

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

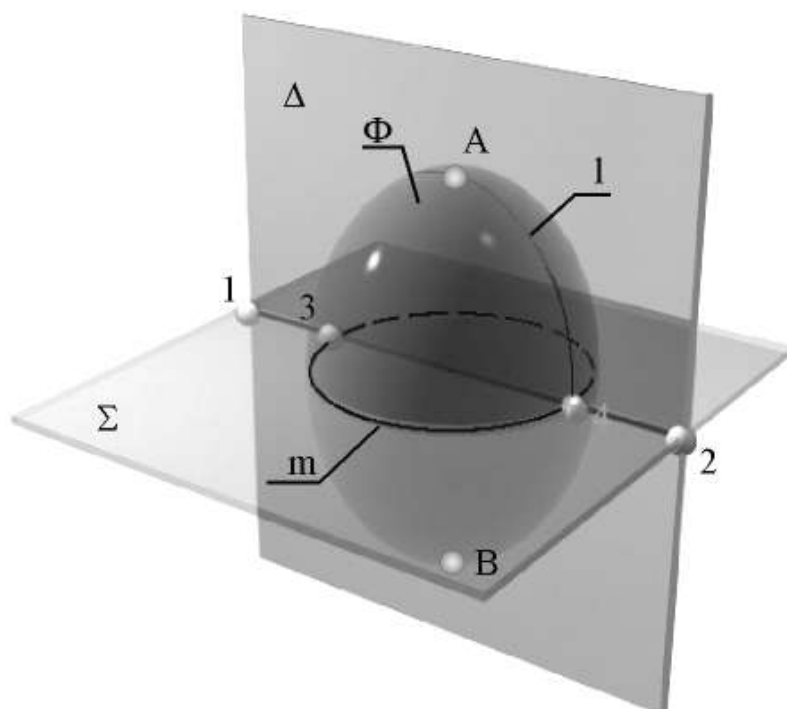
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

В. І. Кирюшко, В. О. Федотенко,
В. І. Чумаченко

ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Частина 1

Навчальний посібник
для студентів факультету заочного навчання



Харків «ХАІ» 2005

УДК 744 + 004.92(075.8)

ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА. Ч. 1 /В. І. Кирюшко, В. О. Федотенко, В. І. Чумаченко.– Навч. посібник для студентів факультету заочного навчання. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2005. – 213 с.

Навчальний посібник написаний відповідно до програми курсу „Інженерна і комп'ютерна графіка”, затвердженої методичною комісією з інженерної та комп'ютерної графіки при Міністерстві освіти і науки України для студентів технічних вузів.

Видання складається з трьох частин: перша частина містить основи нарисної геометрії та проєкційного креслення, друга – знайомить студентів з основами технічного креслення, третя – подає елементи комп'ютерної графіки.

Посібник містить теоретичні відомості та методику виконання контрольних робіт. Наведено варіанти завдань, приклади оформлення контрольних робіт і необхідні довідкові матеріали.

Матеріал, що ввійшов у посібник, перероблено з урахуванням навчальних програм (і виділених годин) для студентів заочної форми навчання.

Іл. 173. Табл. 29. Бібліогр.: 69 назв

Рецензенти: канд. техн. наук, доц. А.М. Краснокутський,
канд. техн. наук, доц. Ю.М. Тормосов

© Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2005 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

курсу "Інженерна і комп'ютерна графіка"

для студентів заочної форми навчання

1. Метод проєкцій.
 - 1.1. Прямокутні проєкції і їхні властивості.
 - 1.2. Проєціювання на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій.
 - 1.3. Проєціювання на три взаємно перпендикулярні площини проєкцій.
2. Проєціювання відрізка прямої лінії.
 - 2.1. Розташування прямої відносно площин проєкцій. Особливі випадки розташування прямої. Прямі загального й частинного розташування.
 - 2.2. Визначення натуральних величин відрізка загального розташування і кутів нахилу до площин проєкцій.
3. Площина.
 - 3.1. Способи задання площини на кресленні.
 - 3.2. Розташування площини відносно площин проєкцій.
4. Позиційні задачі.
 - 4.1. Взаємне розташування точки і прямої.
 - 4.2. Точка в площині.
 - 4.3. Взаємне розташування двох прямих.
 - 4.4. Взаємне розташування двох площин.
 - 4.5. Взаємне розташування прямої і площини, головні лінії площини.
5. Зображення багатогранників.
 - 5.1. Креслення піраміди і призми.
 - 5.2. Перетинання багатогранників площиною.
 - 5.3. Розгортки багатогранників.
6. Криві лінії.
 - 6.1. Загальні положення про криві лінії і їхнє проєціювання.
 - 6.2. Побудова еліпса, параболи, гіперболи.
 - 6.3. Побудова циліндричної гвинтової лінії.
7. Поверхні.
 - 7.1. Класифікація, способи задання.
 - 7.2. Багатогранні поверхні.
 - 7.3. Циліндричні і конічні поверхні.
 - 7.4. Поверхні обертання.
 - 7.5. Гвинтові поверхні.
8. Аксонометричні проєкції.
 - 8.1. Суть аксонометричного проєціювання.
 - 8.2. Зв'язок між коефіцієнтами спотворення і напрямком проєціювання.
 - 8.3. Стандартні аксонометричні проєкції.
9. Перетворення комплексу проєкцій.
 - 9.1. Заміна площин проєкцій.
 - 9.2. Плоскопаралельне переміщення.
 - 9.3. Обертання навколо проєціюючих осей і ліній рівня.

10. Перетинання геометричних тіл площинами.
 - 10.1. Перетинання багатогранників.
 - 10.2. Перетинання циліндра площиною.
 - 10.3. Перетинання конуса площиною.
11. Основні правила виконання й оформлення креслень.
 - 11.1. Основні положення ЄСКД: формати, масштаби, лінії, шрифти.
 - 11.2. Класифікація зображень: вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи.
 - 11.3. Нанесення штриховки в розрізах і перерізах.
 - 11.4. Простановка розмірів на машинобудівних кресленнях.
 - 11.5. Зображення типових конструктивних елементів деталей.
 - 11.5.1. Загальні положення.
 - 11.5.2. Класифікація і основні параметри різей.
 - 11.5.3. Умовне зображення різей.
 - 11.5.4. Позначення різей.
 - 11.6. Зображення рознімних і нерознімних з'єднань.
 - 11.6.1. Гвинтове з'єднання.
 - 11.6.2. Болтове з'єднання.
 - 11.6.3. Шпилькове з'єднання.
 - 11.6.4. Шліцьове з'єднання.
 - 11.6.5. Заклепочне з'єднання.
 - 11.6.6. Зварне з'єднання.
 - 11.6.7. Паяне з'єднання.
 - 11.6.8. Клейове з'єднання.
12. Комп'ютерна графіка.
 - 12.1. САПР. Комп'ютерна графіка. Система АСAD. Загальні положення.
 - 12.2. Основні положення роботи системи.
 - 12.3. Налаштування робочого режиму.
 - 12.4. Побудова базових примітивів у системі АСAD.
 - 12.5. Команди редагування плоских зображень.
 - 12.6. Нанесення розмірів у системі АСAD.

Природа улаштована так, що будь-яка людина мислить зоровими образами, особливо якщо ця людина – інженер-конструктор, для якого такий процес є професійним видом діяльності. Як же передати інформацію про задум конструктора (який існує тільки в його уяві) тим, хто буде виготовляти цей виріб? Словесний опис не може бути сприйнятий через його громіздкість і неоднозначність. Відповідь на поставлене запитання – використання креслення, основним елементом якого є зображення.

Щоб побудувати креслення, потрібно знати:

- як побудувати зображення (цим займається нарисна геометрія);
- як оформити креслення (цим займається креслення, основою якого є стандарти ЄСКД – єдиної системи конструкторської документації).

Таким чином, інженерна графіка – це комплексна дисципліна, яка складається з нарисної геометрії та креслення і належить до дисциплін, що є основою інженерної підготовки.

Комп'ютерна графіка – частина навчальної дисципліни "Інженерна і комп'ютерна графіка", що вивчає методи побудови зображень за допомогою комп'ютерних програм, методи збереження й обробки графічної інформації з використанням ЕОМ.

1. ОСНОВИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Нарисна геометрія вивчає способи побудови зображень просторових об'єктів на площині, розробляє методи і прийоми розв'язання просторових геометричних задач на плоских зображеннях, а також методи побудови наочних зображень проєктованих об'єктів, що дозволяють отримати цілісне уявлення про об'єкт за одним зображенням.

Для побудови зображень застосовується метод проєкцій, який дозволяє задовольнити вимоги до зображень: оборотність, вимірність і наочність. Під проєкцією розуміють сукупність точок $\{A_1, B_1, C_1, \dots\}$ перетину прямих (*проєціюючих променів*), що *проходять* через усі точки $\{A, B, C, \dots\}$ даного об'єкта, із заданою площиною Π_1 (*площиною проєкції*). Якщо *проєціюючі* промені виходять з однієї точки (S – центра проєціювання), то одержуємо *центральне* проєціювання (центр проєціювання віддалений від площини проєкції на скінченну відстань), що використовується в архітектурі та будівництві (рис. 1.1,а). Якщо центр проєціювання віддалений від площини проєкції на нескінченно велику відстань (*проєціюючі* промені стають паралельними один одному), то одержуємо паралельне проєціювання (рис. 1.1,б), де \vec{n} – вектор напрямку проєціювання.

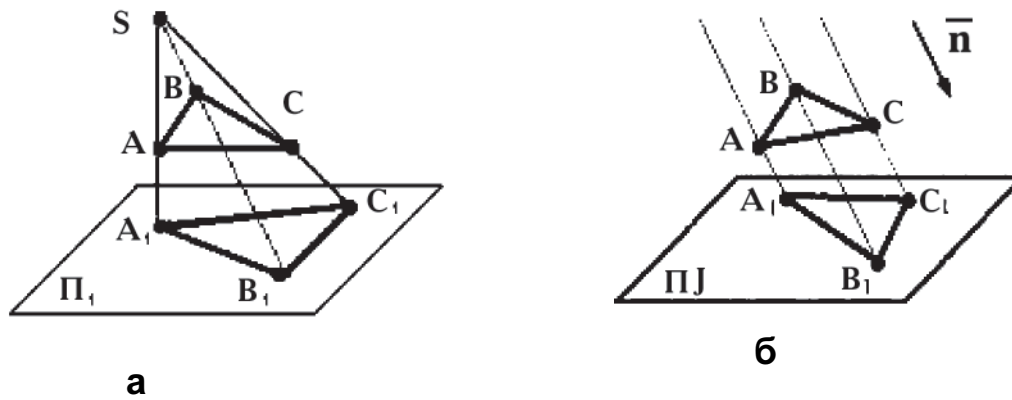


Рис. 1.1

1.1. Властивості паралельного проєціювання

Залежно від кута нахилу вектора напрямку проєціювання до площини проєкції паралельне проєціювання підрозділяється на косокутне й прямокутне, або ортогональне (коли вектор проєціювання перпендикулярний до площини проєкції), яке застосовується в техніці. Надалі під терміном “проєціювання” розумітимемо паралельне прямокутне проєціювання, яке має такі властивості:

- точка проєціюється в точку;
- пряма проєціюється в пряму, якщо вона не є проєціюючою (інакше – в точку);
- площина проєціюється в площину, якщо вона не є проєціюючою (інакше – в пряму);
- належність геометричних об'єктів при проєціюванні зберігається (наприклад, якщо точка належить прямій, то її проєкція лежить на проєкції прямої);
- паралельність прямих при проєціюванні зберігається (якщо прямі паралельні, то їх однойменні проєкції теж паралельні);
- пропорційність відрізків, розташованих на одній прямій або на паралельних прямих, при проєціюванні зберігається;
- проєкція геометричного об'єкта за розміром не може бути більшою від оригіналу.

Багато які з цих властивостей притаманні й іншим різновидам проєціювання.

Запитання для самоперевірки

Зобразити дві площини, які в ортогональному проєціюванні беруть за площини проєкцій, написати їх назви й позначення і повністю сформулювати відповіді на такі запитання:

1. Що називається віссю проєкцій?
2. Якими частинами площин обмежені чверті простору: перша, друга, третя і четверта?
3. Що називається горизонтальною, фронтальною і профільною проєк-

проекціями точки?

4. Що таке комплекс проекцій епюр і як перейти від просторового креслення до плоского?

5. Сформулюйте властивості прямокутного проєціювання.

Задачі

1.1.1. Дано: A_1 і B_1 – паралельні проєкції точок A і B збігаються. Під яким кутом до вектора напрямку проєціювання розташований відрізок AB ?

1.1.2. Дано: A_1B_1 і C_1D_1 – паралельні проєкції прямих AB і CD перетинаються. Як можуть бути розташовані прямі AB і CD відносно одна одної?

1.1.3. Дано: $AB = 40$ і паралельна проєкція цього відрізка прямої $A_1B_1 = 40$. Як будуть розташовані прямі AB і A_1B_1 відносно одна одної?

1.1.4. Дано: трикутник ABC зі сторонами $AB = 30$, $BC = 40$, $AC = 50$ і паралельна проєкція цього трикутника – трикутник $A_1B_1C_1$ зі сторонами $A_1B_1 = 25$, $B_1C_1 = 50$ і $A_1C_1 = 40$. Прямокутне чи косокутне проєціювання використано при побудові проєкції $A_1B_1C_1$?

1.1.5. Дано: на площині проєкції задано паралельні проєкції вершин правильного трикутника $A_1(100,40)$, $B_1(25,15)$ і $C_1(10,55)$. Побудувати проєкції висот трикутника $A_1B_1C_1$.

1.1.6. Дано: на площині проєкції задано проєкції точок $A_1(100,40)$, $B_1(70,55)$ і $O_1(55,35)$. Побудувати паралельну проєкцію плоского правильного шестикутника, якщо A_1B_1 – проєкція сторони, а O_1 – проєкція центра заданого шестикутника.

1.1.7. Дано: на площині проєкції задано проєкції точок $A_1(100,20)$, $B_1(75,10)$ і $C_1(120,55)$. Побудувати паралельну проєкцію трапеції $ABDC$ за заданим відношенням її основ $AB : CD = 3 : 5$.

1.1.8. Дано: У прямокутній системі координат XOY задано трикутник ABC , вершини якого розташовуються в точках $A(30, -15)$, $B(0,35)$ і $C(-15, -15)$. При паралельному проєціюванні заданого трикутника разом із системою координат осі OX і OY проєціюються в проєкції O_1X_1 і O_1Y_1 , додатний напрям яких з горизонтальною прямою складає 210° і -30° відповідно (додатні кути вимірюємо проти годинникової стрілки). Побудувати паралельну проєкцію заданого трикутника ABC , якщо:

- вершина B проєціюється в точку B_1 , віддалену від O_1 (проєкції центра системи координат) на 25 мм;

- точка перетину сторони AB з віссю OX проєціюється в точку, віддалену від O_1 на 15 мм.

1.2. Комплекс проекцій точки

Уявимо, що над горизонтальною площиною Π_1 , розташованою в просторі, поміщена точка A (рис. 1.2,а). Якщо з точки A опустити на площину Π_1 перпендикуляр, то при перетинанні цього перпендикуляра з площиною вийде точка A_1 , яка називається прямокутною проекцією точки A на площині Π_1 .

Проекцією точки на площині називається точка перетину з цією площиною перпендикуляра, опущеного з даної точки. Викладений спосіб одержання проекції точки називається **прямокутним проєціюванням на площину**. Перпендикуляр AA_1 , опущений з точки A на площину Π_1 , називається **проєціюючою прямою**, а точка A_1 – прямокутною горизонтальною проекцією точки A .

За однією проекцією точки A_1 на площині Π_1 не можна визначити розташування самої точки A в просторі. Щоб за розташуванням проекції визначити розташування точки в просторі, беруть не одну, а дві площини проєкцій, що взаємно перетинаються під прямим кутом, – Π_1 і Π_2 (рис. 1.2,б). Лінія перетину площин проєкцій називається **віссю проєкцій** і позначається Ox . Для одержання прямокутних проєкцій точки A її проєціюють на площини Π_1 і Π_2 , опускаючи на них з точки A перпендикуляри (проєціюючі прямі). При цьому отримують дві проекції точки A : горизонтальну A_1 на площині Π_1 і фронтальну A_2 на площині Π_2 .

Щоб одержати зображення точки A у вигляді креслення, площину проєкцій Π_1 разом з горизонтальною проекцією A_1 точки A повертають униз навколо осі Ox до суміщення з площиною Π_2 (рис. 1.3, а). Проекції точки A будуть розташовані одна під одною. Проекції проєціюючих прямих A_1A_x і A_2A_x , перпендикулярні до осі проєкцій Ox , мають одну загальну точку A_x і складають пряму лінію A_1A_2 , перпендикулярну до осі проєкцій Ox (рис. 1.3, б).

Звідси можна зробити висновок: при **суміщенні двох площин Π_1 та Π_2** обидві проекції точки завжди лежать на одному перпендикулярі до осі Ox . Зображення проєкцій точки, отримане після суміщення площин проєкцій, називається **комплексом проєкцій точки (КП)**.

Таким чином, побудовані проєкції є проєкціями однієї точки простору і вказують цілком визначене її розташування відносно горизонтальної Π_1 та фронтальної Π_2 площин.

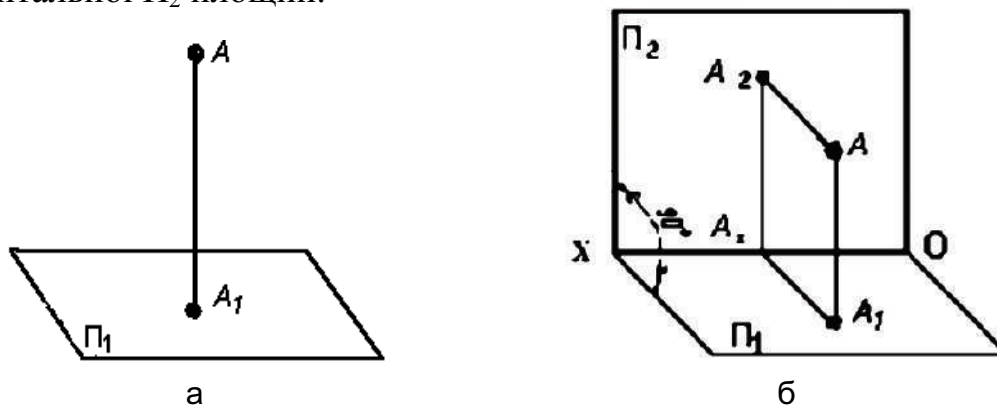


Рис. 1.2

Але на практиці часто мають місце випадки, коли двох проєкцій недостатньо для з'ясування форми й розташування предмета відносно цих площин і

площин і необхідно побудувати третю проекцію того самого предмета із застосуванням профільної площини проєкцій, що позначається Π_3 (рис. 1.4).

Проєційовану точку позначають латинською великою літерою A , а її горизонтальну проєкцію – A_1 , фронтальну – A_2 , профільну – A_3 .

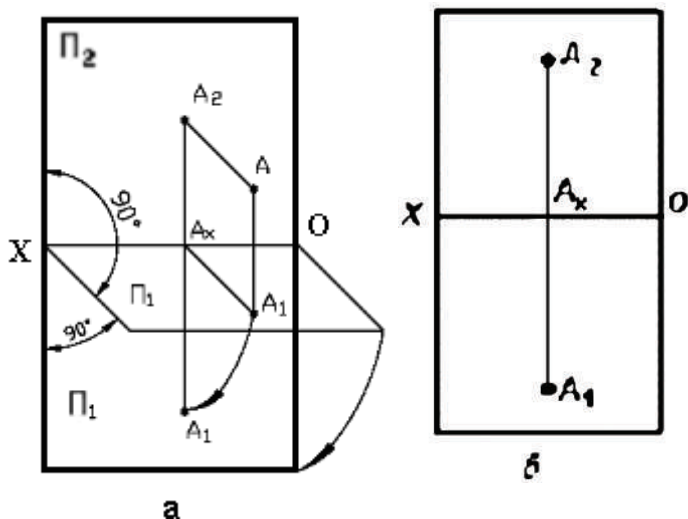


Рис. 1.3

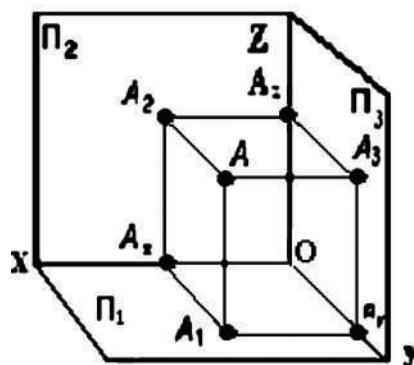


Рис. 1.4

Для одержання трьох основних прямокутних проєкцій даної точки A опустимо з неї перпендикуляри на відповідні площини проєкцій і відмітимо точки перетину перпендикулярів з цими площинами. У результаті одержимо проєкції точки A : горизонтальну A_1 , фронтальну A_2 й профільну A_3 (див. рис. 1.4). Щоб одержати зображення точки A на кресленні, сумістимо площини Π_1 і Π_3 із площиною Π_2 , для чого навколо осі Ox повернемо площину Π_1 униз, а навколо осі Oz – площину Π_3 вправо на 90° (рис. 1.5).

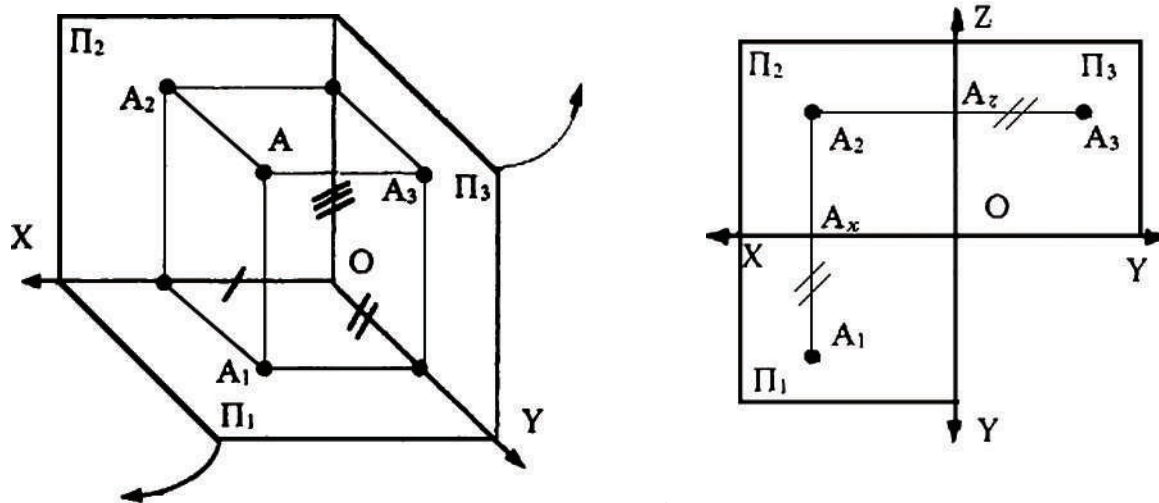


Рис. 1.5

При суміщенні площин проєкцій горизонтальна проєкція A_1 описує дугу радіусом A_1A_x , а профільна проєкція A_3 описує дугу радіусом A_3A_z . У результаті суміщення проєкції A_1 і A_2 будуть розташовані на загальному перпендикулярі до осі Ox , а проєкції A_2 і A_3 – на перпендикулярі до осі Oz . Отже, фронтальна й профільна проєкції точки завжди розташовуються на одному рівні. Прямі $A_1A_xA_2$ і $A_2A_zA_3$ називаються лініями проєкційного зв'язку.

Отримані три проєкції (A_1 , A_2 і A_3) і їхні відстані від осей Ox і Oz ($A_1A_x > A_2A_x$ і A_3A_z), що дорівнюють відстаням від точки A до площин проєкцій Π_1 , Π_2 і Π_3 , дають можливість точно визначити місце розташування точки A в просторі. З розглянутого креслення випливає, що за двома проєкціями точки (A_1 і A_2) завжди можна побудувати третю проєкцію (A_3).

Запитання для самоперевірки

1. Як розуміти вираз "Задано точку в просторі"?
2. Як позначають проєкції точки і як вони розрізняються?
3. Що таке лінія проєкційного зв'язку і як вона розташована відносно осі проєкцій?
4. Як називають відстані від точки в просторі до горизонтальної, вертикальної та профільної площин проєкцій?
5. Чим визначаються на кресленні відстані від точки в просторі до горизонтальної, вертикальної та профільної площин проєкцій?
6. Якими координатами визначаються горизонтальна, фронтальна і профільна проєкції точки?

Приклад розв'язання задачі

Дано: $A_1(40,30)$ – горизонтальна проєкція точки A ; $A_3(30,20)$ – профільна проєкція точки A .

На трикартинному КП побудувати A_2 – фронтальну проєкцію точки A .

Розв'язання:

- крок 1 – будуюмо осі проєкцій (рис. 1.6);
- крок 2 – за заданими координатами будуюмо проєкції точки: горизонтальну A_1 і профільну A_3 ;
- крок 3 – через горизонтальну проєкцію точки A_1 проводимо вертикальну лінію проєкційного зв'язку перпендикулярно до осі Ox ;
- крок 4 – через профільну проєкцію точки A_3 проводимо горизонтальну лінію проєкційного зв'язку під прямим кутом до осі Oz .

На перетині побудованих ліній знаходиться шукана проєкція A_2 .

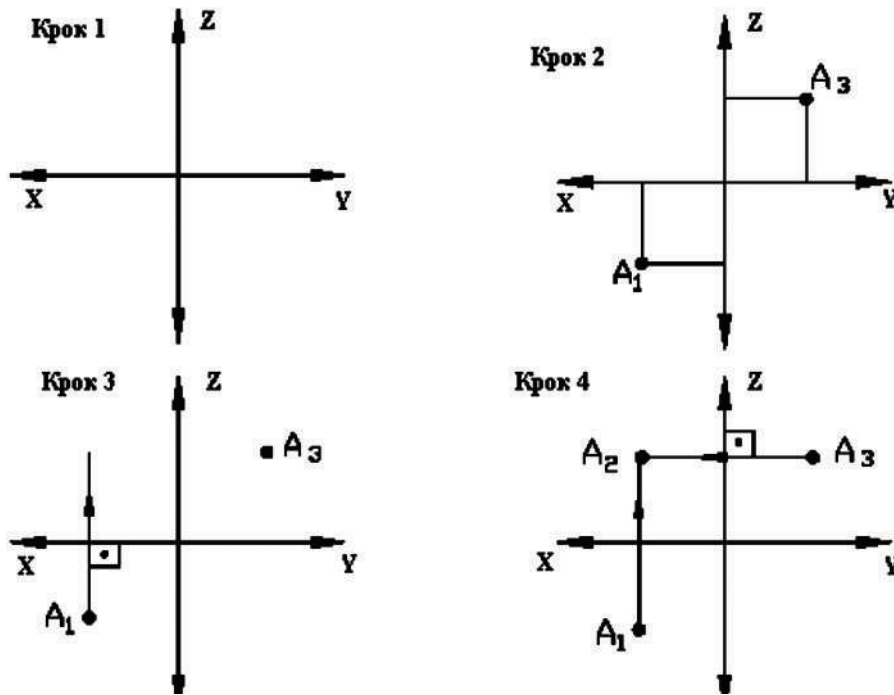


Рис. 1.6

Задачі

1.2.1. Дано: $A(60,30,40)$, $B(50,40,0)$, $C(40,0,30)$, $D(0,50,50)$, $E(30,0,0)$, $K(0,20,0)$, $L(0,0,20)$, $M(20, -20,30)$, $N(10,20, -30)$ і $P(-10,20,30)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції заданих точок.

1.2.2. Дано: горизонтальна $A_1(40,30)$ і фронтальна $A_2(40,20)$ проєкції точки A .

На трикартинному КП побудувати A_3 – профільну проєкцію точки A .

1.2.3. Дано: фронтальна $A_2(30,20)$ і профільна $A_3(40;20)$ проєкції точки A .

На трикартинному КП побудувати A_1 – горизонтальну проєкцію точки A .

1.2.4. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки B , симетричної точці A відносно горизонтальної площини проєкції.

1.2.5. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки B , симетричної точці A відносно фронтальної площини проєкції.

1.2.6. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки B , симетричної точці A відносно профільної площини проєкції.

1.2.7. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки B , симетричної точці A відносно осі OX .

1.2.8. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки В, симетричної точці А відносно осі ОУ.

1.2.9. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки В, симетричної точці А відносно осі ОZ.

1.2.10. Дано: $A(30,40,20)$.

На трикартинному КП побудувати проєкції точки В, симетричної точці А відносно точки О – центра системи площин проєкцій.

1.3. Комплекс проєкцій прямої

Над горизонтальною площиною Π_1 в просторі розташуємо відрізок прямої лінії АВ (рис. 1.7). Для побудови прямокутної проєкції даного відрізка прямої достатньо побудувати прямокутні проєкції його крайніх точок А і В. Провівши проєціюючі прямі з точок А і В до площини Π_1 , маємо точки A_1 і B_1 , з'єднавши які прямою, одержимо проєкцію відрізка прямої на площині $\Pi_1 - A_1B_1$.

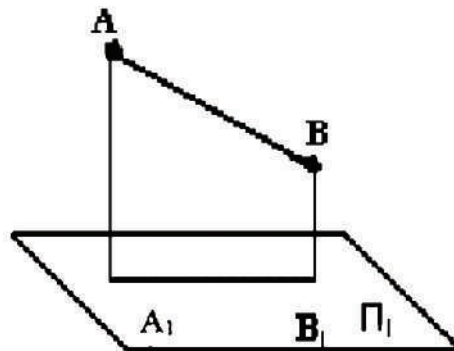


Рис. 1.7

Якщо простежити за побудовою прямокутних проєкцій відрізка на двох і трьох площинах проєкцій, то можна побачити, що побудова цих проєкцій аналогічна побудові проєкцій точки. Вміючи будувати проєкції точок, можна побудувати проєкції прямої (рис. 1.8, а і б).

Як видно з рис.1.8, для побудови креслення прямої треба суміщати площини проєкцій аналогічно суміщенню їх при побудові креслення точки.

Пряма в просторі може бути задана:

- двома точками, що належать даній прямій;
- однією точкою, що належить прямій, і кутами нахилу цієї прямої до площин проєкцій;
- однією точкою, що належить прямій, і умовою паралельності іншій заданій прямій (або площині) або умовою перпендикулярності до заданої площини, або якоюсь іншою додатковою умовою;
- як лінія перетину заданих площин;
- слідами, тобто точками перетину цієї прямої з площинами проєкцій.

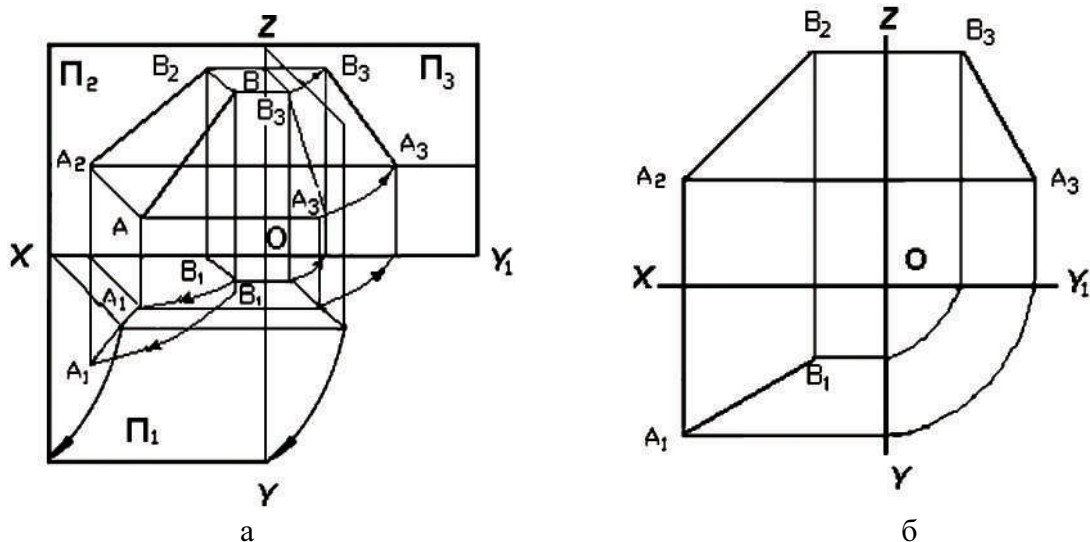


Рис. 1.8

Залежно від розташування прямої відносно площин проекцій розрізняють:

- 1) прямі рівня (прямі, паралельні тільки одній площині проекції):
 - горизонталь (паралельна горизонтальній площині проекції Π_1);
 - фронталь (паралельна фронтальній площині проекції Π_2);
 - профільна пряма (паралельна профільній площині проекції Π_3);
- 2) проєціюючі прямі (прямі, перпендикулярні до площин проекцій):
 - горизонтально-проєціююча (перпендикулярна до горизонтальної площини проекції Π_1);
 - фронтально-проєціююча (перпендикулярна до фронтальної площини проекції Π_2);
 - профільно-проєціююча (перпендикулярна до профільної площини проекції Π_3);
- 3) прямі загального розташування (прямі, не паралельні площинам проекції і не перпендикулярні до них).

Властивості КП прямих частинного розташування:

- фронтальна проекція горизонталі паралельна осі OX , горизонтальна проекція горизонталі проєціюється без спотворення, кут між горизонтальною проекцією горизонталі та віссю OX дорівнює куту нахилу горизонталі до фронтальної площини проекції;
- горизонтальна проекція фронталі паралельна осі OX , фронтальна проекція фронталі проєціюється без спотворення, кут між фронтальною проекцією фронталі та віссю OX дорівнює куту нахилу фронталі до горизонтальної площини проекцій;
- горизонтальна і фронтальна проекції профільної прямої перпендикулярні до осі OX , профільна проекція профільної прямої проєціюється без спотворення, кут між профільною проекцією профільної прямої та віссю OY дорівнює куту нахилу профільної прямої до горизонтальної площини проекції;
- горизонтальна проекція горизонтально-проєціюючої прямої – точка, фронтальна і профільна проекції горизонтально-проєціюючої прямої проєціюються без спотворення і розташовуються паралельно осі OZ ;

- фронтальна проекція фронтально-проєціюючої прямої – точка, горизонтальна і профільна проекції фронтально-проєціюючої прямої перпендикулярні до осей OX і OZ відповідно і проєціюються без спотворення;

- профільна проекція профільно-проєціюючої прямої – точка, а горизонтальна і фронтальна проекції паралельні осі OX і проєціюються без спотворення.

При визначенні натуральної величини відрізка або кутів нахилу прямої загального розташування до площин проекції можна скористатися методом прямокутного трикутника: будується прямокутний трикутник, один катет якого дорівнює якій-небудь проекції заданого відрізка, а другий – різниці відстаней від кінців цього відрізка до тієї ж площини проекції. Гіпотенуза цього трикутника дорівнюватиме натуральній величині відрізка, а кут між гіпотенузою і катетом-проекцією – куту нахилу прямої до цієї площини проекції.

Запитання для самоперевірки

1. Як називаються прямі:
 - а) паралельні площинам проекцій;
 - б) перпендикулярні до площин проекцій?
2. Дайте визначення горизонталі, фронталі та профільної прямої.
3. Як визначити натуральну величину відрізка прямої загального розташування і куту його нахилу до площин проекцій?

Приклад розв'язання задачі

Дано: $A(45,40,5)$ і $B(10,10,30)$.

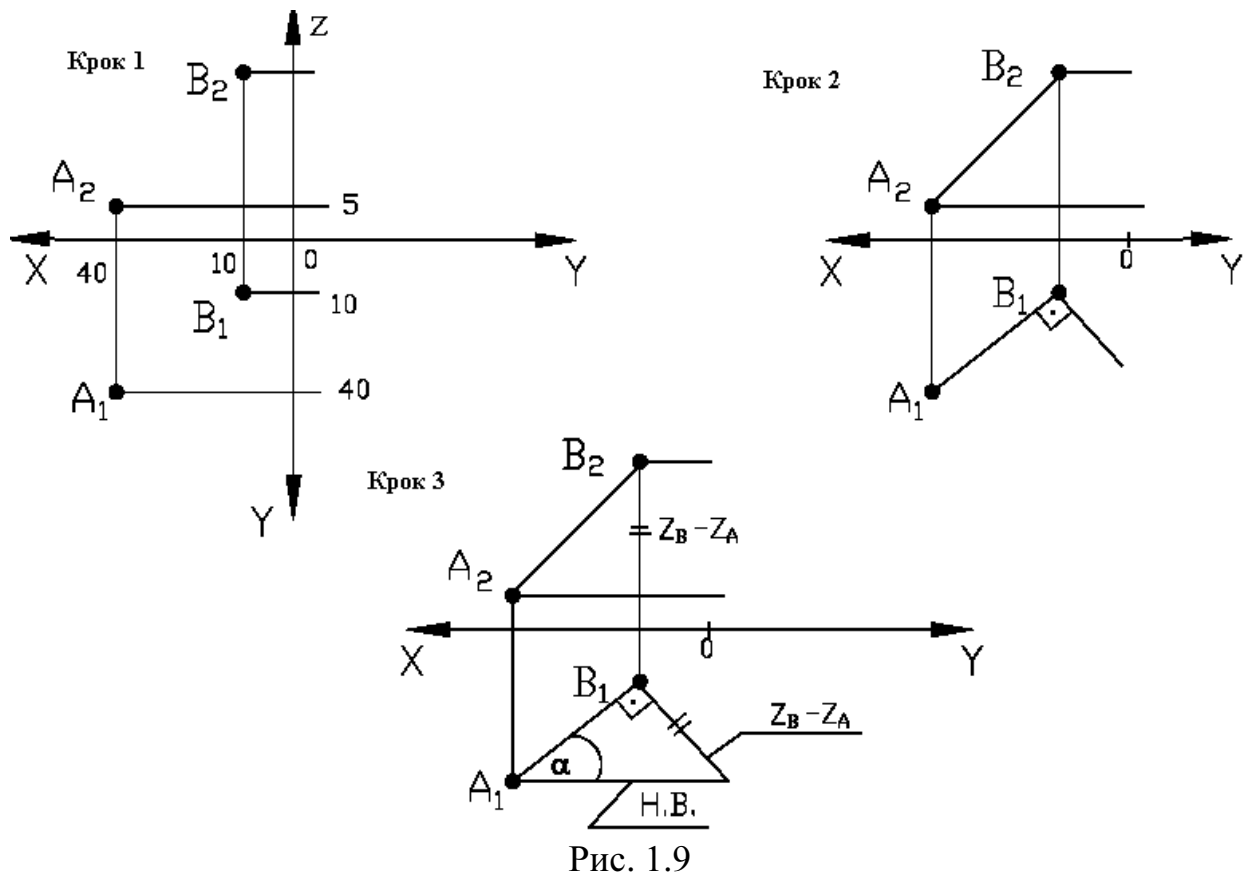
На двокартинному КП визначити відстань між точками A і B , а також кут нахилу (α) відрізка AB до горизонтальної площини проекції (Π_1).

Розв'язання. Оскільки AB – відрізок загального розташування, то натуральна величина відстані між двома точками відповідно до методу прямокутного трикутника визначається довжиною гіпотенузи прямокутного трикутника, одним із катетів якого є горизонтальна проекція відрізка (A_1B_1), а другим – різниця висот до кінців цього відрізка. Для розв'язання задачі необхідно:

– крок 1 – за заданими координатами точок A і B на двокартинному КП побудувати їх проекції (рис. 1.9);

– крок 2 – з точки B_1 на горизонтальній проекції побудувати перпендикуляр до прямої A_1B_1 ;

– крок 3 – на побудованому перпендикулярі відкласти різницю висот $Z_B - Z_A$ для точок A і B (відрізок B_1B).



Гіпотенуза A_1V побудованого трикутника A_1B_1V буде шуканою відстанню, а кут B_1A_1V (між горизонтальною проекцією і гіпотенузою) – кутом нахилу відрізка AB до площини Π_1 .

Задачі

1.3.1. Дано: $A(35,25,15)$.

На двокартинному КП через точку A провести горизонталь під кутом 60° до фронтальної площини проєкції.

1.3.2. Дано: $A(50,40,20)$ і $B(10,10,20)$.

На двокартинному КП визначити відстань між точками A і B .

1.3.3. Дано: $A(40,15,25)$.

На двокартинному КП провести через точку A фронталь під кутом 60° до горизонтальної площини проєкції.

1.3.4. Дано: $A(50,20,40)$ і $B(10,20,10)$.

На двокартинному КП визначити відстань між точками A і B .

1.3.5. Дано: $A(25,30,35)$.

На трикартинному КП через точку A провести профільну пряму під кутом 60° до фронтальної площини проєкції.

1.3.6. Дано: $A(20,20,10)$.

На двокартинному КП через точку A провести відрізок горизонтально-проєціюючої прямої завдовжки 25 мм.

1.3.7. Дано: $A(20,10,20)$.

На двокартинному КП через точку A провести відрізок фронтально-проєціюючої прямої завдовжки 25 мм.

1.3.8. Дано: $A(10,20,20)$.

На трикартинному КП через точку A провести відрізок профільно-проєціюючої прямої завдовжки 25 мм

1.3.9. Дано: $A(50,30,40)$ і $B(10,20,10)$.

На двокартинному КП визначити натуральну величину відрізка AB і кути нахилу цього відрізка до горизонтальної та фронтальної площин проєкцій.

1.3.10. Дано: $A(50,40,30)$ і $B(10,10,...)$.

Побудувати відсутню проєкцію відрізка AB , довжина якого дорівнює 60 мм.

1.3.11. Дано: $A(50,...,30)$ і $B(10,20,10)$.

Побудувати відсутню проєкцію відрізка AB , довжина якого дорівнює 55 мм.

1.3.12. Дано: $A(40,20,10)$.

На двокартинному КП через точку A провести відрізок прямої, що перетинає вісь OZ на відстані 30 мм від горизонтальної площини проєкції.

1.3.13. Дано: $A(40,20,20)$.

На двокартинному КП через точку A провести відрізок прямої, що перетинає вісь OY на відстані 35 мм від фронтальної площини проєкції.

1.3.14. Дано: $A(40,25,25)$.

На трикартинному КП через точку A провести відрізок прямої, що перетинає вісь OX на відстані 10 мм від профільної площини проєкції.

1.3.15. Дано: $A(40,10,25)$ і $B(5,35,10)$.

На двокартинному КП визначити висоту, на якій пряма AB перетинає фронтальну площину проєкції.

1.3.16. Дано: $A(35,20,10)$ і $B(5,30,30)$.

На двокартинному КП визначити глибину, на якій пряма перетинає горизонтальну площину проєкції.

1.4. Взаємне розташування прямої і точки, двох прямих

Точка може належати прямій або розташовуватися поза прямою. Якщо проєкції точки розташовуються на однойменних проєкціях прямої, то точка належить прямій.

За взаємним розташуванням горизонтальних проєкцій точки і прямої можна визначити, де знаходиться точка – перед прямою чи поза нею, а за фронтальними проєкціями – вище чи нижче прямої.

Дві прямі лінії, розташовані в просторі, можуть:

- збігатися;
- розташовуватися паралельно одна одній;

- перетинатися;
- схрещуватися.

Якщо прямі збігаються, то їх однойменні проекції теж збігаються (на підставі властивості про збереження належності при проєціюванні).

Якщо прямі паралельні, то їх однойменні проекції теж паралельні (на підставі властивостей паралельного проєціювання).

Якщо прямі перетинаються, то їх однойменні проекції теж перетинаються. Точка перетину прямих є загальною: вона належить як одній прямій, так і іншій. Проекції точки перетину заданих прямих збігаються з точками перетину проекцій цих прямих і повинні розташовуватися на одній лінії проекційного зв'язку.

Окремим випадком перетинних прямих є прямі, перпендикулярні одна до одної. При побудові таких прямих користуються теоремою про проєціювання прямого кута: *якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкції, а його друга сторона не перпендикулярна до неї, то на цю площину проєкції прямий кут проєціюється без спотворення.*

З цієї теореми виходять практичні рекомендації:

- для побудови перпендикуляра до горизонтальної прямої потрібно горизонтальну проєкцію цього перпендикуляра провести під прямим кутом до горизонтальної проєкції горизонталі;
- для побудови перпендикуляра до фронтальної прямої потрібно фронтальну проєкцію цього перпендикуляра провести під прямим кутом до фронтальної проєкції фронталі.

Перехресні прямі лінії не перетинаються й не паралельні одна одній. однойменні проекції перехресних прямих можуть перетинатися, проте їх точки перетину розташовуватимуться на різних лініях проекційного зв'язку. Точка перетину однойменних проекцій являє собою проекції двох точок, які належать різним перехресним прямим і розташовані на одній проєціюючій прямій. Такі точки називають конкуруючими і їх використовують при визначенні видимості проекцій геометричних об'єктів (ГО).

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть умову належності точки прямій.
2. Назвіть особливості проєціювання паралельних прямих.
3. Які прямі називають перехресними?
4. Які точки називають конкуруючими?

Приклад розв'язання задачі

Дано: $A(60,50,10)$ і $B(10,20,40)$.

На відрізку АВ знайти точку, віддалену на однакову відстань від горизонтальної й фронтальної площин проєкцій.

Розв'язання. Геометричне місце точок, рівновіддалених від площин Π_1 і Π_2 , є бісекторною площиною першої чверті простору, яка на площину Π_3 проєціюється в пряму, що проходить через початок координат під кутом 45°

до осі OZ. Точка перетину профільної проекції заданої прямої A_3B_3 і профільної проекції площини визначає профільну проекцію шуканої точки.

Для розв'язання задачі необхідно:

– крок 1 – зобразити графічно умову задачі на трикартинному КП (рис. 1.10);

– крок 2 – побудувати профільну проекцію бісекторної площини (пряма t_3) і знайти профільну проекцію точки C_3 ;

– крок 3 – провести лінії проекційного зв'язку і визначити фронтальну C_2 й горизонтальну C_1 проекції шуканої точки.

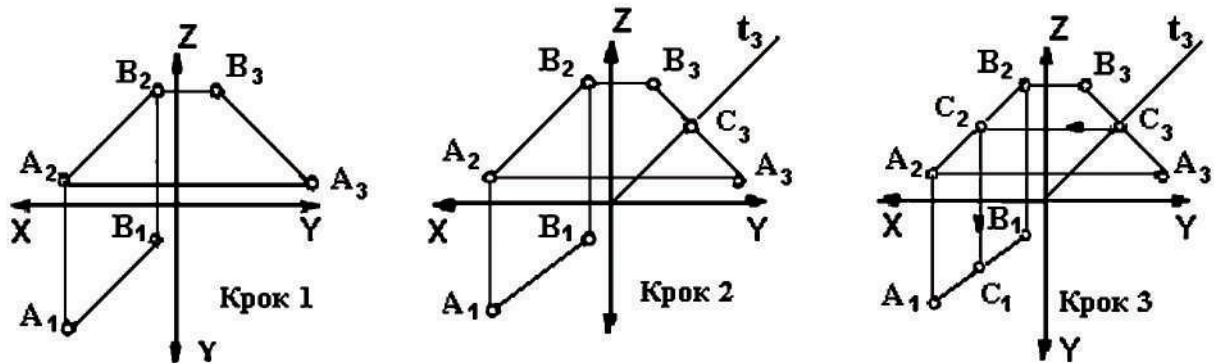


Рис. 1.10

Задачі

1.4.1. Дано: $A(90,40,40)$ і $B(10,20,20)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точок:

- С, віддаленої від профільної площини проекції на 80 мм і розташованої перед прямою АВ;
- D, віддаленої від профільної площини проекції на 70 мм і розташованої за прямою АВ;
- E, віддаленої від профільної площини проекції на 60 мм і розташованої на прямій АВ;
- K, віддаленої від профільної площини проекції на 50 мм і розташованої вище прямої АВ;
- L, віддаленої від профільної площини проекції на 40 мм і розташованої нижче прямої АВ.

1.4.2. Дано: $A(70,50,30)$ і $B(10,10,10)$.

Для двокартинного КП на прямій АВ побудувати точки: С, віддалену від горизонтальної площини проекції на 25 мм; D, віддалену від фронтальної площини проекції на 20 мм.

1.4.3. Дано: $A(60,50,10)$ і $B(10,20,40)$.

На відріжку АВ знайти точку, віддалену на однакову відстань від горизонтальної й фронтальної площин проекцій.

1.4.4. Дано: $A(60,50,10)$ і $B(10,20,40)$.

На відрізку АВ знайти точку, віддалену на однакову відстань від горизонтальної й профільної площин проекцій.

1.4.5. Дано: $A(60,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На відрізку АВ знайти точку, віддалену на однакову відстань від профільної й фронтальної площин проекцій.

1.4.6. Дано: $A(60,40,30)$ і $B(10,10,20)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки С, яка ділить відрізок АВ у відношенні 2:5.

1.4.7. Дано: $A(50,40,20)$ і $B(10,10,20)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки С, яка розташована на прямій АВ і віддалена від точки А на 20 мм.

1.4.8. Дано: $A(50,20,40)$ і $B(10,20,10)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки С, яка розташована на прямій АВ і віддалена від точки А на 20 мм.

1.4.9. Дано: $A(60,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки С, яка розташована на прямій АВ і віддалена від точки А на 30 мм.

1.4.10. Дано: $A(30,25,10)$, $B(30,25,40)$ і $C(15,10,25)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки D, симетричної точці С відносно прямої АВ.

1.4.11. Дано: $A(50,20,20)$, $B(10, \dots, 50)$, $C(30,10,10)$ і $D(10,20, \dots)$.

На двокартинному КП побудувати відсутні проекції паралельних прямих АВ і CD.

1.4.12. Дано: $A(55,10,35)$, $B(10,30,10)$, $C(50,40,15)$ і $D(15,10, \dots)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки D, якщо прямі АВ і CD перехресні. Позначити горизонтально-конкуруючі точки на прямих АВ і CD.

1.4.13. Дано: $A(55,10,35)$, $B(10,30,10)$, $C(50,40,15)$ і $D(15,10, \dots)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки D, якщо прямі АВ і CD перетинаються.

1.4.14. Дано: $A(55,10,10)$, $B(10,30,40)$, $C(50, \dots, 35)$ і $D(15,10,15)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки С, якщо прямі АВ і CD перехресні. Позначити фронтально-конкуруючі точки на прямих АВ і CD.

1.4.15. Дано: $A(55,10,10)$, $B(10,30,40)$, $C(50,\dots,35)$ і $D(15,10,15)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки C , якщо прямою AB і CD перетинаються.

1.4.16. Дано: $A(50,20,10)$, $B(10,5,40)$ і $C(20,20,15)$.

На двокартинному КП через точку C провести пряму, що перетинає пряму AB і вісь OY .

1.4.17. Дано: $A(50,10,10)$, $B(10,30,35)$ і $C(20,10,15)$.

На двокартинному КП через точку C провести пряму, що перетинає пряму AB і вісь OZ .

1.4.18. Дано: $A(15,45,10)$, $B(50,40,25)$ і $C(10,10,25)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки перетину прямої BC з перпендикуляром, проведеним з точки A до прямої BC .

1.4.19. Дано: $A(15,45,10)$, $B(50,40,25)$ і $C(10,10,25)$.

На двокартинному КП визначити натуральну величину відстані від точки A до прямої BC .

1.4.20. Дано: $A(45,25,40)$, $B(50,10,10)$ і $C(10,10,35)$.

На двокартинному КП визначити натуральну величину відстані від точки A до прямої BC і побудувати проекції цієї відстані.

1.4.21. Дано: $A(50,35,25)$, $B(10,10,25)$ і $C(15,35,\dots)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки C , яка віддалена від прямої AB на 25 мм.

1.4.22. Дано: $A(50,35,25)$, $B(10,10,25)$ і $C(15,\dots,45)$.

На двокартинному КП побудувати відсутню проекцію точки C , яка віддалена від прямої AB на 30 мм.

1.5. Комплекс проекцій площини

Площина як ГО – одне з основних понять інженерної графіки. Її можна визначити як найпростішу поверхню, для якої пряма, що проходить через дві точки площини, повністю розташовується в цій площині. Площина нескінченна. Вона ділить простір на дві частини. В технічних застосуваннях мають справу з відсіком площини – частиною площини, обмеженою яким-небудь замкнутим контуром. Площину можна задати різними способами:

- трьома точками, що не лежать на одній прямій;
- прямою і точкою, яка не належить цій прямій;
- двома паралельними прямими;
- двома перетинними прямими;
- плоскою фігурою.

Залежно від розташування заданої площини відносно площин проекцій

розрізняють:

- 1) площини рівня (площини, паралельні площинам проєкцій):
 - горизонтальна (паралельна Π_1) (рис. 1.11,г);
 - фронтальна (паралельна Π_2) (рис. 1.11,д);
 - профільна (паралельна Π_3);
- 2) проєціюючі площини (площини, перпендикулярні тільки до однієї площини проєкції):
 - горизонтально-проєціююча (перпендикулярна тільки до Π_1) (рис. 1.11,а);
 - фронтально-проєціююча (перпендикулярна тільки до Π_2) (рис. 1.11,б);
 - профільно-проєціююча (перпендикулярна тільки до Π_3) (рис. 1.11,в);
- 3) площини загального розташування (не паралельні площинам проєкцій і не перпендикулярні до них).

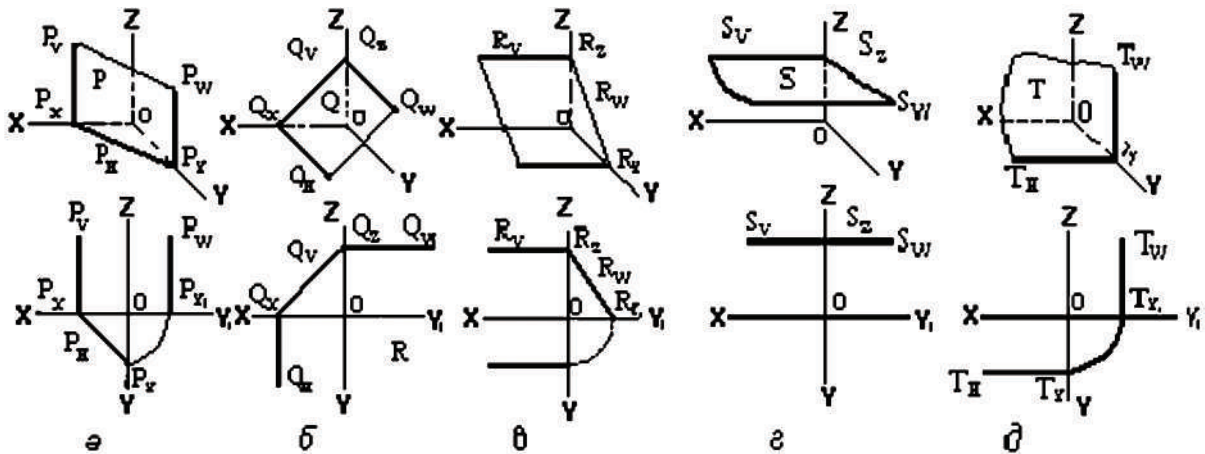


Рис. 1.11

Для побудови проєкцій плоскої фігури, наприклад трикутника (рис. 1.12), потрібно з його вершин А, В і С провести проєціюючі прямі на горизонтальну, фронтальну й профільну площини проєкцій. Побудова проєкцій кожної вершини трикутника зводиться до побудови проєкцій точки. Проєціюючі прямі зустрінуться з горизонтальною, фронтальною й профільною площинами проєкцій відповідно в точках $A_1, B_1, C_1; A_2, B_2, C_2; A_3, B_3, C_3$, що будуть проєкціями вершин А, В, С. З'єднавши послідовно прямокутні проєкції вершин трикутника прямими лініями, одержують контури горизонтальної, фронтальної та профільної проєкцій трикутника, що проєціюється.

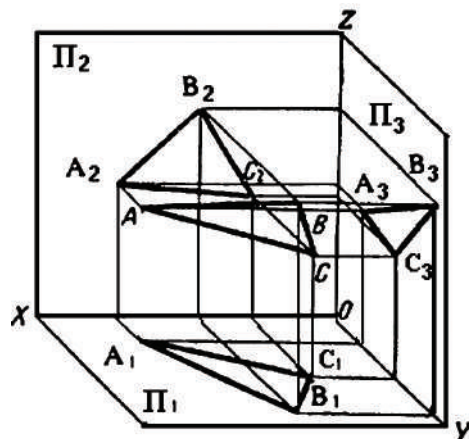


Рис. 1.12

Щоб одержати креслення плоскої фігури, площини проекцій суміщують в одну площину креслення. Тоді на кресленні той же трикутник зобразиться проекціями своїх сторін: горизонтальними A_1B_1 , B_1C_1 , C_1A_1 , фронтальними A_2B_2 , B_2C_2 , C_2A_2 і профільними A_3B_3 , B_3C_3 , C_3A_3 . Таким чином, побудова проекцій плоскої фігури ґрунтується на побудові проекцій точок і відрізків прямих.

Властивості КП площин частинного розташування:

- горизонтальна площина проєціюється на горизонтальну площину проекції без спотворення, а на фронтальну площину проекції – в пряму лінію, паралельну осі OX ;

- фронтальна площина проєціюється на фронтальну площину проекції без спотворення, а на горизонтальну площину проекції – в пряму лінію, паралельну осі OX ;

- профільна площина проєціюється на профільну площину проекції без спотворення, а на горизонтальну й фронтальну площини проекцій – в прямі лінії, перпендикулярні до осі OX ;

- горизонтально-проєціююча площина проєціюється на фронтальну площину проекції із спотворенням, а на горизонтальну площину проекції – в пряму лінію, розташовану під кутом до осі OX , що дорівнює куту нахилу заданої площини до фронтальної площини проекції;

- фронтально-проєціююча площина проєціюється на горизонтальну площину проекції із спотворенням, а на фронтальну площину проекції – в пряму лінію, розташовану під кутом до осі OX , що дорівнює куту нахилу заданої площини до горизонтальної площини проекції;

- профільно-проєціююча площина проєціюється на горизонтальну й фронтальну площини проекцій із спотворенням, а на профільну площину проекції – в пряму лінію, розташовану під кутом до осі OY .

Площина загального розташування проєціюється на всі площини проекцій із спотворенням.

Запитання для самоперевірки

- 1. Назвіть способи задання площини на кресленні.*
- 2. Наведіть класифікацію площин за їх розташуванням відносно площин проекцій.*
- 3. Які площини називають площинами рівня?*
- 4. Які площини називають проєціюючими?*
- 5. Який вигляд матиме горизонтальна проекція горизонтально-проєціюючої площини?*
- 6. Який вигляд матиме фронтальна проекція фронтально-проєціюючої площини?*

Приклад розв'язання задачі

Дано: $A(50,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На двокартинному КП побудувати проєкції точки C , яка віддалена від профільної площини проєкції на 35 мм і належить фронтально-проєціюючій площині ABC . Глибина точки C становить 60 мм.

Розв'язання:

– крок 1 – за заданими координатами точок A і B зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.13);

– крок 2 – оскільки фронтальна проєкція фронтально-проєціюючої площини є прямою лінією, то фронтальна проєкція точки C , що належить площині ABC , лежатиме на цій лінії; для знаходження фронтальної проєкції точки C_2 проводимо пряму, паралельну осі OZ , на відстані 35 мм від неї; на перетині цієї лінії з проєкцією відрізка A_2B_2 знаходимо проєкцію точки C_2 ;

– крок 3 – горизонтальна проєкція C_1 знаходиться на лінії проєкційного зв'язку на відстані 60 мм від осі OX .

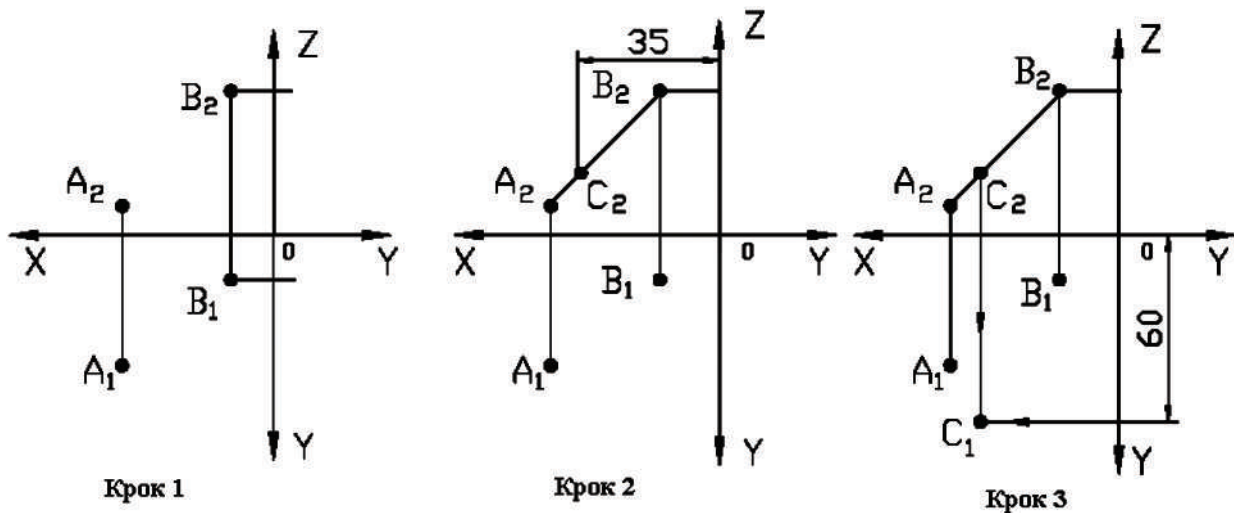


Рис. 1.13

Задачі

1.5.1. Дано: $A(50,10,20)$ і $B(50,40,20)$.

На двокартинному КП побудувати проєкції точки C , яка віддалена від профільної площини проєкції на 35 мм і належить горизонтальній площині ABC .

1.5.2. Дано: $A(50,20,40)$ і $B(10,20,10)$.

На двокартинному КП побудувати проєкції точки C , яка віддалена від профільної площини проєкції на 35 мм і належить фронтальній площині ABC .

1.5.3. Дано: $A(50,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На двокартинному КП побудувати проєкції точки C , яка віддалена від профільної площини проєкції на 35 мм і належить горизонтально-проєціюючій площині ABC .

1.5.4. Дано: $A(50,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На двокартинному КП побудувати проекції точки C , яка віддалена від профільної площини проекції на 35 мм і належить фронтально-проеціюючій площині ABC .

1.5.5. Дано: $A(50,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На трикартинному КП побудувати проекції точки C , яка віддалена від профільної площини проекції на 25 мм і належить профільно-проеціюючій площині ABC .

1.5.6. Дано: $A(50,10,10)$ і $B(10,30,40)$.

На трикартинному КП побудувати проекції точки C , яка віддалена від профільної площини проекції на 35 мм і належить площині загального розташування ABC .

1.6. Взаємне розташування прямої і площини

Можливі такі варіанти розташування прямої відносно площини:

- пряма належить площині;
- пряма паралельна площині;
- пряма перетинає площину.

Якщо дві точки прямої належать площині, то і вся пряма розташована в цій площині.

Якщо в площині можна провести пряму лінію, паралельну заданій прямій, то ця пряма паралельна площині.

Задача про перетин прямої з площиною має особливе значення в інженерній графіці, оскільки є складовою частиною розв'язання багатьох позиційних і метричних задач.

Якщо задана площина є проєціюючою або площиною рівня, то точка її перетину з прямою легко визначається за тією проєкцією, де площина проєціюється в пряму лінію (як точка перетину двох ліній).

Для визначення точки перетину (або точки зустрічі) прямої з площиною загального розташування потрібно:

- через пряму провести допоміжну січну площину (проеціюючу або площину рівня залежно від розташування прямої);
- побудувати лінію перетину допоміжної січної площини із заданою площиною;
- знайти точку перетину побудованої лінії перетину із заданою прямою (обидві лінії розташовані в допоміжній січній площині), яка й буде точкою перетину заданої прямої з площиною.

Велике практичне значення має окремий випадок прямої, що перетинає площину під кутом 90° . Це – пряма, перпендикулярна до площини. Пряма і площина будуть перпендикулярні, якщо в площині можна провести дві перетинні прямі лінії, що перпендикулярні до заданої прямої. З цієї ознаки й теорема про проєціювання прямого кута впливає спосіб побудови прямої, перпендикулярної до заданої площини:

- в заданій площині проводять дві перетинні прямі – горизонталь і

фронталь;

- горизонтальну проекцію шуканої прямої проводять перпендикулярно до горизонтальної проекції горизонталі;

- фронтальну проекцію шуканої прямої проводять перпендикулярно до фронтальної проекції фронталі.

Для побудови площини, перпендикулярної до заданої прямої, потрібно цю площину задати горизонталлю і фронталлю, які проходять через задану точку, причому горизонтальну проекцію горизонталі побудувати перпендикулярно до горизонтальної проекції заданої прямої, а фронтальну проекцію фронталі – перпендикулярно до фронтальної проекції заданої прямої.

Запитання для самоперевірки

1. За яких умов пряма належить площині?
2. Дайте визначення горизонталі, фронталі й профільної прямої площини.
3. Наведіть ознаки паралельності прямої та площини, двох площин.
4. Сформулюйте ознаку перпендикулярності прямої та площини.
5. Запишіть алгоритм знаходження точки зустрічі прямої та площини.

Приклади розв'язання задач

Задача № 1

Дано: $A(60,10,30)$, $B(30,40,50)$ і $C(10,25,10)$.

На двокартинному КП побудувати фронталь, що належить площині ABC і проходить на відстані 20 мм від фронтальної площини проєкцій.

Розв'язання:

– крок 1 – за координатами точок зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.14);

– крок 2 – на відстані 20 мм від осі проєкцій OX проводимо паралельно осі OX горизонтальну проєкцію фронталі f_1 , яка в точках M і N перетинає прямі AB і BC, і знаходимо горизонтальні проєкції цих точок: N_1 і M_1 .

– крок 3 – для знаходження фронтальних проєкцій точок M_2 і N_2 проводимо відповідні лінії проєкційного зв'язку; з'єднавши проєкції M_2 і N_2 прямою лінією, будемо фронтальну проєкцію f_2 фронталі площини.

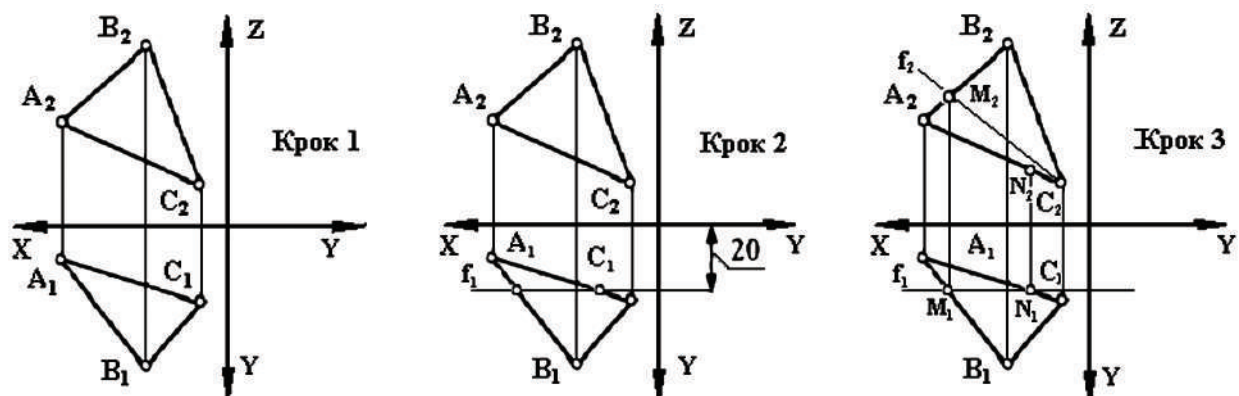


Рис. 1.14

Задача № 2

Дано: $A(65,40,25)$, $B(40,15,45)$, $C(15,15,5)$.

Через точку P , що належить площині ABC і розташована на відстані 30 мм від фронтальної площини проєкцій і 45 мм від профільної, провести пряму, перпендикулярну до площини ABC .

Розв'язання. Пряма перпендикулярна до площини, якщо її горизонтальна проєкція перпендикулярна до горизонтальної проєкції горизонталі площини, а фронтальна проєкція перпендикулярна до фронтальної проєкції фронталі площини. Таким чином, розв'язуємо задачу за таким алгоритмом:

- крок 1 – зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.15);
- крок 2 – будемо проєкції фронталі, що належить заданій площині і віддалена на 30 мм від фронтальної площини проєкцій (детальну побудову наведено в задачі № 1 даного підрозділу);
- крок 3 – будемо проєкції точки P : горизонтальна проєкція P_1 розташована на фронталі f_1 на відстані 45 мм від профільної площини проєкції; фронтальну проєкцію P_2 будемо за належністю, для чого проводимо вертикальну лінію проєкційного зв'язку до перетину з f_2 ;
- крок 4 – через точку P проводимо горизонталь, що належить заданій площині (h_1 і h_2 – проєкції горизонталі);
- крок 5 – проводячи m_2 перпендикулярно до f_2 і m_1 перпендикулярно до h_1 , знаходимо проєкції прямої m , що проходить через точку P перпендикулярно до площини ABC .

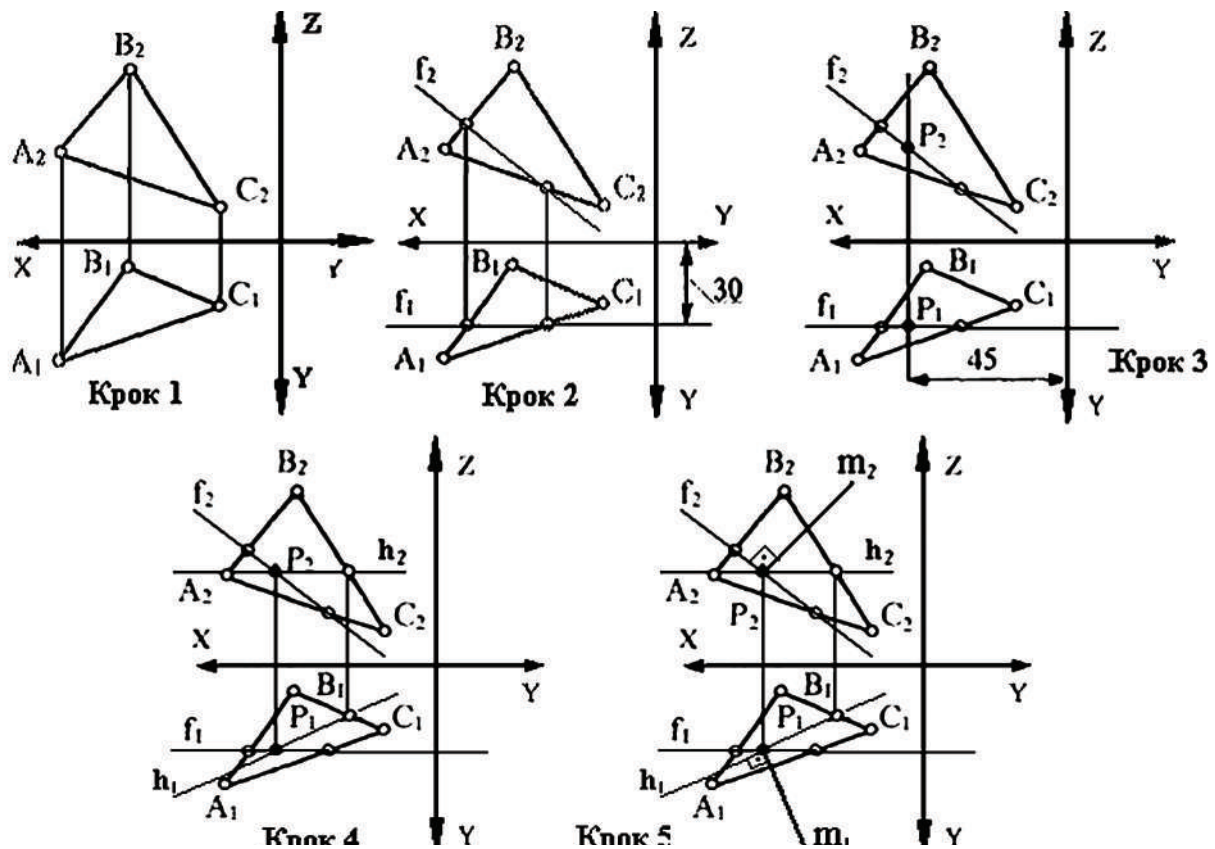


Рис. 1.15

Задача № 3

Дано: $A(70,25,20)$, $B(30,40,50)$, $C(20,10,10)$ і $M(60,15,40)$, $N(10,40,15)$.

Побудувати точку перетину прямої MN з площиною ABC і визначити видимість проєкцій.

Розв'язання.

Крок 1. Зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.16).

Крок 2. Через задану пряму MN проводимо допоміжну січну площину Ψ (фронтально-проєціюючу). Будуємо лінію перетину PS допоміжної площини Ψ із заданою площиною ABC за точками: P – точка перетину прямої AB з площиною Ψ ; S – точка перетину прямої BC з площиною Ψ . Знаходимо точку перетину T заданої прямої MN з побудованою лінією перетину PS , яка і буде точкою перетину прямої MN з площиною ABC .

Крок 3. Видимість на фронтальній проєкції визначаємо за допомогою фронтально-конкуруючих точок S і K . Точка K належить прямій MN , а точка S – прямій BC . На горизонтальній проєкції видно, що точка K (а отже, й пряма MN) розташовується перед точкою S (а отже, перед прямою BC , яка належить площині ABC). Таким чином, відрізок K_2T_2 – видимий, оскільки він розташовується перед площиною ABC .

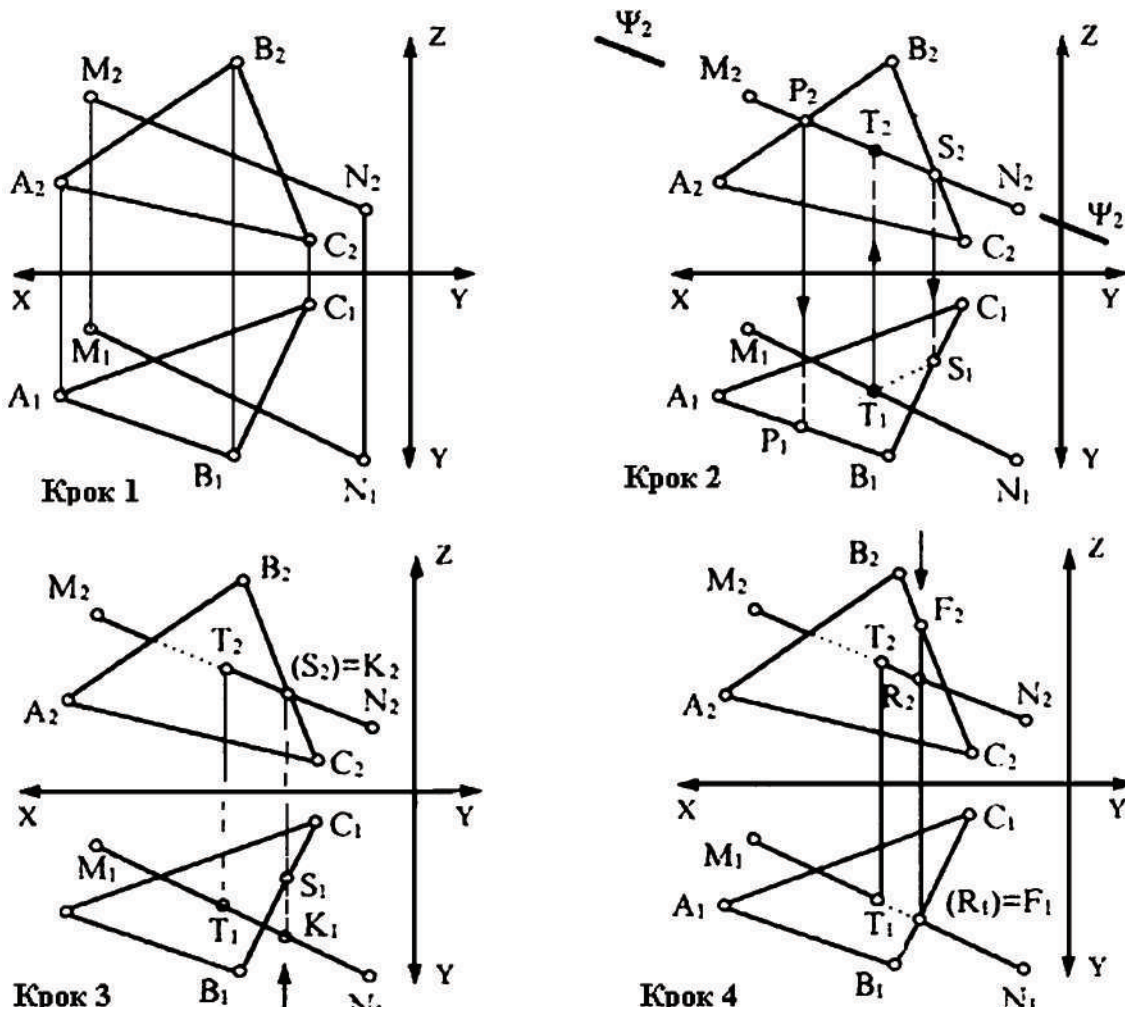


Рис. 1.16

Крок 4. Видимість на горизонтальній проекції визначаємо за допомогою горизонтально-конкуруючих точок R і F . Точка R належить прямій MN , а точка F – прямій BC . На фронтальній проекції видно, що точка R (а отже, й пряма MN) розташовується нижче точки F (а отже, під прямою BC , яка належить площині ABC). Таким чином, відрізок R_1T_1 – невидимий, оскільки він розташовується під площиною ABC .

Задачі

(усі побудови виконувати на двокартинному КП)

1.6.1. Дано: $A(60,10,30)$, $B(30,40,50)$ і $C(10,25,10)$.

Побудувати лінії рівня, що належать площині ABC .

1.6.2. Дано: $A(60,20,20)$, $B(25,10,5)$, $C(10,30,55)$ і $D(45,55,40)$.

Перевірити належність заданих точок одній площині.

1.6.3. Дано: $A(75,30,25)$, $B(65,65,50)$, $C(25, \dots, 45)$, $D(10, \dots, 30)$ і $E(40,10,5)$.

Побудувати відсутню проекцію плоского багатокутника.

1.6.4. Дано: $A(65,40,15)$, $B(35,55,40)$, $C(20,10,5)$, $K(45, \dots, 20)$ і $M(5,20, \dots)$.

Побудувати проекції прямої KM , яка належить площині ABC .

1.6.5. Дано: $A(90, \dots, 10)$, $B(50, \dots, 50)$, $C(65, \dots, 5)$, $K(35,20,40)$, $L(5,5,45)$, $M(40,35,25)$ і $N(10,20,30)$.

Побудувати відсутню проекцію трикутника ABC , який належить площині, заданій паралельними прямими KL і MN .

1.6.6. Дано: $A(90,65,35)$, $B(65, \dots, 15)$, $C(25, \dots, 45)$, $D(50,10,5)$, $E(10,35,35)$, $K(20,5, \dots)$.

Побудувати відсутні проекції прямих AK і BC , якщо прямі AK , BC і DE розташовані в одній площині.

1.6.7. Дано: $A(90,25,25)$, $B(40,45,45)$, $C(60,10,5)$, $K(30,30,15)$ і $M(10,25,40)$.

Визначити, чи паралельна пряма KM площині ABC .

1.6.8. Дано: $A(90,25,25)$, $B(40,45,45)$, $C(60,10,5)$, $K(35, \dots, 10)$ і $M(10, \dots, 35)$.

Побудувати відсутню проекцію прямої KM , якщо відомо, що пряма KM паралельна площині ABC .

1.6.9. Дано: $A(70,20,25)$, $B(50,10,10)$, $C(35,10,15)$, $D(10,30,25)$ і $K(40,25,30)$.

Через точку K провести площину, паралельну заданим прямим AB і CD .

1.6.10. Дано: $A(55,10,35)$, $B(40,45,25)$, $C(10,15,5)$ і $K(60,30,5)$, $M(5,20,35)$.

Побудувати точку перетину (точку зустрічі) прямої KM з фронтально-проєціюючою площиною ABC . Визначити видимість.

1.6.11. Дано: $A(65,10,20)$, $B(45,30,35)$, $C(20,5,5)$ і $K(10,10,30)$, $M(10,50,30)$.

