

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА  
УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет  
Кафедра загальнотехнічних дисциплін



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

**Методичні рекомендації**

з вивчення дисципліни та виконання графічних робіт  
для студентів заочної форми навчання напрямку підготовки:  
6.100101 “Енергетика та електротехнічні системи  
в агропромисловому комплексі”

МИКОЛАЇВ  
2014

УДК 514.18  
ББК 22.151.34  
Н64

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 23.10. 2014р., протокол №12 .

Укладач:

І. С. Павлюченко – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін,  
Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

К.М. Думенко – д-р.техн.наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Миколаївського національного аграрного університету;

Г. О. Іванов – канд.техн.наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2014

## ВСТУП

«Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» відноситься до тих навчальних дисциплін, які вивчаються у всіх технічних вузах всіх рівнів, що готують інженерні кадри для промисловості, будівництва, транспорту і ін. і є однією з дисциплін, які складають основу інженерно-технічної освіти. Експлуатація існуючих машин і апаратів, освоєння нової техніки і нових технологій, проектування нового обладнання вимагають глибоких знань, вміння орієнтуватися в кресленнях і іншій технічній документації, вміння передати свої технічні думки і ідеї за допомогою найкоротшої і виразнішої мови – мови інженерної графіки, яка являє собою креслення. Для того, щоб успішно опанувати цією мовою, студенти повинні вивчити правила побудови креслення – відображення на площині тривимірних об'єктів навколишнього світу, зокрема творінь людських рук і розуму – різних машин, механізмів, приладів і т.п. Ці правила складають суть науки «Нарисна геометрія».

Окрім теоретичних основ, важливою складовою цієї дисципліни є вивчення стандартів *ЕСКД*, які дозволяють уніфікувати процес виконання креслень. Завдяки стандартам, різним умовностям, прийнятим в них, зображення найскладніших механізмів і їх окремих деталей стає доступним для рядового інженера і не є вже привілеєм лише високого класу фахівців, як це було до епохи стандартизації. Крім того, стандарти роблять креслення однозначним, тобто, де і ким би воно не виконувалось, воно буде «розшифроване» будь-якою технічно грамотною людиною саме так, як було задумане при виконанні, і може бути відповідно реалізоване.

Виконання креслень на основі проєкційного методу вимагає розвиненого просторового уявлення. Завдання, що виконуються студентами при вивченні курсу «Нарисна геометрія, інженерна і комп'ютерна графіка» повинні сприяти розвитку такого уявлення.

Придбані при вивченні курсу знання передбачається використовувати при вивченні інших технічних дисциплін, зокрема, спеціальних. Уміння читати креслення, якому студенти навчаються в курсі «Нарисна геометрія, інженерна і комп'ютерна графіка» повинні сприяти тому, щоб вони краще розуміли пристрій і роботу різних вузлів

технологічного устаткування, з яким вони зустрінуться як при вивченні інших інженерних дисциплін, так і в своїй практичній діяльності.

Робочою програмою дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» по розділу «Нарисна геометрія, інженерна графіка» передбачається самостійна робота студента, яка є виконанням ряду графічних завдань по різних темах курсу, як правило, по індивідуальним варіантам. При цьому передбачається робота студентів з навчальною і довідковою літературою, конспектом лекцій, а також методичними розробками.

Перед виконанням завдань студент повинен вивчити стандарти ЕСКД, що відносяться до оформлення креслень:

ГОСТ 2.301-68 – Формати [1 с. 88-89, 3 с. 10, 9 с. 3-4]

ГОСТ 2.302-68 – Масштаби [1 с. 90, 3 с. 11, 9 с. 5]

ГОСТ 2.303-68 – Лінії [1 с. 90-91, 3 с. 11, 9 с.6-8]

ГОСТ 2.306-68 – Позначення графічні матеріалів [1 с. 100-201, 3 с. 17, 9 с. 63-70]

ГОСТ 2.307-68 – Нанесення розмірів [1 с. 101-103, 3 с. 19, 9 71-96]

Завдання повинні бути виконані на листах креслярського паперу формату А3 (420x297 мм). Заздалегідь креслярський лист оформляється рамкою і основним написом (рис. 0). Лінії рамки повинні знаходитись від лівого краю листа на відстані 20 мм, а з решти сторін – по 5 мм. У правому нижньому кутку листа виконується основний напис (кутовий штамп) по ГОСТ 2.104-68 (рис. 1). Всі креслення виконуються креслярським олівцем із застосуванням креслярських інструментів (окрім ескізів, що виконуються від руки). Студенти денного відділення в цілому графічні роботи виконують на практичних заняттях. Спочатку всі побудови виконують в тонких лініях і у такому вигляді представляють креслення на перевірку викладачеві. Після перевірки студент повинен виконати виправлення на кресленні з урахуванням зауважень, зроблених викладачем, обвести креслення лініями необхідної товщини з урахуванням ГОСТ 2.303-68. Всі написи на кресленнях повинні бути виконані креслярським шрифтом №№ 3,5,5,7 відповідно до ГОСТ 2.304-81. Закінчене, правильно виконане креслення, повинно бути пред'явлене викладачеві на підпис. Тільки підписане викладачем креслення вважається виконаним, після чого студент зберігає його до кінця семестру. В кінці

семестру на іспиті студент повинен здати викладачеві альбом, що включає всі виконані ним і підписані викладачем графічні роботи, зшиті разом.

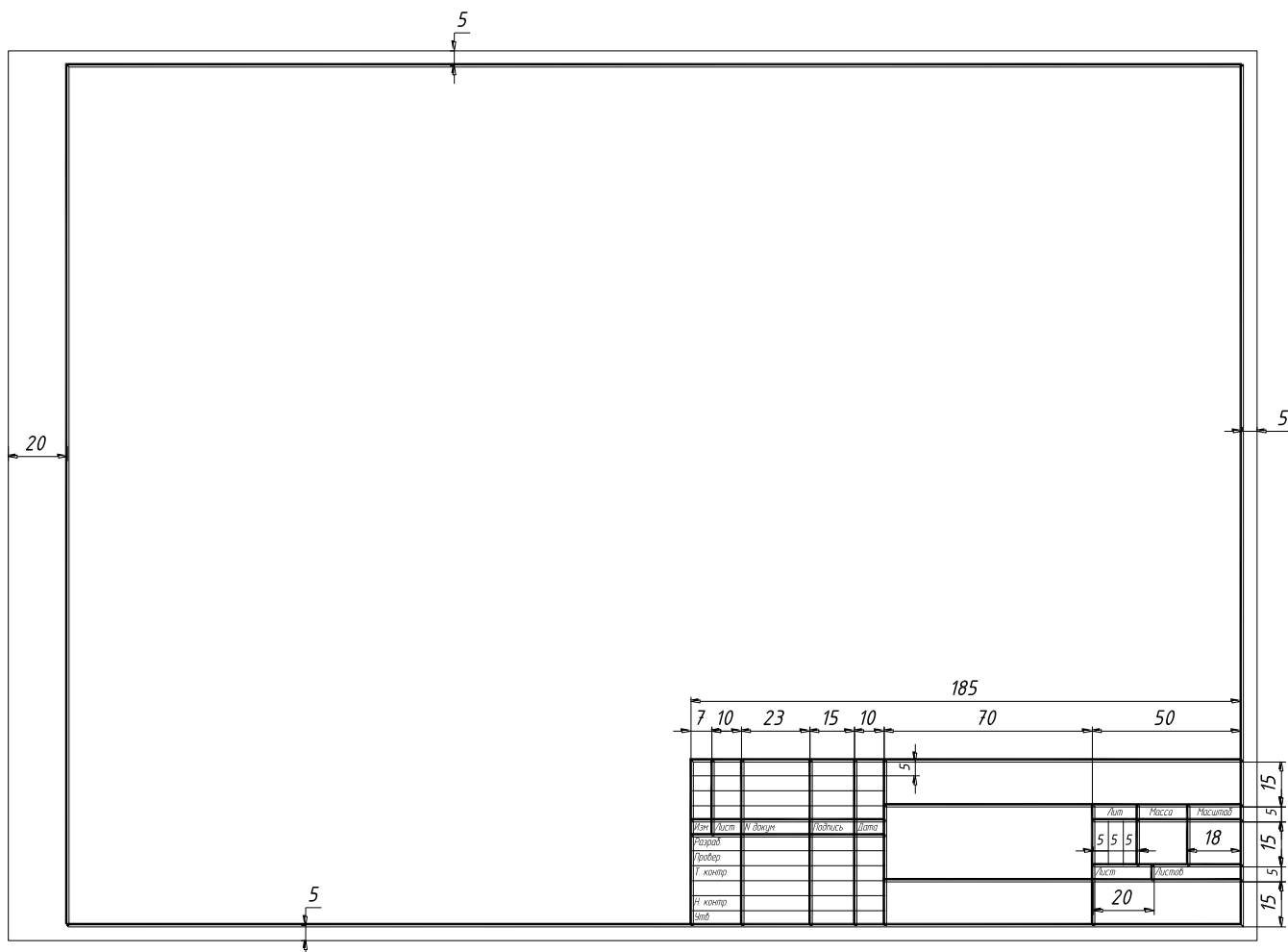


Рис. 0

# І СЕМЕСТР «НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ»

## І. ТОЧКА, ПРЯМА, ПЛОЩИНА

### 1.1. Точка на комплексному кресленні

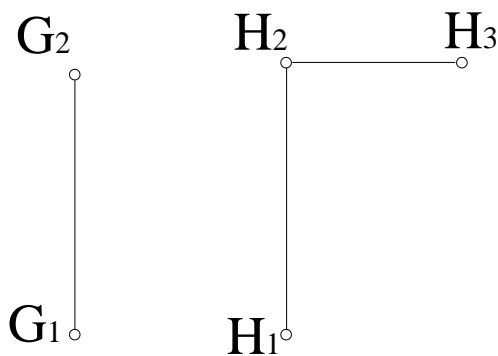
На рис. 1а і б представлені відповідно двокартинні та трьохкартинні комплексні креслення точок  $G$  і  $H$ . Креслення ці безвісні. Вони елементарні і особливих пояснень не потребують.

Іноді приходится будувати комплексні креслення точок по їх координатам.

**Координатами  $x, y, z$**  точки  $M$  називаються відповідно відстані від даної точки до фіксованих площин проєкцій  $\Pi_3, \Pi_2, \Pi_1$  (рис.2.).

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 дужках після її найменування. Наприклад:  $A(30,15,25)$ .



а). б).

Рис. 1

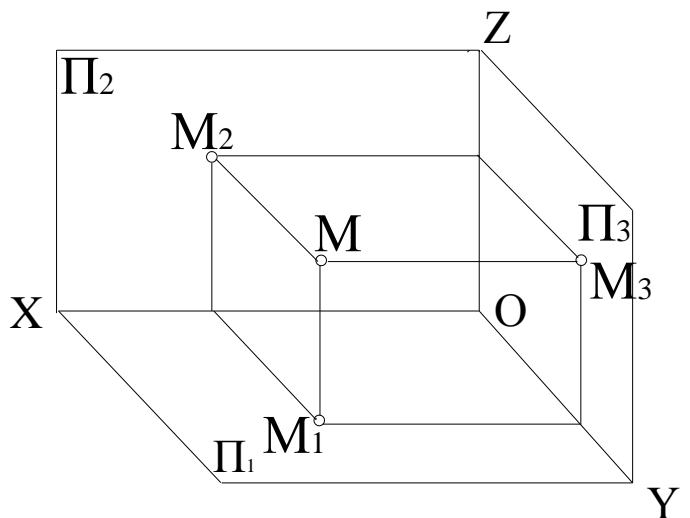


Рис. 2

### 1.2. Пряма на комплексному кресленні.

#### Визначення натуральної величини способом прямокутного трикутника.

Наступним геометричним образом після точки є пряма. Необхідно пам'ятати, що пряма нескінчена, тобто вона може бути продовжена. Якщо пряма лінія не співпадає з напрямом проєктування, то її проєкція також являється прямою. В протилежному випадку вона проєктується в точку.

На комплексному кресленні пряма лінія може бути задана безпосередньо своїми проекціями (пряма  $q$  на рис. 3а), проекціями двох її точок (точки  $K$  і  $L$  на рис. 3б) або проекціями її відрізка (відрізок  $KL$  на рис. 3в).

Відновлюючи пряму лінію, що розглядається, по її зображенням (проекціям) – рис. 3г, визначаємо, що дана пряма не паралельна і не перпендикулярна ні одній з площин проекцій:  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ . Такі прямі називаються **прямими загального положення**.

Аналізуючи рис. 3в,г, робимо висновок, що проекції  $K_1L_1$  і  $K_2L_2$  не дорівнюють по довжині самому відрізку-оригіналу, тобто вони коротші за нього, так як при проектуванні відрізок  $KL$  знаходився під кутом до площини проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .

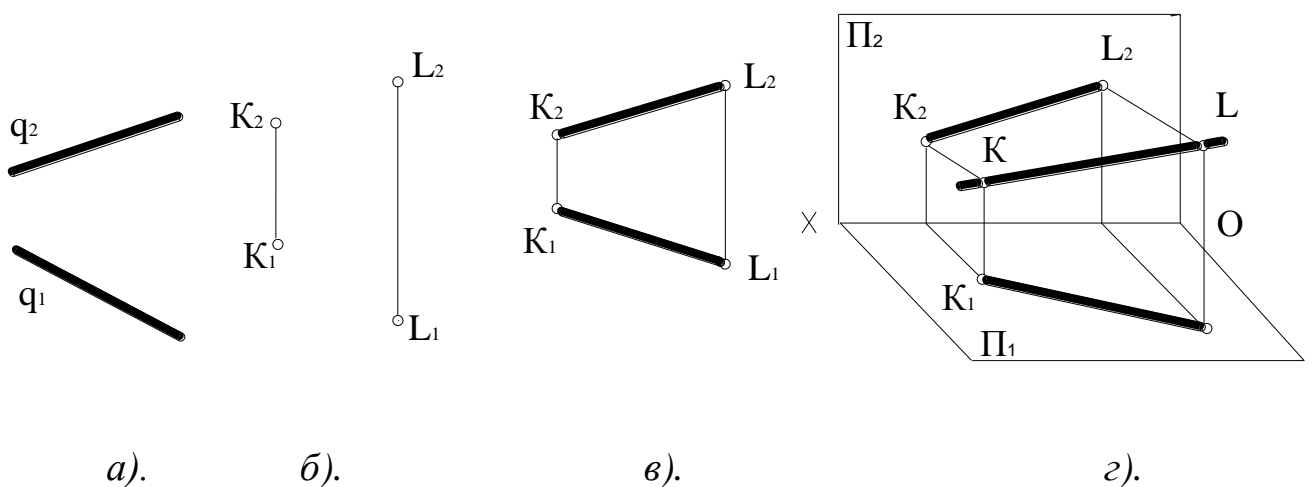


Рис. 3

Часто доводиться розв'язувати задачі на визначення натуральної довжини відрізка прямої загального положення по його комплексному кресленню. Спочатку розв'яжемо задачу в наочному зображенні (рис. 4.).

Проведемо з точки  $P$  пряму  $PS \parallel \Pi_1$ . Отримаємо прямокутний трикутник  $PQS$ . Побудуємо в площині проекцій  $\Pi_1$  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  $\Delta Z$  одного кінця відрізка над другим (або різниці відстаней кінців відрізка від площини  $\Pi_1$ ).

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. 5.), помічаємо, що всі необхідні елементи для розв'язання поставленої задачі тут є. Є катет  $P_1Q_1$  (горизонтальна проекція відрізка  $PQ$ ) і відома довжина другого катета  $Q_1T$  (вона дорівнює перевищенню  $\Delta Z$  одного кінця відрізка над другим). Виконавши необхідні побудови в площині  $\Pi_1$ , 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 рис. 4. Кут  $\alpha$  між гіпотенузою  $P_1T$  і проекцією  $P_1Q_1$  дорівнює куту нахилу відрізка-оригінала  $PQ$  до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ . Таким чином, в даній задачі одночасно було визначено і натуральну величину кута  $\alpha$  нахилу прямої загального положення (відрізка  $PQ$ ) до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

Розмірковуючи аналогічним чином в відношенні фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$ , знову визначимо ту ж саму натуральну величину відрізка  $PQ$  до фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$ . Рекомендується самостійно виконати схему, подібну рисунку 4, взявши замість площини  $\Pi_1$  площину  $\Pi_2$ .

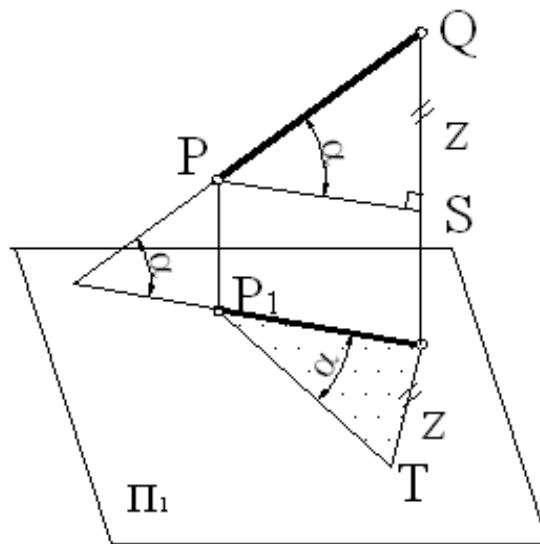


Рис. 4

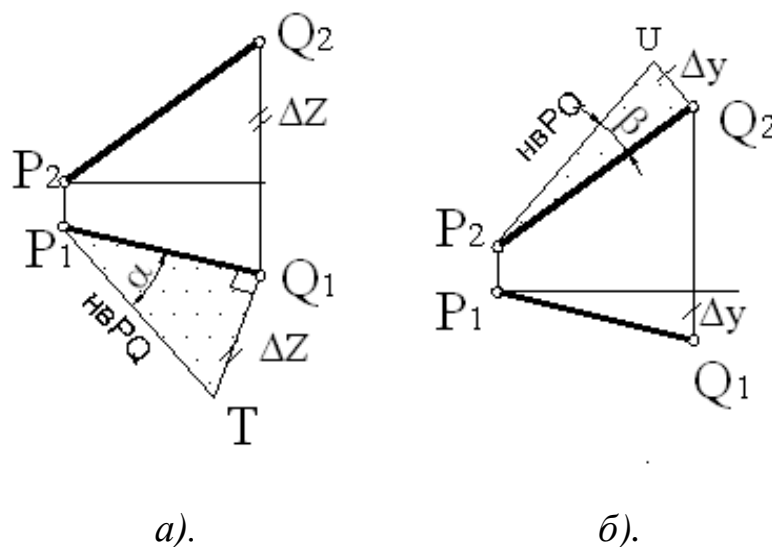


Рис. 5



Звернемося до комплексного креслення (рис. 5б). Прямокутний трикутник будемо у фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ . Тут одним з катетів буде проєкція  $P_2Q_2$ , а другим – відрізок  $Q_2U$ , що дорівнює різниці відстаней  $\Delta u$  кінців відрізка від площини проєкцій  $\Pi_2$ . Тоді гіпотенуза  $P_2U$  є тією ж самою натуральною величиною відрізка  $PQ$ , а кут  $\beta$  між гіпотенузою і проєкцією  $P_2Q_2$  є натуральною величиною кута  $\beta$  нахилу відрізка-оригінала  $PQ$  до фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$ .

### 1.3. Прямі окремого положення

Прямі окремого положення – це прямі або паралельні, або перпендикулярні кожній з площин проєкцій:  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ .

Прямі паралельні до площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  називаються **прямими рівня**, оскільки всі точки такої прямої знаходяться на одному рівні по відношенню до відповідної площини проєкцій.

Прямі перпендикулярні до площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  називаються **проектуючими прямими**, так як вони співпадають з напрямом проектування.

На рис. 6 представлено 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**, оскільки  $h // \Pi_1$ ;

пряма ***f*** – **фронталь**, оскільки  $f // \Pi_2$ ;

пряма ***p*** – **профільна** пряма, оскільки  $p // \Pi_3$ .

На рис. 7 представлено двокартинні 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  $\alpha$  і  $\beta$  визначають кути нахилу цих прямих до відповідних площин проєкцій  $\Pi_2$  і  $\Pi_1$ .

Що ж стосовно профільної прямої ***p***, то для неї двокартинне креслення являється незворотнім (рис. 8а), оскільки не визначає дійсного положення даної прямої у просторі. В такому випадку креслення необхідно доповнити або третім зображенням (профільною проєкцією  $p_3$ ) – рис. 8б, або задати на цій прямій дві будь-які точки ***A*** і ***B***.

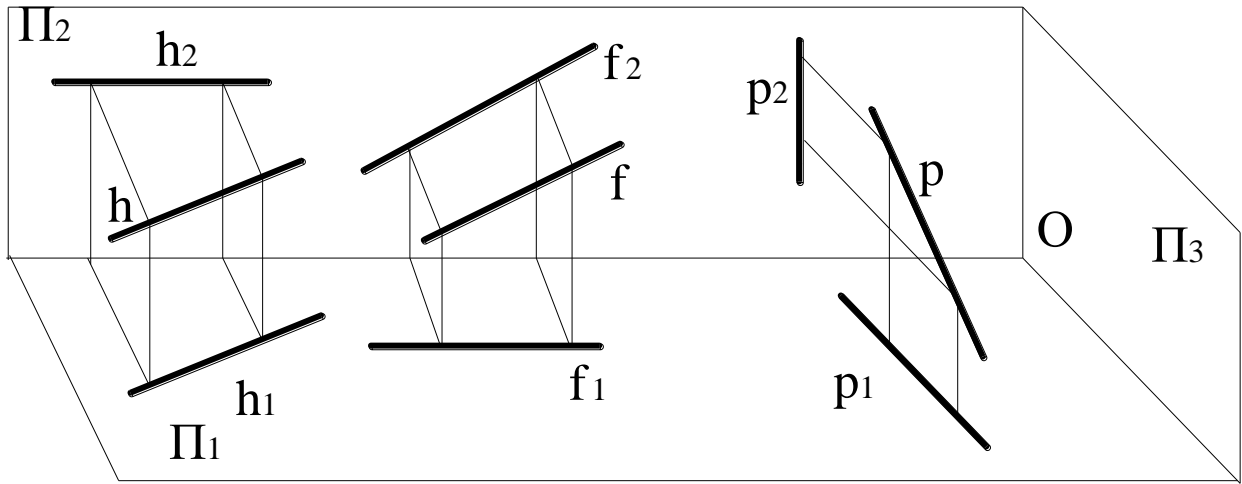


Рис. 6

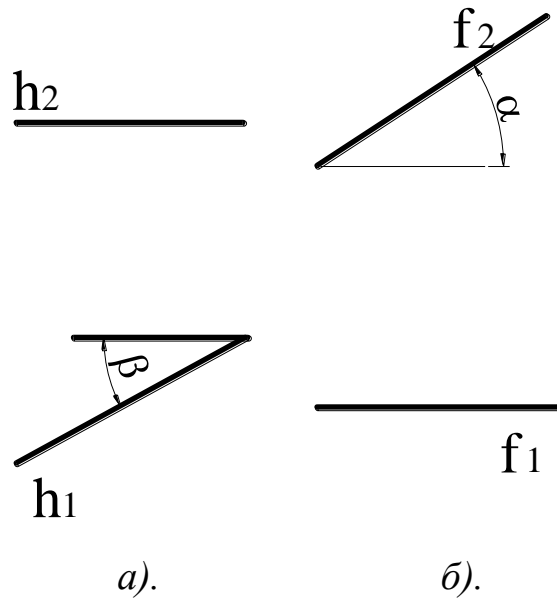


Рис. 7

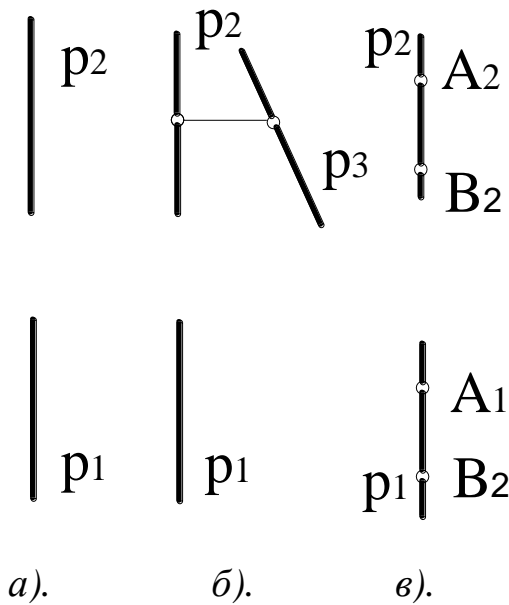


Рис. 8

На рис. 9 представлено наочні зображення другої групи прямих окремого положення – проєктуючих прямих.

У відповідності з назвою площини проєкцій, якій вони перпендикулярні, ці прямі отримали такі назви:

пряма  $s$  – *горизонтально-проєктуюча*, оскільки  $s \perp \Pi_1$ ;

пряма  $t$  – *фронтально-проєктуюча*, оскільки  $t \perp \Pi_2$ ;

пряма  $u$  – *профільно-проєктуюча*, оскільки  $u \perp \Pi_3$ .

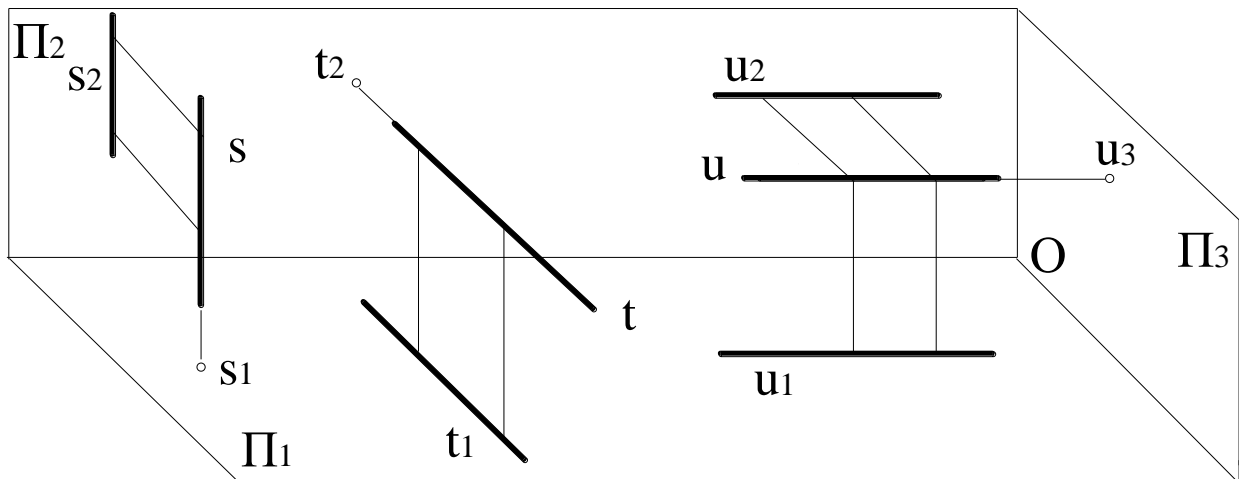


Рис. 9

На рис.10 представлено комплексні креслення проєктуючих прямих  $s, t, u$ .

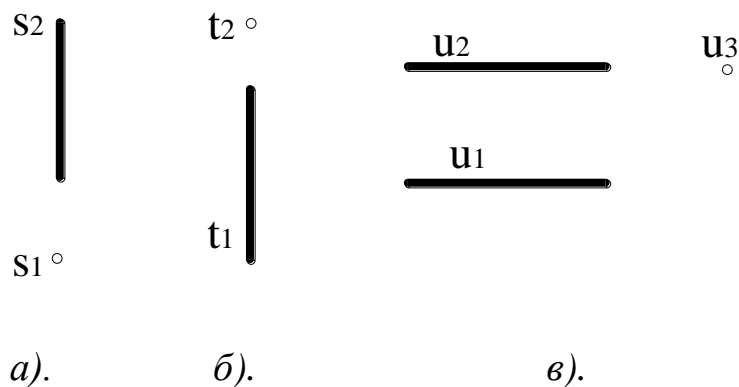


Рис. 10

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

У задачах такі прямі часто використовуються в якості осей обертання.

◆ **Самостійна робота**

Для перевірки знань і тренування просторового мислення рекомендується самостійно проаналізувати комплексні креслення, зображені на рис. 11 і відповісти на наступні питання:

1. Які геометричні образи представлені на кресленнях? Дати їх точні назви.

2. Яким чином розташовані по відношенню один до одного ці геометричні образи?

Примітка: а). на рис.11а, д, ж знак " $\equiv$ " означає співпадіння проекцій двох геометричних образів;

б). на рис.11г точки  $G$  і  $H$  визначають положення прямої  $p$ , оскільки вони задані для зворотності креслення.

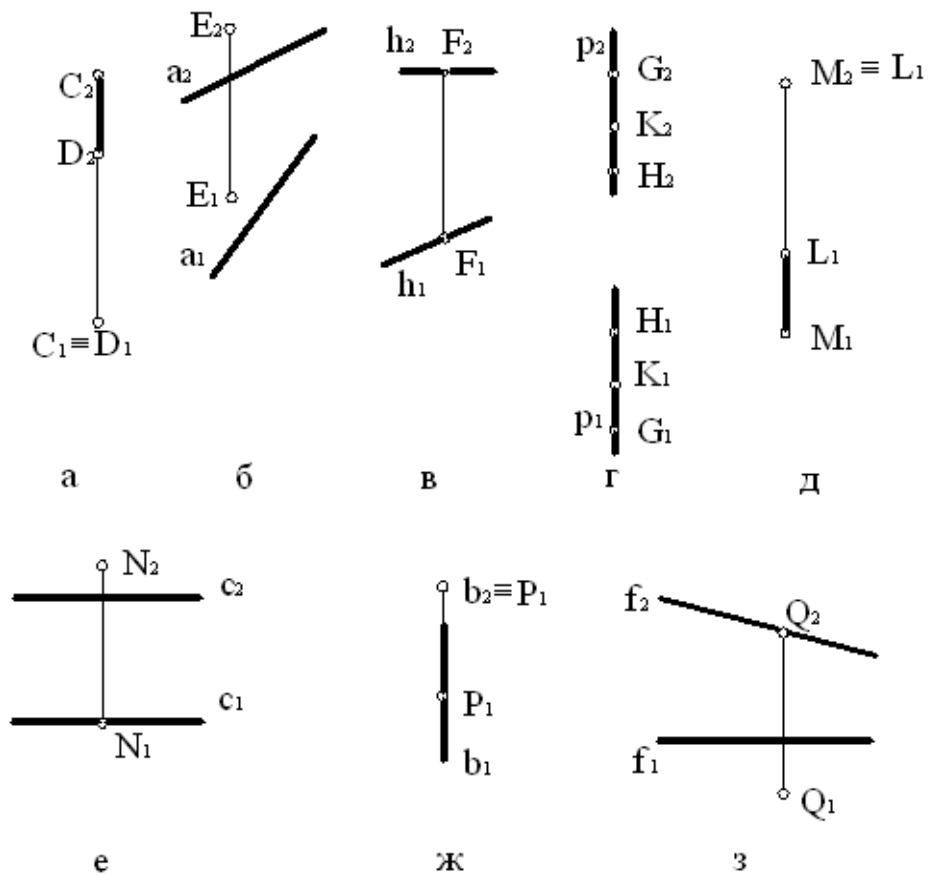
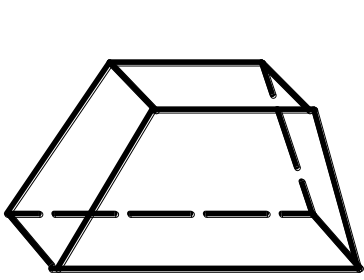
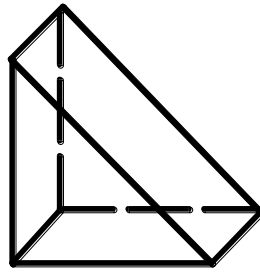


Рис. 11

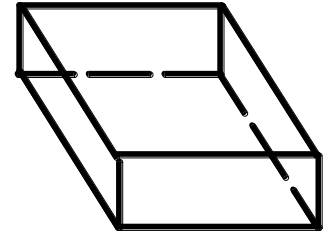
3. На рис. 12 зображенні геометричні тіла, ребра яких представляють собою відрізки загального і окремого положення. Які ці прямі і в якій якості вони знаходяться в кожному з цих геометричних тіл?



a).



б).



в).

Рис.12

### 1.4. 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. 13).

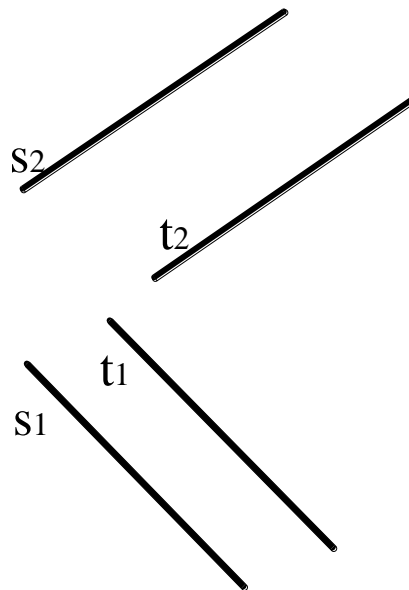


Рис. 13

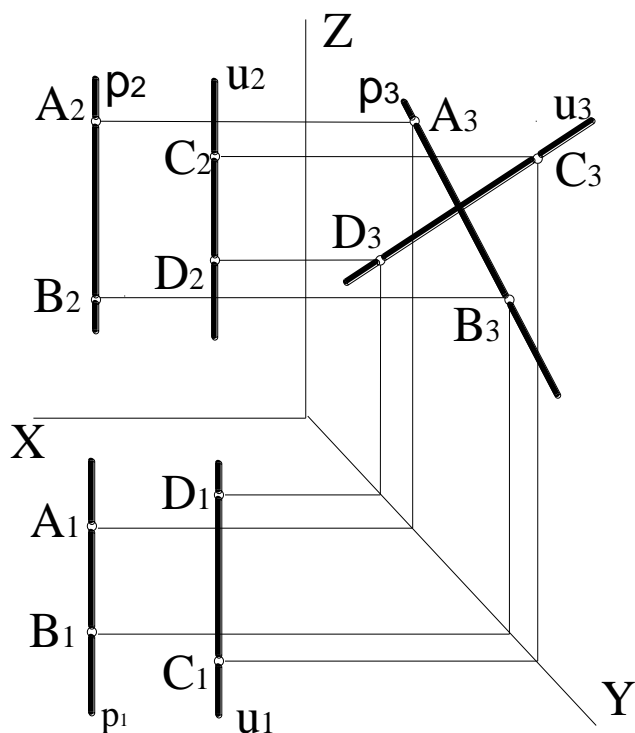


Рис. 14

При наявності основного двокартинного креслення це твердження дійсне для будь-яких прямих, крім профільних. На рис.14 представлено 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  $u_3$ , бачимо що вони не паралельні.

**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.15).

**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.16).

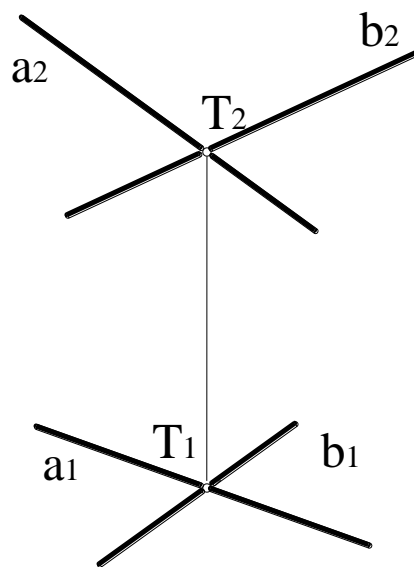


Рис. 15

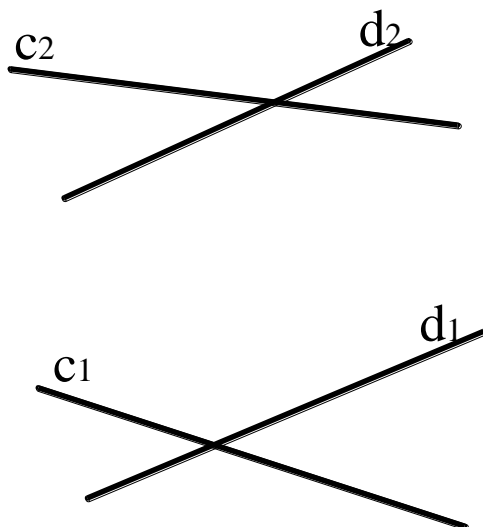


Рис. 16

Перехресні прямі часто використовуються для визначення видимості елементів на комплексному кресленні. Нехай задані дві перехресні прямі  $a$  і  $d$  (рис. 17а). Необхідно розв'язати задачу: яка з прямих закриває собою іншу в горизонтальній та фронтальній проекціях?

Звернемося спочатку до наочного зображення (рис. 17б).

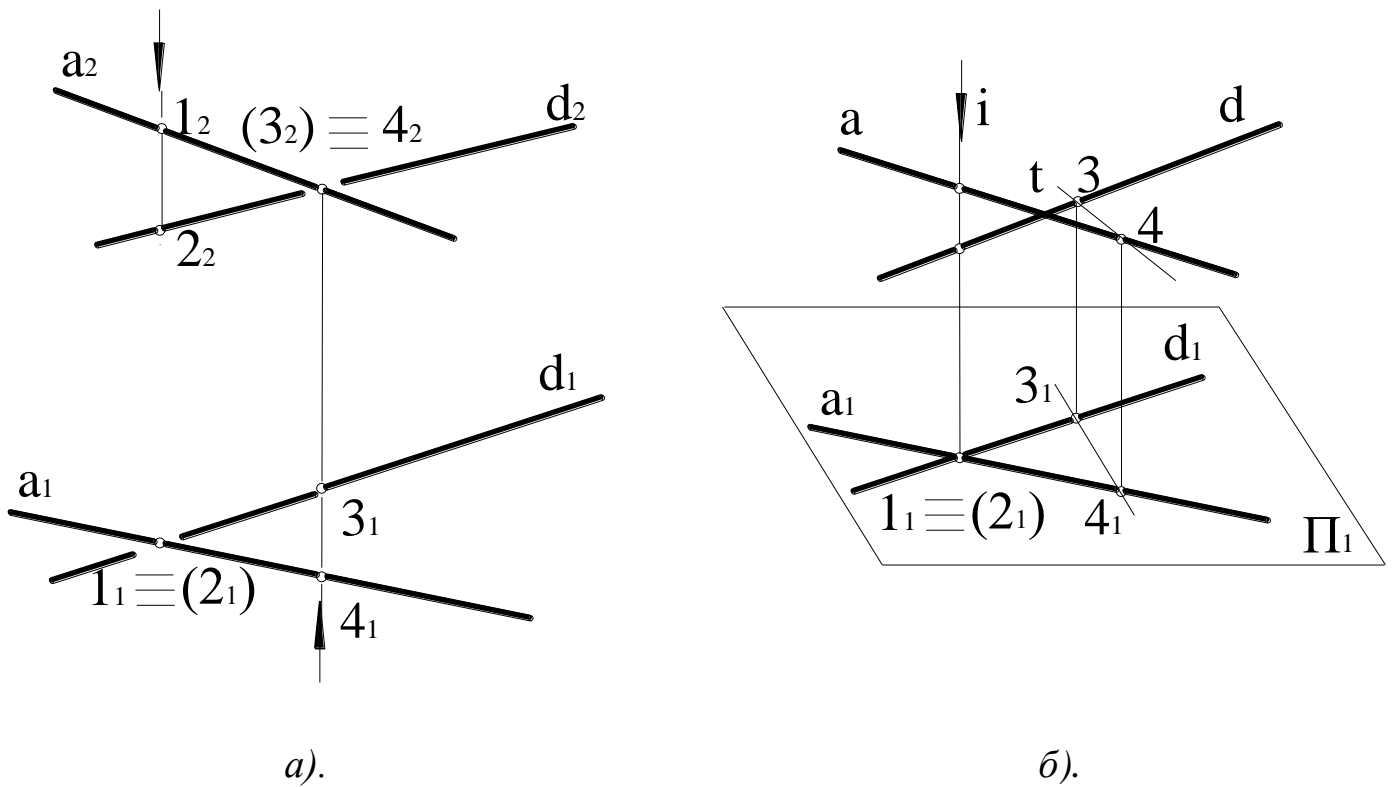


Рис. 17

Почнемо з горизонтальної проєкції. В місці перетину горизонтальних проєкцій  $a_1$  і  $d_1$  перехресних прямих маємо співпадаючі проєкції 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 – проєктуючій прямій  $i$ , з якою співпадає напрямок зору, називаються **конкуруючими**. Вони конкурують на видимість в горизонтальній площині. З рисунку 17б видно, що виграє точка 1, тобто вона закриває собою точку 2 в горизонтальній проєкції. Про це ж говорить і фронтальна проєкція на рис.17а. 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 проєкцію  $d_1$ .

Переходимо до встановлення видимості в фронтальній проєкції за допомогою конкуруючих точок 3 і 4. Наш промінь зору, що співпадає з фронтально – проєктуючою прямою  $t$ , проходить через точку 4 (нехай вона належить прямій  $a$ ) і точку 3, що належить прямій  $d$ . Як впливає з рис. 17б, виграє точка 4, яку 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 проєкція рис. 17а. Точка 4 знаходиться ближче точки 3. Умовно перериваємо в цьому місці проєкцію  $d_2$  прямої  $d$ .

#### ◆ Самостійна робота

Визначити по рис. 18, як розташовані зображені на ньому прямі по відношенню одна до одної; дати назву кожній з них.



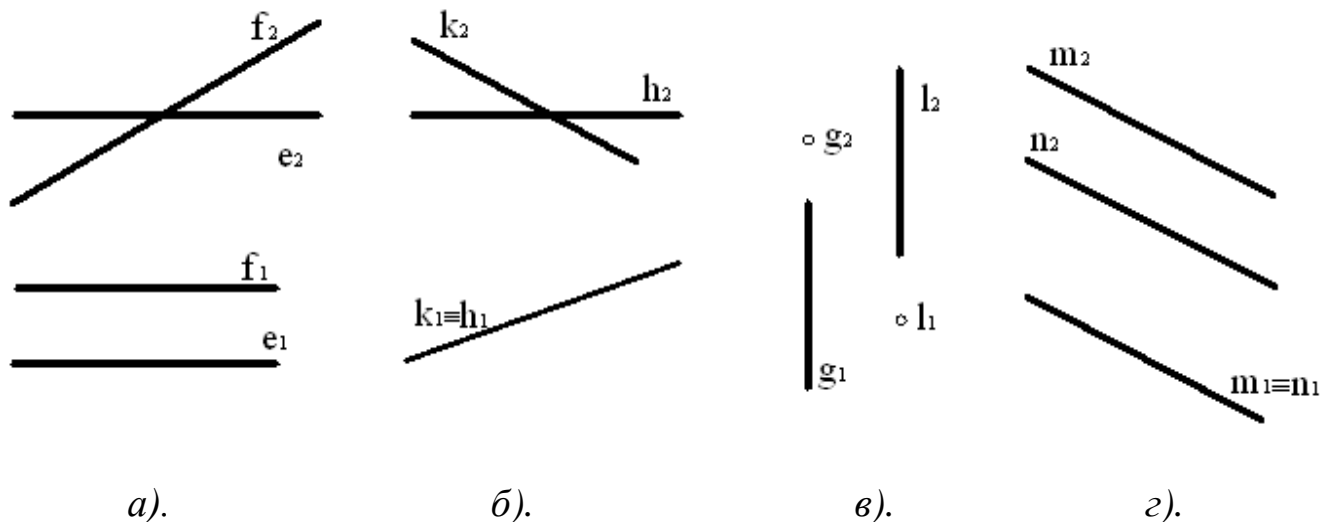


Рис.18

### 1.5. Проекції прямого кута

Можливі три випадки розташування сторін прямого кута по відношенню до площин проекцій (рис.19 – 21).

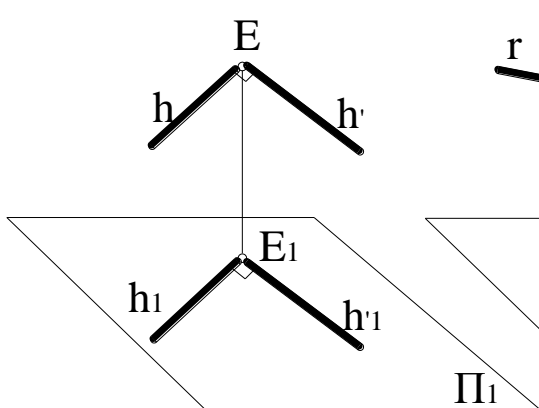


Рис. 19

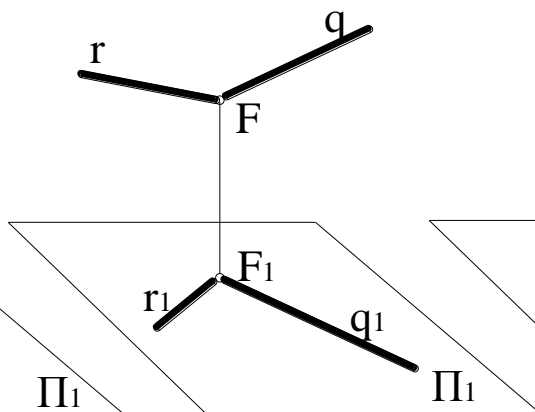


Рис. 20

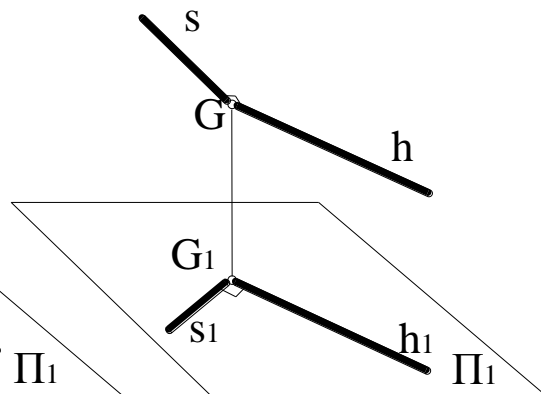


Рис. 21

В першому випадку (дивись рис. 19) обидві сторони прямого кута  $hEh'$  паралельні площині проекцій  $\Pi_1$ . Зрозуміло, що цей прямий кут спроектується на площину  $\Pi_1$  в натуральну величину.

Зайвими будуть докази для ствердження, що в другому випадку (дивись рис. 20) прямий кут не спроектується на площину  $\Pi_1$  в натуральну величину, оскільки обидві його сторони  $r$  і  $q$  є прямими загального положення.

Розглянемо докладніше третій випадок (дивись рис. 21), коли тільки одна сторона прямого кута паралельна площині проекцій. Неважко довести, що в цьому випадку прямий кут  $sGh$  спроектується на площину  $\Pi_1$  в натуральну величину.

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

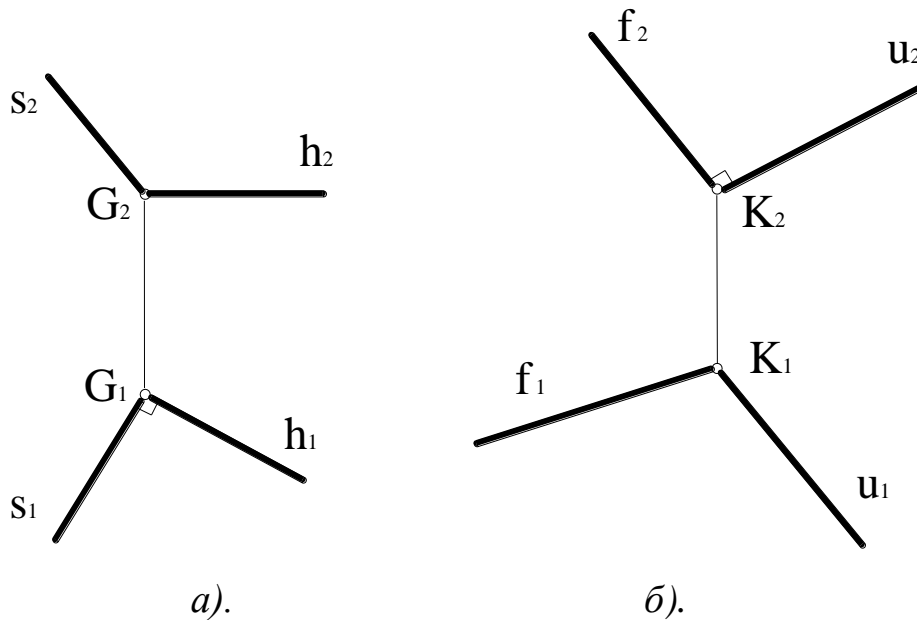


Рис. 22

Всі наведені вище міркування про проєкції прямих кутів справедливі і по відношенні до фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$ . Тільки там в якості прямої рівня повинна розглядатися фронталь.

На рисунках 22а,б наведено комплексні креслення прямих кутів, коли одна із їх сторін є горизонтальною (рис. 22,а) або фронтальною (рис. 22,б). Ці креслення необхідно засвоїти, оскільки в подальшому не одноразово будемо до них повертатися.

Таким чином, доведену вище **теорему про проєкції прямого кута** можна сформулювати так:

- Якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій, то на цю площину даний прямий кут проєктується в натуральну величину.

#### ◆ Самостійна робота

Рекомендується самостійно вирішити, на якому із креслень (рис. 23) зображений прямокутник, а на якому – паралелограм.

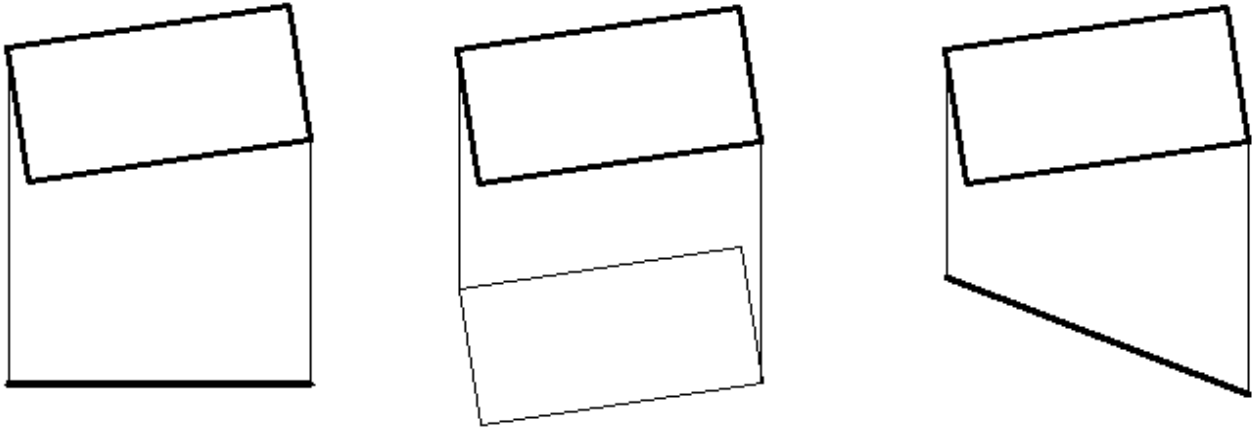


Рис. 23

### 1.6. 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  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , називається площиною **загального положення**.

Площина загального положення на комплексному кресленні не може бути задана безпосередньо своїми проєкціями (як, наприклад, точка чи пряма), оскільки вона не має меж і покриває собою все поле проєкцій. Тому її задають або відсіком у вигляді  $n$ - кутньої пластинки (рис. 24а), або визначаючими її елементами:

- трьома точками –  $L, M, N$ , що не лежать на одній прямій (рис. 24б);
- прямою  $a$  і точкою  $M$  за її межами (рис. 24в);
- двома паралельними прямими –  $b$  і  $c$  (рис. 24г);
- двома перетинними прямими –  $d$  і  $e$  (рис. 24д).

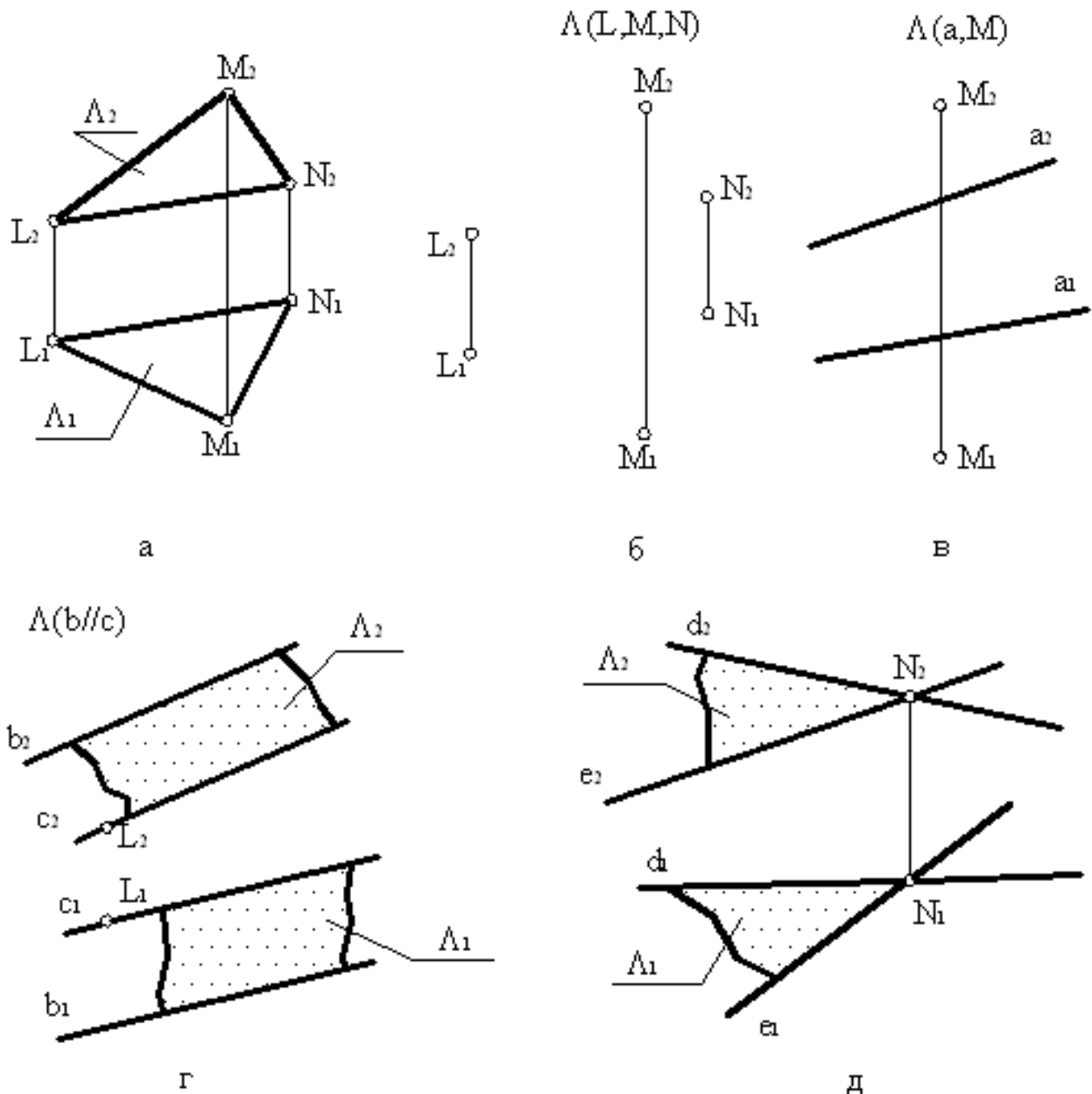


Рис. 24

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

Існує ще один спосіб задання площини на комплексному кресленні – це задання слідами. На рисунку 25а зображена частина площини загального положення  $P$  (р<sub>0</sub>). Прямі  $h_0$  і  $f_0$ , по яким площина  $P$  перетинає площини проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ , 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. 25б).

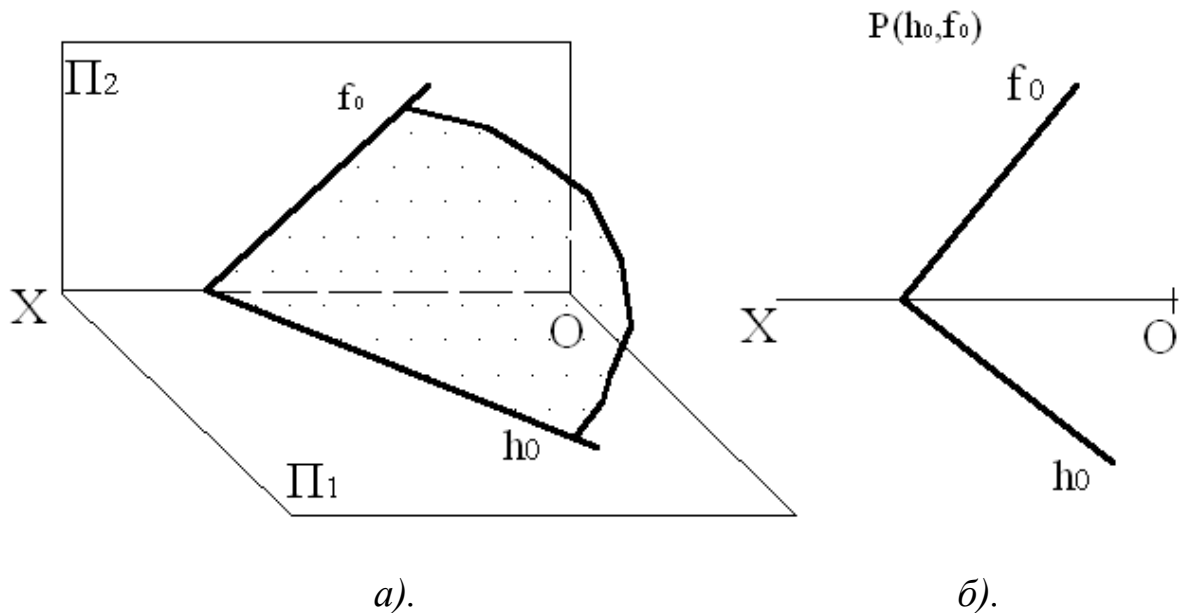


Рис. 25

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

Площини перпендикулярні до площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  називаються **проєктуючими площинами**, так як вони співпадають з напрямом проєктування (рис. 26).

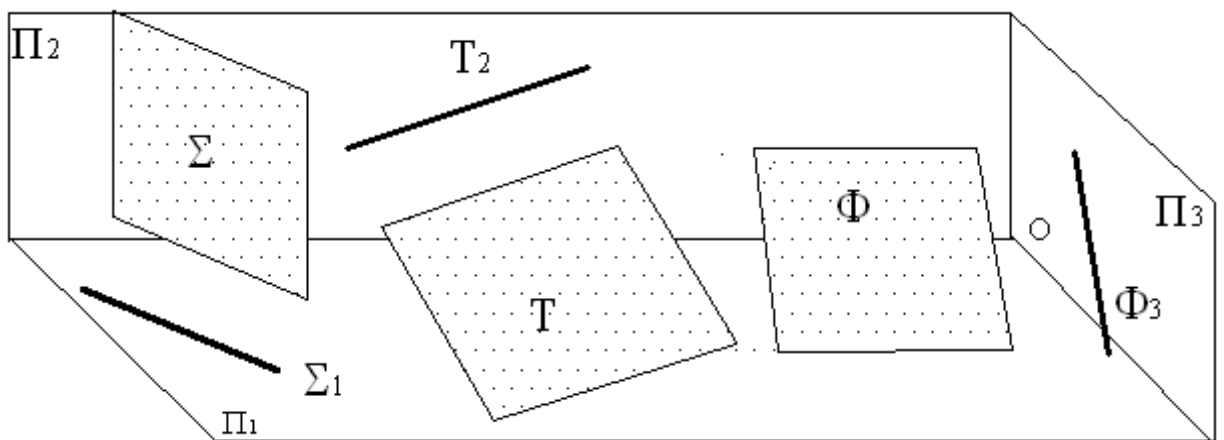


Рис. 26

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

- площина  $\Sigma$  (сигма) – *горизонтально* - проєктуюча, оскільки  $\Sigma \perp \Pi_1$ ;
- площина  $T$  (тау) – *фронтально* – проєктуюча, оскільки  $T \perp \Pi_2$ ;
- площина  $\Phi$  (фі) – *профільно* - проєктуюча, оскільки  $\Phi \perp \Pi_3$ .

На рис. 27 представлено комплексне креслення розглянутих проєктуючих площин  $\Sigma, T, \Phi$ , але кожне з них має тільки одне зображення – похилу пряму, в яку проєктується вказана площина.

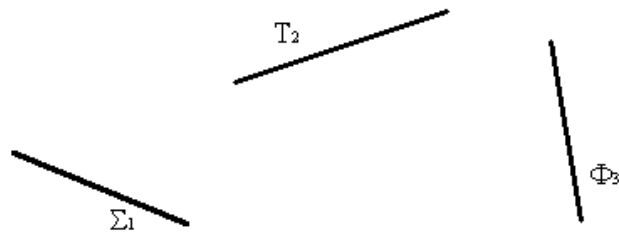


Рис. 27

Наприклад, профільно - проектуюча площина  $\Phi$  має тільки одне зображення на комплексному кресленні  $\Phi_3$  (рис. 27в). На площинах проєкцій вона зображень не має, оскільки внаслідок своєї безмежності покриває все поле креслення.

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

Друга група площин окремого положення – площини рівня представлені на рисунку 28.

**Площини рівня** – це площини паралельні до площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ .

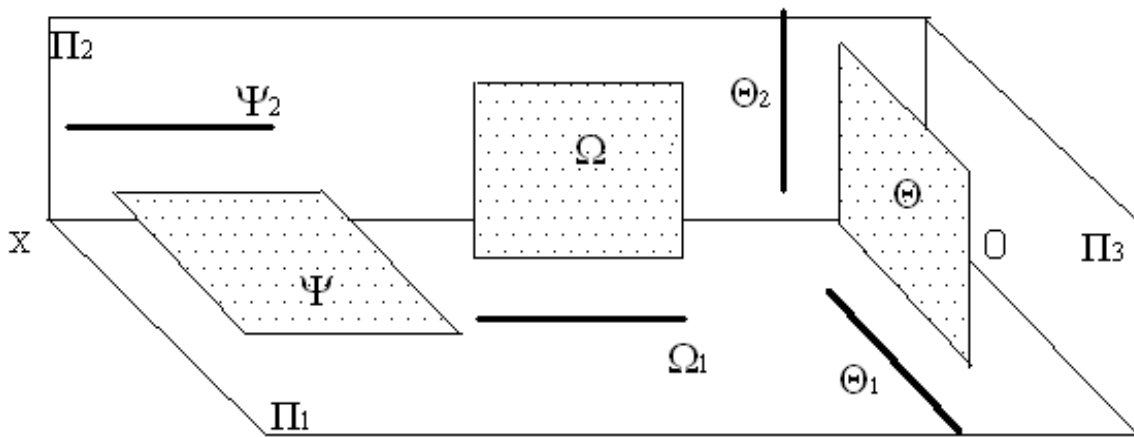


Рис. 28

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

- площина  $\Psi$  (псі) – *горизонтальна* площина рівня, оскільки  $\Psi // \Pi_1$ ;
- площина  $\Omega$  (омега) – *фронтальна* площина рівня, оскільки  $\Omega // \Pi_2$ ;
- площина  $\Theta$  (тета) – *профільна* площина рівня, оскільки  $\Theta // \Pi_3$ .

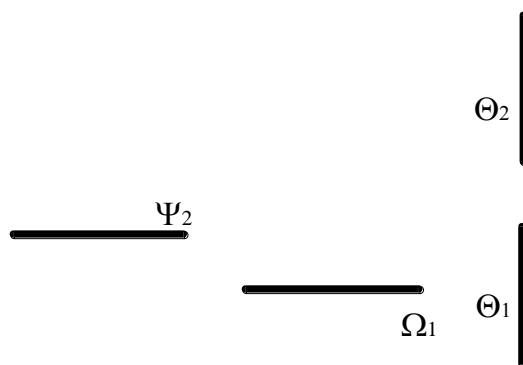


Рис. 29

На комплексних кресленнях (рис.29) ці площини мають неповні зображення, що складаються з горизонтальних і вертикальних прямих.

### 1.7. Точки і прямі на площині

Побудова точок та прямих на площинах окремого положення не викликає затруднення, оскільки одна з проєкцій цих геометричних об'єктів співпадає з однойменною *проєкцією-прямою* цих площин.

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

Нехай маємо площину загального положення  $\Gamma$  (рис. 30а). 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. Нехай це будуть точки  $1$  і  $2$ . Залишається задати точку  $P$  в будь-якому місці цієї допоміжної прямої  $g$ .

Рисунок 30б представляє розв'язання цієї задачі на комплексному кресленні. Площина загального положення  $\Gamma$  задана двома перетинними прямими:  $k$  і  $l$ .

У якості допоміжних прямих площини в задачах часто використовуються прямі рівня – горизонталь  $h$  і фронталь  $f$  (див. рис.7). І в площинах їх треба будувати не задумуючись. Зрозуміло, що необхідно починати з тієї проєкції прямої рівня, яка завжди горизонтальна. На рис.31 в площині загального положення  $\Delta$ , що задана двома паралельними прямими  $m$  і  $n$ , побудовані довільні горизонталь  $h$  і фронталь  $f$ .

