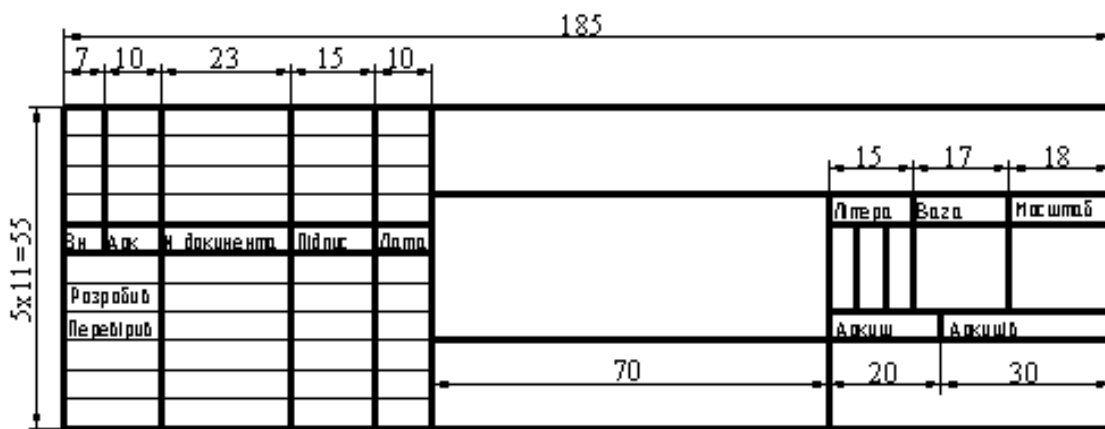


Рис.1.39. Основний напис

- Титульний лист оформлюється по наступному прикладу. Номери шрифтів зазначені для кожного напису. Титульний лист і графічні роботи по порядку підшиваються в альбом.

<i>Миколаївський національний аграрний університет</i>	(10)
<i>Кафедра загальнотехнічних дисциплін</i>	(10)
АЛЬБОМ ЗАВДАНЬ	(14)
<i>з інженерної та комп'ютерної графіки</i>	(10)
1-ї семестр 20__-20__ н.р.	(10)
Група _____	(10)
Викладач _____	(10)

Рис.1.40. Титульний лист

1.3.1. Мультимедійна презентація «Загальні вимоги до креслень»

Для ознайомлення із загальними вимогами до креслень, здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



*Мультимедійна презентація
«Загальні вимоги до креслень»*

1.4 Графічна робота №1 «Точка, пряма та площа на комплексному кресленні»

Координати точок для побудови умов задач беруться з таблиці 1.1.

Задача 1. Побудувати за координатами відрізки AB і CD , знайти їх натуральну величину і кути нахилу до площин проєкцій Π_1 і Π_2 .

Порядок виконання задачі наступний:

1. Згідно варіанту за координатами з таблиці 1.1 будують фронтальну та горизонтальну проєкції відрізків AB і CD .

2. Знаходять їх натуральну величину та кути α і β нахилу до площин проєкцій методом прямокутного трикутника.

Приклад виконання задачі 1 графічної роботи №1 представлений на рис.1.41.

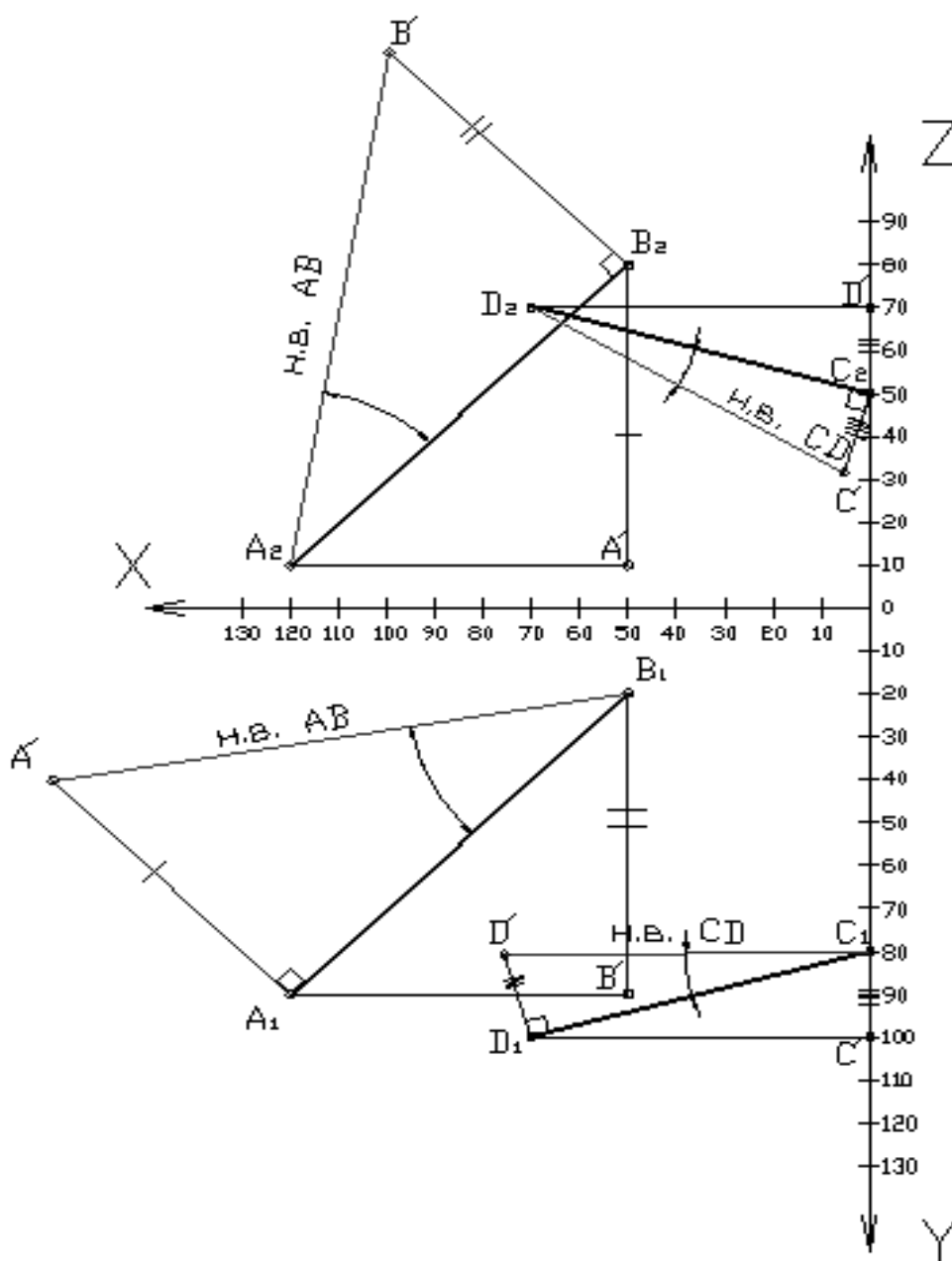


Рис. 1.41. Приклад задачі №1

Задача 2. Знайти натуральну величину трикутника EDC .

Трикутник можна побудувати, якщо відомі довжини всіх його сторін.

Порядок виконання задачі наступний:

1. За координатами будують фронтальну та горизонтальну проекції відрізків ED і EC .

2. На одній з проекцій знаходять натуральні величини відрізків ED і EC методом прямокутного трикутника (натуральна величина відрізка CD знайдена в першій задачі).

3. Так як знайдені натуральні величини всіх сторін трикутника EDC , на вільному полі креслення за допомогою засічок будують натуральну величину даного трикутника.

Приклад виконання задачі 2 графічної роботи №1 представлено на рисунку 1.42.

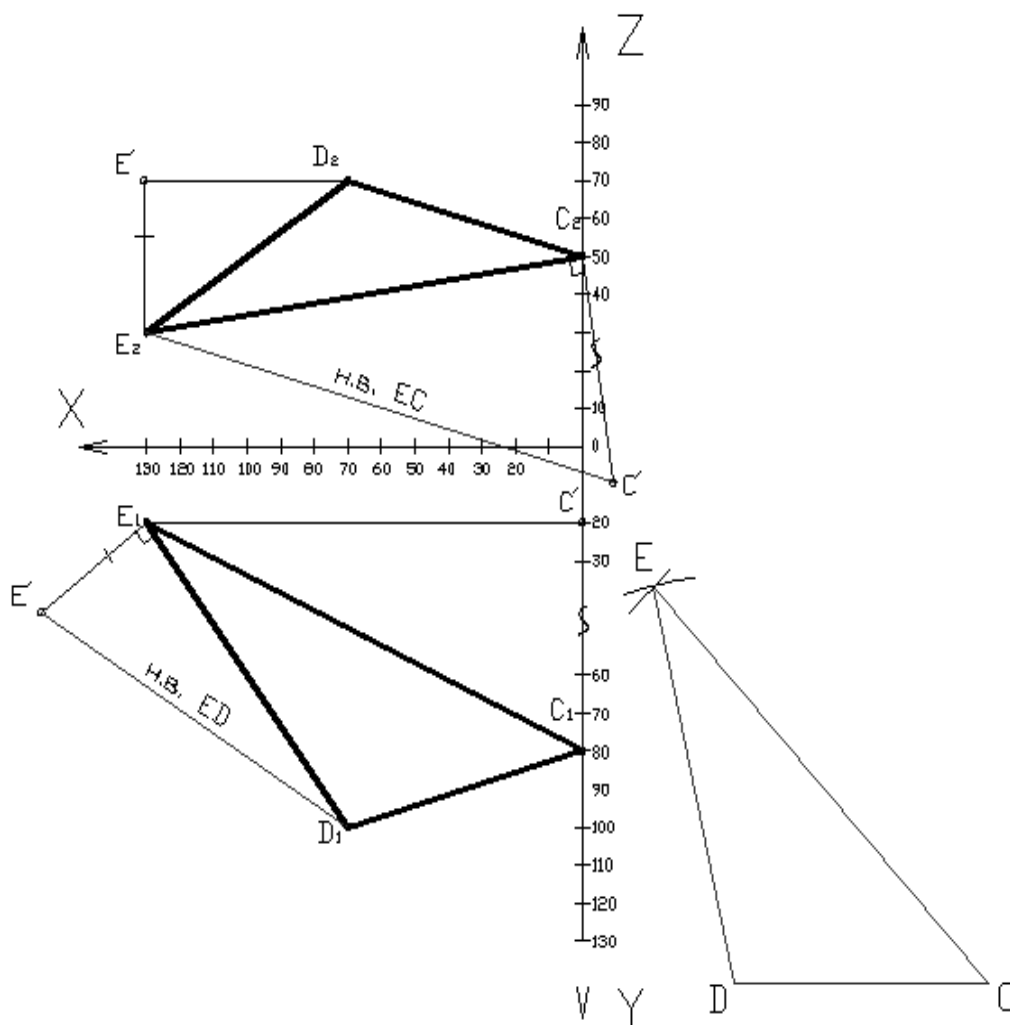


Рис. 1.42. Приклад виконання задачі №2.

Задача 3. Побудувати трикутник ABC , провести в ньому лінії рівня та лінії найбільшого нахилу до площин проєкцій Π_1 та Π_2 .

Порядок виконання задачі наступний:

1. За координатами будуюмо фронтальну та горизонтальну проєкції трикутника ABC .

2. В трикутнику ABC проводимо фронтальні та горизонтальні проєкції ліній рівня: фронталі та горизонталі.

3. Будуюмо лінії найбільшого нахилу трикутника ABC до площин проєкцій Π_1 та Π_2 . (Пряма k – лінія найбільшого нахилу трикутника ABC до площини проєкції Π_1 ; пряма n – лінія найбільшого нахилу трикутника ABC до площини проєкції Π_2). Нагадаємо, що в горизонтальній площині лінія найбільшого нахилу до площини Π_1 утворює прямий кут з проєкцією горизонталі; в фронтальній площині лінія найбільшого нахилу до площини Π_2 утворює прямий кут з проєкцією фронталі. Приклад виконання задачі 3 графічної роботи №1 представлений на рис.1.43.

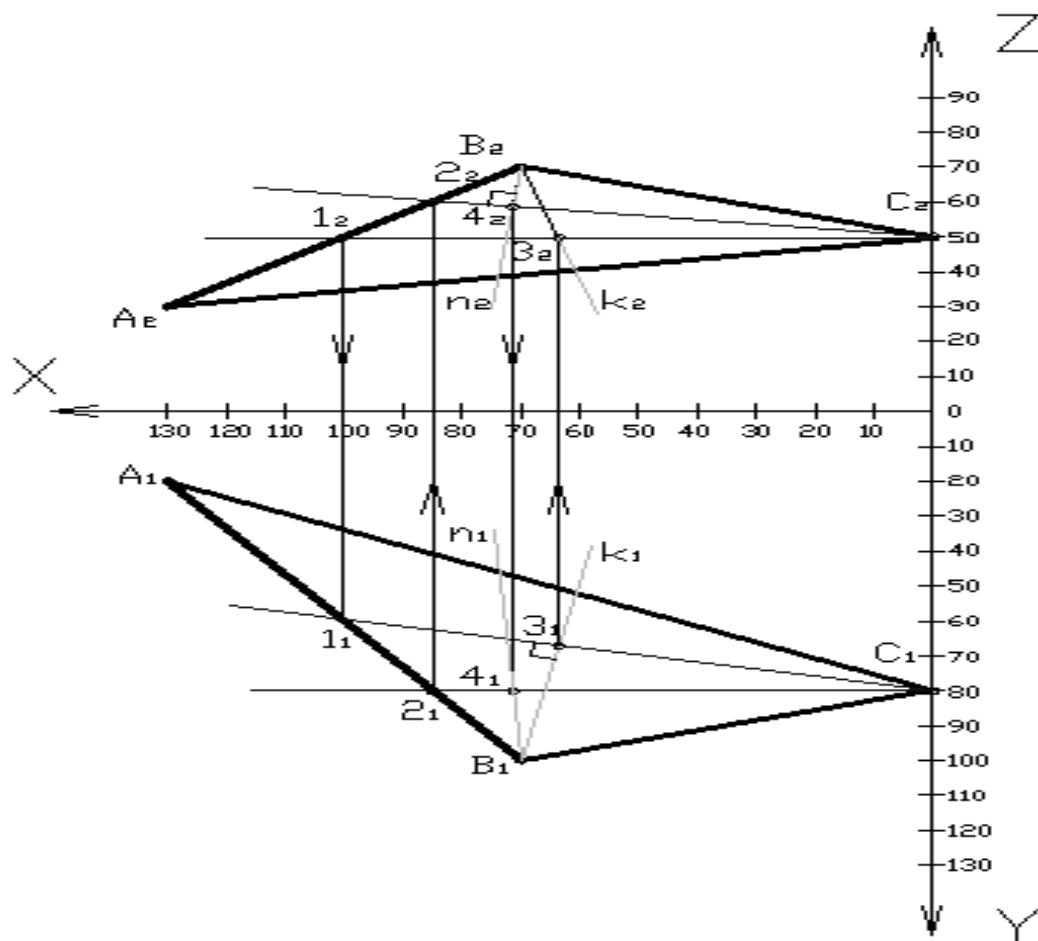


Рис. 1.43. Приклад виконання задачі №3.

Таблиця 1.1. Координати точок до графічних робіт 1-3

№ варіанту	Таблиця 1. Координати точок														
	A			B			C			D			E		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	115	75	40	50	5	100	0	40	45	135	0	20	60	15	80
2	100	10	30	60	70	65	5	20	5	105	15	0	0	70	80
3	0	0	40	120	30	60	70	75	15	0	65	60	100	20	30
4	0	5	30	100	30	60	70	75	15	0	50	65	90	20	15
5	5	0	40	100	30	60	70	70	15	0	60	60	100	20	30
6	0	0	40	110	30	65	70	75	10	0	60	65	90	15	20
7	0	0	45	100	35	65	70	75	10	0	70	60	100	25	30
8	0	5	35	100	40	65	60	70	20	0	60	65	90	25	35
9	110	0	35	70	65	65	0	25	0	110	10	0	0	60	90
10	100	5	40	70	70	60	5	30	0	110	10	0	0	65	95
11	90	5	30	70	65	60	0	25	0	100	20	0	0	60	90
12	90	5	40	60	70	70	0	25	0	100	25	0	0	60	90
13	90	0	30	60	60	55	5	30	0	110	25	5	5	70	80
14	100	0	30	60	60	70	5	30	10	110	45	5	0	60	80
15	115	10	90	50	80	25	0	45	80	70	85	110	135	35	20
16	120	40	75	50	100	5	0	45	40	135	20	0	50	15	80
17	20	10	40	85	80	110	125	50	50	70	85	20	0	35	110
18	20	10	40	85	80	110	135	50	50	55	85	20	0	35	110
19	115	10	40	50	80	110	0	50	60	70	85	20	135	35	110
20	115	90	10	55	25	80	0	80	45	65	105	80	130	20	35
21	120	90	10	50	25	80	0	80	50	70	110	85	135	20	35
22	117	90	10	55	25	80	0	85	50	70	110	85	135	20	35
23	20	10	90	85	80	25	135	50	80	70	85	110	0	35	20
24	115	10	90	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	35	20
25	115	10	85	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	20	20
26	120	90	10	50	20	75	0	80	45	70	115	85	135	20	30
27	117	10	90	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	35	30
28	120	10	90	50	80	20	0	50	80	65	80	110	130	40	20
29	20	35	40	45	75	15	5	65	35	110	15	20	130	35	75
30	105	40	40	85	60	30	30	20	10	70	85	85	100	20	25

1.4.1. Мультимедійна презентація «Точка, пряма та площа»

Для закріплення знань із теми «Точка, пряма та площа», здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Точка, пряма та площина»

1.5 Графічна робота №2 «Позиційні задачі»

Друга графічна робота включає дві задачі. Координати точок для побудови умов задач беруться з таблиці 1.1.

Задача 1. Знайти відстань від точки D до площини, яку задано трикутником ABC та побудувати площину паралельну площині, яку задано трикутником ABC , на відстані 50 мм від неї.

Відстань від точки до площини вимірюється перпендикуляром, опущеним з цієї точки на площину.

Звідси порядок виконання задачі наступний:

1. Будують горизонтальну та фронтальну проекції трикутника ABC та проекції точки D .

2. Проводять проекції фронталі та горизонталі.

3. З точки D опускають перпендикуляр на площину трикутника ABC . Щоб з точки D опустити перпендикуляр на площину цього відсіку, достатньо провести фронтальну проекцію перпендикуляра під прямим кутом до фронталі, а горизонтальну його проекцію – перпендикулярно до горизонталі.

4. Знаходимо точку K перетину перпендикуляра з площиною трикутника ABC (перша позиційна задача).

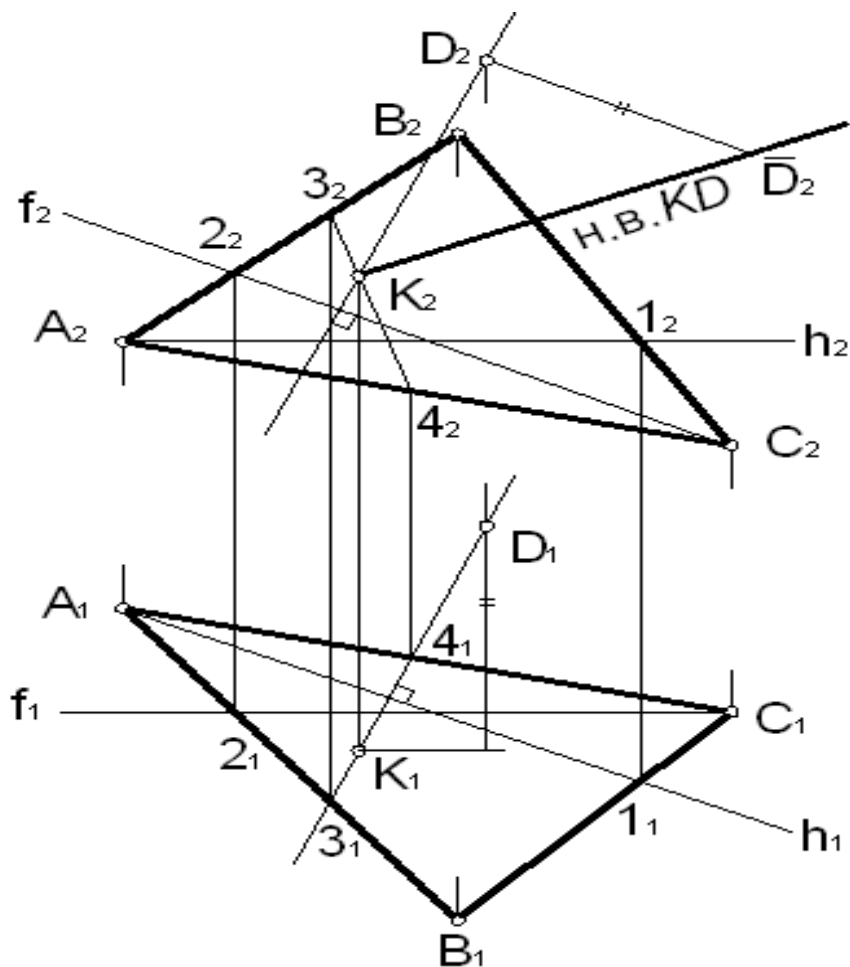


Рис. 1.44. Графічна робота №2, задача 1, частина 1.

5. Визначаємо натуральну величину відстані від точки D до трикутника ABC методом прямокутного трикутника. Приклад виконання першої частини задачі 1 графічної роботи №2 представлений на рисунку 1.44.

6. Знаходимо натуральну величину перпендикуляра, опущеного з точки D на площину трикутника ABC (методом прямокутного трикутника).

7. По натуральній величині перпендикуляра від площини трикутника відкладаємо відрізок 50 мм та знаходимо точку, що віддалена від площини трикутника ABC на задану відстань (точка M).

8. Потім знаходимо горизонтальну та фронтальну проекції точки M .

9. Через отримані проекції точки M проводимо площину паралельну площині трикутника ABC . Приклад виконання другої частини задачі 1 графічної роботи №2 представлений на рис.1.45.

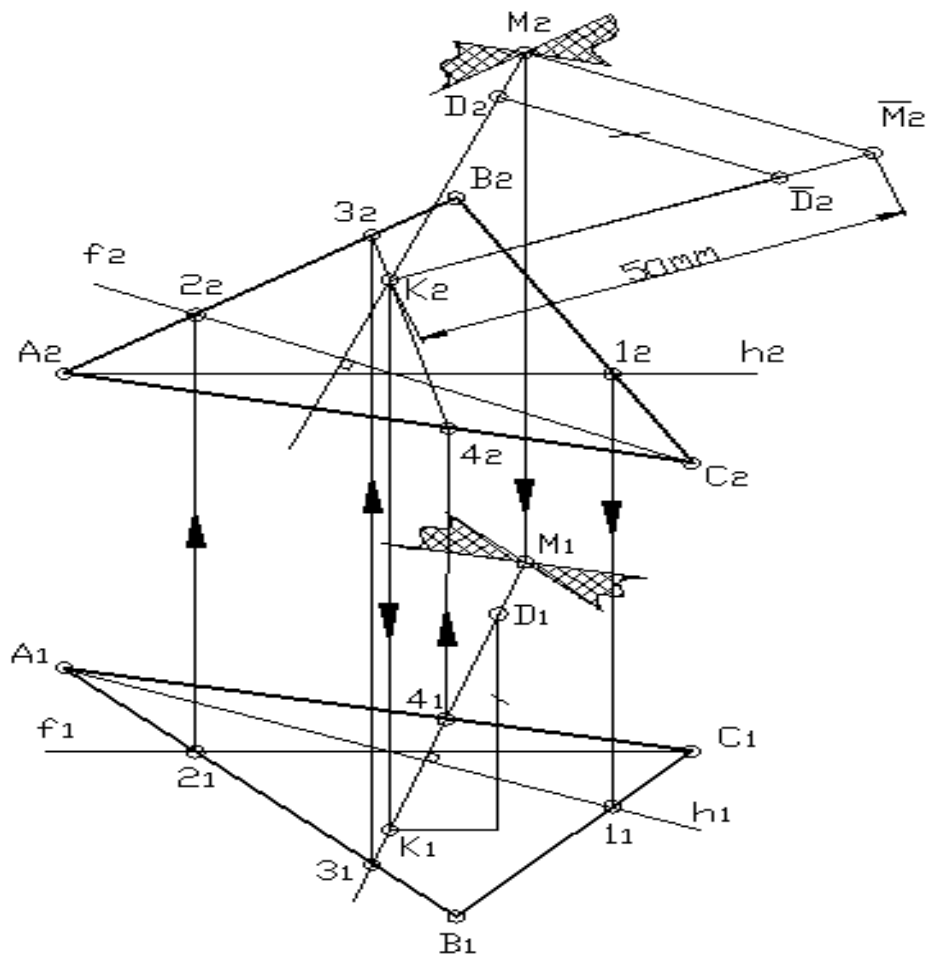


Рис. 1.45. Графічна робота №2, задача 1, частина 2.

Задача 2. Побудувати площину DEL , що проходить через відрізок DE і являється перпендикулярною до площини заданої трикутником ABC .

Порядок виконання задачі наступний:

1. Будуємо проєкції трикутника DEL та відрізка DE .
2. В трикутнику DEL проводимо проєкції фронталі та горизонталі.
3. З одного кінця відрізка DE проводимо перпендикуляр до площини трикутника ABC і довільно вибираємо точку L на цьому перпендикулярі.
4. Знаходимо лінію перетину двох площин: трикутника DEL та трикутника ABC .

Знаходження лінії перетину двох площин зводиться до знаходження двох точок, що визначають цю лінію. Кожна така точка є результатом перетину прямої однієї площини з іншою площиною.

Видимість площин визначають за уявою і перевіряють за «конкуруючими» точками.

Приклад виконання задачі 3 графічної роботи №2 представлений на рисунку 1.46.

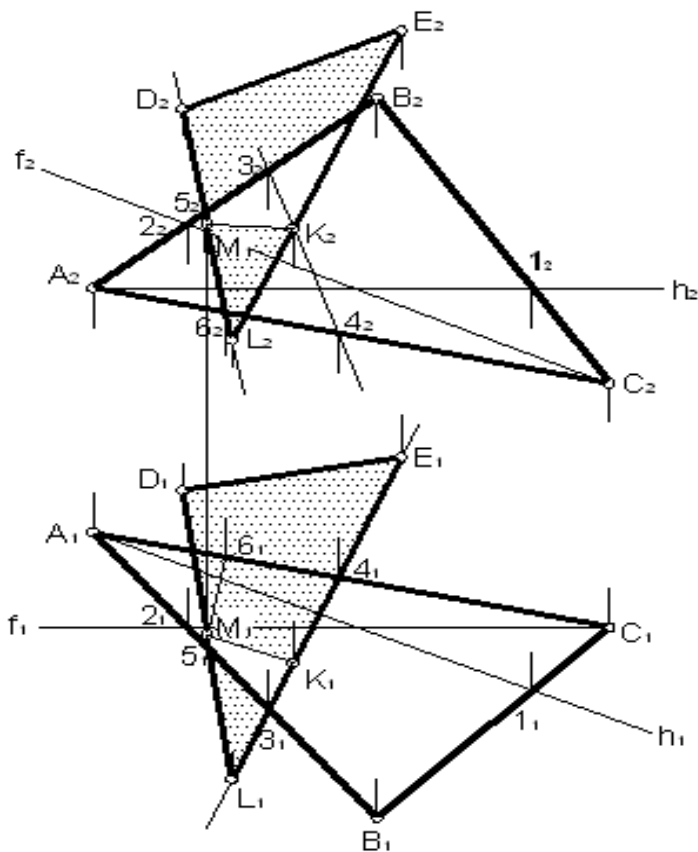


Рис. 1.46. Графічна робота №2, задача 2

1.5.1. Мультимедійна презентація «Позиційні задачі»

Для закріплення знань із теми «Позиційні задачі» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Позиційні задачі»

1.5.2. Тестовий навчальний тренажер «Точка, пряма та площина»

В даному завданні представлено тестовий навчальний тренажер до розділу «Точка, пряма та площина». Посилання на ресурс наведено нижче. Необхідно відсканувати зображення QR-коду та пройти тест. Після проходження тесту здобувач вищої освіти побачить результат.



Тестовий навчальний тренажер «Точка, пряма та площина»

1.6 Перетворення комплексного креслення

1.6.1. Мета і способи перетворення креслення

В інженерній практиці при зображенні якого-небудь оригіналу на комплексному кресленні вважають за краще так розміщати оригінал по відношенню до площин проєкцій Π_1, Π_2, Π_3 , щоб найбільш важливі його елементи розташовувалися на прямих або площинах окремого положення. Зрозуміло, що не завжди вдається виконати цю умову по відношенню до усіх елементів оригіналу. І тоді виникають задачі вимірювання відрізків та кутів, а також визначення натуральної форми плоских фігур тих елементів оригіналу, які розташовані невдало по відношенню до площин проєкцій, тобто елементів, які знаходяться на прямих або площинах загального положення.

Бажання спростити рішення вказаних задач приводить до необхідності такого перетворення комплексного креслення, при якому прями та площини загального положення, які містять елементи оригіналу, що нас цікавлять, перейшли б відповідно в прями і площини окремого положення.

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).

1.6.2. Обертання навколо проєктуючих прямих

Обертання широко використовується в інженерній практиці при дослідженні траєкторій 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 коло.

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. 1.47 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 оберту точки U на площини проєкцій Π_2 і Π_1 . В результаті на комплексному кресленні (рис.1.47, 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.

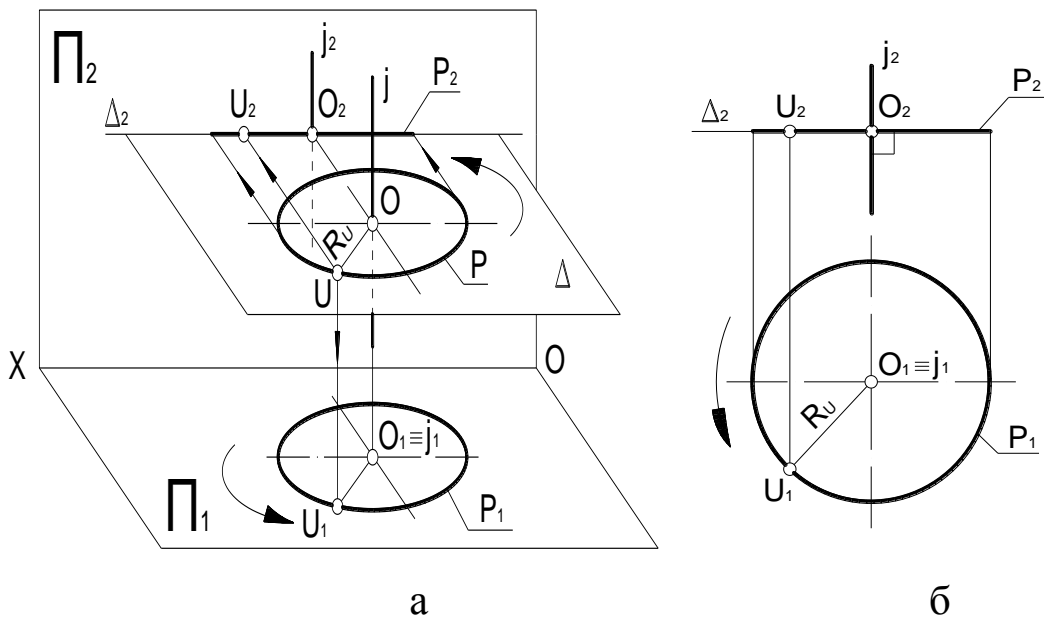


Рис. 1.47. Обертання навколо проєктуючих прямих

При повороті точки або іншого геометричного образу на потрібний кут необхідно вказувати напрям повороту, інакше задача буде мати два рішення. Наприклад, на рис.1.48 задана точка T повернута навколо профільно-проєктуючої вісі i на кут 60° по руху часової стрілки (якщо дивитися на площину Π_3 в напрямку вісі i).

Спочатку в усіх трьох проєкціях намічається траєкторія точки T , яка обертається. Вона знаходиться в профільній площині рівня θ , на горизонтальній і фронтальній проєкціях співпадає з вертикальною лінією зв'язку, а на профільній зображується в натуральну величину, тобто дугою кола 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 \bar{T}_3 .

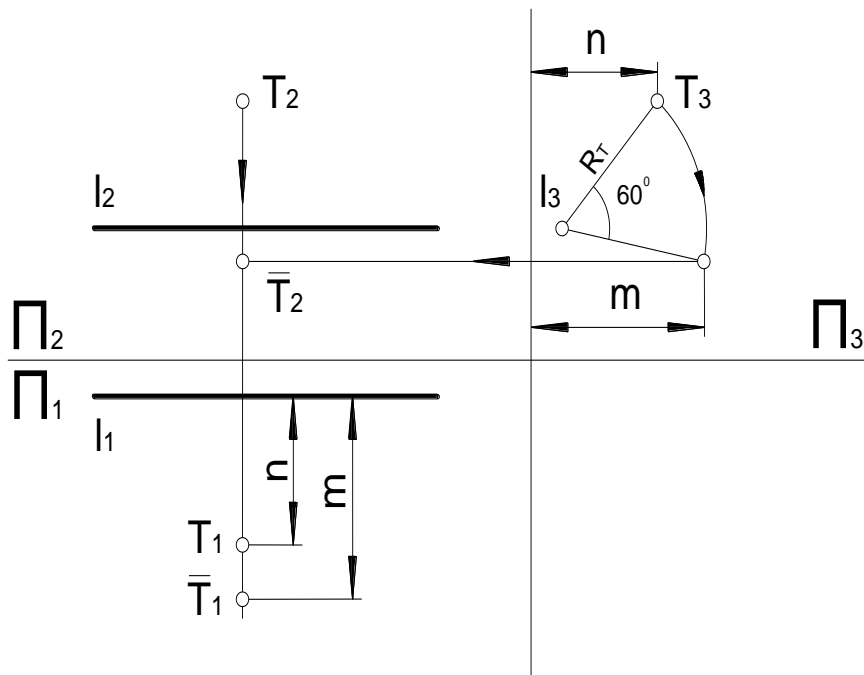


Рис.1.48. Точка T повернута навколо профільно-проектуючої вісі

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 кожну з її двох точок. На рис.1.49 пряма a повернута на кут 120° по руху годинникової стрілки навколо фронтально-проектуючої прямої i . Тут також необхідно 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 кола. 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.

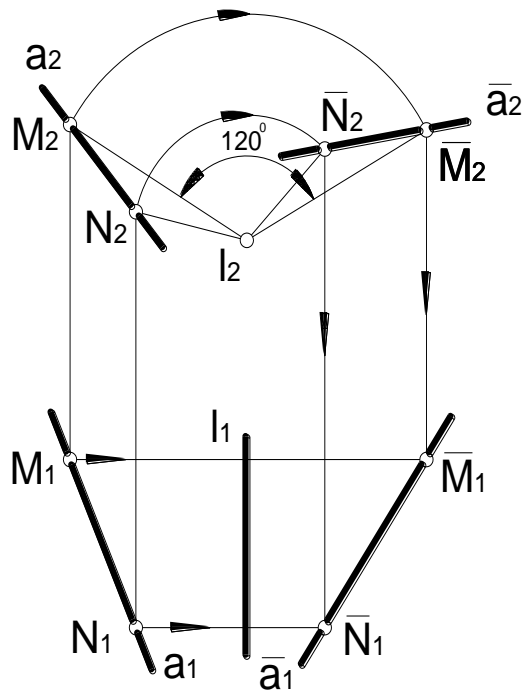


Рис.1.49. Поворот прямої на потрібний кут

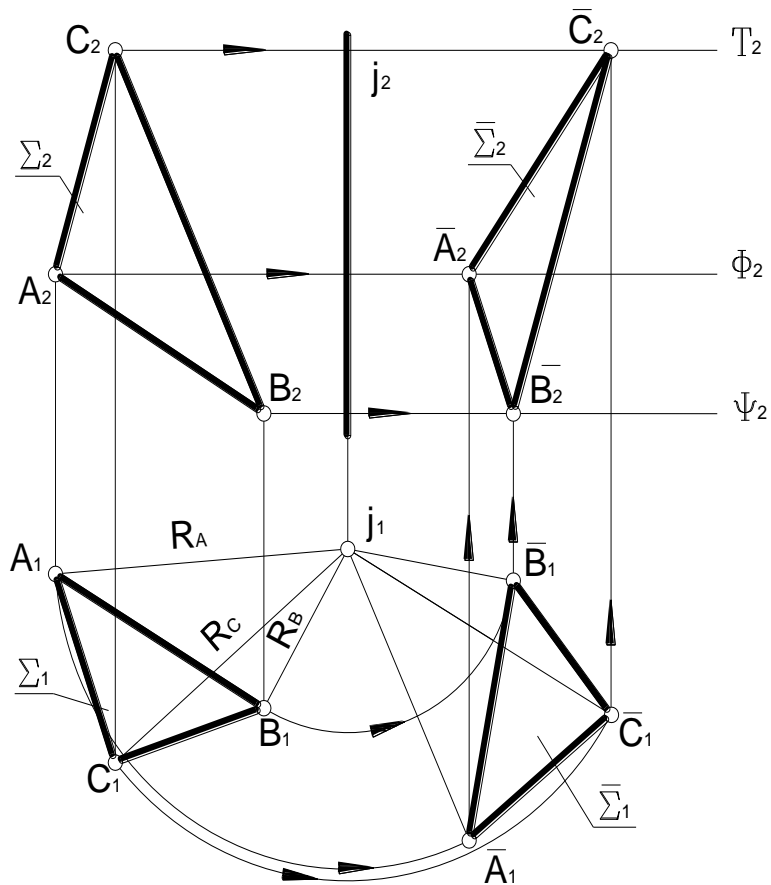


Рис. 1.50. Поворот прямої навколо горизонтально-проектуючої прямої

На рис.1.50 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.1.51, 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). Нехай 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.

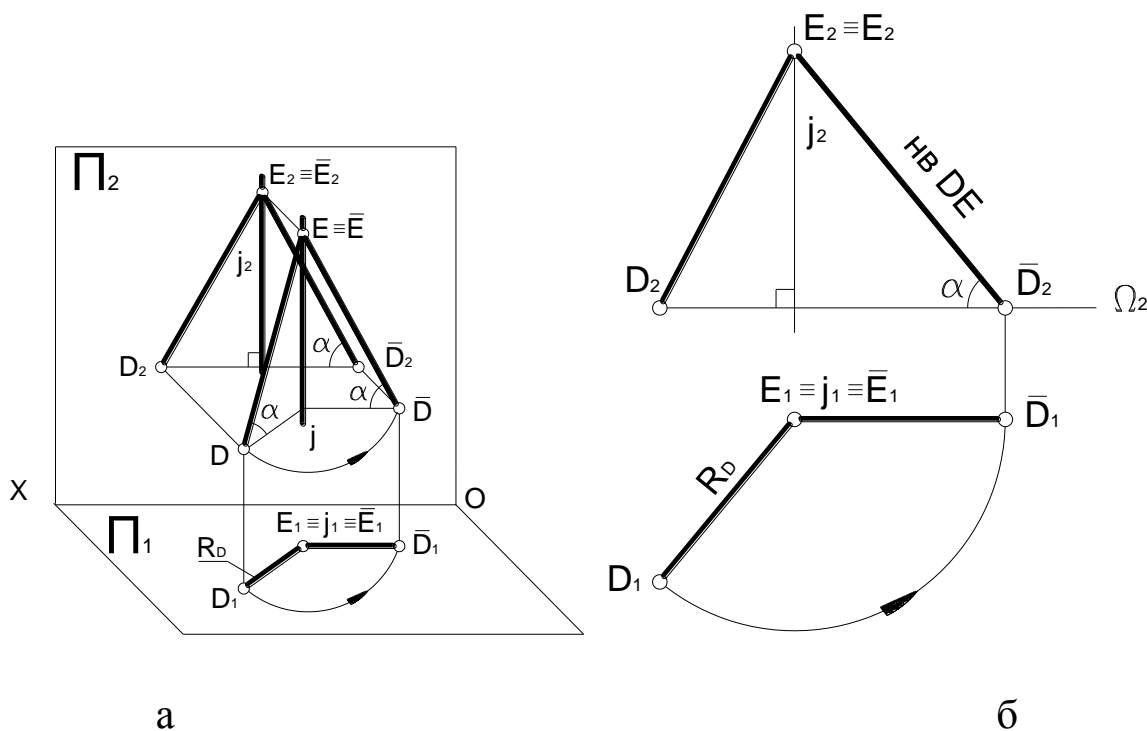


Рис.1.51. Просторова модель задачі

На комплексному кресленні (рис.1.51, 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 проєкцій Π_1 . Раніше ці параметри прямої загального положення ми визначали способом прямокутного трикутника.

1.6.3.Плоско-паралельне переміщення. Чотири основні способи перетворення

Перетворення креслення обертанням геометричних об'єктів з вказівкою проєктуючих осей має суттєву незручність, яка заключається в тому, що нові, додаткові проєкції або примикають до основних, або налягають на них. Це ускладнює 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. 1.51, 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. 1.51, 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 $\bar{D}_1\bar{E}_1 = D_1E_1$ (рис. 1.52, 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 будемо 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).

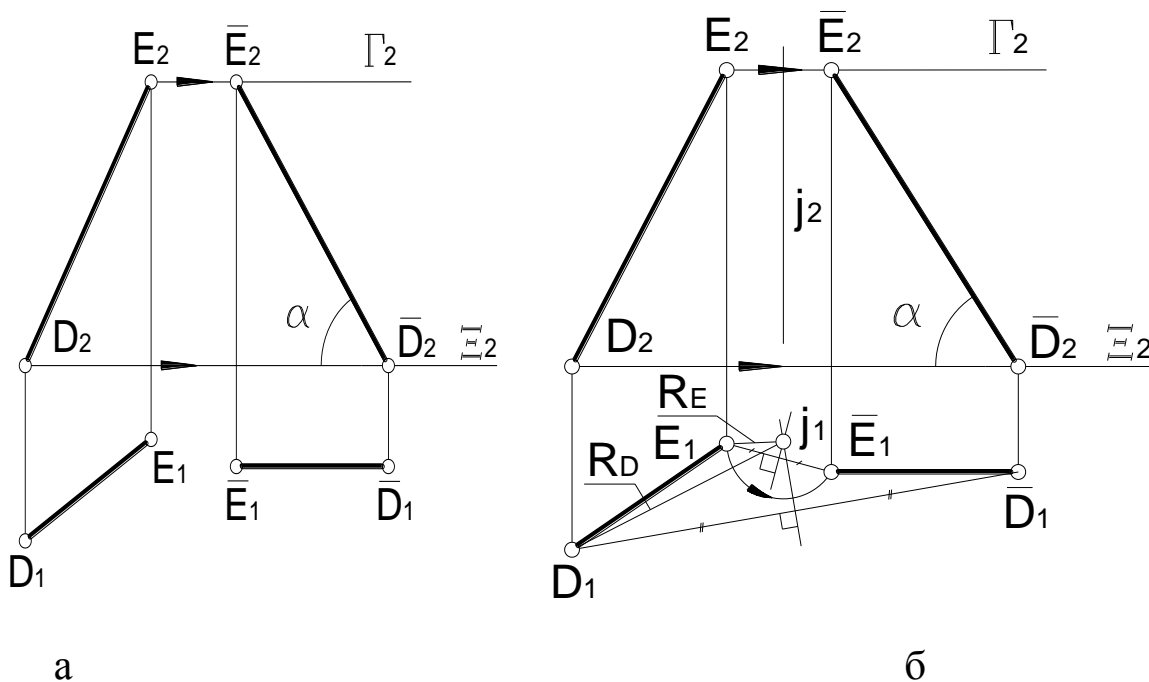


Рис.1.52. Плоско паралельне переміщення

При бажанні можна визначити положення цієї «неявної» вісі обертання, а також вказати горизонтальну проєкцію дуг кіл, по яким переміщалися точки D і E (рис.1.52, 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 тієї 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.

Першу основну задачу перетворення ми вже розв'язали (див. рис. 1.52), тобто способом плоско-паралельного переміщення перетворили пряму загального положення в пряму рівня – фронталь.

Переходимо до розв'язання *другої* основної 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.1.53 маємо фронталь $\bar{D}\bar{E}$ в її початковому положенні. Не змінюючи довжини проєкції $\bar{D}_2\bar{E}_2$, розташовуємо її вертикально у

вільному полі креслення. Нове положення відрізка відмічають дві горизонтальні риси над їх літерним позначенням ($\bar{\bar{D}}_2 \bar{\bar{E}}_2$).

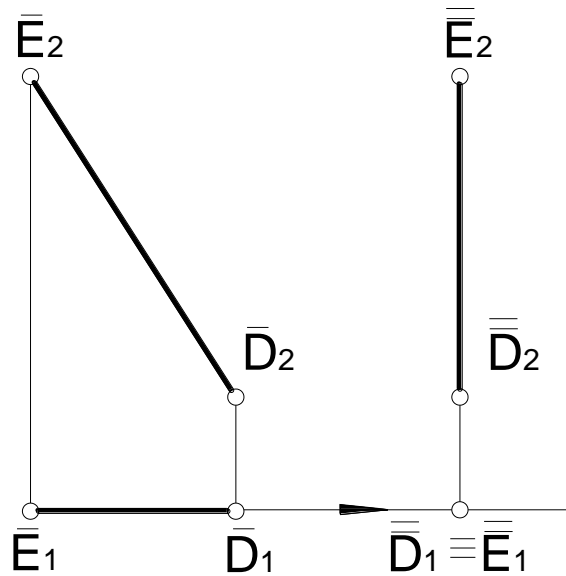


Рис.1.53. Фронталь $\bar{\bar{D}}\bar{\bar{E}}$ в її початковому положенні.

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 $\bar{\bar{D}}_1 \bar{\bar{E}}_1$ відрізка, яка зображується точкою $\bar{\bar{D}}_1 \equiv \bar{\bar{E}}_1$. 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. 1.54).

Почнемо з горизонталі. На комплексному кресленні (рис.1.55) 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 будуюмо нове положення горизонталі – вертикальну пряму \bar{h}_1 , а потім за допомогою засічок із точок Q і O будуюмо вершини N і P відсіку таким чином, щоб нова проекція $\bar{N}_1\bar{P}_1\bar{Q}_1$ залишилася рівною проекції $N_1P_1Q_1$ початкового положення відсіку.

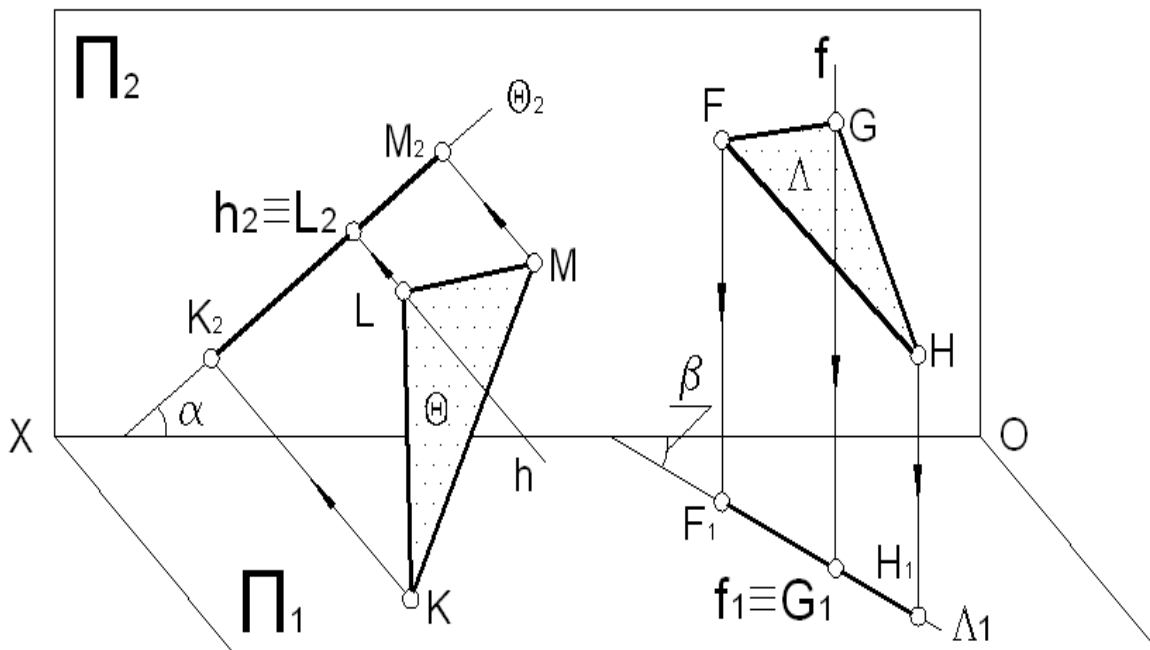


Рис. 1.54. Перетворення площини загального положення в проєктуючу площину

При цьому точки N, Q, P (вершини відсіку) переміщалися в відповідних площинах рівня Σ, Φ, T . За допомогою ліній зв'язку визначаємо нову фронтальну проекцію $\bar{N}_2\bar{P}_2\bar{Q}_2$ відсіку. Вона повинна бути прямою лінією. В результаті отримуємо нове комплексне креслення, на якому площина загального положення θ стала фронтально-проєктуючою.

Так як кут α нахилу площини θ до площини проєкцій Π_1 (див. рис. 1.55) при переміщенні, тобто обертанні навколо «неявної» горизонтально-проєктуючої вісі, залишався незмінним, можна стверджувати, що даним перетворенням ми визначили натуральну величину цього кута.

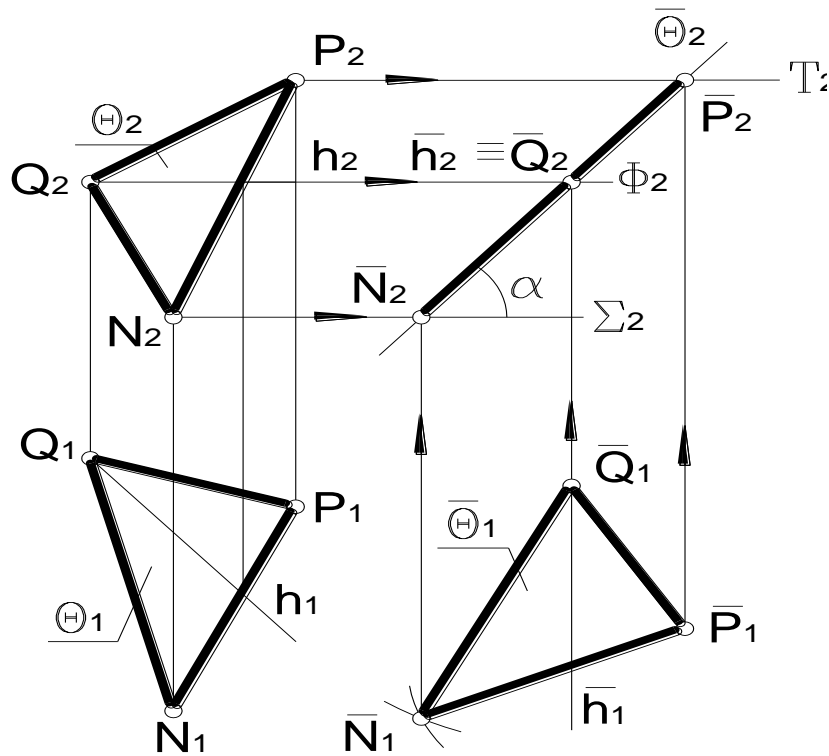


Рис.1.55. Перетворення горизонталі в проєктуючу площину

Четверта основна задача – перетворення проєктуючої площини в площину рівня. Будемо розв’язувати цю задачу як продовження попередньої, третьої задачі, так як вони можуть бути об’єднанні в одну безперервну задачу перетворення площини загального положення в площину рівня.

Щоб проєктуюча площина стала площиною рівня, треба її проєкцію – пряму розташувати горизонтально. На рис.1.56 маємо фронтально-проєктуючу площину $\bar{\theta}$ в її початковому положенні. Не змінюючи довжини і форми фронтальної проєкції $\bar{N}_2 \bar{P}_2 \bar{Q}_2$, розташовуємо її горизонтально в вільному полі креслення.

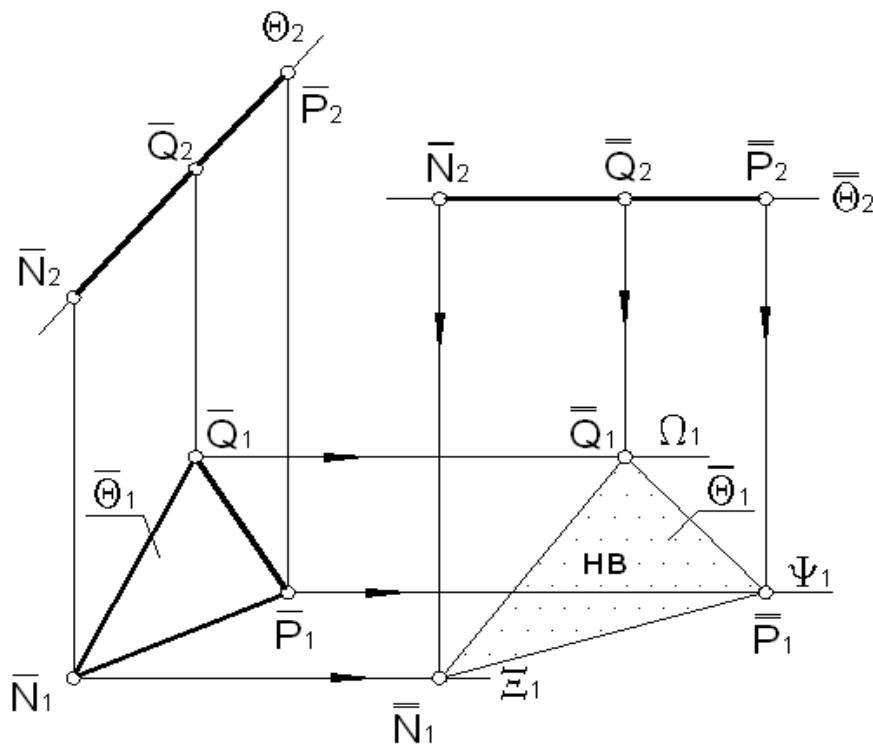


Рис.1.56. Фронтально-проектуюча площина $\bar{\theta}$
в її початковому положенні

За допомогою ліній зв'язку визначаємо горизонтальну проекцію $\bar{N}_1 \bar{P}_1 \bar{Q}_1$ нового положення відсіку. При цьому вершини відсіку (точки N, P, Q) переміщувалися відповідно в фронтальних площинах Ξ, Ψ, Ω . Тут можна сказати, що здійснено обертання плоского відсіку навколо відсутньої на кресленні фронтально-проектуючої вісі.

Таким чином, в результаті перетворення способом плоско-паралельного переміщення отримали нове комплексне креслення, на якому проектуюча площина стала площиною рівня. Нова горизонтальна проекція $\bar{N}_1 \bar{P}_1 \bar{Q}_1$ відсіку являється його натуральною величиною.

Шляхом суміщення креслень рис.1.55 і 1.56 таким чином, щоб їх проектуючі площини співпали можна отримати креслення безперервного перетворення площини загального положення в площину рівня, тобто послідовного розв'язання третьої та четвертої задач.

1.6.4. Обертання навколо прямих рівня

Перетворення площини загального положення в площину рівня можна здійснити не в два прийоми, як це було розглянуто вище, тобто послідовним розв'язанням третьої та четвертої задач, а в один. Для цього площину треба обертати не навколо проєктуючих прямих, а навколо прямої рівня цієї площини (горизонталі або фронталі).

На схемі (рис.1.57, а) площина загального положення P задана трикутним відсіком STU з горизонтальною стороною SU . Значить сторона SU буде одночасно і горизонталлю площини P , і її віссю обертання. Для приведення відсіку STU в горизонтальне положення достатньо сумістити точку T з горизонтальною площиною рівня Γ обертанням навколо горизонталі h . Точка T при цьому буде переміщуватися в горизонтально-проєктуючій площині Δ , перпендикулярній осі обертання – горизонталі h .

Переходимо до комплексного креслення (рис. 1.57, б). Через точку T проводимо горизонтально-проєктуючу площину Δ перпендикулярно горизонталі h . Траєкторія обертання точки T в горизонтальній проєкції співпадає з проєкцією – прямою Δ_1 площини Δ . Залишається знайти натуральну величину радіуса R_T , тобто відрізка OT (за способом прямокутного трикутника), і із центра O зробити засічку на проєкції Δ_1 . Це і буде шукана точка T в своєму новому положенні \bar{T} .

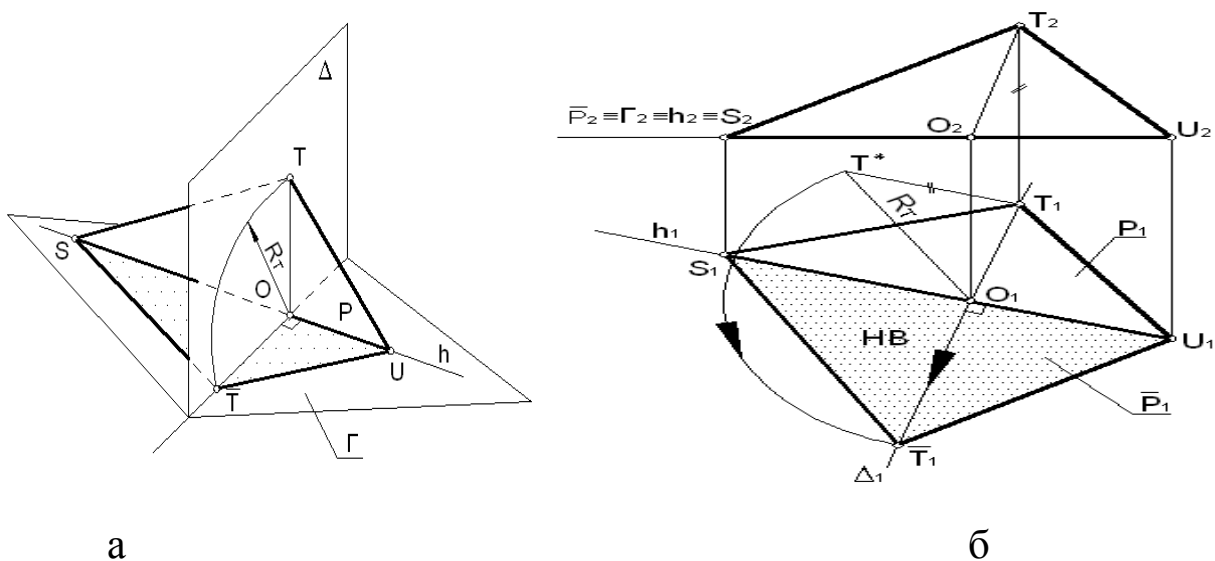


Рис.1.57. Обертання навколо прямих рівня

Потім нове положення точки T з'єднуємо з нерухомими точками S і U , які знаходяться на вісі обертання h . Отримаємо нове комплексне креслення (суміщене зі старим, основним), на якому площина загального положення P стала площиною рівня \bar{P} проминувши стадію проектуючої площини. Нова фронтальна проекція представляє собою горизонтальну пряму \bar{P}_2 , а нова горизонтальна проекція $S_1\bar{T}_1U_1$ відсіку являється його натуральною величиною.

Як бачимо, таке перетворення програє в наочності – нове комплексне креслення не віддалено від старого і це затрудняє його читання. Але в той же час цей спосіб виграє в швидкості розв'язання задачі – поворот здійснюється в один прийом, і графічно ця побудова займає меншу площину.

При розв'язанні подібних задач необхідно врахувати одну обставину. Якщо плоский відсік не має сторони – горизонталі (сторони SU в нашому прикладі), то його треба добудувати таким чином, щоб ця горизонталь була, тобто плоский відсік повністю повинний бути по одну сторону від горизонталі. Інакше буде накладання нової проекції відсіку на стару (основну), а це значно ускладнить розв'язання деяких задач. На рис.1.58 заданий відсік ABC , який не має сторони горизонталі. Через вершину C проводимо горизонталь h до перетину з стороною BA в точці R . Отримуємо трикутник RBC , який і обертаємо навколо сторони-горизонталі RC . Точка A обертається в площині θ , яка паралельна площині Λ (в ній обертається точка B).

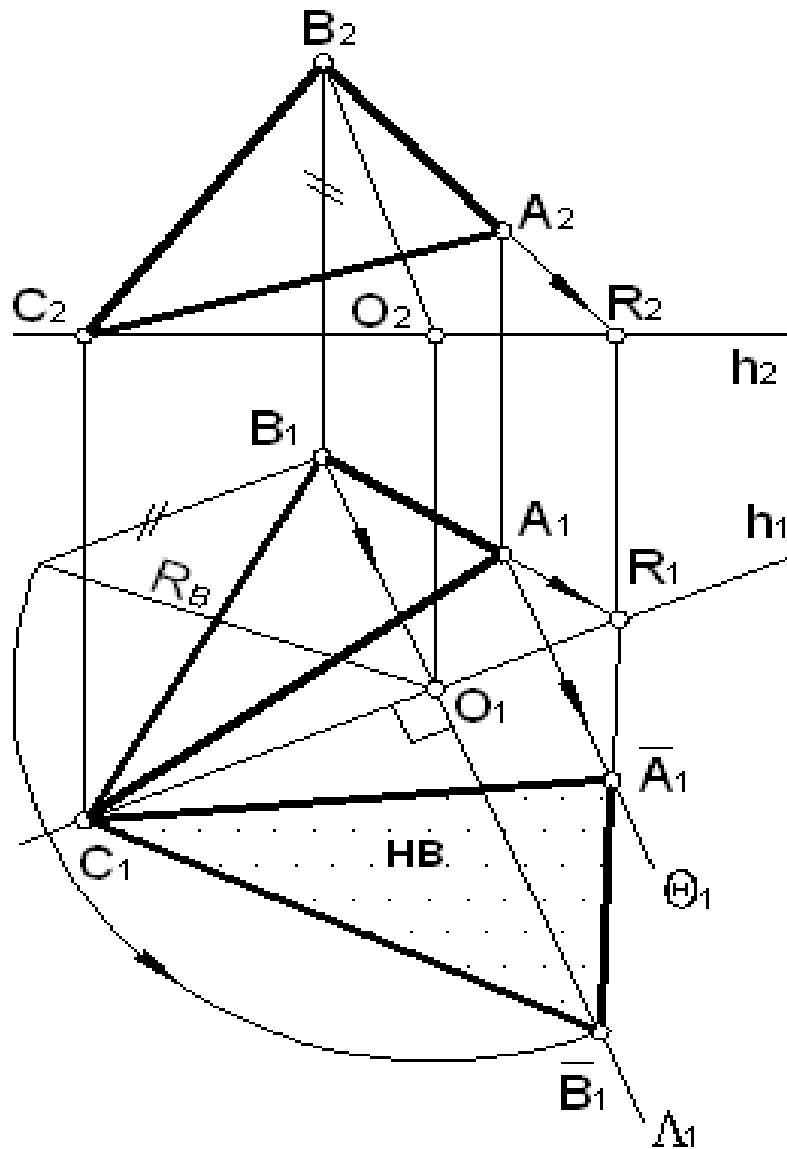


Рис.1.58. Відсік ABC , який не має сторони горизонталі

З'єднавши нове положення точки \bar{B} з нерухомими точками R і C , отримаємо нове положення трикутного відсіку ABC і одночасно – нове положення вершини A . Розглянутий вид перетворення можна використовувати при визначенні натуральних величин плоских фігур і для різноманітних геометричних побудов в площинах загального положення.