Побудувати точку перетину (точку зустрічі) площини ABC з фронтально-проєціюючою прямою KM . Визначити видимість.

1.6.12. Дано: $A(60,5,20)$, $B(30,40,40)$, $C(10,15,5)$ і $K(55,20,10)$, $M(5,25,25)$.

Побудувати точку перетину (точку зустрічі) площини ABC з прямою

КМ. Визначити видимість.

1.6.13. Дано: $A(70,10,20)$, $B(25,20,40)$, $C(50,30,10)$, $D(5,40,30)$ і $K(60,45,35)$, $M(15,5,15)$.

Побудувати точку перетину (точку зустрічі) прямої КМ з площиною, заданою паралельними прямими АВ і CD. Визначити видимість.

1.6.14. Дано: $A(65,40,25)$, $B(40,5,45)$, $C(15,15,5)$ і $P(10,50,50)$.

Через точку Р провести пряму, перпендикулярну до площини ABC.

1.6.15. Дано: $A(60,35,35)$, $B(30,15,15)$ і $C(25,40,30)$.

Через точку В провести площину, перпендикулярну до прямої АВ.

1.6.16. Дано: $A(80,15,15)$ і $B(20,75,75)$.

Побудувати геометричне місце точок, віддалених на однакову відстань від кінців відрізка АВ.

1.7. Взаємне розташування площин

Дві площини в просторі можуть:

- збігатися;
- розташовуватися паралельно одна одній;
- перетинатися.

Якщо три точки однієї площини, що не лежать на одній прямій, належать другій площині, то ці площини збігаються.

Якщо дві перетинні прямі однієї площини відповідно паралельні двом перетинним прямим, що лежать в іншій площині, то такі площини паралельні одна одній.

Лінією перетину двох площин є пряма, для побудови якої достатньо визначити дві точки, спільні для обох площин, або одну точку і напрям лінії перетину площин.

Якщо одна з площин, що перетинаються, – проєціююча, то спільні точки легко визначаються як точки перетину двох прямих, які лежать у площині загального розташування.

У загальному випадку, коли обидві площини – площини загального розташування, необхідно:

- провести дві допоміжні січні площини (проєціюючі або рівня);
- визначити лінію перетину першої допоміжної січної площини із заданими площинами;
- знайти точку перетину побудованих ліній перетину – це буде перша спільна точка заданих площин;
- визначити лінію перетину другої допоміжної січної площини із заданими площинами;
- знайти точку перетину побудованих ліній перетину – це буде друга спільна точка заданих площин;
- побудувати лінію перетину заданих площин, з'єднавши першу і другу спільні точки цих площин.

У деяких випадках побудова спрощується, якщо допоміжні проєціюючі площини проводити через прямі, якими задані площини.

Слід відмітити особливий випадок розташування площин, коли площини перетинаються під прямим кутом. Дві площини будуть взаємно перпендикулярні, якщо одна з них містить пряму, перпендикулярну до іншої площини. Через довільну точку можна провести безліч площин (в'язку площин), які будуть перпендикулярні до заданої площини.

Задача про побудову взаємно перпендикулярних площин зводиться зрештою до задачі про побудову прямої, перпендикулярної до заданої площини, або до задачі про побудову площини, перпендикулярної до заданої прямої. Ці задачі було розглянуто в попередньому підрозділі. Для отримання єдиного розв'язку окрім умови перпендикулярності площин потрібно задавати яку-небудь додаткову умову.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте умову збігу двох площин.
2. Сформулюйте умову паралельності площин.
3. Сформулюйте умову перпендикулярності площин.
4. Побудуйте лінію перетину площини загального розташування з проєціюючою площиною.
5. Запишіть алгоритм знаходження лінії перетину двох площин загального розташування.

Приклад розв'язання задачі

Дано : $A(70, 20, 15)$, $B(45, 30, 30)$ і $O(60, 15, 10)$, $D(35, 25, 25)$; $K(20, 25, 30)$, $L(5, 15, 10)$ і $M(25, 20, 25)$, $N(10, 10, 5)$.

На двокартинному КП побудувати проєкції лінії перетину площин, заданих паралельними прямими ($AB \parallel CD$) і ($KL \parallel MN$).

Розв'язання. Оскільки лінія перетину двох площин – це пряма, то для її побудови достатньо визначити дві точки, які будуть спільними для заданих площин, і провести через них пряму. Оскільки обидві задані площини є площинами загального розташування, використаємо вищенаведений алгоритм (розв'язання) із застосуванням допоміжних січних площин:

Крок 1. За заданими координатами точок зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.17).

Крок 2. Проводимо допоміжну січну площину Ψ (фронтально-проєціюючу). Для спрощення побудов пров'яємо цю площину через існуючу точку A . Будуємо AE – лінію перетину допоміжної площини Ψ із заданою площиною ($AB \parallel CD$). Будуємо FH – лінію перетину тієї ж допоміжної площини Ψ із заданою площиною ($KL \parallel MN$). Побудовані лінії перетину AE і FH розташовуються в одній площині Ψ , і якщо вони не паралельні, то перетинаються. Визначаємо точку перетину цих ліній – R , яка і буде першою спільною точкою, що належить як заданій площині ($AB \parallel CD$), так і площині ($KL \parallel MN$). Дійсно, R належить лініям перетину AE і FH , а лінії перетину належать заданим площинам.

Крок 3. Для визначення другої спільної точки S пров'яємо другу допо-

допоміжну січну площину Ω (фронтально-проєціюючу). Для спрощення побудов проводимо її паралельно площині Ψ . Тоді для побудови лінії перетину допоміжної площини Ω із заданою площиною ($AB \parallel CD$) достатньо знайти точку T і провести через неї пряму, паралельну вже побудованій лінії перетину. Аналогічно (за допомогою точки P) будуюмо лінію перетину допоміжної площини Ω із заданою площиною ($KL \parallel MN$). На перетині цих ліній буде розташована друга спільна точка – S .

Крок 4. Через точки R і S проводимо пряму, яка і буде лінією перетину заданих площин ($AB \parallel CD$) і ($KL \parallel MN$).

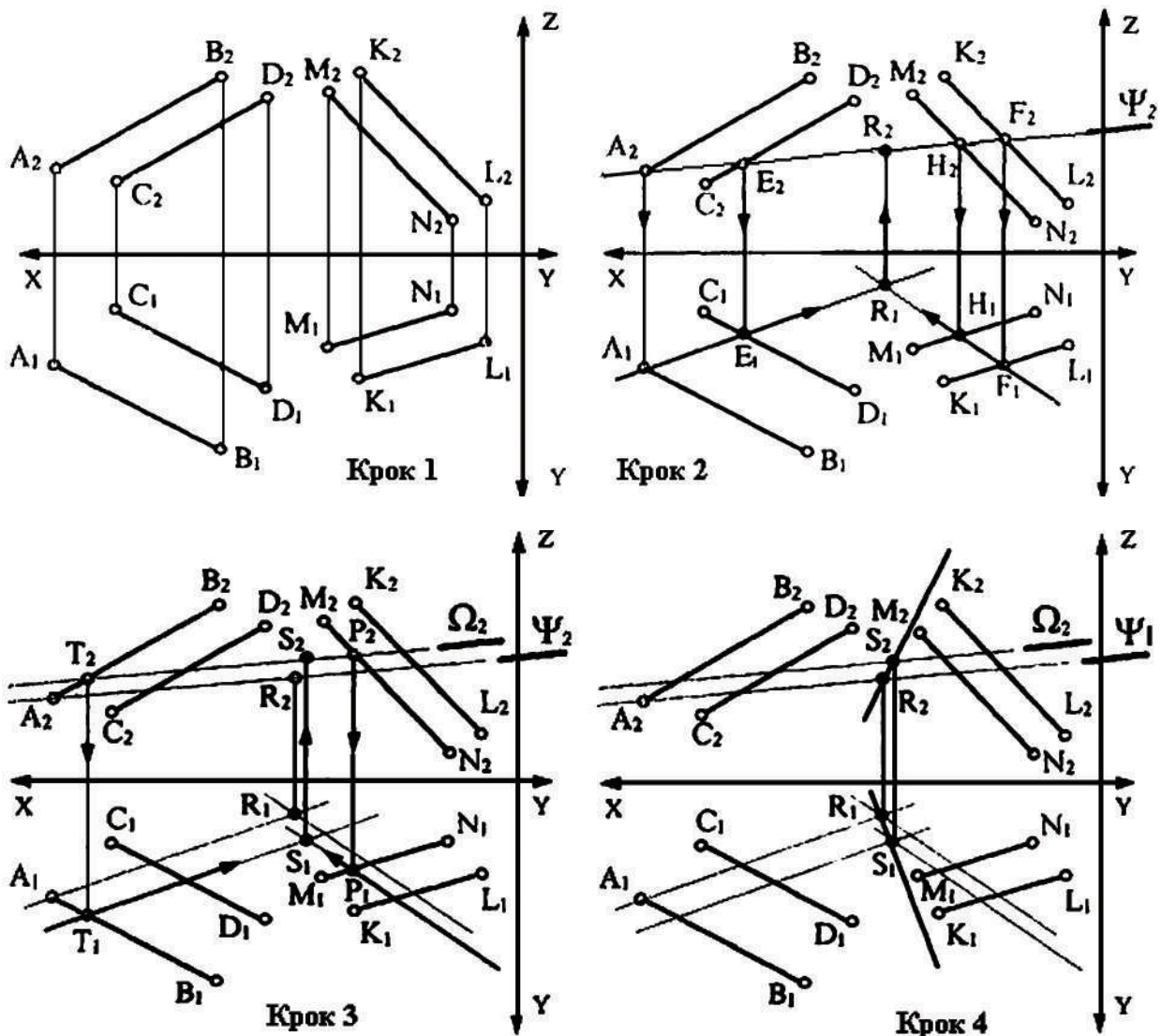


Рис. 1.17

Задачі

(усі побудови виконувати на двокартинному КП)

1.7.1. Дано: $A(80,15,20)$, $B(60,35,30)$, $C(35,5,5)$ і $K(10,40,35)$.

Через точку K провести площину, паралельну заданій площині ABC .

1.7.2. Дано: $A(45, \dots, 35)$, $B(10, \dots, 30)$, $C(30, 15, 10)$ і $K(90, 20, 25)$, $M(60, 45, 45)$, $N(50, 10, 5)$.

Побудувати відсутню проекцію трикутника ABC за умови, що площина трикутника ABC паралельна заданій площині KMN.

1.7.3. Дано: A(125,35,25), B(90,60,5) і C(110,5,40), D(75,30,20), M(55,30,10), N(35,10,35), L(10,55,20) і K(65,60,50).

Через точку K провести площину, перпендикулярну до двох заданих площин MNL і ABCD і задану двома паралельними прямими AB і CD.

1.7.4. Дано: A(10,30,20), B(35,50,55) і C(95,35,35), D(75,10,55), E(50,25,10).

Через задану пряму AB провести площину, перпендикулярну до площини CDE.

1.7.5. Дано: A(60,30,35), B(10,...,45), C(30,5,5).

Побудувати відсутню проекцію вершини B рівнобедреного трикутника ABC з основою AC.

1.7.6. Дано: A(65,25,10), B(35,50,30), C(20,10,40) і K(55,25,35), L(25,50,15), M(10,20,5).

Побудувати проекції лінії перетину фронтально-проєціюючих площин ABC і KLM. Визначити видимість.

1.7.7. Дано: A(65,5,25), B(50,15,50), C(20,35,15) і K(55,40,5), L(40,30,45), M(16,10,25).

Побудувати проекції лінії перетину горизонтально-проєціюючих площин ABC і KLM. Визначити видимість.

1.7.8. Дано: A(50,20,45), B(5,15,30), C(25,50,5) і K(75,20,20), L(55,55,30), M(15,5,50).

Побудувати проекції лінії перетину фронтально-проєціюючої площини KLM з площиною ABC. Визначити видимість.

1.7.9. Дано: A(65,25,35), B(40,5,45), C(25,50,15) і K(60,45,20), L(0,15,50), M(20,25,5).

Побудувати проекції лінії перетину горизонтально-проєціюючої площини KLM з площиною ABC. Визначити видимість.

1.7.10. Дано: A(115,20,20), B(90,0,50), C(70,50,5) і K(60,20,10), L(30,45,50), M(5,10,35).

Побудувати проекції лінії перетину заданих площин KLM і ABC. Визначити видимість.

1.7.11. Дано: A(75,30,30), B(50,5,55), C(20,55,10) і K(65,50,10), L(30,55,50), M(5,5,30).

Побудувати проекції лінії перетину заданих площин KLM і ABC. Визначити видимість.

1.8. Комплекс проєкцій багатогранника

Багатогранник – це просторовий ГО, обмежений багатогранною поверхнею, яка складається з плоских багатокутників, що називаються гранями. Грані перетинаються по прямих лініях – ребрах, а ребра перетинаються в точках – вершинах. Сукупність ребер і вершин називають сіткою. Для задання багатогранника на КП достатньо задати проєкції його сітки.

Якщо всі вершини і ребра багатогранника розташовані з одного боку від площини будь-якої з його граней, то багатогранник називають опуклим. Правильність побудови проєкцій опуклого багатогранника, які будуються за проєкціями його вершин і ребер, можна перевірити за формулою Ейлера $G + B - P = 2$, де G – кількість граней; B – кількість вершин; P – кількість ребер.

Видимість ребер на проєкціях багатогранника визначають за допомогою конкуруючих точок.

Проєкції точок, що належать грані багатогранної поверхні, визначають через проєкції допоміжних прямих, які проходять через ці точки й розташовані на заданій грані.

Найпоширеніші багатогранники – це призми й піраміди. Пірамідальною називається така багатогранна поверхня, всі ребра якої перетинаються в одній точці – вершині. Відсік пірамідальної поверхні, обмежений площиною, яка перетинає всі ребра, утворює піраміду. Таким чином, одна грань піраміди (основа) – це плоский багатокутник, а решта граней (бічні) – це трикутники зі спільною вершиною. Піраміда називається правильною, якщо її основа – правильний багатокутник, а висота піраміди (перпендикуляр з вершини до основи) проходить через центр основи.

Припустимо, що всередині тригранного кута, утвореного площинами проєкцій Π_1 , Π_2 і Π_3 , розташована правильна чотиригранна піраміда (рис. 1.18, а). Її основа паралельна площині проєкцій Π_1 , а сторони основи паралельні площинам Π_2 і Π_3 . Побудову починають із зображення фронтальної проєкції піраміди на площині Π_2 . Для цього з вершини S піраміди і вершин A , B , C та D її основи опускають перпендикуляри на площину Π_2 .

У точках зустрічі перпендикулярів з площиною Π_2 одержують фронтальні прямокутні проєкції вершини піраміди (S_2) і вершин її основи (A_2, B_2, C_2 і D_2). При цьому вершини A і D основи, розташовані на лінії, перпендикулярній до площини Π_2 , проєціюються в одну точку $A_2 = D_2$, а вершини C та B основи – у точку $C_2 = B_2$.

З'єднавши проєкції точок прямими лініями, одержують фронтальну прямокутну проєкцію піраміди, що на кресленні матиме вигляд рівнобедреного трикутника $D_2(A_2)S_2C_2(B_2)$. Проєкції сторін основи піраміди D_1C_1 і A_1B_1 збігаються в одну пряму $D_2C_2(A_2B_2)$, проєкції чотирьох ребер піраміди S_1A_1 , S_1B_1 , S_1C_1 , S_1D_1 також збігаються попарно в дві прямі лінії $D_2(A_2)S_2$ і $C_2(B_2)S_2$.

Починаючи побудову горизонтальної проєкції піраміди, опускають перпендикуляри з вершини піраміди і вершин її основи на площину Π_1 до зустрічі з нею, в результаті чого одержують горизонтальні прямокутні проєкції зазначених точок, тобто точки A_1, B_1, C_1 і D_1 .

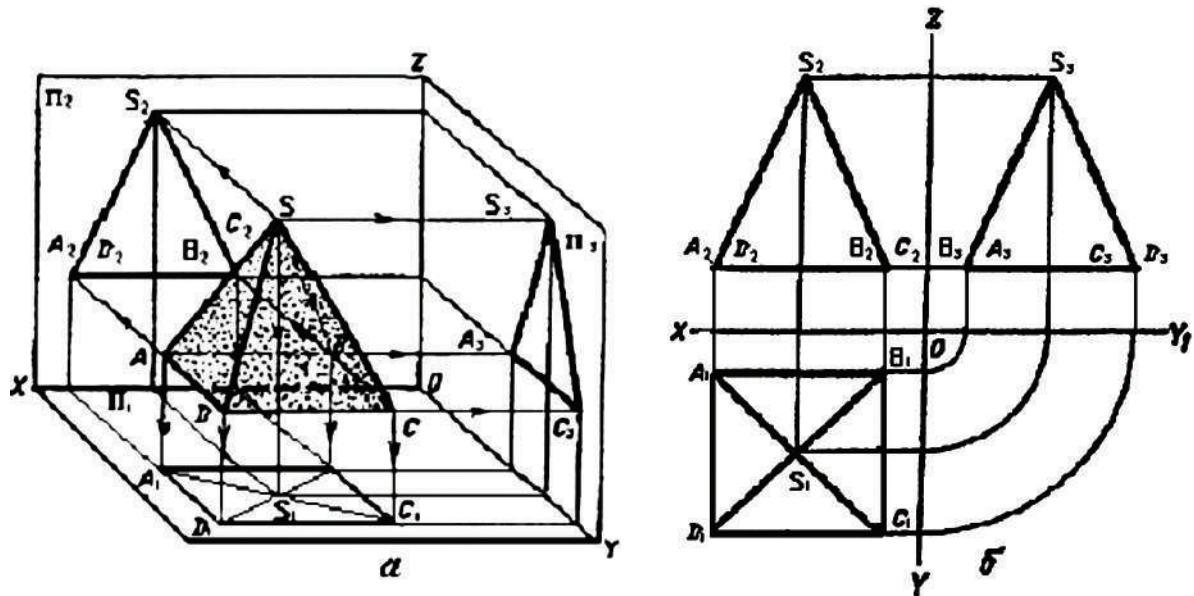


Рис. 1.18

З'єднавши ці точки між собою і з точкою S (горизонтальною проекцією вершини піраміди), одержують горизонтальну прямокутну проекцію піраміди.

Таким же шляхом проєціюють піраміду на профільну площину проєкцій Π_3 . При цьому одержують профільну проекцію піраміди у вигляді рівнобедреного трикутника $A_3(B_3)S_3D_3(C_3)$. Сумістивши площини проєкцій Π_1 і Π_3 із площиною Π_2 , одержують креслення піраміди (рис. 1.18,б). Аналогічно будують прямокутні проєкції й інших геометричних тіл.

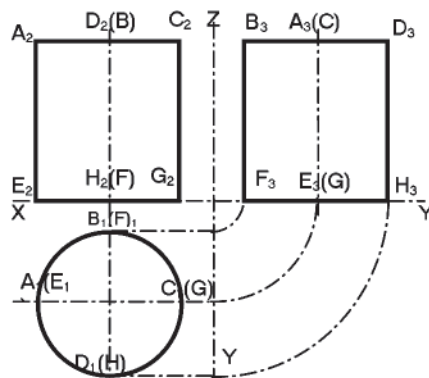


Рис. 1.19

На рис. 1.19 показано три проєкції прямого кругового циліндра, основа якого розташована в горизонтальній площині проєкцій Π_1 . Горизонтальна проєкція циліндра являє собою коло з таким же діаметром, що й основа циліндра, а фронтальна і профільна проєкції – однакові прямокутники, висота яких дорівнює висоті циліндра, а ширина – діаметру його основи.

Три проєкції прямого кругового конуса, основа якого розташована в горизонтальній площині проєкцій Π_1 , зображено на рис. 1.20, а. На кресленні видно, що горизонтальна проєкція конуса являє собою коло, а фронтальна й профільна – однакові рівнобедрені трикутники з висотою, яка дорівнює ви-

соті конуса, й основою, що дорівнює діаметру основи конуса.

На рис. 1.20, б показано три проекції кулі, кожна з яких є колом з діаметром, що дорівнює діаметру кулі.

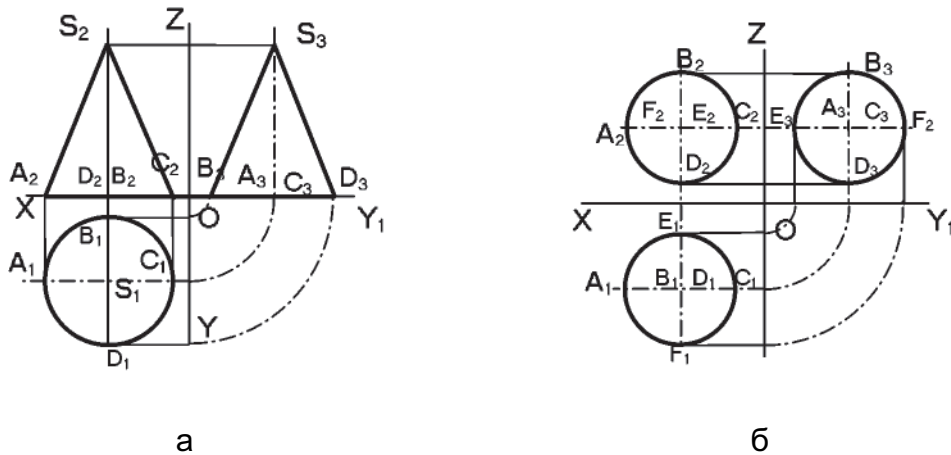


Рис. 1.20

Призматичну поверхню можна розглядати як окремий випадок пірамідальної поверхні, коли її вершина віддалена на нескінченність, а отже, ребра, що сходяться в ній, паралельні. Відсік призматичної поверхні, обмежений двома паралельними площинами, утворює призму. Таким чином, у призми дві грані (основи) – це однакові плоскі багатокутники, а решта граней (бічні) – це паралелограми. Призму називають прямою, якщо її бічні ребра перпендикулярні до основи.

Запитання для самоперевірки

1. Як утворюється поверхня багатогранника?
2. Що таке каркас багатогранника?
3. Чим задається поверхня багатогранника на комплексі проєкцій?
4. Наведіть приклади багатогранників.

Приклад розв'язання задачі

Дано: піраміда $SABCD$ з вершиною в точці $S(30,30,45)$ і основою $ABCD$ ($A(70,35,0)$, $B(55,15,0)$, $C(5,5,0)$, $D(25,55,0)$).

На двокартинному КП побудувати проєкції піраміди, визначити видимість ребер, побудувати відсутню проєкцію точки $K(40, \dots, 15)$, що належить грані ASD .

Розв'язання.

Крок 1. Зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.21). За заданими координатами X і Z точки K будемо її фронтальну проєкцію – точку K_2 . Оскільки ребро BS розташовується за гранню ASD , то на фронтальній проєкції воно буде невидимим.

Крок 2. Для знаходження горизонтальної проєкції точки K в площині грані ASD будемо пряму m , що проходить через вершину S і точку K . Для

побудови фронтальної проекції цієї прямої достатньо провести пряму m_2 через точки S_2 і K_2 до перетину зі стороною основи A_2D_2 в точці F_2 . Для побудови горизонтальної проекції цієї прямої m_1 знаходимо горизонтальну проекцію точки F_1 і з'єднуємо її з горизонтальною проекцією вершини S_1 .

Оскільки точка K належить прямій m , то її горизонтальна проекція K_1 розташовується на перетині горизонтальної проекції прямої m_1 з вертикальною лінією проекційного зв'язку від точки K_2 .

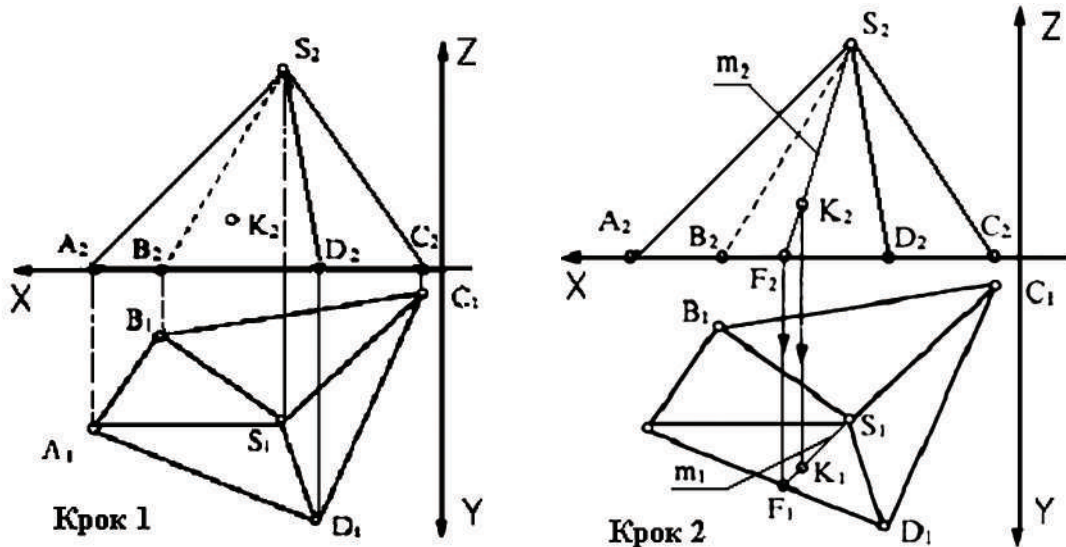


Рис. 1.21

Задачі

1.8.1. Дано: піраміда $SABCD$ з вершиною в точці $S(30,30,45)$ і основою $ABCD$ ($A(70,35,0)$, $B(55,15,0)$, $C(5,5,0)$, $D(25,55,0)$).

На двокартинному КП побудувати проекції піраміди, визначити видимість ребер, побудувати відсутні проекції точок $K(20, \dots, 15)$ і $M(35, 20, \dots)$, що належать поверхні піраміди.

1.8.2. Дано: піраміда $SABCDE$ з вершиною в точці $S(5,55,60)$ і основою $ABCDE$ ($A(70,35,0)$, $B(50,5,0)$, $C(10,15,0)$, $D(15,35,0)$, $E(55,60,0)$).

На двокартинному КП побудувати проекції піраміди $SABCDE$, визначити видимість ребер, побудувати проекції піраміди $S'ABCDE$, об'єм якої відноситься до об'єму заданої піраміди як $5 : 7$.

1.8.3. Дано: вершини нижньої основи трикутної похилої призми розташовані в точках $A(85,40,0)$, $B(65,15,0)$ і $C(50,35,0)$, а в точці $A'(40,60,50)$ розташована вершина верхньої основи, що належить бічному ребру AA_1 .

На трикартинному КП побудувати проекції призми й визначити видимість ребер. Побудувати відсутні проекції точки $K(55,45, \dots)$, що належить поверхні призми.

1.8.4. Дано: вершини нижньої основи трикутної похилої призми розташовані в точках $A(85,45,0)$, $B(65,10,0)$ і $C(50,35,0)$, а бічне ребро є фронтальною, яка розташована під кутом 60° до горизонтальної площини проєкцій.

На трикартинному КП побудувати проєкції призми й визначити види-мість ребер, якщо висота призми дорівнює 50 мм.

1.9. Перетворення комплексу проєкцій

Розв'язання позиційних (на взаємне розташування геометричних об'єктів) і метричних (з визначення відстаней і кутів) задач значно спрощується, якщо ГО розташовується відносно площин проєкцій паралельно або перпендикулярно. Основні задачі, які розв'язуються перетворенням КП:

- переведення прямої загального розташування в пряму рівня, а потім в проєціюючу пряму;

- переведення площини загального розташування в проєціюючу площину, а потім в площину рівня.

Для переведення ГО в інше положення необхідно змінити взаємне розташування об'єкта й площин проєкцій, що можна виконати по-різному:

- переміщенням ГО при незмінному розташуванні площин проєкцій;

- переміщенням площин проєкцій при збереженні просторового розташування ГО.

Успішне використання методів перетворення КП базується на знанні КП прямих і площин частинного розташування. Незалежно від методу перетворення КП для переведення прямої загального розташування в пряму рівня або площини загального розташування в проєціюючу площину необхідно виконати одне перетворення, а для переведення прямої загального розташування в проєціюючу пряму або площини загального розташування в площину рівня – два перетворення.

Заміна площин проєкцій

При використанні методу заміни площин проєкцій ГО не змінює свого розташування в просторі, а площини проєкцій переміщуються в нове місцерозташування, при якому ГО розташований перпендикулярно до нових площин проєкцій або паралельно їм. Нові площини проєкцій вибирають так, щоб вони були перпендикулярні до колишніх (незмінних), завдяки чому одна координата не змінюється і може бути перенесена із колишньої площини проєкції в нову.

На рис. 1.22 замість фронтальної площини Π_2 вибрано нову фронтальну площину Π_2^A , перпендикулярну до горизонтальної площини Π_1 , яка не змінюється. При такій заміні координата Z зберігається, що й використовується при побудові КП.

Одночасно (за одну заміну) можна змінити тільки одну площину проєкції. Якщо цього буде недостатньо, то після першої заміни можна виконати заміну другої площини проєкції. Через незмінну площину проєкції здійснюється зв'язок між колишньою проєкцією й новою. Оскільки осі КП є лініями перетину площин проєкцій (наприклад, вісь OX – лінія перетину горизонтальної Π_1 і фронтальної Π_2 площин проєкцій), то при переміщенні площини проєкції в нове розташування змінюється й розташування осей.

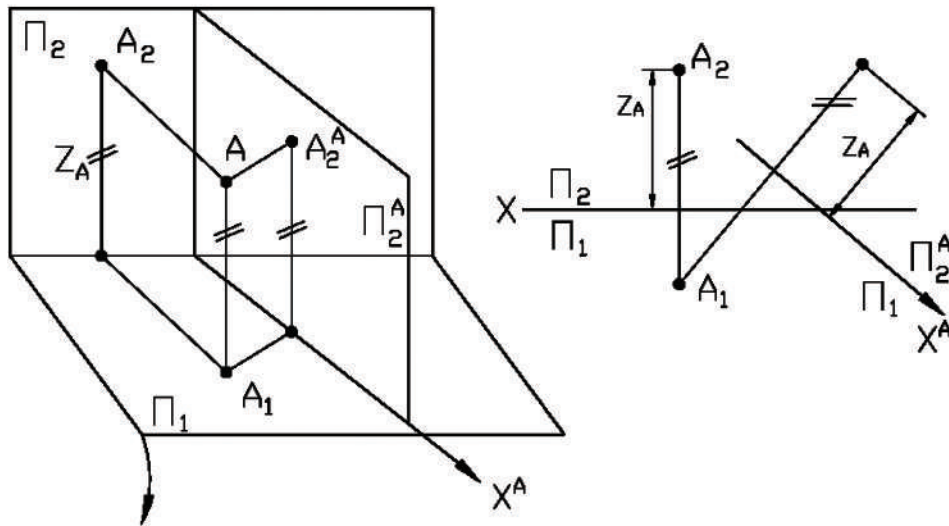


Рис. 1.22

Рекомендації щодо вибору нового розташування осі OX для основних задач:

- для переведення прямої загального розташування в горизонталь нову вісь OX проводять паралельно фронтальній проекції заданої прямої, а для переведення у фронталь – паралельно горизонтальній проекції;
- для одержання горизонтально-проєціюючої прямої пряму загального розташування спочатку переводять у фронталь, а потім нову вісь OX проводять перпендикулярно до нової фронтальної проекції заданої прямої;
- для отримання фронтально-проєціюючої прямої пряму загального розташування спочатку переводять в горизонталь, а потім нову вісь OX проводять перпендикулярно до нової горизонтальної проекції заданої прямої;
- для переведення площини загального розташування в горизонтально-проєціюючу площину нову вісь OX проводять перпендикулярно фронтальній проекції фронталі, розташованій в заданій площині, а для переведення у фронтально-проєціюючу площину – перпендикулярно до горизонтальної проекції горизонталі, що належить заданій площині;
- для отримання горизонтальної площини площину загального розташування спочатку переводять у фронтально-проєціюючу площину, а потім нову вісь OX проводять паралельно новій фронтальній проекції заданої площини;
- для одержання фронтальної площини площину загального розташування спочатку переводять в горизонтально-проєціюючу площину, а потім нову вісь OX проводять паралельно новій горизонтальній проекції заданої площини.

Послідовність розв'язання задач методом заміни площин проекцій для двокартинного КП:

- вирішують питання про те, в яке частинне розташування потрібно перевести ГО;
- визначають кількість необхідних для цього заміні;
- відповідно до КП прямих і площин частинного розташування вибирають нове розташування осі OX ;

- проводять лінії проєкційного зв'язку від характерних точок незмінної проєкції перпендикулярно до нової осі OX ;
- на лініях проєкційного зв'язку відкладають незмінну координату колишньої проєкції;
- по цих точках будують змінну проєкцію ΓO на новій площині проєкції.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте основні задачі, що розв'язуються перетворенням КП.
2. Як можна змінити взаємне розташування об'єкта і площин проєкцій?
3. Чому за одну заміну не можна змінити розташування двох площин проєкцій?
4. Зобразіть КП прямих і площин частинного розташування і на їх основі сформулюйте рекомендації щодо вибору нового розташування осі OX для розв'язання основних задач.
5. Яка послідовність розв'язання задач методом заміни площин проєкцій?

Приклади розв'язання задач

Задача № 1

Дано: відрізок прямої, кінці якого розташовані в точках $A(60,10,10)$ і $B(10,40,25)$.

На двокартинному КП замінити площини проєкції так, щоб перевести заданий відрізок AB (загального розташування) у фронтально-проєціююче розташування.

Розв'язання. Оскільки для переведення прямої загального розташування в проєціюючу пряму необхідно виконати два перетворення комплексу проєкцій, то спочатку переводимо задану пряму із загального в горизонтальне розташування, а потім з горизонтального у фронтально-проєціююче.

Крок 1. Зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.23).

Крок 2. Відповідно до рекомендацій, наведених у даному підрозділі, нову вісь $O^A X^A$ проводимо паралельно фронтальній проєкції заданої прямої $A_2 B_2$ (тобто замінюємо колишню горизонтальну площину проєкції Π_1 на нову Π_1^A , а фронтальна площина проєкції Π_2 залишається колишньою). В новій системі площин проєкцій $\Pi_1^A \Pi_2$ будемо нові горизонтальні проєкції точок A_1^A і B_1^A . Для цього проводимо лінії проєкційного зв'язку (перпендикулярно до нової осі $O^A X^A$) і відкладаємо на них координату Y (яка не змінюється) точок A і B , виміряну в колишній системі площин проєкцій $\Pi_1 \Pi_2$. З'єднавши ці точки, одержуємо нову горизонтальну проєкцію $A_1^A B_1^A$ заданого відрізка AB , який в системі площин проєкцій $\Pi_1^A \Pi_2$ розташовується горизонтально.

Крок 3. Відповідно до рекомендацій, наведених у даному підрозділі, нову вісь $O^B X^B$ проводимо перпендикулярно до нової горизонтальної проєкції заданої прямої $A_1^A B_1^A$ і на лінії проєкційного зв'язку (перпендикулярній до нової осі $O^B X^B$) відкладаємо координату Z (яка не змінюється) точок A і B , виміряну в системі площин проєкцій $\Pi_1^A \Pi_2$.

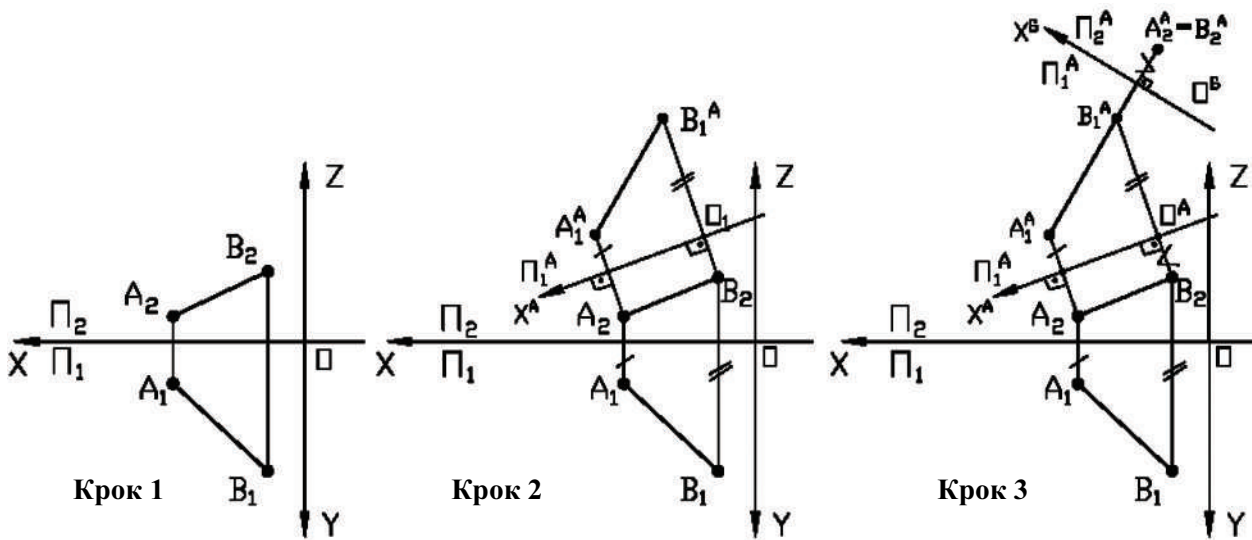


Рис. 1.23

Задача № 2

Дано: трикутник ABC, вершини якого розташовуються в точках $A(60,10,10)$, $B(10,40,25)$ і $C(10,40,25)$.

На двокартинному КП замінити площини проєкцій так, щоб перевести заданий трикутник ABC (загального розташування) в горизонтальне розташування.

Розв'язання. Оскільки для переведення площини загального розташування в площину рівня необхідно виконати два перетворення комплексу проєкцій, то спочатку переводимо задану площину із загального розташування у фронтально-проєціююче, а потім у горизонтальне.

Крок 1. Зобразимо графічно умову задачі (рис. 1.24).

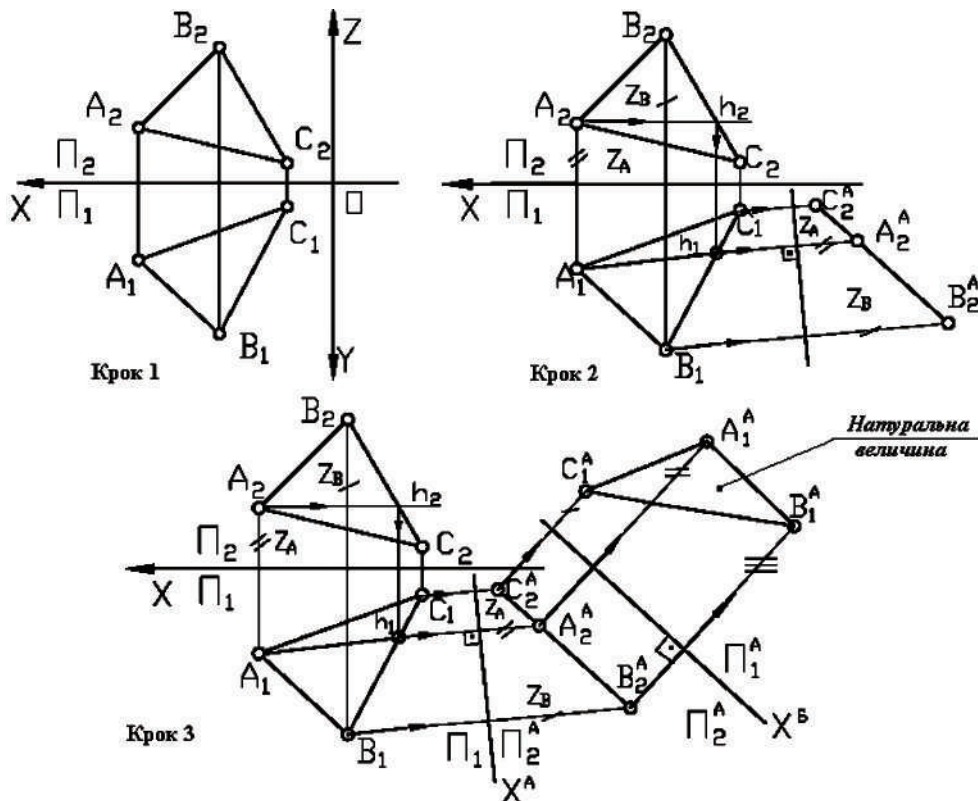


Рис. 1.24

Крок 2. Для переведення площини загального розташування у фронтально-проєціюючу площину нову вісь $OX (X^A)$ проводимо перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі h_1 , що належить заданій площині ABC . Потім на лініях проєкційного зв'язку відкладаємо незмінні координати (Z_A і Z_B) заданих точок. Нова фронтальна проєкція C_2^A точки C визначається з умови її належності лінії проєкційного зв'язку та прямої $B_2^A A_2^A$.

Крок 3. Щоб отримати горизонтальну площину з фронтально-проєціюючої, нову вісь $OX (X^B)$ проводимо паралельно фронтальній проєкції площини, а потім на лініях проєкційного зв'язку відкладаємо незмінні координати (Y) вершин трикутника. Одержуємо неспотворену проєкцію $A_1^A B_1^A C_1^A$, яка зображує натуральну величину заданого трикутника ABC ($\Delta A_1^A B_1^A C_1^A = \Delta ABC$).

Задачі

(усі побудови виконувати на двокартинному КП)

1.9.1. Дано: $A(40,10,40)$ і $B(10,30,10)$.

Замінити площину проєкції так, щоб пряма AB в новій системі площин проєкцій стала горизонталлю.

1.9.2. Дано: $A(40,40,10)$ і $B(10,10,30)$.

Замінити площину проєкції так, щоб пряма AB в новій системі площин проєкцій стала фронталлю.

1.9.3. Дано: $A(40,20,10)$ і $B(10,5,30)$.

Замінити площини проєкції так, щоб пряма AB в новій системі площин проєкцій стала горизонтально-проєціюючою.

1.9.4. Дано: $A(70,15,10)$, $B(50,30,40)$ і $C(10,5,10)$.

Замінити площину проєкції так, щоб площина ABC в новій системі площин проєкцій стала горизонтально-проєціюючою.

1.9.5. Дано: $A(60,10,25)$, $B(30,35,40)$ і $C(10,10,10)$.

Замінити площини проєкції так, щоб площина ABC в новій системі площин проєкцій стала горизонтальною.

1.9.6. Дано: $A(35,25,30)$ і $B(10,5,\dots)$.

Побудувати відсутню проєкцію відрізка прямої AB , якщо його довжина дорівнює 35 мм.

1.9.7. Дано: $A(35,\dots,25)$ і $B(10,20,5)$.

Побудувати відсутню проєкцію відрізка прямої AB , якщо його довжина дорівнює 35 мм.

1.9.8. Дано: $A(50,30,10)$, $B(20,10,45)$ і $C(5,15,15)$.

Побудувати проєкції й визначити натуральну величину відстані від точки C до прямої AB .

1.9.9. Дано: $A(40,40,5)$, $B(10,10,20)$ і $C(20,\dots,5)$.

Побудувати відсутню проекцію точки C , віддаленої від прямої AB на 20 мм.

1.9.10. Дано: призма з трикутною основою ABC , вершини якої розташовані в точках $A(70,30,30)$, $B(45,5,45)$, $C(55,15,15)$, $A'(30,30,20)$, $B'(5,5,35)$ і $C'(15,15,5)$.

Замінити площину проекції так, щоб площина основи заданої призми $ABCA'B'C'$ стала фронтальною.

1.9.11. Дано: $A(50,20,30)$, $B(10,10,20)$, $C(40,25,10)$, $D(20,35,45)$.

На заданій прямій AB знайти точки, віддалені від прямої CD на 20 мм.

1.10. Контрольне завдання

1. На папері в клітинку (шкільний зошит) розв'язати по дві задачі (згідно з варіантом) з кожної розглянутої теми (підрозд.1.2 – 1.9) (табл. 1.1).

2. Розв'язати такі задачі:

Задача № 1. Дано відсік площини, обмежений трикутником ABC , і точка D . Визначити натуральну величину відстані від точки D до площини ABC .

Задача № 2. Дано відсік площини, обмежений трикутником ABC . Через вершину B трикутника ABC провести площину BMN , перпендикулярну до сторони AC , і побудувати лінію перетину відсіків площин ABC і BMN . Визначити видимість.

Пункт 2 завдання виконати олівцем на одному аркуші формату $A3$ (420×297) у масштабі 2:1. Значення координат точок A , B , C , D для свого варіанта контрольного завдання вибрати з табл. 1.2. Приклад розв'язання задач №1 і 2 наведено на рис. 1.25.

При розв'язанні задачі № 2 площину BMN задати лініями рівня (горизонталлю і фронталлю), на яких самостійно вибрати точки M , N і з'єднати їх. При визначенні лінії перетину відсіків площин використати допоміжні січні площини (проеціюючі).

Визначення видимості зображень на площинах проекцій виконати за допомогою конкуруючих точок.

Таблиця 1.1

		Задачі									
Номер варіанга		1.2.1,1.2.5	1.3.1, 1.3.10	1.4.10, 1.4.15	1.5.1, 1.5.6	1.6.1, 1.6.8	1.7.1, 1.7.6	1.8.1, 1.8.4			
1		1.2.1,1.2.5	1.3.1, 1.3.10	1.4.10, 1.4.15	1.5.1, 1.5.6	1.6.1, 1.6.8	1.7.1, 1.7.6	1.8.1, 1.8.4			
2		1.2.2,1.2.6	1.3.2, 1.3.7	1.4.11, 1.4.16	1.5.2, 1.5.5	1.6.2, 1.6.9	1.7.2, 1.7.7	1.8.2, 1.8.3			
3		1.2.3, 1.2.7	1.3.3, 1.3.5	1.4.12, 1.4.17	1.5.3, 1.5.4	1.6.3, 1.6.10	1.7.3, 1.7.8	1.8.1, 1.8.3			
4		1.2.4, 1.2.8	1.3.4, 1.3.7	1.4.13, 1.4.18	1.5.4, 1.5.3	1.6.4, 1.6.11	1.7.4, 1.7.9	1.8.2, 1.8.4			
5		1.2.5, 1.2.9	1.3.1, 1.3.5	1.4.14, 1.4.19	1.5.5, 1.5.2	1.6.5, 1.6.12	1.7.5, 1.7.10	1.8.1, 1.8.2			
6		1.2.6, 1.2.10	1.3.9, 1.3.6	1.4.15, 1.4.20	1.5.6, 1.5.1	1.6.6, 1.6.13	1.7.6, 1.7.11	1.8.3, 1.8.4			
7		1.2.7, 1.2.1	1.3.2, 1.3.7	1.4.16, 1.4.21	1.5.1, 1.5.5	1.6.7, 1.6.14	1.7.7, 1.7.1	1.8.1, 1.8.4			
8		1.2.8, 1.2.2	1.3.3, 1.3.5	1.4.17, 1.4.22	1.5.2, 1.5.4	1.6.8, 1.6.15	1.7.8, 1.7.2	1.8.2, 1.8.3			
9		1.2.9, 1.2.3	1.3.4, 1.3.7	1.4.18, 1.4.10	1.5.3, 1.5.6	1.6.9, 1.6.16	1.7.9, 1.7.3	1.8.1, 1.8.3			
10		1.2.10, 1.2.4	1.3.8, 1.3.5	1.4.19, 1.4.11	1.5.1, 1.5.5	1.6.1, 1.6.8	1.7.10, 1.7.4	1.8.2, 1.8.4			
11		1.2.5, 1.2.8	1.3.1, 1.3.6	1.4.20, 1.4.12	1.5.2, 1.5.6	1.6.2, 1.6.9	1.7.11, 1.7.5	1.8.1, 1.8.2			
12		1.2.1, 1.2.5	1.3.2, 1.3.7	1.4.21, 1.4.13	1.5.1, 1.5.6	1.6.3, 1.6.10	1.7.1, 1.7.2	1.8.3, 1.8.4			
13		1.2.2, 1.2.6	1.3.3, 1.3.5	1.4.10, 1.4.15	1.5.2, 1.5.5	1.6.4, 1.6.11	1.7.4, 1.7.5	1.8.1, 1.8.4			
14		1.2.3, 1.2.7	1.3.4, 1.3.7	1.4.11, 1.4.16	1.5.3, 1.5.4	1.6.5, 1.6.12	1.7.7, 1.7.8	1.8.2, 1.8.3			
15		1.2.4, 1.2.8	1.3.1, 1.3.5	1.4.12, 1.4.17	1.5.4, 1.5.3	1.6.9, 1.6.16	1.7.10, 1.7.11	1.8.1, 1.8.3			
16		1.2.5, 1.2.9	1.3.1, 1.3.6	1.4.13, 1.4.18	1.5.5, 1.5.2	1.6.1, 1.6.8	1.7.1, 1.7.4	1.8.2, 1.8.4			
17		1.2.6, 1.2.10	1.3.2, 1.3.7	1.4.14, 1.4.19	1.5.6, 1.5.1	1.6.2, 1.6.9	1.7.2, 1.7.5	1.8.1, 1.8.2			
18		1.2.7, 1.2.1	1.3.3, 1.3.8	1.4.15, 1.4.20	1.5.1, 1.5.5	1.6.6, 1.6.13	1.7.3, 1.7.6	1.8.3, 1.8.4			
19		1.2.8, 1.2.2	1.3.4, 1.3.7	1.4.16, 1.4.21	1.5.2, 1.5.4	1.6.7, 1.6.14	1.7.7, 1.7.9	1.8.1, 1.8.4			
20		1.2.9, 1.2.3	1.3.10, 1.3.5	1.4.17, 1.4.22	1.5.3, 1.5.6	1.6.8, 1.6.15	1.7.4, 1.7.6	1.8.2, 1.8.3			
21		1.2.10, 1.2.4	1.3.4, 1.3.9	1.4.18, 1.4.10	1.5.1, 1.5.5	1.6.9, 1.6.16	1.7.2, 1.7.8	1.8.1, 1.8.3			
22		1.2.5, 1.2.8	1.3.1, 1.3.6	1.4.10, 1.4.15	1.5.1, 1.5.5	1.6.4, 1.6.11	1.7.7, 1.7.1	1.8.1, 1.8.4			
23		1.2.1, 1.2.5	1.3.2, 1.3.7	1.4.11, 1.4.16	1.5.2, 1.5.6	1.6.5, 1.6.12	1.7.8, 1.7.2	1.8.2, 1.8.3			
24		1.2.2, 1.2.6	1.3.3, 1.3.5	1.4.12, 1.4.17	1.5.1, 1.5.6	1.6.9, 1.6.16	1.7.9, 1.7.3	1.8.1, 1.8.3			
25		1.2.3, 1.2.7	1.3.4, 1.3.7	1.4.13, 1.4.18	1.5.2, 1.5.5	1.6.1, 1.6.8	1.7.10, 1.7.4	1.8.2, 1.8.4			
26		1.2.4, 1.2.8	1.3.1, 1.3.5	1.4.14, 1.4.19	1.5.3, 1.5.4	1.6.2, 1.6.9	1.7.11, 1.7.5	1.8.1, 1.8.2			
27		1.2.5, 1.2.9	1.3.1, 1.3.6	1.4.15, 1.4.20	1.5.4, 1.5.3	1.6.6, 1.6.13	1.7.1, 1.7.2	1.8.3, 1.8.4			
28		1.2.6, 1.2.10	1.3.2, 1.3.7	1.4.16, 1.4.21	1.5.5, 1.5.2	1.6.7, 1.6.14	1.7.4, 1.7.5	1.8.1, 1.8.4			
29		1.2.7, 1.2.1	1.3.3, 1.3.5	1.4.17, 1.4.22	1.5.6, 1.5.1	1.6.8, 1.6.15	1.7.7, 1.7.8	1.8.2, 1.8.3			
30		1.2.8, 1.2.2	1.3.4, 1.3.7	1.4.18, 1.4.10	1.5.1, 1.5.5	1.6.9, 1.6.16	1.7.10, 1.7.11	1.8.1, 1.8.3			

Таблиця 1.2

Номер варіанта	Точки	Координати			Номер варіанта	Точки	Координати			Номер варіанта	Точки	Координати		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	11	A	80	20	10	21	A	60	10	60
	B	10	20	0		B	45	0	70		B	45	55	15
	C	0	60	60		C	0	45	40		C	0	25	5
	D	35	70	5		D	10	0	15		D	10	55	45
2	A	70	0	60	12	A	65	20	55	22	A	60	20	65
	B	45	50	10		B	25	5	5		B	45	50	20
	C	0	20	10		C	0	50	25		C	5	10	10
	D	20	50	55		D	60	55	10		D	70	10	20
3	A	70	60	45	13	A	75	5	25	23	A	65	0	15
	B	40	0	55		B	35	55	65		B	40	55	0
	C	0	45	10		C	0	25	0		C	0	10	40
	D	65	15	0		D	65	55	0		D	55	50	60
4	A	65	20	0	14	A	80	0	40	24	A	60	30	65
	B	40	5	55		B	0	20	70		B	45	60	10
	C	0	50	5		C	30	45	0		C	5	20	10
	D	70	65	5		D	70	55	65		D	75		15
5	A	60	60	10	15	A	70	10	20	25	A	75	25	0
	B	45	15	55		B	50	45	50		B	30	50	5
	C	0	5	25		C	0	25	10		C	10	20	60
	D	10	45	55		D	60	55	0		D	60	55	55
6	A	60	65	20	16	A	65	20	10	26	A	80	10	20
	B	45	20	50		B	10	0	20		B	45	70	0
	C	5	10	10		C	0	60	60		C	0	40	45
	D	70	20	10		D	35	5	75		D	10	15	0
7	A	65	15	0	17	A	70	60	0	27	A	65	55	20
	B	40	0	55		B	45	10	50		B	25	5	5
	C	0	40	10		C	0	10	20		C	0	25	50
	D	55	60	50		D	20	55	50		D	60	10	55
8	A	60	65	30	18	A	70	45	60	28	A	75	25	5
	B	45	10	60		B	40	55	0		B	35	65	55
	C	5	10	20		C	0	10	45		C	0	0	25
	D	75	15	10		D	65	0	15		D	65	0	55
9	A	75	25	0	19	A	65	0	20	29	A	80	40	0
	B	30	5	50		B	40	55	5		B	0	70	20
	C	10	60	20		C	0	5	50		C	30	0	45
	D	60	55	55		D	70	55	65		D	70	65	55
10	A	45	25	15	20	A	40	30	50	30	A	10	20	10
	B	15	40	25		B	25	50	5		B	25	40	30
	C	35	10	45		C	0	15	20		C	45	5	20
	D	10	5	10		D	60	5	0		D	20	5	35

2. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

2.1. Суть і основні положення аксонометричного проєціювання

Комплексні ортогональні проєкції мають ту перевагу, що в них два виміри, паралельні відповідній площині проєкцій, проєціюються на цю площину без скорочення, а третій, перпендикулярний до цієї площини, проєціюється в точку. Зважаючи на це, досить просто побудувати комплексний рисунок, за яким легко визначати розміри предмета і виготовляти деталі на виробництві.

Аксонометричні проєкції порівняно з комплексними мають істотну перевагу – наочність. Тому ці проєкції досить широко застосовуються в науці, техніці, в побуті. Для порівняння наочності комплексних і аксонометричних проєкцій на рис. 2.1 показано креслення кронштейна. Як бачимо, зображення на рисунку справляє на нас майже таке саме враження, як і сама деталь. Слово “аксонометрія” означає “вимірювання по осях”. **Суть аксонометричного проєціювання полягає в тому, що предмет відносять до системи координатних осей і проєціюють його разом з цими осями на вибрану площину аксонометричних проєкцій.** На рис. 2.2, а точка А, яка є вершиною якогось предмета, віднесена до координатних осей $Oxyz$ і разом з ними спроеційована на площину Π' . Маємо осі Ox' , Oy' , Oz' , що є зображеннями координатних осей, і точку A' , яка є аксонометричним зображенням точки А. Запам'ятаємо деякі нові терміни, що стосуються аксонометричного проєціювання.

Площина Π' , на якій будують аксонометричну проєкцію, називається *площиною аксонометричних проєкцій*. Осі Ox' , Oy' , Oz' , які утворилися внаслідок проєціювання координатних осей, називаються *аксонометричними осями*. Точка O' – початок *аксонометричних осей*, s – *напрямок аксонометричного проєціювання*. Точка A' – *аксонометрична проєкція точки А*, а точка A_1' – *вторинна проєкція точки А*. Вторинною проєкцією називається аксонометричне зображення не самої точки, а однієї з її проєкцій (у даному випадку – горизонтальної).

Для того щоб розташування точки (або якогось іншого геометричного елемента) було визначеним на аксонометричному рисунку, крім зображення самої точки треба показати одну з її вторинних проєкцій.

Залежно від напрямку променів проєціювання й розташування площини проєкцій Π' аксонометричне зображення буде дещо спотворене, тобто кожний з його трьох основних вимірів буде або менший, або більший від натурального. **Відношення довжини аксонометричної проєкції відрізка координатної осі до натуральної величини відрізка цієї осі називається коефіцієнтом (показником) спотворення.** Коефіцієнти спотворення, які визначають величину спотворення відрізків по осях Ox' , Oy' , Oz' і напрямках, паралельних їм, дорівнюватимуть (див. рис. 2.2, а): $P = \frac{X'}{X} = \frac{O'A'_x}{OA_x}$;

$$q = \frac{y'}{y} = \frac{A'_x}{OA_x}.$$

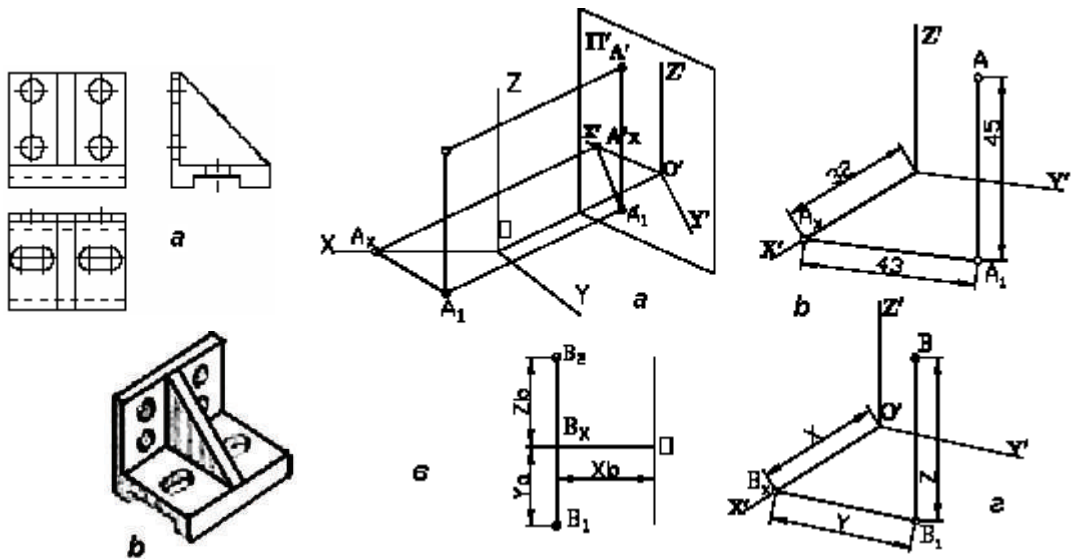


Рис. 2.1

Рис. 2.2

2.2. Прямокутна ізометрична проекція

Взаємне розташування аксонометричних осей зображено на рис. 2.3,а. Коефіцієнт спотворення по осях X , Y , Z дорівнює $0,82$. Ізометричну проекцію виконують без спотворення по осях X , Y , Z , тобто беруть коефіцієнт спотворення, що дорівнює 1 .

Кола, що лежать у площинах, паралельних площинам проекцій, проєціюються на аксонометричну площину проєкцій в еліпси (рис. 2.3,б). Приклад прямокутної ізометричної проекції деталі наведено на рис. 2.3,в.

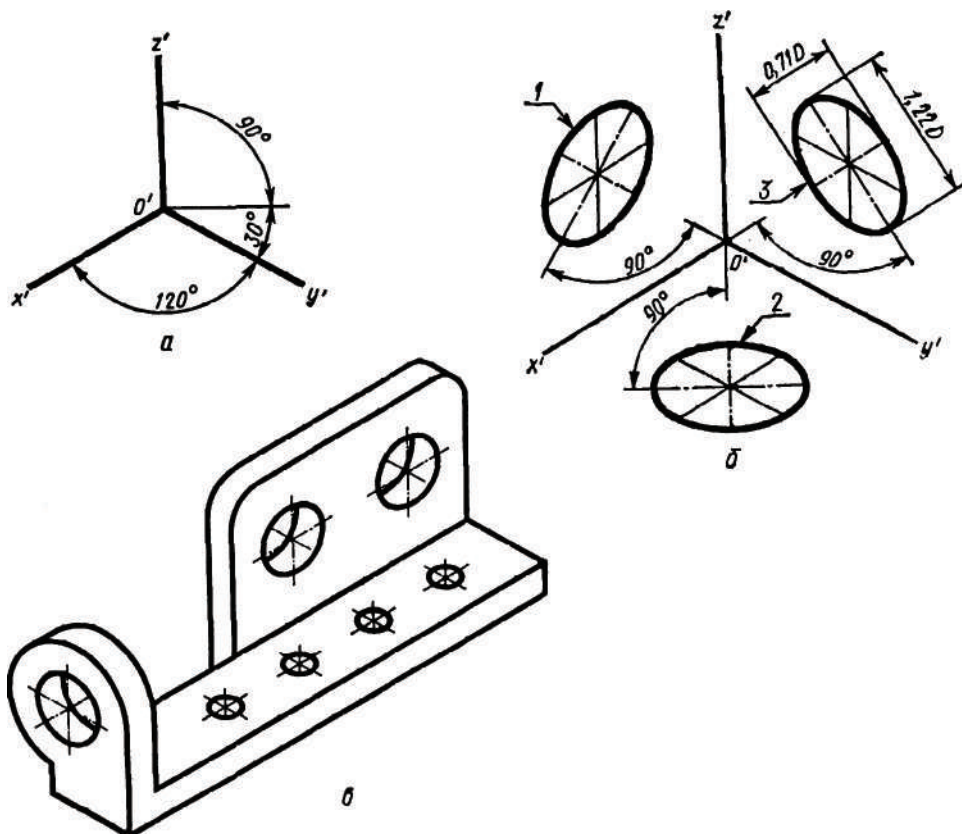


Рис. 2.3

2.3. Прямокутна диметрична проекція

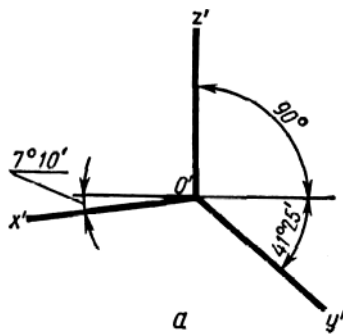


Рис. 2.4

Взаємне розташування аксонометричних осей показано на рис. 2.4. Згідно зі стандартом диметричну проекцію слід виконувати без спотворення по осях X і Z (тобто застосовуючи коефіцієнт спотворення 1), а по осі Y – із застосуванням коефіцієнта спотворення 0,5.

Кола, розташовані в площинах рівня, проєціюються на аксонометричну площину проєкцій у вигляді еліпсів, великі осі яких розташовані так: еліпса 1 – під кутом 90° до осі Y; еліпса 2 – під кутом 90° до осі Z (тобто горизонтально); еліпса 3 – під кутом 90° до осі X (рис. 2.5).

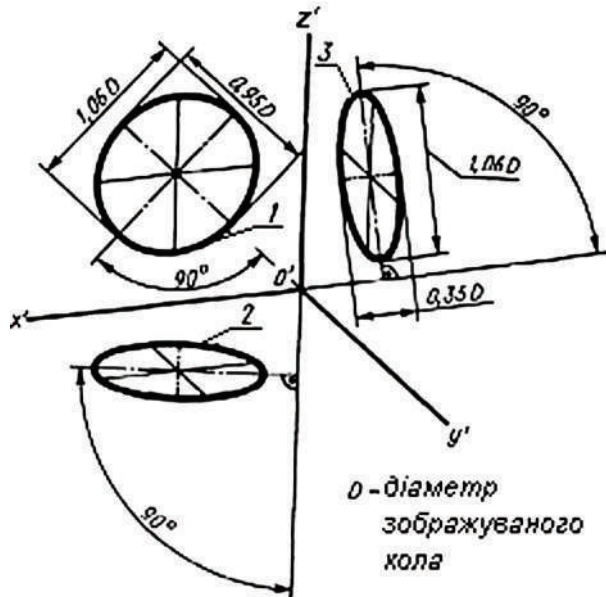


Рис. 2.5

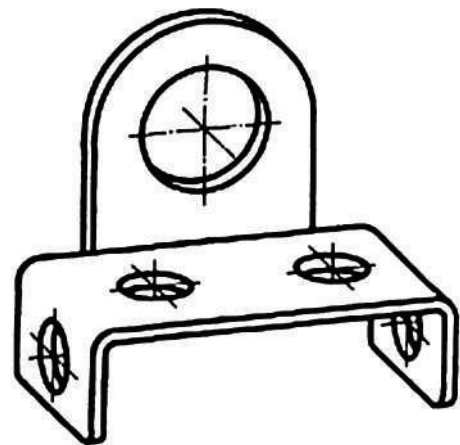


Рис. 2.6

У випадку, коли диметричну проекцію вибирають без спотворення по осях X і Z, велика вісь еліпсів 1, 2 і 3 дорівнює 1,06 діаметра зображуваного кола. На рис. 2.6 наведено приклад зображення деталі в прямокутній диметричній проекції.

2.4. Косокутна фронтальна ізометрична проекція

Взаємне розташування осей для косокутної фронтальної ізометричної проекції зображено на рис. 2.7. Кут нахилу осі Y дорівнює 45° , але допускається застосовувати фронтальну диметричну проекцію з кутами нахилу осі Y 30° , а також 60° .

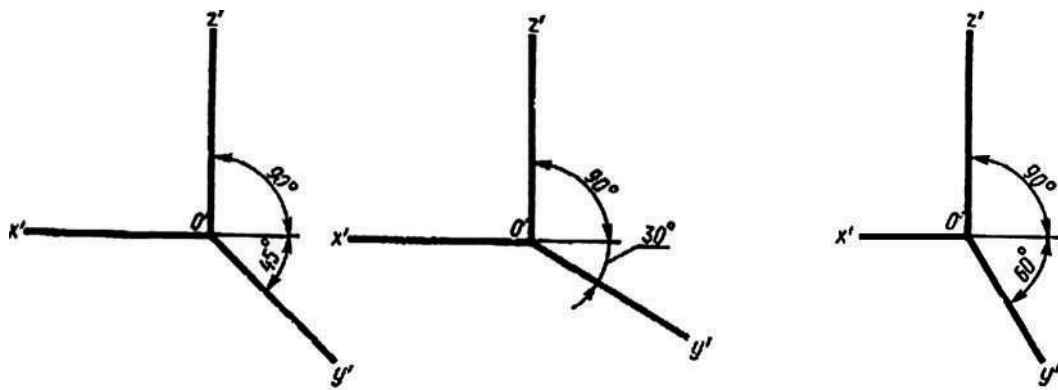


Рис. 2.7

Фронтально-ізометричну проекцію слід виконувати без спотворення по осях X, Y, Z (тобто застосовувати коефіцієнт спотворення 1).

Коло, що лежить у фронтальній площині рівня, проєціюється на аксонометричну площину проекцій у коло з таким же діаметром, що й у зображуваного, кола, що лежать у горизонтальній і профільній площинах рівня, – у вигляді однакових еліпсів, причому велика вісь еліпса 2 утворює з віссю X кут $22^{\circ}30'$, а велика вісь еліпса 3 утворює такий же кут з віссю Z (рис. 2.8).

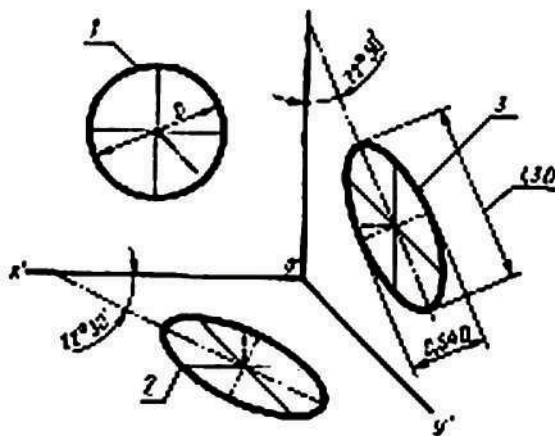


Рис. 2.8

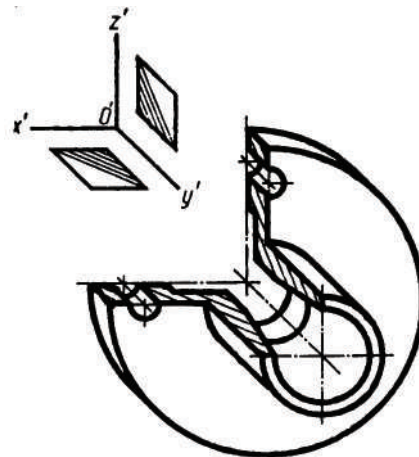


Рис. 2.9

Великі осі еліпсів 2 і 3 дорівнюють $1,3$ діаметра зображуваного кола, а малі – $0,54$ діаметра кола. На рис. 2.9 наведено приклад зображення деталі в косокутній фронтальній ізометричній проекції.

2.5. Косокутна горизонтальна ізометрична проекція

Взаємне розташування аксонометричних осей для косокутної горизонтальної ізометричної проекції показано на рис. 2.10, а.

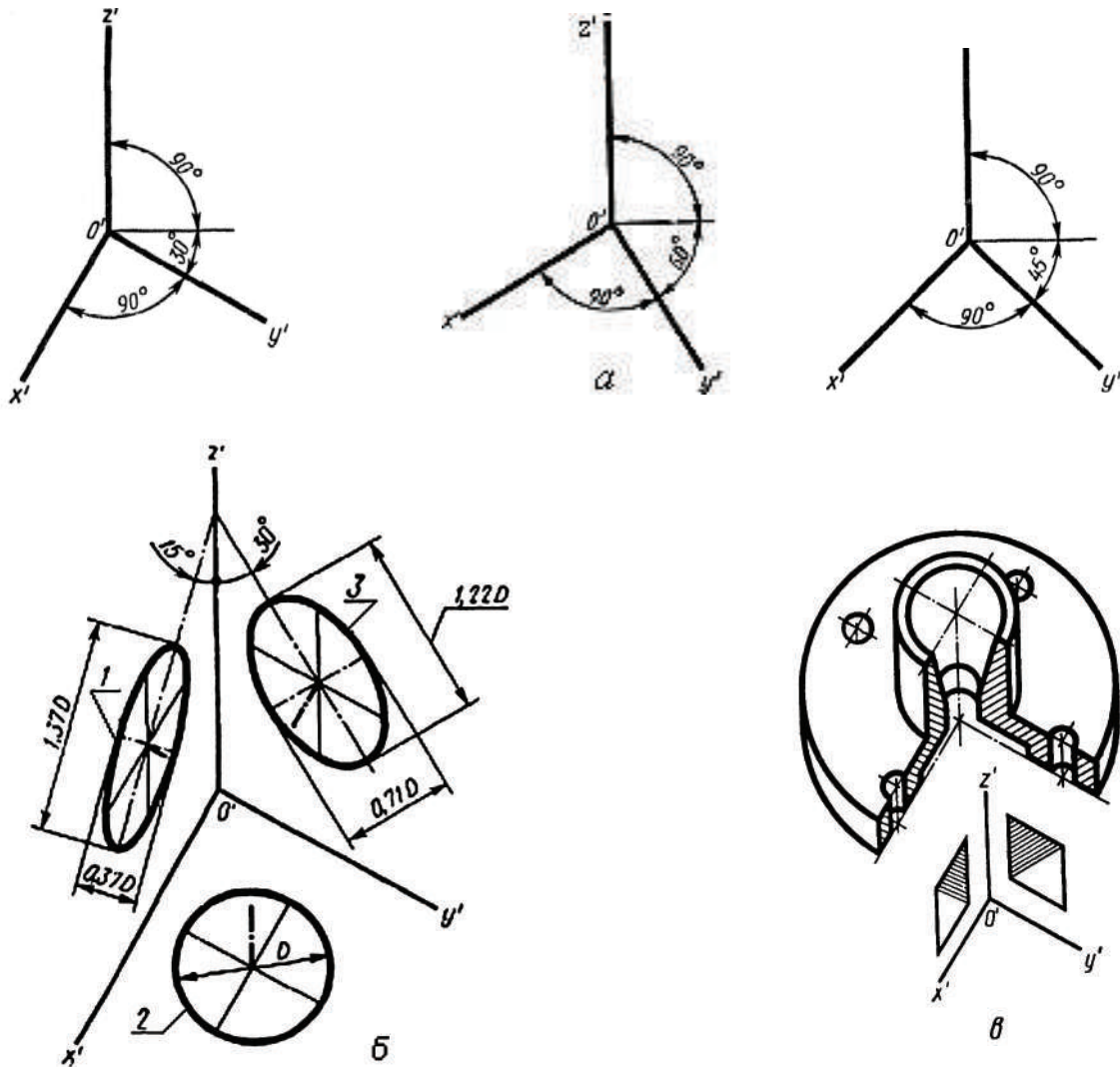


Рис. 2.10

Як правило, вісь Y проводять під кутом 30° , але допускається проводити вісь Y під кутом 45 або 60° , причому кут між осями X і Y в усіх випадках має дорівнювати 90° .

Горизонтальну (як і фронтальну) ізометричну проекцію виконують без спотворення по всіх трьох осях (X , Y і Z), тобто коефіцієнти спотворення беруть такими, що дорівнюють одиниці.

Коло, що лежить у горизонтальній площині рівня, проєціюється на аксонометричну площину проєкцій у вигляді кола з таким же діаметром, що й у зображуваного кола. Кола, розташовані у фронтальній і профільній площинах рівня, проєціюються на аксонометричну площину в еліпси (рис. 2.10, а,б). Велика вісь еліпса 1 утворює з віссю Z кут 15° , а велика вісь еліпса 3 утворює з віссю Z кут 30° . Велика вісь еліпса 1 дорівнює $1,37$ діаметра зображуваного кола, а мала – $0,37$. Велика вісь еліпса 3 дорівнює $1,22$ діаметра зображуваного кола, а мала – $0,71$. На рис. 2.10, в наведено приклад зображення деталі в косокутній горизонтальній ізометричній проєкції.

2.6. Косокутна фронтальна диметрична проєкція

Взаємне розташування аксонометричних осей для фронтальної диметричної проєкції зображено на рис. 2.11.

Відповідно до ГОСТ 2.317-69 коефіцієнти спотворення по осях X и Z дорівнюють 1, а по осі Y – 0,5.

Коло, розташоване у фронтальній площині рівня, проєціюють на аксонометричну площину проєкцій у вигляді кола, яке має такий же діаметр, що й зображуване коло. Кола, розташовані в горизонтальній і профільній площинах рівня, проєціюють на аксонометричну площину проєкцій у вигляді однакових еліпсів (рис. 2.12). Велика вісь еліпса 2 утворює з віссю X кут $7^{\circ}14'$, великі осі еліпсів 2 і 3 дорівнюють 1,07 діаметра зображуваного кола, а їхні малі осі – 0,33.

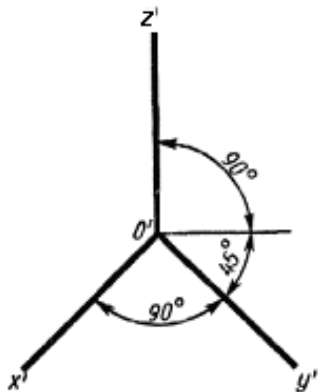


Рис. 2.11

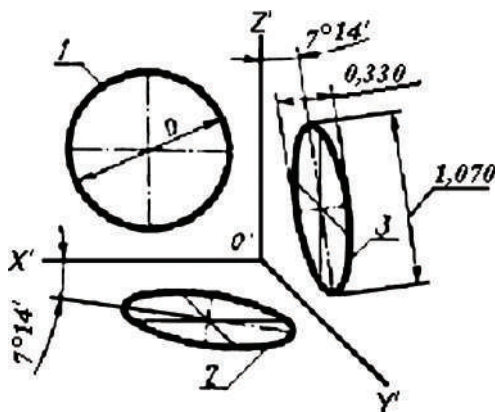


Рис. 2.12

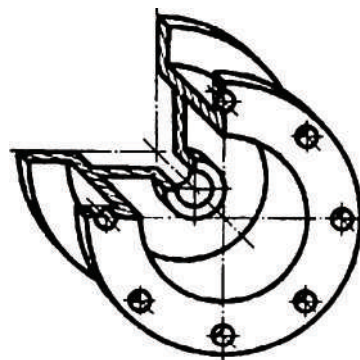


Рис. 2.13

На рис. 2.13 показано зображення деталі, виконане у фронтальній ди- метричній проєкції.

2.7. Нанесення розмірів і штриховок на аксонометричних зображеннях

Відповідно до ГОСТ 2.317-69 при нанесенні розмірів усі виносні лінії необхідно проводити паралельно аксонометричним осям, а розмірні лінії – паралельно відрізкам (рис. 2.14).

Штрихування перерізів, що входять у розрізи, слід виконувати таким чином, щоб лінії штриховки були нанесені паралельно одній з діагоналей аксонометричної проєкції квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 2.15).

Приклад зображення аксонометричних проєкцій деталі з нанесенням штриховки на розрізах наведено на рис 2.16.

Перерізи, що входять у поздовжні розрізи маховиків і шківів, ребер жорсткості в аксонометричних проєкціях, штрихують за загальними правилами (рис. 2.17).

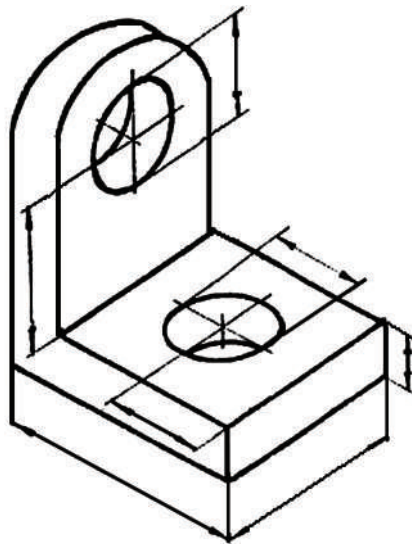


Рис. 2.14

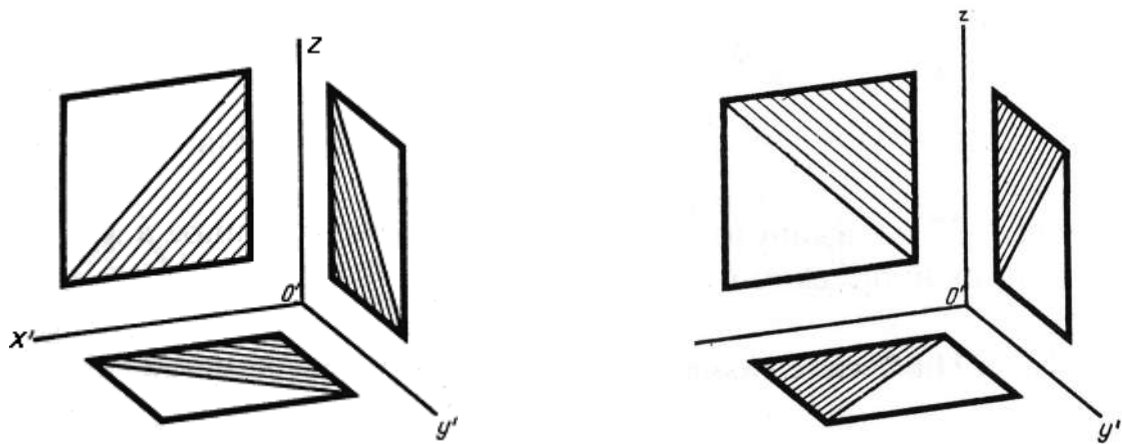


Рис. 2.15

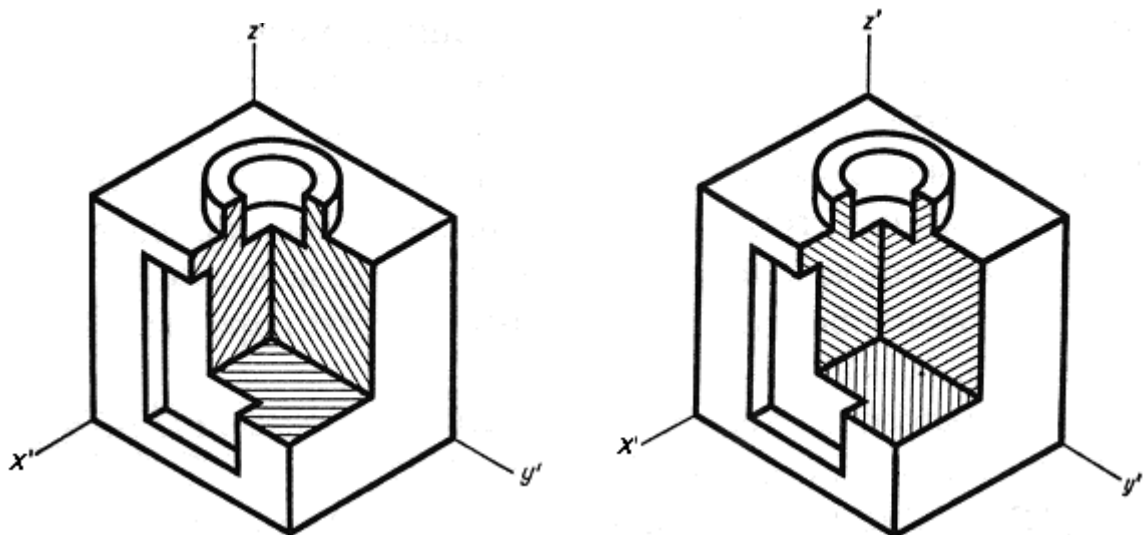


Рис. 2.16

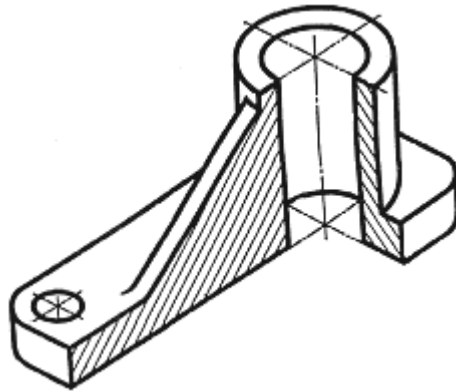


Рис. 2.17

3. ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ

3.1. Поділ кола на рівні частини та вписування в коло правильних багатокутників

Щоб провести за допомогою циркуля коло будь-яким діаметром, спочатку необхідно позначити його центр. Для цього проводять дві взаємно перпендикулярні штрихпунктирні центрові лінії, точка перетинання яких і буде центром кола.