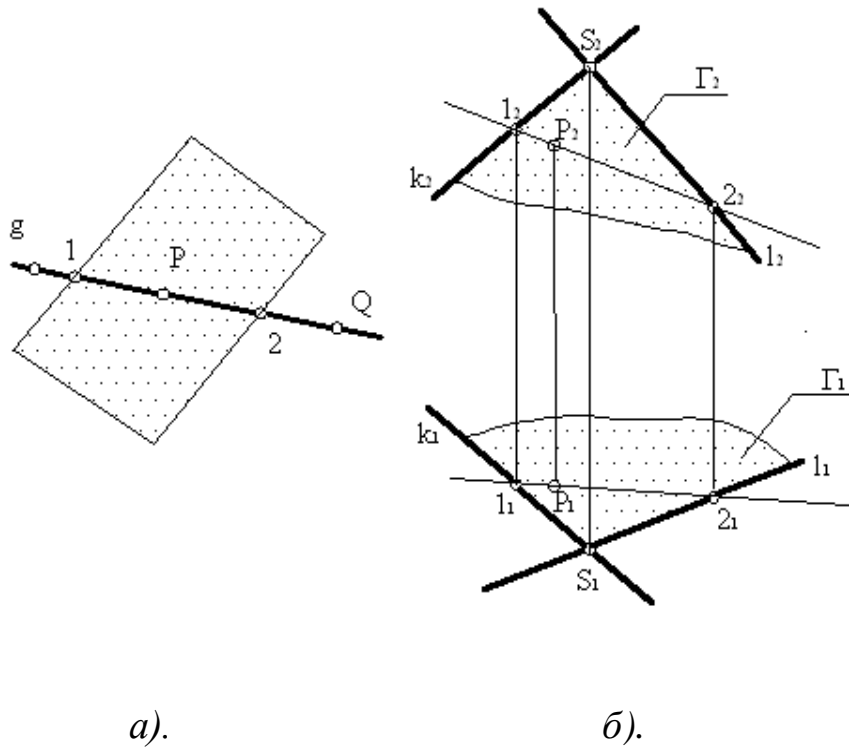


Рис. 30

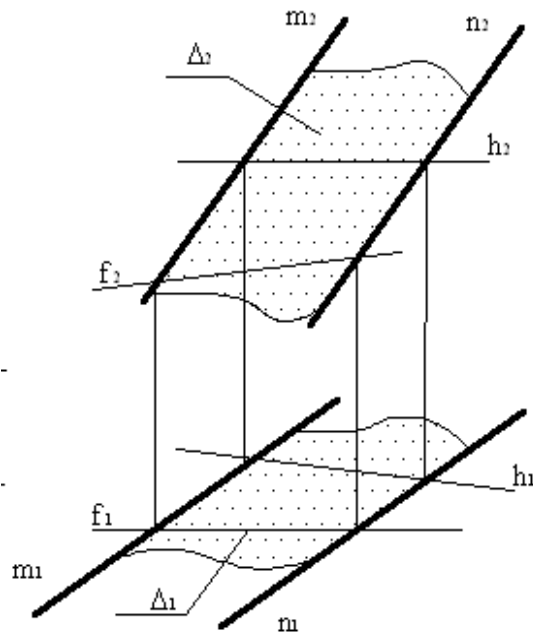


Рис. 31

Існує ще одна цікава пряма в площині – лінія **найбільшого нахилу**, яка є мірою кута нахилу цієї площини до площини проєкцій  $\Pi_1$ . Іноді цю пряму називають лінією *скату* (по такій траєкторії з площини буде котитися кулька).

Якщо в площині загального положення  $\Theta$  (рис. 32а) провести пряму  $q$ , перпендикулярну горизонталі  $h$ , то із усіх прямих цієї площини вона одна утворює найбільший кут  $\alpha$  нахилу до площини проєкцій  $\Pi_1$ , тобто вона буде



лінією скату. На основі теореми про прямий кут (див. п.1.5) можемо стверджувати, що прямий кут, утворений цією лінією скату  $q$  і горизонталю  $h$ , спроектується на площину  $\Pi_1$  без спотворення. Значить, в горизонтальній проекції повинно бути  $q_1 \perp h_1$ .

Рис. 32б представляє задачу побудови лінії скату  $q$  на комплексному кресленні. Площина загального положення  $\Theta$  задана її трикутним відсіком. Лінія найбільшого нахилу  $q$  (лінія скату) проходить через вершину  $B$  перпендикулярно горизонталі  $h$ . Продовжуючи цю задачу, можна визначити кут нахилу  $\alpha$  відрізка  $BT$  лінії скату до площини  $\Pi_1$ . Для цього використаємо спосіб прямокутного трикутника (див. п.1.2). У результаті цей кут  $\alpha$  визначає кут нахилу заданої площини  $\Theta$  до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$ .

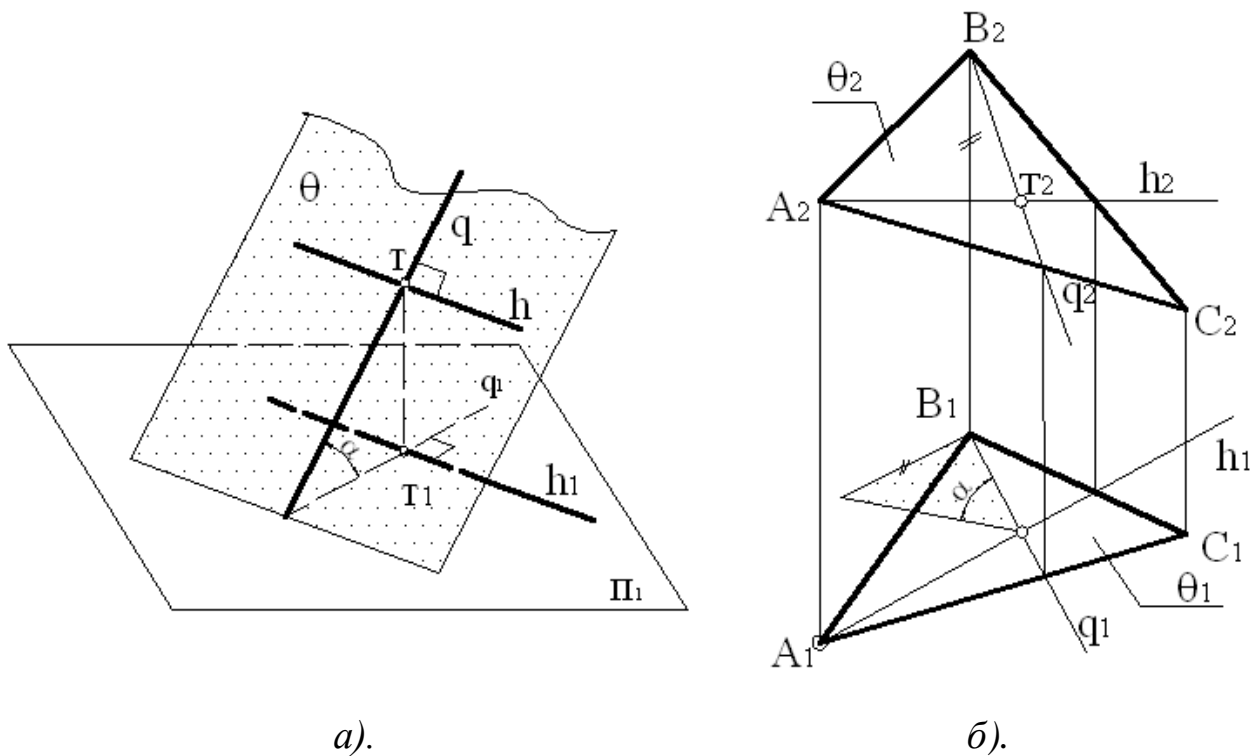


Рис. 32

Для визначення кута  $\beta$  нахилу заданої площини до фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$  необхідно скористатися фронталю  $f$ . У такому випадку необхідно дотриматися перпендикулярності проєкцій:  $q_2 \perp f_2$ . Пряма  $q$  вже буде називатися лінією найбільшого нахилу до площини  $\Pi_2$ , лінією скату в такому випадку її називати не можна.

### 1.8. 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. 33 пояснює це твердження. Щоб побудувати в просторі через точку  $D$  пряму  $t$ , паралельну заданій площині  $\Lambda$ , необхідно спочатку в цій площині провести деяку допоміжну пряму  $u$ , а потім вже паралельно їй будують через точку  $D$  шукану пряму  $t$ .

Так і зробимо на комплексному кресленні (рис. 34), де площина загального положення  $\Lambda$  задана паралельними прямими  $r$  і  $s$ .

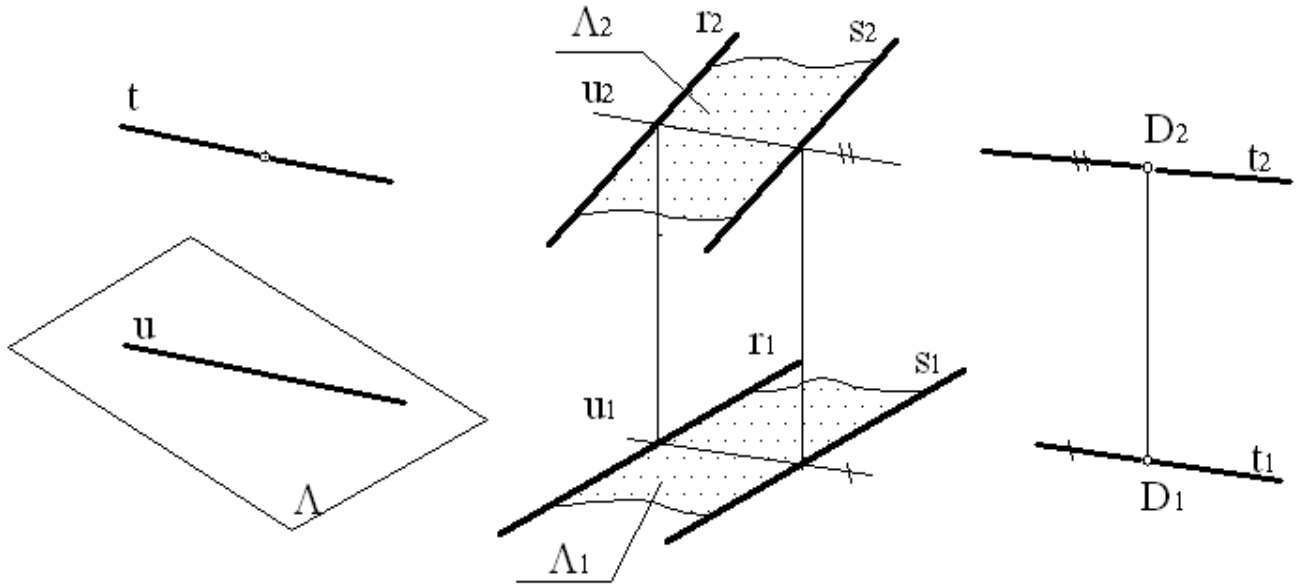


Рис. 33

Рис. 34

А зараз згадаємо друге твердження з стереометрії:

- Пряма в тому випадку перпендикулярна площині, якщо вона перпендикулярна двом перетинним прямим цієї площини.

Схема на рис. 35а пояснює це твердження. Пряма  $n$  являється перпендикуляром до площини  $P$ , оскільки  $n \perp a$  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. 35б). Тому що на основі теореми про проекції прямого кута (див. п.1.5) прямий кут між горизонталлю  $h$  і шуканим перпендикуляром  $n$  (прямою загального положення) повинен спроектуватися на площину  $\Pi_1$  в натуральну величину, тобто  $n_1 \perp h_1$ .

Точно таким же чином прямий кут між фронталлю  $f$  і перпендикуляром  $n$  спроектується в натуральну величину на площину проєкцій  $\Pi_2$ , тобто  $n_2 \perp f_2$ .

Перейдемо до комплексного креслення (рис. 35в), на якому необхідно через точку  $S$  провести до площини  $P$ , що задана перетинними прямими  $c$  і  $d$ , перпендикуляр  $n$ . Для цього будують 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.

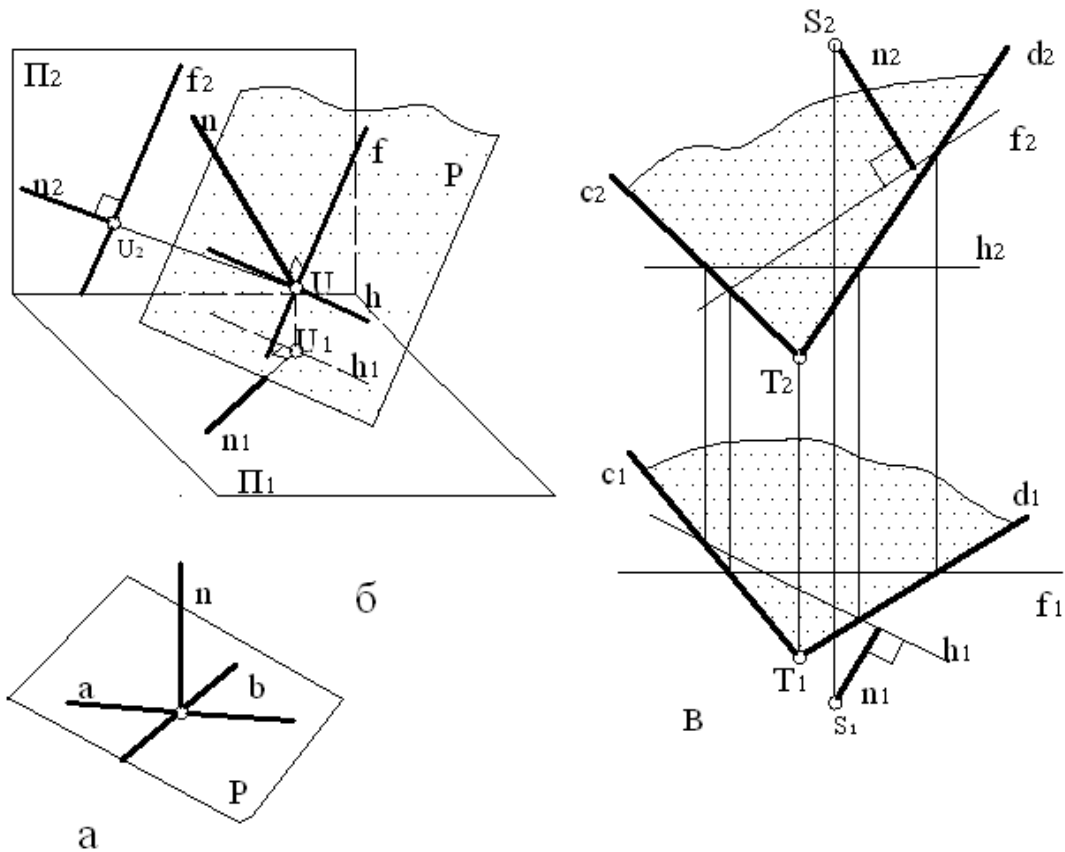


Рис. 35

### 1.9. 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 взаємного перетину геометричних образів достатньо прості для розв'язання задач, і тому рекомендується самостійно скласти їх комплексні креслення, а потім і розв'язати ці задачі. Розглянемо третій варіант, тобто загальний випадок взаємного перетину прямої та площини.

Спочатку звернемося до схеми на рис. 36а.

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

1. Задану пряму  $e$  заключаємо в допоміжну площину  $\Sigma$  (для зручності рішення ця площина повинна бути окремого положення).
2. Побудуємо лінію перетину допоміжної площини  $\Sigma$  із заданою площиною  $T$  (в нашому випадку – прямою  $g$ ).
3. Точка перетину побудованої лінії перетину  $g$  з заданою прямою  $e$  – шукана точка  $K$ .

Оскільки допоміжна площина  $\Sigma$  являється посередником між прямою  $e$  і площиною  $T$  в визначеному їх загальному елементі (точки  $K$ ), такі площини будемо називати площинами – **посередниками**.

Перейдемо до рішення задач на комплексному кресленні (рис. 36б), де площина загального положення  $T$  задана її трикутним відсіком  $HLM$ . Відповідно наведеної вище схеми, заключаємо пряму  $e$  в площину-посередник  $\Sigma$  (горизонтально - проєктуючу). Потім будемо лінію перетину площин  $\Sigma$  і  $T$  (пряму  $g$ ). Завершуючи, визначимо шукану точку  $K$ . Вона і буде точкою перетину заданих прямої  $e$  і площини  $T$ .

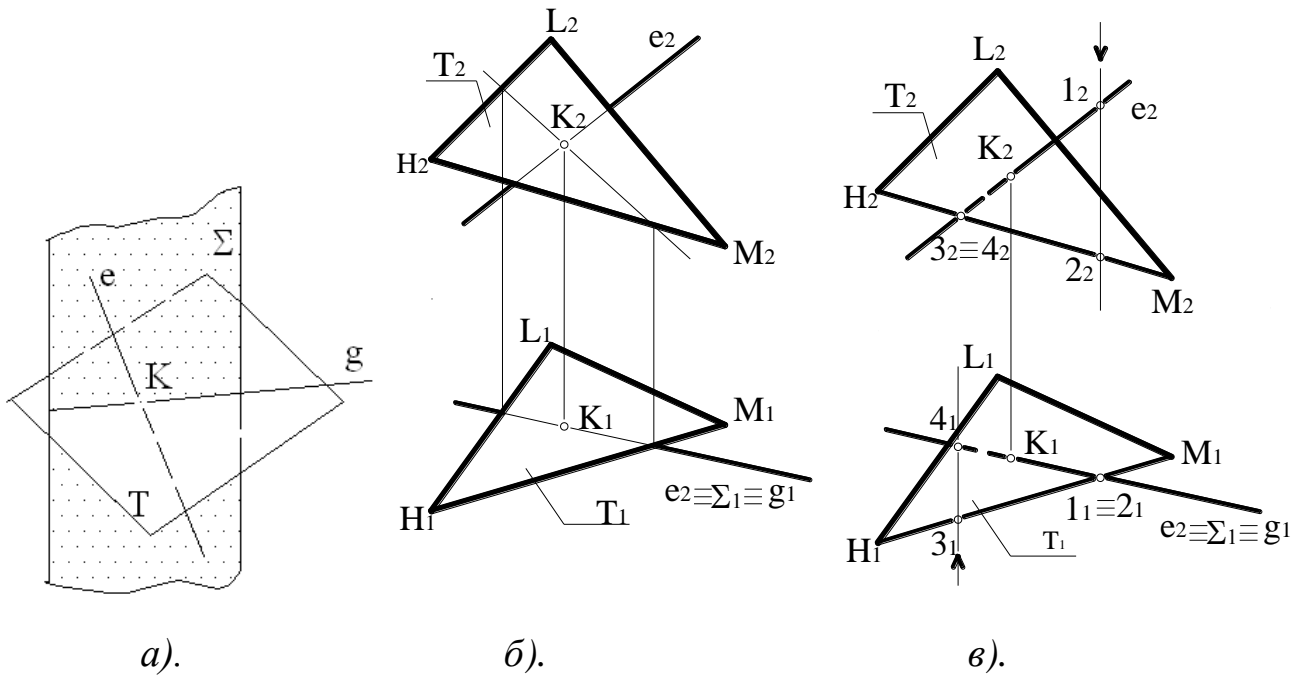


Рис. 36

Тепер, вважаючи площину  $T$  непрозорою, необхідно визначити видимість прямої  $e$ . Почнемо з горизонтальної проєкції. Виділяємо пару перехресних прямих, якими є, 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 проєкції. Обводимо ділянку прямої  $e$  справа від точки  $K$  лінією видимого контуру. Невидиму ділянку прямої зліва обводимо штриховою лінією невидимого контуру.

Для визначення видимості прямої в фронтальній проєкції також виділяємо пару перехресних прямих, наприклад, ті ж самі задані прямі  $e$  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.

## 1.10. 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. 37а пояснює це твердження. Площини  $\psi$  і  $\Omega$  паралельні одна одній, так як пара перетинних прямих  $m$  і  $n$  площини  $\psi$  відповідно паралельні другій парі перетинних прямих  $k$  і  $l$ , що знаходяться в площині  $\Omega$ .

Перейдемо до комплексного креслення (рис.37б). Площина загального положення  $\psi$  задана відсіком у вигляді паралелограма  $NPQR$ . Через точку  $S$  простору побудувати площину  $\Omega$ , паралельну заданій площині  $\psi$ .

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

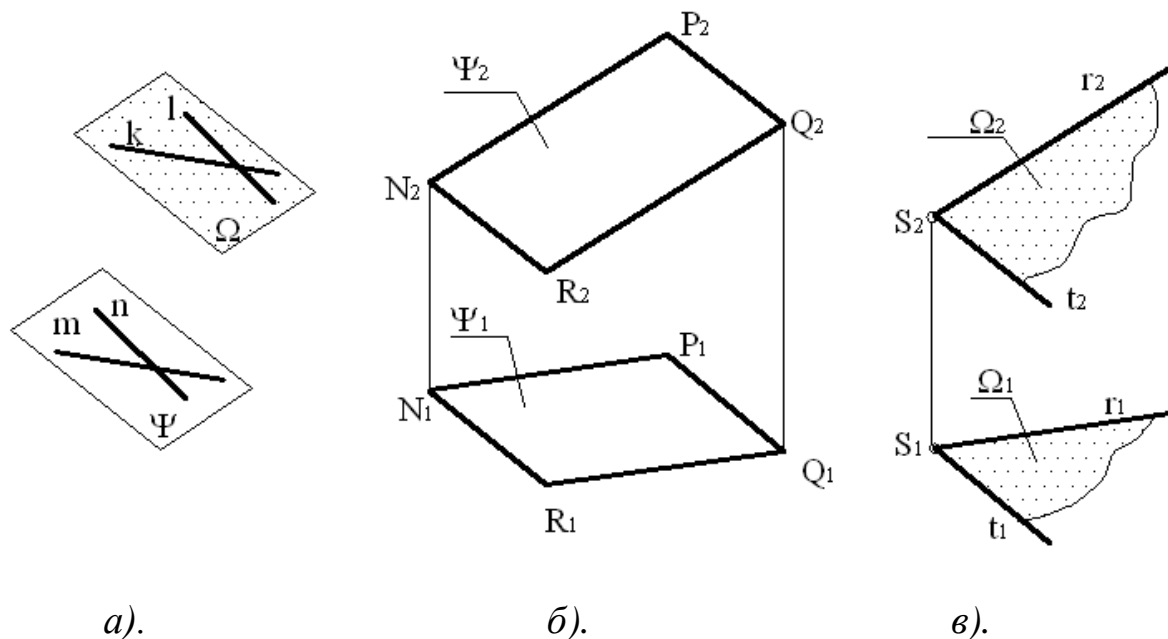


Рис. 37

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. 38а площина  $\Delta$ , яка проходить через точку  $T$ , перпендикулярна площині  $\Gamma$ , оскільки вона проходить через перпендикуляр  $n$  до площини  $\Gamma$ .

Розв'яжемо цю задачу на комплексному кресленні (рис. 38б). Площина загального положення  $\Gamma$  задана паралельними прямими  $p$  і  $q$ . Через точку  $T$  необхідно побудувати площину  $\Delta$ , перпендикулярну до заданої площини  $\Gamma$ . Шукана площина  $\Delta$  повинна проходити через перпендикуляр  $n$  до заданої. Тому спочатку через точку  $T$  будемо перпендикуляр  $n$  за допомогою горизонталі  $h$  і фронталі  $f$ , які проводимо в довільному місці площини  $\Gamma$ . Дотримуємося умови, щоб  $n_1 \perp h_1$  і  $n_2 \perp f_2$ .

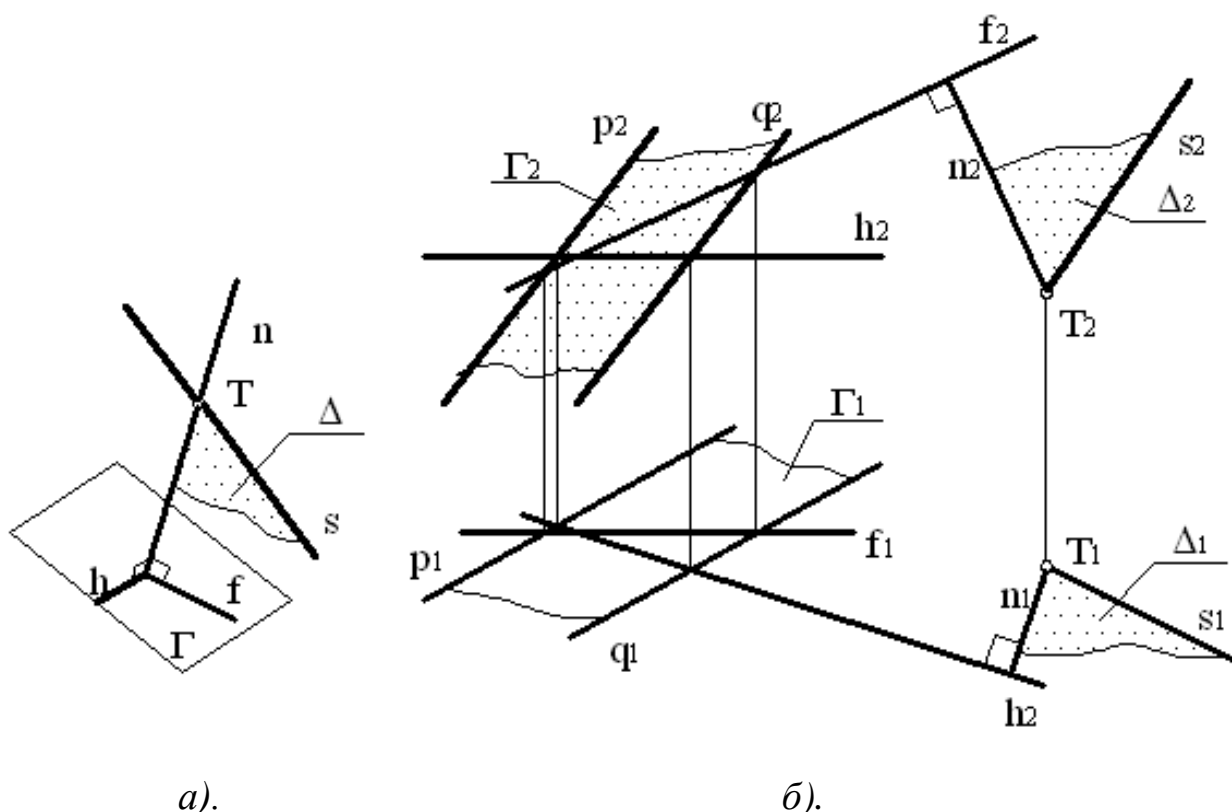


Рис. 38

Оскільки через перпендикуляр  $n$  і точку  $T$  на ньому можна провести велику кількість площин, то за допомогою деякої прямої  $s$  ми визначаємо одну конкретну площину  $\Delta$ , яка перпендикулярна до заданої площини  $\Gamma$  і проходить через точку  $T$ .

#### ◆ Самостійна робота

Рекомендується розглянути наступні питання:

- взаємно паралельні площини окремого положення;
- взаємно перпендикулярні площини окремого положення.

Скласти комплексні креслення до них.

### 1.11. 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. 39, на якій своїми відсіками задані площини загального положення  $\Theta$  і  $\Lambda$ . Вони непаралельні і при своєму продовженні повинні перетнутися по якійсь прямій  $u$ . Вона уявляє собою геометричне місце точок, спільних для заданих площин  $\Theta$  і  $\Lambda$ . Отже, для побудови цієї прямої достатньо мати мінімум дві точки, спільні для площин  $\Theta$  і  $\Lambda$ .

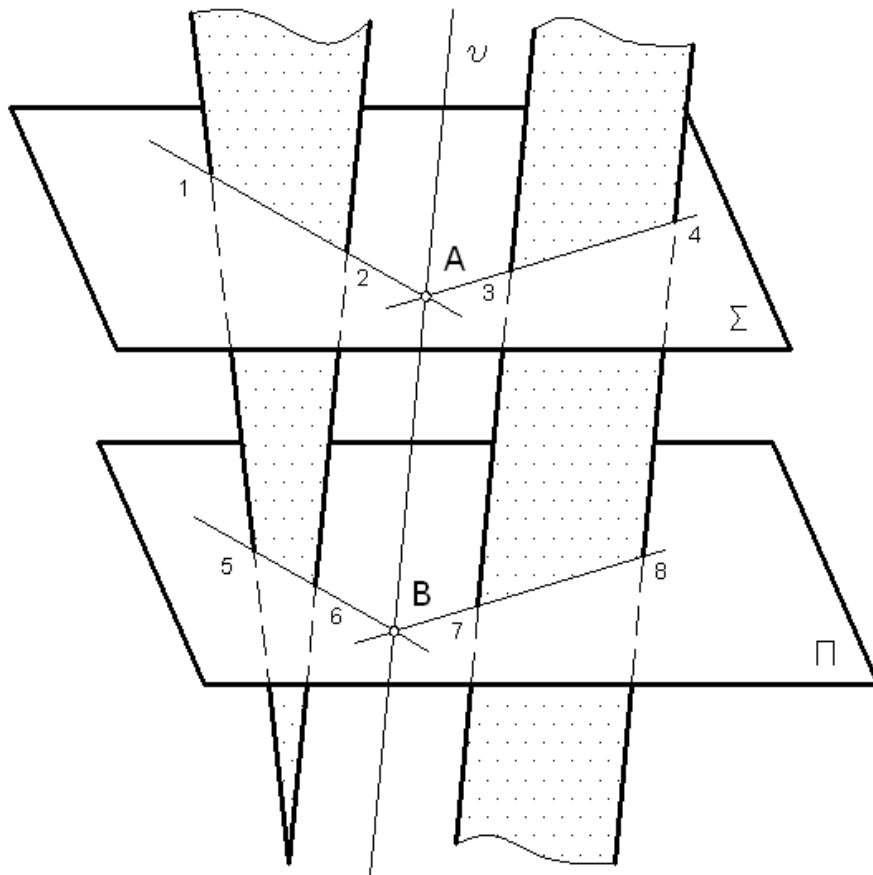


Рис. 39

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

Аналогічно будуюмо другу спільну точку  $B$  за допомогою площини-посередника  $\Sigma$ , яка перетинає площину  $\Theta$  по прямій 5-6, а площину  $\Lambda$  – по прямій 7-8. Ці дві прямі при взаємному перетині дають другу спільну точку  $B$ .

На рис. 40 розглянута задача розв'язана на комплексному кресленні в відповідності до вищерозглянутої схеми. В якості січних площин-посередників зручніше вибирати або проектуючі площини, або площини рівня. Паралельність їх не обов'язкова.

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

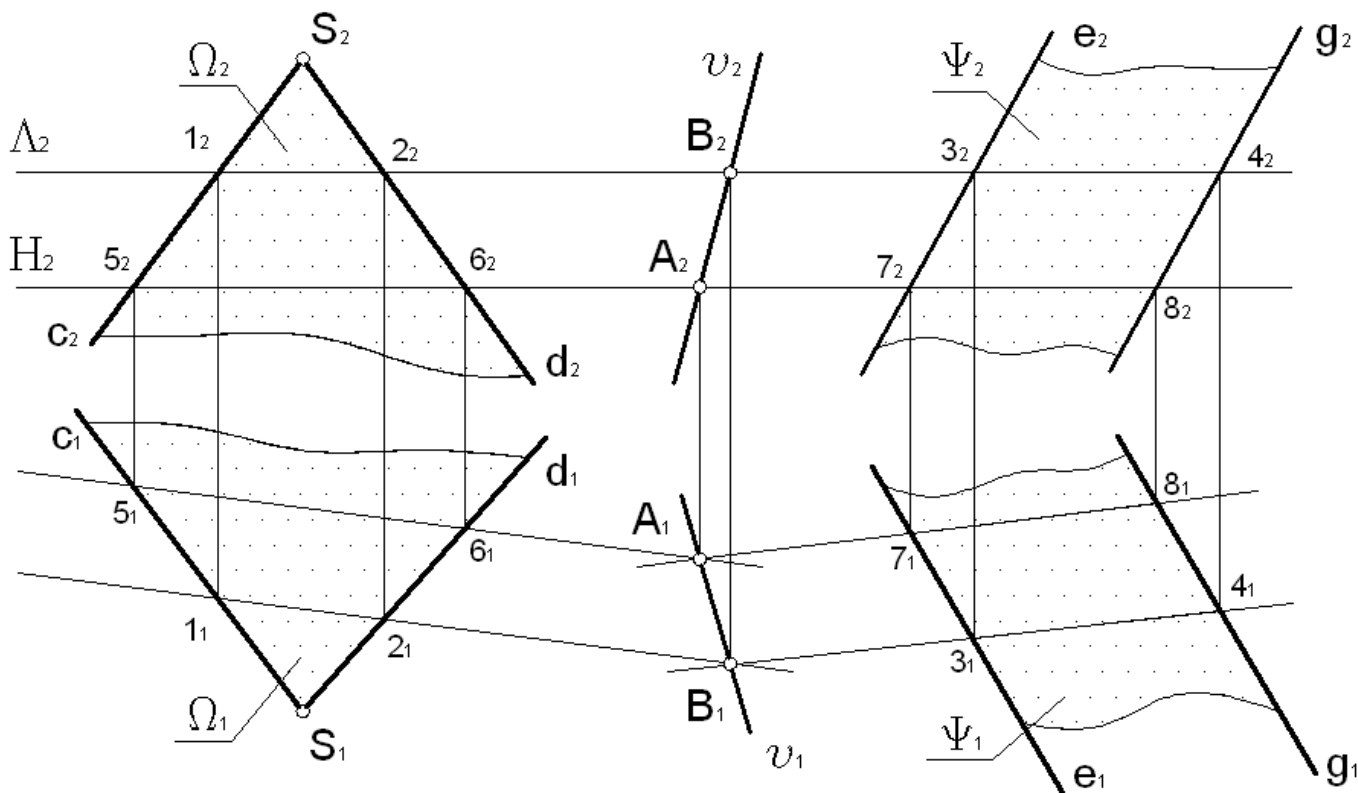


Рис.40

## II. ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ

### 2.1. Мета і способи перетворення креслення

В інженерній практиці при зображенні якого-небудь оригінала на комплексному кресленні вважають за краще так розміщати оригінал по відношенню до площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , щоб найбільш важливі його елементи розташовувалися на прямих або площинах окремого положення. Зрозуміло, що не завжди вдається виконати цю умову по відношенню до всіх елементів оригінала. І тоді виникають задачі вимірювання відрізків та кутів, а також визначення натуральної форми плоских фігур тих елементів оригінала, які розташовані невадало 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 прямі та площини загального положення, які містять елементи оригіналу, що нас цікавлять, перейшли б відповідно в прямі і площини окремого положення.



## 2.2. Заміна площин проєкцій

Спосіб заміни площин проєкцій в своїй основі протилежний способу обертання. Якщо при обертанні (а також при плоскопаралельному переміщенні) мінялося 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:  $\Pi_4, \Pi_5, \Pi_6$  і т.д. Можна сказати, що старі площини проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2$  замінюються новими  $\Pi_4, \Pi_5$  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 замітити, 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. 41а в системі площин проєкцій  $\Pi_1\Pi_2$  (назвемо її “старою” системою) задана пряма загального положення своїм відрізком  $DE$ . Для зручності вісь проєкцій позначимо  $\Pi_2/\Pi_1$ .

Щоб в новій системі площин проєкцій пряма загального положення стала прямою рівня, треба нову площину проєкцій  $\Pi_4$  розташувати паралельно до цієї прямої і одночасно перпендикулярно площині проєкцій, яка залишається.

Нехай нова площина проєкцій  $\Pi_4$  паралельна відріzkу  $DE$  і перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ . Це значить, що нова площина проєкцій  $\Pi_4$  замінила собою фронтальну  $\Pi_2$ , яку умовно назвемо “відпавшою”. Утворюється нова система двох взаємно перпендикулярних площин проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_4$  з новою віссю проєкцій  $\Pi_1/\Pi_4$ .

Спроектуювши відрізок загального положення  $DE$  ортогонально на нову площину проєкцій  $\Pi_4$ , маємо нову проєкцію  $D_4E_4$  відріzkу  $DE$ . Для отримання плоского креслення сумістимо площину  $\Pi_4$  разом з зображенням з площиною  $\Pi_1$  обертом навколо вісі проєкцій  $\Pi_1/\Pi_4$  в напрямку вказаному стрілкою.

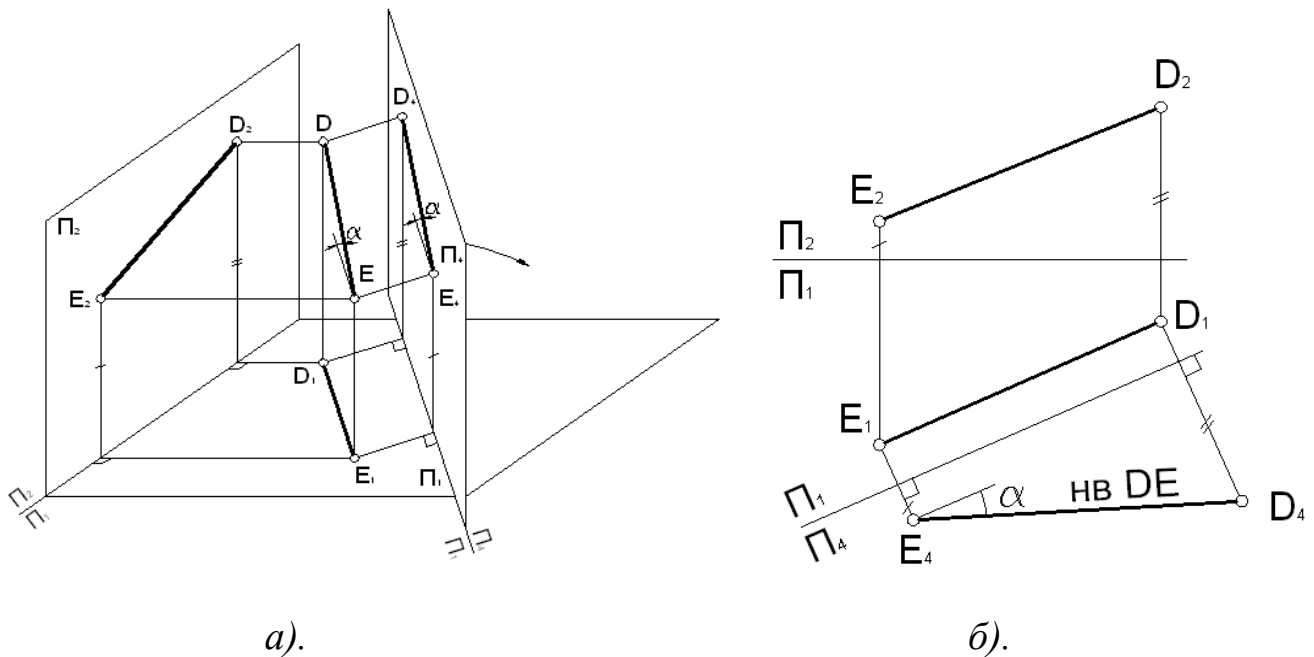


Рис. 41

Переходимо до комплексного креслення (рис. 41б). Тут маємо в старій системі площин проєкцій пряму загального положення  $DE$ , а також стару вісь проєкцій  $\Pi_2/\Pi_1$ .

Звичайно вихідне комплексне креслення не має вісі проєкцій, тобто являється безосним. Але 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 в відповідності з умовою задачі. В даному випадку нова вісь проєкцій  $\Pi_1/\Pi_4$  повинна бути паралельна горизонтальній проєкції  $D_1E_1$  (так як відрізок  $DE$  повинний стати прямою рівня) – див. рис. 41а. Відстань від нової вісі проєкцій до проєкції  $D_1E_1$  довільна. Зверніть увагу на порядок постановки літерних позначень  $\Pi_1$  і  $\Pi_4$ : 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  $\Pi_1/\Pi_4$ .

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  $\Pi_2/\Pi_1$ . Їх величини дає фронтальна проєкція комплексного креслення, тобто та проєкція, яка “відпадає”, не переходить в нове комплексне креслення.

Таким чином, отримане нове комплексне двокартине 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  $\alpha$  – натуральною величиною його нахилу до горизонтальної площини проєкцій  $\Pi_1$  (див. рис. 41a).

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 (зошит) так, щоб нова вісь проєкцій  $\Pi_1/\Pi_4$  стала горизонтальною. Причому тут вже не має значення, яка з проєкцій буде над віссю або під нею.

**Друга основна задача** – перетворити пряму рівня в проєктуючу пряму. Будемо розв'язувати цю задачу як продовження попередньої.

На рис.42a для рішення поставленої задачі система взаємно перпендикулярних площин  $\Pi_1$  і  $\Pi_4$  вже стає старою. І вісь проєкцій  $\Pi_4/\Pi_1$  також стара.

В відповідність до умови задачі новою площиною проєкцій повинна стати площина  $\Pi_5$ , перпендикулярна відріжку  $DE$ , тому що він повинний стати проєктуючою прямою. І ця нова площина повинна бути перпендикулярна площині  $\Pi_4$ , що залишається. А замінюється тут горизонтальна площина проєкцій  $\Pi_1$ . Таким чином, дві взаємно перпендикулярні площини – стара  $\Pi_4$  і нова  $\Pi_5$  утворюють нову систему площин проєкцій з новою віссю проєкцій  $\Pi_5/\Pi_4$ .

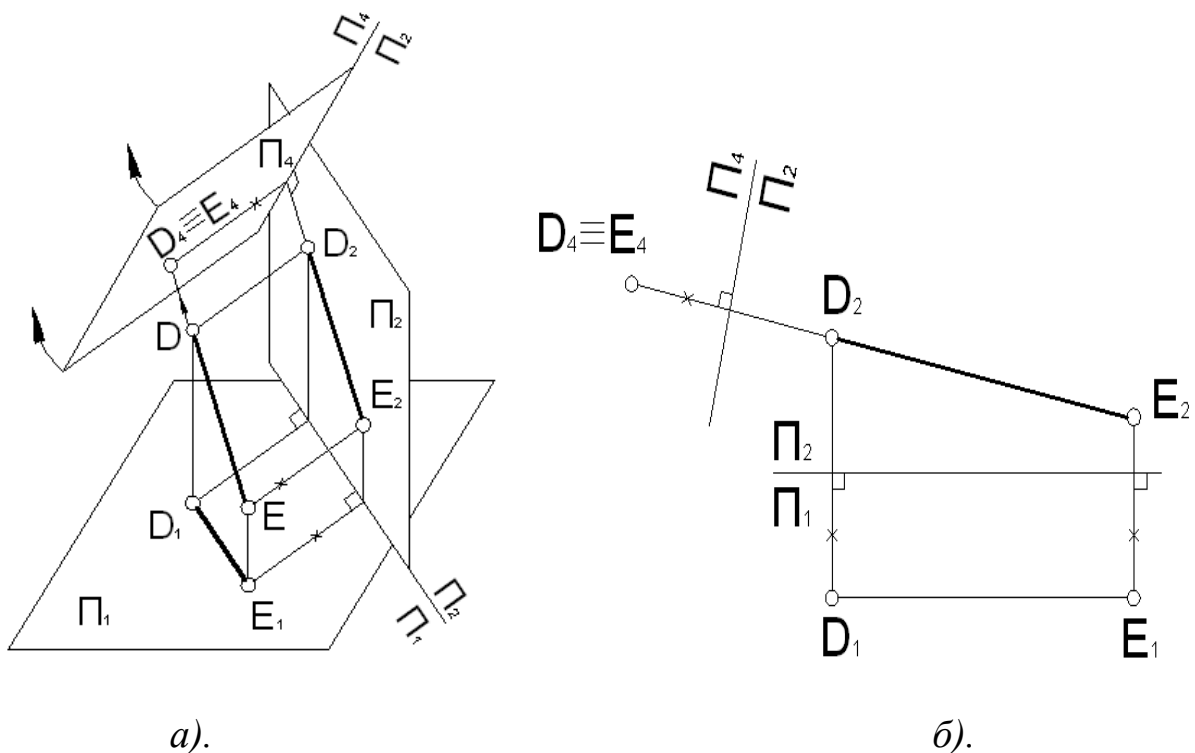


Рис. 42

Спроектувавши пряму рівня – відрізок  $DE$  ортогонально на нову площину  $\Pi_5$ , 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  $\Pi_5$  разом з зображенням з площиною  $\Pi_4$  обертом навколо нової вісі проекцій  $\Pi_5/\Pi_4$  в напрямку, вказаному стрілками.

Переходимо до комплексного креслення (рис. 42б). Для зручності рішення задачі початкове комплексне креслення прямої рівня, взяте з рис. 41б, розташуємо так, щоб його вісь проекцій  $\Pi_4/\Pi_1$  стала горизонтальною. Причому величина відстані між проекціями  $D_1E_1$  і віссю проекцій  $\Pi_4/\Pi_1$  не має значення.

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

1. Нову вісь проекцій  $\Pi_5/\Pi_4$  будемо перпендикулярно проекції, яка представляє натуральну величину прямої рівня  $DE$ . Ця вісь проекцій проводиться на довільній відстані.

2. Від проекцій  $D_4$  і  $E_4$ , які переходять в нове комплексне креслення, проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно новій вісі проекцій  $\Pi_5/\Pi_4$ . В даному випадку вони співпадають в одну лінію.

3. На нових лініях зв'язку від нової вісі проекцій  $\Pi_5/\Pi_4$  відкладаємо відстані, на яких знаходилися “відпавші” проекції  $D_1$  і  $E_1$  від старої вісі проекцій  $\Pi_4/\Pi_1$ . Ці відстані виявилися рівними, і тому нова, додаткова проекція відрізка представляє собою точку  $D_5 \equiv E_5$ .

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

Для перетворення прямої загального положення в проектуючу пряму необхідно розв'язати послідовно першу і другу задачі на одному кресленні. Це креслення безперервного перетворення можна отримати суміщенням креслень рис. 53б і 54б. При цьому прямі рівня обох креслень повинні співпасти.

**Третя основна задача** – перетворити площину загального положення в проектуючу площину.

Щоб площина загального положення стала проектуючою, достатньо добитися того, щоб одна з прямих рівня цієї площини стала проектуючою прямою (див. рис.41) Почнемо з фронталі. На рис.43 площина загального положення  $\Phi$  задана своїм відсіком  $FGH$ .

Будемо в ній фронталь  $f$  і починаємо перетворення по запропонованій вище схемі.

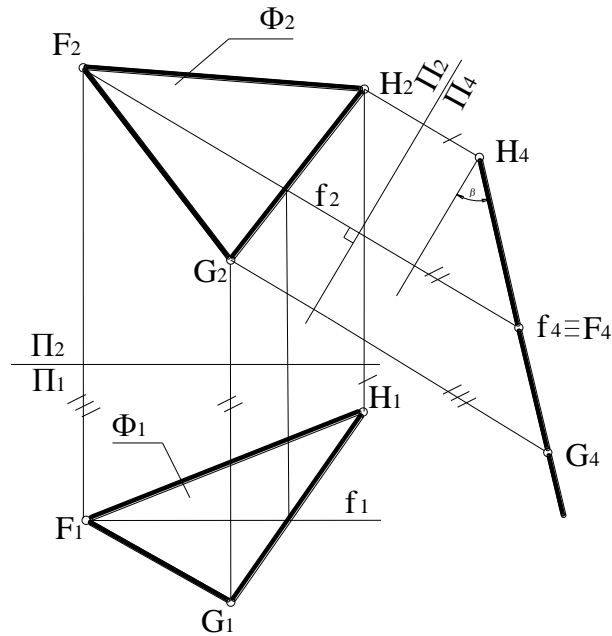


Рис. 43

Щоб фронталь стала проектуючою, треба нову площину проєкцій  $P_4$  побудувати перпендикулярно проєкції – натуральній величині  $f_2$  фронталі. Значить, нова вісь проєкцій  $P_2/P_4$  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  $P_2/P_4$ .

Оскільки “відпавшою” проєкцією тут являється горизонтальна проєкція  $F_1G_1H_1$  відсіку (нова площина  $P_4$  замінила собою горизонтальну площину проєкцій  $P_1$ ), вимірюємо відстань проєкцій точок від старої вісі проєкцій  $P_2/P_1$  і відкладаємо їх на нових лініях зв'язку від нової вісі проєкцій  $P_2/P_4$ .

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

Щоб краще зрозуміти це креслення, треба розвернути його так, щоб нова вісь проєкцій  $P_2/P_4$  стала горизонтальною. Кут  $\beta$  являється натуральною величиною кута нахилу площини  $\Phi$  до фронтальної площини проєкцій  $P_2$ .

Для визначення кута  $\alpha$  нахилу площини  $\Phi$  до горизонтальної площини проєкцій  $P_1$  треба замінити площину проєкцій  $P_2$  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. 43. Тільки розташуємо його так, що вісь проєкцій  $P_2/P_4$  стала горизонтальною (рис. 44), так що система взаємно перпендикулярних площин

проекцій  $\Pi_2\Pi_4$  і їх вісь проекцій  $\Pi_2/\Pi_4$  до даного моменту являються вже “старими”.

Щоб на новому комплексному кресленні проектуюча площина стала площиною рівня, треба нову площину проекцій  $\Pi_5$  побудувати паралельно проекції прямої  $\Phi_4$ . Тим самим буде замінена фронтальна площина проекцій  $\Pi_2$ .

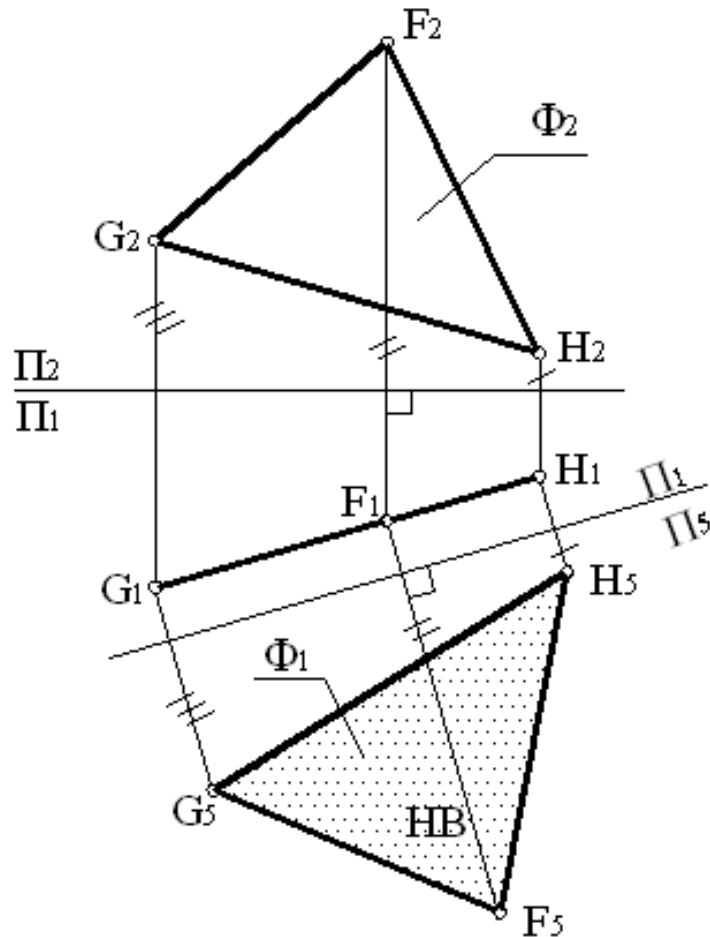


Рис. 44

Таким чином, спочатку паралельно  $\Phi_4$  на довільній відстані будуюмо нову вісь проекцій  $\Pi_4/\Pi_5$ , а потім від залишених проекцій  $G_4, F_4, H_4$  точок проводимо нові лінії зв'язку перпендикулярно новій вісі проекцій  $\Pi_4/\Pi_5$  і на них відкладаємо відстані, які дорівнюють відстаням від старої вісі  $\Pi_2/\Pi_4$  до “відпавших” проекцій  $G_2, F_2, H_2$  точок  $G, F, H$ . Отримаємо нове комплексне креслення площини  $\Phi$ , яке складається зі старої проекції-прямої  $G_4F_4H_4$  відсіку і його нової, додаткової проекції  $G_5F_5H_5$ . На цьому новому кресленні проектуюча площина  $\Phi$  стала площиною рівня. Нова проекція  $G_5F_5H_5$  відсіку являється його натуральною величиною.

Для кращого сприйняття нового креслення повернемо його так, щоб нова вісь проекцій  $\Pi_4/\Pi_5$  стала горизонтальною.

### 2.3. Обертання навколо проектуючих прямих

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

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

На рис. 45 вісь обертання  $i$  являється горизонтально - проектуючою прямою, а траєкторія – коло  $p$  точки  $U$  разом з її центром обертання  $O$  належить горизонтальній площині рівня  $\Delta$ . Радіусом обертання точки  $U$  являється відрізок  $OU$ , тобто  $R_U = OU$ .

Спроектуємо ортогонально траєкторію повного оберту точки  $U$  на площини проекцій  $\Pi_2$  і  $\Pi_1$ . В результаті на комплексному кресленні (рис. 45б) фронтальна проекція траєкторії  $p$  представляє собою горизонтальний відрізок прямої  $p_2$ , по довжині рівний діаметру, а горизонтальна проекція  $p_1$  – коло  $p$  в натуральну величину.

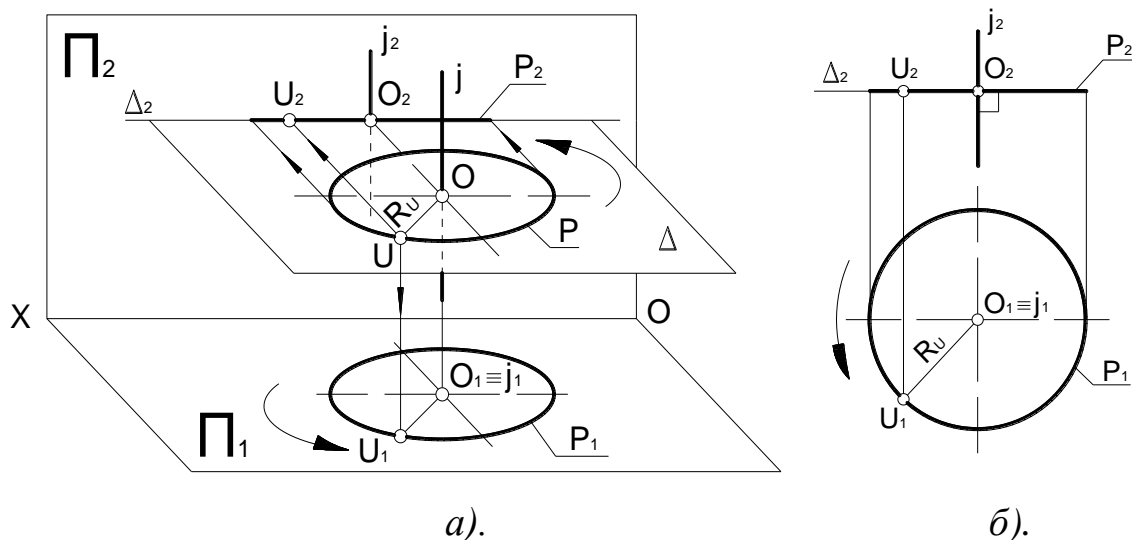


Рис. 45

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

Наприклад, на рис. 46 задана точка  $T$  повернута навколо профільно - проектуючої осі  $i$  на кут  $60^\circ$  по руху часової стрілки (якщо дивитися на площину  $\Pi_3$  в напрямку осі  $i$ ).

Спочатку в усіх трьох проекціях намічається траєкторія точки  $T$ , яка обертається. Вона знаходиться в профільній площині рівня  $\theta$ , на горизонтальній і фронтальній проекціях співпадає з вертикальною лінією

зв'язку, а на профільній зображується в натуральну величину, тобто дугою окружності радіусом  $R_T = i_3 T_3$ .

Залишається повернути на потрібний кут в вказаному напрямі радіус  $R_T$  і зафіксувати нове положення точки  $T$ , яке відмічається однією горизонтальною рисою над літерним позначенням, тобто  $\bar{T}_3$

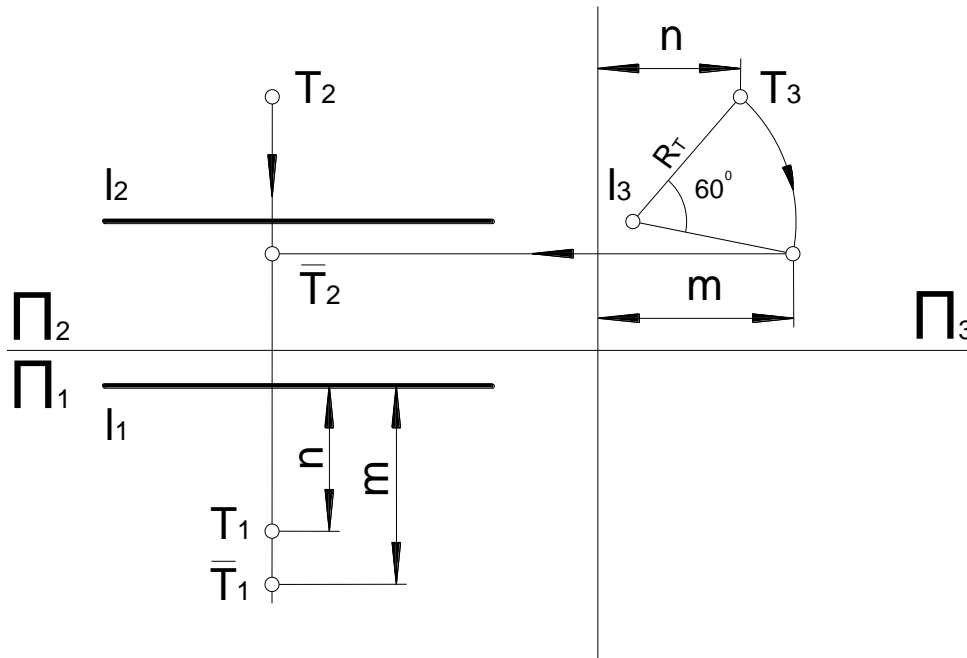


Рис.46

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  $60^\circ$ .

Для повороту прямої на потрібний кут достатньо повернути на цей кут кожну з її двох точок. На рис.47 пряма  $a$  повернута на кут  $120^\circ$  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  $\Lambda$  і  $P$ .

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

Повернувши кожен з радіусів  $R_M$  і  $R_N$  на кут  $120^\circ$  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, отримуємо проекції  $\bar{a}_2$  і  $\bar{a}_1$  нового положення прямої  $a$ , повернутої на кут  $120^\circ$ .



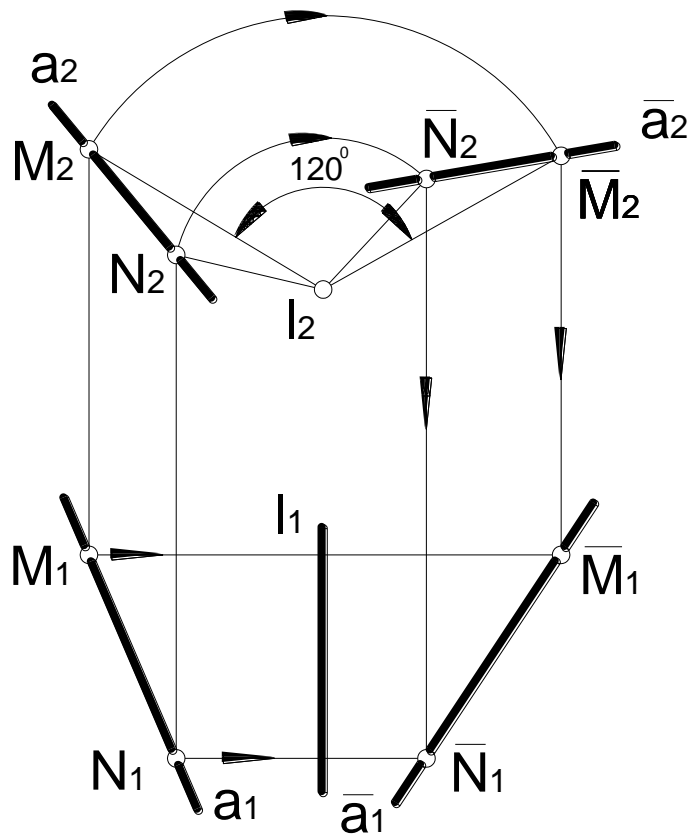


Рис. 43

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

На рис. 48 площина  $\Sigma$ , задана трикутним відсіком  $ABC$ , повернута на кут  $90^\circ$  проти руху годинникової стрілки навколо горизонтально - проєктуючої 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. 49a).

Щоб відрізок  $DE$  спроектувався 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 - проєктуюча пряма  $i$ . Повернувши відрізок  $DE$  навколо вісі  $i$  до положення фронталі  $\bar{D}\bar{E}$  і спроектувавши його ортогонально на площину  $\Pi_2$ , отримаємо натуральну величину відрізка  $DE$ . І оскільки під час руху відрізка  $DE$  навколо вісі  $i$  кут  $\alpha$  нахилу до площини  $\Pi_1$  не мінявся, то одночасно отримуємо його натуральну величину.

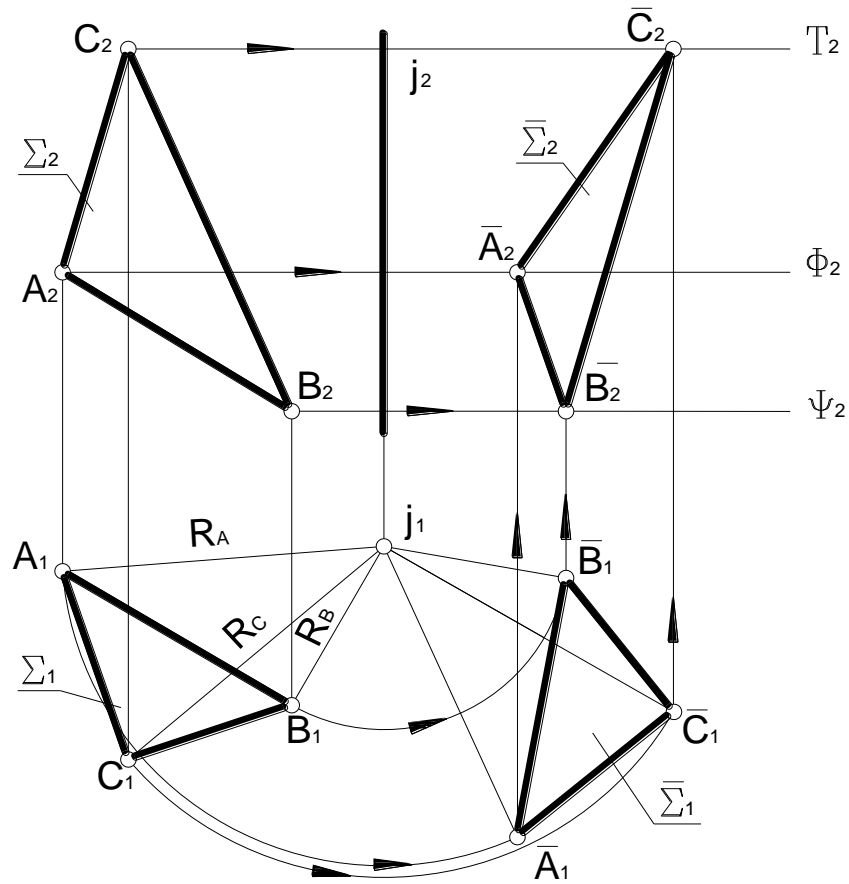


Рис. 48

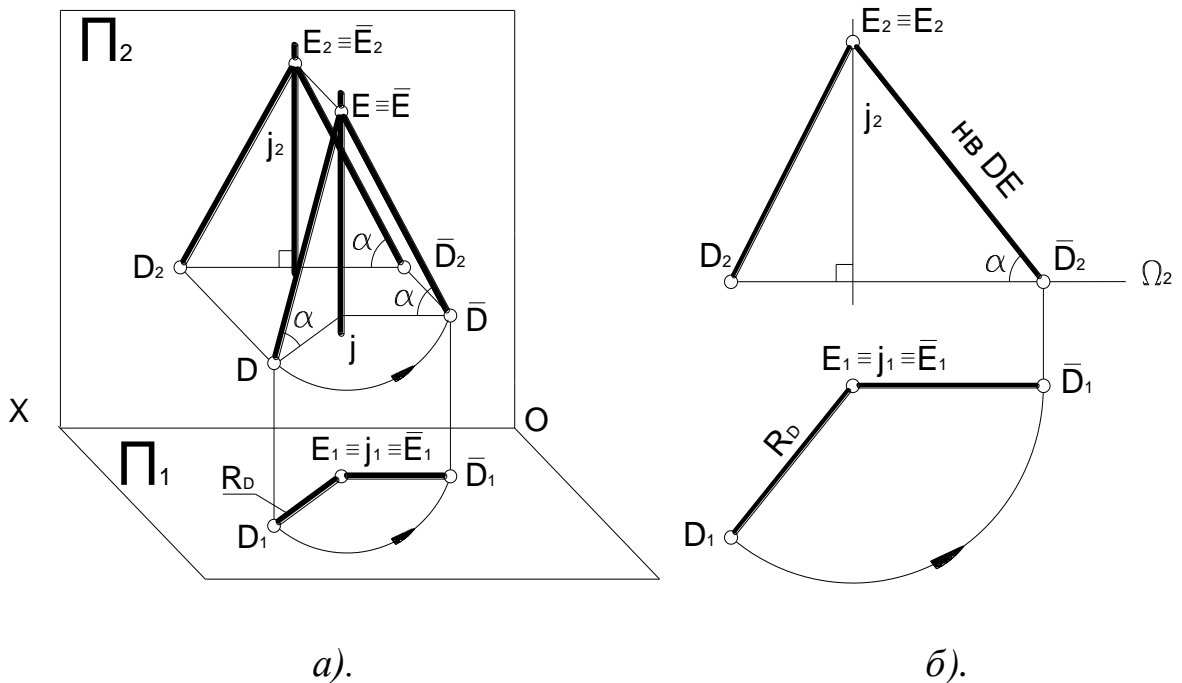


Рис. 49

На комплексному кресленні (рис. 49б) спочатку намічаємо траєкторію обертання точки  $D$ . Радіусом обертання точки  $D$  є сама горизонтальна проєкція  $D_1E_1$  відрізка.