1.6.5.Заміна площин проєкцій

Спосіб заміни площин проєкцій в своїй основі протилежний способу обертання. Якщо при обертанні (а також при плоскопаралельному переміщенні) змінювалося тільки положення

геометричного образу в просторі, а площини проєкцій залишалися нерухомими, то тут навпаки – нерухомим в просторі буде залишатися геометричний образ, а площини проєкцій змінять своє положення.

При цьому необхідно замітити, що площини проєкцій переміщуються не якимсь визначеним чином, а вказуються їх кінцеві положення. В нових положеннях площини проєкцій будуть називатися послідовно: Π_4, Π_5, Π_6 і т.д. Можна сказати, що старі площини проєкцій Π_1, Π_2 замінюються новими Π_4, Π_5 і т.д. Звідси і назва способу перетворення – *заміна площин проєкцій*.

При такому перетворенні необхідно дотримання наступних умов:

- 1) площини проєкцій замінюються не одночасно, а послідовно;
- 2) кожна нова площина проєкцій повинна бути перпендикулярна до залишеної, утворюючи з нею нову систему площин проєкцій.

Розглянемо сутність цього перетворення в застосуванні до рішення чотирьох основних задач по перетворенню прямої та площини. Необхідно відзначити, що при способі заміни площин проєкцій наявність на комплексному кресленні осей проєкцій обов'язкова.

Перша основна задача – перетворення прямої загального положення в пряму рівня. На рис. 1.59, а в системі площин проєкцій $\Pi_1 \Pi_2$ (назвемо її “старою” системою) задана пряма загального положення своїм відрізком DE . Для зручності вісь проєкцій позначимо Π_2 / Π_1 .

Щоб в новій системі площин проєкцій пряма загального положення стала прямою рівня, треба нову площину проєкцій Π_4 розташувати паралельно до цієї прямої і одночасно перпендикулярно площині проєкцій, яка залишається.

Нехай нова площина проєкцій Π_4 паралельна відрізку DE і перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій Π_1 . Це значить, що нова площина проєкцій Π_4 замінила собою фронтальну Π_2 , яку

умовно назвемо “відпавшою”. Утворюється нова система двох взаємно перпендикулярних площин проєкцій Π_1 і Π_4 з новою віссю проєкцій Π_1/Π_4 .

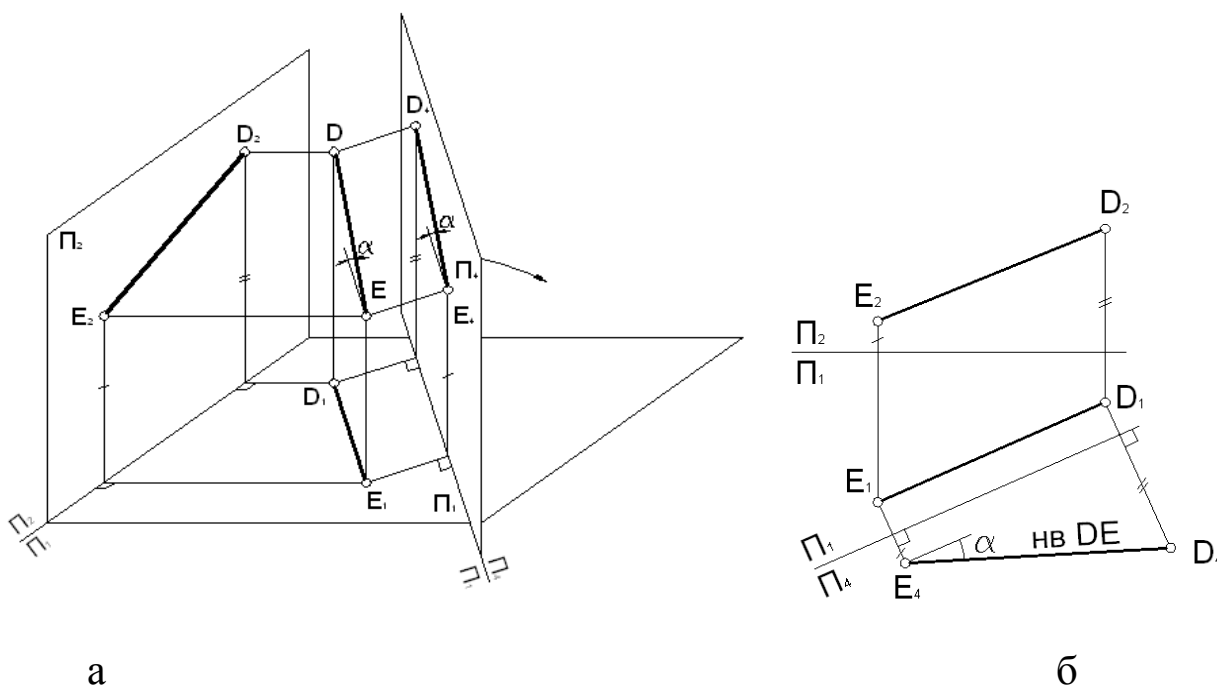


Рис.1.59. Перетворення прямої загального положення в пряму рівня

Зпроектувавши відрізок загального положення DE ортогонально на нову площину проєкцій Π_4 , маємо нову проєкцію D_4E_4 відрізка DE . Для отримання плоского креслення сумістимо площину Π_4 разом з зображенням з площиною Π_1 обертом навколо вісі проєкцій Π_1/Π_4 в напрямку вказаному стрілкою.

Переходимо до комплексного креслення (рис. 1.59, б). Тут ми маємо в старій системі площин проєкцій пряму загального положення DE , а також стару вісь проєкцій Π_2/Π_1 .

Звичайно вихідне комплексне креслення не має вісі проєкцій, тобто являється безосним. Але ми знаємо, що вісі проєкцій при необхідності можна вибирати в довільному місці креслення між проєкціями геометричних образів. При перетворенні, яке розглядається, вісі проєкцій служать базами відліку координат окремих точок. Перехід до нової системи площин на комплексному кресленні здійснюється в три етапи. Їх необхідно запам'ятати.

1. Будується нова вісь проєкцій у відповідності з умовою задачі. В даному випадку нова вісь проєкцій Π_1/Π_4 повинна бути паралельна горизонтальній проєкції D_1E_1 (так як відрізок DE повинний стати прямою рівня) – див. рис. 1.59, а. Відстань від нової вісі проєкцій до проєкції D_1E_1 довільна. Зверніть увагу на порядок постановки літерних позначень Π_1 і Π_4 : індекси 1 і 4 відповідають полям проєкцій.

2. Проводяться нові лінії зв'язку перпендикулярно нової вісі проєкцій. Вони повинні починатися від тих проєкцій точок, які переходять в нове комплексне креслення. В даному випадку лінії зв'язку йдуть від горизонтальних проєкцій D_1 і E_1 перпендикулярно новій вісі проєкцій Π_1/Π_4 .

3. На нових лініях зв'язку від нової вісі проєкцій відкладаємо відстань, яка дорівнює відстаням від “відпавших” проєкцій точок до старої вісі проєкцій. В даному випадку це будуть координати Z точок D і E , тобто відстані від проєкцій D_2 і E_2 до старої вісі проєкцій Π_2/Π_1 . Їх величини дає фронтальна проєкція комплексного креслення, тобто та проєкція, яка “відпадає”, не переходить в нове комплексне креслення.

Таким чином, отримане нове комплексне двокартинне креслення, яке складається зі старої проєкції D_1E_1 відрізка і нової, додаткової проєкції D_4E_4 . На цьому новому кресленні, що отримане з основного, старого креслення, пряма загального положення стала прямою рівня. Правда, її не можна назвати ні горизонталлю, ні фронталлю, так як ми вже відійшли від старої, початкової системи площин проєкцій $\Pi_1\Pi_2$. Нова, додаткова проєкція D_4E_4 являється натуральною величиною відрізка DE , а кут α – натуральною величиною його нахилу до горизонтальної площини проєкцій Π_1 (див. рис.1.59, а).

Незвичність нового комплексного креслення ще і в тому, що вісь проєкцій похила. Так як ми вже звикли до того, що вона повинна бути горизонтальною, можна повернути креслення так, щоб нова вісь

проекцій Π_1/Π_4 стала горизонтальною. Причому тут вже не має значення, яка з проекцій буде над віссю або під нею.

Друга основна задача – перетворити пряму рівня в проектуючу пряму. Будемо розв’язувати цю задачу як продовження попередньої. На рис.1.60,а для рішення поставленої задачі система взаємно перпендикулярних площин Π_1 і Π_4 вже стає старою. І вісь проекцій Π_4/Π_1 також стара. В відповідності до умови задачі новою площиною проекцій повинна стати площина Π_5 , перпендикулярна відрізку DE , тому що він повинний стати проектуючою прямою. І ця нова площина повинна бути перпендикулярна площині Π_4 , що залишається. А замінюється тут горизонтальна площина проекцій Π_1 . Таким чином, дві взаємно перпендикулярні площини – стара Π_4 і нова Π_5 утворюють нову систему площин проекцій з новою віссю проекцій Π_5/Π_4 .

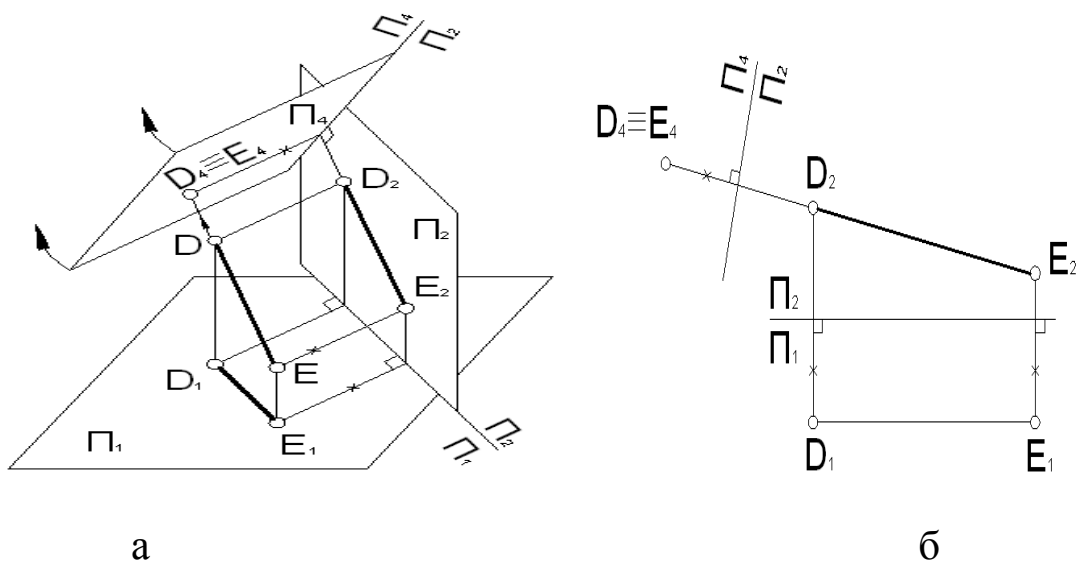


Рис.1.60. Перетворення прямої рівня в проектуючу пряму

Зпроектувавши пряму рівня – відрізок DE ортогонально на нову площину Π_5 , отримаємо нову проекцію $D_5 \equiv E_5$ відрізка DE . Як і повинно було бути, вона представляє собою точку. Для отримання плоского креслення сумістимо площину Π_5 разом з зображенням з площиною Π_4 обертом навколо нової вісі проекцій Π_5/Π_4 в напрямку, вказаному стрілками.

Переходимо до комплексного креслення (рис. 1.60, б). Для зручності рішення задачі початкове комплексне креслення прямої рівня, взяте з рис.1.59, б, розташуємо так, щоб його вісь проєкцій Π_4/Π_1 стала горизонтальною. Причому величина відстані між проєкціями D_1E_1 і віссю проєкцій Π_4/Π_1 не має значення.

Перехід до нової системи площин проєкцій здійснюється в тому ж самому порядку, як і при рішенні першої задачі:

1. Нову вісь проєкцій Π_5/Π_4 будемо перпендикулярно проєкції, яка представляє натуральну величину прямої рівня DE . Ця вісь проєкцій проводиться на довільній відстані.

2. Від проєкцій D_4 і E_4 , які переходять в нове комплексне креслення, проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно новій вісі проєкцій Π_5/Π_4 . В даному випадку вони співпадають в одну лінію.

3. На нових лініях зв'язку від нової вісі проєкцій Π_5/Π_4 відкладаємо відстані, на яких знаходилися «відпавші» проєкції D_1 і E_1 від старої вісі проєкцій Π_4/Π_1 . Ці відстані виявилися рівними, і тому нова, додаткова проєкція відрізка представляє собою точку $D_5 \equiv E_5$.

Таким чином, ми отримали нове комплексне креслення, яке складається з старої проєкції D_4E_4 і нової, додаткової проєкції $D_5 \equiv E_5$. На цьому кресленні пряма рівня стала проєктуючою прямою. Тут також не має сенсу уточнювати, горизонтально-проєктуюча вона чи фронтально-проєктуюча, так як від основної системи площин проєкцій $\Pi_1\Pi_2$ ми пішли ще далі.

Для перетворення прямої загального положення в проєктуючи пряму необхідно розв'язати послідовно першу і другу задачі на одному кресленні. Це креслення безперервного перетворення можна отримати суміщенням креслень рис.1.59, б і 1.60, б. При цьому прямі рівня обох креслень повинні співпасти.

Третя основна задача – перетворити площину загального положення в проєктуючи площину.

Щоб площина загального положення стала проєктуючою, достатньо добитися того, щоб одна з прямих рівня цієї площини стала проєктуючою прямою. Почнемо з фронталі. На рис.1.61 площина

загального положення Φ задана своїм відсіком FGH . Будуємо в ній фронталь f і починаємо перетворення по запропонованій вище схемі. Щоб фронталь стала проєктуючою, треба нову площину проєкцій Π_4 побудувати перпендикулярно проєкції – натуральній величині f_2 фронталі. Значить, нова вісь проєкцій Π_2/Π_4 повинна бути перпендикулярна проєкції f_2 . І проводити її можна як справа від проєкції відсіку, так і зліва.

Потім від проєкцій F_2, G_2, H_2 , які залишаються, тобто переходять в нове комплексне креслення, проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно новій вісі проєкцій Π_2/Π_4 .

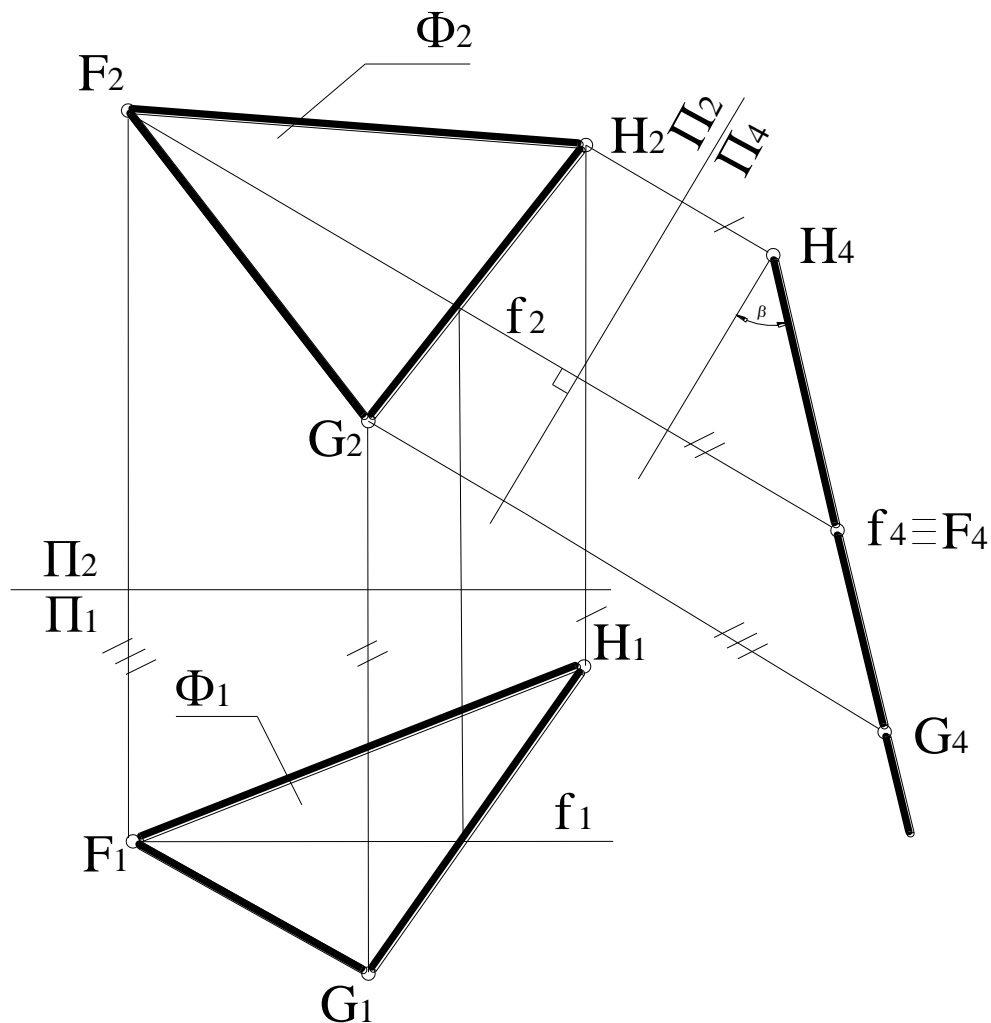


Рис.1.61. Перетворення площини загального положення в проєктуючу площину

Так як “відпавшою” проекцією тут являється горизонтальна проекція $F_1G_1H_1$ відсіку (нова площина Π_4 замінила собою горизонтальну площину проекцій Π_1), вимірюємо відстань проекцій точок від старої вісі проекцій Π_2/Π_1 і відкладаємо їх на нових лініях зв’язку від нової вісі проекцій Π_2/Π_4 .

Отримуємо нову, додаткову проекцію $G_4F_4H_4$ відсіку, яка разом зі старою проекцією $F_2G_2H_2$ утворює нове комплексне креслення площини Φ . На цьому новому кресленні площина загального положення Φ стала проектуючою площиною.

Щоб краще зрозуміти це креслення, треба розвернути його так, щоб нова вісь проекцій Π_2/Π_4 стала горизонтальною. Кут β являється натуральною величиною кута нахилу площини Φ до фронтальної площини проекцій Π_2 .

Для визначення кута α нахилу площини Φ до горизонтальної площини проекцій Π_1 треба замінити площину проекцій Π_2 і користуватися при цьому горизонталлю h .

Четверта основна задача – перетворити проектуючу площину в площину рівня. Розв’язувати її будемо як продовження попередньої.

Вихідним кресленням для розв’язання цієї задачі буде креслення на рис.1.62. Тільки розташуємо його так, що вісь проекцій Π_2/Π_4 стала горизонтальною, так що система взаємо перпендикулярних площин проекцій $\Pi_2\Pi_4$ і їх вісь проекцій Π_2/Π_4 до даного моменту являються вже «старими».

Щоб на новому комплексному кресленні проектуюча площина стала площиною рівня, треба нову площину проекцій Π_5 побудувати паралельно проекції прямої Φ_4 . Тим самим буде замінена фронтальна площина проекцій Π_2 .

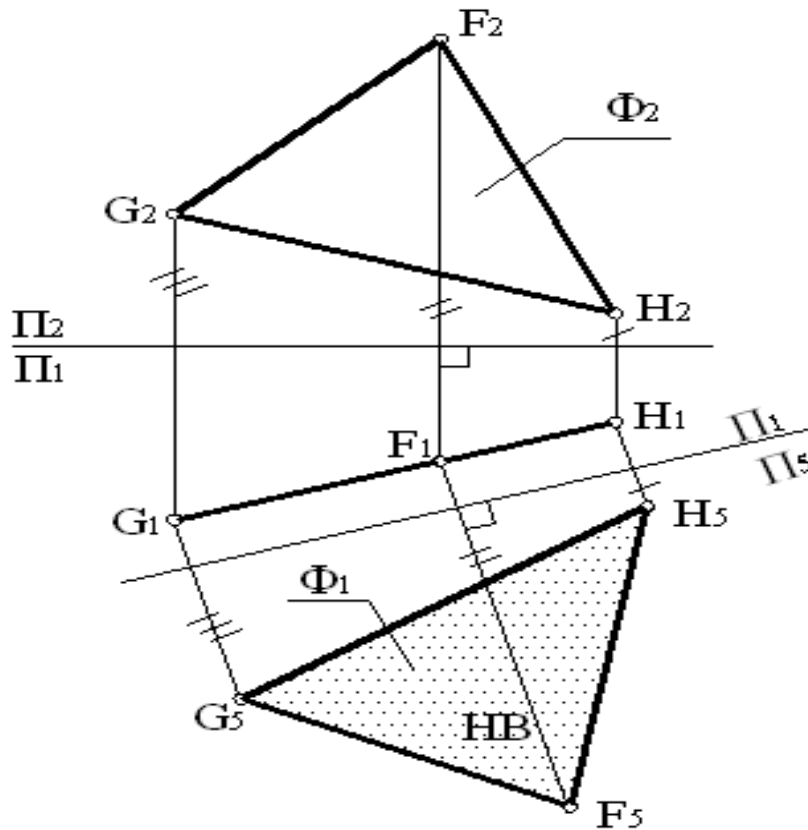


Рис.1.62. Перетворення проєктуючої площини в площину рівня

Таким чином, спочатку паралельно Φ_4 на довільній відстані будемо нову вісь проєкцій Π_4/Π_5 , а потім від залишених проєкцій G_4, F_4, H_4 точок проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно новій вісі проєкцій Π_4/Π_5 і на них відкладаємо відстані, які дорівнюють відстаням від старої вісі Π_2/Π_4 до "відпавших" проєкцій G_2, F_2, H_2 точок G, F, H . Отримаємо нове комплексне креслення площини Φ , яке складається зі старої проєкції-прямої $G_4F_4H_4$ відріку і його нової, додаткової проєкції $G_5F_5H_5$. На цьому новому кресленні проєктуюча площина Φ стала площиною рівня. Нова проєкція $G_5F_5H_5$ відріку являється його натуральною величиною.

Для кращого сприйняття нового креслення повернемо його так, щоб нова вісь проєкцій Π_4/Π_5 стала горизонтальною.

1.7 Графічна робота №3 «Метричні задачі»

Третя графічна робота з нарисної геометрії включає чотири задачі. Координати точок для побудови умов задач беруться з таблиці 1.1.

Задача 1. Знайти відстань між відрізками AB і CD . (Метод заміни площин проекцій).

Так як відрізки AB і CD перехресні, то необхідно, використовуючи метод заміни площин проекцій, перетворити креслення так, щоб один з цих відрізків став проектуючим.

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатам будують фронтальні та горизонтальні проекції відрізків AB і CD .

2. Першою заміною один з відрізків загального положення перетворюємо у відрізок рівня (перша основна задача). Що стосується другого відрізка, то він в процесі перетворення не переходить в окреме положення, а зберігає своє положення і просторі по відношенню до першого відрізка.

3. Другою заміною отриманий відрізок рівня перетворюємо в проектуючий відрізок (друга основна задача).

Відрізок K_5N_5 на останній додатковій проекції і являється шукано відстанню між перехресними прямими AB і CD .

Точки K і N – найближчі одна до одної на цих відрізках. Щоб знайти їх на вихідному кресленні, необхідно по лініям зв'язку перенести їх спочатку на площину Π_4 (отримаємо відрізок K_4N_4), а потім на площини Π_1 та Π_2 (отримаємо K_1N_1 і K_2N_2 – проекції відстані між перехресними відрізками AB і CD).

Приклад виконання задачі 1 графічної роботи №3 представлений на рисунку 1.63.

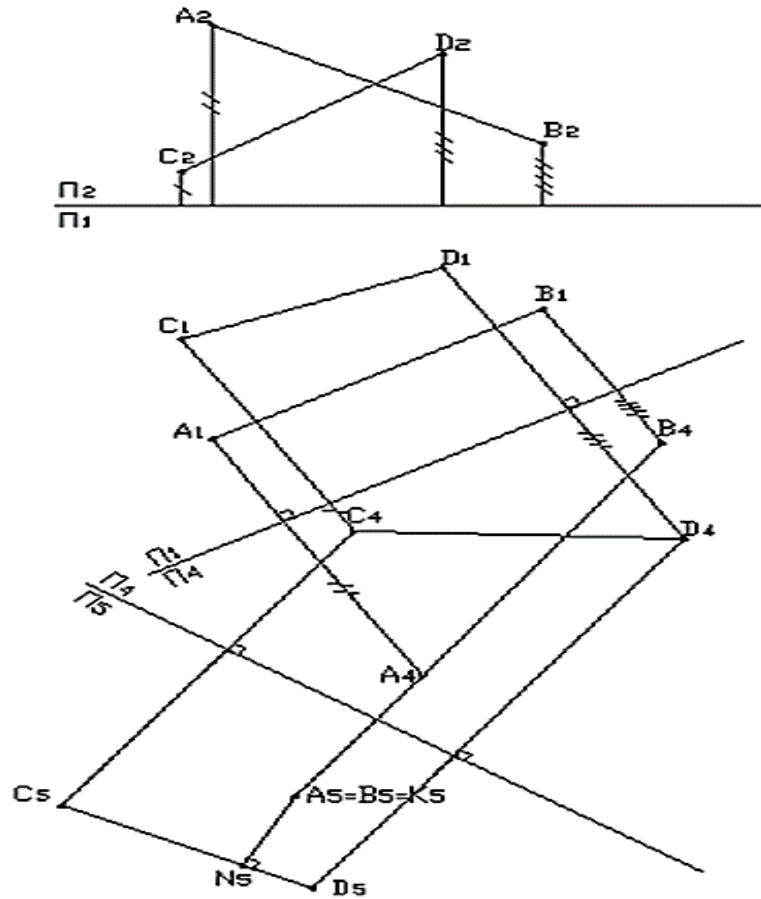


Рис. 1.63. Графічна робота №3, задача 1.

Задача 2. Знайти натуральну величину двогранного кута, утвореного трикутниками ABC і ABD . (Метод обертання навколо проектуючої прямої).

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатам будуємо фронтальну та горизонтальну проєкції двогранного кута, утвореного трикутниками ABC і ABD .

2. Спільне для двох трикутників ребро AB повертаємо навколо горизонтально- або фронтально-проекуючої осі так, щоб воно зайняло положення прямої рівня: горизонталі чи фронталі. На цей же самий кут повертаємо і інші ребра двогранного кута.

3. Отриману натуральну величину ребра AB повертаємо так, щоб воно зайняло положення горизонтально- або фронтально-проекуючої прямої. На цей же самий кут повертаємо і інші ребра двогранного кута.

На площині, відносно якої ребро AB проектує, отримуємо натуральну величину двогранного кута.

Приклад виконання задачі 2 графічної роботи №3 представлений на рисунку 1.64.

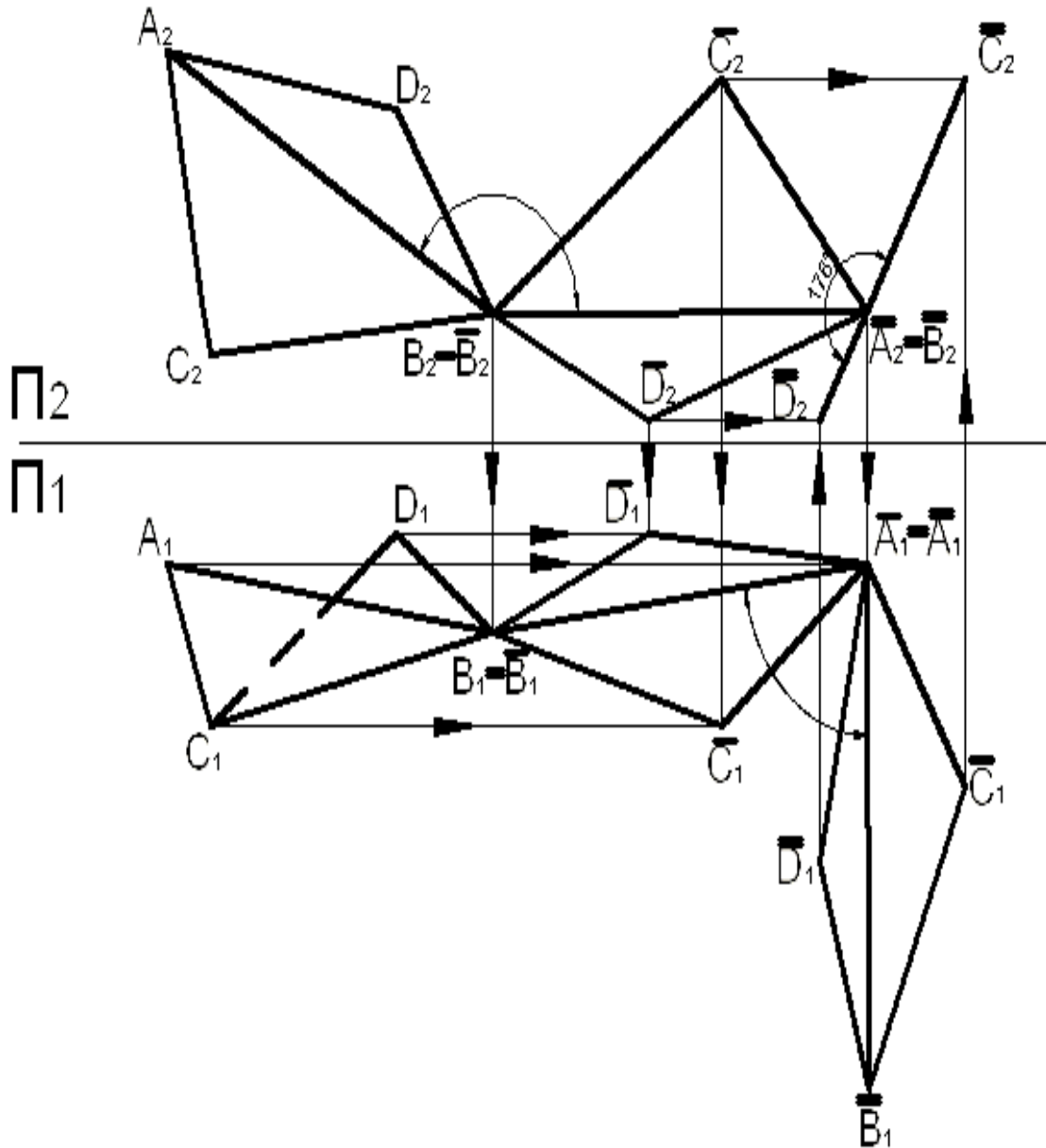


Рис. 1.64. Графічна робота №3, задача 2.

Задача 3. Знайти натуральну величину трикутника ABC . (Метод обертання навколо лінії рівня).

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатам будуємо фронтальну та горизонтальну проекції трикутника ABC .

2. Будуємо горизонтальну та фронтальну проекції горизонталі (в даному випадку використовуємо її як вісь обертання).

3. Проводимо площини обертання для вершин B і C трикутника ABC перпендикулярно до осі обертання (площини Σ і Φ).

4. Знаходимо точку O_1 – центр обертання точки B . вона визначається як точка перетину осі обертання з площиною обертання.

5. Визначаємо радіус обертання точки B . Його величина дорівнює натуральній величині відрізка OB (знаходимо способом прямокутного трикутника).

6. Повертаємо точку B радіусом $R_B = OB$ навколо центра O_1 до перетину з площиною Σ . Точка B^* і являється новим положенням точки B після обертання.

7. З'єднуємо точку B^* з точкою 1_1 до перетину з площиною Φ . Отримана точка C^* являється новим положенням точки C після обертання.

8. З'єднавши точки B^* , C^* і A отримуємо натуральну величину трикутника ABC .

Приклад виконання задачі 3 графічної роботи №3 представлений на рисунку 1.65.

Задача 4. Знайти відстань від точки D до площини, заданої трикутником ABC . (Метод плоско-паралельного переміщення).

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатам будуємо фронтальну та горизонтальну проєкції трикутника ABC і точки D .

2. Методом плоско-паралельного переміщення площину загального положення, задану трикутником ABC , перетворюємо в проєктуючу площину (третя основна задача). Разом з трикутником, не міняючи співвідношення розмірів, переміщуємо і точку D .

3. З точки D проводимо перпендикуляр до площини трикутника ABC на тій площині проєкцій, де трикутник проєктується у відрізок. Отриманий відрізок $\bar{D} \bar{K}$ являється шуканою відстанню від точки D до площини, заданої трикутником ABC .

Приклад виконання задачі 4 графічної роботи №3 представлений на рисунку 1.66.

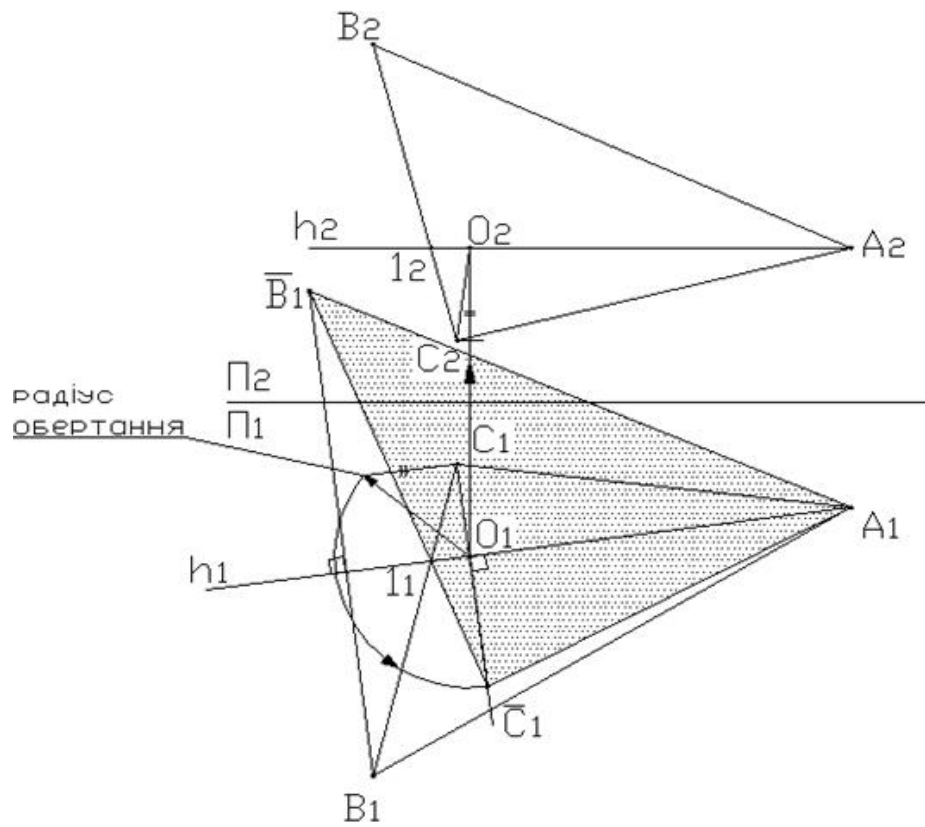


Рис. 1.65. Графічна робота №3, задача 3.

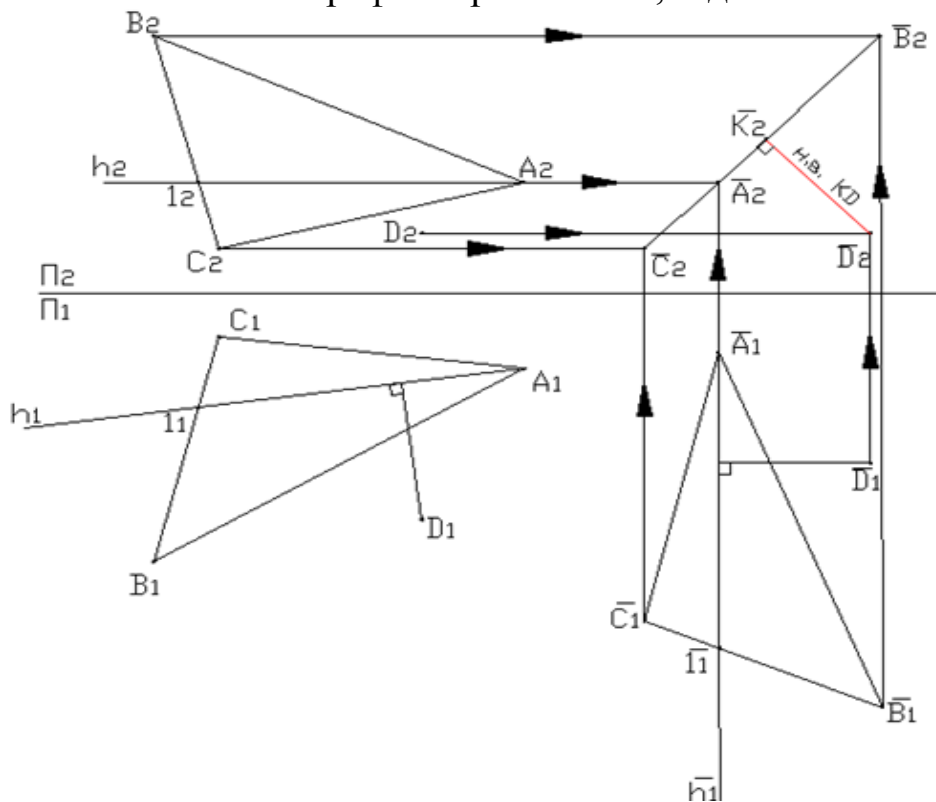


Рис. 1.66. Графічна робота №3, задача 4.

1.7.1. Мультимедійна презентація «Метричні задачі»

Для закріплення знань із теми «Метричні задачі», здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Метричні задачі»

1.8 Багатогранники та їх розгортки

Багатогранники, як один із видів просторових геометричних форм, знаходять широке застосування в різноманітних інженерних спорудах і конструкціях сучасних будинків. Багатогранні форми мають також різноманітні деталі машин, механізмів та інструментів. *Багатогранник* – це поверхня, складена з кінцевого числа плоских багатокутників, що не лежать в одній площині. Елементами багатогранників являються його грані, ребра та вершини. Лінії перетину суміжних граней називаються ребрами, точки перетину ребер – вершинами багатогранника. Сукупність всіх ребер багатогранника називають його сіткою. На кресленнях, як правило, багатогранники зображуються проекціями своїх сіток. Між кількістю вершин (V), ребер (P) та граней (Γ) багатогранника існує співвідношення (теорема Ейлера): $V + \Gamma - P = 2$. Багатогранники поділяються на опуклі та не опуклі. Опуклим називається багатогранник, який розміщується по один бік від площини будь-якої його грані. Найбільший практичний інтерес представляють такі багатогранники, як піраміди, призми, призматоїди та тіла Платона.

1. *Піраміди* – багатогранники, одна грань яких (основа) – багатогранник з числом сторін не менше трьох, а інші грані (бічні) є трикутниками з загальною вершиною. На рис. 1.67 (а) зображена піраміда загального виду. Якщо в основі піраміди знаходиться

правильний n – кутник і її висота (перпендикуляр, опущений з вершини на основу) проходить через центр цього n – кутника, піраміду називають правильною (рис.1.67,б-д).

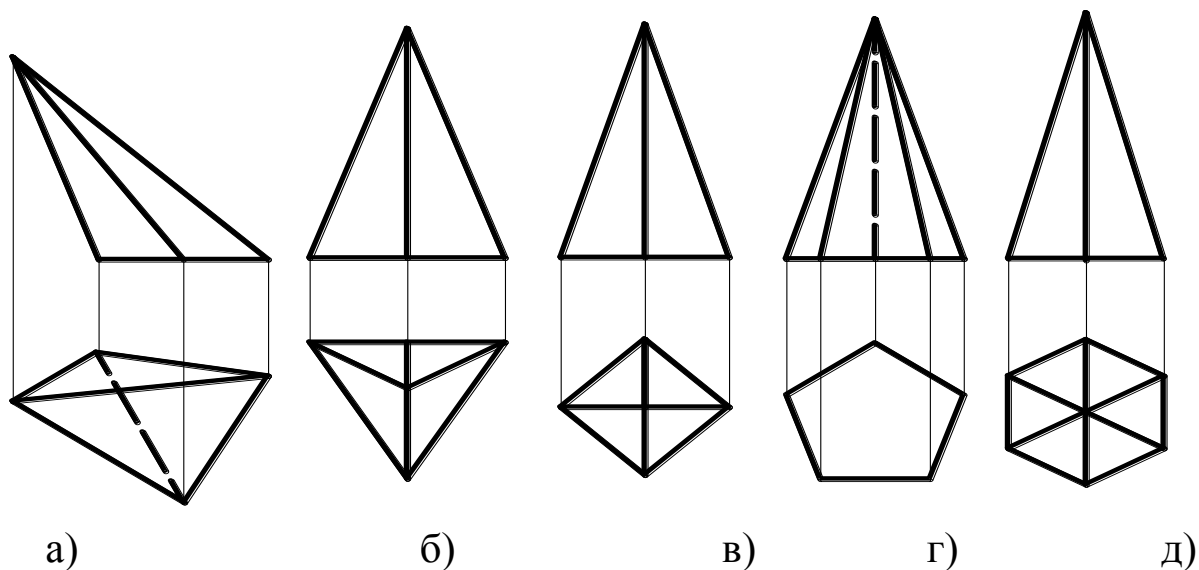


Рис.1.67. Піраміди

2. *Призми* – багатогранники, дві грані яких (основи) – рівні n – кутники з взаємно паралельними сторонами, які лежать в паралельних площинах, а інші грані (бокові) являються паралелограмами або прямокутниками. На рис.1.68 (а) призма загального виду. Призму, бокові ребра якої перпендикулярні основі, називають прямою. Якщо в основі прямої призми лежить правильний n - кутник, призма називається правильною(рис.1.68,б-д).

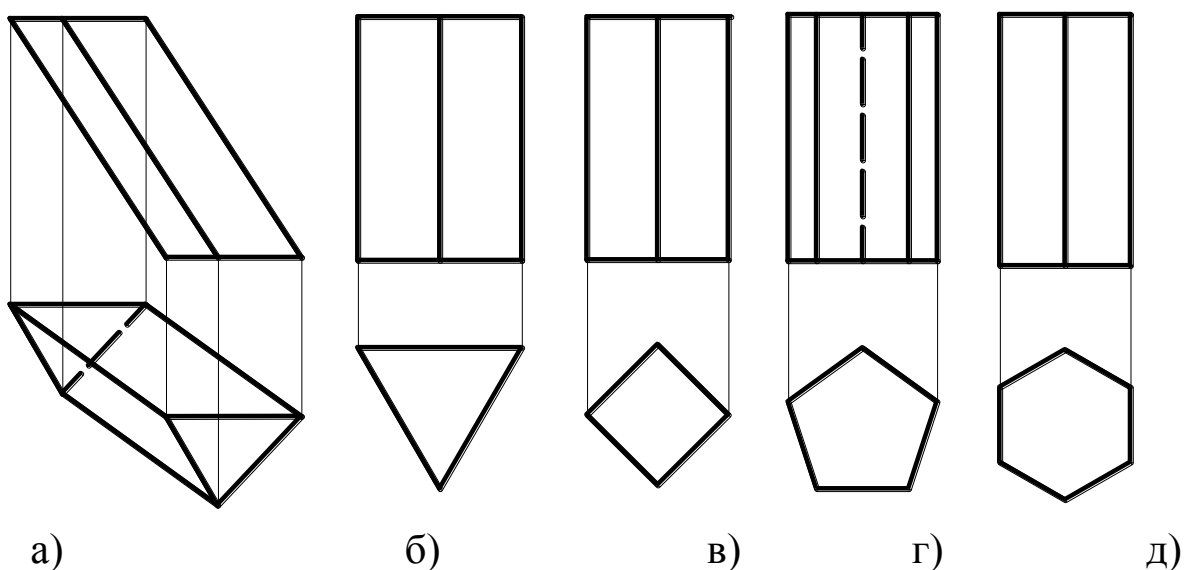


Рис.1.68. Призми

3. *Призматойди* – багатогранники, дві грані яких (основи) – багатокутники, які лежать в паралельних площинах, а інші грані (бічні) являються трикутниками і трапеціями.

4. *Тіла Платона* – багатогранники, всі грані яких – правильні і рівні n – кутники. Існують п'ять таких багатогранників. *Тетраедр* (*чотиригранник*) – це багатогранник, гранями якої є чотири рівносторонні трикутники. *Гексаедр* (*шестигранник*) – багатогранник обмежений шістьма рівними квадратами. Це звичайний куб. *Октаедр* (*восьмигранник*) – багатогранник, гранями якого є вісім рівносторонніх трикутників. *Додекаедр* (*дванадцятигранник*) – багатогранник утворений з дванадцяти правильних п'ятикутників. *Ікосаедр* (*двадцятигранник*) – обмежений двадцятьма правильними трикутниками. Властивості цих правильних багатогранників були описані більше двох тисяч років назад філософом Платоном, і тому їх зараз називають тіла Платона. Вони мають дві *основні властивості*: 1) багатогранні кути при вершинах правильних багатогранників (тіл Платона) рівні між собою; 2) навколо цих правильних багатогранників можна описати сферу.

1.8.1. Перетин багатогранника прямою лінією.

В практиці виконання креслень часто необхідно розв'язати задачу на побудову точок перетину прямої лінії з поверхнею геометричного тіла. *Щоб знайти точки перетину багатогранника прямою лінією необхідно:*

1. через пряму провести допоміжну площину;
2. знайти переріз площини з багатогранником;
3. відмітити точки перетину прямої з проекцією перерізу. Це і будуть шукані точки входу і виходу. Допоміжна січна площина називається площина-посередник.

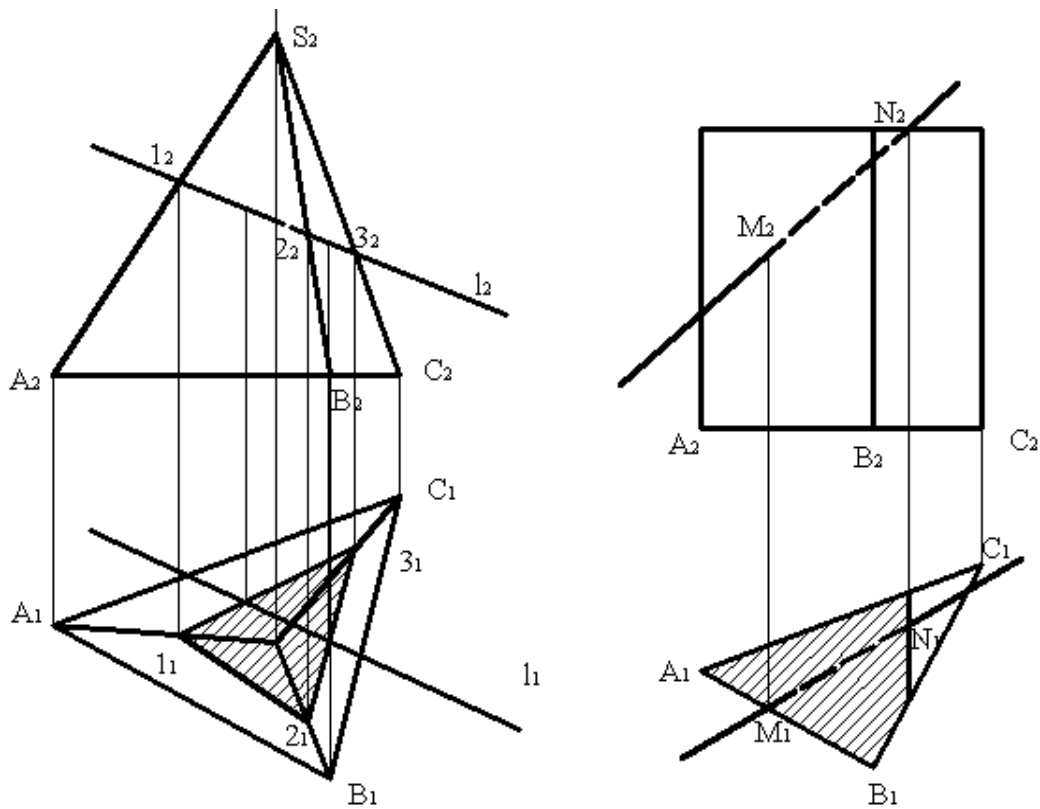


Рис.1.69. Перетин багатогранника прямою лінією

Перетин багатогранника площиною. Плоским перерізом багатогранника являється багатогранник, вершинами якого служать точки перетину його ребер з січною площиною, а сторонами – відрізки прямих перетину його граней з тою ж самою площиною.

На рис.1.70 зображена побудова фігури перерізу поверхні багатогранника проектуючою площиною.

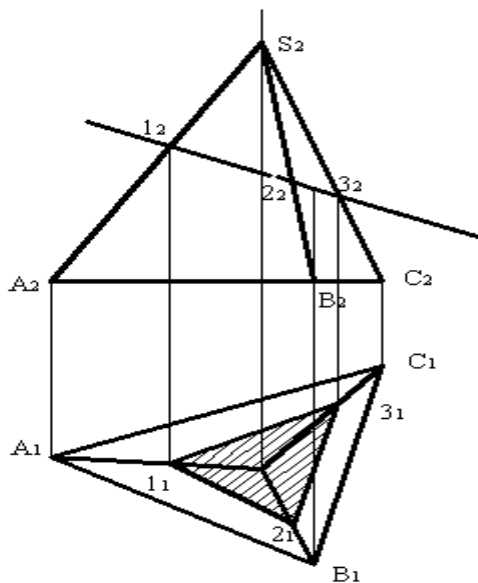


Рис. 1.70. Перетин багатогранника площиною.

Розгорткою називається таке перетворення поверхонь, в результаті якого вона суміщається з площиною. Вище ми поверхні ділили на розгортні та нерозгортні. Перші можуть бути сумісними з площиною без складок і розривів, другі – суміщаються з площиною приблизно в результаті деякої деформації або умовної заміни відсіків нерозгортних поверхонь відсіками поверхонь розгортних. Заміна однієї фігури другою більш простішою називається апроксимацією. *Розгорткою може бути тільки лінійчата поверхня, причому саме така, дві суміжні твірні якої перетинаються (в власній або невластній точці)*. Плоска фігура, отримана в результаті розгортання поверхні тіла, називається розгорткою, в техніці розгортки використовують при виготовленні конструкцій із листового матеріалу.

1.8.2. Побудова розгорток багатогранників

Розгортка багатогранника являє собою плоску фігуру, отриману при поєднанні всіх його граней з площиною. Отже, побудова розгортки багатогранника зводиться до побудови істинних величин його граней. Виконання цієї операції пов'язане з визначенням натуральних величин його ребер, які є сторонами багатокутників – граней, а іноді і деяких інших елементів. Грані багатогранника умовно поділяються на бічні і сторони підстави. Існують три способи побудови розгорток багатогранних поверхонь:

- 1) спосіб трикутників (триангуляції);
- 2) спосіб нормального перерізу;
- 3) спосіб розкатки.

1. Побудова розгортки піраміди способом триангуляції

Бічні грані будь піраміди є трикутниками. Для побудови розгортки піраміди (рис. 1.71) необхідно попередньо визначити натуральні величини бічних ребер і сторін основи.

У зображеної на рисунку піраміди боку основи є горизонталі і проєктуються на площину Π_1 в натуральну величину. Справжні величини бічних ребер визначені способом прямокутних трикутників. $S_2M_0C_0$, $S_2M_0B_0$ і $S_2M_0A_0$, у яких одним катетом є висота піраміди

(S_2M_0 – різниця висот точки S і точок A, B, C), а іншим – горизонтальна проекція відповідного ребра.

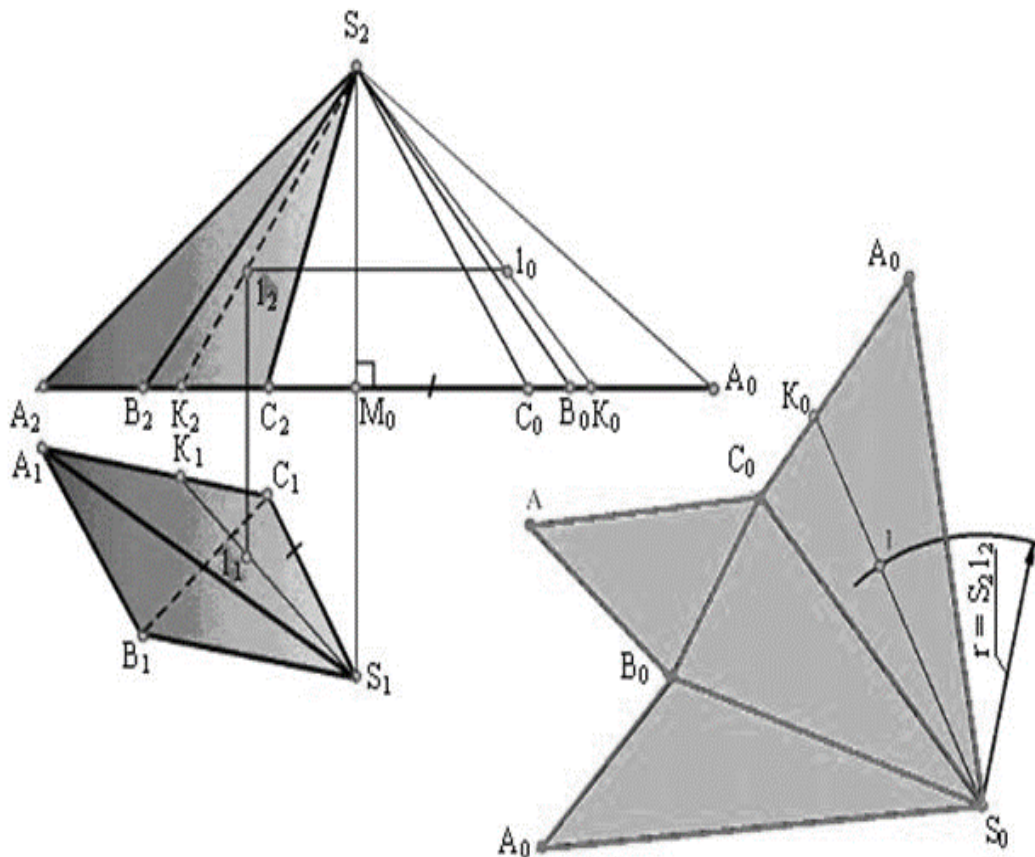


Рис. 1. 71. Побудова розгортки піраміди

$$\begin{aligned} / M_0C_0 / &= / S_1C_1 / ; / M_0B_0 / = / S_1B_1 / ; \\ / M_0A_0 / &= / S_1A_1 / ; / M_0K_0 / = / S_1K_1 / \end{aligned}$$

Натуральні величини ребер піраміди можуть бути визначені способом обертання навколо осі, що проходить через вершину S і перпендикулярні площині Π_1 .

Наступна операція полягає в побудові кожної бічної грані як трикутника за трьома сторонами. У результаті виходить розгортка бічної поверхні піраміди у вигляді ряду примикають один до одного трикутників із загальною вершиною S . Приєднавши до отриманої фігури основу (ABC), отримуємо повну розгортку піраміди. Побудова на розгортці точки 1 , що належить поверхні піраміди, зрозуміло з креслення. Такий метод побудови розгортки поверхні називається способом триангуляції .

2. Побудова розгортки призми способом нормального перерізу

Для побудови розгортки похилої призми, зображеної на рис.1.72 необхідно знайти істинні величини бічних ребер і сторін основи призми. Призма розташована так, що її бічні ребра паралельні площини Π_2 і проєктуються на неї у натуральну величину. Сторони основи є горизонталями і проєктуються на площину Π_1 без спотворення. Таким чином, довжини сторін кожної грані відомі, однак цього ще недостатньо для побудови істинної форми бічних граней.

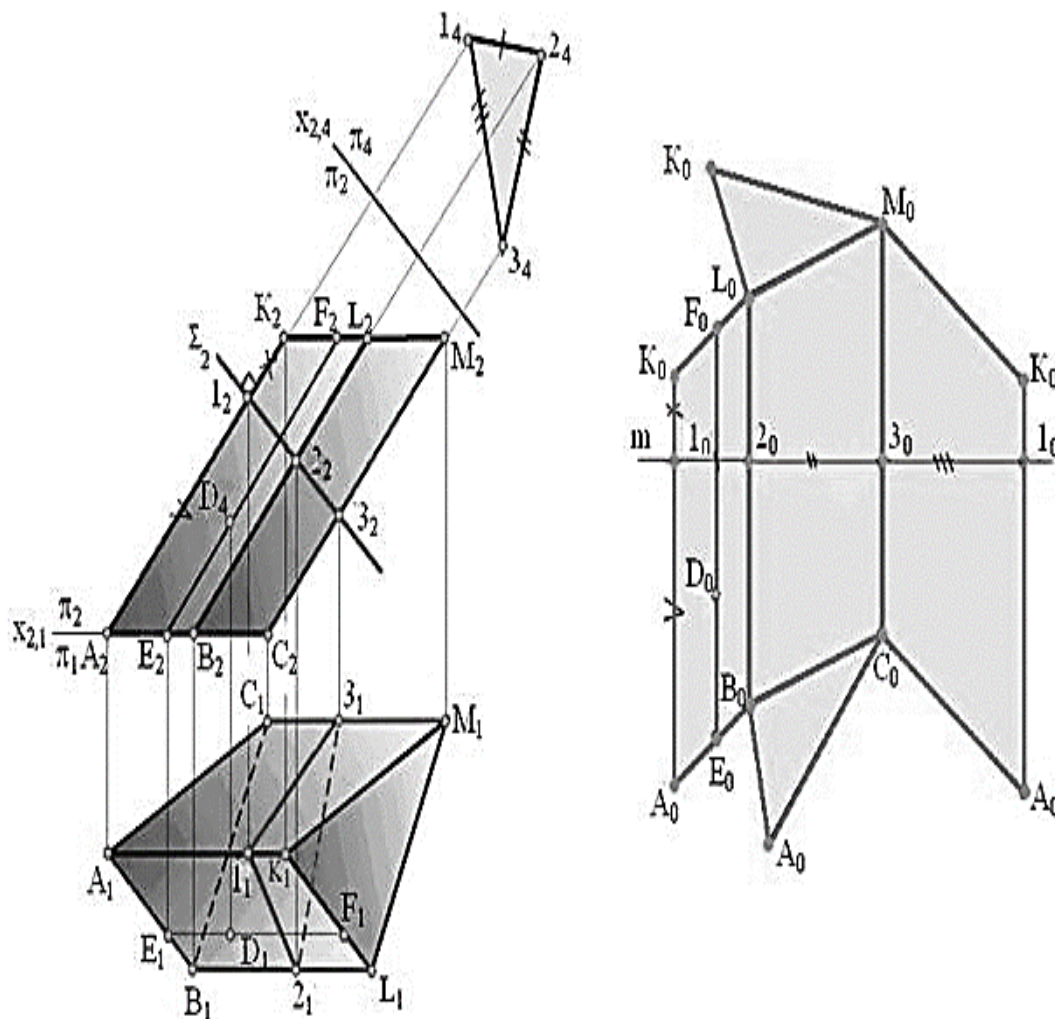


Рис.1.72. Побудова розгортки призми

Бічні грані похилої призми є паралелограмом. Для побудови паралелограма необхідно крім довжини сторін знати ще його висоту. Для визначення висот граней перетнемо призму площиною Σ (Σ_2), перпендикулярної до ребер (спосіб нормального перерізу), і визначимо справжню величину перерізу шляхом заміни площин

проекцій. Сторони цього нормального перерізу і будуть висотами відповідних граней. Тепер приступаємо до побудови розгортки. На вільному місці креслення проводимо горизонтальну пряму m і відкладаємо на ній відрізки

$$/1 - 2/ = /1_4 - 2_4/ , /2 - 3/ = /2_4 - 3_4/ \text{ і } /3 - 1/ = /3_4 - 1_4/ .$$

Через точки 1, 2, 3, 1 проводимо перпендикуляри до прямої m і відкладаємо на них величини бічних ребер так, щоб $/A1/ = /A_21_2/$ та $/1K/ = /1_2K_2/$, $/B2/ = /B_22_2/$ та $/2L/ = /2_2L_2/$ і т. п.

З'єднавши кінці побудованих відрізків, отримаємо розгортку бічної поверхні призми. Приєднавши до неї обидві основи, отримаємо повну розгортку призми. Побудова на розгортці точки 4, що належить поверхні призми, зрозуміло з креслення.

3. Спосіб розкатки

Спосіб розкатки використовують для побудови розгортки призми, в тому випадку, коли її основи паралельні до однієї площини проекції, а бічні ребра відображаються в натуральну величину на іншій площині проекцій. На рис.1.73 побудовано розгортку поверхні похилої тригранної призми $ABCDEF$, використовуючи спосіб розкатки.

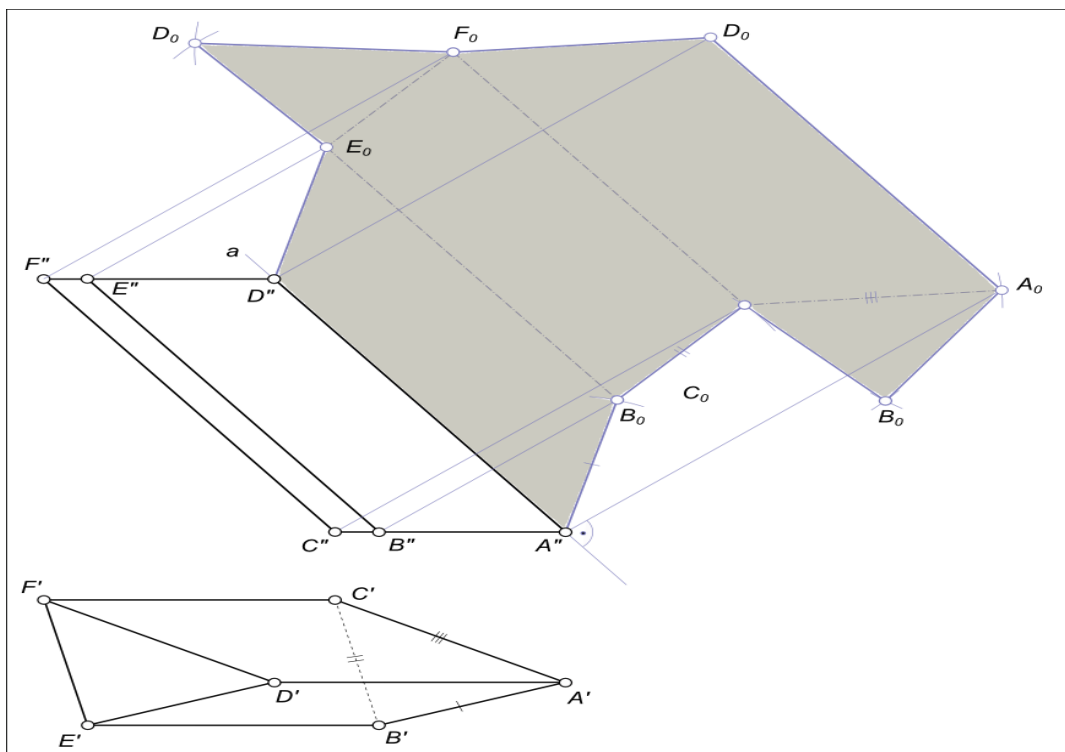


Рис.1.73. Побудова розгортки похилої призми методом розкатки

За площину розгортки приймемо площину β , що проходить через ребро AD , паралельну фронтальній площині проєкцій. Суміщаємо грань $ADEB$ з площиною β . Для цього подумки розріжемо призму по ребру AD , і потім виконаємо поворот грані $ADEB$ навколо ребра AD . Визначення суміщеного з площиною β положення ребра V_0E_0 з точки V'' опускаємо промінь, перпендикулярний до $A''D''$ і засікаємо на ньому дугою радіуса $A''V''$, проведеної з центру A'' , точку V_0 . З точки V_0 проводимо пряму V_0E_0 , паралельну $A''D''$. Суміщене положення ребра V_0E_0 приймаємо за нову вісь і обертаємо навколо неї грань $BEFC$ до суміщення з площиною β . З точки C'' опускаємо промінь, перпендикулярний до $V''E''$, а з точки V_0 – дугу кола радіусом $V''C''$ засікаємо на ньому положення точки C_0 . З C_0 проводимо C_0F_0 паралельно V_0E_0 . Аналогічно визначається положення ребра A_0D_0 . Поєднавши точки $A''V_0C_0A_0$ і $D''E_0F_0D_0$ прямими, одержимо фігуру $A''V_0C_0A_0D_0E_0F_0D''$ – розгортку бічної поверхні призми. Повна розгортка призми буде отримана якщо до яких-небудь з ланок ламаних ліній $A''V_0C_0A_0$ і $D''E_0F_0D_0$ прилаштувати трикутники основи $A_0V_0C_0$ і $D_0E_0F_0$.