Прийоми поділу кола на 3, 6, 8 і 12 рівних частин і вписування в нього правильних багатокутників показано на рис. 3.1.

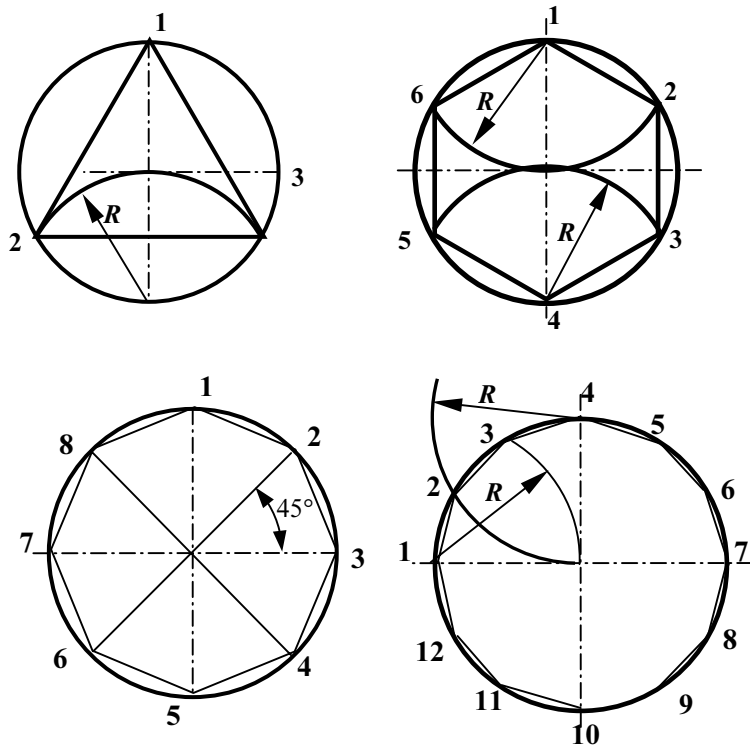


Рис. 3.1

Поділ кола на п'ять рівних частин і вписування в нього п'ятикутника зображено на рис. 3.2. За допомогою циркуля та лінійки радіус кола OA поділяють навпіл і одержують точку K . Узявши точку K за центр, проводять дугу радіусом R , що дорівнює відстані від точки K до точки B , до перетинання дуги з горизонтальним діаметром AC у точці M (дуга BM). Відстань

від точки В до точки М відповідає стороні правильного вписаного п'ятикутника, а відрізок ОМ — стороні правильного вписаного десятикутника.

Щоб знайти центр дуги (рис. 3.3), намічають три довільно розташовані на ній точки (А, В і С) і проводять хорди АВ і ВС.

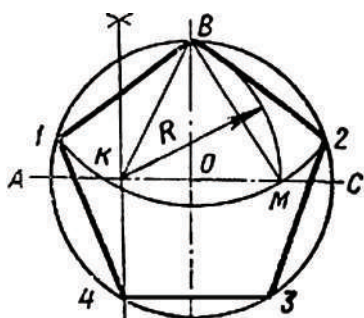


Рис. 3.2

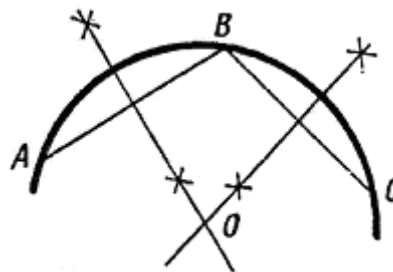


Рис. 3.3

Через середини хорд за допомогою циркуля і лінійки проводять перпендикуляри. Точка О – точка перетину перпендикулярів – є шуканим центром дуги, а відстань від точки О до будь-якої точки даної дуги – величиною радіуса, яким проведено дугу.

3.2. Спряження

Спряженням називається плавний перехід однієї лінії в іншу. Розглянемо два основних випадки побудови спряжень, без знання яких не можуть бути свідомо засвоєні способи побудови спряжень.

1. Спряження прямої лінії з дугою кола (рис. 3.4). Для одержання плавного переходу від прямої лінії до дуги кола потрібно, щоб центр кола був розташований на перпендикулярі до прямої, проведеної в точці дотику.

Побудова зводиться до проведення дотичної прямої до кола в точці *n*, на ній розташованій. Проводять коло радіусом *R* з центром у точці *O*, а в точці *n* встановлюють перпендикуляр АВ до відрізка *nO*. Пряма АВ буде шуканою дотичною до кола в даній її точці *n*. Точка *O* називається центром спряження, *R* – радіусом спряження, *n* – точкою спряження (дотику).

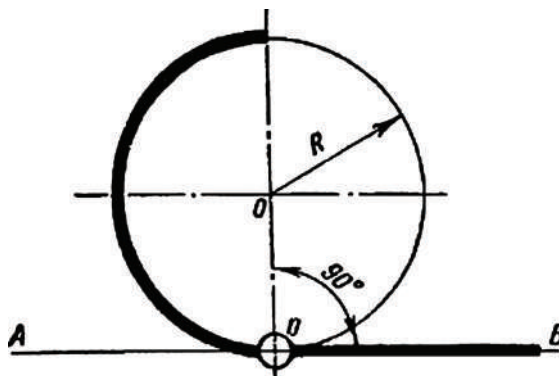


Рис. 3.4

2. Спряження двох дуг кіл. Мають місце два випадки спряження дуг кіл: зовнішній (рис. 3.5, а) і внутрішній (рис. 3.5, б) дотики. Плавний перехід

від однієї дуги до іншої в цих випадках досягається тільки тоді, коли точка їхнього дотику лежить на прямій лінії OO_1 , яка з'єднує центри спряжуваних дуг.

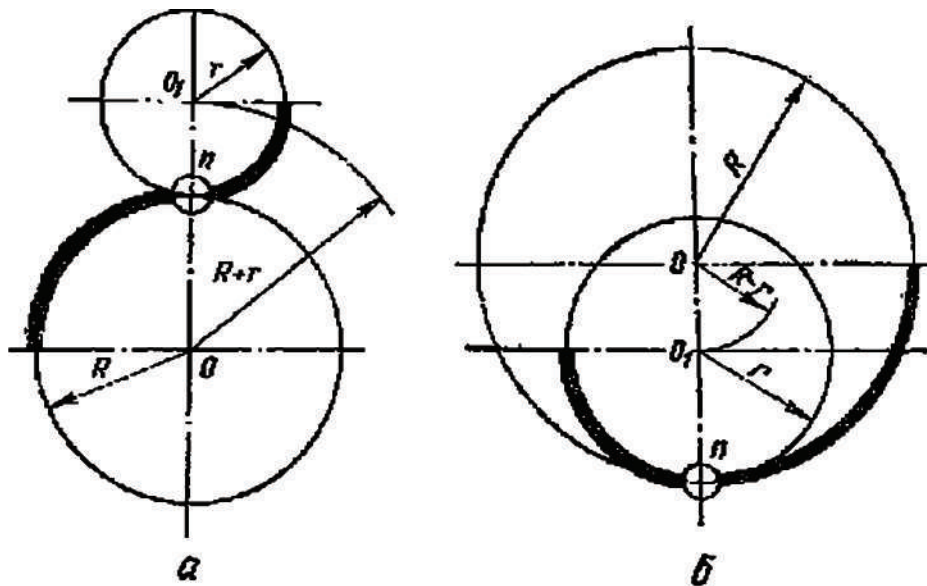


Рис. 3.5

При зовнішньому дотику відстань між центрами OO_1 дорівнює $R+r$, тобто сумі радіусів спряжуваних дуг. При внутрішньому дотику відстань між центрами OO_1 дорівнює $R - r$, тобто різниці радіусів спряжуваних дуг.

- Спряження двох паралельних прямих дугою (рис. 3.6). Для побудови плавного спряження двох паралельних прямих AB і CD дугою необхідно, щоб точки дотику прямих з дугою кола лежали на перпендикулярі, опущеному з центра дуги на ці прями (перший основний випадок спряження). Для цього проводять лінію EF , перпендикулярну до прямих AB і CD . Пряма EF перетинає паралельні прями в точках n і n_1 .

Щоб знайти центр дуги спряження, пряму nn_1 ділять навпіл й одержують точку O – центр спряження. Встановивши опорну ніжку циркуля в точці O , проводять дугу радіусом $R = On = On_1$, після чого обводять спряжувані прями.

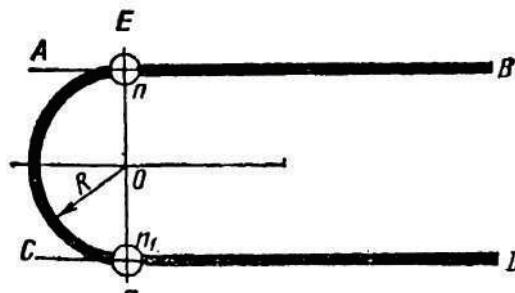


Рис. 3.6

- Спряження двох перетинних прямих дугою із заданим радіусом (рис. 3.7, а).

Побудова спряження зводиться до визначення центра дуги й точок спряження (дотику). У довільно взятих точках a і b на прямих AB і CD встановлюють перпендикуляри. На перпендикулярах відкладають відрізки ac і bd , які дорівнюють даному радіусу R .

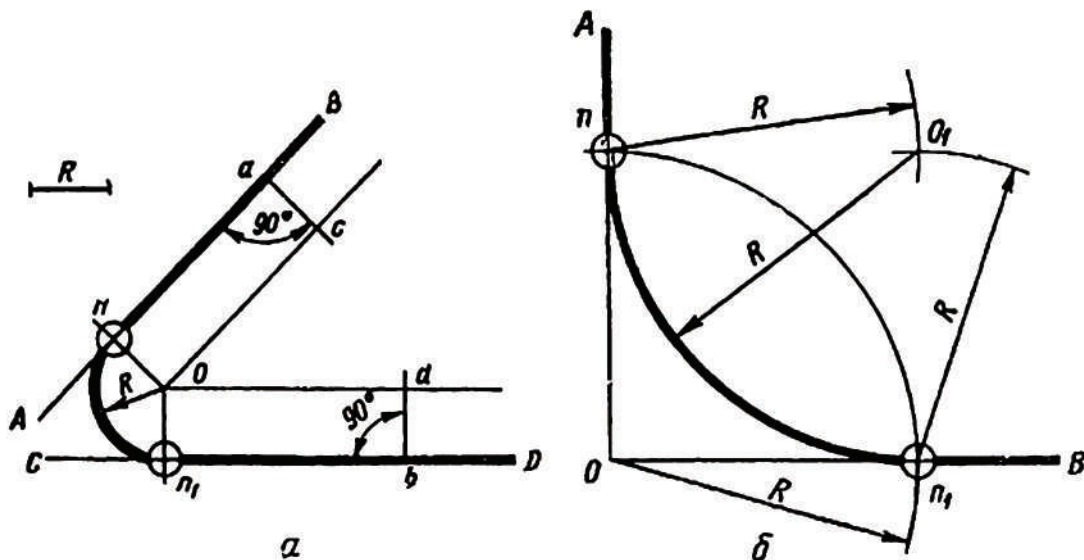


Рис. 3.7

Через отримані точки c і d проводять дві допоміжні прямі, паралельні прямим AB і CD , до їхнього перетинання в точці O . З точки O опускають перпендикуляри On і On_1 на прямі AB і CD . Встановивши опорну ніжку циркуля в точці O , проводять дугу радіусом R від точки n до точки n_1 , після чого остаточно обводять спряжувані прямі.

- Спряження двох прямих, що перетинаються під кутом 90° , зручно виконувати так, як показано на рис. 3.7, б.

- Спряження прямої та дуги кола за допомогою дуги із заданим радіусом (рис. 3.8). Паралельно заданій прямій AB на відстані R_a від неї проводять допоміжну пряму. З центра O проводять допоміжну дугу радіусом $R + R_a$. Точка перетину O_1 цієї дуги з допоміжною прямою буде центром спряження.

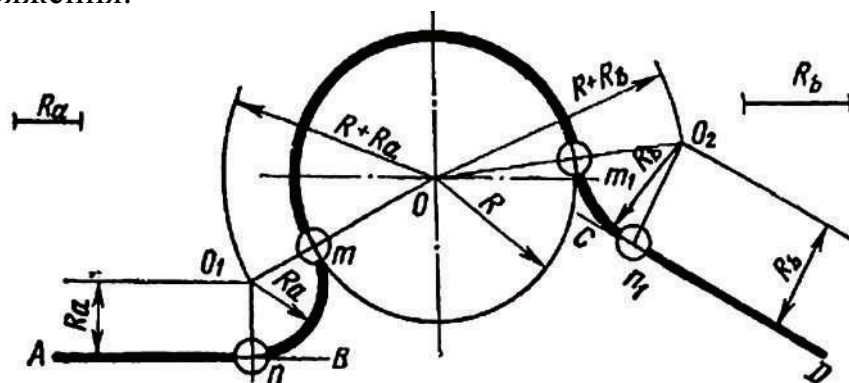


Рис. 3.8

Для одержання точок спряження проводять лінію центрів OO_1 і перпендикуляр O_1n до прямої AB . Встановивши опорну ніжку циркуля в точці O_1 , радіусом R_a проводять дугу спряження від точки n до точки m . Аналогічно будують спряження прямої CD з дугою кола за допомогою дуги із заданим радіусом R_b .

- Спряження двох дуг за допомогою дуги із заданим радіусом.

Зовнішнє спряження (рис. 3.9). З центрів O_1 і O_2 проводять допоміжні

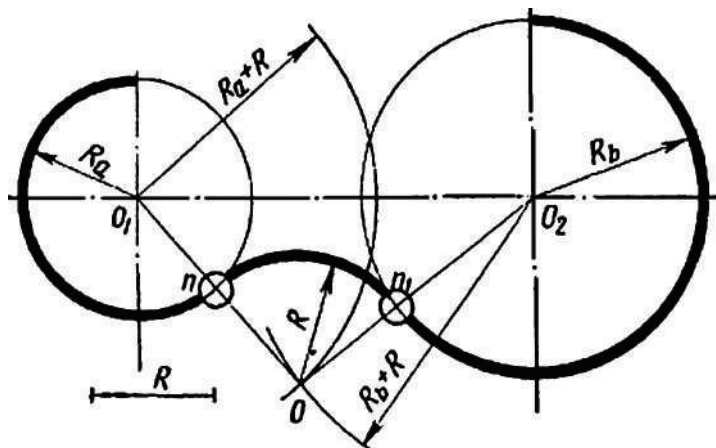


Рис. 3.9

концентричні дуги (із точки O_1 радіусом $R_a + R$ і з точки O_2 радіусом $R_b + R$) до їхнього перетинання у точці O , що буде центром дуги спряження. Точку O з'єднують з центрами O_1 і O_2 прямими лініями, які, перетинаючись з даними колами, дають точки спряження n і n_1 . В точці O встановлюють опорну ніжку циркуля і радіусом R проводять дугу спряження від точки n до точки n_1 .

Внутрішнє спряження (рис. 3.10). З центрів O_1 і O_2 проводять допоміжні концентричні дуги (з центра O_1 радіусом $R - R_a$ і з центра O_2 радіусом $R - R_b$) до їхнього перетинання у точці O .

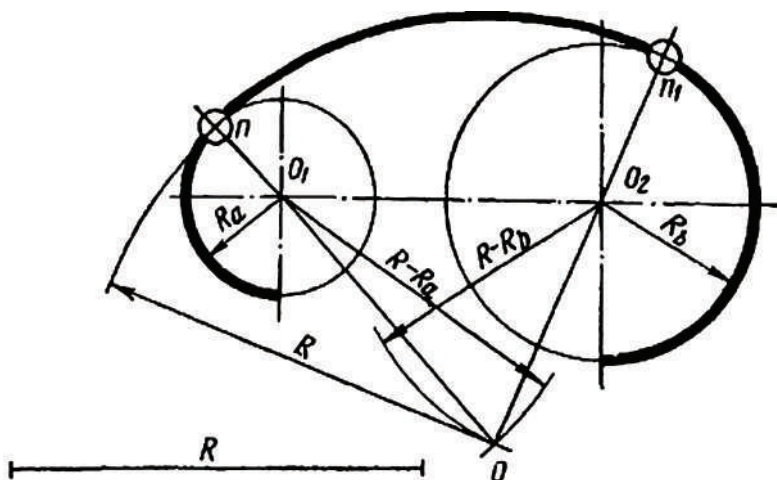


Рис. 3.10

Потім точку O з'єднують прямими лініями з точками O_1 та O_2 і, продовживши ці лінії до їхнього перетинання з даними колами, одержують точки p і p_1 . У центрі O дуги спряження встановлюють опорну ніжку циркуля і радіусом R проводять дугу спряження від точки p до точки p_1 .

3.3. Контрольне завдання

Завдання складається з двох частин:

1. На аркуші ватману формату А3 за заданим варіантом (табл. 3.1) побудувати три проекції n -гранної піраміди з основою, яка лежить у заданій площині проекцій, і визначити натуральні величини:

- ребра піраміди;
- кута між ребром і площиною проекції;
- кута між гранню і основою.

Таблиця 3.1

Номер варіанта	Діаметр кола, описаного навколо основи піраміди (D)	Висота піраміди H	Площина проекції, паралельна основи піраміди	Номер варіанта	Діаметр кола, описаного навколо основи піраміди (D)	Висота піраміди H	Площина проекції, паралельна основи піраміди
1	60	80	XOY	16	55	80	XOY
2	50	75	XOZ	17	50	75	XOZ
3	55	70	ZOY	18	60	70	ZOY
4	55	65	XOY	19	55	65	XOY
5	50	75	XOZ	20	50	60	XOZ
6	60	80	ZOY	21	50	60	ZOY
7	60	75	XOY	22	55	65	XOY
8	50	70	XOZ	23	60	70	XOZ
9	55	65	ZOY	24	60	75	ZOY
10	50	60	XOY	25	55	80	XOY
11	55	80	XOZ	26	50	75	XOZ
12	60	75	ZOY	27	55	70	ZOY
13	50	70	XOY	28	60	65	XOY
14	55	65	XOZ	29	50	60	XOZ
15	60	60	ZOY	30	55	80	ZOY

2. За заданим варіантом побудувати дві проекції циліндричної поверхні.

Зразок виконання завдання наведено на рис. 3.11.

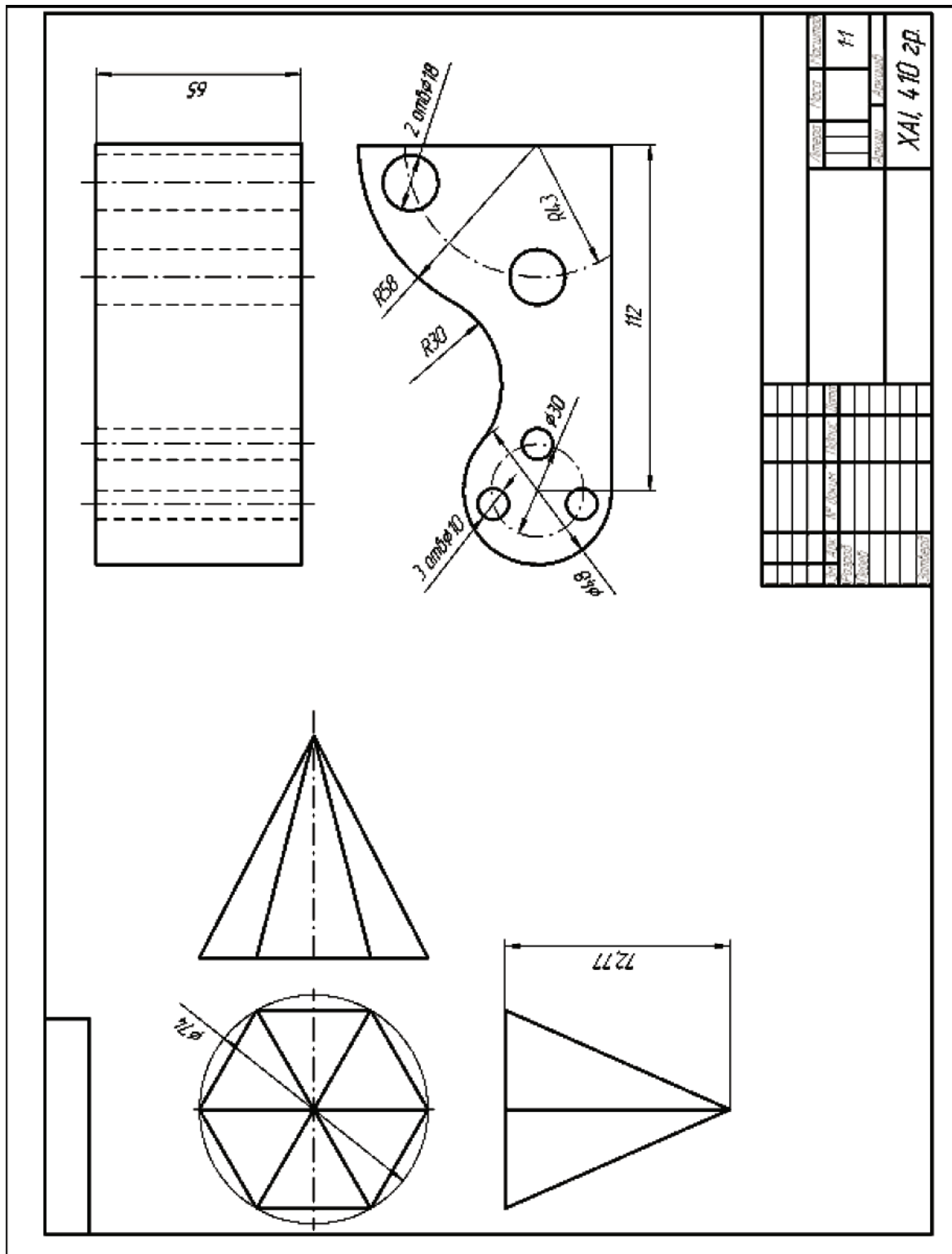


Рис. 3.11

4. ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

Студентам, що вивчають курс інженерної графіки, необхідно навчитися читати креслення й зображувати складні машинобудівні деталі, розглядаючи їх як комбінацію простих геометричних форм.

У даному розділі наведено методики побудови зображень просторових тіл і читання зображуваних на кресленнях предметів. Побудова й читання креслень ґрунтуються на аналізі геометричних форм та елементів у тих комбінаціях геометричних тіл, з яких складаються всі технічні деталі.

У посібнику вся різноманітність задач проєкційного креслення зведена до кількох типових задач, що розв'язуються за стандартними алгоритмами.

Докладно розглянуто основні правила виконання креслень згідно з ЄСКД (ГОСТ 2.301-68*–2.317-69*), наведено зразки оформлення контрольних робіт.

4.1. Загальні правила виконання креслень

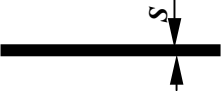

4.1.1. Лінії креслення



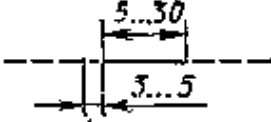
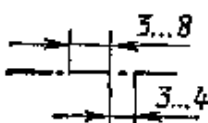
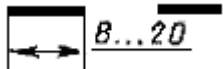
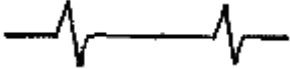
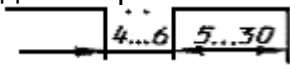
Креслення деталей виконується в основному за допомогою ліній трьох типів: суцільних (основних і тонких), штрихових і штрихпунктирних. Основні призначення ліній установлені ГОСТ 2.303 (табл. 4.1, рис. 4.1, 4.2).

Товщина ліній S залежить від розміру й складності зображення, а також від формату креслення.

Товщина ліній має бути однаковою в межах даного креслення. Штрихпунктирні тонкі лінії, що застосовуються як осьові, виводять за контури зображення приблизно на 3–5 мм. На початку і в кінці штрихпунктирних ліній мають бути штрихи. Центрові лінії отворів повинні перетинатися штрихами в центрі отвору. В колі діаметром менше 12 мм центрові лінії мають бути суцільними тонкими. Креслення завжди попередньо виконують тонкими лініями і тільки після перевірки його наводять лініями відповідної товщини.

Таблиця 4.1

№ п/п	Найменування та зображення лінії	Товщина лінії	Основне призначення
1	Суцільна основна 	S	1.1. Лінії видимого контуру 1.2. Лінії переходу видимі 1.3. Лінії контуру винесеного перерізу
2	Суцільна тонка 	$S/3 \dots S/2$	2.1. Лінії контуру накладеного перерізу 2.2. Лінії розмірні та виносні 2.3. Лінії штриховки 2.4. Лінії-виноски 2.5. Полочки ліній-виносков та лінії підкреслення написів 2.6. Лінії переходу невидимі 2.7. Лінії побудови

№ п/п	Найменування та зображення лінії	Товщина лінії	Основне призначення
3	Суцільна хвиляста 	$S/3 \dots S/2$	3.1. Лінії обриву 3.2. Лінії розмежування вигляду та розрізу
4	Штрихова 	$S/3 \dots S/2$	4.1. Лінії невидимого контуру 4.2. Лінії переходу невидимі
5	Штрихпунктирна тонка 	$S/3 \dots S/2$	5.1. Лінії центрові та осьові 5.2. Лінії симетрії накладених перерізів
6	Штрихпунктирна потовщена 	$S/2 \dots 2/3S$	6.1. Лінії позначення поверхні, що підлягає термообробці або покриттю 6.2. Лінії позначення у розрізах елементів, розміщених перед січною площиною
7	Розімкнена 	$S \dots 1/2S$	7.1. Лінії позначення місця та напрямку січної площини у перерізах і розрізах (лінія перетину)
8	Суцільна тонка зі злами 	$S/3 \dots S/2$	8.1. Довгі лінії обриву
9	Штрихпунктирна тонка з двома крапками 	$S/3 \dots S/2$	9.1. Лінії згину на розгортках 9.2. Лінії зображення частини виробу 9.3. Лінії зображення розгортки, суміщеної з виглядом

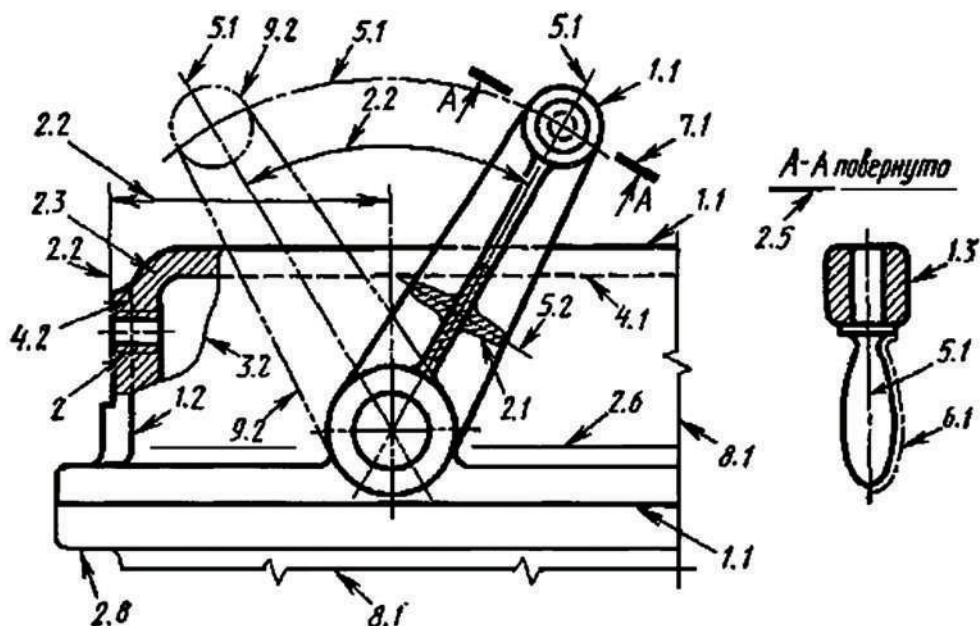


Рис. 4.1

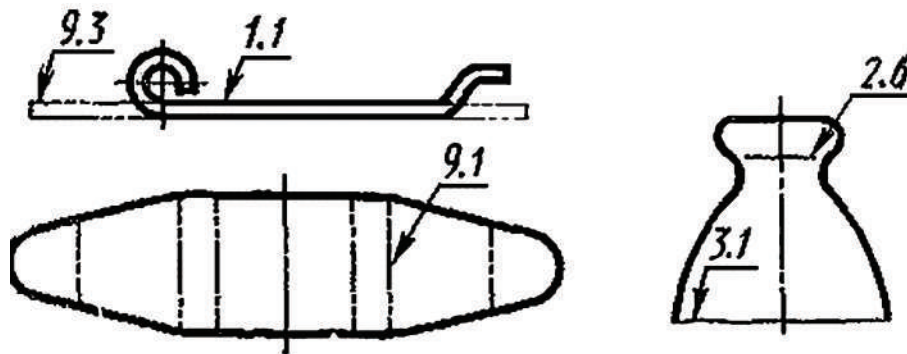


Рис. 4.2

Зображення на кресленнях доповнюють написами, які виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304-81.

У стандарті наведено основні відомості про конструкції літер і цифр, визначено їх висоту, ширину, товщину обведення, відстані між літерами, рядками та інші елементи, які дають можливість чітко, охайно й досить красиво виконувати написи.

Шрифт алфавіту поділяється на основний з нахилом, широкий з нахилом і прямий без нахилу.

За стандартом шрифт має бути нахилений до основи рядка вправо під кутом 75° . Прямий шрифт без нахилу застосовують рідко: для найменувань деяких заголовків, позначень в основному написі, на полі креслення тощо.

ГОСТ 2.304-81 встановлює такі розміри шрифту: 40; 28; 20; 14; 10; 7; 5; 3,5; 2,5. Розміром шрифту називається висота великих літер у міліметрах, відповідні малі літери мають на номер меншу висоту.

Літери того самого розміру мають різну ширину. Застосовувати шрифт розміром менше 2,5 не рекомендується.

Таблиця 4.2

Розмір шрифту	20	14	10	7	5	3,5	2,5
Параметри шрифту							
Висота великих літер	20	14	10	7	5	3,5	2,5
Висота малих літер	14	10	7	5	3,5	2,5	1,8
Ширина великих літер Д, Ж, Ш, Щ, Ю (літери А й У – вужчі)	20	14	10	7	5	3,5	2,5
Ширина інших великих літер, а також малих ж, м, т, ф, ш, щ, ю	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
Ширина інших малих літер	10	7	5	3,5	2,5	1,5	-
Відстань між літерами	2,8	2,0	1,4	1,0	0,7	0,5	0,35
Відстань між строками	31,0	22	16	11	8	5,5	4,0
Відстань між словами	8,4	6	4,2	3,0	2,1	1,5	1,1
Товщина ліній шрифту	1,4	1,0	0,7	0,5	0,35	0,25	0,18

4.1.2. Масштаби

Масштабом називається відношення розмірів зображення предмета на кресленні до відповідних розмірів самого предмета.

Наприклад, відношення 1:2 указує, що зображення вдвічі менше предмета, а відношення 2:1 – зображення вдвічі більше оригіналу.

Бажано деталь зображувати в натуральну величину, однак велику деталь доводиться зображувати в масштабі зменшення, дрібну – в масштабі збільшення.

Стандартом (ГОСТ 2.302-68) установлені такі масштаби:

- для зменшення зображень – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; ...
(позначення – М 1:2; М 1:2,5; ...);
- для збільшення зображень – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1; 20:1; ...
(позначення – М 2:1; М 2,5:1; ...).

Масштаб креслення, виконаного в натуральну величину, позначається М1:1.

Природно, що на кресленнях, які виконуються у масштабі, завжди проставляють дійсні розміри деталі.

Масштаб зображень вибирають відповідно до ГОСТ 2.302-68 за умови вдалого використання поля креслення, а також можливостей зображення та нанесення розмірів, відхилень і т.д. для всіх елементів деталі.

4.1.3. Формати креслень. Виконання написів

Форматом називається аркуш паперу певного розміру, на якому виконують креслення або інший конструкторський документ.

Формати поділяють на основні та додаткові (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розміри сторін формату, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

Як видно з табл. 4.3, кожний наступний основний формат одержують діленням довшої сторони попереднього формату навпіл.

Крім основних допускається використовувати додаткові формати, які утворюються збільшенням сторін основних форматів на величину, кратну 297 або 210 мм.

Формат аркуша визначає розміри зовнішньої рамки – лінії обрізу (рис. 4.3), яку виконують тонкою суцільною лінією. Після побудови меж формату основною суцільною лінією роблять зовнішню рамку креслення за розмірами, вказаними на рис. 4.4.

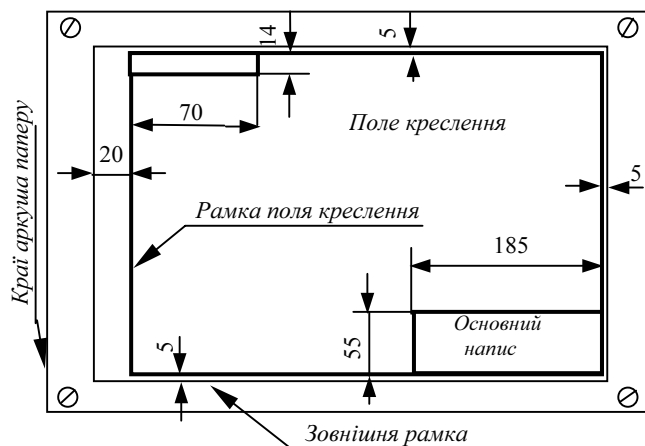


Рис. 4.3

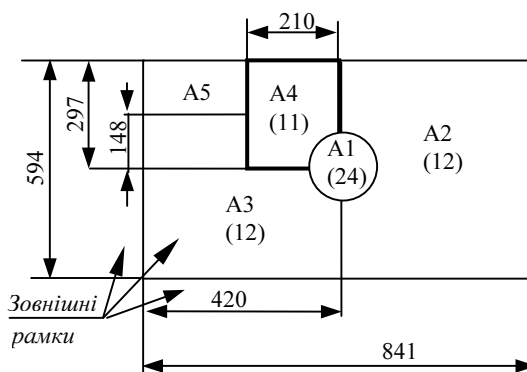


Рис. 4.4

Основною лінією креслять рамку поля креслення із відповідними відступами від країв зовнішньої рамки. Основний напис завжди розміщують у правому нижньому куті формату. Зміст основного напису встановлено ГОСТ 2.104-68.

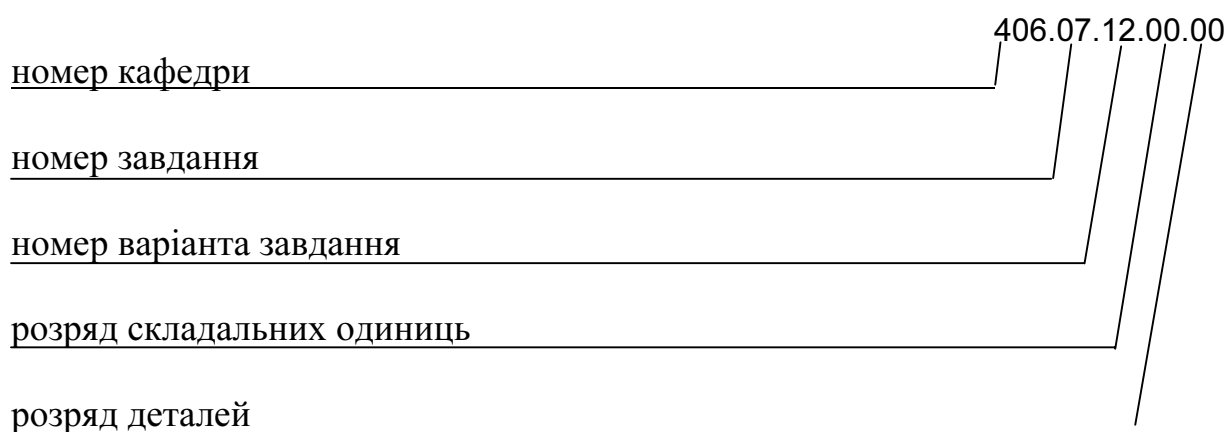
На кожному кресленні має бути основний напис, на якому наводять найважливіші відомості про предмет. Основні написи виконують за формою 1 (рис. 4.5), а у текстових документах – за формами 2 і 2а (рис. 4.6, 4.7) згідно з ГОСТ 2.104-68.

Додатковий напис розміром 14x70 розміщують у лівому верхньому куті креслення, якщо основний напис розташований уздовж довгої сторони листа. Якщо основний напис розташований уздовж короткої сторони, то додатковий має бути у правому верхньому куті (за винятком формату А4).

Зміст граф основного напису:

1 – назва креслення;

2 – номер креслення за ГОСТ 2.201-80 або номер, встановлений кафедрою:



3 – назва матеріалу деталей (заповнюється тільки для креслень деталей);

4 – літера креслення (на навчальних кресленнях проставляють літеру “у”);

5 – маса виробу (на навчальних кресленнях не вказують);

6 – масштаб;

7 – номер чергового аркуша;

8 – кількість аркушів;

- 9 – назва підприємства (на навчальних кресленнях – скорочена назва інституту та номер групи);
- 11 – прізвища тих, хто виконував креслення, а також хто перевіряв і затверджував креслення;
- 12 – підписи;
- 13 – дата виконання креслення;
- 14-18 – зміни зображень (заповнюють за ГОСТ 2.503-74);
- 26 – назва креслення;
- 32 – позначення формату за ГОСТ 2.301-68.

Усі інші граfi на навчальних кресленнях не заповнюються.

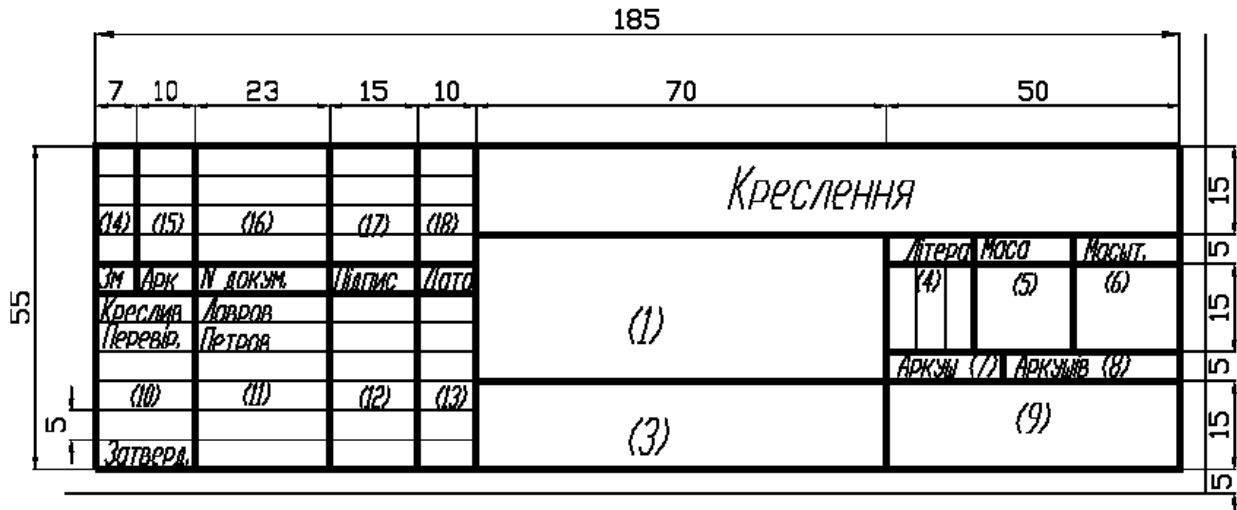


Рис. 4.5



Рис. 4.6

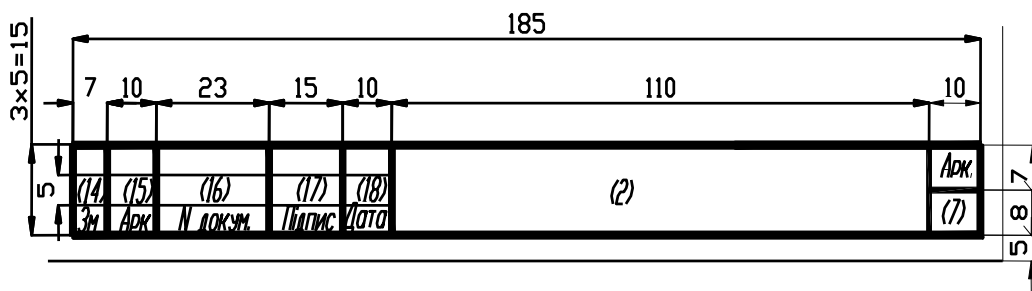


Рис. 4.7

4.2. Вигляди, розрізи, перерізи

Правила зображення предметів на кресленнях установлені ГОСТ 2.305-68. Зображення предметів слід виконувати за правилами прямокутного проєціювання. При цьому предмет розташовують між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій. За основні площини проєкцій умовно беруть шість граней куба, всередині якого розташовується зображуваний предмет (рис. 4.8, а).

У ГОСТ 2305-68 дана вказівка про те, що зображення на фронтальній площині проєкцій приймається на кресленні як головне. Грані куба сполучають із фронтальною площиною, грань 6 допускається розташовувати поруч із гранню 4 (рис. 4.8, а, б).

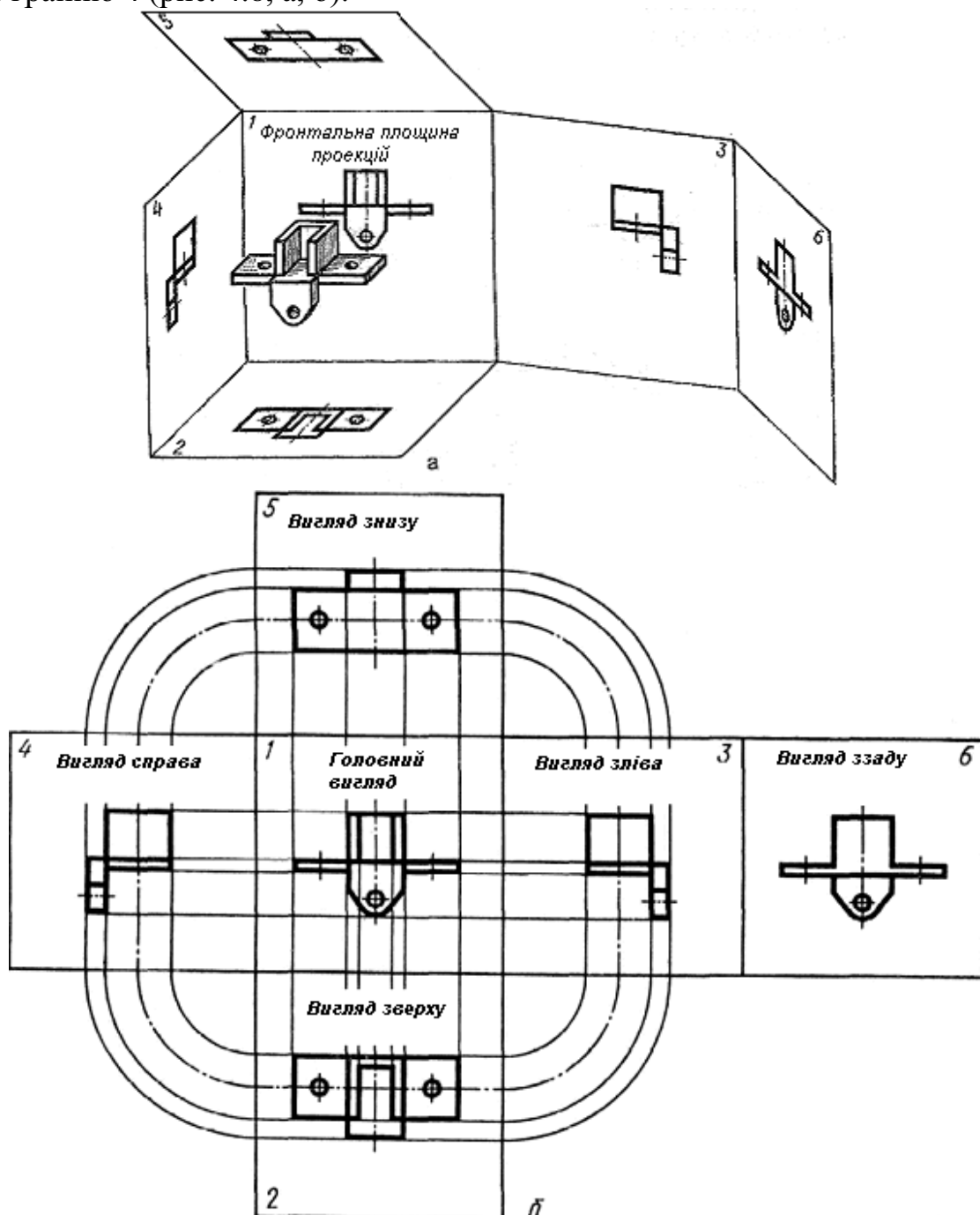


Рис. 4.8

Предмет розташовують відносно фронтальної площини так, щоб зображення на ній давало найбільш повне уявлення про конструкцію і розміри предмета.

Зображення на кресленні залежно від їхнього змісту поділяються на вигляди, розрізи і перерізи (рис. 4.9).

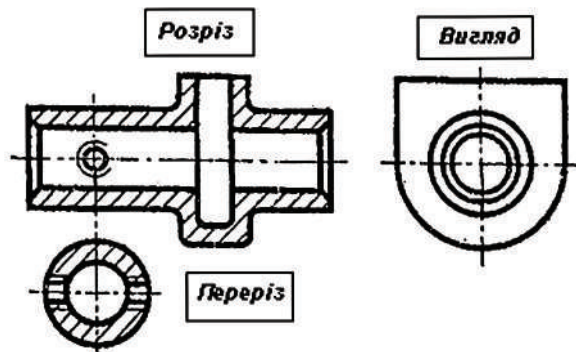


Рис. 4.9

Вигляд – це зображення поверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Допускається показувати на виглядах необхідні невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній.

Розріз – це зображення предмета, уявно розсіченого однією площиною або кількома. При цьому уявне розсічення предмета стосується тільки даного розрізу і не спричиняє зміни інших зображень того самого предмета. На розрізі показують те, що виходить у січній площині та що розташовано за нею (рис. 4.10, де 1 – вигляд зверху; 2 – уявно вилучена половина; 3 – половина,

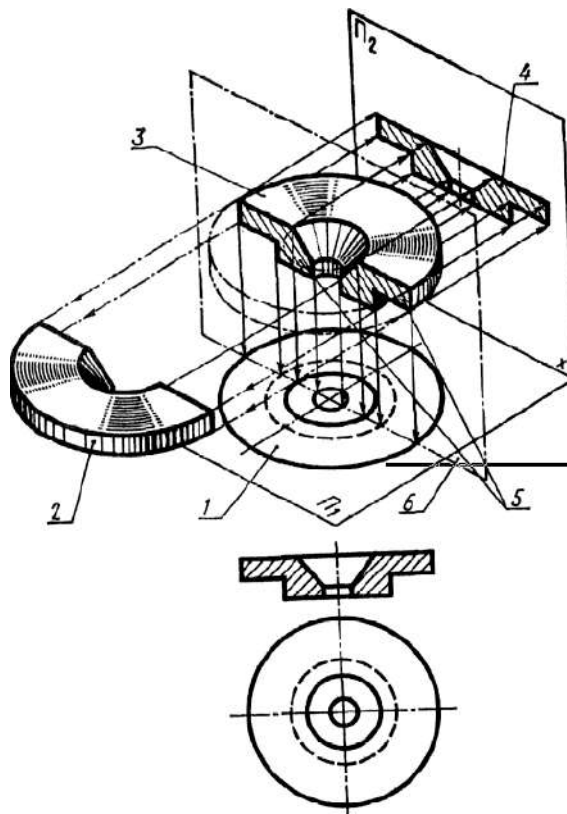


Рис. 4.10

що залишилася; 4 – розріз на головному вигляді; 5 – фігура перетину; 6 – уявна фронтальна січна площина).

Допускається зображувати не все, а тільки те, що розташовано за січною площиною, якщо це не потрібно для розуміння конструкції предмета.

Переріз – це зображення фігури, що утворюється при уявному розсіченні однією площиною або кількома. На перерізі показують тільки те, що розташовано безпосередньо в січній площині.

4.2.1. Вигляди

Відповідно до ГОСТ 2.305-68 установлюються такі назви виглядів, що одержують на основних площинах проєкцій (див. рис. 4.8, б): вигляд спереду (головний вигляд), вигляд зверху, вигляд зліва, вигляд справа, вигляд знизу, вигляд ззаду.

Назви виглядів на кресленні підписувати не слід, а всі основні вигляди мають бути розташовані на кресленні в проєкційному зв'язку.

Якщо який-небудь вигляд розташований поза проєкційним зв'язком або відділений від головного вигляду іншими зображеннями, то стрілкою вказують напрямок проєціювання, позначають його великою літерою кирилиці, а над виглядом ставлять цю ж літеру (рис. 4.11).

У тих випадках, коли яку-небудь частину предмета неможливо показати на основних виглядах без спотворення форми і розмірів, застосовують додаткові вигляди, які одержують на площинах, не паралельних основним площинам проєкцій.

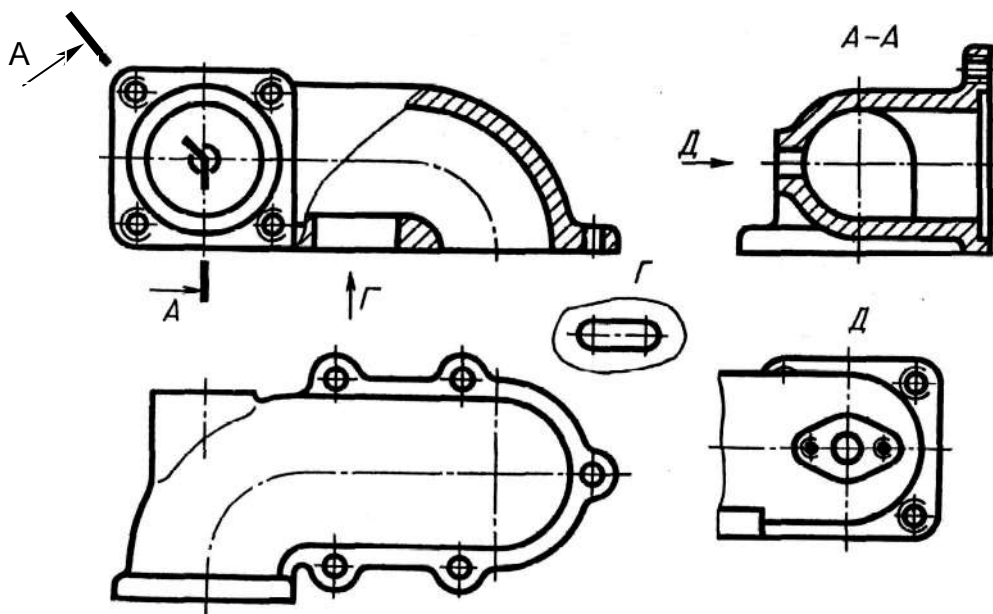


Рис. 4.11

Додатковий вигляд на кресленні супроводжують написом типу А або Б (рис. 4.12), а біля зображення предмета, зв'язаного з додатковим виглядом, стрілкою вказують напрямок погляду і позначають відповідною літерою.

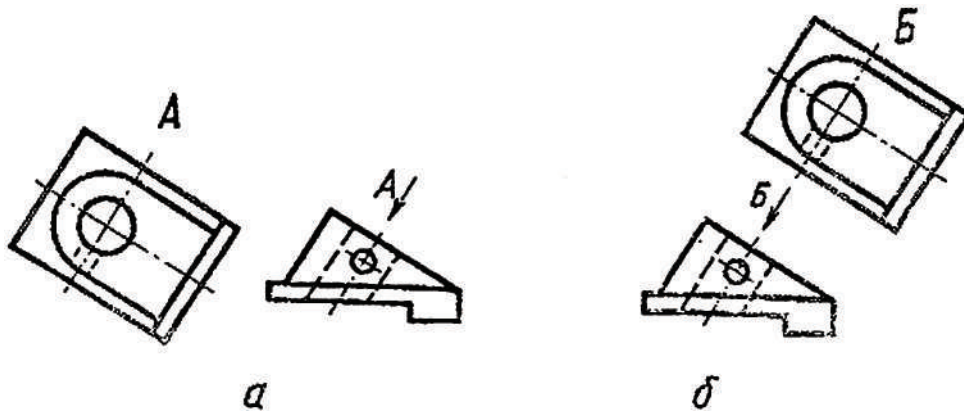


Рис. 4.12

Коли додатковий вигляд розташований у безпосередньому зв'язку з відповідним зображенням, стрілку, що вказує напрямок погляду, і напис над виглядом не наносять (рис. 4.13).

Місцевим виглядом називається зображення окремого обмеженого місця поверхні предмета. Місцевий вигляд може бути обмежений лінією обриву (вигляд А на рис. 4.14) або не обмежений (вигляд Б на рис. 4.14). Місцевий вигляд на кресленні позначають подібно до додаткового вигляду.

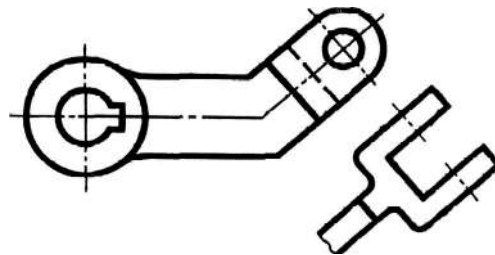


Рис. 4.13

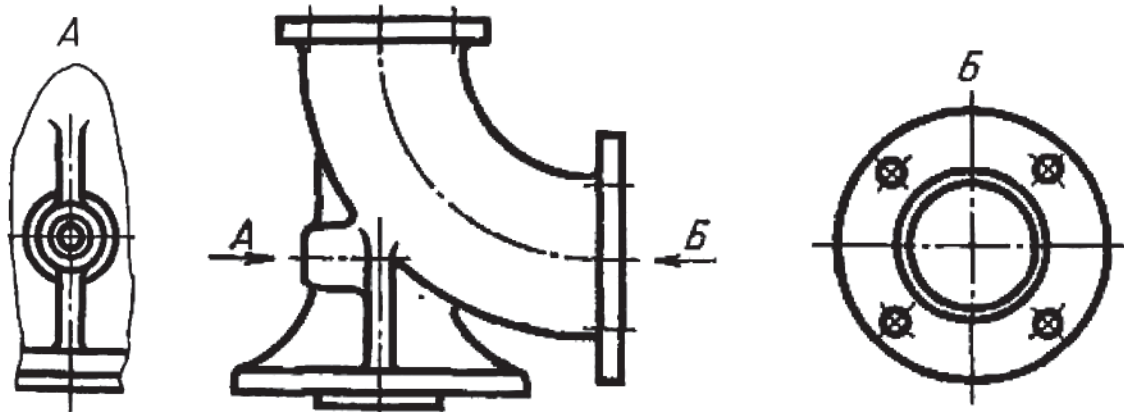


Рис. 4.14

На рис. 4.15 показано співвідношення розмірів стрілки, що вказує напрям погляду, згідно з ГОСТ 2.305-68.

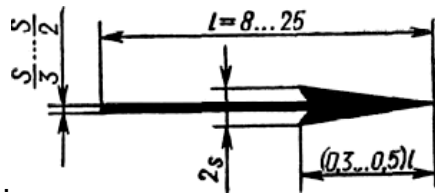


Рис. 4.15

4.2.2. Розрізи

Відповідно до ГОСТ 2.305-68 залежно від розташування січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи класифікуються таким чином:

- горизонтальні – січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій (рис. 4.16, а);
- вертикальні – січна площина перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (рис. 4.16, б);
- похилі – січна площина з горизонтальною площиною проєкцій утворює гострі кути (рис. 4.16, в).

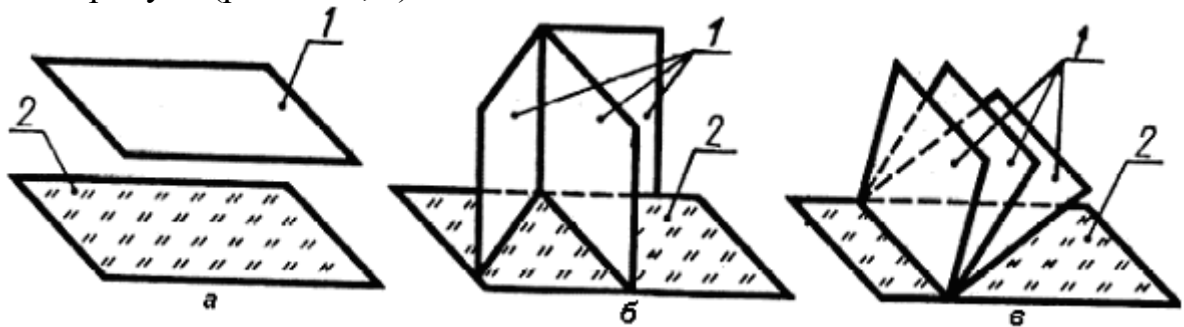


Рис. 4.16

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяються на прості (при одній січній площині (рис. 4.17)) і складні (при кількох січних площинах (рис. 4.18)).

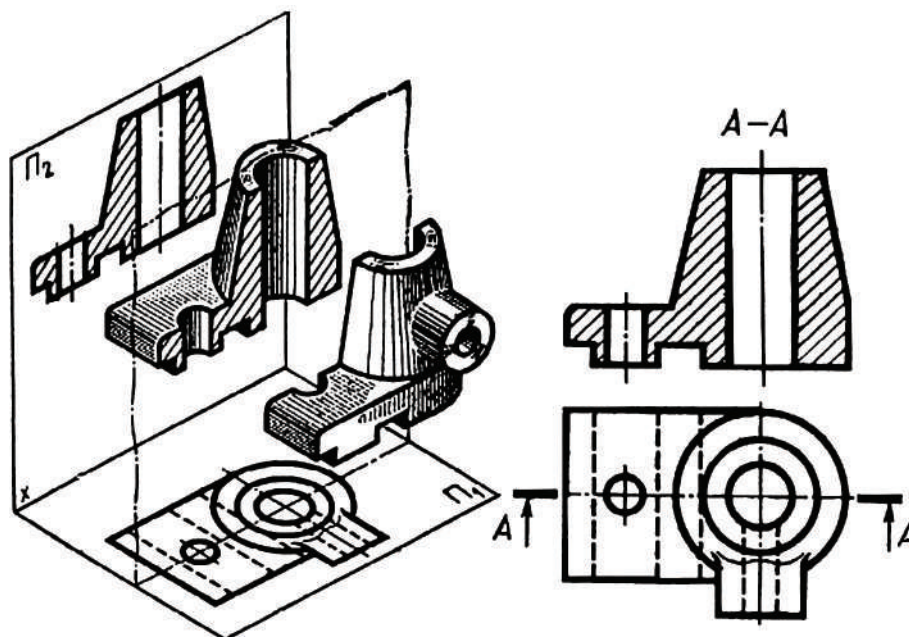


Рис. 4.17

Згідно з ГОСТ 2.305-68 вертикальний розріз називається фронтальним, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій (рис. 4.19), і профільним, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій.

Складні розрізи, у свою чергу, можуть бути східчастими, якщо січні площини паралельні (рис. 4.18, а), і ламаними, якщо січні площини перетинаються (рис. 4.18, б).

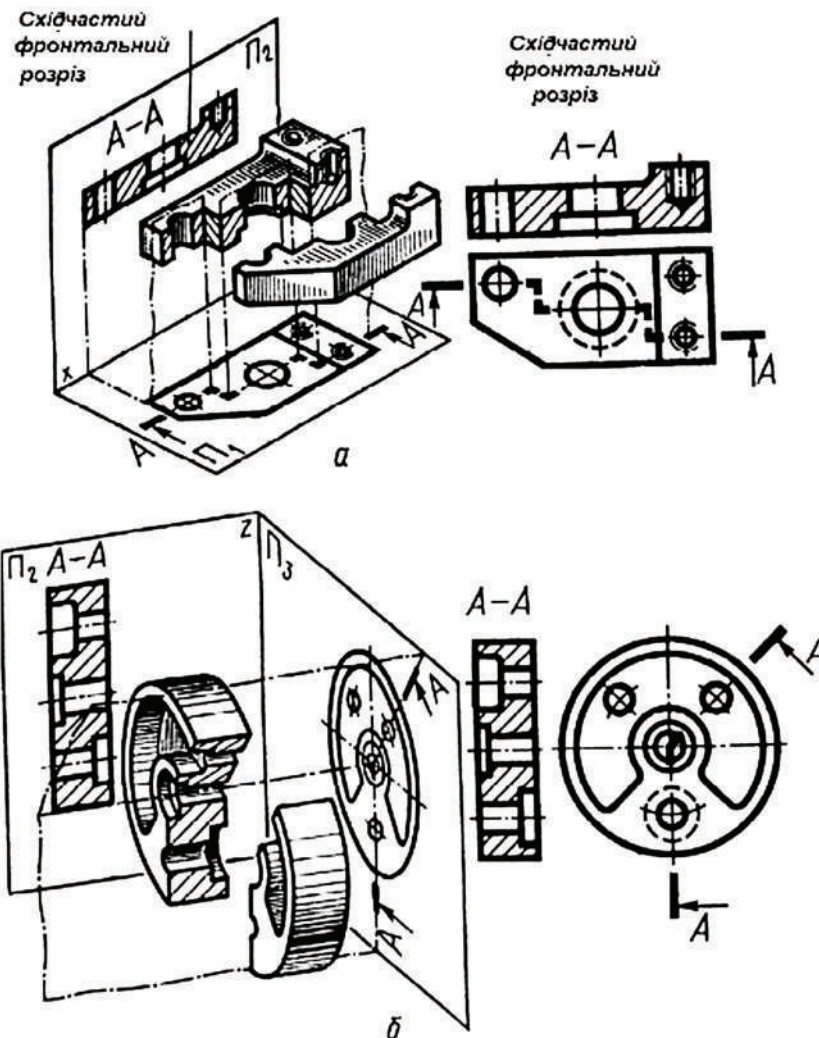


Рис. 4.18

При побудові ламаних розрізів одну січну площину розташовують паралельно якій-небудь основній площині проєкцій, а другу січну площину повертають до суміщення з першою.

Розташування січної площини показують розімкненою лінією.

Початковий і кінцевий штрихи лінії перетину не мають перетинати контур. На початковому і кінцевому штрихах потрібно зображувати стрілки, що вказують напрямок погляду. Стрілки наносять на відстані 2–3 мм від зовнішнього кінця штриха. При складному розрізі штрихи ставлять у місцях перегинів лінії перетину (див. рис. 4.18, б).

Біля стрілок, що вказують напрямок погляду із зовнішньої сторони, нано-

наносять великі літери кирилиці (за абеткою) за винятком ь, и, і, х. Сам розріз позначають написом типу А–А.

Якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розташовані на тому самому місці в безпосередньому проекційному зв'язку й не відділені якими-небудь іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів розташування січної площини не відмічають і розріз написом не супроводжують.

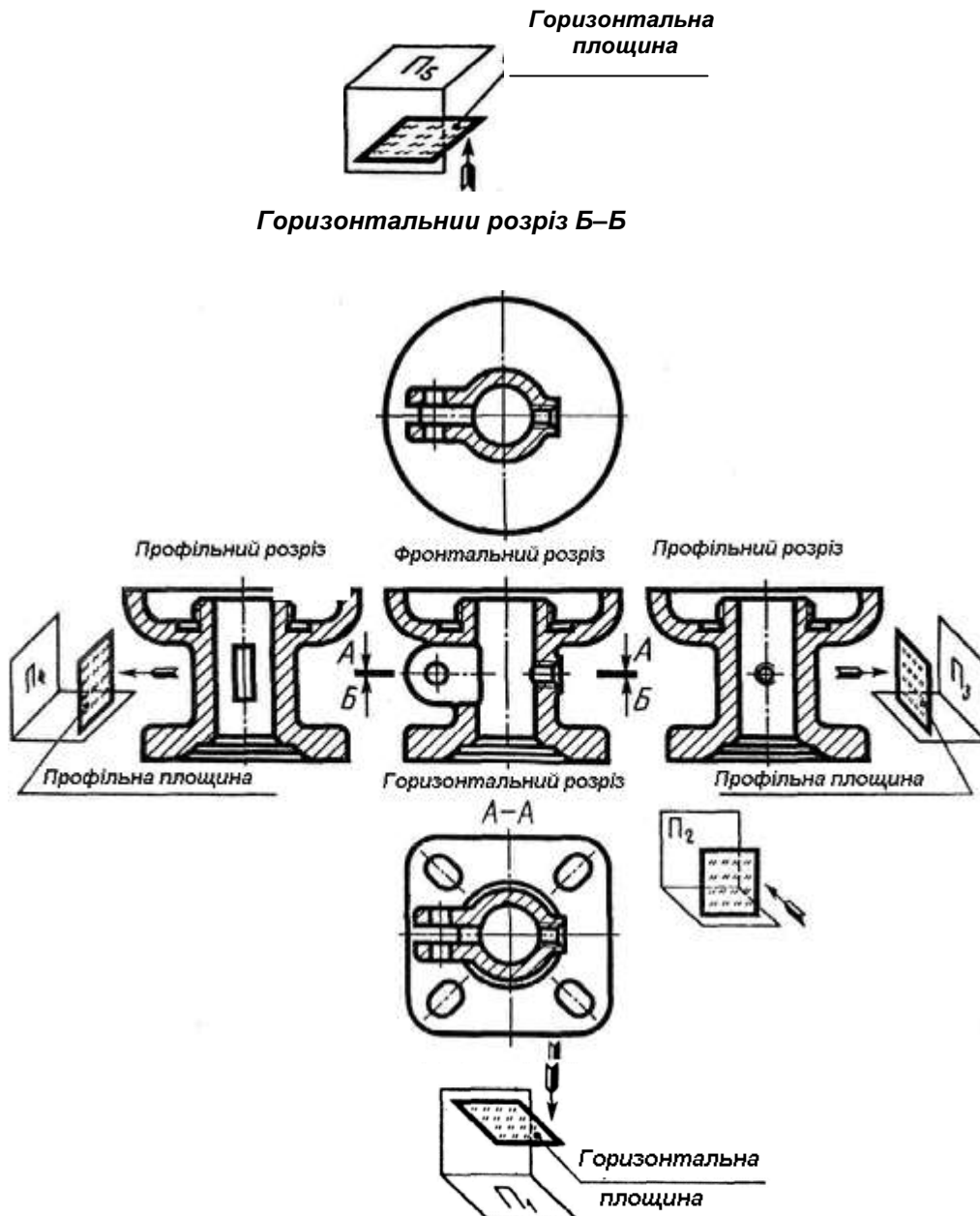


Рис. 4.19

Вертикальний розріз, коли січна площина не паралельна фронтальній або профільній площині проєкцій, а також похилий розріз слід будувати й розташовувати відповідно до напрямку, позначеного стрілками на лінії перетину. Допускається розташовувати такі розрізи в будь-якому місці креслення, а також з поворотом до розташування, що відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні. В останньому випадку до напису необхідно додати символ \curvearrowright (розріз Б-Б на рис. 4.20).

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

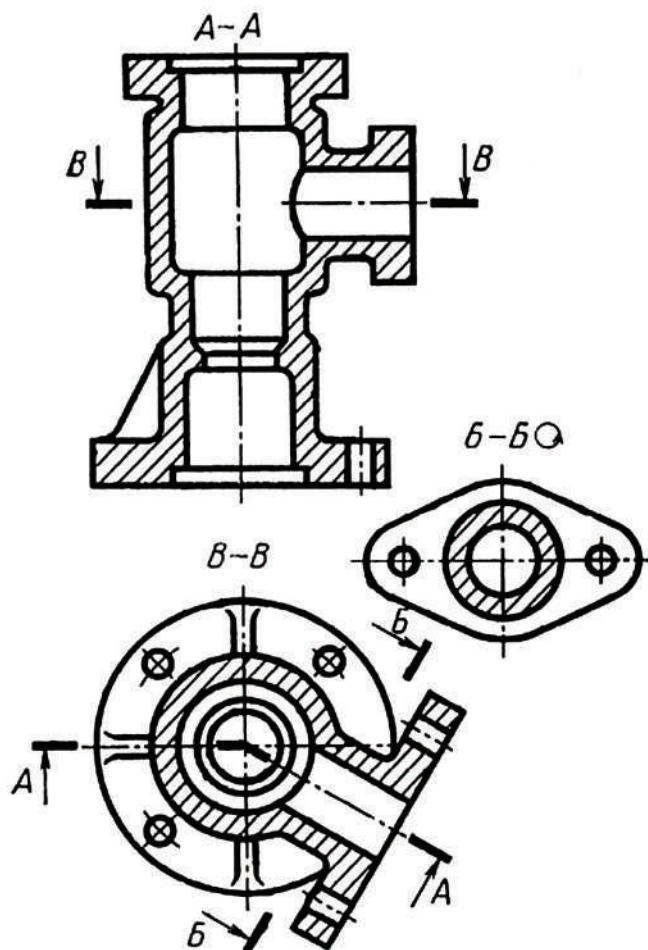


Рис. 4.20

Якщо суміщені площини будуть паралельні одній з основних площин проєкцій, то ламаний розріз допускається зображати на місці відповідного головного вигляду (розріз А-А на рис. 4.20).

При повороті січної площини елементи предмета, розташовані за нею, викреслюють так, як вони проєціюються на площину, до якої виконують суміщення (розріз Б-Б на рис. 4.18,б).

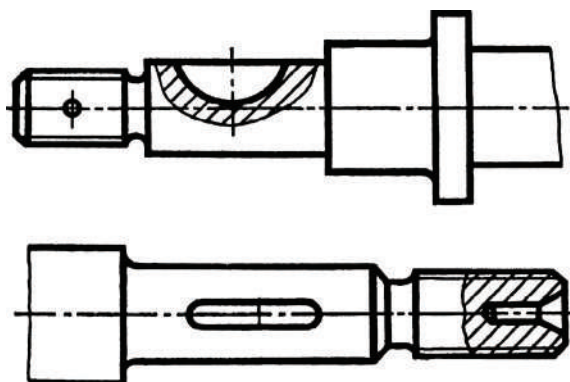


Рис. 4.21

Місцевим називають розріз, який дає можливість виявити будову предмета в окремому обмеженому місці.

На вигляді місцевий розріз показують суцільною хвилястою лінією. Ця лінія не повинна збігатися з лініями контуру (рис. 4.21).

Необхідно звернути увагу, що частину вигляду і частину відповідного розрізу допускається з'єднувати, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією (рис. 4.22). Якщо при цьому з'єднуються половина вигляду і половина розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, то відокремлювальною лінією буде вісь симетрії (рис. 4.23).

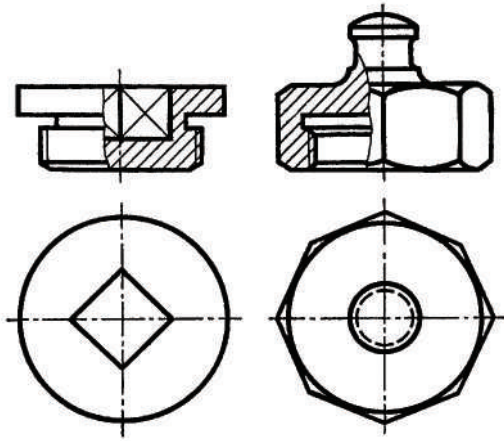


Рис. 4.22

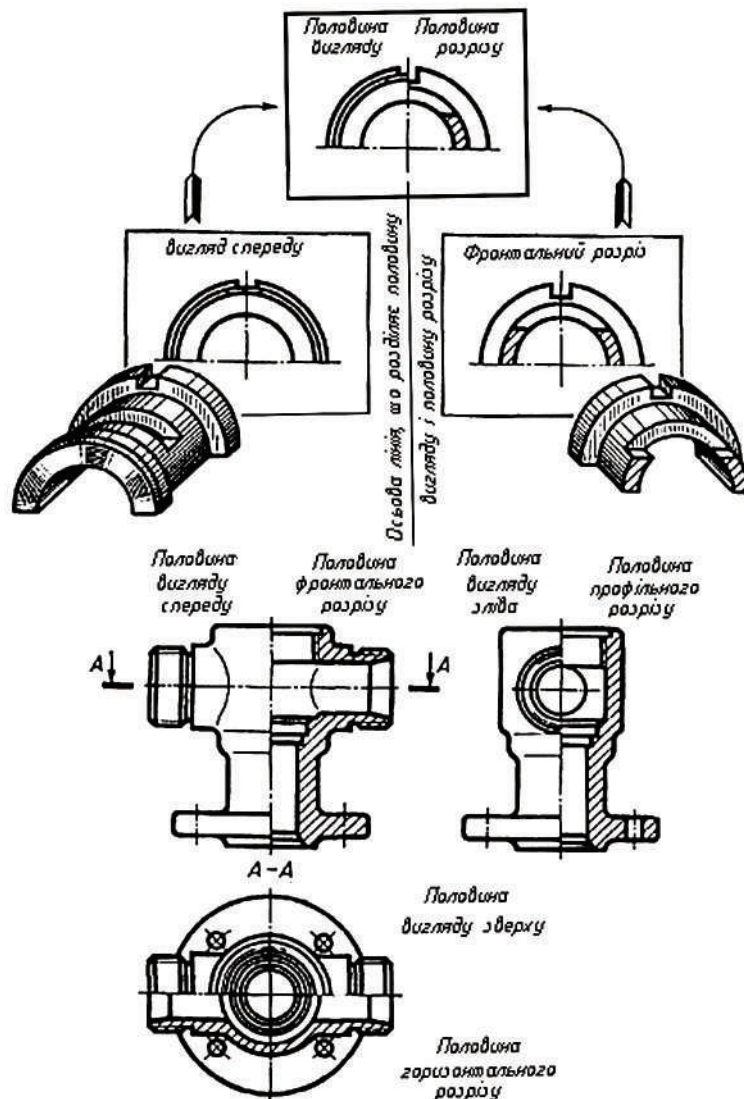


Рис. 4.23

Допускається також розріз і вигляд розділяти штрихпунктирною лінією (рис. 4.24), що збігається зі слідом площини симетрії не всього предмета, а лише його частини, якщо вона являє собою тіло обертання.

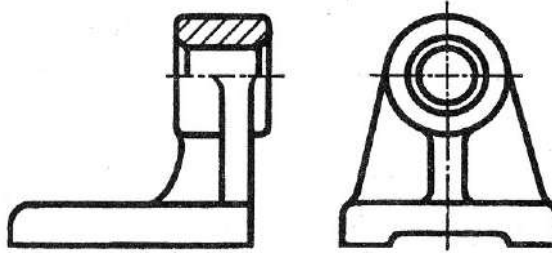


Рис. 4.24

4.2.3. Перерізи

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяються на винесені (рис. 4.25, а) і накладені (рис. 4.25, б).

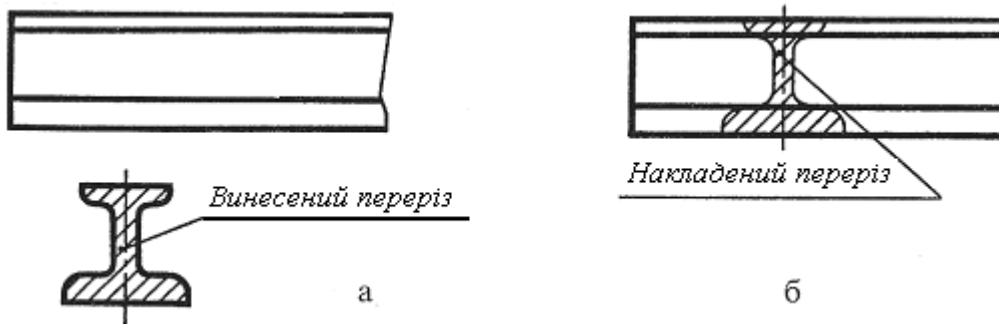


Рис. 4.25

Винесені перерізи є переважними: їх допускається розташовувати в розриві між частинами того самого вигляду (рис. 4.26).

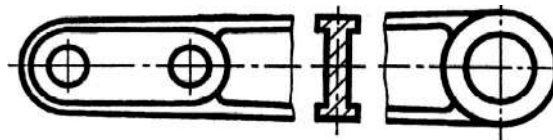


Рис. 4.26

Контур винесеного перерізу, а також переріз, що входить до складу розрізу, зображують суцільними основними лініями, контур накладеного перерізу – суцільною тонкою лінією. Вісь симетрії накладеного або винесеного перерізу вказують штрихпунктирною тонкою лінією.

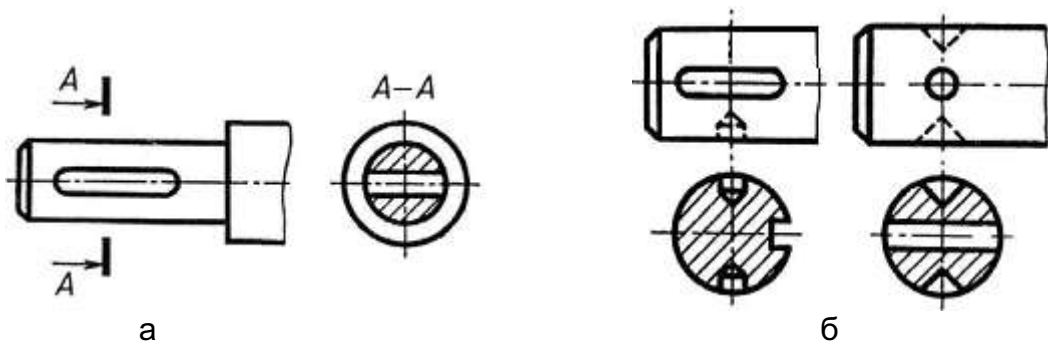


Рис. 4.27

Якщо січна площина проходить через некруглий отвір і переріз має такий вигляд, що складається із самостійних окремих частин, то замість перерізів варто застосовувати розрізи (рис. 4.27, а).

Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, що обмежує отвір або заглибину, то контур отвору або заглибини в перерізі показують повністю (рис. 4.27, б).

4.2.4. Виносні елементи

Виносним елементом є додаткове окреме зображення (звичайно збільшене) якої-небудь частини предмета, що потребує графічного або іншого пояснення стосовно форми, розмірів тощо. Виносний елемент може містити подробиці, не зазначені на відповідному зображенні, та відрізнятися від нього за виконанням (наприклад, зображення може бути виглядом, а виносний елемент – розрізом).

При застосуванні виносного елемента відповідне місце окреслюють на вигляді або розрізі (перерізі) замкненою суцільною лінією (колом, овалом) і позначають літерою кирилиці на поличці лінії-виноски. Для виносного елемента варто вказати цю ж літеру і масштаб, наприклад А (5:1) (рис. 4.28).

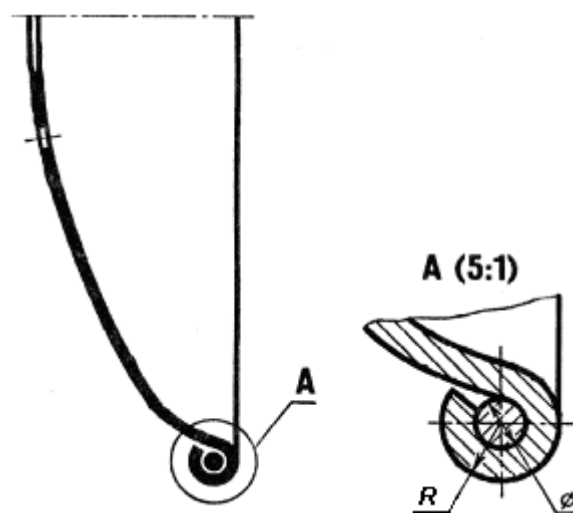


Рис. 4.28

4.3. Контрольне завдання

Мета завдання – вивчити основні правила виконання креслень: формати, масштаби, лінії креслення, шрифти креслярські, зображення (вигляди, розрізи, перерізи), графічні позначення матеріалів, нанесення розмірів, аксонометричні проекції.

Перед виконанням завдання необхідно ознайомитися з основними положеннями стандартів ЄСКД:

- формати (ГОСТ 2.301-68);
- масштаби (ГОСТ 2.302-68);
- лінії (ГОСТ 2.303-68);
- шрифти креслярські (ГОСТ 2.304-68);
- зображення (вигляди, розрізи, перерізи) (ГОСТ 2.305-68);
- позначення графічних матеріалів і правила їхнього нанесення на кресленнях (ГОСТ 2.306-68);
- нанесення розмірів (ГОСТ 2.307-68);
- аксонометричні проекції (ГОСТ 2.317-69).

Порядок виконання завдання

1. На аркуші ватману формату А3 креслярським шрифтом виконати обкладинку до альбому завдань. Текст обкладинки наведено на рис. 4.29.

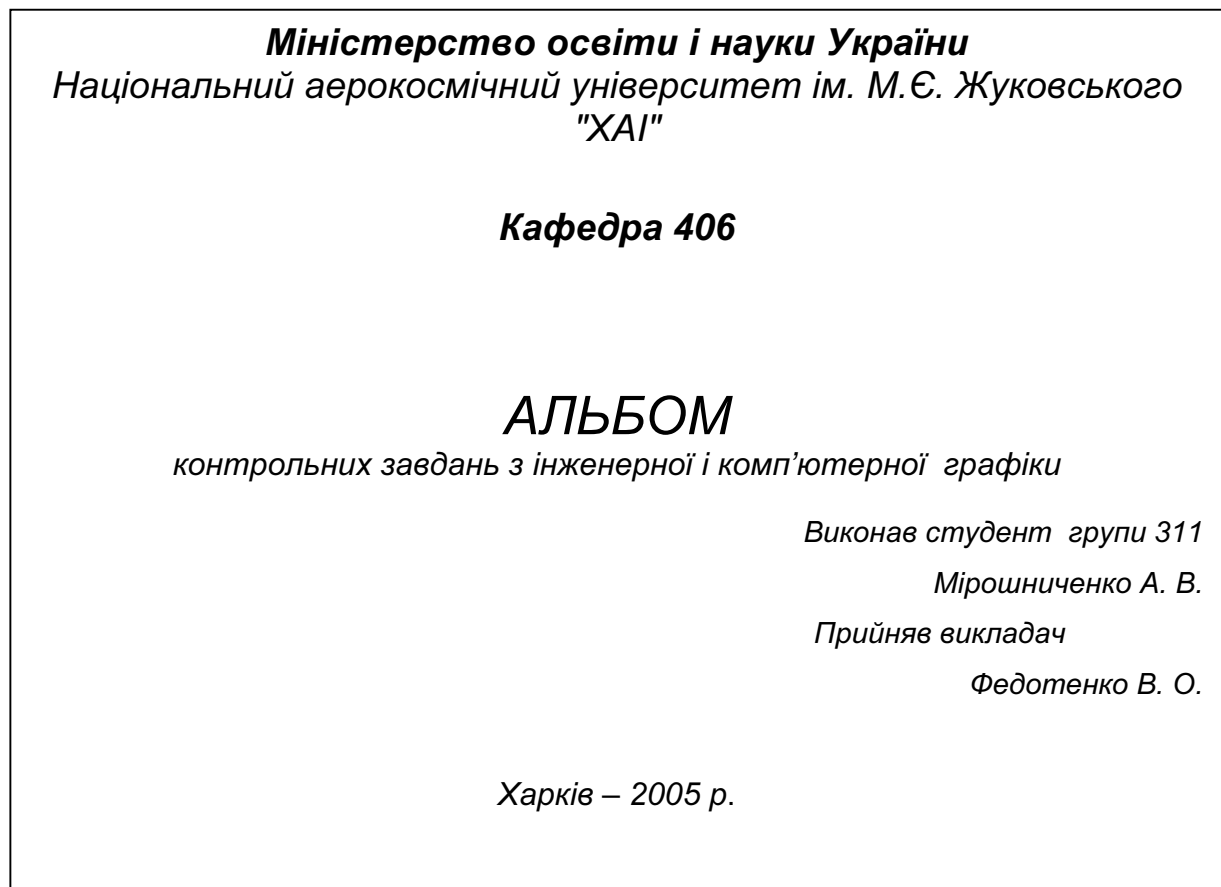


Рис. 4.29

2. Згідно з отриманим варіантом на двох аркушах ватману формату А3 виконати завдання:

а) за наведеними розмірами (табл. 4.4) виконати креслення двох проєкцій моделі № 1 і за ними побудувати третю (рис. 4.30);

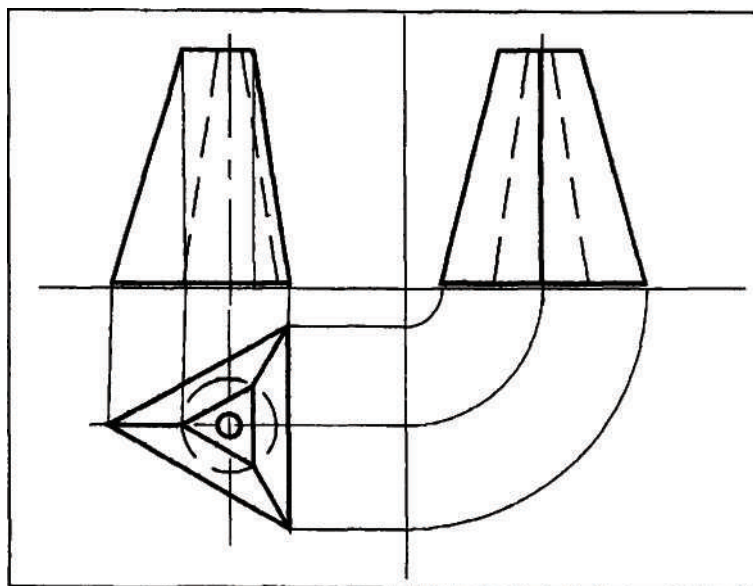


Рис. 4.30

б) призначити площини розрізів (рис. 4.31);

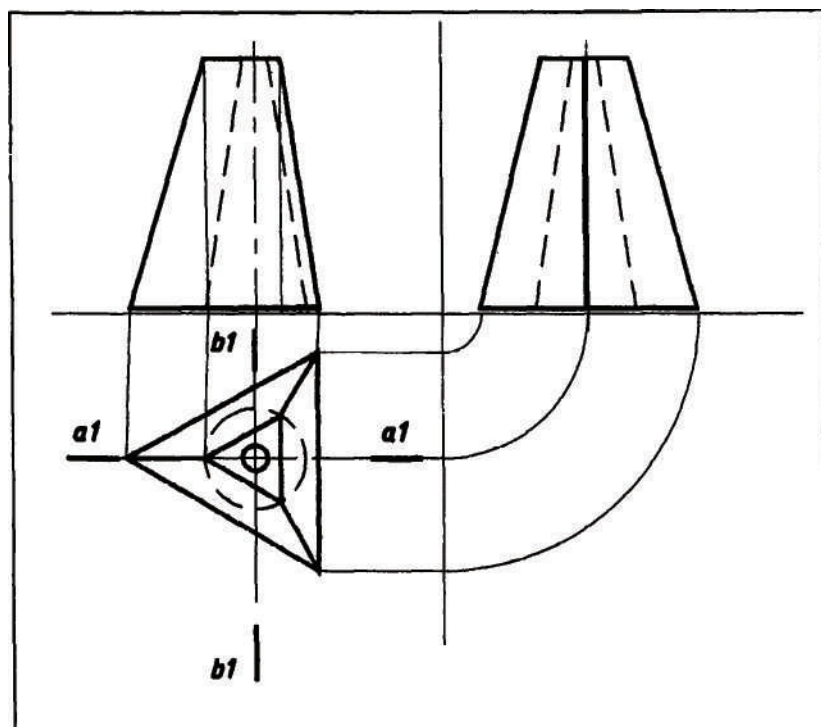


Рис. 4.31

в) виконати розрізи (рис. 4.32);

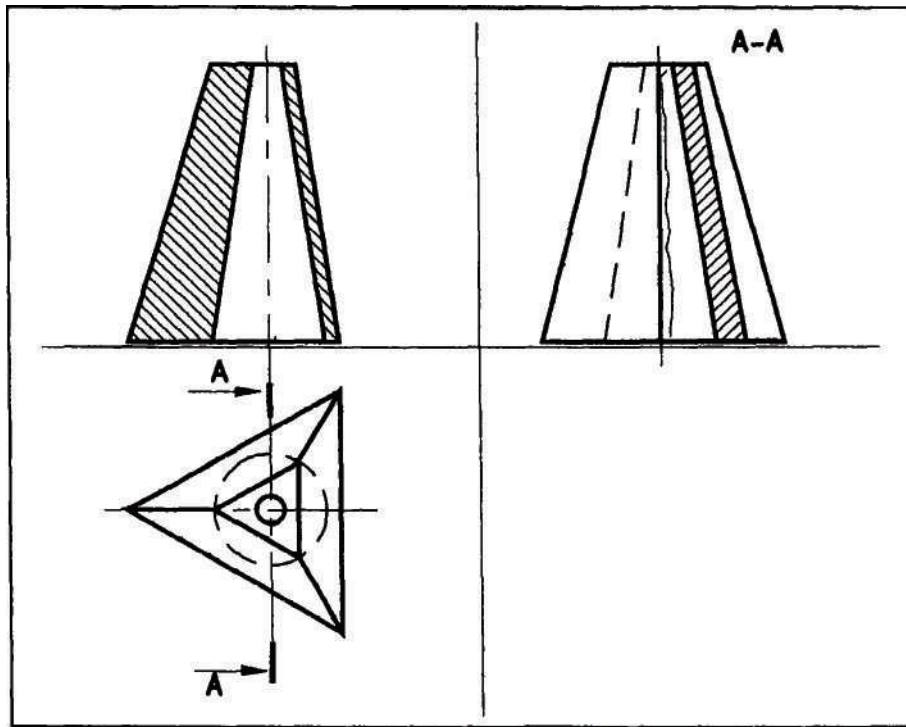


Рис. 4.32

- г) побудувати аксонометричне зображення моделі:
- вибрати аксонометрію (прямокутну ізометрію або диметрію) і побудувати аксонометричні осі (рис. 4.33);
 - побудувати аксонометричне зображення верхньої та нижньої основ (рис. 4.34);

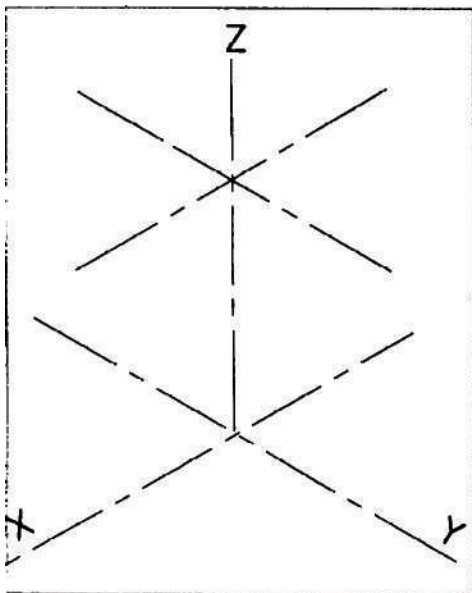


Рис. 4.33

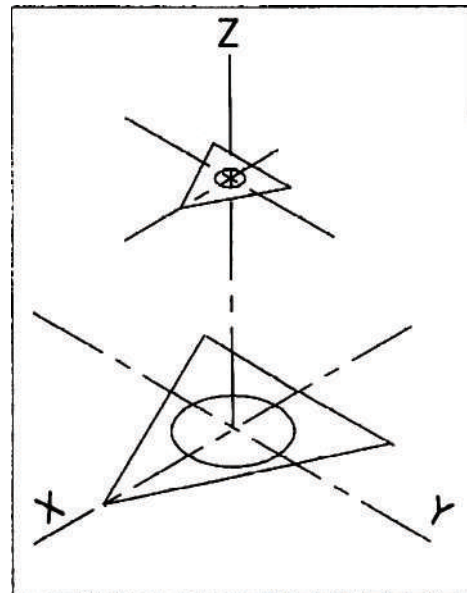


Рис. 4.34

- побудувати повний контур моделі № 1 у тонких лініях (рис. 4.35);

– вирізати 1/4 частину моделі, розташовану між площинами XOZ і YOZ, навести лінії видимого контуру (рис. 4.36);

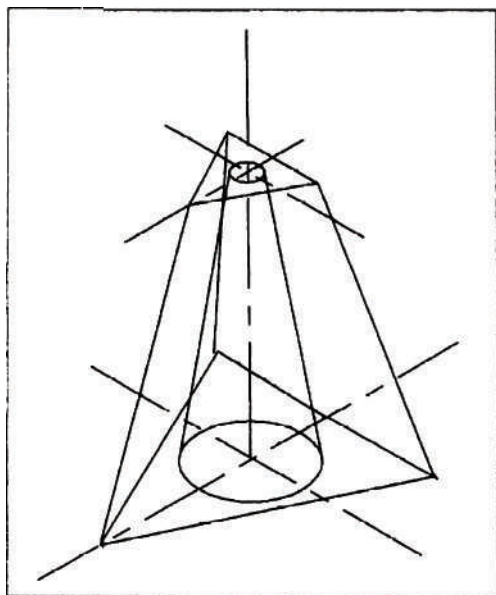


Рис. 4.35

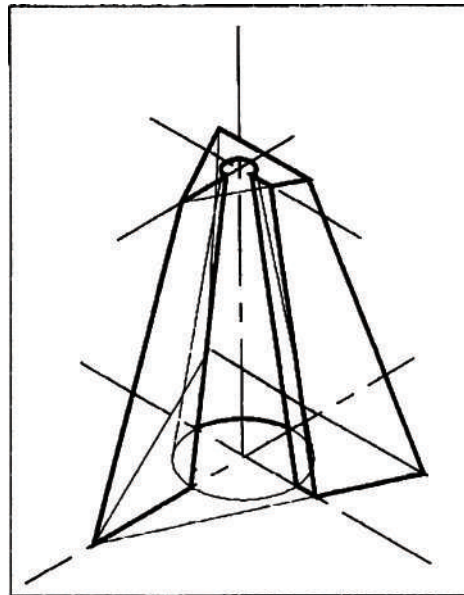


Рис. 4.36

– видалити невидимі лінії та заштрихувати розрізи (рис. 4.37);

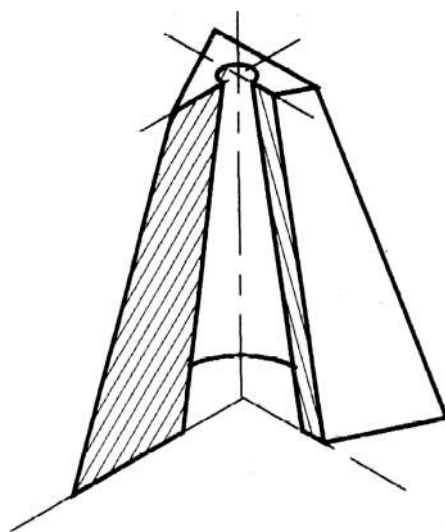


Рис. 4.37

д) оформити креслення: нанести розміри й заповнити основний напис (рис. 4.38).

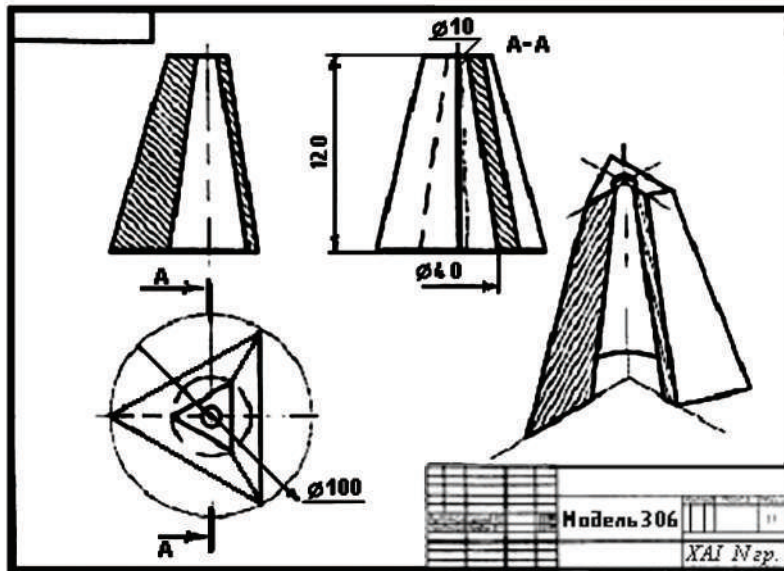


Рис. 4.38

3. На аркуші ватману формату А3 виконати креслення моделі № 2 аналогічно до креслення моделі № 1:

- а) за двома заданими проекціями (табл. 4.5) побудувати третю (рис. 4.39);
- б) призначити, виконати й позначити розрізи – складний і простий (рис. 4.40);

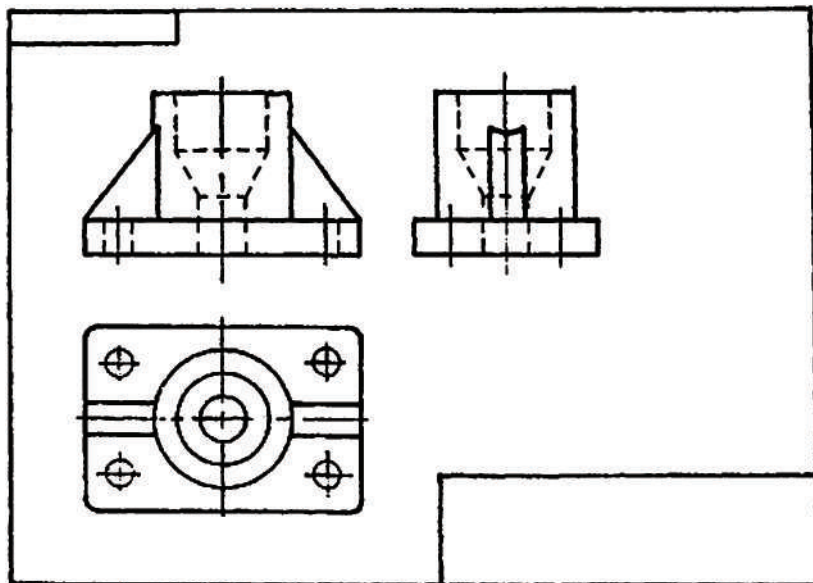


Рис. 4.39

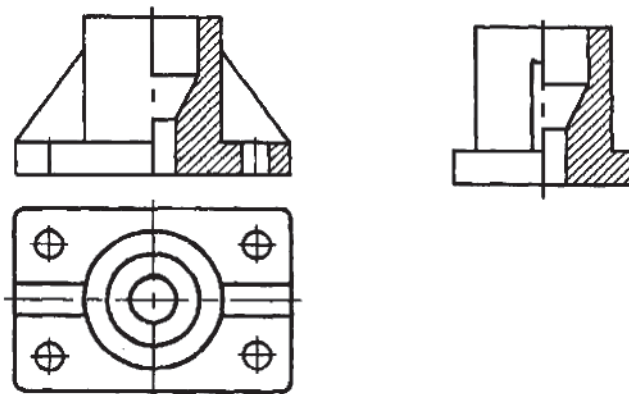
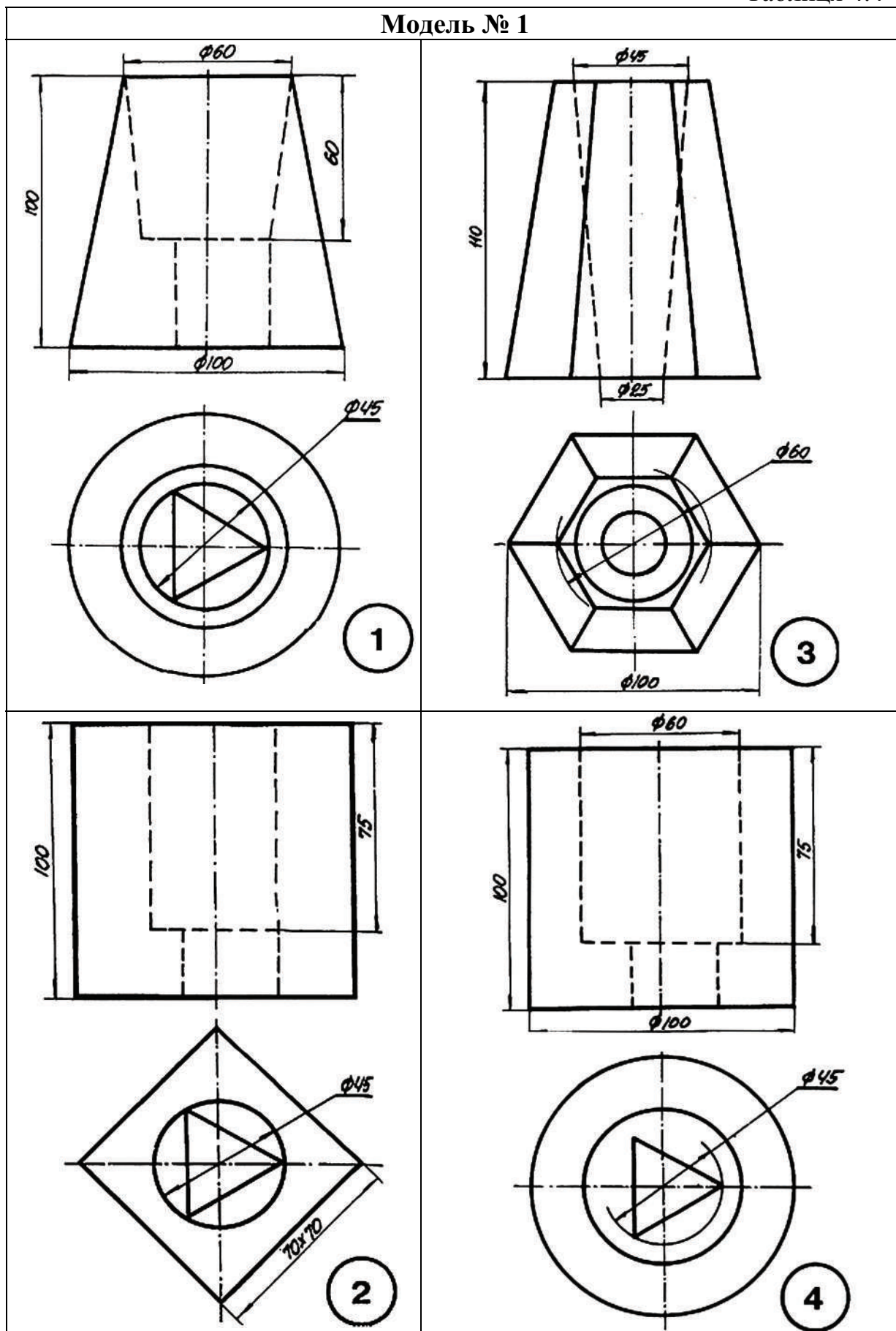
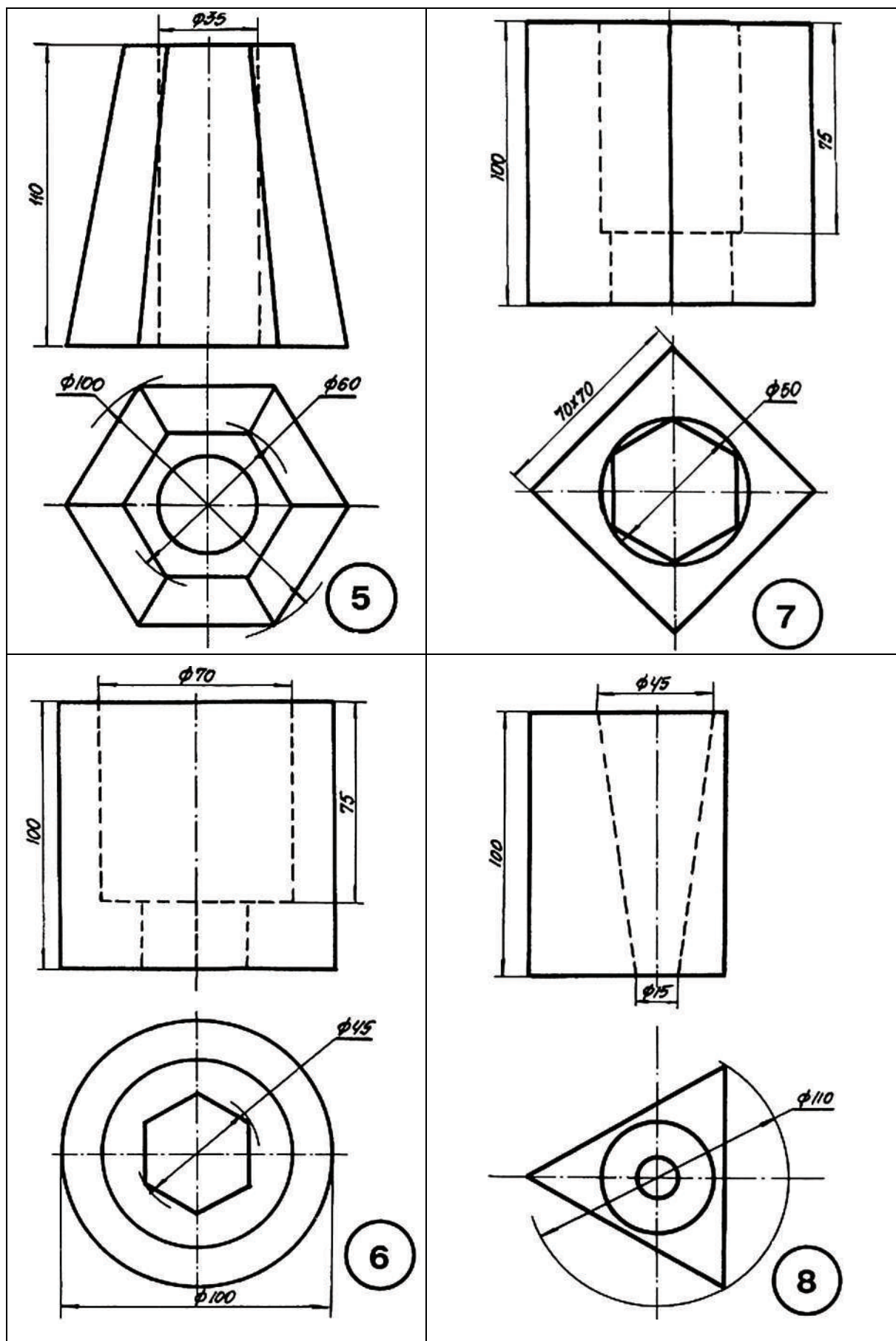
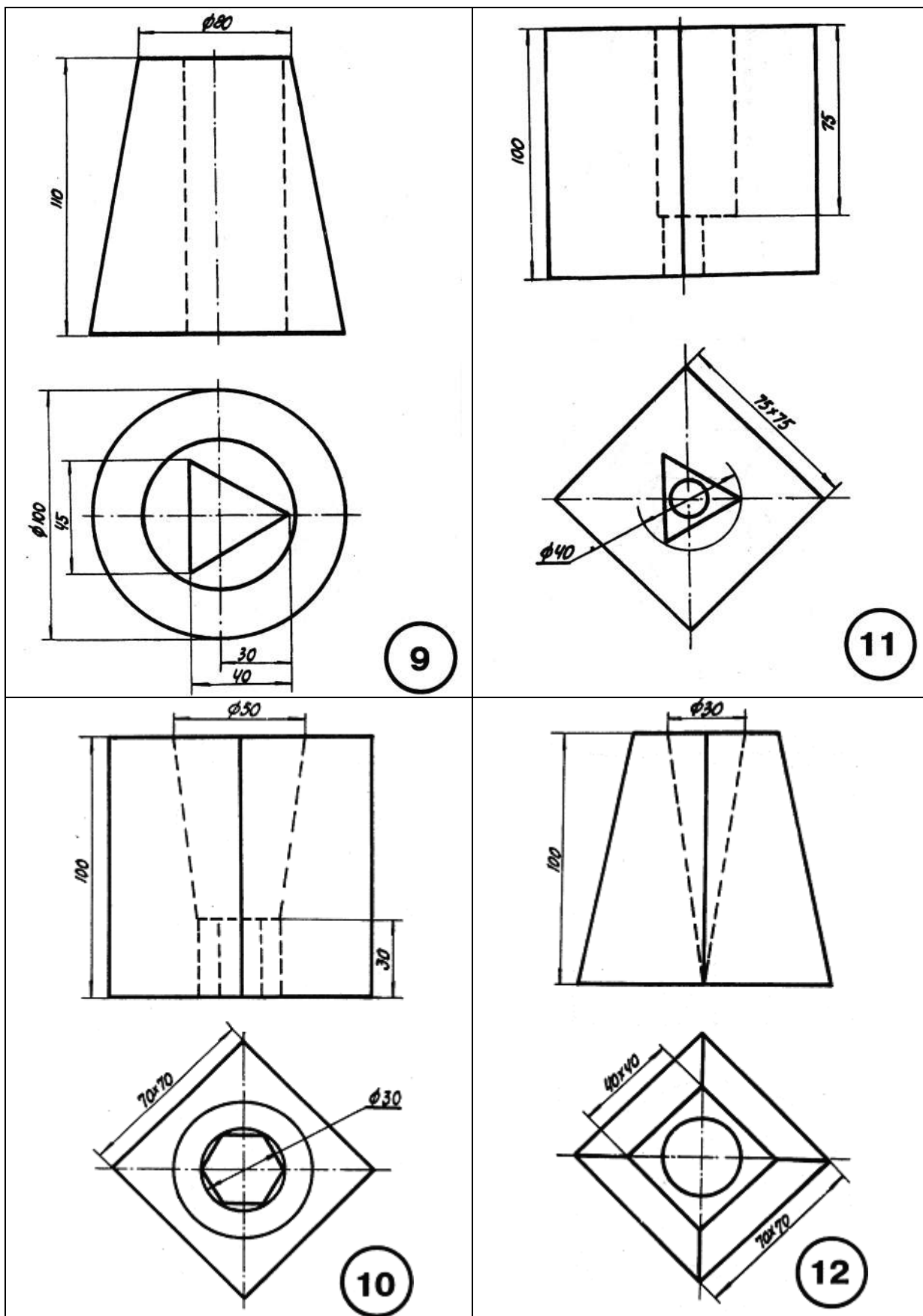


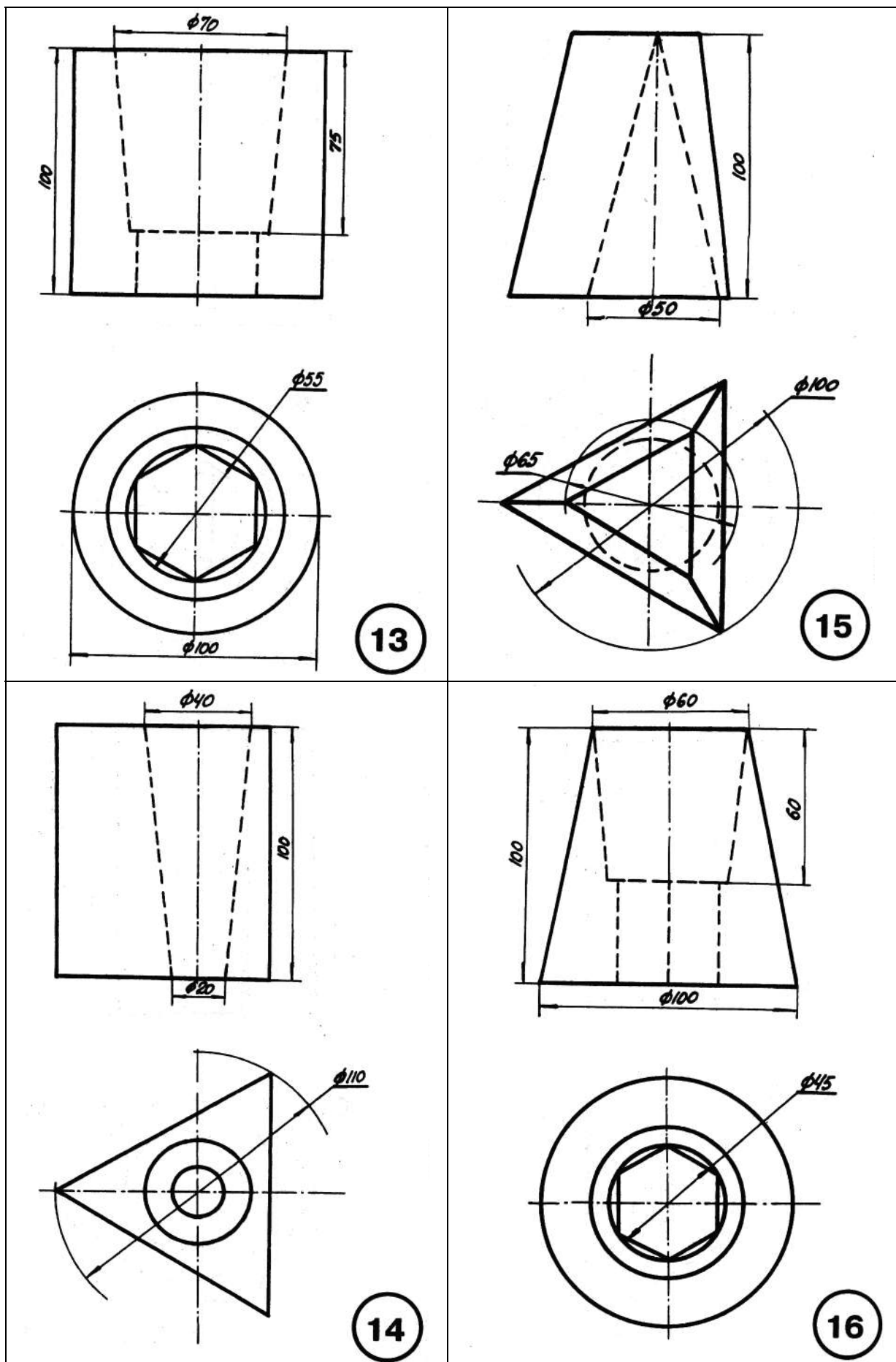
Рис. 4.40

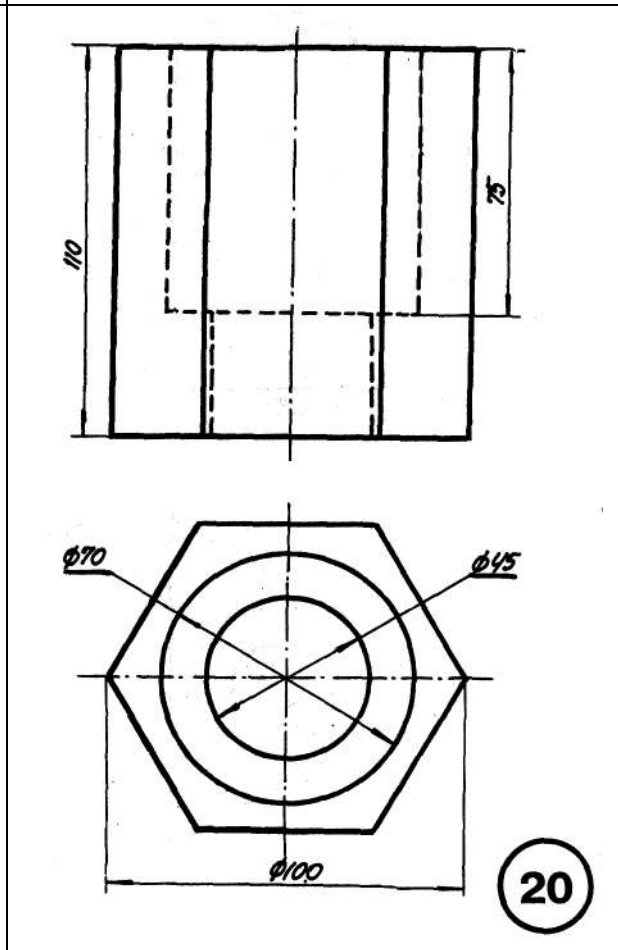
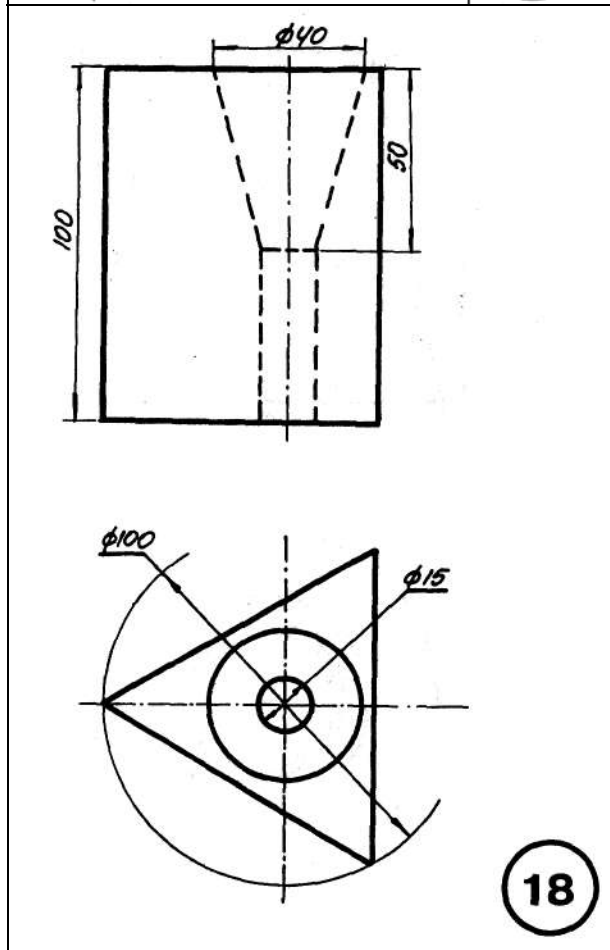
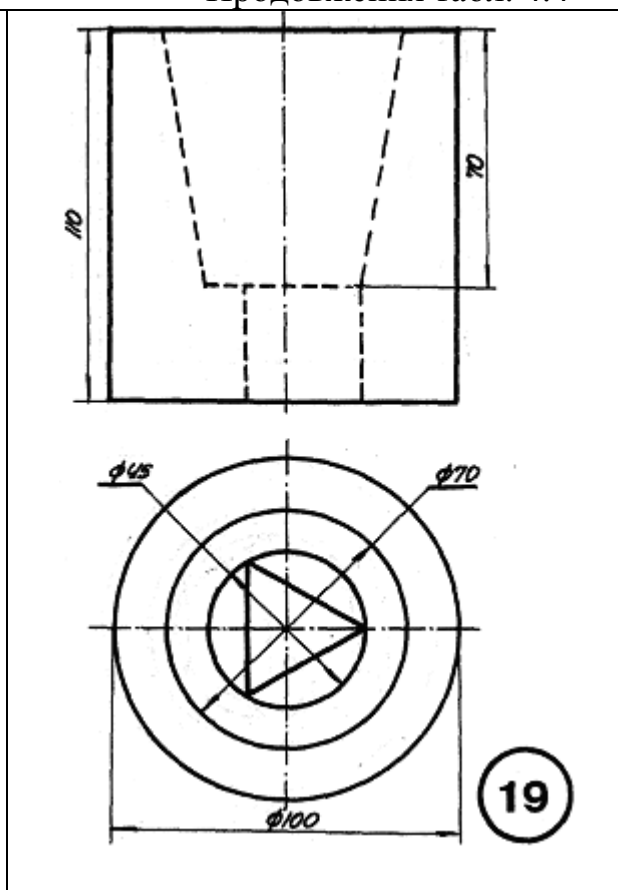
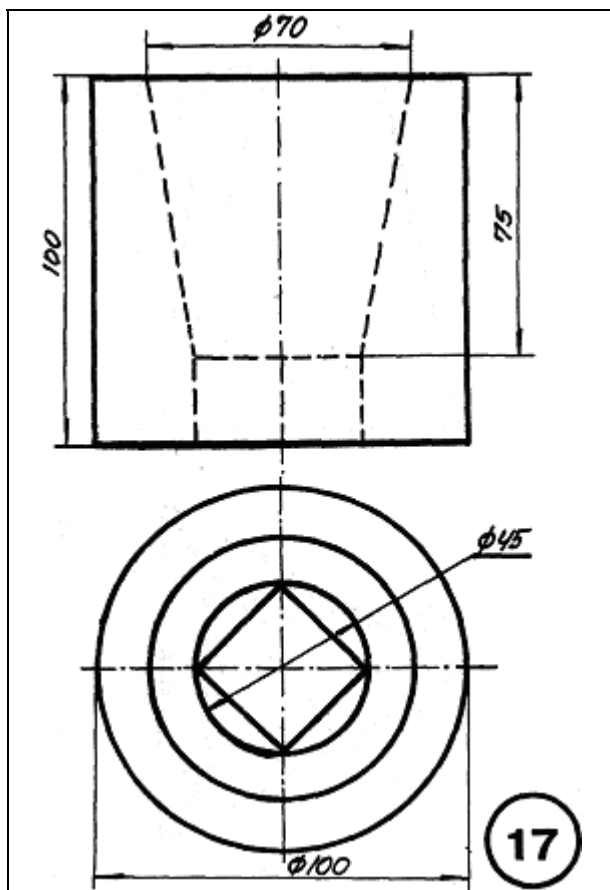
Модель № 1

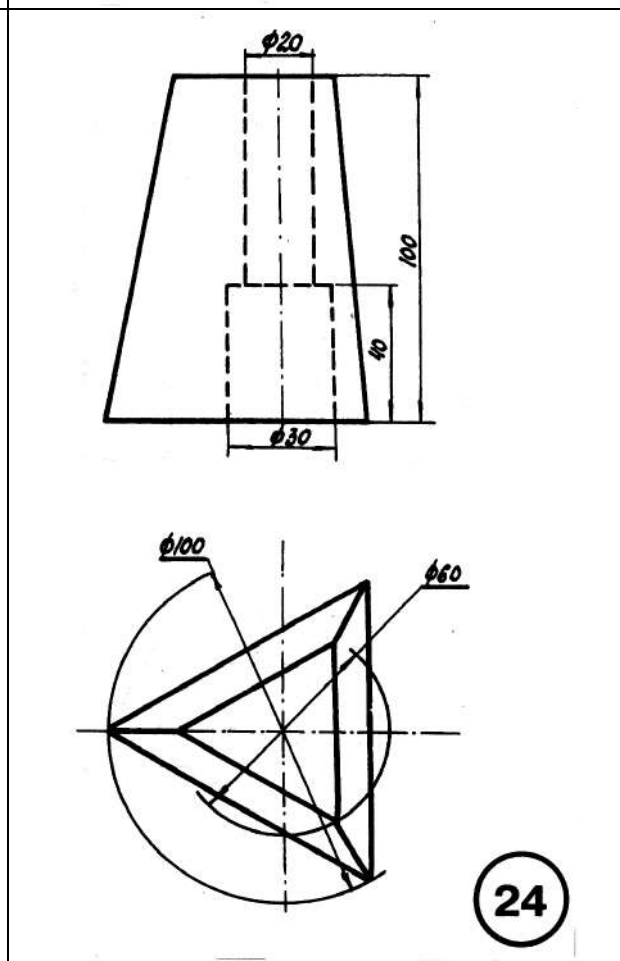
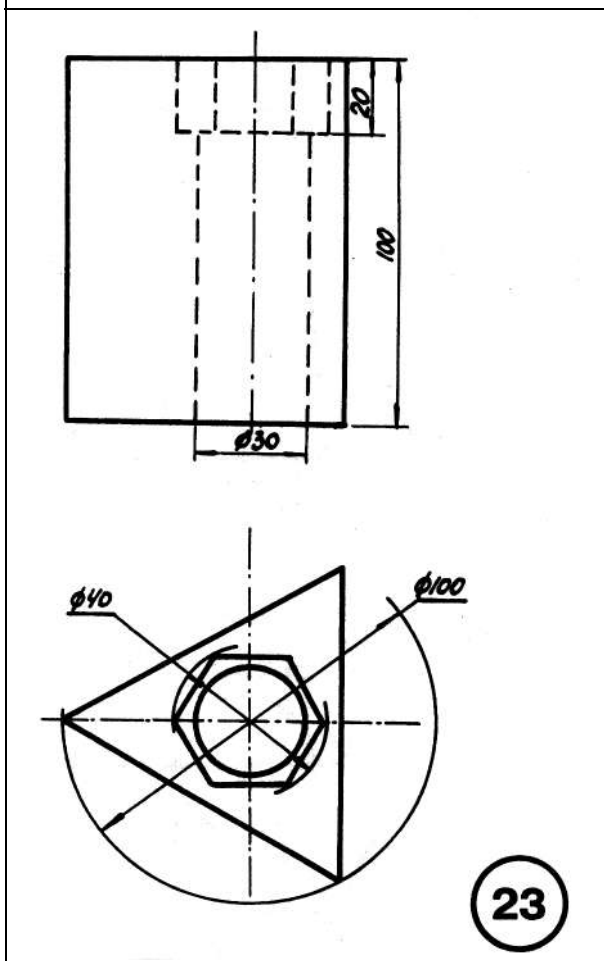
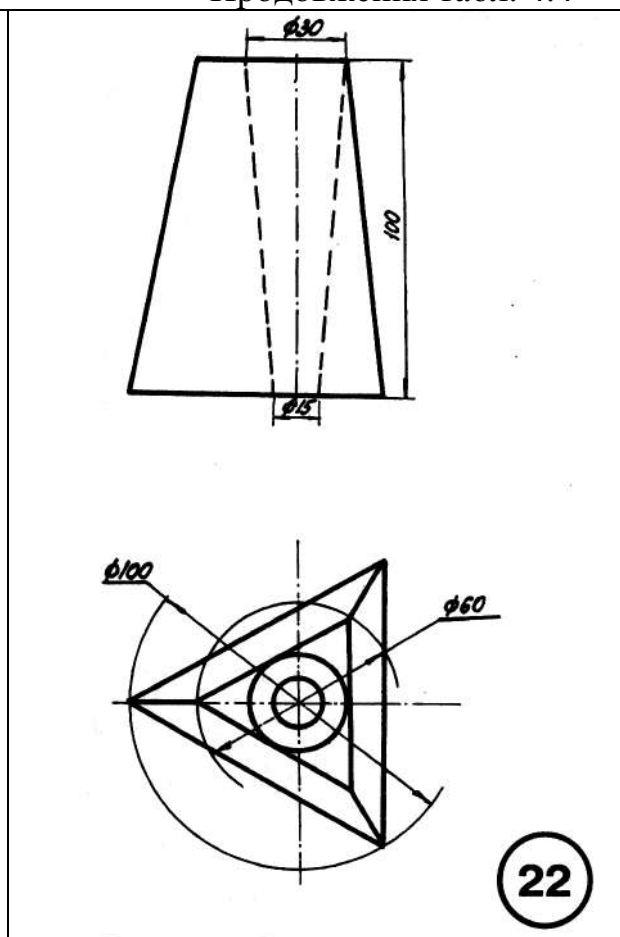
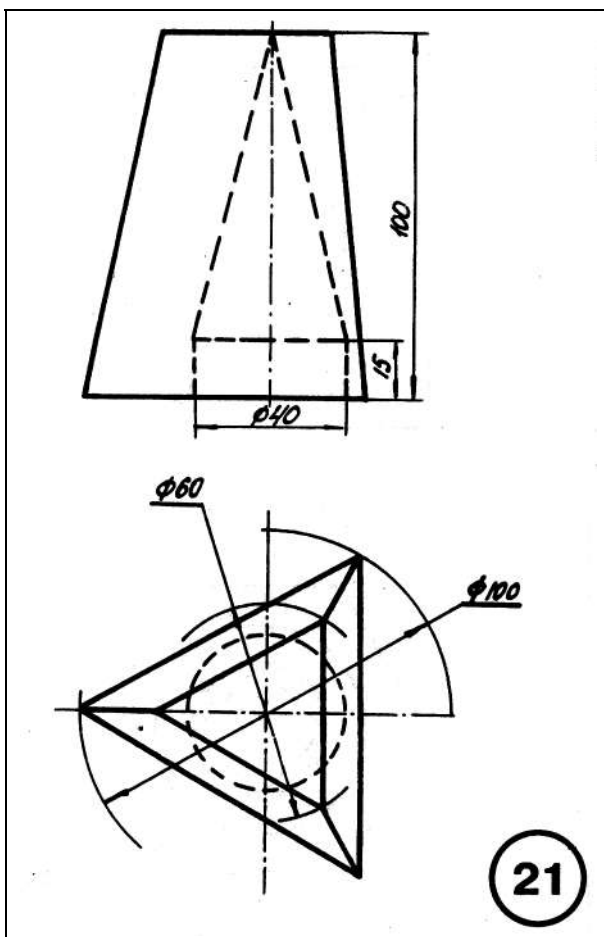


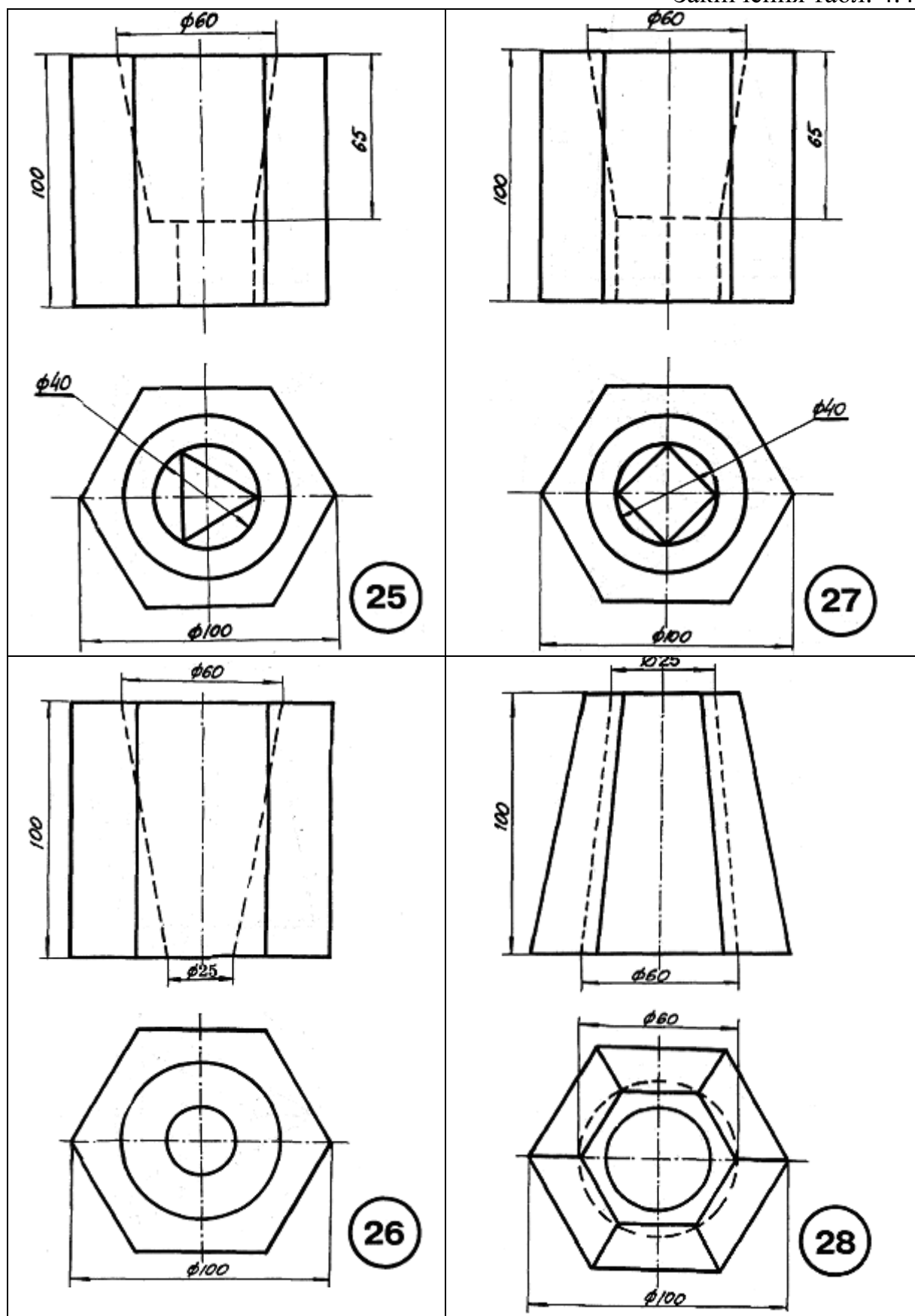




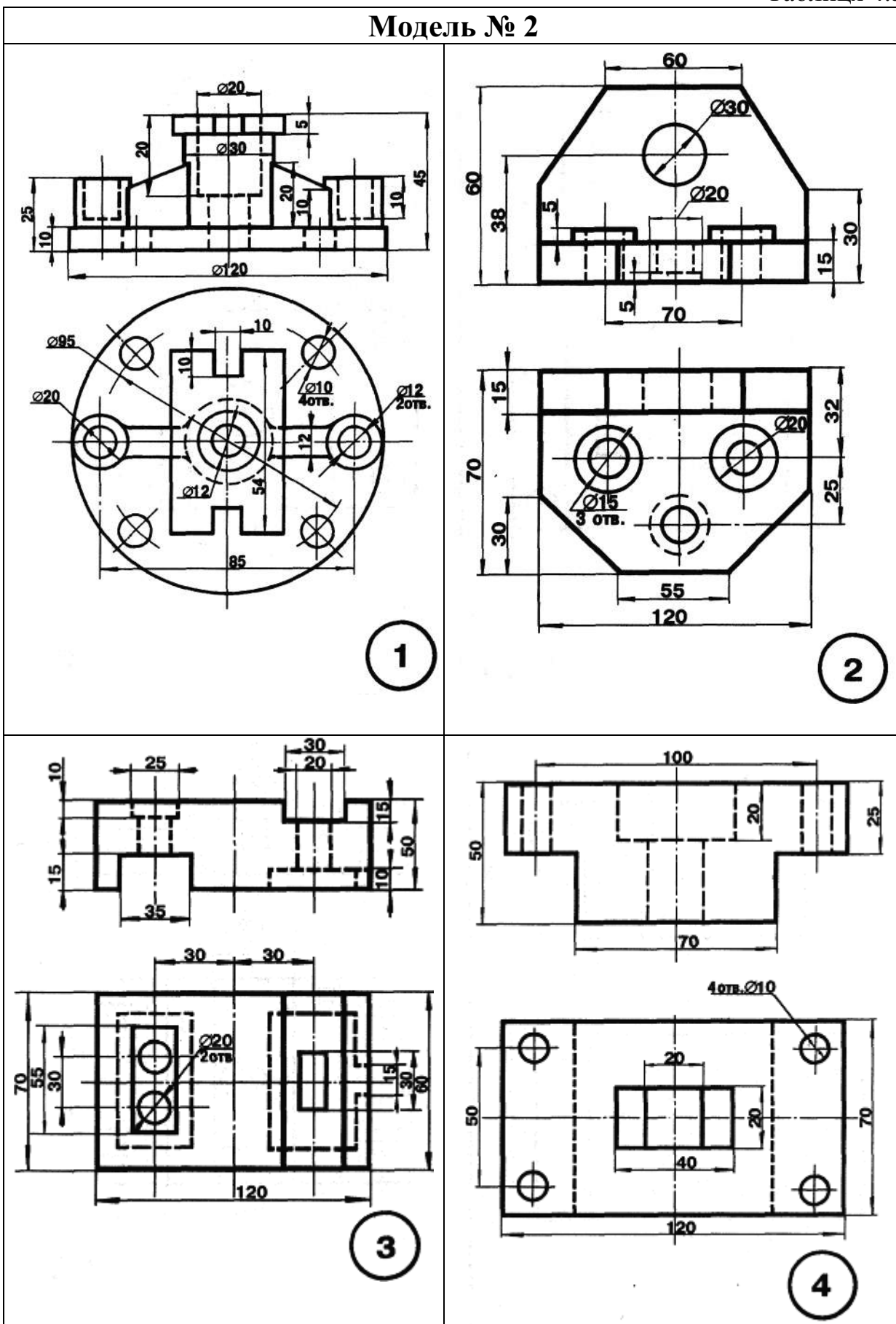


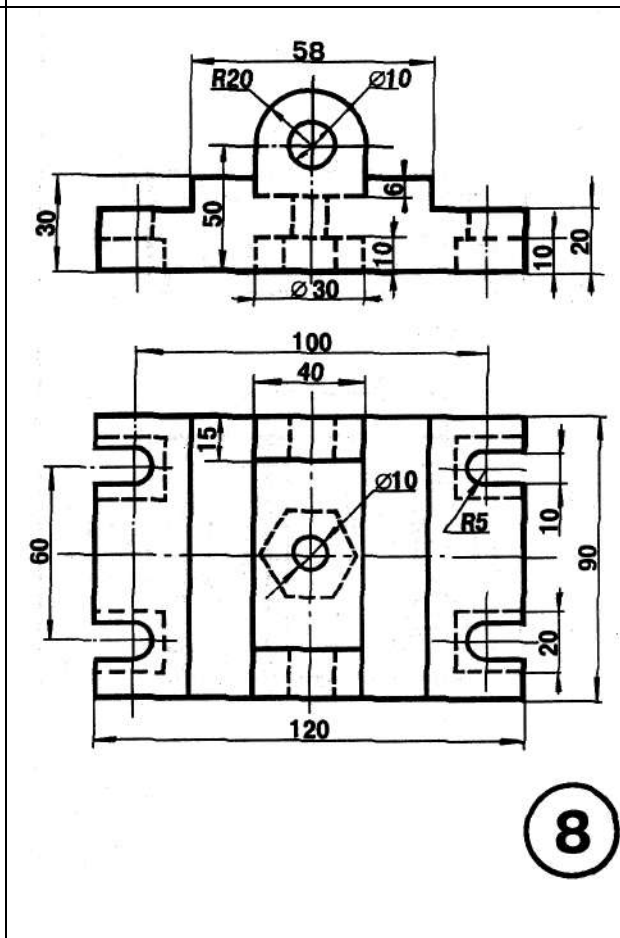
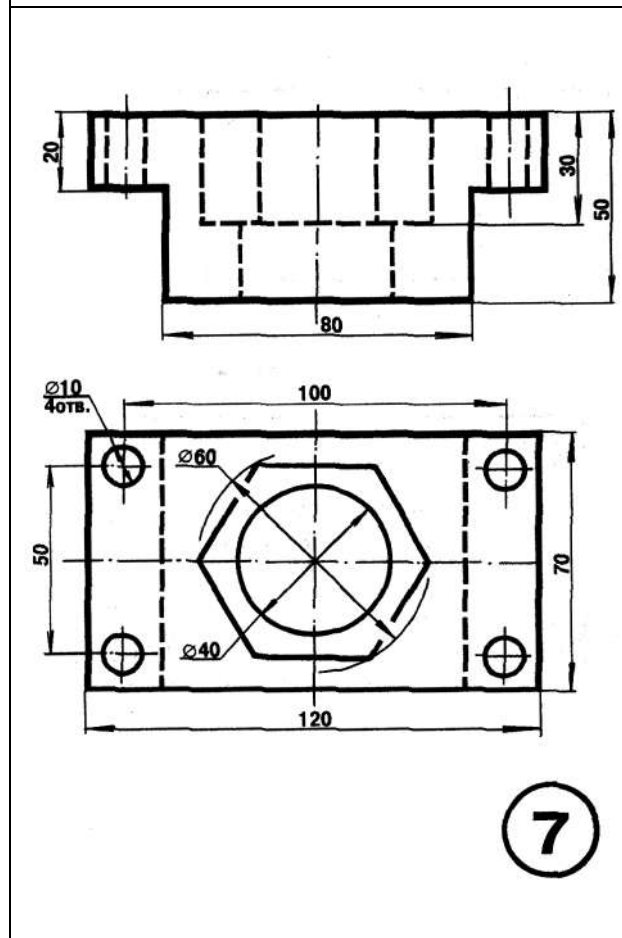
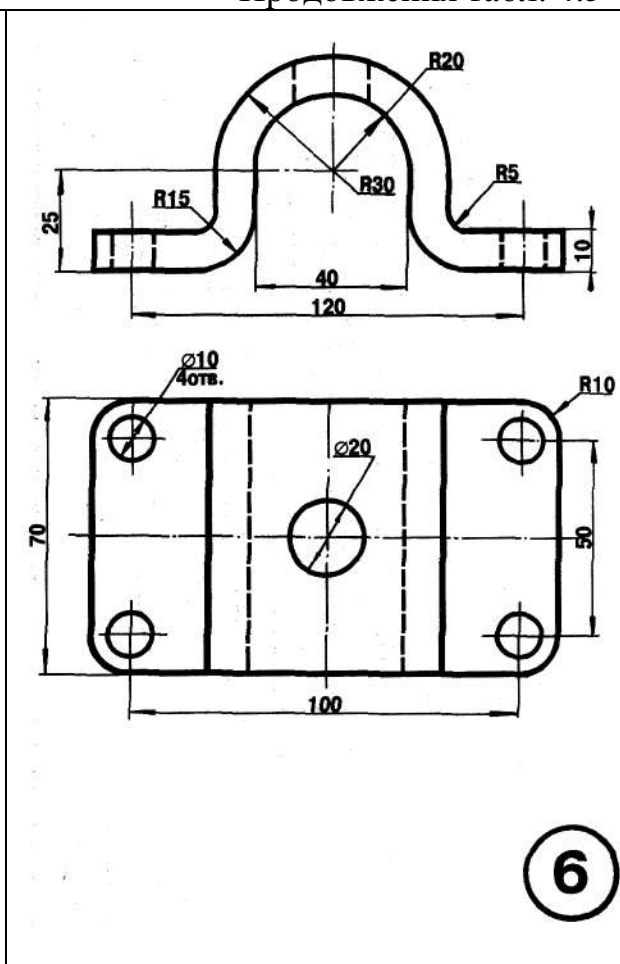
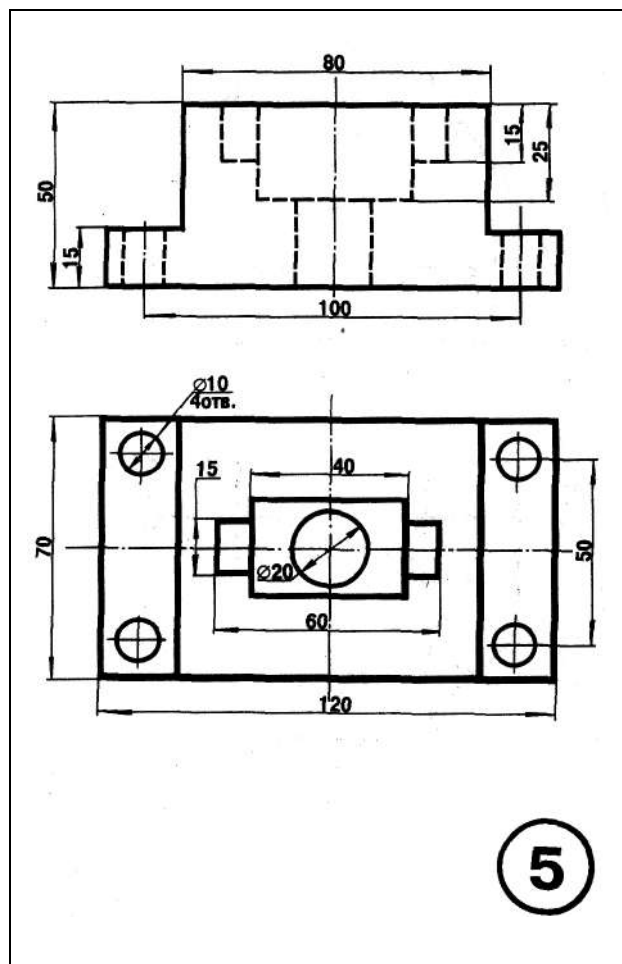


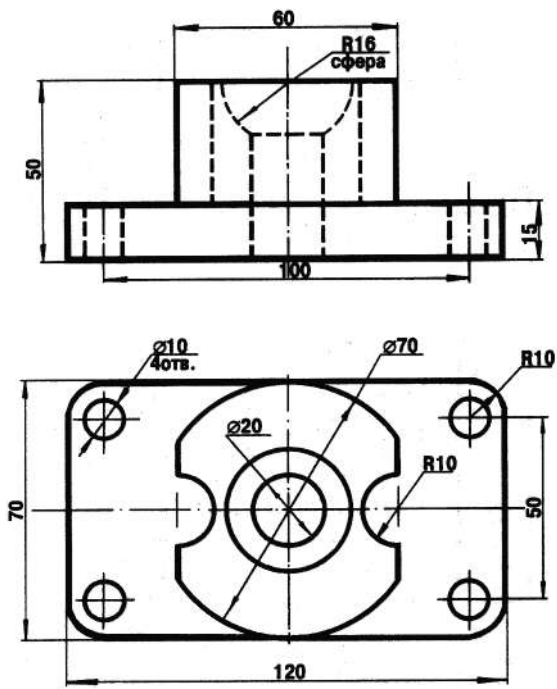




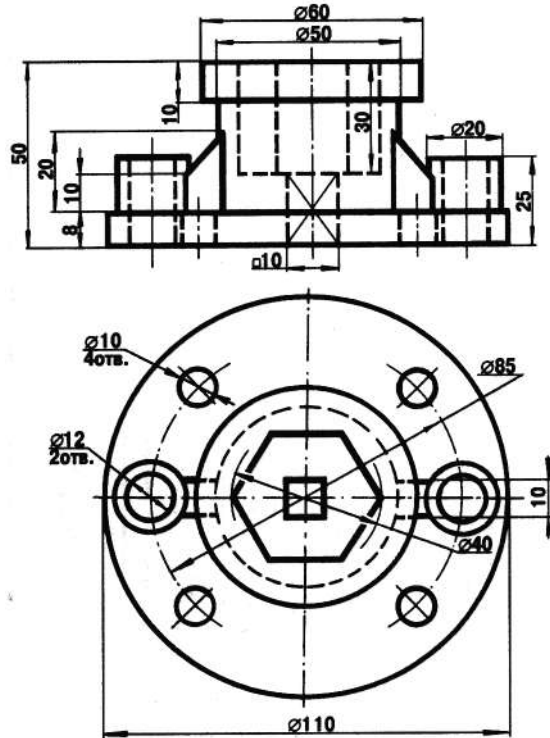
Модель № 2



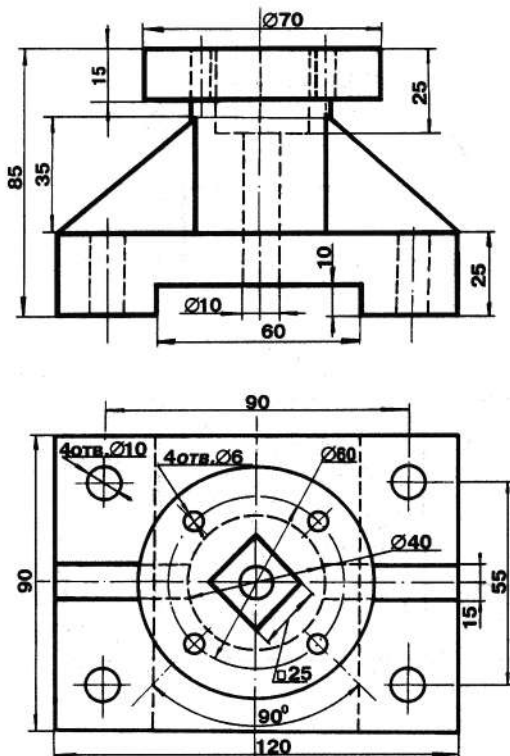




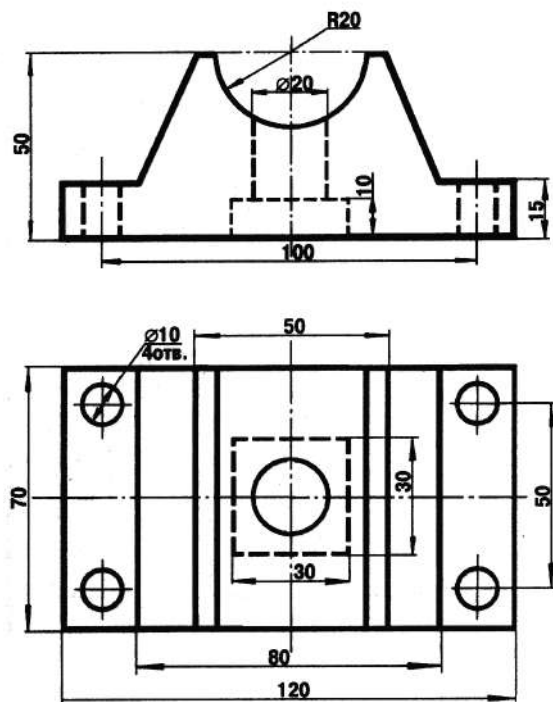
9



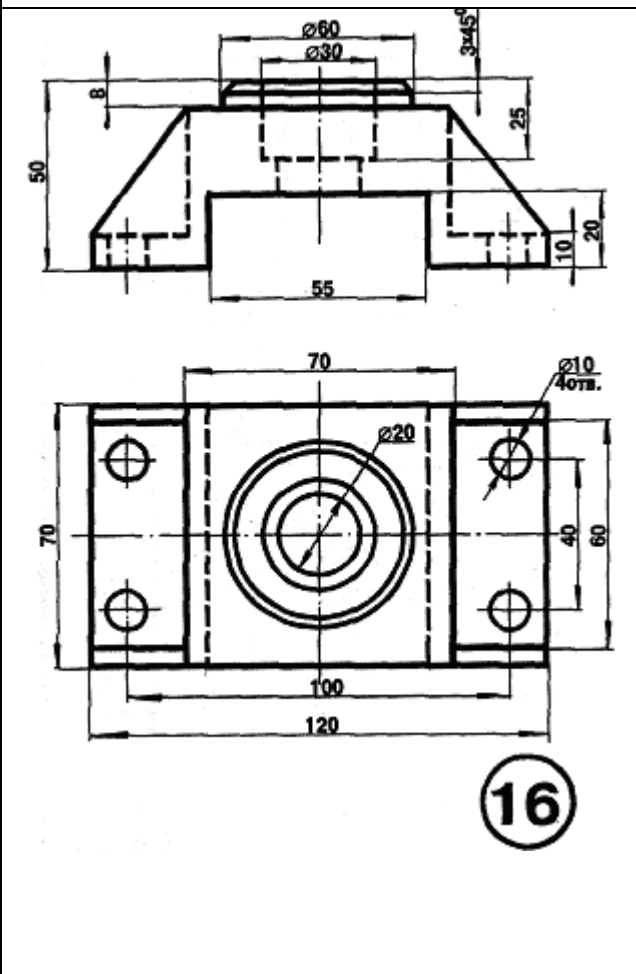
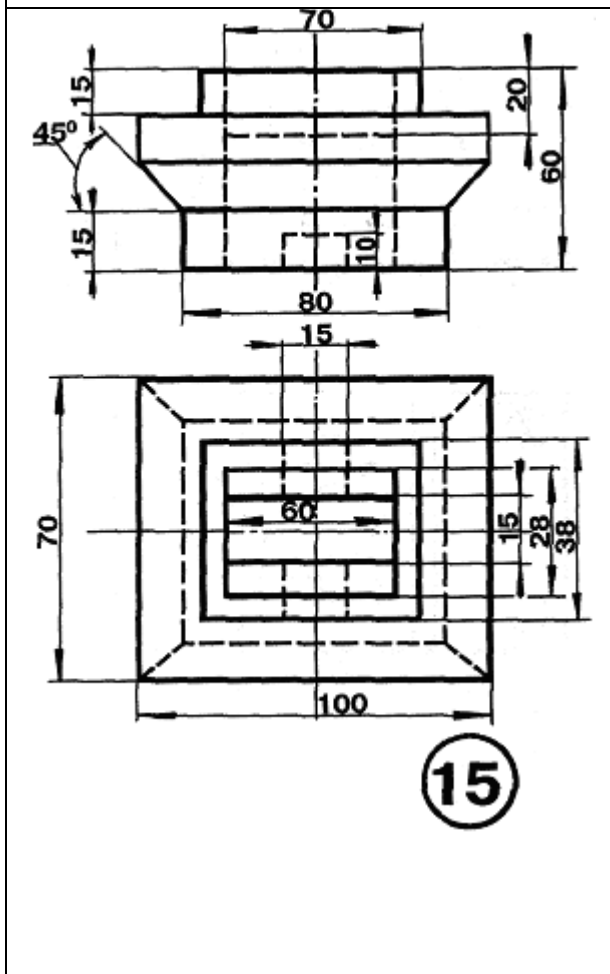
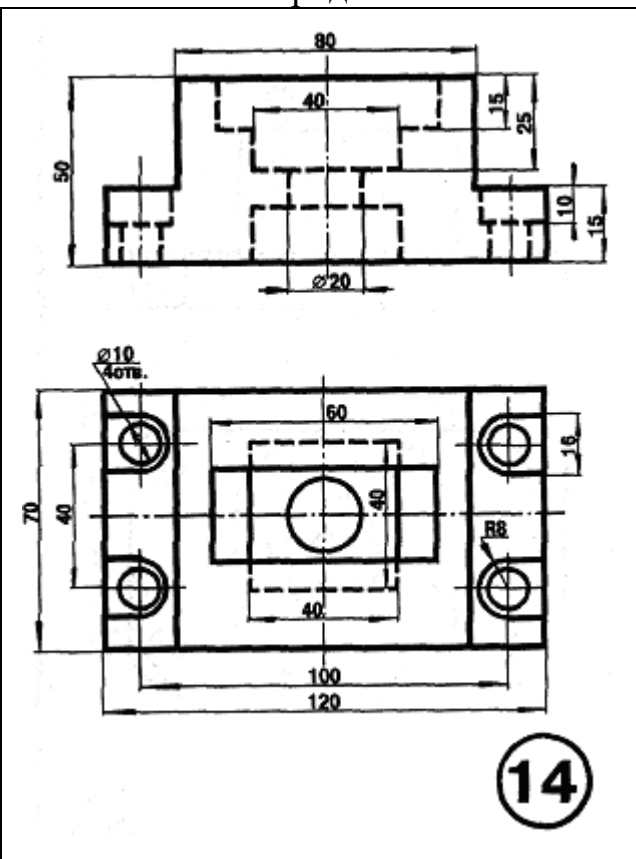
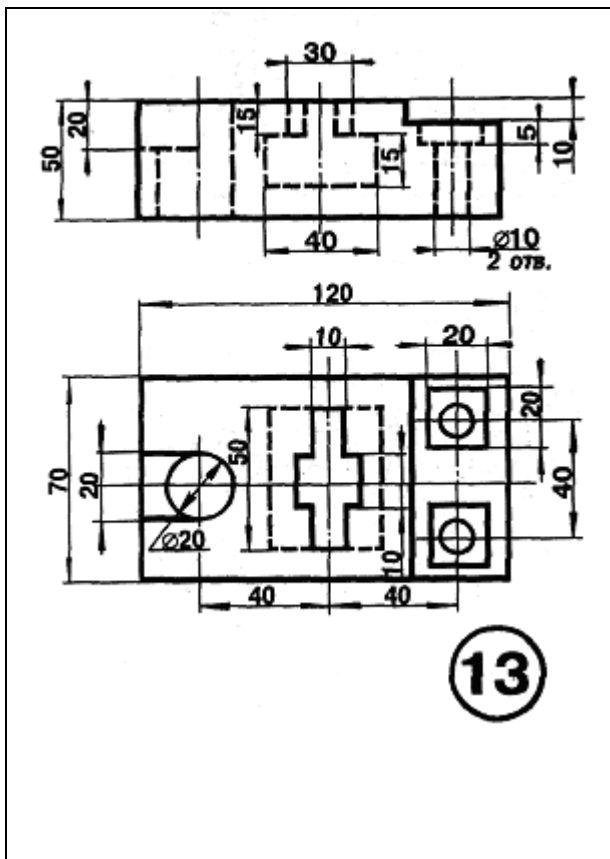
10

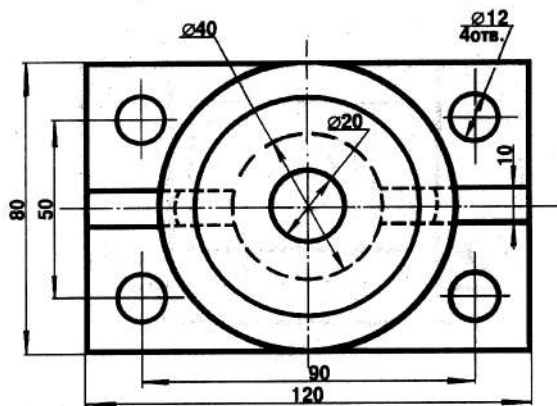
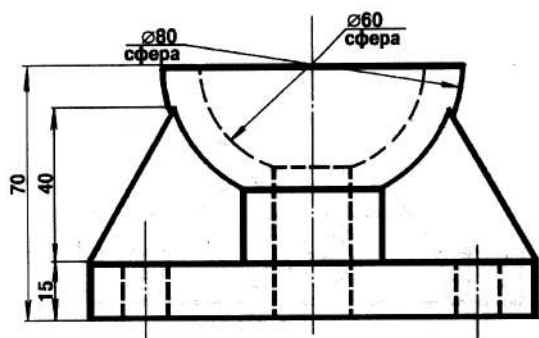


11

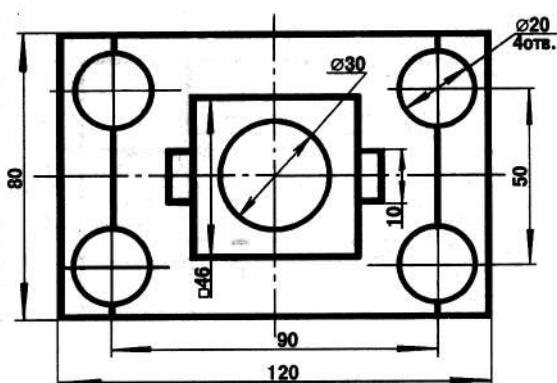
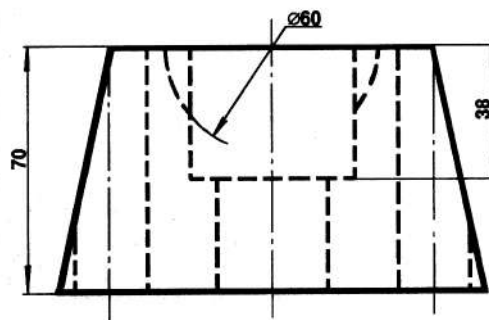