Щоб відрізок зайняв положення фронталі, треба його горизонтальну проекцію повернути до горизонтального положення. Точка  $D$  при цьому оберталася в горизонтальній площині рівня  $\Omega$ . 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  $\alpha$  – натуральну величину кута нахилу відрізка  $DE$  до горизонтальної площини проекцій  $\Pi_1$ . Раніше ці параметри прямої загального положення ми визначали способом прямокутного трикутника.

## 2.4. 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 проектуючих прямих, а навколо прямої рівня цієї площини (горизонталі або фронталі).

На схемі (рис. 50а) площина загального положення  $P$  задана трикутним відрізком  $STU$  з горизонтальною стороною  $SU$ . Значить сторона  $SU$  буде одночасно і горизонталлю площини  $P$ , і її віссю обертання.

Для приведення відрізка  $STU$  в горизонтальне положення достатньо сумістити точку  $T$  з горизонтальною площиною рівня  $\Gamma$  обертанням навколо горизонталі  $h$ . Точка  $T$  при цьому буде переміщуватися в горизонтально - проектуючій площині  $\Delta$ , перпендикулярній вісі обертання - горизонталі  $h$ .

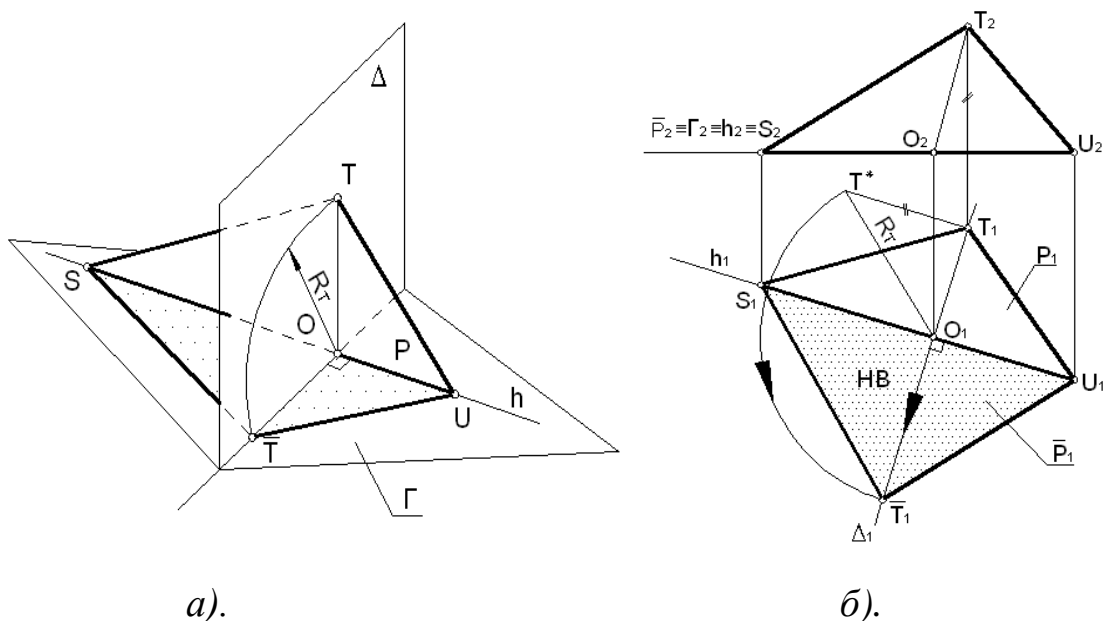


Рис. 50

Переходимо до комплексного креслення (рис. 50б). Через точку  $T$  проводимо горизонтально - проектуючу площину  $\Delta$  перпендикулярно горизонталі  $h$ . Траєкторія обертання точки  $T$  в горизонтальній проекції співпадає з проекцією – прямою  $\Delta_1$  площини  $\Delta$ . Залишається знайти натуральну величину радіуса  $R_T$ , тобто відрізок  $OT$  (це можна виконати способом прямокутного трикутника), і із центра  $O$  зробити засічку на проекції  $\Delta_1$ . Це і буде шукана точка  $T$  в своєму новому положенні  $\bar{T}$ .

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  $s_1\bar{T}_1U_1$  відріку 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 відрік не має сторони – горизонталі (сторони  $SU$  в нашому прикладі), то його треба добудувати таким чином, щоб ця горизонталь була, тобто плоский відрік повністю повинний бути по одну сторону від горизонталі.

Інакше буде накладання нової проекції відріку на стару (основну), а це значно ускладнить розв'язання деяких задач. На рис. 51 заданий відрік  $ABC$ , 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  $\theta$ , яка паралельна площині  $\Lambda$  (в ній обертається точка  $B$ ).

З'єднав нове положення точки  $\bar{A}$  з нерухомими точками  $R$  і  $C$ , отримаємо нове положення трикутного відріку  $ABC$  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.

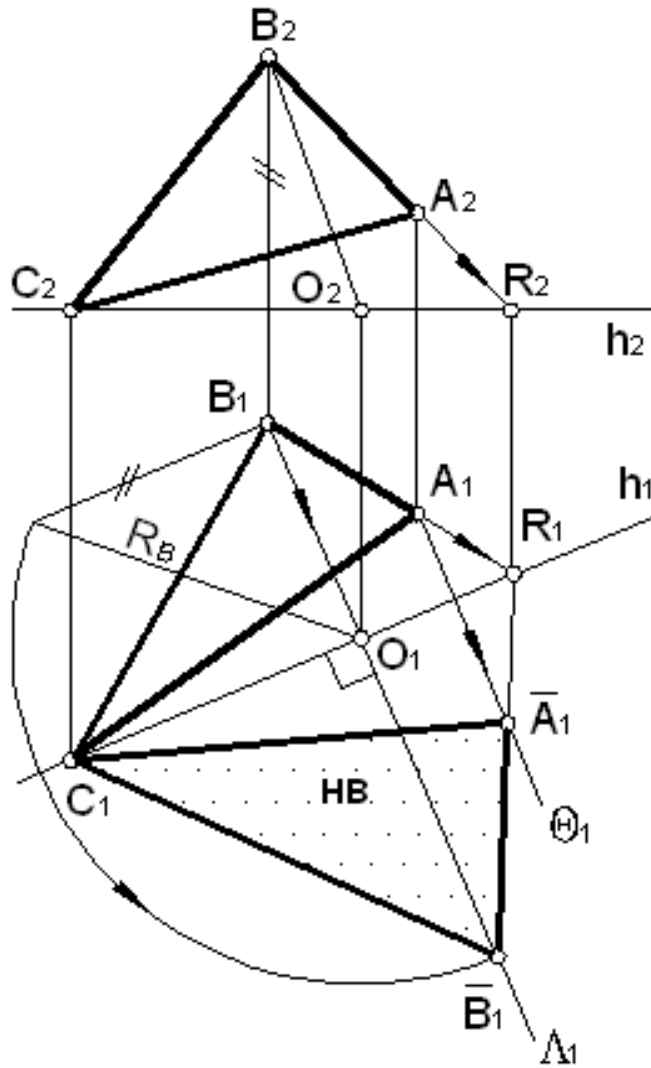


Рис.51

## 2.5. 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 затрудняє як сам процес розв'язання задачі, так і читання вже розв'язаних задач. Цю незручність усуває так назване плоско паралельне переміщення. Сама назва цього способу перетворення поясняє, що переміщення елементів геометричних образів проходить в паралельних площинах.

Повернемося до рис. 49б і звернемо увагу на наступне. Горизонтальна проєкція  $\bar{D}_1 \bar{E}_1$  відрізка  $DE$  при його обертанні навколо вертикальної вісі не змінюється по довжині, так як не змінюється кут  $\alpha$  нахилу відрізка до площини проєкцій  $\Pi_1$  (рис. 49а).

Використовуючи цю особливість, спробуємо друге положення горизонтальної проєкції відрізка (після його повороту) зразу помістити в

любому вільному полі креслення, не міняючи довжини проекції, тобто  $\bar{D}_1 \bar{E}_1 = D_1 E_1$  (рис. 52а).

Це означає, що відбулося таке переміщення відрізка  $DE$  в його нове положення  $\bar{D}\bar{E}$ , при якому кут  $\alpha$  його нахилу до площини  $\Pi_1$  не мінявся, а точки  $D$  і  $E$  переміщувались відповідно в паралельних площинах рівня  $\Xi$  і  $\Gamma$  (горизонтальних). За допомогою ліній зв'язку будуюмо фронтальну проекцію  $\bar{D}_2 \bar{E}_2$  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).

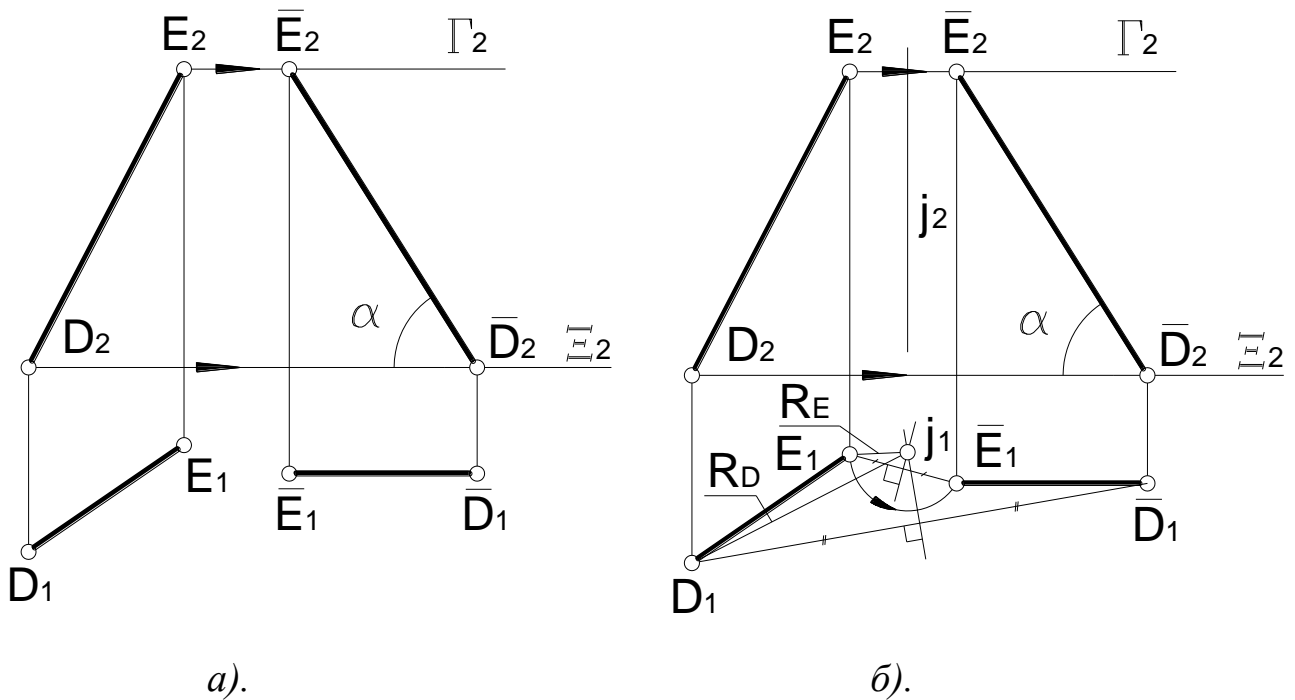


Рис. 52

При бажанні можна визначити положення цієї “неявної” вісі обертання, а також вказати горизонтальну проекцію дуг кіл, по яким переміщалися точки  $D$  і  $E$  (рис. 52б). З’єднавши однойменні горизонтальні проекції 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 проекцію тій самої “неявної” вісі обертання, навколо якої відбулося обертання відрізка  $DE$ . Тепер, маючи радіуси обертання  $R_D$  і  $R_E$  точок  $D$  і  $E$ , можемо побудувати горизонтальні проекції траєкторій-дуг точок, які обертаються.

Але необхідності в таких побудовах немає. Треба тільки зрозуміти, що плоско паралельне переміщення є обертання навколо проектуючої 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. 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. 53 маємо фронталь  $\bar{D}\bar{E}$  в її початковому положенні. Не змінюючи довжини проєкції  $\bar{D}_2\bar{E}_2$ , розташовуємо її вертикально в вільному полі креслення. Нове положення відрізка відмічають дві горизонтальні риси над їх літерним позначенням ( $\bar{\bar{D}}_2\bar{\bar{E}}_2$ ).

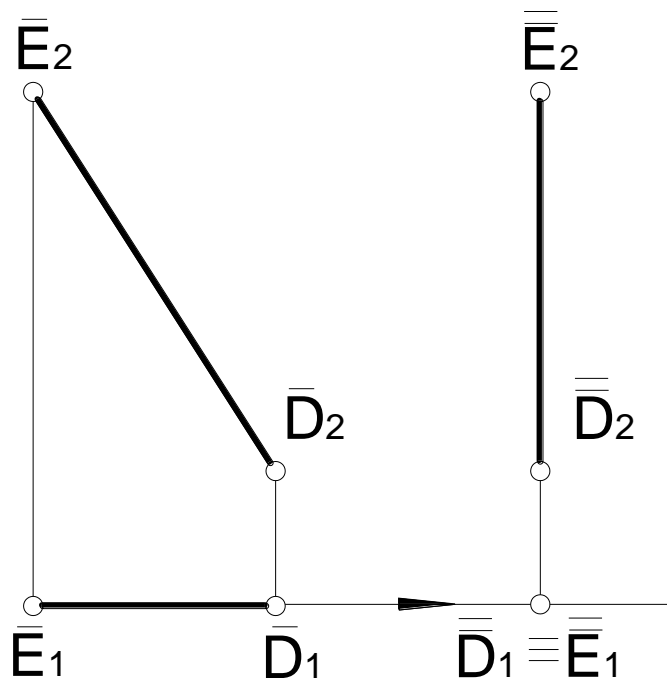


Рис. 53

Обидва кінця відрізка, тобто точки  $\bar{D}$  і  $\bar{E}$ , переміщувались в одній фронтальній площині рівня  $\Delta$ , а “неявною” віссю обертання була фронтально-проєктуюча пряма. Її місце розташування і фронтальні проєкції траєкторій -

дуг нас не цікавлять. За допомогою ліній зв'язку визначаємо нову горизонтальну проекцію  $\bar{D}_1 \bar{E}_1$  відрізка, яка зображується точкою  $\bar{D}_1 \equiv \bar{E}_1$ .

Отже, в результаті перетворення (плоско паралельного переміщення) отримано 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, тим самим перетворюємо в проектуючу і саму площину (рис. 54).

Почнемо з горизонталі. На комплексному кресленні (рис. 55) задана площина загального положення  $\theta$  своїм трикутним відсіком  $NPQ$ . Побудуємо в ній горизонталь  $h$  і приведемо горизонтальну проекцію відрізка, не міняючи його форму та розміри, в таке положення, щоб проекція – натуральна величина  $h$  його горизонталі стала вертикальною. Тому і почнемо побудову з горизонталі. На вільному полі креслення будуємо нове положення горизонталі – вертикальну пряму  $\bar{h}_1$ , а потім за допомогою засічок із точок  $Q$  і  $O$  будуємо вершини  $N$  і  $P$  відрізка таким чином, щоб нова проекція  $\bar{N}_1 \bar{P}_1 \bar{Q}_1$  залишилася рівною проекції  $N_1 P_1 Q_1$  початкового положення відрізка.

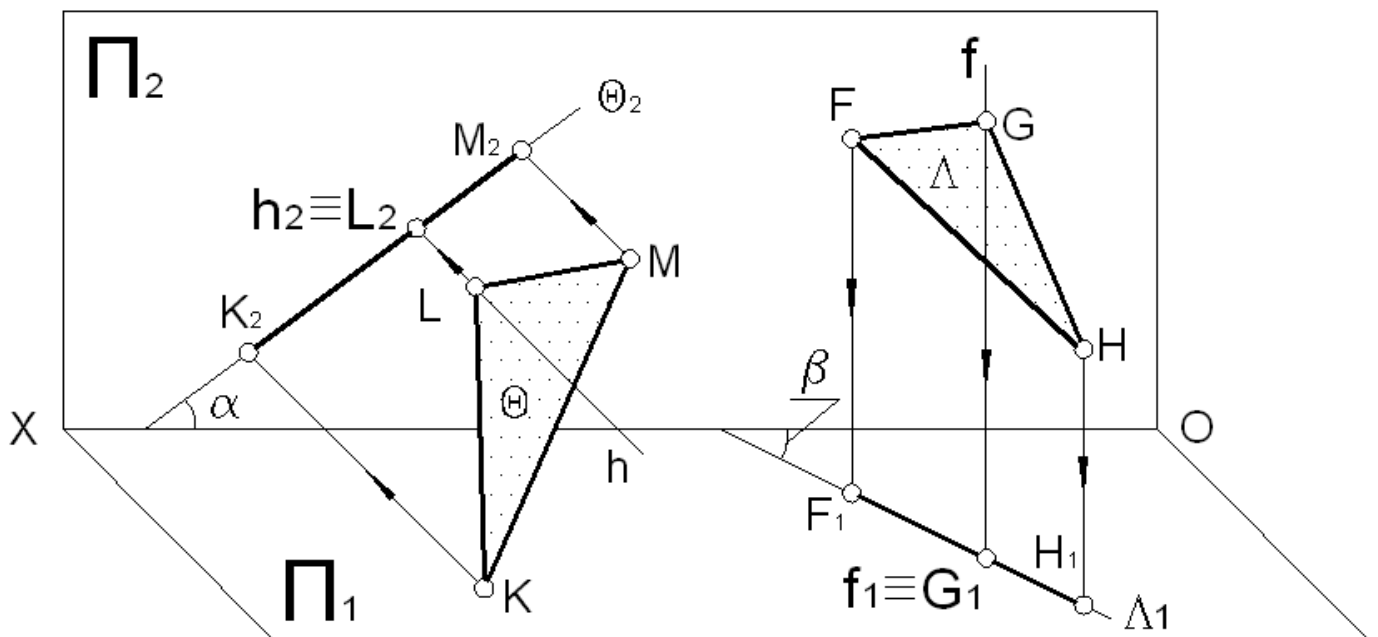


Рис. 54

При цьому точки  $N, Q, P$  (вершини відрізка) переміщалися в відповідних площинах рівня  $\Sigma, \Phi, \Gamma$ . За допомогою ліній зв'язку визначаємо нову фронтальну проекцію  $\bar{N}_2 \bar{P}_2 \bar{Q}_2$  відрізка. Вона повинна бути прямою лінією. В результаті отримуємо нове комплексне креслення, на якому площина загального положення  $\theta$  стала фронтально - проектуючою.



Оскільки кут  $\alpha$  нахилу площини  $\theta$  до площини проєкцій  $\Pi_1$  (див. рис. 49) при переміщенні, тобто обертанні навколо “невної” горизонтально - проєктуючої вісі, залишався незмінним, можна стверджувати, що даним перетворенням визначино натуральну величину цього кута.

**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.

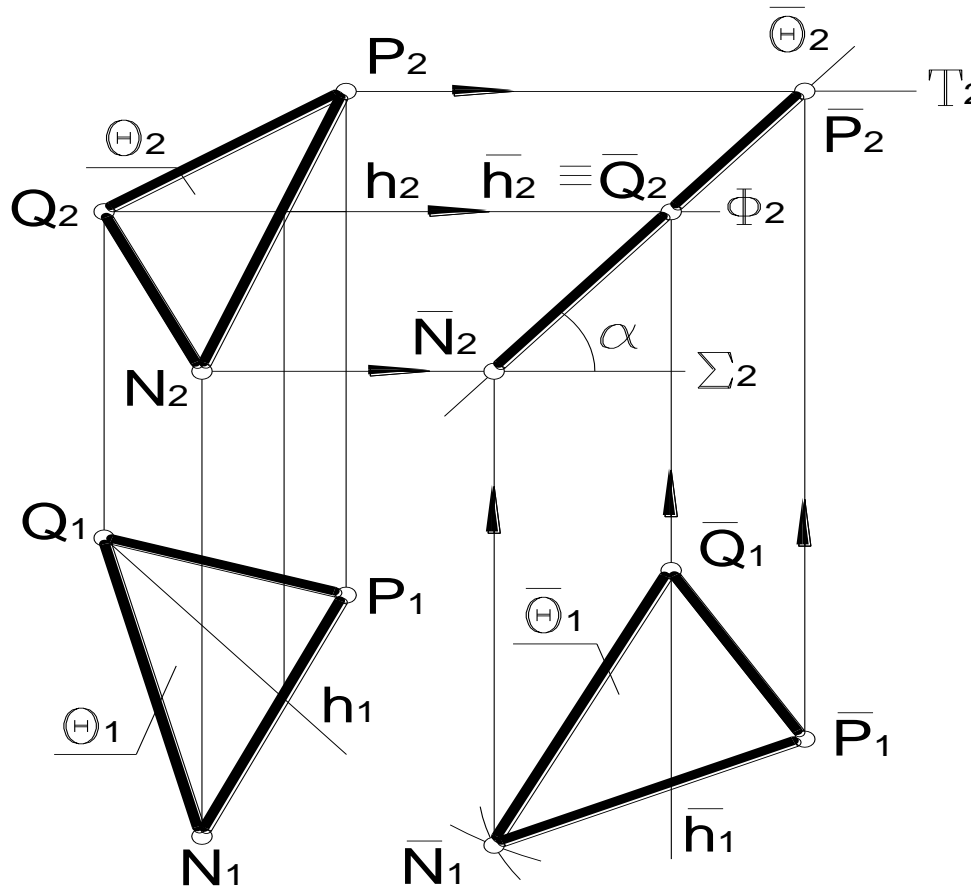


Рис. 55

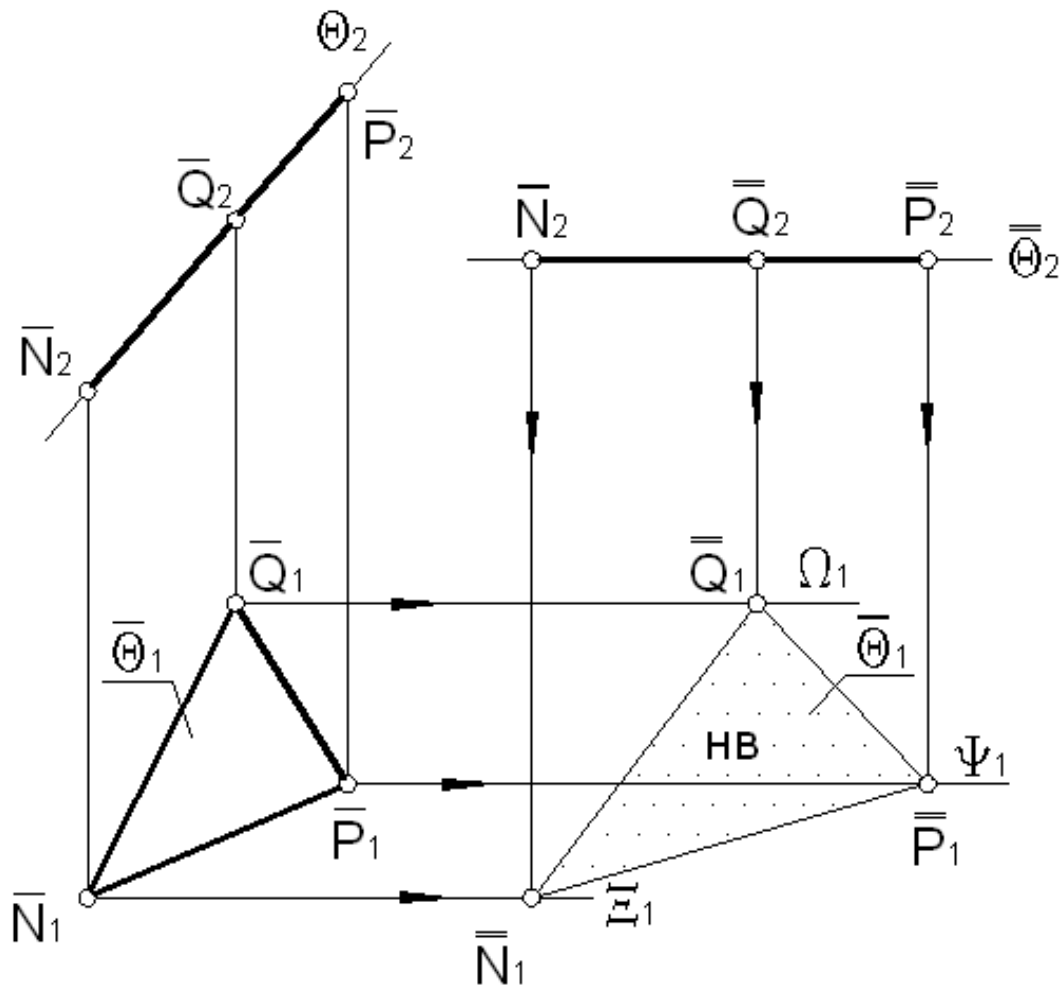


Рис. 56

Щоб проектуюча площина стала площиною рівня, треба її проекцію – пряму розташувати горизонтально. На рис. 56 маємо фронтально - проектуючу площину  $\bar{\theta}$  в її початковому положенні. Не змінюючи довжини і форми фронтальної проекції  $\bar{N}_2 \bar{P}_2 \bar{Q}_2$ , розташовуємо її горизонтально в вільному полі креслення.

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

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

Шляхом суміщення креслень рис. 55 і 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.

### ІІІ. МЕТРИЧНІ І ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ

#### 3.1. Перетин багатогранника прямою

Задачі на перетинання прямої з поверхнею многогранника зводяться до визначення точок, що належать заданій прямій і поверхні.

Для побудовання точок перетинання прямої із поверхнею многогранника застосовується алгоритм, що нагадує той, що використовується для визначення точки зустрічі прямої із площиною.

**Алгоритм.** Щоб знайти точки перетинання прямої із поверхнею многогранника, необхідно (рис. 57):

- 1) укласти пряму в допоміжну площину ( $\omega \perp P_2$ );
- 2) побудувати проєкції перерізу многогранника цією площиною ( $\Delta I23$ );
- 3) точки перетинання заданої прямої із побудованою фігурою перерізу – шукані точки перетинання прямої із поверхнею многогранника (*m. K, L*).

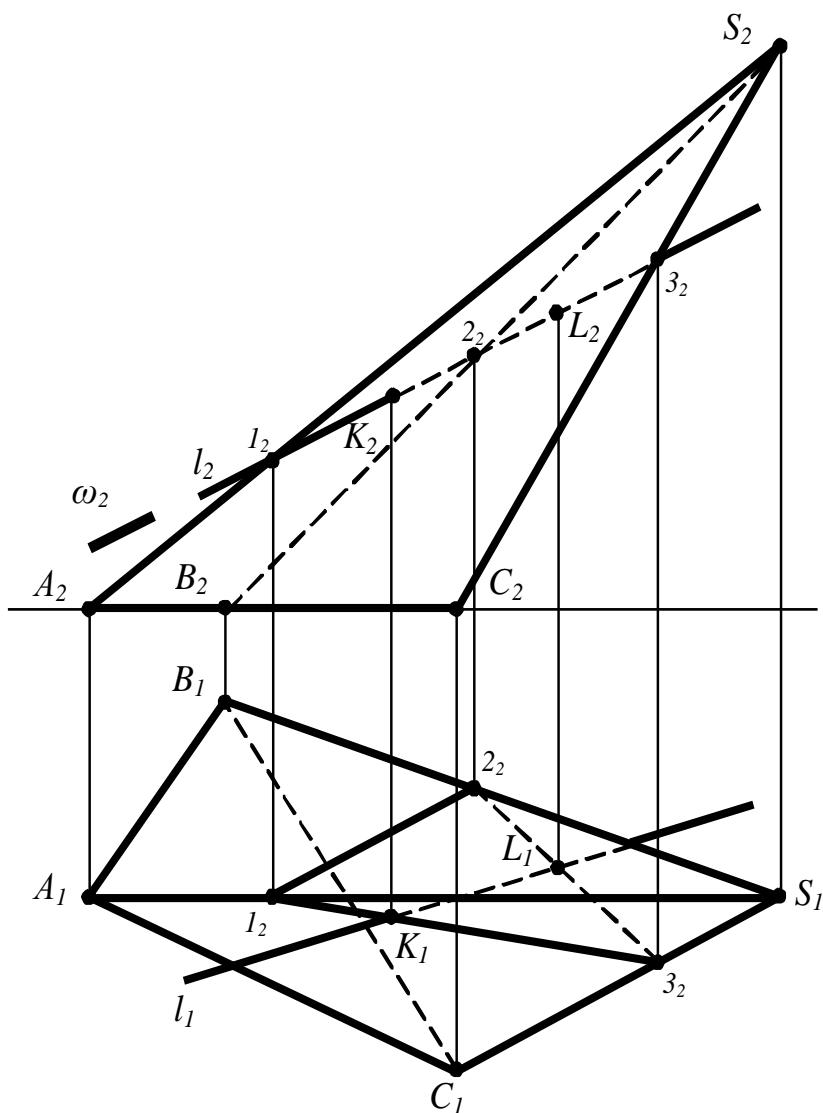


Рис. 57

### 3.2. Розгортка піраміди, що зрізана

Розгорнути поверхню – це значить, сполучити її всіма точками з площиною. Для того щоб побудувати розгортку багатогранника необхідно знати натуральні розміри (дійсну величину) ліній, що визначають її контур.

У даному випадку основа піраміди (рис. 58)  $\triangle ABC$  лежить у горизонтальній площині рівня, отже, проєціюється на горизонтальну площину проєкцій ( $P_1$ ) без спотворення.

Ребро  $AS$  паралельно площини  $P_2$ , тому  $A_2S_2$  – натуральний розмір цього відрізка. Для розв'язання поставленої задачі необхідно визначити натуральні розміри ребер  $BS$  і  $CS$ . Тут зручно використовувати засіб прямокутного трикутника.

Натуральні розміри ребер піраміди являють собою гіпотенузи прямокутних трикутників, у яких один спільний катет дорівнює різниці координат "z" вершини піраміди  $S$  і кінців ребер – точок  $B$  і  $C$ , а другі катети рівні горизонтальним проєкціям відповідних ребер.

Дійсний вид перерізу визначається за допомогою методу заміни площин:

- 1) вводимо площину  $P_4$  паралельно до площини  $\omega(\triangle I23)$ , тобто проводимо нову вісь  $X_1$  паралельно до фронтальної проєкції площини  $\omega(\triangle I23)$ ;
- 2) проводимо лінії проєкційного зв'язку перпендикулярно до нової осі  $X_1$ ;
- 3) відкладаємо відстані, з площини яку замінюємо –  $P_1$ .

Щоб побудувати на розгортці точки (2, 3), що належать боковим ребрам багатогранника, необхідно перенести їх на натуральні величини  $B_0S_0$  і  $C_0S_0$  (використовуючи властивість подібності).

Одержавши всі необхідні розміри будується розгортка піраміди, що зрізана, способом зарубок, тобто послідовно пристроюються друг до друга суміжні трикутні грані, сторони яких являють собою натуральні величини відповідних відрізків. Також на розгортку переноситься основа ( $\triangle ABC$ ) та дійсний вид перерізу ( $\triangle I23$ ).

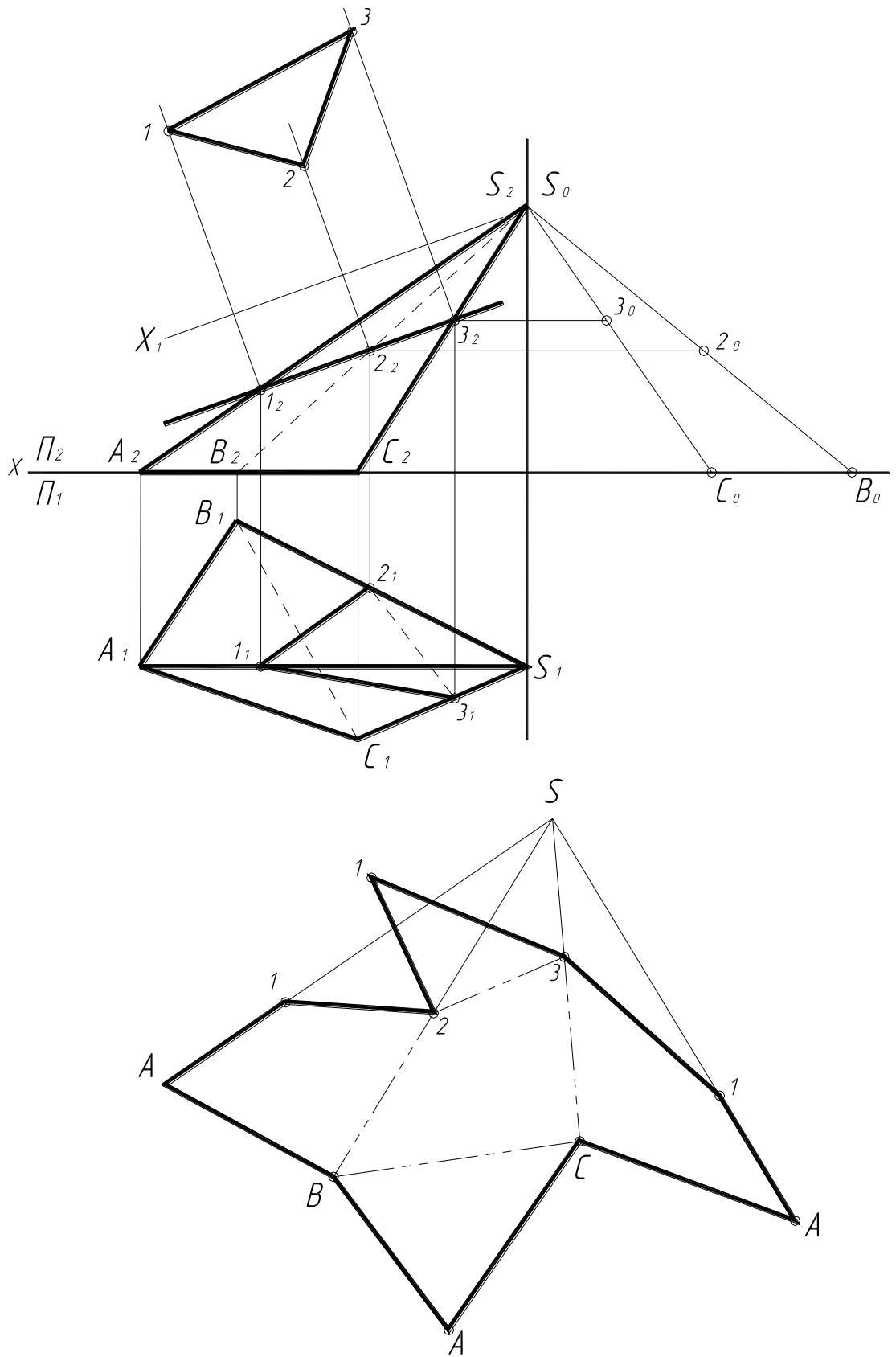


Рис. 58

#### IV. ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ З ТЕМИ «НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ»

Графічні роботи з нарисної геометрії являють собою епюри (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).

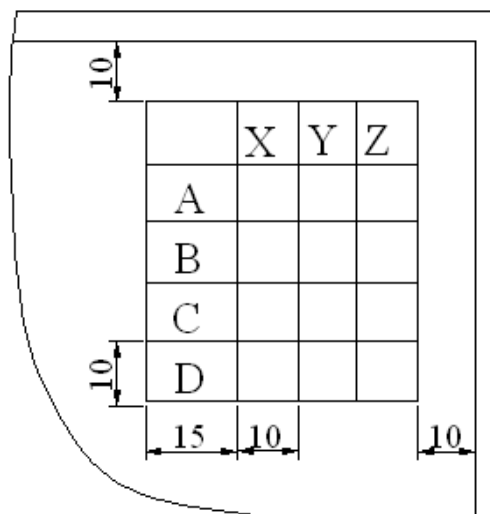
2. Побудови виконують, використовуючи інструменти для креслення, олівцем з твердим грифелем у тонких лініях. Наводять креслення і виконують написи олівцем з м'яким грифелем.

3. Написи виконують стандартним шрифтом №5.

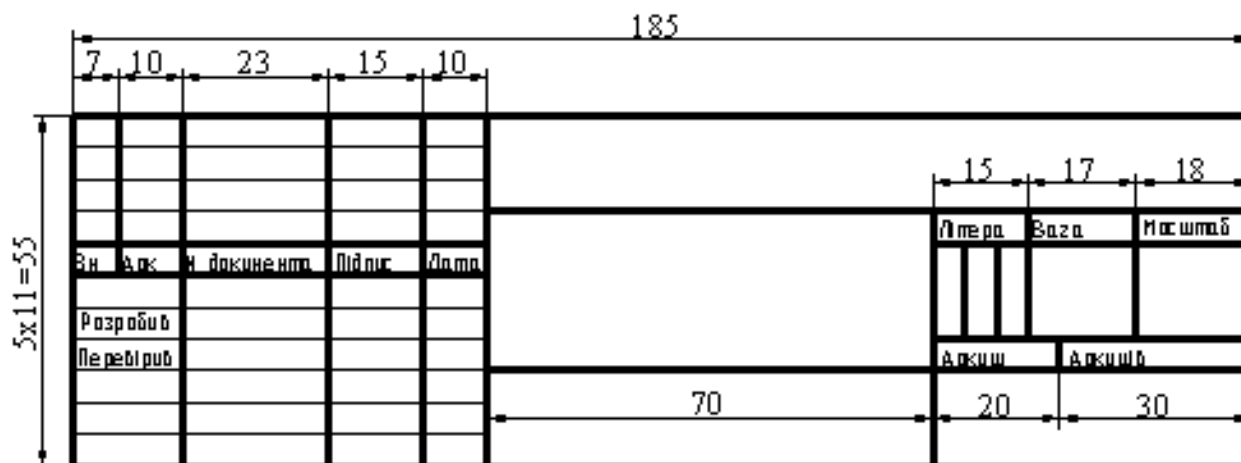
4. Графічні роботи та титульний лист виконують дотримуючись таких рекомендацій:

- 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.



- В правому нижньому куті форматного аркушу виконують основний напис



5. Титульний лист і графічні роботи по порядку підшиваються в альбом, який студент подає викладачу. Викладач підписує альбом після захисту його студентом.

#### 4.1. Завдання до графічної роботи №1

Перша графічна робота з нарисної геометрії включає три задачі.

Координати точок для побудови умов задач беруться з Таблиці 1.

**Задача 1.** Побудувати за координатами відрізки  $AB$  і  $CD$ , знайти їх натуральну величину і кути нахилу до площин проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .

*Порядок виконання задачі наступний:*

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

2. Знаходять їх натуральну величину та кути  $\alpha$  і  $\beta$  нахилу до площин проєкцій методом прямокутного трикутника (див. п.1.2, рис.5).

Приклад виконання задачі 1 графічної роботи №1 представлений на рис. 59.

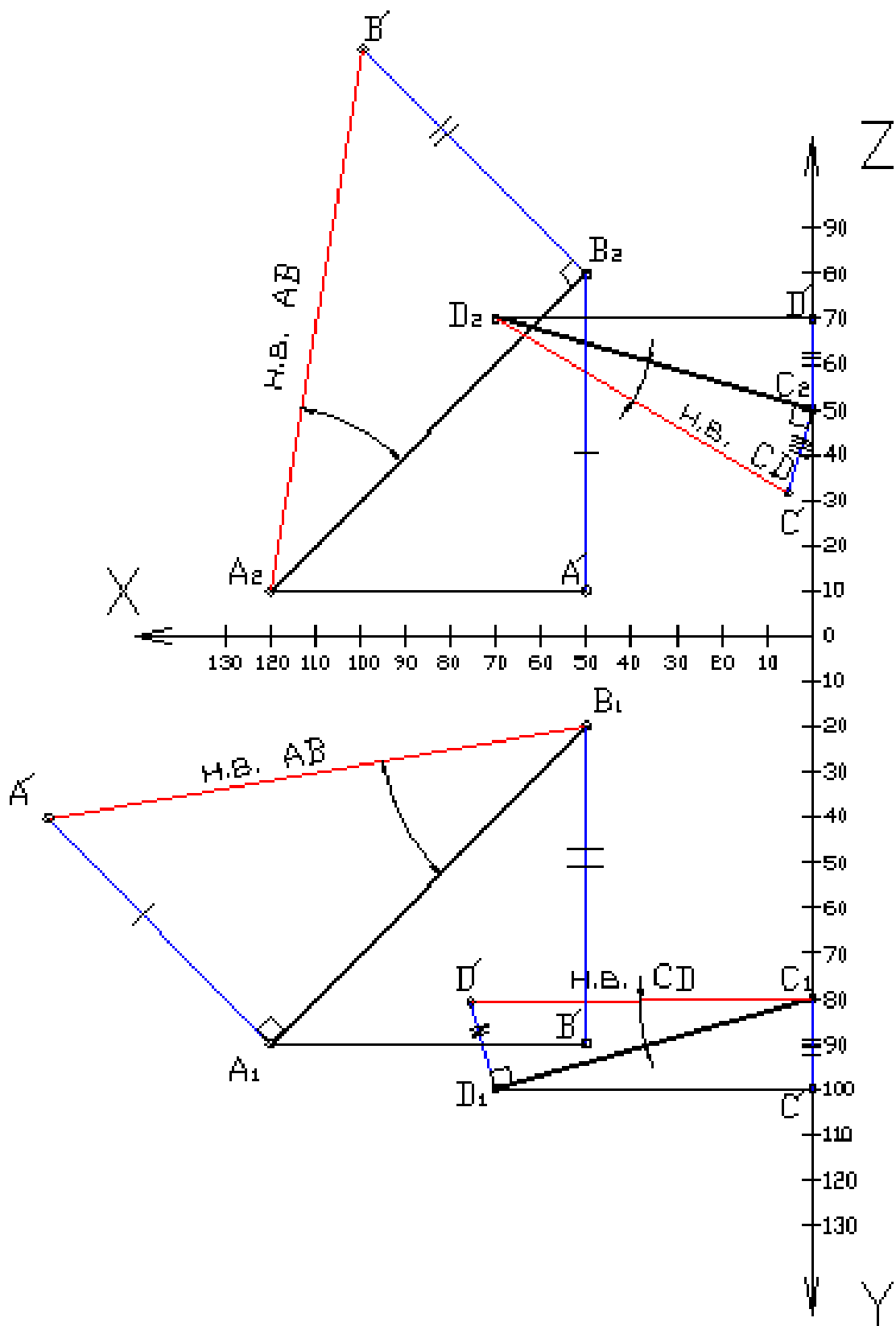


Рис. 59

**Задача 2. Знайти натуральну величину трикутника EDC.**

З шкільного курсу геометрії відомо, що 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 проєкцій 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 60.

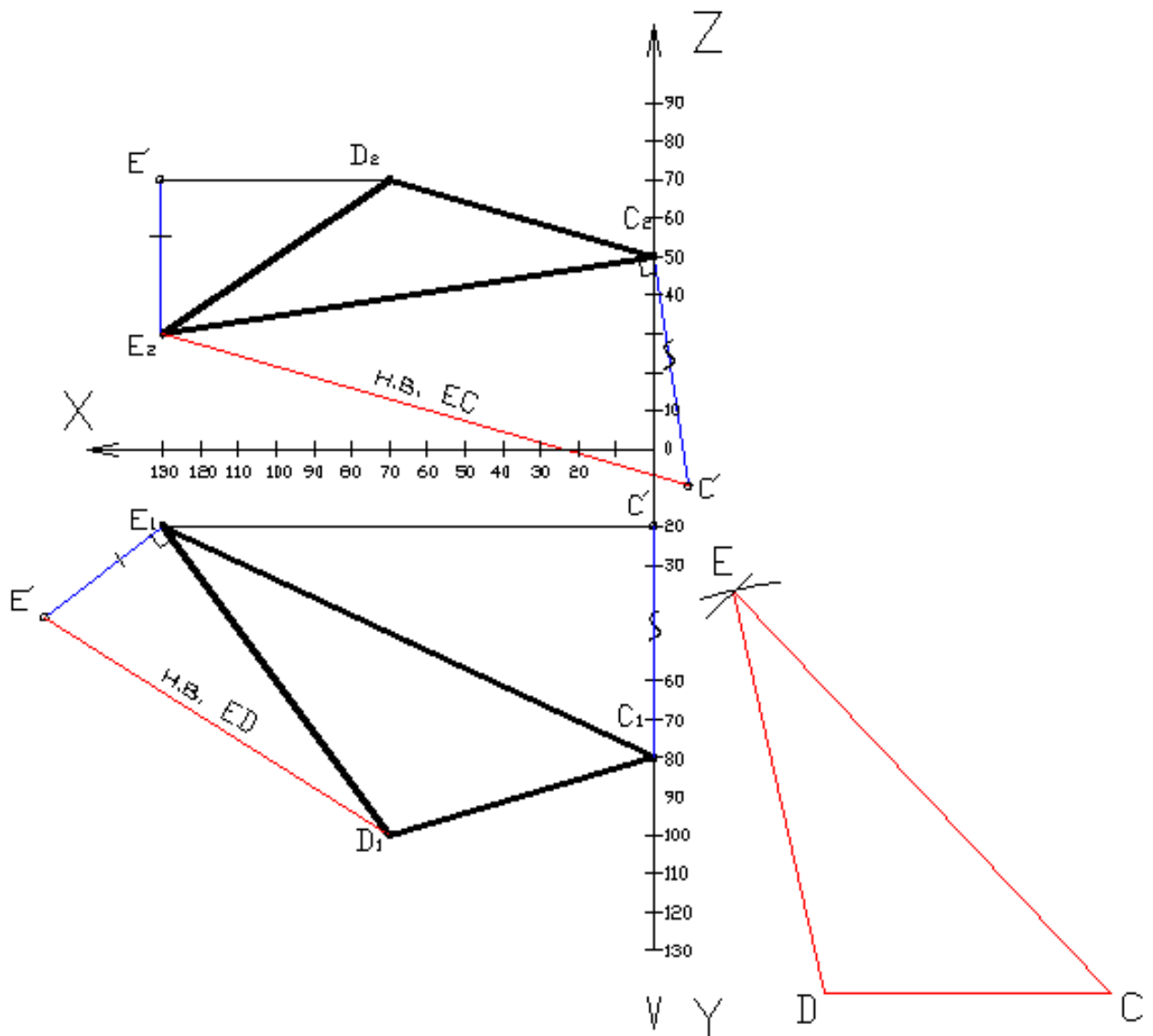


Рис. 60

**Задача 3. Побудувати трикутник  $ABC$ , провести в ньому лінії рівня та лінії найбільшого нахилу до площин проєкцій  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$ .**

*Порядок виконання задачі наступний:*

1. За координатами будуємо фронтальну та горизонтальну проєкції трикутника  $ABC$ .

2. В трикутнику  $ABC$  проводимо фронтальні та горизонтальні проєкції ліній рівня: фронталі та горизонталі (див. п.1.7, рис.31).

3. Будуємо лінії найбільшого нахилу трикутника  $ABC$  до площин проекцій  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$  (див. п.1.7, рис.32). (Пряма  $k$  – лінія найбільшого нахилу трикутника  $ABC$  до площини проекції  $\Pi_1$ ; пряма  $n$  – лінія найбільшого нахилу трикутника  $ABC$  до площини проекції  $\Pi_2$ ). Нагадаємо, що в горизонтальній площині лінія найбільшого нахилу до площини  $\Pi_1$  утворює прямий кут з проекцією горизонталі; в фронтальній площині лінія найбільшого нахилу до площини  $\Pi_2$  утворює прямий кут з проекцією фронталі.

Приклад виконання задачі 3 графічної роботи №1 представлений на рис. 61.

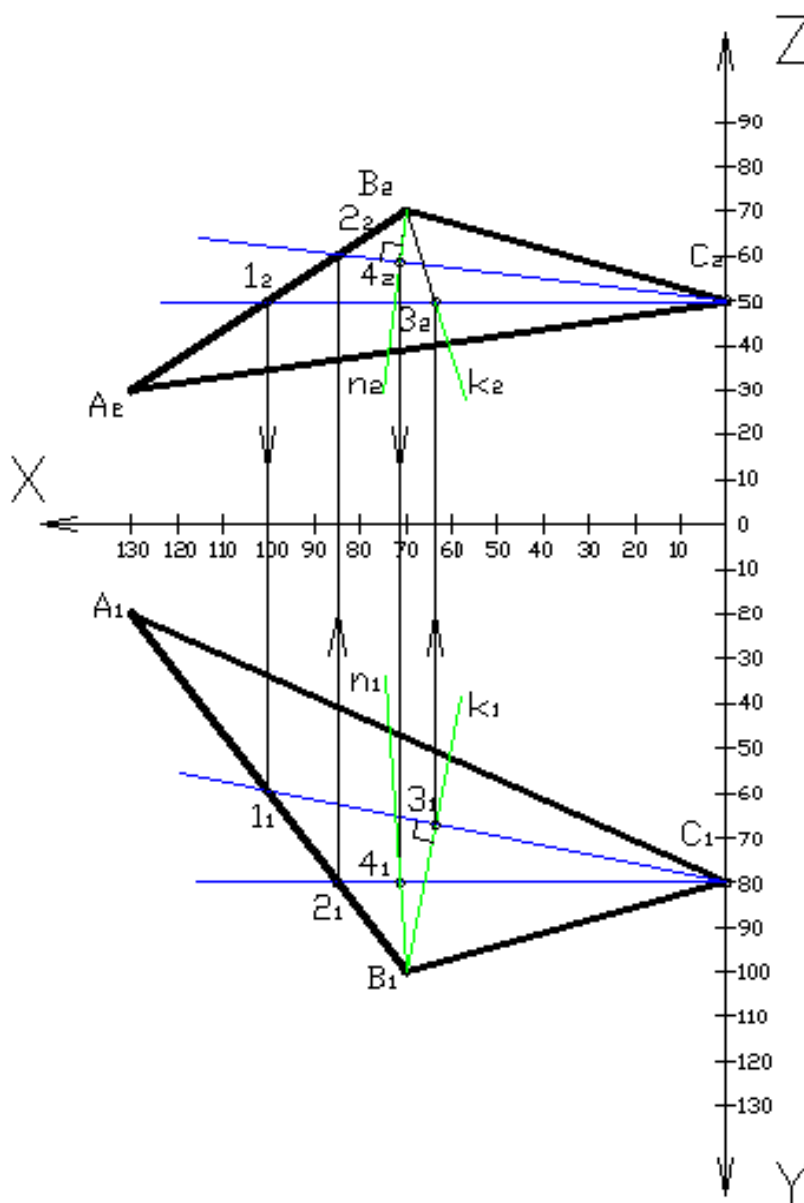


Рис. 61

*Питання до захисту графічної роботи №1:*

1. Знайти натуральну величину та кути нахилу до площин проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  відрізка  $AB$  (методом прямокутного трикутника).
2. Що називається фронталлю?
3. Що називається горизонталлю?
4. Провести в трикутнику лінії рівня: фронталь і горизонталь.

## 4.2. Завдання до графічної роботи №2

Друга графічна робота з нарисної геометрії включає три задачі.  
Координати точок для побудови умов задач беруться з таблиці 1.

**Задача 1.** Знайти відстань від точки  $D$  до площини, яку задано трикутником  $ABC$ .

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 відрізка, 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), див. п.1.9, рис.36 .

5. Визначаємо натуральну величину відстані від точки  $D$  до трикутника  $ABC$  методом прямокутного трикутника.

Приклад виконання задачі 1 графічної роботи №2 представлений на рисунку 62.

**Задача 2.** Побудувати площину паралельну площині, яку задано трикутником  $ABC$ , на відстані 50 мм від неї.

*Порядок виконання задачі наступний:*

1. знаходимо натуральну величину перпендикуляра, опущеного з точки  $D$  на площину трикутника  $ABC$  (методом прямокутного трикутника).

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

3. Потім знаходимо горизонтальну та фронтальну проекції точки  $M$ .

4. Через отримані проекції точки  $M$  проводимо площину паралельну площині трикутника  $ABC$  (див. п.1.10).

Приклад виконання задачі 2 графічної роботи №2 представлений на рис. 63.

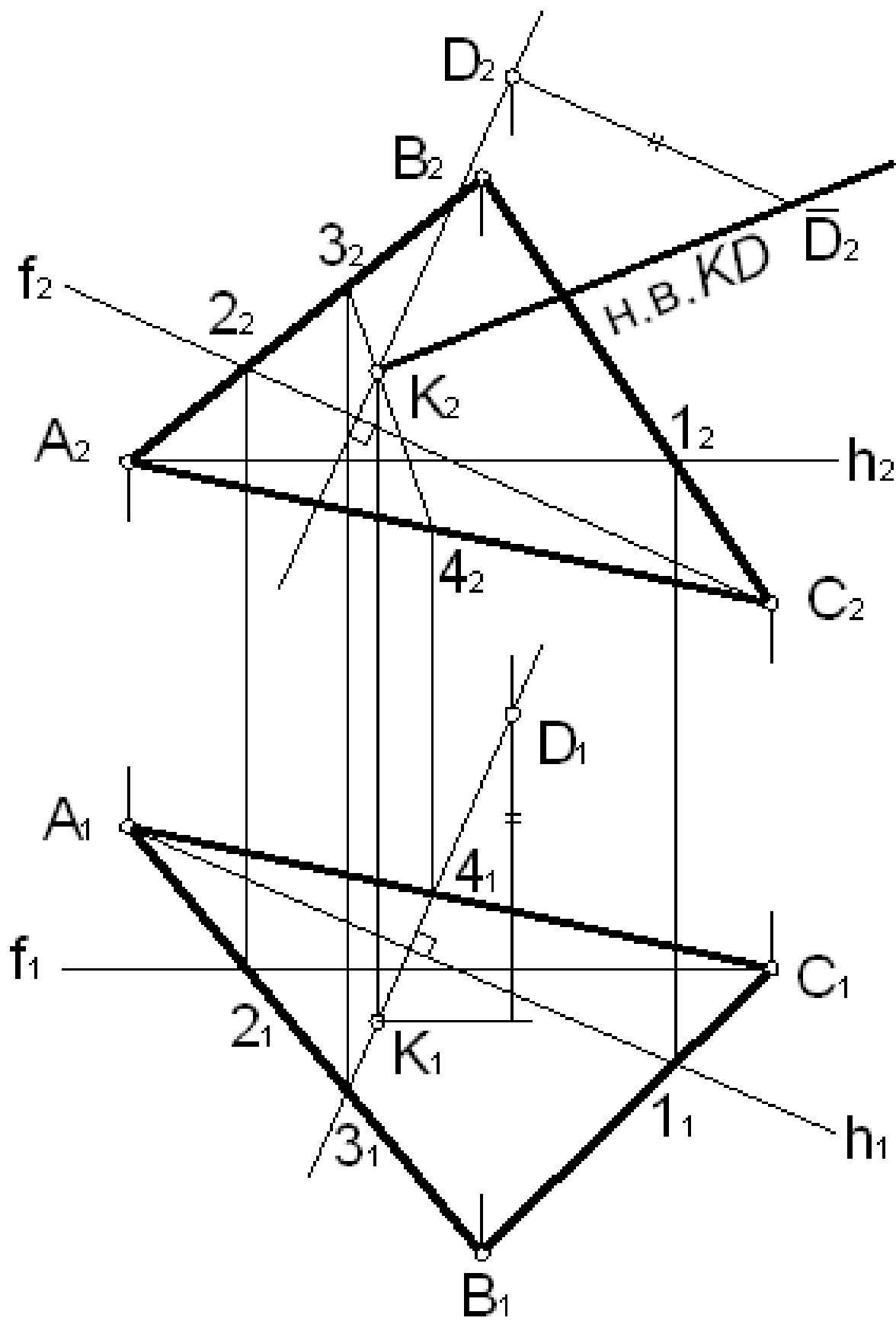


Рис. 62

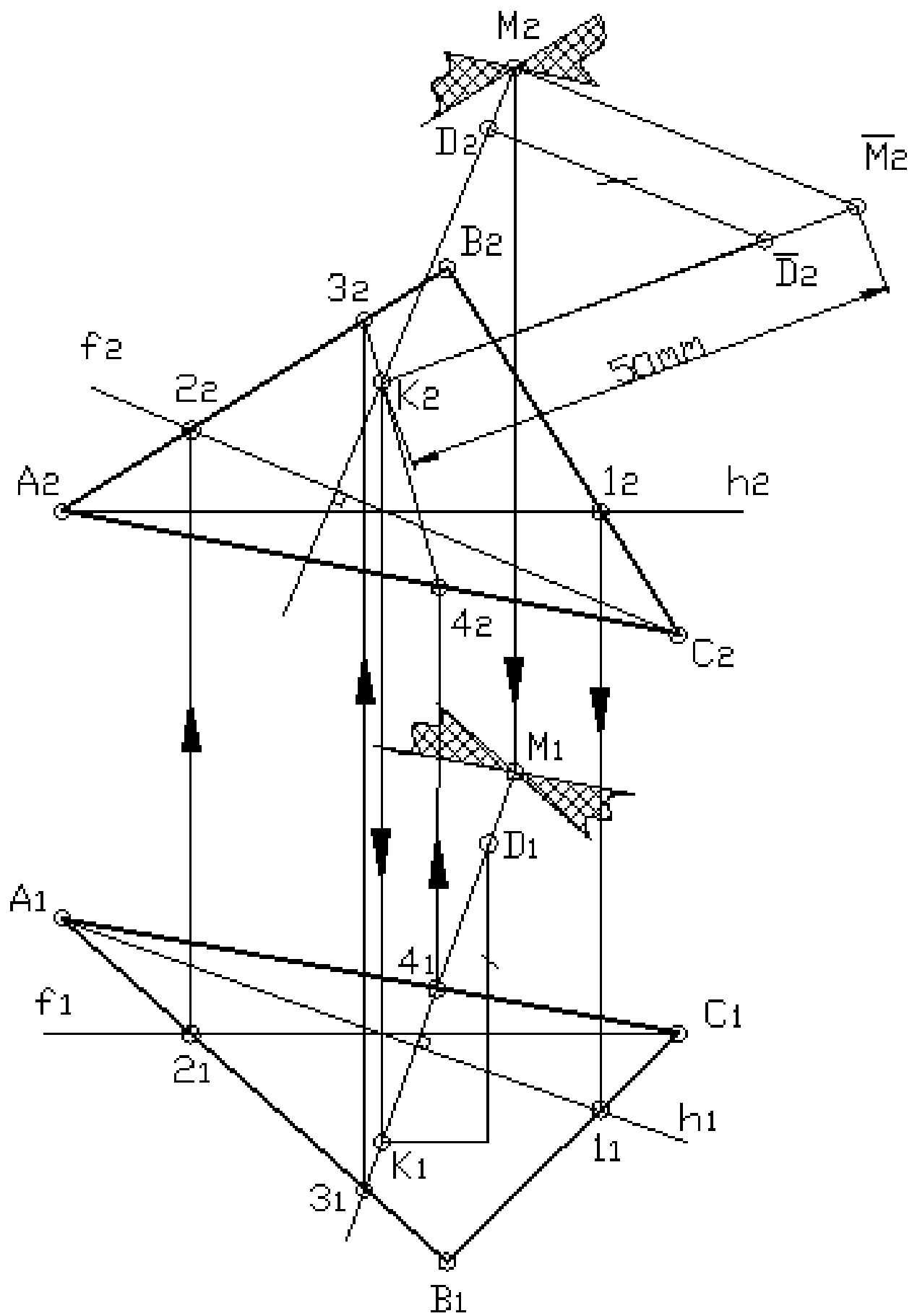


Рис. 63

**Задача 3.** 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 одно 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 64.

*Питання до захисту графічної роботи №2:*

1. Як знайти відстань від точки до площини?
2. Визначити точку перетину прямої з трикутником.
3. Як побудувати площину перпендикулярну даній площині?
4. Послідовність знаходження лінії перетину двох площин.
5. Побудувати пряму перпендикулярну до площини, заданої трикутним відсіком.
6. Побудувати пряму паралельну до площини, заданої трикутним відсіком.

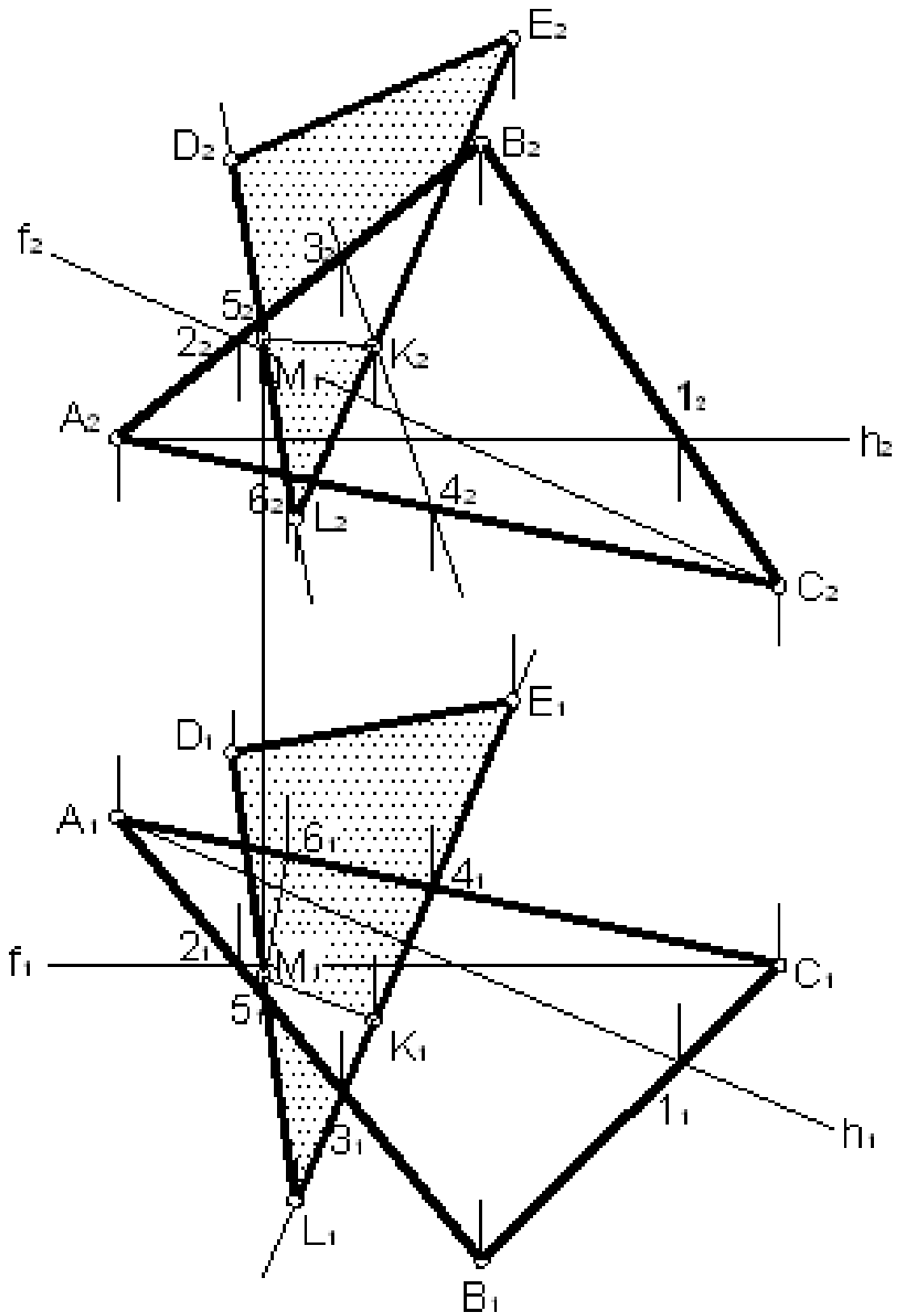


Рис. 64

### 4.3. Завдання до графічної роботи №3

Третя графічна робота з нарисної геометрії включає чотири задачі. Координати точок для побудови умов задач беруться з Таблиці 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  $\Pi_4$  (отримаємо відрізок  $K_4N_4$ ), а потім на площини  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$  (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 65.

#### **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 проекції двогранного кута, утвореного трикутниками  $ABC$  і  $ABD$ .

2. Спільне для двох трикутників ребро  $AB$  повертаємо навколо горизонтально- або фронтально-проектуючої 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-проектуючої 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 66.

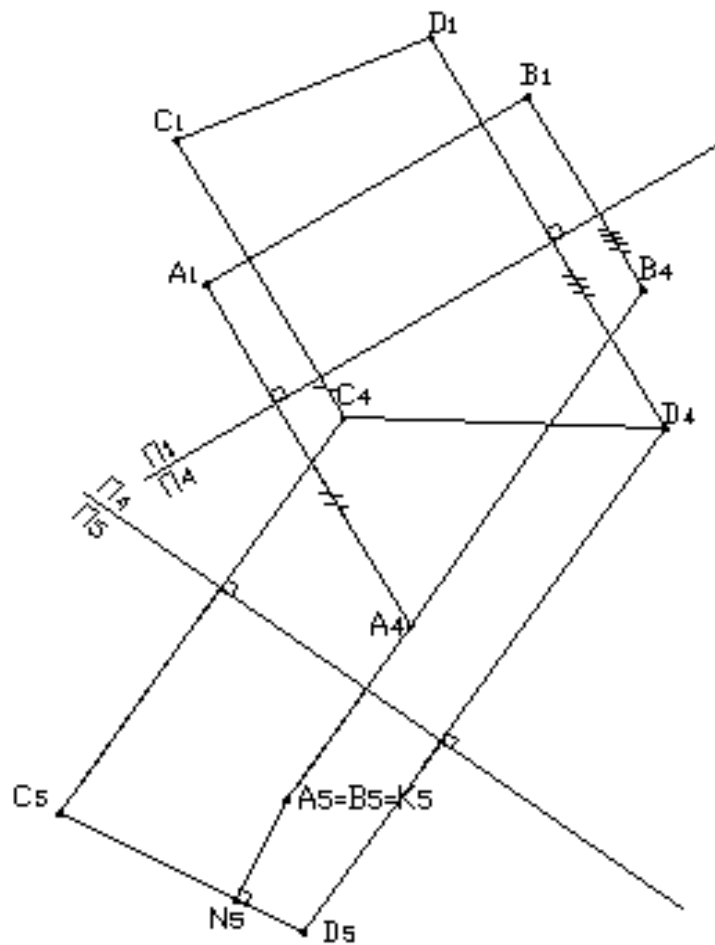
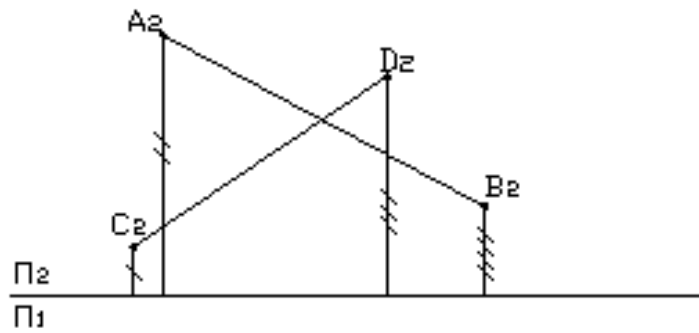


Рис. 65

**Задача 3. Знайти натуральну величину трикутника  $ABC$ .**

(Метод обертання навколо лінії рівня).

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатам будуємо фронтальну та горизонтальну проєкції трикутника  $ABC$ .
2. Будуємо горизонтальну та фронтальну проєкції 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  $\Sigma$  і  $\Phi$ ).

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  $\Sigma$ . Точка  $B^*$  і являється новим положенням точки  $B$  після обертання.

7. З'єднуємо точку  $B^*$  з точкою  $1_1$  до перетину з площиною  $\Phi$ . 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 67.

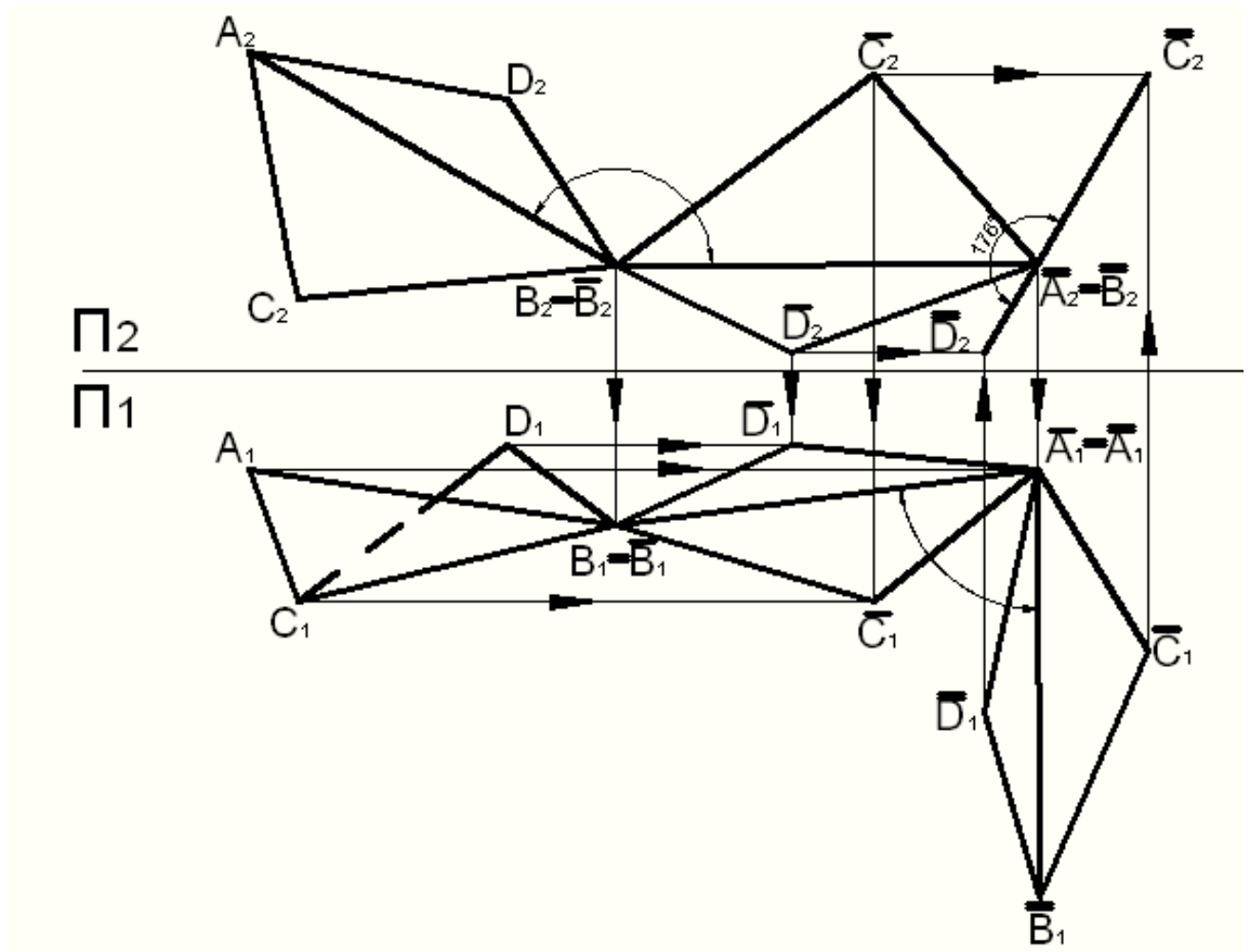


Рис. 66

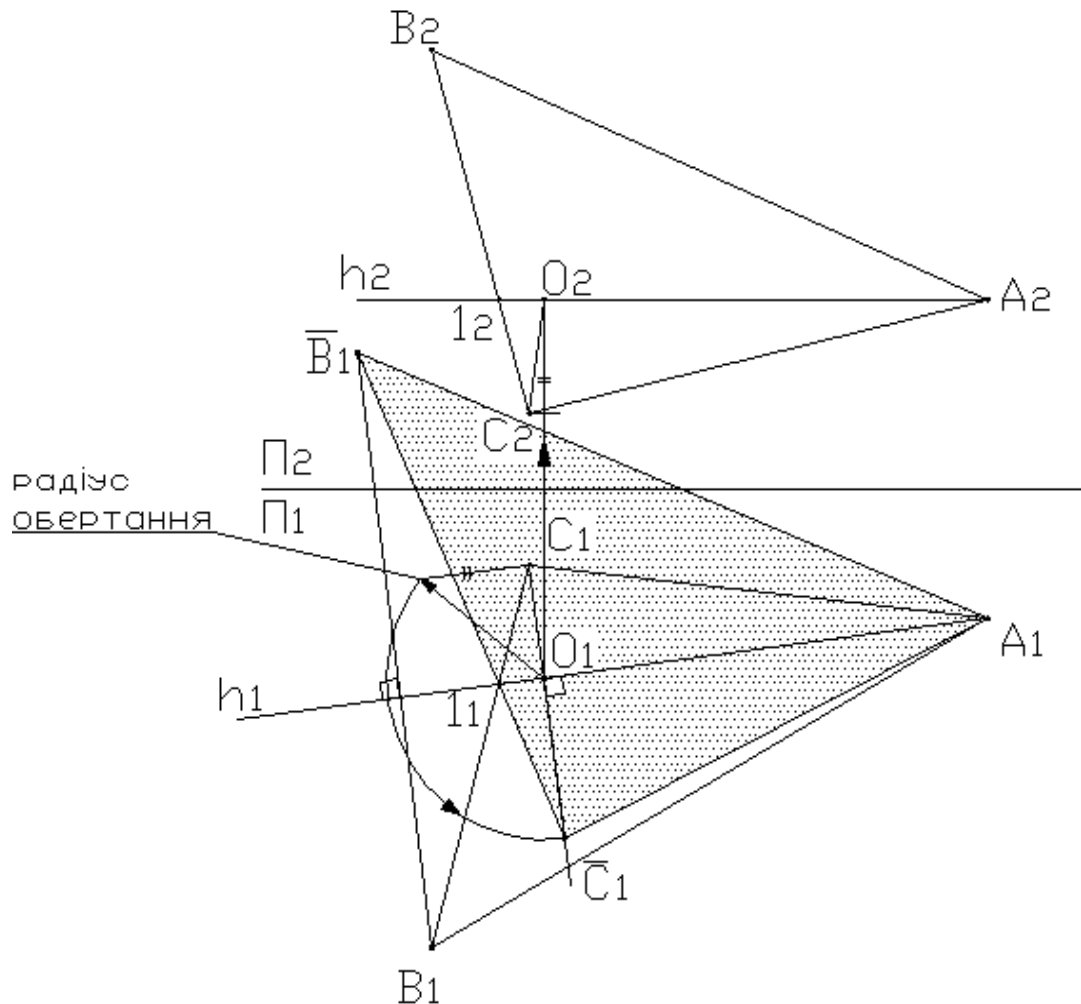


Рис. 67

**Задача 4.** Знайти відстань від точки  $D$  до площини, заданої трикутником  $ABC$ .

(Метод плоско-паралельного переміщення).

Порядок виконання задачі наступний:

1. По координатах будуюмо фронтальну та горизонтальну проєкції трикутника  $ABC$  і точки  $D$ .

2. Методом плоско-паралельного переміщення площину загального положення, задану трикутником  $ABC$ , перетворюємо в проєктуючу площину (третья 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  $\overline{D\bar{K}}$  являється шуканою відстанню від точки  $D$  до площини, заданої трикутником  $ABC$ .

Приклад виконання задачі 4 графічної роботи №3 представлений на рисунку 68.

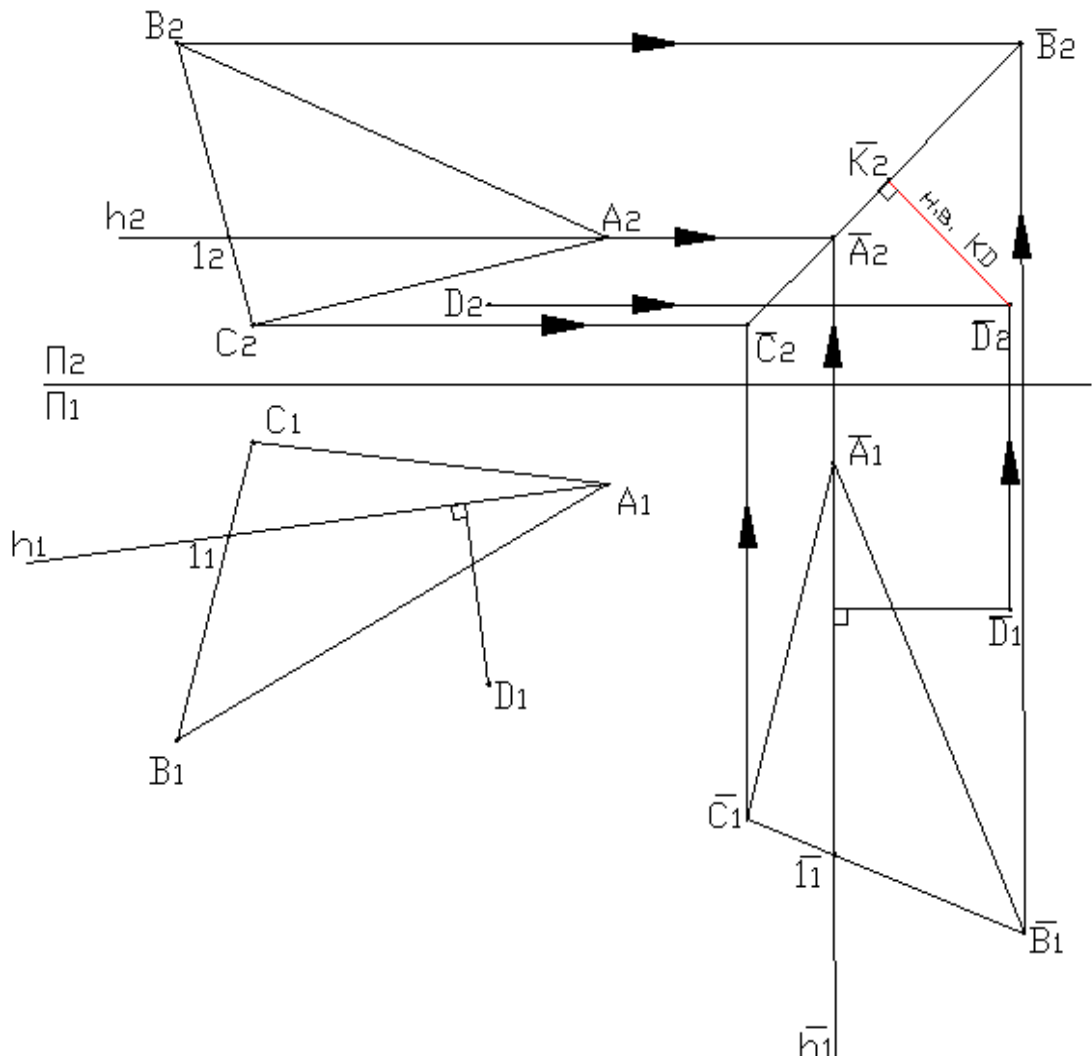


Рис. 68

*Питання до захисту графічної роботи №3:*

1. Мета перетворення креслення.
2. Способи перетворення креслення: їх недоліки та переваги.
3. Як пряму загального положення перетворити на проектуючу?
4. Як площину загального положення перетворити на площину рівня?
5. Яких умов необхідно дотримуватися при виконанні перетворень методом заміни площин проекцій?
6. Знайти натуральну величину відрізка методом обертання навколо проектуючої прямої.
7. Знайти натуральну величину відрізка методом плоско паралельного переміщення.
8. Знайти натуральну величину відрізка методом заміни площин проекцій.
9. Знайти натуральну величину трикутного відсіку методом плоско паралельного переміщення.
10. Знайти натуральну величину трикутного відсіку методом заміни площин проекцій
11. Назвати чотири основні задачі перетворення креслення.

Таблиця 1. Координати точок															
№ варіанту	А			В			С			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

Продовження таблиці 1

№ варіанту	А			В			С			D			E		
	X	Y	Z	X	X	X	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
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

#### 4.4. Завдання до графічної роботи №4

Четверта графічна робота з нарисної геометрії включає одну задачу. Координати точок для побудови умов задач беруться з Таблиці 2.

##### **Задача 1. Розгортка піраміди.**

*Порядок виконання задачі наступний:*

1. По заданим координатам вершини  $S$  і вершин основи  $A, B, C, D$  (табл. 2) побудувати комплексне креслення піраміди (з урахуванням видимості) та прямої  $EF$ .

2. Побудувати точки перетину прямої загального положення, заданої відрізком з поверхнею заданої піраміди.

3. Побудувати розгортку піраміди, що зрізана.

Приклад виконання задачі графічної роботи №4 представлений на рисунку 69.

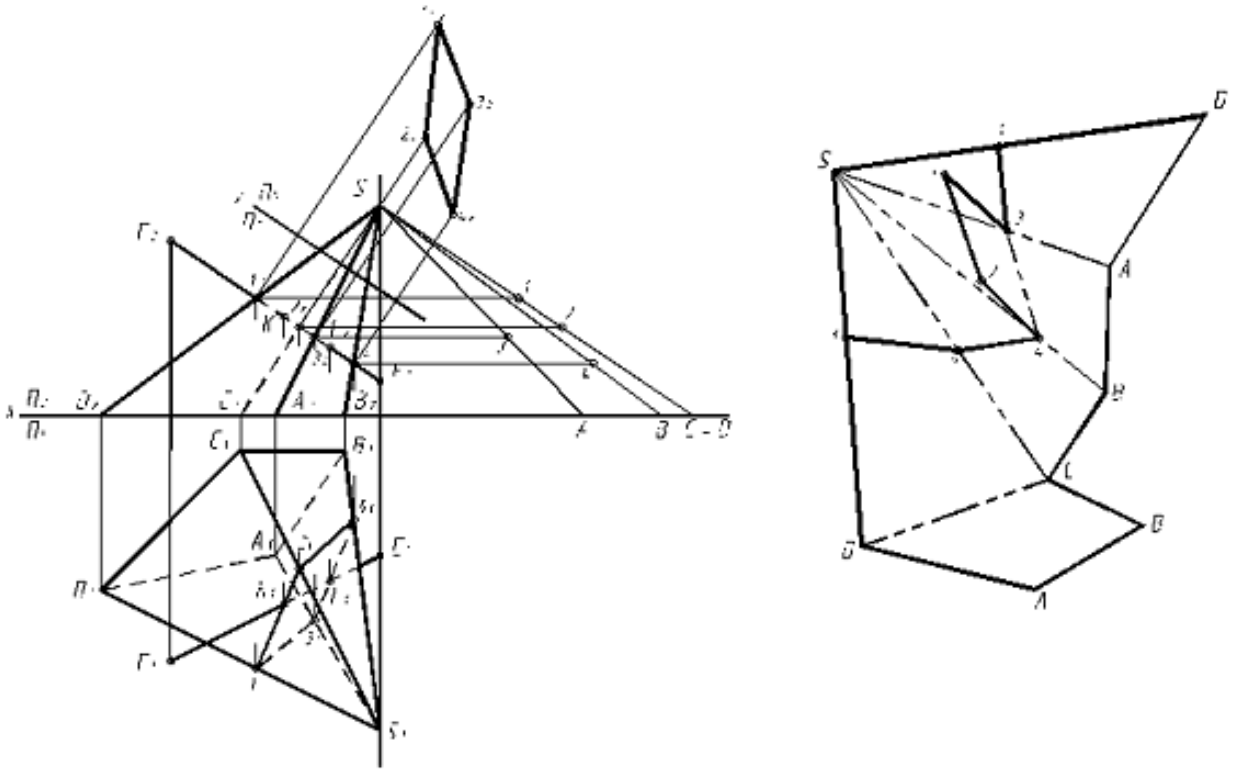


Рис. 69

Таблица 2

		В А Р І А Н Т И																													
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
A	x	70	20	70	40	70	40	50	50	50	40	50	30	40	50	20	40	50	60	55	40	60	40	60	50	40	70	40	50	50	30
	y	40	50	30	40	40	70	60	30	60	30	50	40	30	30	40	30	30	40	40	30	50	50	50	40	30	40	40	60	50	40
	z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	x	55	60	60	60	40	60	70	20	60	50	60	10	70	90	50	60	60	40	40	30	25	20	70	70	70	55	60	60	60	10
	y	70	40	20	70	20	70	60	30	30	60	70	10	10	40	20	80	50	80	50	10	70	80	70	80	30	70	70	30	70	10
	z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	x	40	50	30	80	20	30	60	65	20	15	30	40	80	80	60	30	20	30	10	80	10	0	30	40	60	40	80	20	40	40
	y	40	10	20	40	50	10	30	80	45	50	100	10	40	70	40	80	30	40	40	20	40	60	50	80	80	40	40	45	90	10
	z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	x		0	50		50	0	35	70			20	60	50	60	35	10	35		30	50	40	30	20	20	10	45	50	70	20	80
	y		30	60		60	60	30	40			90	40	60	70	70	60	20		10	30	10	30	30	40	40	10	10	60	90	50
	z		0	0		0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	x	0	90	0	10	0	100	0	0	10	10	10	0	0	10	0	20	30	100	20	20	90	80	90	20	20	0	10	10	10	0
	y	0	0	70	30	60	10	100	60	20	10	30	90	0	10	30	0	80	0	80	70	80	70	20	100	90	20	30	20	30	90
	z	70	90	90	30	50	90	70	100	80	90	60	60	40	40	100	90	60	80	80	60	70	80	40	100	50	70	30	80	60	60
E	x	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	y	35	10	60	10	30	10	80	30	20	25	60	40	30	40	40	20	70	60	50	40	30	40	50	70	40	10	50	20	60	40
	z	10	35	10	20	5	50	20	40	10	15	10	10	10	10	0	40	20	50	40	10	40	60	40	10	10	10	0	10	10	10
F	x	90	80	90	0	90	90	90	90	70	80	80	60	80	90	70	80	70	90	90	80	100	90	100	80	80	90	90	70	80	60
	y	10	40	40	60	60	60	40	70	50	55	30	70	0	0	10	60	30	20	70	50	50	60	30	60	60	10	10	50	30	70
	z	35	10	30	0	20	10	10	20	30	50	40	50	30	30	30	10	40	10	10	50	20	20	10	50	40	35	20	30	40	50



## II СЕМЕСТР «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»

### **V. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ**

Для виконання креслень необхідно мати:

- а). креслярський папір (ватман, міліметровка);
- б). набір креслярських інструментів (циркуль, лінійка, вимірювач, кутник, транспортир і т.п.);
- в). олівці.

Олівці розподіляються на тверді, середньої твердості і м'які. Тверді олівці маркуються літерою **T** або **H**, м'які – **M** або **B**, середньої твердості – **TM** або **HB**. Ступінь м'якості або твердості олівця визначається цифрою, яка стоїть перед літерою. На різних стадіях виконання креслення використовують олівці різної твердості.

#### **5.1. Формати ГОСТ 2.301-68**

Формати листів визначаються розмірами зовнішньої рамки. Кожному позначенню відповідає певний розмір основного формату. Позначення і розміри форматів наведені в табл.3.

Таблиця 3

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. Формат A4 розміщується тільки вертикально.

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.70).

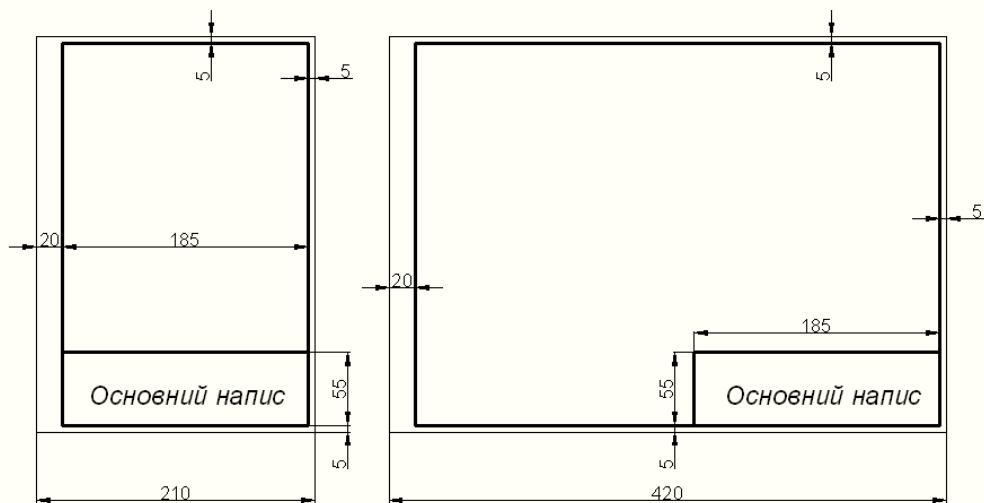


Рис.70

## 5.2. Основний напис ГОСТ 2.104-68

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. 71.

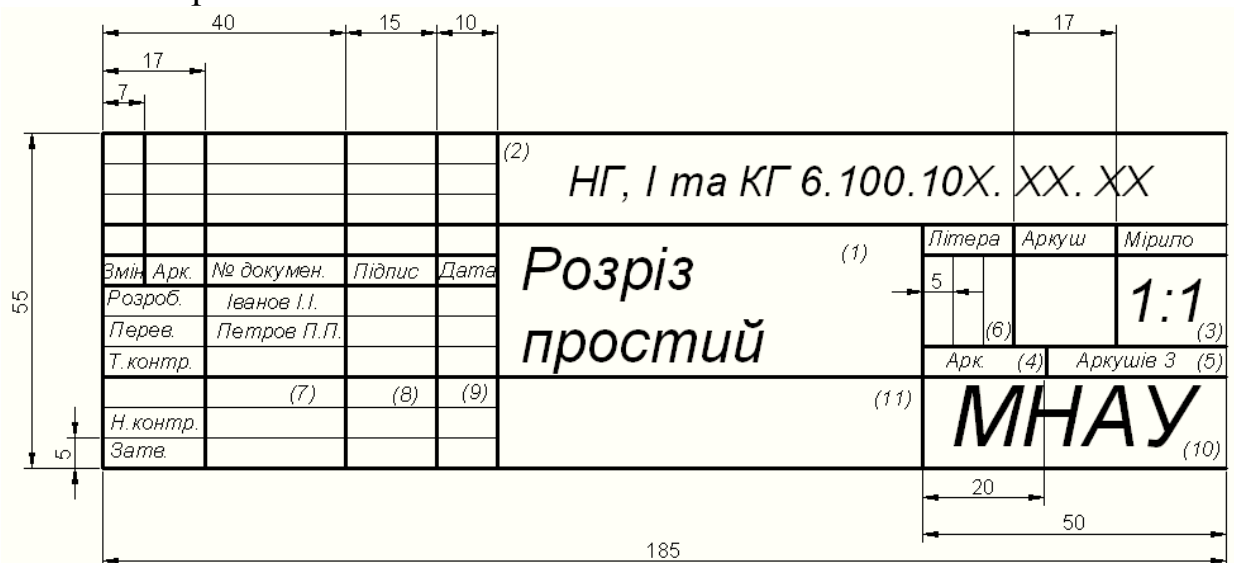


Рис. 71

**I** – 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.72); **3** – мірило; **4** – порядковий номер аркушу (графу не заповнюють на документах, які виконані на одному аркуші); **5** – загальна кількість аркушів документу (графу заповнюють на першому аркуші); **6** – літера стадії розробки; **7** – прізвище; **8** – підпис; **9** – дата підпису документу; **10** – назва, індекс підприємства; **11** – позначення матеріалу (заповнюється на робочих кресленнях деталей).

Назва дисципліни

Номер теми

Шифр спеціальності

Номер варіанту

Рис. 72

Всі графи, крім підписів і дат, заповнюються олівцем, стандартним шрифтом (інформація про креслення літер і цифр, про розміри шрифтів, які застосовуються для виконання всіх написів, буде приведена в п. 5.5 «Шрифти креслярські»). Необхідно звернути увагу на те, що на зображенні основного напису присутні основні і тонкі лінії.

### 5.3. Маштаб ГОСТ 2.302-68

**Маштабом** 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. 4).



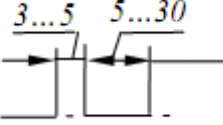
Таблиця 4

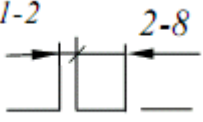


Маштаб зменшення	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:10	...
Маштаб збільшення	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	...
Натуральна величина	1:1					

### 5.4. Лінії ГОСТ 2.303-68

В навчальних кресленнях найбільш часто використовують шість типів ліній (Табл. 5).

Таблиця 5

	<b>Суцільна товста основна лінія.</b> 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 січення (винесеного і того, що входить в склад розрізу), внутрішня рамка креслення та ін..
	<b>Суцільна тонка лінія.</b> Товщина від $s/3$ до $s/2$ . Призначення: зображення лінії контуру накладеного січення, лінії розмірні та виносні, лінії штриховки.
	<b>Штрих-пунктирна тонка лінія.</b> Товщина від $s/3$ до $s/2$ . Призначення: зображення ліній осевих і центрових, ліній січення, які являються осями симетрії для накладених або винесених січень.

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

Зазначимо, що штрих-пунктирні лінії, які застосовуються в якості осевих ліній, повинні перетинатися між собою довгими штрихами. Штрих-пунктирну лінію, яку використовують в якості осевої лінії окружності з діаметром менше 12 мм, рекомендується замінити суцільною тонкою лінією. Штрихи (і проміжки між ними) повинні бути приблизно однакової довжини.

### 5.5. Шрифти креслярські ГОСТ 2.304-68

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. 73).

Стандарт встановлює наступні типи шрифту:

*тип А без нахилу* ( $d=h/14$ );

*тип А з нахилом близько  $75^\circ$*  ( $d=h/14$ );

*тип Б без нахилу* ( $d=h/10$ );

*тип Б з нахилом близько  $75^\circ$*  ( $d=h/10$ ).

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

Шрифти виконуються з використанням допоміжної сітки (рис. 4). Сітку будують тонкими, ледь помітними лініями олівцем марки Т. це дозволяє витримувати конструкцію літер та цифр.



Рис. 73

Викреслювання літер по сітці роблять олівцем марки ТМ або М тонкими лініями від руки. Перевіривши правильність викреслювання літер, їх обводять олівцем, намагаючись витримати товщину обводки.

Обводити літери треба так, щоб лінії обводки не виходили за габаритні розміри літер. Рука при обводці повинна йти зліва на право і зверху вниз (рис. 74).

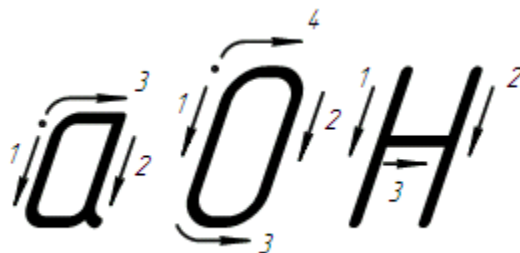


Рис. 74

Форма і конструкція арабських цифр шрифту Б з нахилом наведені на рис. 75.



Рис. 75

Форма прописних літер з нахилом українського алфавіту (кирилиця) представлено на рис. 76. Ширина літер залежить не тільки від розміру шрифту, а і від конструкції самої літери.



Рис. 76

Форма і конструкція малих букв українського алфавіту шрифту типу Б з нахилом наведені на рис. 77.



Рис. 77

### 5.6. Брошування альбому

Всі креслення та ескізи, які виконані в навчальному семестрі і підписані викладачем, підлягають брошуруванню в альбом.

Креслення, виконані на форматі А3 з розміщенням основного напису вздовж короткої сторони листа, необхідно зігнути по схемі (рис.78).

Креслення збираються в послідовності виконання завдань – зверху титульний аркуш, під ним завдання 01 і т. д. При брошуруванні необхідно сумістити поля підшивки (20 мм) на кожному кресленні. Потім пробити три отвори (шилом, дираколом), протягнути через них міцну нитку (шнурок) і зав'язати вузлом (рис.79).

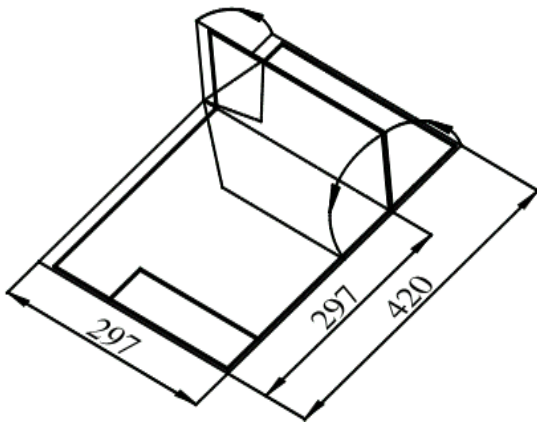


Рис. 78



Рис. 79

## VI. 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 окружності в пряму буде вірним лише тоді, коли задана пряма являється дотичною до окружності (рис. 80а). Радіус окружності, проведений в точку дотику  $K$  перпендикулярний до дотичної прямої.

2. Перехід від однієї окружності до другої в точці  $K$  тільки тоді буде плавним, коли окружності мають в даній точці спільну дотичну (рис. 80б).

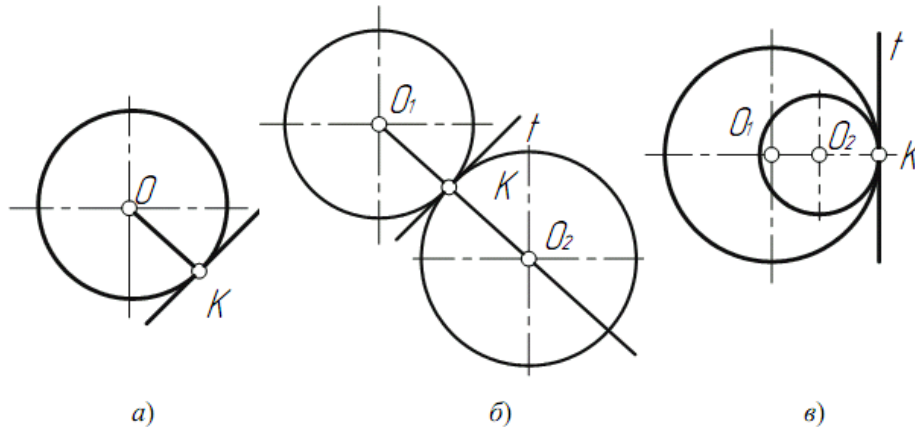


Рис. 80

Точка дотику  $K$  і центри окружностей  $O_1$  і  $O_2$  лежать на одній прямій. Якщо центри окружностей лежать по різні боки від дотичної  $t$ , то спряження називається зовнішнім (рис. 80б); якщо центри  $O_1$  і  $O_2$  знаходяться з одного боку від спільної дотичної – відповідно внутрішнім (рис. 80в).

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. 81).

**Точкою спряження  $A$  ( $B$ )** називається точка дотику двох ліній спряження (рис. 81).

**Дуга спряження  $AB$**  – це дуга окружності, за допомогою якої виконується спряження (рис. 81).

**Радіус спряження  $R$**  – це радіус дуги спряження (рис. 81).

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

### 6.1. Спряження двох прямих ліній, що перетинаються

Розглянемо дві прями  $m$ ,  $n$ , що перетинаються і радіус спряження  $R$  (рис. 81). Необхідно побудувати спряження даних прямих окружністю радіусом  $R$ .

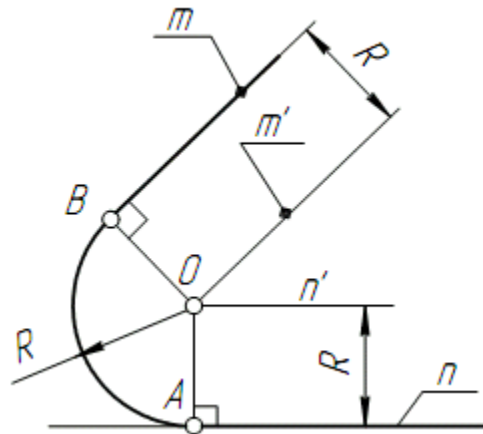


Рис. 81

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.

## 6.2. Спряження прямої з окружністю

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

Приклад 1. Нехай задано окружність радіусом  $R$  з центром в точці  $O_1$  і пряма  $m$ . Необхідно побудувати спряження окружності з прямою дугою окружності заданого радіуса  $R$  (рис. 82).

Для рішення 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 окружності  $n$  на відстань  $R$ , являється окружність  $n'$ , яка проведена радіусом  $R_1 + R$ .
3. Центр спряження  $O$  знаходимо як точку перетину лінії  $n'$  і  $m'$ .



4. Точка спряження  $A$  знаходиться як основа перпендикуляра, проведеного із точки  $O$  на пряму  $m$ . Щоб побудувати точку спряження  $B$ , необхідно провести лінію центрів  $OO_1$ , тобто з'єднати центри спряження дуг. На перетині лінії центрів з заданою окружністю визначимо точку  $B$ .

5. Побудуємо дугу спряження  $AB$ .

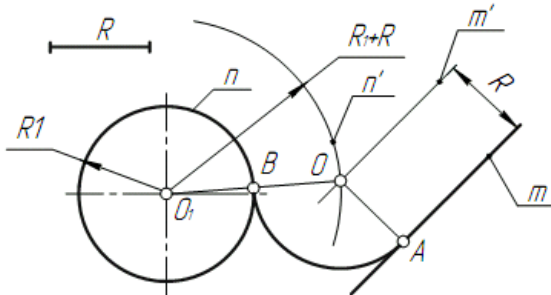


Рис. 82

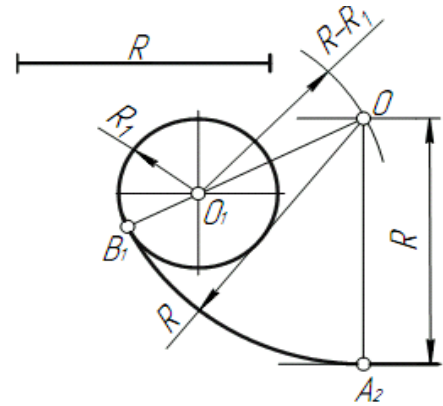


Рис. 83

Приклад 2. При побудові внутрішнього спряження (рис. 83) послідовність побудови залишається такою ж, як і в прикладі 1. Але центр спряження визначається за допомогою допоміжної дуги окружності, яка проведена із центра  $O_1$ , радіусом  $R-R_1$ .

### 6.3. Спряження окружностей

Спряження двох окружностей 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 окружностей  $m$  і  $n$  з радіусами  $R_1$  і  $R_2$  дугою заданого радіуса  $R$  (рис. 84а).

1. Для знаходження центра спряження  $O$  проведемо окружність  $m'$ , віддалену від даної окружності  $m$  на відстань  $R$ . Так як спряження з зовнішнім торканням, то радіус окружності  $m'$  рівний  $R_1+R$ .

2. Радіусом  $R_2+R$  проведемо окружність  $n'$ , яка віддалена від даної окружності  $n$  на відстань  $R$ .

3. Знайдемо центр спряження  $O$  як точку перетину окружностей  $m'$  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  $AB$ .

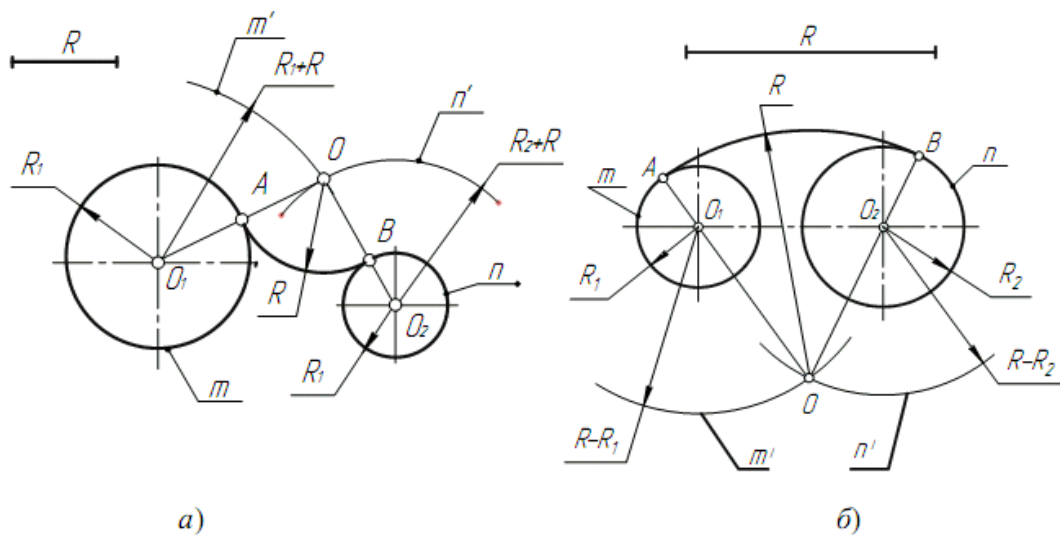


Рис. 84

**Приклад 2.** Побудуємо спряження з внутрішнім торканням двох даних окружностей  $m$  і  $n$  з радіусами  $R_1$  і  $R_2$  дугою радіусом  $R$  (рис. 84б).

1. Для знаходження центра спряження  $O$  проведемо окружність  $m^1$  на відстані  $R-R_1$  від даної окружності  $m$ .

2. Проведемо окружність  $n^1$  на відстані  $R-R_2$  від даної окружності  $n$ .

3. Центр спряження  $O$  знайдемо як точку перетину окружностей  $m^1$  і  $n^1$ .

4. Точку спряження  $A$  знайдемо як точку перетину ліній центрів  $OO_1$  з заданою окружністю  $m$ .

5. Точку спряження  $B$  знайдемо як точку перетину ліній центрів  $OO_2$  з заданою окружністю  $n$ .

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

**Приклад 3.** На рис. 85 представлено приклад побудови спряження з змішаним торканням.

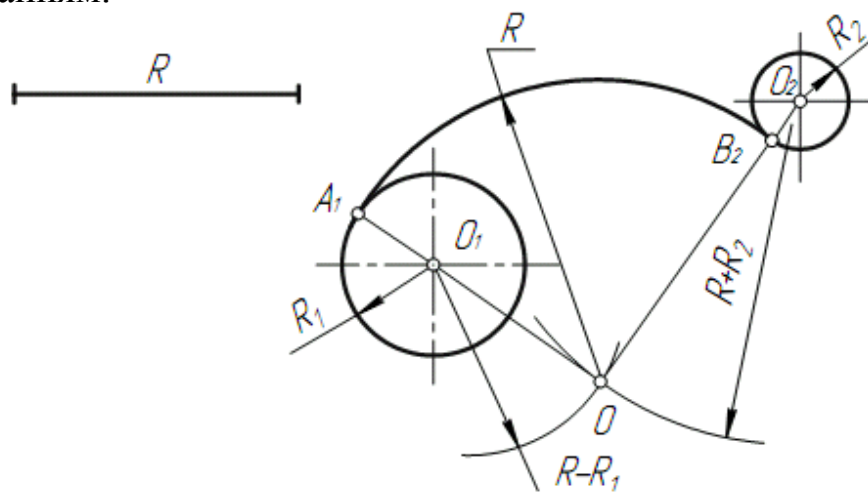


Рис. 85

#### 6.4. Побудова дотичних

Приклад 1. Дано окружність з центром в точці  $O_2$  і точка  $O_1$  за нею. Через дану точку  $O_1$  провести дотичну до даної окружності (рис. 86).

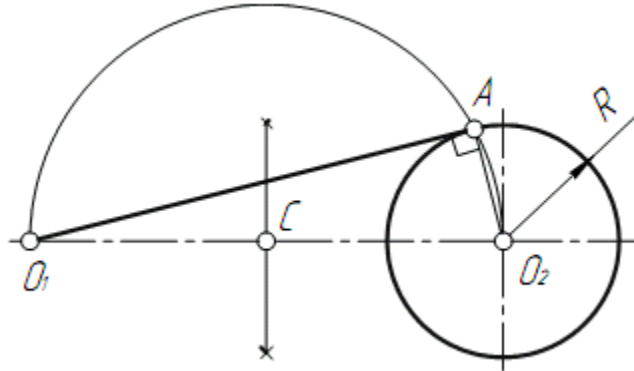


Рис. 86

Для рішення задачі виконаємо наступні побудови:

1. З'єднаємо точку  $O_1$  з центром окружності  $O_2$ .
2. Знайдемо середину  $C$  відрізка  $O_1O_2$ .
3. Із точки  $C$ , як з центра, проведемо допоміжну окружність радіусом  $CO_1 = CO_2$ .
4. В точці перетину допоміжної окружності з заданою отримаємо точку торкання  $A$ . З'єднаємо точку  $O_1$  з точкою  $A$ .

Приклад 2. Побудуємо спільну дотичну  $AB$  до двох заданих окружностей радіусами  $R_1$  і  $R_2$  (рис. 87).

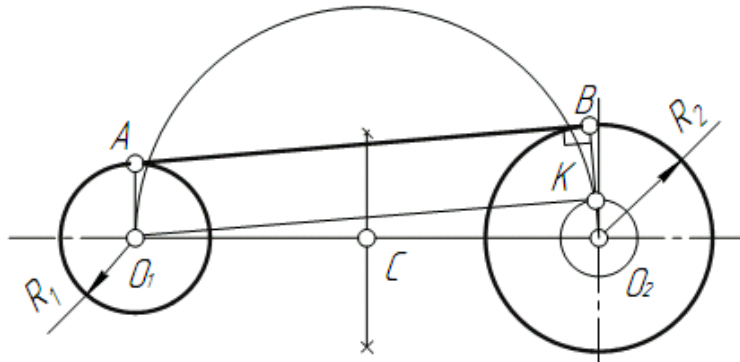


Рис. 87

1. Знаходимо середину  $C$  відрізка  $O_1O_2$ .
2. Із точки  $C$ , як із центра, радіусом  $CO_1 = CO_2$  проведемо допоміжну окружність.
3. Із центру великої окружності  $O_2$  проведемо другу допоміжну окружність радіусом  $R_2 - R_1$ .
4. Перетин двох допоміжних окружностей 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.

## VII. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ ГОСТ 2.307-68

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. 88.

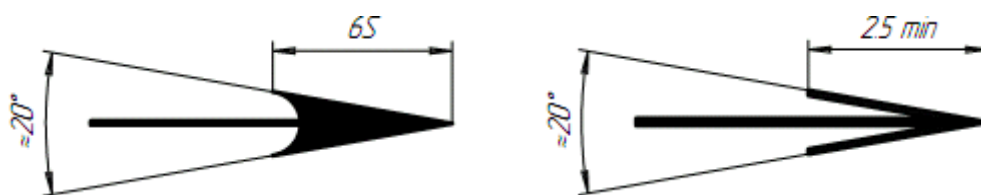


Рис. 88

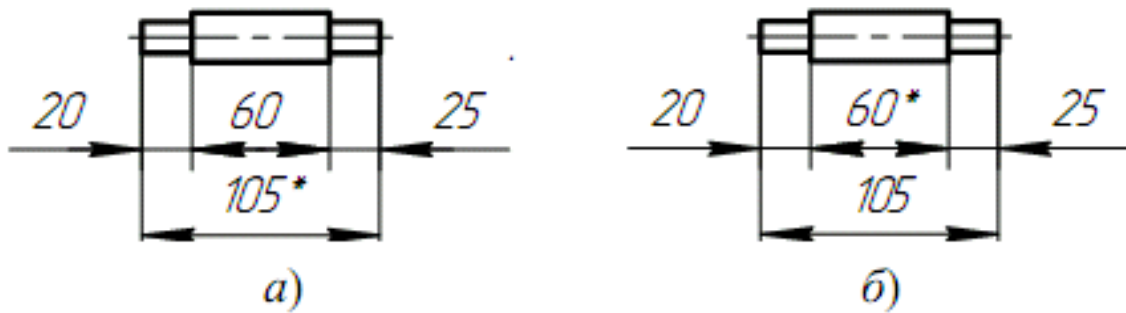
**Виносні лінії** перпендикулярні до контурної лінії елемента, виходять за межі розмірних на 1-5 мм.

**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  $75^\circ$  до розмірної лінії.

### Основні вимоги нанесення розмірів:

1. Основою для визначення величини зображеного виробу та його елементів слугують розмірні числа, нанесені на креслення.
2. Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу.
3. Розміри, які не підлягають виконанню по даному 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. 89);



\* Розмір для довідок

Рис. 89

Рис. 90

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'єднальних;

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. 91).

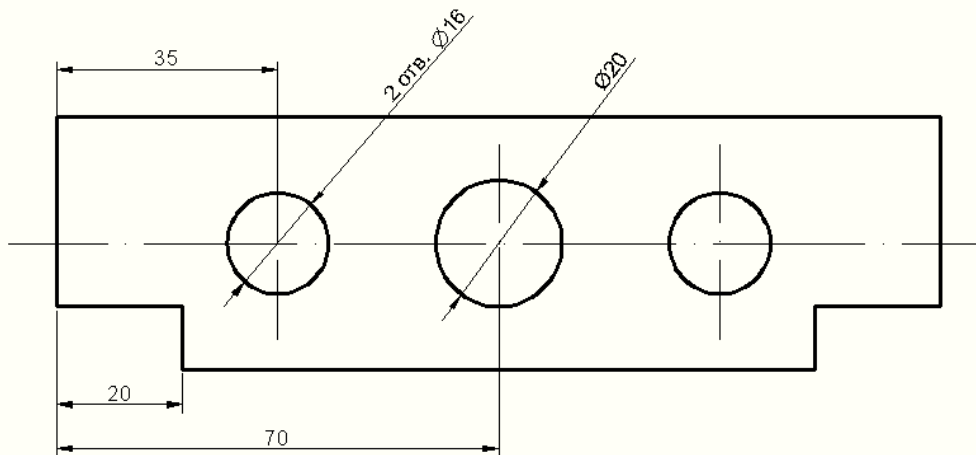


Рис.91

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

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

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

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 одній окружності розміри, які визначають їх взаємне розміщення, наносять наступними способами.

а). від загальної бази (поверхні, осі) (рис. 92а). і б).);

б). заданням розмірів декількох груп елементів від декількох загальних баз (рис. 92в.);

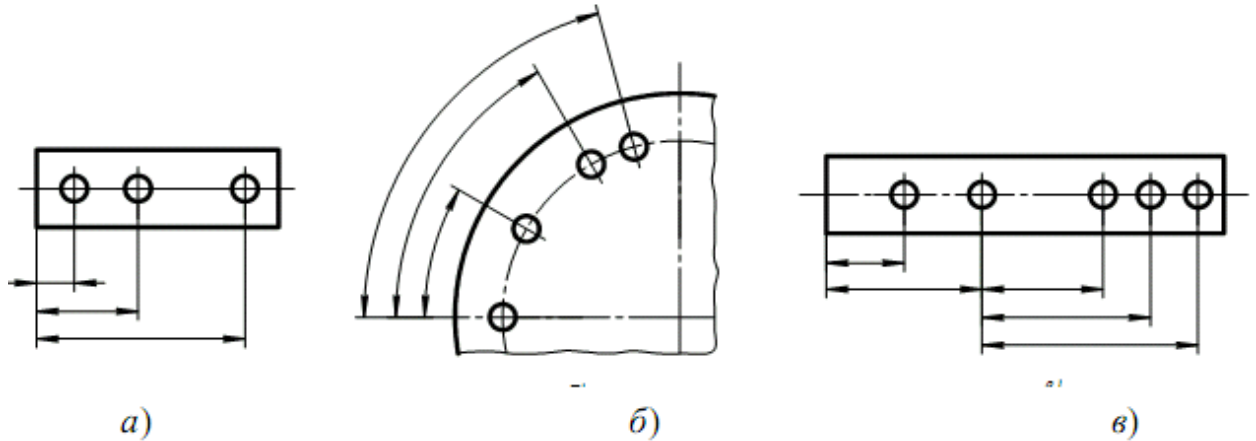


Рис. 92

в). заданням розмірів між суміжними елементами (ланцюгом) (рис. 93).

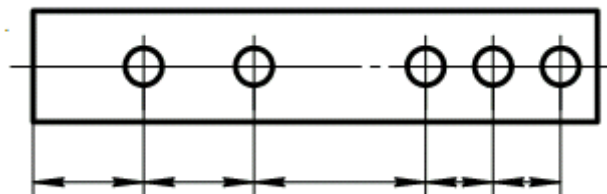


Рис. 93

12. Розміри на кресленнях не можна наносити у вигляді замкненого ланцюга, за винятком випадків, коли один з розмірів вказаний як довідковий (рис. 89).

Розміри, які визначають положення симетрично розміщених поверхонь симетричних виробів, наносять, як показано на рис. 94.

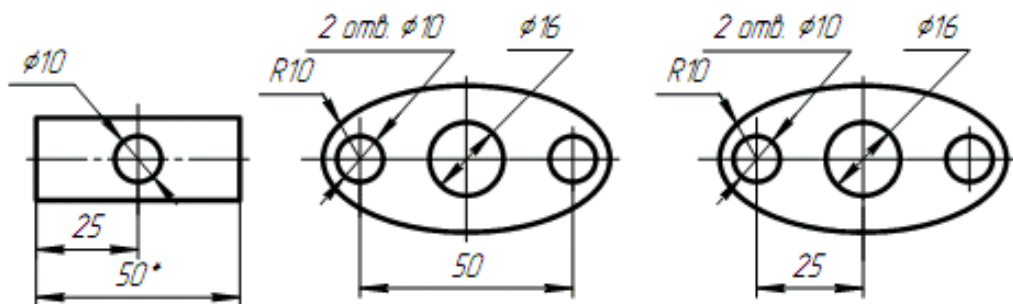


Рис. 94

### 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. 95).
3. При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром в його вершині, а виносні лінії – радіально (рис. 96).
4. При нанесенні розміру дуги окружності розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута, над розмірним числом наносять знак « $\frown$ » (рис. 97).
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. 98).

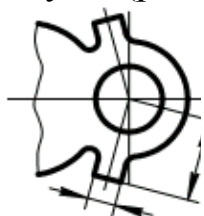


Рис. 95



Рис. 96



Рис. 97

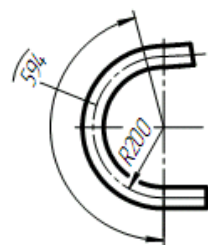


Рис. 98

6. У випадках, показаних на рис. 99, 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. 100).

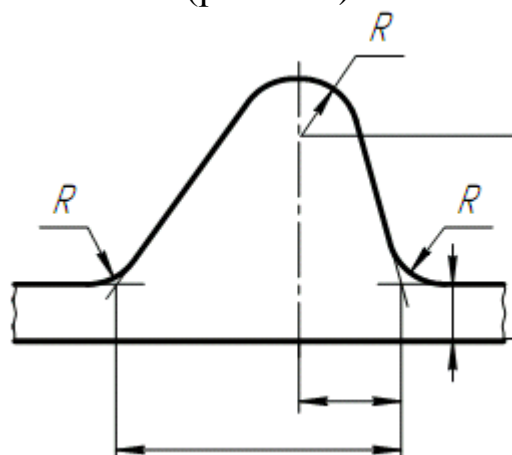
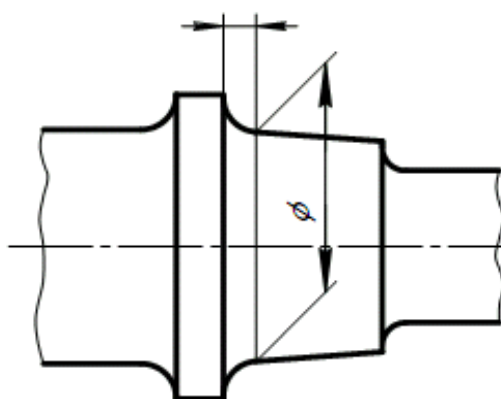


Рис. 99

Рис. 100

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

12. Якщо треба показати координати вершини округленого кута або центру дуги округлення, то виносні лінії проводять від точки перетину сторін округленого кута або центра дуги округлення (рис. 99 і 100).

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. 101).

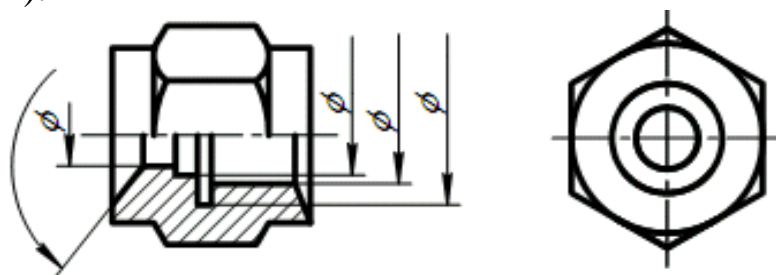


Рис. 101

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

а). при зазначенні розміру діаметра окружності незалежно від того, зображена і окружність повністю або частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі від центра окружності (рис. 102);

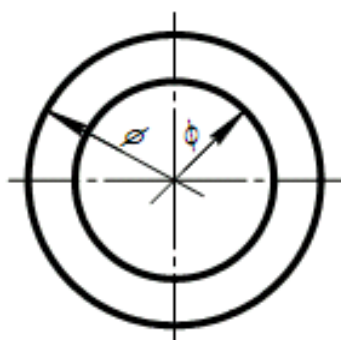


Рис. 102

б). при нанесенні розмірів від бази, яка не зображена на даному кресленні (рис. 103).

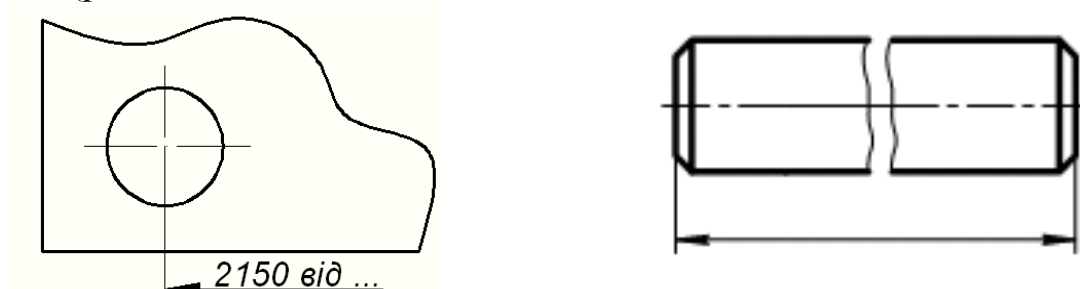




Рис. 103

15. При зображенні виробів з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 104).

Рис. 104

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. 105.

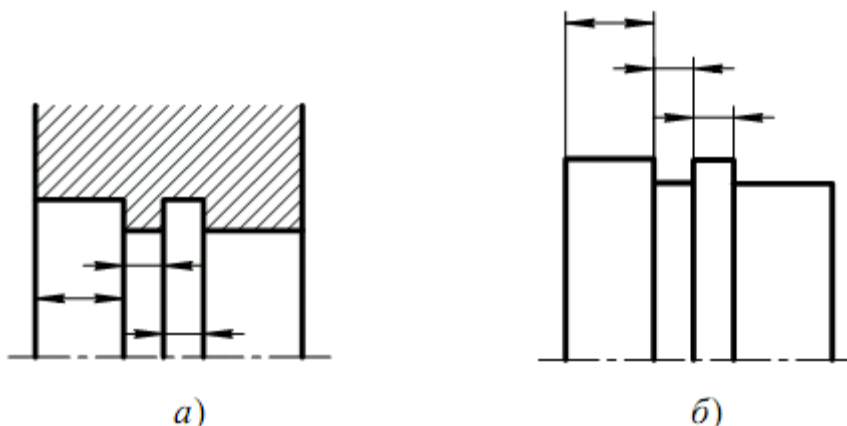


Рис. 105

17. При недостатній кількості місця для стрілок на розмірних лініях, розміщених ланцюгом, стрілки допускається замінити засіками, які наносять під кутом  $45^\circ$  до розмірних ліній (рис. 106), або чітко нанесеними точками (рис. 107).

18. При недостатній кількості місця для стрілки із-за близько розміщеної контурної або виносної лінії останні допускається переривати (рис. 108).

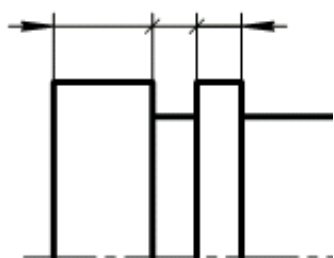


Рис. 106

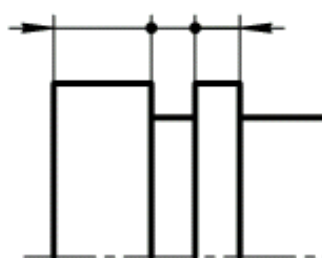


Рис. 107

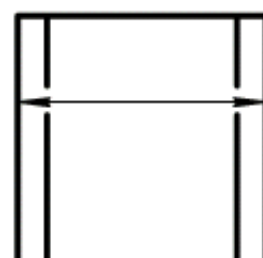


Рис. 108

19. Розмірні числа наносять над розмірною лінією по можливості ближче до її середини (рис. 109).

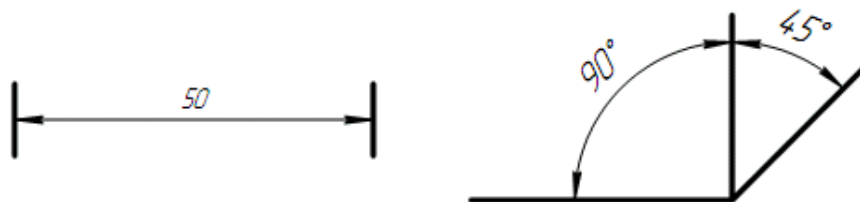


Рис. 109

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

21. При нанесенні декількох паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної розмірні числа над ними рекомендується розміщувати в шаховому порядку (рис. 110).

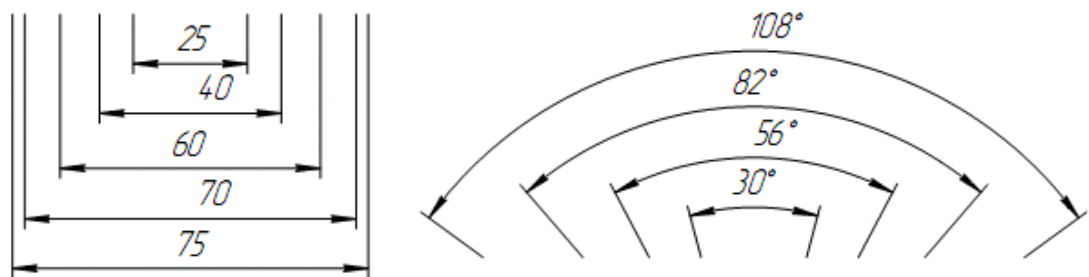


Рис. 110

22. Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розміщують як показано на рис. 111.

Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять на полиці-виносці (рис. 112).

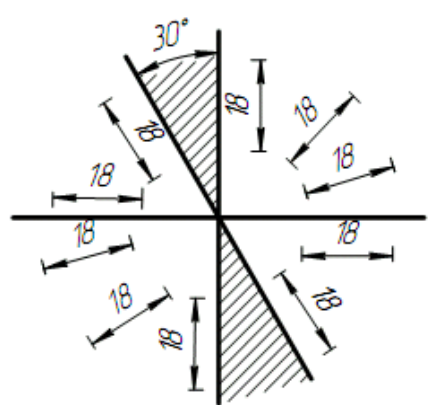


Рис. 111

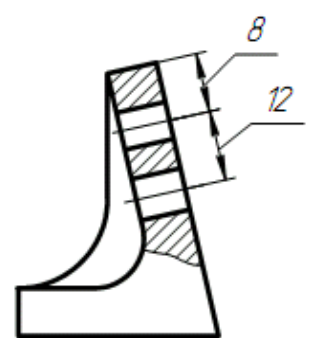


Рис. 112

23. Кутові розміри наносять так, як показано на рис. 113.

Для кутів малих розмірів при недостатній кількості місця розмірні числа поміщають на полицках-виносках в будь-якій зоні (рис. 114).

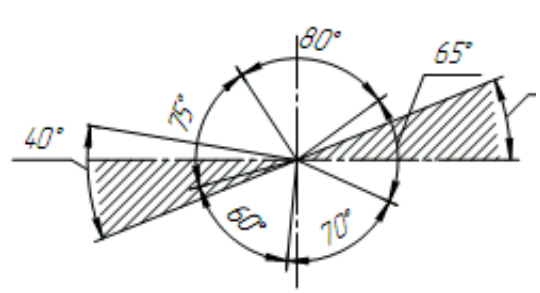


Рис. 113

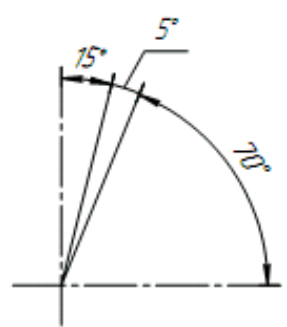


Рис. 114

24. Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять як показано на рис. 115; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять як показано на рис. 116.

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

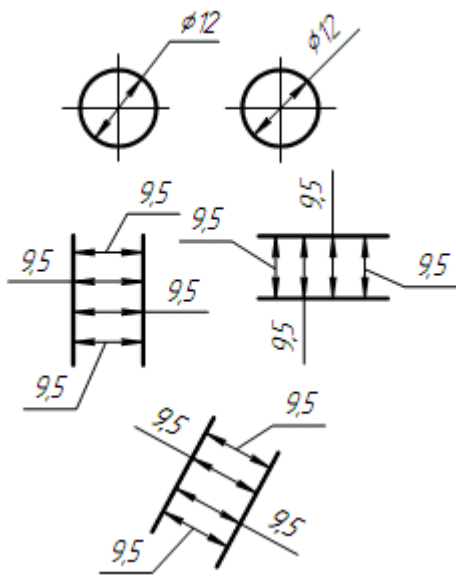


Рис. 115

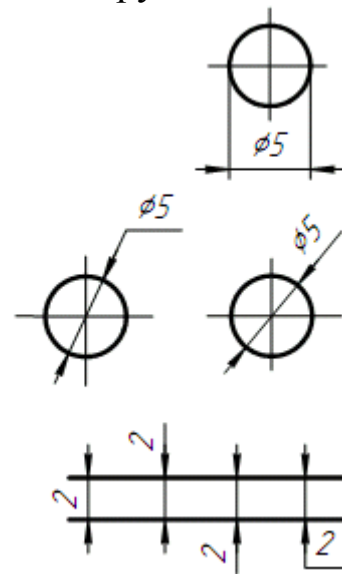


Рис. 116

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. 117 і 118).

26. Розміри, які відносяться до одного і того ж конструктивного елемента (пазу, виступу, отвору і т.п.), рекомендується групувати в одному місці, розміщуючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма даного елемента показана найбільш повно (рис. 119).

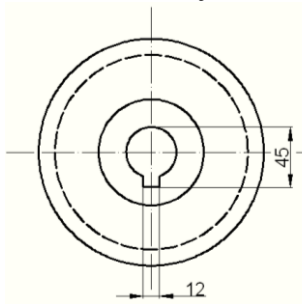


Рис. 117

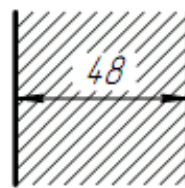


Рис. 118

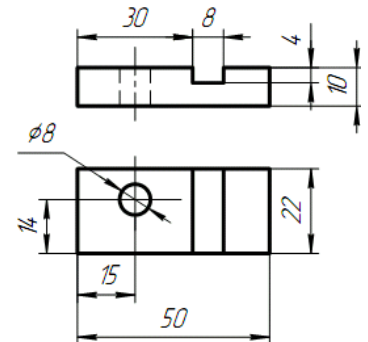


Рис. 119

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

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

При великій величині радіуса центр дозволяється наближувати до дуги, в даному випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом  $90^\circ$  (рис. 120).

29. Якщо не потрібно вказувати розміри, які визначають положення центра дуги окружності, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра і зміщувати її відносно центра (рис. 121).

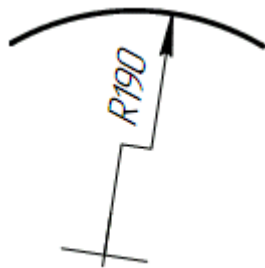


Рис. 120

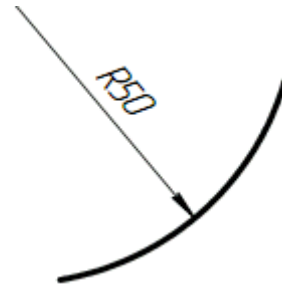


Рис. 121

30. При побудові декількох радіусів із одного центра розмірні лінії будь-яких двох радіусів не розміщуються на одній прямій (рис. 122).

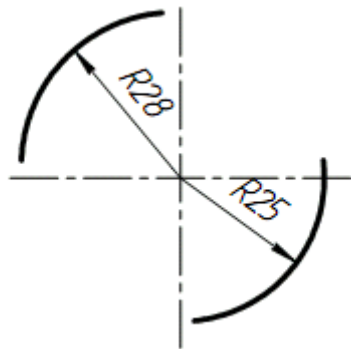


Рис. 122

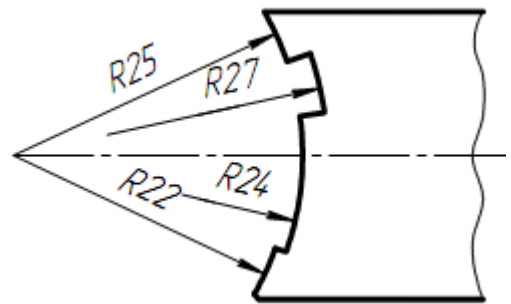


Рис. 123

31. Розміри радіусів зовнішніх округлень наносять як показано на рис. 124, внутрішніх округлень – на рис. 125.

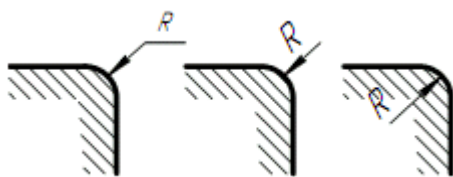


Рис. 124

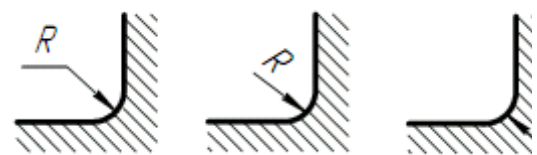


Рис. 125

Розміри однакових радіусів допускається вказувати на спільній поличці, як показано на рис. 126.



Рис. 126

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. 127, 128 і 129.

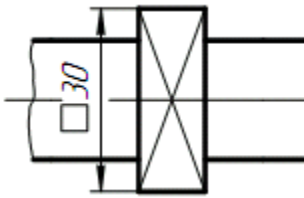


Рис. 127

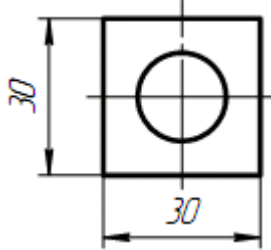


Рис. 128

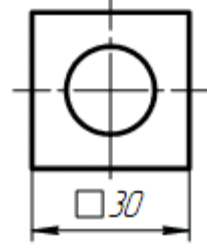


Рис. 129

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

35. Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак « $\nabla$ », гострий кут якого повинен бути направлений в сторону вершини конуса (рис. 130).

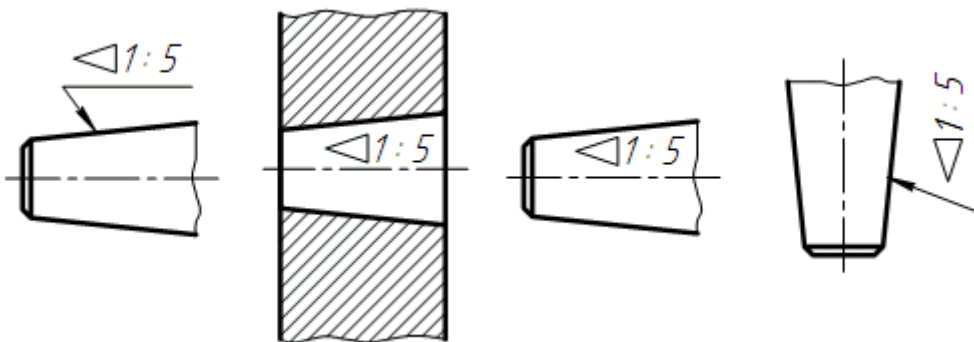


Рис. 130

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

36. Кут поверхні слід вказувати безпосередньо біля зображення поверхні нахилу або на поличці-виносці у вигляді співвідношення (рис. 131а), у відсотках (рис. 131б). перед розмірним числом, яке визначає нахил, наносять знак « $\sphericalangle$ », гострий кут якого повинен бути направлений в сторону нахилу.

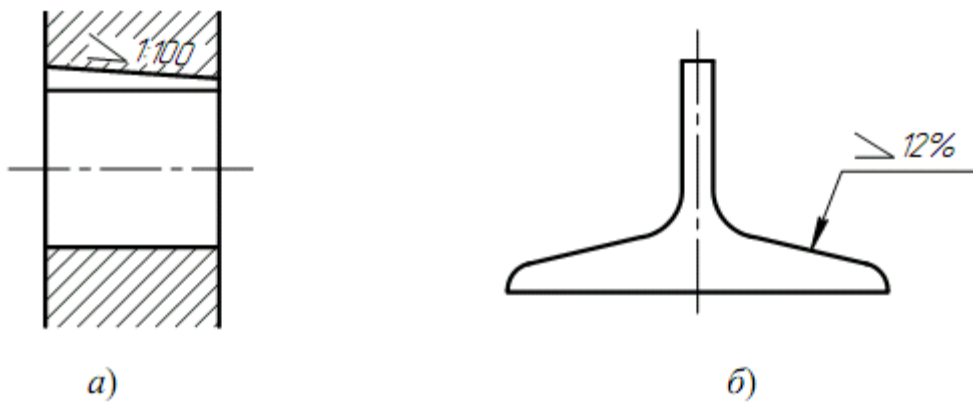


Рис. 131

37. Розміри фасок під кутом  $45^\circ$  наносять як показано на рис. 132.

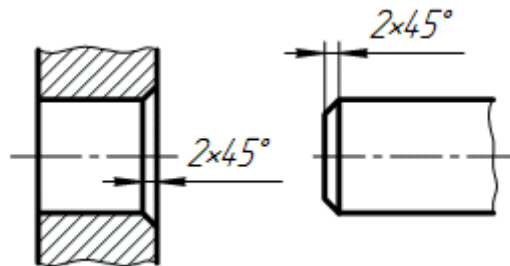


Рис. 132

Розміри фасок під іншими кутами вказують керуючись загальними правилами – лінійним та кутовим розмірами (рис. 133а, б) або двома лінійними розмірами (рис. 133в).

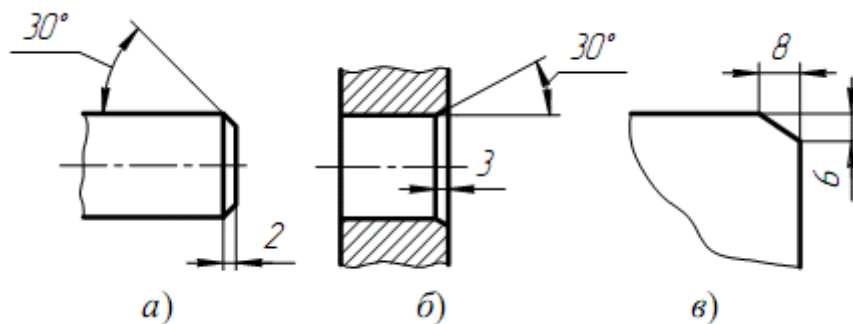


Рис. 133

38. Розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз з вказівкою їхньої кількості на поличці лінії-виноски (рис. 134а).

Допускається вказувати кількість елементів (рис. 134б).

39. При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розміщених по окружності виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, визначаючих взаємне розміщення елементів, вказують тільки їх кількість (рис. 135-137).

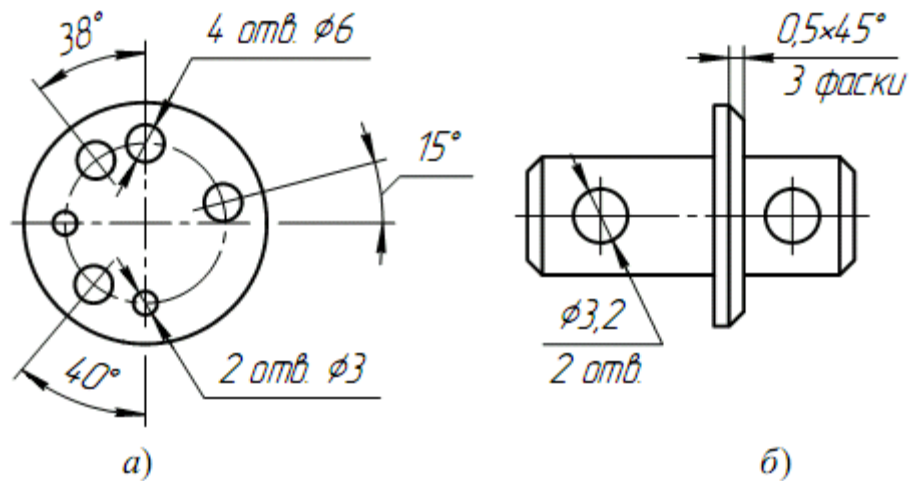


Рис. 134

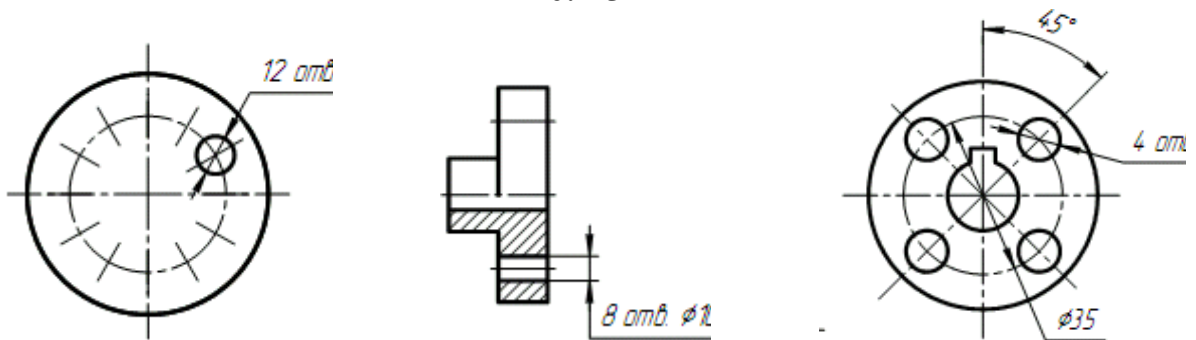


Рис. 135

Рис. 136

Рис. 137

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. 138 і 139).

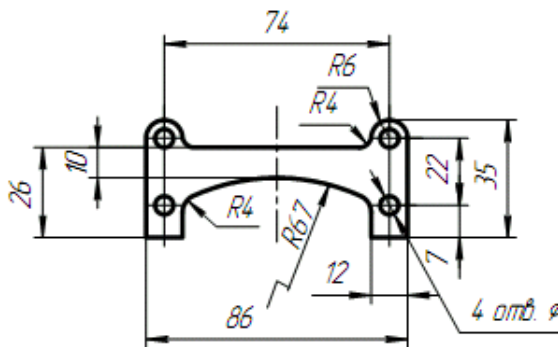


Рис. 138

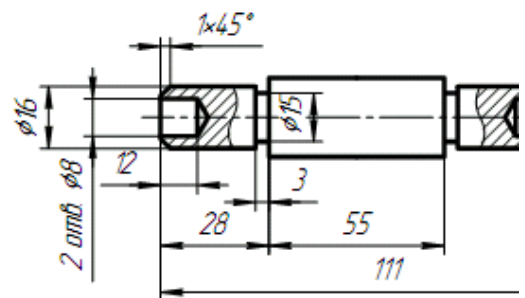


Рис. 139

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. 140).

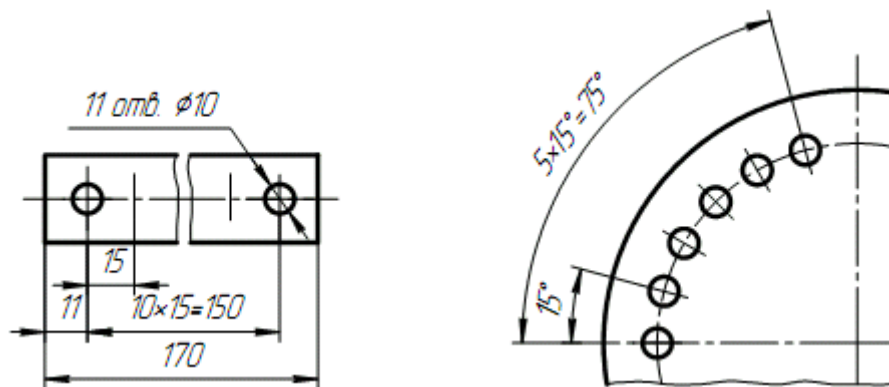


Рис. 140

### VIII. ЛЕКАЛЬНІ КРИВИ

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

8.1. **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. 141.

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



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

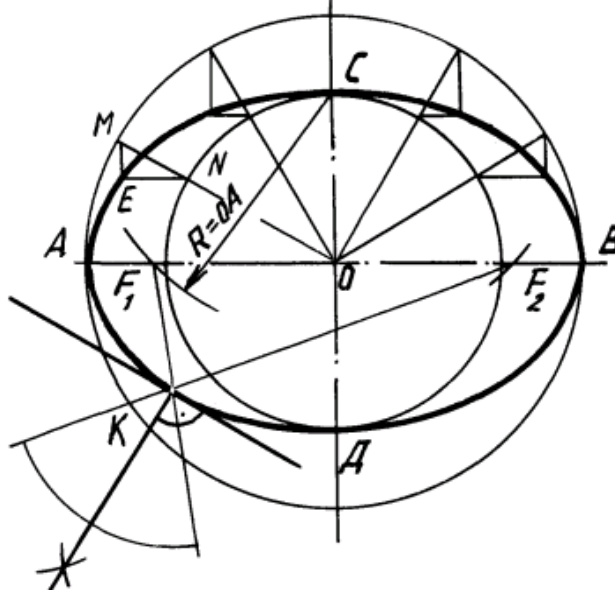


Рис. 141

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

Методи побудови параболои:

- За заданими директрисою і фокусом;
- За заданими вершиною, віссю і одною із точок параболои (рис. 142);
- За допомогою дотичних прямих до параболои.

Розглянемо спосіб побудови параболои за направленням вісі, вершини і однієї з точок на її очерті. 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 очерті параболои. Аналогічно знаходять положення точок  $4'$ ,  $3'$  та інш.

Дотична до параболои 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.

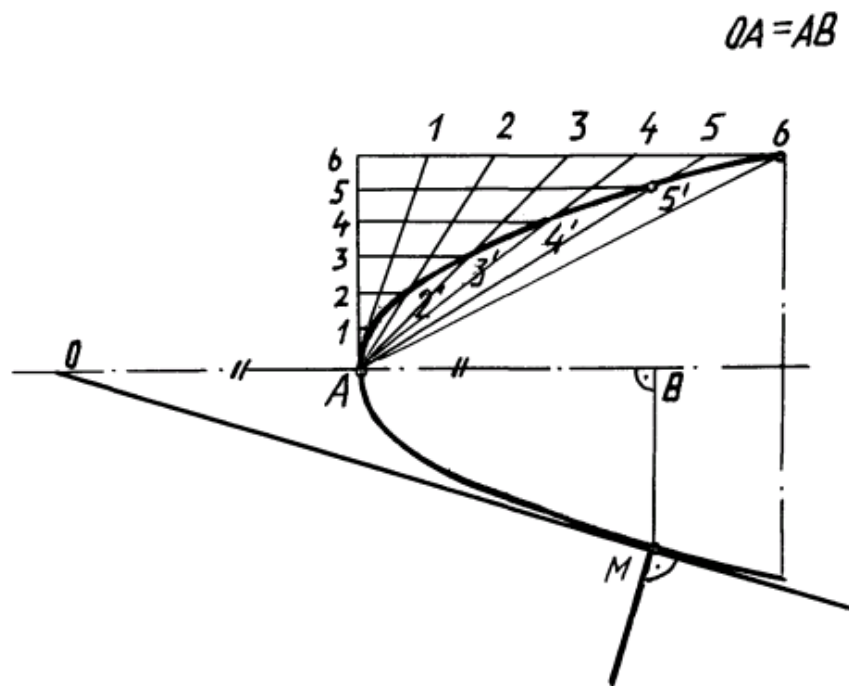


Рис. 142

8.3. **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. 143). Для побудови задається одна з точок гіперболи, наприклад, точка  $M$ . Через точку  $M$  проводять прямі  $I_1$  та  $I_2$  паралельні асимптотам  $I_1$  та  $I_2$ . Із точки  $O$  перетину осей проводять прямі, які перетинають прямі  $I_1$  та  $I_2$ . Далі з точок перетину з цими прямими проводять прямі паралельні асимптотам до їх взаємного перетину в точці 1. Аналогічно можна знайти будь-яке число точок гіперболи. Отримані точки гіперболи з'єднують за допомогою лекала.

Дотична до гіперболи в точці  $n$  проводиться як бісектриса кута  $F_1nF_2$ .

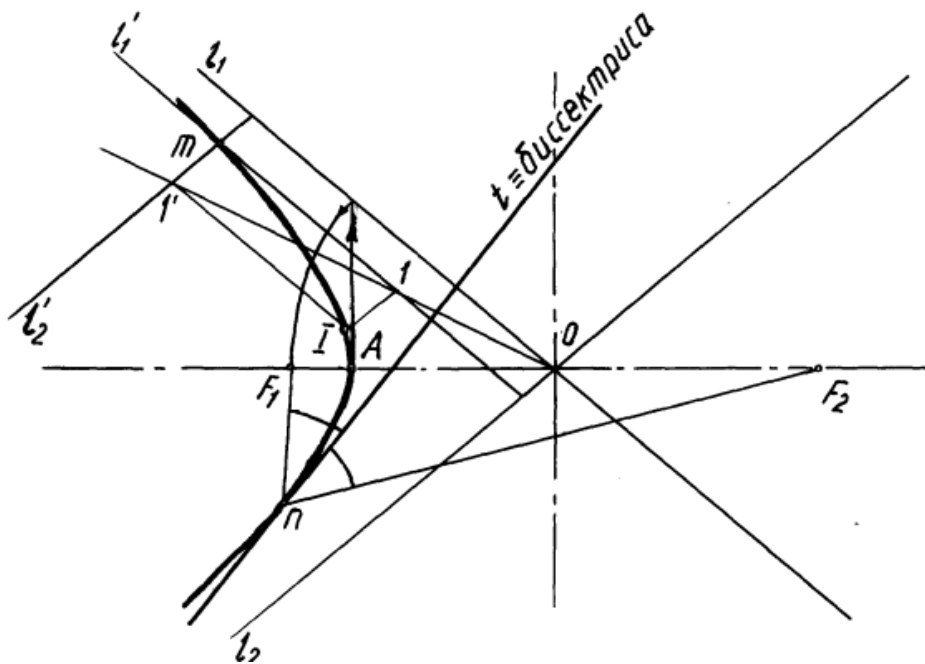


Рис. 143

8.4. **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 окружність 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. 144).

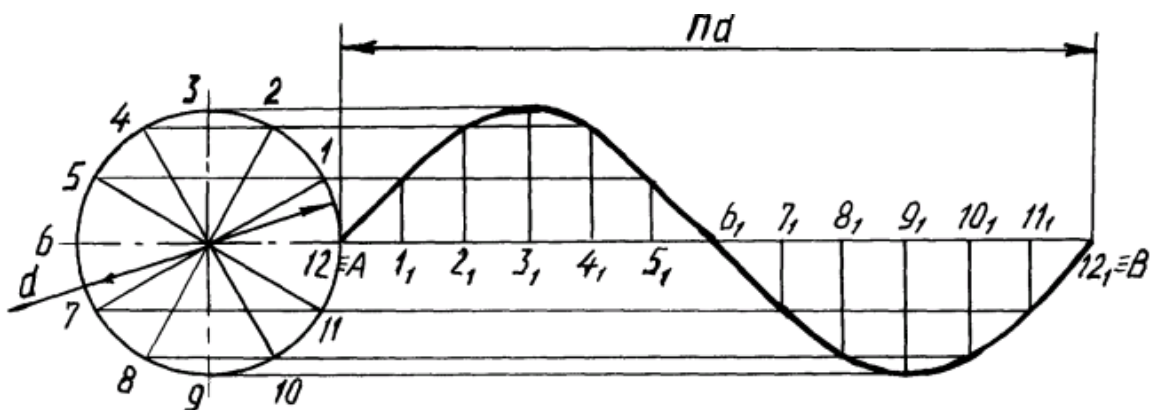


Рис. 144

8.5. **Евольвента** окружності. Евольвентою або розгорткою окружності називається плоска крива, яка є траєкторією точки окружності, утвореною її розгортанням і витравлюванням (рис. 145). Для побудови

евольвенти окружності радіуса  $R$  ділять на декілька рівних частин, наприклад 12. В точках поділу 1, 2, 3, ..., 12 проводять дотичні до окружності. На дотичній в точці 12 відкладають довжину окружності ( $2\pi R$ ), яку ділять на ту ж кількість рівних частин. Послідовно на дотичних відкладають  $1/12$ ,  $2/12$ , ...,  $12/12$  довжини окружності. Отримані точки з'єднують за допомогою лекала плавною кривою. Дотична до евольвенти, наприклад в точці  $X$ , перпендикулярна до дотичної  $X-10$  окружності.

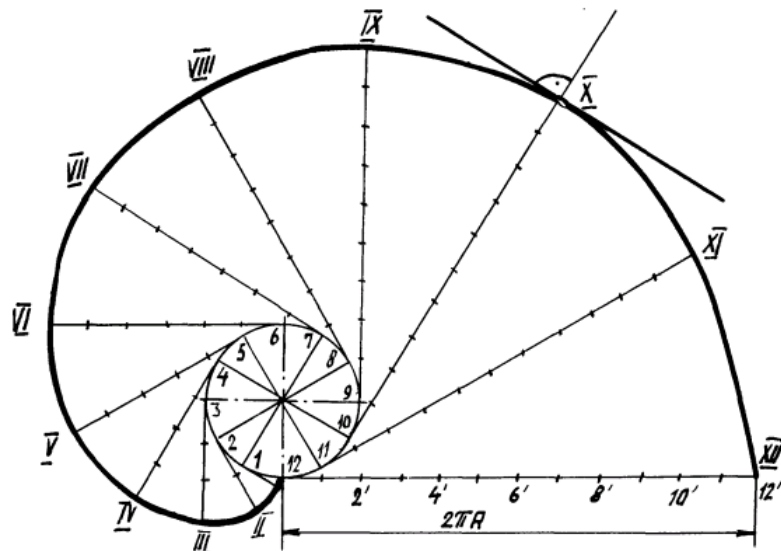


Рис. 145

8.6. **Спіраллю Архімеда** називається плоска крива, яка описується точкою, що рівномірно рухається по радіус-вектору, який в той же час рівномірно обертається в площині навколо неподвижної точки  $O$ . Розглянемо побудову спіралі Архімеда по заданим центру і кроку (рис. 146).

Проведемо окружність, відрізок  $O 12$  і окружність ділять на рівне число частин, наприклад на дванадцять; через точки ділення окружності 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.

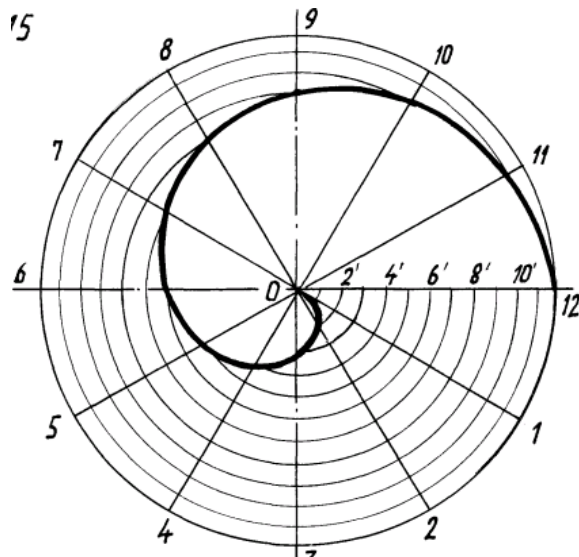


Рис. 146

8.7. **Циклоїда** є плоскою кривою, що представляє собою траєкторію точки  $A$  утворюючої окружності, яка котиться без ковзання по нерухомій прямій (рис. 147).

Для побудови циклоїди проводять окружність даного радіуса і ділять її на довільне число рівних частин (наприклад 12). На заданій направляючій горизонтальній прямій  $AA_1$  відкладають довжину окружності, рівної  $2\pi R$  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 засіки на відповідних лініях, проведених паралельно горизонтальній осі, через точки ділення окружності, що котиться. У результаті отримують точки, які належать циклоїді. Пряма  $N8$ , яка з'єднує точку  $N$  з точкою  $8$  дотику окружності, яка котиться, до направляючої  $AA_1$ , є нормаллю циклоїди в даній точці; перпендикуляр опущений до  $N8$  – дотична.

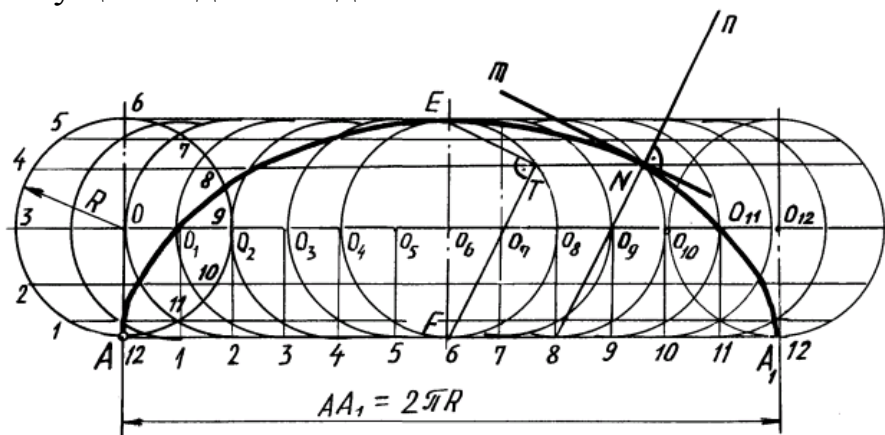


Рис. 147

Побудова епіциклоїди і гіпоциклоїди. Епіциклоїду і гіпоциклоїду можна розглядати як окремі випадки циклоїди, коли направляюча пряма  $AA_1$  перетворюється в дугу окружності. При перекочуванні утворюючої окружності радіуса  $r$  із зовнішньої сторони направляючої окружності радіуса  $R$  отримується епіциклоїда (рис. 148), при перекочуванні утворюючої окружності всередині направляючої – гіпоциклоїда. Довжина дуги  $AA_1$  визначається центральним кутом  $\alpha = 360^\circ \times \frac{r}{R}$ .

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 направляючої окружності.

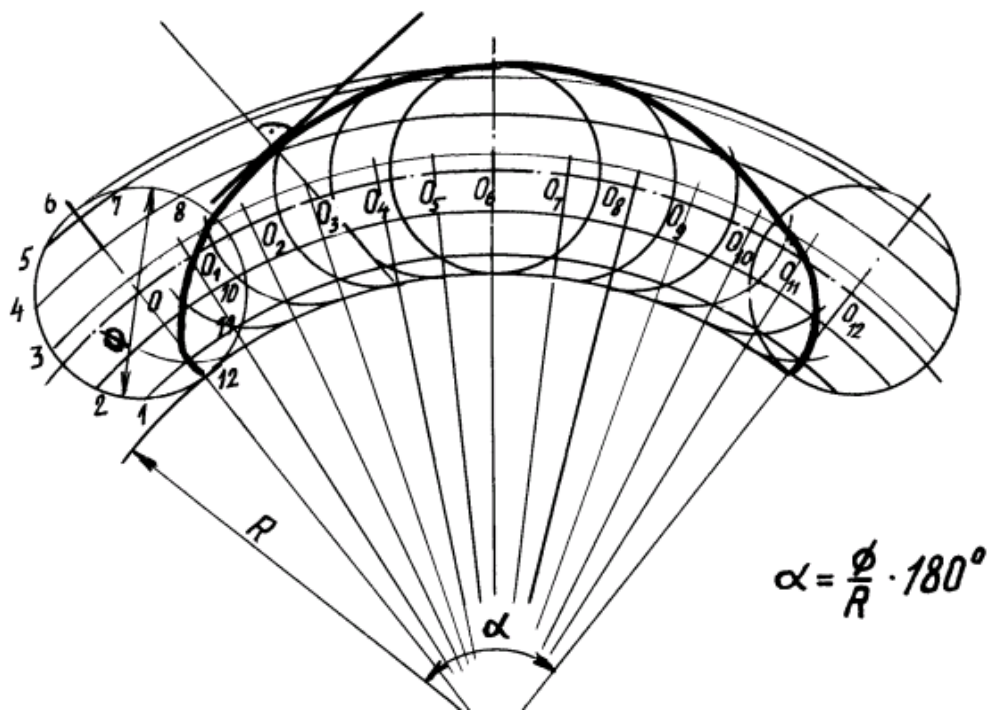
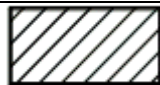
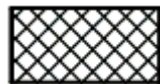

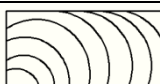


Рис. 148

## ІХ. ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ПРАВИЛА ЇХ НАНЕСЕННЯ НА КРЕСЛЕННЯ

Загальні графічні позначення матеріалів в розрізах і січеннях повинні відповідати вказаним в табл. 6.

Таблиця 6

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

Нахилені паралельні прямі лінії штриховки повинні проводитися під кутом  $45^\circ$ : а). до ліній рамки креслення (рис. 149а), б). до осі зображення (рис. 149б), в). до контуру січення (рис. 149в).

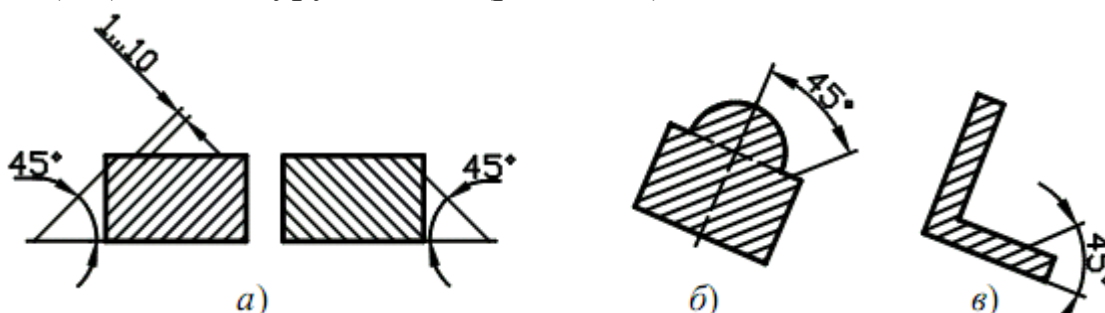


Рис. 149

Відстань між паралельними лініями штриховки повинна бути однаковою для всіх розрізів і січень 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 січень 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  $45^\circ$ , співпадають по напрямленню з лініями контуру або осьовими лініями, то замість кута  $45^\circ$  слід обрати кути  $30^\circ$  або  $60^\circ$  (рис. 150).

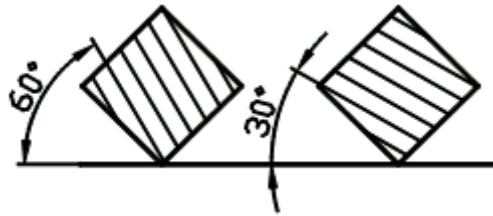


Рис. 150

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

## Х. ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

### 10.1. Види

**Вид** – зображення, яке звернене до спостерігача видимою частиною поверхні предмета. Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні предмета штриховими лініями.

В залежності від певних умов, види розподіляються як показано на рис. 151.

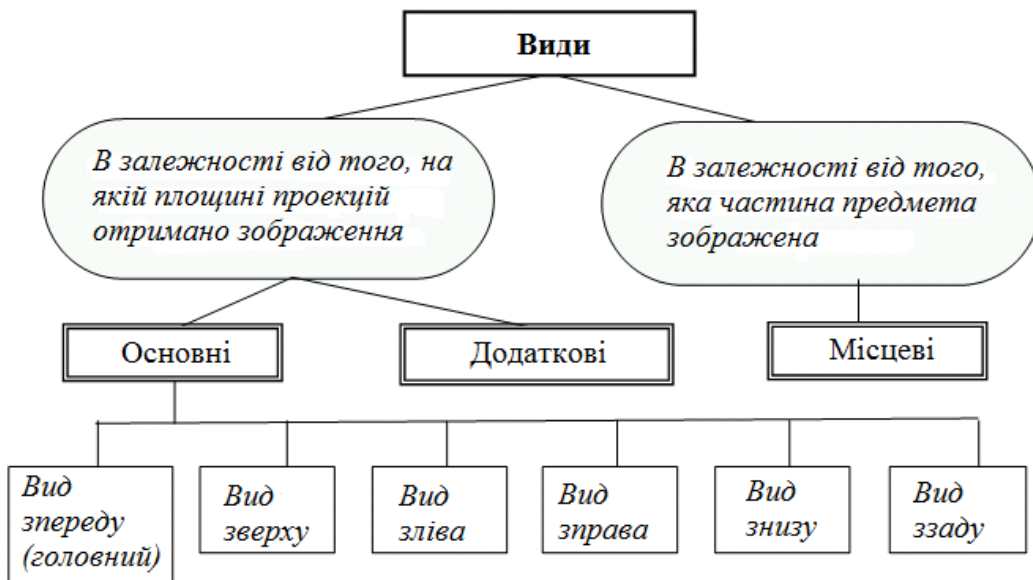


Рис. 151

Зображення предметів повинні виконуватися за методом прямокутного проєціювання. При цьому предмет розміщується між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій (рис. 152).



За основні площини проєкцій приймають шість граней куба; грані суміщають з площиною 1, грань «б» допускається розміщувати поряд з граню «4» (рис. 153).

Зображення на фронтальній площині проєкцій (площина 1) приймається на кресленні в якості головного виду (рис. 154).

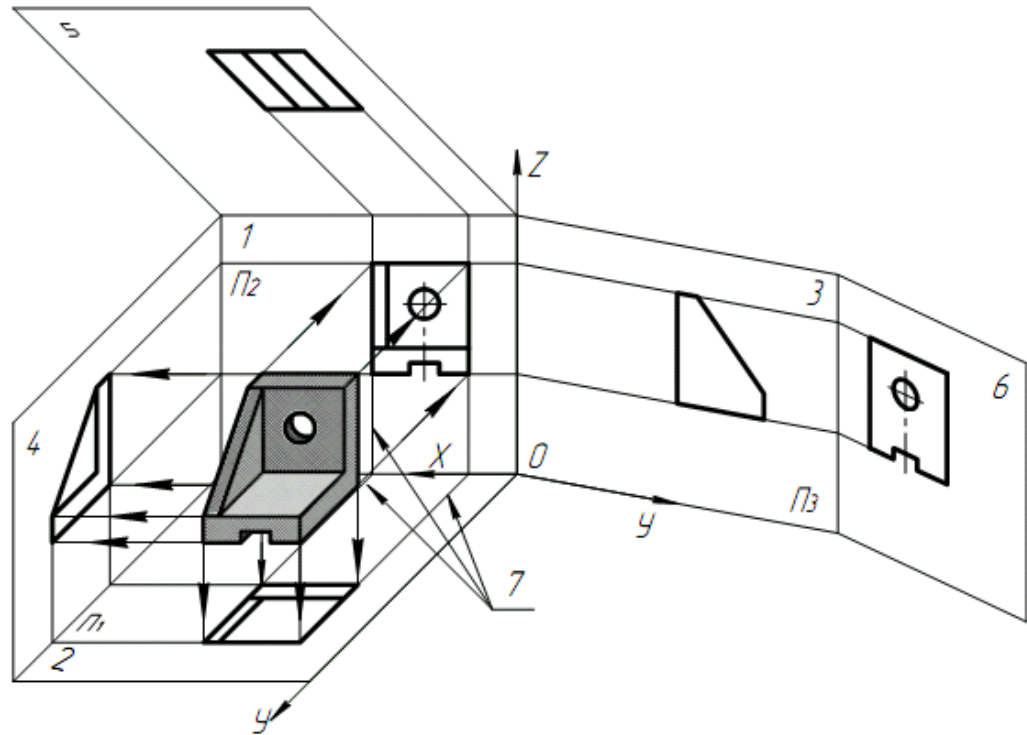


Рис. 152

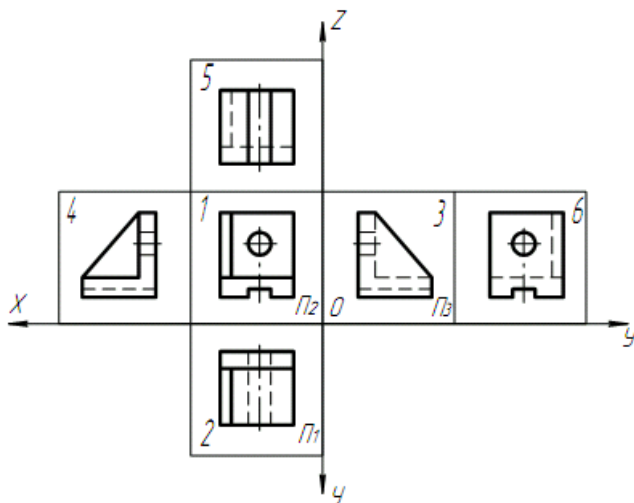


Рис. 153

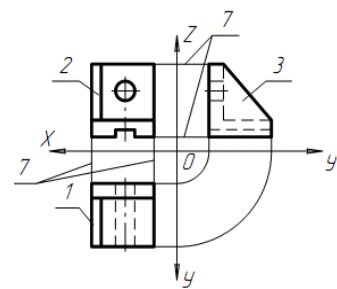


Рис. 154

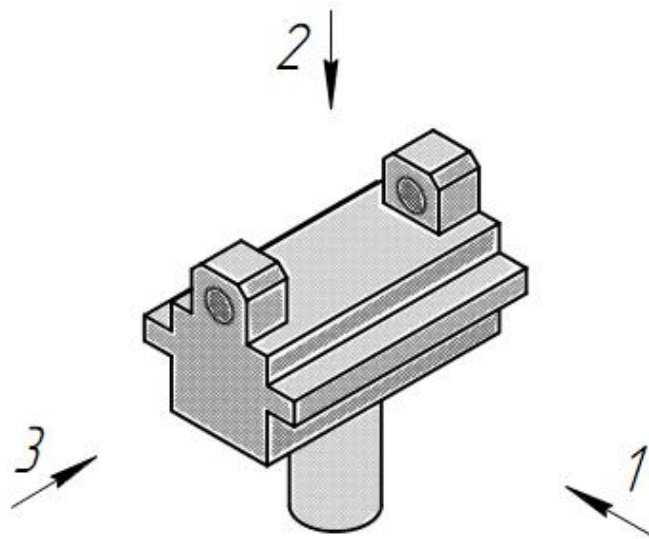


Рис. 155

Предмет розміщують відносно фронтальної площини проєкцій  $\Pi_2$  так, щоб зображення на ній давало найбільш повне уявлення про форму і розміри предмета (рис. 155): 1 – головний вид, 2 – вид зверху; 3 – вид зліва.

На рис. 154: 1 – направлення проєціювання на площину 1; 2 – на площину 2; 3 – на площину 3.

### Основні види

Встановлюються наступні назви видів, які отримані на основних площинах проєкцій (основні види, рис. 152 і 153):

1 – вид з переду (головний вид); на фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ ;

2 – вид зверху; на горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ ;

3 – вид зліва; на профільній площині проєкцій  $\Pi_3$ ;

4 – вид з права;

5 – вид знизу;

6 – вид ззаду.

Всі види (проєкцій предмета) знаходяться в проєкційному зв'язку (7 – лінія зв'язку (рис. 152 і 154)). В цьому випадку назву видів на кресленнях надписувати не треба.

Якщо види зверху, зліва, з права, знизу, ззаду зміщені відносно головного зображення, то вони повинні бути відмічені на кресленні написом по типу «А» (рис. 156 і 157в і г).

Направлення погляду повинно бути вказано стрілкою, позначеною прописною літерою (рис. 159).

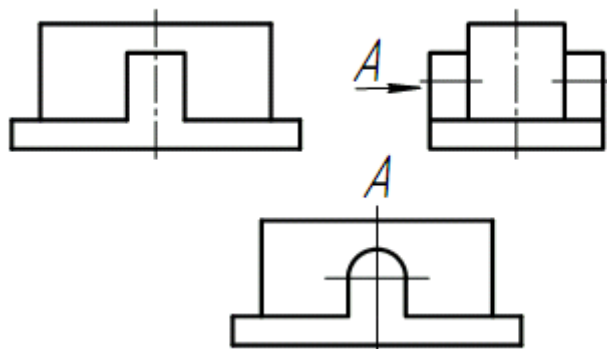


Рис. 156

Креслення оформлюють так само, якщо перераховані види відокремлені від головного зображення іншим зображенням або розміщені на одному листі з ним. Коли зображення, на якому може бути показано напрямлення погляду, відсутнє – назву виду надписують.

### Додаткові види

1. Якщо яку не будь частину предмета неможливо показати без спотворення форми і розмірів, то застосовують додаткові види, які отримують на площинах не паралельних основним площинам проекцій (рис. 157 а і б).

2. Додатковий вигляд повинен бути відмічений на кресленні написом типу «А», а біля зв'язаного з додатковим видом предмета повинна бути поставлена стрілка, яка вказує напрямлення погляду з відповідним буквеним позначенням (рис. 157.)

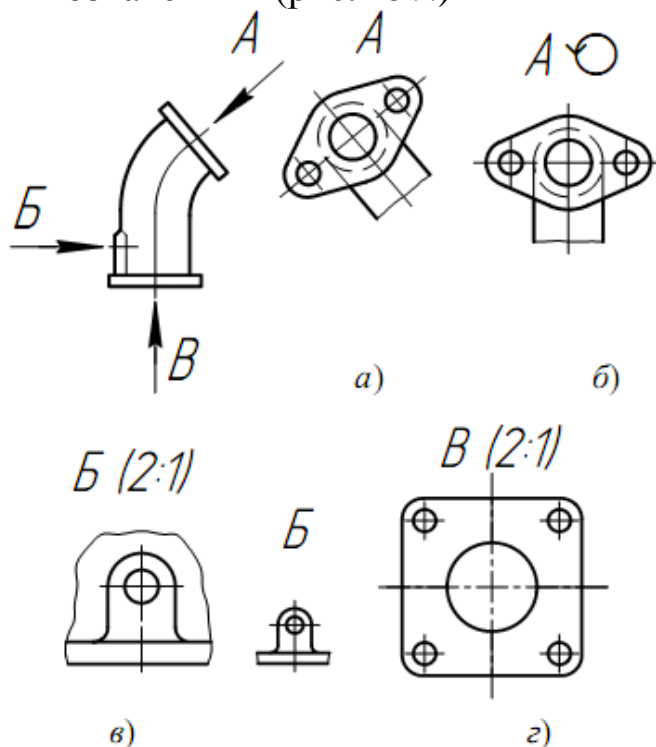


Рис. 157

У випадку, коли додатковий вид розміщений в безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, стрілку і напис над видом не наносять (рис. 158).

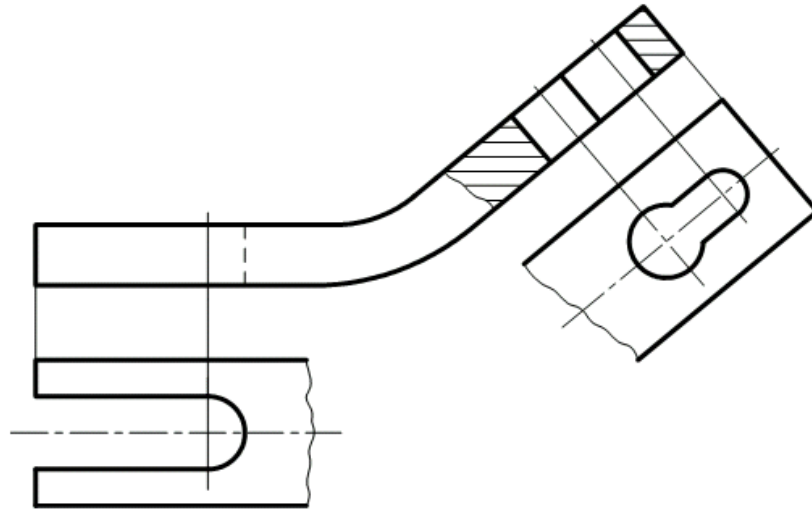



Рис. 158

Додатковий вигляд дозволяється повернути, але зі збереженням, як правило, положення прийнятого для даного предмету на головному зображенні; при цьому до напису повинен бути доданий знак  (рис. 157б, 159б).

### Місцеві види

1. Зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета називається місцевим видом.

Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву, по можливості в найменшому розмірі (рис. 157в), або необмежений.

Місцевий вид повинен бути відмічений на кресленні подібно додатковому виду (рис. 157б).

2. Співвідношення розмірів стрілок, що вказує напрям погляду, повинно відповідати приведеним на рис. 159а.

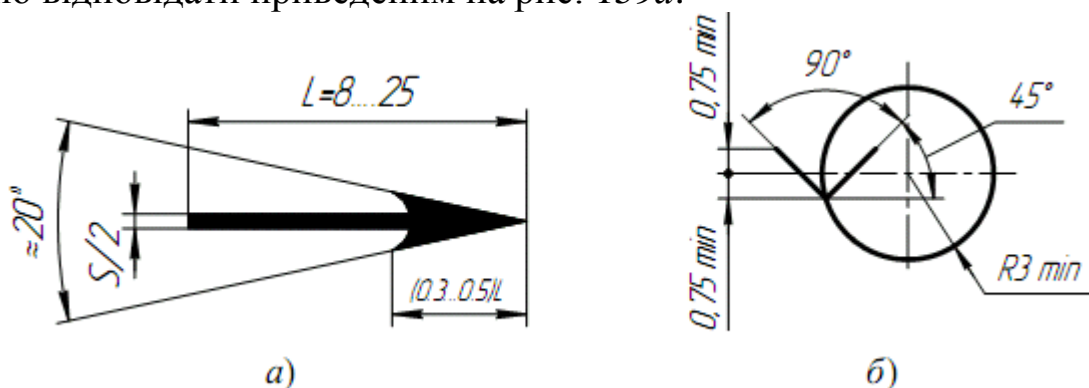


Рис. 159

## 10.2. Розрізи

**Розріз** – зображення предмета, уявно розсіченого однією або декількома площинами, при цьому уявне січення предмета відноситься тільки до даного розрізу і не веде за собою зміну інших зображень того ж предмета. На розрізі показується те, що виходить в сікучій площині і що розміщено за нею.

Положення сікучої площини вказуються на кресленні лінією січення. Для лінії січення повинна використовуватися розімкнена лінія.

Початкові і кінцеві штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. Перпендикулярно початковому і кінцевому штрихам наносять стрілки, які вказують напрям погляду. Стрілки ставляться на відстані 2...3 мм від кінця штриха (рис. 160). На початку і в кінці лінії січення ставлять одну і ту ж прописну літеру українського алфавіту. Букви наносять біля стрілок, вказуючи напрям погляду із зовнішньої сторони. Над розрізом розміщують напис типу А-А (рис. 162, 164).



Рис. 160

В залежності від певних умов розрізи поділяють, як показано на рис. 161.

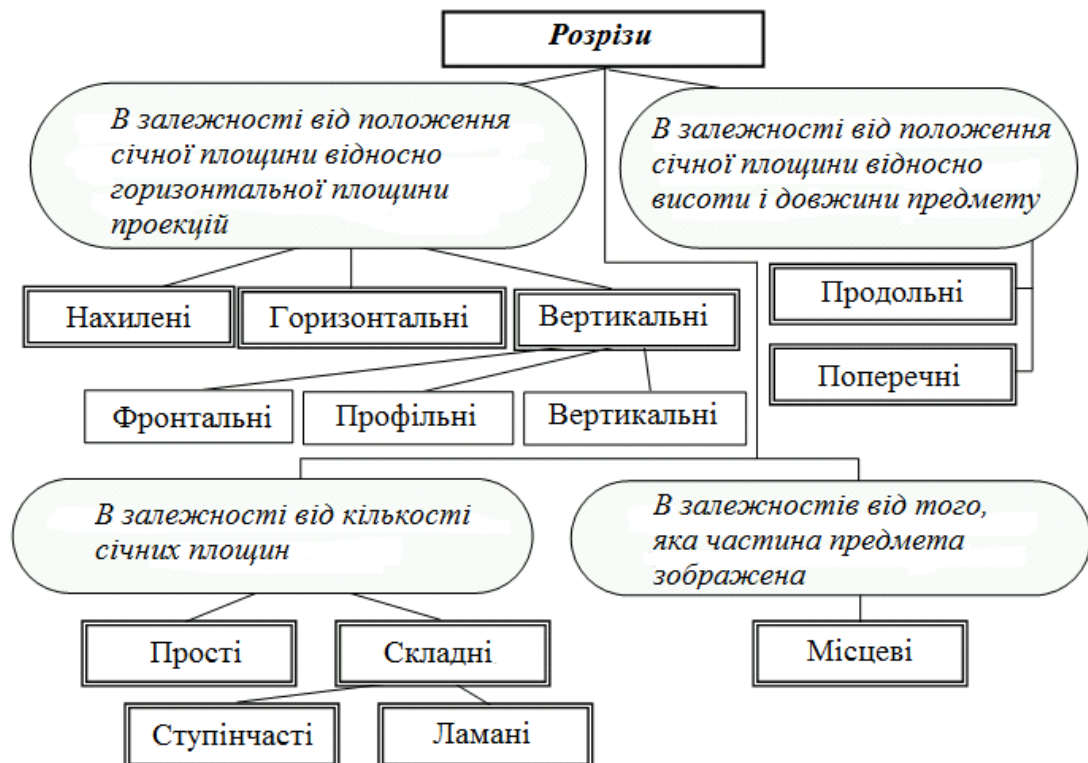


Рис. 161

## Прості розрізи

В залежності від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи діляться на три типи:

1). Горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій (рис. 163);

2). Вертикальні – січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій (рис. 164). Вертикальний розріз називається фронтальним, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій, і профільним – якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій;

3). Похилі – січна площина складає з горизонтальною площиною проєкційний кут, відмінний від прямого (рис. 164).

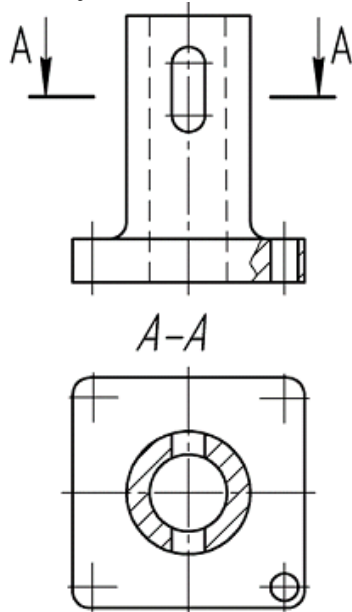


Рис. 162

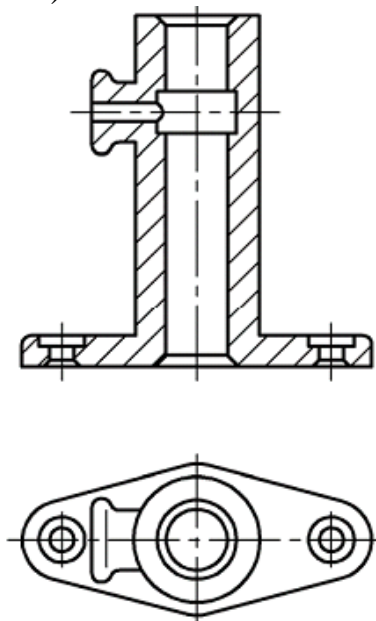


Рис. 163

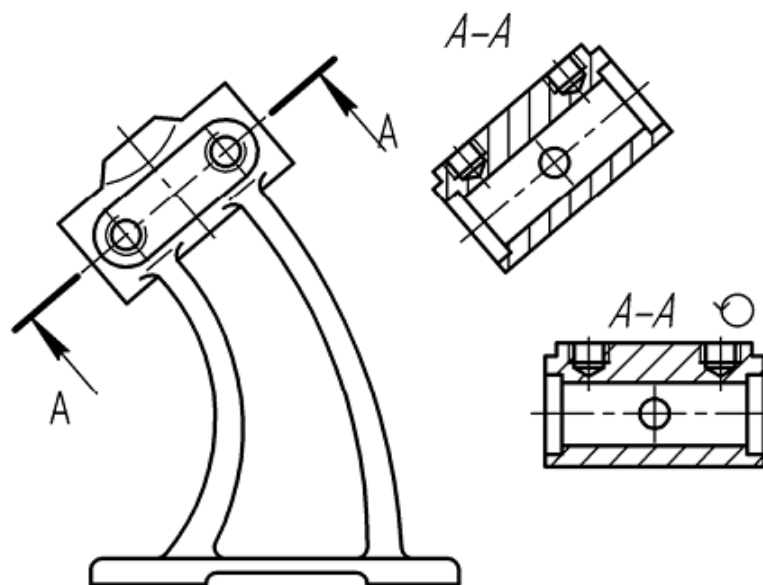


Рис. 164

Простий розріз на кресленні не позначається, якщо виконуються одночасно наступні дві умови:

1). Січна площина співпадає з площиною симетрії деталі;

2). В проекційному зв'язку на місці основного виду горизонтальний розріз – на місці виду зверху, фронтальний – виду з переду. Профільний – виду зліва (рис. 163). Якщо не виконується хоча б одна з цих умов, то розріз позначається як показано на рис. 162.

Похилий розріз повинен будуватися і розміщуватися у відповідності з напрямленням, вказаним стрілками. Такий розріз допускається розміщувати на будь-якому місці креслення, з поворотом і додаванням до напису А-А знаку  $\curvearrowright$  (рис. 164).

Місцевий розріз – розріз, що слугує для визначення будови деталі в окремому вузько обмеженому місці. Границя місцевого розрізу проводиться суцільною хвилястою лінією.

Рекомендується, щоб ця лінія не співпадала з лініями контуру зображення деталі (рис. 165).

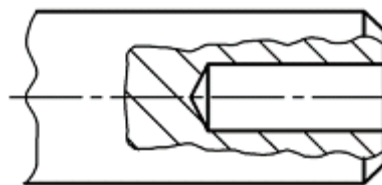


Рис. 165

Якщо предмет симетричний, то слід з'єднувати половину виду з половиною відповідного розрізу. Це робиться з ціллю скорочення графічної роботи і покращення читання креслення. Границею між видом і розрізом слугує осьова лінія симетрії (рис. 166).

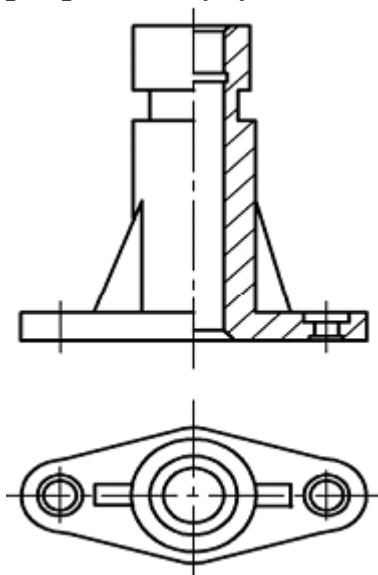


Рис. 166

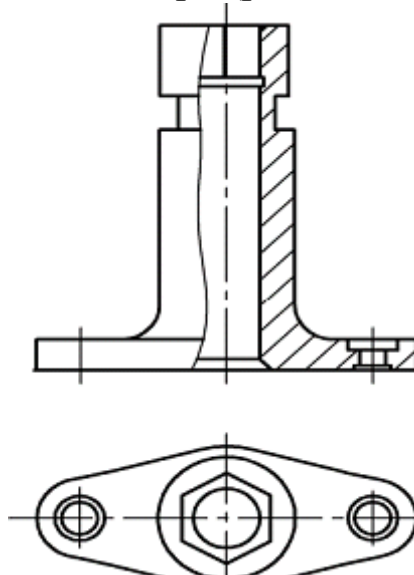


Рис. 167

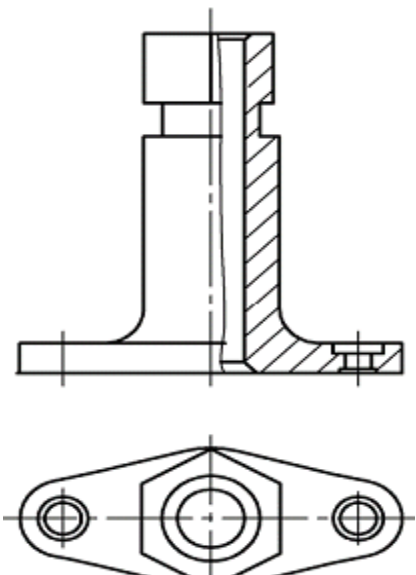


Рис. 168

На рис. 167 показано деталь, у якої з віссю симетрії на головному зображенні співпадає проекція внутрішнього ребра. В цьому випадку з'єднують меншу частину виду з більшою частиною відповідного розрізу, а границею між ними слугує суцільна хвиляста лінія (товщина її  $S/2 - S/3$ ). Якщо з віссю симетрії співпадає зовнішнє ребро, то з'єднують більшу частину виду з меншою частиною відповідного розрізу (рис. 168).

### Складні розрізи

#### 1). *Ступінчасті розрізи*

Складний розріз називається ступінчастим, якщо січні площини паралельні (наприклад, ступінчастий горизонтальний розріз А-А, рис. 169; ступінчастий фронтальний розріз Б-Б, рис. 170).

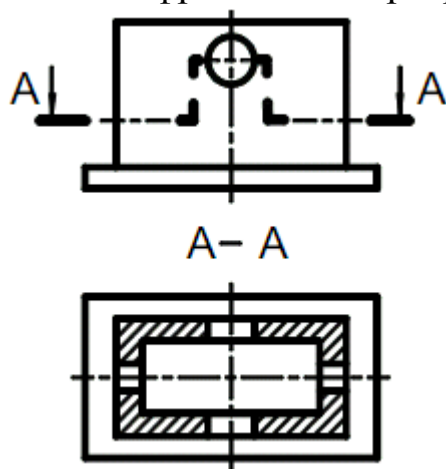


Рис. 169

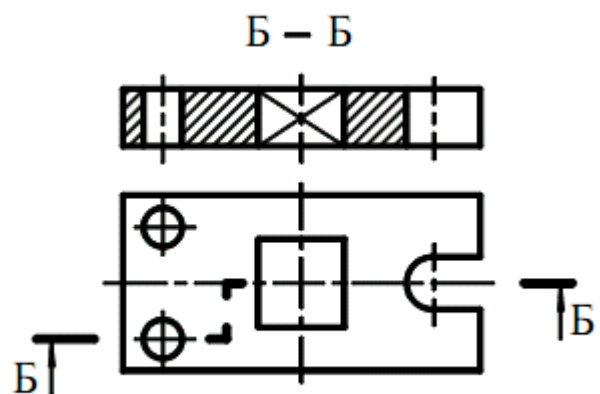


Рис. 170

#### 2). *Ломані розрізи*

Складний розріз називають ломаним, якщо січні площини перетинаються (наприклад, розріз А-А, рис. 171).

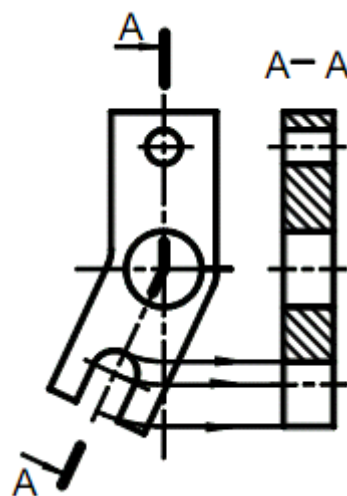


Рис. 171



При ломаному розрізі січні площини умовно розвертають до суміщення в одну площину. Якщо суміщені площини виявляться паралельними одній із основних площин проєкцій, то ломаний розріз допускається поміщати на місці відповідного виду (рис. 171 розріз А-А поміщено на місці виду зліва).

При складному розрізі штрихи проводять так само біля місць перетину січних площин для ломаних розрізів (рис. 171) або біля місць переходу від однієї січної площини до іншої для ступінчастих розрізів (рис. 169, 170).

### 10.3. Перерізи

**Переріз** – зображення фігури, яке отримують при умовному розсіченні предмета однією або декількома площинами. На перерізах показується лише те, що отримується безпосередньо в січній площині.

В залежності від певних умов перерізи розділяють як показано на рис. 172.

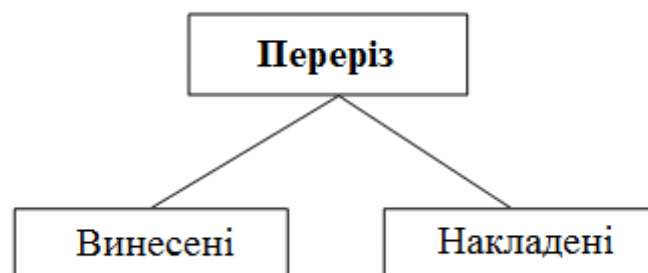


Рис. 172

#### Винесені перерізи

Винесені перерізи розміщуються поза зображенням деталі:

- 1). В розриві між частинами одного і того ж зображення (рис. 173);
- 2). На продовженні сліду січної площини (рис. 174);
- 3). На вільному місці поля креслення (рис. 175).

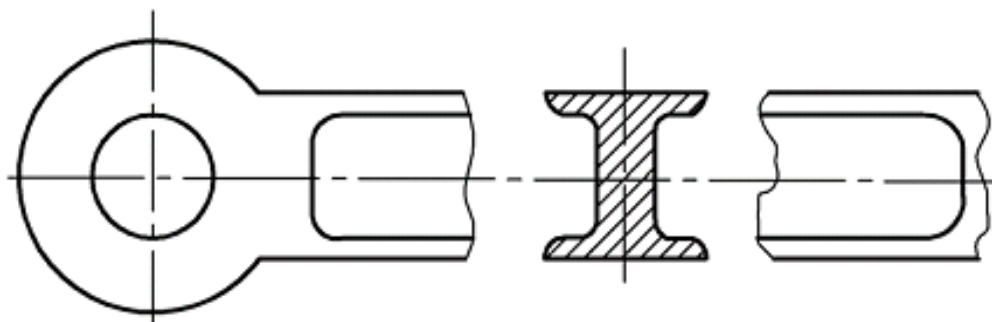


Рис. 173

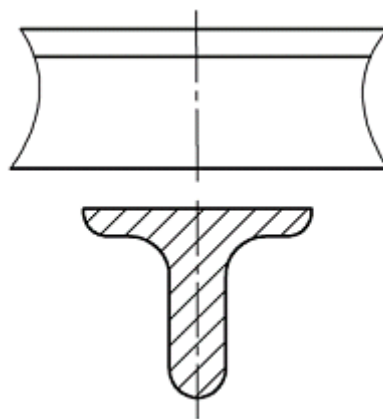


Рис. 174

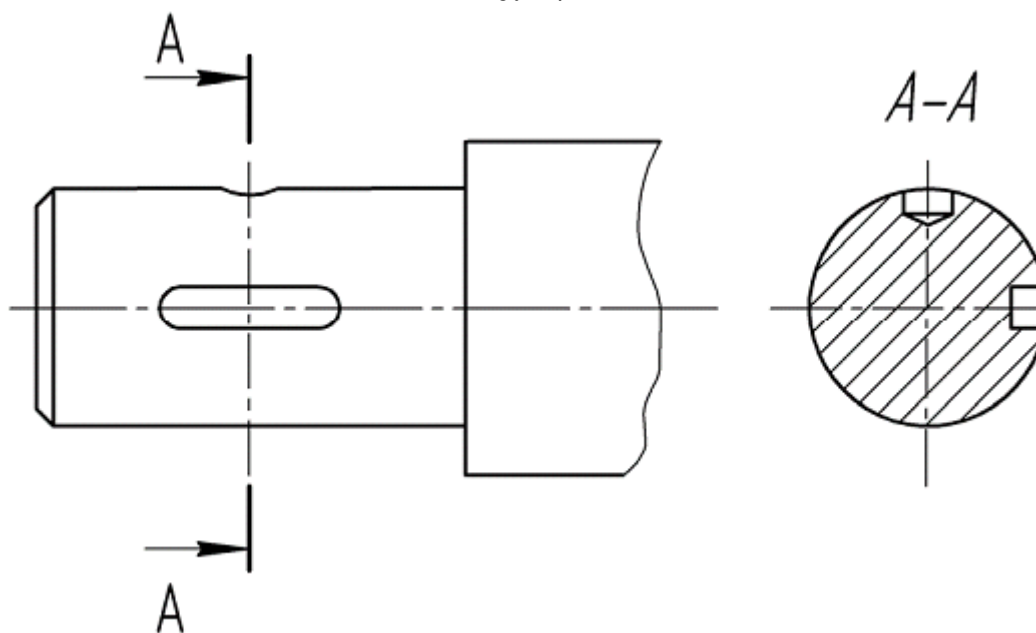


Рис. 175

В розриві між частинами зображення і на продовженні сліду січної площини рекомендується розміщувати симетричні перерізи, тоді вони не позначаються (рис. 173). Якщо перетин розміщено на вільному полі креслення, то він позначається так само, як позначаються розрізи (рис. 175).

Для перерізів усіх видів, коли січна площина проходить через вісь обертання циліндричного, конічного, сферичного поглиблень або наскрізних отворів, контури поглиблення і отвори повинні бути накреслені повністю (рис. 175).

Контур винесеного перерізу завжди обводиться суцільною товстою лінією.

Для ряду однакових перерізів, що відносяться до однієї і тієї ж деталі, лінії перерізу слід позначати однією і тією ж літерою і креслити один переріз (рис. 176а). якщо січні площини направлені під різним кутом, то умовне позначення  $\odot$  не наноситься (рис. 176б).

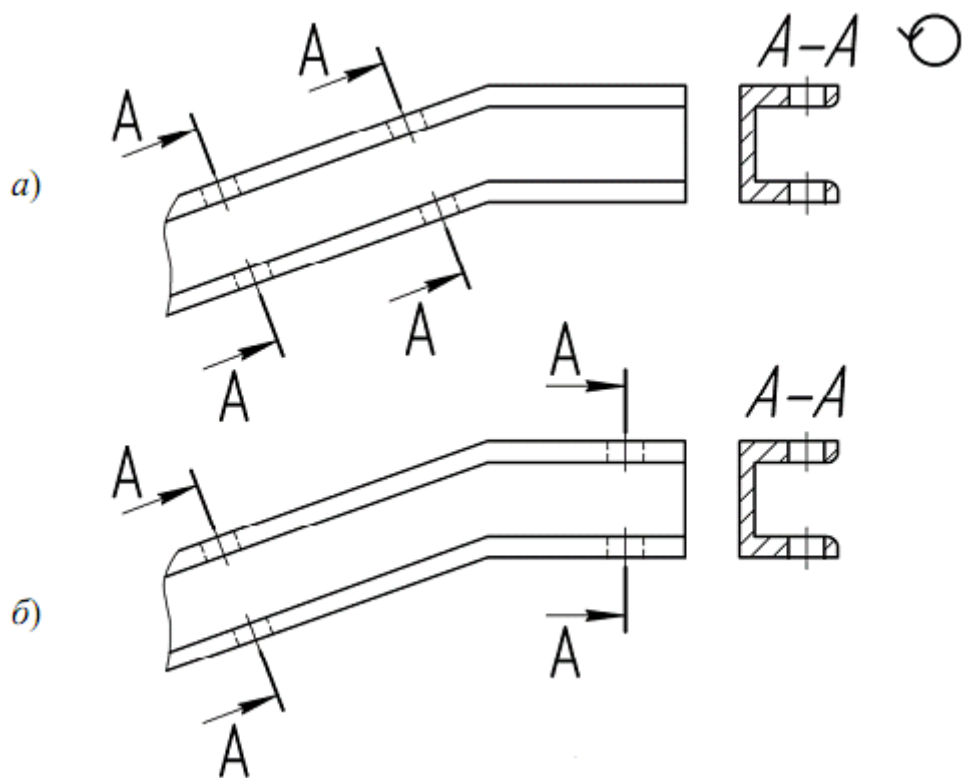


Рис. 176

Якщо січна площина проходить через не круглий отвір і переріз складається із окремих самостійних частин, то замість перерізу слід застосовувати розріз (рис. 177).

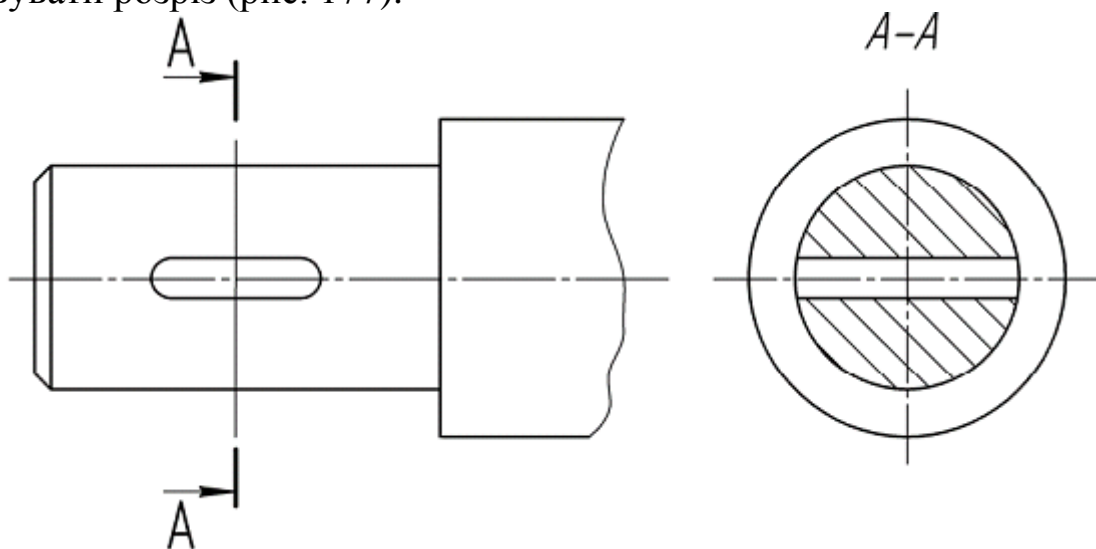


Рис. 177

### Накладений переріз

Накладені перерізи викреслюється безпосередньо на зображені деталі. Контур його обводиться суцільною тонкою лінією ( $S/2 - S/3$ ). На місці розміщення накладеного перерізу лінії контуру зображення деталі не перериваються (рис. 178, 179).

Накладений переріз не позначається, якщо він симетричний (рис. 178).

Для несиметричних накладених перерізів вказується положення січної площини і напрямлення погляду (рис. 179).

Накладені перерізи рекомендується використовувати в тих випадках, коли контур його не перетинається ніякими лініями видимого контуру деталі.

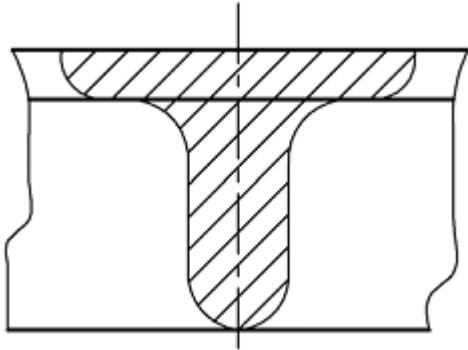


Рис. 178

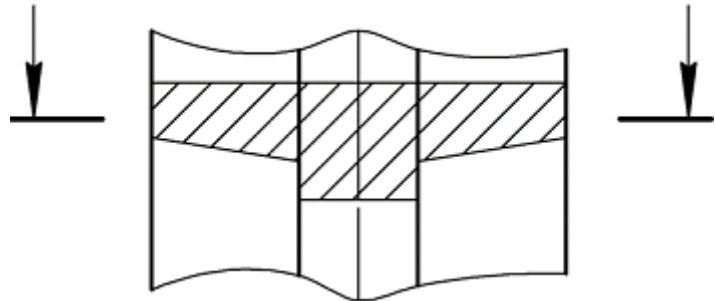


Рис. 179

## XI. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

АксонOMETричні проєкції рекомендується застосовувати для наглядного зображення предметів, обираючи в кожному окремому випадку найбільш підходящу з них.

### 11.1. Ізометрична проєкція (рис. 183)

Положення аксонOMETричних осей і основні співвідношення для побудови ізометричних проєкцій представлені на рис. 43. Всі три осі утворюють між собою рівні кути в  $120^\circ$ , при чому ось  $OZ$  розміщується на зображенні вертикально.

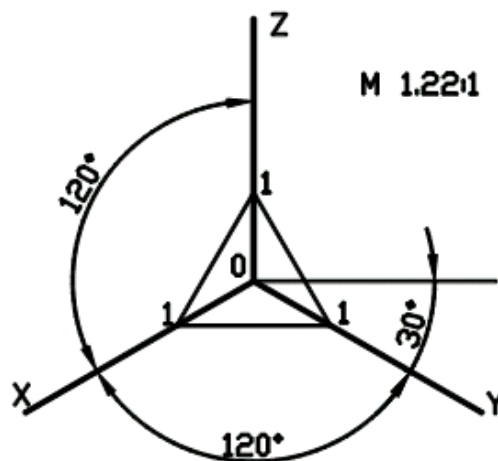


Рис. 180

Коефіцієнт спотворення по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  дорівнює  $0,82$ . Ізометричну проєкцію для спрощення, як правило, виконують без спотворення по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , тобто приймаючи коефіцієнт спотворення рівним одиниці.

Ізометричною проекцією окружності являється еліпс (лекальна крива), але для простоти побудови зображують овал (циркульна крива). Побудова овалу показана на рис. 181.

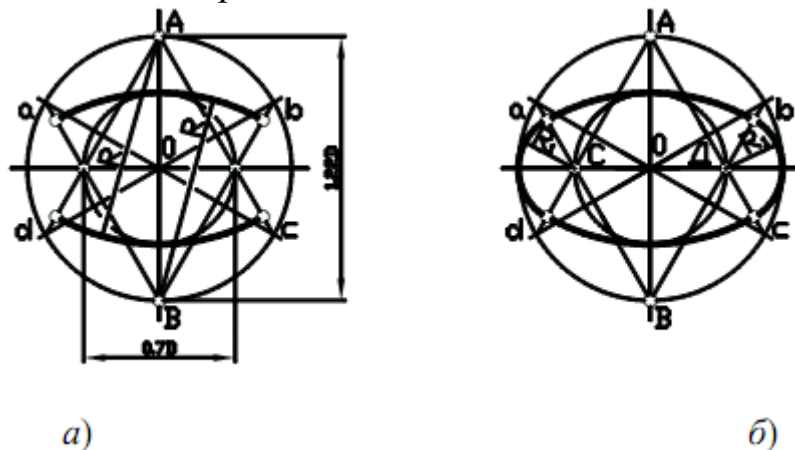


Рис. 181

При побудові точної проекції (з коефіцієнтом спотворення 0,82) велика вісь рівна діаметру окружності, яку зображують, а мала вісь рівна 0,58 діаметра. В даному випадку масштаб зображення 1:1. При побудові без скорочення розмірів по осям  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  велику вісь кожного із еліпсів (овалів) слід брати рівною 1,22 діаметра, а малу вісь – рівною 0,71 цього ж діаметра. Тоді масштаб зображення 1,22:1.

На рис. 182 показані напрямлення осей еліпсів (овалів), розміщені в площинах, паралельних координатним площинам.

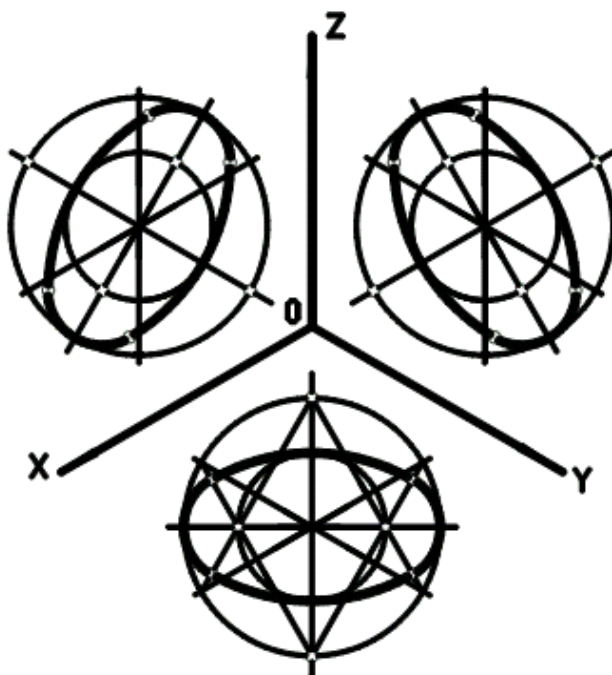


Рис. 183

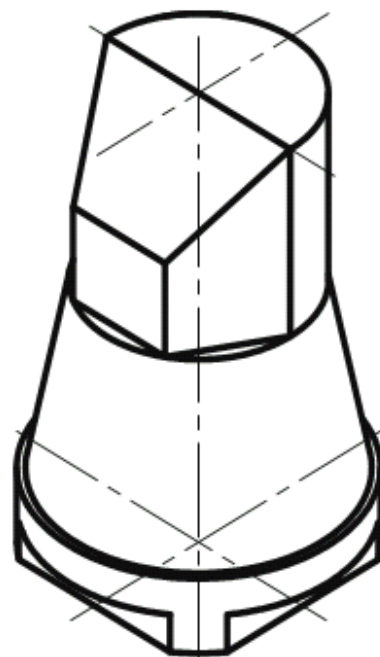


Рис. 184

## 11.2. Диметрична проекція (рис. 190)

Положення осей і основні співвідношення для побудови диметричних проекцій представлені на рис. 185. Для побудови кута, приблизно рівного  $7^{\circ}10'$ , будують прямокутний трикутник з катетами 1 і 8 одиниць; для побудови кута, приблизно рівного  $41^{\circ}25'$ , - з катетами 7 і 8 одиниць (рис. 185).

Коефіцієнт спотворення по осі Y рівний 0,47, а по осям X і Z – 0,94. Симетричну проекцію, як правило, виконують без спотворення по осям X і Z та з коефіцієнтом спотворення 0,5 по осі Y.

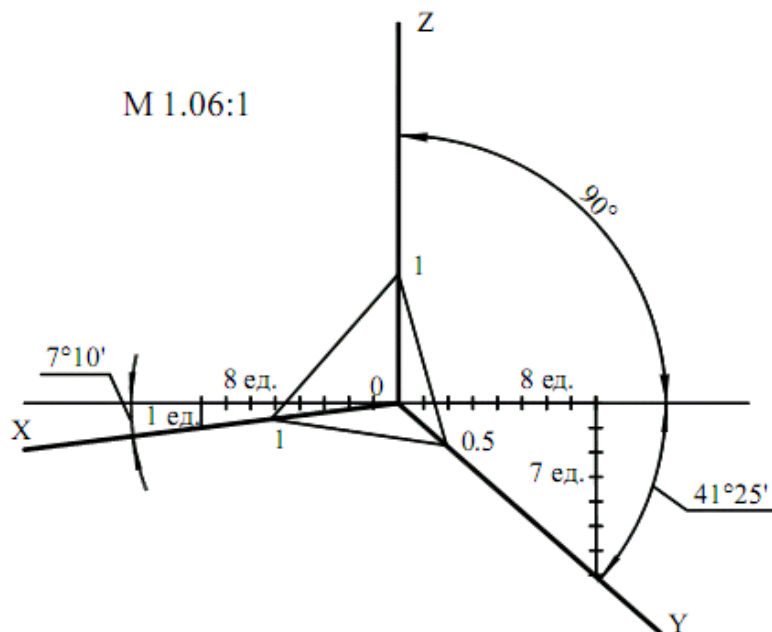


Рис. 185

Симетричною проекцією окружності є еліпс, але для простоти побудови зображують овал, рис. 186.

При побудові точної проекції з коефіцієнтами спотворення 0,94 і 0,47:

- на площині XOZ велику вісь еліпса слід брати рівною діаметру окружності, що зображується, а малу вісь – рівною 0,9 діаметра;
- на площинах XOY і YOZ велику вісь еліпса також слід брати рівною діаметру, а малу вісь – рівною 0,33 діаметра.

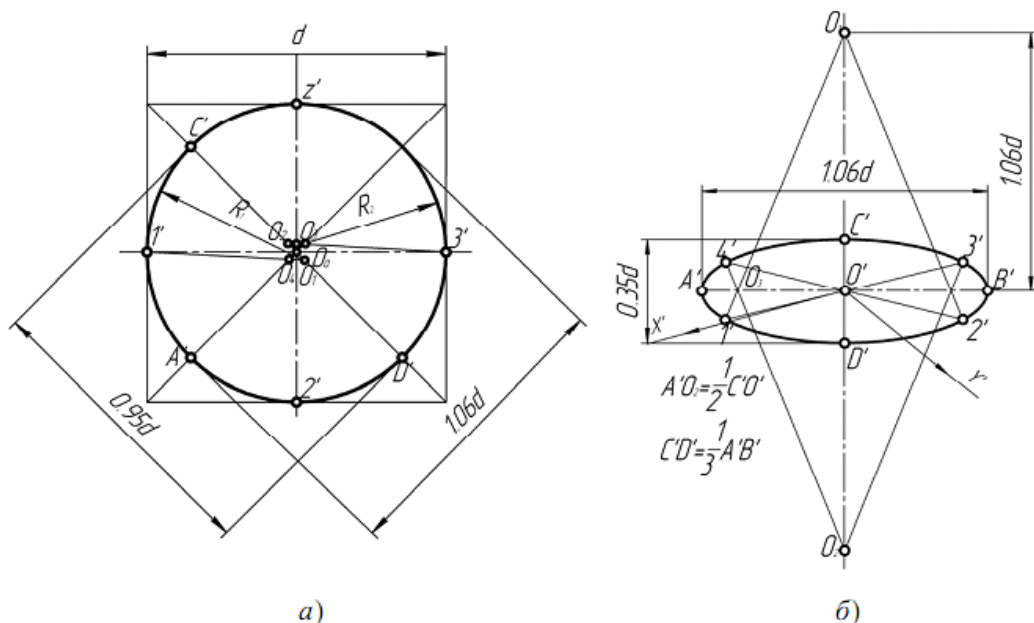


Рис. 186

ДСТУ рекомендує при побудові диметричної проекції користуватися тільки приведеними коефіцієнтами. При цьому отримується зображення збільшене в 1,06 рази.

При побудові по приведеним коефіцієнтам спотворення:

- в площині  $XOZ$  велику вісь кожного із еліпсів (овалів) слід приймати рівною 1,06 діаметра, а малу вісь – рівною 0,95 цього ж діаметра (рис. 186 а);

- в площинах  $XOY$  і  $YOZ$  велику вісь слід приймати також рівною 1,06 діаметра окружності, а малу вісь – 0,35 діаметра (рис. 186 б).

направлення осей еліпсів (овалів), зображених окружностей, визначають так само, як і в ізометричній проекції, тобто великі осі перпендикулярні до відповідних аксонометричних осей, а малі – паралельні їм (рис. 187).

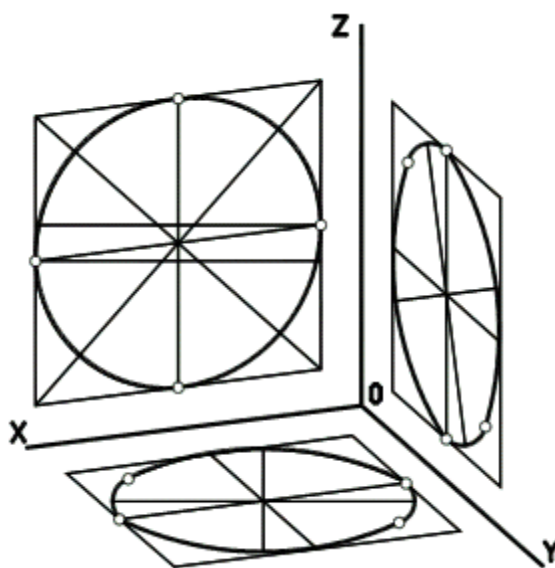


Рис. 187

### 11.3. Штрихування розрізів в аксонометрії

Лінії штриховки розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях наносять паралельно одній із діагоналей квадратів, які лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 188).

Напрямок штриховки розрізів в ізометричній проекції показано на рис. 188.

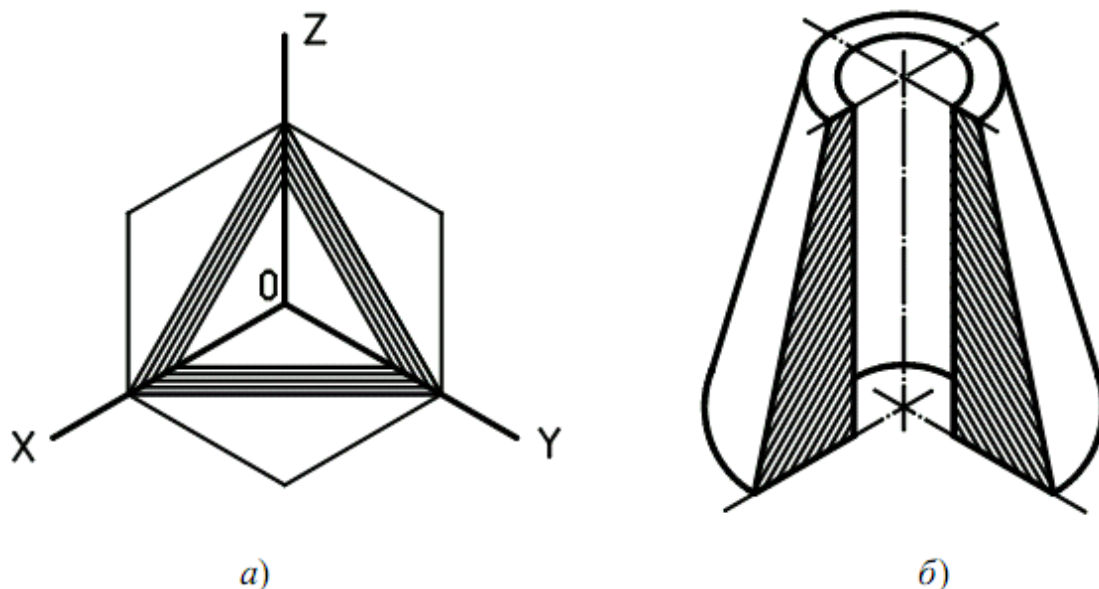


Рис. 188

Напрямок штриховки розрізів в диметричній проекції представлено на рис. 189 і 190.

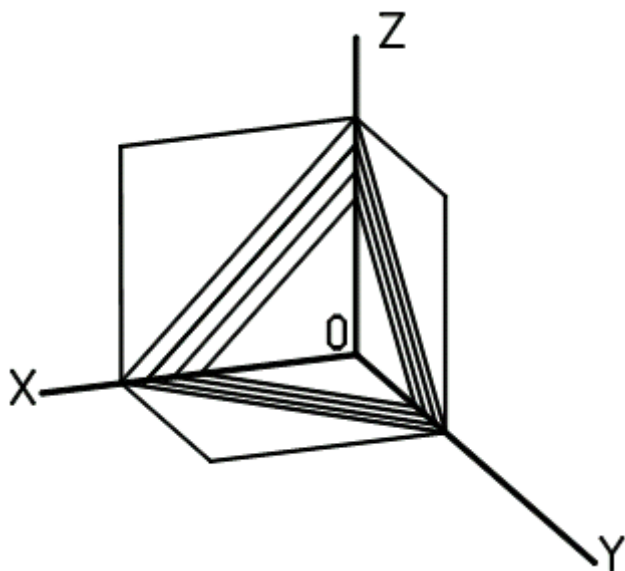


Рис. 189

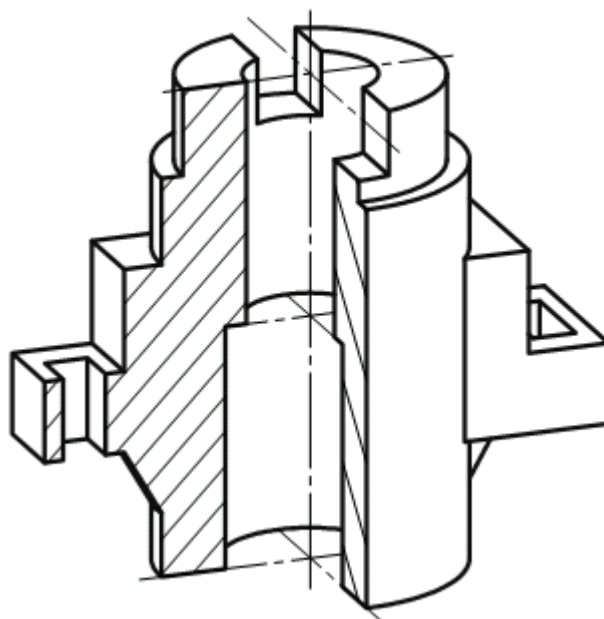


Рис. 190



## ХІІ. ВИКОНАННЯ ТА ЧИТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

Схеми – це спеціальні креслення, що містять умовні зображення складових частин виробів та зв'язків між ними. Схеми використовують у різноманітних галузях промисловості як робочу конструкторську документацію, що супроводжує складання, регулювання та контроль виробів електроніки, радіотехніки, сантехніки, вентиляції тощо, а також пояснює принцип дії механізмів і пристроїв.

Залежно від виду елементів і зв'язків між ними схеми поділяють на *електричні (Е), гідравлічні (Г), пневматичні (П), кінематичні (К), комбіновані (С), поділу (Е)*, а залежно від змісту – на структурні (1), функціональні (2), принципові (3), монтажні (4), підключення (5) та ін. (ГОСТ 2.701-84).

Код схеми містить літерне та цифрове позначення згідно із зазначеною класифікацією.

Схеми виконують на аркушах відповідного формату без дотримання масштабу та без урахування розміщення елементів у виробі. Лінії, що сполучають умовні позначення елементів, розміщують тільки горизонтально й вертикально з найменшим числом точок зламу та перетину. Відстань між паралельними лініями зв'язку становить не менше, ніж 3 мм, між сусідніми лініями графічного позначення – не менше, ніж 1 мм, а між окремими позначеннями – не менш, як 2 мм. Товщина ліній графічних позначень і зв'язків між ними вважається однаковою в межах 0,2...1,0 мм і залежить від формату схеми, її складності та розмірів графічних позначень.

У кінематичних схемах лінії кінематичних зв'язків (вали, осі та ін.) зображують суцільною лінією завтовшки  $s$ , підшипники, шківни, зубчасті колеса, муфти тощо показують лінією завтовшки  $s/2$ , а лініями завтовшки  $s/3$  виконують осьові, кола зубчастих коліс, шпонки, ремені тощо.

В електричних схемах лінії електричних зв'язків зображують суцільними лініями завтовшки  $s/2$ , лінії умовних графічних позначень приладів –  $1,5s...2s$ .

Умовні графічні позначення можуть мати вигляд:

- 1) Встановлений стандартами ЄСКД;
- 2) прямокутників;
- 3) спрощених зовнішніх контурів, елементів, зокрема їхніх аксонометричних зображень.

Іноді застосовують інші графічні позначення, які пояснюють у технічних вимогах або в спеціальних таблицях.

Таблицю переліку елементів (Табл. 7) розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа з основним написом. Відстань між таблицею та основним написом

становить не менше, ніж 12 мм. Таблицю можна доповнювати графою «Зона» завширшки 8 мм за рахунок графи «Примітка».

Таблиця 7

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка

### 12.1. Електричні схеми

Умовні позначення елементів, які входять до одного ланцюга, розміщують послідовно вздовж прямої, а окремі ланцюги – поряд, утворюючи рядки або стовпці.

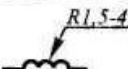
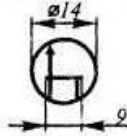
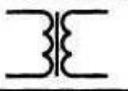
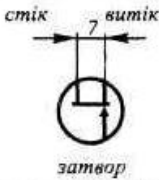
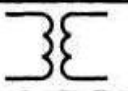
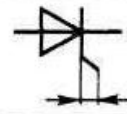

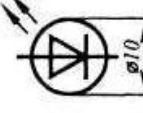
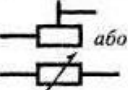
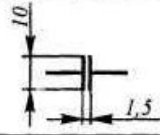
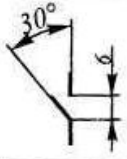

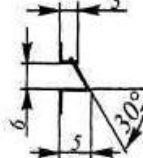

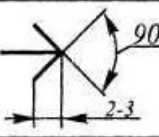
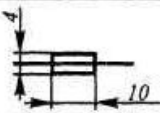
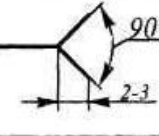
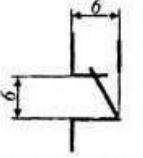
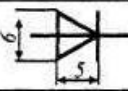
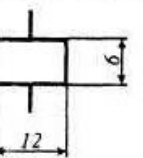
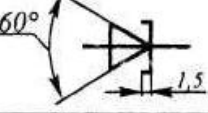

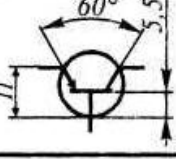
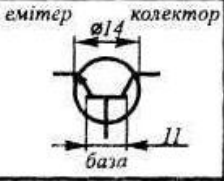
Різні функціональні ланцюги на одній схемі можна виконувати лініями різної товщини. Кожен елемент повинен мати позиційне позначення, що складається з літерного коду латинським шрифтом та цифрового (порядкового) номера і задається в межах даної схеми чи виробу.

Літерний код вказує на вид елемента або пристрою. Наприклад, **C** – конденсатор; **F** – захисний елемент або пристрій; **G** – генератор; **K** – реле електромагнітне, пускач; **L** – котушка індуктивності; **M** – електродвигун; **P, PA, PV** – прилади вимірювальні; **R** – резистор; **T** – трансформатор і т. д.

Порядковий номер позиційного позначення надається пристрою чи елементу відповідно до його розміщення на схемі (зверху вниз, зліва направо). Перелік елементів записують групами в алфавітному порядку літерних кодів. У кожній групі елементи розміщують у порядку зростання номерів.

Умовні графічні позначення у схемах показано в таблиці 8.

Таблиця 8

Найменування	Умове графічне позначення	Позначення згідно з ГОСТ 2.710-81	Найменування	Умове графічне позначення	Позначення згідно з ГОСТ 2.710-81
Котушки індуктивності, дроселі, трансформатори ГОСТ 2.723-68					
Котушка індуктивності, дросель		L	Транзистор (польовий, з каналом р-типу)		VT
Трансформатор напруги з магнітопроводам		TV	Транзистор (польовий, з каналом n-типу)		VT
Трансформатор напруги без магнітопроводу		TV	Пристрої комутаційні і контактні з'єднання ГОСТ 2.755-87		
Резистори, конденсатори ГОСТ 2.728-74			Тиристор		VS
Резистор постійного опору		R	Світлодіод		VD (HL)
Резистор змінного опору		R	Пристрої комутаційні і контактні з'єднання ГОСТ 2.755-87		
Конденсатор постійної ємності		C	Вимикач однополюсний із замикаючим контактом		SA
Конденсатор оксидний (електролітичний)		C	Вимикач однополюсний із розмикаючим контактом		SA
Конденсатор змінної ємності		C	Контакт рознімного з'єднання (штир)		XP
Запобіжник плавкий		FU	Контакт рознімного з'єднання (гнездо)		XS
Прилади напівпровідникові ГОСТ 2.730-73			Перемикаючий контакт реле		K
Діод		VD	Котушка реле		
Тунельний діод		VD			
Стабілітрон		VD			
Транзистор (біполярний р-п-р типу)		VT			
Транзистор (біполярний п-р-п типу)		VT			

## XIII. ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ З ТЕМИ «ІНЖЕНЕРА ГРАФІКА»

### 13.1. Завдання до графічної роботи №1 "ШРИФТИ, ЛІНІЇ КРЕСЛЕННЯ, ШТРИХУВАННЯ В РОЗРІЗАХ І ПЕРЕТИНАХ, УХИЛ І КОНУСНІСТЬ"

**Мета:**

1. Вивчення вимог стандартів (ГОСТ, ДСТУ).
2. Освоєння прийомів роботи креслярськими інструментами, а також виконання написів стандартними креслярськими шрифтами.
3. Вивчення побудов ухилів і конусності.

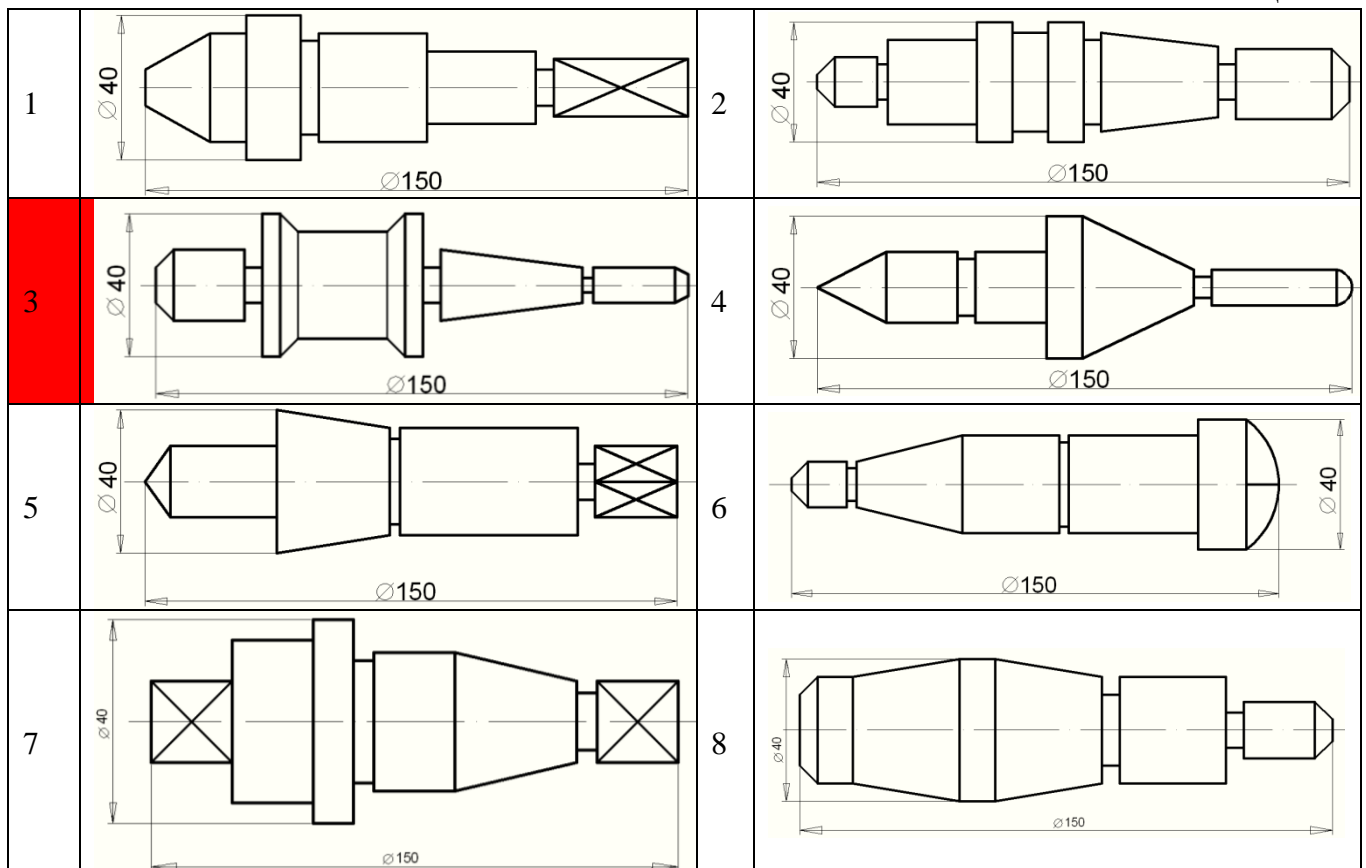
**Зміст:**

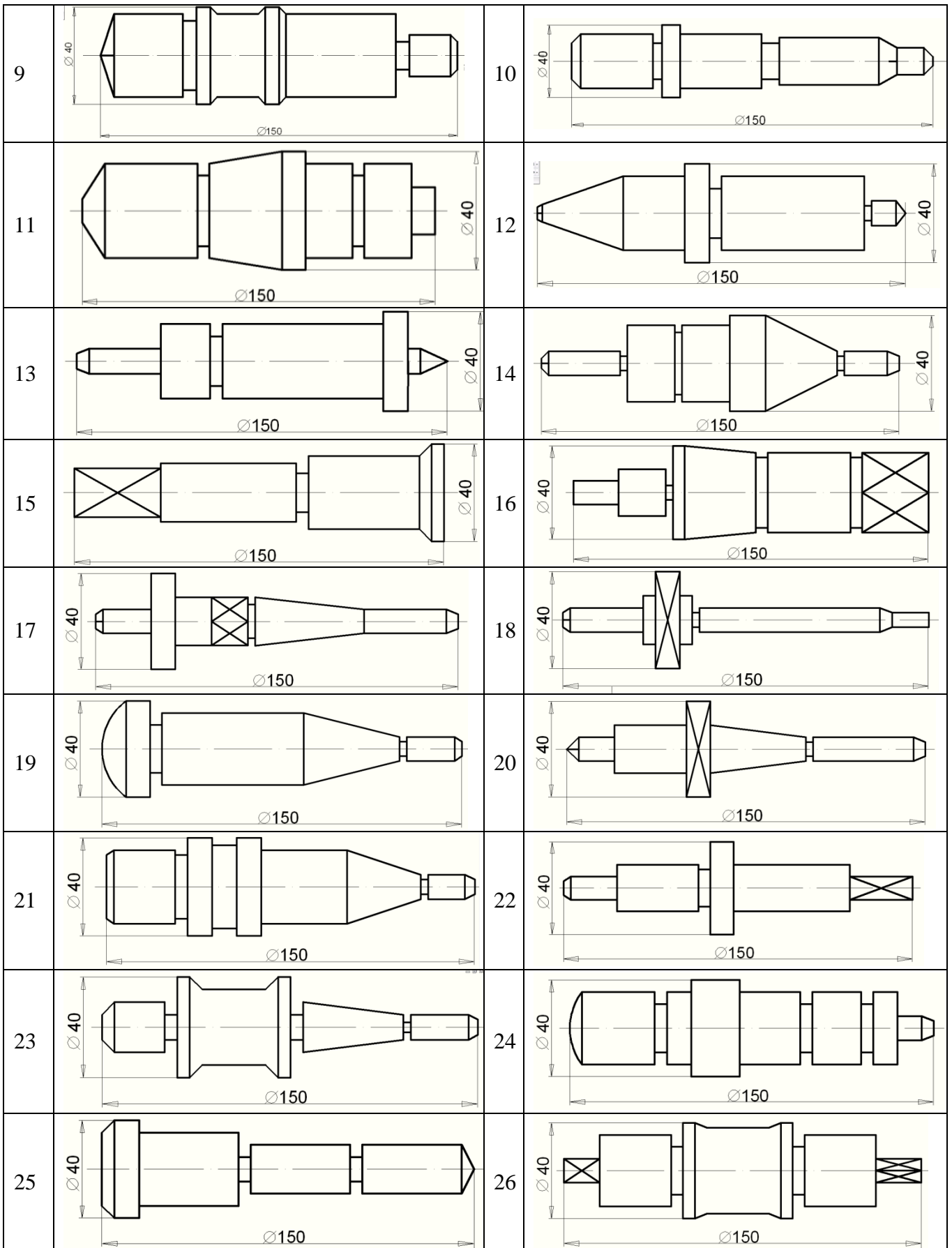
1. Побудувати креслення валика по варіантах 1-28 таблиці 9;
2. Побудувати профіль двотаврової балки (табл. 10) чи швелера (табл.11) по варіантах.

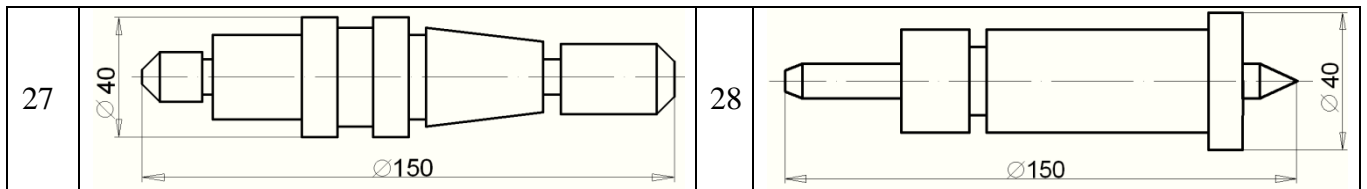
**Оформлення:**

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

Таблиця 9



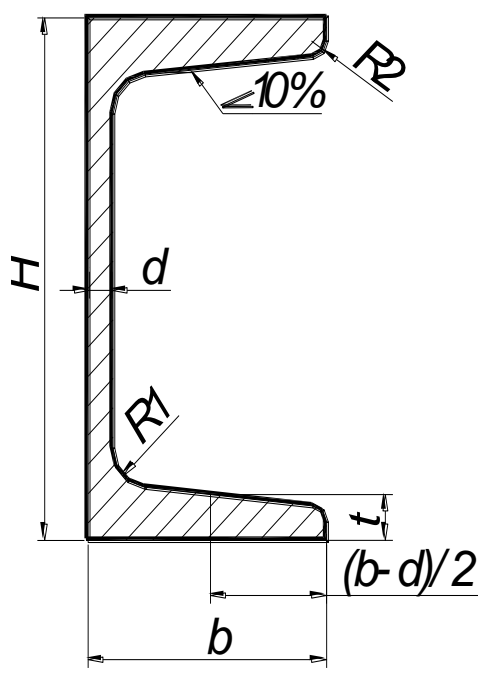




Таблиця 10

Двотавр Сталь двтаврова по ГОСТ 8239-72		Варіант	№ профілю	H	b	d	t	R1	R2	Масштаб
<p>Примітка: №№ профілів 16, 18, 18а виконуються з розривом</p>	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	18a	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	20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4	1:2	
	9	22	220	110	5,4	8,7	10	4	1:2	
	10	22a	220	120	5,4	8,9	10	4	1:2	
	11	24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	1:2	
	12	24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4	1:2	
	13	27	270	125	6	9,8	11	4,5	1:2	
	14	27a	270	135	6	10,2	11	4,5	1:2	

Таблиця 11

Швелер Сталь швелерна по ГОСТ 8240-72		Варіант	№ профілю	H	b	d	t	R1	R2	Масштаб
 <p>Примітка: №№ профілів 16, 18, 18а виконуються з розривом</p>	15	5	50	32	4,4	7	6	2,5	2:1	
	16	6,5	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	14a	140	62	4,9	8,7	8	3	1:1	
	22	16	160	64	5	8,4	8,5	3,5	1:1	
	23	16a	160	68	5	9	8,5	3,5	1:1	
	24	18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	1:1	
	25	18a	180	74	5,1	9,3	9	3,5	1:1	
	26	20	200	76	5,2	9	9,5	4	1:2	
	27	20a	200	80	5,2	9,7	9,5	4	1:2	
28	22	220	82	5,4	9,5	10	4	1:2		

## 13.2. Завдання до графічної роботи №2 "НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕННІ"

### *Мета:*

1. Вивчення ГОСТів.
2. Нанесення розмірів на деталь типу планка.
3. Нанесення розмірів на деталь типу ролик (чи валик).

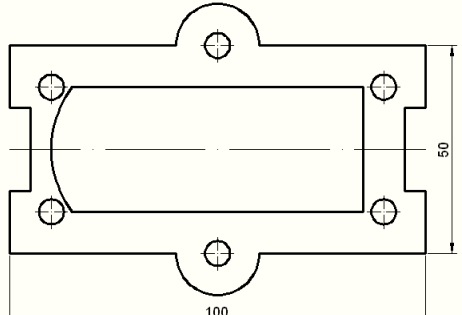
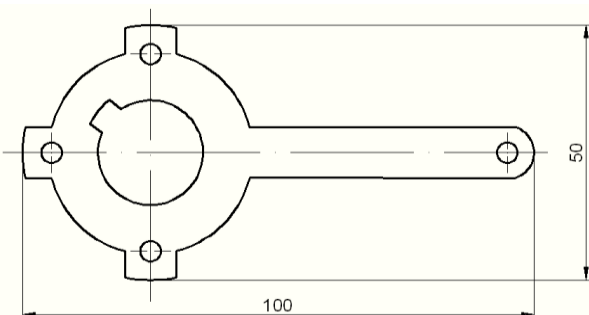
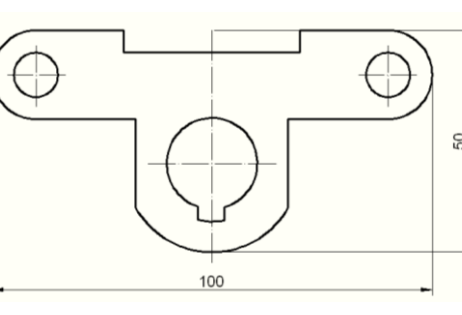
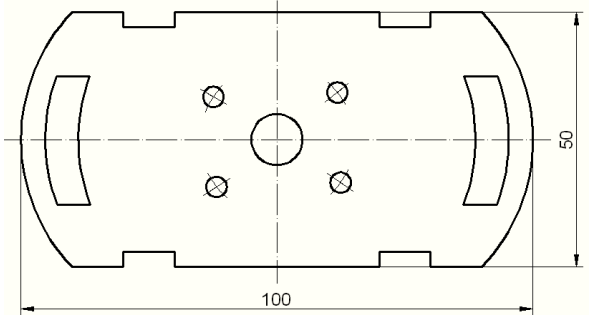
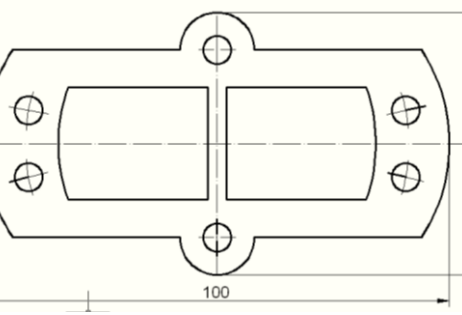
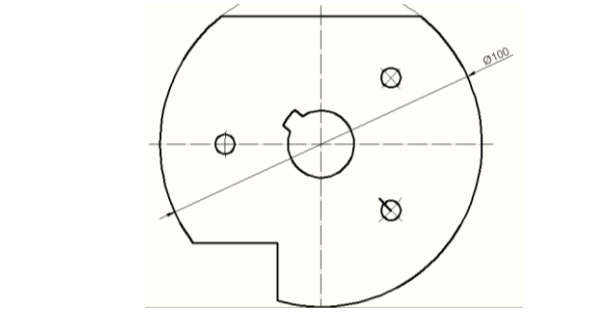
### *Зміст:*

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 12 (рис. 1-28) і таблиці 13 (рис. 1-28).

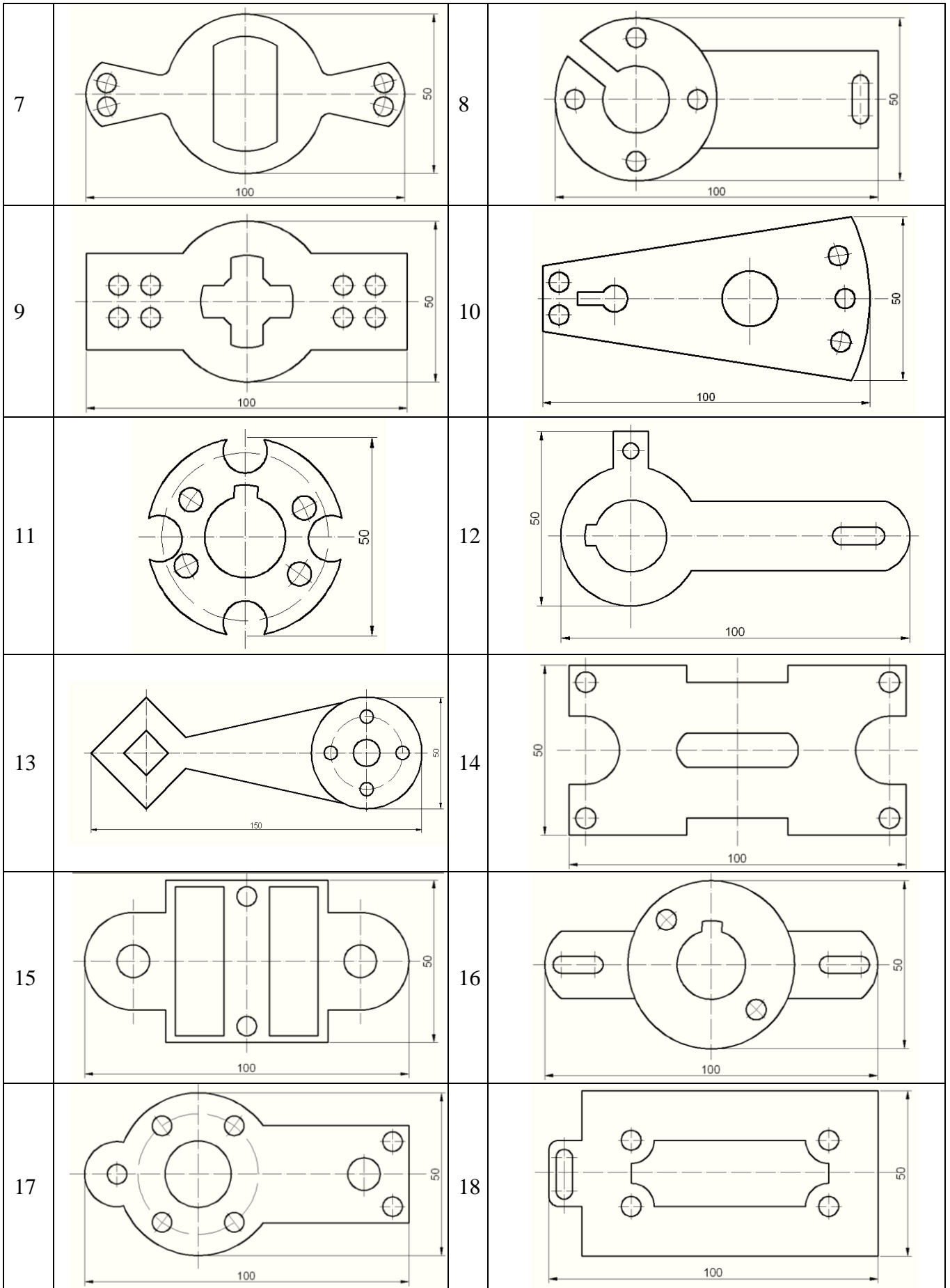
### *Оформлення:*

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

Таблиця 12

1		2	
3		4	
5		6	



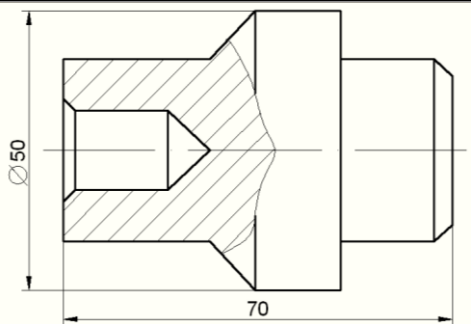
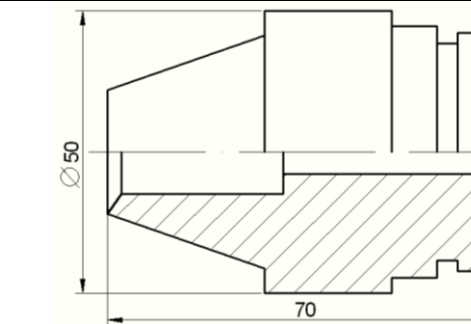
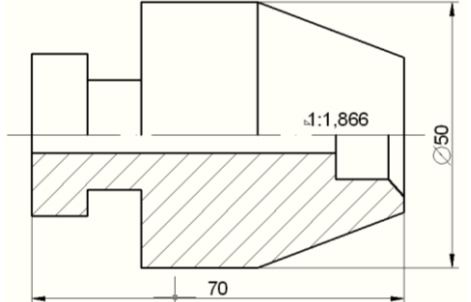
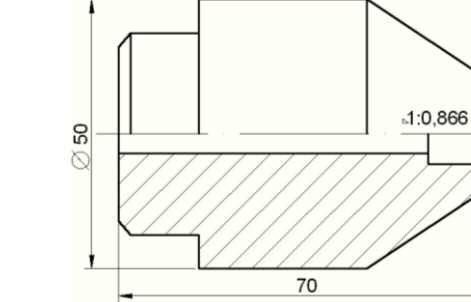
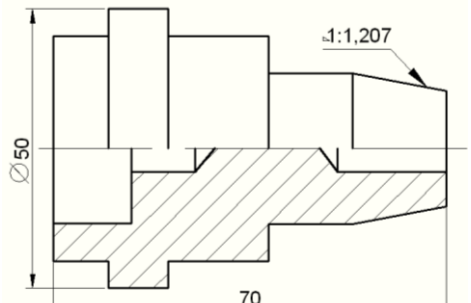
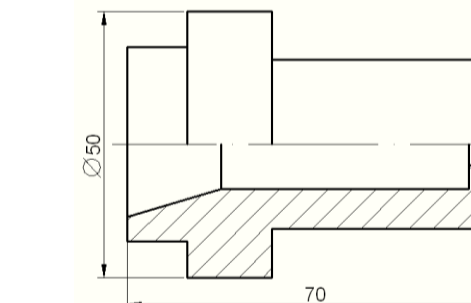
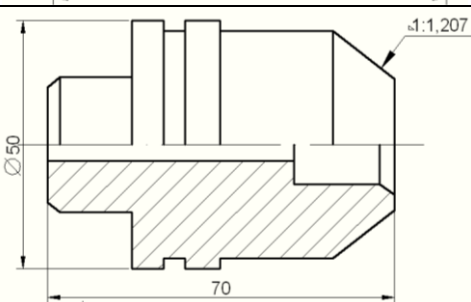
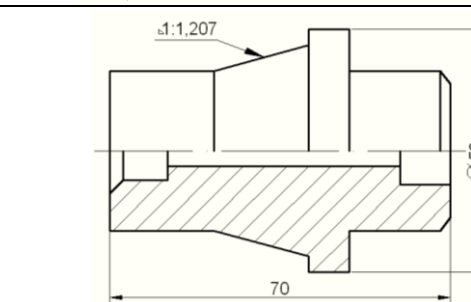


19		20	
21		22	
23		24	
25		26	
27		28	

Таблица 13

1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	

11		12	
13		14	
15		16	
17		18	
19		20	

21		22	
23		24	
25		26	
27		28	

### 13.3. Завдання до графічної роботи №3 "СПРЯЖЕННЯ ТА ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ"

#### *Мета:*

1. Вивчити побудову спряжень.
2. Придбання навичок у побудові лекальних кривих і користуванні лекалом.

#### *Зміст:*

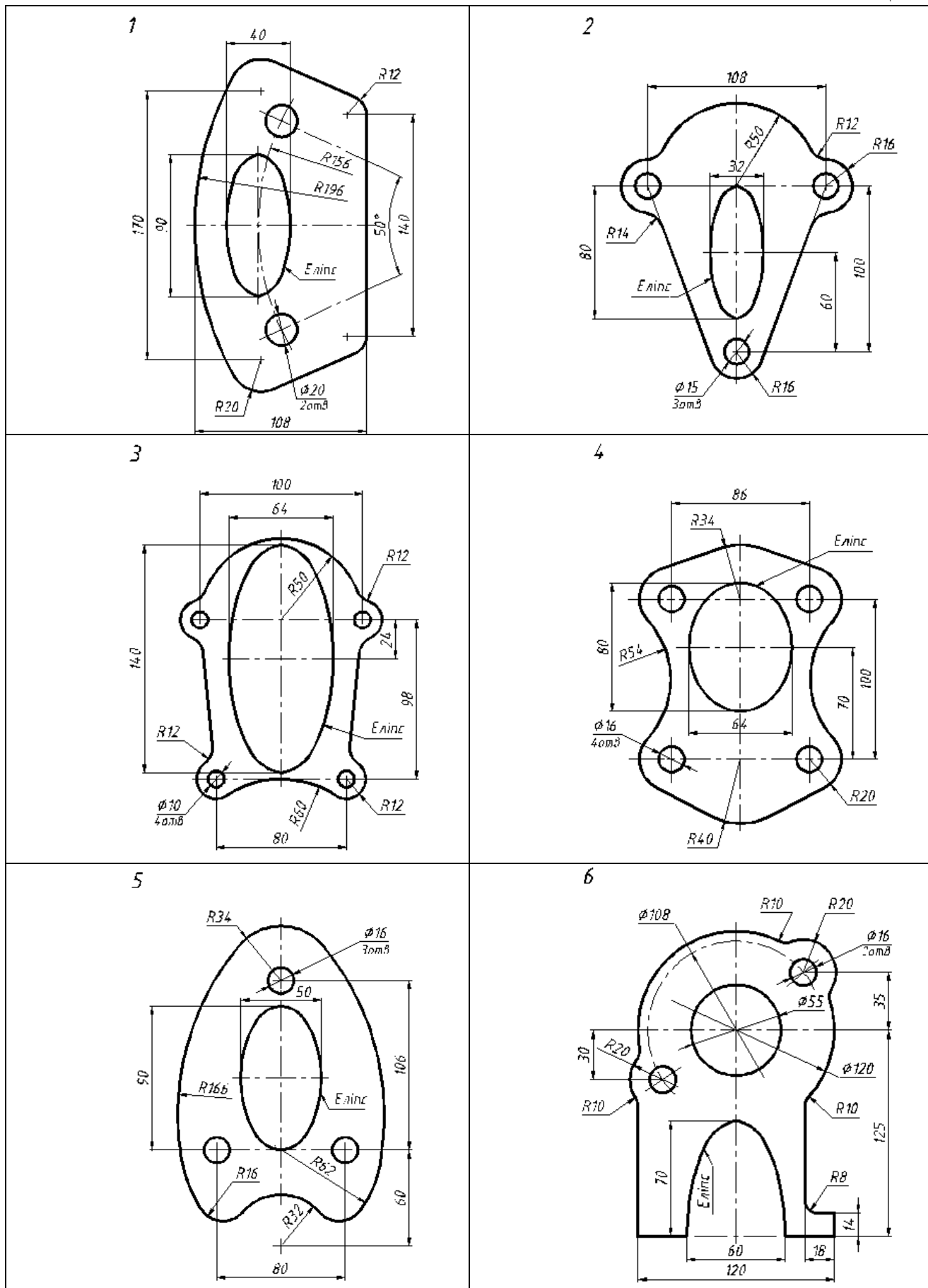
1. Виконати побудову лекальної кривої, узявши дані з таблиці 14.
2. Виконати індивідуальне завдання на спряження, дане в таблиці

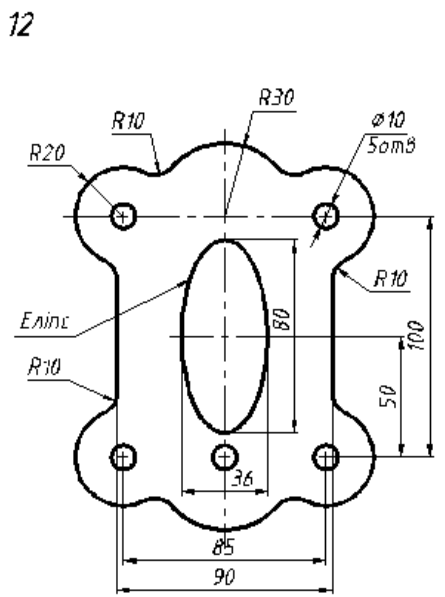
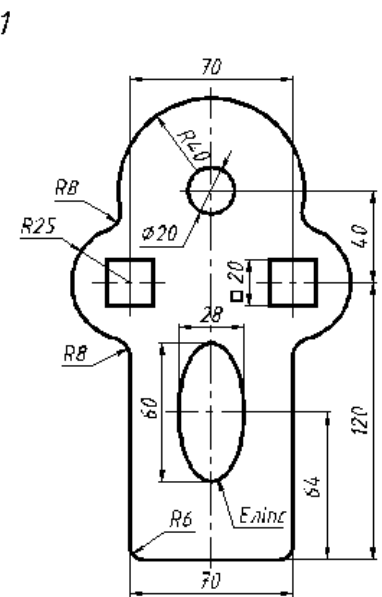
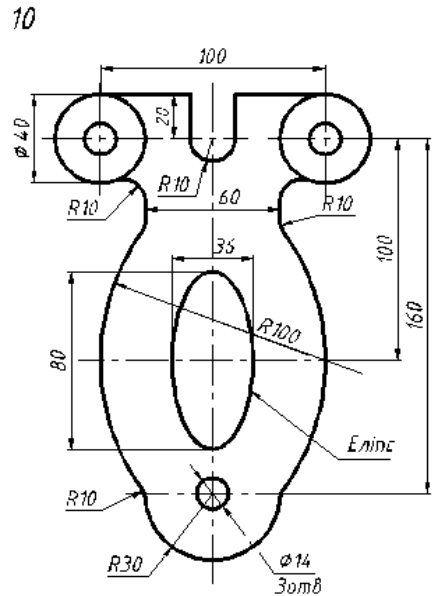
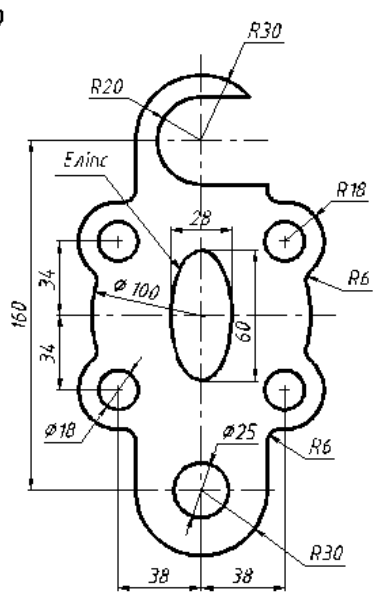
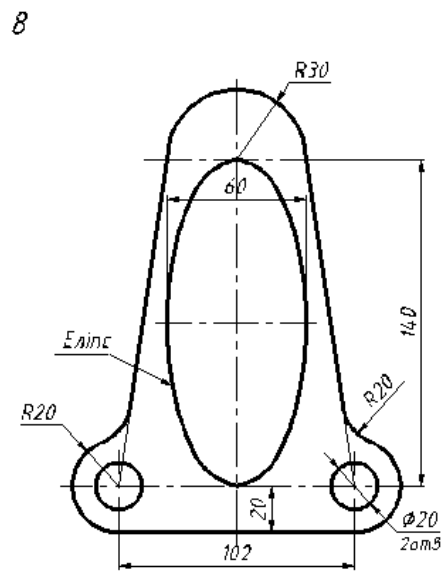
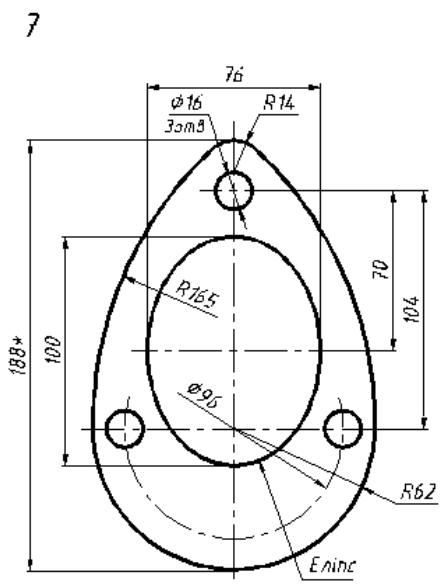
#### *Оформлення:*

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

Таблиця 14

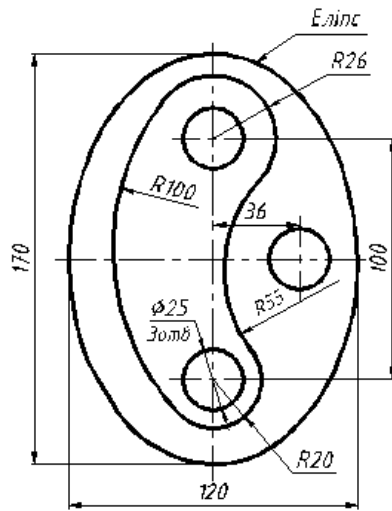
Варіант	Найменування кривої	Розміри в міліметрах	Зразок побудови
1 2 3	Еліпс	АБ=160; СД=120 АБ=180; СД=100 АБ=120; СД=180	Рис. 141
4 5 6	Циклоїда	R=25 R=30 R=35	Рис. 147
7 8 9	Епіциклоїда	R=60; r=20 R=70; r=25 R=75; r=30	Рис. 148
10 11 12	Гіпоциклоїда	R=40; r=120 R=20; r=120 R=30; r=120	-
13 14 15	Евольвента	d=46 d=50 d=40	Рис. 145
16 17 18	Спіраль Архімеда	d=150 d=170 d=160	Рис. 146
19 20 21	Синусоїда	d=46 d=50 d=60	Рис. 144
22 23 24	Гіпербола	АА <sub>1</sub> =80; 90° АА <sub>1</sub> =70; 90° АА <sub>1</sub> =60; 90°	Рис. 143
25 26 27 28	Парабола	ОВ=120; ВК=190 ОВ=130; ВК=210 ОВ=140; ВК=200 ОВ=120; ВК=210	Рис. 142



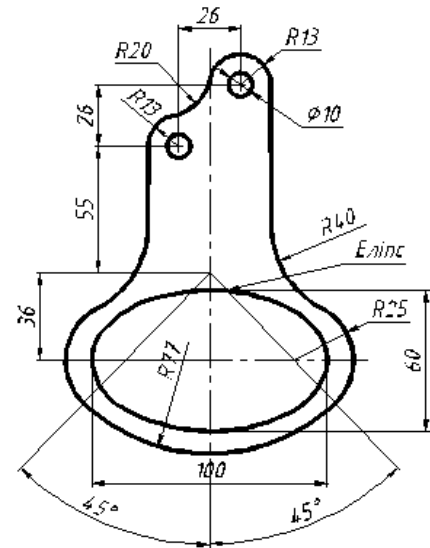




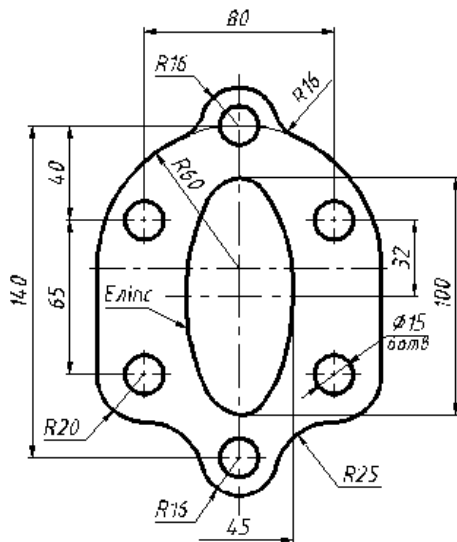
13



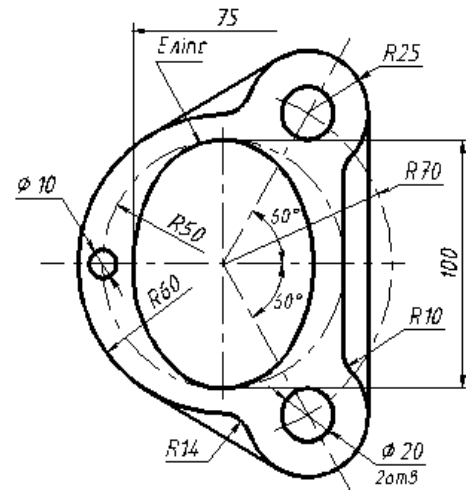
14



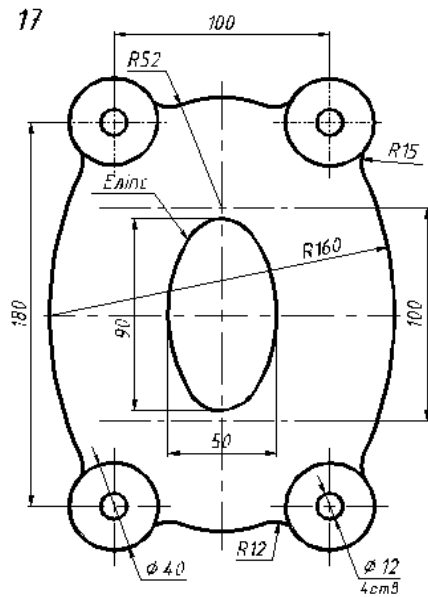
15



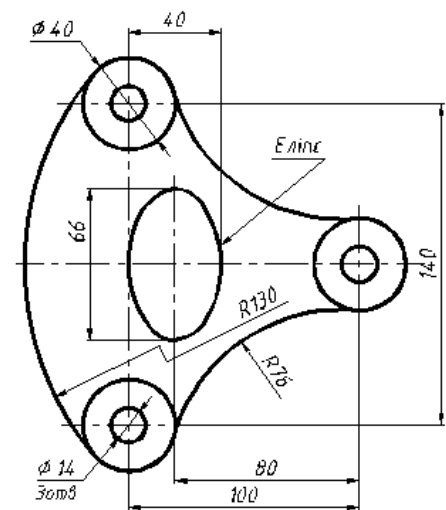
16



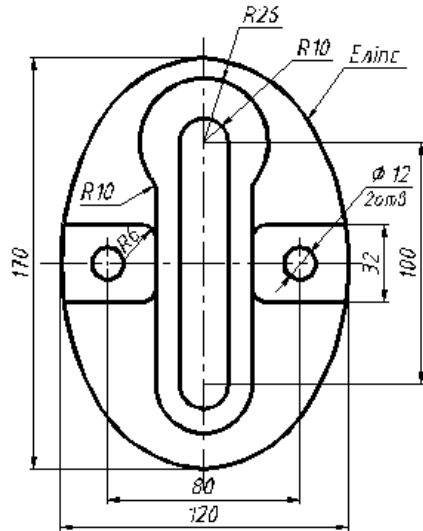
17



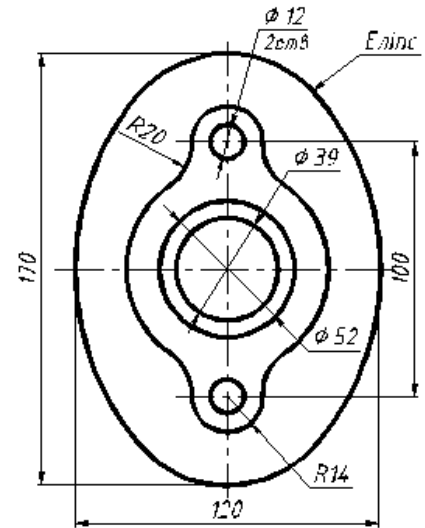
18



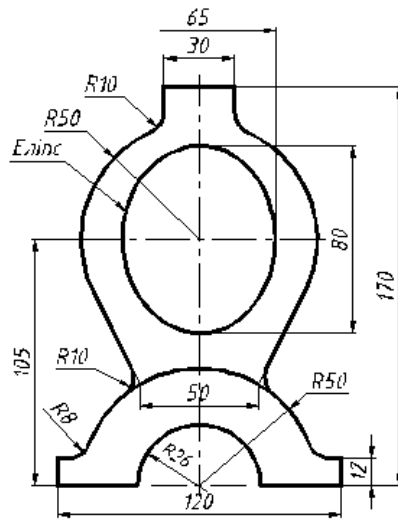
19



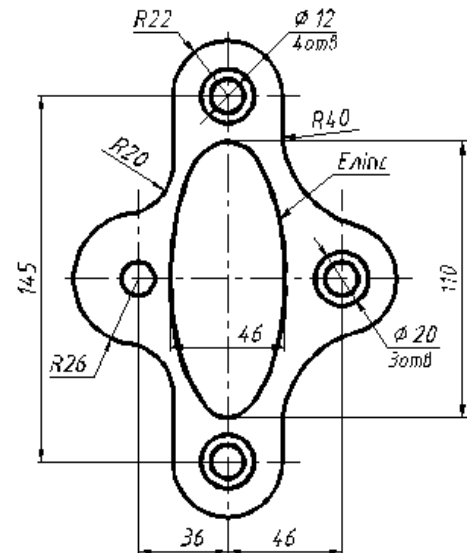
20



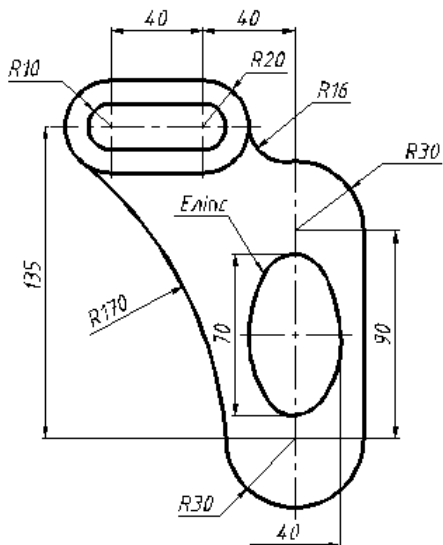
21



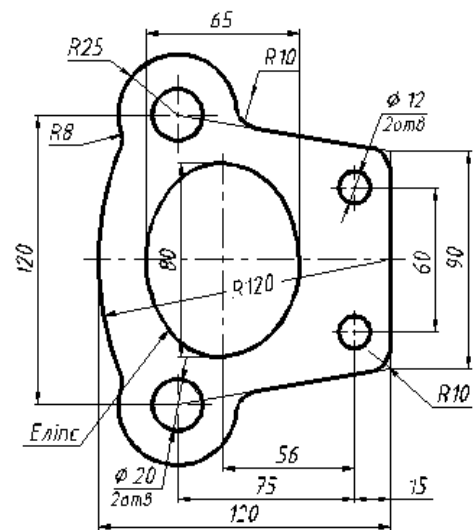
22

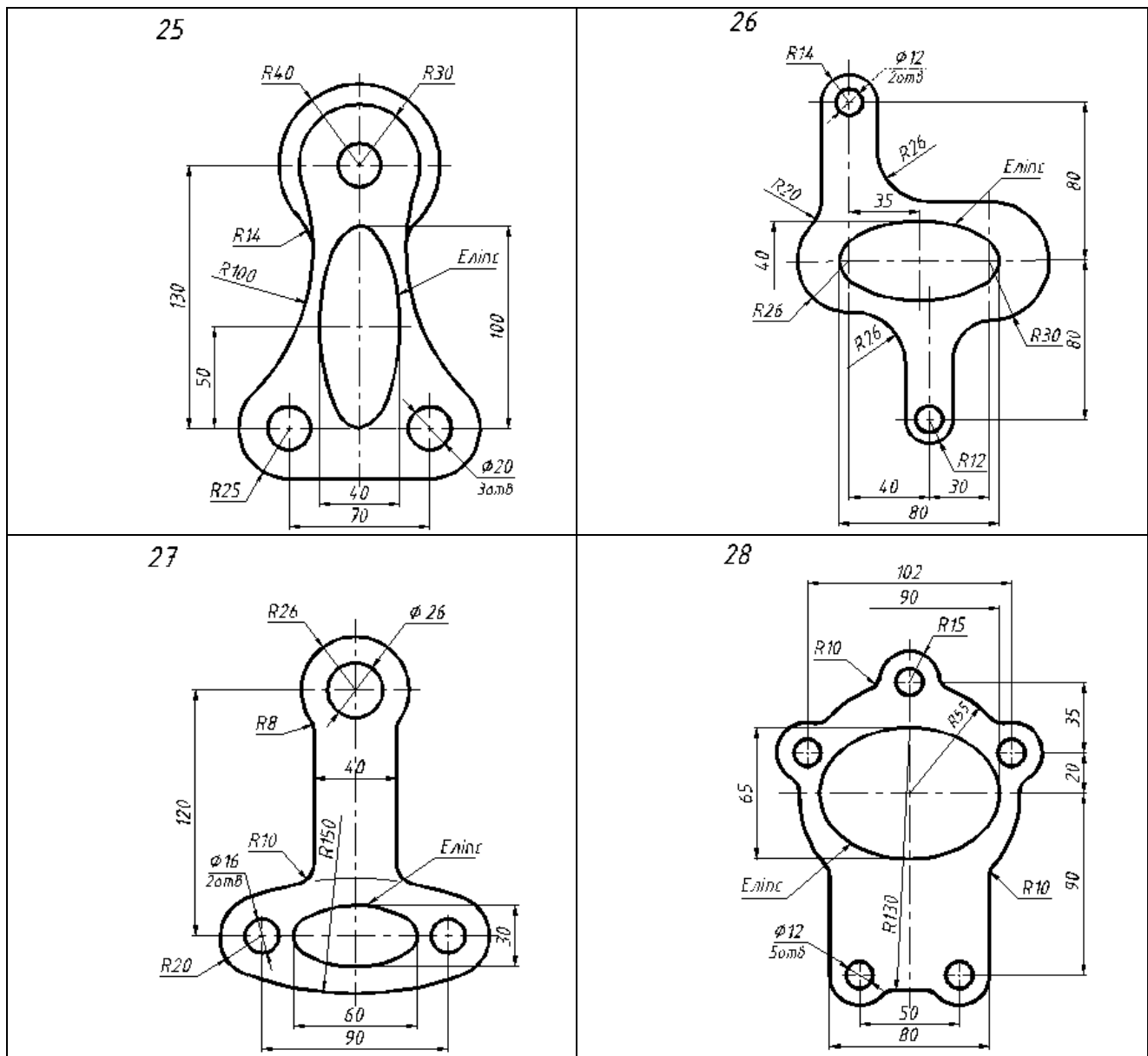


23



24





### 13.4. Завдання до графічної роботи №4 "ВИДИ"

#### Мета:

1. Вивчити побудову видів.
2. Придбання навичок у побудові проєкцій.

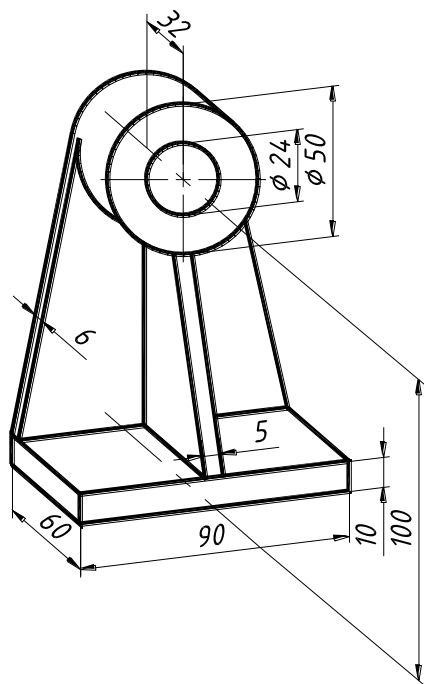
#### Зміст:

1. Побудувати комплексне креслення геометричного тіла (моделі), яке зображене в аксонометричній проєкції (Табл. 16), у 3-х проєкціях – вигляд спереду, вигляд зверху, вигляд зліва.

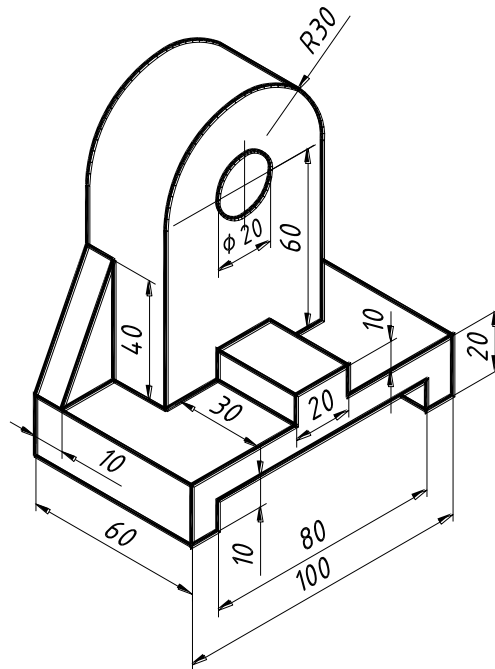
#### Оформлення:

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

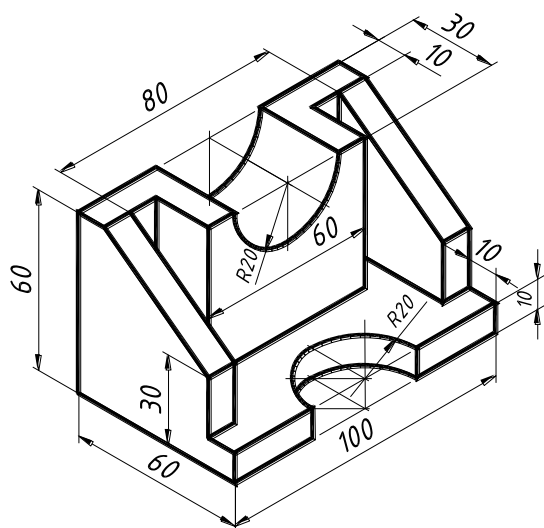
1



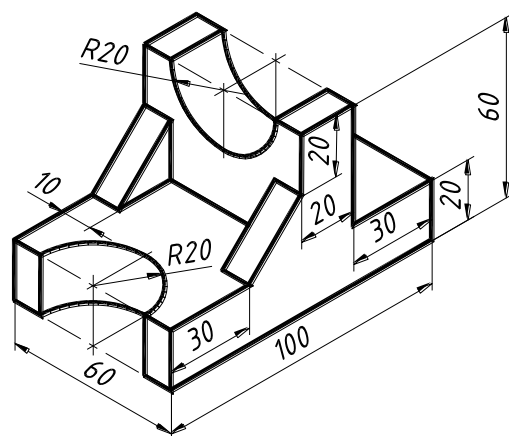
2



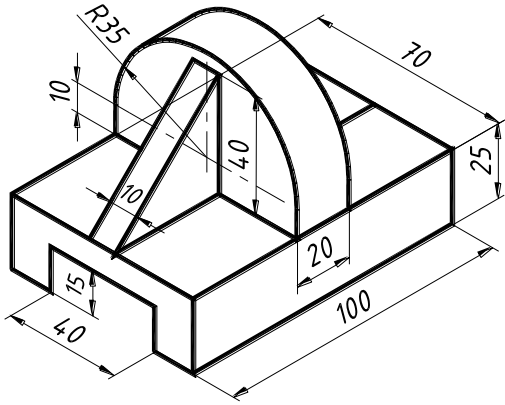
3



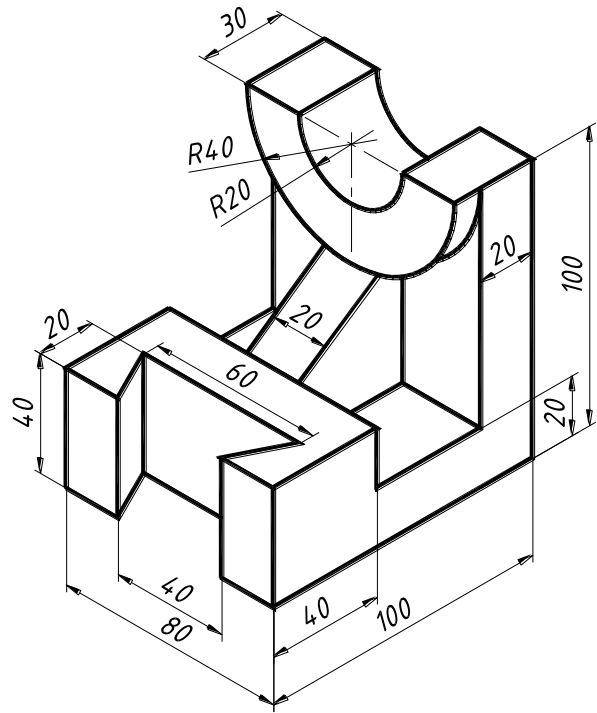
4



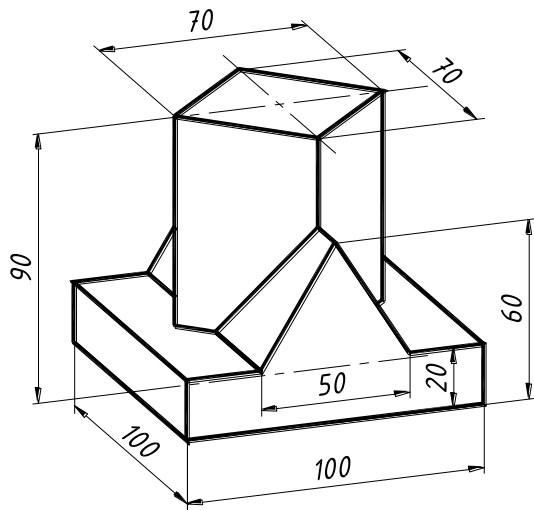
5



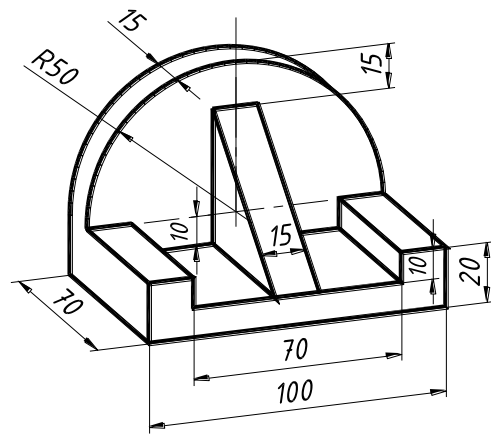
6



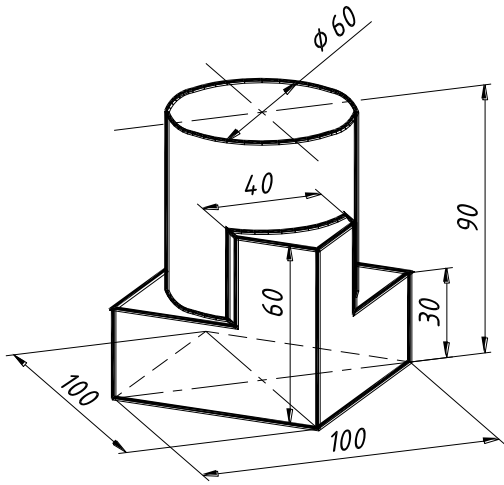
7



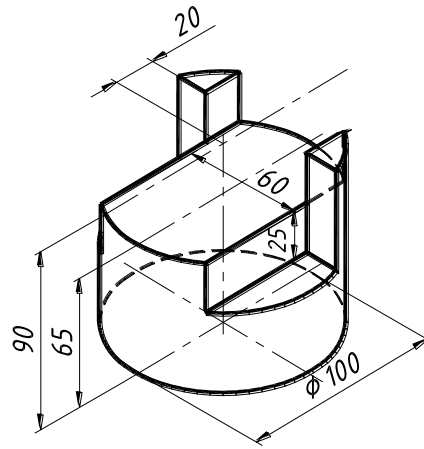
8



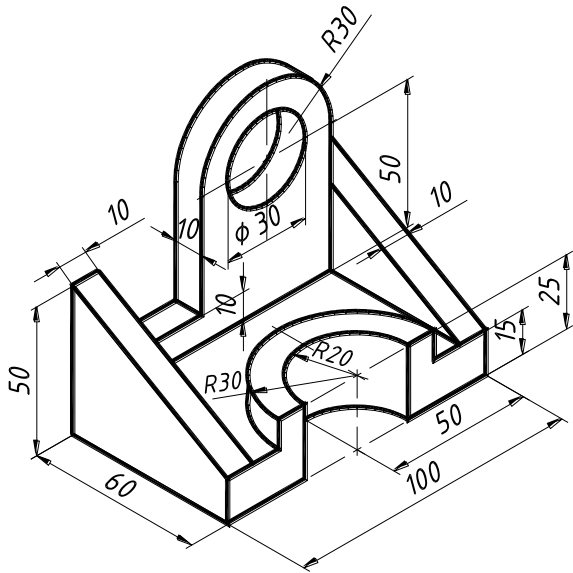
9



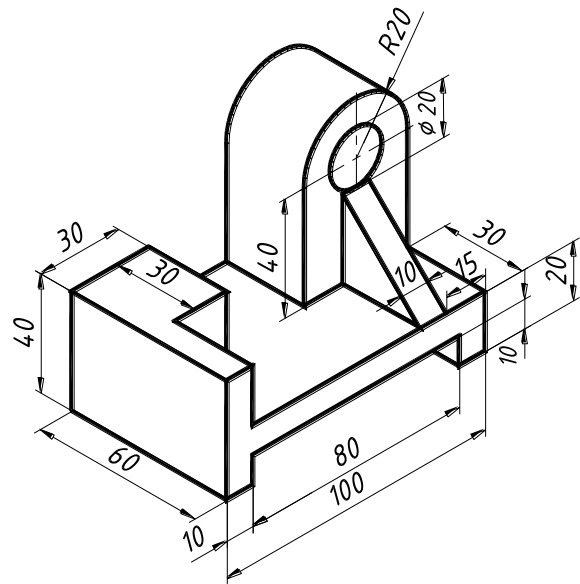
10



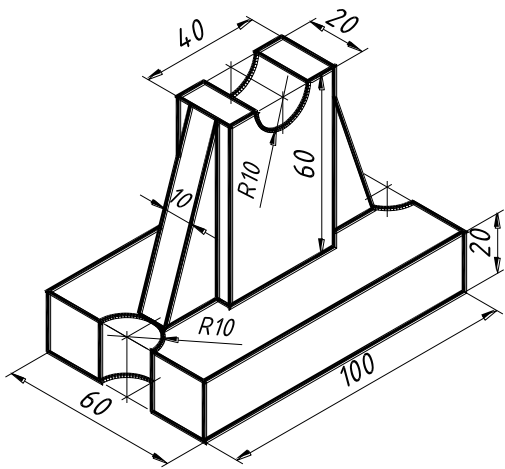
11



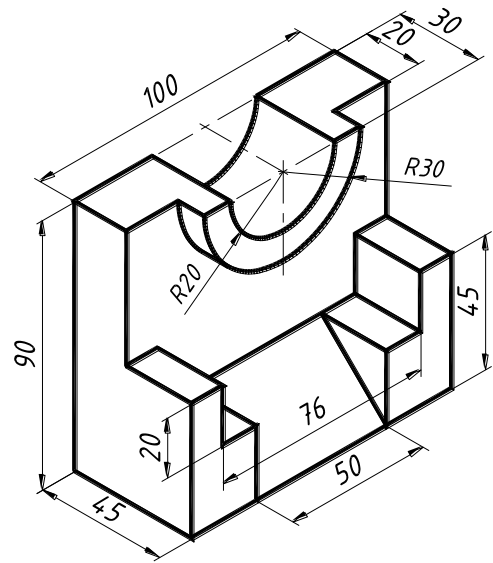
12



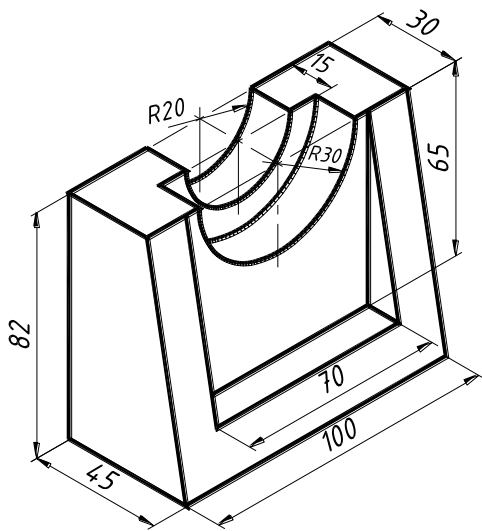
13



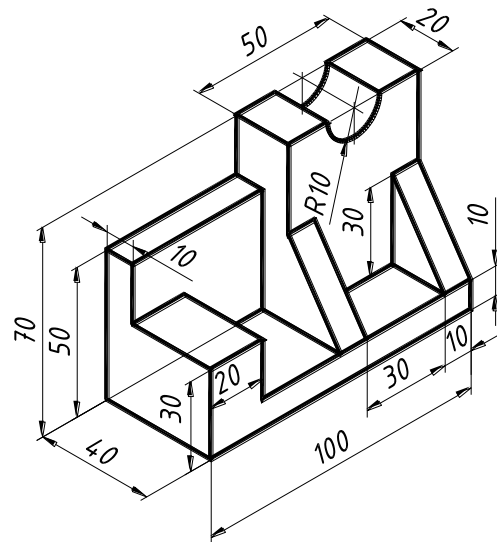
14



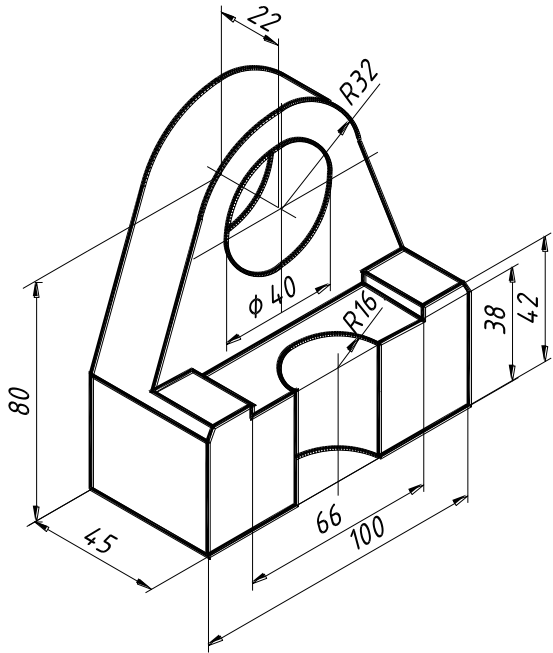
15



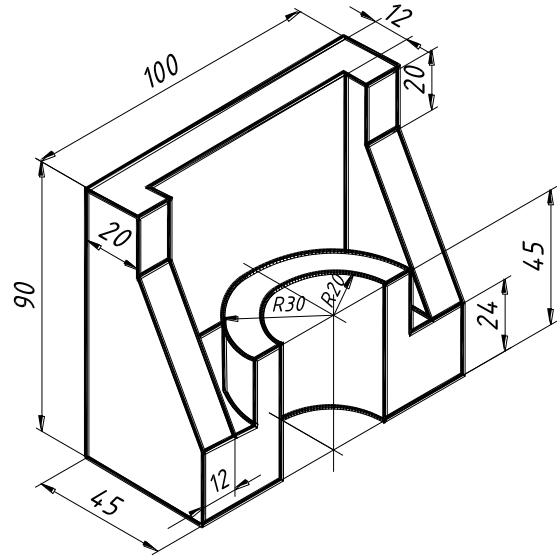
16



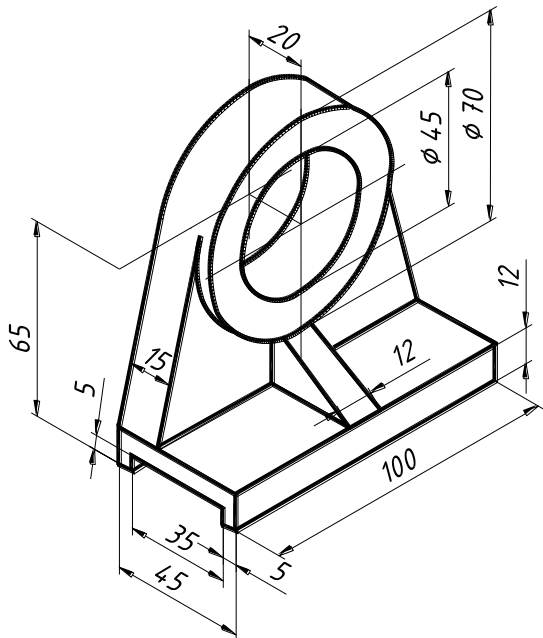
17



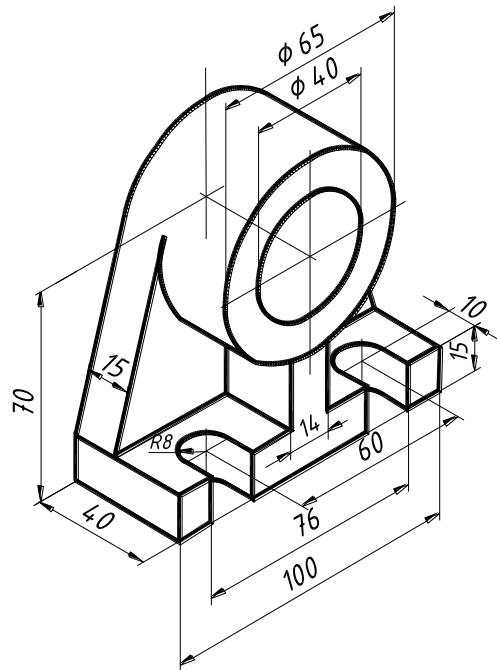
18



19

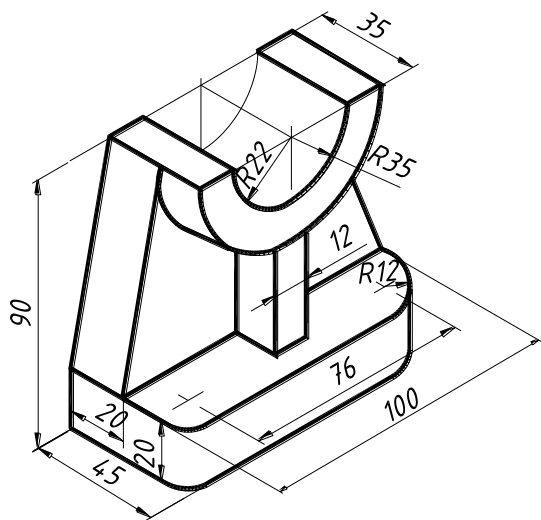


20

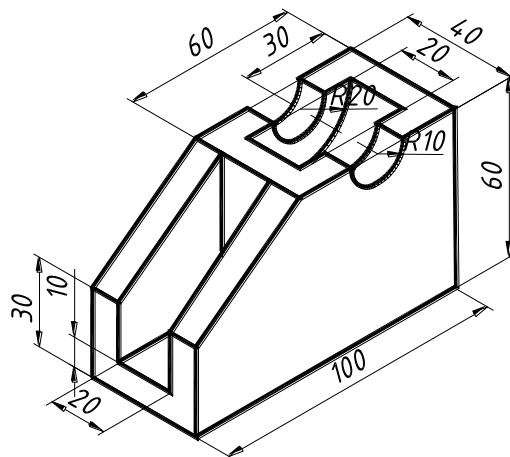




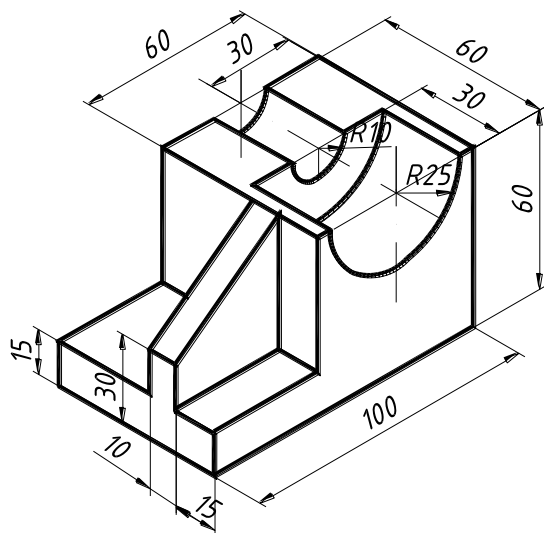
21



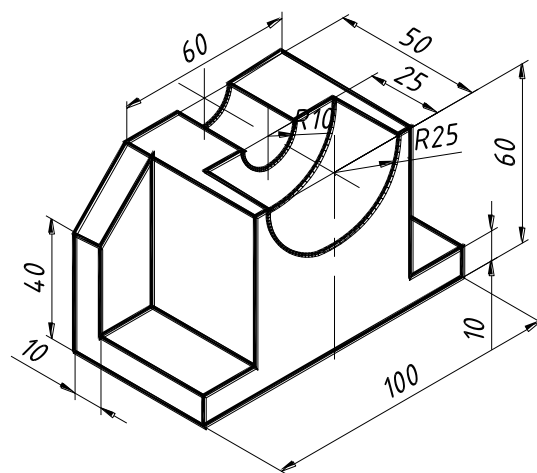
22



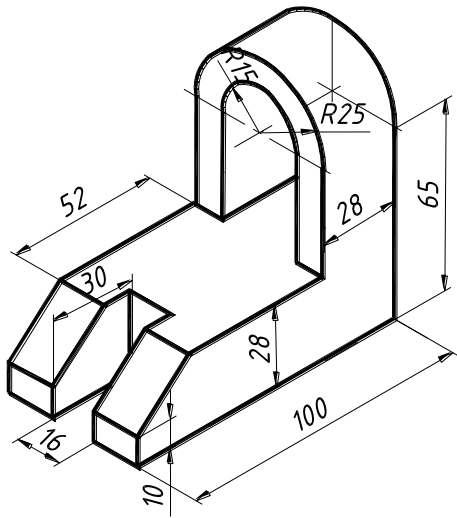
23



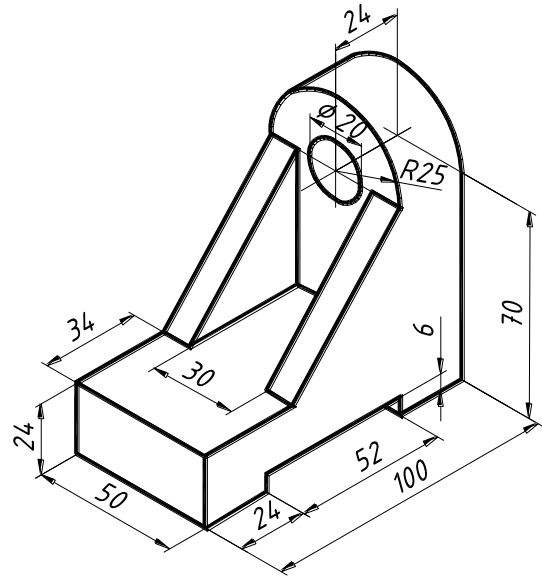
24



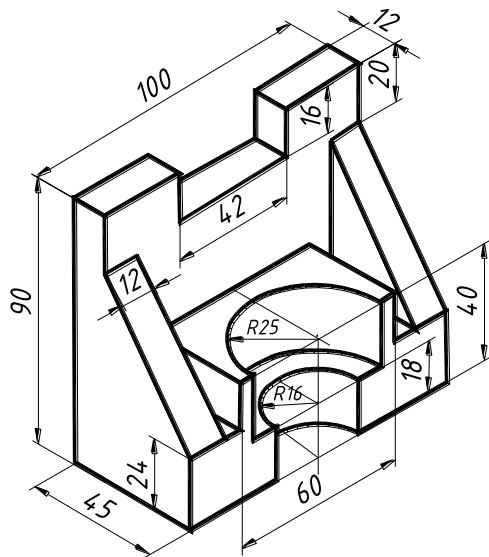
25



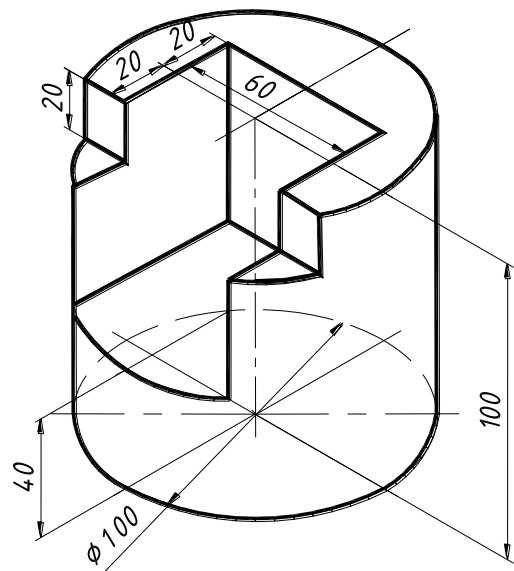
26



27



28



### **13.5. Завдання до графічної роботи №5 " ПРОСТІ РОЗРІЗИ"**

#### ***Мета:***

1. Вивчити побудову простих розрізів.
2. Придбання навичок у побудові простих розрізів.

#### ***Зміст:***

1. Побудувати третю проекцію деталі за двома даними, виконати необхідні прості розрізи.

Варіанти завдання див. в Таблиці 17.

#### ***Оформлення:***

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

### **13.6. Завдання до графічної роботи №6 "СКЛАДНІ РОЗРІЗИ"**

#### ***Мета:***

1. Вивчити побудову складних розрізів.
2. Придбання навичок у побудові ламаних та ступінчастих розрізів.

#### ***Зміст:***

1. Побудувати третю проекцію деталі за двома даними, для зображення внутрішньої конфігурації деталі виконати ламаний розріз, позначений на кресленні січними площинами, на місці одного з видів, нанести розміри.

Варіанти завдання див. в Таблиці 18.

2. Побудувати третю проекцію деталі за двома даними, для зображення внутрішнього контуру деталі виконати ступінчастий розріз, при цьому за обраним положенню січних площин ступінчастий розріз виконати на місці одного з видів. Нанести розміри.

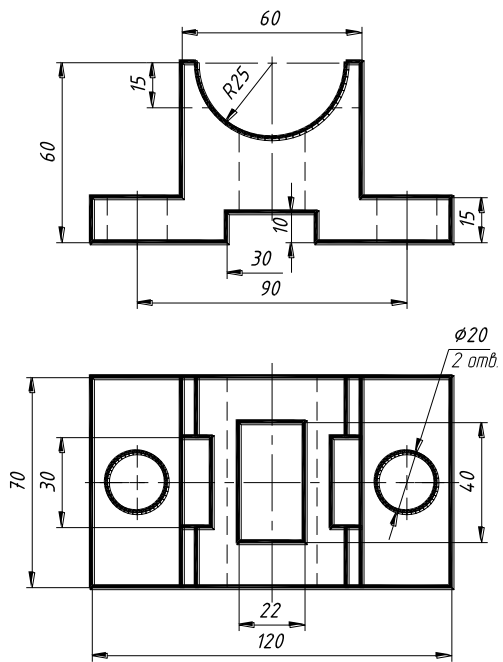
Варіанти завдання див. в Таблиці 19.

#### ***Оформлення:***

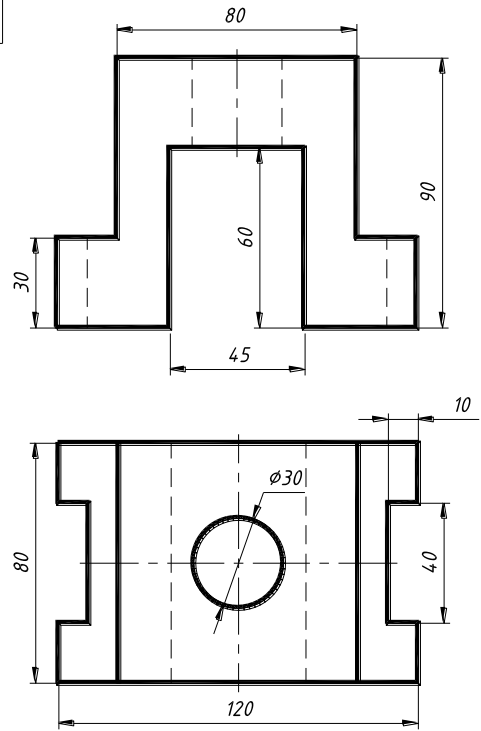
Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>

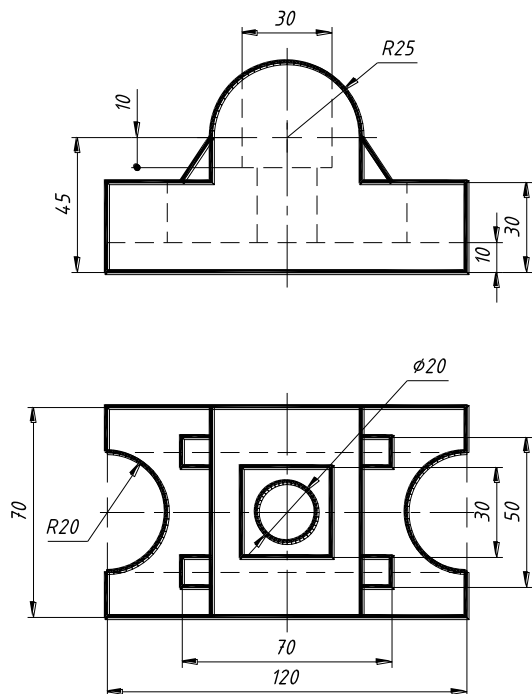
5



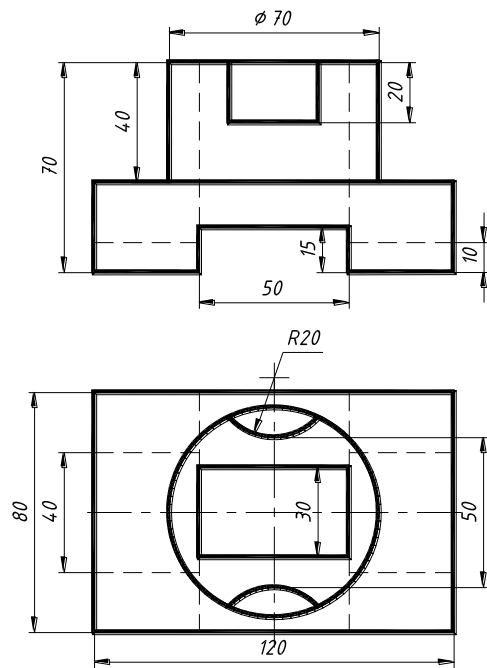
6



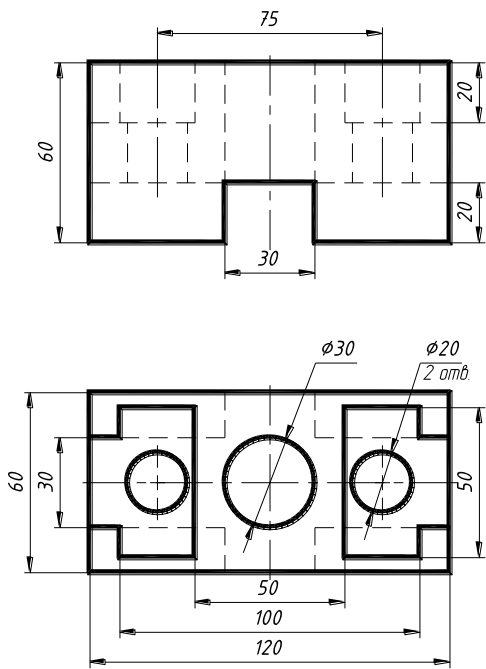
7



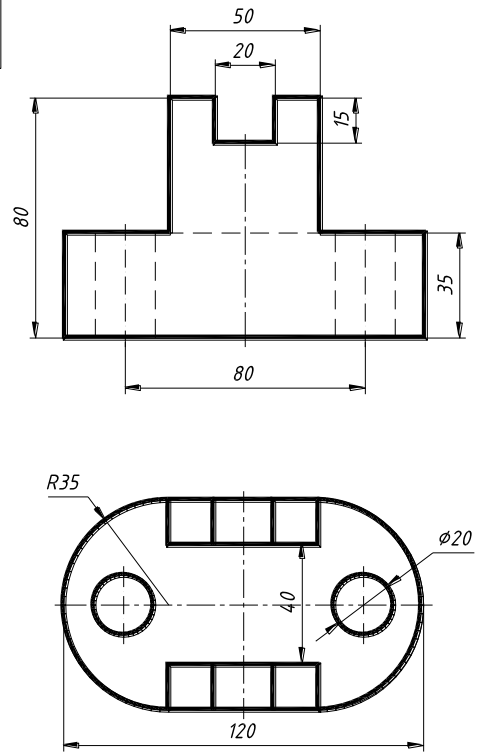
8



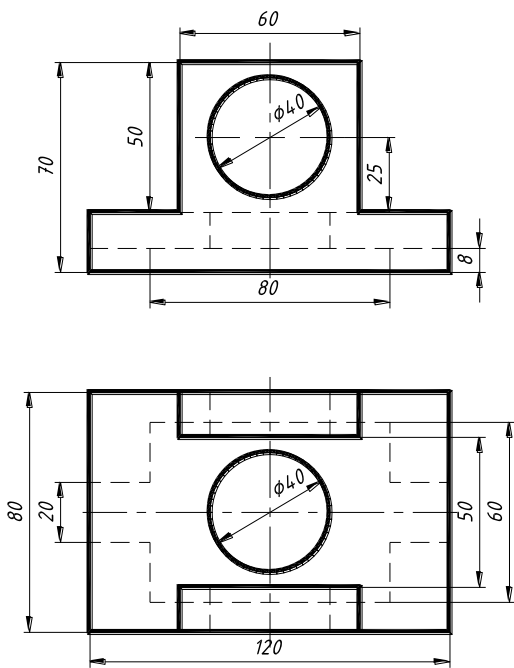
9



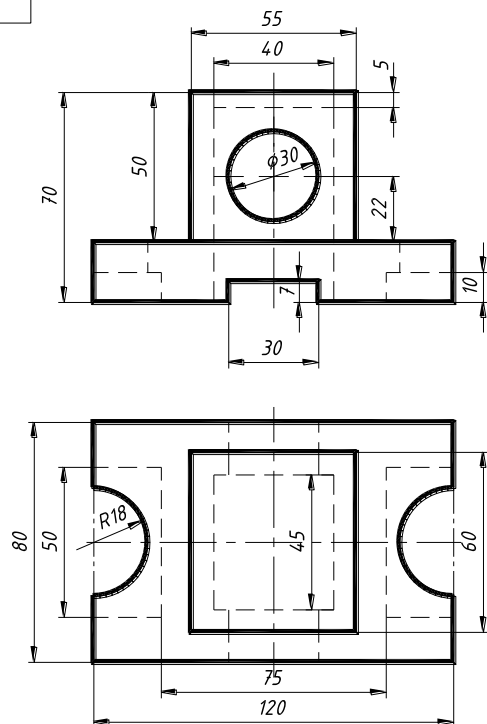
10



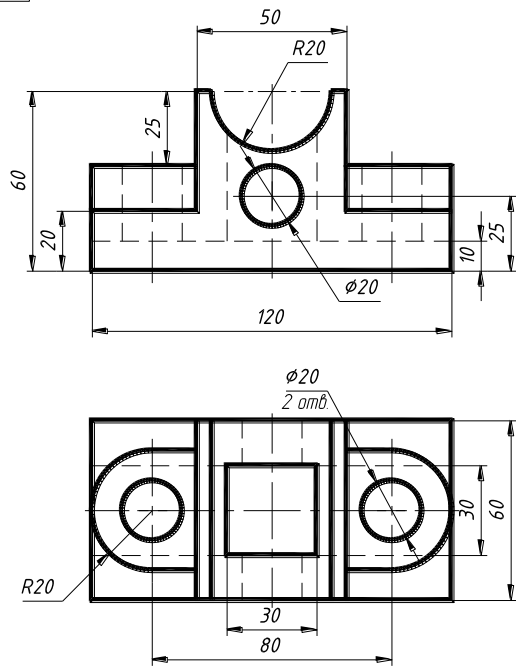
11



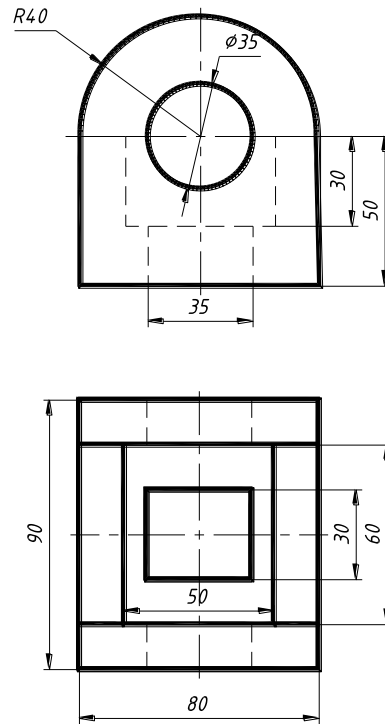
12



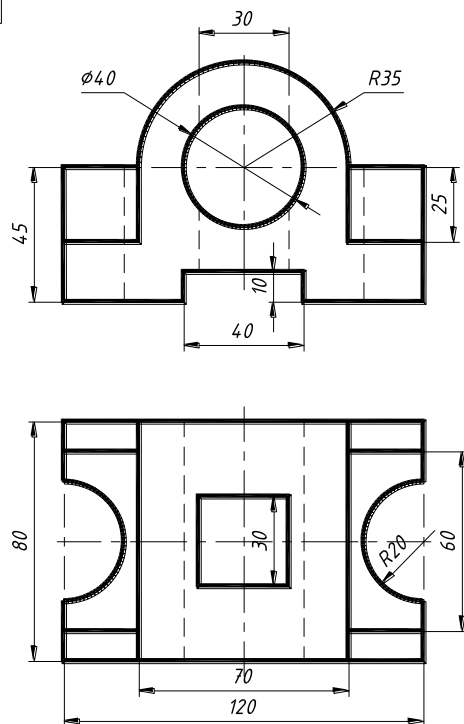
13



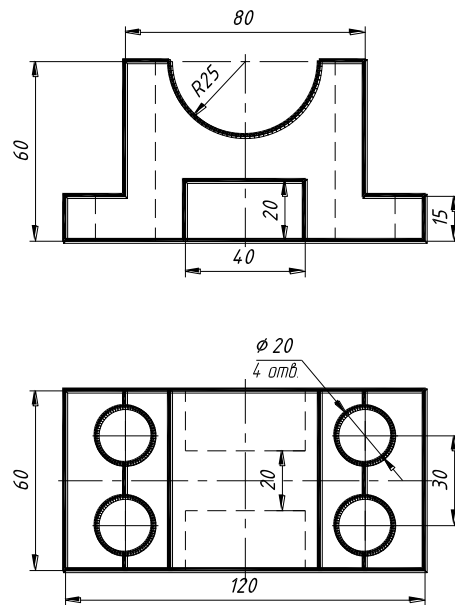
14



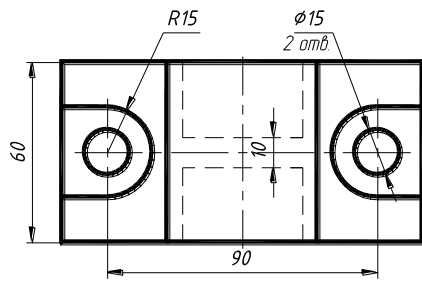
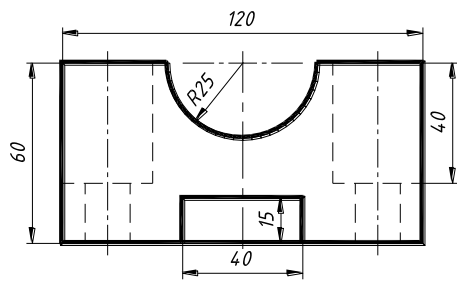
15



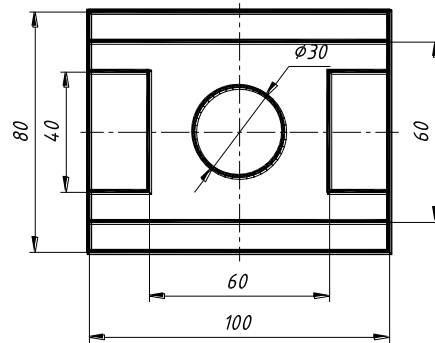
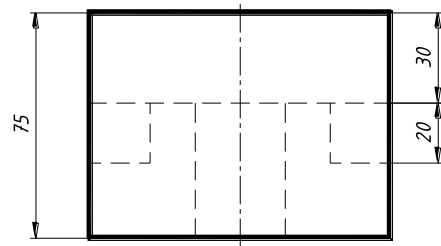
16



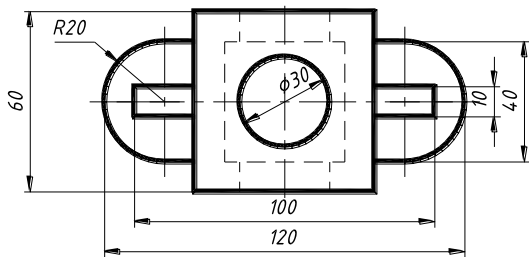
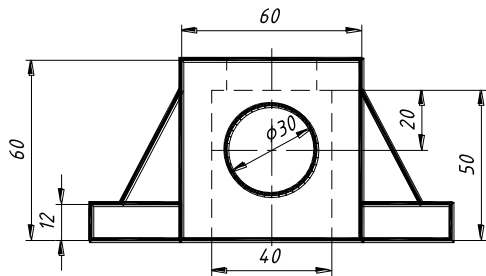
17



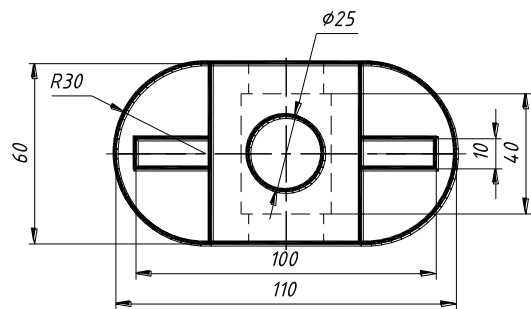
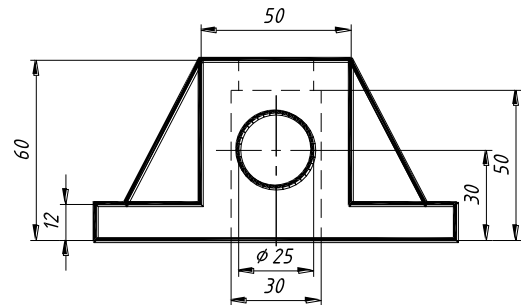
18



19

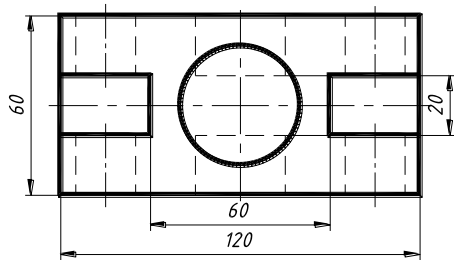
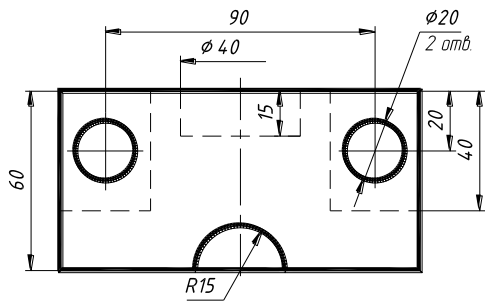


20

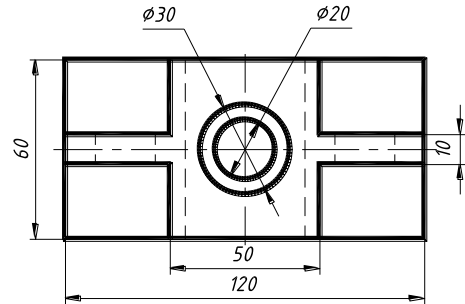
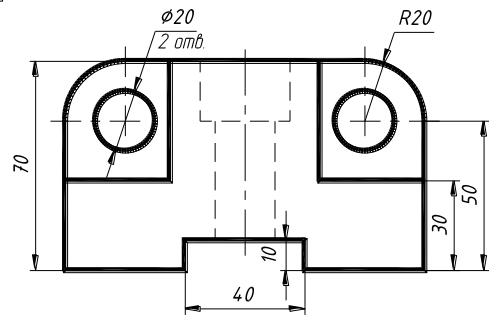




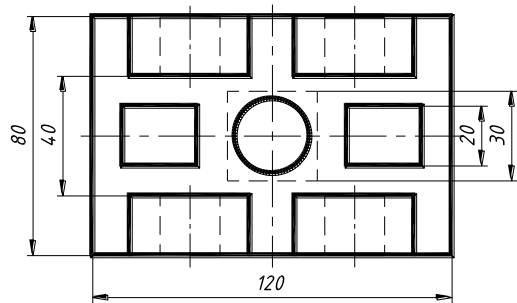
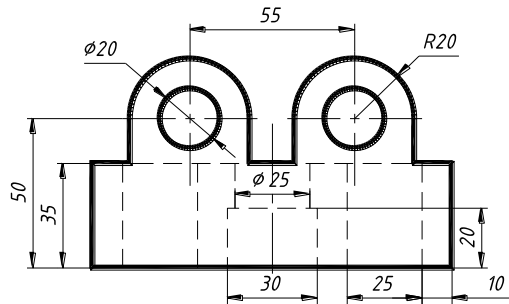
21



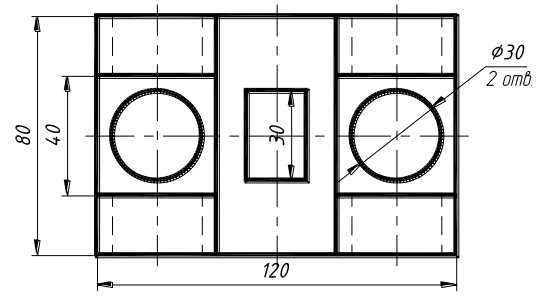
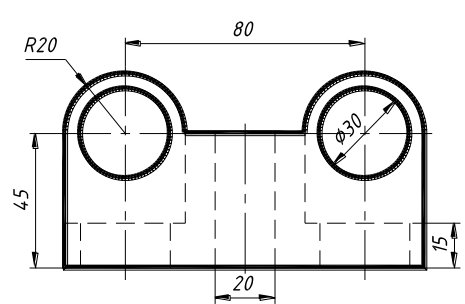
22



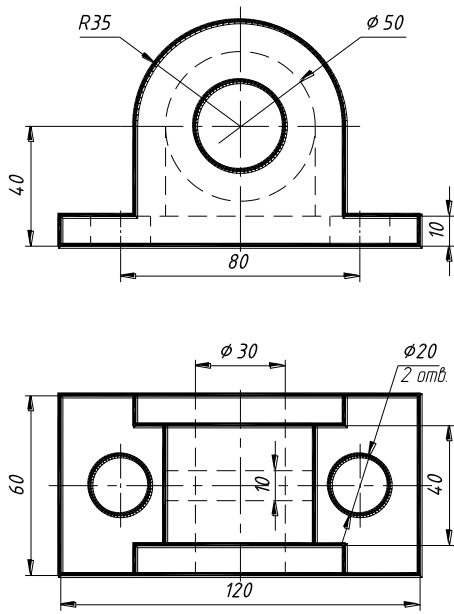
23



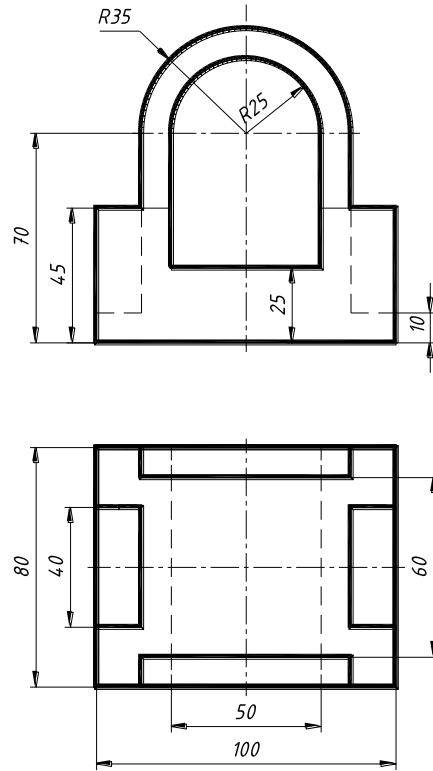
24



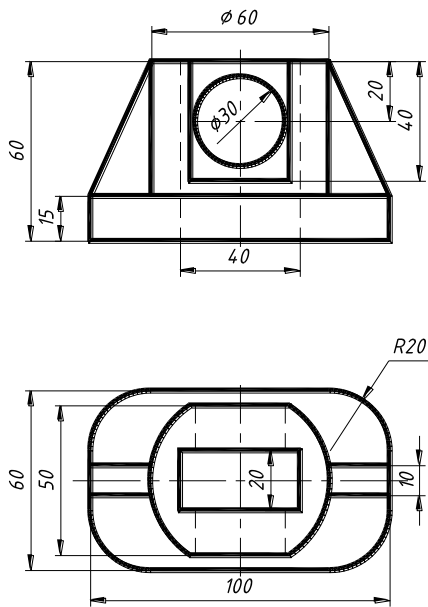
25



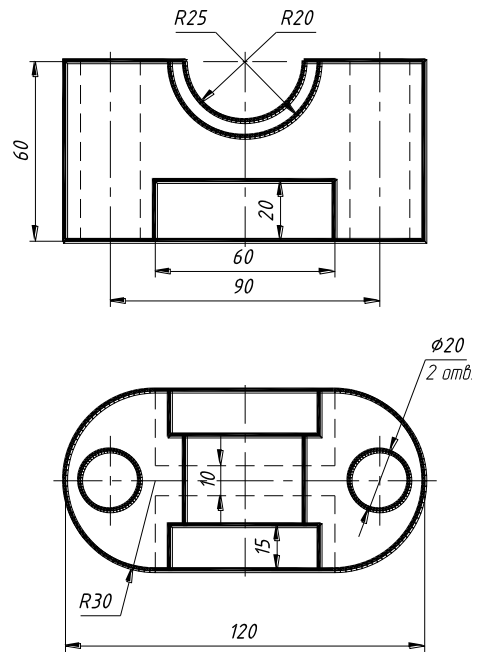
26

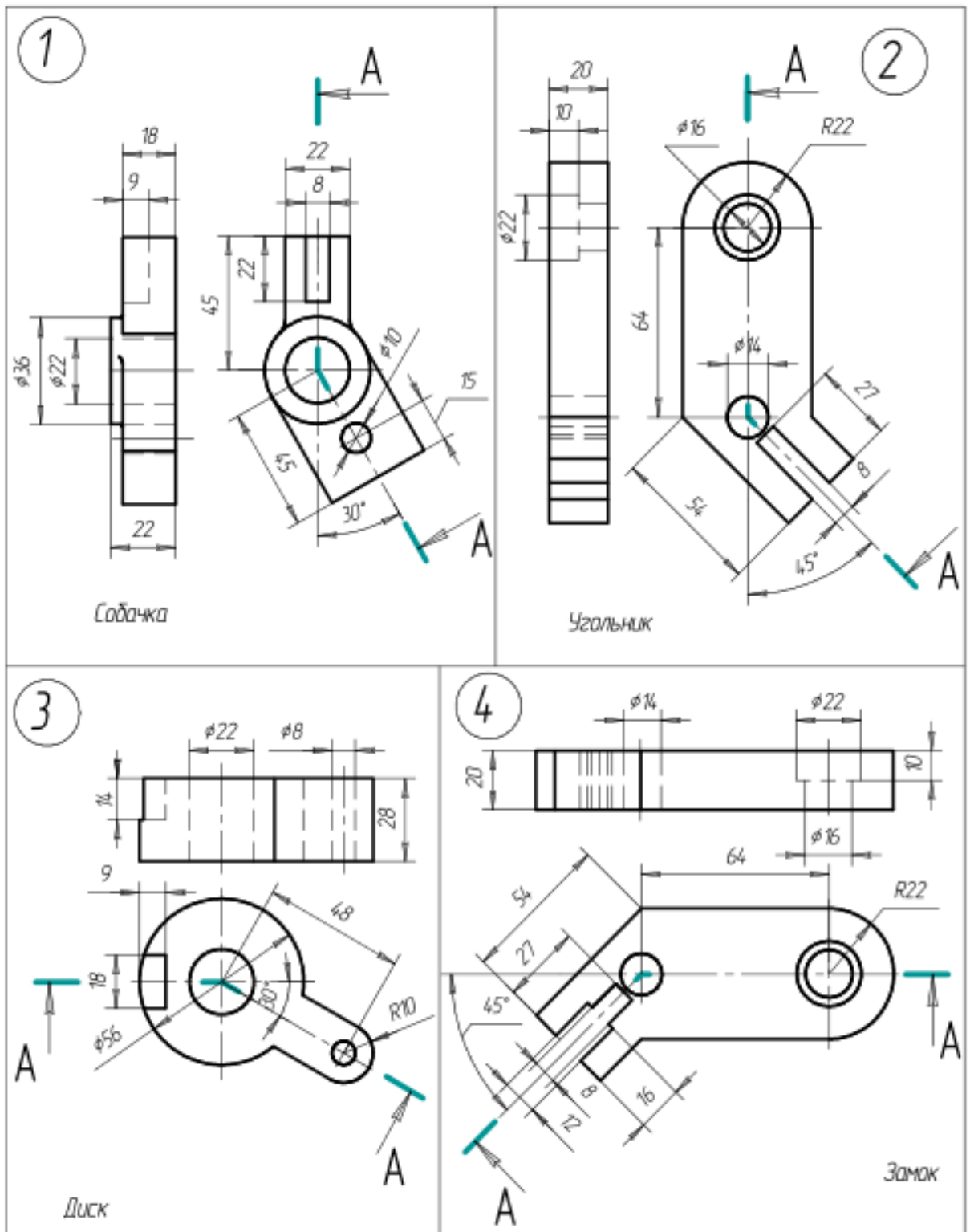


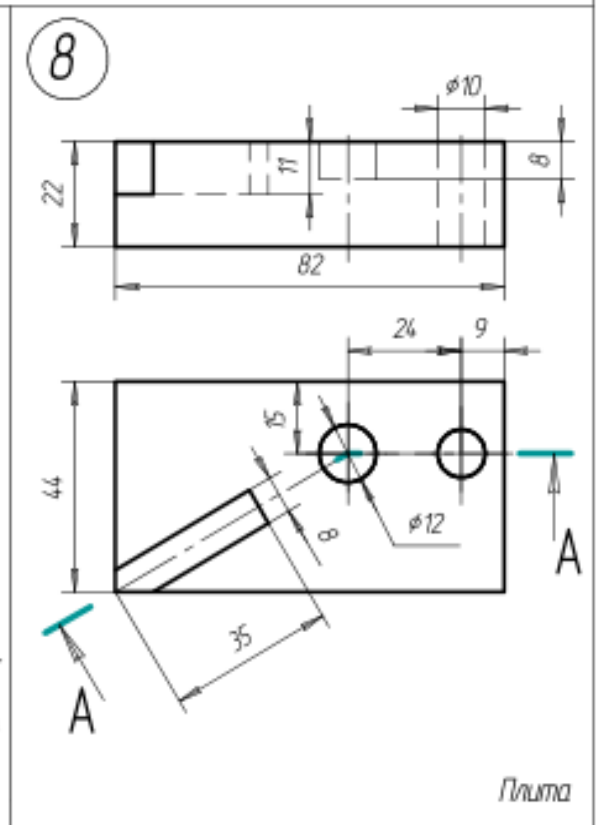
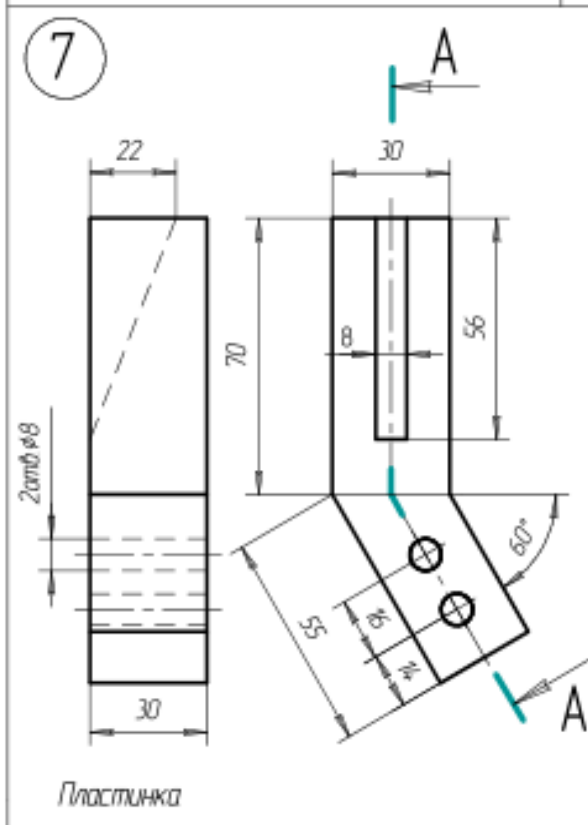
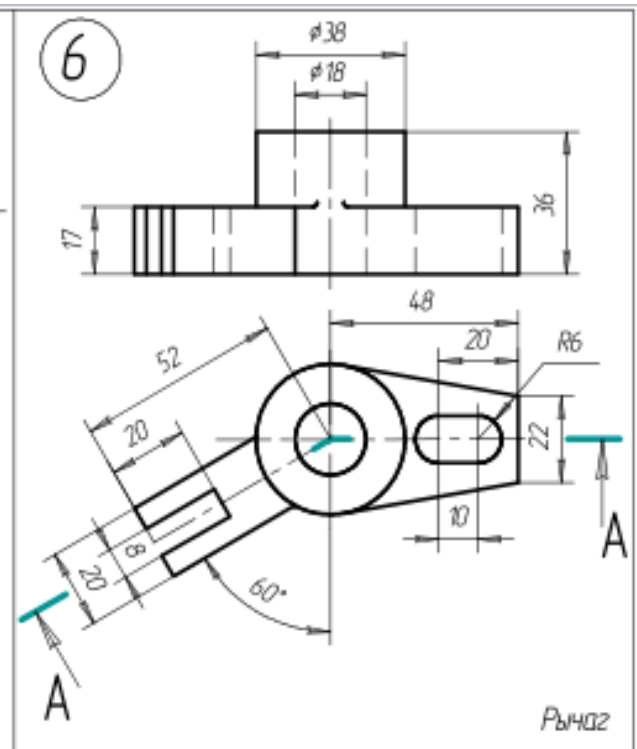
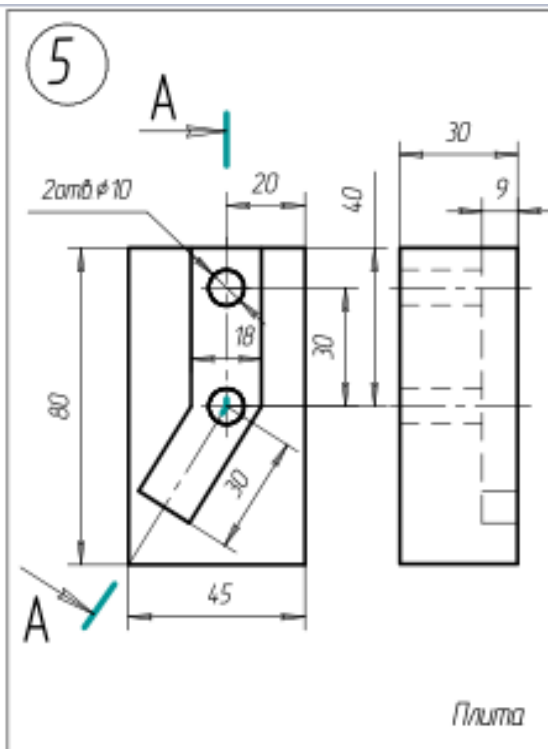
27

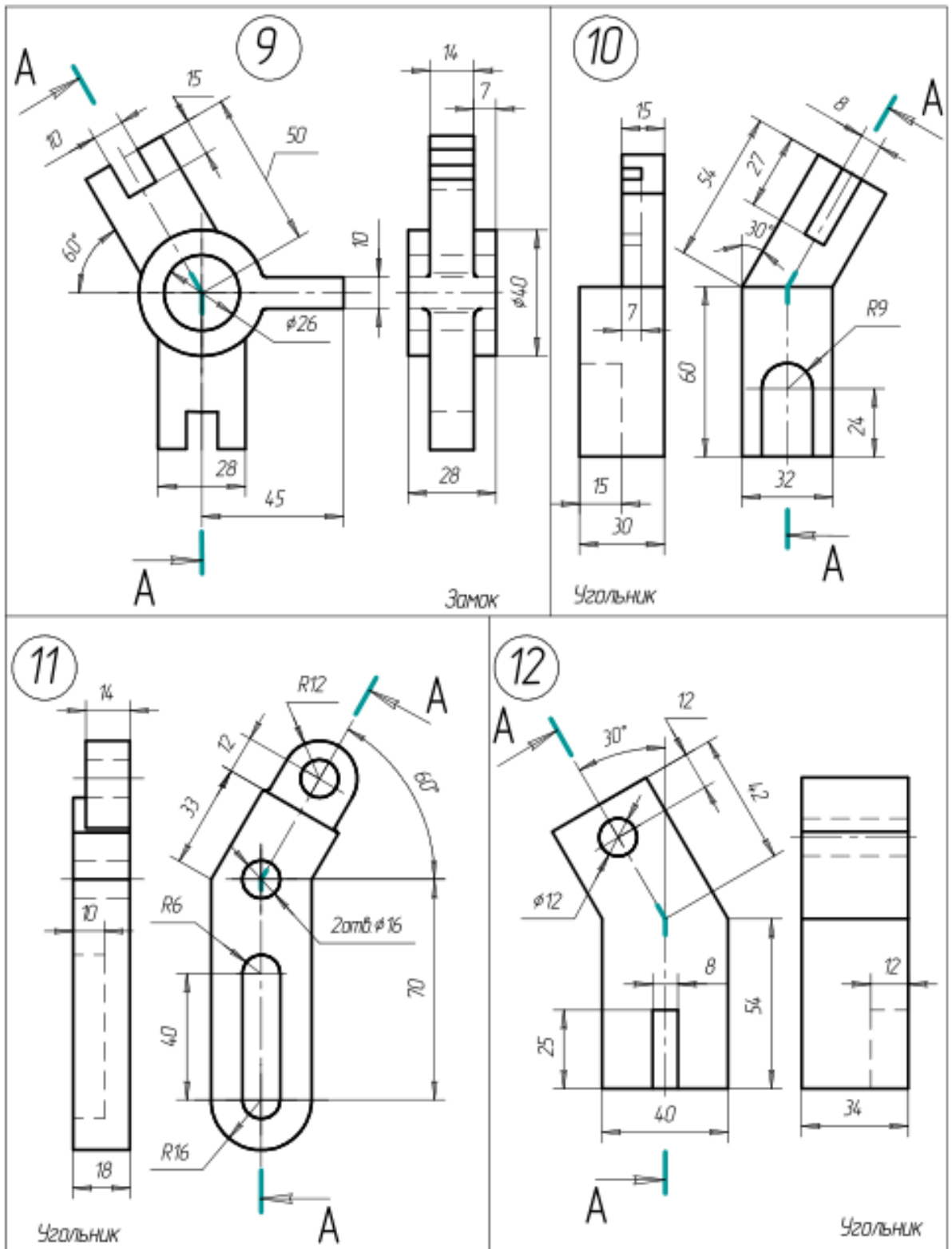


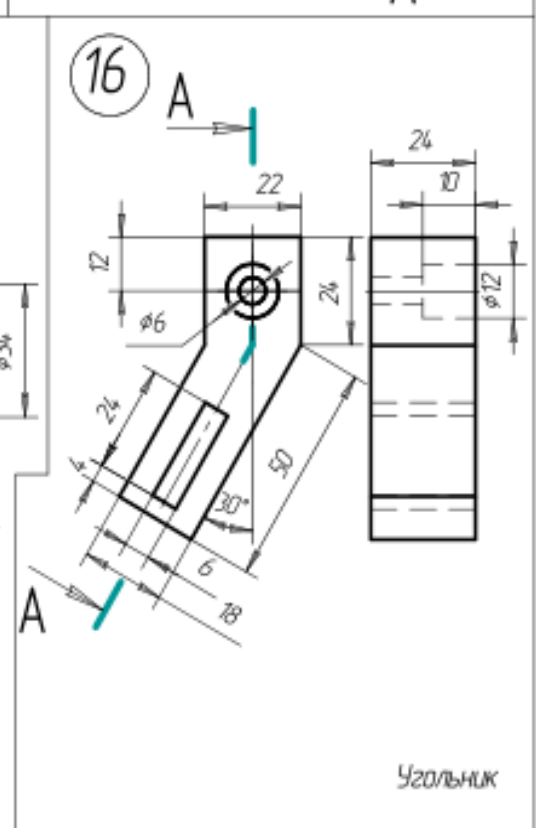
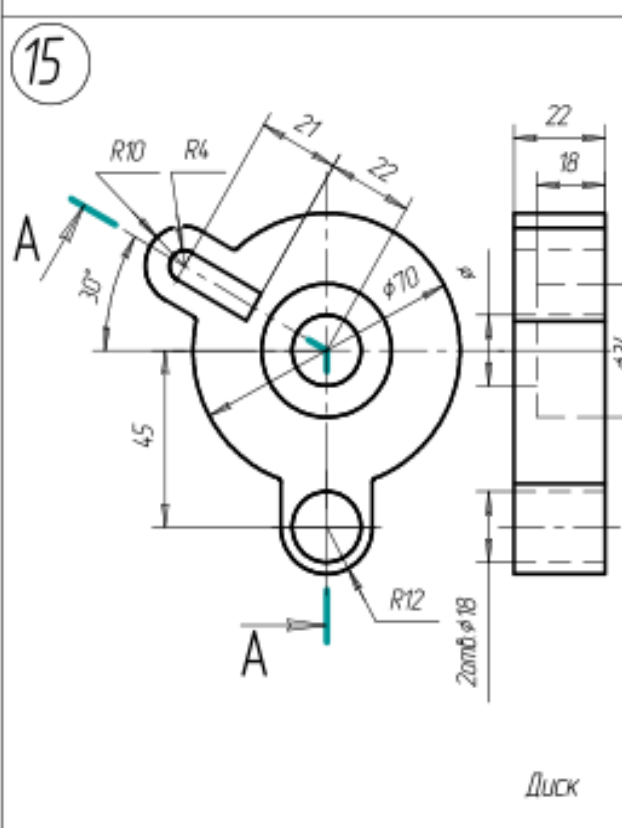
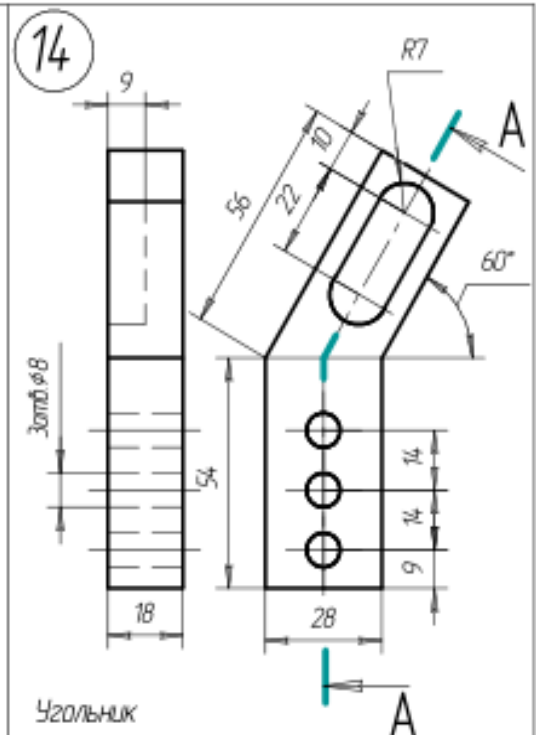
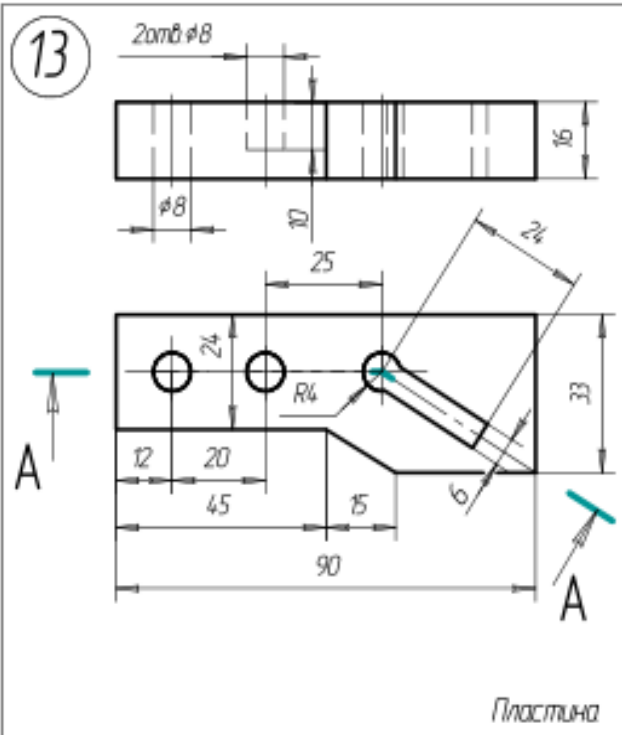
28

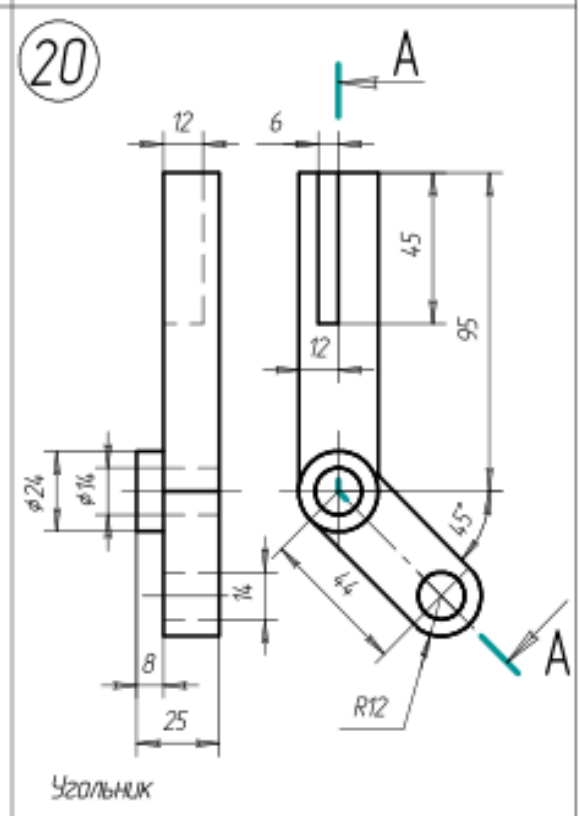
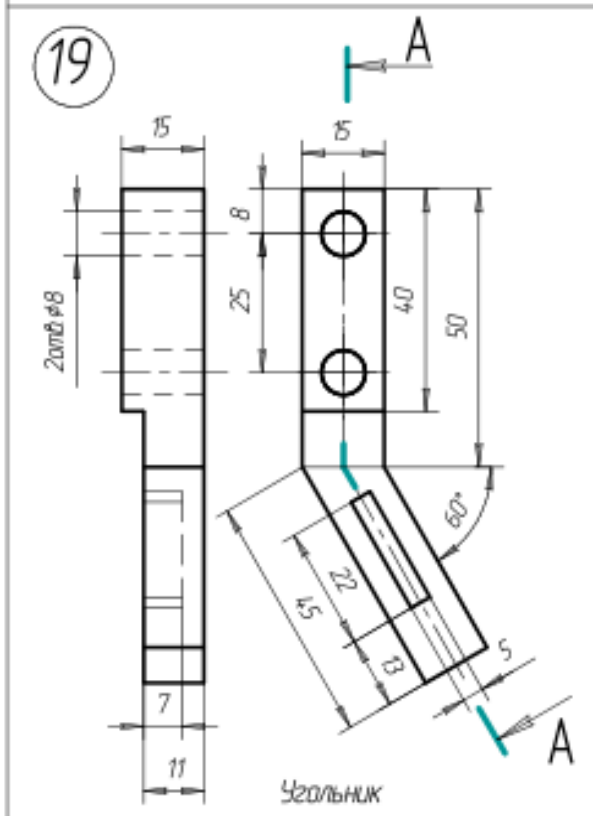
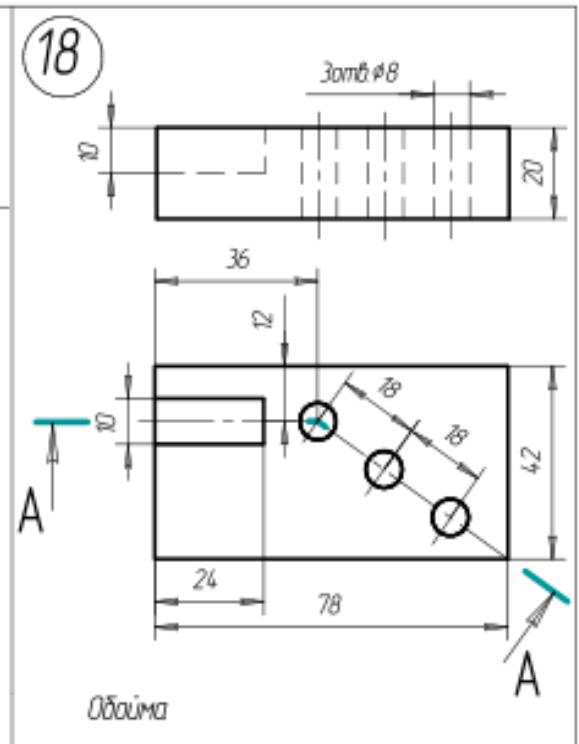
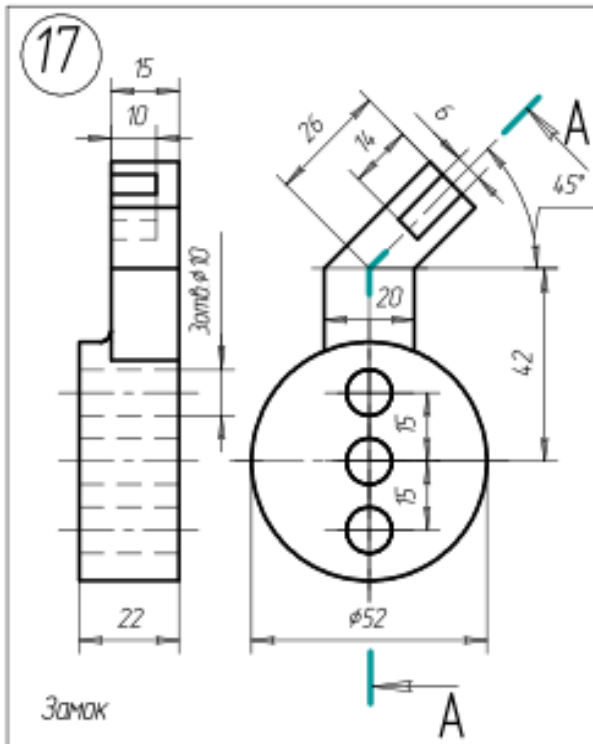


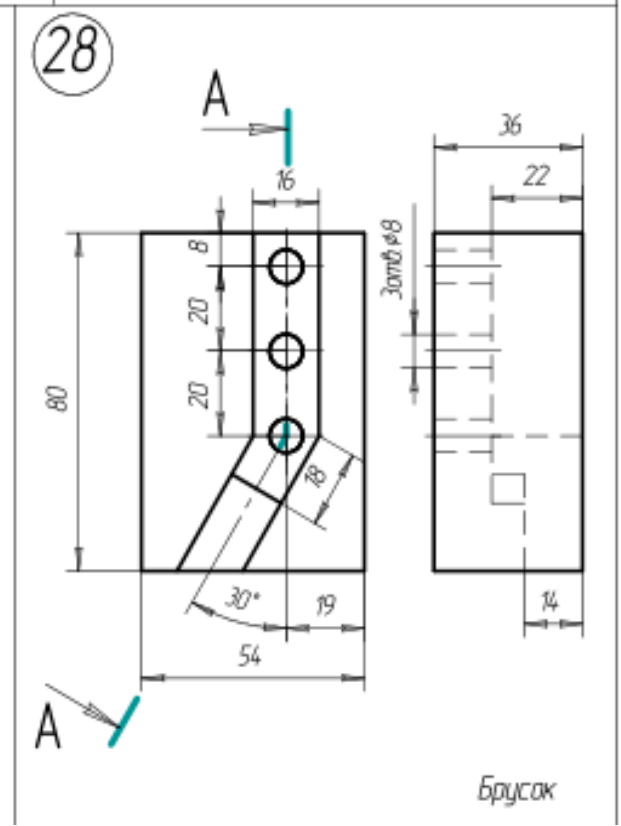
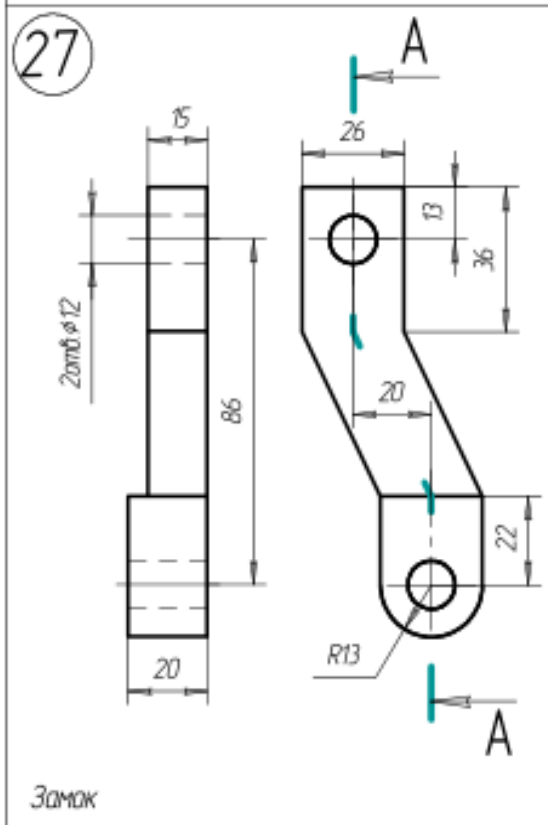
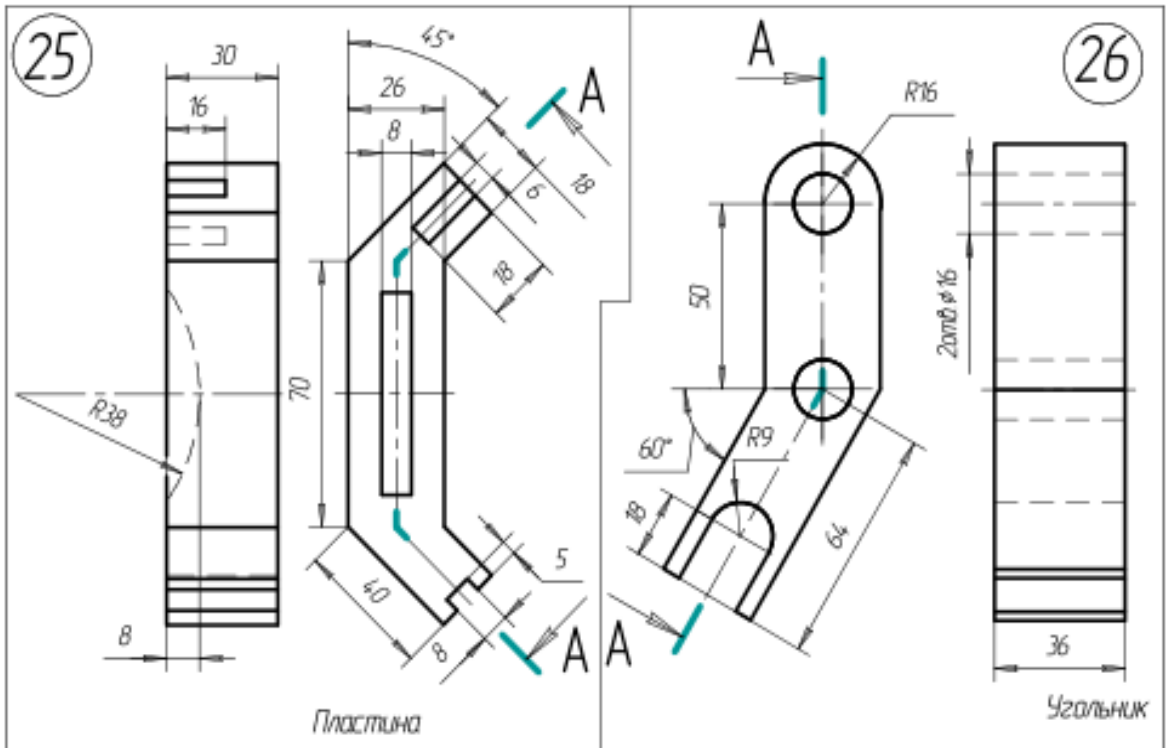




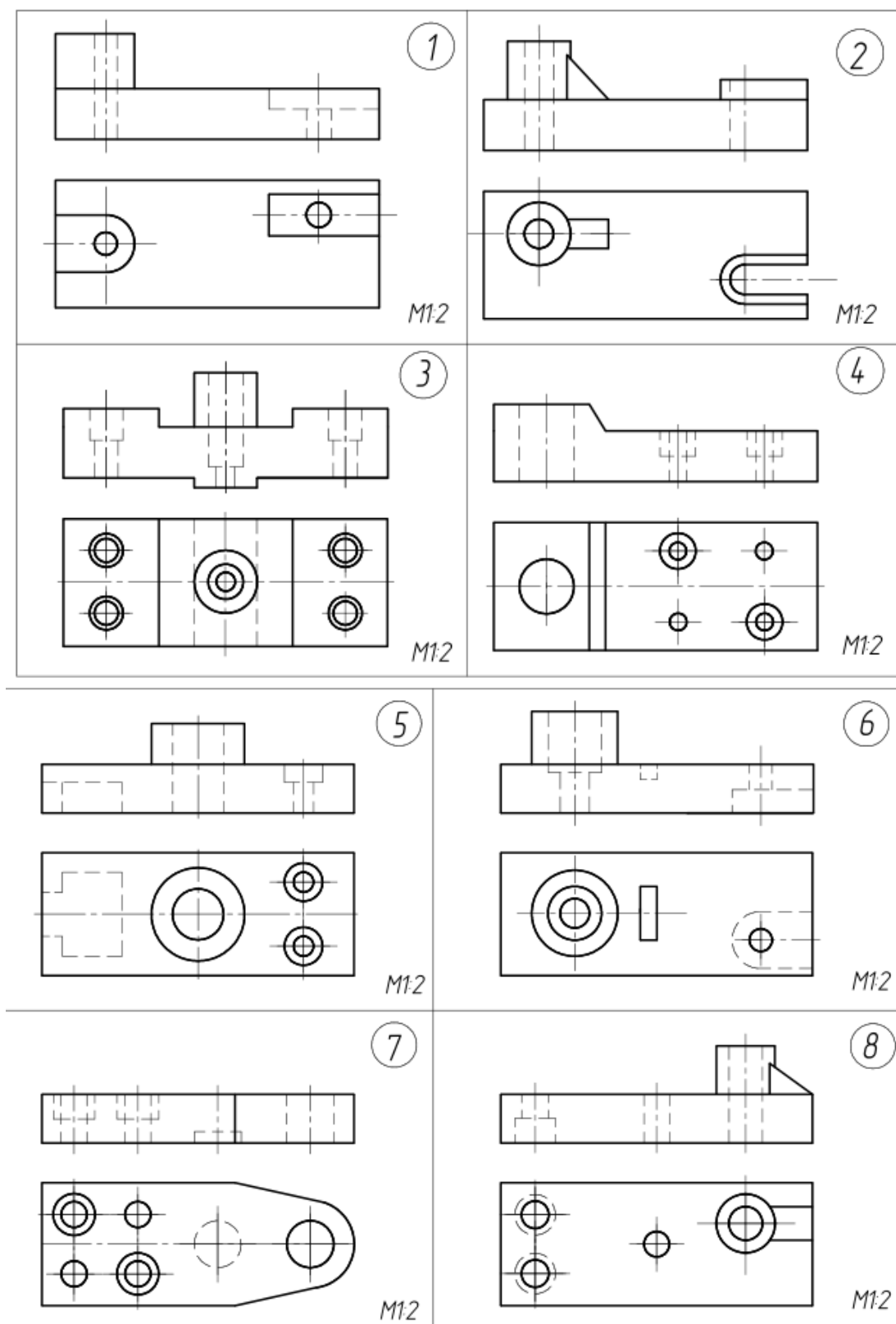


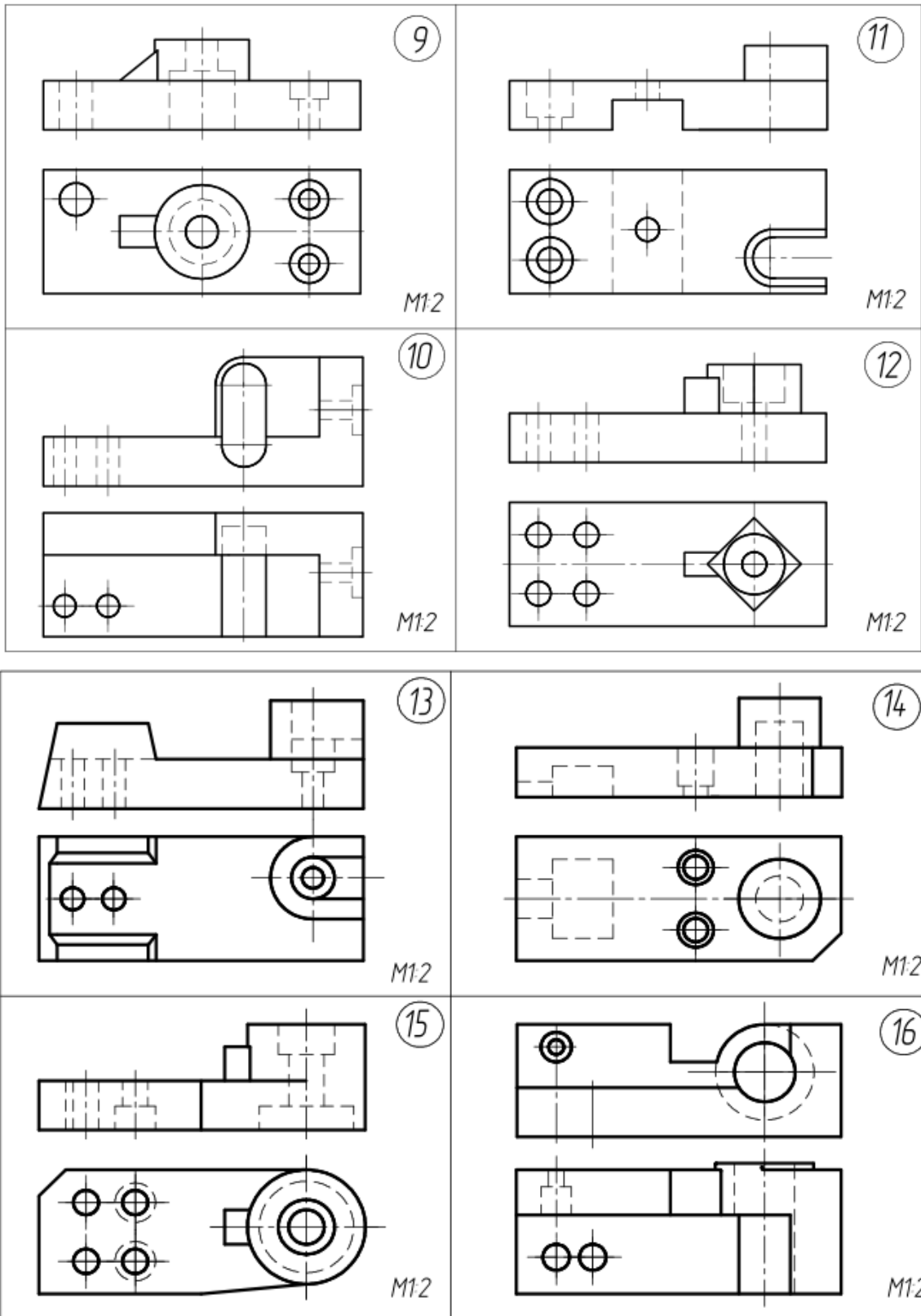


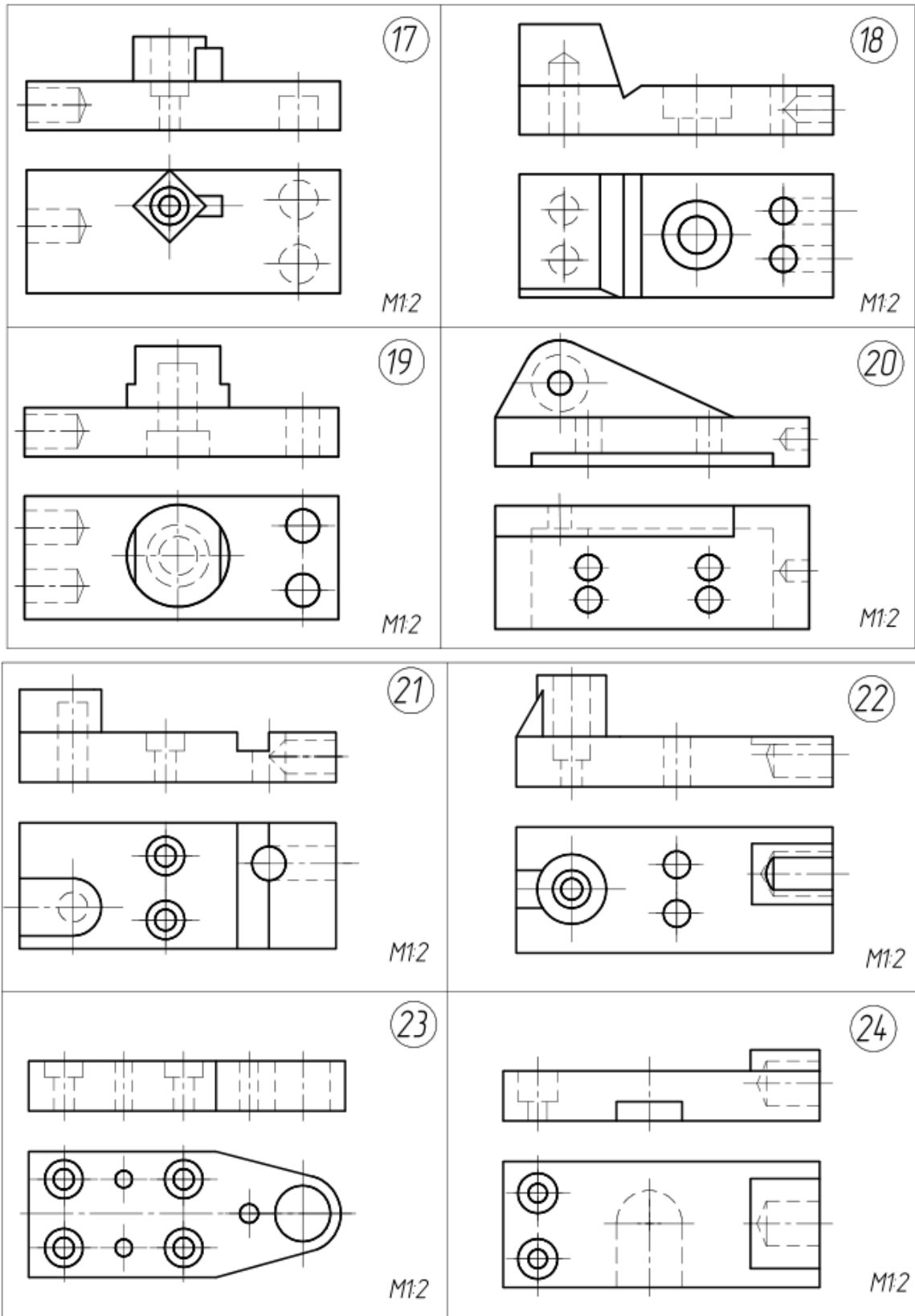


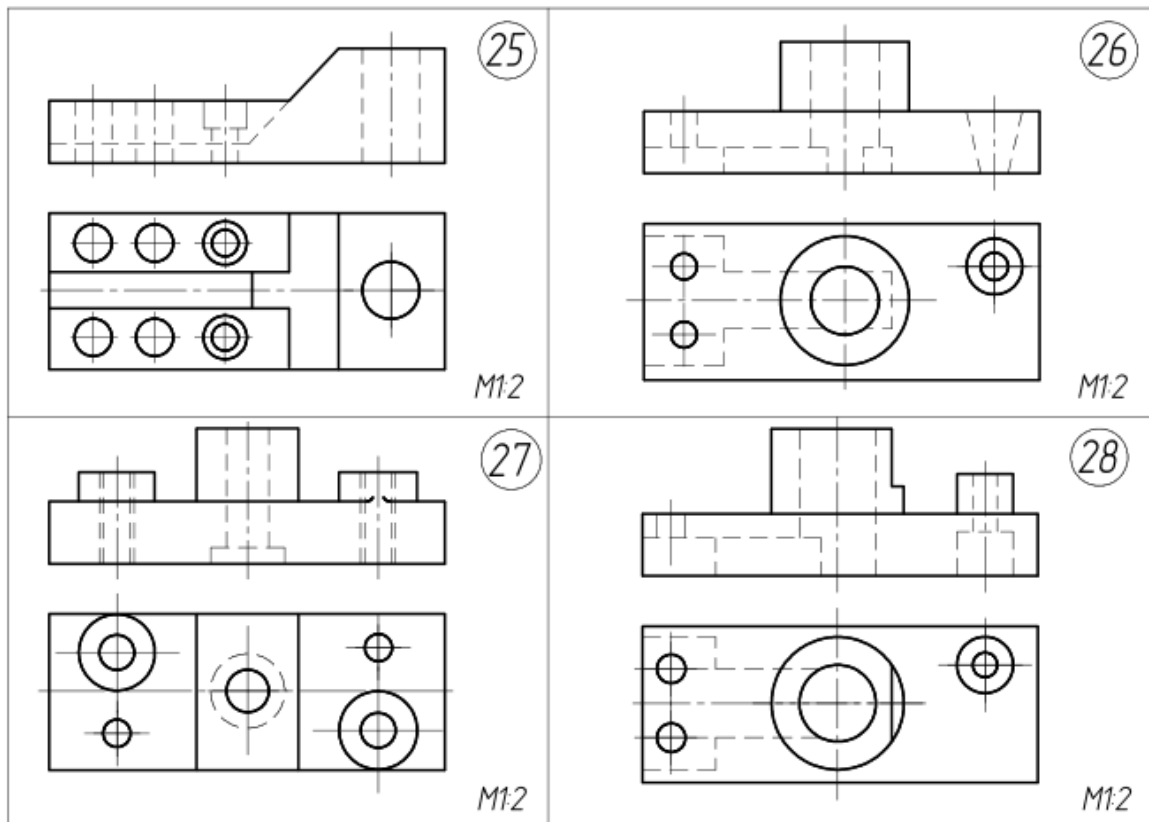












### 13.7. Завдання до графічної роботи №7 "АКСОНОМЕТРІЯ"

#### *Мета:*

1. Вивчити побудову складних розрізів.
2. Придбання навичок у побудові ламаних та ступінчастих розрізів.

#### *Зміст:*

1. По двом заданим видам деталі (із завдання №6 «Розріз ступінчастий») побудувати наочне зображення – ізометричну проекцію.

Варіанти завдання див. в Таблиці 19.

#### *Оформлення:*

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

### 13.8. Завдання до графічної роботи №8 "ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА "

*Мета:*

1. Вивчити побудову електричних схем.

*Зміст:*

1. Накреслити електричну схему, замінивши цифри умовними позначеннями електроприладів. Скласти таблицю переліку елементів.

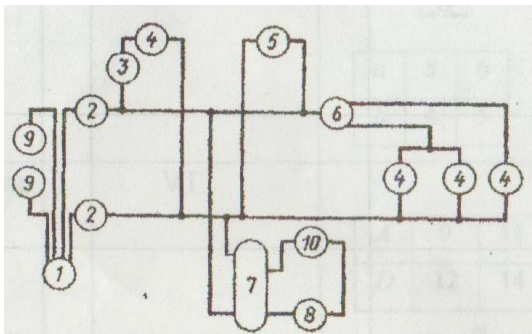
Варіанти завдання див. в Таблиці 20.

*Оформлення:*

Виконати креслення на листі креслярського паперу формату А3 (297x420).

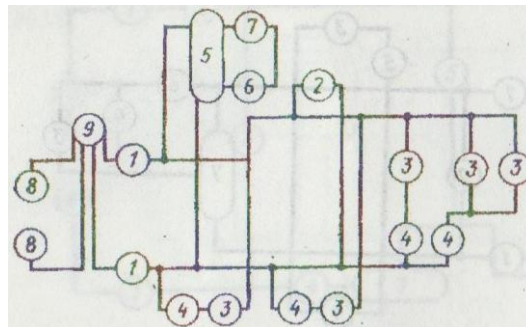
Таблиця 20

**1.**



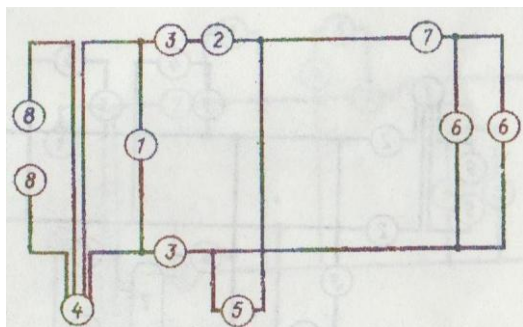
1-лічильник, 2-запобіжник,  
3-вимикач однополюсний, 4-лампа  
накалювання, 5-розетка, 6-перемикач,  
7-трансформатор, 8-дзвінок, 9-затискач,  
10-кнопка-вимикач

**2.**



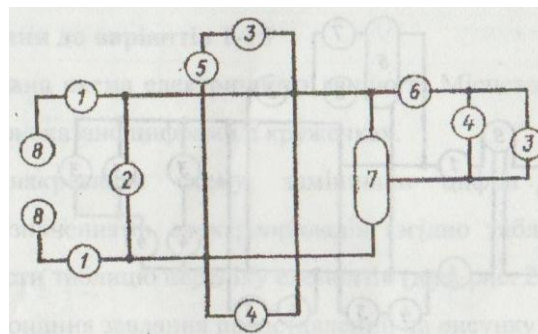
1-запобіжник, 2-розетка, 3-лампа  
накалювання, 4-вимикач однополюсний,  
5-трансформатор, 6-дзвоник,  
7-кнопка-вимикач, 8-затискач, 9-лічильник.

**3.**



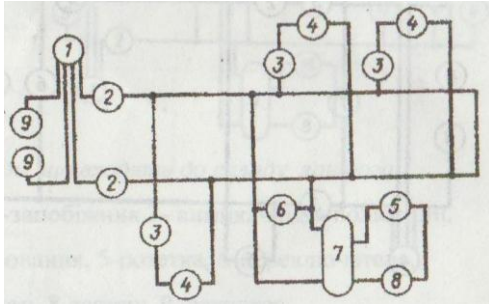
1-вольтметр, 2-амперметр, 3-запобіжник,  
4-лічильник, 5-розетка, 6-лампа  
накалювання, 7-вимикач однополюсний,  
8-затискач

**4.**



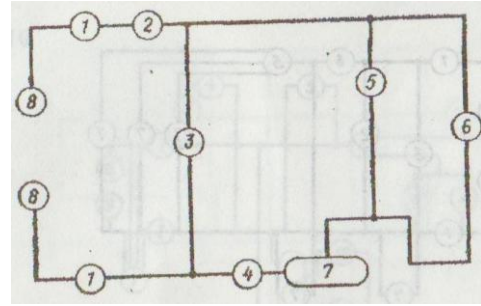
1-запобіжник, 2-вольтметр, 3-лампа  
накалювання, 4-розетка, 5-вимикач  
однополюсний, 6-амперметр, 7-змінний  
резистор, 8-затискач

5.



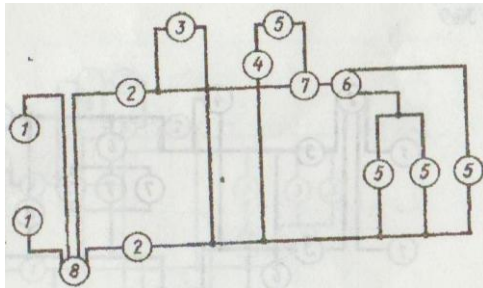
1-лічильник, 2-запобіжник плавкий,  
3-вимикач однополюсний, 4-лампа  
накалювання, 5-кнопка-вимикач, 6-розетка,  
7-трансформатор, 8-дзвоник, 9-затискач

6.



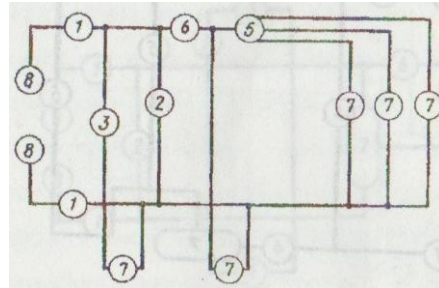
1-запобіжник плавкий, 2-амперметр,  
3-розетка, 4-вимикач однополюсний,  
5-вольтметр, 6-лампа накалювання,  
7-змінний резистор, 8-затискач

7.



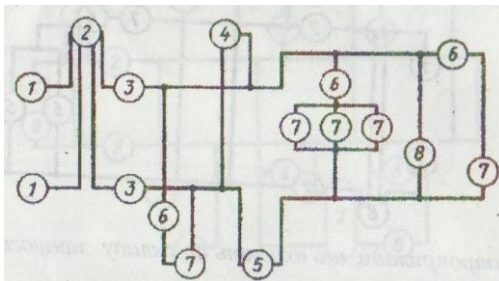
1-затискач, 2-запобіжник плавкий,  
3-розетка, 4-вимикач однополюсний, 5-лампа  
накалювання, 6-перемикач, 7-зеднання  
дротів, 8-лічильник

8.



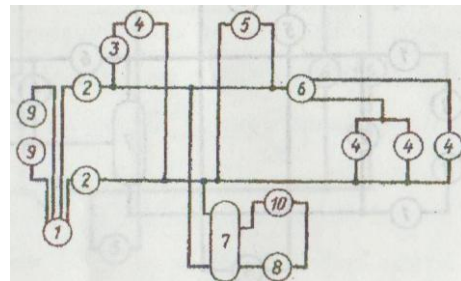
1-запобіжник плавкий, 2-вольтметр,  
3-вимикач однополюсний, 4-розетка,  
5-перемикач, 6-амперметр, 7-лампа  
накалювання, 8-затискач

9.



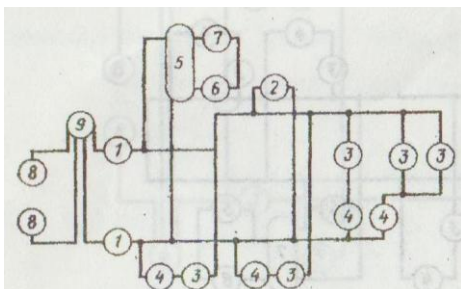
1-затискач, 2-лічильник, 3-запобіжник  
плавкий, 4-вольтметр, 5-амперметр, 6-  
вимикач однополюсний, 7-лампа  
накалювання, 8-розетка

10.



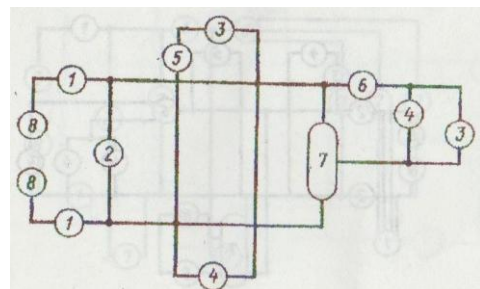
1-лічильник, 2-запобіжник, 3-вимикач  
однополюсний, 4-лампа накалювання,  
5-розетка, 6-перемикач, 7-трансформатор,  
8-дзвоник, 9-затискач, 10-кнопка-вимикач

11.

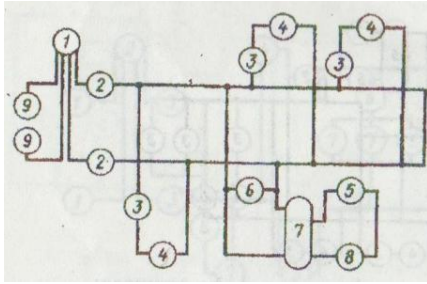


1-запобіжник, 2-розетка, 3-лампа  
накалювання, 4-вимикач однополюсний,  
5-трансформатор, 6-дзвоник, 7-кнопка-  
вимикач, 8-затискач, 9-лічильник

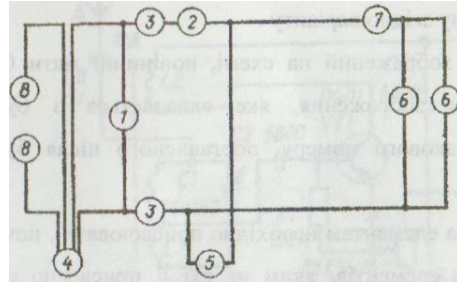
12.



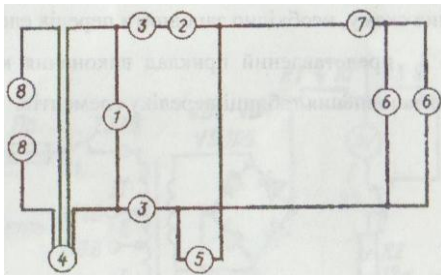
1-запобіжник, 2-вольтметр, 3-лампа  
накалювання, 4-розетка, 5-вимикач  
однополюсний, 6-амперметр, 7-змінний  
резистор, 8-затискач

**13.**

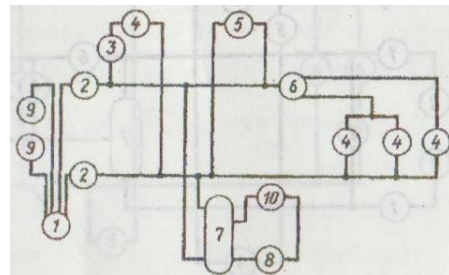
1-лічильник, 2-запобіжник плавкий, 3-вимикач однополюсний, 4-лампа накаливання, 5-кнопка-вимикач, 6-розетка, 7-трансформатор, 8-дзвоник, 9-затискач

**14.**

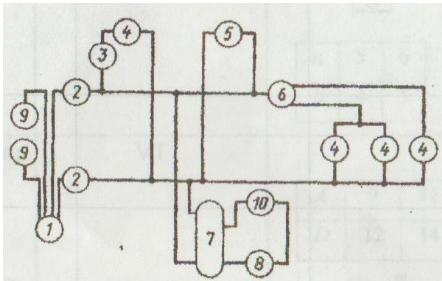
1-вольтметр, 2-амперметр, 3-запобіжник, 4-лічильник, 5-розетка, 6-лампа накаливання, 7-вимикач однополюсний, 8-затискач

**15.**

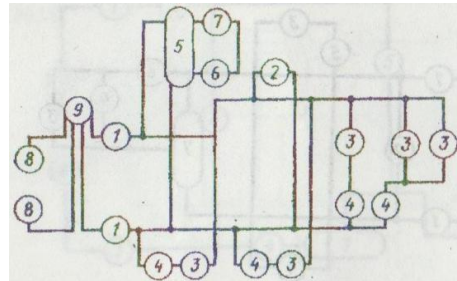
1-вольтметр, 2-амперметр, 3-запобіжник, 4-лічильник, 5-розетка, 6-лампа накаливання, 7-вимикач однополюсний, 8-затискач

**16.**

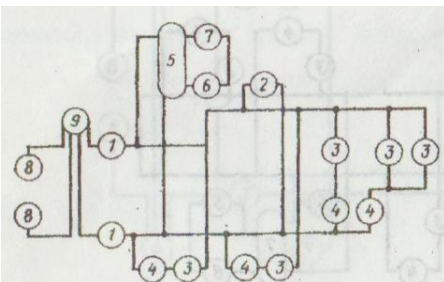
1-лічильник, 2-запобіжник, 3-вимикач однополюсний, 4-лампа накаливання, 5-розетка, 6-перемикач, 7-трансформатор, 8-дзвоник, 9-затискач, 10-кнопка-вимикач

**17.**

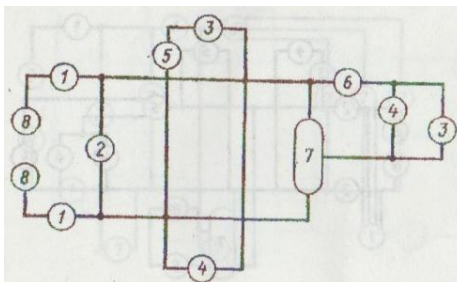
1-лічильник, 2-запобіжник, 3-вимикач однополюсний, 4-лампа накаливання, 5-розетка, 6-перемикач, 7-трансформатор, 8-дзвінок, 9-затискач, 10-кнопка-вимикач

**18.**

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

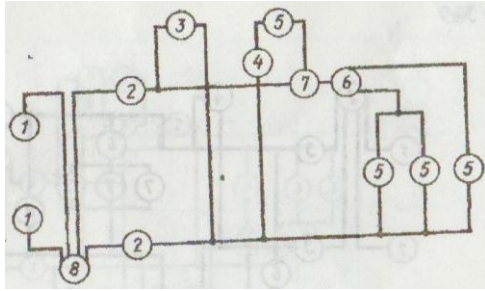
**19.**

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

**20.**

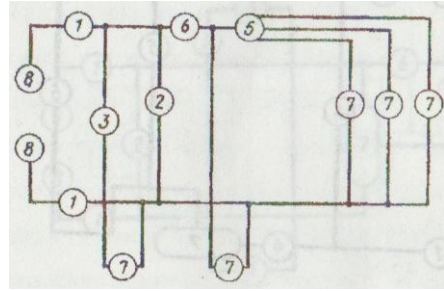
1-запобіжник, 2-вольтметр, 3-лампа накаливання, 4-розетка, 5-вимикач однополюсний, 6-амперметр, 7-змінний резистор, 8-затискач

21.



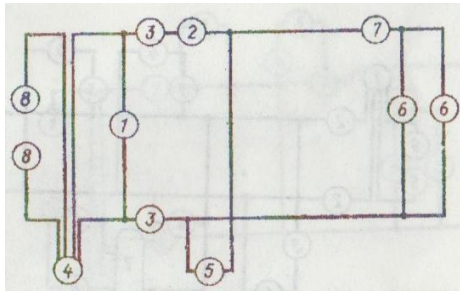
1-затискач, 2-запобіжник плавкий, 3-розетка, 4-вимикач однополюсний, 5-лампа накаливання, 6-перемикач, 7-з'єднання дротів, 8-лічильник

22.



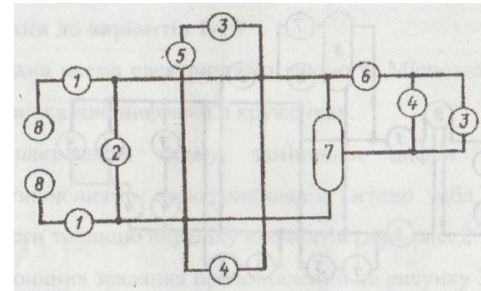
1-запобіжник плавкий, 2-вольтметр, 3-вимикач однополюсний, 4-розетка, 5-перемикач, 6-амперметр, 7-лампа накаливання, 8-затискач

23.



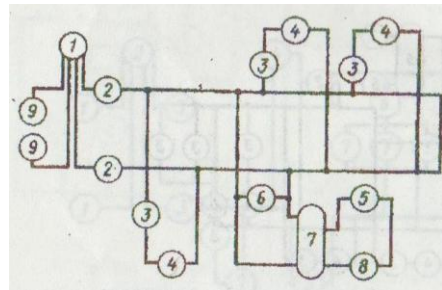
1-вольтметр, 2-амперметр, 3-запобіжник, 4-лічильник, 5-розетка, 6-лампа накаливання, 7-вимикач однополюсний, 8-затискач

24.



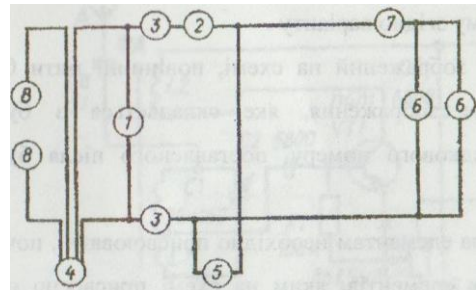
1-запобіжник, 2-вольтметр, 3-лампа накаливання, 4-розетка, 5-вимикач однополюсний, 6-амперметр, 7-змінний резистор, 8-затискач

25.



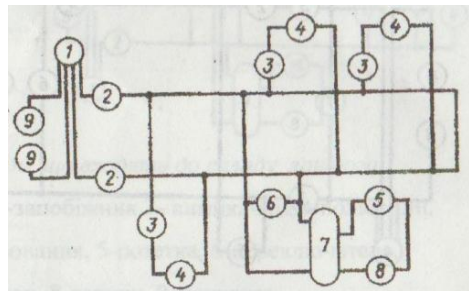
1-лічильник, 2-запобіжник плавкий, 3-вимикач однополюсний, 4-лампа накаливання, 5-кнопка-вимикач, 6-розетка, 7-трансформатор, 8-дзвоник, 9-затискач

26.



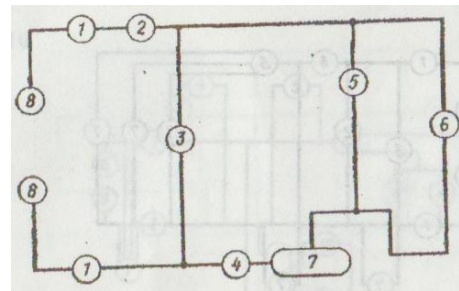
1-вольтметр, 2-амперметр, 3-запобіжник, 4-лічильник, 5-розетка, 6-лампа накаливання, 7-вимикач однополюсний, 8-затискач

27.



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

28.



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



## ЛІТЕРАТУРА

1. Бубенников А. В. Начертательная геометрия / А. В. Бубенников. – М. : Высшая школа, 1981.
2. Начертательная геометрия / С. М. Колотов, М. Ф. Евстифеев, В. Е. Михайленко и др. – К. : Высшая школа, 1993.
3. Арустамов Х. А. Сборник задач по начертательной геометрии / Х. А. Арустамов. – М. : Машиностроение, 1985.
4. Фролов С. А. Начертательная геометрия / С. А. Фролов. – М. : Машиностроение, 1985.
5. Бергер Е. Г. Нарисна геометрія: навч. посіб. / Е. Г. Бергер, В. С. Осадчий. – Херсон, 1997.
6. ЕСКД ГОСТ 2.104–68. Основные надписи. – М.: Изд-во стандартов, 1995. –
  7. 144 с.
8. ЕСКД ГОСТ 2.301–68. Форматы. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
9. ЕСКД ГОСТ 2.302–68. Масштабы. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
10. ЕСКД ГОСТ 2.303–68. Линии. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
11. ЕСКД ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертежные. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
12. ЕСКД ГОСТ 2.305–68. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
13. ЕСКД ГОСТ 2.306–68. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
14. ЕСКД ГОСТ 2.307–68. Нанесение размеров и предельных отклонений. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
15. ЕСКД ГОСТ 2.317–68. Аксонометрические проекции. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 144 с.
16. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для вузов / В.С. Левицкий. –5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 429 с.

## ЗМІСТ

	Ст.
ВСТУП.....	4
<u>І СЕМЕСТР «НАРИСНА ГЕОМТРИЯ»</u>	4
I. ТОЧКА, ПРЯМА, ПЛОЩИНА.....	4
1.1. Точка на комплексному кресленні.....	4
1.2. Пряма на комплексному кресленні.....	4
1.3. Прямі окремого положення.....	9
1.4. Взаємне положення двох прямих.....	13
1.5. Проекція прямого кута.....	17
1.6. Площина на комплексному кресленні.....	19
1.7. Точки і прямі на площині.....	23
1.8. Прямі, паралельні та перпендикулярні до площини.....	25
1.9. Прямі, що перетинаються з площиною.....	27
1.10. Паралельність і перпендикулярність двох площин.....	29
1.11. Площини, що перетинаються.....	31
II. ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ.....	32
2.1. Мета і способи перетворення креслення.....	32
2.2. Заміна площин проекцій.....	33
2.3. Обертання навколо проектуючої прямих.....	39
2.4. Обертання навколо прямих рівня.....	43
2.5. Плоско-паралельне переміщення.....	45
III. МЕТРИЧНІ І ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ.....	51
3.1. Перетин багатогранника прямою.....	51
3.2. Розгортка піраміди, що зрізана.....	52
IV. ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ З ТЕМИ «НАРИСНА ГЕОМЕТРИЯ».....	54
4.1. Завдання до графічної роботи №1.....	55
4.2. Завдання до графічної роботи №2.....	59
4.3. Завдання до графічної роботи №3.....	64
4.4. Завдання до графічної роботи №4.....	71
<u>II СЕМЕСТР «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»</u>	73
V. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ.....	73
5.1. Формати.....	73
5.2. Основний напис.....	74
5.3. Маштаб.....	75

5.4. Лінії.....	75
5.5. Шрифти креслярські.....	76
5.6. Брошування альбому.....	78
<b>VI. СПРЯЖЕННЯ.....</b>	<b>78</b>
6.1. Спряження двох прямих, що перетинаються.....	79
6.2. Спряження прямої з окружністю.....	80
6.3. Спряження окружностей.....	81
6.4. Побудова дотичних.....	83
<b>VII. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ.....</b>	<b>84</b>
<b>VIII. ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ.....</b>	<b>96</b>
8.1. Еліпс.....	96
8.2. Парабола.....	97
8.3. Гіпербола.....	98
8.4. Синусоїда.....	99
8.5. Евольвента.....	99
8.6. Спіраль Архімеда.....	100
8.8. Циклоїда.....	101
<b>IX. ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ПРАВИЛА ЇХ НАНЕСЕННЯ НА КРЕСЛЕННЯ.....</b>	<b>103</b>
<b>X. ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ.....</b>	<b>104</b>
10.1. Види.....	104
10.2. Розрізи.....	109
10.4. Перерізи.....	113
<b>XI. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ.....</b>	<b>116</b>
11.1. Ізометричні проекції.....	116
11.2. Диметричні проекції.....	118
11.4. Штрихування розрізів в аксонометрії.....	120
<b>XII. ВИКОНАННЯ ТА ЧИТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ.....</b>	<b>121</b>
12.1. Електричні схеми.....	122
<b>XIII. ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ З ТЕМИ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА».....</b>	<b>124</b>
13.1. Завдання до графічної роботи №1.....	124
13.2. Завдання до графічної роботи №2.....	128
13.3. Завдання до графічної роботи №3.....	133
13.4. Завдання до графічної роботи №4.....	139
13.5. Завдання до графічної роботи №5.....	147

13.6. Завдання до графічної роботи №6.....	147
13.7. Завдання до графічної роботи №7.....	164
13.8. Завдання до графічної роботи №8.....	165
ЛІТЕРАТУРА.....	169
ЗМІСТ.....	170

Навчальне видання

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

Методичні рекомендації

Укладач: **Павлюченко** Ірина Сергіївна

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 10,75.

Тираж 100 прим. Зам. №

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької Комуні, 9

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