1.9 Графічна робота №4. Побудова розгортки багатогранника

Пропонується побудувати проєкції багатогранника за координатами, побудувати розгортку багатогранника одним з трьох способів на вибір здобувача вищої освіти.

Таблиця 1.2. Координати точок

1	2	3	4																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>№1</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>65</td> <td>25</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>50</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>5</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	№1	X	Y	Z	A	65	25	5	B	50	10	5	C	20	10	5	Д	40	60	5	K	5	50	60	<table border="1"> <thead> <tr> <th>№2</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>45</td> <td>5</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>35</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>80</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>70</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	№2	X	Y	Z	A	45	5	25	B	15	5	40	C	5	5	15	D	35	5	5	K	80	60	60	L	50	60	75	M	40	60	50	N	70	60	40	<table border="1"> <thead> <tr> <th>№3</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>90</td> <td>10</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>60</td> <td>10</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>25</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>35</td> <td>10</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	№3	X	Y	Z	A	90	10	30	B	60	10	75	C	5	10	45	D	25	10	5	K	35	10	45	<table border="1"> <thead> <tr> <th>№4</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>70</td> <td>10</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>60</td> <td>10</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>10</td> <td>70</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	№4	X	Y	Z	A	70	10	30	B	60	10	60	C	20	10	60	D	10	70	10
№1	X	Y	Z																																																																																																								
A	65	25	5																																																																																																								
B	50	10	5																																																																																																								
C	20	10	5																																																																																																								
Д	40	60	5																																																																																																								
K	5	50	60																																																																																																								
№2	X	Y	Z																																																																																																								
A	45	5	25																																																																																																								
B	15	5	40																																																																																																								
C	5	5	15																																																																																																								
D	35	5	5																																																																																																								
K	80	60	60																																																																																																								
L	50	60	75																																																																																																								
M	40	60	50																																																																																																								
N	70	60	40																																																																																																								
№3	X	Y	Z																																																																																																								
A	90	10	30																																																																																																								
B	60	10	75																																																																																																								
C	5	10	45																																																																																																								
D	25	10	5																																																																																																								
K	35	10	45																																																																																																								
№4	X	Y	Z																																																																																																								
A	70	10	30																																																																																																								
B	60	10	60																																																																																																								
C	20	10	60																																																																																																								
D	10	70	10																																																																																																								

5

№5	X	Y	Z
A	45	55	65
B	45	55	5
C	75	10	35
D	15	10	35

6

№6	X	Y	Z
A	5	10	5
B	15	10	5
C	15	70	5
D	45	40	60

7

№7	X	Y	Z
A	80	10	55
B	10	10	55
C	45	10	5
D	45	65	40

8

№8	X	Y	Z
A	85	10	55
B	10	10	40
C	70	10	10
D	55	85	40

9

№9	X	Y	Z
A	80	35	5
B	20	5	6
C	5	35	5
D	50	70	5
K	40	35	65

10

№10	X	Y	Z
A	60	10	65
B	10	10	55
C	25	10	10
D	65	10	10
K	45	65	35

11

№11	X	Y	Z
A	85	10	65
B	10	10	40
C	70	10	20
D	45	65	40

12

№12	X	Y	Z
A	80	20	5
B	45	10	5
C	65	45	5
D	40	50	60
K	5	40	60
L	25	75	60

13

№13	X	Y	Z
A	85	70	5
B	65	10	5
C	20	55	5
D	40	70	5
K	5	10	65

14

№14	X	Y	Z
A	80	30	15
B	65	5	10
C	50	30	5
D	35	70	60
K	20	45	55
L	5	70	50

15

№15	X	Y	Z
A	75	10	40
B	35	10	70
C	15	10	10
D	45	65	40

16

№16	X	Y	Z
A	80	5	40
B	45	5	60
C	10	5	10
D	45	60	25

17

№17	X	Y	Z
A	60	60	5
B	30	10	6
C	10	30	5
D	95	60	70

18

№18	X	Y	Z
A	60	10	5
B	20	10	5
C	20	70	5
D	60	70	5
K	50	40	65

19

№19	X	Y	Z
A	75	5	35
B	60	5	60
C	30	5	60
D	15	5	35
K	30	5	10
L	60	5	10
M	45	70	35

20

№20	X	Y	Z
A	80	10	5
B	20	10	5
C	50	55	5
D	80	10	55

21

№	X	Y	Z
21			
A	60	10	40
B	20	10	40
C	20	70	40
D	60	70	40
K	50	40	5
L	50	40	75

22

№22	X	Y	Z
A	65	10	5
B	20	50	5
C	60	10	5
D	20	10	70

23

№23	X	Y	Z
A	55	10	10
B	30	10	55
C	15	10	20
D	80	65	55

24

№24	X	Y	Z
A	95	25	5
B	65	10	5
C	80	50	5
D	40	50	55
K	10	35	55
L	25	75	55

25

№25	X	Y	Z
A	60	10	45
B	20	10	60
C	10	10	10
D	45	10	20
K	65	65	10

26

№26	X	Y	Z
A	90	5	25
B	65	6	45
C	50	5	10
D	75	5	10
K	45	60	45
L	20	60	65
M	5	60	30
N	30	60	30

27

№	X	Y	Z
27			
A	85	10	25
B	65	10	55
C	40	10	35
D	50	10	10
K	40	65	55

28

№28	X	Y	Z
A	90	35	5
B	40	5	5
C	20	60	5
D	70	75	5
K	45	35	65

29

№29	X	Y	Z
A	35	25	5
B	10	10	30
C	10	40	30
D	25	55	15
K	90	25	30
L	65	10	55
M	65	40	55
N	80	55	40

30

№30	X	Y	Z
A	95	80	5
B	65	10	5
C	55	30	5
D	85	50	5
K	50	50	65
L	20	30	65
M	10	50	65
N	40	70	65

1.9.1. Мультимедійна презентація «Розгортка багатогранника»

Для закріплення знань із теми «Розгортка багатогранника», здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Розгортка багатогранника»

1.10 Питання до розділу «Нарисна геометрія»

1. Який метод є основою нарисної геометрії?
2. Чому одне зображення об'єкта не дає уявлення про його форму та розміри?
3. Що називають оберненістю креслення?
4. Яким чином просторова фігура з трьох взаємно перпендикулярних площин перетворюється в плоску модель?
5. Що називають постійною прямою креслення?
6. Який основний недолік системи прямокутних проекцій (методу Монжа)?
7. Як позначаються проекції точки, прямої, площини на площинах проекцій?
8. Які координати на комплексному кресленні визначають горизонтальну та фронтальну проекції точки?
9. Які прямі називають прямими рівня та проектуючими прямими?
10. Якими методами можна визначити натуральну величину відрізка та кути його нахилу до площин проекцій?
11. Як зображуються на кресленні прямі, що перетинаються, паралельні та мимобіжні прямі?
12. Чи можуть мимобіжні прямі мати паралельні проекції на якійсь площині проекцій?

13. Якими способами можна задати положення площини загального положення на комплексному кресленні?
14. Як будують прямі лінії і точки в площині?
15. Чим відрізняються площини рівня від проектуючих площин?
16. Які лінії площини називаються головними, які характерні особливості цих ліній на епюрі Монжа?
17. Як визначають видимість елементів геометричних образів відносно площин проекцій?
18. Сформулюйте умови паралельності та перпендикулярності двох площин.
19. Як визначити відстань на кресленні від точки до прямої окремого положення?
20. Яка мета перетворення комплексного креслення?
21. Які чотири задачі є основою розв'язання всіх метричних задач?
22. У чому складається принцип перетворення ортогональних проекцій способом плоско-паралельного переміщення?
23. У чому різниця способу обертання навколо проектуючих прямих від способу плоско-паралельного переміщення?
24. Як переміщуються проекції точки при її обертанні навколо осі, перпендикулярної до площини проекцій Π_1 (Π_2)?
25. Скільки паралельних переміщень і в якій послідовності необхідно виконати, щоб перевести відрізок прямої загального положення у відрізок горизонтально (фронтально) проектуючої прямої?
26. У чому сутність перетворення ортогональних проекцій способом заміни площин проекцій?
27. Що визначає напрям нової площини проекцій при перетворенні площини загального положення в проектуючу площину?
28. Скільки перемін площин проекцій і в якій послідовності необхідно виконати, щоб площину загального положення перевести у положення площини рівня?

29. Які характеристики геометричних фігур називають метричними?

30. В яких випадках кутові величини проектуються без спотворення?

31. Як розв'язується задача із визначення величини кута між двома прямими, прямою і площиною, двома площинами?

32. Що є мірою кута між двома мимобіжними прямими?

33. Як визначити відстань від точки до площини; між площинами; між паралельними та мимобіжними прямими?

34. Якими властивостями характеризуються розгортки поверхонь?

35. Що називається розгорткою поверхні?

36. Назвіть способи побудови розгорток та сформулюйте зміст кожного з них.

1.11. Тестовий навчальний тренажер «Нарисна геометрія»

В даному тестовому завданні представлено тестовий навчальний тренажер до розділу «Нарисна геометрія». Посилання на ресурс наведено нижче. Необхідно відсканувати зображення QR-коду та пройти тест. Після проходження тесту здобувач вищої освіти побачить результат.



Тестовий навчальний тренажер «Нарисна геометрія»

Розділ 2 ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

2.1 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. 2.1.

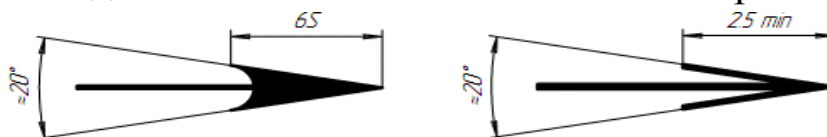


Рис. 2.1. Розмірна стрілка на кресленні

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.

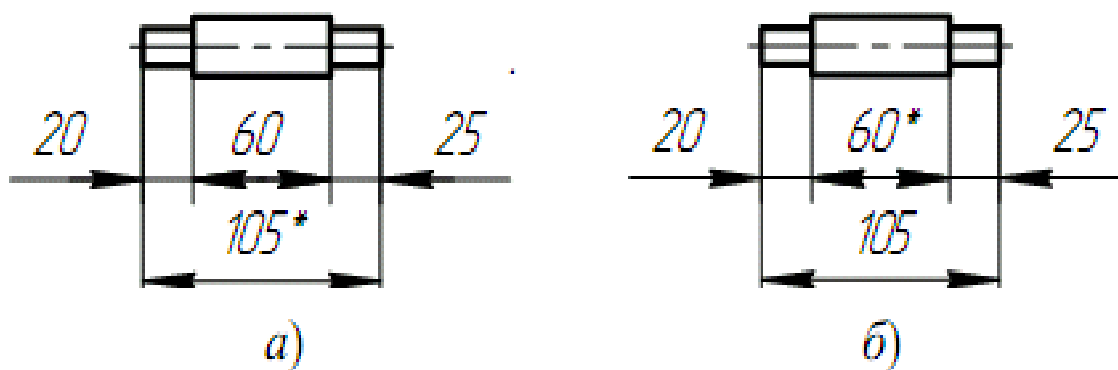
2.1.1. Основні вимоги нанесення розмірів

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 на даному кресленні і вказуються для зручності користування кресленням, називаються довідковими.

4. Довідкові розміри на кресленні позначаються знаком «*», а в технічних вимогах записують: «* розміри для довідок». Якщо всі розміри на кресленні 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. 2.2);



* Розмір для довідок

Рис.2.2. Розмірна лінія на кресленні

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

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

г). габаритні розміри на складальному кресленні, 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. 2.3).

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.

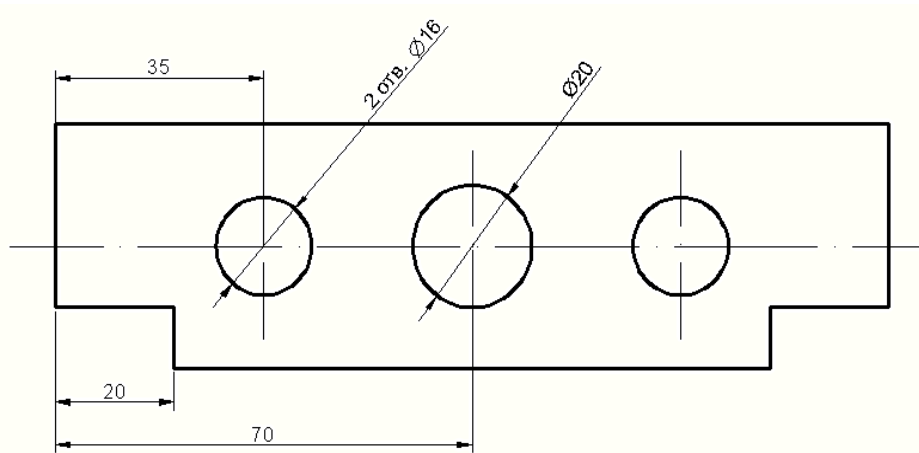


Рис.2.3. Нанесення однакових елементів на кресленні

8. Куткові 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 дроби 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 одному колі розміри, які визначають їх взаємне розміщення, наносять наступними способами.

а). від загальної бази (поверхні, осі) (рис. 2.4 а, б);

б). заданням розмірів декількох груп елементів від декількох загальних баз (рис. 2.4 в);

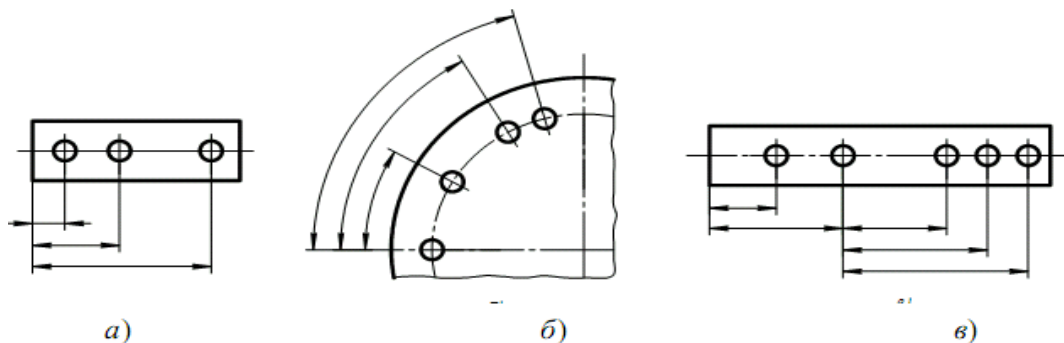


Рис. 2.4. Проставлення розмірних ліній

в). заданням розмірів між суміжними елементами (ланцюгом) (рис. 2.5).

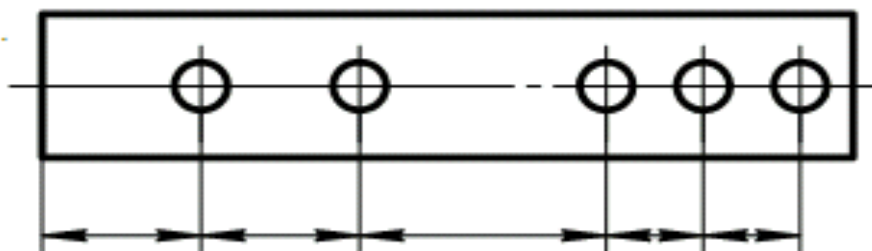


Рис. 2.5. Задання розмірів між суміжними елементами

12. Розміри на кресленнях не можна наносити у вигляді замкненого ланцюга, за винятком випадків, коли один з розмірів вказаний як довідковий (рис. 2.6).

Розміри, які визначають положення симетрично розміщених поверхонь симетричних виробів, наносять, як показано на рис. 2.6.

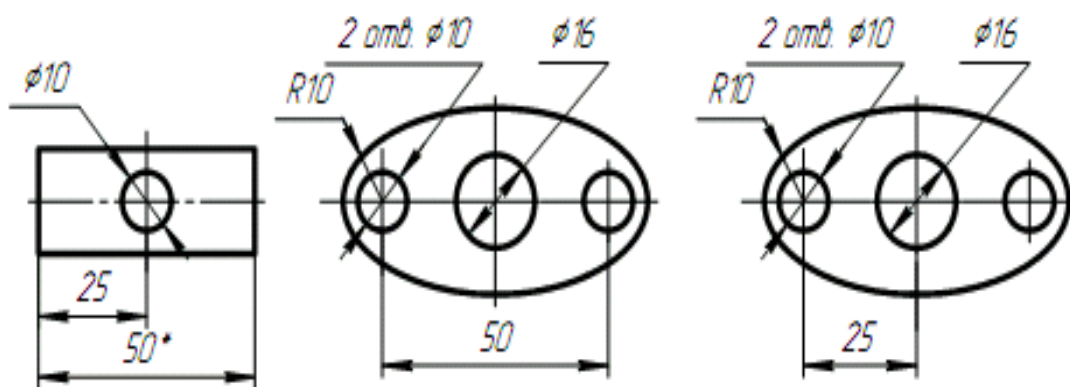


Рис. 2.6. Розміри на кресленні у вигляді замкненого ланцюга

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. 2.7.а).

3. При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром в його вершині, а виносні лінії – радіально (рис. 2.7.б).

4. При нанесенні розміру дуги кола розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута, над розмірним числом наносять знак « \curvearrowright » (рис. 2.7.в).

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. 2.7.г).

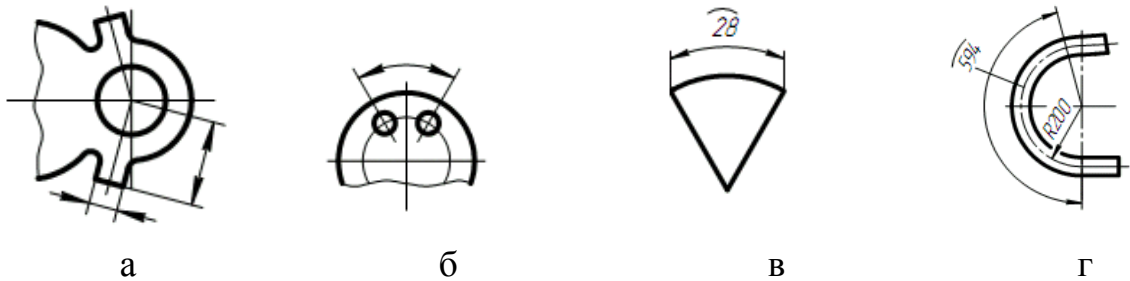


Рис.2.7. Основні розміри на креслення наносяться

6. У випадках, показаних на рис. 2.8.а, 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.2.8.б).

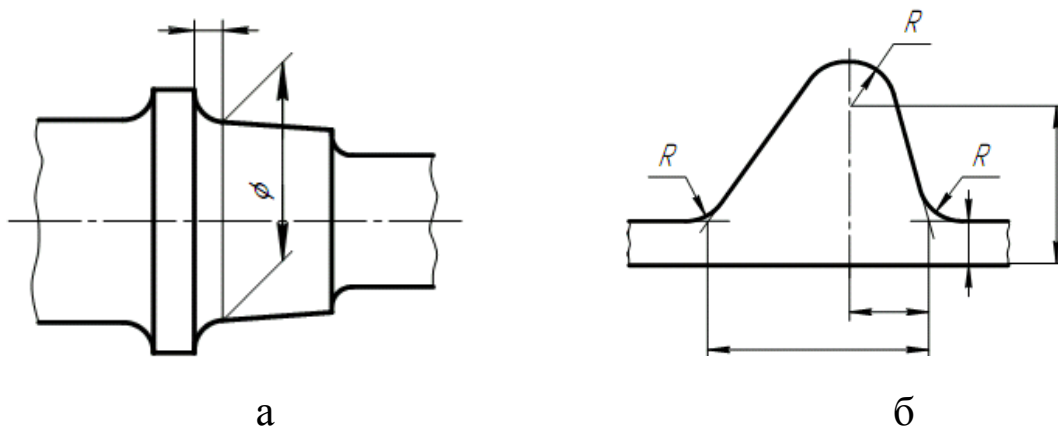


Рис. 2.8. Нанесення ліній на кресленні

11. Не допускається використання лінії контуру, осьових, центрових і виносних ліній в якості розмірних.

12. Якщо треба показати координати вершини заокругленого кута або центру дуги заокруглення, то виносні лінії проводять від точки перетину сторін округленого кута або центра дуги заокруглення (рис. 2.8 а і б).

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. 2.9).

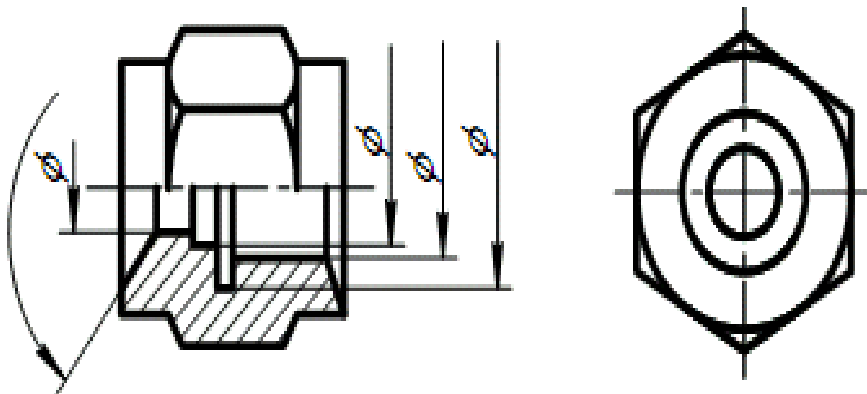


Рис. 2.9. Розмірні лінії для симетрично розміщених елементів

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

а). при зазначенні розміру діаметра кола незалежно від того, зображене і коло повністю або частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі від центра кола (рис. 2.10);

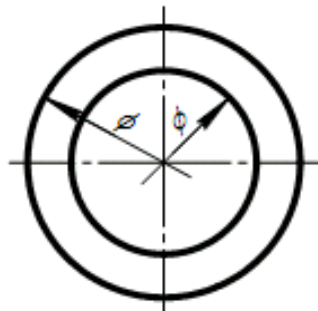


Рис. 2.10. Зазначення розміру діаметра кола

б). при нанесенні розмірів від бази, яка не зображена на даному кресленні (рис. 2.11).

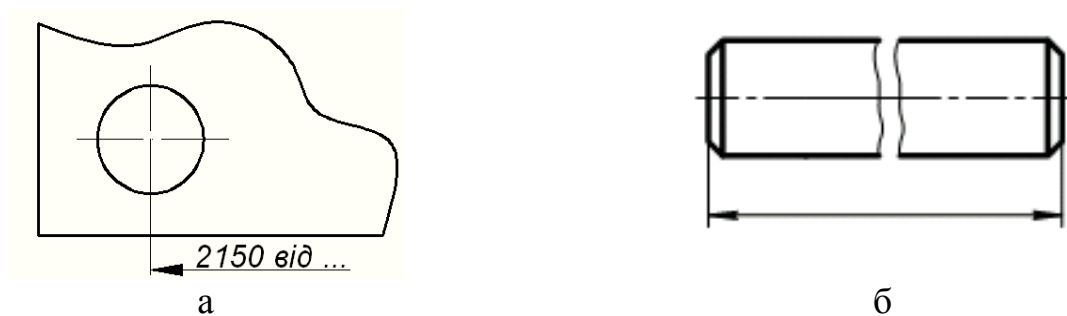


Рис.2.11. Нанесення розмірних ліній

15. При зображенні виробів з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 2.11.б).

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. 2.12.

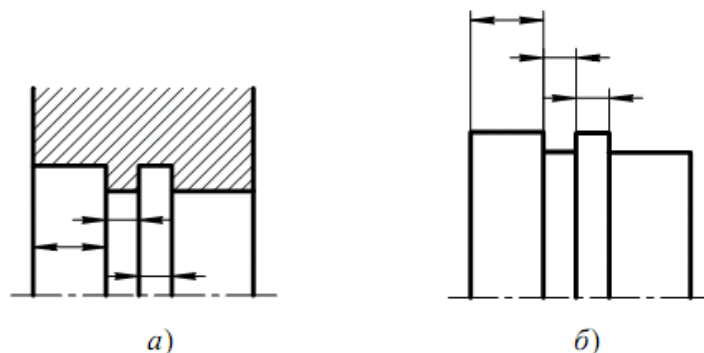


Рис. 2.12.Винесення стрілок

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. 2.13а), або чітко нанесеними точками (рис. 2.13.б).

18. При недостатній кількості місця для стрілки через близько розміщену контурну або виносну лінію останні допускається переривати (рис. 2.13.в).

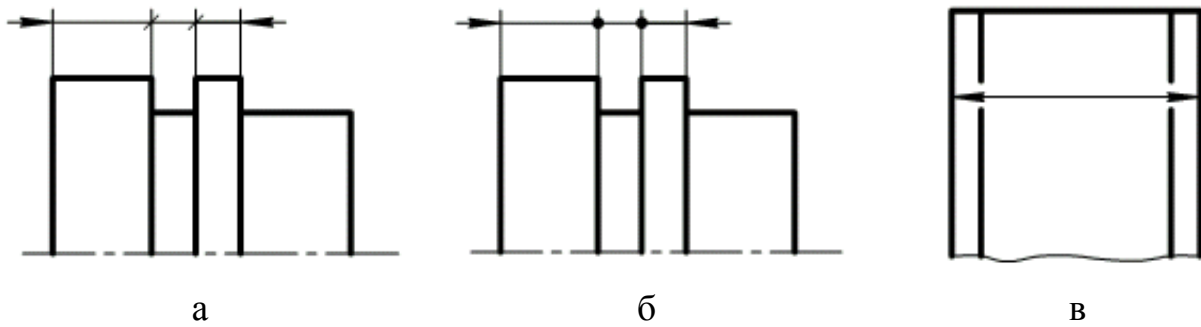


Рис.2.13. Нанесення розмірних ліній за браку місця на кресленні 19. Розмірні числа наносять над розмірною лінією по можливості ближче до її середини (рис. 2.14).

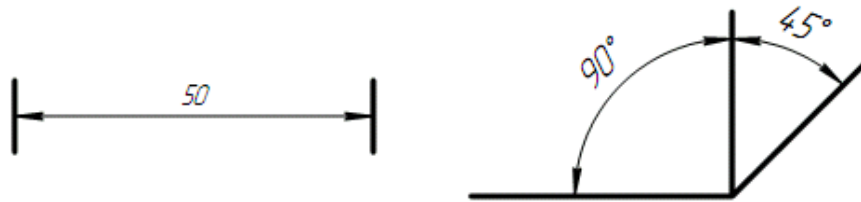


Рис. 2.14. Нанесення розмірних чисел

20. При нанесенні розміру діаметра всередині кола 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. 2.15).

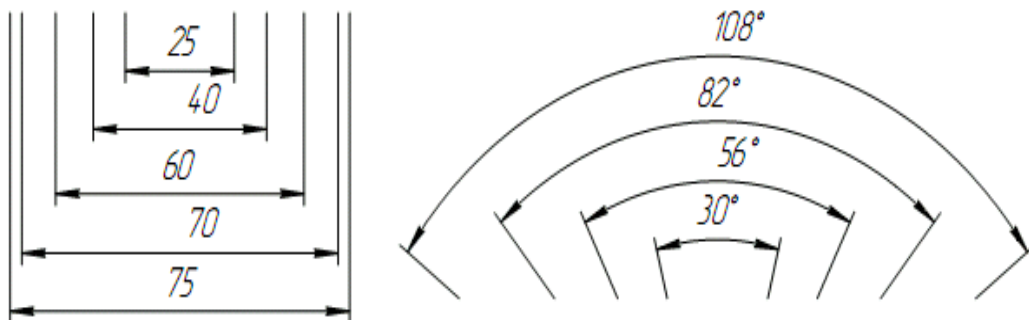


Рис. 2.15. Нанесення паралельних розмірних чисел

22. Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розміщують як показано на рис. 2.16.а.

Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять на поличці-виносці (рис. 2.16.б).

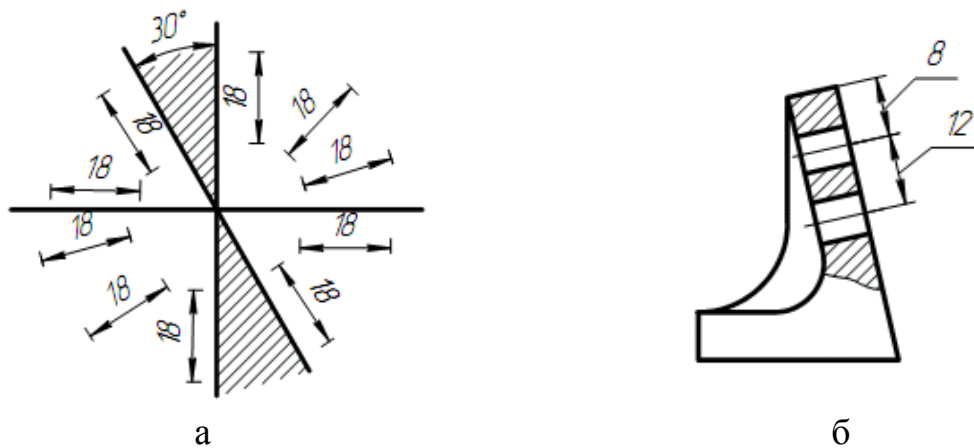


Рис.2.16. Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній

23. Кутові розміри наносять так, як показано на рис. 2.17.а.

Для кутів малих розмірів при недостатній кількості місця розмірні числа поміщають на поличках-виносках в будь-якій зоні (рис. 2.17.б).

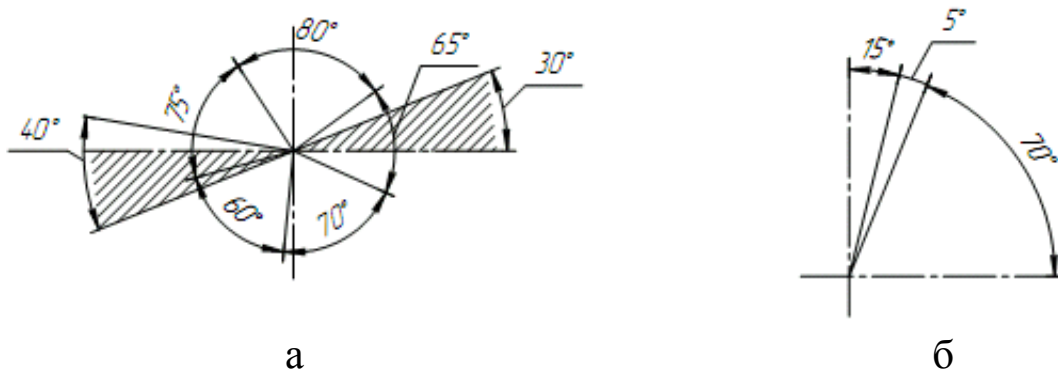


Рис.2.17. Нанесення кутових розмірів

24. Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять як показано на рис. 2.18.а; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять як показано на рис. 2.18.б.

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

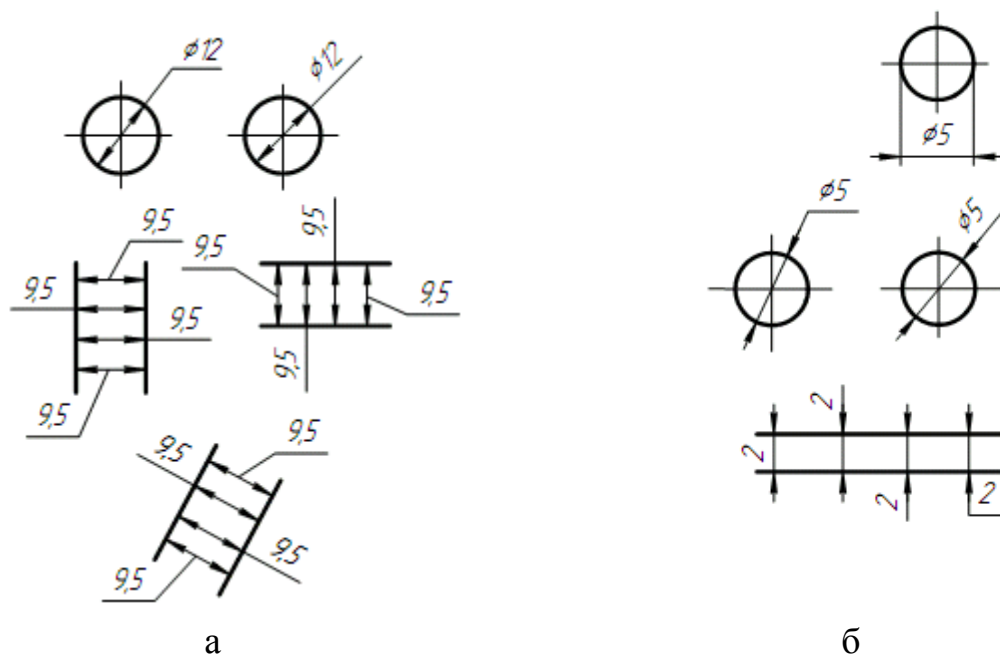


Рис.2.18. Нанесення розмірів якщо недостатньо місця

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.2.19 а і б).

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. 2.19.в).

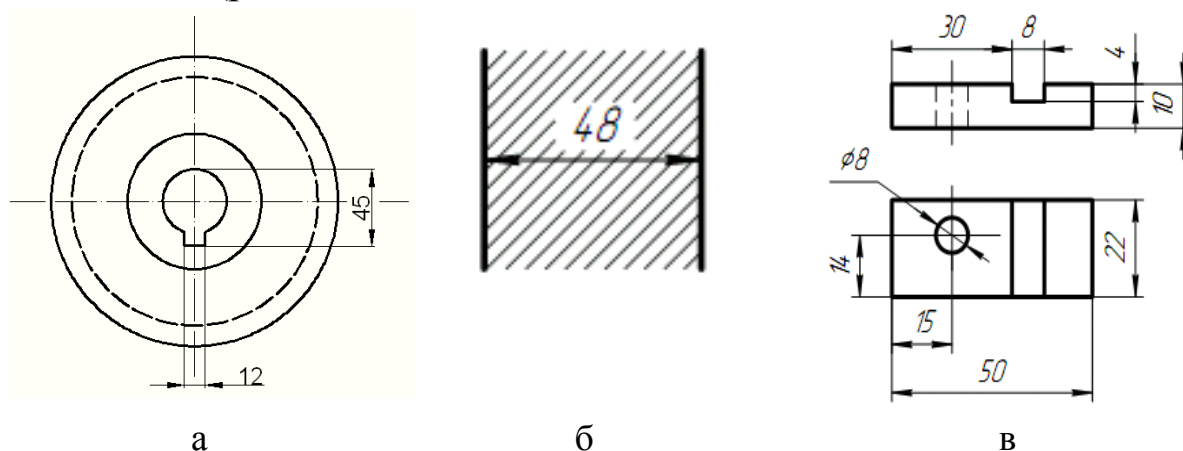


Рис.2.19. Нанесення розмірів

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

28. Якщо при нанесенні розміру радіуса дуги кола 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. 2.20.а).

29. Якщо не потрібно вказувати розміри, які визначають положення центра дуги кола, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра і зміщувати її відносно центра (рис. 2.20.б).



Рис.2.20. Нанесення радіусу

30. При побудові декількох радіусів із одного центра розмірні лінії будь-яких двох радіусів не розміщуються на одній прямій (рис. 2.21.а).

При співпаданні центрів декількох радіусів їх розмірні лінії допускається не доводити до центра, окрім крайніх (рис. 2.21.б).

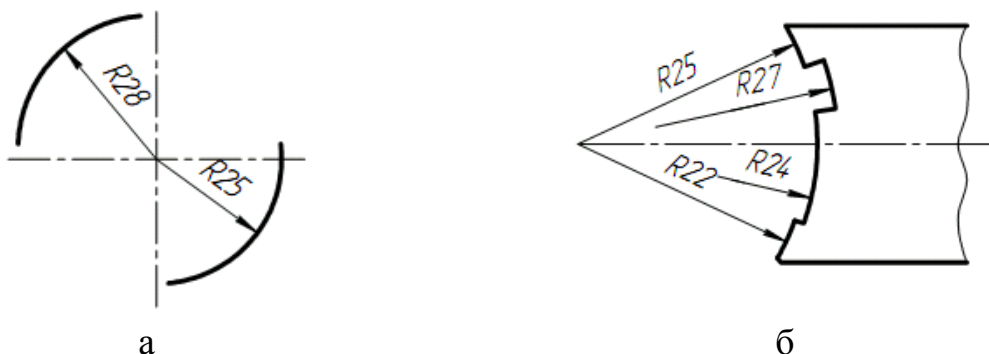


Рис.2.21. Нанесення декількох радіусів

31. Розміри радіусів зовнішніх округлень наносять як показано на рис.2.22.а, внутрішніх округлень – на рис.2.22.б.

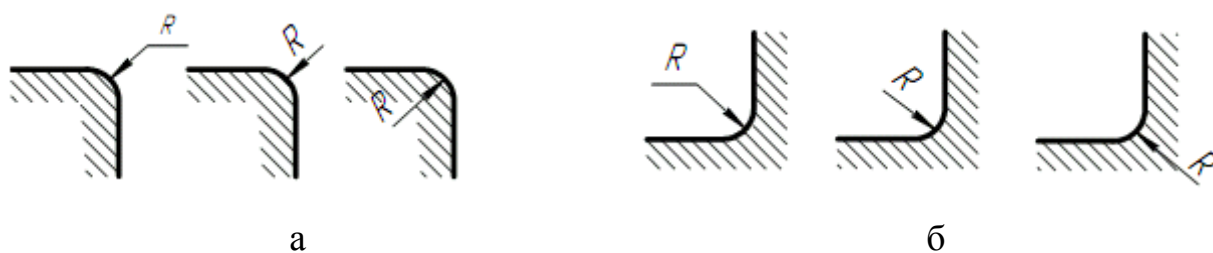


Рис.2.22. Розміри радіусів зовнішніх заокруглень

Розміри однакових радіусів допускається вказувати на спільній полиці, як показано на рис. 2.23.

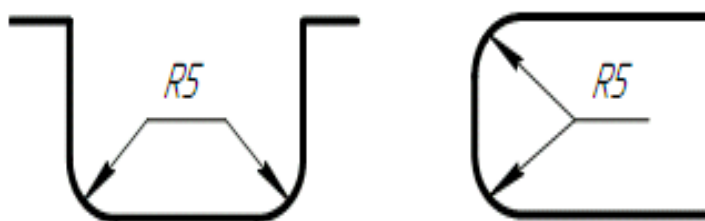


Рис. 2.23. Розміри однакових радіусів

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. 2.24.а,б,в.

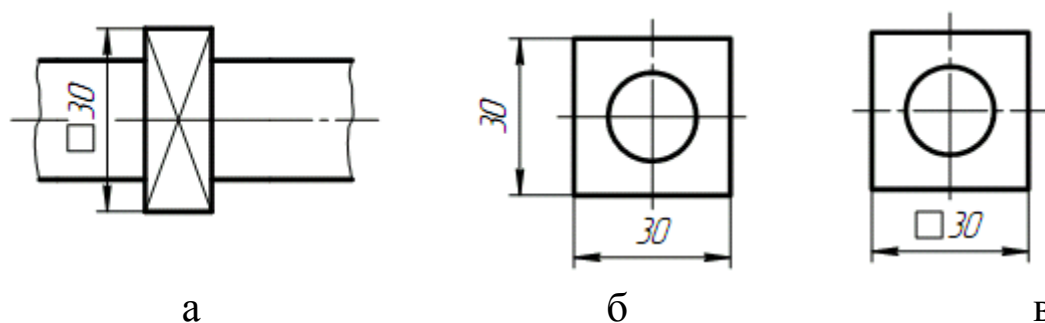


Рис.2.24. Нанесення розмірів квадратних отворів

Висота знаку \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. 2.25).

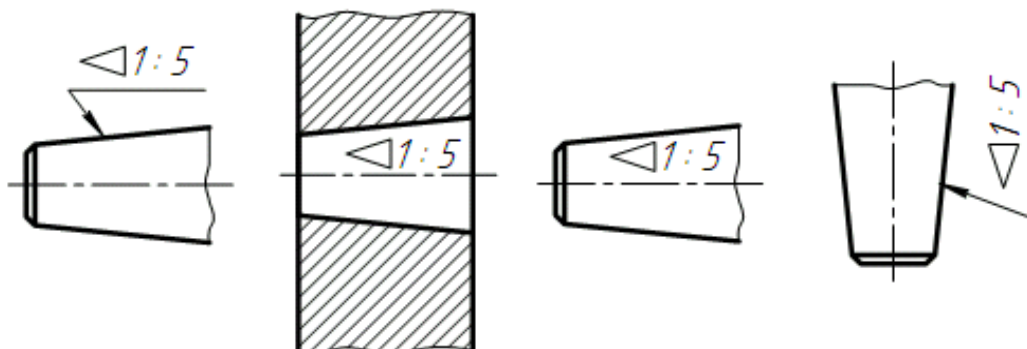


Рис. 2.25. Нанесення позначки конусності

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. 2.26а), у відсотках (рис. 2.26.б). перед розмірним числом, яке визначає нахил, наносять знак « ∇ », гострий кут якого повинен бути направлений в сторону нахилу.

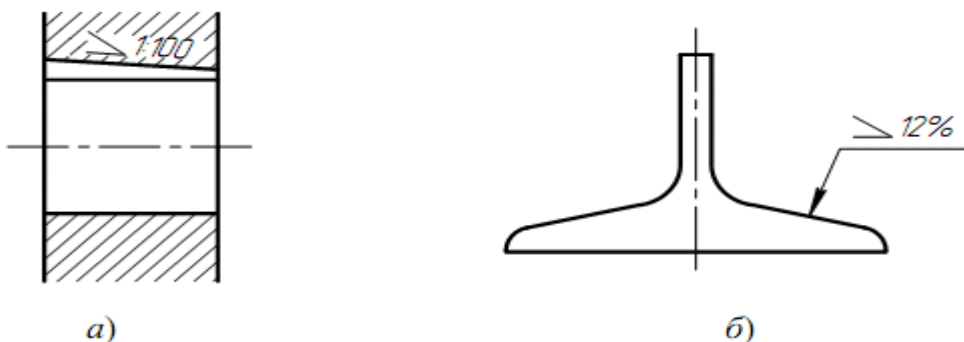


Рис.2.26. Нанесення позначки ухилу

37. Розміри фасок під кутом 45° наносять як показано на рис. 2.27.

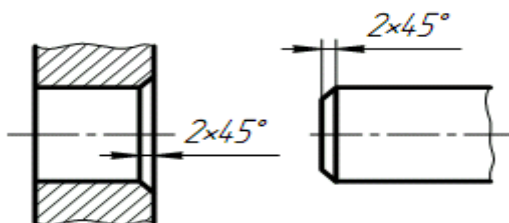


Рис. 2.27. Нанесення розмірів фасок

Розміри фасок під іншими кутами вказують керуючись загальними правилами – лінійним та кутовим розмірами (рис. 2.28.а, б) або двома лінійними розмірами (рис. 2.28в).

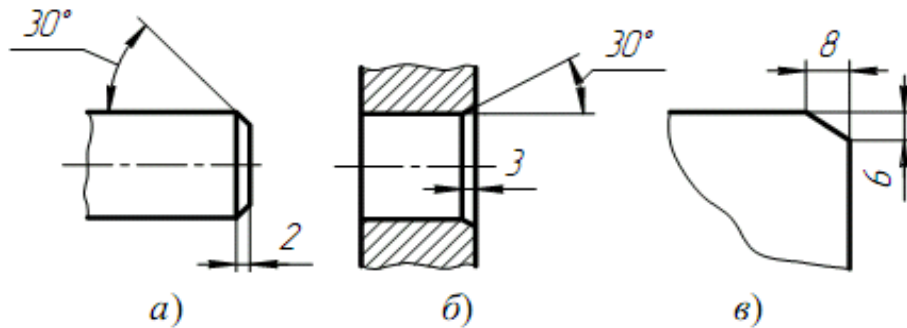


Рис. 2.28. Нанесення розмірів фасок

38. Розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз з вказівкою їхньої кількості на поличці лінії-виноски (рис. 2.29.а).

Допускається вказувати кількість елементів (рис. 2.29.б).

39. При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розміщених по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, визначаючих взаємне розміщення елементів, вказують тільки їх кількість (рис. 2.30.а-в).

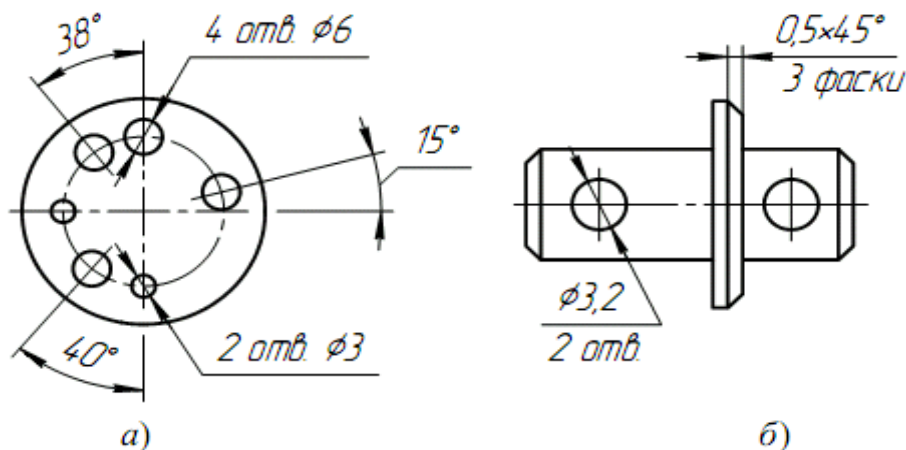


Рис. 2.29. Нанесення розмірів однакових елементів виробу

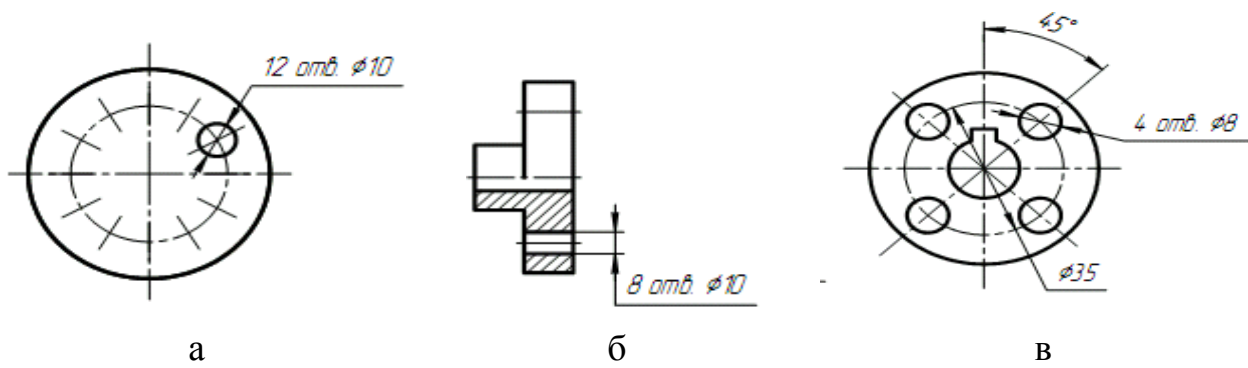


Рис.2.30. нанесення розмірів елементів, розташованих по колу 40. Розміри двох симетрично розміщених елементів виробу (окрім отворів) наносять один раз без вказування їх кількості, групуючи, як правило, в одному місці всі розміри (рис. 2.31.а,б).

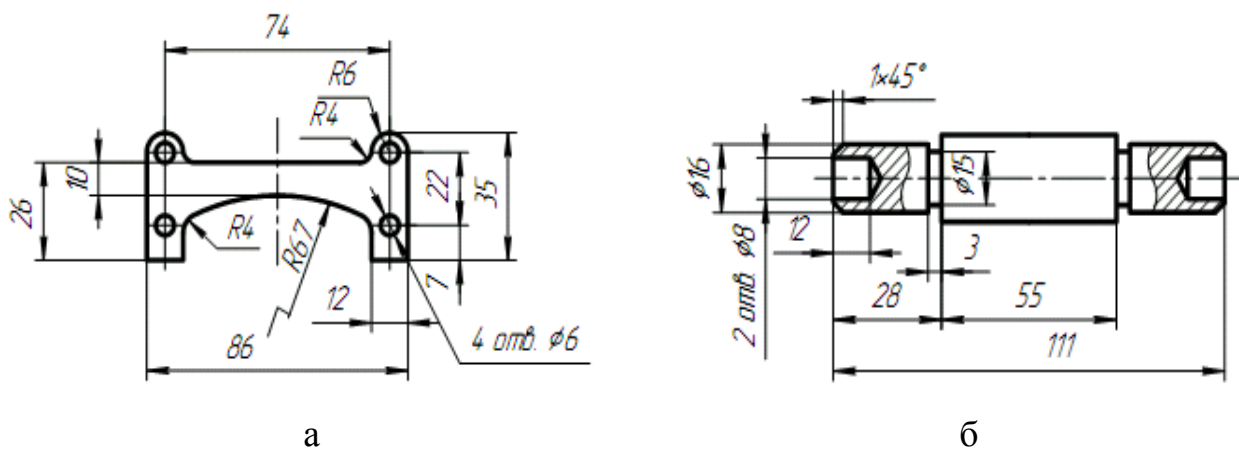


Рис.2.31. Розміри двох симетрично розміщених елементів виробу

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.2.32).

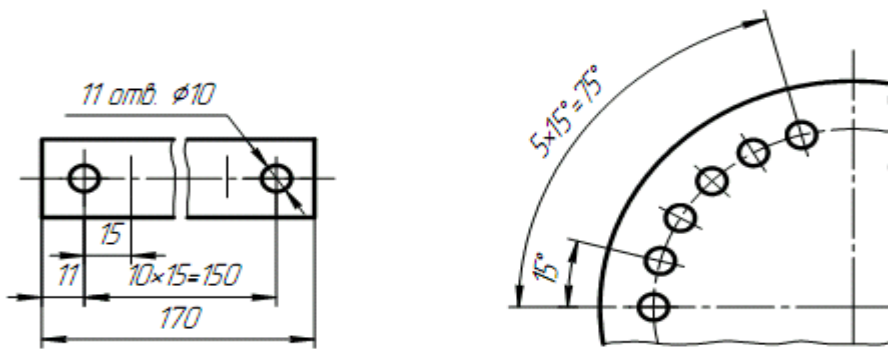


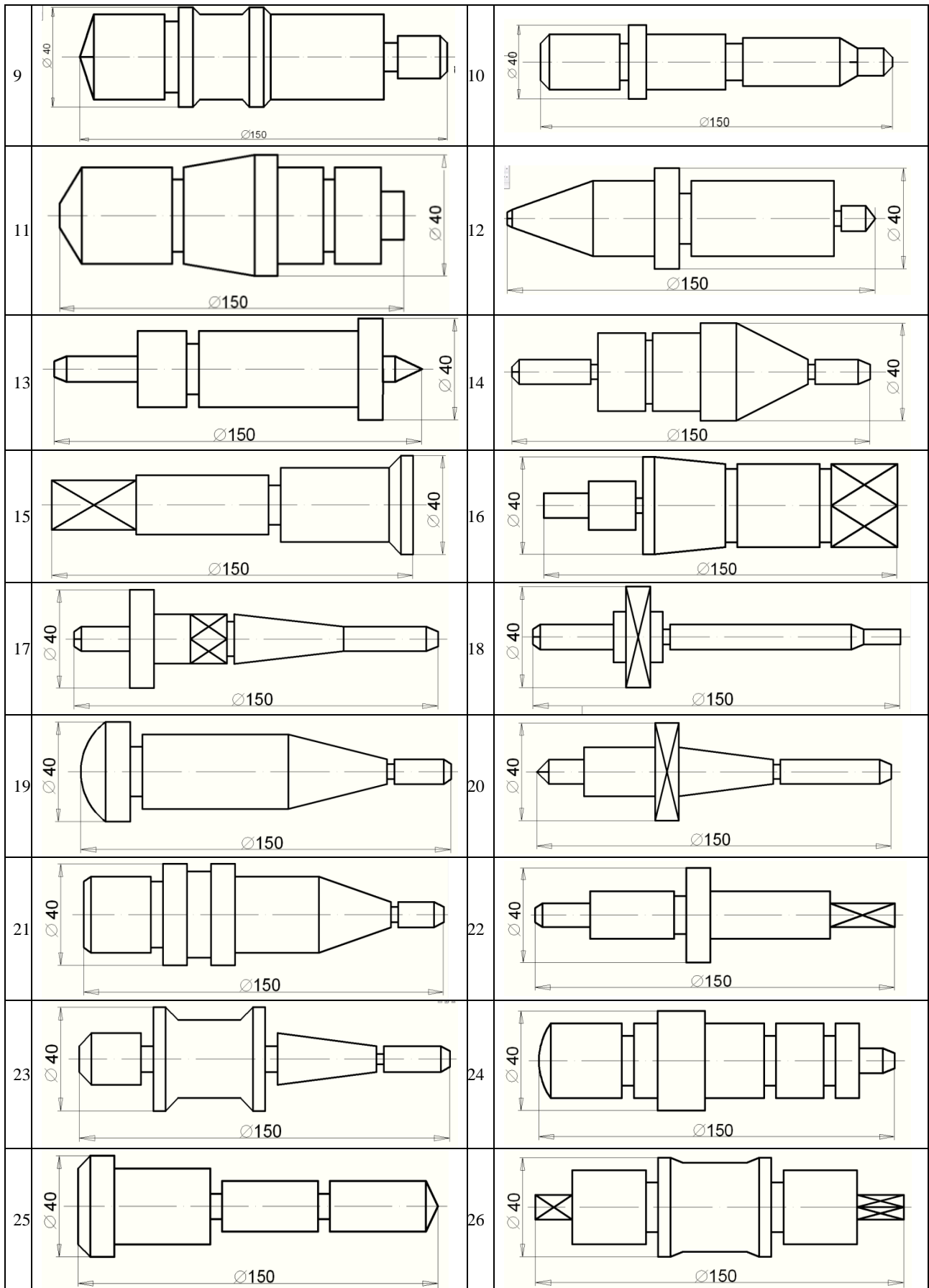
Рис. 2.32. Нанесення розмірів, визначаючих відстань між рівномірно розміщеними однаковими елементами виробу

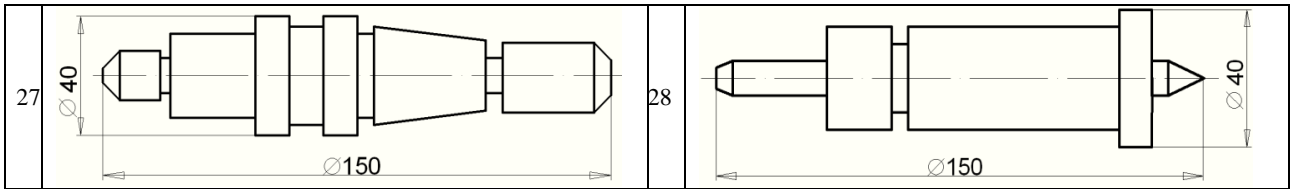
2.2 Графічна робота №5 «Шрифти, ухил і конусність, розмірні лінії»

1. Виконати шрифт розміру 10 (українською мовою, великі літери)
2. Побудувати креслення валика по варіантах таблиці 2.1;
3. Побудувати профіль двотаврової балки чи швелера (табл.2.2) по варіантах.

Таблиця 2.1

1		2	
3		4	
5		6	
7		8	





Таблиця 2.2

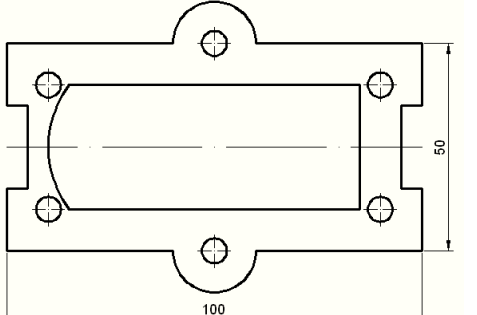
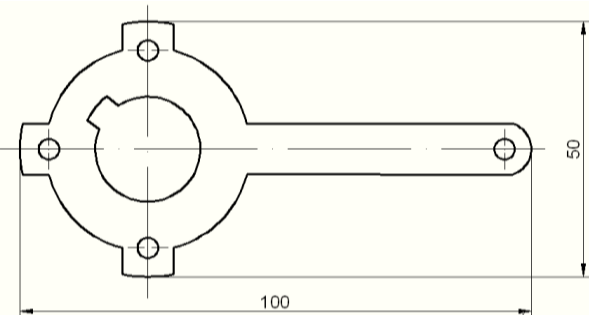
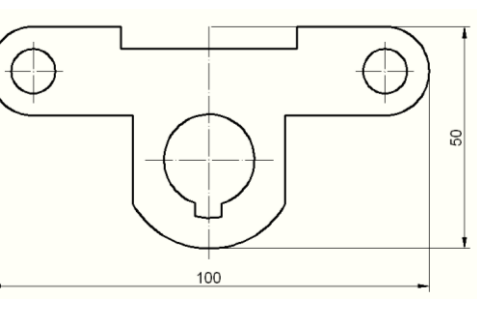
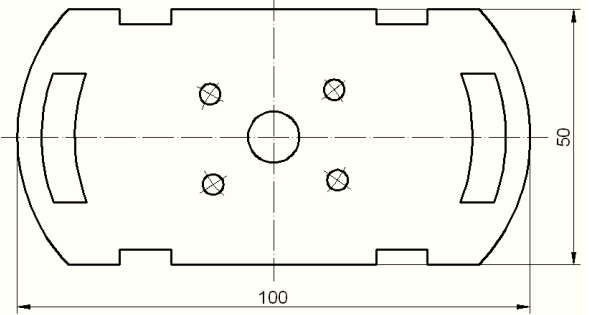
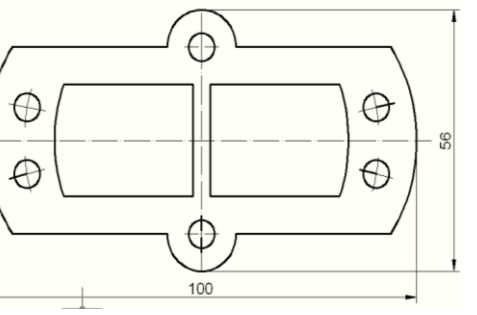
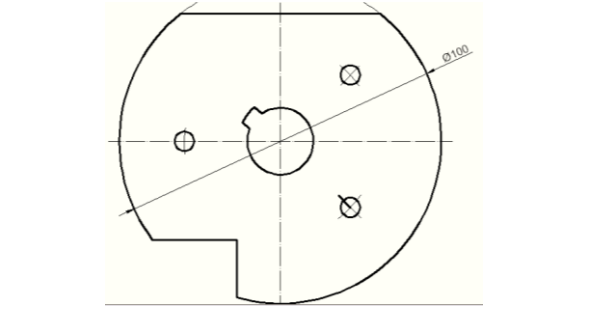
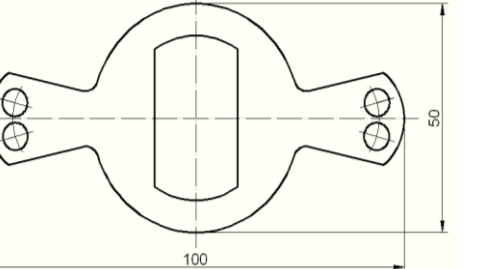
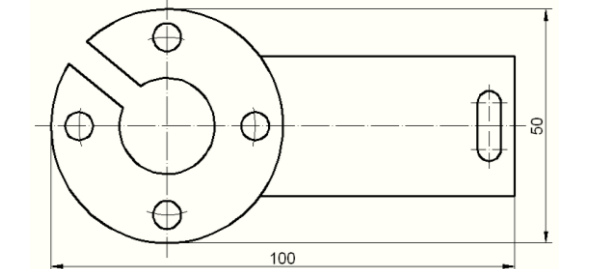
<p>Двотаєвр Сталь двотаєврова по ГОСТ 8239-72</p>		Варіант	№ профілів	H	b	d	t	R1	R2	Масштаб
	1	10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	1:1	
	2	12	120	64	4,8	7,3	7,5	3	1:1	
	3	14	140	73	4,9	7,5	8	3	1:1	
	4	16	160	81	5	7,8	8,5	3,5	1:1	
	5	18	180	90	5,1	8,1	9	3,5	1:1	
	6	18а	180	100	5,1	8,3	9	3,5	1:1	
	7	20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	1:2	
	8	20а	200	110	5,2	8,6	9,5	4	1:2	
	9	22	220	110	5,4	8,7	10	4	1:2	
	10	22а	220	120	5,4	8,9	10	4	1:2	
	11	24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	1:2	
	12	24а	240	125	5,6	9,8	10,5	4	1:2	
	13	27	270	125	6	9,8	11	4,5	1:2	
	14	27а	270	135	6	10,2	11	4,5	1:2	

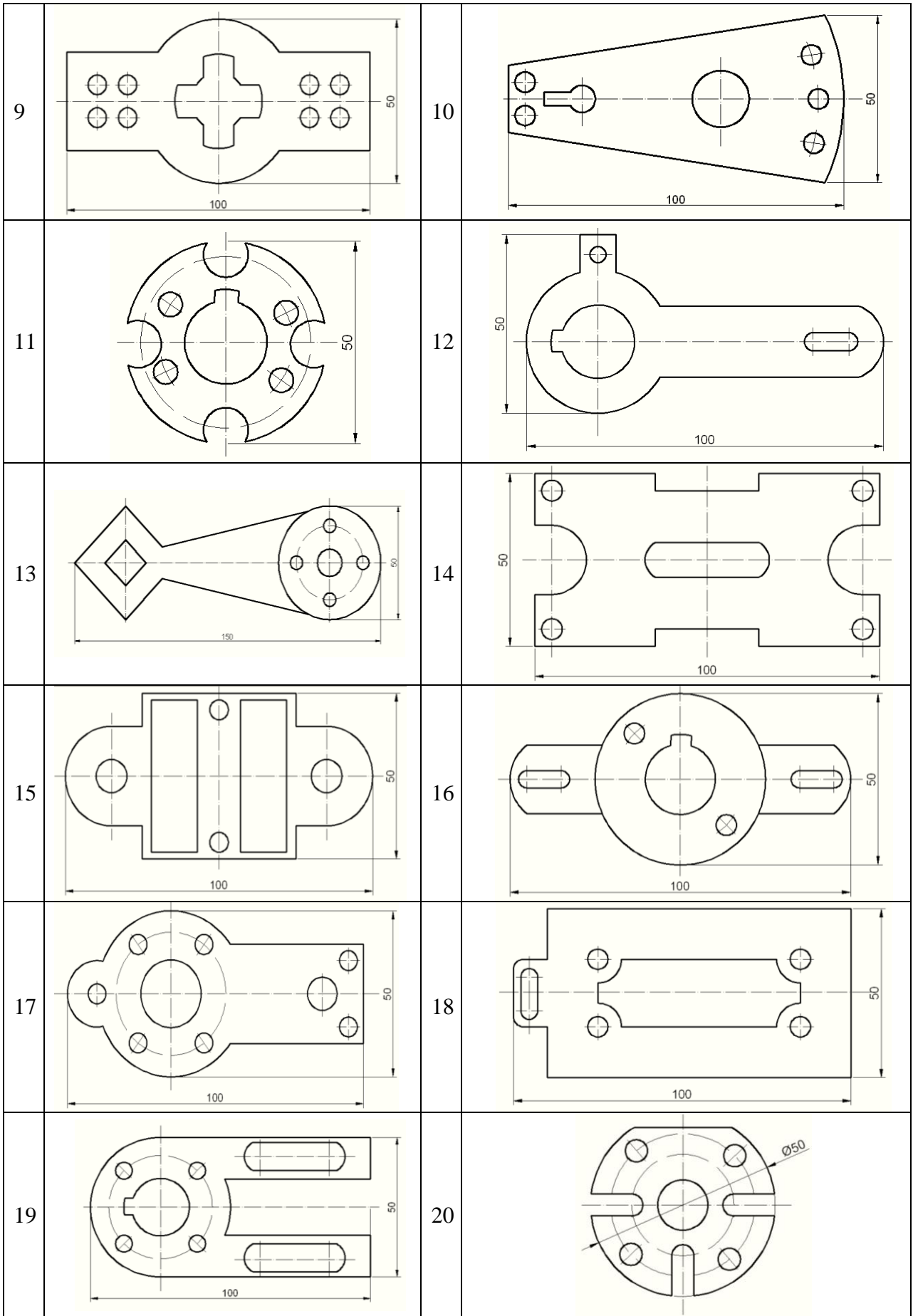
<p>Швелер Сталь швелерна по ГОСТ 8240-72</p>		Варіант	№ профілів	H	b	d	t	R1	R2	Масштаб
	15	5	50	32	4,4	7	6	2,5	2:1	
	16	6	65	36	4,4	7,2	6	2,5	2:1	
	17	8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	2:1	
	18	10	100	46	4,5	7,6	7	3	1:1	
	19	12	120	52	4,8	7,8	7,5	3	1:1	
	20	14	140	58	4,9	8,1	8	3	1:1	
	21	14а	140	62	4,9	8,7	8	3	1:1	
	22	16	160	64	5	8,4	8,5	3,5	1:1	
	23	16а	160	68	5	9	8,5	3,5	1:1	
	24	18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	1:1	
	25	18а	180	74	5,1	9,3	9	3,5	1:1	
	26	20	200	76	5,2	9	9,5	4	1:2	
	27	20а	200	80	5,2	9,7	9,5	4	1:2	
	28	22	220	82	5,4	9,5	10	4	1:2	

2.3 Графічна робота №6 «Нанесення розмірів на кресленні»

1. Виконати креслення деталі типу планка і проставити розміри;
2. Виконати креслення деталі типу валик і проставити розміри;
3. Виконувати креслення необхідно по варіантах таблиці 2.3. і таблиці 2.4.