12

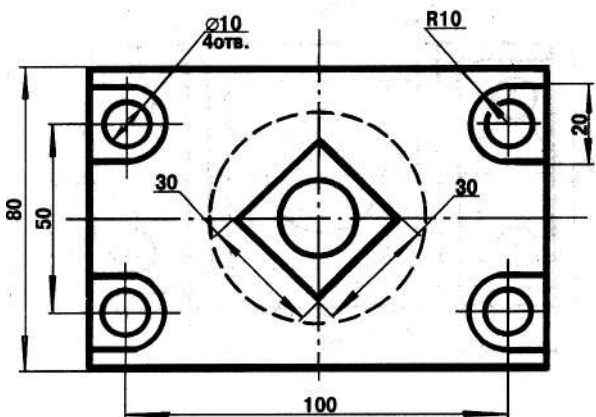
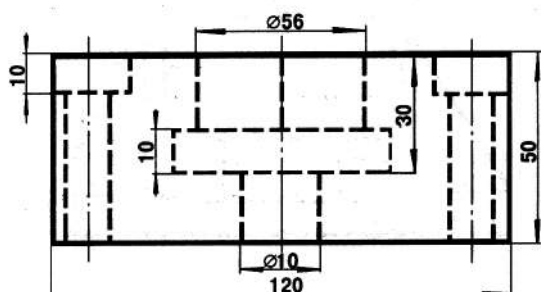




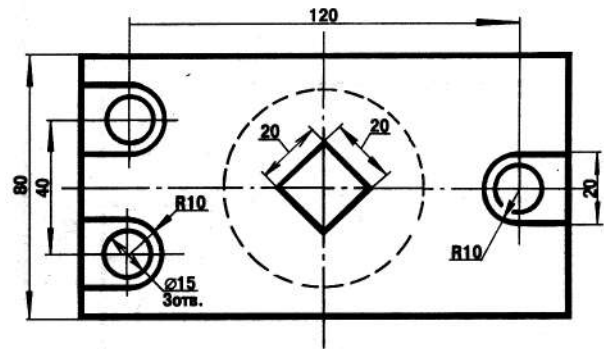
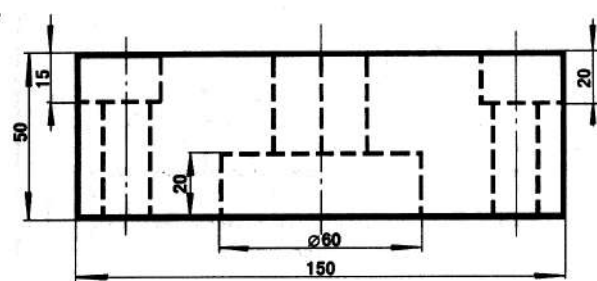
17



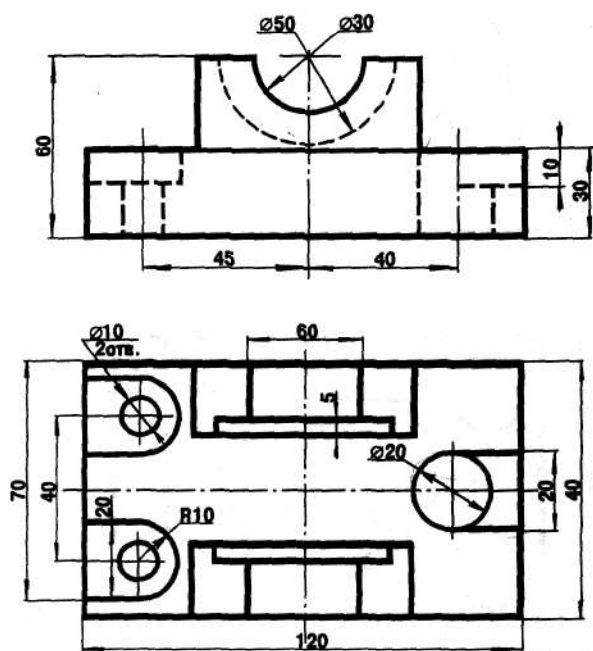
18



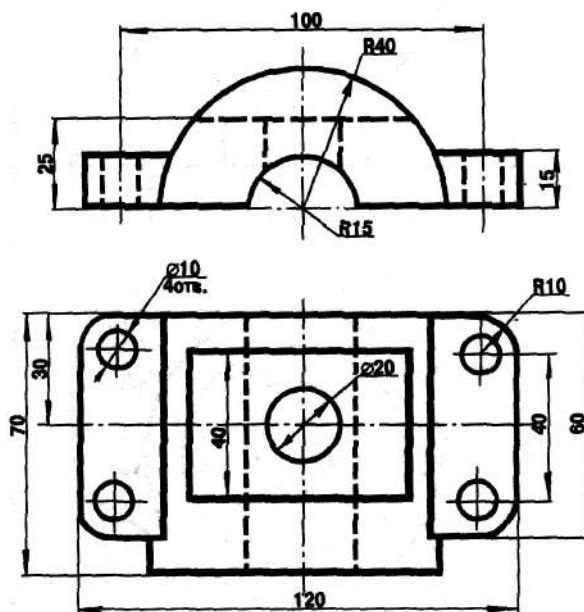
19



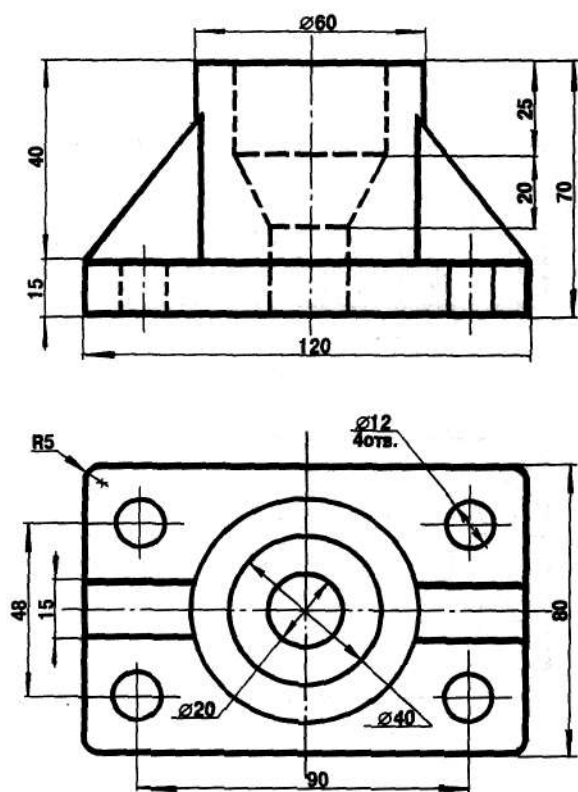
20



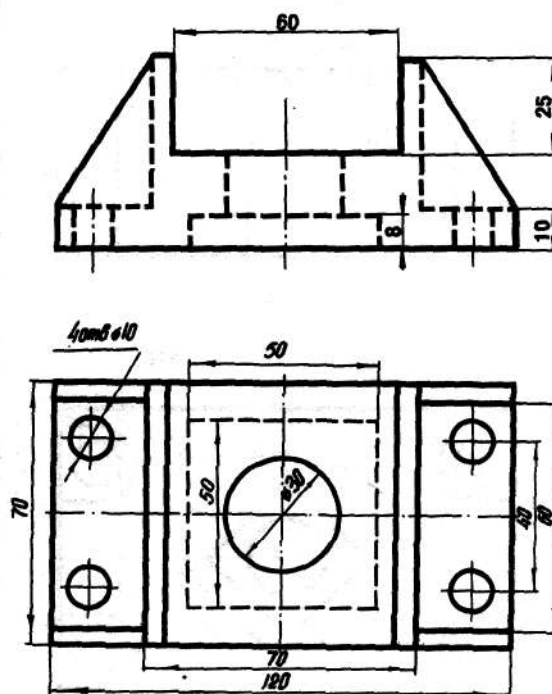
21



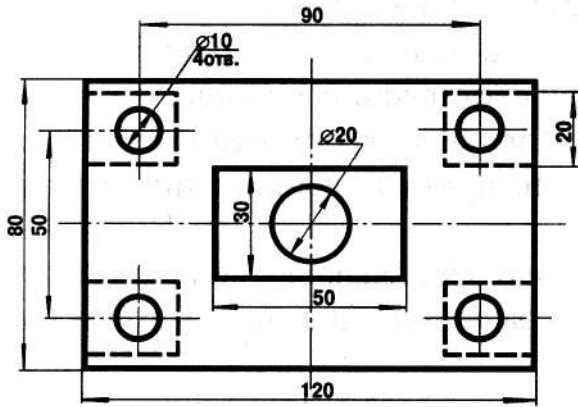
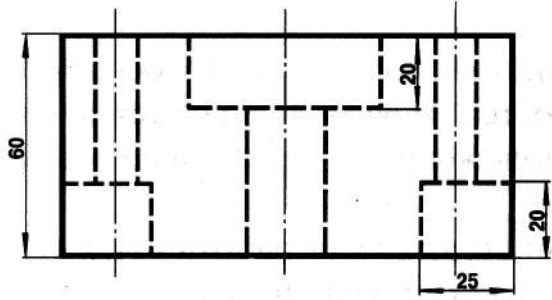
22



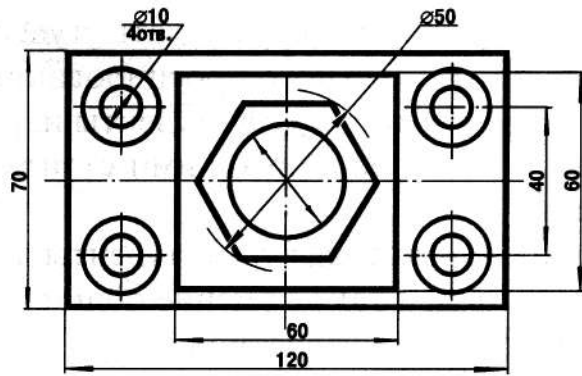
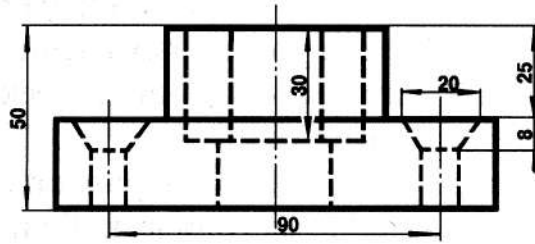
23



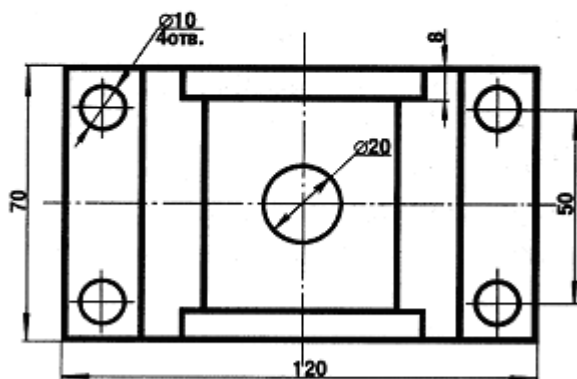
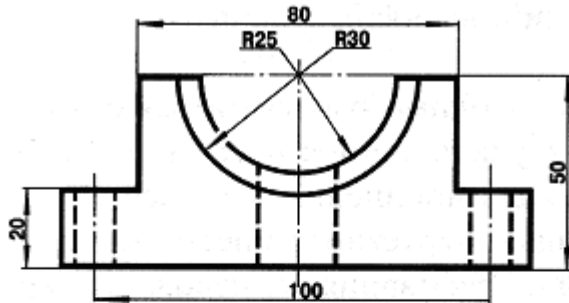
24



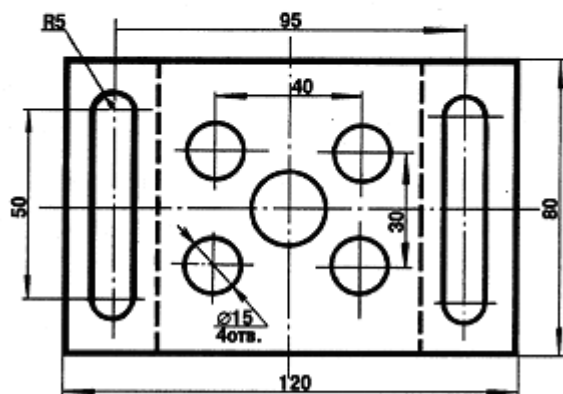
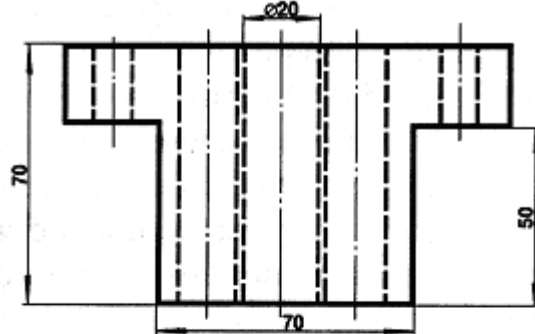
25



26



27



28

5. ЕЛЕМЕНТИ МАШИНОБУДІВНОГО КРЕСЛЕННЯ

5.1. Нанесення розмірів. Основні правила

Правила нанесення розмірів на машинобудівних кресленнях відображено в ГОСТ 2.307-68. Розглянемо деякі положення:

1. Кількість розмірів на кресленні має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення й контролю виробу.

2. Лінійні розміри й їхні граничні відхилення вказують на кресленнях у міліметрах без позначення одиниць виміру. У технічних вимогах і пояснювальних написах на полі креслення одиниці виміру (мм) мають бути обов'язково.

3. Розмірні числа на кресленні вказують натуральні розміри предмета незалежно від вибраного масштабу.

4. Розмірні лінії мають бути перпендикулярні до виносних. При ухилах і конусності незначної величини розмірні й виносні лінії проводять так, щоб разом з вимірюваним відрізком вони утворювали паралелограм (рис. 5.1, а,б).

5. У місцях плавного скруглення деталі виносні лінії проводять від точок перетину сторін скругленого кута або від центра дуги скруглення (рис. 5.1, б,в).

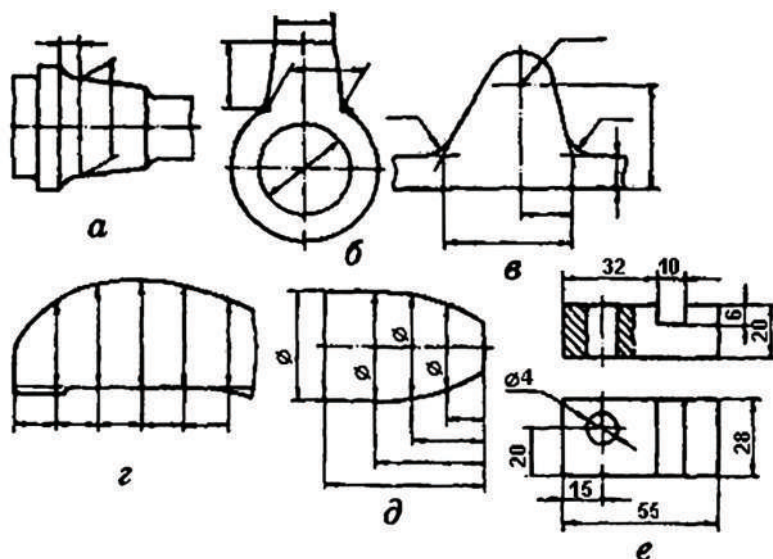


Рис. 5.1

6. При нанесенні розмірів криволінійного контуру як виняток допускається використання виносних ліній як розмірних (рис. 5.1, г, д).

7. Розміри, що стосуються якогось одного конструктивного елемента (канавки, отвору тощо), рекомендується групувати і розташовувати в одному місці на тому зображенні, де форма даного елемента розкривається найбільш повно (рис. 5.1, е).

8. Розміри, що визначають розташування сполучних поверхонь, як правило, проставляють від конструкторських баз з урахуванням можливості виготовлення деталей і контролю розмірів.

9. При розташуванні однакових елементів предмета (отворів, зуб'їв тощо) на одній поверхні або кіл на одній осі рекомендується розміри, що визначають взаємне розташування цих елементів, наносити такими способами:

- а) заданням розмірів послідовно – ланцюгом (рис. 5.2, а);
- б) від однієї загальної бази, якою може бути поверхня деталі або її вісь (рис. 5.2, б);
- в) від двох або більшої кількості загальних баз (рис. 5.2, в).

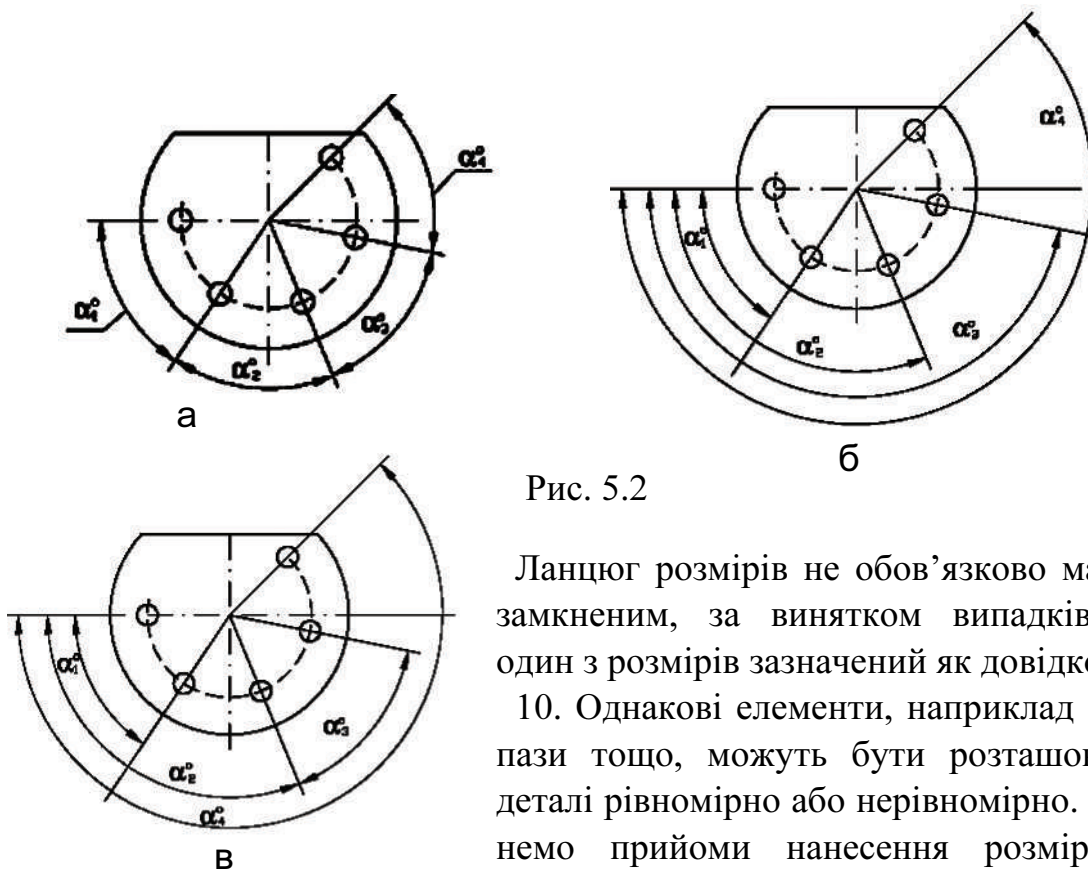


Рис. 5.2

Ланцюг розмірів не обов'язково має бути замкненим, за винятком випадків, коли один з розмірів зазначений як довідковий.

10. Однакові елементи, наприклад отвори, пази тощо, можуть бути розташовані на деталі рівномірно або нерівномірно. Розглянемо прийоми нанесення розмірів для різних випадків:

а) якщо однакові елементи, наприклад отвори, рівномірно розташовані по колу, то вказують їхню загальну кількість і розмір одного отвору (рис. 5.3, а);

б) якщо однакові отвори розташовані не по осях симетрії, то розташування їхніх центрів координують кутами відносно осей основного кола (рис. 5.3, б);

в) якщо відстань між центрами рівномірно розташованих отворів потрібно витримати строго, то наносять значення одного з кутів із граничними відхиленнями (рис. 5.3, в);

г) якщо рівномірно розташовані отвори займають лише частину кола (рис. 5.3, г), то рекомендується нанести розмір між сусідніми елементами і розмір між крайніми із записом на першому місці кількості проміжків між

елементами, а на другому – розміру проміжку; аналогічно вказують розміри при розташуванні однакових елементів по прямій (рис. 5.3, д);

д) замість декількох розмірних ліній, що визначають розташування елементів виробу, наприклад отворів, від загальної бази проводять одну загальну розмірну лінію з поміткою «ЗБ» і розмірні числа наносять у напрямку виносних ліній біля їхніх кінців (рис. 5.3, е, ж);

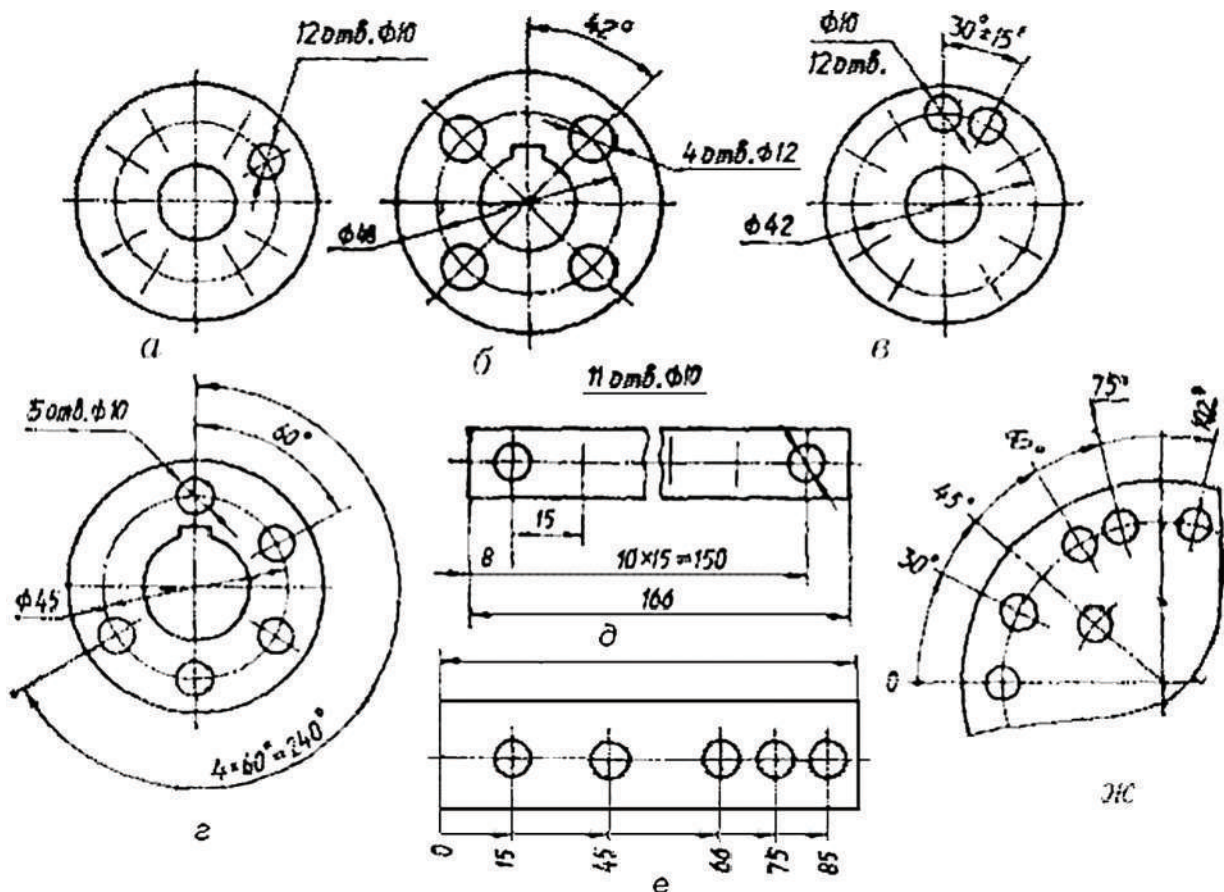


Рис. 5.3

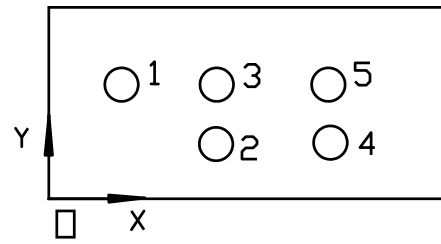
е) якщо різні за розмірами, але однотипні за формою елементи розташовані нерівномірно на поверхні деталі, то застосовують координатний спосіб нанесення розмірів і розмірні числа наводять у зведеній таблиці (рис. 5.4, а);

ж) при наявності декількох груп близьких за розмірами отворів рекомендується для однакових отворів використовувати однакові умовні позначки (рис. 5.4, б) (на рис. 5.4 зображено плиту, що має шість груп отворів різних розмірів, кожна з груп отворів має окрему позначку, а необхідні дані зведено в таблицю);

з) розміри отворів на кресленнях допускається наносити спрощено (рис. 5.5), якщо на зображенні діаметри отворів 2 мм і менше, якщо немає зображення в розрізі уздовж осі, якщо нанесення розмірів за загальними правилами ускладнює читання креслення.

Номер отвору	Параметри		
	\varnothing	X	Y
1.	10	20	25
2.	5	12	65
3.	8	35	55
4.	13	35	50
5.	20	50	30

а



б

Рис. 5.4

Тип отвору	
Спрощене нанесення розмірів	

Рис. 5.5

11. Розміри, що наведені для більшої зручності користування кресленням і не підлягають виконанню, називаються довідковими, на кресленні наносять позначку «*»; у технічних вимогах записують «* Розміри для довідок» (рис. 5.6).

12. Не дозволяється повторювати розміри того самого елемента на різних зображеннях, в основному написі, технічних вимогах і специфікації.

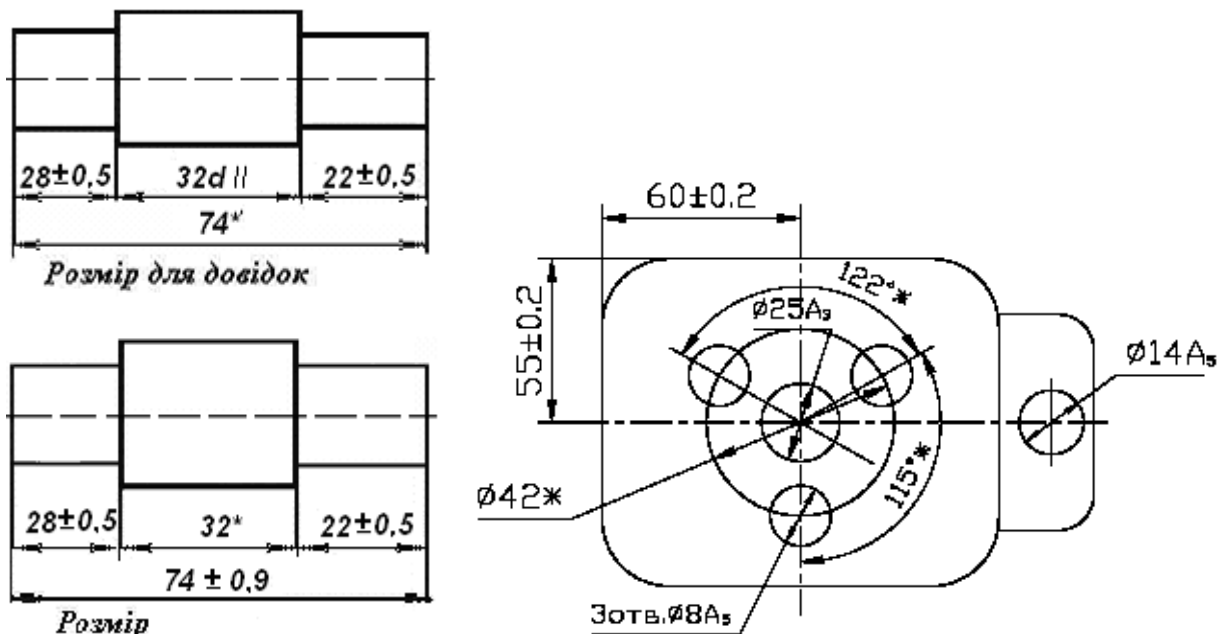


Рис. 5.6

13. Якщо симетрична деталь має симетрично розташовані однакові елементи, наприклад отвори, то рекомендується ставити розміри так, як показано на рис. 5.7, а, б.

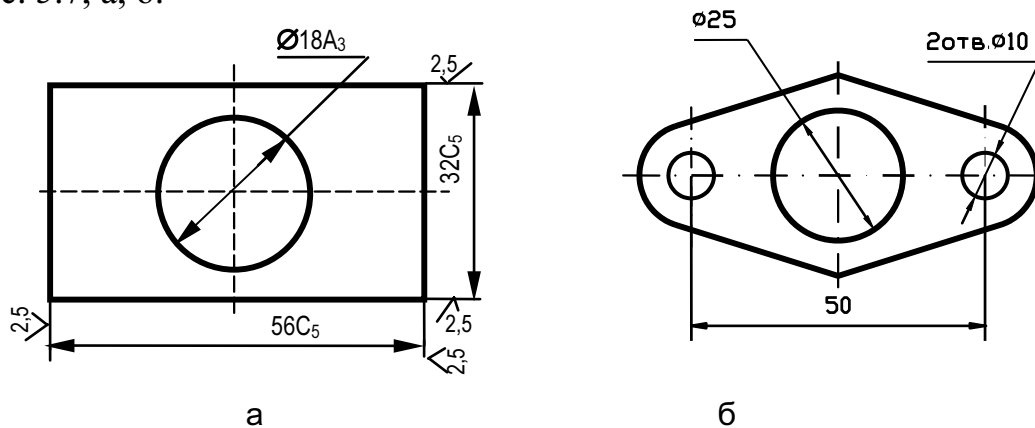


Рис. 5.7

14. Розміри двох симетрично розташованих елементів виробу (крім отворів) наносять тільки один раз без вказання їхньої кількості, групуючи всі розміри в одному місці (рис. 5.8, а).

15. Багато деталей виготовляють литтям, штампуванням, прокаткою, пресуванням з наступною механічною обробкою тільки частини їхніх поверхонь, головним чином сполучних. При нанесенні розмірів для цих деталей виходять з таких міркувань:

а) взаємне розташування поверхонь, що не підлягають оброблюванню, вказують розмірами, що зв'язують ці поверхні між собою;

б) механічно оброблені та необроблені поверхні зв'язують між собою не більш ніж одним розміром за кожним координатним напрямком, тоб-

На рис. 5.9, а конструкторською базою є площина, відносно якої витримують розмір, що визначає розташування поверхонь, які сполучаються.

На рис. 5.9, б,в конструкторськими базами є лінії – осі циліндрів, що дозволяють витримувати розмір l , від якого залежить розташування поверхонь А і Б, що сполучаються. На рис. 5.9, г конструкторською базою є вісь О.

За технологічну базу на рис. 5.9, д взято лівий торець А деталі типу "втулка". Крім основної бази А використано також допоміжні бази Б, В і Г, що дозволяє найбільш просто й точно проконтролювати розміри, задані на кресленні.

Застосовують три способи нанесення розмірів на кресленнях: ланцюговий, координатний і комбінований.

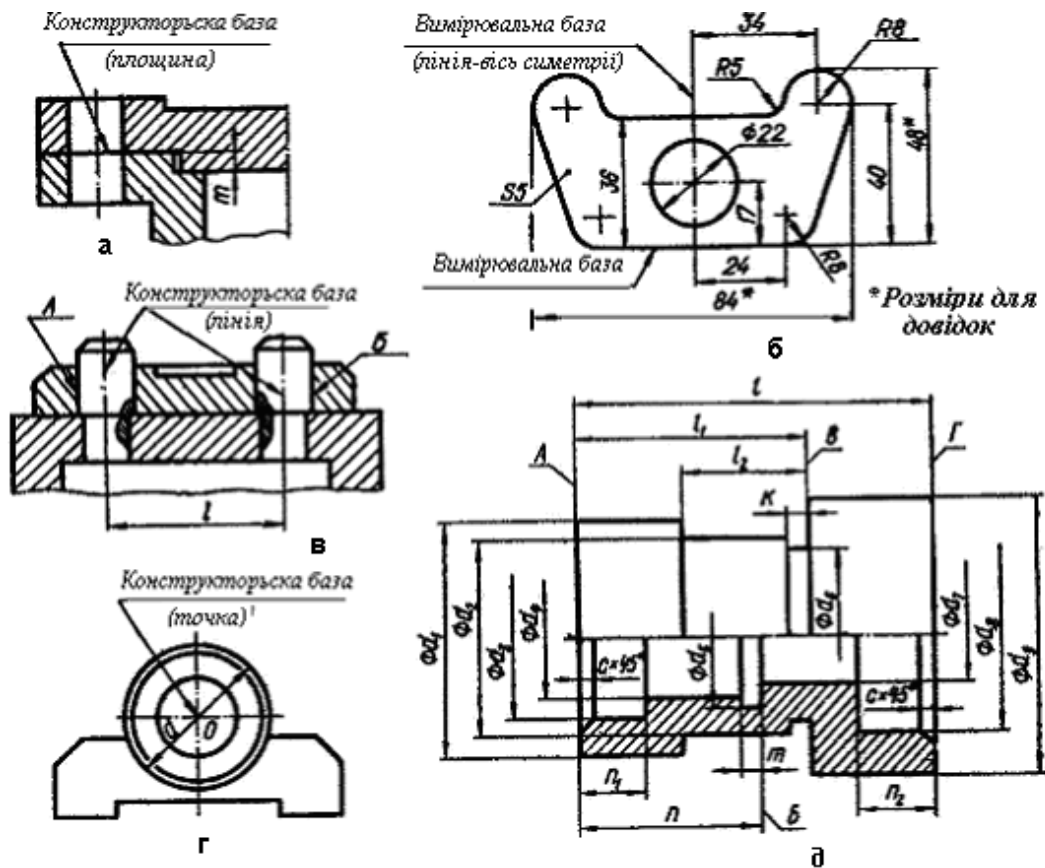


Рис. 5.9

Ланцюговий спосіб полягає в послідовному розміщенні розмірів – ланцюгом (див. рис. 5.9,д). У цьому випадку кожний уступ обробляється окремо, тобто спочатку обробляють уступ діаметром d_1 на довжину l_1 від бази А, потім – уступ діаметром d_2 на довжину l_2 від бази Б і т.д. Ланцюг розмірів не повинний бути замкненим, тобто якщо на кресленні нанесено габаритний розмір валика, то один з поопераційних розмірів варто випустити, тому що інакше не можна буде витримати необхідну точність розмірів.

При координатному способі розміри наносять від бази А (див. рис. 5.2,б).

Комбінований спосіб нанесення розмірів об'єднує в собі особливості ланцюгового й координатного способів (див. рис. 5.2,в).

5.3. Елементи типових машинобудівних деталей

Типові деталі машин містять цілий ряд різних конструктивних елементів. Найпоширеніші з них (різи, фаски, проточки, шпонкові пази, "квадрати") зображено на рис. 5.10.

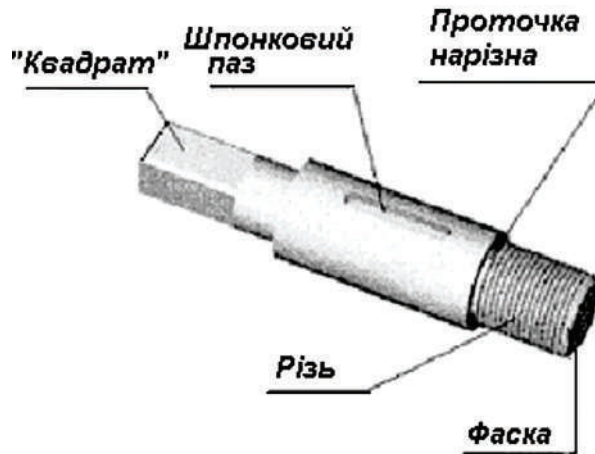


Рис. 5.10

Різь – гвинтовий виступ (канавка) постійного перерізу, виконаний на зовнішній поверхні деталі циліндричної або конічної форми (болта, гвинта, шпильки, труби) (рис. 5.11, а) або на внутрішній поверхні деталі, сполучної з нею (гайки, муфти тощо) (рис. 5.11, б).

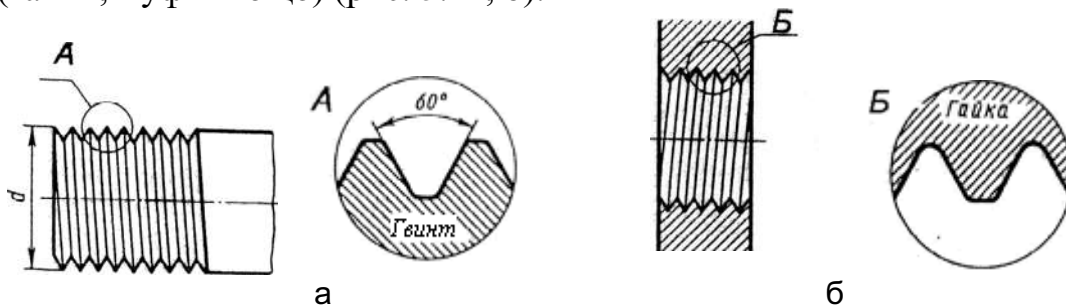


Рис. 5.11

Усі різи можна класифікувати за різними ознаками:

- за формою профілю: трикутні, трапецеїдальні, упорні, прямокутні, круглі (рис. 5.12,а-д);



Рис. 5.12

- за призначенням: кріпильні, ходові та кріпильно-ущільнювальні; до кріпильних різей відносять трикутні різи – метричні (кут профілю 60°) і дюймові (кут профілю 55°); ходові різи (трапецеїдальні, упорні, прямокутні) застосовуються для перетворення обертального руху в поступальний; кріпильно-ущільнювальні різи (круглого профілю) нарізають на трубах;

- за напрямком гвинтової поверхні: праві та ліві.

Правила зображення різей на кресленнях установлені ГОСТ 2.311-68. Виступи зовнішніх різей позначають основною лінією, западини – тонкою (рис. 5.13, а). На іншій проекції западини різей позначають тонкою дугою, розімкненою на 90° у будь-якому місці (рис. 5.13, б).

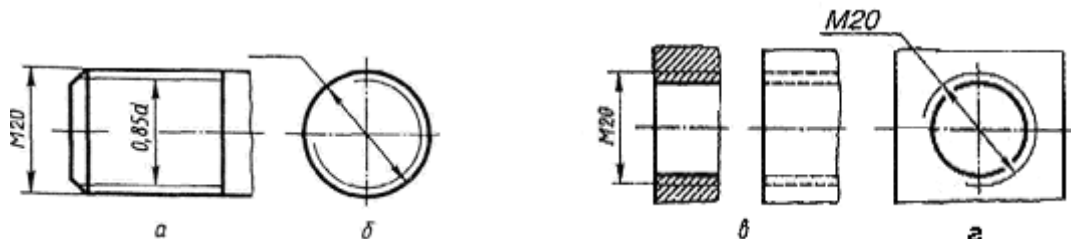


Рис. 5.13

На рис. 5.13, в показано різь в отворі в розрізі та без розрізу. Основними тут є лінії внутрішнього контуру.

Графічне зображення різі доповнюється її умовною позначкою. Структура позначення різі містить:

- 1) літерне позначення, що визначає тип різі: М – метрична, G – трубна, R – трубна конічна, К – конічна дюймова, МК – метрична конічна, Тг – трапецеїдальна, S – упорна тощо;
- 2) номінальний діаметр різі;
- 3) крок різі;
- 4) поле допусків або клас точності.

Наприклад, M20x1,5-6g – метрична (трикутна, кріпильна) різь зовнішнім діаметром 20 мм з кроком різі 1,5 мм і полем допуску 6g. Позначення різі (наприклад, M20x1,5 на рис. 5.13, а) ставлять над розмірною лінією, що відповідає її зовнішньому діаметру.

Проточка – кільцевий жолобок, виконаний на стержні або в отворі. Проточки призначені для виходу різального інструмента (шліфувального круга або різця), для установлення ущільнювальних або стопорних кілець. Форма й розміри проточок для виходу різця, що дозволяють виконати різі повного профілю на усій ділянці деталі, стандартизовані в ГОСТ 10549-80. Форма й розміри проточки залежать від типу й параметрів різі. Приклад зображення проточок для зовнішньої та внутрішньої метричних різей наведено на рис. 5.14.

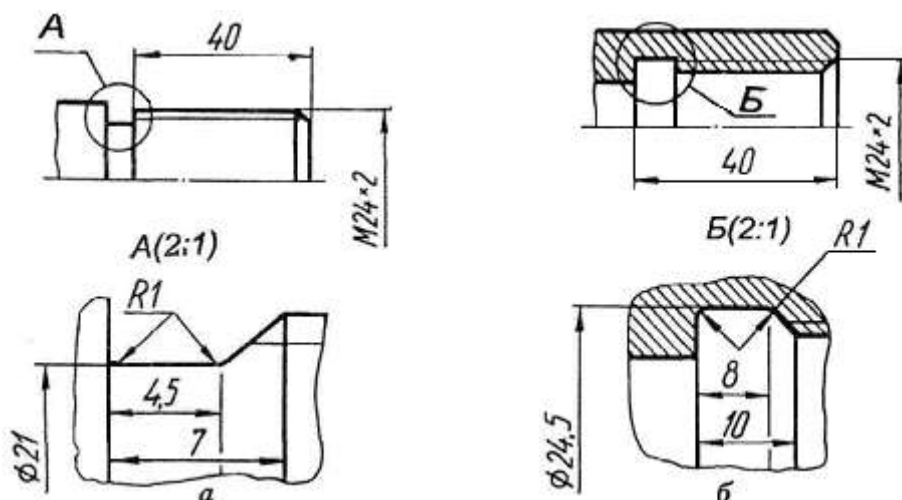


Рис. 5.14

Фаска – зрізаний кут торця стрижня, отвору або ребра деталі. Фаски забезпечують більш зручне й швидке з'єднання деталей при їх складанні. На нарізних деталях фаски запобігають пошкодженню різі. Розміри фасок для нарізних стрижнів та отворів стандартизовані в ГОСТ 10549-80. Приклад зображення фрагментів вала й отвору зі знятою фаскою наведено на рис. 5.15.

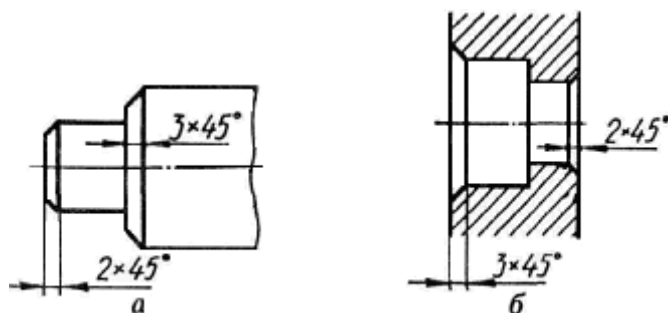


Рис. 5.15

"Квадрат" – умовна назва елемента деталі у вигляді виступу стрижня, що має квадратний поперечний переріз. Він призначений для захоплення деталі ключем (маховичком, рукою) для надання їй обертального руху. Зображення "квадрата", як правило, супроводжують зображенням перерізу площиною, перпендикулярною до осі конструкції (рис. 5.16, а).

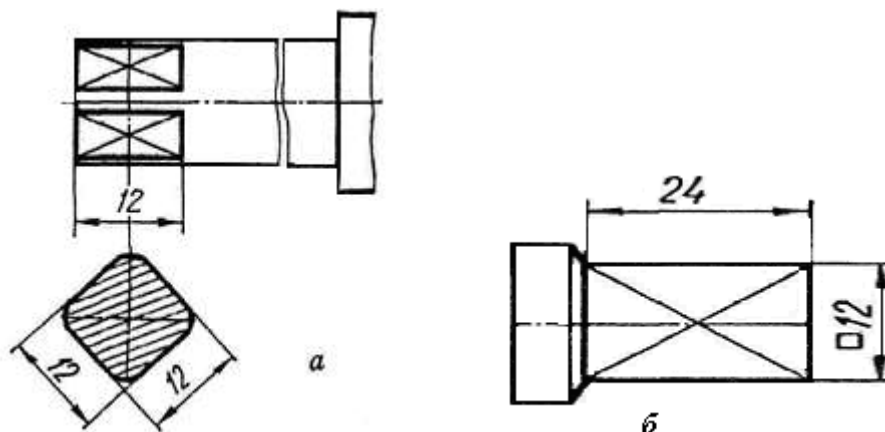


Рис. 5.16

У випадку, коли бічна грань призми, що утворює "квадрат", паралельна площині проєкцій, переріз допускається не показувати, а розмір "квадрата" позначати, як показано на рис. 5.16, б. Перед розміром сторони "квадрата" ставлять знак □ .

Паз – виїмка (заглибина) або отвір довгастої форми, що виконується звичайно вздовж осі деталі. Пази для шпонок стандартизовані: ГОСТ 23360-78 – для призматичних шпонок, ГОСТ 24068-79 – для клинових тощо. Зображення вала зі шпонковим пазом, як правило, супроводжують зображенням перерізу, на якому вказують розміри паза згідно з відповідним стандартом (рис. 5.17).

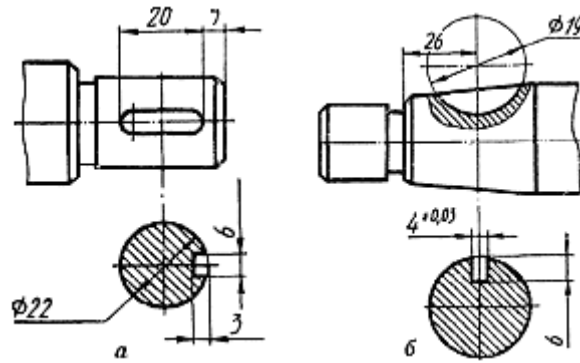


Рис. 5.17

5.4. Контрольне завдання

Мета завдання:

1. Вивчити особливості зображення на кресленнях деяких конструктивних елементів деталей машин: фасок, різей, проточок нарізних, шпонкових пазів.

2. Вивчити різновиди зображень (перерізи, виносні елементи, місцеві розрізи), правила побудови цих зображень і позначення їх на кресленнях.

Перед виконанням завдання необхідно вивчити основні положення стандартів ЄСКД:

- перерізи, виносні елементи, місцеві розрізи – ГОСТ 2.305-68;
- різі – ГОСТ 2.311-68;
- діаметри і кроки метричної циліндричної різі загального призначення – ГОСТ 8724-81;
- розміри стоків, недорізів, проточок для зовнішніх метричних різей – ГОСТ 10549-80*;
- розміри стоків, недорізів, проточок для внутрішніх метричних різей – ГОСТ 10549-80*;
- фаски для зовнішньої метричної різі кріпильних виробів – ГОСТ 12414-66;
- розміри призматичних шпонок і шпонкових пазів – ГОСТ 23360-78*.

Порядок виконання завдання

1. З табл. 5.1 відповідно до свого варіанта вибрати розміри вала.
2. На аркуші формату А3 виконати креслення вала в тонких лініях (рис. 5.18).

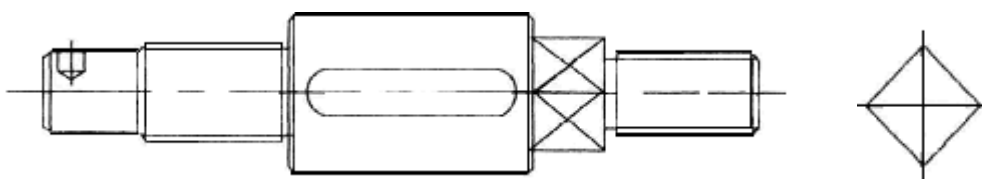


Рис. 5.18

3. Призначити й виконати необхідні перерізи (по шпонковому пазу, отвору, призматичній частині), місцевий розріз по отвору, виносні елементи для проточок нарізних (рис. 5.19).

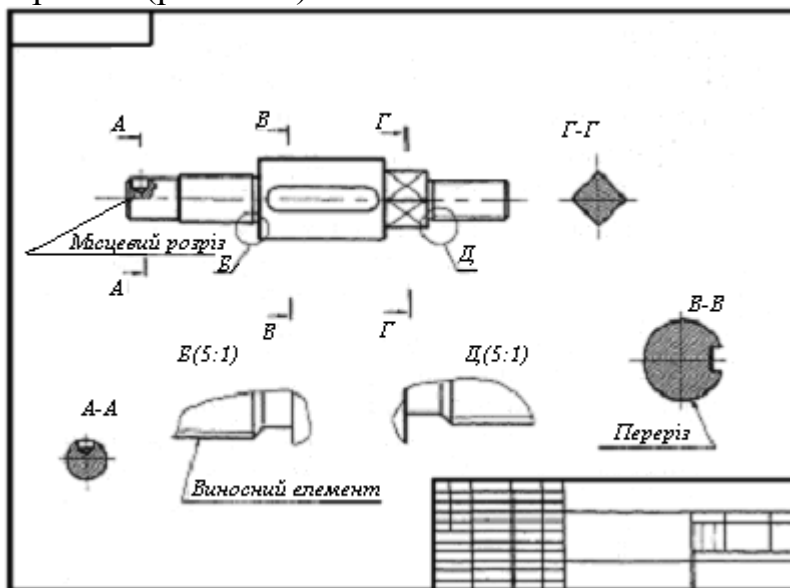


Рис. 5.19

4. Нанести необхідні розміри й оформити креслення (рис. 5.20).

Таблиця 5.1

Номер варіанта	D1	D2	M1	M2	L1	L2	L3	L4	L5	b	S	LO
1	40	20	20x2	24x1,5	25	55	40	60	7	5	22	100
2	54	35	36x1,5	42x2	30	60	35	50	10	5	36	185
3	60	45	30x2	48x2	20	65	40	60	7	10	41	200
4	68	35	36x2	39x1,5	30	80	35	50	20	7	46	205
5	54	22	30x1	27x1,5	20	60	55	70	10	5	36	170
6	55	42	30x2	45x1	45	85	60	80	20	12	36	230
7	58	38	30x1	42x1	30	100	65	75	10	10	36	215
8	55	44	39x2	48x1	40	65	50	65	15	12	41	205
9	56	34	36x2	39x1	30	80	55	70	10	10	36	215
10	45	26	30x1,5	30x1	20	60	65	85	7	6	30	225
11	52	32	36x2	36x1	30	60	60	70	10	10	36	210
12	38	24	24	27x1	40	80	40	60	15	5	24	200
13	40	28	24x1	36x3	30	70	35	55	7	10	24	185
14	42	26	24x1	32x1,5	25	50	50	70	10	7	27	195

Номер варіанта	D1	D2	M1	M2	L1	L2	L3	L4	L5	b	S	LO
14	42	26	24x1	32x1,5	25	50	50	70	10	7	27	195
15	45	38	30	42x1	25	50	40	60	7	30	30	200
16	50	30	30x2	39x3	35	70	30	50	10	7	32	190
17	55	32	36x2	36x1,5	30	80	30	50	15	10	36	195
18	58	42	36x2	48x3	35	70	50	70	10	10	36	205
19	55	36	30x1	42x2	35	80	50	70	15	8	30	220
20	56	34	36	39x1	30	85	40	60	10	10	36	200
21	40	30	24	36x1	25	65	35	55	7	8	24	180
22	55	40	39x1	48x2	25	75	65	85	10	10	41	225
23	50	42	30x2	45x1,5	25	55	50	70	10	10	30	180
24	45	38	30	42x1	25	50	40	60	7	30	30	170
25	52	40	36x1	45x2	25	60	55	75	10	10	36	200
26	45	22	24x2	27	20	60	50	70	7	12	27	195
27	60	48	36x2	52x2	60	95	35	60	20	36	36	250
28	40	30	24	36x1	25	65	35	55	7	8	24	180
29	55	32	36x2	36x1,5	30	80	30	50	15	10	36	195

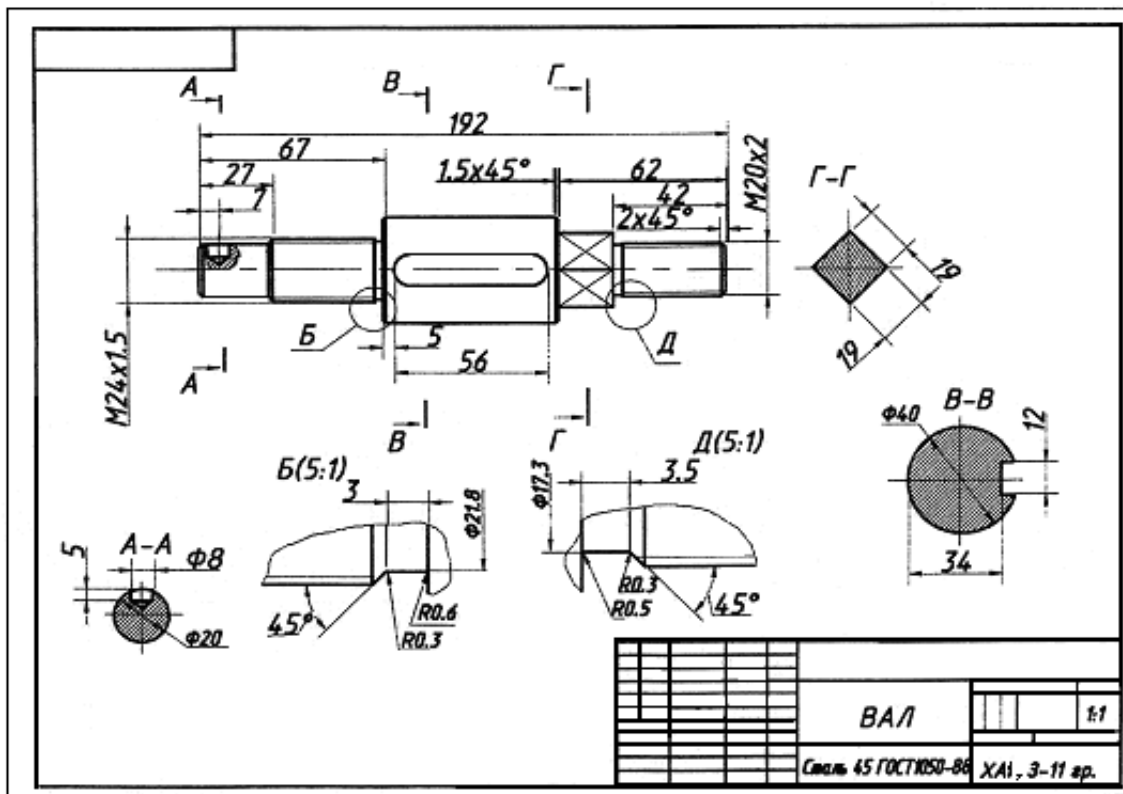


Рис. 5.20

5.5. З'єднання

З'єднання деталей між собою в приладах, машинах, установках різноманітні за своїм призначенням, конструктивною формою, технологією виготовлення.

З'єднання можуть бути рознімними і нерознімними. Рознімні з'єднання – це з'єднання, які можна розібрати без пошкодження окремих деталей

(з'єднання болтом, шпилькою, гвинтом, шпонкою тощо). Нерознімні з'єднання – це з'єднання, які не можна розібрати без пошкодження або руйнування самих деталей (клепані, зварні, паяні, клейові та інші).

5.5.1. Гвинтове з'єднання

Серед рознімних з'єднань найпоширенішими є з'єднання за допомогою нарізних кріпильних деталей (болтів, гвинтів, шпильок, гайок).

ГВИНТ – це нарізний виріб, що являє собою стрижень з головкою різних форм і різью для загвинчування в одну зі з'єднуваних деталей (рис. 5.21).

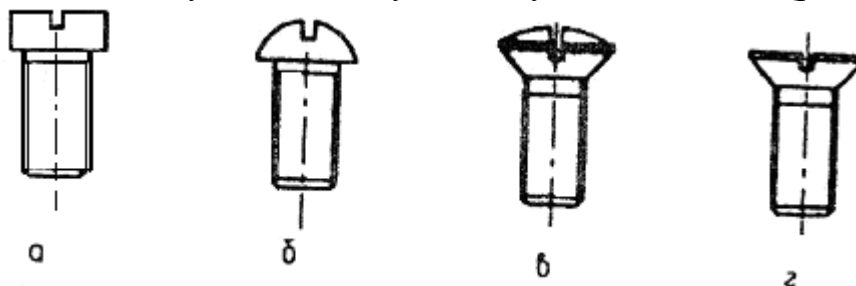


Рис. 5.21

Геометричні розміри гвинтів визначаються відповідними ГОСТами:

- гвинти з циліндричною головкою – ГОСТ 1491-80;
- гвинти з напівкруглою головкою – ГОСТ 17473-80;
- гвинти з полупотайною головкою – ГОСТ 17474-80;
- гвинти з потайною головкою – ГОСТ 17475-80.

Робочі креслення на стандартні гвинти не виконують. У технічній документації їх позначають за типом АМ8-6gx50-48.016 ГОСТ 1491-80, що означає гвинт з циліндричною головкою (впливає з номера стандарту), клас точності А, виконання 1, метрична різь М8 з великим кроком, поле допуску різі 6g, довжина 50 мм, клас міцності 4,8, цинкове покриття 01 завтовшки 6 мкм, ГОСТ 1491-80.

На складальних кресленнях і кресленнях загального вигляду гвинти зображують спрощено за відносними розмірами (рис. 5.22).

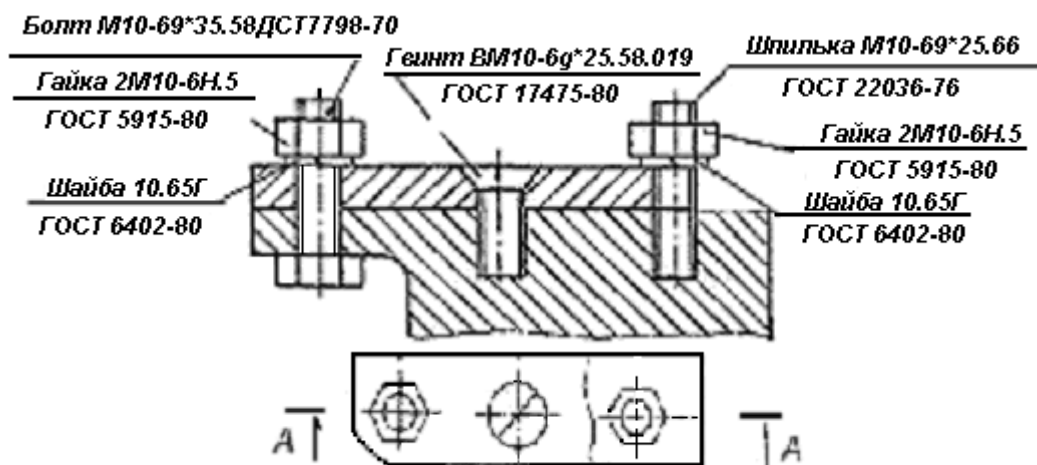


Рис. 5.22

Гвинтове з'єднання – вузол, який складається з гвинта і деталей, що скріплюються. В деталі свердлиться отвір, діаметр якого трохи менший зовнішнього діаметра різі (рис. 5.23, а, де L – довжина гвинта, S – товщина деталі, що приєднується, d – діаметр різі, p – крок різі). При спрощеному способі креслення за відносними розмірами діаметр отвору під різь беруть таким, що дорівнює $d-p$, а глибина гнізда визначається формулою $L-S+6p$, довжина нарізаної частини – $L-S+2p$ (рис. 5.23, б).

На складальних кресленнях допускається зображувати різь нарізаною до дна гнізда. В деталі, що приєднується, свердлять отвір діаметром $1,1d$ або діаметром, значення якого підбирають за стандартом (рис. 5.23, в). Для потайної головки гвинта під кутом 90° роззенковують конус висотою, достатньою для "утоплення" головки гвинта (рис. 5.23, б).

Остаточний вигляд з'єднання двох деталей гвинтом з потайною головкою показано на рис. 5.23, г.

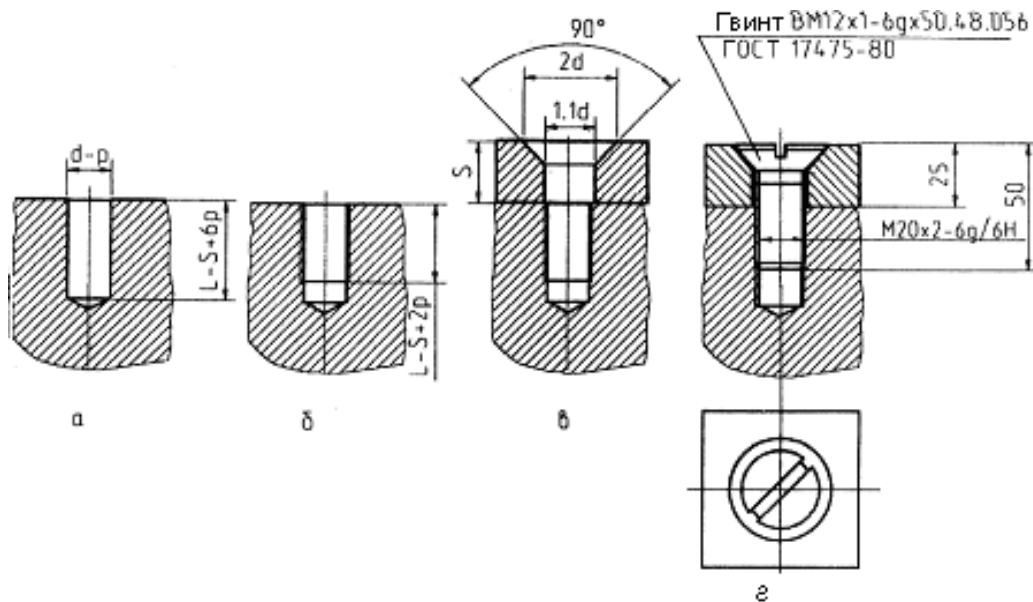


Рис. 5.23

При з'єднанні деталей гвинтом з циліндричною головкою, щоб уникнути саморозгвинчування, під гвинт підкладають стопорну пружинну шайбу (рис. 5.24), розміри якої визначаються діаметром гвинта за стандартом ГОСТ 6402-70. На складальних кресленнях для нормальних шайб можна використовувати умовні співвідношення розмірів: глибину отвору під різь розраховують за співвідношенням $L-S-S_{ш}+6p$, а глибину нарізаної частини – за співвідношенням $L-S-S_{ш}+2p$, де L – довжина гвинта, S – товщина деталі, що приєднується, $S_{ш}$ – висота шайби, p – крок різі.

Остаточний вигляд з'єднання двох деталей гвинтом з циліндричною головкою зображено на рис. 5.25.

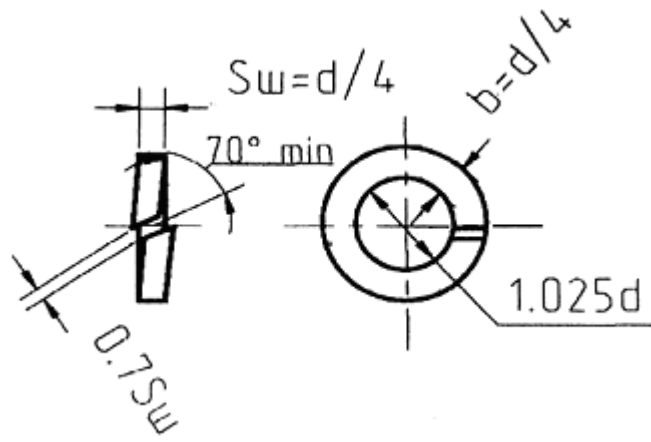


Рис. 5.24

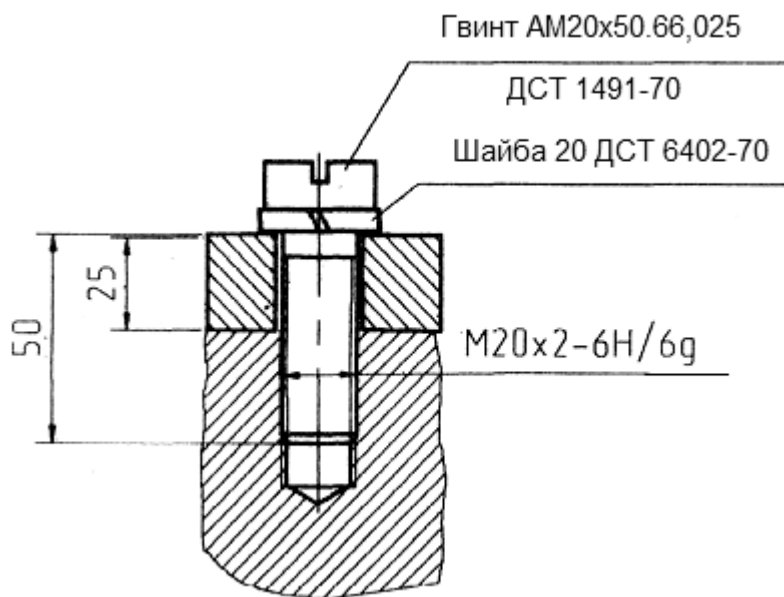


Рис. 5.25

Приклад. Розрахувати й виконати креслення гвинтового з'єднання за типом, наведеним на рис. 5.25, для гвинта з різью М16х1 завдовжки 50 мм, кадмієве покриття завтовшки 6 мкм, матеріал – сталь 10. Товщина деталі, що приєднується, – 15 мм.

За співвідношеннями розраховують розміри головки гвинта:

- діаметр головки $D = 1,5 \cdot 16 = 24$ мм;
- висоту головки $H = 0,6 \cdot 16 = 9,6$ мм;
- ширину шліца $b = 0,2 \cdot 16 = 3,10$ мм;
- глибину шліца $H = 0,25 \cdot 16 = 4$ мм;
- довжину різі на гвинті $l_0 = 50 - 16 = 34$ мм.

Значення цих величин можна вписати з таблиць ГОСТ 1491-80.

Для шайби пружинної за формулами, наведеними на рис. 5.24, розраховують:

- внутрішній діаметр $1,025 \cdot 16 = 16,4$ мм;
- зовнішній діаметр $16,4 + 2 \cdot 16/4 = 24,4$ мм;
- товщину $S_{ш} = 16/4 = 4$ мм.

Значення цих величин можна визначити за ГОСТ 6402-70.

Для гнізда визначають:

- глибину свердління $\ell_0 = L - S - S_{\text{ш}} + 6p = 50 - 15 - 4 + 6 \cdot 1 = 37$ мм;
- діаметр свердла $d_0 = d - p = 16 - 1 = 15$ мм;
- глибину різі $\ell_p = L - S - S_{\text{ш}} + 2p = 50 - 15 - 4 + 2 \cdot 1 = 33$ мм.

За обчисленими розмірами виконують креслення даного з'єднання.

Умовне позначення гвинта: Гвинт АМ16х1-6gx50.58.026 ГОСТ 1491-80.

За ГОСТ 1759-70 клас міцності для сталі 10 дорівнює 5,8, позначення для кадмієвого покриття завтовшки 6 мкм – 026.

Запитання для самоперевірки

1. Що таке різь?
2. Наведіть класифікацію різей.
3. Як зображують різі на стрижні, в отворі?
4. Що таке різь метрична і чим вона характерна?
5. Як на кресленнях позначають метричні різі з великим кроком, дрібним кроком?
6. Що таке нарізне з'єднання?
7. Які деталі належать до кріпильних?
8. Що таке гвинт?
9. Яке умовне позначення гвинта?
10. За якими співвідношеннями виконують креслення гнізда під гвинт?
11. Як розрахувати в деталі, що приєднується, діаметр отвору під гвинт?

5.5.2. Зварне з'єднання

Зварювання є одним з прогресивних способів з'єднання складових частин виробу.

Зварювання – процес одержання нерознімного з'єднання шляхом розплавлення металу деталей, що зварюються, при його місцевому або загальному нагріванні.

Зварним швом називають затверділий після розплавлення метал, який з'єднує зварювані деталі.

Зварним з'єднанням називають сукупність деталей, з'єднаних між собою зварюванням.

Зварні шви класифікуються таким чином (рис. 5.26):

- а) стикові (деталі з'єднують торцями), позначаються літерою С;
- б) кутові (зварювані деталі утворюють кут), позначаються літерою К;
- в) таврові (зварювані деталі утворюють форму літери Т), позначаються літерою Т;
- г) внапусток (кромки зварюваних деталей набігають одна на одну), позначаються літерою Н.

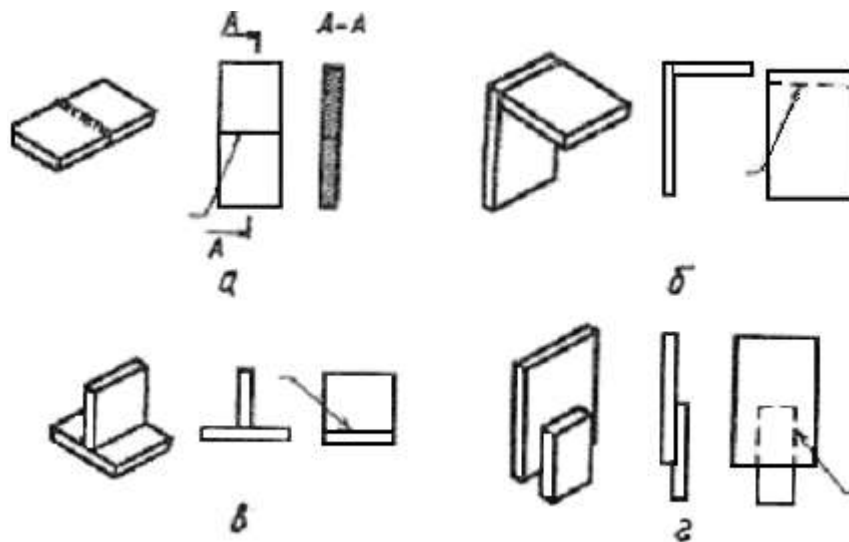


Рис. 5.26

Зображення зварних швів на кресленнях стандартизовані ГОСТ 2.312-72.

Шви зварного з'єднання незалежно від способу зварювання умовно зображують:

- видимий – суцільною основною лінією (рис. 5.26, а, в);
- невидимий – штриховою лінією (рис. 5.26, б, г);
- точковий – знаком +.

Від зображення шва проводять лінію-виноску, що закінчується односторонньою стрілкою, над полчкою лінії-виноски наносять умовне позначення шва (рис. 5.27).

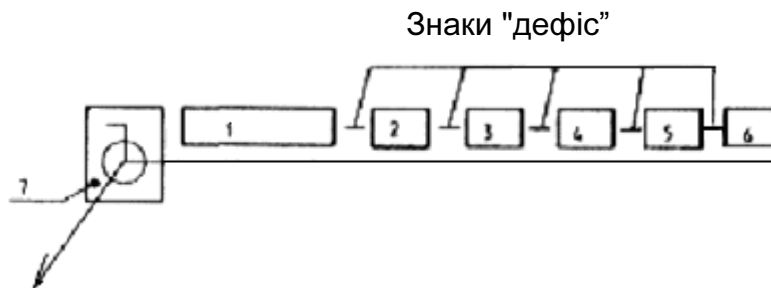


Рис. 5.27

Згідно з ГОСТ 2.312-72 це позначення має таку структуру:

1. Позначення стандарту на типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань. Найчастіше зустрічаються такі стандарти:

- ГОСТ 5264-80 "Ручне дугове зварювання";
- ГОСТ 8713-79 "Зварювання під флюсом";
- ГОСТ 15878-79 "Зварювання контактне";
- ГОСТ 15164-78 "Зварювання електрошлакове";
- ГОСТ 14776-79 "Зварювання дугове в захисному газі".

2. Літерно-цифрове позначення шва за стандартом (наприклад, якщо для складання конструкції застосовувати зварювання за ГОСТ 5264-80, то для стикового з'єднання код шва – С, для кутового – К, для таврового – ТЗ, для з'єднання внапусток – ПІ).

3. Умовне позначення способу зварювання за стандартом (можна не позначати). Крім ручного електродугового зварювання, всі інші шви мають кілька способів виконання:

- А – автоматичне зварювання під шаром флюсу;
- П – напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу;
- Кт – контактне точкове зварювання;
- Кш – контактне шовне зварювання.

4. Позначення і розмір катета шва відповідно до стандарту. Для швів переривчастого зварювання ставлять розмір довжини зварюваної ділянки (знак / для ланцюгового або Z для шахового) і розмір кроку, для швів контактного точкового зварювання – розмір розрахункового діаметра точки (знак / або Z) і розмір кроку, для швів контактного роликового зварювання – розмір розрахункової ширини шва (знак x), розмір довжини проварюваної ділянки (знак /), розмір кроку.

5. Допоміжні позначення: O – шов за замкненим контуром; \perp – шов виконати при монтажі; $\underline{\text{O}}$ – посилення шва зняти; $\cup\cup$ – напливи й нерівності швів обробити; \supset – шов за незамкненою лінією.

6,7. Допоміжні позначення технологічного характеру.

Приклади позначення зварних швів наведено на рис. 5.28:

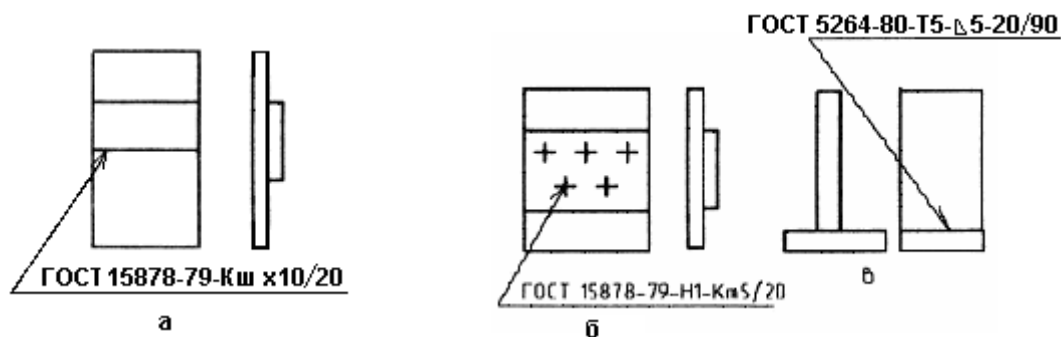


Рис. 5.28

а – переривчастий шов з'єднання внапусток завширшки 3 мм, виконаний контактним зварюванням; довжина проварюваної ділянки 10 мм, крок 20 мм;

б – багаторядний шов із шаховим розташуванням точок, виконаний контактним зварюванням, діаметр зварної точки 5 мм, крок 20 мм;

в – шов таврового з'єднання без скосу кромки, однобічний з ланцюговим розташуванням, виконаний ручним електродуговим зварюванням, катет шва 20 мм, довжина зварюваної ділянки 20 мм, крок між ділянками 90 мм.

5.5.3. Клейові та паяні з'єднання

Паяні з'єднання і їхнє зображення. Під час паяння деталі з'єднуються завдяки расплавленню та охолодженню спеціального матеріалу – припою, який заповнює зазор між деталями й міцно з'єднується з ними. Припої під-розділяють за температурою плавлення, а за основним компонентом – на олов'яні (ПО), олов'яно-свинцеві (ПОС), мідно-цинкові (латунні, ПМЦ), срібні (ПСР) та ін.

Зображують і позначають паяні з'єднання відповідно до ГОСТ 2.313-82. Паяне з'єднання на кресленнях незалежно від способу паяння зображують лінією, товщина якої в 2 рази більша, ніж товщина основної лінії, тобто $2s$ (рис. 5.29, а, б). На лінії-виносці, що починається від зображення шва дво-сторонньою стрілкою, розміщують умовне позначення паяння (схоже на лі-теру С), яке виконують основною лінією. Шов по замкненій лінії позначають на кінці лінії-виноски колом. Позначення припою за відповідним стандартом записують у технічних вимогах креслення за типом ПОС 40 ГОСТ 21931-76.

Клейові з'єднання набули широкого застосування в промисловості для з'єднання дерев'яних, пластмасових і металевих деталей. Правила зображен-ня цілком збігаються з викладеними вище для паяних з'єднань з тією лише різницею, що позначення паяння замінюють позначенням клеєння, схожим на літеру К (рис. 5.29, в,г). Позначення клеєння записують у технічних вимогах за типом: Клей БФ-10Т ГОСТ 22345-77.

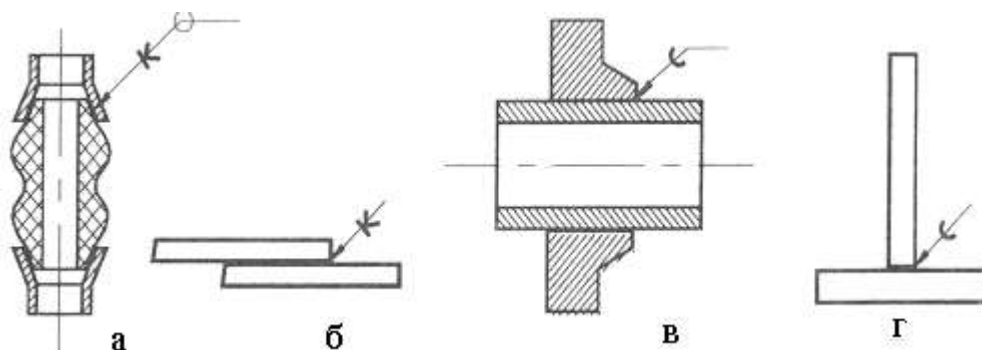


Рис. 5.29

5.6. Складальне креслення

Складальним називають креслення, що містить зображення виробу й інші дані, необхідні для його складання (виготовлення) і контролю.

За складальним кресленням можна уявити взаємозв'язок деталей і спосо-би їх з'єднання.

За ГОСТ 2.109-73 складальне креслення має містити:

а) зображення виробу, що дає повне уявлення про розташування і взаємо-зв'язок його складових частин; на кресленні допускається розміщати схеми з'єднання або розташування складових частин виробу;

б) розміри, граничні відхилення та інші параметри й вимоги, що викону-ються і контролюються в процесі складання;

в) вказівки про характер з'єднання рознімних частин виробу, якщо точність з'єднання забезпечується не заданими відхиленнями розмірів, а підбором, пригоном тощо; на кресленні можуть бути наведені вказівки про спосіб з'єднання нерознімних частин (зварних та ін.);

г) номери позицій складових частин виробу;

д) основні характеристики виробу;

е) габаритні, установлювальні, приєднувальні й необхідні довідкові розміри.

5.6.1. Виконання ескізів деталей виробу

Перед виконанням ескізів потрібно:

а) з'ясувати призначення і принцип роботи виробу, вивчити його конструкцію, тобто з яких деталей виріб складається, їхнє призначення, способи з'єднання деталей між собою тощо;

б) визначити порядок складання і розбирання виробу (послідовність складання рекомендується подавати у вигляді схеми);

в) з'ясувати наявність деталей виробу, що не підлягають ескізуванню, наприклад, кріпильних, стандартних тощо;

г) скласти попередню специфікацію з указанням розроблюваних конструкторських документів, складальних одиниць і деталей, що підлягають і не підлягають ескізуванню, тощо;

д) проставити в специфікації позначення складальних одиниць і деталей.

Вивчивши розроблюваний виріб, переходять до ескізування деталей. Відзначимо деякі додаткові вимоги, що враховуються при ескізуванні:

1. Вибір головного вигляду деталі на ескізі не слід пов'язувати з її розташуванням у виробі. За головний вигляд беруть зображення, що найбільш повно відбиває форму і розміри деталі й відповідає основній технологічній операції її виготовлення.

2. Кількість зображень і їхня розробка мають бути настільки повними, щоб складальне креслення можна було виконати за ескізами, без натурі.

3. На ескізах сполучних деталей потрібно витримати однакові номінальні розміри, тому що інакше виріб неможливо буде скласти.

4. Розміри необхідно наносити з граничними відхиленнями у вигляді числових значень або умовних позначень посадок і класів точності, що забезпечує необхідний характер з'єднань деталей. Бажано вказувати на ескізах граничні відхилення форми і розташування поверхонь.

5. Шорсткості поверхонь позначають, виходячи з умов роботи й технології виготовлення деталей. Для третьових поверхонь, як правило, беруть однакову ступінь шорсткості.

6. Оформлення ескізів має відповідати усім вимогам до робочих креслень.

5.6.2. Виконання складального креслення

Рекомендується така послідовність виконання складального креслення (рис. 5.30):

1. Перевіряють правильність виконання зображень, нанесення розмірів, умовних позначень тощо на ескізах.

2. Визначають необхідну й достатню кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів) для того, щоб на складальному кресленні було цілком розкрито взаємне розташування деталей. Зображення на складальному кресленні повинні давати повне уявлення про принцип роботи виробу і способи з'єднання або сполучення його частин і деталей.

3. Залежно від складності виробу і його габаритних розмірів встановлюють масштаб креслення і вибирають формат паперу відповідно до ГОСТ 2.301-68. Наносять рамку креслення і відводять місце для основного напису.

4. Намічають габаритні прямокутники для розміщення зображень і проводять осі симетрії.

5. Наносять контур основної деталі виробу. Намічають необхідні розрізи, перерізи, додаткові зображення.

6. Викреслюють інші деталі, причому в такій послідовності, у якій виріб буде складатися. Виконують на складальному кресленні розрізи, перерізи, виносні елементи тощо. Якщо деталь або виріб проєціюється у формі симетричної фігури, рекомендується на одному зображенні з'єднати половину вигляду з половиною відповідного розрізу. На складальних кресленнях широко використовується правило про те, що гвинти, болти, шпильки, штифти, шпонки, шатуни, гайки і подібні деталі в поздовжньому розрізі показують нерозсіченими. Такі елементи, як спиці маховиків, шківів, зубчастих коліс, тонкі стінки типу ребер жорсткості тощо розсікають, але не штрихують, якщо січна площина спрямована вздовж осі довгої сторони такого елемента (ГОСТ 2.305-68).

Штрихування тієї самої деталі в розрізах на різних зображеннях виконують в один бік, витримуючи однакову відстань між лініями штриховки. При штрихуванні суміжних деталей з одного матеріалу змінюють напрямки штриховки або відстань між штрихами, зміщують штриховку.

7. Перевіряють виконане креслення, наводять лінії видимого й невидимого контурів, заштриховують розрізи і перерізи.

8. Проводять розмірні й виносні лінії та проставляють розмірні числа.

На складальному кресленні виробу проставляють:

– габаритні розміри, що характеризують висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр, і якщо один з цих розмірів змінний унаслідок переміщення частин механізму, то на кресленні вказують розміри при крайніх положеннях рухомих деталей;

– монтажні розміри, що вказують на взаємозв'язок деталей і їхнє взаємне розташування в складальній одиниці, наприклад: відстані між осями валів, від осі виробу до посадочної площини, монтажні зазори тощо;

– установлювальні та приєднувальні розміри для встановлення виробу на місці монтажу або приєднання до іншого виробу, наприклад: розміри центрових кіл і діаметри отворів під болти, відстані між отворами для кріплення, між осями фундаментних болтів тощо;

– експлуатаційні розміри, що вказують на розрахункову і конструктивну характеристику виробу, наприклад: діаметри прохідних отворів, розміри різей на приєднувальних штуцерах, розміри «під ключ», кількість зуб'їв, модулі тощо.

У разі потреби конструктор проставляє на кресленні виробу деякі характерні конструктивні або розрахункові розміри, щоб звірити їх з розмірами, проставленими на кресленнях деталей. Розміри окремих деталей або їхніх елементів на складальному кресленні, як правило, не наносять, тому що на складання йдуть готові деталі. Розміри габаритні, установлювальні, приєднувальні, експлуатаційні, а також розміри, що характеризують розташування рухомих частин виробу, є довідковими, і проставляють їх із «зірочкою».

На складальному кресленні вказують розміри отворів під болти, гвинти, штифти, заклепки, якщо ці отвори виконують у процесі складання.

9. На окремому аркуші формату А4 виконують специфікацію виробу (рис. 5.31), яка складається з таких розділів: 1) документація; 2) комплекси; 3) складальні одиниці; 4) деталі; 5) стандартні вироби; 6) інші вироби; 7) матеріали; 8) комплекти.

Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка в графі «Найменування» і підкреслюють. На навчальних кресленнях найчастіше зустрічаються розділи 1, 3, 4, 5, 6 і 7.

До розділу «Документація» вносять документи, що складають основний комплект конструкторських документів на виріб, крім його специфікації. Документи записують у послідовності згідно з ГОСТ 2.102-68, наприклад: складальне креслення, креслення загального вигляду, монтажне креслення, схема, пояснювальна записка і т.д.

До розділу «Складальні одиниці» вносять складальні одиниці, що безпосередньо входять у виріб. Запис роблять за абеткою проходження початкових знаків (літер) індексів організацій-розроблювачів і далі в порядку зростання цифр позначення.

У розділі «Стандартні вироби» записують вироби, застосовані за державними, республіканськими і галузевими стандартами та стандартами підприємств. У межах кожної категорії стандартів запис роблять по групах виробів, об'єднаних за їх функціональним призначенням (наприклад, підшипники, кріпильні вироби, електротехнічні вироби тощо), у межах кожної групи – за абеткою найменувань виробів, у межах кожного найменування – у порядку зростання позначень стандартів, а в межах кожного позначення стандарту – у порядку зростання основних параметрів або розмірів виробів. Наприклад, групу кріпильних виробів записують у специфікацію в такій послідовності: 1) болти; 2) гвинти; 3) гайки; 4) шайби; 5) шпильки і т.д. У межах найменування болти, наприклад, записують у порядку зростання номерів їхніх стандартів, а в межах того самого номера стандарту – у порядку зростання значень діаметрів і довжин болтів.

До розділу «Матеріали» вносять тільки матеріали, що безпосередньо входять у виріб. Записують їх у такій послідовності: 1) чорні метали; 2) кольорові метали; 3) пластмаси; 4) паперові й текстильні матеріали; 5) гумові й шкіряні матеріали; 6) лаки і фарби і т.д.

Розглянемо, як заповнюють графи специфікації.

У графі «Формат» вказують розмір формату, на якому виконане креслення деталі або іншого конструкторського документа. Графу не заповнюють для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» і «Матеріали». Для деталей, на які не випущено креслення, у графі вказують «БК».

У графі «Зона» указують позначення зони, в якій міститься номер позиції даної складової частини виробу. Графу заповнюють у тому випадку, коли креслення поділене на зони.

У графі «Поз.» вказують порядкові номери складових частин виробу в послідовності їх запису у специфікації. Для розділів «Документація» і «Комплекти» графу не заповнюють.

У графі «Позначення» вказують позначення конструкторського документа. Не заповнюють цю графу для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» і «Матеріали».

У графі «Найменування» вказують:

а) для документів, що входять до складу основного комплекту документів виробу, – тільки їхнє найменування, наприклад: «Складальне креслення», «Схема», «Технічні умови» тощо;

б) для складальних одиниць і деталей – їхнє найменування відповідно до основного напису на кресленнях цих виробів, для деталей, на які не випущено креслення, – їхнє найменування, матеріал, а також розміри, необхідні для виготовлення;

в) для стандартних виробів і матеріалів – їхнє найменування й умовні позначення відповідно до стандартів або технічних умов.

У графі «Кіл.» указують кількість складових частин одного виробу, а для матеріалів – кількість матеріалу на один виріб з указанням одиниці виміру.

У графі «Примітки» вказують додаткові відомості, що стосуються виробів, документів, матеріалів, внесених до специфікації.

Після кожного розділу специфікації залишають кілька вільних рядків.

10. Наносять нумерацію позицій деталей виробу.

Усі складові частини виробу на складальному кресленні нумерують відповідно до номерів позицій, зазначених у специфікації складальної одиниці, тобто спочатку заповнюють специфікацію, а потім номери позицій переносять на складальне креслення виробу. Номери позицій проставляють на тих зображеннях, де дана складова частина виробу проєціюється як видима, при цьому перевагу віддають основним виглядам або розміщеним на їхньому місці розрізам.

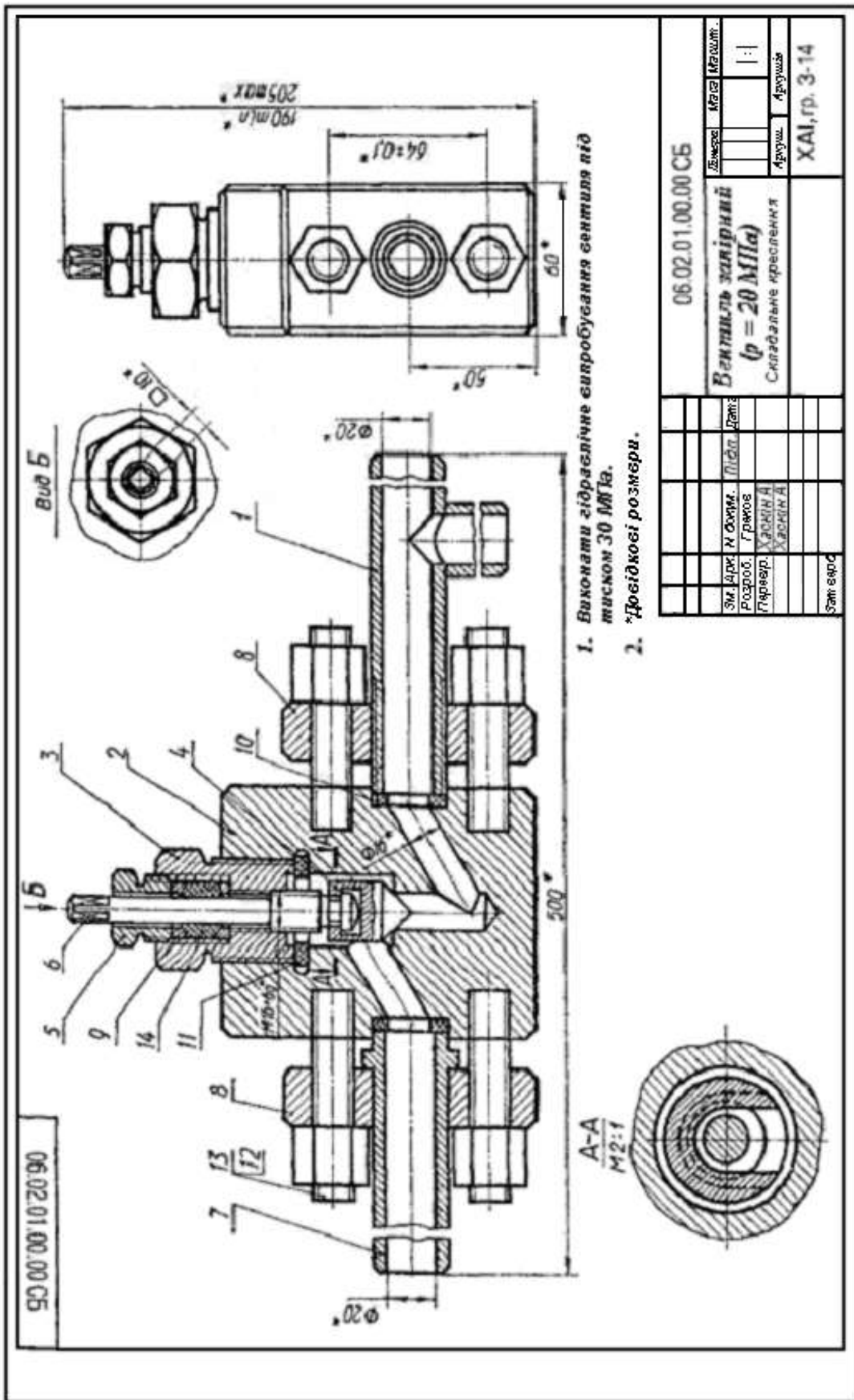


Рис. 5.30

Номери позицій указують на полічках ліній-виносок (лінії-виноски виконують тонкими суцільними лініями і закінчують на зображенні деталі потовщенням у формі крапки). Розташовують номери позицій паралельно основному напису креслення поза контуром зображення і групують їх у рядок або у стовпчик по можливості на одній лінії (ГОСТ 2.109-73).

Номери позицій проставляють на кресленні, як правило, лише один раз. Допускається повторно вказувати номери позицій однакових частин виробу. Розмір шрифту, яким виконують номери позицій, має бути на один-два номери більшим за розмір шрифту розмірних чисел. Лінії-виноски не повинні перетинатися між собою і по можливості не бути паралельними лініям штриховки розрізів і перерізів.

Допускається проводити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для груп кріпильних деталей (болт, гайка, шайба), розташованих в одному місці кріплення (рис. 5.32,а), і для груп деталей з чітко вираженим взаємозв'язком, якщо лінію-виноску від кожної складової частини провести неможливо. У цих випадках лінію-виноску відводять від тієї деталі, що закріплюється (рис. 5.32,б).

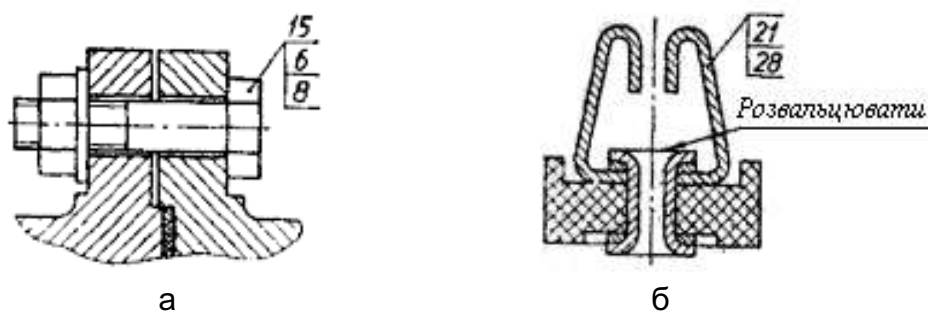


Рис. 5.32

11. Заповнюють основний напис, указують технічні вимоги або технічну характеристику виробу.

5.7. Контрольне завдання

Порядок виконання

1. Завдання виконати на аркуші ватману формату А3. Лист поділити на три зони, де будуть розміщені зображення з'єднань.

2. Гвинтове з'єднання:

- з табл. 5.2 відповідно до свого варіанта вибрати дані для розрахунку гвинтового з'єднання;

- розрахувати параметри гнізда під гвинт – глибину свердління, діаметр свердла, глибину різі;

- у тонких лініях виконати креслення гнізда, а потім деталі, що приєднується; значення діаметра отвору в деталі вибрати з таблиць відповідних стандартів або визначити за наведеними на рис. 5.23, 5.24 співвідношеннями;

- на підготовлене таким чином зображення накласти зображення гвинта, розміри якого визначити за відповідним стандартом згідно з варіантом завдання;

- виконати креслення другої проекції з'єднання, зображення навести;

- нанести умовні позначення стандартних елементів з'єднання та необхідні розміри.

3. Зварне з'єднання:

- згідно з варіантом завдання за табл. 5.3 визначити номер вузла;

- за розмірами, наведеними на рис. 5.33, виконати креслення з'єднання деталей;

- зобразити зварний шов (вузол № 4) або зварні точки (вузол № 5);

- нанести умовне позначення зварного шва.

4. Клейове з'єднання і з'єднання паянням:

- за розмірами, наведеними на рис. 5.34, виконати креслення з'єднання деталей;

- зобразити клейовий шов (резистор і пелюстка вклеюються в плату);

- нанести умовні позначення клейового з'єднання і з'єднання паянням (вивід резистора припаюється до пелюстки);

- під зображенням записати позначення типів клею і припою згідно зі стандартами:

а) клеї:

ВК-3 – МРТУ 617280-68;

БФ-2 – ГОСТ 12172-74;

БФ-4 – ГОСТ 12172-74;

б) припої:

ПОС – ГОСТ 21930-76;

ПМЦ – ГОСТ 23137-78;

ПСР – ГОСТ 19738-74.

5. Указати масштаби зображень на кресленні.

Приклад виконаного завдання наведено на рис. 5.35.

6. Загальні варіанти контрольних робіт наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.2

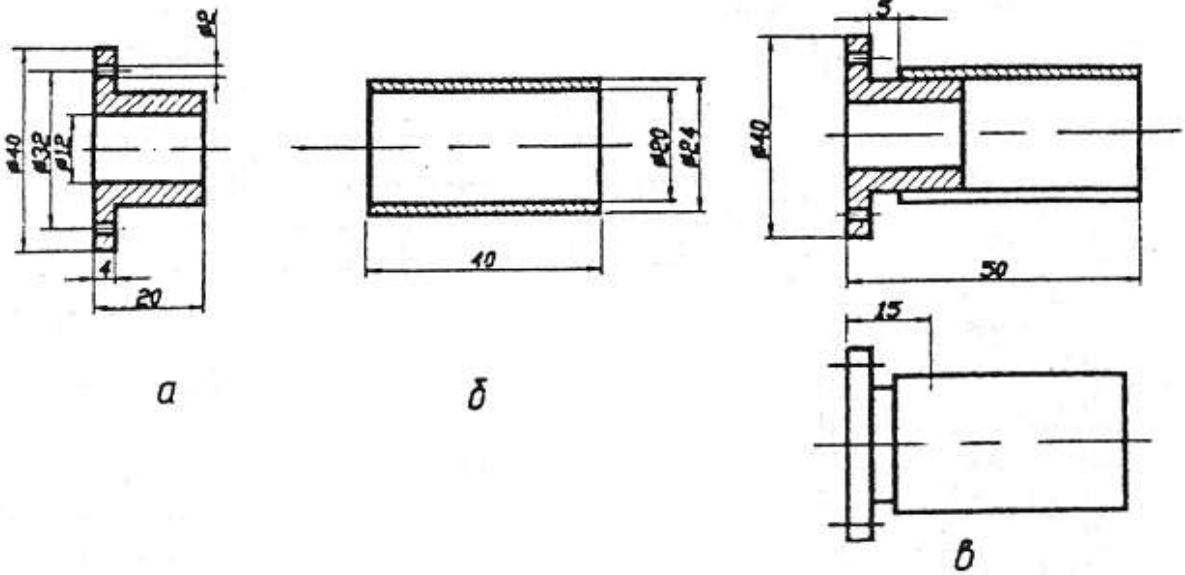
Номер варіанта	Гвинт за ГОСТ	Різь	Довжина гвинта	Матеріал	Покриття	Товщина деталі
1	17475-80	M12x1	35	Сталь 45	Оксидне	10
2	1491-80	M10x1	30	Сталь 10	Цинкове	12
3	17475-80	M10	40	Сталь 35	Кадмієве	20
4	1491-80	M8x1	30	Сталь 45	Оксидне	15
5	1491-80	M6	20	Сталь 10	Без покриття	10
6	17475-80	M6	20	Сталь 10	Цинкове	15
7	1491-80	M8x1	25	Сталь 20	Кадмієве	16
8	1491-80	M10	25	Сталь 45	Оксидне	10
9	1491-80	M6x0,5	20	Сталь 10	Без покриття	8
10	17475-80	M6	20	Сталь 35	Цинкове	8
11	1491-80	M12x1	35	Сталь 45	Кадмієве	10
12	17475-80	M10	35	Сталь 10	Без покриття	20
13	1491-80	M6	20	Сталь 35	Мідне	5
14	1491-80	M8x1	30	Сталь 45	Цинкове	15
15	17475-80	M6	20	Сталь 10	Оксидне	6
16	1491-80	M10x1	25	Сталь 35	Без покриття	10
17	1491-80	M6x0,5	16	Сталь 45	Мідне	3
18	17475-80	M8x1	35	Сталь 10	Кадмієве	15
19	1491-80	M6	16	Сталь 35	Оксидне	4
20	1491-80	M10	20	Сталь 45	Без покриття	8
21	17475-80	M10	30	Сталь 10	Цинкове	20
22	1491-80	M12x1	35	Сталь 35	Оксидне	10
23	1491-80	M6	20	Сталь 45	Мідне	6
24	17475-80	M6x0,5	16	Сталь 10	Без покриття	5
25	1491-80	M10	20	Сталь 35	Цинкове	5
26	1491-80	M12x1	30	Сталь 45	Оксидне	10
27	17475-80	M6	16	Сталь 10	Без покриття	4
28	17475-80	M8	20	Сталь 45	Оксидне	5
29	17475-80	M16x1,5	35	Сталь 20	Кадмієве	15
30	1491-80	M3	12	Сталь 20	Оксидне	3

Примітка. Для гвинта з циліндричною головкою передбачити установлення шайби за ГОСТ 6402-70 нормальної, без покриття, зі сталі 65Г.

Таблиця 5.3

Номер варіанта	Марка припою	Марка клею	Номер зварного вузла	Спосіб зварювання	Діаметр точки або ширина зварного шва
1	ПОС40	ВК-3	4	КТ	2,5
2	ПМЦ36	БФ-2	5	КШ	3
3	ПОС 90	БФ-4	4	КТ	2,5
4	ПМЦ48	БФ-2	5	КШ	3
5	ПОС40	ВК-3	4	КР	2,5
6	ПСр10	БФ-2	4	КТ	3
7	ПОС 90	БФ-4	5	КШ	2,5
8	ПСр12М	ВК-3	5	КШ	3
9	ПОС40	БФ-2	4	КТ	2,5
10	ПМЦ36	БФ-4	4	КТ	3
11	ПОС90	БФ-2	5	КШ	2,5
12	ПМЦ48	ВК-3	5	КШ	3
13	ПОС40	БФ-2	4	КТ	2,5
14	ПСр10	БФ-4	4	КТ	3
15	ПОС90	БФ-2	5	КР	2,5
16	ПСр12М	ВК-3	5	КШ	3
17	ПОС40	ВК-3	4	КТ	2,5
18	ПМЦ36	БФ-2	4	КТ	3
19	ПОС90	БФ-4	5	КШ	2,5
20	ПМЦ48	БФ-2	5	КШ	3
21	ПОС40	ВК-3	4	КТ	2,5
22	ПСр10	БФ-2	4	КТ	3
23	ПОС40	БФ-4	5	КШ	2,5
24	ПСр12М	БФ-2	5	КШ	3
25	ПОС90	ВК-3	4	КТ	2,5
26	ПМЦ38	БФ-2	4	КТ	3
27	ПОС40	БФ-4	5	КШ	2,5
28	ПМЦ48	БФ-2	5	КШ	3
29	ПОС40	ВК-3	4	КТ	2,5
30	ПСр10	БФ-2	4	КТ	3

Вузол № 5



Вузол № 4

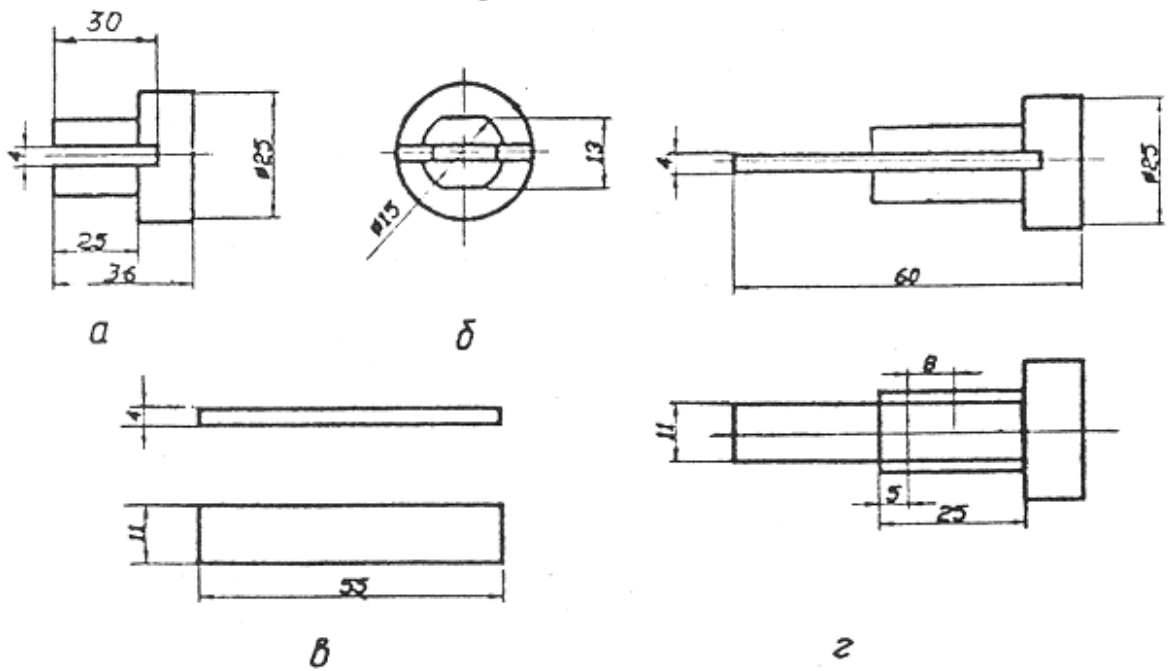
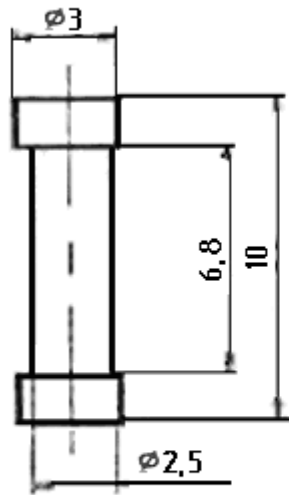


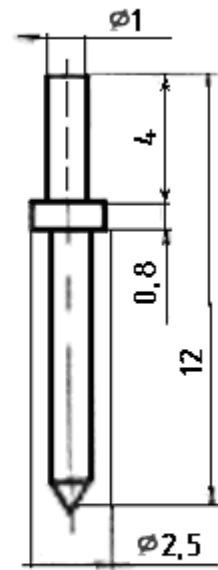
Рис. 5.33

Резистор



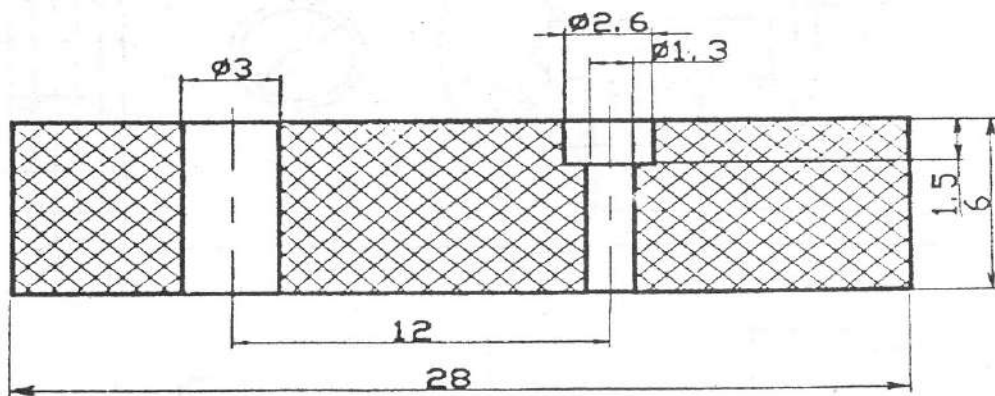
a

Пелюстка

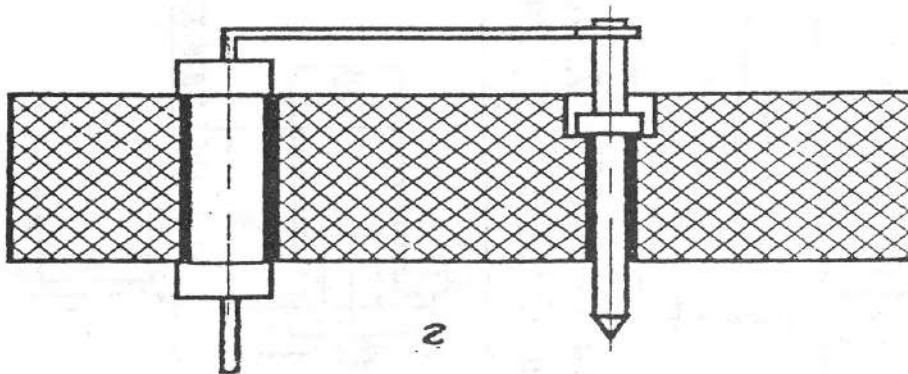


б

Плата



в



г

Рис. 5.34

Таблиця 5.4

Номер варіанта	Нарисна геометрія	Проекційне креслення		Вал	Гвинтове з'єднання	Зварне з'єднання, з'єднання паянням
		Модель 1	Модель 2			
1	1	4	10	19	24	2
2	5	5	20	15	21	8
3	6	2	9	7	26	27
4	3	21	23	17	7	10
5	9	15	5	21	10	19
6	23	16	17	13	16	11
7	26	7	27	26	10	11
8	19	14	7	8	6	10
9	20	21	27	19	17	7
10	14	22	4	25	18	6
11	15	12	28	8	4	12
12	18	26	18	11	2	18
13	2	21	17	1	18	7
14	4	3	26	9	24	20
15	21	18	17	28	18	17
16	18	20	7	22	12	17
17	28	1	25	17	6	3
18	12	13	3	17	14	2
19	13	12	13	8	28	5
20	25	8	22	15	22	7
21	18	28	7	23	11	12
22	17	23	11	25	14	17
23	23	20	12	3	16	9
24	19	12	15	16	19	24
25	12	21	8	12	2	26
26	1	8	17	3	19	15
27	8	10	6	13	26	11
28	4	13	3	20	10	1
2,9	22	27	26	14	4	8
30	25	4	4	12	12	5
31	4	19	19	27	22	19
32	6	10	26	28	11	28
33	2	3	7	17	12	9
34	9	6	27	15	21	7
35	17	3	24	18	13	25
36	12	13	13	3	21	4
37	11	27	14	6	15	16
38	10	16	22	8	5	17

Продовження табл. 5.4

Номер варіанта	Нарисна геометрія	Проекційне креслення		Вал	Гвинтове з'єднання	Зварне з'єднання, з'єднання паянням
		Модель 1	Модель 2			
39	27	14	24	1	8	18
40	18	28	11	5	3	20
41	22	7	6	12	28	24
42	28	11	10	16	8	3
43	14	12	12	16	18	12
44	5	8	5	22	9	24
45	9	15	18	2	24	8
46	2	4	3	12	9	19
47	16	15	6	2	23	12
48	5	28	20	9	5	24
49	8	16	15	17	9	13
50	22	26	6	15	3	24
51	27	19	28	17	14	7
52	21	13	14	10	13	21
53	6	20	1	26	17	26
54	17	2	12	22	1	7
55	19	22	9	17	9	28
56	3	20	22	13	4	28
57	6	14	25	21	10	25
58	8	5	24	5	22	15
59	25	7	5	2	18	19
60	20	10	4	7	27	13
61	25	22	1	22	24	5
62	2	2	5	27	16	19
63	17	15	11	10	17	18
64	19	22	6	20	6	24
65	22	23	28	23	26	11
66	9	10	25	1	9	2
67	7	28	17	23	17	15
68	6	23	21	14	17	2
69	24	19	5	6	22	11
70	10	26	8	17	21	13
71	28	25	1	26	20	9
72	26	12	24	27	22	28
73	5	4	22	19	8	1
74	14	27	23	1	16	19
75	20	23	10	19	15	18
76	8	20	13	28	16	15
77	13	12	16	1	8	1
78	4	1	23	27	12	21
79	26	5	16	3	10	9
80	20	5	6	9	28	28

Закінчення табл. 5.4

Номер варіанта	Нарисна геометрія	Проекційне креслення		Вал	Гвинтове з'єднання	Зварне з'єднання, з'єднання паянням
		Модель 1	Модель 2			
81	18	15	6	17	15	9
82	3	12	11	23	17	11
83	1	3	17	2	14	10
84	2	8	10	2	1	10
85	12	19	15	16	11	7
86	23	24	12	9	4	17
87	8	14	17	12	19	20
88	19	6	2	15	5	8
89	10	26	16	21	6	17
90	4	11	6	13	11	17
91	15	10	27	10	3	28
92	11	22	27	3	18	27
93	17	7	28	12	20	7
94	3	13	24	17	13	23
95	4	7	12	22	12	22
96	27	25	23	17	10	12
97	22	18	23	19	20	18
98	16	11	8	23	6	14
99	18	11	5	12	2	14
100	1	25	20	23	25	4
101	25	17	1	21	2	28
102	11	27	10	20	13	5
103	9	15	20	21	21	17
104	13	10	4	6	22	20
105	8	25	4	22	24	4
106	23	8	9	2	6	19
107	14	8	12	7	14	21
108	7	6	16	27	25	22
109	21	10	9	23	24	13
110	2	1	9	7	12	3
111	8	21	23	6	13	14
112	23	24	9	7	10	17
113	10	8	11	26	7	2
114	18	20	12	8	23	12
115	6	12	24	8	16	4
116	17	23	12	21	16	5
117	22	21	21	19	18	9
118	28	13	19	22	3	28
119	5	3	12	22	20	17
120	2	12	27	9	8	8

6. КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Кінцевим продуктом процесу конструювання будь-якого виробу є креслення. Креслення – це графічний конструкторський документ, що визначає конструкцію виробу і містить зображення виробу, а також інші дані, необхідні для розробки, виготовлення, контролю, монтажу й експлуатації виробу.

Навчальний курс "Інженерна і комп'ютерна графіка" охоплює все коло питань, пов'язаних з комп'ютерними технологіями виконання різного роду конструкторської документації.

Курс "Інженерна і комп'ютерна графіка" являє собою комплексну дисципліну, що складається з таких розділів:

а) *нарисна геометрія* – наука, що вивчає методи побудови плоских зображень просторових об'єктів і способи розв'язання геометричних задач за цими зображеннями;

б) *комп'ютерна графіка* (КГ) – наука, що вивчає методи створення зображень за допомогою комп'ютерних програм, методи збереження й обробки графічної інформації з використанням ЕОМ;

в) *геометричне моделювання* – розділ, що вивчає методи опису геометричних об'єктів і способи побудови їхніх графічних моделей на площині;

г) *основи ЄСКД* – розділ, який вивчає правила оформлення різних конструкторських документів, що визначені державними стандартами, зведеними в Єдину систему конструкторської документації (ЄСКД).

6.1. Інтерактивні графічні системи

Інженер-конструктор у своїй роботі має справу з великими обсягами довідкової інформації, з архівами креслень, томами (бібліотеками) текстової документації й іншими конструкторськими документами. При проектуванні літальних апаратів на обробку графічної інформації йде до 85% усього затрачуваного часу. Впоратися з цим без допомоги ЕОМ практично неможливо.

Спілкування проектувальника з ЕОМ на рівні геометричних образів (ГО) забезпечує комп'ютерна графіка, що є частиною САПР – системи автоматизованого проектування.

Комп'ютерна графіка забезпечує створення, збереження й обробку моделей геометричних об'єктів та їхніх графічних зображень (ГЗ) за допомогою комп'ютера.

Спочатку, на перших стадіях машинного конструювання, конструктор передавав свій задум розраховувачу, той – програмісту, далі укладач програми робив розрахунок і т.д., тобто в процесі конструювання було багато проміжних ланок.

Тепер прийшли до такої схеми: програміст за допомогою інженера створює універсальні прикладні програми (на будь-якій мові програмування), далі розробляється розрахунково-графічна діалогова система, з якою й працюють конструктори, створюючи нові вироби. За такою схемою працюють практично всі графічні діалогові системи.

Найбільш відомими із кількох десятків існуючих у світі інтерактивних графічних систем (ІГС), призначених для розв'язання задач конструювання, є АСAD, КОМАС, САТІА, ЕUCLІD тощо.

6.2. Загальні відомості про систему АСAD

АСAD (від англ. Automated Computer Aided Drawing and Design (автоматизоване креслення і проектування за допомогою ЕОМ)) – це система прикладних комп'ютерних програм для випуску конструкторської документації та геометричного моделювання.

Розроблювач системи – фірма Autodesk. Зараз існує кілька працюючих версій АСAD – 2000, 2002, 2004. Щодо даної системи є багато літератури, видаються спеціальні журнали.

Система АСAD набула широкого використання (більш 80% усіх креслень випускається з її допомогою) і практично стала стандартом для інших графічних систем.

Система АСAD забезпечує широкі можливості з інтерактивного (діалогового) формування креслень, специфікацій, таблиць і має зручні засоби для виправлення помилок і модифікації раніше розроблених креслень. Готові документи можуть бути виведені на графопобудовник у багатокольоровому зображенні або на матричний принтер. Існує можливість створення бібліотек креслень і типових форм, якими можна користуватися при створенні нових документів, а також засоби для формування аксонометричних проекцій.

Основою системи є графічний редактор – програма, що відображає на екрані графічну інформацію і виконує команди створення, зміни, перегляду креслення і виводу його на плотер або принтер.

Система АСAD і системи, побудовані на її базі, дозволяють:

- виконувати параметричні креслення;
- працювати з графічними базами даних;
- створювати поверхневі й суцільні моделі.

6.3. Основні положення роботи із системою.

Запуск системи

Сценарій графічного діалогу в системі АСAD має такий вигляд:

1. Вхід у систему.
2. Настроювання робочого середовища системи.
3. Робота з меню – вибір зображення, вибір операції.
4. Робота в графічному полі – побудова зображення і його редагування.
5. Запис побудованого зображення у файл.
6. Вихід на принтер (плотер).
7. Вихід із системи.

Під час входження в редактор креслень після вибору задачі 1 або 2 головного меню система АСAD очищає екран, а потім виводить на нього креслення у тому вигляді, в якому воно востаннє було залишене. Якщо це нове

нове креслення, то екран залишається чистим (рис. 6.1). У правій частині екрана висвітлюється меню команд, а в нижній – "підказка":

Command: //Команда://

Це означає, що система ACAD перебуває в командному режимі й готова до прийому команд.

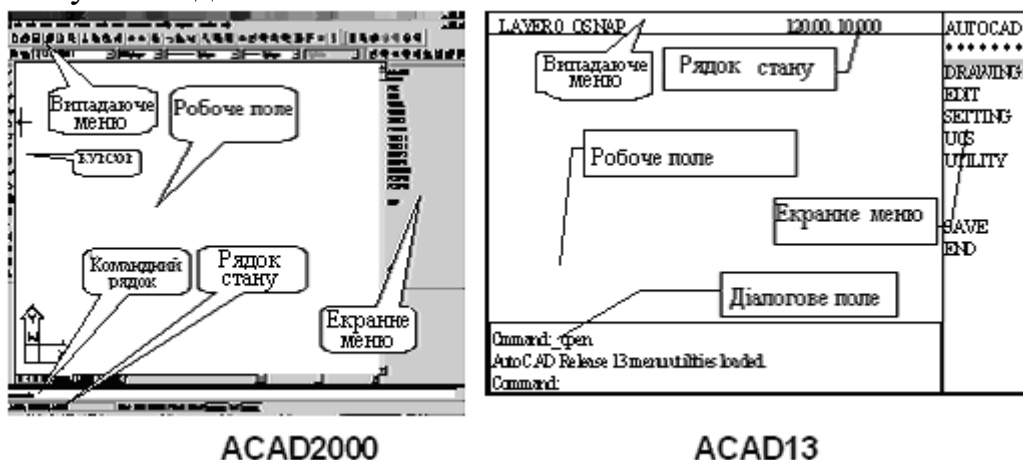


Рис. 6.1

Тепер можна скористатися командами системи для створення, перегляду, креслень або їх модифікації. Для цього слід вибрати операцію, яку необхідно виконати, і скористатися клавіатурою або меню для введення відповідної команди.

Екранне меню висвітлюється в правій частині графічного монітора. Оскільки в системі ACAD дуже багато команд, усі вони не можуть розміститися в області екранного меню. Тому звичайно екранне меню розбивається на підменю, побудовані таким чином, що при виборі одного з підменю на екран виводяться всі його команди.

Команди, що найчастіше зустрічаються, містяться у випадаючому меню (рис. 6.2). Методика роботи з цим меню аналогічна методиці застосування екранного основного меню.

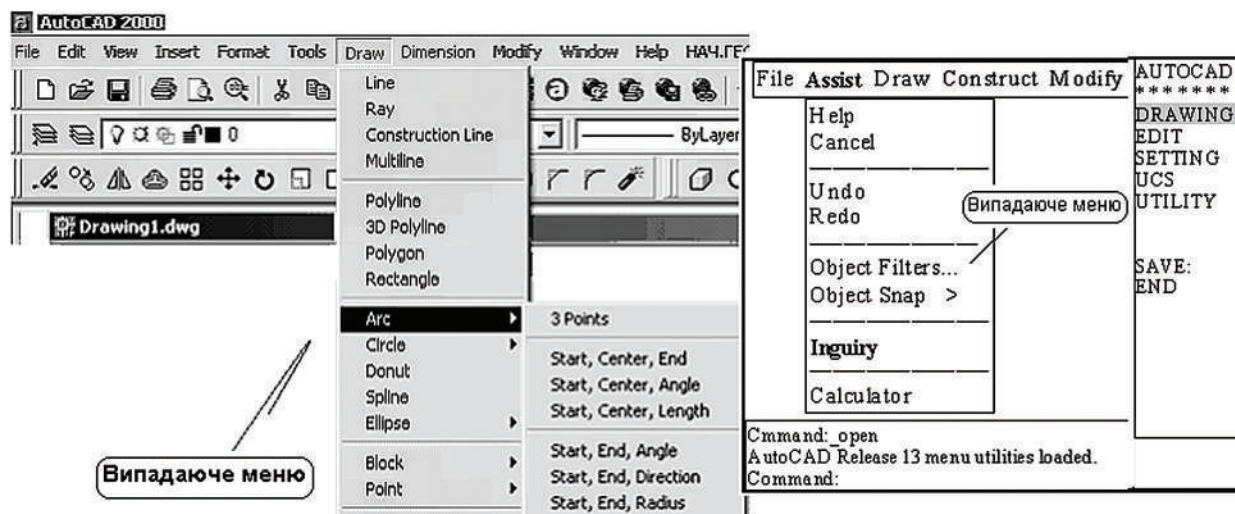


Рис. 6.2

Повторне введення команд

Незалежно від способу, що використовувався для введення останньої команди, можна натиснути клавішу SPACE або ENTER у відповідь на "підказку" системи ACAD "Command:", і ця команда повториться.

Імена опцій

Часто у відповідь на командний запит можна видати одне з декількох імен опцій. Допустимі імена опцій звичайно виводяться на екран у запиті такими, що відокремлені скісною рисою (/). Щоб ввести опцію, необхідно надрукувати її ім'я й натиснути клавішу SPACE або ENTER або вибрати її з меню екрана. Імена опцій можна замінити аббревіатурою, яка найчастіше складається з єдиного символу; малі літери в запиті вказують межі аббревіатури, наприклад:

Color/Layer/LType:

У даному прикладі ACAD чекає введення одного з імен: "COLOR", "LAYER" або "LTYPE". Як зазначено в запиті, ім'я "COLOR" можна замінити аббревіатурою, що складається з єдиної букви "C", але для імен "LAYER" і "LTYPE" потрібні дві букви. При введенні імен опцій можна використовувати будь-які комбінації великих і малих літер.

Деякі команди допускають введення опції замість числового значення або точки, що приводить до виклику альтернативного варіанта команди. У цих випадках у командному запиті буде вказуватися стандартний зміст команди у кутових дужках (< >) і відокремлений скісною рисою від імен опцій.

Введення даних

Після введення команди звичайно виникає потреба в додатковій інформації про те, як, де і над чим має бути виконана відповідна дія. Наприклад, у випадку команд креслення графічних примітивів потрібно знати, де розмістити графічний примітив. Для деяких графічних примітивів потрібно вказати також чисельне значення висоти або ширини.

Система ACAD запитує всю необхідну інформацію. Тут описано типові запити й методи введення відповідної інформації.

Якщо введені дані не відповідають потрібному для відповідної команди типу даних, то на екрані з'являється повідомлення:

Invalid point //Недопустима точка//

Invalid option keyword //Недопустиме ім'я опції//

Requires numeric distance of two points //Потрібний чисельний вираз відстані між двома точками//

Більшість команд повторює запит до правильного введення даних.

Примітка. Часто існує більше одного варіанта відповіді на запит, наприклад, кілька способів укавання точки.

Координати

Коли система ACAD видає запит "point:", їй потрібні координати точки на кресленні. Після задання цієї точки в тому місці, де вона розміщена, для довідки викреслюється невеликий маркер. Такі маркери, або мітки, зникають при регенерації або при повторному кресленні зображення на екрані. Можна взагалі заборонити виведення міток.

Задання точок є найпоширенішим типом введення даних, і існує кілька способів їхнього введення.

Абсолютні координати

Точку можна задати, якщо ввести дійсні значення координат X, Y, Z з клавіатури, відокремивши їх комою. Наприклад, введення "3.5,7.225,0" задає точку з координатами $X = 3.5$, $Y = 7.225$, $Z = 0$.

Відносні та полярні координати

Точку можна задати як відстань від останніх заданих координат, при цьому перед значеннями X і Y необхідно ввести символ @. Наприклад, якщо останньою заданою точкою була точка (10,6), а введено @2.5, -1.3, то це рівносильно заданню абсолютних координат (12.5, 4.7).

Для задання точки через відстань і кут від попередньої точки можна використовувати полярні координати. Формат у цьому випадку – "@відстань<кут". Наприклад, @4.625<30.5 визначає точку, що знаходиться на відстані в 4.625 одиниці від останньої заданої точки під кутом 30.5° до осі X.

Кути

Кути в системі ACAD звичайно задають у десяткових градусах. Можна додатково використовувати або гради, або радіани, або градуси, хвилини, секунди, або топографічні одиниці (див. підрозд. "Команда UNITS").

Коли ж кут використовується для указання орієнтації (азимуту), застосовується таке положення: кути зростають у напрямку проти годинникової стрілки, а нуль градусів – це місце точно справа (на схід) від точки початку відліку. Нульовий напрям і напрямок відліку кутів можна змінити командою UNITS.

Можна ввести кут у чисельному вигляді з клавіатури. Введення завершуйте натисканням клавіші пробілу або ENTER. Допускається використання знака "<", наприклад, введення числа "45" або "<45" означає введення кута 45° .

6.4. Команди настроювання креслення

Команда LIMITS

За допомогою команди LIMITS можна встановлювати межі поточного креслення й контролювати дотримання цих меж.

Крім можливої зміни покритої сіткою частини екрана, команда LIMITS більше ніяк не впливає на поточне зображення на екрані дисплея. Формат команди такий:

```
Command :LIMITS
```

```
On /Off/ <lower left corner> <current value>:
```

```
//Команда :LIMITS
```

```
Ввімк/Вимк/<нижній лівий кут> <поточне значення>://
```

Існує кілька варіантів відповіді на цей запит:

- On – цей варіант активізує контроль дотримання меж, зберігаючи поточні значення самих меж. Доки такий контроль діє, доти спроби ввести точки, що виходять за межі креслення, відкидаються (хоча графічний примітив, наприклад коло, може починатися всередині таких меж, але виходити за них). Контроль дотримання меж є просто засобом, що допомагає уникнути креслення "за аркушем паперу".

- Off – при такій відповіді контроль дотримання меж не активізується, але самі значення меж запам'ятовуються на випадок наступної активізації контролю.

- Point – така відповідь задає нове значення для нижньої лівої межі креслення; за цим з'являється запит на задання верхньої правої межі:

```
Upper right corner <current value>:
```

```
//Верхній правий кут <поточне значення>://
```

- RETURN – така відповідь залишає незмінним значення нижньої лівої межі, після цього видається запит на введення нового значення для верхньої правої межі, як показано вище. Видача RETURN у відповідь і на цей запит залишає для верхньої правої межі її поточне значення.

Команда UNITS – керування форматом подання даних

Усі приклади координат, відстаней і кутів у даному посібнику наведено з використанням звичайної десяткової системи. Проте у ряді дисциплін переважними є інші форми запису. Точність відображуваних на екрані дисплея значень може бути також предметом індивідуальної переваги того або іншого користувача. У системі ACAD передбачено можливість визначення "одиниць". На початку роботи над новим кресленням прийняті за замовчуванням формат його зображення на екрані та точність визначаються прототипом креслення. Для вибору необхідних формату й точності можна скористатись командою UNITS, і тоді в процесі роботи над кресленням ці значення можна змінювати так часто, як буде потрібно.

Команда UNITS видається таким чином:

```
Command :UNITS
```

На екран виводиться меню:

System of units	Система одиниць
1. Scientific	1. Експоненціальна (наукова)
2. Decimal	2. Десяткова
3. Engineering	3. Технічна
4. Architectural	4. Архітектурна

Enter choice, 1 to 4 <default>: Введіть вибір від 1 до 4 <>://

Виберіть той формат координат, що для вас є переважним. За замовчуванням береться формат, що діє на даний момент. Можна залишити цей формат, просто натиснувши клавішу RETURN. Щоб проілюструвати різні вихідні формати, покажемо, як відстань у 15.5 одиниці відображається на екрані дисплея в кожному форматі:

- 1) експоненціальний: 1.55E+01;
- 2) десятковий: 15.50;
- 3) технічний: 1'-3.50";
- 4) архітектурний: 1'-3 1/2".

Зазначимо, що у випадках технічного й архітектурного форматів значення відображаються на екрані дисплея у футах і дюймах; у цих форматах припускається, що кожна одиниця креслення являє собою один дюйм.

Після того, як вибрано формат, система ACAD запитує точність. Запит системи залежить від того, який формат відображення на екрані був вибраний. Для форматів 1, 2 і 3 запит має такий вигляд:

```
Number of digits to right of decimal point (0 to 8)<default>:  
//Кількість цифр праворуч від десяткової точки (від 1 до 8)  
<за замовчуванням>://
```

У відповідь можна ввести необхідну кількість або натиснути клавішу RETURN для використання взятого за замовчуванням значення. Для формату 4 (архітектурного) запит має вигляд:

```
Denominator of smallest fraction to display  
(1,2,4,8,16,32, or 64) <default>:  
//Знаменник найменшого відображуваного на екрані дроби  
(1,2,4,8,16,32 або 64) <за замовчуванням> ://
```

У відповідь можна ввести необхідне значення або натиснути клавішу RETURN для використання взятого за замовчуванням значення.

Вибір формату кутових величин

Після того як вибрано формат, точність для координат і відстаней, команда UNITS переходить до кутів і видає таке меню:

System of angle measurement:	// Система вимірювання кутів
1. Decimal degrees	1. Десяткові градуси
2. Degrees/minutes/seconds	2. Градуси/хвилини/секунди
3. Grads	3. Гради
4. Radians	4. Радіани
5. Surveyor's units	5. Топографічні одиниці

Enter choice 1 to 5 <defaults>: Введіть вибір від 1 до 5 <>://

Тут можна вибрати необхідний формат вимірювання кутів. За замовчуванням береться формат, що діє на даний момент. Його можна залишити, натиснувши клавішу RETURN.

Оскільки в більшості випадків текстові дисплеї не виводять спеціальні символи для різних кутових мір, у системі ACAD використовуються такі погодження: десяткові градуси відображаються на екрані дисплея як десяткові числа без жодних добавлень, до градусів праворуч добавляється мала літера "g", а до радіанів – мала літера "r". Градуси, хвилини, секунди відображаються в такому вигляді:

123d45'56.1",

де d – градуси, ' – хвилини, " – секунди.

Наприклад, кутова одиниця в 42.5 градуса відображається в різних форматах так:

- 1) десяткові градуси – 42.5;
- 2) градуси/хвилини/секунди – 42d30'0.00";
- 3) гради – 47.2222g;
- 4) радіани – 0.7418r;
- 5) топографічні одиниці – N 47d30'0" E.

Незалежно від того, який кутовий формат був заданий, система дасть можливість вибрати точність, з якою кути мають бути відображені на екрані дисплея. При цьому система видає такий запит:

Number of fractional places for display of angle (0 to 8) <default>:
//Кількість дробових знаків для відображення кута (від 0 до 8)
<за замовчуванням>: //

У відповідь можна вибрати від 0 до 8 десяткових знаків. Якщо задано як кутовий формат градуси, хвилини і секунди, то їхні значення виводяться на екран у вигляді, наведеному в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Кількість десяткових знаків	Відображення	Приклад
0	Тільки градуси	159d
1-2	Градуси і хвилини	159d10'
3-4	Градуси / хвилини / секунди	159d10'12"
5-8	З частками секунди	59d10'12.36"
1-4	Десяткового розряду	59d10'12.36"

Рівні

Об'єкти можна розміщати на одному або декількох рівнях креслення. Рівні можна уявити собі у вигляді прозорих плівок із зображеннями. Використовуючи поняття рівня, можна легко створювати групи зв'язаних компонентів креслення. До рівня (або до множини рівнів) можна віднести об'єкти,

об'єкти, зв'язані конкретними аспектами креслення; можна здійснювати глобальне керування видимістю, кольором і типом ліній цих об'єктів.

Ті самі поняття меж креслення, системи координат і масштабного коефіцієнта застосовні до всіх рівнів креслення. Існує повна взаємна відповідність рівнів: точка, зазначена на одному рівні, точно відповідає такій же точці будь-якого іншого рівня.

Не існує жодних обмежень ні на кількість рівнів креслення, ні на кількість об'єктів на даному рівні. Кожному рівню може бути присвоєне яке-небудь ім'я, і для виведення на екран можна вибрати будь-яку комбінацію рівнів. За бажанням можна вивести всі рівні одночасно. Рівні і їхні властивості є частиною креслення, і відомості про них зберігаються в базі даних.

Номер кольору і тип лінії присвоюються кожному рівню креслення й можуть бути застосовані до будь-якого об'єкта цього рівня.

Команда LAYER – створення рівнів

Команду LAYER можна використовувати для створення нових рівнів, вибору поточного рівня, встановлення номера кольору й типу лінії для вибраних рівнів, увімкнення або вимкнення рівнів і виведення списку рівнів, визначених у системі. Ці функції вибираються із списку опцій:

Command: LAYER

?/Make/Set/New/ON/OFF/Color/Ltype/Freeze/Thaw:(select one)

//Команда: _LAYER_

?/Установити/Вибрати/Новий/Ввімк/Вимк/Колір/Тип лінії/ Заморозити/Розморозити: (вибір опції)

Наступні запити системи залежать від того, яку з описуваних опцій було вибрано. Коли виконання опції завершено, її запит повторюється, що дозволяє виконати кілька операцій, перш ніж вийти з команди LAYER. Якщо потрібно вийти з команди, необхідно видати порожню відповідь на запит. Якщо в процесі виконання вибраної опції виникає необхідність у зміні зображення, то операція регенерації (або відтворення) виконується автоматично при виході з команди LAYER. (Нагадаємо, що регенерація виконується автоматично тільки при активізованому режимі REGNAUTO.)

Більшість опцій команди LAYER запитують список імен рівнів, наприклад:

Layer name(s) <default>:

//Ім'я (імена) рівнів <за замовчуванням>://

Команда COLOR – встановлення кольору об'єкта

Команда COLOR встановлює поточний колір для новостворюваних об'єктів. Кольором об'єктів можна керувати або індивідуально, або із застосуванням кольору рівня. Формат команди:

Command: COLOR

New entity color <current>:

//Команда: COLOR

Новий колір об'єкта <поточний>://

Можна ввести номер кольору в діапазоні від 1 до 255 або ім'я стандартного кольору, наприклад "Red"//червоний//. Усі новостворювані об'єкти будуть викреслюватись цим кольором незалежно від кольору поточного рівня доти, доки не буде змінено колір наступною командою COLOR.

Можна відповісти не тільки номером або ім'ям кольору, але й двома спеціальними відгуками. Якщо відповісти відгуком "BYLAYER", то новостворювані об'єкти успадковують колір свого рівня. Наприклад, якщо відповісти на запит команди COLOR відгуком "BYLAYER", а потім створити який-небудь об'єкт на рівні "XYZ", то об'єкт одержує колір, присвоєний за командою LAYER рівню "XYZ".

Другим спеціальним відгуком є "BYBLOCK". Об'єкти можуть накреслюватися, скажімо, білим кольором доти, доки вони не будуть сгруповані в блок. Після включення блока до креслення об'єкти будуть успадковувати колір блока.

Початкове значення номера кольору визначається прототипом креслення, якщо використовується стандартний прототип системи ACAD.

Команда LINETYPE – установлення типу ліній

Команда LINETYPE дозволяє задавати різні типи ліній для новостворюваних об'єктів. Ця команда використовується також для завантаження визначень типів ліній з бібліотечного файлу й створення нових визначень з наступним записом у бібліотечний файл.

Для того щоб розібратися у використанні типів ліній, розглянемо кілька основних понять:

1. Хоча кожному з об'єктів креслення відповідає який-небудь тип лінії, фактично тип лінії має значення тільки для таких об'єктів, як лінії, дуги, кола й ламані лінії. Всі інші об'єкти завжди викреслюються суцільними лініями.

2. Визначення типу лінії повинно існувати в бібліотечному файлі до завантаження типу лінії в креслення.

3. Тип лінії має бути завантажений з бібліотечного файлу (якщо тип лінії знаходиться в стандартному бібліотечному файлі "acad.lin", то опція "LAYER Ltype" завантажує його автоматично).

4. При завантажуванні типу лінії визначення типу копіюється у дане креслення; з цієї причини немає необхідності підтримувати надалі доступ до файлу, з якого здійснювалося завантаження.

5. При перестворюванні та перезавантажуванні типу лінії з використанням команди LINETYPE, коли цей тип лінії присвоюється рівням креслення як поточний, здійснюється автоматична регенерація.

Формат команди LINETYPE:

Command: LINETYPE

?/Create/Load/Set:

//Команда: LINETYPE

?/Формування/Завантаження/Установка: //

Запит повторюється після виконання кожної опції. Для виходу з команди необхідно видати нульовий відгук або натиснути CTRL^C.

Команда LTSCALE

Специфікації штрихів у визначенні типу лінії формуються в термінах одиниць креслення. Оскільки одиницями виміру в одних кресленнях є дюйми, а в інших – кілометри (або похідні одиниці), пропонується метод узгодження типів ліній з масштабом креслення.

Для кожного креслення формується глобальний масштабний коефіцієнт типу лінії, який за замовчуванням дорівнює 1.0. Цей коефіцієнт можна змінити, використавши команду LTSCALE:

Command: LTSCALE

New scale factor <default>:

Потрібно відповісти чисельним значенням коефіцієнта, більшим за нуль. Поточне значення вибирається за замовчуванням при натисканні клавіші пробілу або RETURN. При зміні масштабного коефіцієнта типу лінії виконується регенерація креслення з новими значеннями довжин штрихів незалежно від того, ввімкнений режим REGNAUTO чи ні.


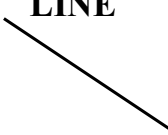
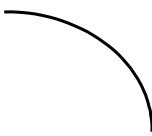
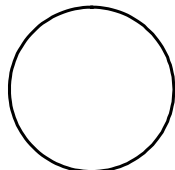
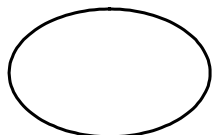
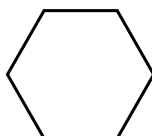

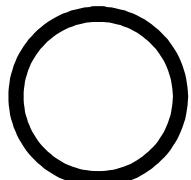


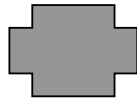

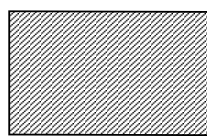
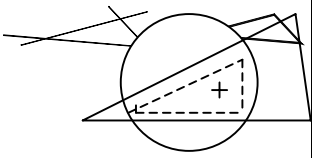
Вихід з редактора креслень

Кожний раз при створюванні нового креслення або редагуванні раніше створеного користуються редактором креслень системи ACAD. Закінчивши редагування креслення, необхідно вийти з редактора креслень і повернутися в головне меню – цим гарантується збереження на диску внесених змін.

6.5. Графічні примітиви системи ACAD

У даному підрозділі розглянемо графічні примітиви системи ACAD, що застосовуються в основному для створення плоских зображень, хоча деякі з них використовуються для побудови відсіків поверхонь і твердих тіл. У табл. 6.2 наведено команди побудови основних графічних примітивів.

Таблиця 6.2

POINT  Точка	LINE  Лінія	ARC  Дуга	CIRCLE  Коло
ELLIPSE  Еліпс	POLYGON  Багатокутник	PLINE  Полілінія	DONUT  Кільце
TRACE  Траса	SOLID  Фігура	REGION  Область	SKETCH  Ескіз
HATCH  Штриховка	STYLE TEXT DTEXT НАДПИСЬ Текст	BOUNDARY  Контур	

Далі розглянемо деякі особливості застосування окремих команд. У наведених прикладах містяться сценарії команд ACAD і результати їхнього виконання. У лістингах сценаріїв клавіша <ENTER> позначена символом <CR>. Крім того, у відповідь на запит про введення координат точок вводяться їхні умовні позначення (P1, P2 тощо).

Точка

Для розміщення точки на кресленні вводиться команда POINT, після чого запитуються координати, що визначають розташування точки:

Command: POINT Point: 125,50 <CR>

(Команда POINT точка 125,50 <CR>)

Системна змінна PDMODE керує виглядом зображення точки (маркера), а змінна PDSIZE – розміром маркера.

На рис. 6.3 зображено маркери з відповідними значеннями змінної PDMODE.

Змінна PDSIZE визначає величину маркера (рис. 6.4). Якщо значення PDSIZE додатне, то воно визначає абсолютні розміри маркера, якщо – від’ємне, то воно інтерпретується як відсоток від розміру екрана і змінює величину маркера таким чином, щоб його зображення не залежало від масштабу креслення.

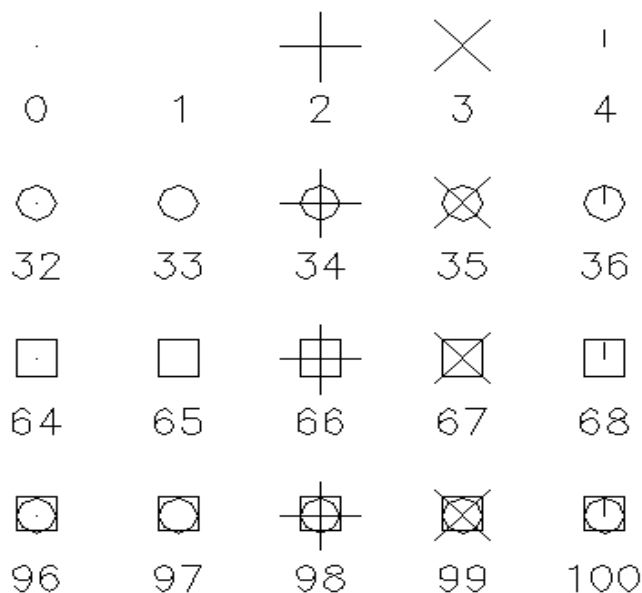


Рис. 6.3

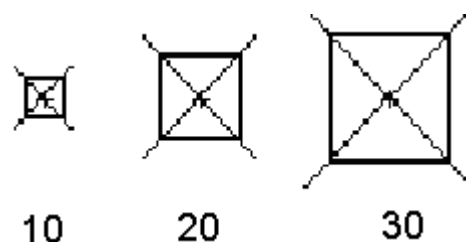


Рис. 6.4

Команда SETVAR призначена для присвоювання зазначеним системним змінним відповідних значень:

Command: setvar <CR>
Variable name or ? <PDSIZE>: <CR>

Ім'я змінної або ? < за замовчуванням ім'я змінної, викликаної при попередньому звертанні до команди SETVAR>:

Далі слід ввести ім'я змінної та її значення. У випадку введення знака запитання (?) на текстовий екран виводиться список усіх системних змінних та їх значень. Приклад виклику команди SETVAR:

Command: SETVAR
Variable name or ? <PDSIZE>: PDMODE
New value for PDMODE <67>: 32 <CR>

Лінія, промінь, відрізок

Команда LINE (ВІДРІЗОК) будує відрізок за координатами його початку і кінця. Запити:

From point: – початок відрізка;
Від точки:
To point: – кінець відрізка.

Далі циклічний запит "To point" ("До точки") означає кінець наступного відрізка, при цьому за його початок береться кінець попереднього відрізка (рис. 6.5). При переміщенні до кожної наступної точки за перехрестям тягнеться "гумова нитка". Це дозволяє відслідковувати розташування кожного

кожного наступного відрізка ламаної лінії. При цьому кожний відрізок ламаної лінії є окремим примітивом. Цикл закінчується після натиснення клавіші <ENTER> у відповідь на запит "To point" ("До точки"). Замість клавіші <ENTER> можна використовувати праву клавішу "миші" (ПМК).

Ключі:

Close (Замкни) – замкнути ламану лінію;

Undo (Скасууй) – скасувати останній нарисований відрізок.

Команда LINE дозволяє будувати суцільну ламану лінію. Натиснення клавіші ENTER у відповідь на запит "To point" приводить до з'єднання початку відрізка з кінцем попереднього відрізка або дуги. Якщо попереднім об'єктом був відрізок, то далі видається звичайна серія запитів "To point" ("До точки"), якщо – дуга, то її кінець визначає не тільки початкову точку нового відрізка, але і його напрямок. При цьому ACAD видає запит

Length of line

довжина відрізка (Значення),

а потім звичайну послідовність запитів:

To point:

(До точки)

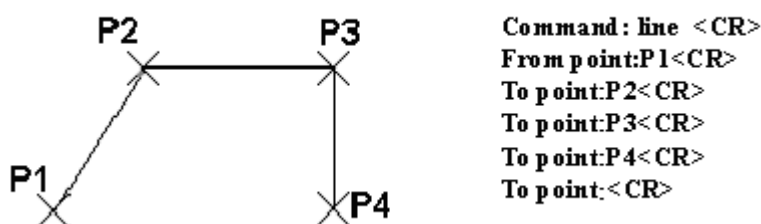


Рис. 6.5

Дуга

Команда ARC (ДУГА).

Ключі:

- Center – центр;
- Start point – початкова точка;
- End point – кінцева точка;
- Angle – кут;
- Length of chord – довжина хорди;
- Radius – радіус;
- Direction – напрямок.

Звичайно дуга будується у напрямку проти годинникової стрілки від початкової точки, але якщо задано від'ємний кут, дуга будується за годинниковою стрілкою.

Коло

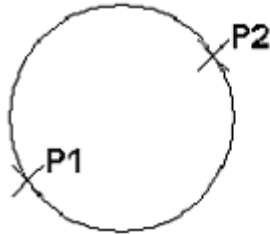
Графічний примітив у системі ACAD – Circle.

Команда:

CIRCLE (Коло) 3P/2P/TTR/TTTI/ <Center point>: Diameter/ <Radius>:

Ключі:

– 2P (2T) – будує коло за двома точками на діаметрі (рис. 6.6);



Command: CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center point>:
2P<CR>
First point on diameter: P1<CR>
Second point on diameter: DRAG P2<CR>

Рис. 6.6

– 3P (3T) – будує коло за трьома точками, що лежать на колі;

– TTR (KKP) – будує коло за двома дотичними і радіусом;

– TTT – будує коло за трьома дотичними;

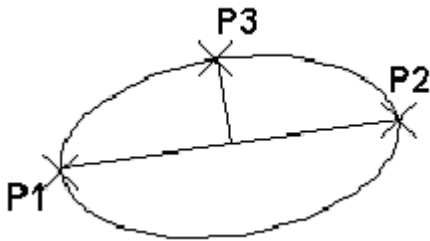
– Center point (Центр) – точка центра;

– Diameter (Діаметр) – діаметр кола.

Побудувати коло можна також з використанням команд *Arc*, *Ellipse*, *Donut*.

Еліпс

За замовчуванням еліпс будується за двома точками головної осі та довжиною другої півосі (рис. 6.7).



Command: ELLIPSE<CR>
<Axis endpoint 1>/Center:P1<CR>
Axis endpoint 2:P2<CR>
<Other axis distance>/Rotation:P3<CR>

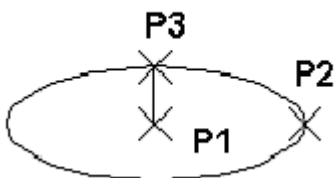
Рис. 6.7

У режимі ізометричної прив'язки SNAP Style Iso (КРОК Стиль Ізо) автоматично будується проекція кола на поточну площину ізометрії (рис. 6.8).

Ключі:

– Center (Центр) – центр еліпса;

– Rotation (Поворот) – кут повороту площини кола навколо головної осі.



Command: ELLIPSE<CR>
<Axis endpoint 1>/Center: C<CR>
Center of ellipse:P1<CR>
Axis endpoint:P2<CR>
<Other axis distance>/Rotation:P3<CR>

Рис. 6.8

Багатокутник

За командою POLYGON будується правильний багатокутник з кількістю сторін від 3 до 1024 як замкнена полілінія.

Ключі:

- Edge (Сторона) – задання однієї сторони багатокутника;
- Circumscribed (Описаний) – описаний багатокутник;
- Inscribed (Вписаний) – вписаний багатокутник.

Структура запитів команди POLYGON:

Number of sides: <кількість сторін>

Кількість сторін

Edge/<Center of polygon>: P1

Сторона/<Центр багатокутника >:

(Рис. 6.9)

Inscribed on circle/Circumscribed about circle (I/C): I
Вписаний у коло/Описаний навколо кола:

I (Вписан.) – вписаний у коло

C (Описан.) – описаний навколо кола

Radius of circle: P2

Радіус кола:

(Рис. 6.10)

E (edge)

First endpoint of edge: P3

Початкова точка сторони:

Second endpoint of edge: P4

Кінцева точка сторони

Якщо для вписаного багатокутника радіус описаного кола задається шляхом указання точки, то в задану точку буде поміщена одна з його вершин і тим самим буде визначена не тільки довжина сторони, але й орієнтація усієї фігури (рис. 6.9). Для описаного багатокутника в зазначеній точці буде розміщена середина його сторони. Якщо вводиться значення радіуса, то "нижня" сторона багатокутника вирівнюється за сіткою крокової прив'язки. Звичайно це горизонтальний напрямок, хоча його можна змінити командою SNAP R (КРОК П). При побудові описаного багатокутника визначається перша сторона, а інші будуються в напрямку проти годинникової стрілки (рис. 6.10).

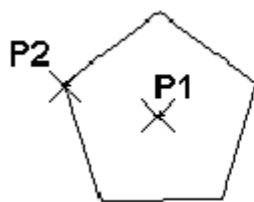


Рис. 6.9

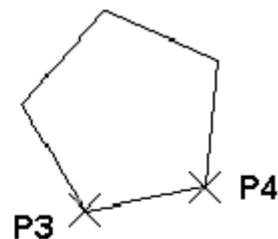


Рис. 6.10

Полілінія

Графічний примітив *полілінія* – послідовність прямолінійних і дугових сегментів з можливим указанням ширини. Ламані використовуються для креслення ліній заданої ширини звужуваних, а також кривих і дуг за точками. Полілінія обробляється системою як графічний примітив:

Command: PLINE

Команда PLINE (*ПЛИНИЯ*)

Запит:

From point: – початкова точка полілінії.

Від точки:

Повідомлення:

Current line-width is 00.000

Поточна ширина полілінії дорівнює 00.000

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line>:

Ключі для зміни ширини полілінії:

- *Half width (Напівширина)* – дозволяє задати напівширину – відстань від осевої лінії широкого сегмента до краю;
- *Width (Ширина)* – дозволяє задати ширину наступного сегмента. АСAD запитує початкову й кінцеву ширини. Введені значення початкової ширини автоматично пропонується за замовчуванням як значення кінцевої ширини. Початкова й кінцева точки широких лінійних сегментів лежать на осі полілінії. Кутіві стики широких суміжних сегментів полілінії звичайно підрізаються. Але це не робиться, якщо лінійні сегменти не є дотичними до суміжних дугових сегментів, а також при дуже гострих кутах сходження або при використанні штрихпунктирних ліній;
- *Undo (Скасуй)* – використовується для скасування останнього створеного сегмента.

Ключі в режимі створення прямолінійних сегментів (відрізків):

- *Arc (Дуга)* – перехід у режим дуг;
- *Close (Замкни)* – замкнути відрізком. Замикаючий відрізок істотно відрізняється від звичайного відрізка, проведеного від кінцевої точки до початкової. Вони по-різному обробляються при редагуванні, згладжуванні полілінії, а також при підрізуванні кутів стиків широких сегментів. Практично завжди віддають перевагу замикаючим відрізкам;
- *Length (Довжина)* – довжина сегмента як продовження попереднього в тому самому напрямку.

Ключі в режимі дуг:

- *Angle (Кут)* – центральний кут (за замовчуванням дуга накреслюється проти годинникової стрілки; якщо потрібно накреслити дугу за годинниковою стрілкою, необхідно задати від'ємне значення кута);
- *Center (Центр)* – центр дуги;
- *Close (Замкни)* – замкнути дугою;
- *Direction (Напрямок)* – напрямок (аналогічно ARC);
- *Line (Відрізок)* – перехід у режим відрізків;

- *Radius (Радіус)* – радіус дуги;
- *Second point (Друга)* – друга точка дуги за трьома точками.

Якщо дуга не є першим сегментом полілінії, то починається в кінцевій точці попереднього сегмента і за замовчуванням проводиться по дотичній до нього.

Зазначимо, що дугові сегменти полілінії можна задавати кожним із способів, наведених для команди ARC (Дуга). Крім того, їх можна побудувати, задавши радіус, центральний кут і напрямок хорди. Це єдиний випадок, коли дуга, запропонована за замовчуванням, не будується по дотичній.

Область

Область – це частина площини, обмежена деякою замкненою лінією або послідовністю зв'язаних ліній, що утворюють замкнену межу, яка не має самоперетинань, і лежать в одній площині. Межа може складатися з відрізків, поліліній, кіл, дуг, еліпсів, еліптичних дуг, сплайнів, 3D-поверхонь, трас і плоских фігур. Область можна штрихувати, тонувати, можна визначати такі її властивості, як площа, момент інерції. Команда BOUNDARY (Контур) створює область або контур з об'єктів, що перекриваються (див. табл. 6.2). При цьому використовується діалогове вікно Boundary Creation (Створення контуру). Для створення області в списку Object Type (Тип об'єкта), що розкривається, необхідно: вибрати Region (Область); вибрати Make New Boundary Set (Створення нового контуру); вибрати об'єкти, що беруть участь у створенні області, From Everything on Screen (З усіх об'єктів на екрані) або From Existing Boundary Set (З існуючого контура); вибрати Pick Points (Указання точок) і вказати точку (що називається внутрішньою точкою) усередині кожного об'єкта, який потрібно зробити областю.

Команда REGION (Область) створює область з існуючих об'єктів, що утворюють замкнену межу (рис. 6.11).

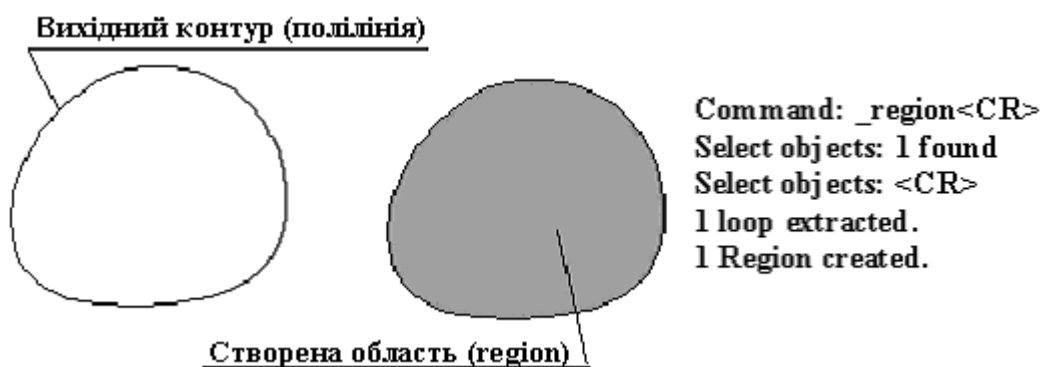


Рис. 6.11

До примітивів REGION можна застосувати операції об'єднання, віднімання та перетинання (рис. 6.12).

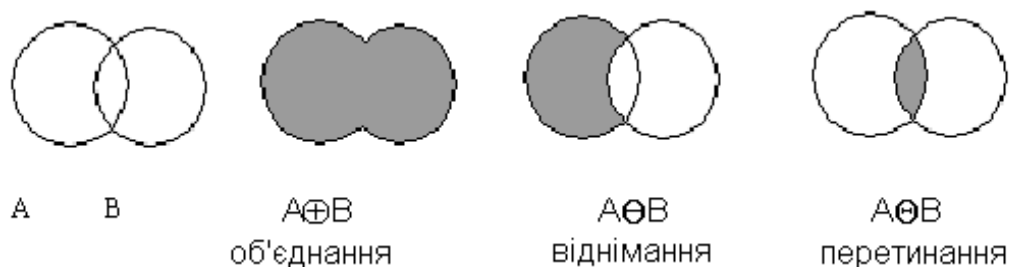


Рис. 6.12

Ескіз

Команда *SKETCH* (*ЕСКИЗ*) дозволяє створювати *ескізи* – *рисунок*, викона-ні "від руки" (рис. 6.13). Рисунок "від руки" є найкращим способом введення контурних карт, підписів та інших нестандартних графічних образів. Не слід використовувати ескіз, якщо можна застосувати стандартні засоби АСAD.

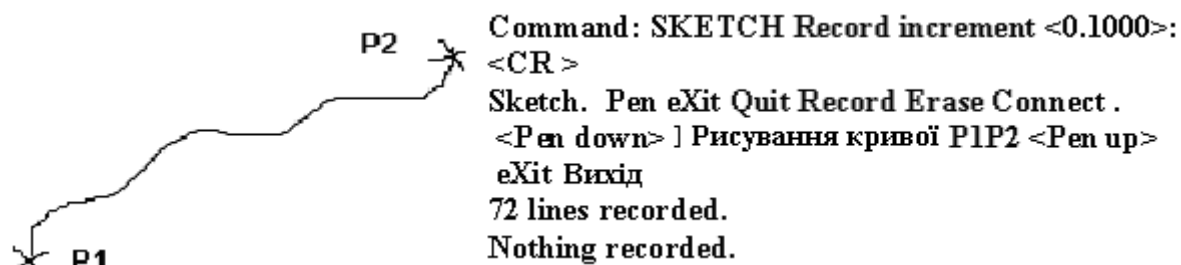


Рис. 6.13

Ескіз сприймається у вигляді послідовності суміжних відрізків, які можуть бути відредаговані перед записом у базу даних рисунка. Набір можливих операцій редагування на цьому етапі обмежений, але після запису в базу над ескізом можна виконувати будь-які операції АСAD.

Текст

У системі АСAD до графічних примітивів належить також написання тексту, яке здійснюється командами *Text*, *DText*.

У АСAD можна задавати різні стилі тексту за допомогою команди *STYLE* (*Стиль*), яка виводить діалогове вікно *Text Style* (Текстові стилі). Команду можна викликати з екранного меню *FORMAT* (*Формат*) або пункту *Text Style...* (*Текстові стилі...*) випадаючого меню *Format* (*Формат*).

Різні стилі тексту можна задавати з командного рядка, якщо ввести ко-манду *STYLE*. При цьому видаються запити, що відповідають перемикачам у діалоговому вікні:

Text style name (or?) <current>:

Ім'я текстового стилю (або?) <поточне значення>: ім'я створеного стилю тексту.

Ім'я поточного стилю тексту зберігається в системній змінній *TEXTSTYLE*:

Specify full font name or font filename <default>:

Укажіть повне ім'я шрифту або ім'я файлу <за замовчуванням>: – ім'я файлу шрифту, що береться за основу створення нового стилю.

Далі буде видаватися запит про висоту символів у командах *TEXT* (*ТЕКСТ*) і *DTEXT* (*ДТЕКСТ*):

Width factor <Default>:

Ступінь стиску-розтягання <за замовчуванням >: – масштабний коефіцієнт:

Obliging angle <default >:

Кут нахилу <за замовчуванням >: – нахил тексту відносно нормалі; додатного вправо (за годинниковою стрілкою), від'ємного вліво (проти годинникової стрілки);

Backwards? <Y/N>:

Справа наліво? <Д/Н>: – задання тексту в зворотному порядку;

Upside – down?<Y/N>:

Перевернений? <Д/Н>; – задання переверненого тексту;

Vertical? <Y/N>:

Вертикальний? <Д/Н>: – задання написання літер одна над одною.