Таблиця 2.3

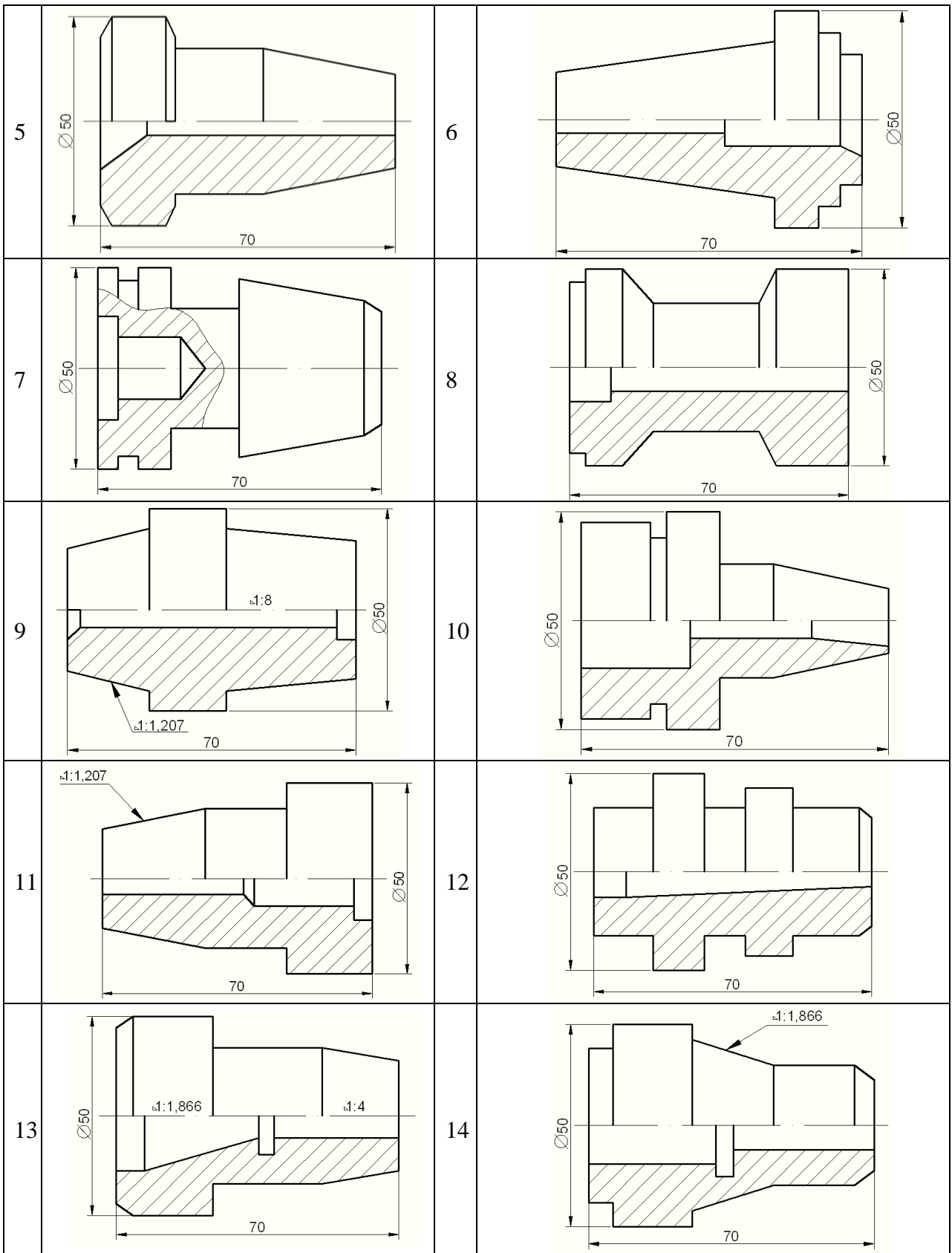
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

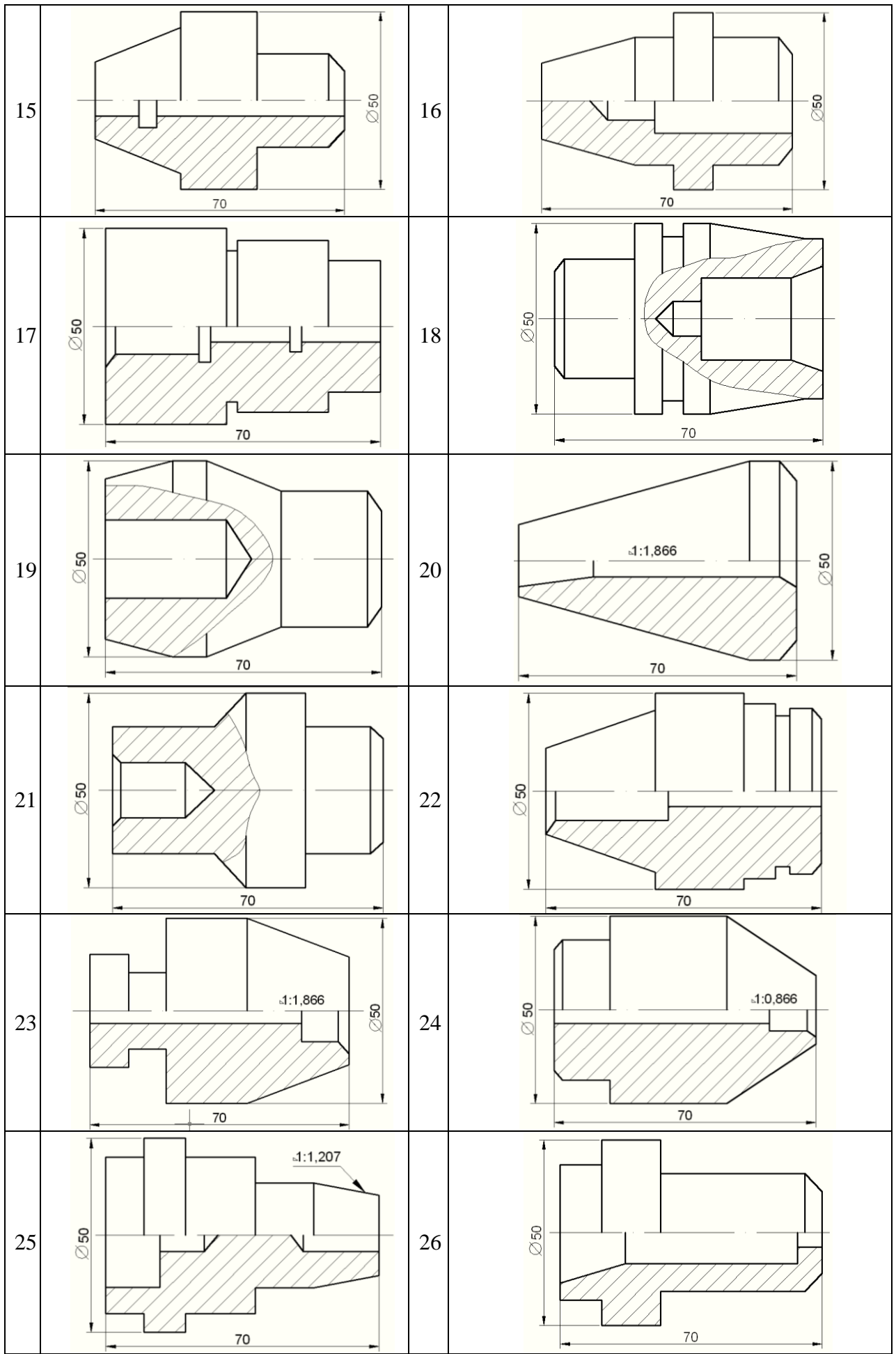


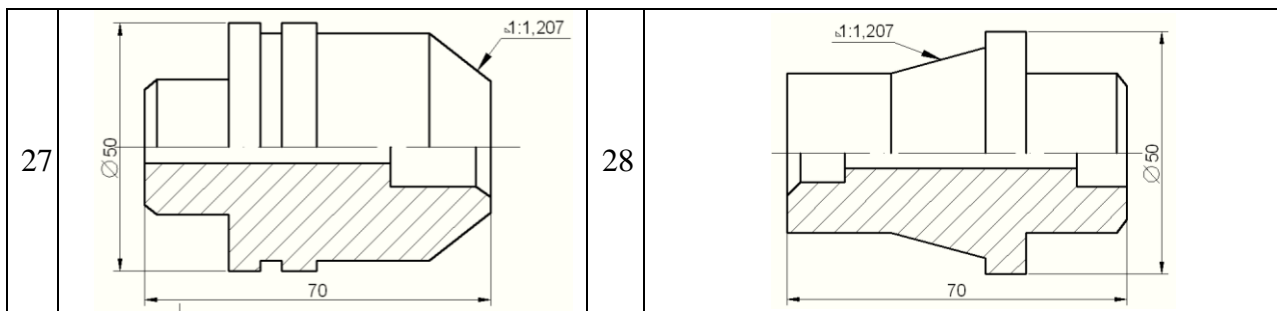
21		22	
23		24	
25		26	
27		28	

Таблица 2.4

1		2	
3		4	







2.3.1. Мультимедійна презентація «Основні вимоги до проставлення розмірів»

Для закріплення знань із теми «Основні вимоги до проставлення розмірів», здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



*Мультимедійна презентація
«Основні вимоги до проставлення розмірів»*

2.4 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. 2.33.а). Радіус кола, проведений в точку дотику К перпендикулярний до дотичної прямої.

2. Перехід від одного кола до іншого в точці К тільки тоді буде плавним, коли кола мають в даній точці спільну дотичну (рис. 2.33.б).

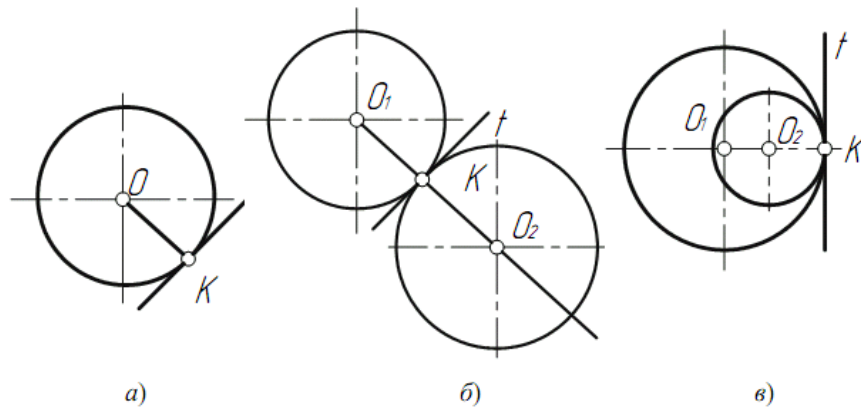


Рис. 2.33. Побудова дотичної

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. 2.33б); якщо центри O_1 і O_2 знаходяться з одного боку від спільної дотичної – відповідно внутрішнім (рис. 2.33.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. 2.34).

Точкою спряження A (B) називається точка дотику двох ліній спряження (рис. 2.34).

Дуга спряження AB – це дуга кола, за допомогою якої виконується спряження (рис. 2.34).

Радіус спряження R – це радіус дуги спряження (рис. 2.34).

Для виконання спряження необхідно визначити три елемента побудови: 1). радіус спряження; 2). центр спряження; 3). точки спряження.

2.4.1. Спряження двох прямих ліній, що перетинаються

Розглянемо дві прямі m , n , що перетинаються і радіус спряження R (рис. 2.34). Необхідно побудувати спряження даних прямих колом радіусом R .

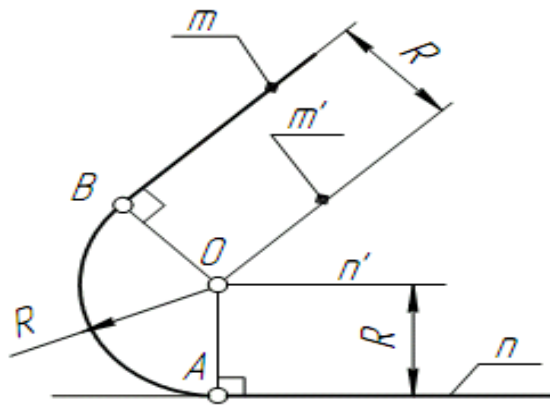


Рис. 2.34. Побудова спряження

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.

2.4.2. 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. 2.35.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 $R1+R$.
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 .

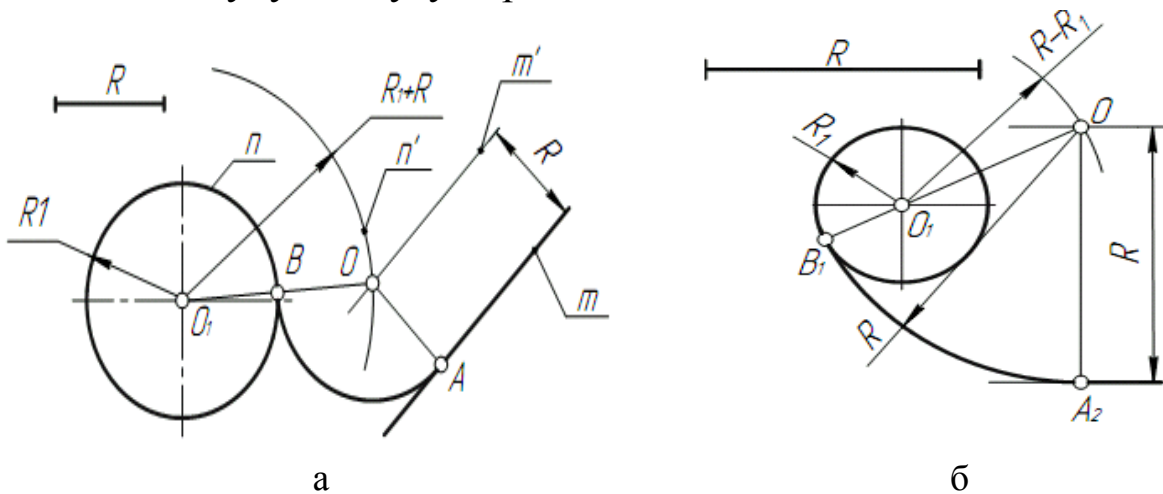


Рис.2.35.Спряження прямої з колом

Приклад 2. При побудові внутрішнього спряження (рис.2.35.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 $R-R1$.

2.4.3. 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. 2.36.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 .

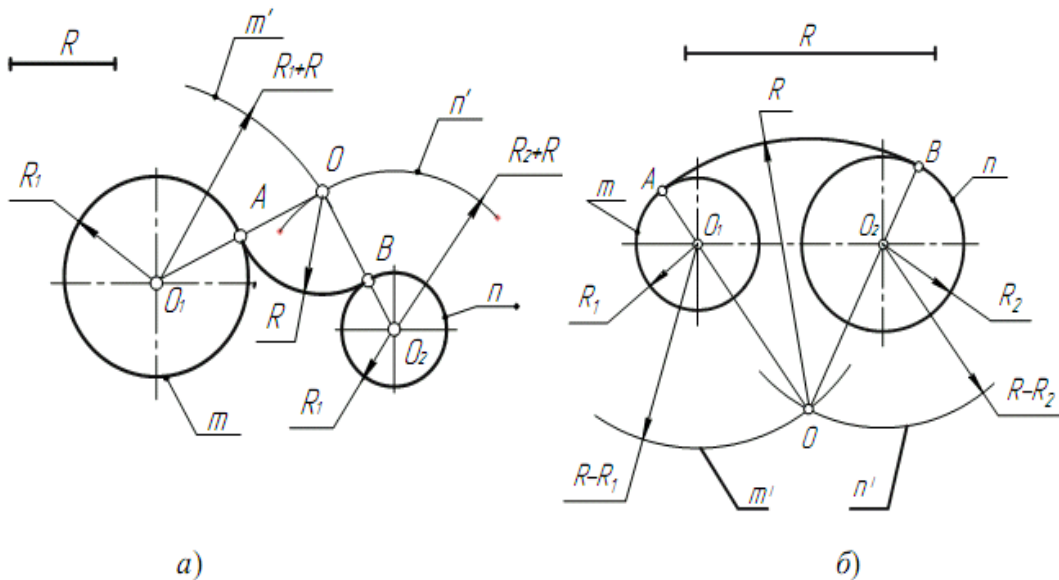


Рис.2.36. Спряження кіл

Приклад 2. Побудуємо спряження з внутрішнім торканням двох даних кіл m і n з радіусами R_1 і R_2 дугою радіусом R (рис. 2.36.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.2.37 представлено приклад побудови спряження з змішаним торканням.

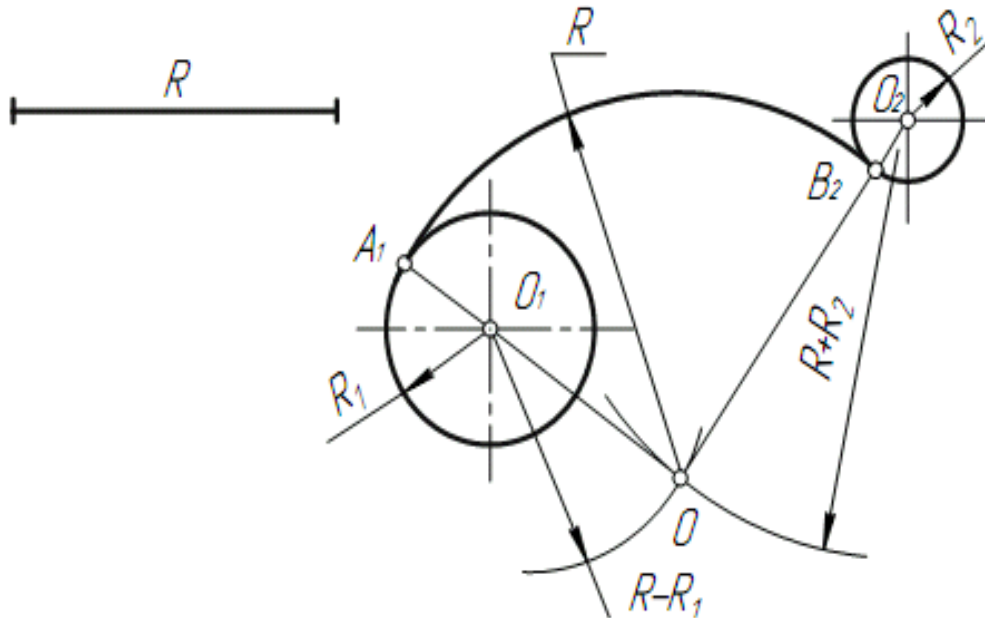


Рис. 2.37. Побудова спряження із змішаним торканням.

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. 2.38).

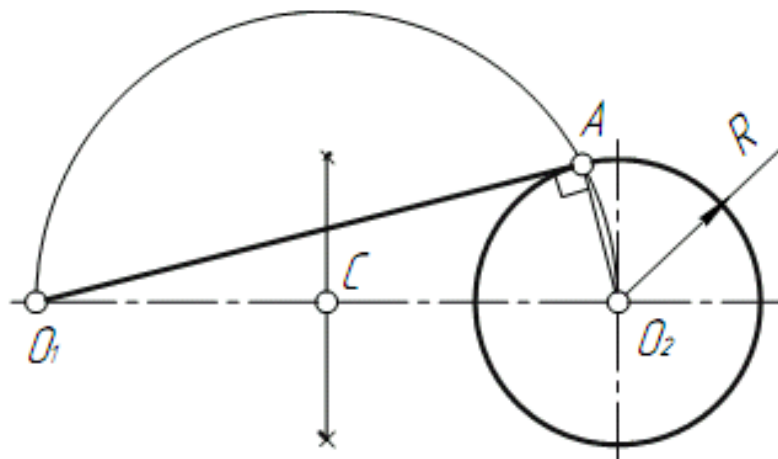


Рис. 2.38. Побудова дотичних

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 .

Приклад 2. Побудуємо спільну дотичну AB до двох заданих кіл радіусами R_1 і R_2 (рис. 2.39).

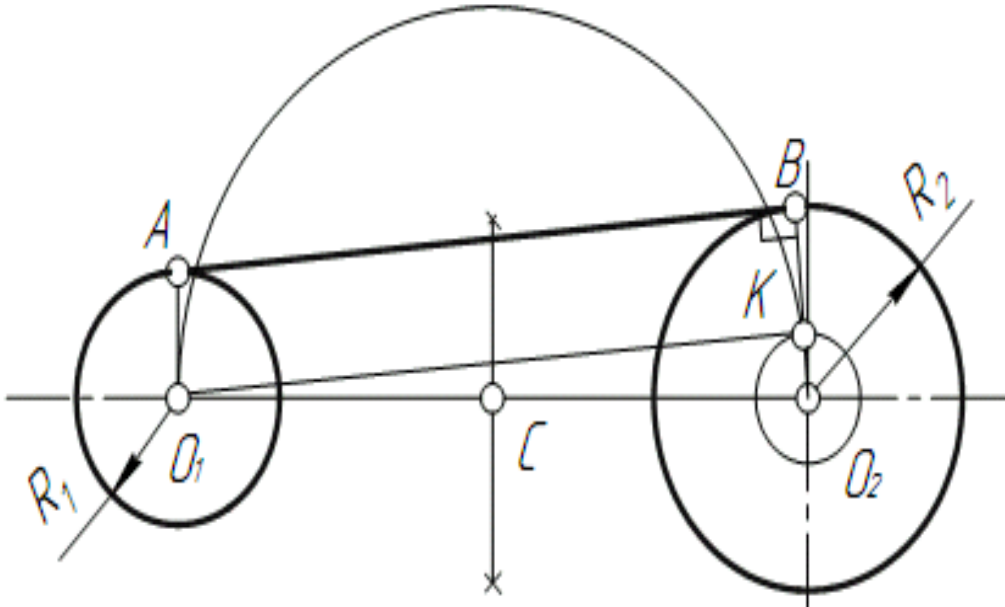


Рис.2.39. Побудова спільної дотичної двох кіл

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 центра 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.

2.5 Лекальні криві

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

Еліпс – плоска замкнена крива, яка представляє собою геометричні місця точок, сума відстаней від яких до двох заданих точок, які називаються фокусами, являється постійною величиною.

Методи побудова еліпса:

- побудова еліпса за його фокусами;
- побудова еліпса по координатним точкам;
- побудова еліпса по двох осях;
- побудова еліпса по спряженим діаметрам.

Побудова еліпса одним з методів приведено на рис.2.40.

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 **E₁K** і **E₂K**; бісектриса внутрішнього кута **F₁KF₂** і є нормаллю, а перпендикулярна до неї бісектриса зовнішнього кута – дотична.

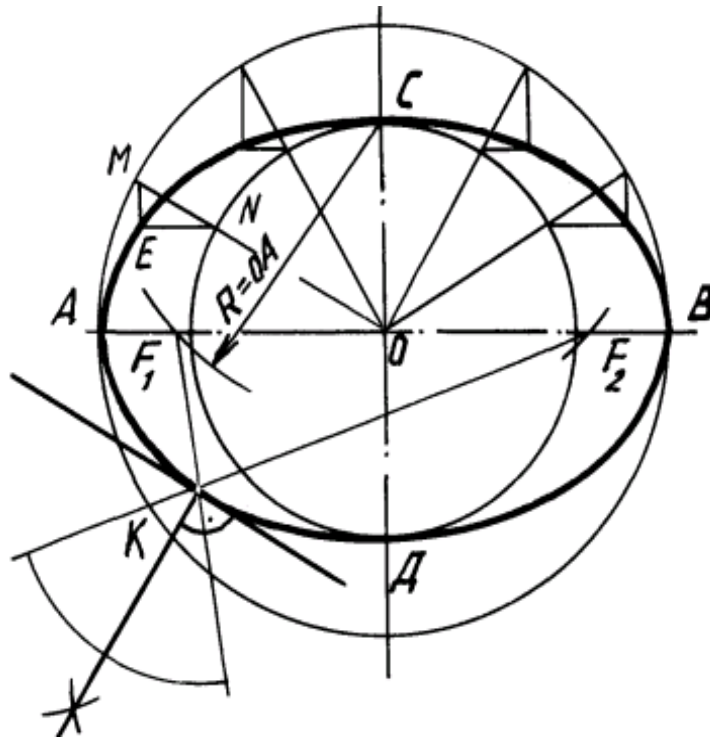


Рис.2.40. Побудова еліпса

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.2.41);
- за допомогою дотичних прямих до параболі.

Розглянемо спосіб побудови параболі 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 параболі. Аналогічно знаходять положення точок $4'$, $3'$ та ін.

Дотична до параболі 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.

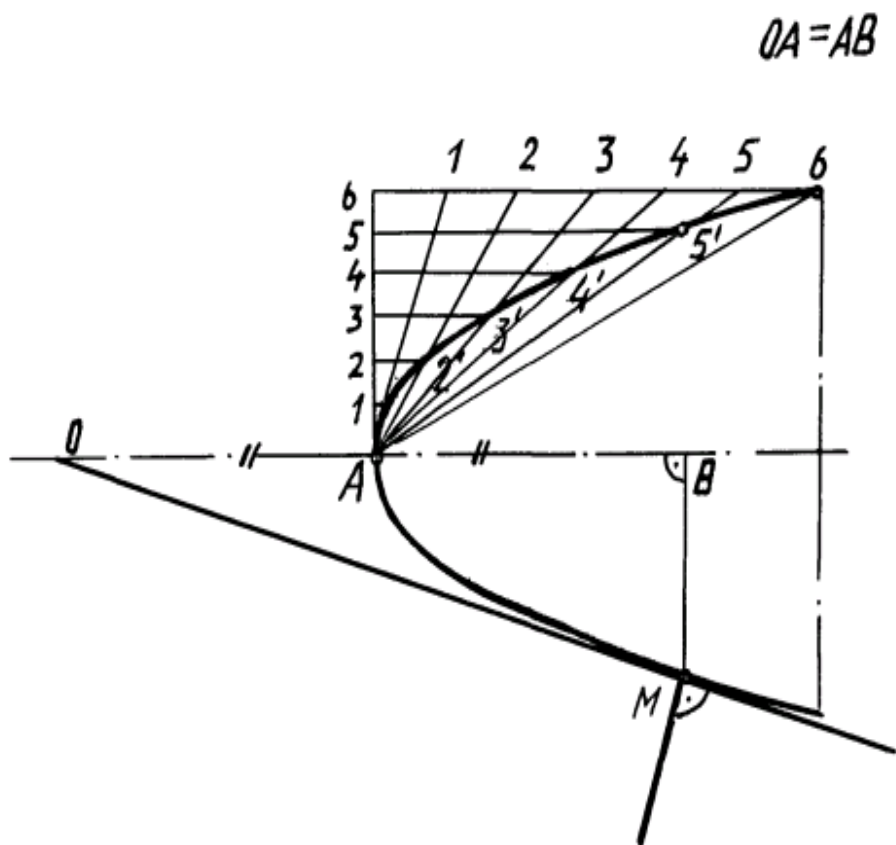


Рис.2.41. Побудова параболи

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.2.42). 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 $F_1 n F_2$.

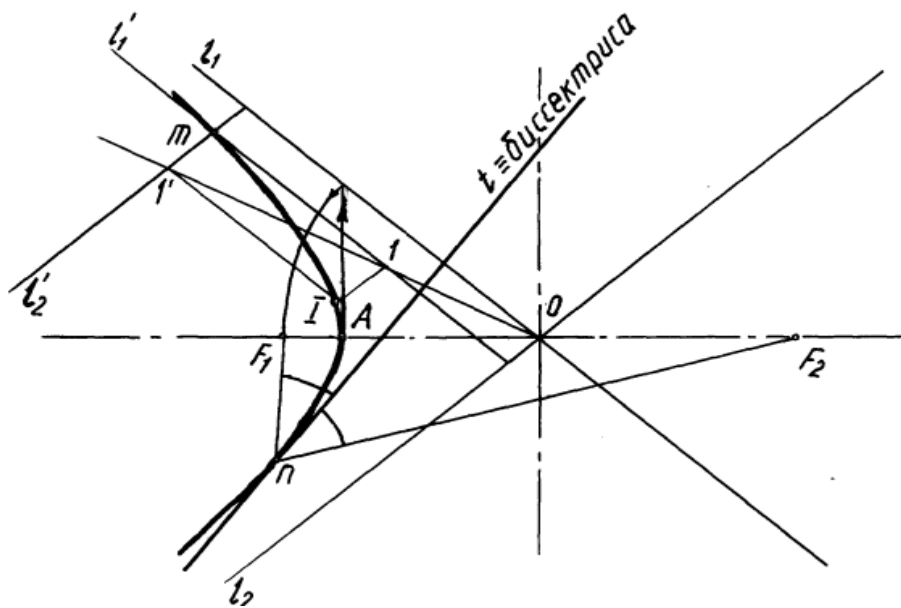


Рис. 2.42. Побудова гіперболи

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.2.43).

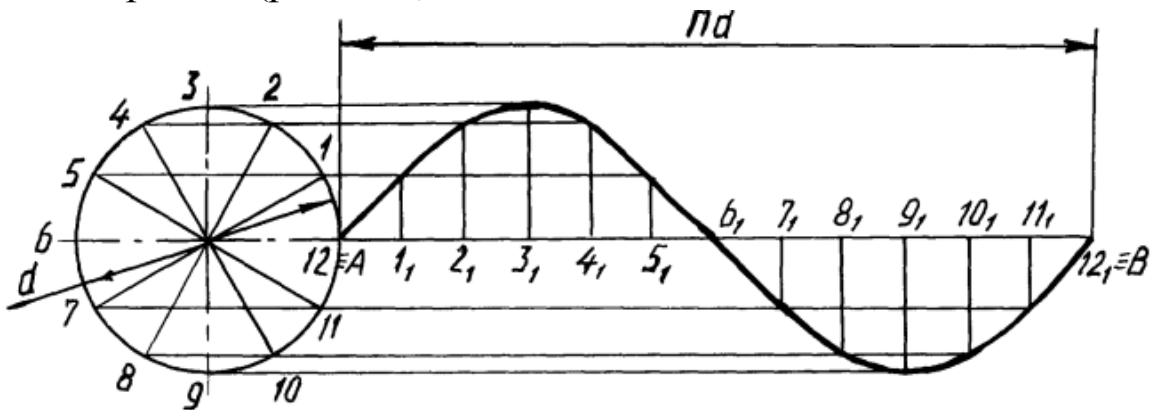


Рис. 2.43. Побудова синусоїди

Евольвента кола. Евольвентою або розгорткою кола називається плоска крива, яка є траєкторією точки кола, утвореною її розгортанням і витравлюванням (рис.2.44). 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 $1/12$, $2/12$, ..., $12/12$ довжини кола. Отримані точки з'єднують за допомогою лекала плавною кривою. Дотична до евольвенти, наприклад в точці X , перпендикулярна до дотичної $X-10$ кола.

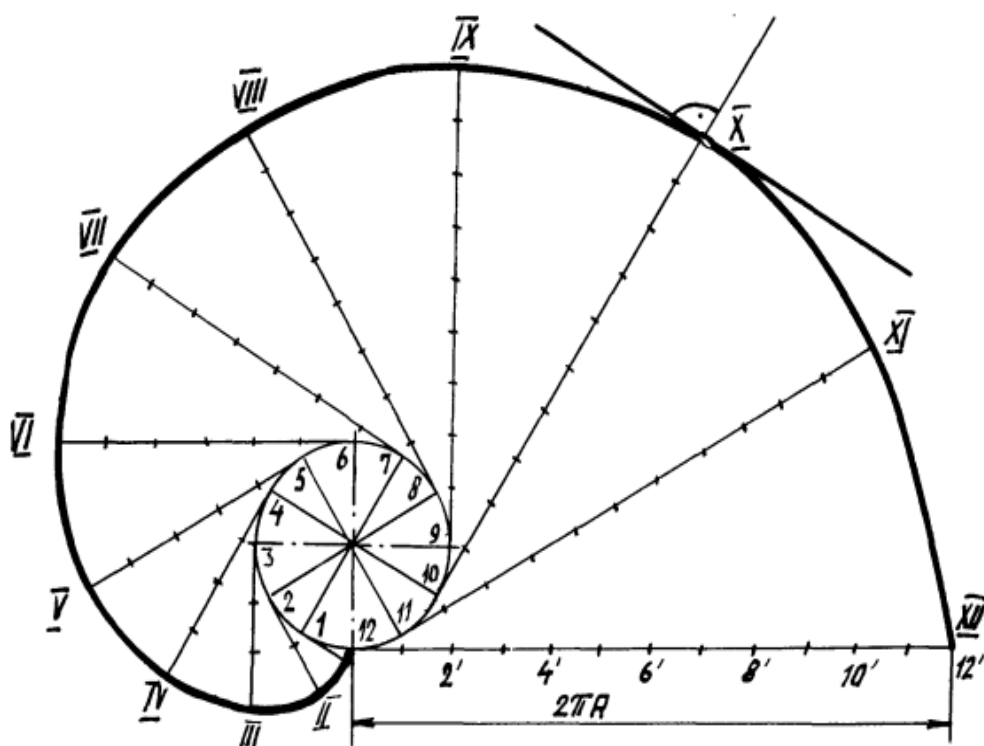


Рис.2.44. Побудова евольвенти

Спіралю 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.2.45). 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.

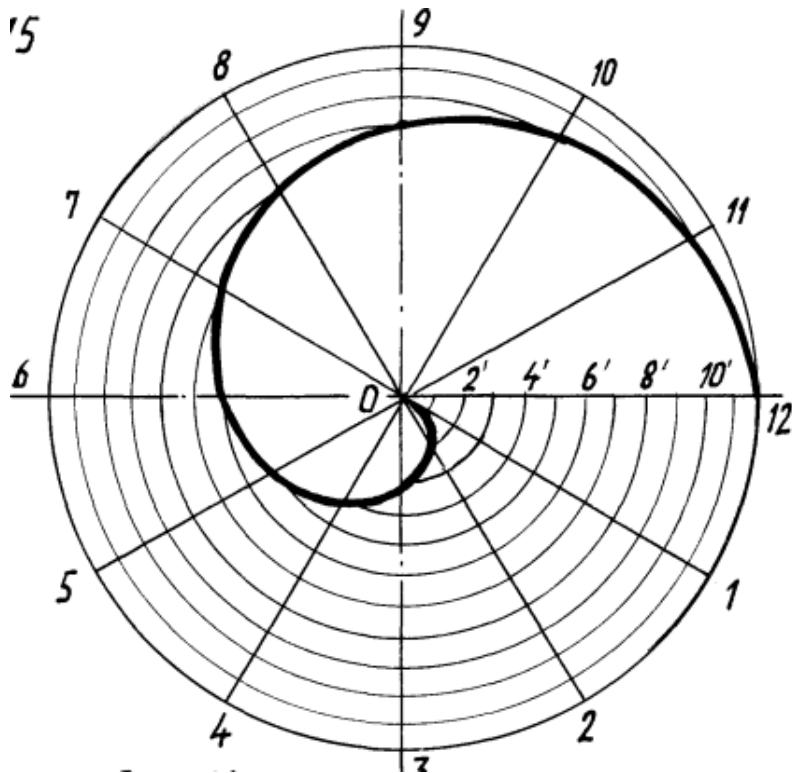


Рис.2.45. Побудова спіралі Архімеда

Циклоїда є плоскою кривою, що представляє собою траєкторію точки A утворюючої коло, яке котиться без ковзання по нерухомій прямій (рис. 2.46).

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.

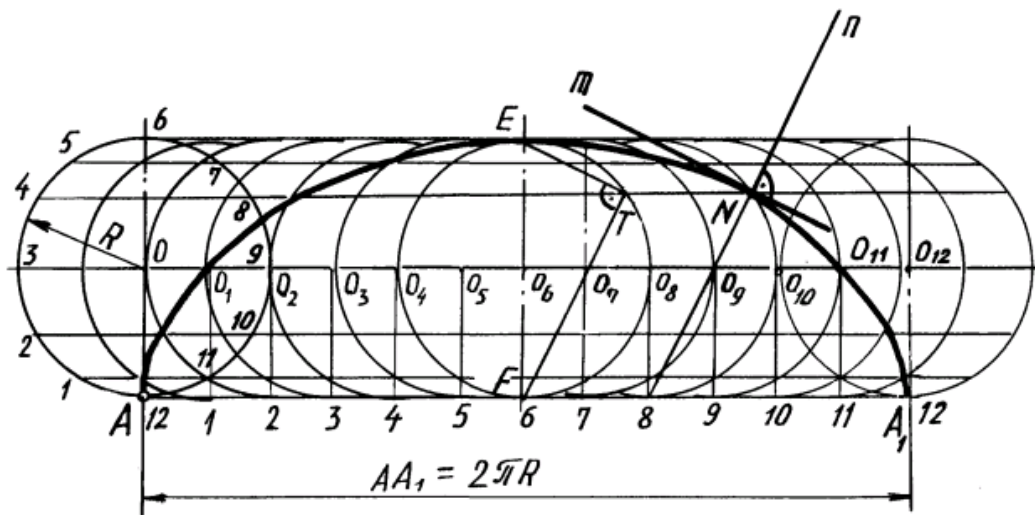


Рис. 2.46. Побудова циклоїди

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. 2.47), при перекочуванні утворюючої кола всередині направляючої – гіпоциклоїда. Довжина дуги AA_1 визначається центральним кутом $\alpha = 360^\circ \times \frac{r}{R}$.

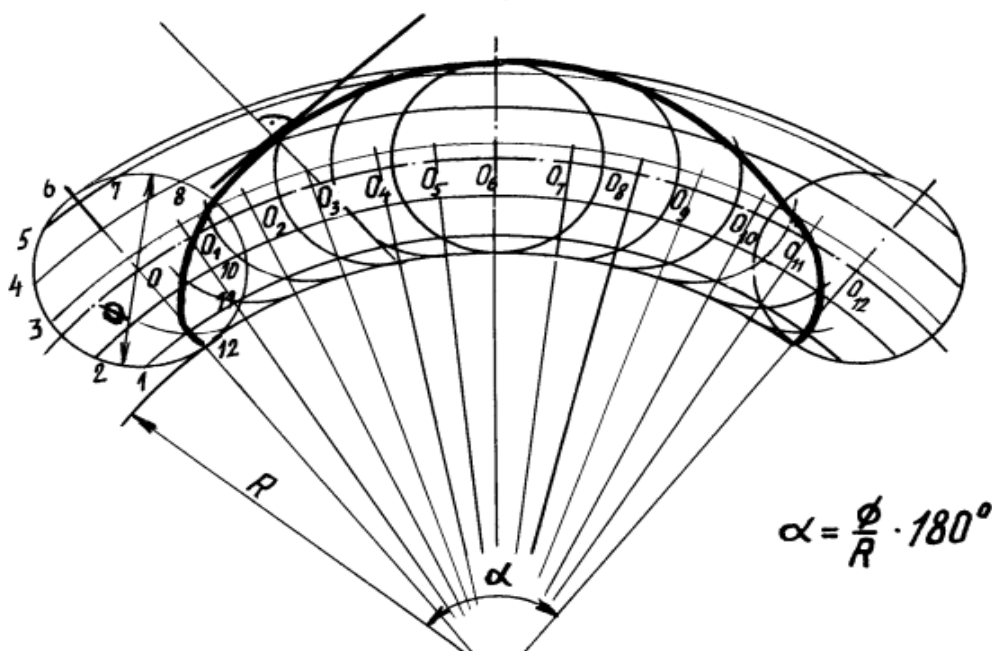


Рис. 2.47. Побудова гіпоциклоїди

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.

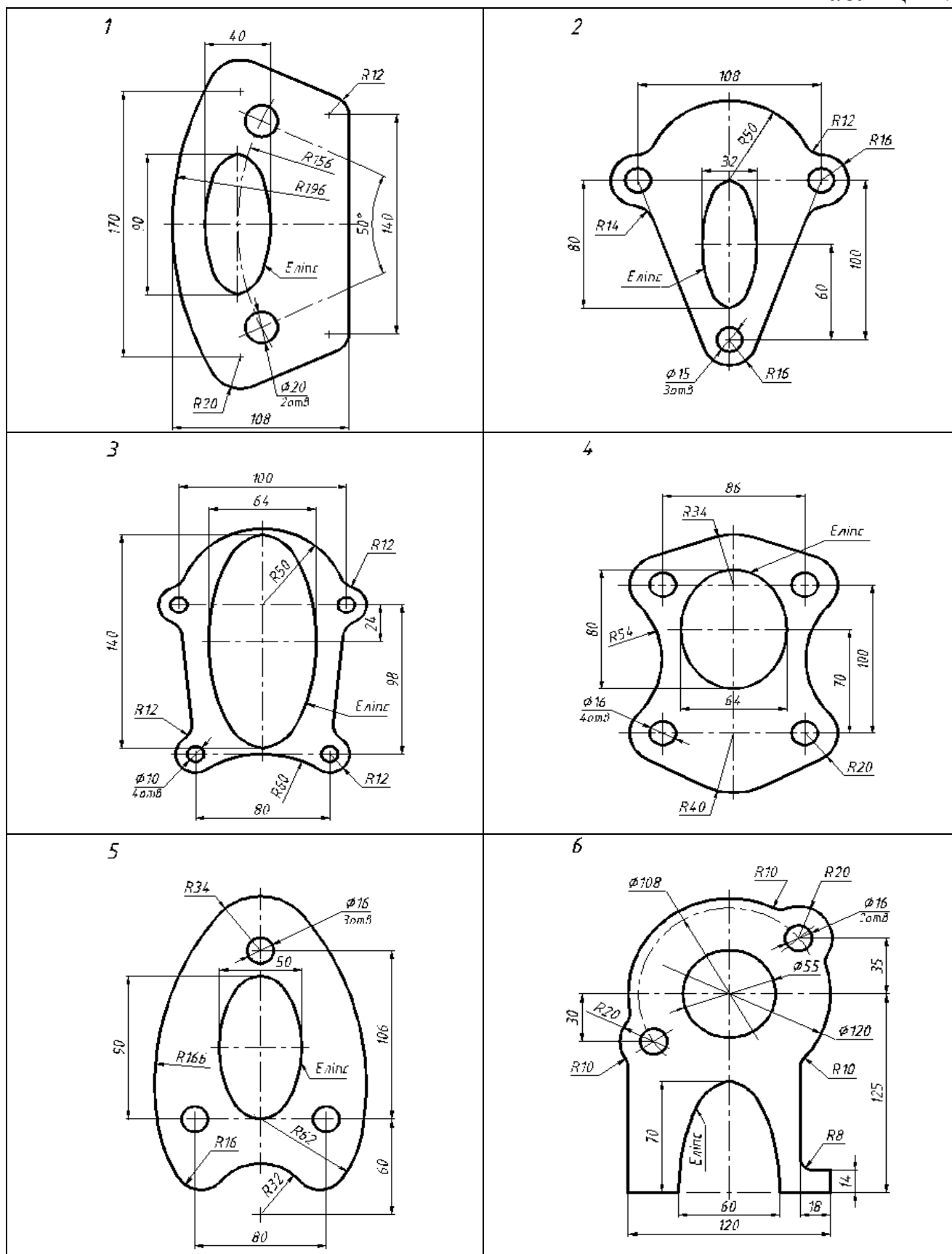
2.6 Графічна робота №7 «Спряження та лекальні криві»

1. Виконати побудову лекальної кривої, узявши дані з таблиці 2.5.
2. Виконати індивідуальне завдання на спряження, дане в таблиці 2.6.

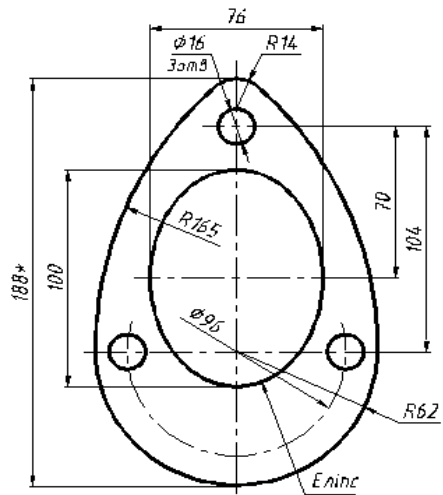
Таблиця 2.5

Варіант	Найменування кривої	Розміри в міліметрах
1	Еліпс	АБ=160; СД=120
2		АБ=180; СД=100
3		АБ=120; СД=180
4	Циклоїда	R=25
5		R=30
6		R=35
7	Епіциклоїда	R=60; r=20
8		R=70; r=25
9		R=75; r=30
10	Гіпоциклоїда	R=40; r=120
11		R=20; r=120
12		R=30; r=120
13	Евольвента	d=46
14		d=50
15		d=40
16	Спіраль Архімеда	d=150
17		d=170
18		d=160
19	Синусоїда	d=46
20		d=50
21		d=60
22	Гіпербола	$AA_1=80; 90^\circ$
23		$AA_1=70; 90^\circ$
24		$AA_1=60; 90^\circ$
25	Парабола	ОВ=120; ВК=190
26		ОВ=130; ВК=210
27		ОВ=140; ВК=200
28		ОВ=120; ВК=210

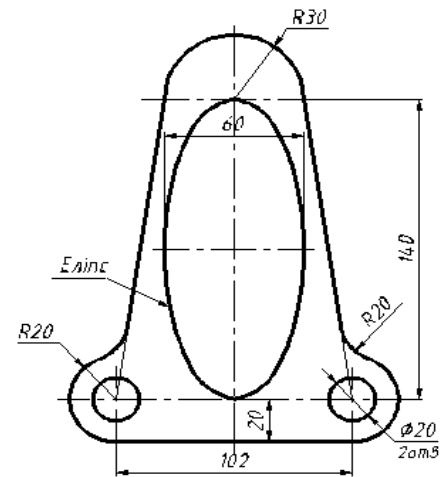
Таблица 2.6



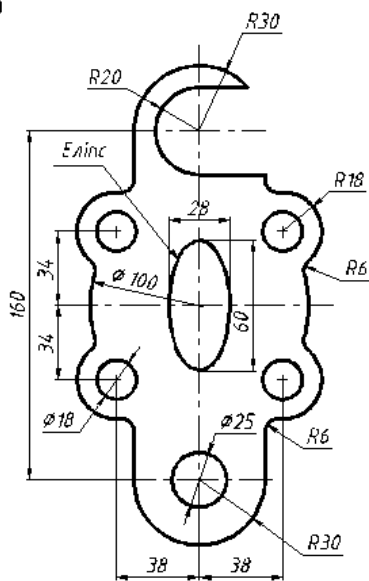
7



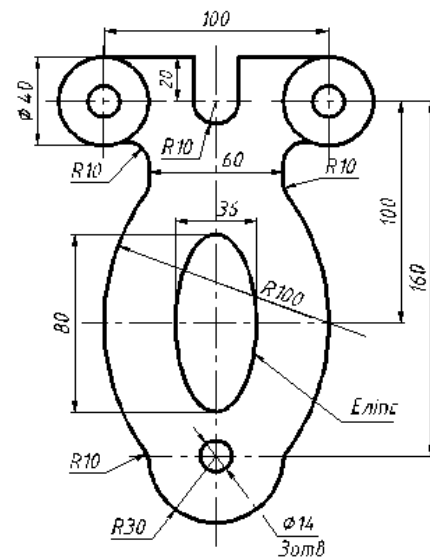
8



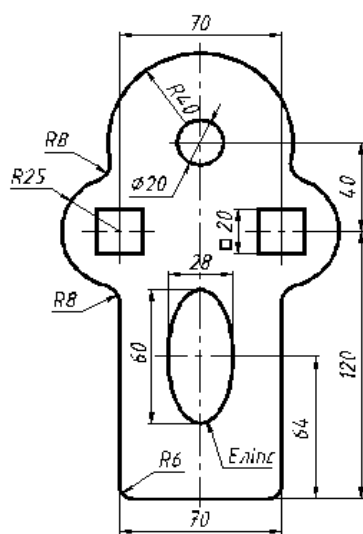
9



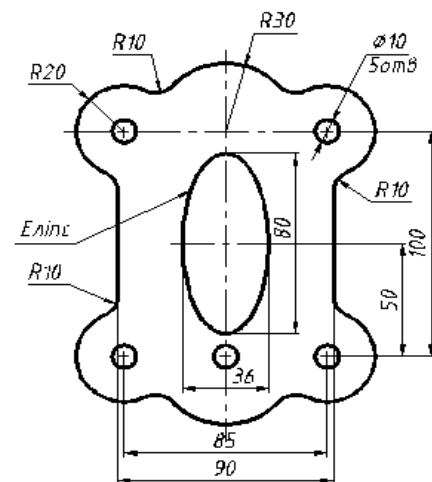
10



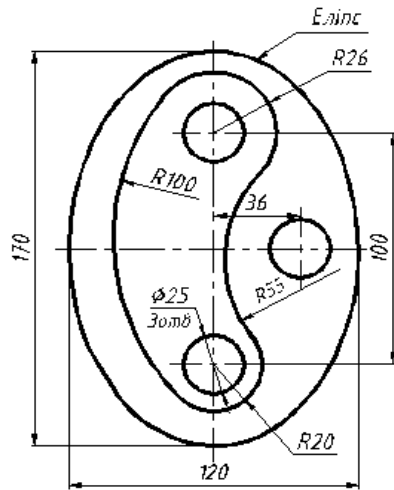
11



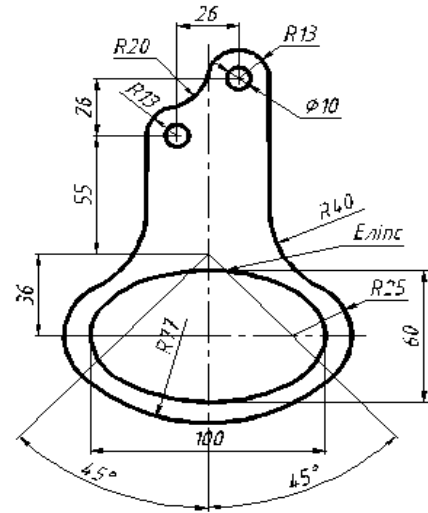
12



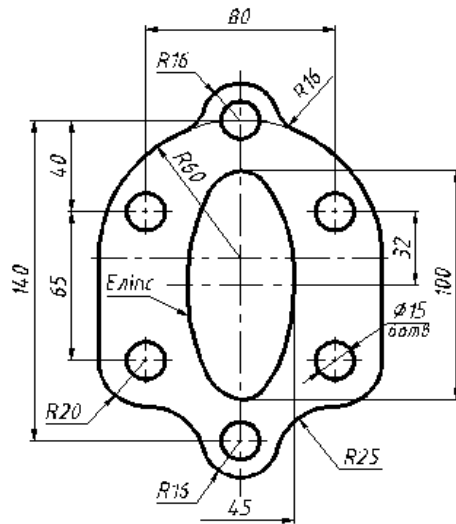
13



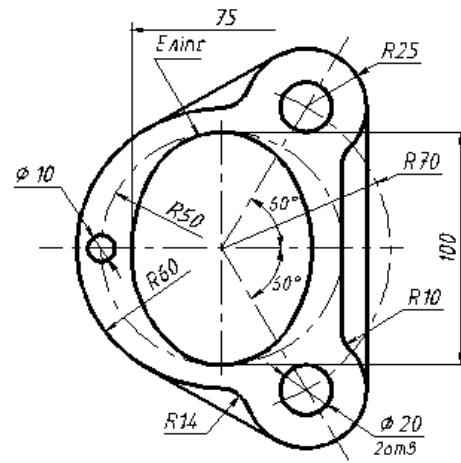
14



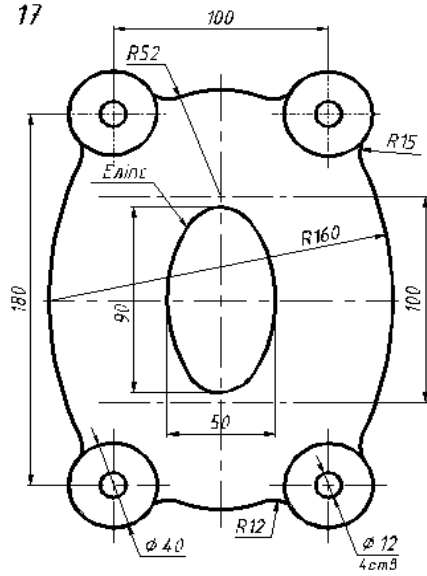
15



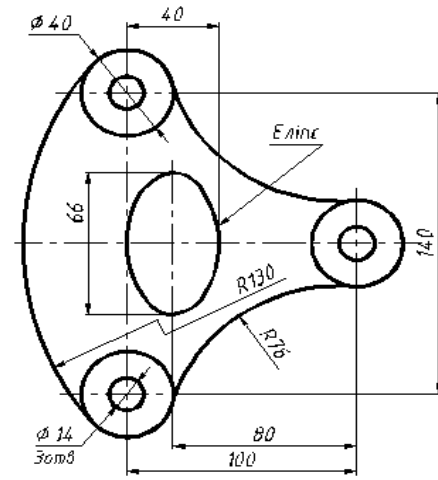
16



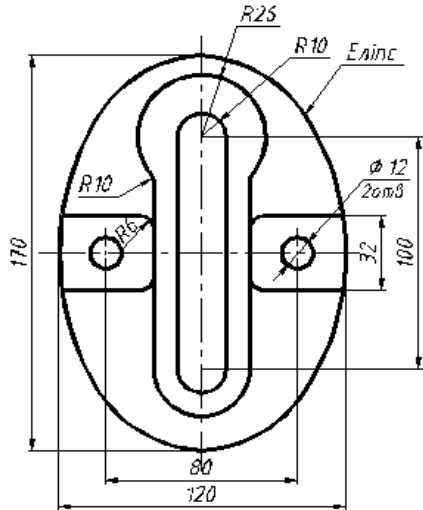
17



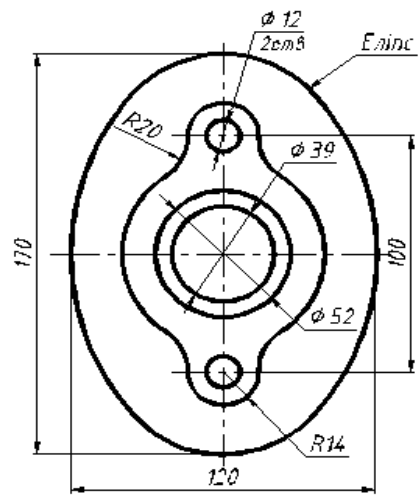
18



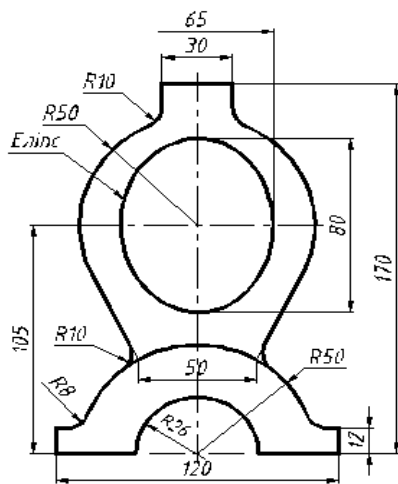
19



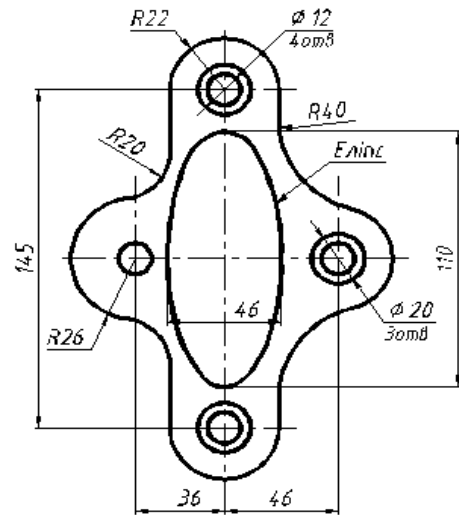
20



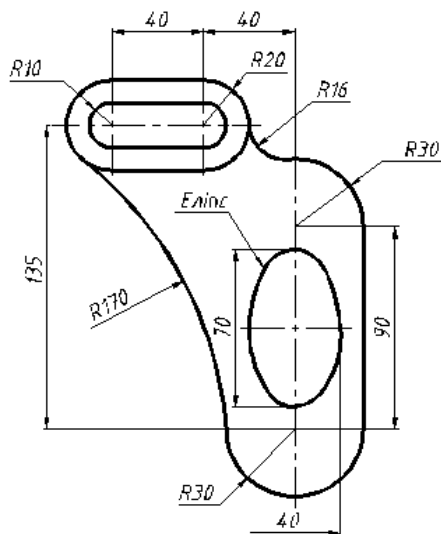
21



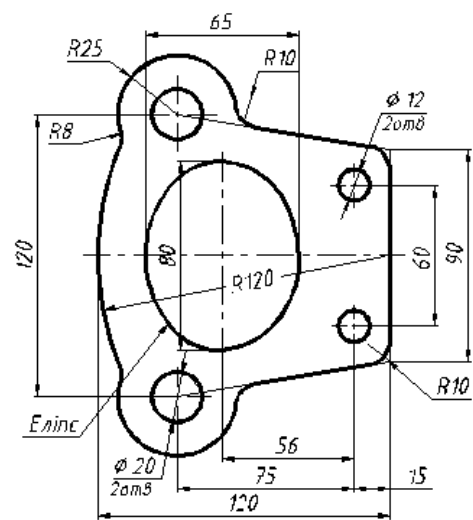
22

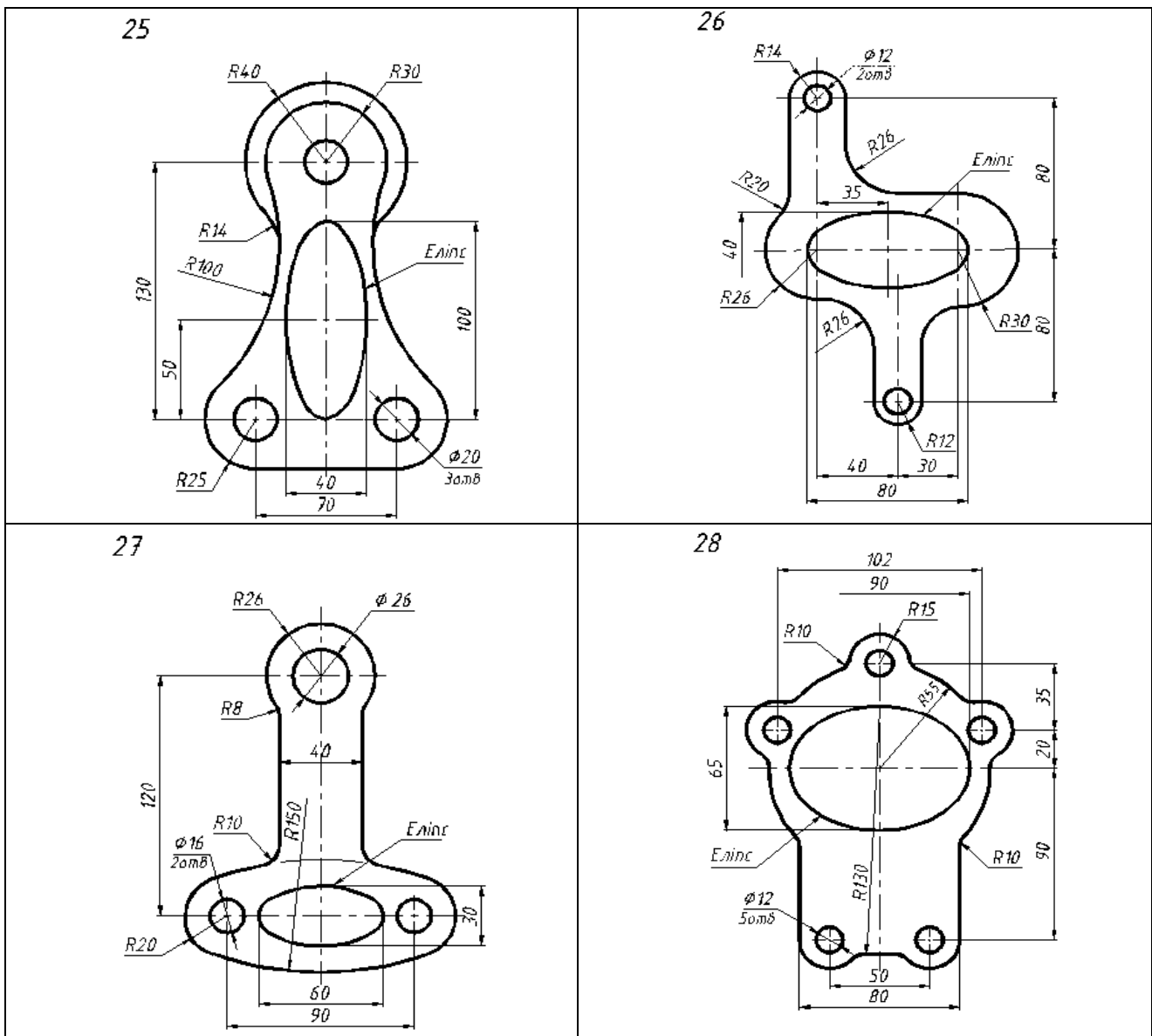


23



24





2.6.1. Мультимедійна презентація «Спряження та лекальні криві»

Для закріплення знань із теми «Спряження та лекальні криві» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Спряження та лекальні криві»

2.7 Види, розрізи, перерізи

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.2.48).