Подальший діалог із системою залежить від орієнтації стилю тексту. При горизонтальній і вертикальній орієнтаціях стилю тексту видаються, відповідно, запити:

Align/Fit/Center/Middle/Right/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR:

ВПисаний/ За шириною/ Центр / СЕредина /ВПраво/ВЛ/ОЦ /ВП/СЛ/СЦ/СП/НЛ/ НЦ/НП:

Align/Center/Middle/Right:

ВПисаний/Центр/СЕредина/ВПраво;

Ключі:

– *Align* (*ВПисаний*) – призначений для задання початкової та кінцевої точок тексту; висота і ширина кожного символу автоматично обчислюються системою АСАД так, щоб текст точно вписувався в задану область;

– *Fit* (*За шириною*) – призначений для виведення рядка заданої висоти, вписаного між двома точками;

– *Center* (*Центр*) – дозволяє центрувати базову лінію відносно заданої точки;

– *Middle* (*Середина*) – забезпечує горизонтальне і вертикальне центрування тексту відносно заданої точки. Різниця між даним ключем і ключем *MC* (*СЦ*) полягає в тому, що використовується не середня точка між верхньою і базовою лініями, а середина уявлюваної рамки, в яку взято рядок тексту. Таким чином, відмінність визначається наявністю символів, що доходять до нижньої та верхньої ліній;

– *Right* (*Вправо*) – забезпечує виведення тексту, вирівняного по правому краю.

Штрихування і нанесення візерунка

За командою *HATCH* генеруються і добавляються до креслення графічні об'єкти типу "лінія", що створюються на основі вибраного візерунка.

Команда *HATCH* спочатку видає запит:

Pattern (? or name/U,style):

Зразок або [?/ім'я/Створення зразка, режим]:

який містить такі ключі:

- *Name: (ім'я)* – дозволяє задати зразок штриховки, описаний задалегідь. Звичайно кожна команда *HATCH* формує блок, що містить усі штрихові лінії. Щоб відмовитися від цього, необхідно перед ім'ям задати зірочку (*). Після задання імені зразка видаються два додаткових запити:

Scale for pattern <default>:

Масштаб штриховки < за замовчуванням >: – масштаб шаблону;

Angle for pattern <default>:

Нахил штриховки <за замовчуванням>: – кут нахилу шаблону:

- ? – служить для виведення списку зразків штриховки;
- *U (User defined)* (Створення зразка) – призначений для безпосереднього визначення типу штриховки. Додаткові запити для цього режиму:

Angle for cross hatch lines <default>:

Кут нахилу штриховки <за замовчуванням>: – кут нахилу лінії штриховки;

Spacing between lines <default>:

Крок штриховки <за замовчуванням>: – відстань між лініями штриховки;

Double hatch area? <default>:

Штрихувати хрест-навхрест? <за замовчуванням>: – подвійне штрихування?

Після того, як задано тип штриховки, *ACAD* видає запит:

Select objects:

Штрихування виконується всередині області, обмеженої лінією, дугою, колом або ламаною лінією. При цьому необхідно визначити межі цієї області, використовуючи звичайний механізм вибору об'єктів; допускається використання опцій "Window" і "Last".

Режим *Style* дозволяє використовувати різні способи штрихування замкненої області.

Ключі:

– *Normal style* – звичайний тип штрихування;

– *Outermost style* – зовнішній тип штрихування;

– *Ignore style* – ігноруючий тип штрихування.

Штрихування замкненої області може виконуватися і за наявності всередині цієї області інших об'єктів (рис. 6.14). Слід розуміти, що система може одержати інформацію про ці об'єкти тільки через механізм вибору; використання вікна гарантує повноту інформації про внутрішню структуру області.

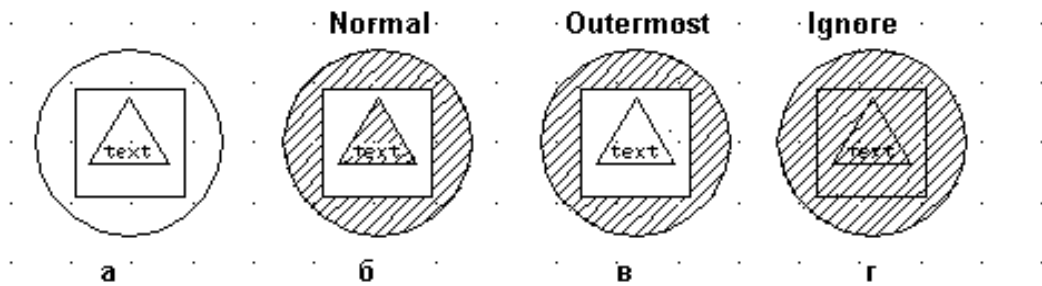


Рис. 6.14

Прив'язка координат

Механізм об'єктної прив'язки активізується кожний раз, коли ACAD запитує точку. До екранного перехрестя в цьому випадку додається спеціальний прямокутник-мішень. У межах цього прямокутника відбувається пошук можливих елементів об'єктної прив'язки.

Запит команди *OSNAP* (Прив'язки):

Object snap modes:

Режими об'єктної прив'язки:

Можливі такі режими (ключі):

- *NEArest* (*Найближча*) – прив'язка до точки на лінії, дузі або колі, яка є найближчою до позиції перехрестя;
- *ENDpoint* (*Кінточка*) – прив'язка до найближчої кінцевої точки лінії або дуги;
- *MiDpoint* (*Середина*) – середня точка лінії або дуги;
- *CENter* (*Центр*) – центр кола або дуги (необхідно вказувати на лінію, дугу або коло, а не на їхній центр);
- *NODe* (*Вузел*) – прив'язка до точкового елемента;
- *QUAdrant* (*Квадрант*) – прив'язка до найближчої точки квадранта на дузі або колі (0, 90, 180, 270°, на дузі тільки видимі частини);
- *INtersection* (*Перетин*) – перетинання двох ліній;
- *INSert* (*Вставка*) – прив'язка до точки вставки тексту, атрибута, форми, визначення атрибута або блока.

Наступні два режими враховують попередню точку:

- *PERpendicular* (*Нормаль*) – прив'язка до точки на лінії, колі або дузі, при з'єднанні якої з останньою точкою утворюється нормаль до цього об'єкта;
- *TANgent* (*Дотична*) – прив'язка до точки на колі або дузі, при з'єднанні якої з останньою точкою утворюється дотична.

Команда *NONe* (*Нічого*) здійснює скасування об'єктної прив'язки. Для скасування режиму об'єктної прив'язки на запит команди можна відповісти *OFF* (*Вимк.*) або натиснути клавішу *<ENTER>*.

Усі режими об'єктної прив'язки можуть бути використані в будь-якій комбінації. Пріоритет дії прив'язки відповідає порядку перелічення режимів

(наприклад, *END (КИН)*, *CEN (ЦЕН)*) – спочатку шукається кінцева точка дуги або лінії, а потім центр кола.

QUICK (ШВИДКИЙ) – швидкий метод вибору об'єкта прив'язки. Звичайно в режимі об'єктної прив'язки здійснюється перегляд усіх об'єктів, що влучили в мішень. При використанні швидкого методу перегляд припиняється, якщо знайдено один об'єкт, що дозволяє побудувати точку. Якщо був заданий режим *INTersection*, пошук ведеться до кінця незалежно від того, був увімкнений режим *QUICK* чи ні.

Поточні режими об'єктної прив'язки можна задати через діалогове вікно поточних режимів об'єктної прив'язки за допомогою команди *DDOSNAP (ДИАЛПРИВ)*. Це діалогове вікно дозволяє задавати розмір прицілу графічного курсора.

При виборі об'єктів поточні режими об'єктної прив'язки ігноруються.

Режим об'єктної прив'язки для однієї точки задається введенням з клавіатури його імені або вибором в екранному меню рядка "* * * *". У цьому випадку об'єктна прив'язка діє тільки під час вибору чергової точки.

6.6. Команди редагування

У графічній системі ACAD передбачено команди, які можна використовувати для редагування або модифікації креслень. З їхньою допомогою можна виконувати такі дії:

- вилучати створювані об'єкти;
- відновлювати об'єкти, вилучені помилково;
- змінювати на протилежний результат дії більшості команд, які були використані при створенні й редагуванні креслень;
- переміщати об'єкти;
- створювати за один раз множину копій існуючих об'єктів, в тому числі масив копій у вигляді прямокутної або кругової матриці;
- змінювати властивості існуючих об'єктів (рівень, колір, тип лінії);
- виконувати зняття фасок;
- створювати дзеркальні відображення існуючих об'єктів;
- виконувати різні операції редагування ламаних кривих ліній;
- повертати існуючі об'єкти;
- збільшувати і зменшувати розміри існуючих об'єктів;
- підрізати об'єкти або подовжувати їх з метою точного сполучення з іншими об'єктами;
- переміщати фрагменти креслення, розтягуючи зв'язані з ними об'єкти;
- поділяти об'єкти на рівні частини маркерами;
- викреслювати лінії, паралельні створеним, або криві, подібні до існуючих кривих;
- розбивати блок ламаних ліній на складові частини.

Існують також деякі довідкові команди, за допомогою яких можна:

- одержувати списки записів бази даних стосовно виділених об'єктів;
- підраховувати відстані, площі та периметри;

– зводити точки на екрані до абсолютних координат (і навпаки).

Багато які з розглянутих тут команд видають запит про виділення групи об'єктів, над якими потрібно виконувати ті чи інші дії. Наприклад, команда ERASE запитує, які об'єкти потрібно вилучити з креслення. За бажанням можна видати команду SELECT для попереднього виділення об'єктів, з якими далі будете працювати. Виникає простий діалог:

```
Command: SELECT  
Select objects:  
Select objects: RETURN  
//Команда: ВИБІР  
Вибрати об'єкти:  
Вибрати об'єкти: RETURN
```

Команда ERASE

Команда ERASE дає можливість указувати на ті графічні примітиви, які потрібно вилучити з креслення. Команда має такий формат:

```
Command: ERASE  
Select objects:  
//Команда: ERASE
```

Зручним засобом є опція "ERASE Last" команди ERASE. Її можна використовувати для витирання об'єкта, що був побудований останнім. Можна використовувати цю опцію кілька разів підряд для зворотного просування по кресленню з витиранням щоразу останнього на даний момент об'єкта.

Команда MOVE

За допомогою команди MOVE можна здійснювати переміщення одного або більше об'єктів з їхнього поточного місця на кресленні в інше без зміни орієнтації та розмірів (рис. 6.15). Після визначення множини об'єктів, що мають бути переміщені, система ACAD запитує вектор зсуву, що вказує, на яку відстань необхідно перемістити об'єкти і в якому напрямку. Це можна зробити шляхом указання двох точок (спочатку точки "звідки", а потім точки "куди") або просто ввести у відповідь на перший запит системи відстань X, Y, а на другий запит – RETURN. Указаний вектор стосується всіх вибраних об'єктів.

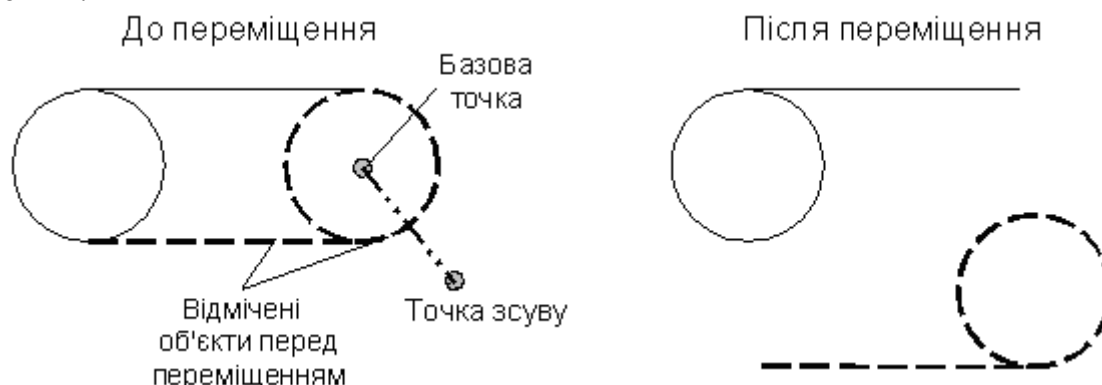


Рис. 6.15

Зазначимо, що задається відносний зсув. Якщо використовується спосіб двох точок, то перша точка не обов'язково має попасти на один з визначених об'єктів, хоча такий спосіб може допомогти у візуалізації зсуву. Команда має такий формат:

Command: MOVE

Select objects: (show what to move)

Base point or displacement: (1st point or x,y distance)

Second point of displacement: (2nd point or just RETURN

//Команда: MOVE

Вибрати об'єкти: (вибір переміщуваних об'єктів)

Базова точка або зсув: (перша точка або відстань x,y)

Друга точка зсуву: (друга точка або просто RETURN) //

Команда COPY

Для копіювання існуючих об'єктів використовується команда COPY. Дана команда подібна до описаної вище команди MOVE, але вона переміщає в указане місце копії, а оригінали залишаються на місці. Копії зберігають орієнтацію і масштабний коефіцієнт оригіналу. Можна зробити так, щоб команда COPY продовжувала запитувати точки зсуву, – це простий спосіб багатократного копіювання вибраних об'єктів. Кожна з отриманих копій зовсім незалежна від оригіналу, її можна редагувати, над нею можна виконувати різні операції, як над будь-яким іншим простим об'єктом (рис. 6.16).

Формат запиту:

Command: COPY

Select objects:

<Base point or displacement>/Multiple: (1st point or x,y distance)

Second point of displacement: (2nd point or just RETURN)

//Команда: COPY

Вибрати об'єкти:

<Базова точка або зсув>/Множина:

(перша точка або відстань x,y)

Друга точка зсуву: 1(друга точка або просто RETURN)//

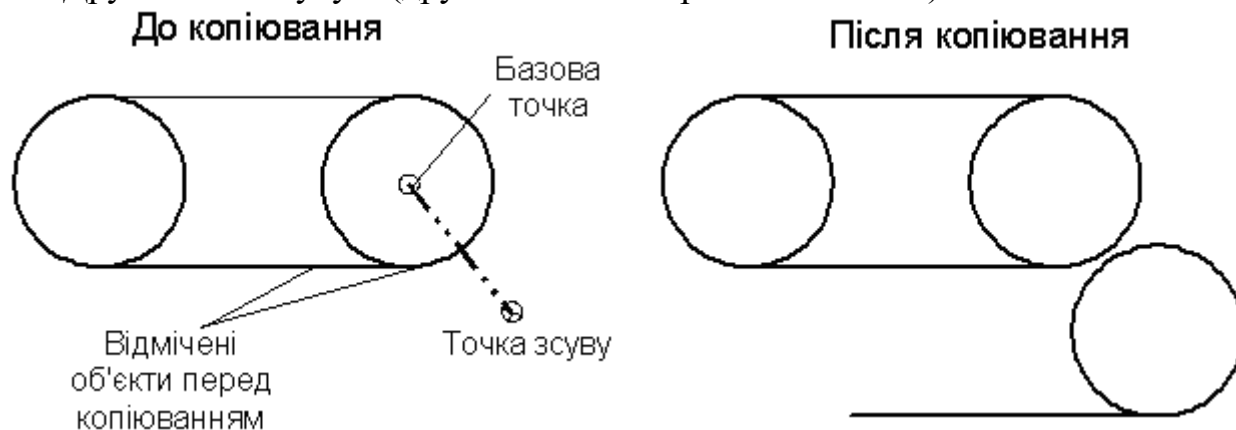


Рис. 6.16

Команда ROTATE

Команда ROTATE використовується для зміни орієнтації існуючого об'єкта шляхом його повороту відносно заданої базової точки:

Command: ROTATE

Select objects:

Base point: (point)

<Rotation angle>/Reference:

// Команда: ROTATE Вибрати об'єкти: (вибір)

Базова точка:

<Кут повороту>/Вихідний: //

Якщо у відповідь на останній запит задати який-небудь кут, система буде вважати, що вибрані об'єкти слід повернути на цей кут відносно заданої базової точки. При додатному значенні кута поворот здійснюється проти годинникової стрілки, а при від'ємному – за годинниковою стрілкою. Наприклад, для повороту вибраного об'єкта на 45° проти годинникової стрілки потрібно у відповідь на запит "<Rotation angle>/Reference:" ввести "45". Результат показано на рис. 6.17,а. Кут повороту можна "протягувати", так що є можливість необхідне значення кута вибрати візуально.

Базову точку можна вибрати у будь-якому місці креслення. Можна встановити кут, вказавши дві кінцеві точки лінії, яку треба повернути (рис. 6.17,б).

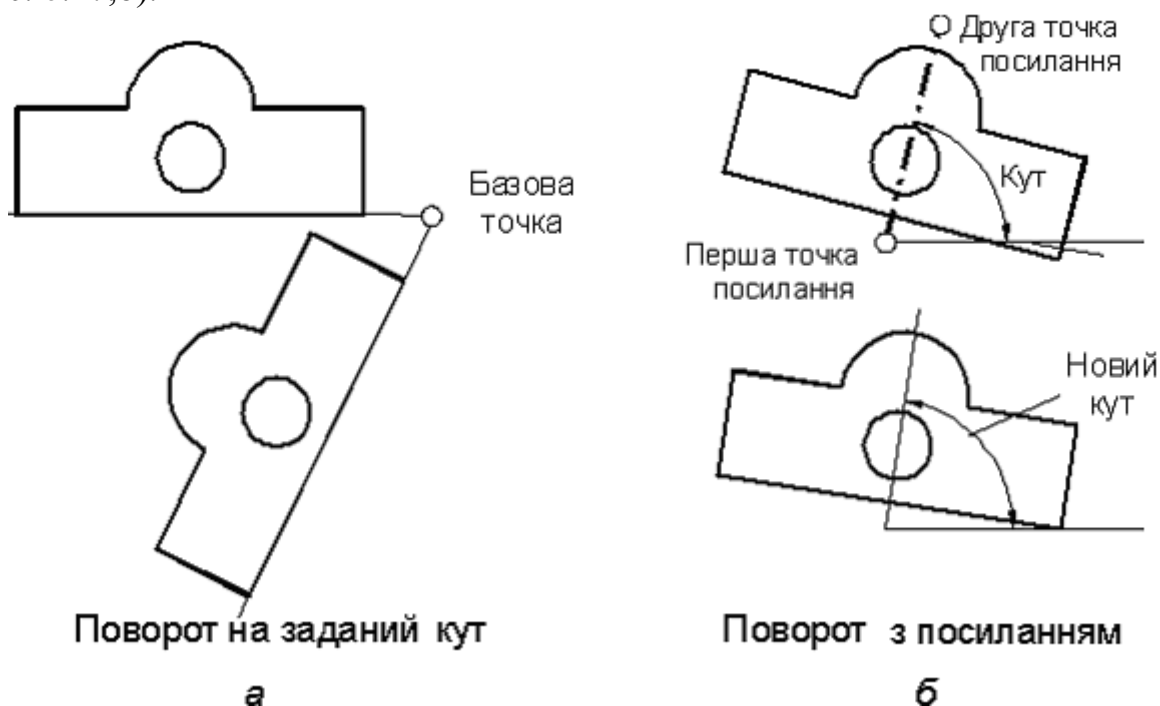


Рис. 6.17

Команда SCALE

Команда SCALE дозволяє змінювати розміри існуючих об'єктів. Об'єкти можна збільшувати або зменшувати; можливе "протягування". Масштабні коефіцієнти по осях X і Y однакові, так що за допомогою команди SCALE неможливо перетворити коло в еліпс. Формат команди:

Command: SCALE Select objects: (select)
Base point: (point) (B.P.)
<Scale factor>/Reference:
// Команда: SCALE Вибрати об'єкти: (вибір)
Базова точка: (точка)
< Масштабний коефіцієнт>/Вихідний: //

Якщо у відповідь на останню підказку ввести число, то воно сприймається як масштабний відносний коефіцієнт, на який будуть помножені всі розміри вибраних об'єктів. Для того щоб збільшити розміри об'єкта, необхідно ввести масштабний коефіцієнт, більший за одиницю. Для зменшення розмірів використовується масштабний коефіцієнт у межах від 0 до 1.

Базову точку можна вибрати в будь-якому місці креслення. Якщо який-небудь фрагмент вибраного об'єкта накладений на базову точку, то це накладення має бути збережене і після зміни розмірів об'єктів (рис. 6.18).

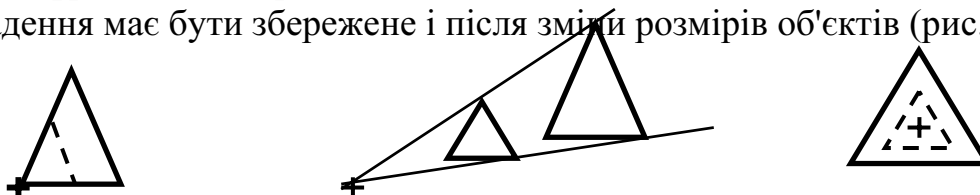


Рис. 6.18

Можна "показати" системі вихідну довжину (указанням двох крайніх точок лінії), а потім задати нову довжину або указанням точки, або "протягуванням".

Одним з особливо корисних додатків опції "Reference" команди SCALE є можливість перемасштабування креслення. У випадку, коли вибрані одиниці виміру більше не підходять, можна використати команду SCALE для вибору всіх об'єктів креслення (можливо, за допомогою вікна), потім за допомогою опції "Reference" указати дві крайні точки якого-небудь об'єкта, довжина якого невідома. Необхідно задати цю довжину, і всі об'єкти креслення будуть відповідно перемасштабовані.

Команда MIRROR

Команда MIRROR дозволяє формувати дзеркальні відображення існуючих об'єктів, залишаючи при цьому оригінали. Команда має такий формат:

Command: MIRROR
Select objects: (items to be mirrored)
First point or mirror line: (point)
Second point: (point)
Delete old objects? <N>(Y or N)
//Команда: MIRROR
Вибрати об'єкти: (вибір)
Перша точка лінії дзеркального відображення: (точка)
Друга точка: (точка)

Вилучити старі об'єкти? <Немає>(так або ні)//

Лінія дзеркального відображення, що вказується, являє собою вісь, відносно якої відбиваються вибрані об'єкти; вона може утворювати з горизонталлю будь-який кут, можна також "протягнути" другу точку. На рис. 6.19,а проілюстровано використання команди MIRROR у випадку, коли колишні об'єкти вилучаються, а на рис. 6.19, б – коли колишні об'єкти не вилучаються.

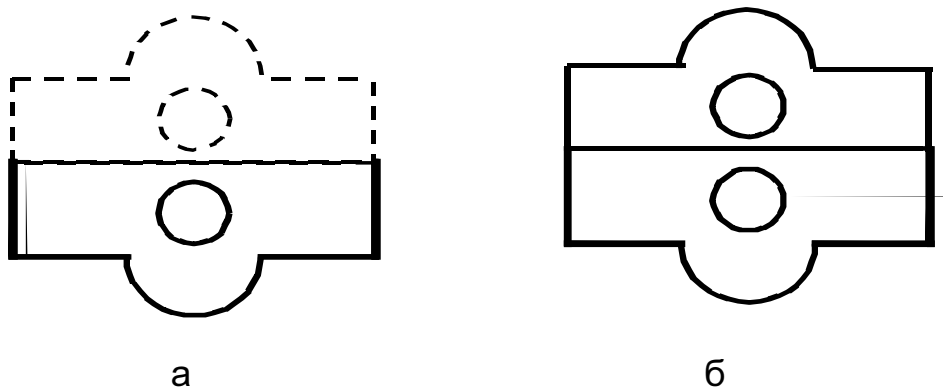


Рис. 6.19

Команда STRETCH

Команда STRETCH дає можливість переміщати виділений фрагмент зображення, зберігаючи зв'язки з об'єктами, що залишаються на місцях. Ці зв'язки (лінії, дуги, траси, тіла, ламані) можуть подовжуватися, скорочуватися. Формат запиту:

```
Command: STRETCH
Select objects to stretch by window
Select objects:
//Команда: STRETCH
Вибрати об'єкти за допомогою вікна
Вибрати об'єкти://
```

У другому рядку наведено стандартний запит системи ACAD про вибір об'єктів. Хоча будь-яка форма вибору об'єктів, надана командою STRETCH, доступна, у більшості випадків необхідно використовувати опцію "Crossing" і задавати вікно. Будь-які об'єкти, що цілком попадають у вікно, будуть переміщені командою STRETCH так само, як вони були б переміщені командою MOVE. Лінії, дуги й сегменти ламаних ліній, що перетинаються з вікном, будуть розтягнуті тільки в межах вікна, ті ж їх точки, що не попали у вікно, залишаться на місці. Вершини трас і тіл, що знаходяться всередині вікна, також будуть переміщатися, у той час як зовнішні вершини залишаться на місці. Як тільки буде визначено вибір, команда STRETCH видасть запит

```
Base point:
New point:
// Базова точка:
Нова точка: //
```

і виведе на екран "гумову нитку", прикріплену до введеної базової точки. У відповідь на запит "New point:" потрібно ввести точку, в яку має бути переміщена базова точка. Після цього вибрані об'єкти будуть переміщені або розтягнуті відповідно до вказівки. Нову точку можна "протягувати".

Результат дії команди STRETCH залежить від типу вибраного об'єкта. Ті точки лінії, що попали у вікно, будуть переміщатися, а точки поза вікном залишаться на місці.

Можливість переміщення об'єкта залежить від того, чи попадає точка, що визначає об'єкт, у вікно вибору. Визначальними точками є точка, центр кола, точка вставки форми або блока (якщо блок переміщається командою STRETCH, то слідом за ним переміщуються і його атрибути). Для тексту або атрибута визначальною точкою є ліва крайня точка базової лінії (незалежно від використовуваного методу вирівнювання).

З урахуванням наведених вище правил результат дії команди STRETCH може бути не цілком очевидним, так що в цих випадках особливо корисним є "протягування", що візуалізує дію команди. Приклад використання команди наведено на рис. 6.20.



Рис. 6.20

Команда ARRAY

Команда ARRAY дозволяє створювати масив копій вибраних об'єктів у вигляді прямокутної або кругової матриці. З кожним з об'єктів матриці можна маніпулювати незалежно від інших.

```
Command: ARRAY
Select objects: (Show what to copy)
Rectangular/Polar array (R/P):
//Команда: ARRAY
Вибрати об'єкти:(вибір)
Прямокутний/круговий масив (R/P): //
```

Результати дії команди ARRAY залежать від вибраного типу масиву (прямокутний або круговий), тому кожний з цих випадків розглянемо окремо.

Прямокутні масиви

При введенні опції "Rectangular" (або просто "R") ACAD запитує кількість рядків і стовпців створюваної матриці. За замовчуванням для обох параметрів береться одиниця:

```
Number of rows (---) <1>:
Number of columns (|||) <1>:
// Кількість рядків (-i-) <1>:
Кількість стовпців (|| |) <1>: //
```

Прямокутний масив можна сформувати, задавши кількість повторень "кутового" елемента (вибраного об'єкта). Отже, масив, що складається з одного

стовпця й одного рядка, не має ніякого змісту; він буде відкинутий системою. Кількість рядків і стовпців має бути виражена цілими числами. Потім видається запит

```
Unit cell or distance between rows (---):  
// Елемент масиву або відстань між рядками (-i-): //
```

Після натиснення відстані між рядками з'являється такий запит:

```
Distance between columns (|||):  
// Відстань між стовпцями (|||): //
```

Як правило, "кутовий" елемент розміщується в лівому нижньому куті масиву, і масив формується вгору і вправо від цього елемента. Але якщо відстань між рядками задається як від'ємне число, то рядки до масиву добавляються в напрямку вниз від кутового елемента, а задання від'ємної відстані між стовпцями приводить до нарощування стовпців у напрямку вліво від кутового елемента.

При бажанні на запит "Unit cell..." можна відповісти заданням двох протилежних кутів прямокутника, щоб "показати" системі відстань між рядками і стовпцями; при цьому запит "Distance between columns (|||):" буде випущений. Припустимо, що виконано креслення кола і лінії:

```
Command: CIRCLE Center point: 10,10  
Radius (or D):25  
Command: LINE From point: 10,10  
To point: @25<30  
To point: RETURN
```

а тепер потрібно створити масив копій розміром у п'ять стовпців і два рядки. Для цього можна використати серію команд:

```
Command: ARRAY  
Select objects: (select the two objects)  
Rectangular/Polar array (R/P): R  
Number of rows (---) <1>: 2  
Number of columns (|||) <1>: 5  
Unit cell or distance between rows (---):55  
Distance between columns (|||): 55
```

При формуванні прямокутного масиву ACAD буде його уздовж деякої базової лінії, що має певний кут повороту відносно поточної прив'язки. Звичайно цей кут дорівнює нулю, так що рядки і стовпці прямокутного масиву ортогональні до осей X і Y креслення.

При заданні ненульового кута прив'язки відповідно повертається й перехрестя на екрані дисплея, так що всі прямокутні масиви можна вважати паралельними осям перехрестя. Рядки паралельні осі X, а стовпці – осі Y.

Кругові масиви

Для створення кругового масиву потрібно вибрати об'єкт для копіювання і у відповідь на запит типу масиву ввести опцію "Polar" (або просто "P"), після чого система видає запит

Center point of array:

// Точка центра масиву: //

Введіть точку, навколо якої буде формуватися масив. Потім ACAD запитає ще три параметри:

- кількість елементів у масиві;
- кут заповнення;
- кут між елементами масиву.

Введіть кількість елементів масиву, включаючи вихідний елемент. (Якщо вибрано декілька об'єктів, то елементом масиву вважається вся вибірка.) Можна видати порожню відповідь на цей запит; в цьому випадку мають бути задані обидва кути – і кут заповнення, і кут між елементами масиву.

Потім з'явиться запит

Angle to fill (+=CCW, -=CW) <360>:

// Кут заповнення (+=проти годинникової стрілки, -= за годинниковою стрілкою) <360>: //

тобто запитується ступінь заповненості кругової матриці. При додатному значенні кута заповнення буде відбуватися проти годинникової стрілки, при від'ємному – за годинниковою стрілкою. Щоб одержати заповнений масив, необхідно ввести значення "360"; саме це значення вибирається за замовчуванням. Якщо задаються кількість елементів і кут заповнення, то масив цілком визначений і ACAD не буде запитувати кут між елементами.

При формуванні кругового масиву ACAD має визначити відстань від центральної точки масиву до базової точки кожного з вибраних об'єктів. Останній запит має вигляд

Rotate objects as they are copied? <Y>

// Повертати об'єкти при копіюванні? <Так > //

Якщо ввести "Y", то об'єкти всередині масиву виявляться повернутими відповідно до орієнтації самого масиву, що ілюструється розглянутим далі прикладом. Припустимо, що визначено блок, який має вигляд, показаний на рис. 6.21, і один такий блок вставлено в креслення. Масив формується такою послідовністю команд:

Command: ARRAY

Select objects: (point to the Block)

Rectangular/Polar array (R/P): P

Center point of array: (select center of large circle)

Number of items: 5

Angle to fill (+=CCW, -=CW) <360>: <CR>

Rotate objects as they are copied? <Y><CR>

//Команда: ARRAY

Вибрати об'єкти: (указання блока)

Прямокутний/Круговий масив (R/P): P

Точка центра масиву: (указання центра великого кола)

Кількість елементів: 5

Кут заповнення (+=проти годинникової стрілки, -= за годинниковою стрілкою) <360>: <CR>

Повертати об'єкти при копіюванні? <Так><CR> //

Результат для обох варіантів відповіді на запит "Rotate objects..." зображено на рис. 6.21. Зазначимо, що задана кількість елементів включає й вихідний об'єкт.

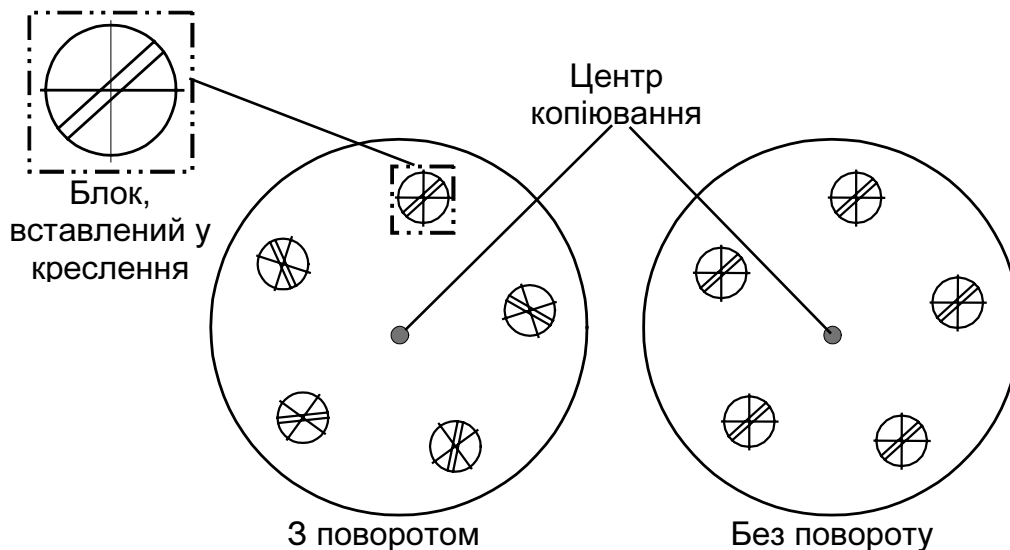


Рис. 6.21

У розглянутому прикладі було задано кількість елементів і кут заповнення. Той же масив можна сформуваати такою серією команд:

Number of items: 5

Angle to fill (+=CCW,-=CW) <360>: 0

Angle between items (+=CCW,-=CW): 45

Змінення загальних властивостей об'єктів

Команда PROPERTIES використовується для редагування властивостей об'єктів креслення.

Виклик команди:

Командний рядок: PROPERTIES

Екранне меню: Modify 1 → Property

Випадаюче меню: Modify → PROPERTIES

Інструментальна панель: Standard Toolbar → PROPERTIES

Команда відкриває діалогове вікно Properties, зовнішній вигляд якого однаковий для усіх випадків, однак перелік доступних параметрів залежить від типу об'єкта, що редагується. Якщо вибрано один об'єкт, відображається діалогове вікно з усіма доступними параметрами, що характеризують цей об'єкт. При виборі декількох об'єктів відображається діалогове вікно з параметрами, що характеризують загальні властивості всіх цих об'єктів. Якщо не вибрано жодного об'єкта, діалогове вікно відображає загальні характеристики креслення.

Передбачено такі способи зміни значень параметрів:

- ввести нове значення параметра за допомогою алфавітно-цифрової клавіатури;
- явно вказати нові координати точки на екрані монітора (кнопка Pick Point);
- вибрати нове значення параметра зі списку, що розкривається;
- вибрати нове значення параметра в діалоговому вікні.

Діалогове вікно Properties містить дві вкладки: Categorized і Alphabetic (перша розподіляє властивості об'єктів за категоріями, друга – за алфавітом).

Категорія General, яка розташована у верхній частині вікна, дозволяє редагувати такі властивості об'єктів:

- Color – колір;
- Layer – належність до рівня;
- Linetype – тип лінії;
- Linetype scale – масштабний коефіцієнт лінії;
- Lineweight – товщина лінії;
- Thickness – товщина об'єкта.

Інші категорії містять параметри, що керують індивідуальними властивостями об'єктів, стилем друку і використовуваною системою координат.

Список, що розкривається, містить перелік вибраних об'єктів. Кнопка Quick Select відкриває діалогове вікно з тим же ім'ям, за допомогою якого можна швидко вибрати об'єкти для редагування за їх типами і властивостями. Діалогове вікно Quick Select містить чотири списки, що розкриваються, список властивостей об'єктів, кнопку Select Object і панель How to apply.

Список Apply To, що розкривається, визначає, застосовувати чи не застосовувати критерій вибору до всього креслення. Якщо поточний набір об'єктів існує, то критерій застосовується до цього набору, якщо поточний набір об'єктів відсутній, то критерій застосовується до об'єктів усього креслення.

Кнопка Select Object дозволяє явно вказати об'єкти, до яких необхідно застосувати критерій вибору. Програма ACAD дозволяє створювати такі набори, якщо ввімкнено перемикач Include In New Selection Set і вимкнено прапорець Append to current Selection Set. Для повернення в діалогове вікно Quick Select слід натиснути клавішу ENTER.

Список Object Type, що розкривається, дозволяє вибрати тип об'єкта для фільтра, за замовчуванням – Multiple. Якщо поточний набір об'єктів існує, то в списку подано тільки типи об'єктів даного набору. Якщо поточний набір об'єктів відсутній, то у списку подано всі доступні в системі ACAD типи об'єктів.

Список Properties дозволяє вибрати властивість об'єкта для фільтра. Ця властивість, у свою чергу, визначає параметри, доступні в списках Operator і Value.

Список Operator, що розкривається, дозволяє задати спосіб вибору: дорівнює; не дорівнює; більше або менше.

Список Value, що розкривається, дозволяє визначити значення властивості.

Панель *How to apply* визначає, з яких об'єктів має складатися новий набір: з тих, що відповідають критеріям вибору (*Include In New Selection Set*), чи з тих, що їм не відповідають (*Exclude from New Selection Set*).

Дамо пояснення деяким командам:

Color. Ця опція використовується для зміни кольору об'єкта.

ACAD видає запит

```
New color <current>:
```

```
// Новий колір <поточний >: //
```

і у відповідь можна ввести номер або ім'я кольору. Наприклад, для зміни кольору об'єкта на червоний необхідно ввести "red" або "1". Якщо потрібно, щоб об'єкт успадкував колір свого рівня, слід ввести відгук "BYLAYER". Якщо потрібно, щоб об'єкт, вставлений в блок, успадкував колір блока, необхідно ввести "BYBLOCK". Якщо більше не потрібно змінювати колір, вводять нульовий відгук.

Layer. Використовуючи цю опцію, можна перемістити об'єкт на інший рівень креслення. Вводити потрібно принаймні дві перші букви, щоб відрізнити цю опцію від опції "LType". На запит

```
New layer <current>:
```

```
//Новий рівень <поточний>: //
```

потрібно відповісти ім'ям існуючого рівня, на який треба перемістити об'єкт. Наприклад, для переміщення вибраних об'єктів на рівень "XYZ" вводять "XYZ". Якщо необхідного рівня ще не існує, то слід скористатися опцією "LAYER New", щоб створити його. Якщо більше не потрібно змінювати рівень, видають порожню відповідь.

LType. Ця опція дозволяє змінювати тип лінії для об'єктів. Вводити потрібно щонайменше дві перші букви, щоб відрізнити цю опцію від опції "Layer".

Якщо на запит

```
New linetype <current>: ім'я типу лінії
```

ім'я задано правильно, то шуканий тип лінії, цілком імовірно, міститься в іншому файлі, і потрібно використати команду

```
// Новий тип лінії <поточний >: //
```

відповівши ім'ям необхідного типу лінії. Якщо цей тип лінії ще не завантажений, ACAD спробує завантажити його з бібліотечного файла. При невдалому результаті слід перевірити правильність задання LINETYPE для його завантаження. Якщо більше не треба змінювати тип лінії, вводять порожню відповідь.

Примітка. Незважаючи на те, що будь-якому об'єкту креслення відповідає який-небудь тип лінії, опція "LType" впливає тільки на лінії, дуги, кола й ламані. Креслення всіх інших об'єктів завжди виконуються суцільними лініями.

Thickness. Ця опція використовується для зміни товщини зображення об'єкта. На запит

```
New thickness <current>:
```

```
// Нова товщина <поточна >: //
```

можна ввести чисельне значення товщини або видати порожню відповідь для збереження поточного значення.

Команда BREAK – часткове вилучення

Команда BREAK вилучає частину лінії, траси, кола, дуги, ламаної або розбиває об'єкт на два об'єкти того ж типу.

Для розбивання об'єкта необхідно ввести команду BREAK, вибрати об'єкт і вказати дві крайні точки розбивки:

Command: break

Select object:

Specify second break point or [First point]: CR

Specify first break point:

Specify second break point:

Результат показано на рис. 6.22.

Можна використовувати ключ "F" ("First point"):

Specify second break point or [First point]: f

Specify first break point:

Specify second break point:

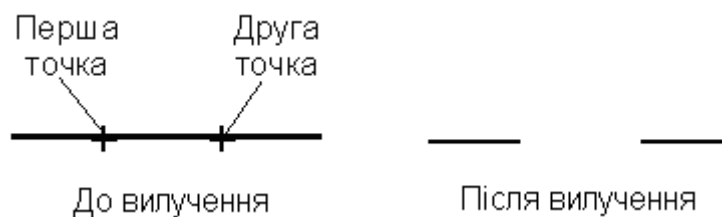


Рис. 6.22

Вилучення частини об'єкта відбувається проти годинникової стрілки. Результат вилучення частини кола зображено на рис. 6.23.

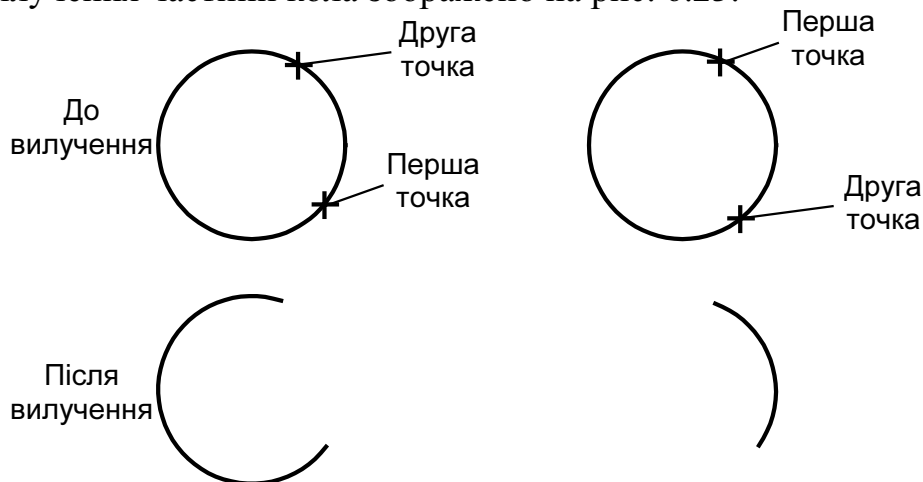


Рис. 6.23

Перша й друга точки не обов'язково мають бути на об'єкті, АСAD знаходить найближчу на ньому. Якщо друга точка розриву збігається з першою,

ніякого вилучення частини об'єкта не відбувається, а лише здійснюється розбиття об'єкта на два такого ж типу.

Поділ об'єкта на частини

Команда DIVIDE (Поділи) дозволяє поділити примітив на задану кількість рівних частин шляхом розміщення міток уздовж об'єкта в точках поділу. Як примітиви можуть бути задані відрізок, дуга, коло або полілінія. Вибір об'єктів для поділу здійснюється прямим указанням.

При поділі за допомогою маркера видається запит

<Number of segments>/Block:

<Кількість сегментів>/Блок:

Відображення маркера визначається аналогічно маркеру в команді POINT (Точка). Об'єкт фактично не поділяється на окремі об'єкти: уздовж нього розміщуються точки, які, наприклад, можна використовувати як вузли об'єктної прив'язки. Поділ кіл починається від центра в напрямку, взятому як поточний кут повороту сітки крокової прив'язки, поділ замкнених поліліній – від початкової вершини (першої накресленої).

Відсікання частини об'єкта за заданою межею

Команда TRIM (Обріж) (рис. 6.24) забезпечує часткове вилучення відрізка, смуги, дуги і двовимірної полілінії точно по різальній кромці.

Запит:

Select cutting edge (s):

Виберіть різальну(-ні) кромку(-ки):

Різальною кромкою можуть бути відрізки, дуги, кола і двовимірні полілінії. Коли кромка визначається двовимірною полілінією, її ширина не враховується і обрізка здійснюється по осьовій лінії. Якщо жоден примітив не може бути різальною кромкою, видається повідомлення

No edges selected

Ні однієї кромки не вибрано;

<Select object to trim>/Undo:

<Виберіть об'єкт, який потрібно обрізати>/Скасууй:

Необхідно вказати частину об'єкта, призначеного для вилучення.

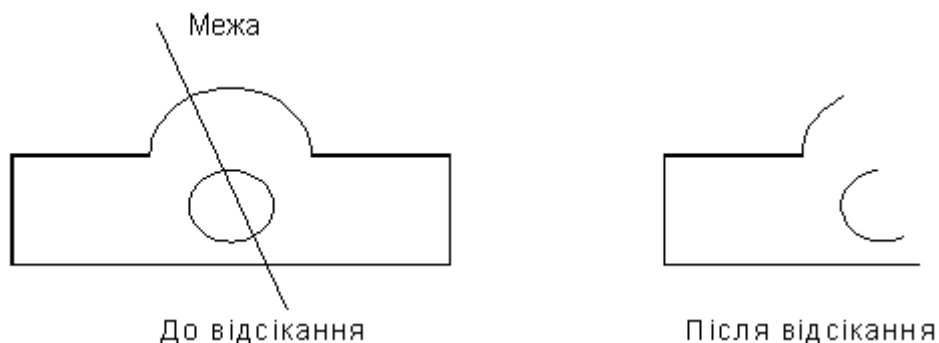


Рис. 6.24

Якщо вибраний об'єкт не перетинається з різальною кромкою, ACAD видає повідомлення

Entity does not intersect an edge

Об'єкт не перетинається з кромкою.

При відсіканні кола має бути принаймні два перетинання, інакше ACAD видає повідомлення

Circle must intersect twice

Коло має перетинатися в двох точках.

Витягування об'єктів до межі

Команда EXTEND (Подовж) (рис. 6.25) подовжує існуючі об'єкти до межової кромки.

Запит:

Select boundary edge (s):

Виберіть межові кромки:

Кромками можуть бути відрізки, дуги, двовимірні полілінії. Коли як кромка використовується двовимірна полілінія, її ширина ігнорується і об'єкти подовжуються до її осьової лінії.

Запит:

<Select object to extend>/Undo:

<Виберіть об'єкт, який потрібно подовжити>/Скасууй:

Об'єкти вибираються указанням тієї частини, яку треба подовжити.

Якщо задано кілька межових кромок, то об'єкт подовжується доти, доки він не досягне першої межової кромки. Цей же об'єкт можна вибрати знову, щоб подовжити його до наступної межової кромки.

При виборі об'єкта, який не може бути подовжений, видається повідомлення

Cannot EXTEND this entity

Не можу подовжити цей об'єкт

Подовжити можна тільки незамкнені полілінії. При спробі подовжити замкнену полілінію ACAD видає повідомлення

Cannot extend a closed polyline

Замкнену полілінію подовжити не можна.

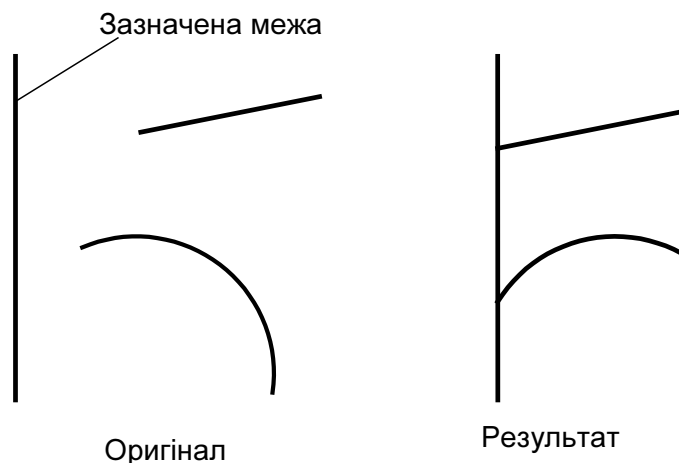


Рис. 6.25

Зазначимо, що при повторному згладжуванні після застосування команди EXTEND (Подовж) до згладжених поліліній результат може відрізнитися від очікуваного.

Креслення скруглень

Команда FILLET (Сполучи) (рис. 6.26) здійснює плавне спряження відрізків, дуг, кіл або лінійних сегментів двовимірної полілінії дугою із заданим радіусом. При указанні об'єктів для спряження не можна користуватися рамкою або посилатися на поточний набір.

Якщо вибрані об'єкти є відрізками або лінійними сегментами двовимірної полілінії, команда FILLET (Сполучи) спочатку подовжує лінії до перетинання, після чого лінії "підрізаються" і створюється дуга спряження. Якщо радіус спряження дорівнює нулю, то відбувається припасування ліній до однієї точки.

Якщо обидва спряжувані відрізки розташовані на одному рівні, то дугу спряження буде розміщено на той самий рівень, у протилежному разі – на поточний. Такі самі правила поширюються на колір і тип лінії дуги спряження.

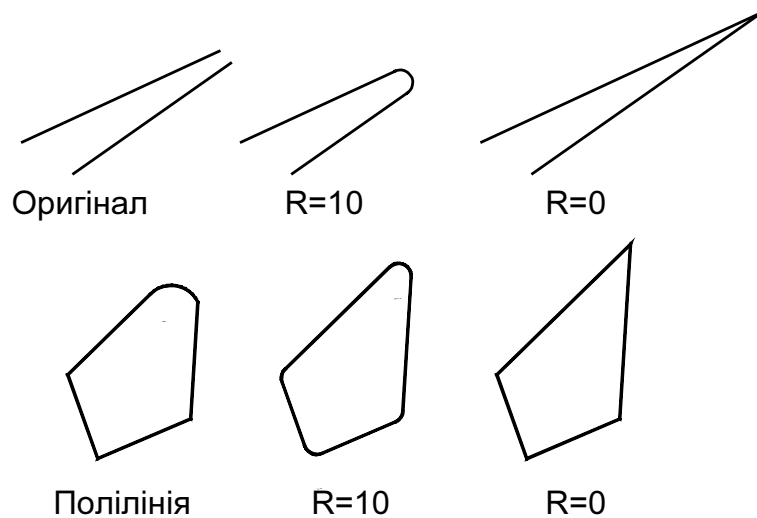


Рис. 6.26

Можна спряжувати два кола, дві дуги, відрізок і коло, відрізок і дугу, коло і дугу. Правила спряження в цьому випадку такі самі, як при спряженні відрізків. При спряженні дуг і кіл може бути побудовано більше однієї дуги спряження. У цьому випадку ACAD вибере спряження, кінцеві точки якого найближчі до точок вибору об'єктів для спряження.

Залежність операцій обрізки, подовження і вибору дуги спряження від точок, що використовуються для вибору відрізка й дуги, показано на рис. 6.27.

Для плавного з'єднання дугою спряження відрізки і дуги можуть обрізатися або подовжуватися. Частина, що відсікається, є тією частиною на стороні дуги спряження, яка утворить точку перетинання з вихідним об'єктом. Кола ніколи не обрізаються; дуга спряження плавно з'єднується з колом.

Ключ Radius (Радіус) дозволяє задати радіус спряження, який вводиться у відповідь на запит

Enter fillet radius <0.000>:

Введіть радіус спряження <0.000>:

У такий спосіб здійснюється настроювання. Останній введений радіус спряження запам'ятовується як частина файла рисунка. Первинний радіус спряження для нового рисунка визначається рисунком-прототипом.

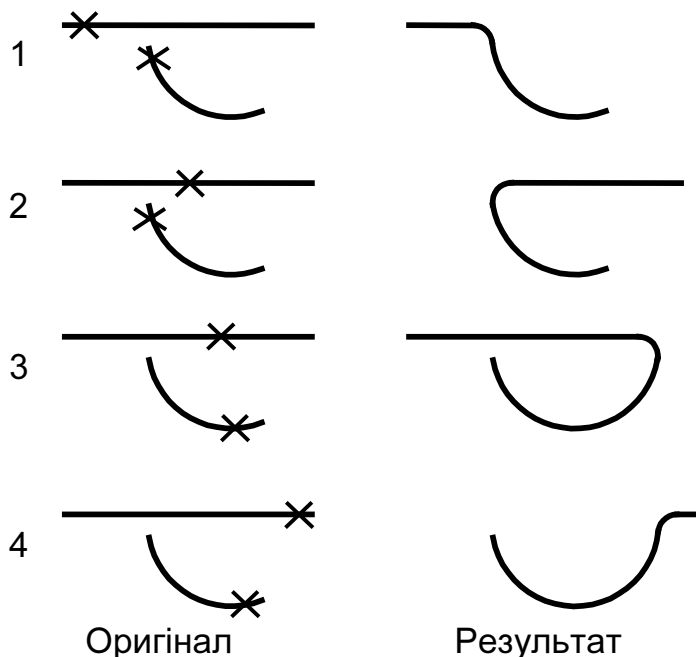


Рис. 6.27

На рис. 6.28 показано три типи можливого спряження двох кіл. Розташування дуги спряження залежить від точок, що використовуються для вибору кіл.

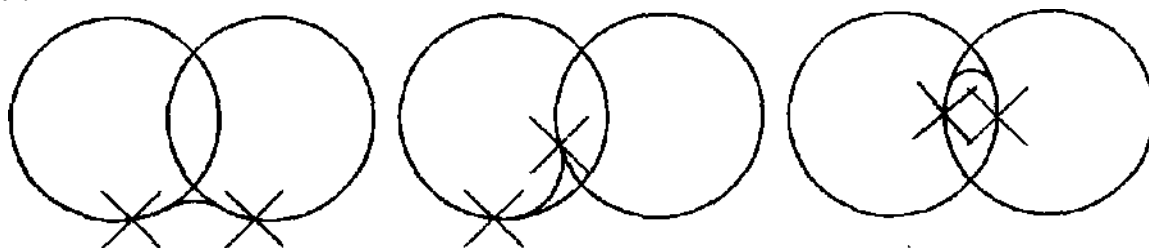


Рис. 6.28

Команда Polyline (Полілінія) означає, що спряження виконується з усією полілінією. Для вибору полілінії видається запит

Select 2D polyline:

Виберіть двовимірну полілінію:

Спряження неможливо побудувати для паралельних лінійних сегментів, для сегментів, занадто коротких, щоб їх можна було сполучити, для сегментів, які при підході до дугового сегмента, що їх поділяє, розходяться. При цьому видаються повідомлення про кожне з перелічених випадків, якщо вони мають місце, наприклад:

Lines are parallel, Radius is too large

Відрізки паралельні. Радіус перевершує допустиму величину

3 lines too short

Три лінії менші за допустиму величину

Креслення фасок

Команда CHAMFER (Фаска) (рис. 6.29) "підрізає" два перетинних відрізка на зазначеній відстані від точки перетинання і з'єднує кінці відрізків новим лінійним сегментом.

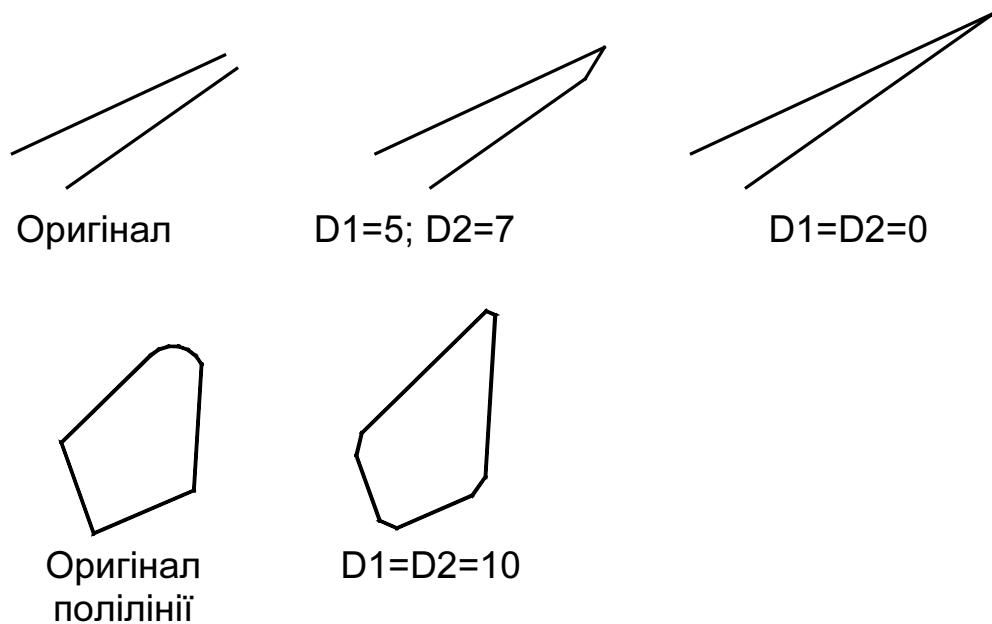


Рис. 6.29

Спочатку здійснюється "настроювання", для чого вибирається ключ Distances (Довжина) – відстань. Для визначення розмірів фаски видаються запити:

Enter first chamfer distance<def>:

Введіть першу довжину фаски< за замовчуванням>:

Enter second chamfer distance<def>:

Введіть другу довжину фаски< за замовчуванням>:

Значенням першої довжини за замовчуванням є остання задана довжина фаски. Значення другої довжини за замовчуванням збігається зі значенням першої довжини, так що стандартними є симетричні фаски. Значення першої і другої довжин запам'ятовуються у файлі. Вихідні довжини фасок нового рисунка визначаються рисунком-прототипом.

Довжини фасок записуються також в системні змінні CHAMFERA і CHAMFERB.

За командою зняття фаски здійснюється подовження двох ліній до їхнього перетинання. Після цього перша лінія відсікається на величину першої відстані, друга лінія – на величину другої. Якщо відстань дорівнює 0, то відбувається припасування до однієї точки.

Після указання першої лінії з'являється запит

Select second line:

Укажіть другий відрізок:

Якщо обидва відрізки розташовані на тому самому рівні рисунка, то й фаску буде розміщено на цьому рівні. Якщо ж відрізки розташовуються на

різних рівнях, то фаску буде розміщено на поточному рівні. Аналогічні правила поширюються на колір і тип лінії. Якщо точка перетинання двох відрізків не попадає в ліміти рисунка (при ввімкненому контролі виходу за ліміти), то команда відкидається.

Якщо вибрані відрізки є сегментами полілінії, то вони мають бути суміжними або розділятися одним дуговим сегментом. Якщо їх розділяє дуговий сегмент, то команда CHAMFER вилучає дугу й будує фаску.

Для зняття фасок з полілінії необхідно задати ключ Polyline (Полілінія) і вибрати полілінію у відповідь на запит

Select 2D polyline:

Виберіть двовимірну полілінію:

Додані до полілінії фаски стають новими сегментами полілінії, що нічим не відрізняються від інших. Якщо спряження можна вилучити, задавши нульовий радіус, то фаски вилучити неможливо.

Як і у випадку команди FILLET (Сполучи), система ACAD повідомляє, що в силу певних умов вона не може зняти фаску по всій полілінії.

Скасування зробленого

ACAD дає можливість повертатися крок за кроком до попередніх етапів сеансу редагування. Для цього використовуються команди U (Про), REDO (Поверни) і UNDO (Скасуй).

Команда U (Про) забезпечує скасування останньої виконаної команди і повідомляє ім'я скасованої команди.

Неможливо скасувати дію деяких команд, наприклад, таких, як PLOT (Кресли). Якщо скасовуються команди, у процесі виконання яких перемикалися режими або використовувалися прозорі команди (наприклад SETVAR (Встзмін)), то разом з ними скасовується основна команда.

Команда REDO (Поверни) дозволяє скасувати дії команд U (Про) і UNDO (Скасуй), що скасовують що-небудь відразу після їхнього виконання.

Команда UNDO (Скасуй) забезпечує скасування декількох команд і виконання ряду спеціальних операцій. Запит:

Auto/Back/Control/End/Group/Mark/<number>:

Авто/Назад/Керування/Кінець/Група/Мітка/<число >:

Якщо ввести number (число), то зазначена кількість попередніх команд буде скасована. Результат буде таким же, як і при послідовному багаторазовому введенні команди U (Про).

Ключі:

– Mark (Мітка) – відмічає (ставить мітку) стан рисунка, до якого можна повернутися пізніше за допомогою ключа Back (Назад);

– Back (Назад) – повертає рисунок у той стан, у якому він був, коли ключ Mark (Мітка) був введений востаннє, і вилучає мітку.

Команда UNDO (Скасуй) з number (числом) припиняє скасування, знайшовши мітку. Якщо пройдено всі мітки, то видається запит

This will undo everything. OK?< Y>:

Ця команда скасує все. Продовжити?<Т>:

При відповіді Yes (Так) буде знищено все, що було зроблено з моменту входу в ACAD; при відповіді No (Ні) ключ Back (Назад) буде ігноруватися.

Після виконання команд PLOT (Кресли) і PRINT (Друкуй) скасувати щонебудь в рисунку неможливо.

Дії команд GRID (Сітка), UNITS (Одиниці), ORTHO (Орто), SNAP (Крок) та інших команд, що змінюють режими роботи, можна скасовувати, хоча видимих змін при цьому не відбувається; це одна з причин, з яких на екрані відображаються імена скасованих команд.

Деякі команди, наприклад, LINE (Відрізок), DIM (Розмір), PEDIT (Полред), мають свої ключі Undo (Скасууй). Якщо дія команди PEDIT (Полред) почалась з перетворення відрізка або дуги в полілінію, ключ Undo (Скасууй) не зможе скасувати цю дію. Щоб зробити це, необхідно вийти з команди PEDIT (Полред) і виконати U (Про).

Редагування за допомогою ручок

Вибраними об'єктами можна маніпулювати за допомогою ручок – маленьких квадратиків, що з'являються у визначальних точках об'єктів, таких, як чверті або центр кола або кінцеві й середні точки відрізка (рис. 6.30).

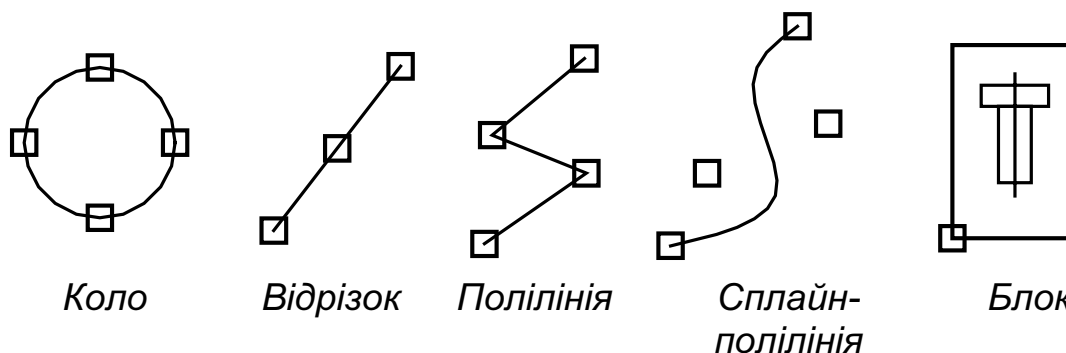


Рис. 6.30

Для ввімкнення ручок використовується команда DDGRIPS (Діалруч). При цьому ACAD виводить на екран діалогове вікно ручок.

Команда Select Settings (Виберіть установки) дозволяє вмикати зображення ручок для вибраних об'єктів шляхом указання перемикача Enable Grips (Ввімкнення ручок). Крім того, зображення ручок можна ввімкнути за допомогою встановлення системної змінної GRIPS. Перемикач Enable Grips Within Blocks (Ручки всередині блоків) вмикає зображення ручок для примітивів, що входять до складу блока. Зображення ручок всередині блока можна вмикати також шляхом встановлення системної змінної GRIPBLOCK.

Команда Grip colors (Кольори ручок) дозволяє присвоювати кольори вибраним і невибраним ручкам. Вибрані ручки зображуються зафарбованими, а невибрані – незафарбованими. При вказуванні кнопок Unselected... (Невибрані...) і Selected... (Вибрані...) на екран виводиться стандартне діалогове ві-

діалогове вікно кольорів. Колір невибраних і вибраних ручок можна змінити за допомогою системних змінних GRIPCOLOR і GRIPHOT відповідно, ввівши у відповідь на запит про колір номер кольору (від 1 до 255) з покажчика кольорів ACAD (ПКА).

Після вибору маркера GRIPS системою запускаються послідовно команди Stretch, Move, Scale, Mirror, які виконують свої функції за звичайною схемою.

Команда Exit скасовує дію режиму редагування GRIPS.

6.7. Нанесення розмірів

Основні положення

Розмір складається з багатьох елементів (виносні лінії, розмірні лінії, текст), для конструктора він є єдиним цілим, тому що всі елементи, з яких складається розмір, тісно зв'язані між собою (розмірний текст, наприклад, залежить від відстані між розмірними лініями і поточних одиниць виміру, розташування розмірних ліній).

Перелічимо основні властивості розміру:

- Розмір є складеним примітивом, тому команди редагування, за винятком STRETCH (розтягнати), працюють з розміром як з єдиним цілим.
- Оскільки розмір є блоком, він може бути розчленований на складні примітиви. При цьому розмір утрачає усі свої характерні властивості.
- Розмірний текст автоматично вимірюється і проставляється системою ACAD. При зміні бази такого розміру (наприклад, у процесі редагування креслення) значення розміру автоматично корегується. Користувач також може вводити власне значення розміру.

Більшість команд, зв'язаних з нанесенням розмірів, можна викликати з меню Dimension або з відповідної панелі інструментів.

Команди, призначені для нанесення розмірів, дозволяють проставляти лінійні й кутові розміри, кутові розміри діаметра і радіуса, а також будувати осьові лінії кола й проводити різноманітні лінії-виноски. Крім того, ряд команд керує різними режимами.

Для детального настроювання розмірів існує серія діалогових вікон. Кожна комбінація настроювань визначає розмірний стиль, що може постійно зберігатися на кресленні. Можна створити необхідну кількість таких стилів і, привласнивши кожному з них ім'я, по черзі використовувати їх у процесі нанесення розмірів.

Розмірні елементи

Розміри складаються з безлічі елементів (рис. 6.31), які за допомогою системних змінних ACAD можна змінювати відповідно до задач, пов'язаних з оформленням проектної документації.

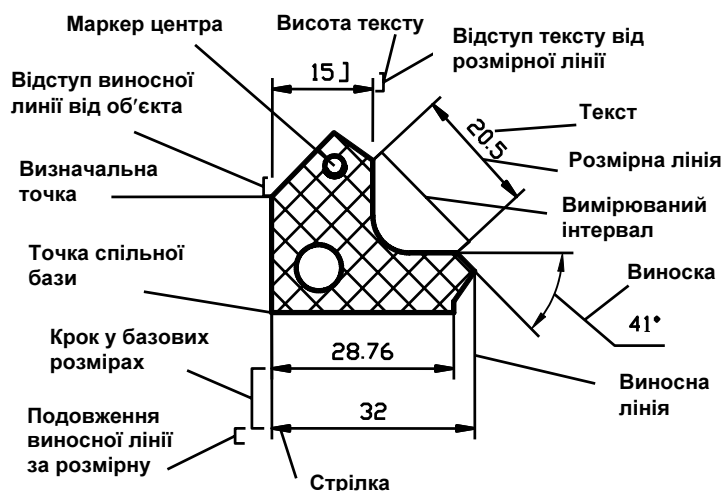
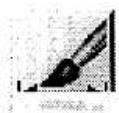


Рис. 6.31

Вимірюваний інтервал задається визначальними точками, що розташовані в характерних точках об'єктів і збігаються з початковими точками виносних ліній. Для діаметрів і радіусів визначальні точки розташовані на кінцях розмірної лінії.

Крім розмірних визначальних точок створюється також точка, що задає розташування розмірного тексту, що дозволяє переміщувати текст у процесі створення розміру при зоровому контролі.

Розмірні стилі



Нанесення розмірів здійснюється відповідно до значень так званих розмірних змінних. Сукупність конкретних набудованих значень системних змінних визначає розмірний стиль, що зберігається в поточному кресленні під своїм ім'ям.

Створивши кілька розмірних стилів з різними іменами, можна оперативно змінювати поточний стиль для нанесення нових розмірів або стиль уже створених розмірів.

У креслярському файлі-прототипі ACAD, що використовується системою за замовчуванням, зберігаються кілька стилів з набудованими системними змінними відповідно до стандартів ISO.

Для встановлення поточного стилю і зміни значень системних змінних із застосуванням діалогового вікна (рис. 6.32) призначена команда DIMSTYLE (рзмстиль) з меню Format > Dimension Style.

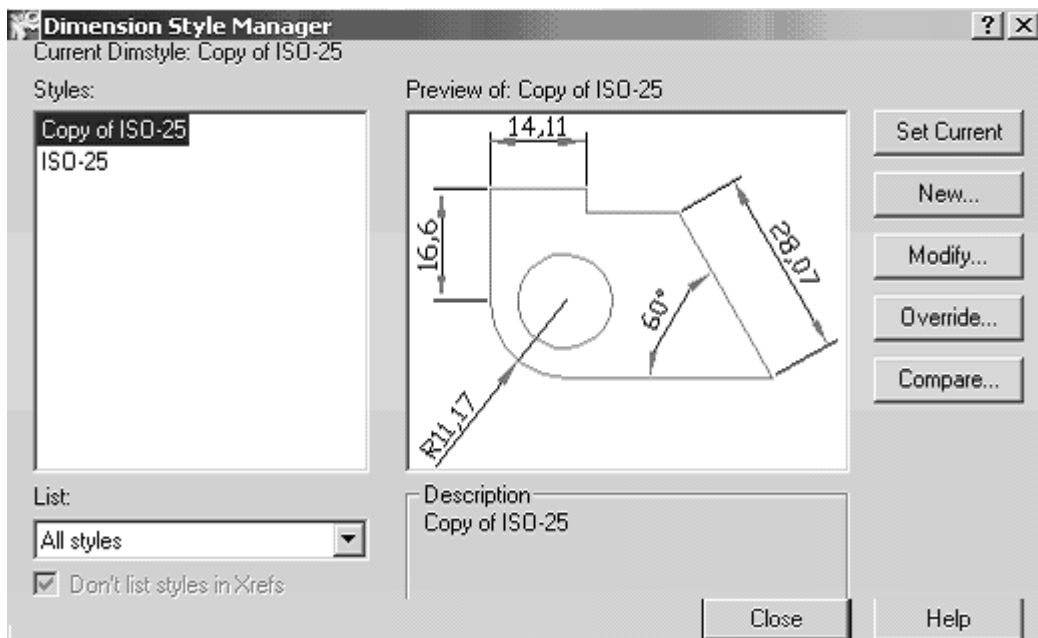


Рис. 6.32

Настроювання геометричних елементів

Для настроювання геометричних властивостей елементів у новому або старому стилі необхідно викликати вкладене діалогове вікно, натиснувши на кнопку **Modify**, це діалогове вікно містить шість розділів. Розглянемо їх докладно.

Лнії і стрілки. За допомогою панелі **Lines and Arrows** (рис. 6.33) можна здійснити настроювання розмірних ліній, виносних ліній, стрілок, маркерів центра. Опишемо опції кожного розділу даної панелі.

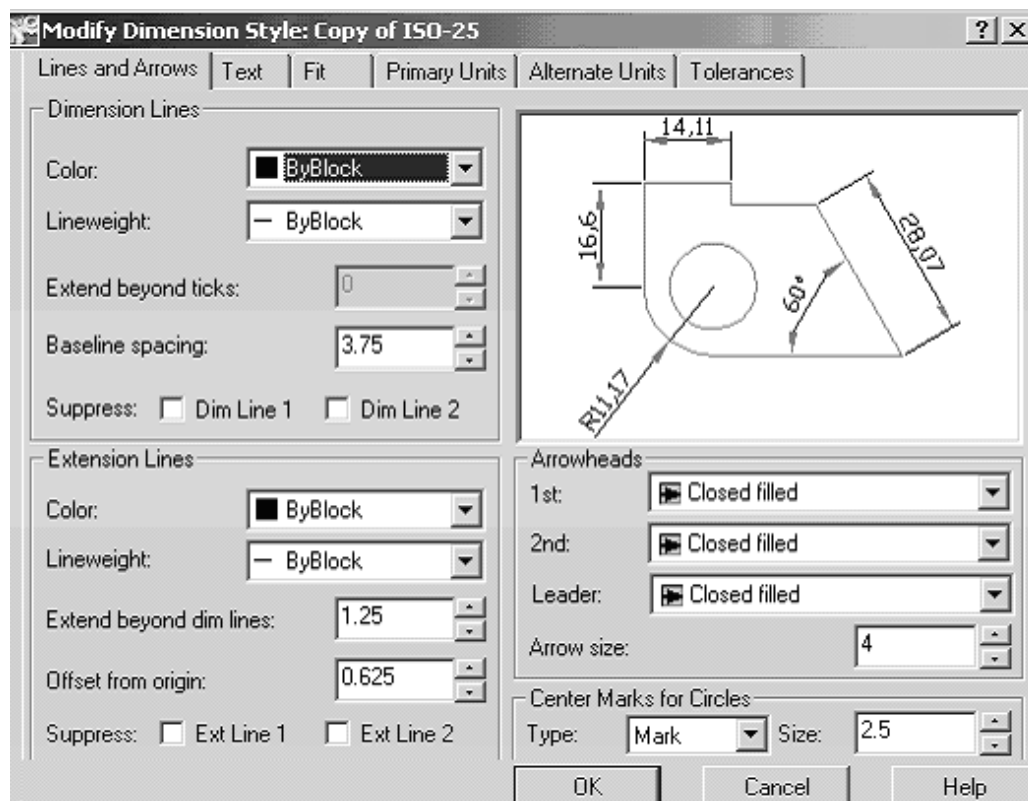


Рис. 6.33

Розмірні лінії. У розділі Dimension Lines установлюються такі параметри розмірних ліній:

- *Color* – колір розмірної лінії;
- *Lineweight* – товщина розмірної лінії;
- *Extend beyond ticks* – відстань, на яку виступатиме розмірна лінія за виносні, якщо замість стрілок використовуються зарубки;
- *Baseline spacing* – відстань між розмірними лініями у випадку нанесення декількох розмірів від загальної бази;
- *Suppress Dim Line 1* – подавлення першої частини розмірної лінії;
- *Suppress Dim Line 2* – подавлення другої частини розмірної лінії.

Незважаючи на те, що в деяких кресленнях залежно від настроювання можна бачити єдину розмірну лінію, насправді вона складається з двох частин: першої і другої визначальних точок відповідно до послідовності вказування. Якщо необхідно нанести "обірваний" розмір, то за допомогою відповідних опцій легко можна "подавити" першу або другу частину розмірної лінії.

Стрілки. У розділі Arrowheads визначаються такі параметри стрілок:

- 1st – зовнішній вигляд першої стрілки;
- 2st – зовнішній вигляд другої стрілки;
- *Leader* – зовнішній вигляд стрілки при нанесенні в кресленні виносних;
- *Arrow size* – розмір стрілок.

Нагадаємо, що в проектній документації найчастіше використовуються замкнена з заливанням або незамкнена стрілка завдовжки не менше 2,5 мм, а також зарубки.

Виносні лінії. У розділі Extension Lines визначаються параметри виносних ліній:

- *Color* – колір виносних ліній;
- *Lineweight* – товщина виносних ліній;
- *Extend beyond dim lines* – значення, на яке виносна лінія виступатиме за розмірну;
- *Offset from origin* – відступ виносної лінії від визначальної точки (відступ від об'єкта);
- *Suppress Ext Line 1* – подавлення першої виносної лінії;
- *Suppress Ext Line 2* – подавлення другої виносної лінії

Осі для кіл. У розділі Center Marks for Circles визначаються параметри маркера центра або осьових ліній кіл і дуг:

- *Type* – тип маркера центра: у вигляді маленького перехрестя або у вигляді осьових ліній;
- *Size* – подовження маркера або осьових ліній за лінію кола або дуги

Розмірний текст

Для настроювання параметрів розмірного тексту призначена панель Text (рис. 6.34).

У розділі Text Appearance можна встановити такі параметри тексту:

– *Text style* – стиль розмірного тексту (натиснувши на кнопку з крапками, можна викликати діалогове вікно Text Style для створення нового або редагування старого стилю);

– *Text color* – колір розмірного тексту;

– *Text height* – висоту тексту;

– *Fraction height scale* – масштаб чисел дробової частини відносно розміру основного тексту (застосовується при використанні відображення дробової частини чисел у вигляді простих дробів);

– *Draw frame around text* – розмір рамки навколо розмірного тексту.

У розділі *Text Placement* визначається розташування тексту відносно розмірної лінії:

– *Vertical* – поперечне розташування тексту відносно розмірної лінії:

- *Centered* – центрує текст відносно розмірної лінії, розриваючи її;

- *Above* – розташовує текст над розмірною лінією;

- *Outside* – розташовує текст під розмірною лінією (тільки у випадку нанесення розміру під об'єктом);

- *JIS* – розташовує текст відповідно до Японського індустріального стандарту;

– *Horizontal* – поздовжнє розташування тексту відносно розмірної лінії:

- *Centred* – центрує текст;

- *1st Extension Line* – розташовує текст біля першої виносної лінії;

- *2nd Extension Line* – розташовує текст біля другої виносної лінії;

- *Over 1st Extension Line* – розташовує текст над першою виносною лінією;

- *Over 2nd Extension Line* розташовує текст над другою виносною лінією;

– *Offset from dim line* – зазор між текстом і розмірною лінією.

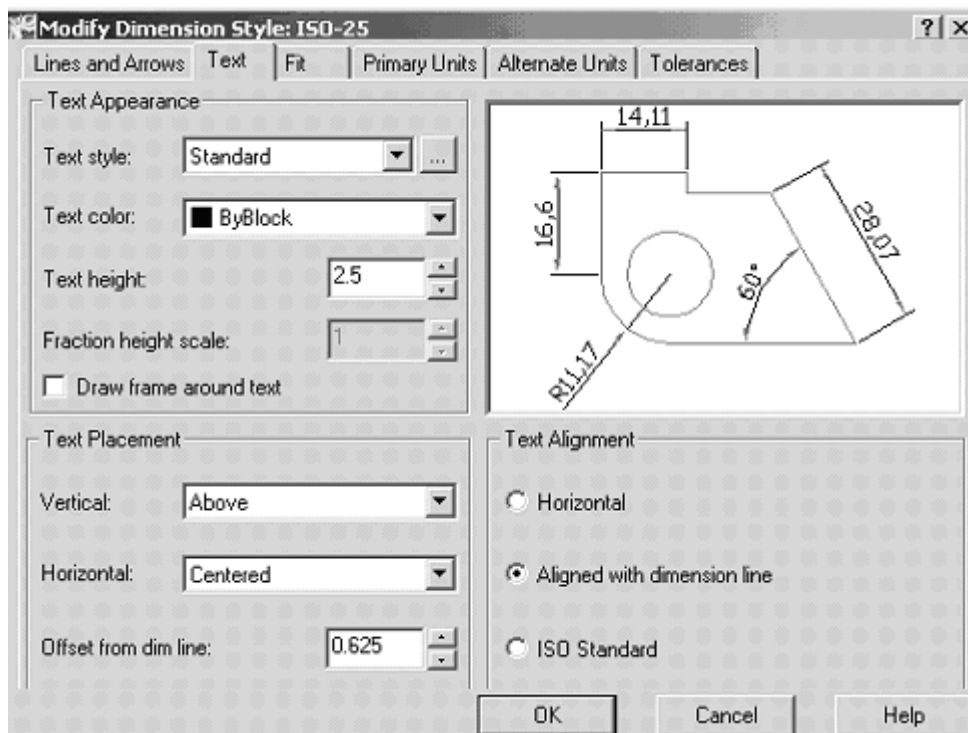


Рис. 6.34

У розділі *Text Alignment* визначається орієнтація тексту:

– *Horizontal* – текст розташовується горизонтально;

- *Aligned with dimension line* – текст розташовується паралельно розмірній лінії;
- *ISO Standard* – текст розташовується паралельно розмірній лінії, коли він розміщений між виносними лініями, і горизонтально, коли він розміщений поза виносними лініями.

Розміщення тексту і стрілок відносно виносних ліній

У ситуації, коли розмірний текст і стрілки не розташовані між виносними лініями, пропонується кілька варіантів вирішення цієї проблеми за допомогою панелі Fit (рис. 6.35).