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.

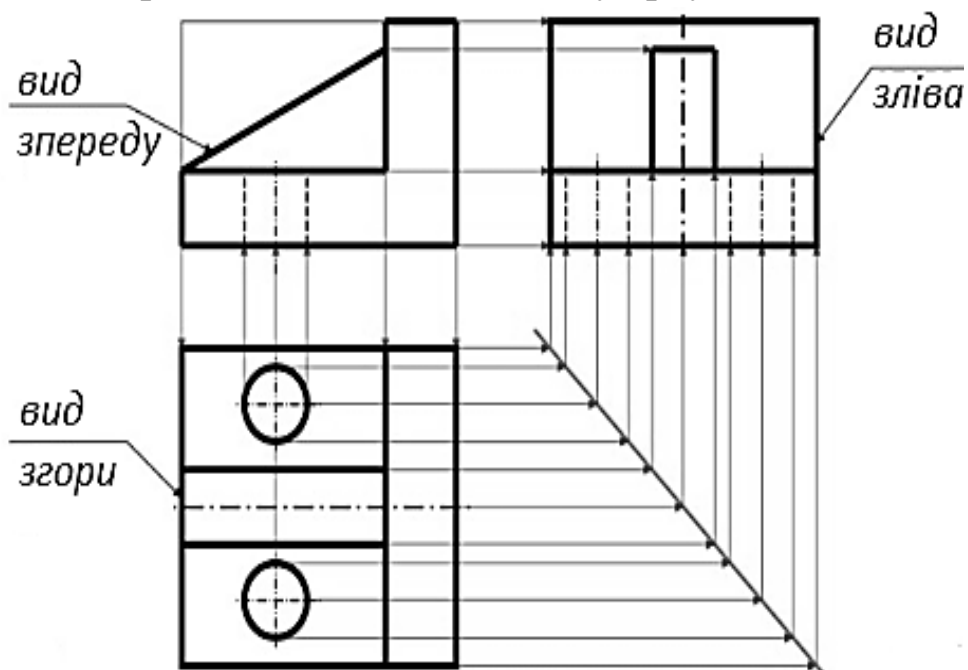


Рис.2.48. Зображення видів на кресленні

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

горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій (наприклад, рис.2.49). У будівельних кресленнях горизонтальним розрізах можуть присвоюватися інші назви, наприклад, «план»;

вертикальні – січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій (наприклад, рис.2.50);

похилі – січна площина становить з горизонтальною площиною проєкцій кут, відмінний від прямого (наприклад, рис.2.51).

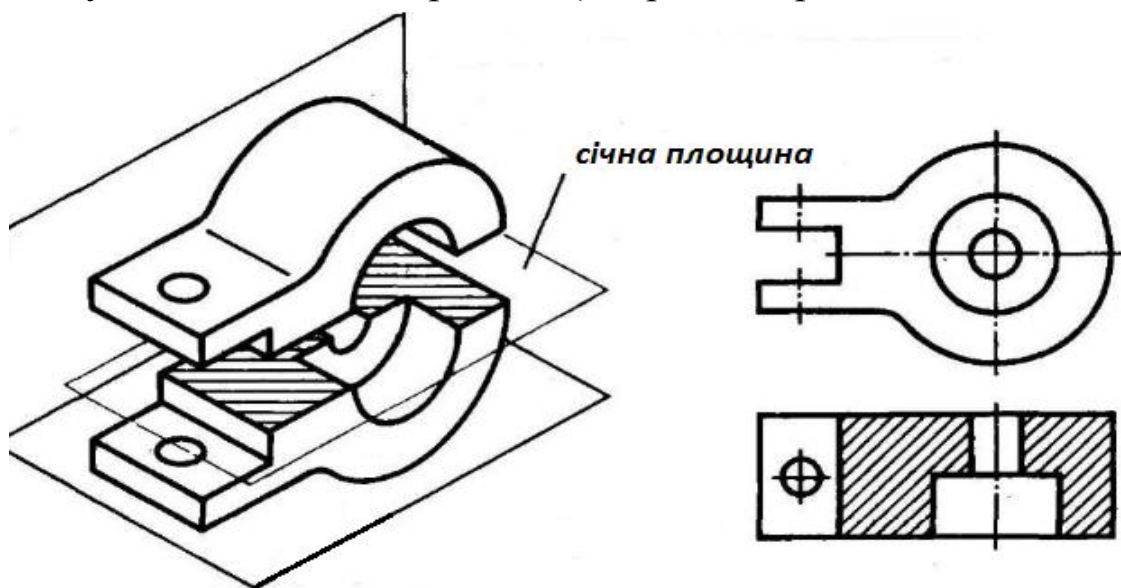


Рис.2.49. Горизонтальний розріз

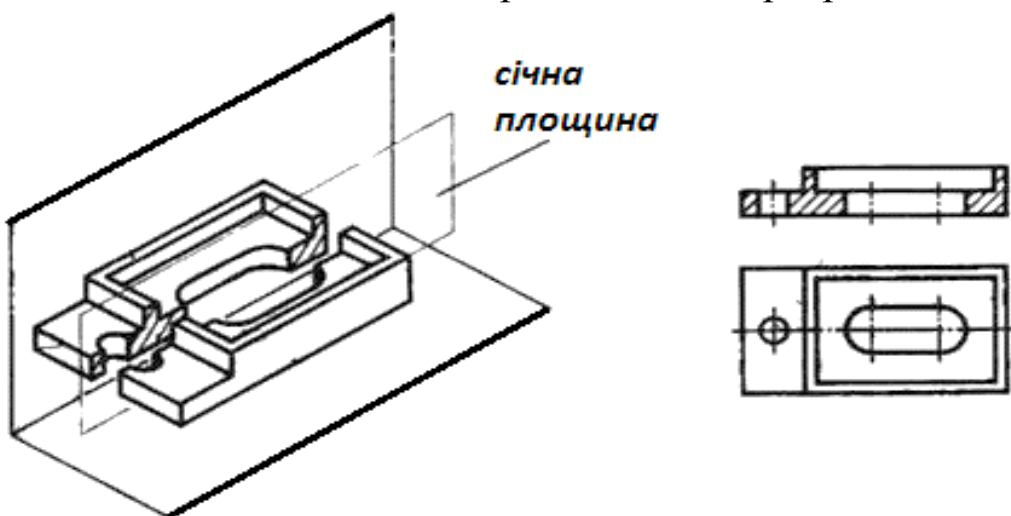


Рис.2.50. Вертикальний розріз

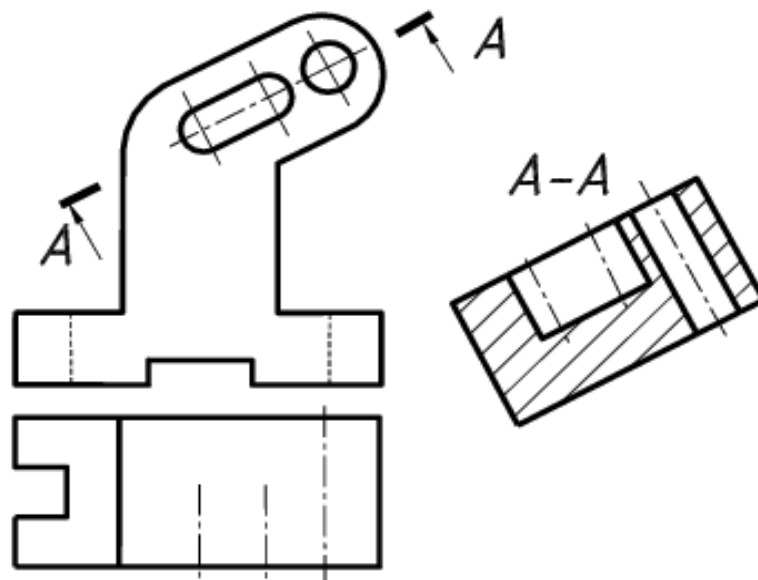


Рис.2.51. Похилий розріз

Залежно від числа січних площин розрізи поділяються на:

прості – при одній січній площині (рис.2.49-2.51);

складні – при кількох січних площинах (рис.2.52).

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.2.52.а), і **ламані**, якщо січні площини перетинаються (рис.2.52.б).

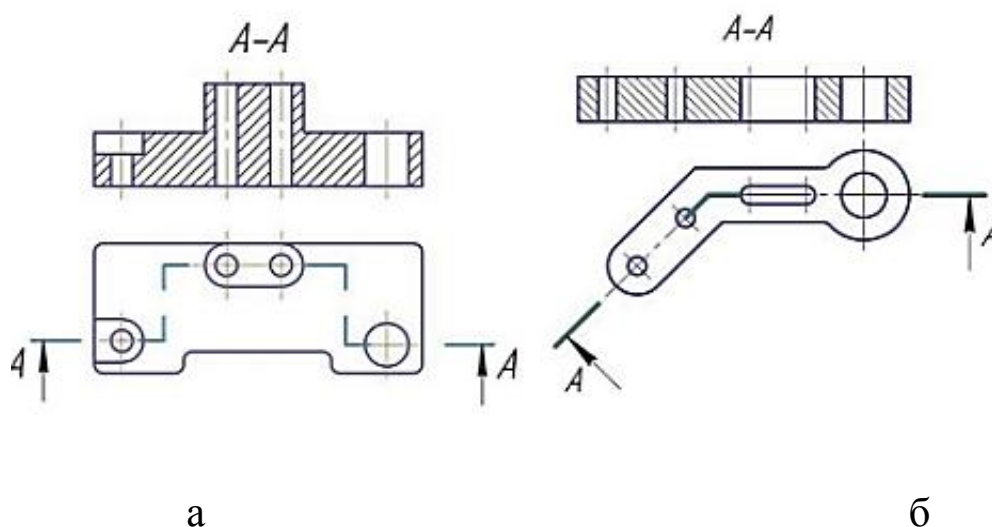


Рис.2.52. Складні розрізи

Розрізи називаються поздовжніми, якщо січні площині спрямовані уздовж довжини або висоти предмета і поперечними, якщо січні площині 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 місцях 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.2.53). 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.

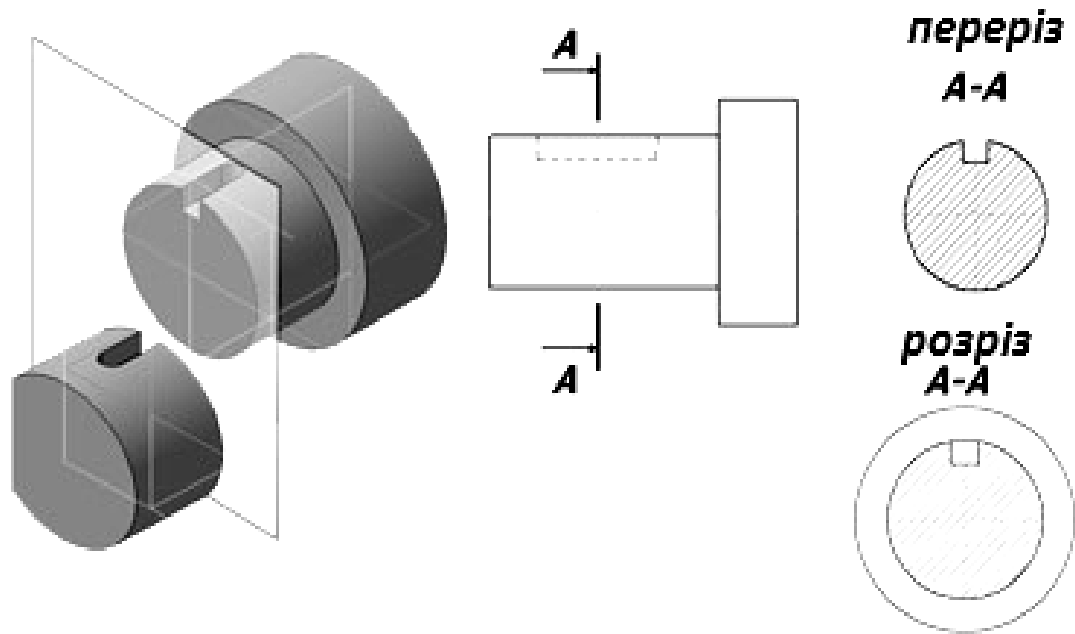


Рис.2.53. Різниця між розрізом і перерізом

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.

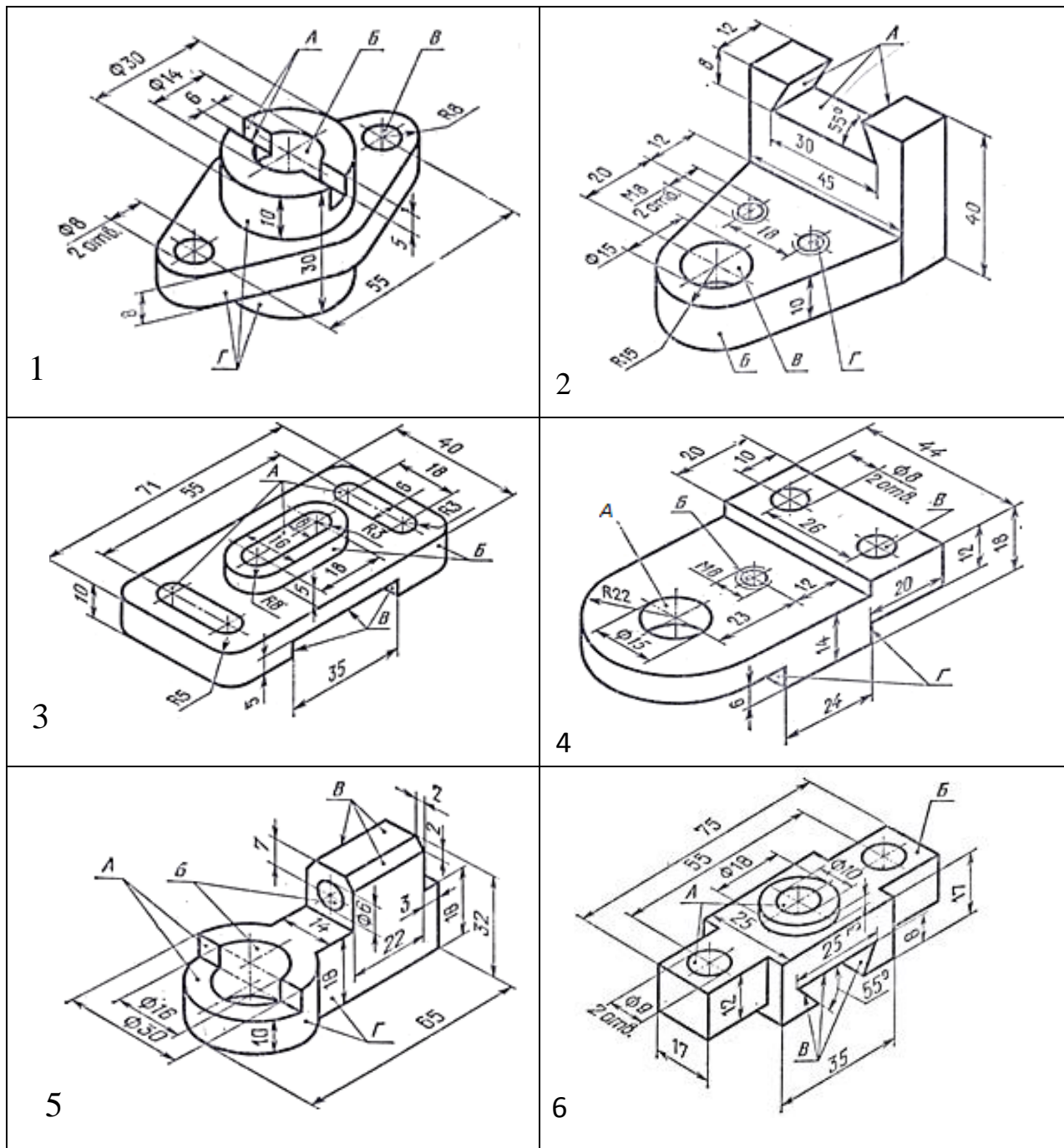
Вісь симетрії винесеного або накладеного перерізу вказують штрих-пунктирною тонкою лінією без позначення літерами і стрілками і лінію перетину не проводять

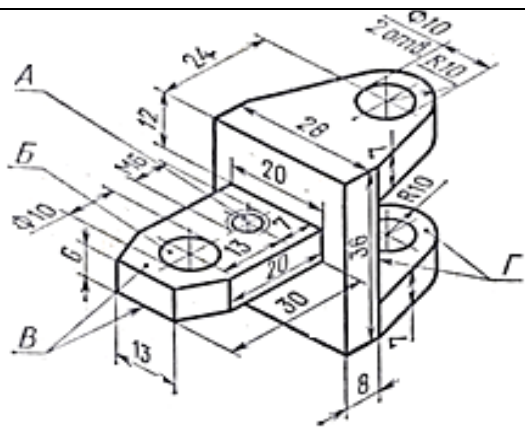
У всіх інших випадках для лінії перерізу застосовують розімкнену лінію із зазначенням стрілками напрямку погляду і позначають її однаковими великими літерами українського алфавіту (в будівельних кресленнях – великими або малими літерами або цифрами). Переріз супроводжують написом на кшталт «А-А». У будівельних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

2.8 Графічна робота 8 «Види, перерізи»

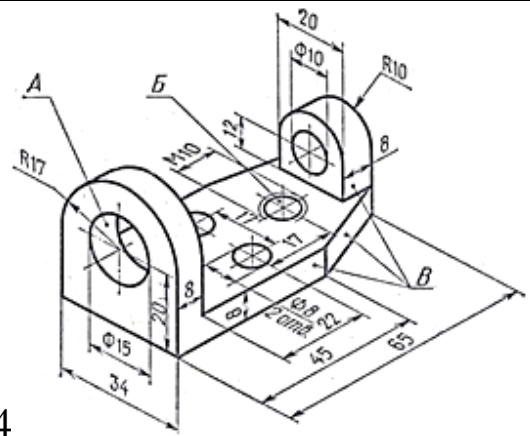
Побудувати три види зображення з таблиці 2.6 та виконати похилий переріз будь-якого з видів згідно до виданого варіанту.

Таблиця 2.6.

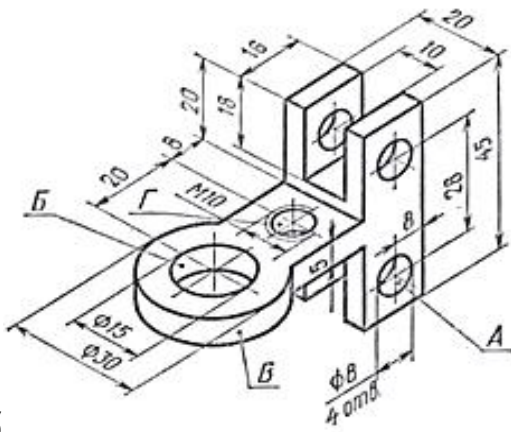




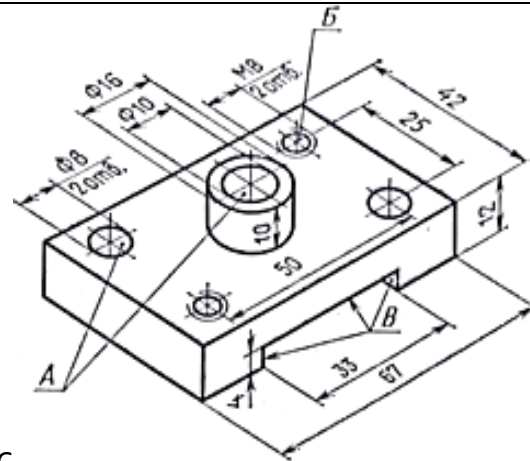
13



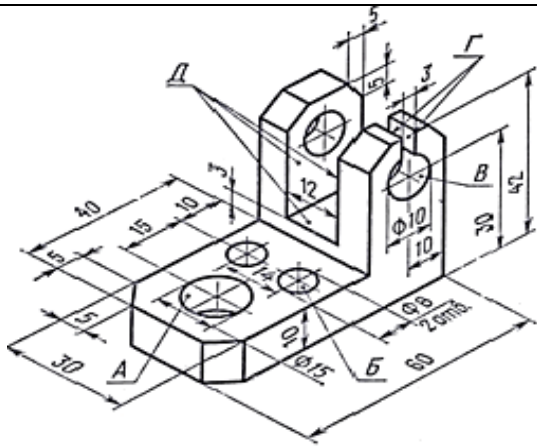
14



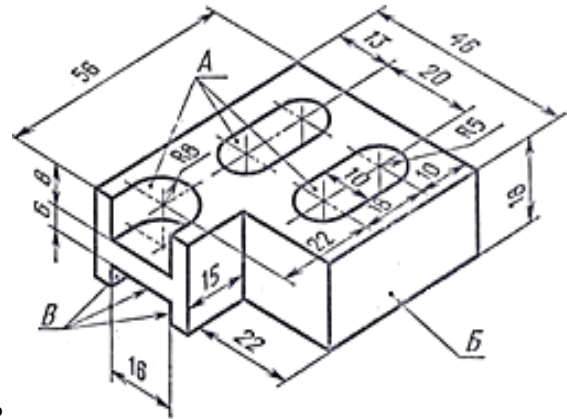
15



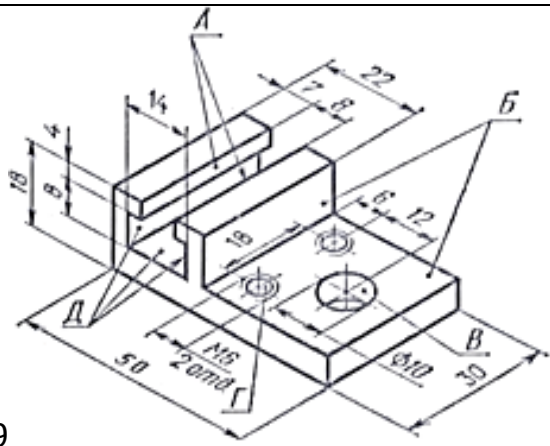
16



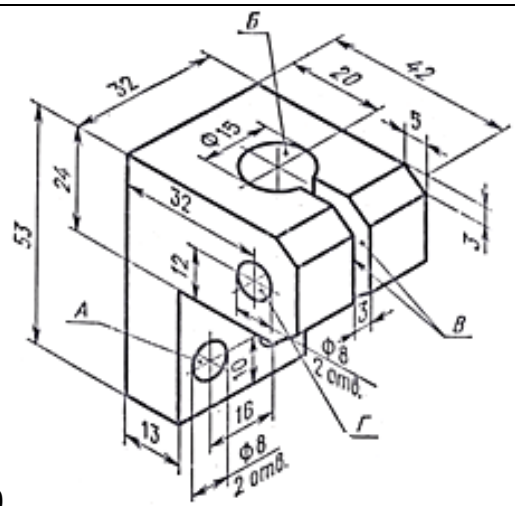
17



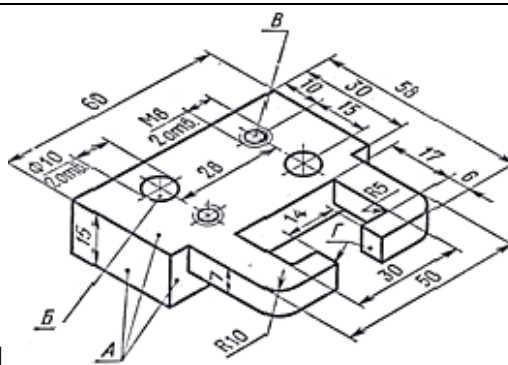
18



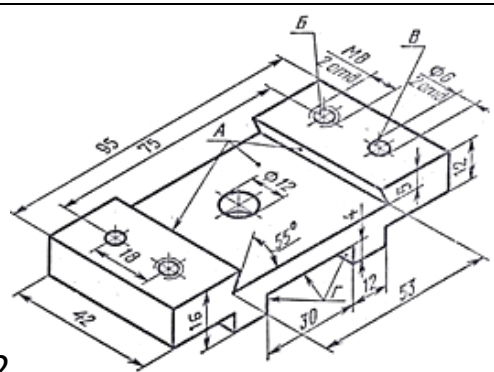
19



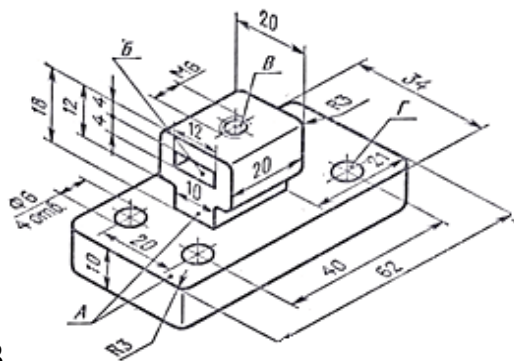
20



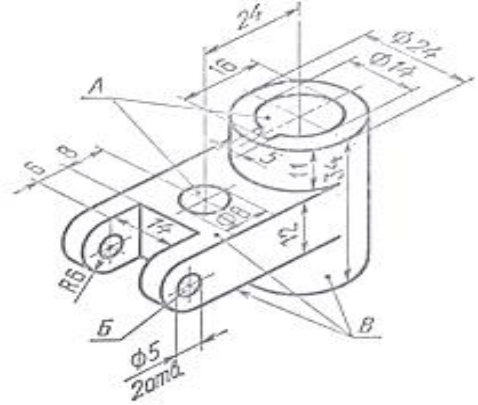
21



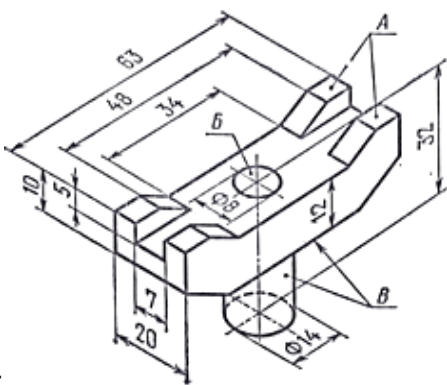
22



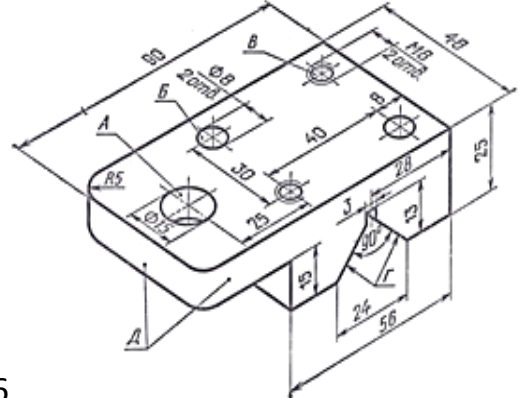
23



24



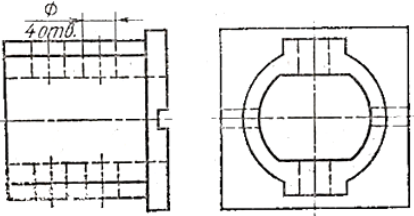
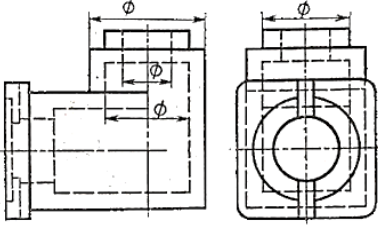
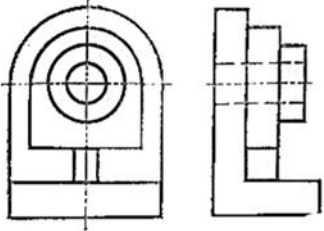
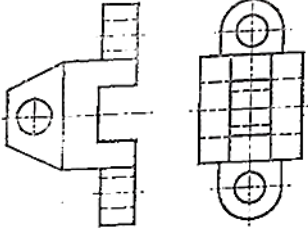
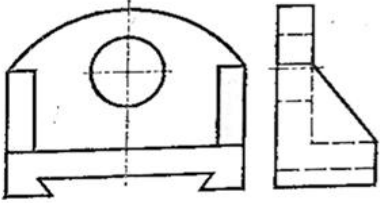
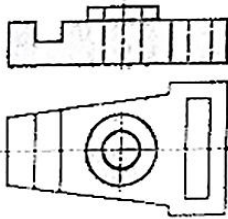
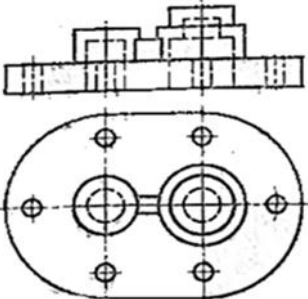
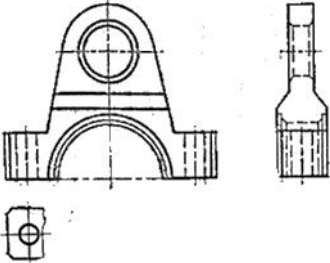
25

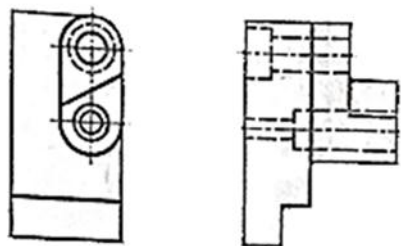


26

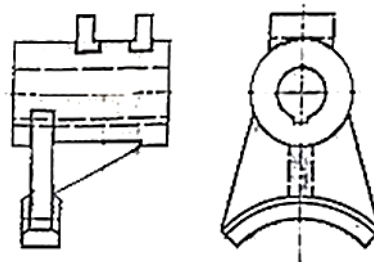
2.9 Графічна робота №9 «Прості та складні розрізи»

Таблиця 2.7.

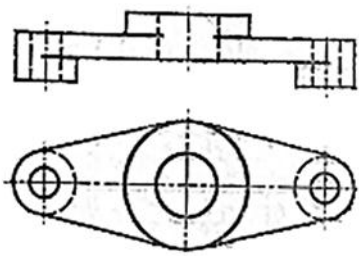
<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>7</p> 	<p>8</p> 



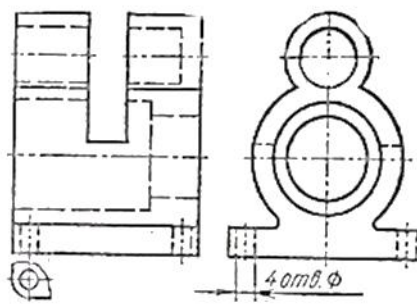
9



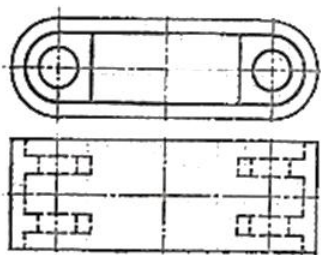
10



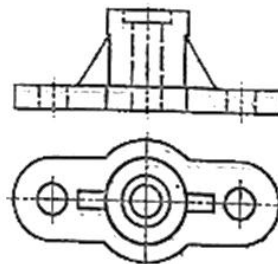
11



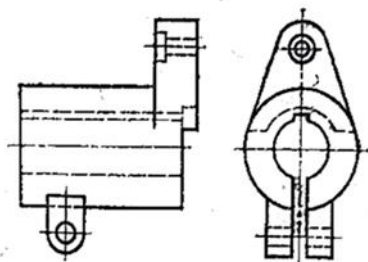
12



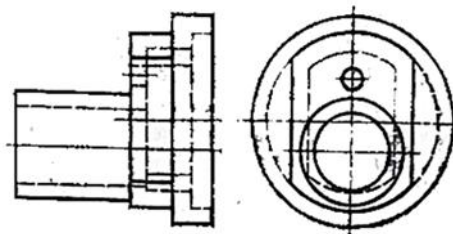
13



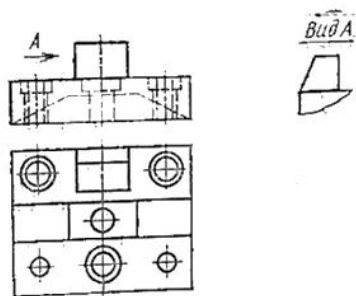
14



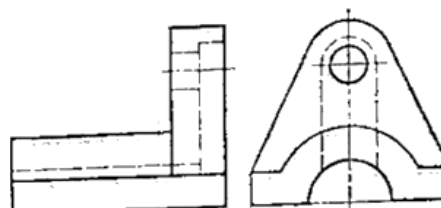
15



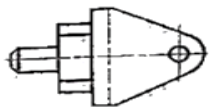
16



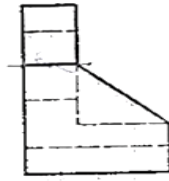
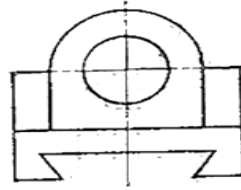
17



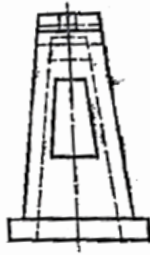
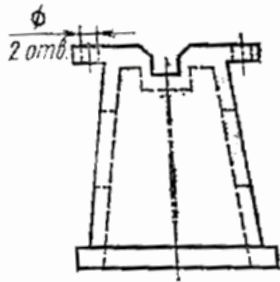
18



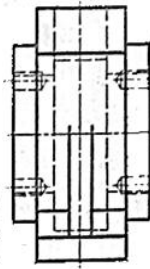
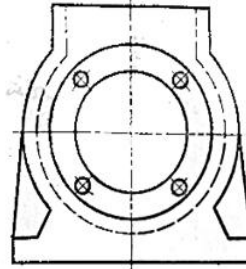
19



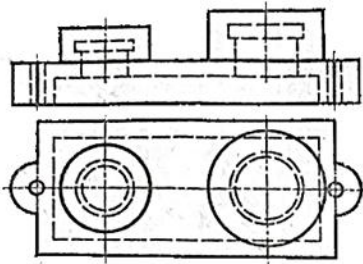
20



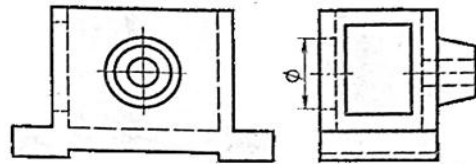
21



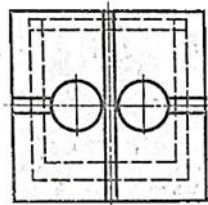
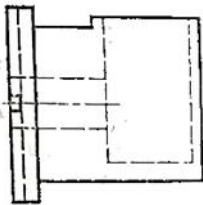
22



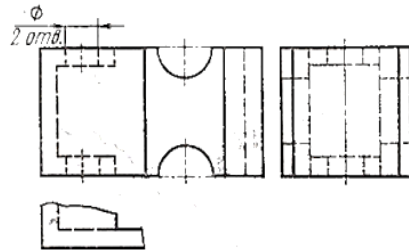
23



24

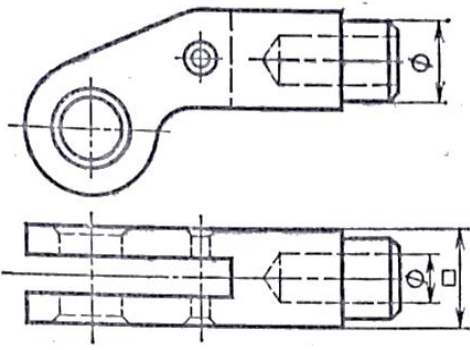
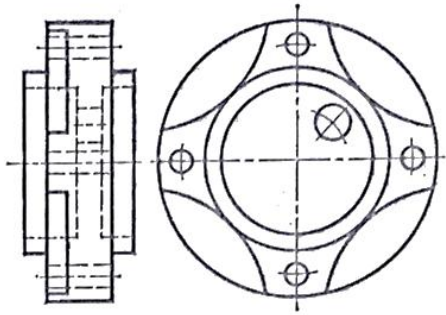
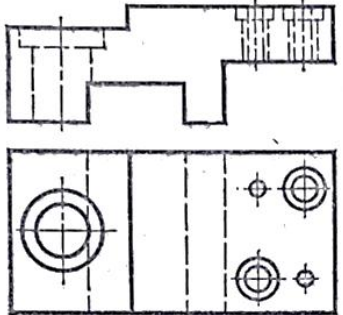
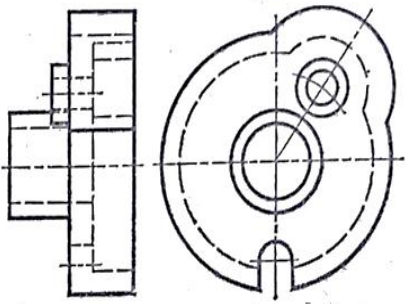
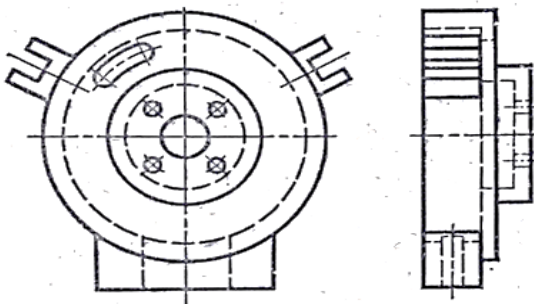
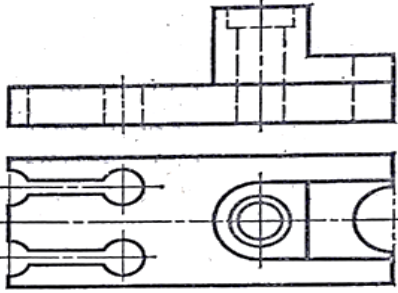
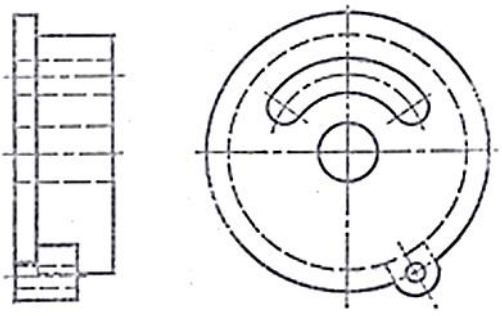
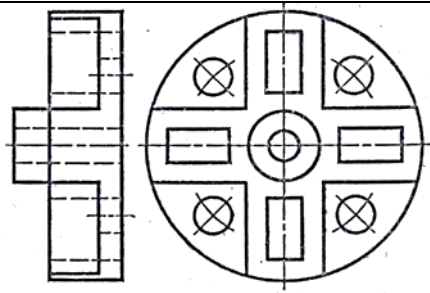


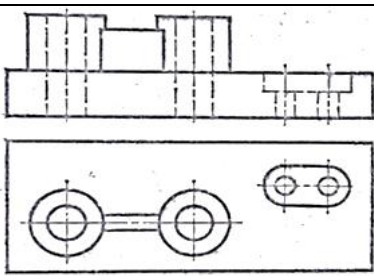
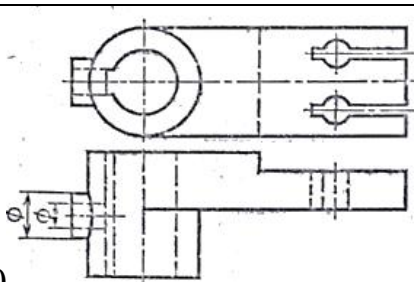
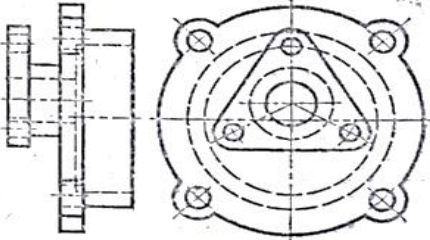
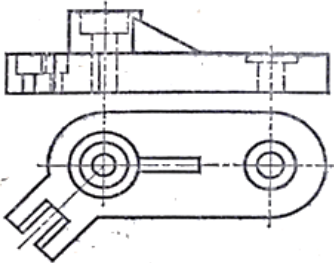
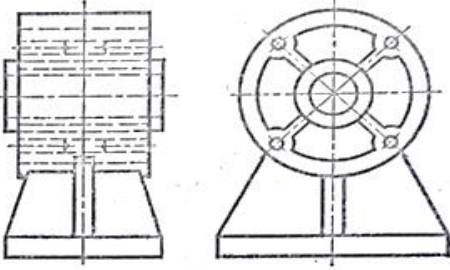
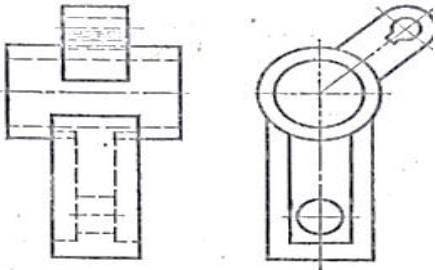
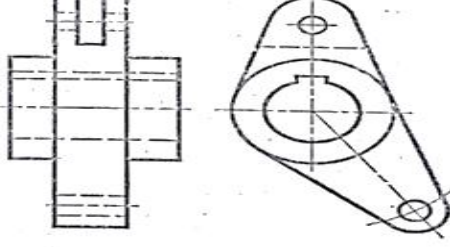
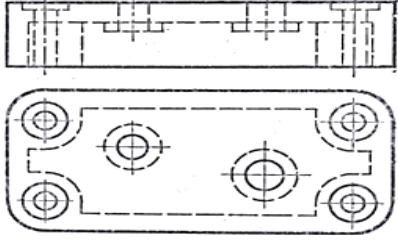
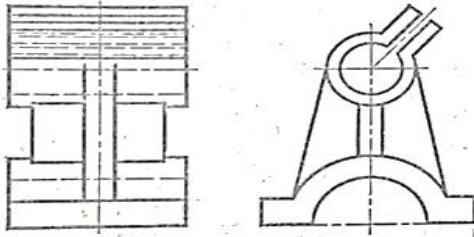
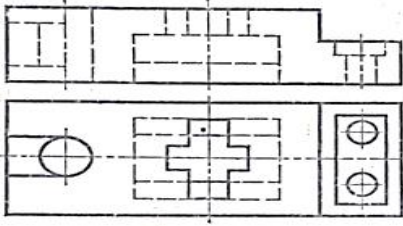
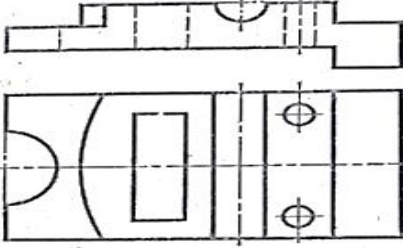
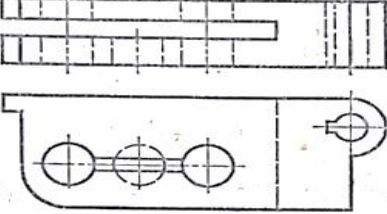
25

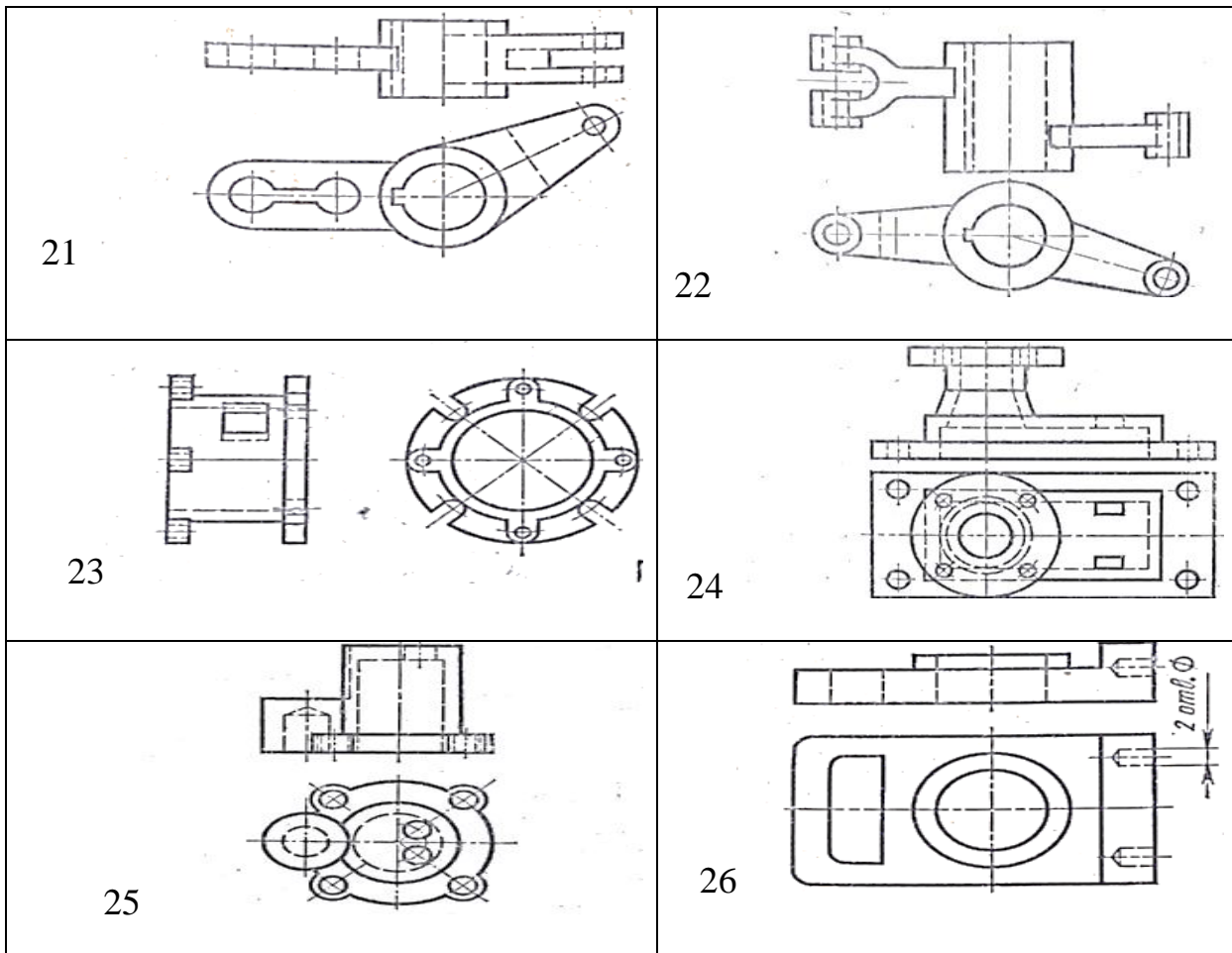


26

Таблица 2.8.

<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>7</p> 	<p>8</p> 

<p>9</p> 	<p>10</p> 
<p>11</p> 	<p>12</p> 
<p>13</p> 	<p>14</p> 
<p>15</p> 	<p>16</p> 
<p>17</p> 	<p>18</p> 
<p>19</p> 	<p>20</p> 



2.9.1. Мультимедійна презентація «Види, розрізи, перерізи»

Для закріплення знань із теми «Види, розрізи, перерізи» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація «Види, розрізи, перерізи»

2.10 Аксонометрія

Аксонометрія – особливий розділ в кресленні, в якому вивчається те, як отримати наочне зображення предметів на площині. Аксонометрична проекція виглядає як точний рисунок предмета. Аксонометрія розшифровується як вимір по осях.

Проекції в аксонометрії поділяють на кілька видів:

1) **Прямокутна** – це коли проєктуються прямі, перпендикулярні до площини аксонометричної проєкції. До неї відносяться диметрична та ізометрична проєкції.

2) **Косокутна** – це коли прямі йдуть не під кутом 90^0 відносно аксонометричної проєкції. До неї відносяться косокутну диметричну (фронтальну); косокутну ізометричну (фронтальну); косокутну ізометричну (горизонтальну).

Найчастіше використовуються в роботі прямокутна ізометрична, прямокутна диметрична та косокутна диметрична (фронтальна) проєкції.

Прямокутна ізометрична проєкція

Проекція цього виду відрізняється тим, що в ній осі аксонометрії розташовуються один по відношенню до одного під кутом 120° . При цьому спотворення зображення по всіх аксонометричних осях мають один і той же коефіцієнт, що дорівнює 0,82.

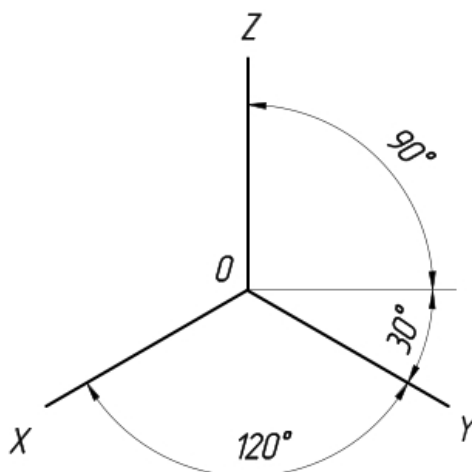


Рис.2.54. Розташування осей в ізометрії

Щоб спростити ізометричну проекцію, зображення по осях x , y і z , як правило, виконують без спотворень, тобто його коефіцієнт вибирають рівним одиниці. На рис.2.55 зображено побудову аксонометричної проекції кола.

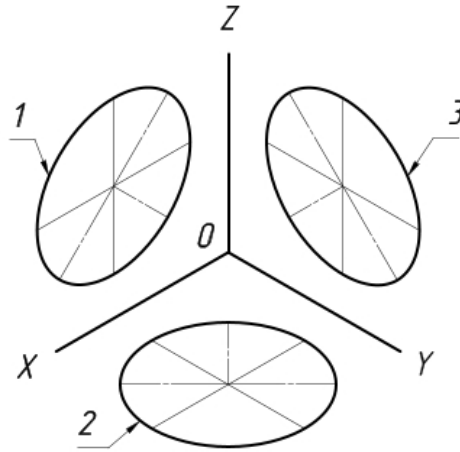


Рис.2.55 Побудова аксонометричної проекції кола.

Якщо кола розташовуються в тих площинах, які паралельні площинам проєкцій, то в аксонометричній площині вони зображуються у вигляді еліпсів.

У тих випадках, коли по осях x , y , і z ізометрична проекція виконується без спотворень, довжина великої і малої осей еліпсів складає, відповідно, 1,22 і 0,71 від діаметра кола. У тих випадках, коли по осях x , y і z ізометрична проекція виконується з спотвореннями, довжина великої осі еліпсів дорівнює діаметру кола, що відображується, а довжина малої осі – 0,58 від неї.

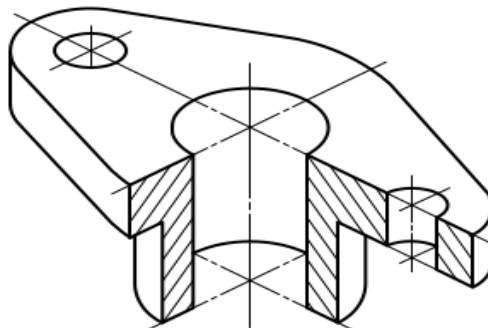


Рис.2.56. Зображення деталі в прямокутній ізометрії

Щоб найбільш наочно передати особливості форми різних виробів і предметів, їх зображують у прямокутній ізометричній проекції.

Прямокутна диметрична проекція.

Відмінною особливістю прямокутної диметричної проекції є те, що вона має різні коефіцієнти спотворення по різних аксонометричних осях: для x і z він має значення 0,94, а по y дорівнює значенню 0,47.

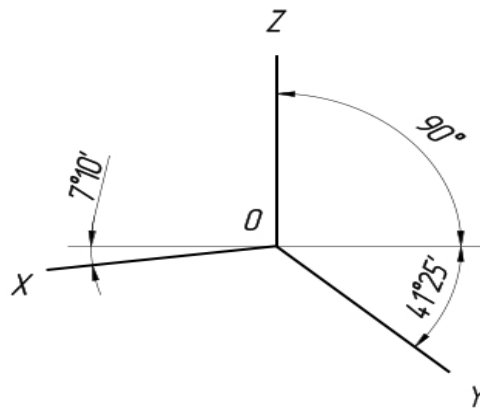


Рис.2.57. Зображення осей в прямокутній диметричній проекції

У більшості випадків диметрична проекція виконується з коефіцієнтом спотворення по осі аксонометрії y , що дорівнює 0,5, і по осях аксонометрії z і x рівним одиниці.

Ті кола, які розташовуються в площинах, які є паралельними по відношенню до площини проекції, при проектуванні на площину зображуються у вигляді еліпсів.

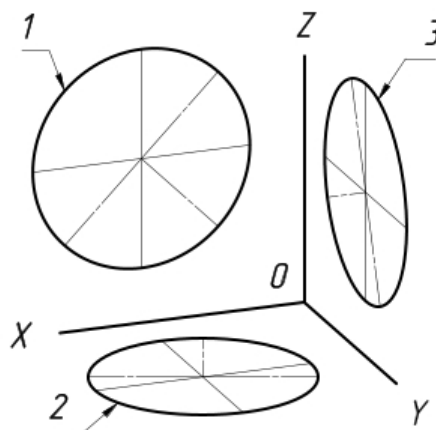


Рис.2.58. Зображення кіл в прямокутній диметрії

У тих випадках, коли диметрична проекція кола виконується в неспотвореному вигляді по осях z і x , довжина великої осі еліпсів складає 1,06 від діаметра зображуваного кола, при цьому мала вісь еліпса під номером 1 рівна 0,95, а еліпсів під номерами 2 і 3 рівна 0,35 діаметра кола.

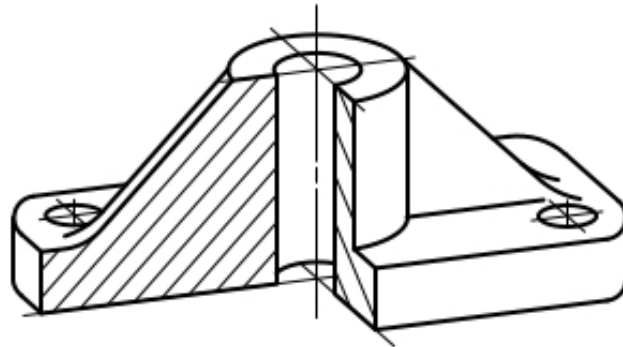


Рис.2.59. Зображення кола в прямокутній диметричній проекції

У тих випадках, коли диметрична проекція кола виконується в спотвореному вигляді по осях x і z , довжина великих осей всіх еліпсів відповідає діаметру кола, малої осі еліпса під номером 1 дорівнює 0,9, а еліпсів з номерами 2 і 3 дорівнює 0,33 довжини діаметрів кола.

Косокутна фронтальна диметрична проекція.

Для цієї проекції характерно те, що проекції з кутом нахилу осі y допускається розташовувати з кутом нахилу від 30° до 60° . Коефіцієнт спотворення по осі OY дорівнює 0,5 а по осях OX та OZ дорівнює 1.

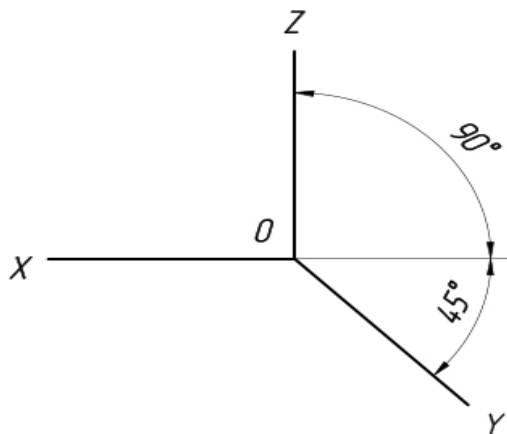


Рис.2.61. Осі в косокутній фронтальній диметричній проекції

Кола, що лежать в площинах, паралельних фронтальній площині проєкцій, проєктуються на площину XOZ без спотворення. Великі осі еліпсів 2 і 3 рівні $1,07D$, а мала вісь - $0,33D$ (D – діаметр кола). Велика вісь еліпса 2 становить з віссю OX кут $7^\circ 14'$, а велика вісь еліпса 3 становить такий же кут з віссю OZ .

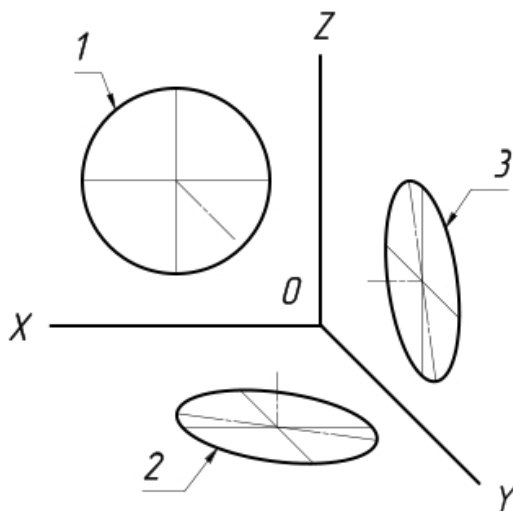


Рис.2.62. Осі в косокутній фронтальній диметричній проєкції

Зображення деталей в косокутній фронтальній диметрії, використовується для того, щоб найбільш наочно передати форму виробів і предметів (рис.2.63).

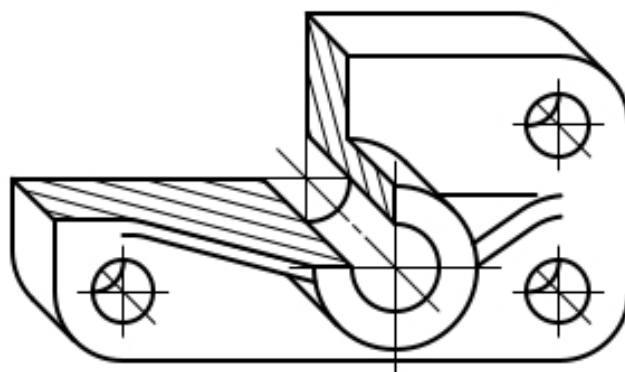


Рис.2.63. Зображення деталі в косокутній фронтальній диметрії

Розмірні лінії при зображенні аксонометричних проєкцій повинні наноситися паралельно вимірюваним відрізкам, а виносні – паралельно аксонометричних осей.

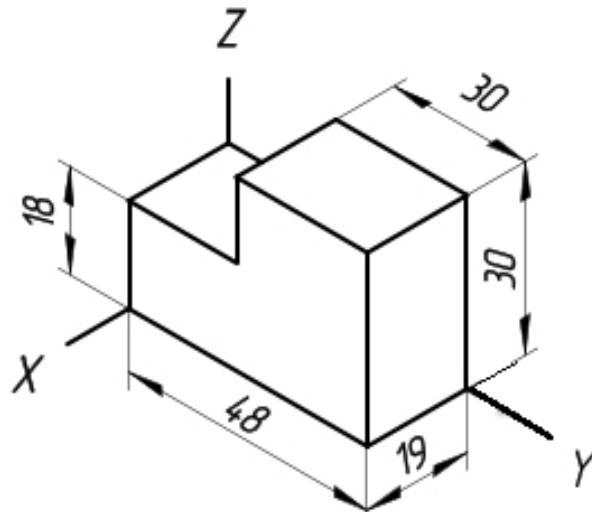


Рис.2.64. Нанесення розмірних ліній в аксонометрії

Перерізи у всіх аксонометричних проекціях наносяться штрихуванням. При цьому її лінії повинні бути паралельні лежачим у відповідних координатних площинах діагоналям проекцій.

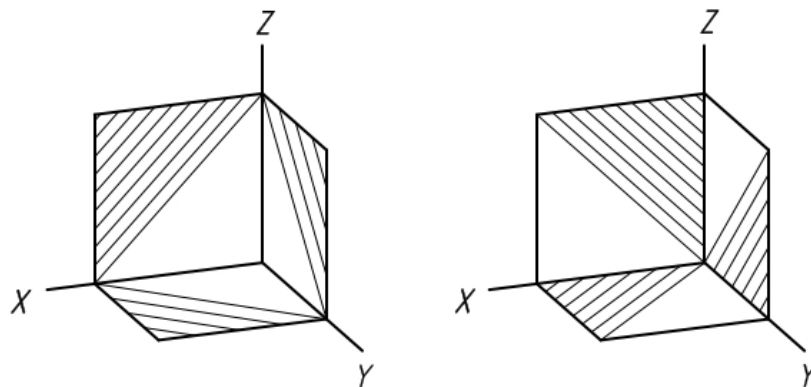
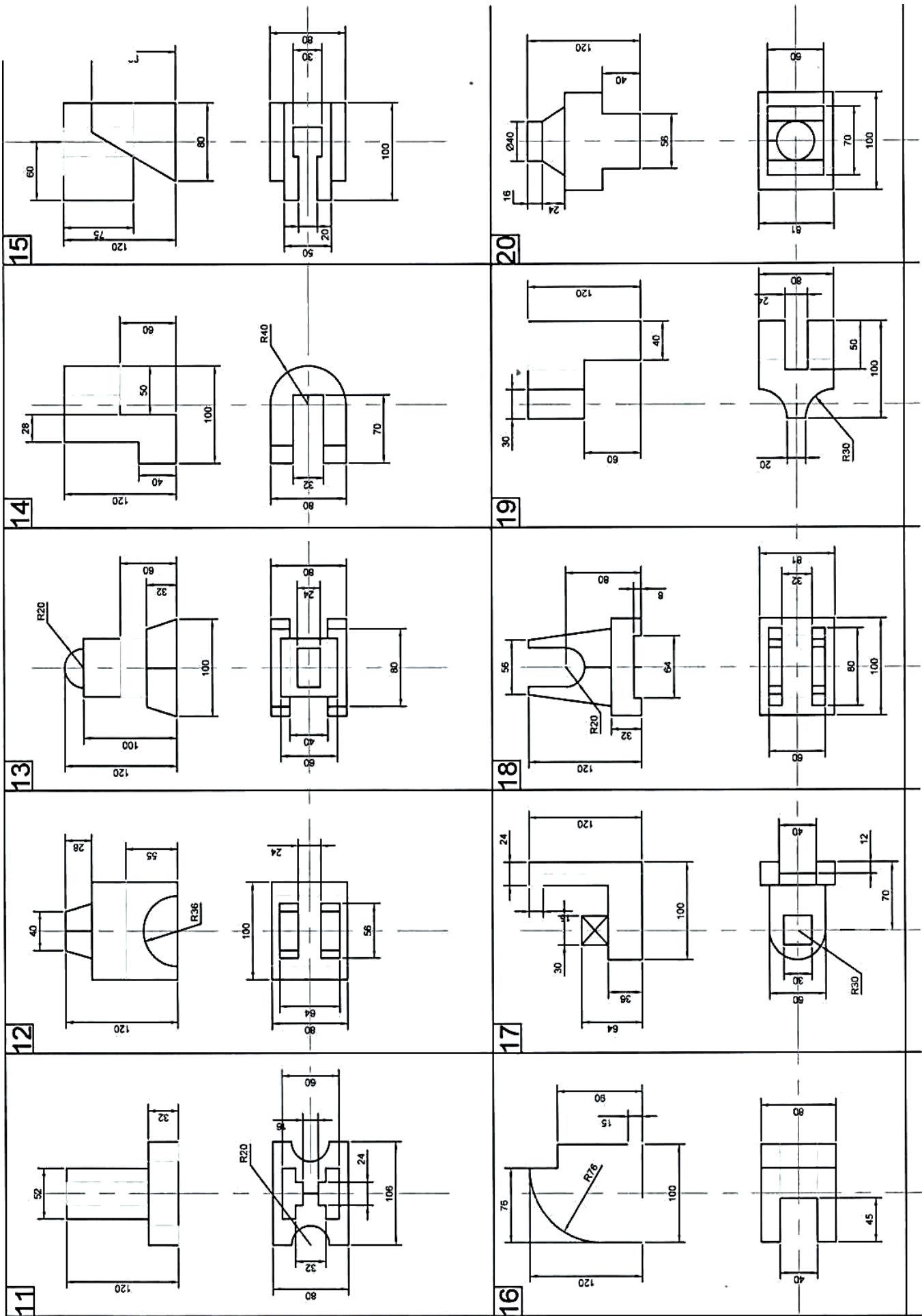


Рис.2.65. Штрихування аксонометричних проекцій

2.11 Графічна робота №10 «Аксонетрія»

Таблиця 2. 9.

<p>5</p>	
<p>4</p>	
<p>3</p>	
<p>2</p>	
<p>1</p>	
<p>10</p>	
<p>9</p>	
<p>8</p>	
<p>7</p>	
<p>6</p>	



2.11.2. Тестовий навчальний тренажер «Креслення деталей»

В даному завданні представлено тестовий навчальний тренажер до розділу «Креслення деталей». Посилання на ресурс наведено нижче. Необхідно відсканувати зображення QR-коду та пройти тест. Після проходження тесту здобувач вищої освіти побачить результат.



Тестовий навчальний тренажер «Креслення деталей»

2.12 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.

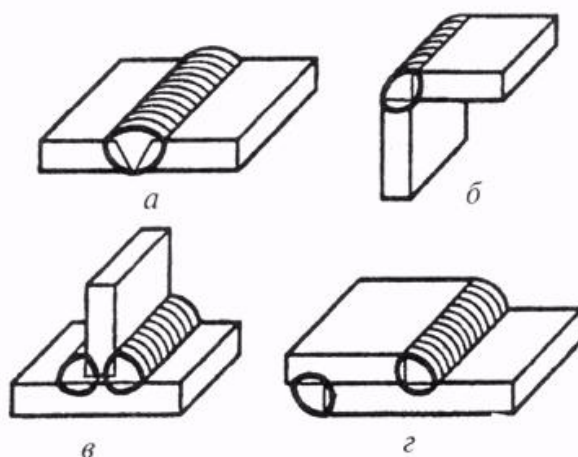


Рис.2.66. Типи зварних швів

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.2.66а), кутові (рис. 2.66 б), таврові (рис. 2.66 в) і внапуск (рис. 2.66г). 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.

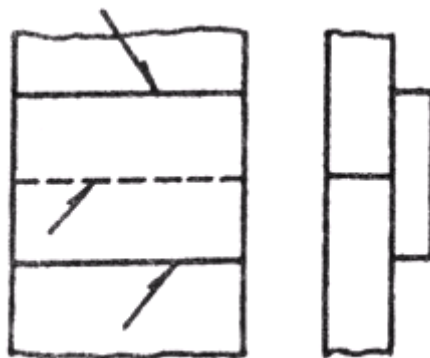


Рис.2.67. Позначення зварного шва на рисунку

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.2.68 а) – дуга опуклістю до стрілки, який креслять на лінії-виносці, що вказує паяний шов. Якщо шов виконується по периметру, то лінію-виноску закінчують колом. Номер швів вказують на лінії-виносці (рис. 2.68 б). Марка припою записується або в технічних вимогах, або в специфікації в розділі «Матеріали».

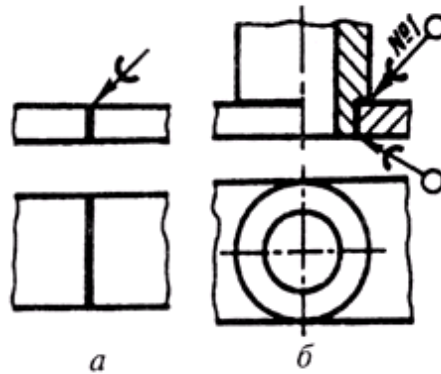


Рис.2.68. Умовне позначення пайки

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.2.69а), що нагадує букву К. Якщо шов виконується по периметру, то лінію-виноску закінчують колом (рис.2.69б). Марка клею записується або в технічних вимогах, або в специфікації в розділі «Матеріали».

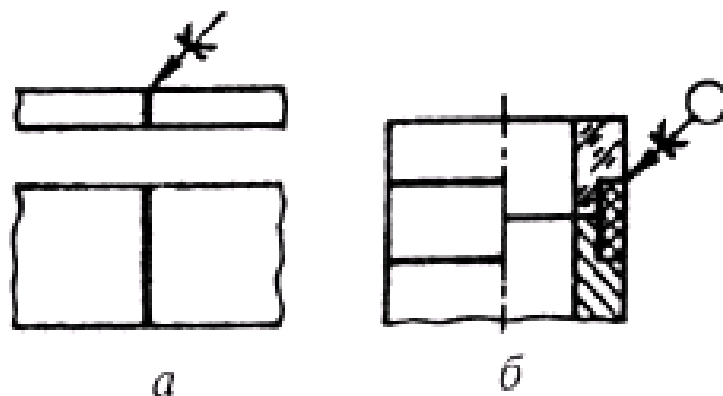


Рис.2.69. Позначення клейового з'єднання

2.12.1. Мультимедійна презентація «Нероз'ємні з'єднання»

Для закріплення знань із теми «Нероз'ємні з'єднання» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.

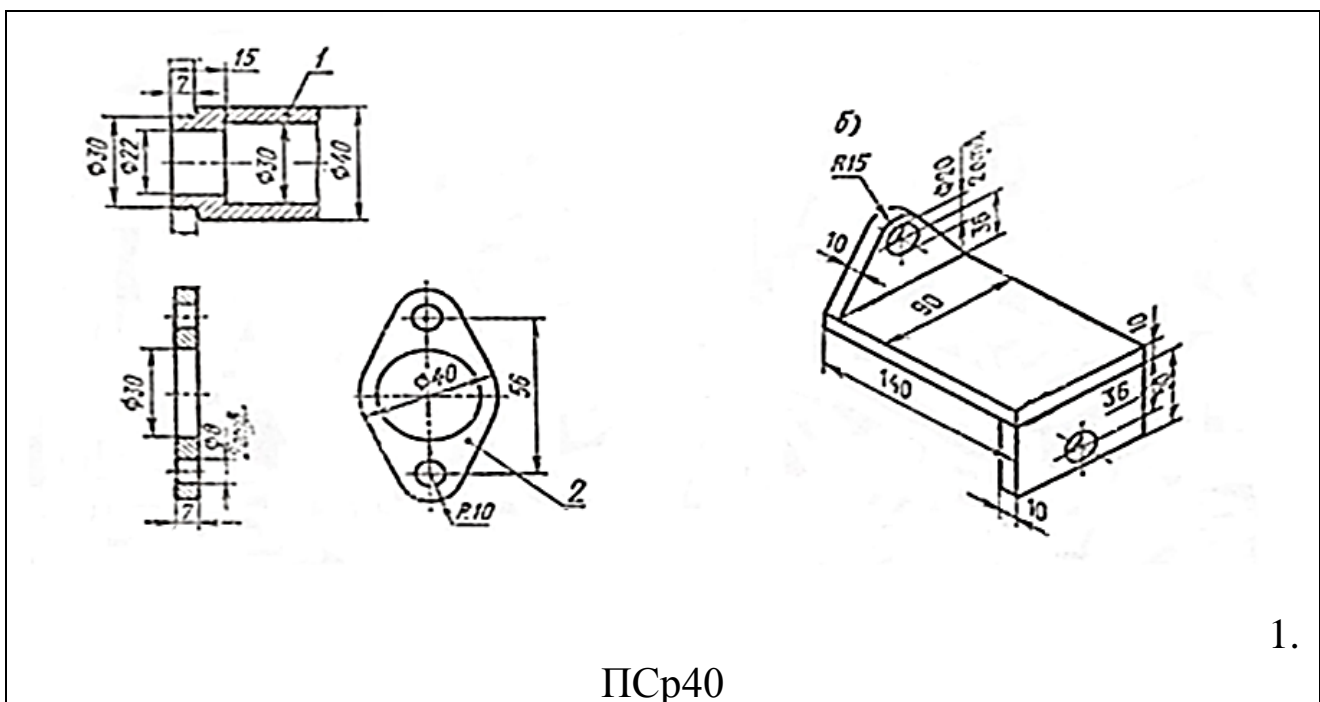


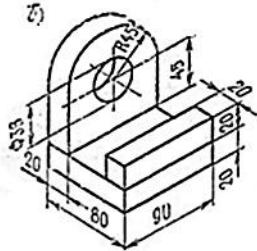
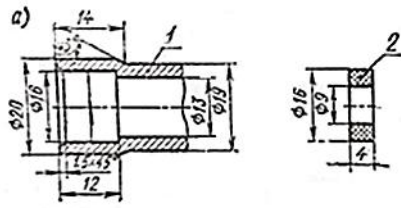
Мультимедійна презентація «Нероз'ємні з'єднання»

2.13 Графічна робота №11 «Нероз'ємні з'єднання»

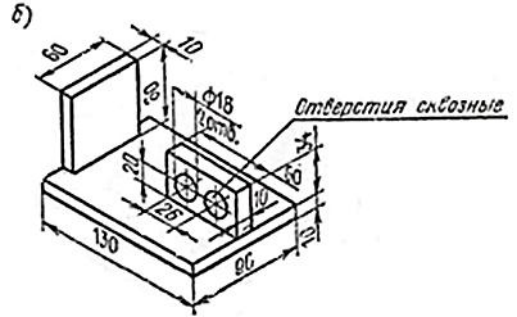
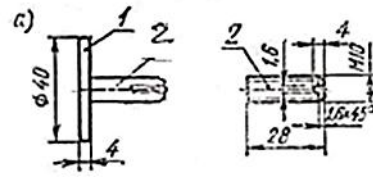
Завдання необхідно виконати на двох листах формату А4, додавши специфікацію. В першій частині пропонується з'єднати дві деталі за допомогою клею або припою (варіант завдання та марка клею або припою вказана у завданні). В другій частині пропонується накреслити три види деталі та вказати зварні шви.

Таблиця 2.10

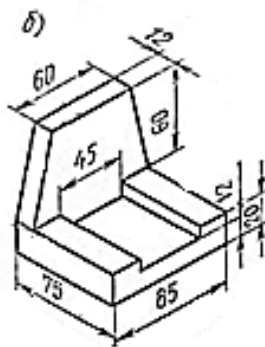
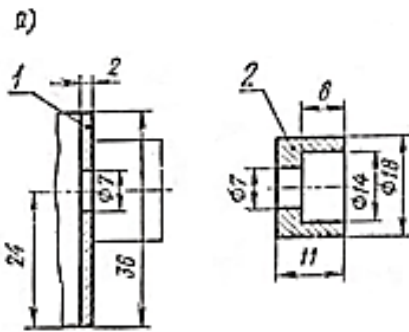




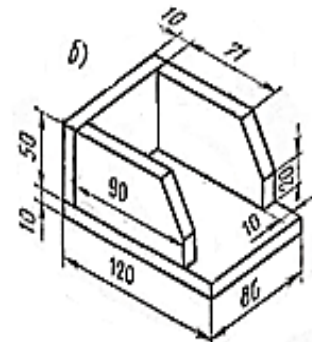
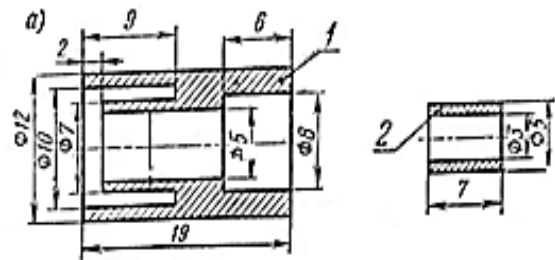
2.БФ-2



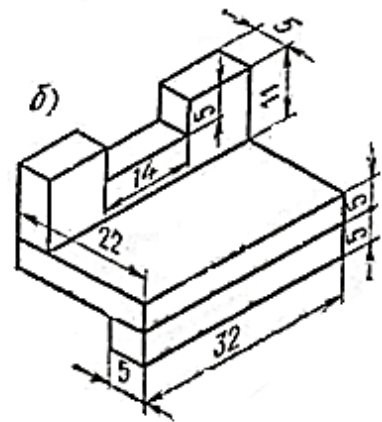
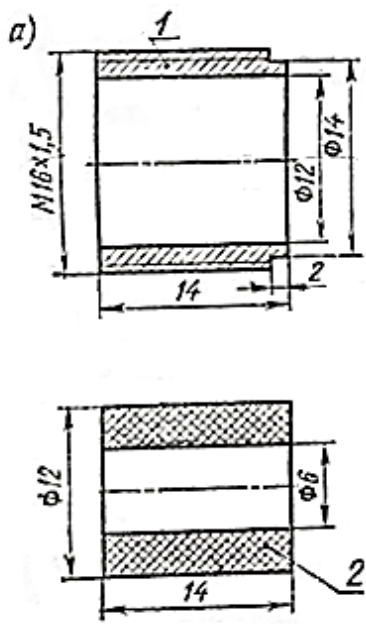
3.ПСр-40



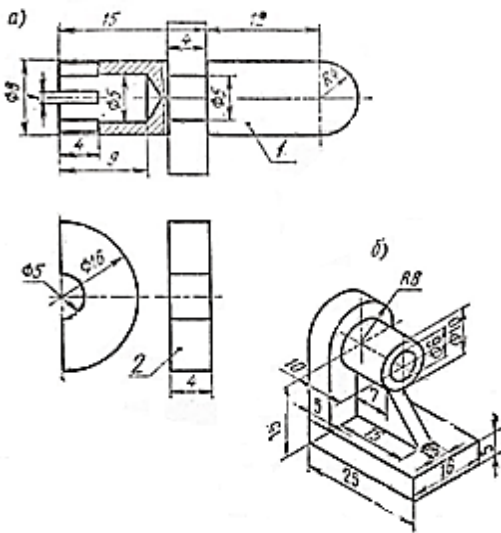
4.ПОС-40



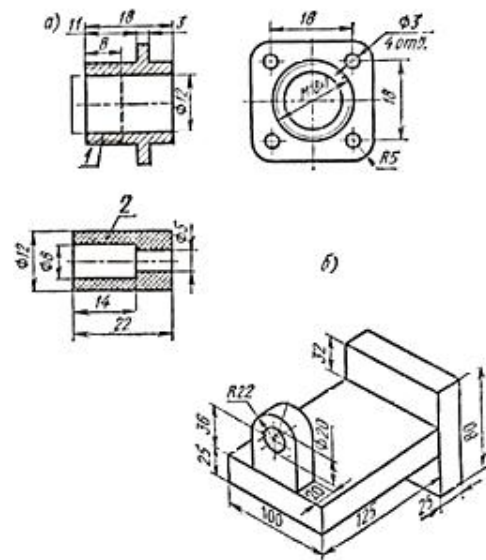
5.БФ-4



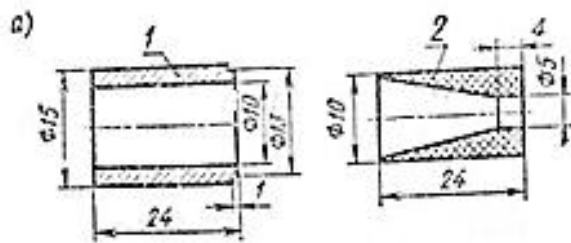
6. БФ-4



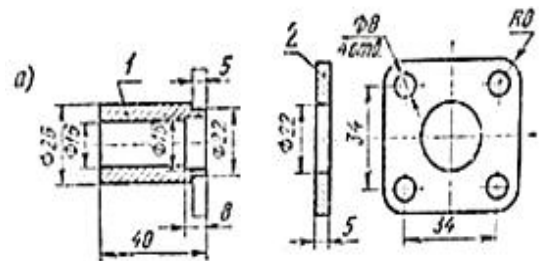
7. БФ-2



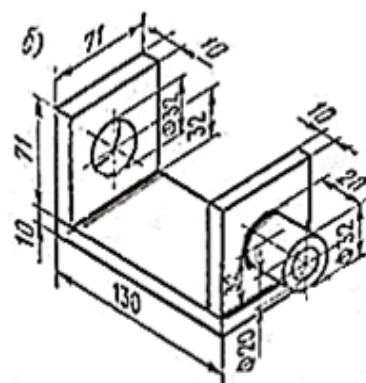
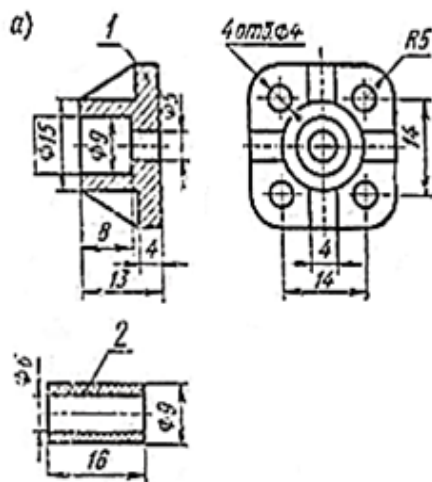
8. БФ-4



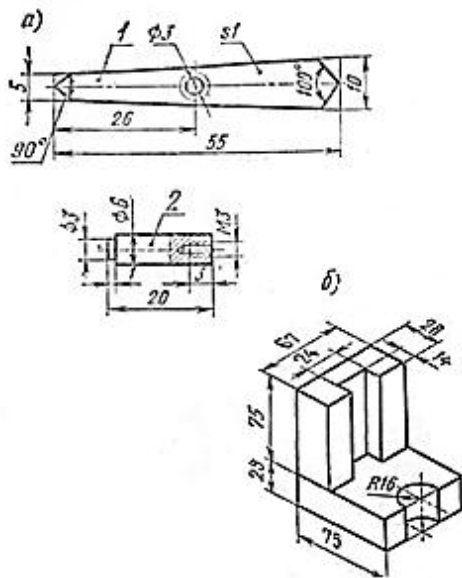
12.БФ-2



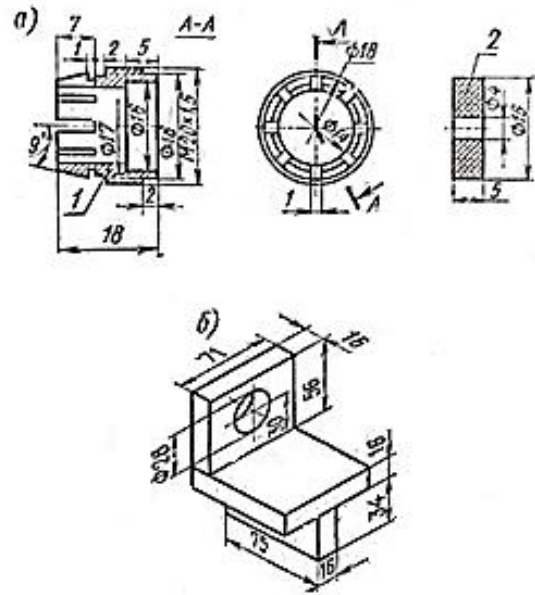
13.БФ-4



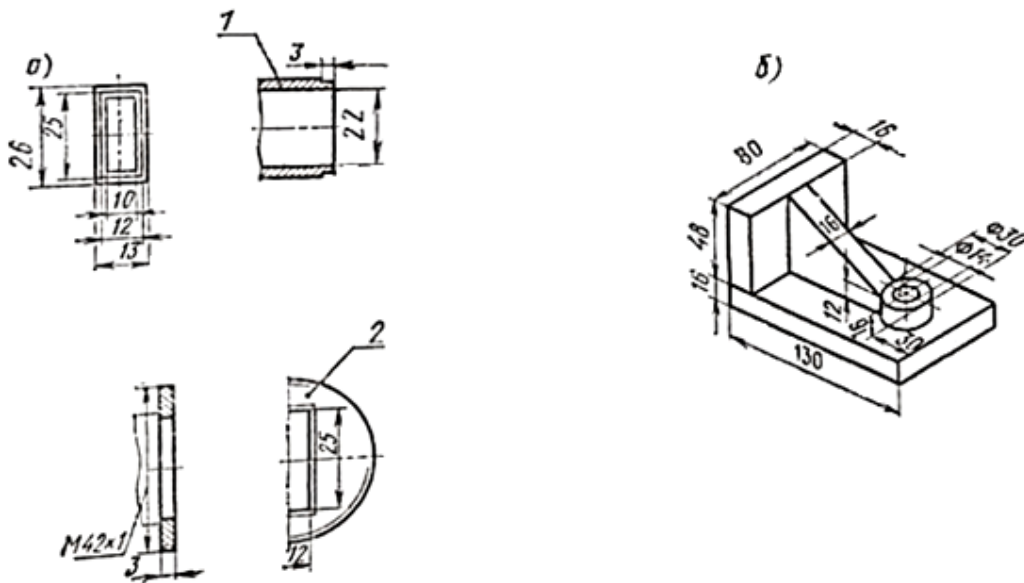
14. ПСр70



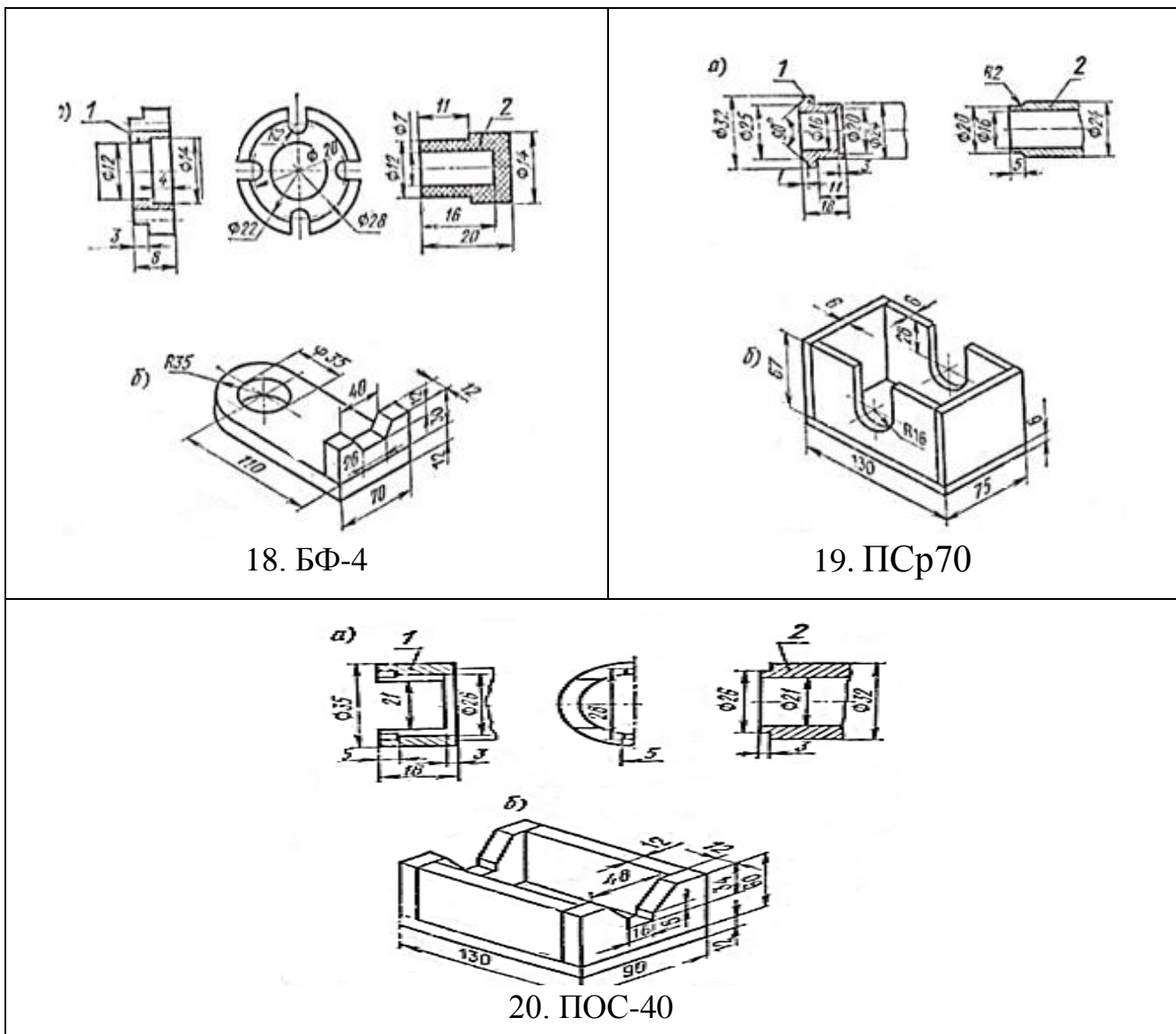
15. БФ-2



16. БФ-2



17. ПСр70



2.14 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.).

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

Різи 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;

5) по числу заходів:

а) однозахідна різь – утворена однією гвинтовою ниткою;

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

2.14.1. 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 різь 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. 2.70, а) хід дорівнює кроку, а в багатозахідній (рис. 2.70, б) – добутку кроку P на число заходів $n(t = nP)$.

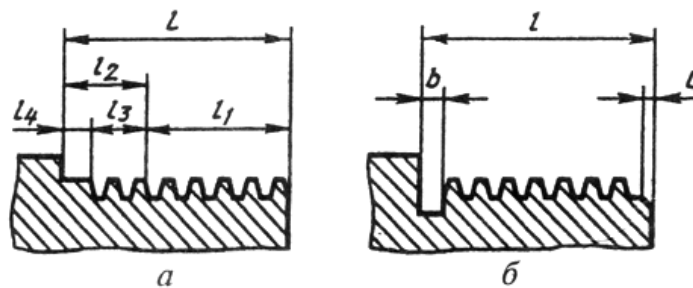


Рис.2.70. Параметри різі

Число заходів різі – число ниток, утворюючих різь.

На рис. 2.70,а – довжина різі l , довжина різі з повним профілем l_1 .

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 недовід різі. Щоб усунути стік чи недоріз різі, виконують проточку b (рис. 2.70, б). Щоб полегшити вгвинчування нарізаного стрижня, на кінці різі виконують конічну фаску з під кутом 45° (рис. 2.70, б).

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

2.14.2. 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.2.71); на видах, отриманих проектуванням на площину, перпендикулярну до осі стрижня, по внутрішньому діаметру різі проводять дугу, приблизно рівну колу, розімкнену в будь-якому місці.

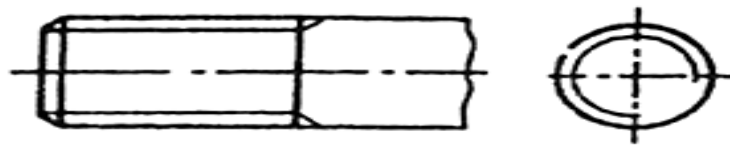


Рис. 2.71. Позначення різі на стрижні

б) в отворі – суцільними товстими – основними лініями по внутрішньому діаметру різі і суцільними тонкими лініями – по зовнішньому діаметру (рис.2.72).

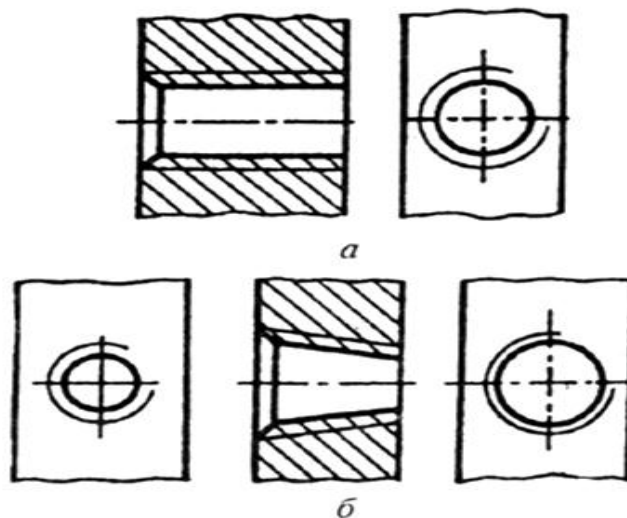


Рис.2.72. Позначення різі в отворі

Різь, що показується як невидима, повинна зображатися штриховими тонкими лініями однакової товщини по зовнішньому і по внутрішньому діаметрам (рис.2.72); 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 різью 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 різью називають *гніздом*. Кінцева частина свердленого гнізда звичайно має форму конуса з кутом при вершині. Фаски на стрижні з різью і в отворі з різью, 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.2.73), слід застосовувати місцевий розріз, виконувати профіль різі на розрізі або зображати ділянку профілю в збільшеному вигляді як виносний елемент.

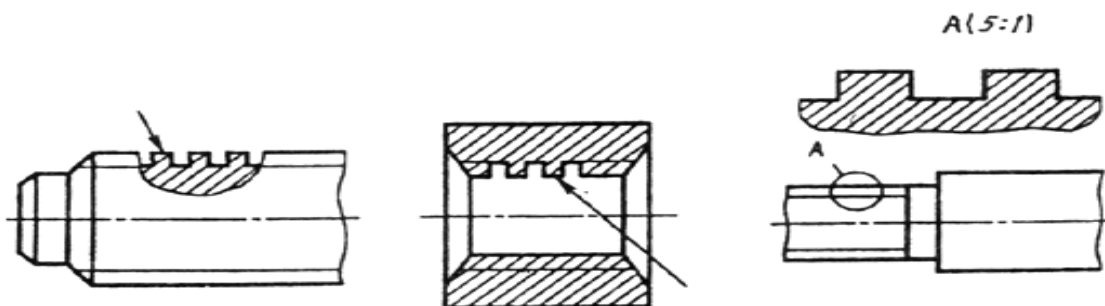


Рис.2.73.Профіль різі

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 різцю вкрученого в нього стрижня (рис.2.74). Розглянемо стандартні різі загального призначення.

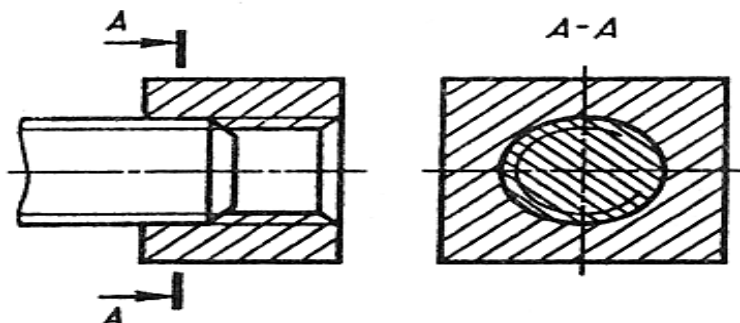


Рис.2.74. Зображення різі

Різь метрична. Профіль метричної різі визначається кутом, рівним 60° (рис.11); 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.

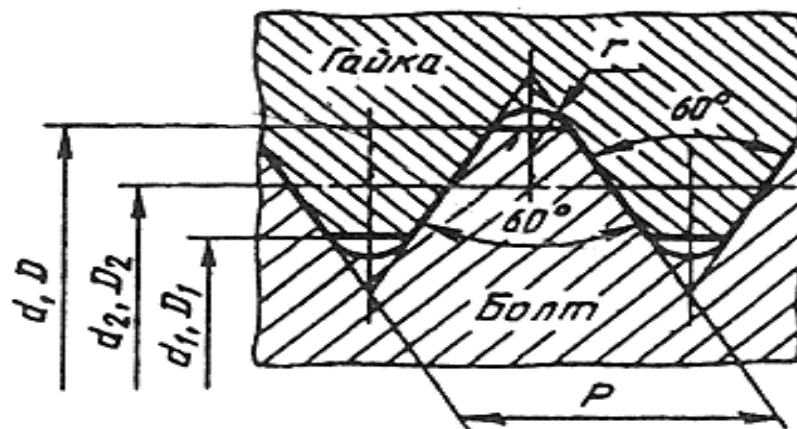


Рис.2.75. Метрична різь

Метричні різі з великим кроком позначають буквою «М», зовнішнім діаметром і вказівкою поля допуску, наприклад: М24 – 6g; М64 – 6H і т.д.

Метричні різі з дрібним кроком позначають буквою «М», зовнішнім діаметром, значенням кроку і вказівкою поля допуску, наприклад: М24 2 – 6g; М64 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:

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

$M 30 \times 1,5$ – метрична різь з зовнішнім діаметром 30 мм, дрібним кроком 1,5 мм.

На кресленні метрична різь позначається наступним чином (рис.2.76).

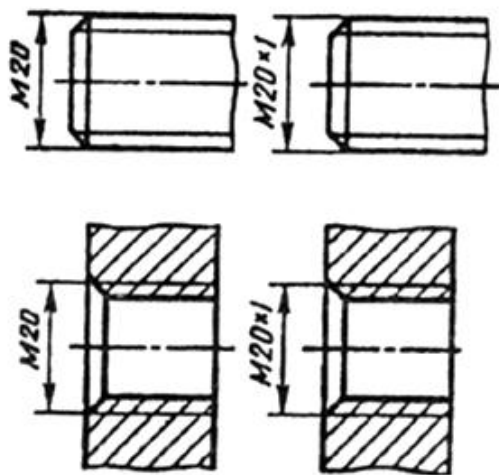


Рис.2.76. Зображення різі

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.2.77). Номінальний діаметр трубної різі умовно віднесений до внутрішнього діаметра труби.

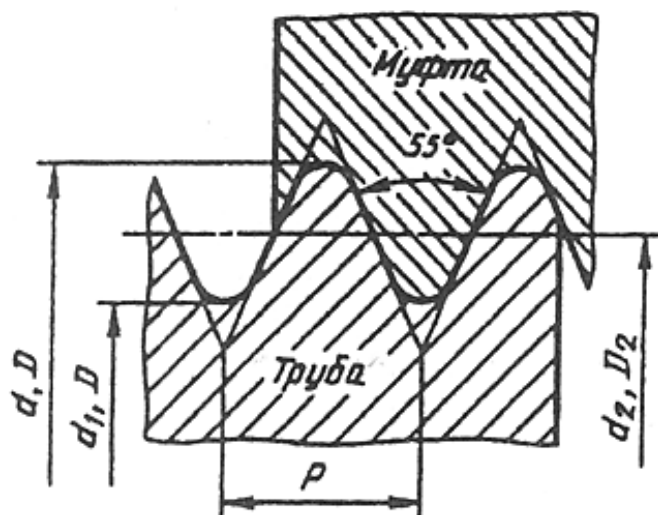


Рис.2.77. Приклад умовного позначення трубної різі

Різь труба 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 трубку циліндричну різь.

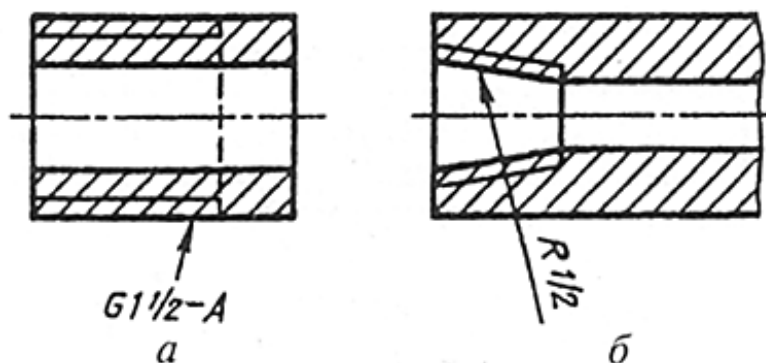


Рис. 2.78. Приклад умовного позначення трубної конічної різі

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 с розміром $1 \frac{1}{2}''$.

R 1 1/2– різь труба конічна с розміром $1 \frac{1}{2}''$.

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.

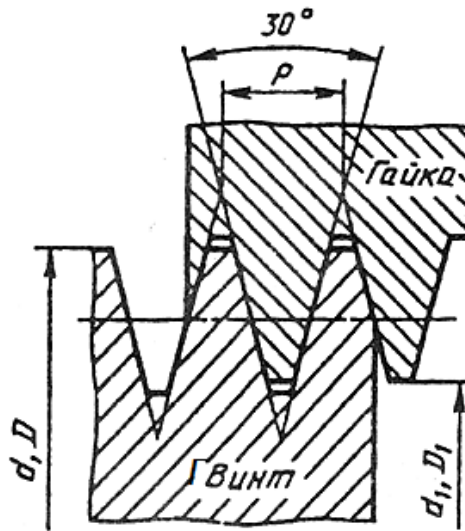


Рис.2.79. Умовне позначення трапецеподібної різі

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

Різь упорна. Упорна різь (рис.2.80) 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.

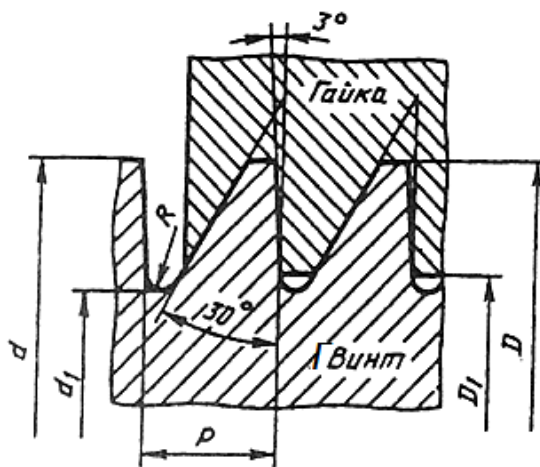


Рис. 2.80. Упорна різь

2.14.3. 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 різью 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.

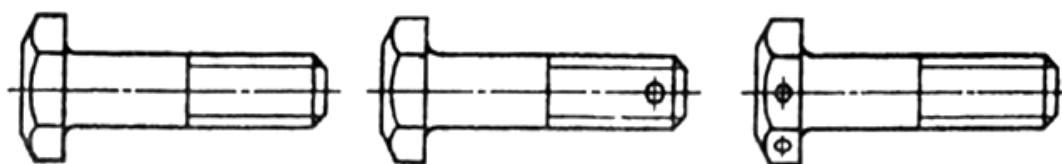


Рис.2.81. Виконання болтів

Болти із шестигранными голівками мають від трьох (рис.2.81) 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.2.82) 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.

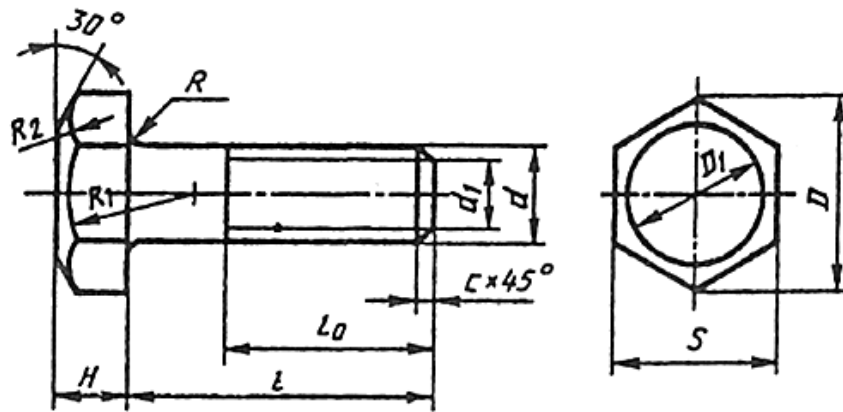


Рис.2.82. Виконання болта

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. 2.83).



Рис.2.83. Виконання гвинта

Кріпильні гвинти бувають чотирьох виконань; виконання 1 – діаметр різі більше діаметра гладкої частини стрижня (рис.2.85); виконання 2 – діаметр різі дорівнює діаметру гладкої частини; виконання 3 – голівка гвинта має хрестоподібний шліц для викрутки.

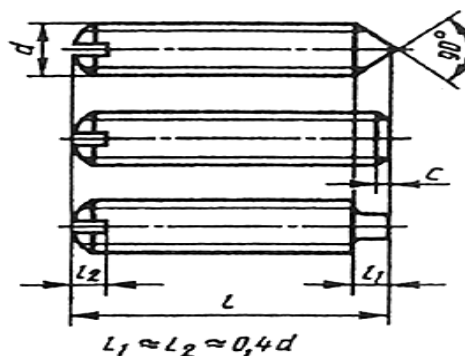


Рис.2.84. Виконання кріпильних гвинтів

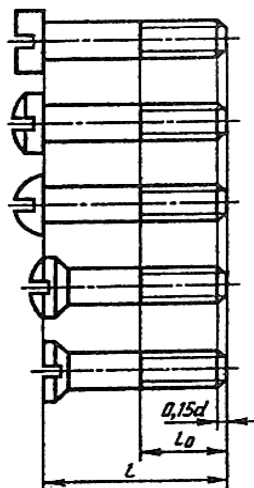


Рис.2.85. Виконання кріпильних гвинтів

У залежності від умов роботи гвинти виготовляються (рис.2.84) 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 – з циліндричною голівкою, першого виконання, з різьєю М12 з великим кроком, довжиною 50 мм;

Гвинт 2М12х1, 25х50 ДСТУ 17475–80 – з потайною голівкою, другого виконання, із дрібною метричною різьєю діаметром 12 мм і кроком 1,25 мм, довжина гвинта 50 мм.

Шпилька уявляє собою циліндричний стрижень з різьєю на обох кінцях (рис.2.86). 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:

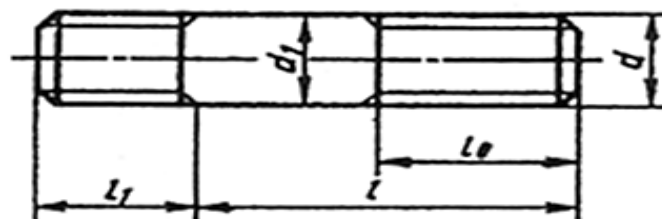


Рис.2.86. Виконання шпильки

$l_1 = 1,0 d$ – 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 $2d + 6$ мм. Довжиною шпильки l називають довжину частини шпильки без

нарізаного 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 різзю 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.2.87); виконання 2 – з однією конічною фаскою; виконання 3 – без фасок, але з конічним виступом з одного торця.

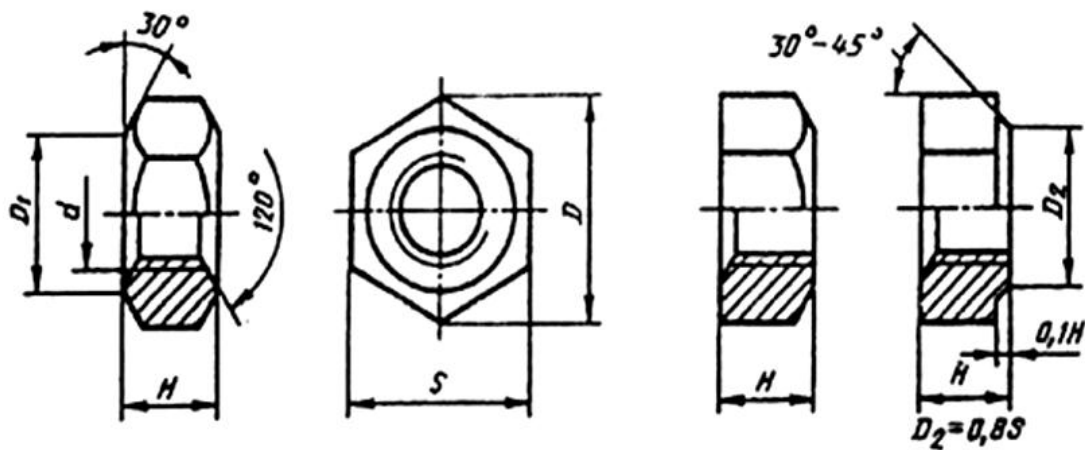


Рис.2.87. Виконання гайок

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.2.88): виконання 1 – без фаски, виконання 2 – з фаскою. Форму круглої шайби цілком передає одне зображення на площині, паралельній осі шайби.

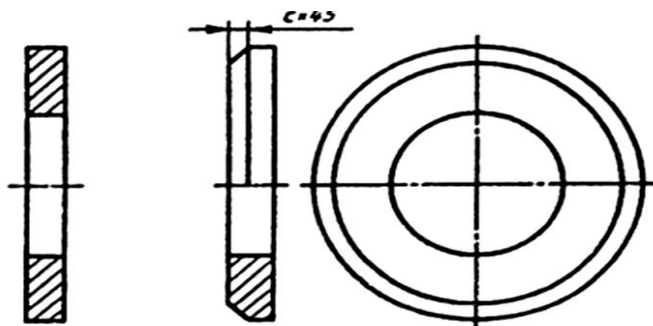


Рис.2.88. Виконання шайб

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.

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.

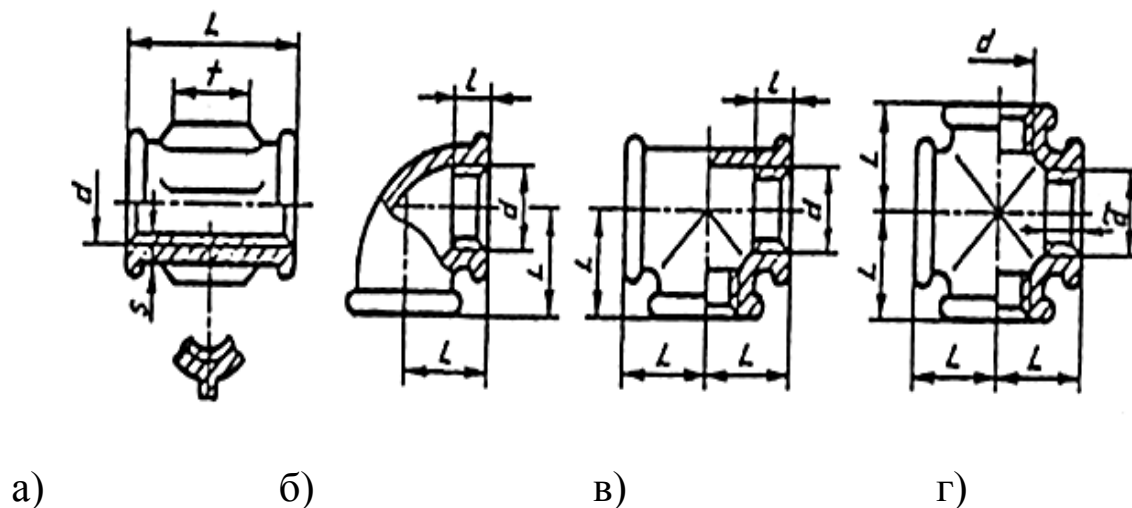


Рис.2.89. З'єднувальні деталі трубопроводів.

Муфти (рис.2.89, а) використовуються для різьбового з'єднання двох труб. Муфта має наскрізний нарізний отвір з трубною циліндричною різью та ребра по зовнішній поверхні (для зручності збирання з'єднання).

Кутовики (рис.2.89, 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.

2.14.4.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.2.90).

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

На кресленні болтового з'єднання (рис.2.90) виконують не менш двох зображень – на площині проєкцій, паралельній осі болта, і на площині проєкцій, 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.

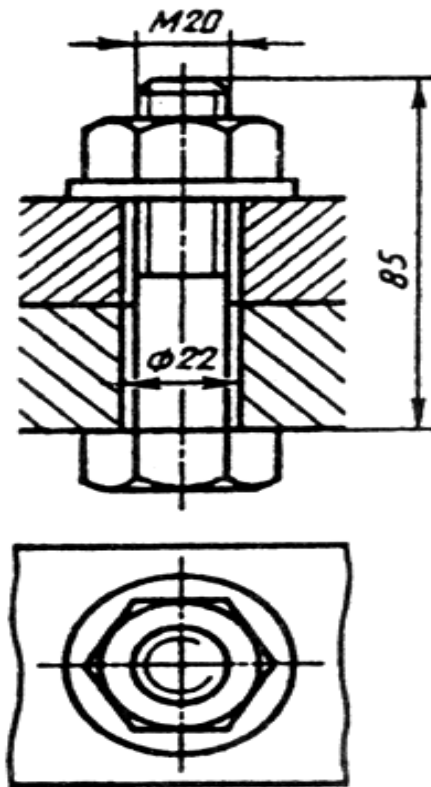


Рис.2.90. Болтове з'єднання

Довжину болта визначають по формулі

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

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

$S_{ш} = 0,15d$ – 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:

$S_{ш}=4$ 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

$l = 20 + 30 + 4 + 19 + 3 + 2,5 = 78,5$ 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.2.91). 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 $c = 0,15d$. При вгвинченій у гніздо шпильці з'єднання деталей далі здійснюється як у випадку болтового з'єднання.

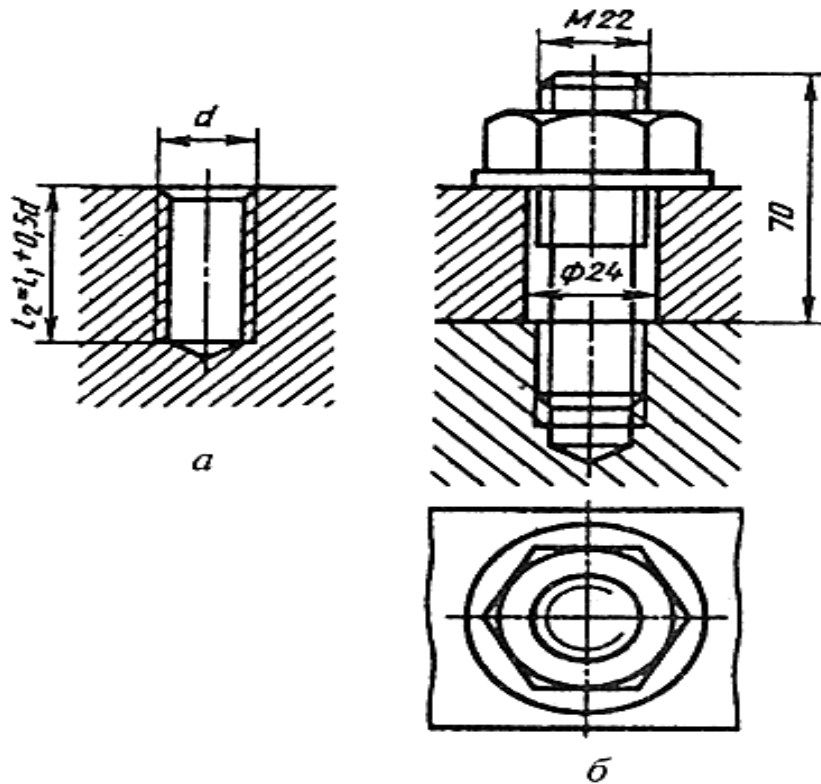


Рис.2.91. Шпилькове з'єднання

Довжину шпильки визначають по формулі

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

де b_1 – товщина деталі, що приєднується;

$S_{ш} = 0,15d$ – 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 – $b_1 = 40$ мм, матеріал деталі II – чавун, товщина її більш 50 мм.

Знаходять для шпильки М24 (при загвинчуванні її в чавун) довжину вгвинчуваного кінця $l_1 = 1,25d$, $l_1 = 1,25 \times 24 = 30$ мм.

Довжину шпильки l (довжина шпильки без вгвинчуваного кінця) визначають по формулі $l \geq b_1 + S_{ш} + H + a + c$.

Значення величин вибирають із ДСТУ:

$S_{ш} = 4$ мм (ДСТУ 5915 – 70);

$H = 19$ мм (ДСТУ 11371 – 66);

$a = 3$ мм (ДСТУ 9150 – 59);

$c = 2,5$ мм (ДСТУ 7798 – 70);

$l = 40 + 19 + 4 + 3 + 2,5 = 68,5$ мм.

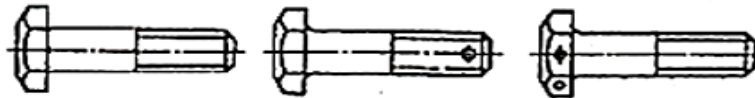
Із стандарту вибирають значення l , найближче більше до розрахункового $l = 70$ мм.

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 .

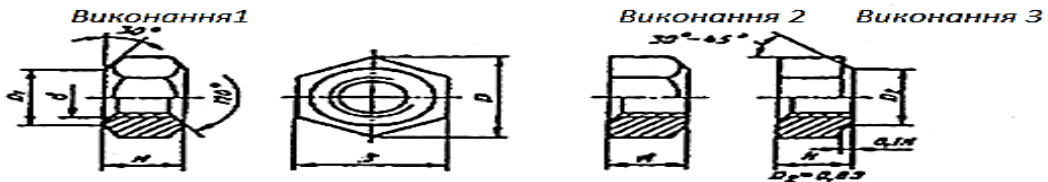
Трубне з'єднання складається з труб, що з'єднуються, і сполучних деталей трубопроводів. При з'єднанні двох труб муфтою крім муфти в з'єднання входять контргайка і прокладка. Креслення трубних з'єднань виконуються по розмірах їхніх деталей як конструктивні креслення, без спрощень. Перед тим як приступити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

2.15 Графічна робота 12 «Роз'ємні з'єднання»

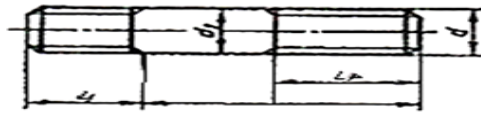


Виконання 1 Виконання 2 Виконання 3

Виконання			d	1- шаг різі			H	S	D	c	r	l_0	l	l_1	d_2	h_1	d_3	Масштаб	
1	2	3		Виконання															
				1	2	3													
Варіант			Розміри в мм																
1	2	3	M12	1,75	1,5	1,0	8,0	19	21,9	1,8	0,8	35	100	5,0	3,0	4,0	2,0	1:1	
4	5	6	M14	1,5	2,0	1,0	9,0	22	25,4	2,0	0,8	40	100	5,0	3,0	4,5	2,0		
7	8	9	M16	1,0	1,5	2,0	10,0	24	27,7	2,0	1,0	45	95	6,0	4,0	5,0	3,0		
10	11	12	M18	2,0	2,5	1,5	12,0	27	31,2	2,5	1,0	48	95	6,0	4,0	6,0	3,0		
13	14	15	M20	2,5	2,0	1,5	13,0	30	34,6	2,5	1,0	52	90	6,0	4,0	6,5	3,0		
16	17	18	M24	2,0	3,0	1,5	15,0	36	41,6	3,0	1,2	60	180	7,0	5,0	7,5	3,0	1:2	
19	20	21	M27	1,5	2,0	3,0	17,0	31	47,3	3,5	1,2	65	190	8,0	5,0	8,5	3,0		
22	23	24	M30	3,0	3,5	2,0	19,0	46	53,1	4,0	1,2	70	200	9,0	6,0	9,5	3,0		
25	26	27	M36	4	3,0	2,0	23,0	55	63,5	4,5	1,5	80	170	10,0	6,0	11,5	4,0		
28	29	30	M42	4,0	5,5	3,0	26,0	65	75,0	5,0	1,5	90	160	12,0	8,0	13,0	4,0		

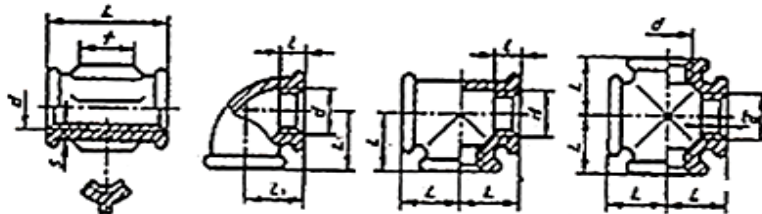


Виконання		d	t- крок		H	S	D	Масштаб
1	2		Виконання					
			1	2				
Варіант		Розміри в мм						
1	2	M12	1,75	1,5	10	19	21,9	1:1
4	5	M14	1,5	2,0	11	22	25,4	
7	8	M16	2,0	1,5	13	24	27,7	
10	11	M18	2,0	2,5	14	27	37,2	
13	14	M20	2,5	2,0	16	30	34,6	
16	17	M24	2,0	3,0	20	36	41,6	1:2
19	20	M27	3,0	2,0	22	41	47,3	
22	23	M30	3,0	3,5	24	46	53,1	
25	26	M36	4	3	28	55	63,5	
28	29	M42	4,0	4,5	32	65	75	



Тип шпильки		d	Крок різі 1		d1	d2	l0	l	c	Масштаб	
A	B		A	B							Тип А
Варіант		Розміри в мм									
1	2	M49	4,0	5,0	48	44,7	70	160	6,0	1:2	
3	4	M42	4,5	4,0	42	39,4	65	160	5,0		
5	6	M36	3,0	4,0	36	33,4	55	160	4,5		
7	8	M30	3,5	3,0	30	28,1	50	180	4,0		
9	10	M27	2,0	3,0	27	25,1	45	180	3,5		
11	12	M24	3,0	2,0	24	22,7	55	180	3,0		
13	14	M22	2,5	2,5	22	20,4	35	100	2,5		1:1
15	16	M20	2,5	2,0	20	18,7	32	90	2,5		
17	18	M18	2,0	2,5	18	16,4	30	90	2,5		
19	20	M16	2,0	1,5	16	15,0	28	100	2,0		
21	22	M14	1,5	2,0	X	12,7	25	100	2,0		
23	24	M12	1,75	1,5	12	11,0	22	100	1,8		
25	26	M10	1,0	1,5	10	9,0	20	40	1,5	2:1	
27	28	M8	1,25	1,25	8	7,2	18	45	1,0		
29	30	M6	1,0	1,0	6	5,4	15	50	1,0		

Примітка. Для шпильок типу А приймати $l_1=1,25d$ а для шпильок типу В приймати $l_1=d$.



Муфта пряма Кутувик прямий Трійник прямий Хрест прямий

Варіанти	Муфта пряма	Кутувик пряма	Трійник пряма	Хрест пряма	Умовний провід D	Дозволення (добила)	d	d ₁	l	c	L ₁	L ₂	Число ребер	d ₂	s	s ₁	s ₂	s ₃	b	h	b ₁	b ₂	Масшт зб	Муфта	Хрест
							Розміри в мм																		
1	2	3	4	10	11,4	13,158	11,446	9	1,0	27	21	2	13,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	2,0	2,0	3,5	1:1	1:1	
5	6	7	8	12	11,2	16,663	14,951	10	1,0	30	25	2	17,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	2,0	2,0	3,5			
9	10	11	12	12	1,2	20,956	18,638	12	1,5	36	28	2	21,5	2,8	3,5	4,2	4,8	3,5	2,0	2,0	2,0	4,0			
13	14	15	16		1,4	26,442	24,119	13,5	1,5	39	33	2	27,0	3,0	3,5	4,4	4,8	4,0	2,5	2,0	2,0	4,0	1:1	1:2	
17	18	19	20		1	33,250	30,299	15	2,0	45	38	4	34,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	2,5	2,5	4,5			
21	22	23	24		1/4	41,912	38,934	17	2,0	50	45	4	42,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	3,0	2,5	2,5	5,0			
25	26	27	28		1/4	47,805	44,847	17	2,0	55	50	4	48,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	3,0	3,0	5,0			
29	30	31	32		1/2	59,616	56,659	21	2,0	65	58	6	60,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	3,0	3,0	6,0			

2.16 Питання до розділу «Інженерна графіка»

1. Що називають форматом? Чим відрізняється основний формат від додаткового?
2. Як проводять рамку креслення?
3. Де розміщують основний напис? Які його розміри?
4. Які основні типи ліній застосовуються під час виконання креслень? Які співвідношення між їх товщинами?
5. У яких межах можна вибирати довжину штрихів для штрихової та штрих-пунктирної лінії?
6. Що таке масштаб зображення? На які три групи вони поділяються?
7. Які розміри та типи шрифтів застосовують у кресленні?
8. Які загальні правила виконання штрихування на кресленнях?
9. Як виконують штрихування двох суміжних деталей?
10. Як проводять розмірні та виносні лінії для прямолінійного відрізка, кола, дуги, кута?
11. На якій мінімальній відстані проводять розмірну лінію від контуру та від паралельної розмірної лінії?
12. Як записують розмірні числа при різних нахилах розмірних ліній для лінійних розмірів та для кутових розмірів?
13. Як виконують розмірні лінії та наносять розмірні числа, якщо не вистачає місця для стрілок та чисел?
14. Як проставляють розміри радіусів і діаметрів?
15. Що називають конусністю і ухилом?
16. Які правила нанесення розмірів конусності та ухилів?
17. Що називають спряженням? Які його основні елементи?
18. Яке спряження називають зовнішнім, внутрішнім, змішаним?
19. Що називають видом? Які є основні види?
20. Як розміщують та позначають основні види?
21. Які види називають додатковими? Як їх розміщують та позначають?
22. Чим відрізняються місцеві види від додаткових?
23. У чому відмінність між розрізом і перерізом?

24. Як поділяють розрізи залежно від кількості січних площин?
25. Як виконують місцевий розріз?
26. У яких випадках прості розрізи не позначаються?
27. Як оформити поєднання частини вигляду з частиною розрізу?
28. Чим відрізняється накладений переріз від винесеного? Коли переріз не позначається?
29. Як виконують кілька однакових перерізів, що належать одному предмету?
30. Що називають виносним елементом і як його виконують?
31. Яка умовність дозволяється при зображенні симетричних зображень?
32. Як зображують кілька однакових рівномірно розміщених елементів?
33. Що таке аксонометрія? Які види аксонометрії бувають?
34. Як виконуються аксонометричні креслення?
35. Що називають різцю? Назвіть основні їх види.
36. Як позначають на кресленнях метричні різі з крупним і дрібним кроком?
37. Як показують у розрізі болти, гвинти, шпильки тощо?
38. Із яких деталей складається болтове з'єднання?
39. Як визначається довжина болта для з'єднання деталей?
40. Які розміри вказують на кресленні болтового з'єднання?
41. З яких деталей складається з'єднання шпилькою?
42. За якими умовними співвідношеннями креслять шпильку і гніздо під шпильку?
43. Чому дорівнює відстань від кінця шпильки до кінця різі в гнізді?
44. Як зображують на розрізі тонкі стінки та ребра жорсткості?
45. Які вимоги ставлять до зображень деталі на робочому кресленні?
46. Як наносять розміри при ланцюговому, координатному та комбінованому способах?

47. У чому полягає загальне правило позначення матеріалів на кресленнях?

48. Які розміри називають довідковими та як їх наносять на кресленні?

49. Чим відрізняється ескіз деталі від її робочого креслення?

50. Які роз'ємні та нероз'ємні з'єднання найбільше застосовують у техніці?

51. Які види різьби розрізняють залежно від її профілю?

52. Які основні види кріпильних деталей? Призначення їх.

53. Які спрощення допускають при зображенні різьбових з'єднань?

54. Що таке збіг різьби і яке його застосування?

2.17 Тестовий навчальний тренажер «Інженерна графіка»

В даному завданні представлено тестовий навчальний тренажер до розділу «Інженерна графіка». Посилання на ресурс наведено нижче. Необхідно відсканувати зображення QR-коду та пройти тест. Після проходження тесту здобувач вищої освіти побачить результат.



Тестовий навчальний тренажер «Інженерна графіка»

Розділ 3 КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

3.1 Деталювання складального креслення

3.1.1. Загальні положення

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.

3.1.2. 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.

3.1.3.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.

3.1.4. 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 проектуються 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.3.1).

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

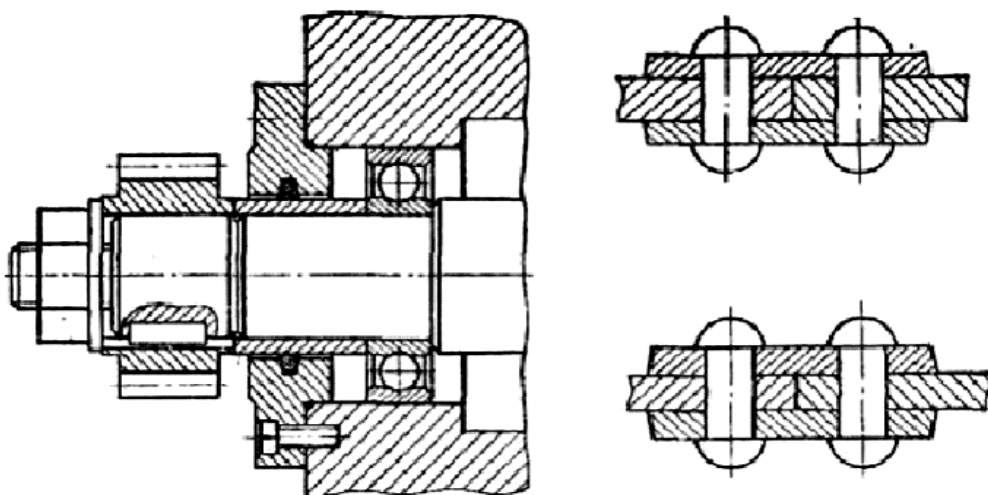


Рис.3.1. Штриховка деталей

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. 3.1).

3.1.5. 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.

3.1.6.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.

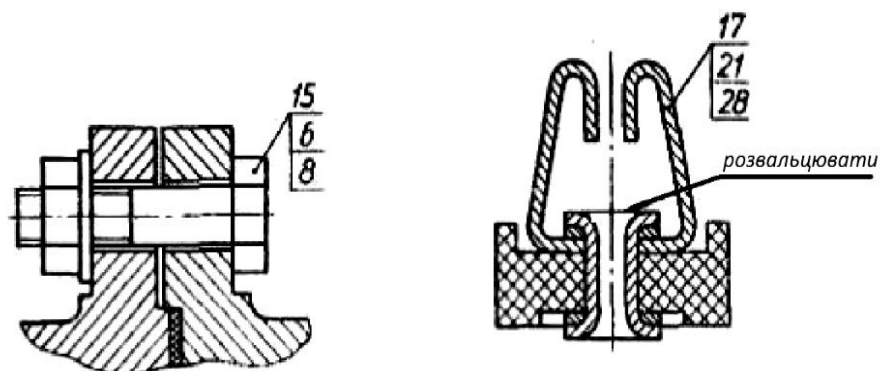


Рис.3.2. Виконання ліній-виносок

3.1.7. 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».

Таблиця 3.1.

Додаткові графи за ГОСТ 2 104-58	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кл.	Примітки
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(2)		
№	Лист	Відомості	Підпис	Дата			
Різдво					(1)	Лист	Листа
Перевірка						(4)	(7)
(10)		(11)	(12)	(13)		(9)	
Н.Контроль							
Затвердив							

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.

3.1.8. Позначення креслень

Для всіх галузей машино- і приладобудування введена знеособлена і предметно-знеособлена система позначень. Основою знеособленої системи є єдиний класифікатор, у якому кожний виріб, деталь, складова одиниця закодовані певним номером.

Перші чотири знаки загальної структури позначення креслень (рис.3.3) визначають індекс організації-розроблювача. Цей індекс складається з букв або з букв і цифр.

Наступні шість знаків дають класифікаційну характеристику виробу за класифікатором. Перші два знаки з цих шести (1) показують клас виробу певної галузі техніки за предметно-галузевим принципом. Третій знак (2) означає підклас, далі йде група (5), підгрупа (4) та вид виробу (5).

Для позначення підкласів є така умовність: цифрою «0» позначають документи, цифрою «1» – комплекси, «2 – 6» – складальні одиниці і комплекти, цифрами «7 – 9» – деталі. Отже, класифікаційна шестизначна характеристика визначає виріб до його виду.

Позначення кожного конкретного виробу, моделі, типорозміру роблять трьома останніми знаками, що показують реєстраційний номер виробу. Цей номер проставляє виробництво, яке виготовляє виріб.

Для позначення конструкторських документів (крім креслень деталей і специфікацій) в умовному позначенні додатково проставляють шифр документа, наприклад: «СК» – складальне креслення; «ВЗ» – креслення загального вигляду; «ЗО» – електросхема загальна; «ПЗ» – пояснювальна записка і т. ін.

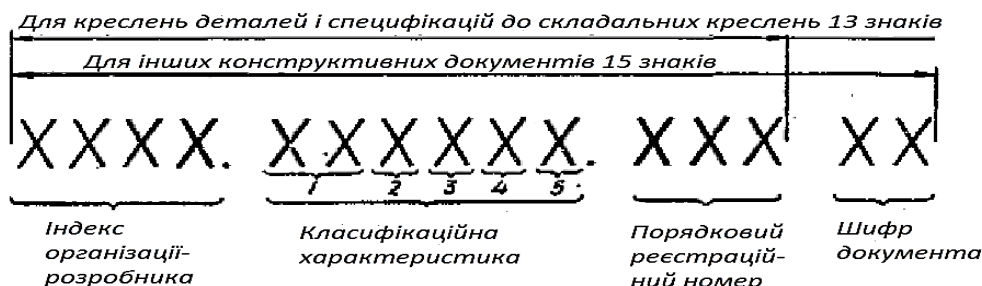


Рис.3.3. Шифр для позначення креслень.

Для позначення учбових креслень пропонуємо застосувати наступну схему: назва навчальної дисципліни, шифр спеціальності, № варіанта (01). № листа (000).

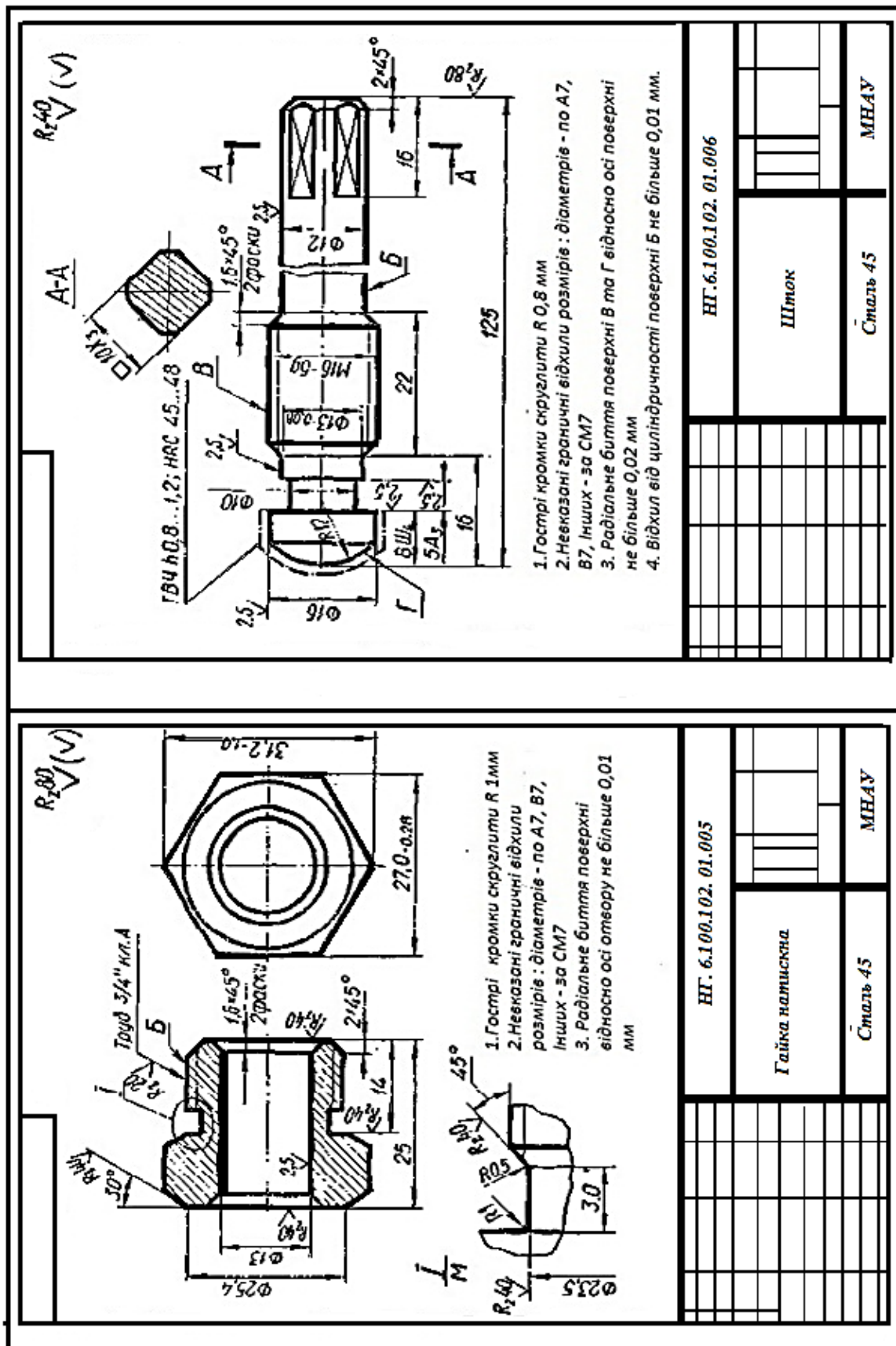
3.1.9. Приклад виконання складального креслення вентиля

Запірний вентиль (рис. 3.4) розрахований на тиск до 200 Па. Він призначений для подавання емульсії до гідравлічного преса. Перекривають вентиль, угвинчуючи шток з клапаном, насадженим на кінці штока, у різьбу в кришці. Ущільнення штока досягають набивкою, яка з'єднується з корпусом двома шпильками 13 з гайками. Витікає емульсія через штуцер, з'єднаний з корпусом за допомогою фланця 8.

Послідовність складання вентиля така. Спочатку складаємо кришку 3; для цього в кришку вгвинчуємо шток 6, вставляємо в сальникову камеру грундбоксу, закладаємо набивку, вставляємо другу грундбоксу і підтискуємо все це натискною гайкою 5; на нижній циліндричний кінець штока надіваємо клапан. Складаючи корпус, загвинчуємо в отвори з різьбою чотири шпильки 13 і вставляємо в пази прокладки. Після цього загвинчуємо в корпус складену кришку і за допомогою гайок 12 кріпимо до корпусу фланці з трійником і штуцером.

Таблиця 3.2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки		
				<u>Документація</u>				
A4			НГ.6.100.102.01.000.СК	Складальне креслення				
				<u>Складальні одиниці</u>				
A4		1	НГ.6.100.102.01.001	Трійник	1			
				<u>Деталі</u>				
A3		2	НГ.6.100.102.01.002	Корпус	1			
A4		3	НГ.6.100.102.01.003	Кришка	1			
A4		4	НГ.6.100.102.01.004	Клапан	1			
A4		5	НГ.6.100.102.01.005	Гайка наживна	1			
A4		6	НГ.6.100.102.01.006	Шток	1			
A4		7	НГ.6.100.102.01.007	Штуцер	1			
A4		8	НГ.6.100.102.01.008	Фланець	2			
A4		9	НГ.6.100.102.01.009	Грундбукса	2			
БК		10	НГ.6.100.102.01.010	Прокладка 32/16*2	2	D/d*S		
				Пороніт ПОН ГОСТ 481-71	0,025	K ₂		
			НГ.6.100.102.01.011	Прокладка 40/28*3	1	D/d*S		
				Пороніт ПОН ГОСТ 481-71	0,025	K ₂		
				<u>Стандартні вироби</u>				
		12		Гайка М12.5016 ГОСТ 15525-70	4			
		13		Шпилька М16*60.58.40*16 ГОСТ 22036-76	4			
				<u>Матеріали</u>				
		14		Шнур азбестовий Ф5 ГОСТ 1779-55	0,04	K ₂		
				НГ.6.100.102.01.000				
Зм	Лист	№документа	Підпис	Дата				
Розробив					Вентиль запірний	Літ.	Л ис т	Листів
Перевірів								
Н.Контроль								
Затвердив								
						МНАУ		



НГ. 6.100.102. 01.006		Шток		Сталь 45		МНІУ	

НГ. 6.100.102. 01.005		Гайка напівсфера		Сталь 45		МНІУ	

Рис.3.7. Деталювання складального креслення

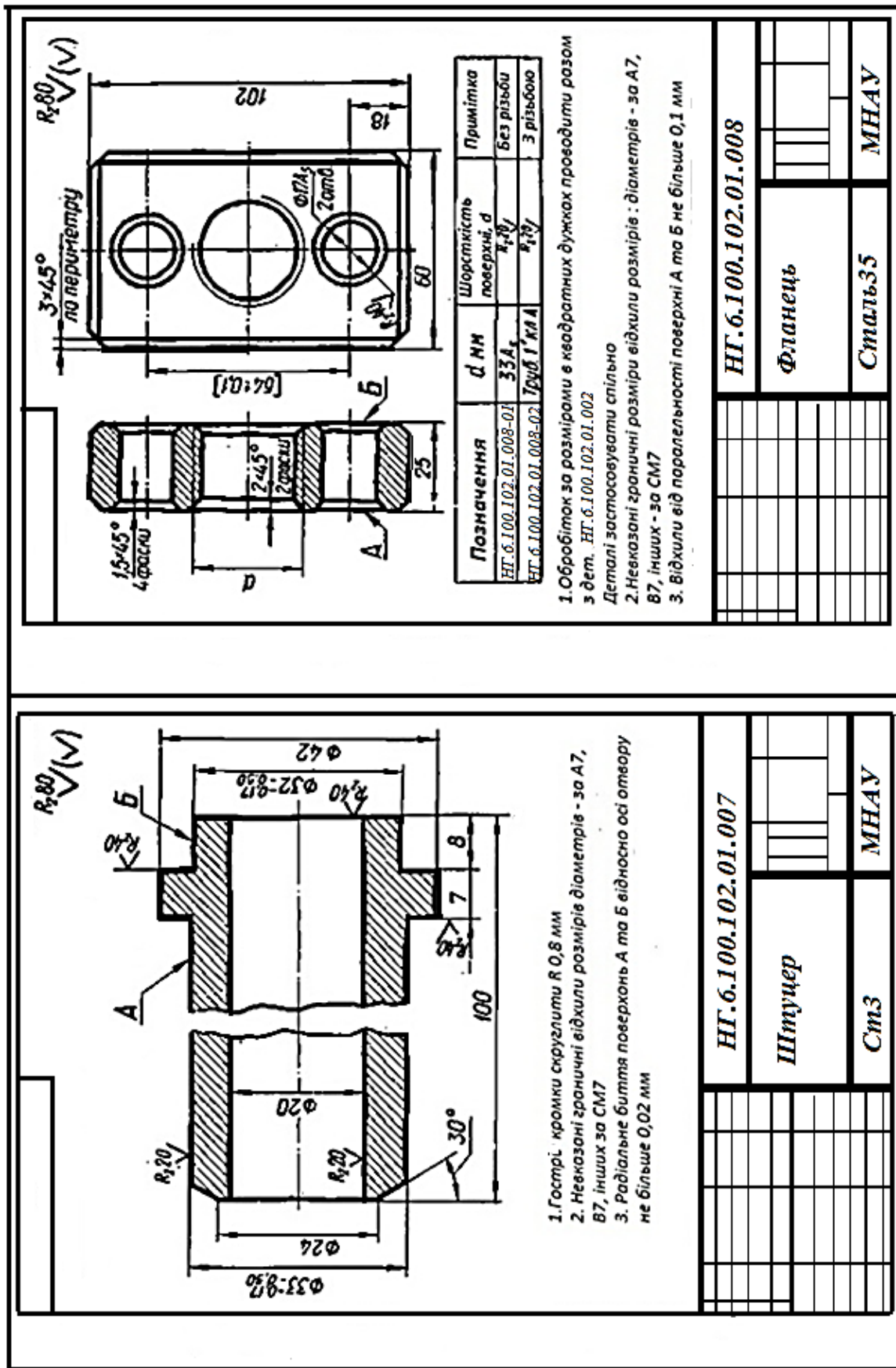


Рис.3.8. Деталювання складального креслення

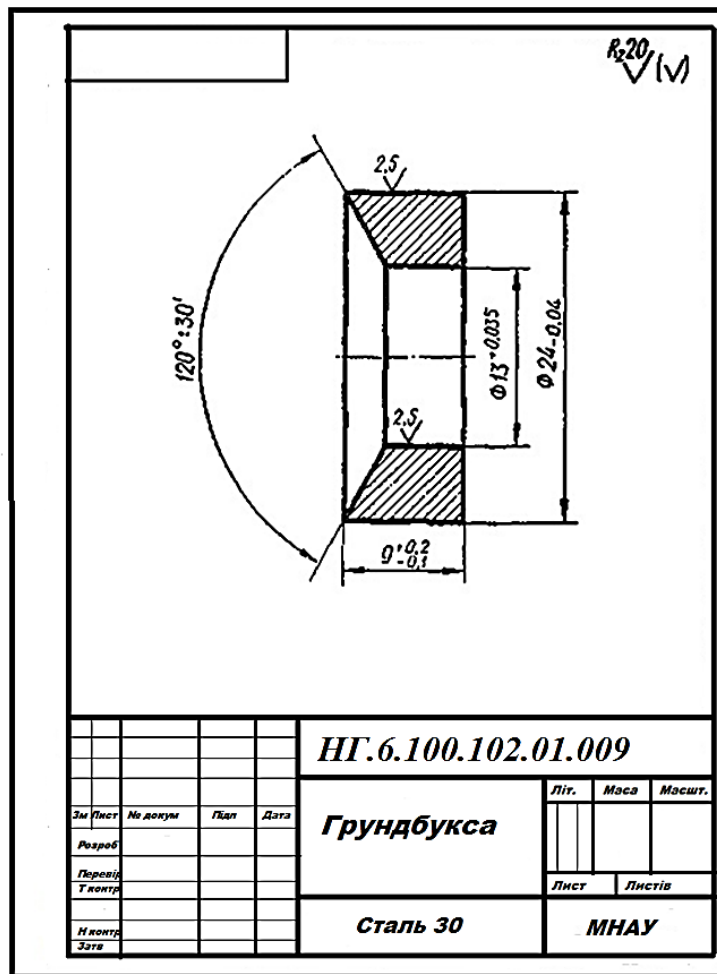


Рис.3.9. Деталювання складального креслення

3.1.10. Умовності та спрощення на складальних кресленнях

1. Допускається не показувати на складальних кресленнях:

- а) фаски, заокруглення, проточки, виступи, поглиблення, рифлення, схили і інші дрібні елементи;
- б) зазори між різьбовим стрижнем і отвором;
- з) кришки, перегородки, щитки і т. п., якщо потрібно показати закриті ними частини виробу. У цьому випадку над зображеннями розміщують напис типу «Кришка поз. 5 показана»;
- г) видимі частини виробу, розташовані за сітками або частково закриті попереду розташованими деталями;
- д) написи на табличках, фірмових планках, шкалах, таблички.

2. Вироби з прозорих матеріалів па складальних кресленнях зображують як непрозорі; допускається показувати як видимі

елементи, розташовані за прозорими предметами, наприклад: стрілки приладів, шкали, внутрішній устрій ламп та ін.

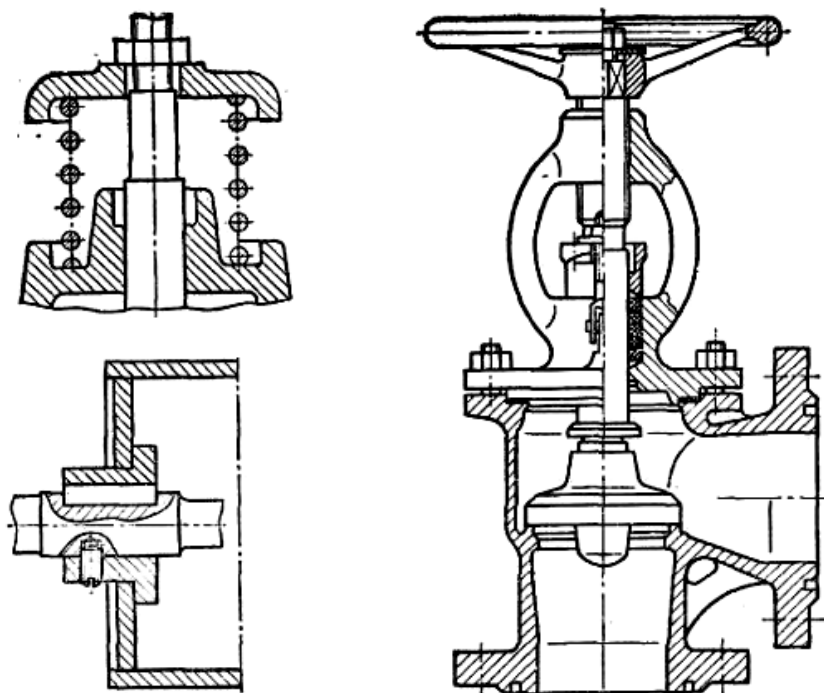


Рис.3.10. Приклад спрощень на складальному кресленні

3. Частина виробу, що лежать за гвинтовою пружиною, зображують лише до зони, обмеженої осьовими лініями перетинів витків (рис.3.10).

4. Складові частини виробу, на які оформлені самостійні складальні креслення, на складальному кресленні допускається зображати без розрізу.

5. Якщо виріб включає кілька однакових складових частин, наприклад колос, ковзанок і т. п., допускається виконувати повне зображення лише однієї частини, а інші зображати спрощено і вигляді зовнішніх обрисів.

Зварні, паяні, клеєні вироби у зборі з іншими виробами в розрізах і перерізах заштриховують як одне монолітне тіло.

3.1.12. Позначення шорсткості поверхонь

Всі поверхні деталей одержуються (обробляються) двома способами:

1. зніманням шару матеріалу (різання, свердління, шліфівка);
2. без знімання шару матеріалу (лиття, штамповка, прокат).

Незалежно від способу одержання поверхонь кожна з них має певні мікронерівності – виступи та западини, сліди обробки (від слабо помітних до грубих). Ці мікронерівності можна спостерігати та вимірювати за допомогою спеціальних приладів профілометра та профілографа.

Шорсткість поверхні – це сукупність мікронерівностей, які утворюють рельєф поверхні на деякій довжині (базова довжина).

Шорсткість поверхні характеризується двома основними параметрами:

R_a – середнє арифметичне відхилення профілю (середнє значення y);

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n};$$

R_z – висота нерівностей профілю по 10-ти точках.

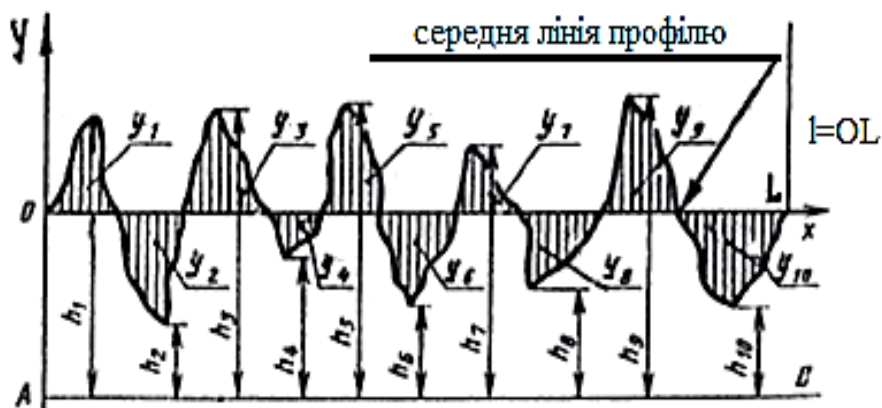


Рис.3.11. Вимірювання шорсткості поверхні

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

Існує 14 класів шорсткості поверхні. В табл.3.4 наведені середні значення R_a , R_z для 9 класів. Більш "чисті" (дзеркальні) поверхні в учбовій практиці не зустрічаються.

Таблиця 3.4

Клас поверхні	Зовнішній вигляд поверхні	Параметр шорсткості, мкм	
		Rz	Ra
1	Сліди обробки грубі, помітні мікронерівності	320	80
2		160	40
3	Середні на дрібні мікронерівності	80	20
4		40	10
5	Малопомітні сліди обробки, поверхня гладка	20	5
6		10	2,5
7	Матова поверхня, сліди обробки не помітні	6,3	1,25
8		3,2	0,63
9	Блискуча поверхня	1,6	0,32

Примітки:

1.) номери класів в позначенні шорсткості поверхонь не вказуються;

2.) в кожному наступному (вищому) класі середні значення параметрів Ra і Rz вдвічі менші, ніж у попередньому.

Для позначення шорсткості поверхонь ескізах та кресленнях застосовують знаки:

✓ – метод обробки поверхні конструктором не регламентується;

✓ – поверхня одержана способом знімання шару матеріалу;

✓ – поверхня не оброблюється за даним кресленням або одержується без знімання шару матеріалу.

Ці знаки доповнюються значенням параметрів шорсткості, наведеним в табл.3.4. Перевага віддається параметру Ra при цьому символ Ra не вказується. Наприклад:

$Rz\ 40$ ✓ – поверхня оброблюється зніманням шару матеріалу і має шорсткість з параметром $Rz = 40\text{мкм}$ (4-й клас);

$\sqrt[10]{}$ – ті ж саме при параметри $Ra=10\text{мкм}$;

$\sqrt[2.5]{}$ – спосіб обробки не регламентується; параметр шорсткості $Ra=2,5\text{мкм}$ (6-й клас);

\checkmark – поверхня за даним кресленням не оброблюється;

$\checkmark^{Rz\ 40}$ – поверхня оброблена без знімання шару матеріалу і має шорсткість з параметром $Rz=40\text{мкм}$.

Якщо всі поверхні мають однакову шорсткість, то її позначення розміщують у правому верхньому кутку ескізу і підкреслюють рискою $\sqrt[2.5]{}$. Якщо декілька поверхонь мають однакову шорсткість, то її позначення поміщують у правому верхньому кутку разом із знаком (\checkmark), який означає «решта», наприклад $\checkmark^{6.3}$ (\checkmark).

Це означає, що всі поверхні, які не позначені на ескізі, мають шорсткість з параметром $Ra=6,3$; поверхні з іншими параметрами шорсткості повинні позначатися відповідно їх класу.

3.2 Графічна робота №13 «Складальне креслення»

1. Встановити масштаб зображення і обрати формат креслення. Нанести рамку основного напису.

2. Обрати необхідне і достатнє число зображень. Кількість зображень (виглядів, розрізів і перерізів) повинна бути найменшою, але достатньою для повного уявлення про конструкцію виробу та його складових частин.

3. Намітити габаритні прямокутники для розміщення зображень і провести осі симетрії. Нанести контур основної деталі виробу (наприклад, корпус вентиля), і далі креслити решту деталей в тій послідовності, в котрій виконується складання вузла. При цьому всі деталі рекомендується викреслювати одночасно на всіх видах з прийнятими розрізами (перерізами) на кожному зображенні.

4. Обвести лінії видимих та невидимих контурів, заштрихувати фігури перерізів. Одна й та ж деталь на всіх зображеннях повинна штрихуватися однаково, тобто з однаковим нахилом та густотою.

Штриховка суміжних деталей повинна відрізнятися.

5. Проставити необхідні розміри.

6. Нанести нумерацію позицій деталей виробу. Деталі нумеруються відповідно з специфікацією. Номери показують на тих видах, де дана деталь проеціюється як видима; номери записуються на полчках ліній-виносок, які потрібно розташовувати зовні контура зображення в горизонтальному рядку та у вертикальній колонці.

7. Перевірити виконане креслення, заповнити основний напис креслення та виконати специфікацію.

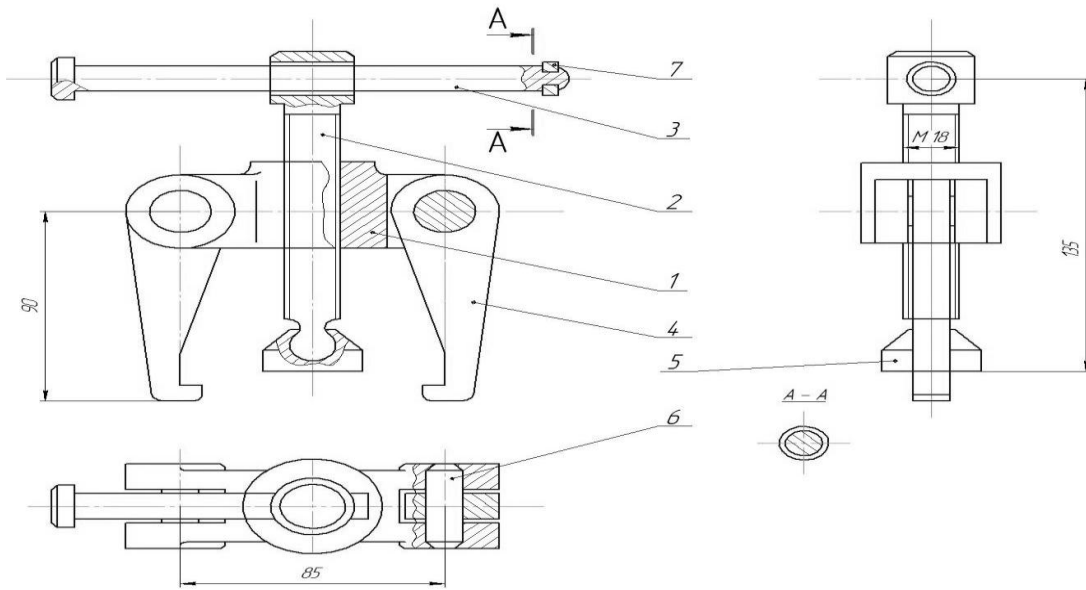
3.2.1. Мультимедійна презентація «Складальне креслення»

Для закріплення знань із теми «Складальне креслення» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.

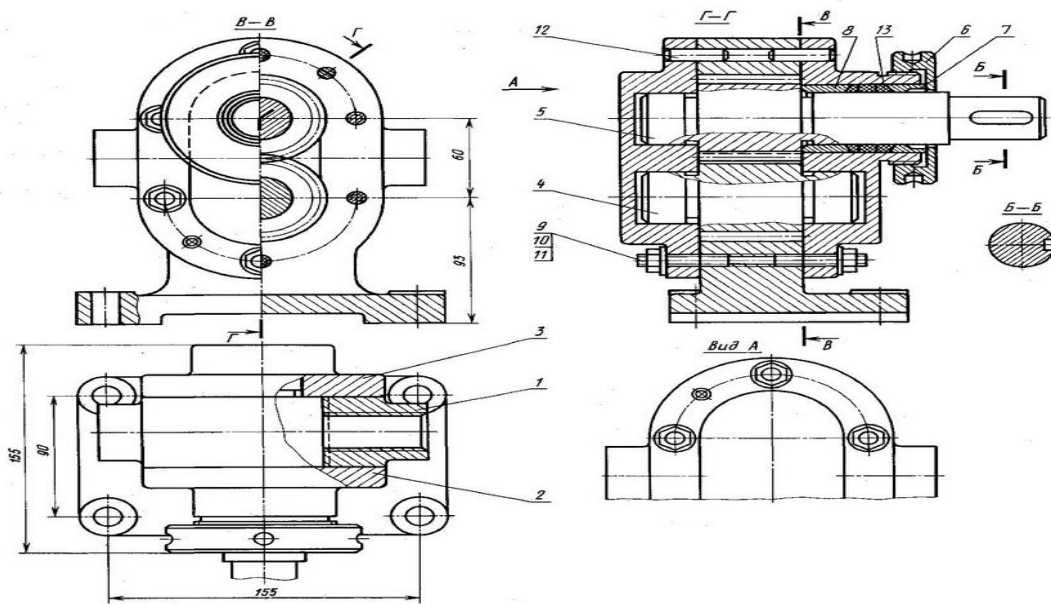


Мультимедійна презентація «Складальне креслення»

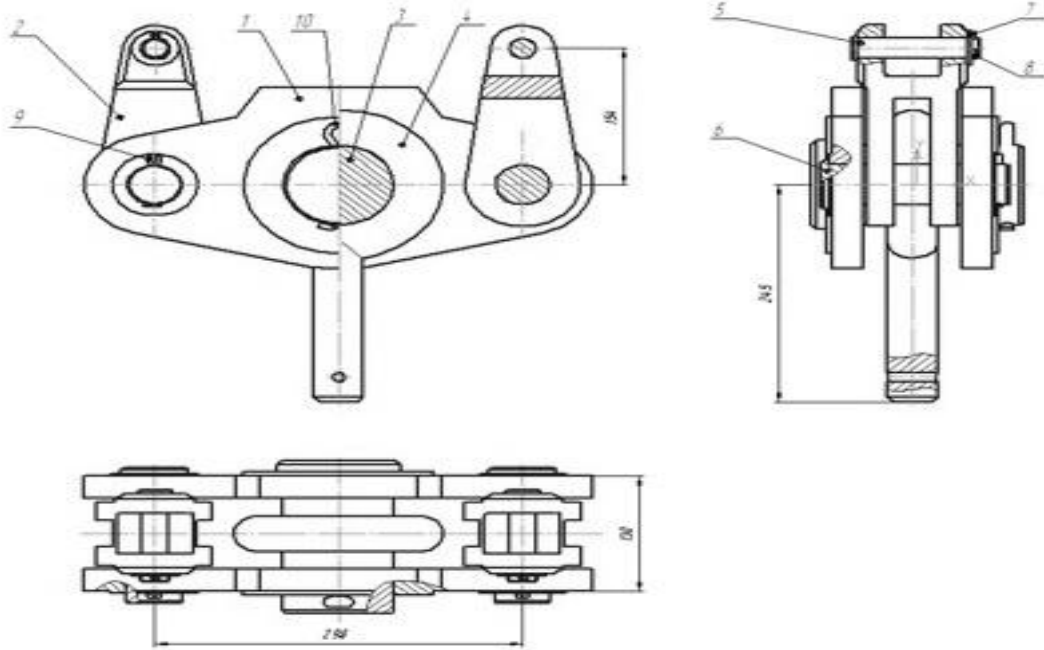
Варіанти завдань:



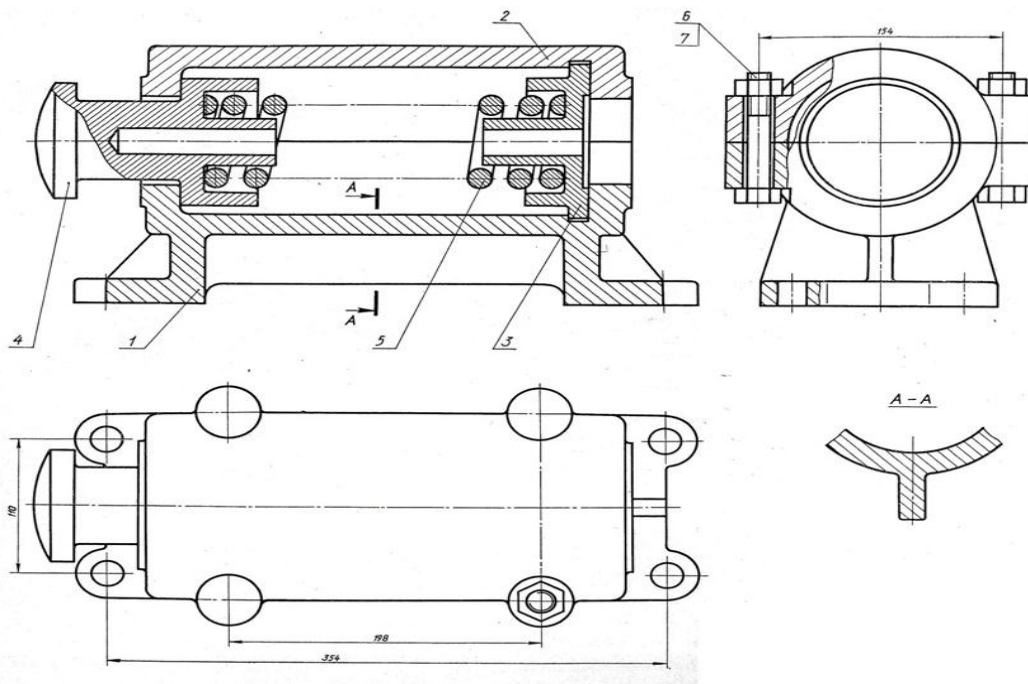
Варіант 1. Знімач. 1—траверса; 2—гвинт; 3—рукоятка;
4—лапка ; 5—накінецьник; 6—штифт; 7—шайба.



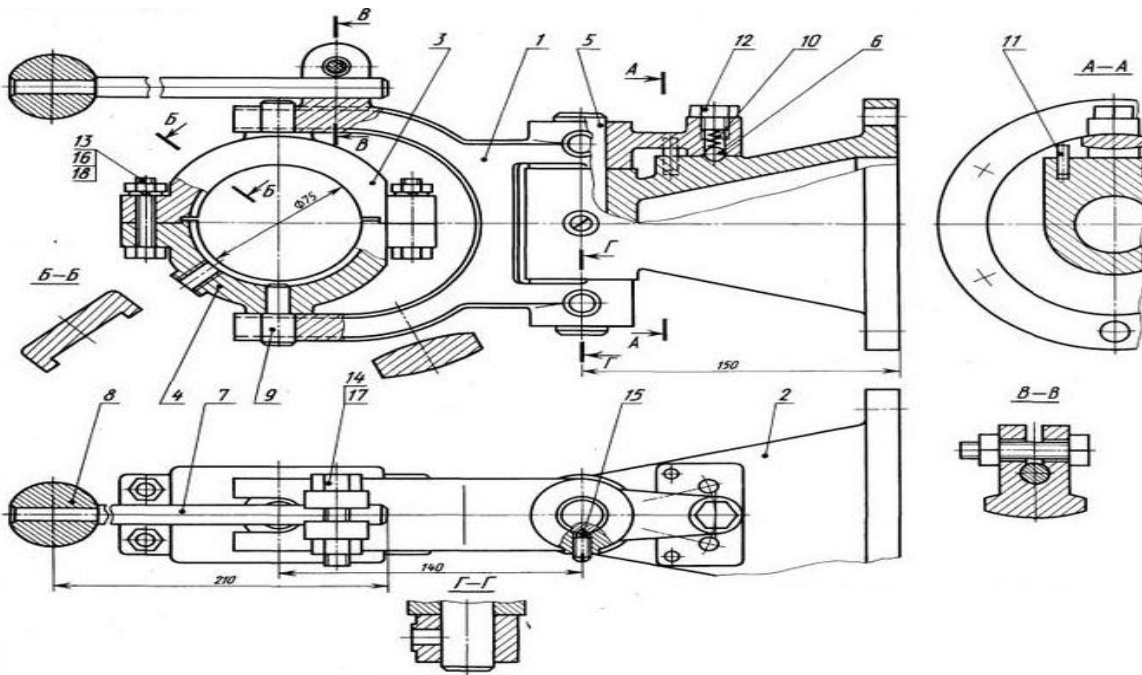
Варіант 2. Насос шестеренний. 1—корпус; 2,3—кришка; 4—вал-шестерня;
5— шестерня; 6—гайка кругла; 7,8—втулка.



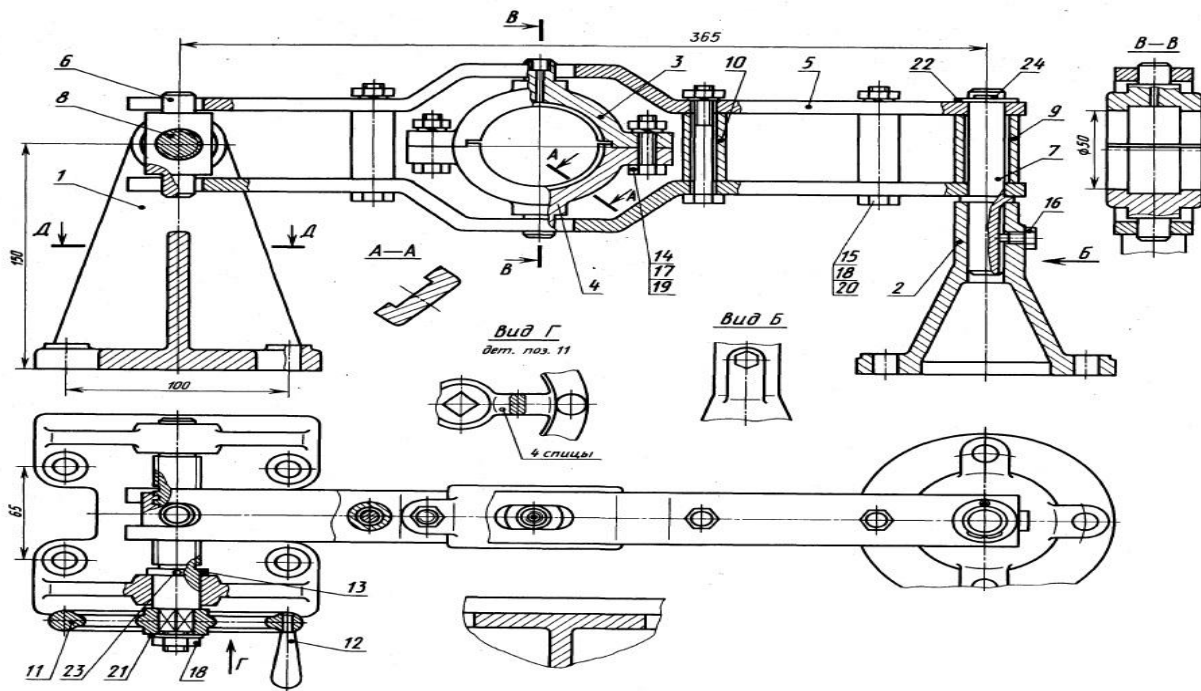
Варіант 3. Підвіска. 1—щока; 2—серезка; 3,5,6—вісь; 4—тяга; 7—шайба



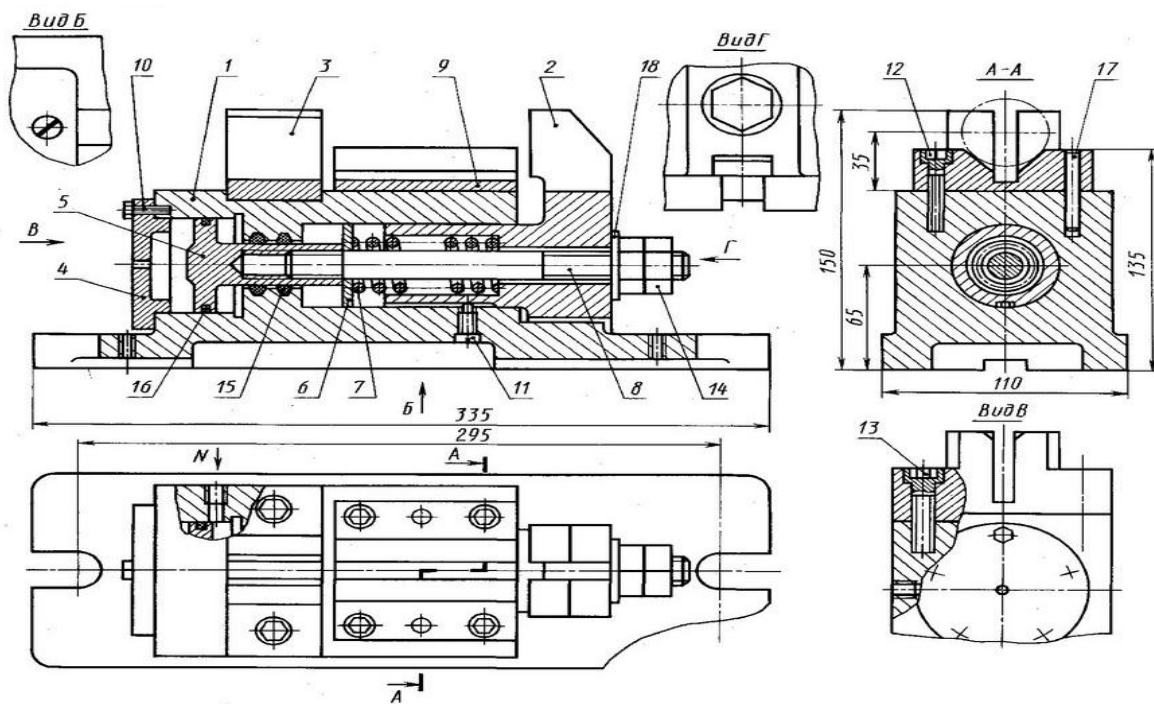
Варіант 4. Амортизатор. 1—корпус; 2—кришка; 3—тарілка; 4—буфер; 5—пружина



Варіант 5. Відводка ручна. 1—вилка; 2—стійка; 3—напівкільце верхнє;
4—напівкільце нижнє; 5—вісь; 6—кулька; 7—ричаг; 8—головка; 9—палець;
10—пружина; 11—штифт спеціальний; 12—болт

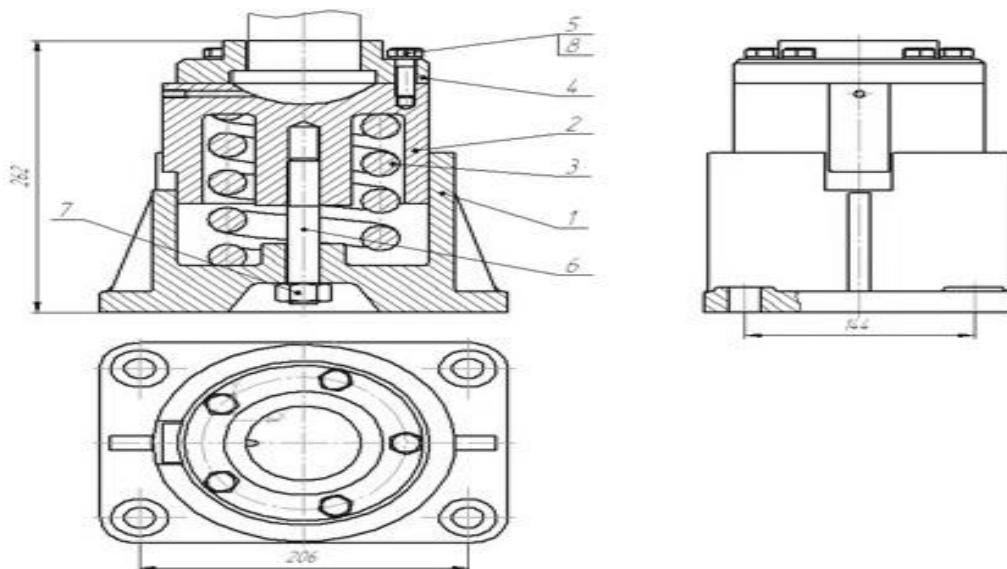


Варіант 6. Відводка з гвинтовим приводом. 1—корпус; 2—стійка;
3—напівкільце верхнє; 4—напівкільце нижнє; 5—ричаг; 6—траверса; 7—вісь;
8—гвинт; 9,10—втулка; 11—маховик; 12—ручка; 13—кільце

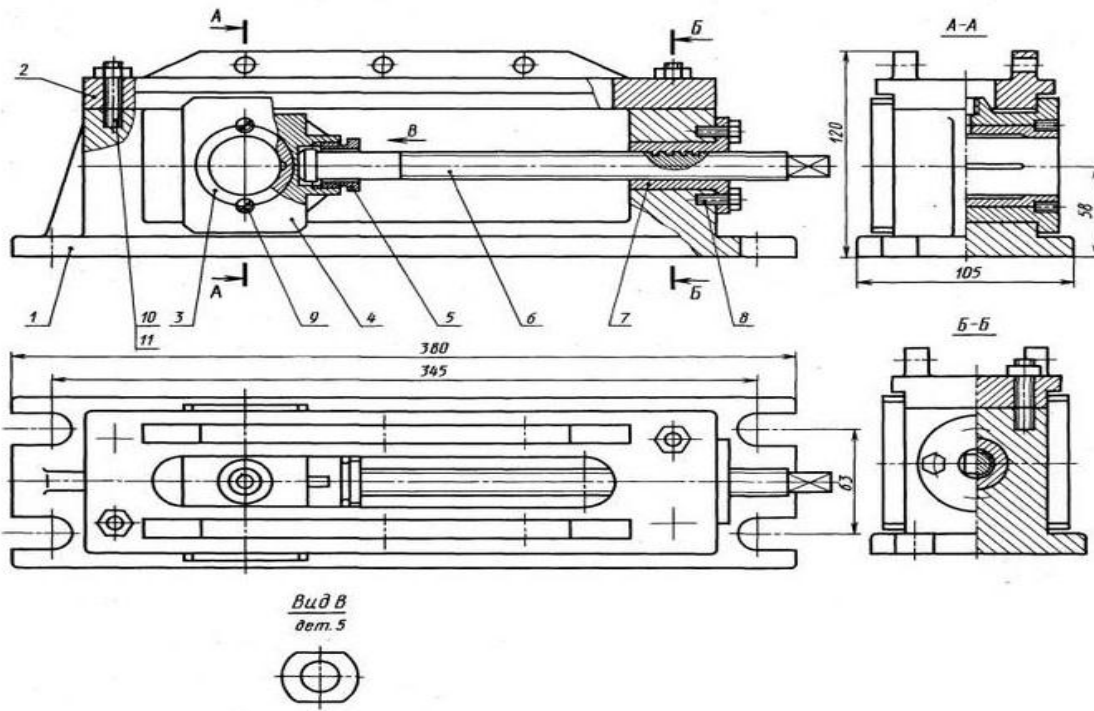


Варіант 7. Пристосування для нарізки сегментних шпонок.

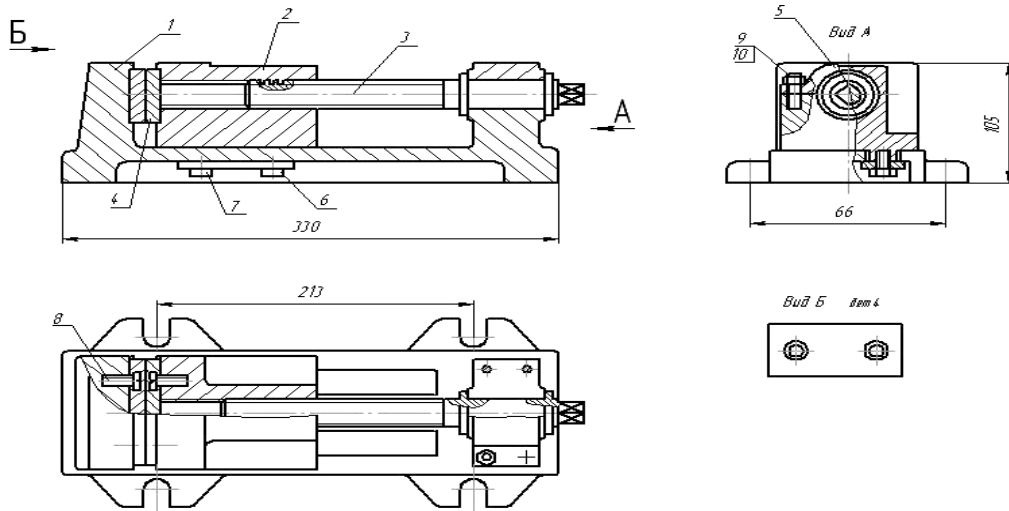
1–корпус; 2–прихват; 3–колодка; 4–кришка; 5–поршень; 6–шайба;
7–пружина; 8–шпилька; 9–призма



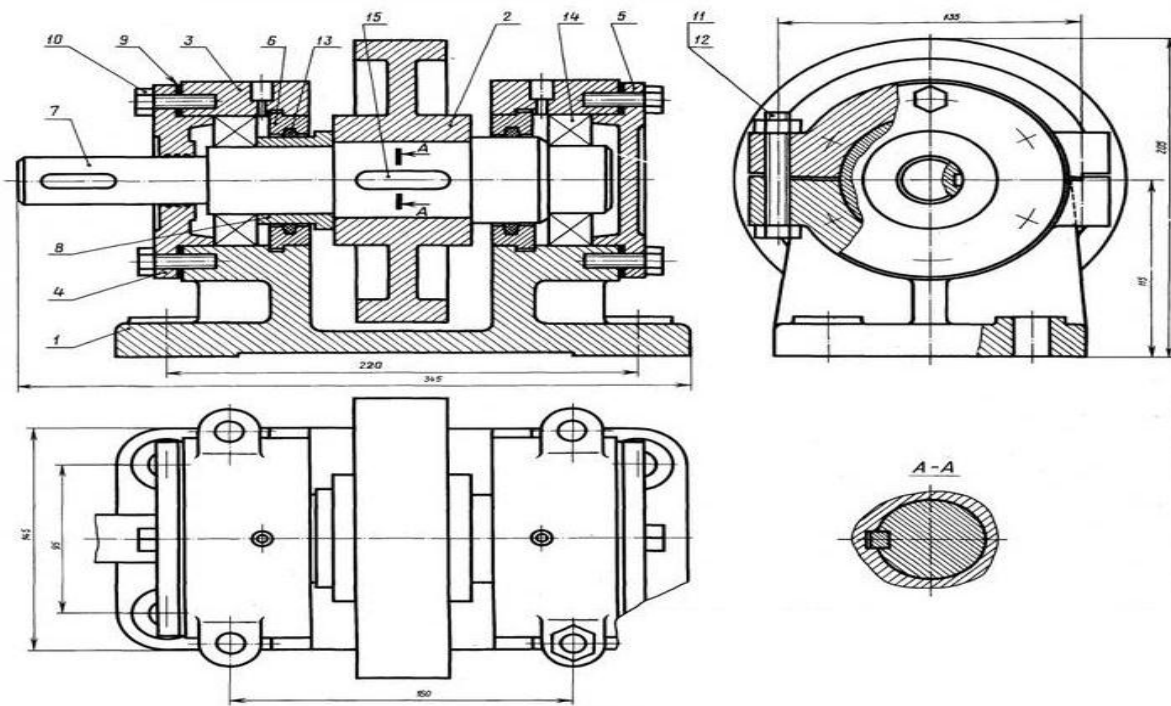
Варіант 8. Амортизатор. 1–корпус; 2–циліндр направляючий; 3–пружина;
4–кришка; 5–болт; 6–шпилька; 7–гайка; 8–шайба



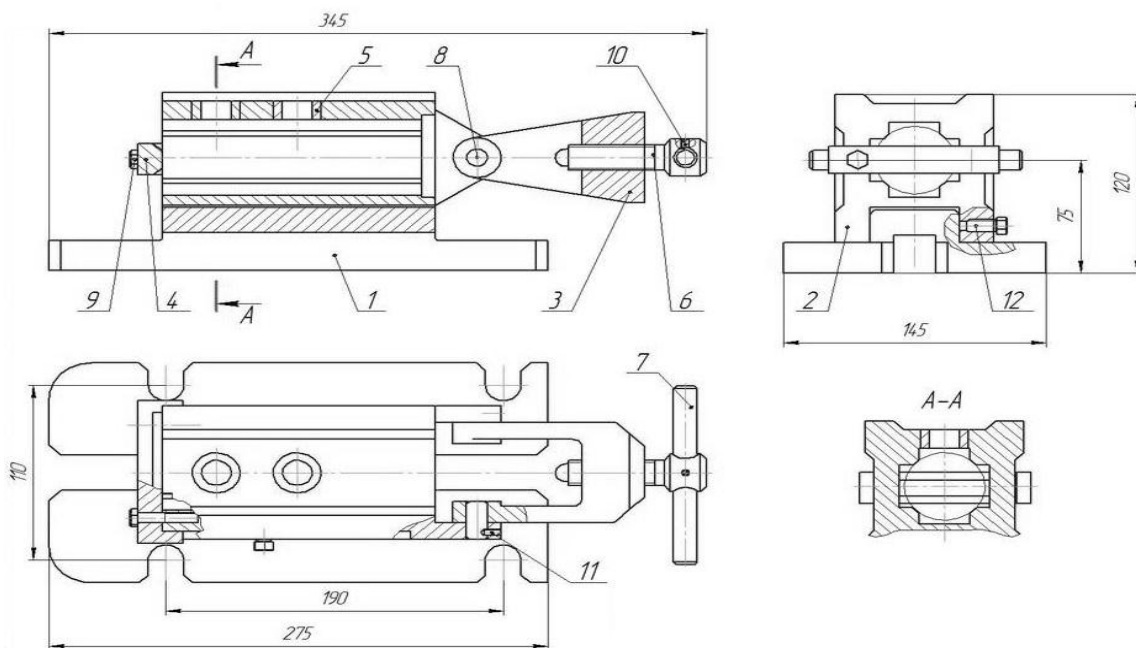
Варіант 9. Пристрій натяжний. 1–корпус; 2–кришка; 3–вкладиш; 4–повзун; 5–втулка; 6,9–гвинт; 7–фланець; 8–болт; 10–шпилька; 11–гайка



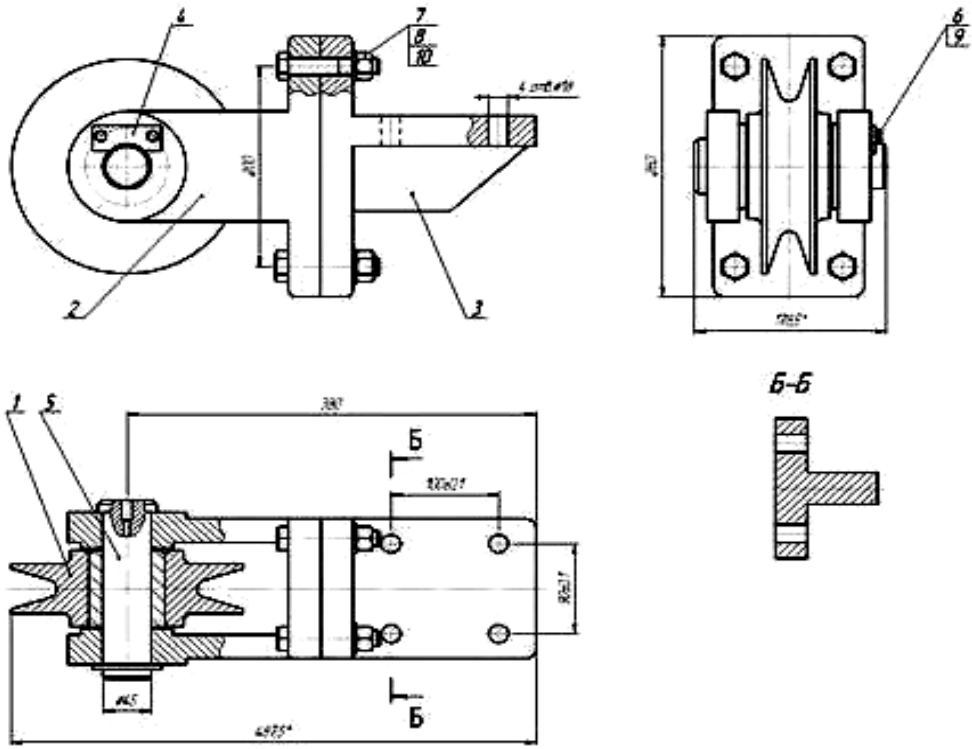
Варіант 10. Тиски. 1–корпус; 2–губка рухлива; 3,8–гвинт; 4–пластина; 5–кришка; 6–планка; 7–болт; 9–шпилька; 10–гайка



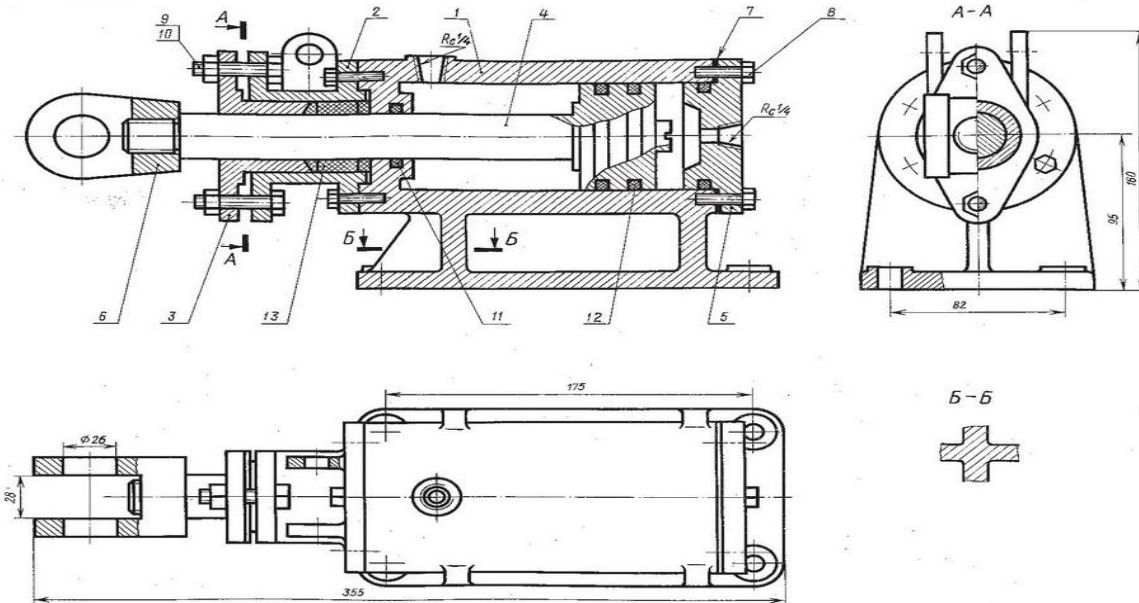
Варіант 11. Ролик підтримуючий. 1–корпус; 2–ролик; 3,4,5–кришка; 6–диск; 7–вал; 8–втулка; 9–прокладка; 10,11–болт; 12–гайка; 13–кільце; 14–шарикопідшипник; 15–шпонка



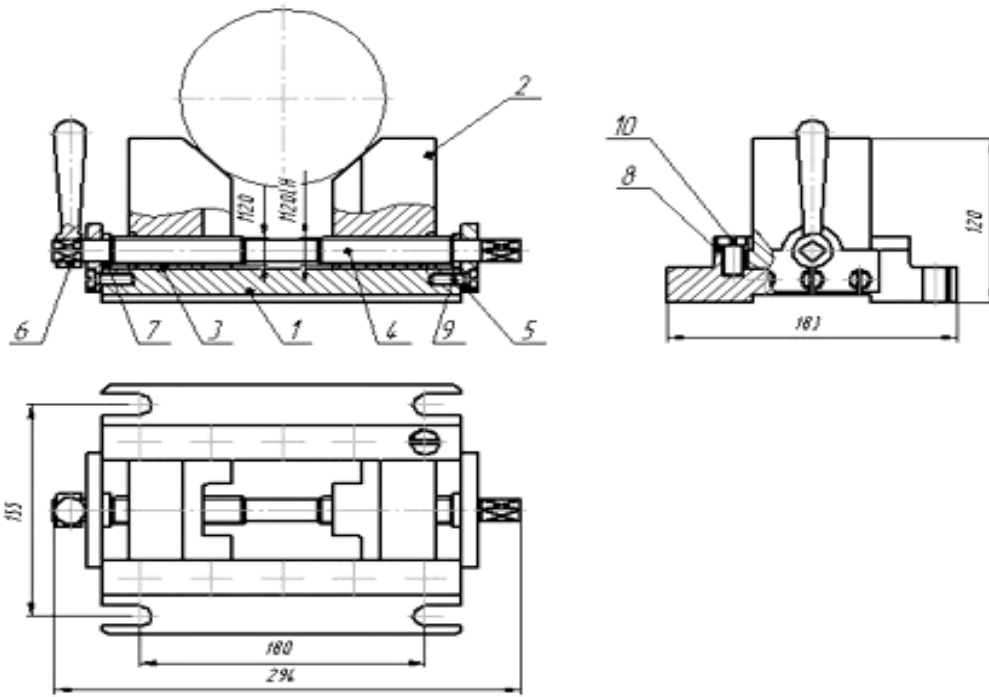
Варіант 12. Кондуктор. 1–корпус; 2–призма; 3–вилка; 4–упор; 5–втулка; 6,10,11,12–гвинт; 7–рукоятка; 8–вісь; 9–болт



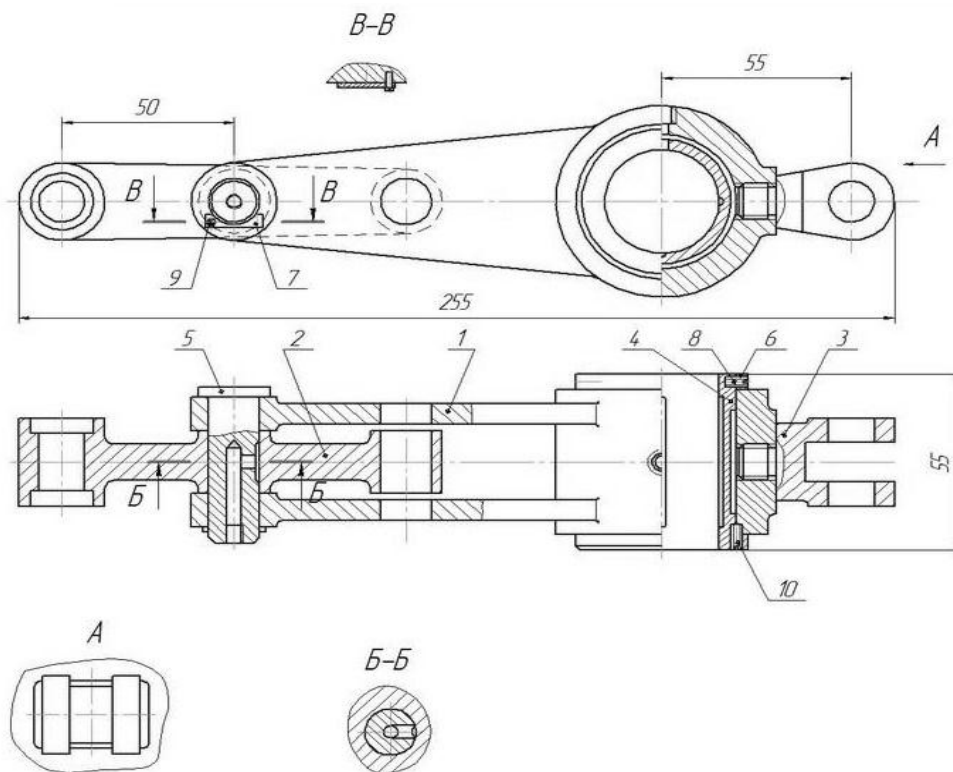
Варіант 13. Блок направляючий. 1—ролик; 2—вилка; 3—кронштейн;
4—планка; 5—вісь



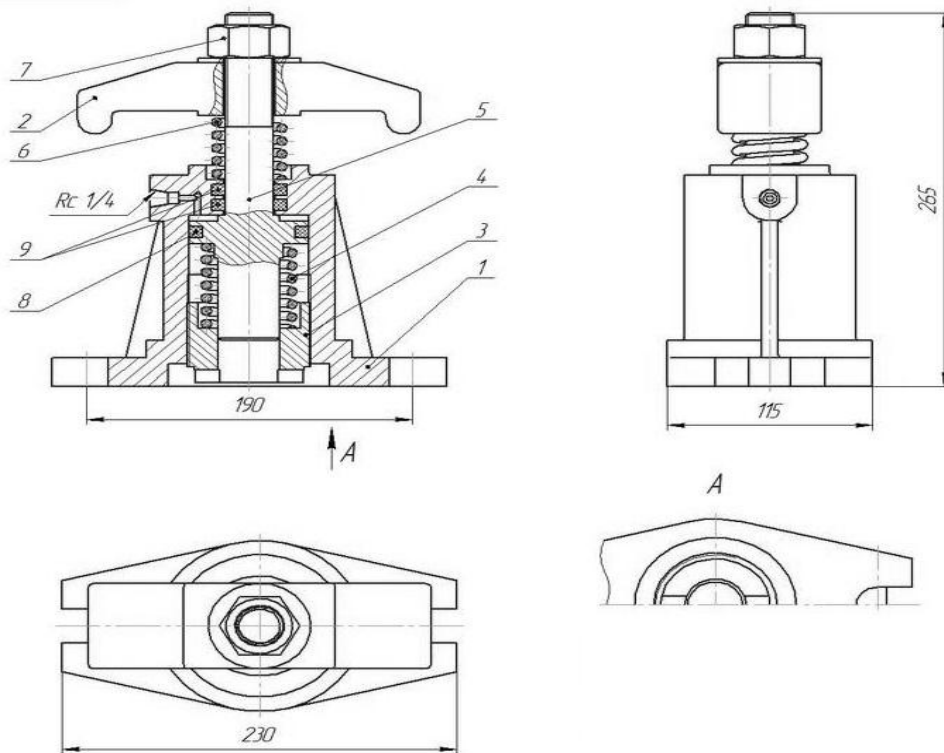
Варіант 14. Циліндр гідравлічний. 1—корпус; 2—стакан; 3—фланець;
4—поршень; 5—кришка; 6—вилка; 7—прокладка



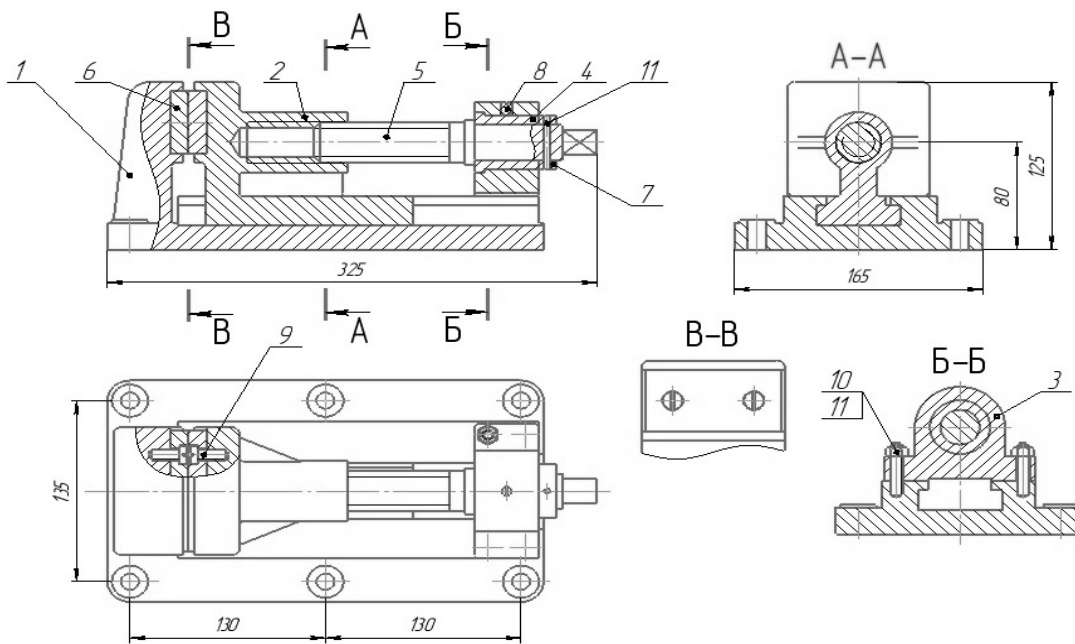
Варіант 15. Призма розсувна. 1–корпус; 2,3–призма; 4–гвинт; 5–кронштейн;
6–рукоятка; 7–шайба; 8–планка



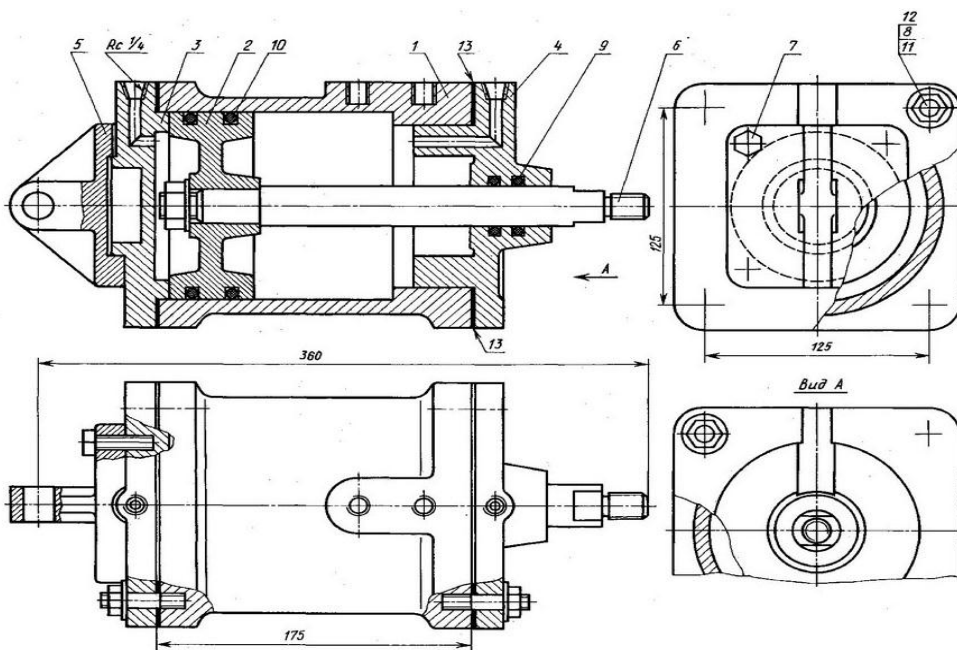
Варіант 16. Тяга. 1–корпус; 2–сережка; 3–вилка; 4–вкладиш; 5–вісь;
6–кільце; 7–планка



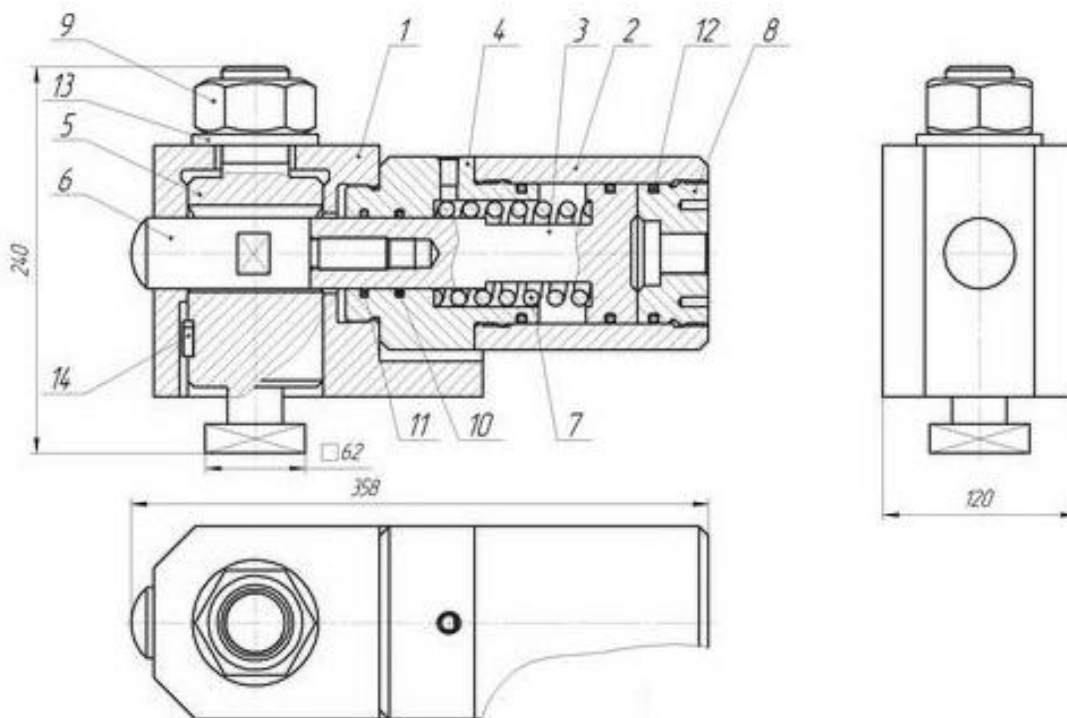
Варіант 16. Прихват гідравлічний. 1–корпус; 2–прижим; 3–стакан;
4,6–пружина; 5–поршень



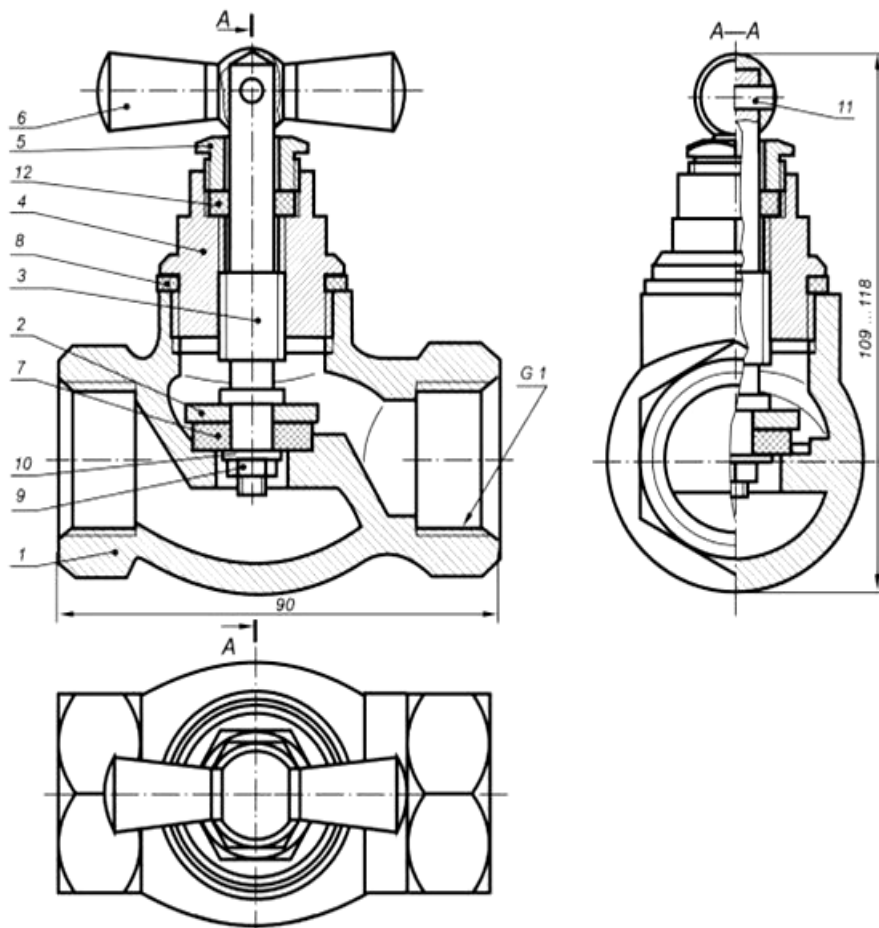
Варіант 17. Тиски. 1–корпус; 2–губка рухлива; 3–підшипник; 4–втулка;
5–гвинт; 6–пластина; 7–кільце



Варіант 18. Циліндр пневматичний. 1–циліндр; 2–поршень; 3,4–кришка;
5–фланець; 6–шток



Варіант 19. Затискач гідравлічний. 1–корпус; 2–циліндр; 3–поршень;
4,8–кришка; 5–палець; 6–штирь; 7–пружина



Варіант 20. Вентиль запірний. 1– корпус; 2 – клапан; 3–шпindelь; 4 – кришка; 5 – втулка нижня; 6–рукоятка; 7–прокладка;

3.3 Креслення електричної схеми

Схема – це графічний конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу і зв'язок між ними. Схеми застосовують при вивченні принципу дії механізмів, машин, приладів, апаратів, при їх налазці і ремонті, монтажі трубопроводів і електричних сітей, для з'ясування зв'язку між окремими складовими частинами виробу без уточнення особливостей їх конструкції.

Схеми входять в комплект конструкторської документації і містять разом з іншими документами необхідні дані для проектування, виготовлення, збирання, регулювання, експлуатації виробів.

Призначення схем:

✓ *на етапі проектування* – для виявлення структури майбутнього виробу при подальшому конструкторському опрацюванні;

✓ *на етапі виробництва* – для ознайомлення з конструкцією виробу, розробки технологічних процесів виготовлення і контролю деталей;

✓ *на етапі експлуатації* – для виявлення несправностей і використання при технічному обслуговуванні.

3.3.1. Загальні вимоги до виконання схем

1. Схеми виконують без дотримання масштабу і дійсного просторового розташування складових частин виробу.

2. Необхідна кількість типів схем, що розробляються на проєктований виріб, а також кількість схем кожного типу визначається розробником залежно від особливостей виробу. Комплект схем повинен бути по можливості мінімальним, але містити відомості в об'ємі, достатньому для проєктування, виготовлення, експлуатації і ремонту виробу. Між схемами одного комплекту конструкторських документів на виріб повинен бути встановлений однозначний зв'язок, який забезпечує можливість швидкого отримання необхідної інформації про елемент, пристрої і з'єднання на всіх схемах даного комплекту.

3. На схемах, як правило, використовують стандартні графічні умовні позначення. Якщо необхідно використовувати не стандартизовані позначення деяких елементів, то на схемі роблять відповідні пояснення.

4. Слід дотримуватися якнайменшого числа зламів і перетинів ліній зв'язку, зберігаючи між паралельними лініями відстань не менше 3 мм.

5. На схемах допускається поміщати різні технічні дані, що характеризують схему в цілому і її окремі елементи. Ці відомості поміщають або біля графічних позначень, або на вільному полі схеми, як правило, над основним написом.

6. Дозволяється виконувати схему на декількох листах (з'єднану або комбіновану схему). Найменування з'єднаної схеми визначається виглядом і з'єднаними типами схем (наприклад, схема електрична принципова і з'єднань), найменування комбінованої схеми – комбінованими видами і типом схеми (наприклад, схема електрогідравлічна принципова).

Стандартом встановлені також терміни, що використовуються в конструкторській документації, і їх визначення.

Елементи схеми – складова частина схеми, яка виконує певну функцію у виробі і не може бути розділена на частини, має самостійне призначення (резистор, конденсатор, інтегральна мікросхема, трансформатор, насос і т.п.).

Пристрій – сукупність елементів, що представляє єдину конструкцію (блок, плата). Може не мати у виробі певного функціонального призначення.

Функціональна група – сукупність елементів, що виконують у виробі певну функцію і не з'єднаних в єдину конструкцію (підсилювач, модулятор, генератор і т.п.).

Функціональна частина – елемент, пристрій або функціональна група, що має строго певне функціональне призначення.

Функціональний ланцюг – лінія, канал, тракт певного призначення (канал звуку, відеоканал і т.д.).

Лінія взаємозв'язку – відрізок лінії на схемі, який вказує на наявність зв'язку між функціональними частинами виробу.

Лінія електричного зв'язку – лінія на схемі, яка вказує шлях проходження струму, сигналу і т.д.

Установка – умовне найменування об'єкту в енергетичних спорудах, на який випускається схема, наприклад, головні ланцюги.

3.3.2. Класифікація схем

Схеми залежно від елементів і зв'язків між ними підрозділяють на наступні види, що позначаються буквами: електричні – Е, гідравлічні – Г, пневматичні – П, газові (окрім пневматичних) – Х, кінематичні – К, вакуумні – В, оптичні – Л, енергетичні – Р, розподільні – Е.

Схему розподілу виробу на складові частини (схему розподілу) випускають для визначення складу виробу.

По основному призначенню схем їх підрозділяють на типи, що позначаються цифрами: структурні – 1, функціональні – 2, принципів (повні) – 3, з'єднань (монтажні) – 4, підключення – 5, загальні – 6, розташування – 7, об'єднання – 0.

Найменування схеми визначається її виглядом і типом, наприклад: схема електрична принципова, схема електрична функціональна, схема розподілу структурна, схема гідравлічна з'єднань.

Код схем складається з букви, що визначає вид схеми і цифри, що позначає тип схеми, наприклад, ЕЗ – схема електрична принципова, Е4 – схема електрична з'єднань, Г1 – схема гідравлічна структурна.

Найменування і код комбінованої схеми визначаються комбінованими видами схем і типом схеми, наприклад, схема електрогідравлічна принципова – СЗ, схема термогідравлічна – С4.

Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їх визначення і взаємозв'язки.

Структурні схеми розбирають при проектуванні виробів на стадіях, передуючих розробці схем інших типів. Схемами користуються для загального ознайомлення з виробом.

Функціональна схема служить для роз'яснення процесів, що протікають в окремих функціональних ланцюгах виробу або у виробі в цілому.

Схемами користуються для вивчення принципів роботи виробів, а також при їх налагодці, контролі і ремонті в процесі експлуатації.

Принципова (повна) схема визначає повний склад елементів і зв'язків ними і дає детальне уявлення про принципи роботи виробу.

Принциповими схемами користуються для вивчення принципів роботи виробу, а також при їх налагодці, контролі і ремонті. Схеми служать підставою для розробки інших конструкторських документів, наприклад, схем з'єднань (монтажних) і креслень.

Схема з'єднань (монтажна) показує з'єднання складових частин виробу і визначає дроти, джгути, кабелі або трубопроводи,

якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх приєднань і введення роз'єми, затиски і т.п.).

Схемами з'єднань користуються при розробці інших конструкторських документів, в першу чергу креслень. Що визначають прокладку і способи кріплення дротів, джгутів, кабелів або трубопроводів у виробі, а також для здійснення приєднань. Схеми використовують при контролі, експлуатації і ремонті виробів в процесі експлуатації.

Схема підключення показує зовнішні підключення виробу.

Схемами користуються при розробці інших конструкторських документів, а також для здійснення підключень виробів і при їх експлуатації.

Загальна схема визначає складові частини комплексу і з'єднання їх між собою на місці експлуатації.

Схема розташування визначає відносне розташування складових частин виробу установки, за необхідності також джгутів, дротів, кабелів, трубопроводів і т.п. Схемами користуються при розробці інших конструкторських документів, а також при експлуатації і ремонті виробів.

З'єднувальна схема – схема, коли на одному конструкторському документі виконують схеми двох або декількох типів, випущених на один виріб.

Для виробу, до складу якого входять елементи різних видів, розробляють декілька схем відповідних видів одного типу, наприклад, схема електрична принципова і схема гідравлічна принципова. Або одну комбіновану схему, що містить елементи і зв'язки різних видів.

На схемі одного вигляду дозволяється зображати елементи схем іншого вигляду а також елементи і пристрої, що не входять у виріб, але необхідні для роз'яснення принципів його роботи. Графічні позначення таких елементів і пристроїв відділяють на схемі штрихпунктирними тонкими лініями, указуючи місцезнаходження елементів і інші необхідні дані.

Дозволяється розробляти суміщені схеми, коли на схемах одного типу зображають фрагменти схем інших типів, наприклад, на схемі з'єднань виробу показують його зовнішні підключення.

Суміщенні схеми виконують за правилами, встановленими для схем відповідних типів. При необхідності допускається розробляти схеми інших видів і типів.

3.3.3. Лінії

В залежності від призначення і типу схем лініями зображають: електричні взаємозв'язки (функціональні, логічні і т.д.), шляхи проходження електричного струму (електричні зв'язки), механічні взаємозв'язки, матеріальні провідники (дроти, кабелі, шини), екрануючі оболонки, корпуси приладів і т.п., умовні межі приладів і функціональних груп.

Лінії зв'язку повинні складатися з горизонтальних або вертикальних відрізків і мати мінімальну кількість зламів і взаємних перетинів. В окремих випадках допускається застосовувати похилі відрізки лінії зв'язку, довжину яких слід по можливості обмежувати.

Товщину ліній вибирають залежно від формату схеми і розмірів умовних графічних позначень. На одній схемі рекомендується застосовувати не більше трьох типорозмірів по товщині: тонку b , потовщену $2b$, товсту $3b \dots 4b$, де b – товщина лінії, яка вибирається залежно від розмірів схеми. Вибрана товщина ліній повинна бути постійною у всьому комплекті схем на вибір.






Електричні зв'язки зображають, як правило, тонкими лініями, товщину яких вибирають в межах від 0,2 до 1,0 мм.

Для виділення найважливіших ланцюгів (наприклад, ланцюгів силового живлення) можна використовувати потовщені і товсті лінії. Умовні графічні позначення і лінії зв'язку виконують лінії однієї і тієї ж довжини. Оптимальна товщина 0,3...0,4 мм, що відповідає суцільній тонкій лінії.

Найменування, зображення, товщину ліній по відношенню до товщини b основне призначення ліній приведено в табл.3.5.

Довжину штрихів і штрихпунктирних лініях вибирають у вказаних межах залежно від розміру схеми. Штрихи в лінії, а також проміжки між штрихами повинні бути приблизно однакової довжини.

Таблиця 3.5

Найменування	Накреслення	Товщина ліній	Основне призначення
Суцільна тонка		b	Лінія електричного зв'язку; дріт; кабель; лінія групового зв'язку
Суцільна тонка основні		b	Лінії умовних графічних позначень <i>Примітка.</i> Допускається для лінії групового зв'язку використовувати потовщені (2b) і товсті (3b...4b) лінії
Штрихова		b	Лінії екранування, механічного зв'язку
Штрих Пунктирна тонка		b	Лінії для виділення на схемі груп елементів, які складають пристрій або функціональну групу
Штрих пунктирна двома точками		b	Лінія роз'єднувальна (для графічного розподілу частин схеми)

3.3.4.Перелік елементів

Дані про елементи, що входять до складу виробу і зображені на схемі, повинні бути записані в перелік елементів у вигляді таблиці, яка розміщується на першому листі схеми або окремо на форматі А4 як самостійний конструкторський документ.

Форма і розміри таблиці переліку елементів представлені на рис.3.12.

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка	15
20	110	10		min8
185				

Рис.3.12. Форма і розміри таблиці переліку елементів

В графах переліку вказують наступні данні:

в графі «Позначення» – позиційне позначення елемента, пристрою або функціональної групи;

в графі «Найменування» – найменування елемента (пристрою) відповідно до документа, на підставі якого він застосований, і позначення цього документа (основний конструкторський документ, державний стандарт, технічні умови); для функціональної групи – найменування;

в графі «Кіл» – кількість однакових елементів;

в графі «Примітка» – технічні дані елемента (пристрою), що не містяться в його найменуванні.

При розміщенні переліку елементів на першому листі схеми його розташовують над основним написом на відстані не менше 12 мм від неї.

Перелік елементів записують в специфікацію після схеми, до якої він випущений. Допускається вводити в перелік додаткові графи, якщо вони не дублюють відомостей в основних графах.

Елементи записують по групам (видам) в алфавітному порядку буквених позиційних позначень, розташовуючи за збільшенням порядкових номерів в межах кожної групи, а при цифрових позначеннях – в порядку їх зростання. Між окремими групами елементів або між елементами у великій групі рекомендується залишати декілька незаповнених рядків для внесення змін.

Таблиця 3.6.

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кількість	Примітка
	R1, R2	Резистори МЛТ-566кОм ГОСТ 7113-81	2	
	C1	Конденсатор Км-5а-Н30-0,01 ОЖО.460.043.ТУ		
	C2	Конденсатор Кт-ІЕ-М47-10,0ОЖО.460.030.ТУ		
	C3	Конденсатор КМ-6-Н90-1,0 ОЖО.460.061.ТУ		
	L1,L2	Котушки індуктивності		
		VII 06.0.473.003.ТУ		
	GI	Елемент гальванічний 165Л ГОСТ3.316-81		
	BI	Тумблер		
	B	Гучномовець		
	Др.1:Др.2	Дроселі Д-18 ЩТЗ.362.002.ТУ		
		<u>Діоди</u>		
	VD1	Д7Ж ГОСТ14758-69		
	VD2	Д20 ЩТЗ 362.003.ТУ		
<i>Основний напис</i>				

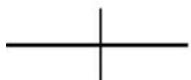
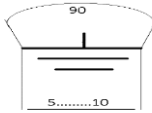

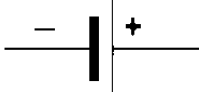


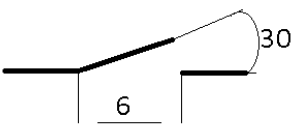


Для скорочення переліку допускається однотипні елементи з однаковими параметрами і послідовними порядковими номерами записувати в перелік одним рядком, указуючи тільки позиційні позначення з якнайменшим і найбільшим порядковими номерами, наприклад, С1, С2; К4, К5. В графі «Кіл» указують загальну кількість таких елементів. При записі однотипних елементів допускається не повторювати в кожному рядку найменування елемента, а записувати його у вигляді загального найменування до відповідної групи елементів.

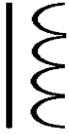
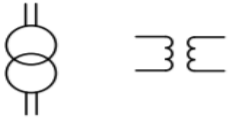
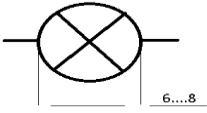
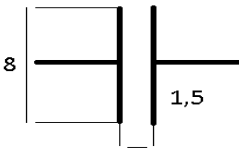
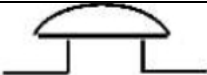
3.3.5. Умовні графічні позначення

При виконанні схем використовують умовні графічні позначення елементів схем.

Умовні графічні позначення будуються у вигляді схематичного знаку (графічного символу), форма якого може не відповідати зображенню реальної конструкції елемента (пристрою). Умовні графічні позначення не повинні мати текстову частину, допускати різні тлумачення або розумітися двозначно, бути ідентично з іншими позначеннями, значення яких вже визначено.

Таблиця 3.7. Позначення умовні графічні в схемах

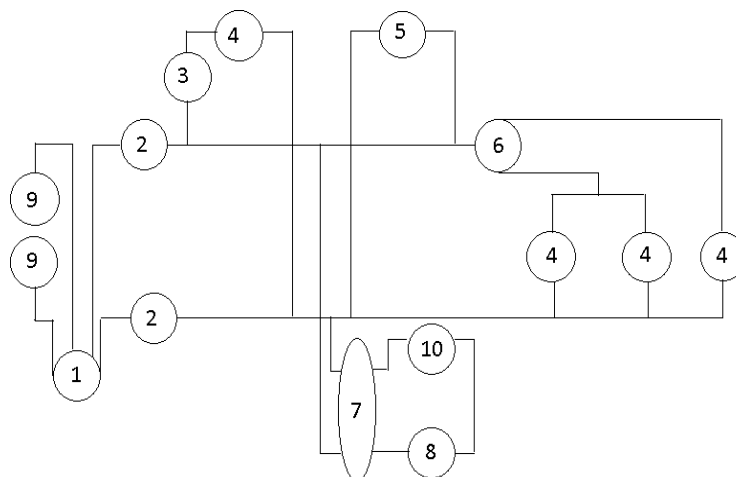
Елемент	Позначення	Умовне позначення
Перетин дротів	-	
Заземлення	-	
З'єднання електричне	-	
Елемент гальванічний або акумуляторний	G	
Запобіжник	F	
Антенa	W	
Вимикач	S	
Резистор	R	
Котушка індуктивності	-	

Дросель феромагнітним осердям	L	
Трансформатор однофазний	T	
Лампа освітлювальна	H	
Конденсатор постійної ємкості	C	
Дзвоник		

3.4 Графічна робота №14 «Креслення електричної схеми»

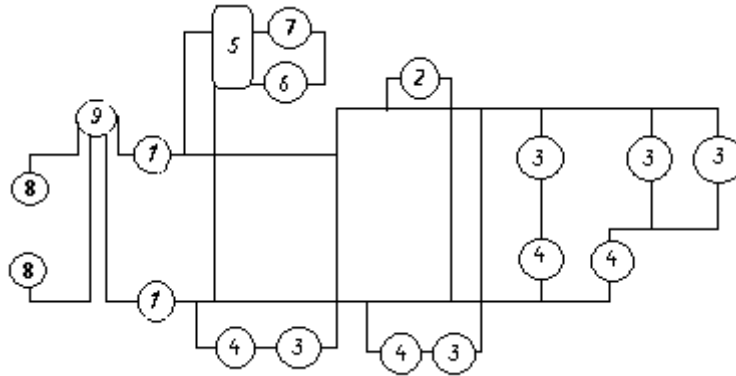
В завданні дана схема електричного ланцюга. Необхідно накреслити схему та виконати специфікацію. Замінивши цифри умовними графічними позначеннями електроприладів.

Варіант №1



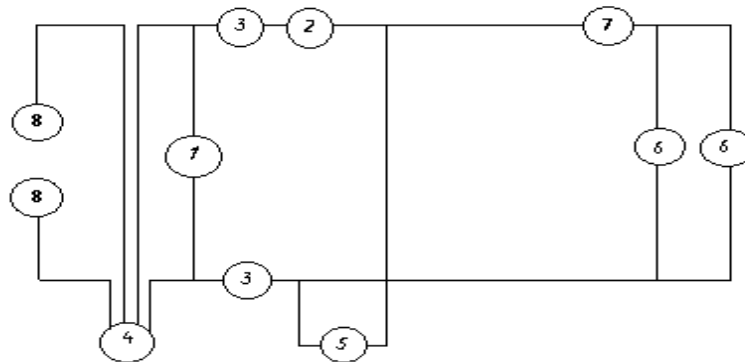
1—лічильник, 2—запобіжник, 3 – вимикач однополюсний, 4 – лампа накаливання, 5 – розетка, 6 – перемикач, 7 – трансформатор, 8 – дзвоник, 9 – затискач, 10 – вимикач-кнопка.

Варіант №2



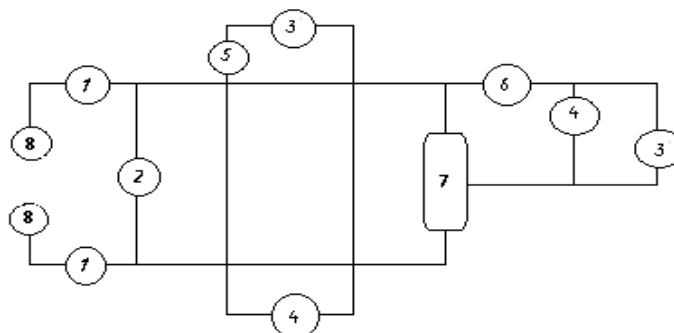
1 – запобіжник, 2 – розетка, 3 – лампа накаливання, 4 – вимикач однополюсний, 5 – трансформатор, 6 – дзвоник, 7 – вимикач-кнопка, 8 – затискач, 9 – лічильник.

Варіант №3



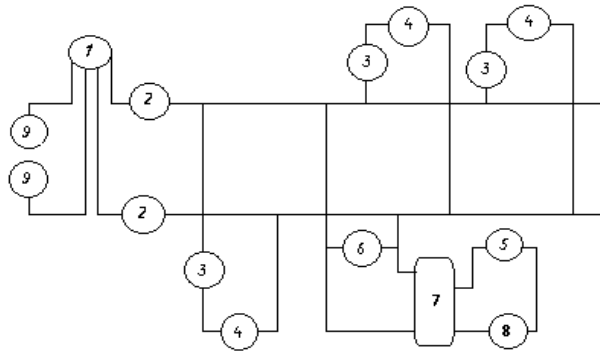
1 – вольтметр, 2 – амперметр, 3 – запобіжник, 4 – лічильник, 5 – розетка, 6 – лампа, 7 – вимикач однополюсний, 8 – затискач.

Варіант №4



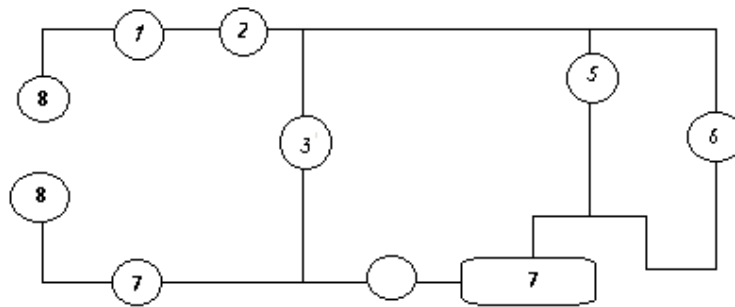
1 – запобіжник, 2 – вольтметр, 3 – лампа накаливання, 4 – розетка, 5 – вимикач однополюсний, 6 – амперметр, 7 – змінний резистор, 8 – затискач.

Варіант №5



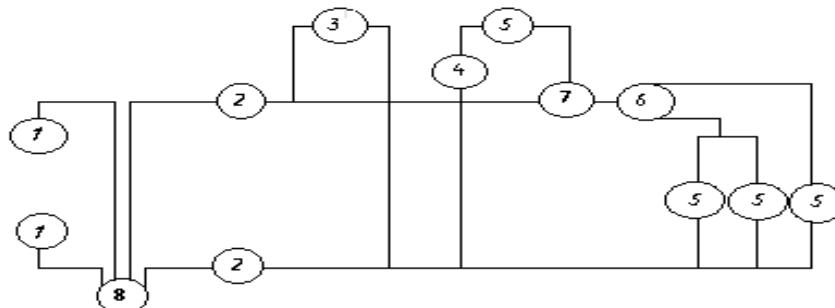
1 – лічильник, 2 – запобіжник плавкий, 3 – вимикач однополюсний,
4 – лампа накаливання, 5 – вимикач-кнопка,
6 – розетка, 7 – трансформатор, 8 – дзвоник, 9 – затискач.

Варіант №6



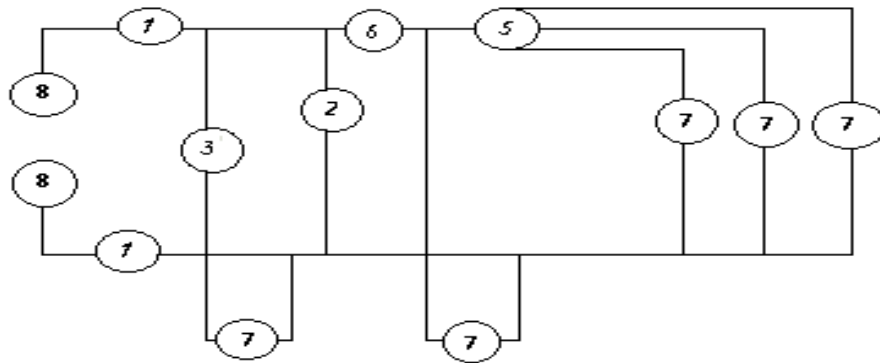
1 – запобіжник плавкий, 2 – амперметр, 3 – розетка,
4 – вимикач однополюсний, 5 – вольтметр, 6 – лампа накаливання,
7 – змінний резистор, 8 – затискач.

Варіант №7



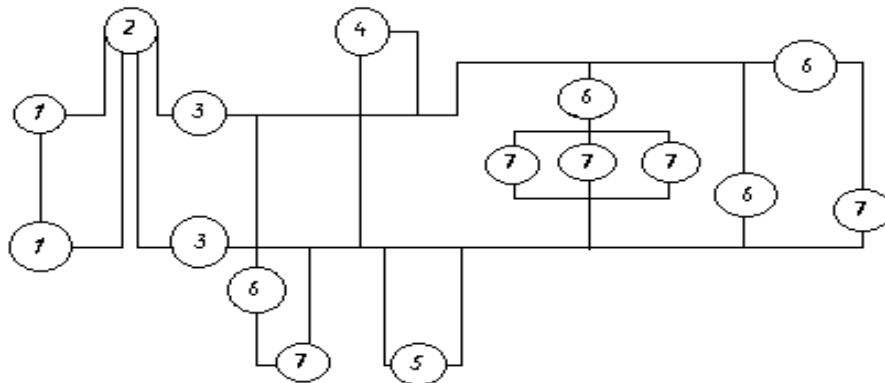
1 – затискач, 2 – запобіжник плавкий, 3 – розетка, 4 – вимикач
однополюсний, 5 – лампа накаливання, 6 – перемикач,
7 – з'єднання дротів, 8 – лічильник.

Варіант №8



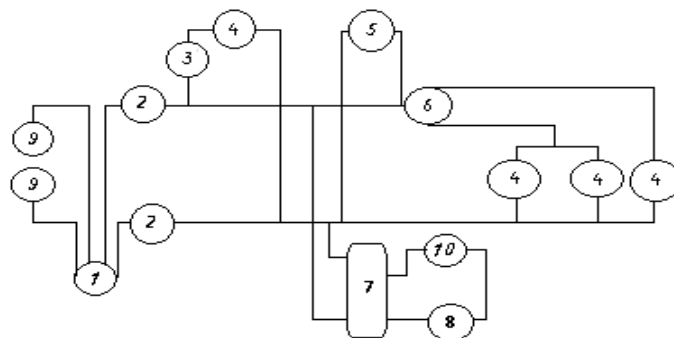
1 – запобіжник плавкий, 2 – вольтметр, 3 – вимикач однополюсний,
4 – розетка, 5 – перемикач, 6 – амперметр, 7 – лампа накаливання,
8 – затискач.

Варіант №9



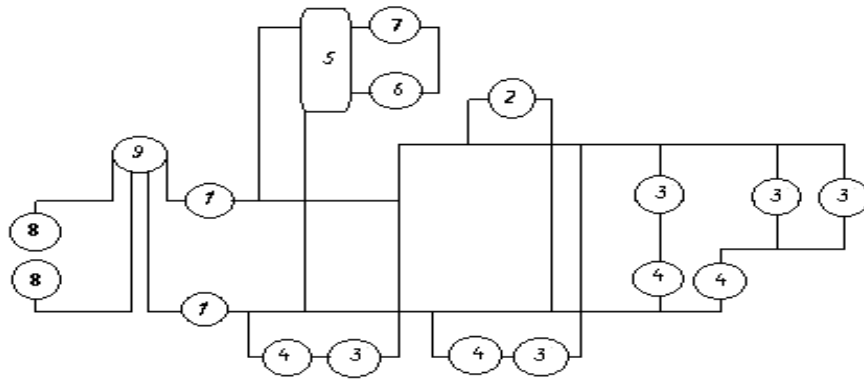
1 – затискач, 2 – лічильник, 3 – запобіжник плавкий,
2-4 – вольтметр, 5 – амперметр, 6 – вимикач однополюсний,
7 – лампа накаливання, 8 – розетка.

Варіант №10



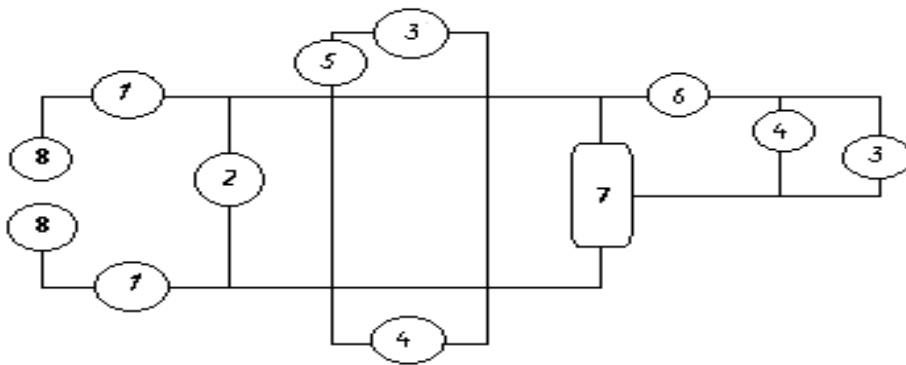
1 – лічильник, 2 – запобіжник, 3 – вимикач однополюсний,
4 – лампа накаливання, 5 – розетка, 6 – перемикач,
7 – трансформатор, 8 – дзвоник, 9 – затискач, 10 – вимикач-кнопка.

Варіант №11



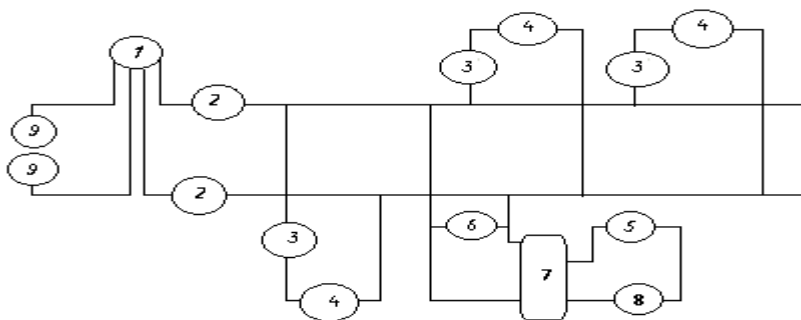
1 – запобіжник, 2 – розетка, 3 – лампа накаливання,
4 – вимикач однополюсний, 5 – трансформатор, 6 – дзвоник,
7 – вимикач-кнопка, 8 – затискач, 9 – лічильник.

Варіант №12



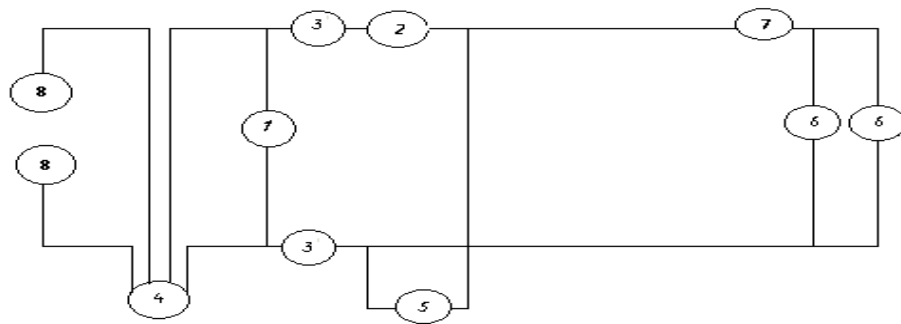
1 – запобіжник, 2 – вольтметр, 3 – лампа накаливання,
4 – розетка, 5 – вимикач однополюсний, 6 – амперметр,
7 – змінний резистор, 8 – затискач.

Варіант №13



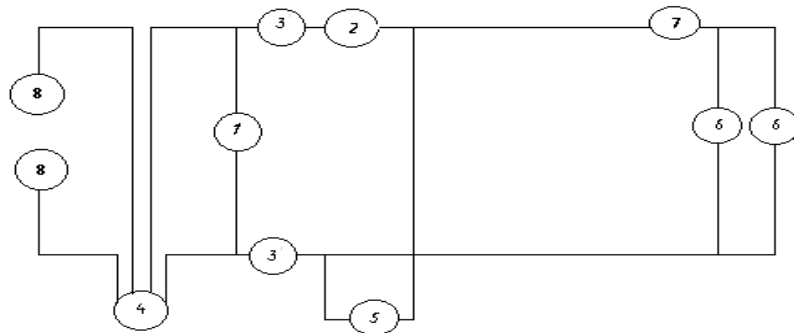
1 – лічильник, 2 – запобіжник плавкий, 3 – вимикач однополюсний,
4 – лампа накаливання, 5 – вимикач-кнопка, 6 – розетка,
7 – трансформатор, 8 – дзвоник, 9 – затискач.

Варіант №14



1 – вольтметр, 2 – амперметр, 3– запобіжник, 4 – лічильник,
5 – розетка, 6 – лампа накаливання, 7– вимикач однополюсний,
8 – затискач.

Варіант №15



1 – вольтметр, 2 – амперметр, 3 – запобіжник, 4 – лічильник,
5 – розетка, 6 – лампа накаливання, 7 – вимикач однополюсний,
8 – затискач.

3.4.1. Мультимедійна презентація до теми «Електричні схеми»

Для закріплення знань із теми «Електричні схеми» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Мультимедійна презентація до теми «Електричні схеми»

3.5 Мультимедійні презентації до виконання графічних робіт в AutoCAD

Для того, щоб почати виконання креслень в AutoCAD (пропонується виконання електричної схеми та складального креслення виробу), необхідно переглянути вступну відеоінструкцію «Початок роботи в AutoCAD, виконання ескізу».



*Відеоінструкція «Початок роботи в AutoCAD,
виконання ескізу»*

Наступним кроком необхідно налаштувати зовнішній вигляд програми та ознайомитися із зміною полів в області листа.



*Мультимедійна презентація «Налаштування зовнішнього
вигляду AutoCAD»*



*Мультимедійна презентація «Зміна полів в області листа в
області листа»*

Далі здобувачу вищої освіти пропонується виконати рамку і штамп. Цьому присвячено дві мультимедійні презентації із відповідними назвами.



Мультимедійна презентація «Креслення рамки»



Мультимедійна презентація «Креслення основного напису»

Наступним кроком є виконання безпосередньо завдання. Представлено мультимедійні презентації стосовно креслення деталей та виконання аксонометрії.



Мультимедійна презентація «Креслення деталі»



Мультимедійна презентація «Креслення деталі – 2»



Мультимедійна презентація «Аксонометрія в AutoCAD»

Якщо виникає необхідність друку креслень, виконаних в електронному вигляді, представлений матеріал стосовно зміни полів в області листа при друкуванні.



Мультимедійна презентація «Зміна полів в області листа при друкуванні»

3.5.1. Тестовий навчальний тренажер «Складальне креслення»

Для закріплення знань із теми «Складальне креслення» здобувачам вищої освіти пропонується переглянути мультимедійну презентацію. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Тестовий навчальний тренажер «Складальне креслення»

3.6 Питання до розділу «Комп'ютерна графіка»

1. Назвіть основні елементи електричних схем.
2. Яка роль умовних позначень на схемах?
3. Які вимоги встановлюють до виконання умовних позначень на схемах?
4. Класифікація схем по призначенню.
5. Для чого призначені схеми?
6. Перерахуйте основні загальні вимоги до виконання електричних схем.
7. Яка роль ліній на електричних схемах?
8. Яким чином надаються дані про елементи, що входять до складу виробу?
9. Як заповнюється таблиця переліку складових виробу?
10. Які графічні позначення застосовують при виконанні схем?
11. Як класифікуються схеми залежно від елементів і зв'язків між ними?
12. Яка послідовність читання складальних креслень? Що розуміти під деталюванням складального креслення?
13. З яких етапів складається процес деталювання?

14. Що розуміти під виразом «узгодження розмірів сполучних деталей»?
15. Як зображують на робочому кресленні деталі, елементи яких не показані на складальному кресленні (наприклад, фаски, проточки, заокруглення, ухили і т. п.)?
16. Як по складальному кресленню визначити шорсткість поверхонь деталей?
17. Які креслення називають складальними?
18. Назвіть вимоги, які встановлені до виконання складальних креслень.
19. В якій послідовності виконують з натури складальне креслення?
20. Які розміри проставляють на складальному кресленні?
21. Як заповнюють специфікацію до складального креслення?
22. Вкажіть основні вимоги, пропоновані до нанесення номерів позицій деталей на складальному кресленні.
23. Як умовно позначають на складальному кресленні посадки і граничні відхилення сполучених деталей?
24. Як зображують на кресленні рухомі деталі та контури прикордонних деталей?
25. Які умовності та спрощення застосовують на складальних кресленнях?
26. Яким чином в AutoCAD будуються геометричні образи? Назвіть команди.
27. Назвіть команди редагування в AutoCAD.

3.7 Підсумковий тестовий навчальний тренажер «Інженерна та комп'ютерна графіка»

Для закріплення знань із курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» здобувачам вищої освіти пропонується пройти підсумковий тестовий навчальний тренажер. Для цього необхідно відсканувати QR-код та перейти за посиланням.



Підсумковий тестовий навчальний тренажер «Інженерна та комп'ютерна графіка»

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПОКАЖЧИК

аксонометрія	149	паяне з'єднання	158
багатогранник	76	перетворення комплексного креслення	47
болт	175	перетинні прямі	19
вид	133	перехресні прямі	19
виносна лінія	90	переріз	138
гвинт	176	плоско паралельне переміщення	53
гіпербола	122	постійна комплексного креслення	13
горизонталь	16	похилий розріз	135
грань	77	призма	77
двогранний кут	72	піраміда	77
двокартинне креслення	16	профільна пряма	16
диметрія	151	профільна площа	25
дуга спряження	115	пряма рівня	16
електросхема	225	радіус спряження	114
евольвента	124	ребро	83
еліпс	120	розгортка	80
епюр Монжа	12	розміри	6
ескіз	192	розмірна лінія	90
ізометрія	149	розмірне число	90
зварне з'єднання	157	розріз	134
клейове з'єднання	159	роз'ємні з'єднання	166
конусність	102	синусоїда	123
комплексне креслення	12	складальне креслення	192
ламаний розріз	137	специфікація	198
масштаб	8	спіраль Архімеда	125
метод прямокутного трикутника	13	способи розгорток багатогранників	80
натуральна величина	8	спряження	114
нероз'ємні з'єднання	157	ступічастий розріз	137
парабола	121	ухил	102
паралельні прямі	18	фронталь	16

ЛІТЕРАТУРА

1. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. ДСТУ 3321-96. Держстандарт України. – К. 1996. – 80 с.
2. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. – М., 1991. – 238 с.
3. Степанов Б.Л., Тихонова Н.Н., Трунова А.Н., и др. Задачник по машиностроительному черчению. М. : Машиностроение, 1983. – 64 с.
4. Головчук А. Ф., Кепко О. І., Чумак Н. М. Інженерна та комп'ютерна графіка: Навч. посіб. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 160 с.
5. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власик Г.Г. Інженерна графіка – К.: Видавнича група ВНУ, 2009. – 400 с
6. Верхола А.П., Коваленко Б.Д., Богданов В.М. та ін. Інженерна графіка: креслення, комп'ютерна графіка : Навч. посібн. / За ред. А.П. Верхоли. – К. : Каравела, 2005. – 304 с.
7. Боголюбов С.К. Чтение и детализирование сборочных чертежей. Альбом. Машиностроение, 1986. – 84 с.: ил.
8. Методичні рекомендації з виконання креслення нарізей з дисципліни «Інженерна графіка» / О.С. Жовтяк, Т.С. Савельєва, Д. С. Пустовой. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – 40 с.
9. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AUTOCAD : Навч. посібник. – К.:Каравела, 2005. – 336 с.
10. Михайленко В.Є. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник. К. : Вища шк., 2001. – 350 с.
11. Сидоренко В. К. Технічне креслення. Львів : Оріяна-Нова, 2000. – 497с.
12. Хаскін А. М. Креслення : підручн. для учнів технікумів / А. М. Хаскін. – Київ : Вища школа, 1972. – 396 с
13. Биков В. Ю. Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти // Інформаційні технології і засоби навчання: зб. наук.праць / за ред. В. Ю. Бикова, Ю. О. Жука / Ін-т засобів навчання АПН України.– К. : Атіка, 2005. – 272 с.
14. Технологія розробки дистанційного курсу: навчальний посібник / В. Ю. Биков, В. М. Кухаренко, Н. Г. Сиротинко,

О. В. Рибалко; за ред. В. Ю. Бикова та В. М. Кухаренка. – К. : Міленіум, 2008. – 324 с.

15. Степанов С. М. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка. Методичні рекомендації для виконання графічних робіт та самостійної роботи студентів з теми «Геометричне креслення» / С. М. Степанов. – Миколаїв : МНАУ, 2013. – 56 с.

16. Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» для здобувачів вищої освіти спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми навчання. Миколаїв : МНАУ, 2019. – 24 с.

17. Степанов С. М. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка. Методичні рекомендації для виконання графічних робіт та самостійної роботи студентів з теми «Точка, пряма та площина» / С. М. Степанов. – Миколаїв : МНАУ, 2012. – 56 с.

18. Кепко О.І., Чумак Н.М. Особливості комп'ютеризації процесу викладання дисципліни «Інженерна графіка» в регіональних ВНЗ // Наука і методика: Збірник науково-методичних праць / редкол.: А.Ф. Гойчук (гол. ред.) та ін. – К. : Аграрна освіта, – 2006. – Вип. 10. – с. 50–52.

19. Фролов С. А. Машиностроительное черчение / С. А. Фролов. – М. : Машиностроение, 1981. – 300 с.

20. Федоренко В. А. Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – Л., 1981. – 350 с.

21. Анурьев В. П. Справочник конструктора-машиностроителя / В. П. Анурьев. – М. : Высшая школа, 1989. – 256 с.

22. Доценко Н.А. Інженерна та комп'ютерна графіка : методичні рекомендації для застосування інтерактивних тренажерів при виконанні лабораторних та практичних робіт здобувачами вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання, спеціальностей 162 «Біотехнології та біоінженерія», 181 «Харчові технології» денної форми навчання. – Миколаїв : МНАУ, 2018. – 84с.

23. Доценко Н.А. Інженерна та комп'ютерна графіка : методичні рекомендації для виконання практичних та самостійних робіт на основі використання відеоконтенту в умовах інформаційно-освітнього середовища для здобувачів вищої освіти ступеня бакалавр спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Миколаїв : МНАУ, 2019. – 20с.

24. Степанов С.М, Горбенко Н.А. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка : методичні рекомендації до виконання графічних робіт з теми: «Поверхні та їх розгортки» для студентів денної форми навчання напрямів підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі», 6.090102 «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва». – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 38 с.

25. Степанов С.М, Горбенко Н.А. Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка: методичні рекомендації для виконання графічних робіт та самостійної роботи студентів з теми: «Ескізування деталей і складальні креслення» для студентів напряму підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». – Миколаїв : МНАУ, 2014. – 55с.

26. D. Babenko, I. Batsurovska, N. Dotsenko, O. Gorbenko, I. Andriushchenko and N. Kim. Application of Monitoring of the Informational and Educational Environment in the Engineering Education System. IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 442-445.

27. Інженерна і комп'ютерна графіка : Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / В.М. Сидоренко. – К. : КНЕУ, 2009. – 161 с.

28. Інженерна та комп'ютерна графіка : навчальний курс. – URL: <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=353>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Умовні позначення в курсі «Інженерна та комп'ютерна графіка»	4
Розділ 1 НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ	6
1.1 Загальні правила оформлення креслень. Формати, масштаби, основний напис, лінії, шрифти	6
1.1.1.Формати.....	6
1.1.2.Масштаби	8
1.1.3.Лінії.....	8
1.1.4.Шрифти	9
1.1.5.Штриховка	11
1.2 Точка, пряма та площина на комплексному кресленні.....	12
1.2.1. Точка на комплексному кресленні	12
1.2.2.Пряма на комплексному кресленні. Спосіб прямокутного трикутника	13
1.2.3. Взаємне положення двох прямих	18
1.2.4.Проекції прямого кута	21
1.2.5. Площина на комплексному кресленні	23
1.2.6. Точки і прямі в площині	26
1.2.7. Прямі, паралельні та перпендикулярні до площини	29
1.2.8. Прямі, що перетинаються з площиною	31
1.2.9. Паралельність і перпендикулярність двох площин.....	33
1.2.10. Площини, що перетинаються	35
1.3 Загальні правила оформлення креслень	37
1.3.1. Мультимедійна презентація «Загальні вимоги до креслень» ...	39
1.4 Графічна робота №1 «Точка, пряма та площина на комплексному кресленні»	39
1.4.1. Мультимедійна презентація «Точка, пряма та площина»	43
1.5 Графічна робота №2 «Позиційні задачі».....	44
1.5.1. Мультимедійна презентація «Позиційні задачі»	47
1.5.2. Тестовий навчальний тренажер «Точка, пряма та площина» ...	48
1.6 Перетворення комплексного креслення	48

1.6.1. Мета і способи перетворення креслення	48
1.6.2. Обертання навколо проектуючих прямих	49
1.6.3. Плоско паралельне переміщення. Чотири основні способи перетворення.....	54
1.6.4. Обертання навколо прямих рівня.....	61
1.6.5. Заміна площин проєкцій.....	63
1.7 Графічна робота №3 «Метричні задачі».....	72
1.7.1. Мультимедійна презентація «Метричні задачі».....	77
1.8 Багатогранники та їх розгортки.....	77
1.8.1. Перетин багатогранника прямою лінією.....	79
1.8.2. Побудова розгорток багатогранників	81
1.9 Графічна робота №4. Побудова розгортки багатогранника	85
1.9.1. Мультимедійна презентація «Розгортка багатогранника».....	88
1.10 Питання до розділу «Нарисна геометрія»	88
1.11. Тестовий навчальний тренажер «Нарисна геометрія».....	90
Розділ 2 ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА.....	91
2.1 Нанесення розмірів на кресленні.....	91
2.1.1. Основні вимоги нанесення розмірів	91
2.2 Графічна робота №5 «Шрифти, ухил і конусність, розмірні лінії»	106
2.3 Графічна робота №6 «Нанесення розмірів на кресленні»	109
2.3.1. Мультимедійна презентація «Основні вимоги до проставлення розмірів».....	114
2.4 Спряження.....	114
2.4.1. Спряження двох прямих ліній, що перетинаються	115
2.4.2. Спряження прямої з колом.....	116
2.4.3. Спряження кіл.....	117
2.5 Лекальні криві.....	120
2.6 Графічна робота №7 «Спряження та лекальні криві».....	128
2.6.1. Мультимедійна презентація «Спряження та лекальні криві»..	133
2.7 Види, розрізи, перерізи	134
2.8 Графічна робота 8 «Види, перерізи».....	140
2.9 Графічна робота №9 «Прості та складні розрізи»	144
2.9.1. Мультимедійна презентація «Види, розрізи, перерізи»	149

2.10 Аксонометрія	150
2.11 Графічна робота №10 «Аксонометрія».....	156
2.11.2. Тестовий навчальний тренажер «Креслення деталей»	158
2.12 Нероз’ємні з’єднання	158
2.12.1. Мультимедійна презентація «Нероз’ємні з’єднання».....	161
2.13 Графічна робота №11 «Нероз’ємні з’єднання»	161
2.14 Роз’ємні з’єднання	167
2.14.1. Основні параметри різі	168
2.14.2. Позначення різі.....	169
2.14.3. Кріпильні деталі	176
2.14.4. Роз’ємні з’єднання	183
2.15 Графічна робота 12 «Роз’ємні з’єднання».....	188
2.16 Питання до розділу «Інженерна графіка»	190
2.17 Тестовий навчальний тренажер «Інженерна графіка».....	192
Розділ 3 КОМП’ЮТЕРНА ГРАФІКА	193
3.1 Деталювання складального креслення	193
3.1.1. Загальні положення.....	193
3.1.2. Виконання ескізів деталей виробу	193
3.1.3. Послідовність виконання складальних креслень.....	194
3.1.4. Вибір кількості зображень на складальному кресленні.....	195
3.1.5. Розміри на складальних кресленнях	196
3.1.6. Номери позицій	197
3.1.7. Специфікація.....	199
3.1.8. Позначення креслень	202
3.1.9. Приклад виконання складального креслення вентиля.....	203
3.1.10. Умовності та спрощення на складальних кресленнях	210
3.1.11. Позначення шорсткості поверхонь.....	211
3.2 Графічна робота №13 «Складальне креслення»	214
3.2.1. Мультимедійна презентація «Складальне креслення».....	215
3.3 Креслення електричної схеми.....	226
3.3.1. Загальні вимоги до виконання схем.....	227
3.3.2. Класифікація схем.....	228
3.3.3. Лінії.....	231
3.3.4. Перелік елементів.....	232

3.3.5. Умовні графічні позначення	234
3.4 Графічна робота №14 «Креслення електричної схеми»	236
3.4.1. Мультимедійна презентація до теми «Електричні схеми».....	241
3.5 Мультимедійні презентації до виконання графічних робіт в AutoCAD.....	242
3.5.1. Тестовий навчальний тренажер «Комп'ютерна графіка»	245
3.6 Питання до розділу «Комп'ютерна графіка»	245
3.7. Підсумковий тестовий навчальний тренажер "Інженерна та комп'ютерна графіка"	247
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПОКАЖЧИК	248
ЛІТЕРАТУРА.....	249

Навчальне видання

Бабенко Дмитро Володимирович

Доценко Наталія Андріївна

Горбенко Олена Андріївна

Степанов Сергій Миколайович

**ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА:
ПРАКТИКУМ ДЛЯ НАВЧАННЯ В УМОВАХ
ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчальний посібник

за редакцією проф. Д. В. Бабенка

Технічний редактор: Н. А. Доценко

Комп'ютерний дизайн обкладинки: Н. А. Доценко

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 16

Тираж 300 прим. 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.