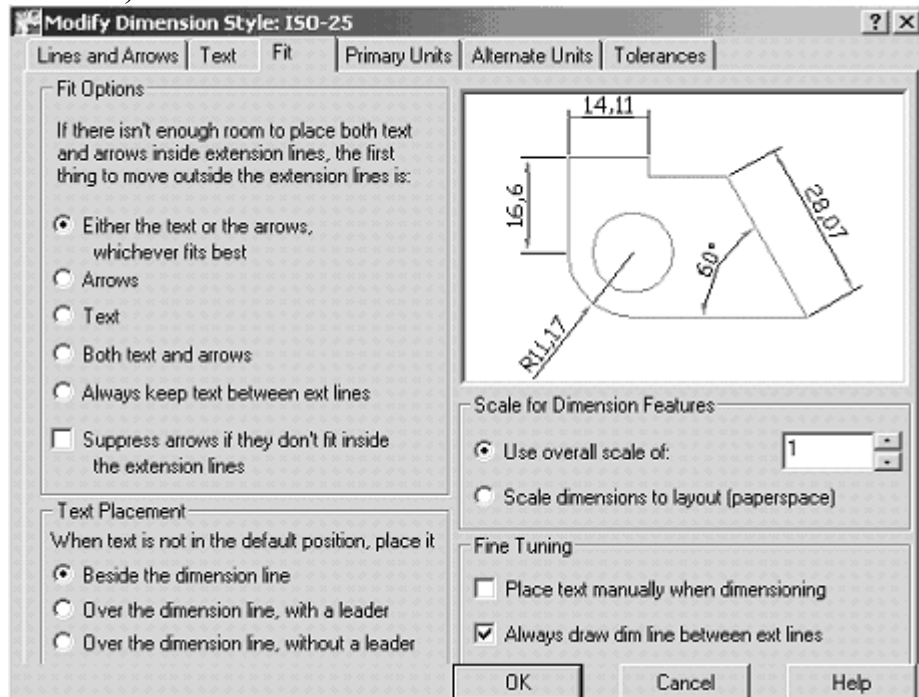


Рис. 6.35

У розділі *Fit Options* визначаються пріоритети при розміщенні стрілок і тексту:

- *Either the text or the arrows, whichever fits best* відслідковує можливість розміщення тексту і стрілок – між виносними лініями або за їхніми межами;
- *Arrows* віддає перевагу стрілкам;
- *Text* віддає перевагу тексту;
- *Both text and arrows* розміщає текст і стрілки поза виносними лініями, якщо простору для їх нанесення бракує;
- *Always keep text between ext lines* в усіх випадках розміщає текст між виносними лініями;
- *Suppress arrows if they don't fit inside* керує режимом подавлення стрілок, якщо бракує місця для їх нанесення.

Розділ *Text Placement* керує розташуванням розмірного тексту, якщо він не розміщений в позиції, встановленій за замовчуванням:

- *Beside the Dimension* розміщає текст біля розмірної лінії або її продовження;
- *Line Over the Dimension Line, with a Leader* створює винесення, коли текст не міститься між виносними лініями або розташований далеко від розмірної лінії, наприклад, при перенесенні тексту вручну;

– *Over the Dimension Line, Without a Leader* розташовує текст далеко від розмірної лінії без створення винесення.

Масштабування елементів

У розділі *Scale for Dimension Features* можна скористатися настроюванням загального масштабу для збільшення або зменшення всіх розмірних елементів шляхом введення масштабного коефіцієнта відповідно більшим або меншим за одиницю. Подивіться: на рис. 6.36, а ми нанесли кілька розмірів з певним настроюванням усіх елементів. На рис. 6.36, б при тому самому настроюванні ми поставили ті самі розміри, але в осередку "Загальний масштаб" ввели число 0,5. Зверніть увагу на те, що автоматично змінилося розташування стрілок у розмірі 7,5.

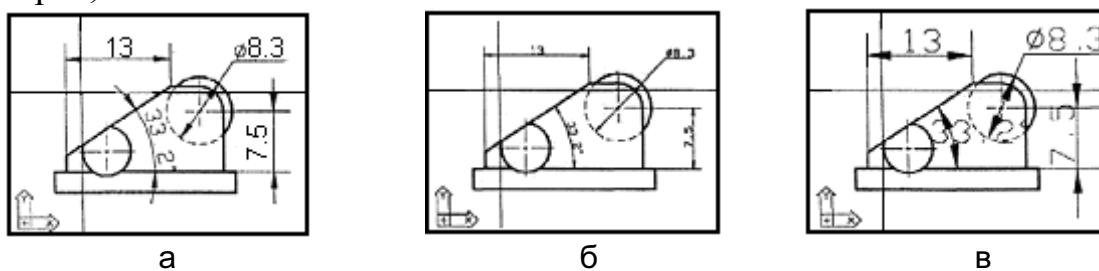


Рис. 6.36

На рис. 6.36, в масштабний коефіцієнт дорівнює 1,5, причому ми навмисно не підправляли розміри, щоб ви завжди були готові до таких змін через невідповідність настроюваних параметрів вимірюваним інтервалам.

Ввімкнення графічної кнопки *Scale Dimension to Layout paperspace* блокує дію загального масштабного коефіцієнта.

Отже, якщо настроювання в цьому вікні завершено й потрібно зберегти виконані зміни, слід закрити діалогове вікно за допомогою кнопки ОК і повернутися в діалогове вікно (рис. 6.37).

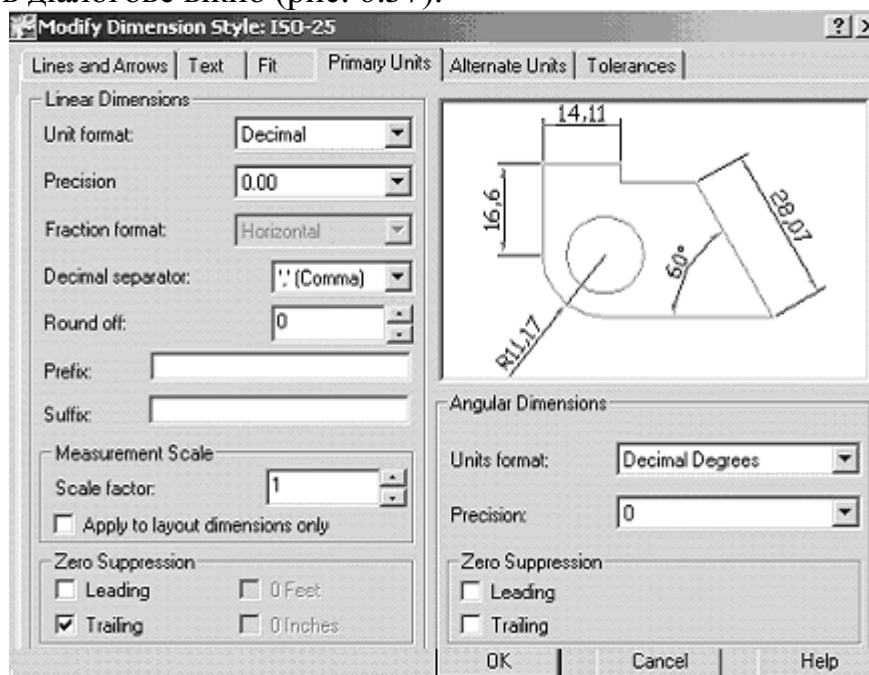


Рис. 6.37

У розділі *Scale for Dimension Features* задаються масштабні коефіцієнти розмірних елементів:

- *Use Overall Scale Of* дозволяє встановити масштаб для збільшення або зменшення всіх розмірних елементів без зміни значення самого розміру;
- *Scale Dimension to Layout (Paper Space)* при роботі в полі аркуша погоджує масштаби розмірних елементів з масштабом креслення в поточному видовому екрані.

У розділі *Fine Tuning* надаються додаткові можливості розміщення тексту і розмірної лінії:

- *Place Text Manually When Dimensionin* при ввімкненні дозволяє вручну розташовувати текст при нанесенні розмірів;
- *Always Draw Dim Line Between Ext Lines* при ввімкненні примусово проводить розмірну лінію між визначальними точками, навіть коли ACAD розміщує стрілки поза цими точками (даний режим впливає на простановку радіального розміру).

Основні одиниці

Настроювання основних одиниць розмірного числа здійснюється на панелі *Primary Units* (рис. 6.38), на якій також задається масштабний фактор значення розміру.

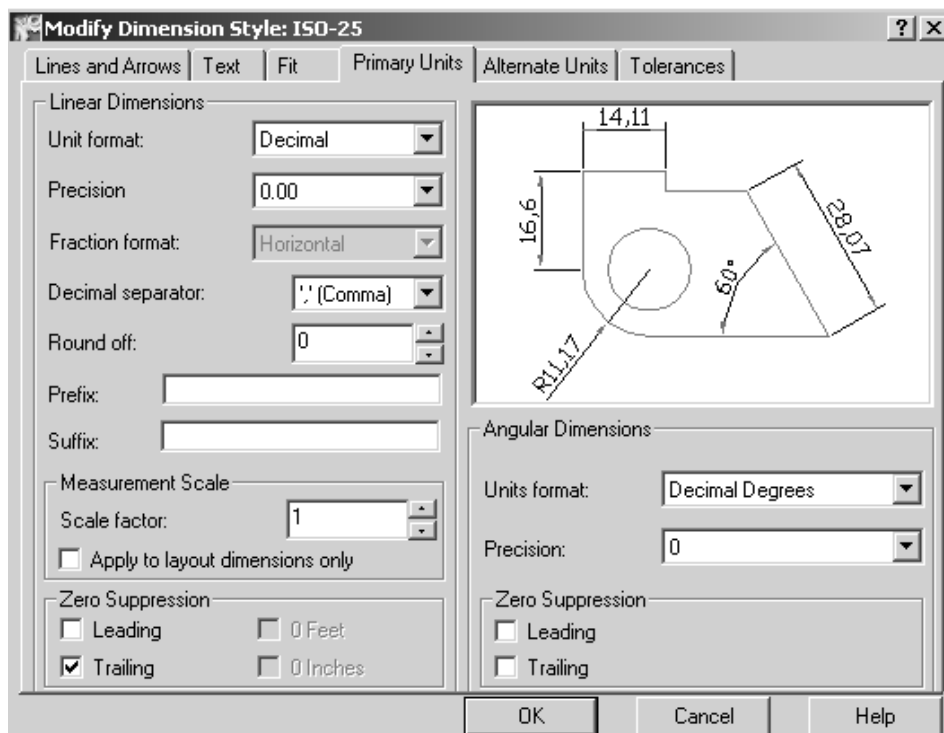


Рис. 6.38

У розділі *Linear Dimensions* здійснюється настроювання лінійних одиниць:

- *Unit format* визначає формат одиниць розмірного тексту;
- *Precision* визначає точність розмірного тексту;
- *Fraction format* визначає формат дробової частини при використанні простих дробів;
- *Decimal separator* визначає формат роздільника десяткової частини числа;

– *Round off* установлює розмір округлення чисел для всіх типів розмірів, крім кутового (якщо, наприклад, ввести 1, то розміри будуть округлятися до цілочислового значення);

– *Prefix* дозволяє ввести префікс, що буде відображатися перед розмірним текстом (наприклад, можна ввести %% з, після чого перед текстом буде зображуватися знак діаметра, що іноді необхідно при простановці горизонтальних або вертикальних розмірів);

– *Suffix* дозволяє ввести суфікс, що буде відображатися після розмірного тексту (наприклад, можна ввести скорочення "мм", що буде означати одиниці виміру).

У розділі *Measurement Scale* визначаються масштаби (рис. 6.38):

– *Scale Factor* – масштаб значення розмірного числа;

– *Apply to Layout Dimensions Only* – масштабний фактор тільки для розмірів, що проставляються в межах аркуша.

Розділ *Zero Suppression* містить засоби подавлення нулів:

– *Leading* – подавлення нуля перед комою (наприклад, замість 0,370 буде 370);

– *Trailing* – подавлення останніх нулів у десятковій частині (наприклад, замість 12,3500 буде 12,35);

– *0 Feet* – подавлення 0 футів (наприклад, замість 0'- 6 1/2" буде 6 1/2"0);

– *Inches* – подавлення 0 дюймів (наприклад, замість 1'- 0" буде 1').

Подібно до лінійних налаштувань здійснюється налаштування одиниць кутових розмірів у розділі *Angular Dimensions*.

Альтернативні одиниці

У деяких випадках поряд з основними одиницями необхідно вказувати альтернативні, тобто одиниці в інших системах виміру (рис. 6.39).

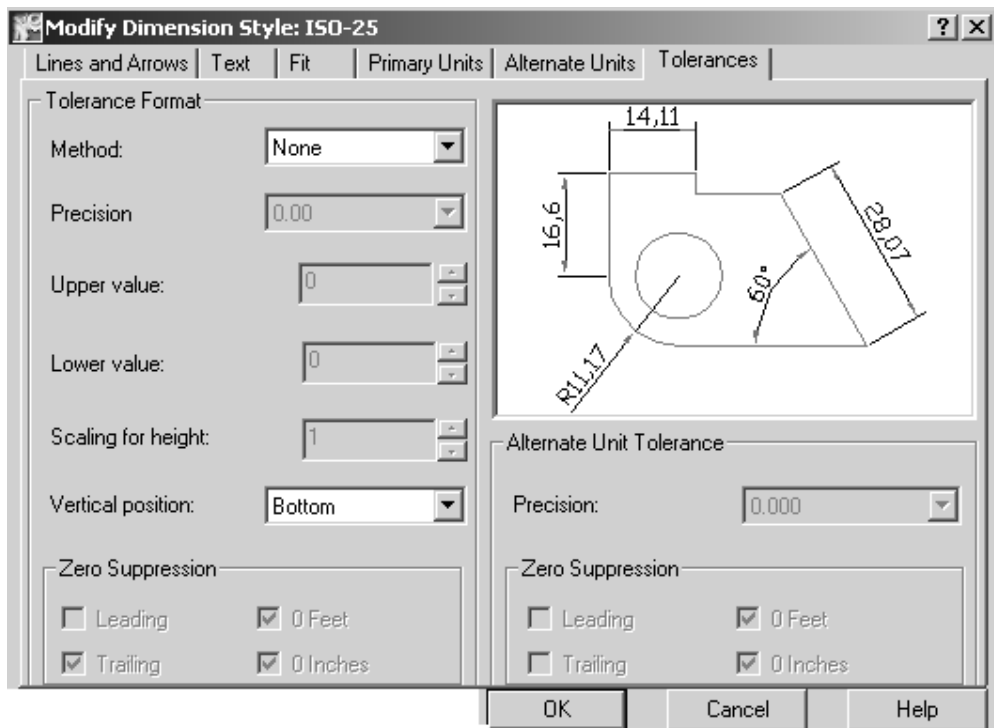


Рис. 6.39

Якщо, наприклад, поруч з розміром, що відбиває величину в міліметрах, потрібно вказати розмір у дюймах, слід скористатися панеллю *Alternate Units*.

Ввімкнення опції *Display Alternate Units* дозволяє використовувати альтернативні одиниці. Опишемо тільки ті опції, що відрізняються від опцій основних одиниць.

Отже, розділ *Alternate Units* містить такі засоби:

- *Multiplier for Alternate Units* встановлює множник, що визначає значення альтернативних одиниць відносно основних;
- *Round Distances To Placement* встановлює розмір округлення альтернативних одиниць для всіх розмірів, крім кутових.

Засобами розділу визначається розташування альтернативних одиниць:

- *After Primary Units* – після основних одиниць;
- *Below Primary Units* – під основними одиницями.

Допуски граничних відхилень

Настроювання допусків граничних відхилень виконується на панелі *Tolerances* (див. рис. 6.39).

У розділі *Tolerance Format* встановлюються типи, точність і значення допуску:

- *Method* – тип допуску: *None* – допуск відсутній; *Symmetrical* – додатний і від'ємний допуски однакові; *Deviation* – додатний і від'ємний допуски різні; *Limits – Basic*;
- *Precision* – точність допуску;
- *Upper value* – верхнє (додатне) значення допуску;
- *Lower value* – нижнє (від'ємне) значення допуску (використовується у випадку нерівнозначних допусків);
- *Scaling for height* – масштаб тексту допусків відносно основного розмірного тексту;
- *Vertical position* – вертикальне розташування допусків відносно основного розмірного тексту: по нижній межі, по центру або по верхній межі.

6.8. Лабораторний практикум з комп'ютерної графіки

Лабораторна робота № 1

ГРАФІЧНІ ПРИМІТИВИ В СИСТЕМІ ACAD

Студент _____ Група _____

Мета роботи: засвоєння команд побудови графічних примітивів.

Порядок виконання роботи

А. Налаштувати робоче середовище системи ACAD (або перевірити правильність його налаштування).

Б. Розграфити екран дисплея відрізками прямих за заданими координатами на 12 полів. Записати англійські назви команд у кожному з полів. У правому нижньому куті поля схематично зобразити іконку меню, у лівому нижньому – проставити координати початку відрізка для даного поля, які слід використовувати під час побудови зображень.

В. Заповнити отримані поля такими зображеннями (табл. 6.3):

1. Побудувати замкнену ламану лінію:

– задавши координати точок 1 і 2 в абсолютній системі координат, побудувати відрізок 1-2;

– задавши координати точок 3, 4, 5, 6 у відносній системі координат, побудувати відрізки 2-3, 3-4, 4-5, 5-6;

– задавши координати точки 7 у полярній системі координат, побудувати відрізок 6-7;

– замкнути лінію, з'єднавши точки 1 і 7.

2. Побудувати кола: перше – задавши координати центра і радіус; друге – задавши координати трьох точок; третє (задати довільно) – з урахуванням того, що воно має бути дотичним до перших двох і мати заданий радіус; четверте і п'яте – з урахуванням того, що вони мають бути дотичними до трьох раніше побудованих (внутрішній і зовнішній дотик).

Виділити точки.

3. Побудувати кілька дуг кіл, використовуючи різні опції.

4. Побудувати два еліпси: перший – задавши велику вісь точками А і В і довжину малої півосі; другий – задавши координати центра С, точку А і довжину другої півосі.

5. Побудувати полілінію, використовуючи різні товщини ліній на початку і в кінці побудови.

6. Побудувати два правильних багатокутника (вписаний у коло радіусом R_n і описаний навколо кола з таким самим радіусом). Побудувати правильний багатокутник, стороною якого буде відрізок АВ (довжина довільна).

7. Побудувати контур і область, попередньо змінивши колір лінії.

8. Побудувати всі варіанти штрихування заданих зображень.

9. Зробити кілька написів, використовуючи різні типи шрифтів (змінюючи розмір шрифту, напрямки рядків тощо). Створити окремий стиль.

10. Побудувати зображення різних *типів ліній* і зробити відповідні написи російською та англійською мовами.

11. Побудувати зображення, використавши всі типи *прив'язок*.

12. Придумати й побудувати зображення (машину, ракету), використавши якнайбільше графічних примітивів і відомих команд прив'язки.

Під час підготовки до лабораторної роботи записати у табл. 6.4 послідовність команд, опцій, а також значення параметрів для розв'язання кожної із запропонованих задач.

Таблиця 6.3

7	Лінія	1	Коло	2	Дуга	3	Еліпс	4
Полілінія	5	Багатокутник	6	Штриховка	7	Контур, область	8	
Текст	9	Тип лінії	10	Прив'язка	11		12	

Таблиця 6.4

№ n/n	Команди, опції, параметри
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Підпис студента _____ Роботу прийняв _____

Лабораторна робота № 2

РЕДАГУВАННЯ КРЕСЛЕННЯ В СИСТЕМІ АСАД

Студент _____ Група _____

Мета роботи: засвоєння команд редагування креслення.

Порядок виконання роботи

А. Налаштувати робоче середовище АСАД (або перевірити правильність його налаштування). Робота виконується на форматі А3, одиниці виміру — міліметри і градуси, крок сітки — 10 мм.

Б. На першому етапі роботи необхідно одержати зображення запропонованої деталі (рис. 6.40) за заданими розмірами (розміри не проставляти).

Алгоритм побудови:

1. Побудувати *квадрат* 160×160 і чотири *кола* (d, n, f, k).

2. На отриманому зображенні в лівому верхньому і правому нижньому кутах деталі виконати *фаски* заданих розмірів, а в лівому нижньому і правому верхньому кутах — *спряження дугами* кіл. Побудувати *ламану* а.

3. Побудувати два *масиви*: *прямокутний масив* кіл $\varnothing 20$ мм, що складається з двох рядків і п'яти стовпців; *круговий масив*, що складається з шести елементів ламаної та з центром у точці з координатами 110,160.

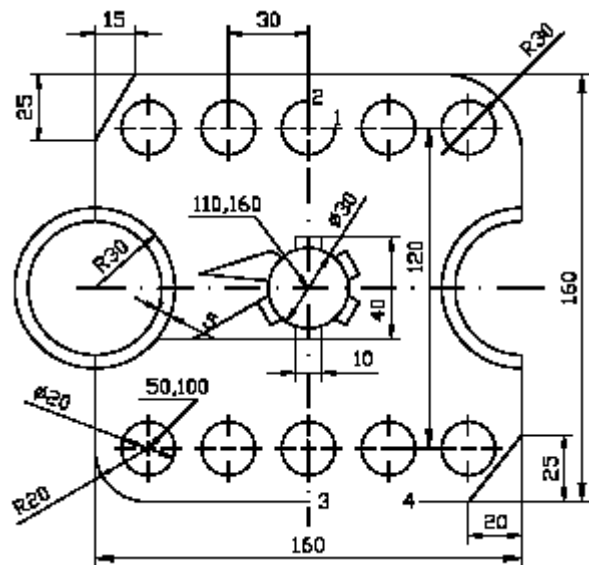


Рис. 6.40

Побудувати два кола m і r, *еквідистантні* колам d і f на відстані 5 мм (m усередині d і r зовні f).

4. Обрізати: сторони квадрата, що лежать усередині кіл m і f; дуги кіл f і r, розташовані поза квадратом; лінії кругового масиву, що лежать усередині кола n.

Вилучити: частину сторони квадрата між точками 3 і 4 і частину кола між точками 1 і 2.

Використовуючи команди редагування, змінити розташування одного з елементів кругового масиву, перемістивши його в точку А (координати довільні).

Подовжити два відрізки h і q кругового масиву до зазначених меж (h до d, q до h).

Записати команди виконання кожного етапу:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

Підпис студента _____

Роботу прийняв _____

Лабораторна робота № 3

ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ ПРИ КРЕСЛЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ

Студент _____ Група _____

Мета роботи:

- закріплення знань з побудови й редагування зображень;
- набуття навичок з розробки алгоритму побудови складних геометричних зображень.

Приклад зображення наведено на рис. 6. 42. Кожний студент виконує зображення за своїм варіантом (табл. 6.6).

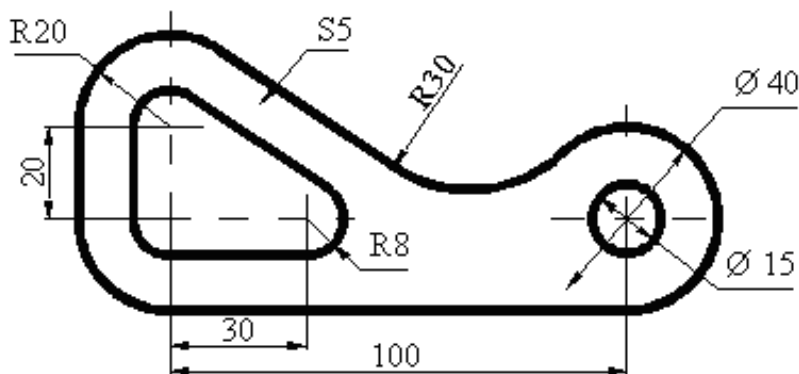
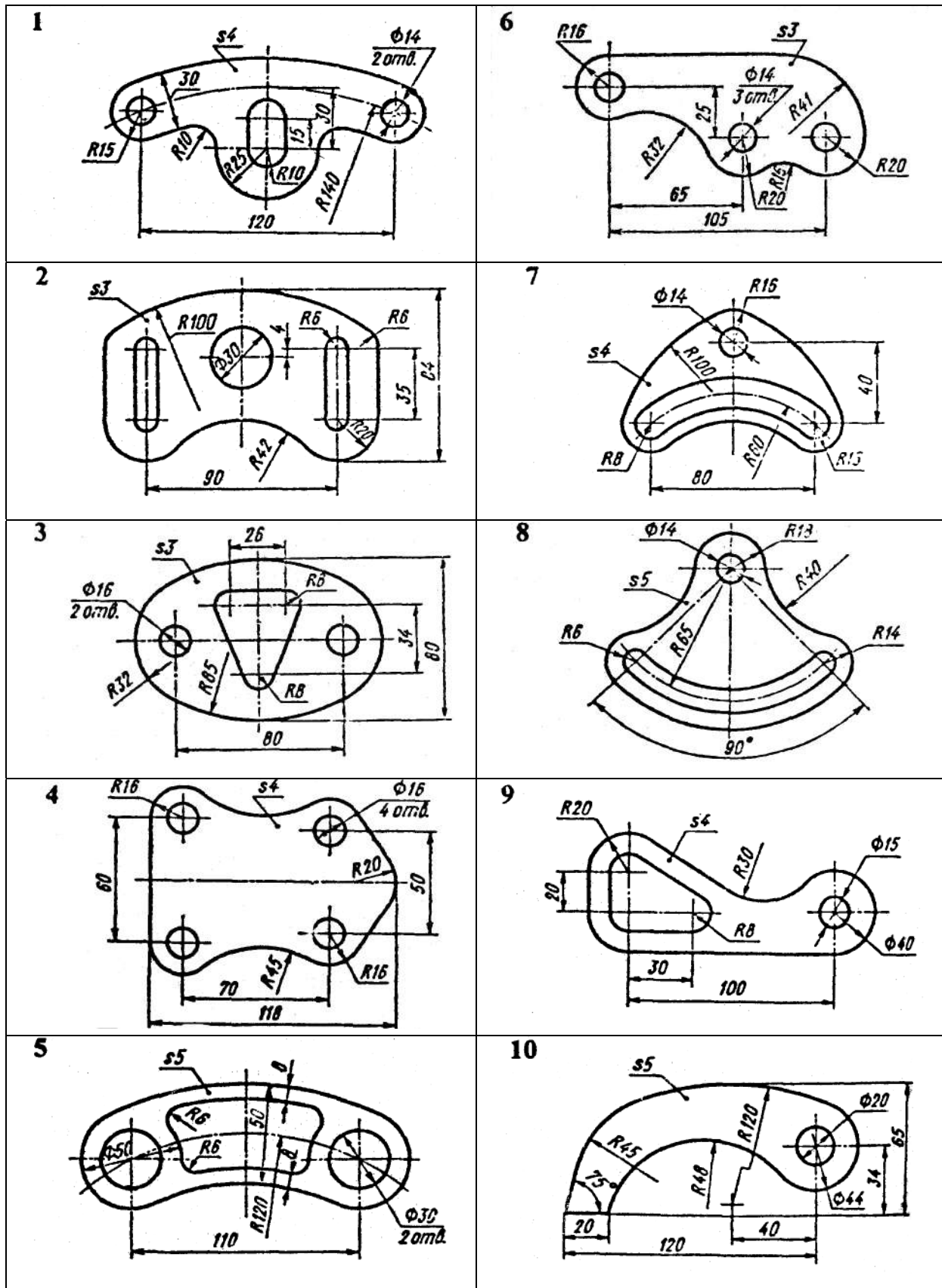


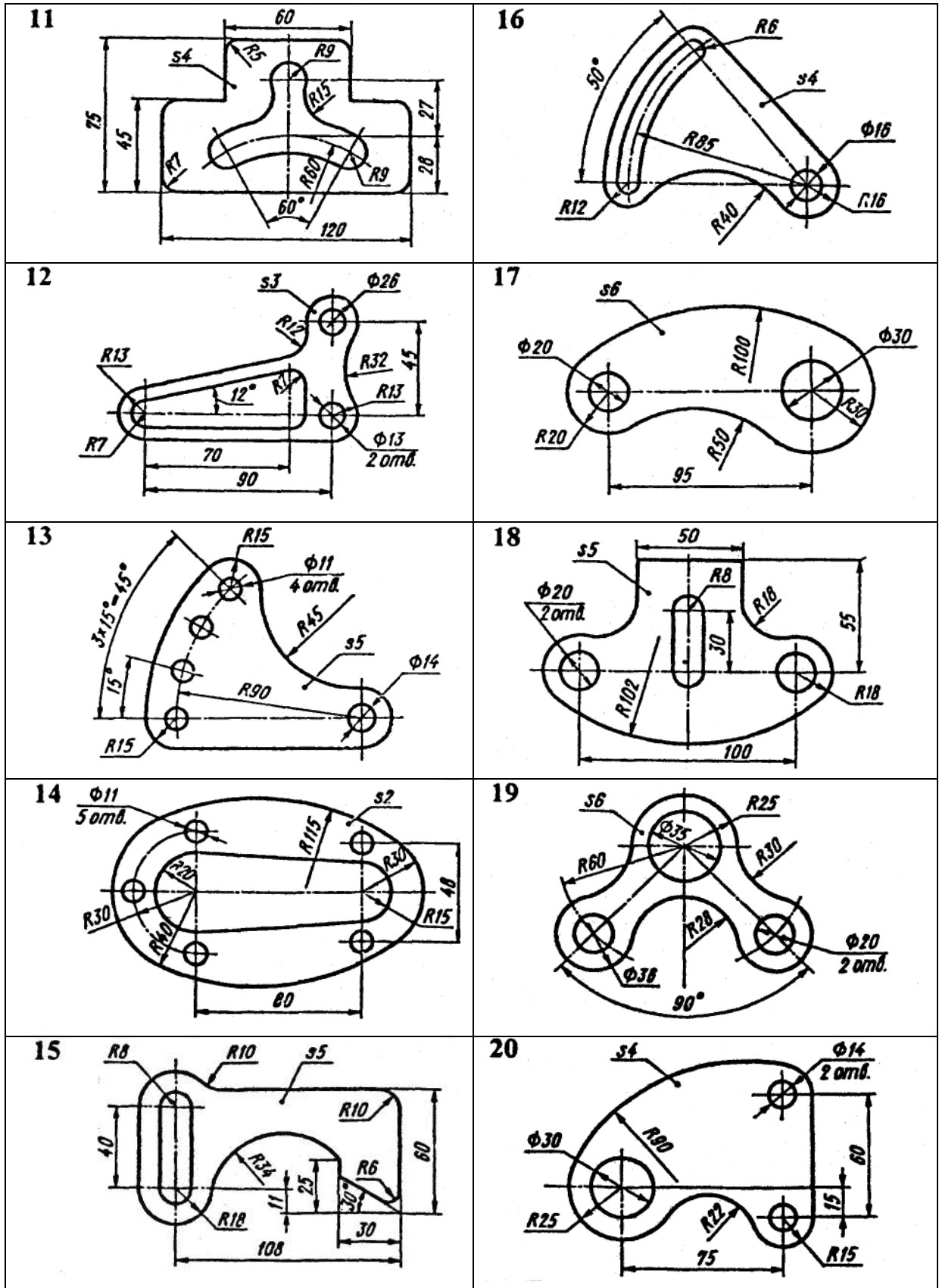
Рис. 6.42

Порядок виконання роботи

1. Визначити й пронумерувати на зображенні всі геометричні елементи.
2. Записати геометричні елементи в табл. 6.7, згрупувати їх за типами.
3. Виконати ескізи елементів, указавши відомі з креслення параметри (табл. 6.7).
4. Записати в табл. 6.7 невідомі з креслення параметри і вказати геометричний алгоритм їхнього визначення.
5. Виконати креслення деталі із застосуванням зазначених в алгоритмі геометричних побудов.

Варианты





Лабораторна робота № 4

ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ДЕТАЛІ

Студент _____ Група _____

Мета роботи:

- набуття навичок з розробки алгоритму побудови плоского зображення;
- закріплення навичок роботи з командами побудови плоского зображення;
- набуття навичок з оформлення креслення машинобудівної деталі типу “штуцер”.

Приклад виконання креслення наведено на рис. 6.43.

Порядок виконання роботи

А. Налаштувати параметри робочого середовища (встановити границі формату А3, правий верхній кут 420, 297):

1. Вивести межі формату А3 на екран командою ZOOM/ALL.
2. На екрані встановити сітку командою GRID (крок сітки вибрати самостійно).
3. У разі необхідності встановити прив'язку курсора до сітки (Snap).
4. Вибрати масштаб креслення деталі.

Б. Виконати креслення деталі:

1. Установити на екрані Layer 0 (нульовий рівень встановлюється на екрані автоматично).
2. Провести на кресленні осьові лінії згідно з кресленням деталі, що виконується.
3. На головному вигляді побудувати половину зовнішнього контуру деталі (використовуючи команду PLINE, формат @ : $\Delta x, \Delta y$ і команду CHAMFER). Розміри деталі вибрати згідно зі своїм варіантом.
4. Використовуючи команду MIRROR, відносно осі симетрії деталі закінчити побудову зовнішнього контуру деталі.
5. Закінчити креслення головного вигляду, використовуючи команду LINE. Для побудови дуг кола на гранях гайки використовувати команду PLINE у режимі рисування дуги (ARC).

6. При виконанні креслення отворів $\varnothing 1$ на поверхні гайки використовувати команди DONUT і ELLIPSE.

7. Викреслити деталь за розмірами на вигляді зверху (шестикутник, два кола, циліндричний отвір).

8. Визначити за довідковою літературою параметри проточок (f_1, f_2, R_2, R_1, df) для заданої різі та викреслити проточку в масштабі М4:1.

9. За допомогою команди PLINE ($W=1$) навести основні лінії креслення, враховуючи необхідність утворення замкнених контурів для нанесення штриховки.

В. Виконати штриховку:

1. Установити на екрані Layer 1 (використовувати опції New і Set або Make).

2. Виконати штриховку (HATCH) на головному вигляді (кут штриховки — 45° , крок — 4).

3. У випадку “проливання” штрихової лінії за межі сектора штриховки перевірити цілісність контуру сектора. У разі необхідності повторити обведення контуру полілінією.

Г. Нанести розміри:

1. Установити на екрані Layer 2 (використовувати опції New і Set або Make).

2. Нанести розміри, запустивши для цього генератор розмірів DIM і встановивши необхідні значення розмірних змінних.

Д. Викреслити рамку й основний напис:

1. Використовуючи в головному меню ACAD команду “РАМКА”, вставити рамку формату А3 і основний напис (виклик рамки здійснюється як вставка блока).

2. Виконати основний й додаткові написи.

Виконану роботу показати викладачу й записати в файл.

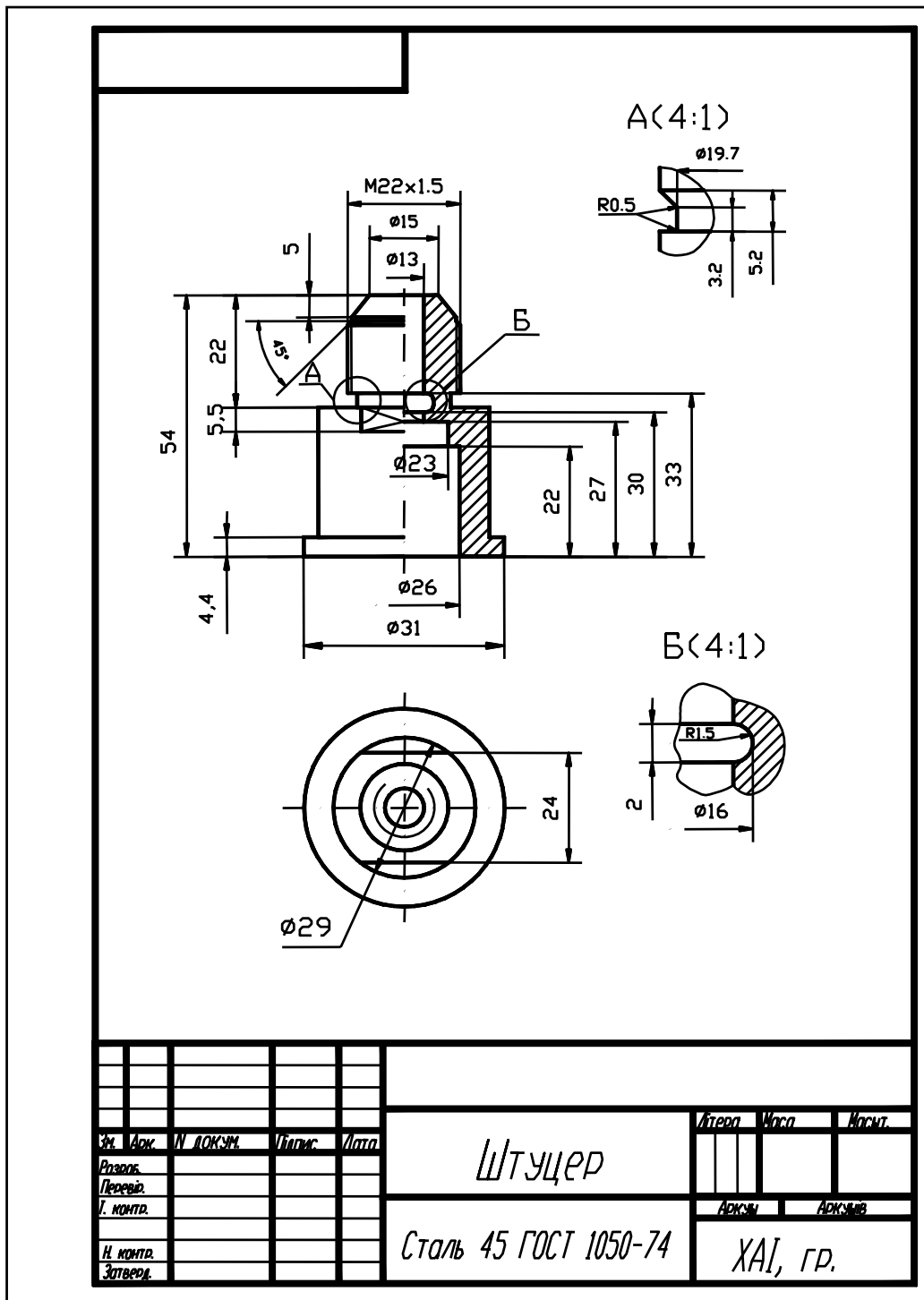


Рис. 6.43

Підпис студента _____ Роботу прийняв _____

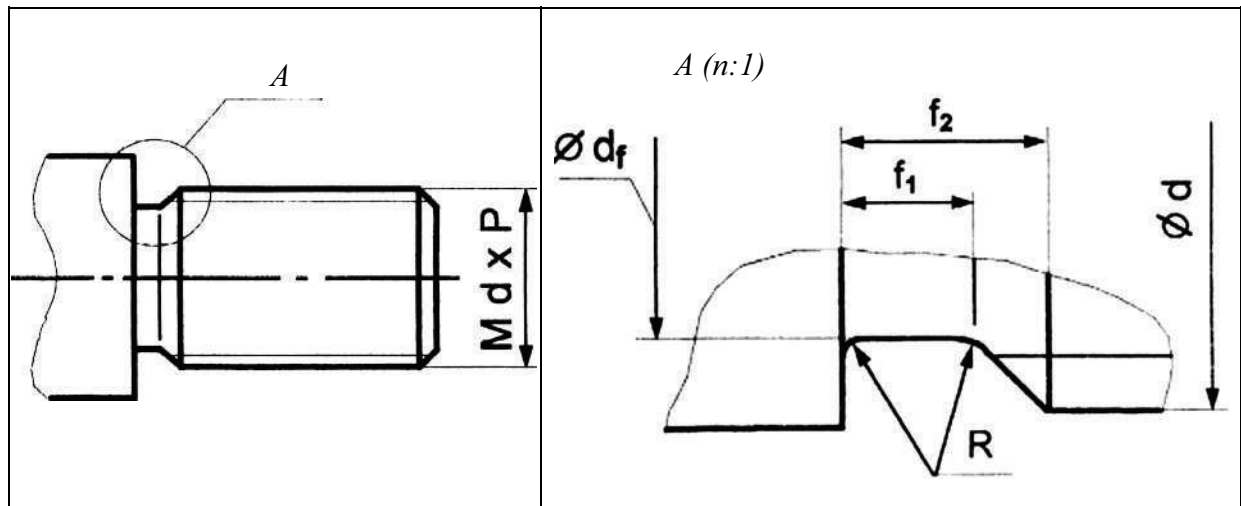
ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця Д.1

Діаметри і кроки метричної різі
(СТ СЕВ 181-75)

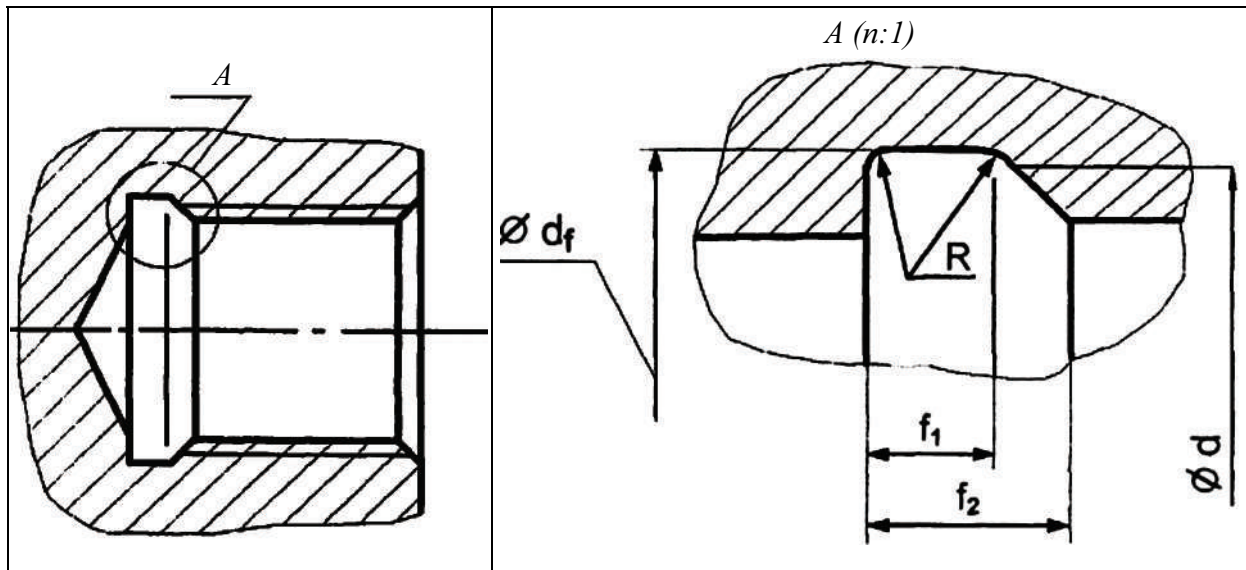
Діаметр d різі для ряду			Крок Р		Діаметр d різі для ряду			Крок Р	
1	2	3	великий	малий	1	2	3	великий	малий
1	—	—	0,25	0,2	—	—	(38)	—	1,5
—	1,1	—	0,25	0,2	—	39	—	4	3; 2; 1,5; 1
1,2	—	—	0,25	0,2	—	—	40	—	(3); (2); 1,5
—	1,4	—	0,30	0,2	42	—	—	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
1,6	—	—	0,35	0,2	—	45	—	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
—	1,8	—	0,35	0,2	48	—	—	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
2	—	—	0,40	0,25	—	—	50	—	(3); (2); 1,5
—	2,2	—	0,45	0,25	—	52	—	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
2,5	—	—	0,45	0,35	—	—	55	—	(4); (3); 2; 1,5
3	—	—	0,50	0,35	56	—	—	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
—	3,5	—	(0,60)	0,35	—	—	58	—	(4); (3); 2; 1,5
4	—	—	0,70	0,5	—	60	—	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
—	4,5	—	(0,75)	0,5	—	—	62	—	(4); (3); 2; 1,5
5	—	—	0,80	0,5	64	—	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	(5,5)	—	0,5	—	—	65	—	(4); (3); 2; 1,5
6	—	—	1	0,75; 0,5	—	68	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	7	1	0,75; 0,5	—	—	70	—	(6); (4); (3); 2;
8	—	—	1,25	1; 0,75; 0,5	72	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	9	(1,25)	1; 0,75; 0,5	—	—	75	—	4; 3; 2; 1,5
10	—	—	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5	—	76	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	11	(1,5)	1; 0,75; 0,5	—	—	(73)	—	2
12	—	—	1,75	1,5; 1,25;	80	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
—	14	—	2	1,5; 1,25;	—	—	(82)	—	2
—	—	15	—	1,5; (1)	—	85	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
16	—	—	2	1,5; 1; 0,75; 0,5	90	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	—	17	—	1,5; (1)	—	95	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	18	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75;	100	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
20	—	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75;	—	105	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	22	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75;	110	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
24	—	—	3	2; 1,5; 1; 0,75	—	115	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	—	25	—	2; 1,5; (1)	—	120	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	—	(26)	—	1,5	125	—	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5
—	27	—	3	2; 1,5; 1; 0,75	Примітки: 1. Діаметри і кроки різі, взяті в дужки, якщо можна, не застосовувати. 2. При виборі діаметрів різі слід віддавати перевагу першому ряду над другим, другому — над третім.				
—	—	(28)	—	2; 1,5; 1					
30	—	—	3,5	(3); 2; 1,5; 1;					
—	—	(32)	—	2; 1,5					
—	33	—	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75					
—	—	35	—	1,5					
36	—	—	4	3; 2; 1,5; 1					

**Розміри проточок для зовнішньої метричної різі, мм
(ГОСТ 27148-86 (СТ СЕВ 214-86))**



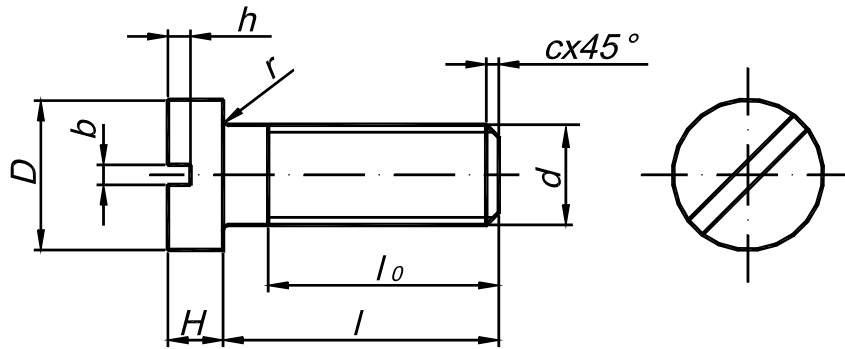
Крок різі P	f ₁ , не менше		f ₂ , не менше		d _f	R≈0,5P
	нормальна	коротка	нормальна	коротка		
0,2	0,45	0,25	0,7	0,5	d-0,3	0,1
0,25	0,55	0,25	0,9	0,5	d-0,5	0,12
0,3	0,6	0,3	1,05	0,75	d-0,5	0,15
0,35	0,7	0,4	1,2	0,9	d-0,5	0,17
0,4	0,8	0,5	1,4	1,0	d-0,7	0,2
0,45	1,0	0,5	1,6	1,1 4	d-0,7	0,22
0,5	1,1	0,5	1,75	1,25	d-0,8	0,25
0,6	1,2	0,6	2,1	1,5	d-1,0	0,3
0,7	1,5	0,8	2,45	1,75	d-1,1	0,35
0,75	1,6	0,9	2,6	1,9	d-1,2	0,4
0,8	1,7	0,9	2,8	2,0	d-1,3	0,4
1	2,1	1,1	3,5	2,5	d-1,6	0,5
1,25	2,7	1,5	4,4	3,2	d-2	0,6
1,5	3,2	1,8	5,2	3,8	d-2,3	0,75
1,75	3,9	2,1	6,1	4,3	d-2,6	0,9
2	4,5	2,5	7	5,0	d-3,0	1,0
2,5	5,6	3,2	8,7	6,3	d-3,6	1,25
3,0	6,7	3,7	10,5	7,5	d-4,4	1,5
3,5	7,7	4,7	12,5	9,0	d-5	1,75
4,0	9,0	5,0	14	10	d-5,7	2,0
4,4	10,5	5,5	16	11	d-6,4	2,25
5	11,5	6,5	17,5	12,5	d-7	2,5
5,6	12,5	7,5	19	14,5	d-7,7	2,75
6	14,0	8,0	21	15	d-8,3	3,0

Розміри проточок для внутрішньої метричної різі, мм
(ГОСТ 27148-86 (СТ СЕВ 214-86))



Крок різі P	f_1 , не менше		f_2 , не менше		d_f	$R \approx 0,5P$
	нормальна	коротка	нормальна	коротка		
0,2	0,8	0,5	1,2	0,9	$d+0,1$	0,1
0,25	1,0	0,6	1,4	1,0	$d+0,1$	0,12
0,3	1,2	0,75	1,6	1,25	$d+0,1$	0,17
0,35	1,4	0,9	1,9	1,4	$d+0,2$	0,17
0,4	1,6	1,0	2,2	1,5	$d+0,2$	0,2
0,45	1,8	1,1	2,4	1,7	$d+0,2$	0,22
0,5	2,0	1,25	2,7	2,0	$d+0,3$	0,25
0,6	2,4	1,25	3,3	2,4	$d+0,3$	0,3
0,7	2,8	1,75	3,8	2,75	$d+0,3$	0,35
0,75	3,0	1,9	4,0	2,9	$d+0,3$	0,4
0,8	3,2	2,0	4,2	3,0	$d+0,3$	0,4
1	4,0	2,5	5,2	3,7	$d+0,5$	0,5
1,25	5,0	3,2	6,7	4,9	$d+0,5$	0,6
1,5	6,0	3,8	7,8	6,6	$d+0,5$	0,75
1,75	7,0	4,3	9,1	6,4	$d+0,5$	0,9
2	8,0	5,0	10,3	7,3	$d+0,5$	1,0
2,5	10	6,3	13	9,3	$d+0,5$	1,25
3,0	12	7,5	15,2	10,7	$d+0,5$	1,25
3,5	14	9,0	17,0	12,7	$d+0,5$	1,75
4	16	10,0	20,0	14	$d+0,5$	2,0
4,5	18	11	23,0	16	$d+0,5$	2,25
5	20	12,5	26,0	18,5	$d+0,5$	2,5
5,5	22	14,0	28,0	20,0	$d+0,5$	2,75
6	24	15,0	30,0	21,0	$d+0,5$	3,0

Гвинти з циліндричною головкою, мм (ГОСТ 1419-72)



Номінальний діаметр різі d	Крок різі		Діаметр стрижня	Діаметр головки D	Висота головки H	Ширина шліца b	Глибина шліца h	Радіус під головою r	Довжина гвинта	Довжина різі l_0 залежно від l	
	великий	малий								l^0	l_0
1	9,25	—		2,0	0,7	0,32	0,3	0,2	Від (1.5) до 5	По всій довжині	
1,2	0,25	-	~	2,3	0,8	0,32	0,4	0,2	» 2 » 7	» » »	
(1,4)	0,3	-	1,4	2,6	1,0	0,32	0,5	0,2	» 2 » 11	10; 11	8
1,6	0,35	„	1,6	3,0	1,2	0,5	0,6	0,2	» 2 » 14	14	9
2	0,4	...	2	3,8	1,4	0,5	0,7	0,3	» 2,5 » 18	14-18	IX)
2,5	0,45	„	2,5	4,5	1,7	0,5	0,9	0,3	» 3 » 25	14-25	11
3	0,5	-	3	5,5	2,0	0,8	1,0	0,3	» 3 » 70	16-70	12
4	0,7	-	4	7,0	2,8	1,0	1,4	0,35	» 4 » 70	1S-70	14
5	0,8	"	5	8,5	3,5	1,2	1,7	0,5	» 5 » 70	20-70	*16
6	1		6	10,0	4,0	1,6	2,0	0,6	» 6 » 70	22-70	18
8	1,25	1	8	13,0	5,0	2,0	2,5	U	» 12 » 70	2S-70	22
10	1,5	1,25	10	16,0	6,0	2,5	3,0	1,1	» 18 » 70	32-70	26
12	1,75	1,25	12	18,0	7,0	3,0	3,5	1,6	» 22 » 85	35-85	30
(14)	2	1,5	14	21,0	8,0	3,0	3,5	1,6	» 25 » 90	40-90	34
16	2	1,5	16	24,0	9,0	4,0	4,0	1,6	» 30 » 95	45 " 95	38
(18)	2,5	1,5	18	27,0	10,0	4,0	4,5	S,6	»-35 » ПО	50-110	42
20	2,5	1,5	20	30,0	11,0	4,0	4,5	2,2	» 40 » 120	55-120	46

Примітка. Довжини гвинтів беруться із ряду (1,5); 2; (2,5); 3; (3,5); 4; 5; 6; (7); 8; 9; 10; 11; 12; (13); 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; (B5); 90; (95); 100; 110; 120.

Приклад умовного позначення:

1) гвинт виконання 1 з діаметром різі $d=12$ мм, з великим кроком різі, з полем допуску 8g завдовжки

$l=50$ мм, класу міцності 5.8, без покриття: Гвинт $M12 \times 50,55$ ГОСТ 1491-72;

2) гвинт виконання 2 з діаметром різі $d=12$ мм, з малим кроком різі, з полем допуску 6g завдовжки

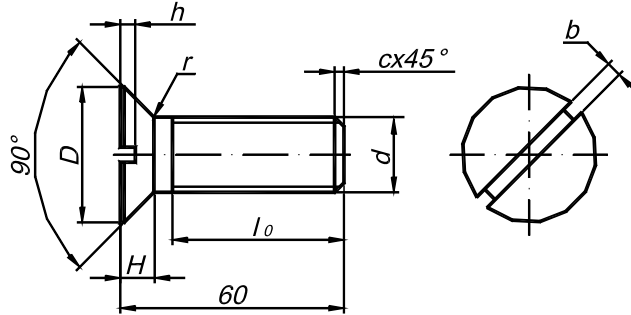
$l=60$ мм, класу міцності 10.9 із сталі марки 40X, з покриттям 01 завтовшки 9 мкм:

Гвинт $2M12 \times 1.25.6a \times 60.109.40X.019$ ГОСТ 1491-72.

*При менших значеннях l різь нарізана по всій довжині.

Таблиця Д.5

Гвинти з потайною головкою, мм (ГОСТ 17475-72)



Номинальний діаметр різі d	Крок різі		Діаметр стрижня d	Діаметр головки D	Висота головки H , не більше	Радіус під головою r	Виконання 1 і 2		Виконання 2 і 4			Довжина гвинта l	Довжина різі l_0 залежно від l	
	великий	малий					Ширина шліца b	Глибина шліца k	Номер хрестоподібного шліца	Глибина хрестоподібного шліца	Діаметр хрестоподібного шліца		l	l_0
1	0,25	-	-	1,9	0,5	0,2	0,32	0,3	-	-	-	Від	По	
1,2	0,25	-	-	2,3	0,6	0,2	0,32	0,3	-	-	-	2 до	всій	
1,4	0,3	-	-	2,6	0,7	0,2	0,32	0,4	-	-	-	5	дов-	
1,6	0,35	-	1,6	3,0	0,8	0,2	0,5	0,4	-	-	-	» 3	жині	9
2	0,4	-	2	3,8	1	0,3	0,5	0,5	0	0,95	1,75	» 7	те	10
2,5	0,45	-	2,5	4,7	1,25	0,3	0,5	0,7	1	1,2	2,45	» 3	саме	11
3	0,5	-	3	5,6	1,5	0,3	0,8	0,9	1	1,4	2,7	» 11	14	12
4	0,7	-	4	7,4	2	0,3	10	101	2	1,8	4,1	» 3	14-	14
5	0,8	-	5	9,2	2,5	5	102	102	2	2,3	4,6	» 14	18	*16
6	1	-	6	11,0	3	0,5	106	105	3	2,7	6,5	» 3	16-	18
8	1,25	1	8	14,5	4	0,6	2	2	3	3,7	7,5	» 18	25	22
10	1,5	1,25	10	18,0	5	1,1	2,5	205	4	4,6	9,7	»3,5	18-	26
12	1,75	1,25	12	21,5	5,5	1,1	3	205	4	5,1	10,2	» 25	70	30
14	2	1,5	14	25,0	6,5	1,6	3	3	-	-	-	»3,5	20-	34
16	2	1,5	16	28,5	7	1,6	4	305	-	-	-	» 70	70	38
18	2,5	1,5	18	32,5	8	1,6	4	4	-	-	-	» 7	22-	42
20	2,5	1,5	20	36,0	9	1,6	4	4	-	-	-	» 70	70	46
						2,2						» 8	25-	
												» 70	70	
												» 8	32-	
												» 70	70	
												» 12	38-	
												» 70	85	
												»20	42-	
												» 70	85	
												» 22	48-	
												» 85	90	
												»25	55-	
												» 90	95	
												»30	60-	
												» 95	110	
												»35	65-	
												»	120	
												120		
												»38		
												»		
												120		

Примітка. Ряд довжин гвинтів див. табл. з ГОСТ 1491-72.

Приклади умовного позначення:

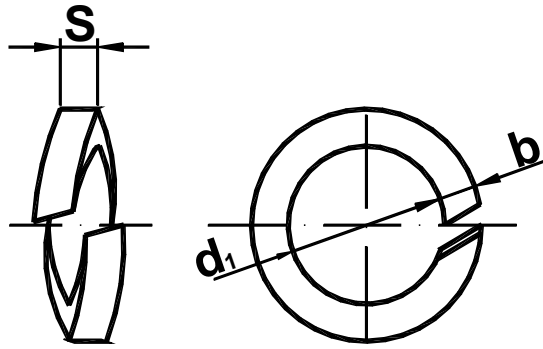
1) гвинт виконання 1 з діаметром різі $d=12$ мм, з великим кроком різі, з полем допуску 8 завдовжки $L=50$ мм, класу міцності 5.8, без покриття: Гвинт М12х 30,58 ГОСТ 17475-72;

2) гвинт виконання 2 з діаметром різі $d=12$ мм, з дрібним кроком різі, з полем допуску b_6 завдовжки $L=50$ мм, класу міцності 10.9 зі сталі марки 40X, з покриттям 01 завтовшки 9 мкм:

Гвинт 2М12х 1,25 х 30,40 х 0,19 ГОСТ 17475-72.

* При менших значеннях l різь нарізана по всій довжині

Шайби пружні, мм (ГОСТ 6402-70)



Номінальний діаметр різі кріпильної деталі	Номінальний діаметр d_1	Розміри S і b			
		Легкі шайби		Нормальні шайби	Важкі шайби
		S	b	S = b	S = b
5	5,1	1,2	1,6	1,4	1,6
6	6,1	1,4	2,0	1,6	2,0
8	8,1	1,6	2,5	2,0	2,5
10	10,1	2,0	3,0	2,5	3,0
12	12,1	2,5	3,5	3,0	3,5
14	14,2	3,0	4,0	3,5	4,0
16	16,3	3,2	4,5	4,0	4,5
18	18,3	3,5	5,0	4,5	5,0
20	20,5	4,0	5,5	5,0	5,5
22	22,5	4,5	6,0	5,5	6,0
24	24,5	5,0	7,0	6,0	7,0
27	27,5	5,5	8,0	7,0	8,0
30	30,5	6,0	9,0	8,0	9,0
36	36,5	—	—	9,0	10
42	42,5	—	—	10	12
48	48,5	—	—	12	—

Приклади умовного позначення:

- 1) шайба пружна для болта, гвинта, шпильки з діаметром різі 12 мм, легка із бронзи марки БрКМа3-1, без покриття:

Шайба 12Л.БрКМа3-1 ГОСТ 6402-70;

- 2) та сама нормальна, зі сталі марки 65Г, з кадмієвим покриттям:

Шайба 12.65Г.02.9 ГОСТ 6402-70;

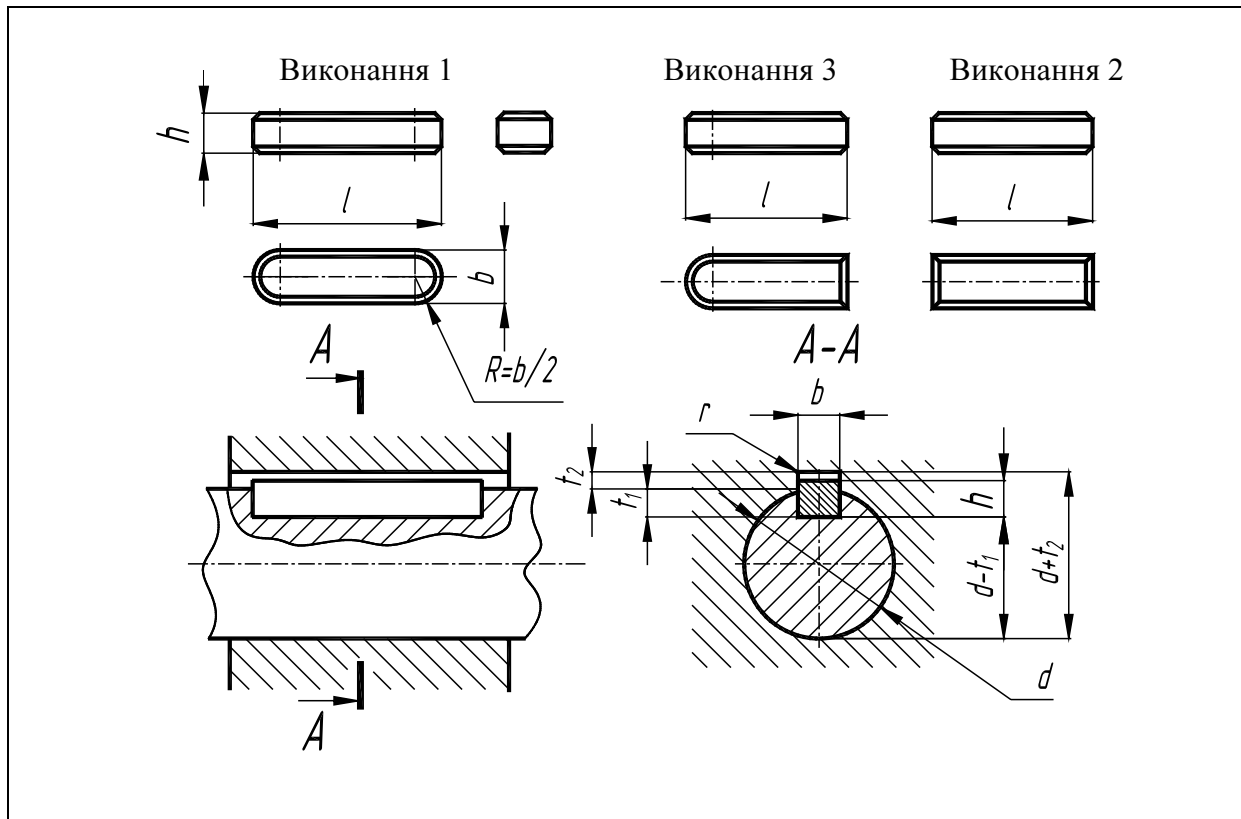
- 3) та сама важка, зі сталі марки 3Х13.11 з пасивним покриттям:

Шайба 12Т.3Х13.11 ГОСТ 6402-70;

- 4) та сама особливо важка, зі сталі марки 65Г, покриття нікелеве завтовшки 3 мкм, з підшаром міді завтовшки 12 мкм:

Шайба 120Т.65Г.03.М12НЗ ГОСТ 6402-70.

Шпонки призматичні, мм (ГОСТ 23360-78)



Діаметр вала d	Розміри перерізу шпонки		Глибина вала		Радіус заокруглення паза або фаска $i_1 \alpha 45^\circ$		Довжина шпонки g	Фаска для шпонки i
	b	h	вал t_1	втулка t_2	найменший	найбільший		
Від 6 до 8	2	2	1,2	1,0	0,08	0,16	Від 6 до 20	0,16 – 0,25
Понад 8 » 10	3	3	1,8	1,4				
» 10 » 12	4	4	2,5	1,8				
Понад 12 до 17	5	5	3	2,3	0,16	0,25	10 – 56	0,25 – 0,40
» 17 » 22	6	6	3,5	2,8				
» 22 » 30	8	7	4	3,3				
Понад 30 до 38	10	8	5	3,3	0,25	0,4	22 – 110	0,40 – 0,60
» 38 » 44	12	8	5	3,3				
» 44 » 50	14	9	5,5	3,8				
» 50 » 58	16	10	6	4,3				
» 58 » 65	18	11	7	4,4				
Понад 65 до 75	20	12	7,5	4,9	0,4	0,6	56 – 220	0,60 – 0,80
» 75 » 85	22	14	9	5,4				
» 85 » 95	24	14	9	5,4				

Приклади умовного позначення:

- 1) шпонка призматична виконання 1 (із заокругленими торцями) з розмірами $b=18$ мм; $h=11$ мм; $l=100$ мм:

Шпонка 18 x 11 x 100 ГОСТ 23360—78;

- 2) та ж сама виконання 2 (з плоскими торцями):

Шпонка 2—18 x 11 x 100 ГОСТ 23360—78.

Розміри шпонок клинових – за ГОСТ 8792—68.

Розміри шпонок клинових з головкою – за ГОСТ 8792—68.

Розміри перетину шпонок клинових і пазів – за ГОСТ 8792—68.

Таблиця Д.8

**Механічні властивості болтів, гвинтів і шпильок
із вуглеродистих і легованих сталей (ГОСТ 1759-70¹)**

Клас міцності	Часовий опір σ_b		Межа текучості σ_f	Відносне подовження σ_s	Ударна в'язкість	Твердість за Бринеллем НВ		Марка сталі	Номер стандарту
	min	max				не більше			
3.6	34 30	49	20	25		90	150	Ст3, Ст3СП, 10'	ГОСТ 380-71 ГОСТ 1050-74 ГОСТ 10702-78
4.6 4.8	40	56	24 32	25 14	5.5	110	170	юкп	ГОСТ 1050-74 ГОСТ 10702-78
5.6	50	70	30	20	5	140	215	20 W	ГОСТ 0702-78 ГОСТ 10702-78
5.8 6.6			40	10					
6.8 6.9	60	80	36 48 1 54	16 8 12	4	170	245	35,45 20,20КП	ГОСТ 1050-74 ГОСТ 10702-78
8.8	80	100	64	12	6	225	300	35, 35Х, 38ХА, 45Г 38ХЛ	ГОСТ 1050-74 ГОСТ 10702-78 ГОСТ 4543-71
10.9	100	120	90	9	4	280	365	40Г2ДОХ 16ХСН 30ХГС.А	ГОСТ 10702-78 ГОСТ 4543-71

Примітка. Клас міцності зазначений двома числами; перше число, помножене на 10, визначає величину мінімального часового опору в кгс/мм²; друге число, помножене на 10, визначає відношення межі текучості до часового опору у відсотках; добуток чисел – величина межі текучості в кгс/мм².

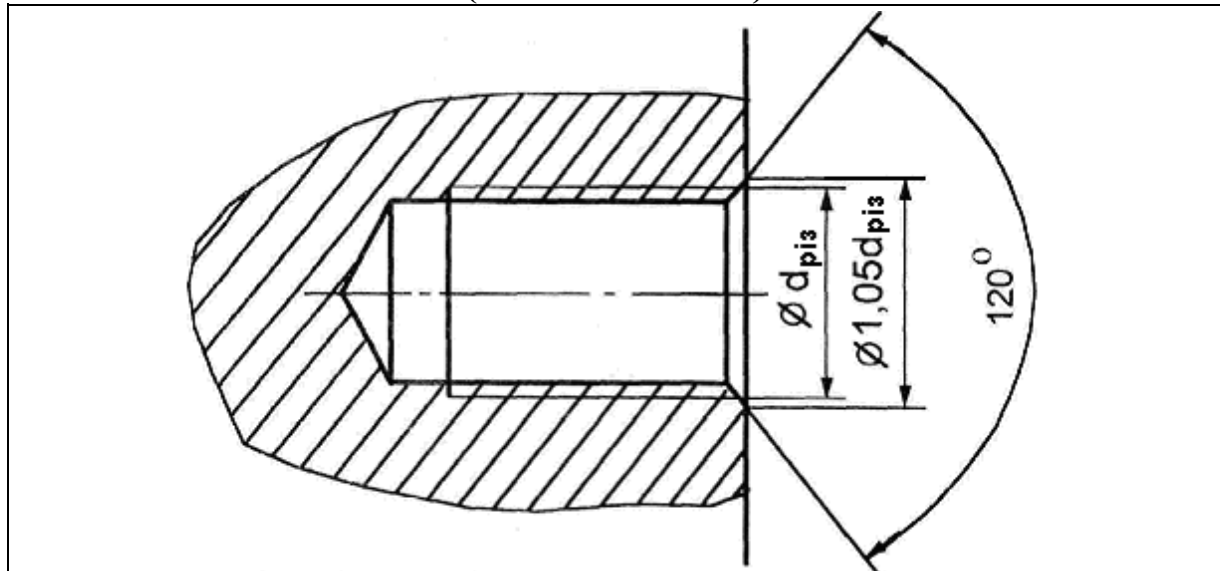
Таблиця Д.9

Покриття кріпильні

Вид покриття	Умовне позначення покриття	
	за ДСТ	цифрове
Цинкове, хромоване	Ц.хр	01
Калмієве, хромоване	Кл.хр	02
Багатошарове: мідь—нікель	м.н	03
Багатошарове: мідь—нікель—	М.Н.Х.б	04
Оксидне, просочене маслом	Хім.Окс.прм	05
Фосфатне, просочене маслом	Хім.Фос.прм	06
Олов'яне	0	07
Мідне	М	08
Цинкове	Ц	09
Цинкове, гаряче	Гар.Ц	09
Оксидне, наповнене хроматами	АІ.Окс.нхр	10
Оксидне із кислих розчинів	Хім.Пас	11
Срібне	Ср	12
Нікелеве	Н	13

Таблиця Д.10

Фаски
для внутрішньої та зовнішньої метричних різей кріпильних виробів, мм
(ГОСТ 10549-80*)



Крок різі Р	Фаска С, не менше	Крок різі Р	Фаска С, не менше
0,5	0,5	2	2,0
0,75	1,0	2,5	2,5
1,0	1,0	3,5	2,5
1,25	1,6	4,0	3,0
1,5	1,6	4,5	3,0
1,75	1,6	5,0	4,0

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Основна література

Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоиздат, 1990. – 288 с.

Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. – М.: Машиностроение, 1979–1980. – Т. 1. –1979. – 728 с.; Т. 2. –1982. – 584 с.; Т. 3. –1980. – 557 с.

Арустамов Х.А. Сборник задач по начертательной геометрии с решениями типовых задач. – М.: Машиностроение, 1978. – 445 с.

Бабулин Н.А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. – М.: Высш. шк., 1988. – 318 с.

Боголюбов С.К., Воинов А.В. Курс технического черчения. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

Бриллинг Н.С. Черчение. – М.: Стройиздат, 1989. – 420 с.

Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1973. – 416 с.

Бубенников А.В. Начертательная геометрия: Учебник для втузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 288 с.

Бубенников А.В. Начертательная геометрия – задачи и упражнения. – М.: Высш. шк., 1985. – 284 с.

Виницкий Н.Г. Начертательная геометрия. – М.: Высш. шк., 1975. –115 с.

Власов М.П. Инженерная графика. – М.: Машиностроение, 1979. – 279 с.

Вышнепольский И.С., Вышнепольский В.И. Машиностроительное черчение с элементами программированного обучения. – М.: Машиностроение, 1986. –280 с.

Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

Годик Е.М., Хаскин А.М. Справочное руководство по черчению. – М.:Машиностроение, 1974. – 330 с.

Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии: Учеб. пособие. – М.: Наука, 1988. – 272 с.

Гордон В.О., Иванов Ю.Б., Солнцева Т.Е. Сборник задач по курсу начертательной геометрии: Учеб. пособие для втузов. – М.: Наука, 1989. – 320 с.

Дружинина И.С., Цылбов П.П. Выполнение чертежей по ЕСКД. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 540 с.

Единая система конструкторской документации. Основные положения.- М.: Изд-во стандартов, 1983. – 335 с.

Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 230 с.

Задачник по начертательной геометрии: Учеб. пособие / В.Д. Засов, А.Д. Зенчин, Г.С. Иконникова, Н.Н. Крылов. – М.: Высш. шк., 1975. – 238 с.

- Котов И.И. Начертательная геометрия (на принципах программированного обучения). – М.: Высш. шк., 1970. – 384 с.
- Котов И.И., Аммянц Е.В., Осипов В.А. Сборник задач по начертательной геометрии (на принципах программированного обучения). – М.: Высш. шк., 1970. – 192 с.
- Куликов А.С. Проекционное черчение. – М.: Машиностроение, 1968. – 314 с.
- Курс начертательной геометрии (на базе ЭВМ): Учебник для инж.-техн. вузов / А.М. Тевлин, Г.С. Иванов, Л.Г. Нартова и др. – М.: Высш. шк., 1983. – 175 с.
- Лагерь А.И., Колесникова Э.А. Инженерная графика. – М.: Высш. шк., 1985. – 176 с.
- Левицкий В.С. Машиностроительное черчение. – М.: Высш. шк., 1988. – 351 с.
- Локтев О.В., Числов П.А. Задачник по начертательной геометрии. – М.: Высш. шк., 1984. – 104 с.
- Локтев О.В. Краткий курс начертательной геометрии. – М.: Высш. шк., 1989. – 155 с.
- Лосев Н.В. 200 олимпиадных задач по начертательной геометрии. – М.: Высш. шк., 1992. – 144 с.
- Машиностроительное черчение / Под ред. Г.П. Вяткина. – М.: Машиностроение, 1987. – 850 с.
- Мерзон Э.Д., Мерзон И.Э., Медведовская Н.В. Машиностроительное черчение: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
- Мерзон Э.Д., Мерзон И.Э. Задачник по машиностроительному черчению. – М.: Высш. шк., 1990. – 288 с.
- Михайленко В.Е., Пономарев А.М. Инженерная графика: Учебник. – К.: Вища шк., 1990. – 302 с.
- Нарисна геометрія / В.Є. Михайленко, М.Ф. Євстифеев, С.М. Ковальков, О.В. Кашенко. – К.: Вища шк., 1993. – 271 с.
- Начертательная геометрия / Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, Н.М. Лаврухин. – М.: Высш. шк., 1990. – 240 с.
- Новичихина Л.И. Справочник по техническому черчению. – М.: Высш. шк., 1976. – 350 с.
- Орлов П. И. Основы конструирования: Справ.-метод. пособие: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 1988. – Кн. 1. – 559 с.; Кн. 2. – 542 с.
- Посвянский А.Д., Резьков Н.К. Сборник задач по начертательной геометрии. – М.: Высш. шк., 1968. – 230 с.
- Посвянский А.Д. Краткий курс начертательной геометрии: Учебник. – М.: Высш. шк., 1970. – 240 с.
- Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1987. – 447 с.

Проекционное черчение с задачами / И.В. Манцетова, Д.Ю. Маянц, К.Д. Галиченко, К.К. Ляшевич. – Минск: Вышэйш. шк., 1978. – 341 с.

Розов С.В. Чертежи для чтения с программированным контролем. – М.: Машиностроение, 1985. – 185 с.

Розов С.В. Курс черчения с элементами автоматизированного контроля. – М.: Машиностроение, 1986. – 305 с.

Самохвалов Я.А., Левицкий М.Я., Григораш В.Д. Справочник техника-конструктора. – К.: Техніка, 1978. – 591 с.

Сборник задач по начертательной геометрии (с элементами программирования) / В.С. Михайленко, С.М. Ковалев, Ж.Г. Левина и др. – К.: Вища шк., 1976. – 224 с.

Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, И.Ф. Малезик, А.П. Верхола и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

Суворов С.Г., Суворова Н.С. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах: Справочник. – М.: Машиностроение, 1992. – 368 с.

Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 325 с.

Федоренко В.А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: Машиностроение, 1983. – 416 с.

Фролов С.А. Сборник задач по начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1986. – 175 с.

Фролов С.А. Начертательная геометрия: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

Фролов С.А., Воинов А.В., Феоктистова Е.Д. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1981. – 304 с.

Чекмарев А.А. Инженерная графика: Учебник для немашиностроительных специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 335 с.

Чернецький М.М. Лекції з нарисної геометрії: Навч. посібник. – К.: ВІПОЛ, 1995. – 295 с.

Хаскін А.М. Креслення. – К.: Вища шк., 1972. – 396 с.

Хаскин А.М., Цицюра К.А. Черчение: Сборник задач. – К.: Вища шк., 1981. – 232 с.

Хаскин А.М. Черчение. – К.: Вища шк., 1985. – 447 с.

Додаткова (з комп'ютерної графіки)

Аугер В. AutoCAD. Версия 11. – К.: ВНУ, 1999. – 285 с.

AutoCAD R14. Русская и англоязычная версии / Э.Т. Романычева, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров, Г.Ю. Грошина. – М.: ДМК, 1993. – 275 с.

Волш Д. Секреты ACAD 13. – К.-М.: Диалектика, 1997. – 541 с.

Кирюшко В.И., Подгорный В.А., Чумаченко В.И. Графическая диалоговая система АСАD: Учеб. пособие. – X: Харьк. авиац. ин-т, 1996. – 102 с.

Кречко Ю.А., Полищук В.В. AutoCAD 13: Новые возможности.– М.: МИФИ, 1996. – Ч. 1, 2. – 76 с.

Лантух А.И., Высокович Е.В. AutoCAD. Версия 13. – М.: Экон, 1997. – Кн. 1, 2. – 351 с.

Романычева Э.Т., Трошина Г.Ю. AutoCAD 2000. – М.: ДМК, 1999. – 360 с.

Романычева Э.Т., Сидорова Т.М., Сидоров С.Ю. AutoCAD: Версии 12, 13, 14: Практ. руководство. – М.: ДМК, 1997. – 310 с.

Россоловский А.В. AutoCAD 2000. – М.: Нолидж, 2000. – 924 с.

Соен Ф., Питцер Д., Фалмер Г. Внутренний мир AutoCAD. Версия 13. – К.: Diasoft, 1997. – 692 с.

ЗМІСТ

Навчальна програма курсу "Інженерна і комп'ютерна графіка" для студентів заочної форми навчання	3
1. Основи нарисної геометрії	5
1.1. Властивості паралельного проєціювання	6
1.2. Комплекс проєкцій точки	8
1.3. Комплекс проєкцій прямої	12
1.4. Взаємне розташування прямої і точки, двох прямих	16
1.5. Комплекс проєкцій площини	20
1.6. Взаємне розташування прямої і площини	24
1.7. Взаємне розташування площин	29
1.8. Комплекс проєкцій багатогранника	33
1.9. Перетворення комплексу проєкцій	37
1.10. Контрольне завдання	42
2. Аксонометричні проєкції	46
2.1. Суть і основні положення аксонометричного проєціювання	46
2.2. Прямокутна ізометрична проєкція	47
2.3. Прямокутна диметрична проєкція	48
2.4. Косокутна фронтальна ізометрична проєкція	48
2.5. Косокутна горизонтальна ізометрична проєкція	49
2.6. Косокутна фронтальна диметрична проєкція	50
2.7. Нанесення розмірів і штриховок на аксонометричних зображеннях .	51
3. Геометричні побудови	53
3.1. Поділ кола на рівні частини та вписування в коло правильних багато- кутників	53
3.2. Спряження	54
3.3. Контрольне завдання	58
4. Проєкційне креслення	60
4.1. Загальні правила виконання креслень	60
4.1.1. Лінії креслення	60
4.1.2. Масштаби	63
4.1.3. Формати креслень. Виконання написів	63
4.2. Вигляди, розрізи, перерізи	66
4.2.1. Вигляди	68
4.2.2. Розрізи	70
4.2.3. Перерізи	75
4.2.4. Виносні елементи	76
4.3. Контрольне завдання	77
5. Елементи машинобудівного креслення	97
5.1. Нанесення розмірів. Основні правила	97
5.2. Бази	102
5.3. Елементи типових машинобудівних деталей	104
5.4. Контрольне завдання	107
5.5. З'єднання	109

5.5.1.	Гвинтове з'єднання	110
5.5.2.	Зварне з'єднання	113
5.5.3.	Клейові та паяні з'єднання	116
5.6.	Складальне креслення	116
5.6.1.	Виконання ескізів деталей виробу	117
5.6.2.	Виконання складального креслення	118
5.7.	Контрольне завдання	123
6.	Комп'ютерна графіка	133
6.1.	Інтерактивні графічні системи	133
6.2.	Загальні відомості про систему АСAD	134
6.3.	Основні положення роботи із системою. Запуск системи	134
6.4.	Команди налаштування креслення	138
6.5.	Графічні примітиви системи АСAD	143
6.6.	Команди редагування	155
6.7.	Нанесення розмірів	175
6.8.	Лабораторний практикум з комп'ютерної графіки	189
	Додаток	198
	Бібліографічний список	207

Кирюшко Віктор Іванович
Федотенко Володимир Олексійович
Чумаченко Віктор Іванович

ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Редактор Т.О. Іващенко

Зв. план, 2005

Підписано до друку 02.12.2005

Формат 60x84^{1/8}. Папір. офс. № 2. Офс. друк.

Ум. друк. арк. 11,8. Обл.- вид. арк. 13,31. Наклад 300 прим.

Замовлення 538. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu