

**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”**



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра основ конструювання механізмів і машин

**Курс лекцій та лабораторних робіт для студентів
ТТмС –12 на мультимедійних носіях**

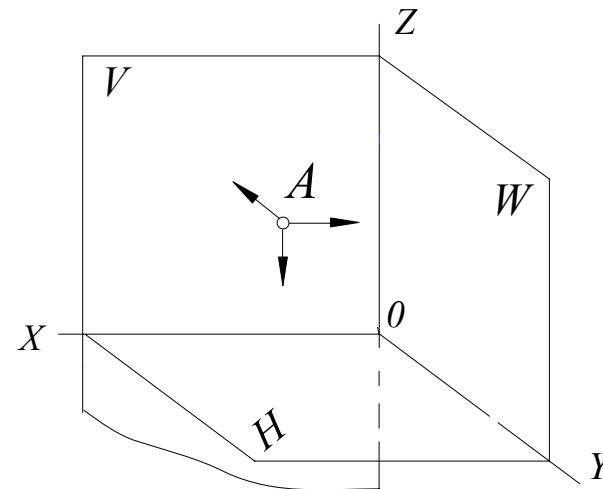
**Дніпропетровськ
НГУ
2012**

Курс лекцій та лабораторних робіт для студентів ТТМС – 12 на мультимедійних носіях / О.І. Додатко. – Д.: НГУ, 2012. – 126 с.

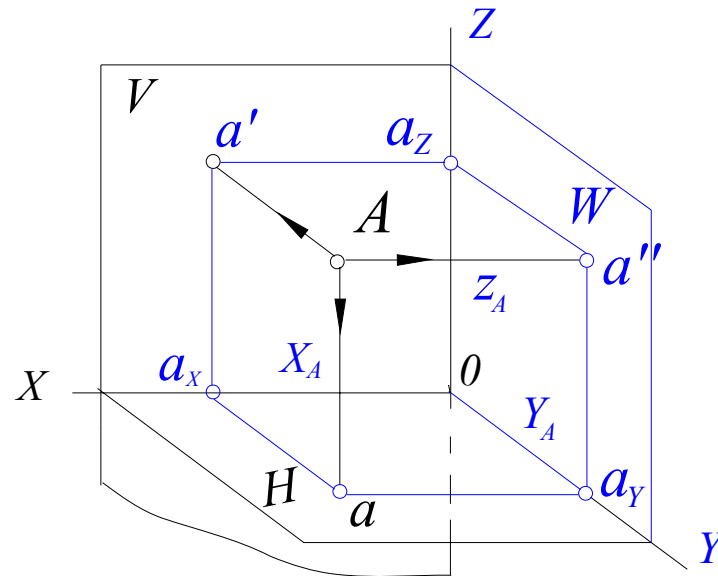
О.І. Додатко, канд. техн. наук, доц.

Затверджено на засіданні кафедри основ конструювання механізмів і машин (протокол № 1 від 05.09.2012).

Методи і правила побудови зображень вперше були зведені в чітку систему французьким вченим-геометром Госпаром Монжем (1746 – 1818), який у своїй праці "Geometrie descriptive" ("Нарисна геометрія"), опублікованій в 1799 році запропонував перейти від наочного зображення до комплексного кресленика.



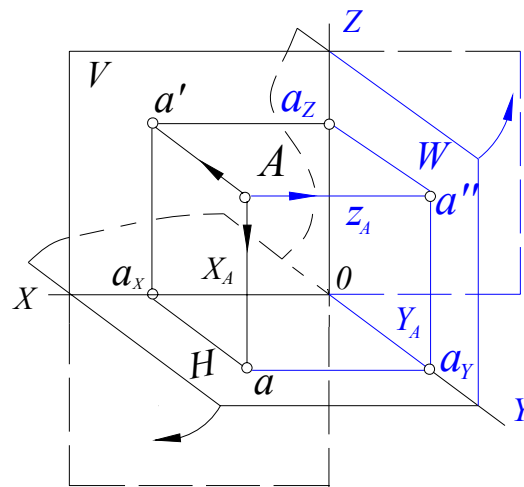
1. Наочне зображення точки в просторі



2. Наочне зображення точки на трьох площинах проєкцій

Комплексним креслеником (епюром) називають зображення, отримане унаслідок суміщення горизонтальної і профільної площин проєкцій з фронтальною (вертикальною) площиною проєкцій

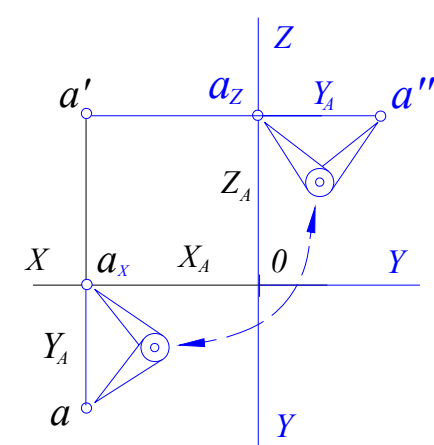
При суміщенні площин проєкцій передня “пола” (півплощина) горизонтальної площини проєкцій завжди переміщається вниз, задня – вгору, передня “пола” профільної площини – вправо, а задня – вліво.



$a - XY;$

$a' - XZ;$

$a'' - YZ$



$H -$
 $V -$
 $W -$
 $a -$
 $a' -$
 $a'' -$
 a_x, a_y, a_z
 $aa' -$
 $a'a'' -$

Закон проєціювання

Дві проєкції точки на комплексному кресленику завжди розташовані на одній лінії зв'язку, перпендикулярній до відповідної осі проєкцій

Горизонтальну проєкцію точки a визначають координати X і Y , фронтальну проєкцію a' визначають координати X і Z , а профільну проєкцію a'' – Y, Z , тобто

$$a - XY;$$

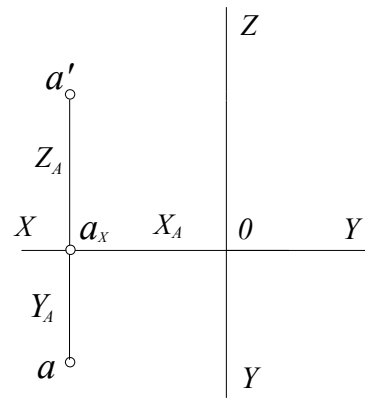
$$a' - XZ;$$

$$a'' - YZ$$

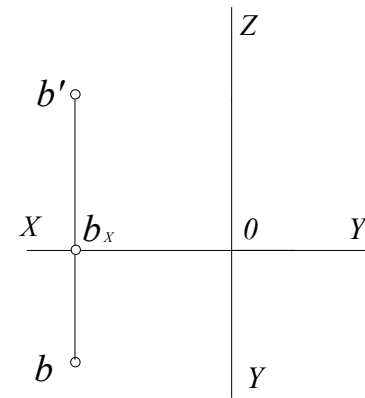
Способи побудови третьої проєкції точки за двома заданими

Третю проєкцію точки за двома заданими проєкціями можна побудувати такими способами: *координатним, проєкційним* і за допомогою *постійної прямої кресленика*

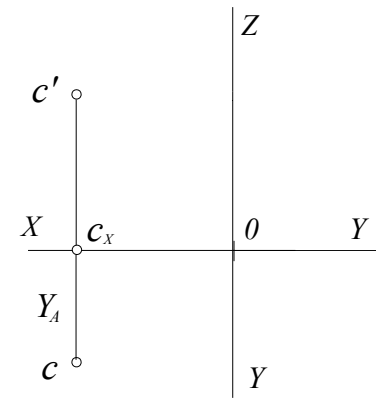
Координатний



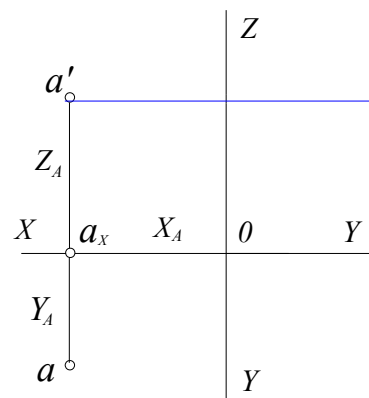
Проекційний



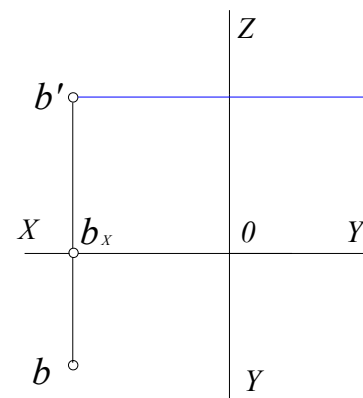
Постійної прямої кресленика



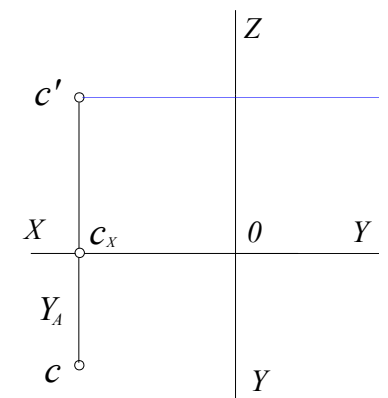
Координатний



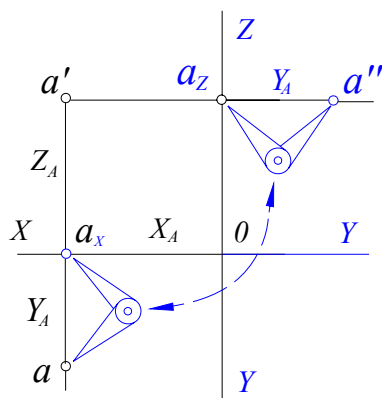
Проекційний



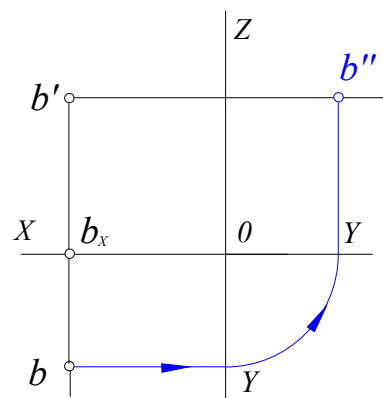
Постійної прямої кресленика



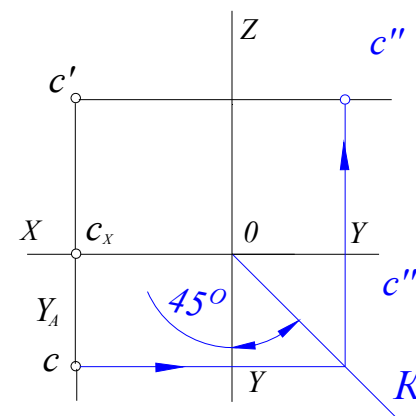
Координатный



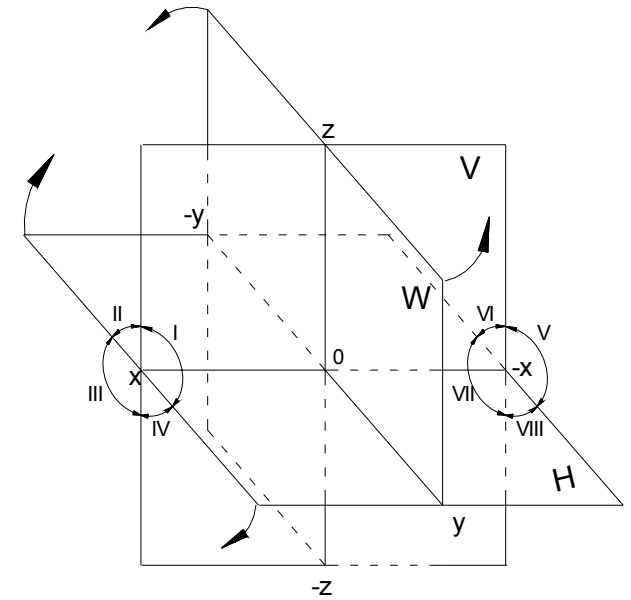
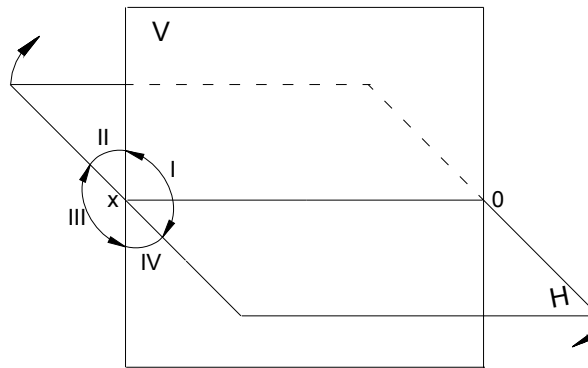
Проекційний



Постійної прямої кресленика

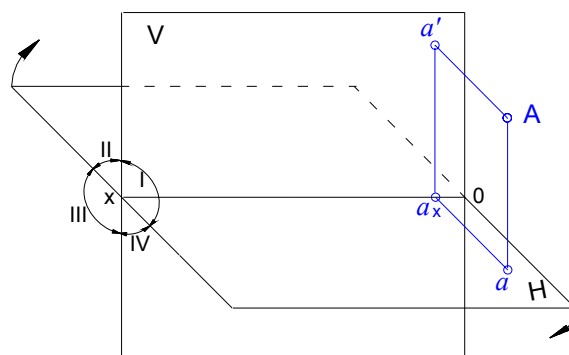


*Дві взаємно перпендикулярні площини розділяють простір на чотири частини, які називаються **чвертями**; три площини – на вісім частин, які називаються **октантами**.*

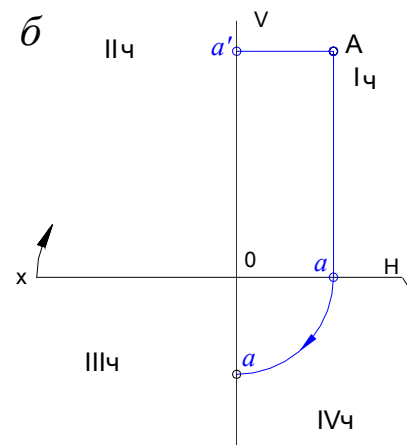


Розташування точок у чвертях

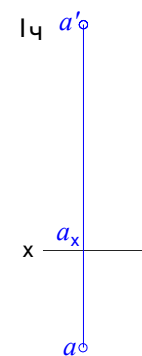
a



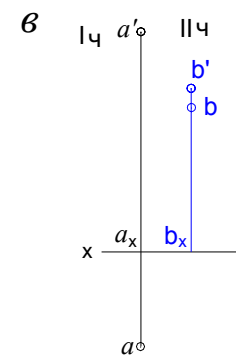
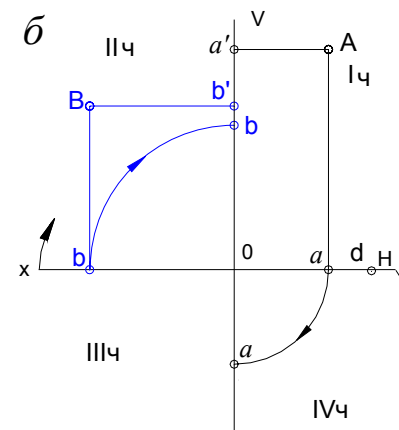
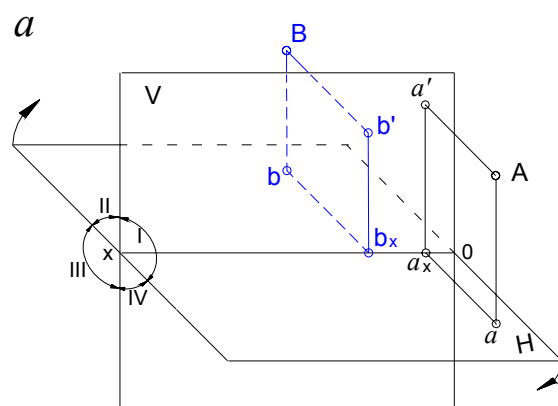
б



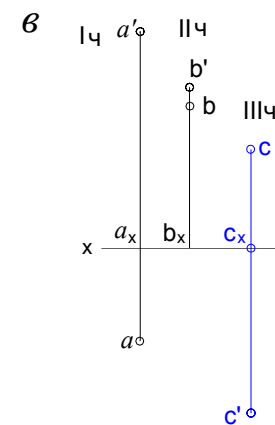
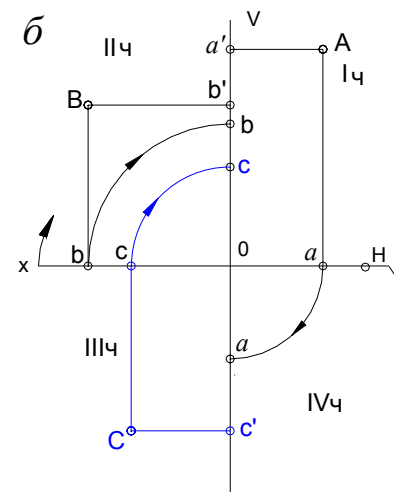
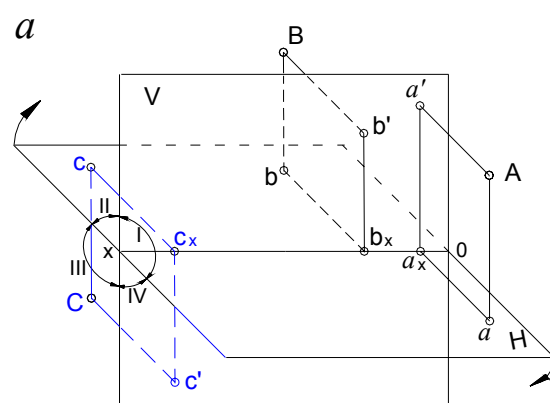
в



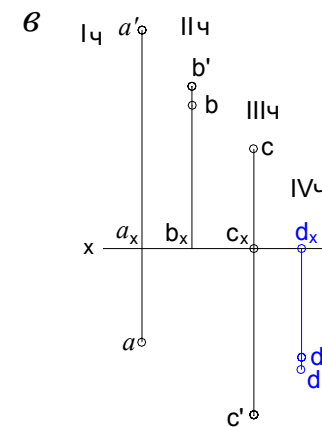
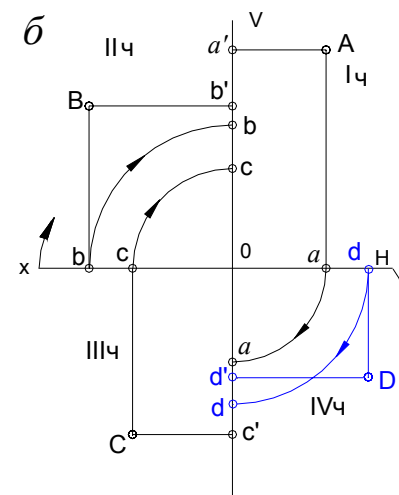
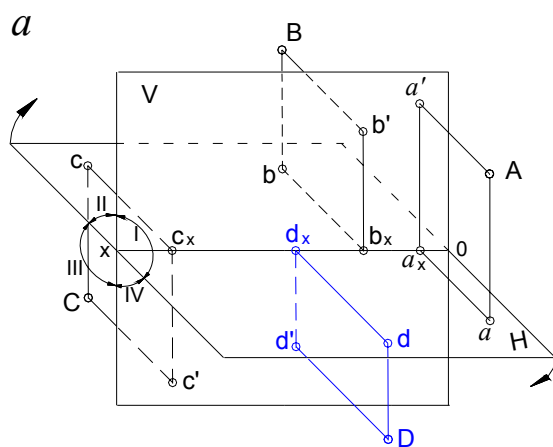
Розташування точок у чвертях



Розташування точок у чвертях



Розташування точок у чвертях

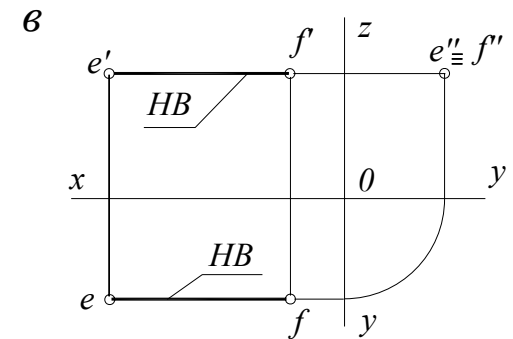
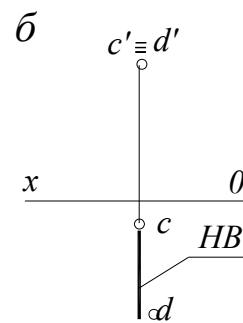
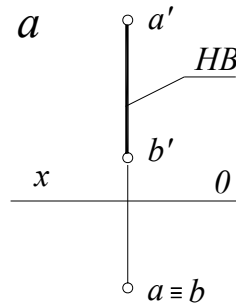


1.2.1. Положення прямої відносно площин проекцій

Прямі в просторі поділяються на прямі загального положення, прямі рівня і проєціюючі (перпендикулярні).

Проеціюючими називають прямі, перпендикулярні одній із площин проекцій, тобто паралельні двом іншим площинам (рис. 1.10).

На одній із площин проекцій проєціююча пряма зображується у вигляді точки, а на двох інших – у вигляді відрізків, що займають горизонтальне або вертикальне положення, **величина яких дорівнює натуральній величині відрізка прямої**.

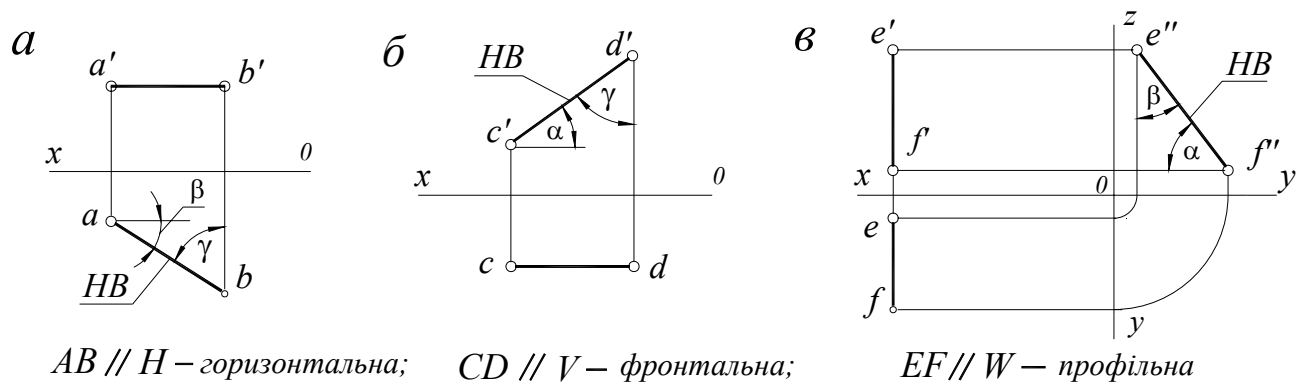


$AB \perp H$ – горизонтально-проєціююча; $CD \perp V$ – фронтально-проєціююча; $EF \perp W$ – профільно-проєціююча

Прямими рівня називають прямі, паралельні одній із площин проєкцій.

На цю площину вони проєціюються в натуральну величину, а на дві інші – у вигляді горизонтальних або вертикальних відрізків менших розмірів (рис. 1.11).

Пряма, паралельна горизонтальній площині проєкцій H , називається **горизонтальною прямою** або **горизонталлю** (рис. 1.11, а). Якщо пряма паралельна фронтальній площині проєкцій V , то вона називається **фронтальною прямою** або **фронталлю** (рис. 1.11, б).



α – кут нахилу прямої до горизонтальної площини проєкцій;

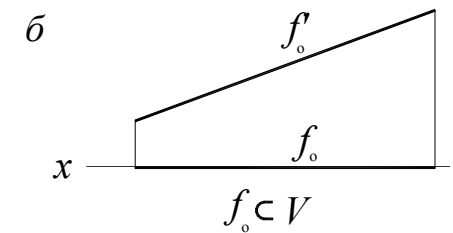
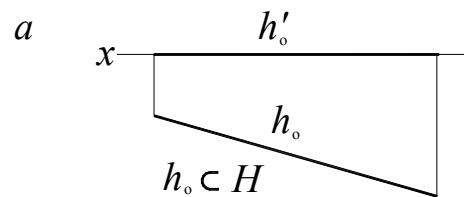
β – кут нахилу прямої до фронтальної площини проєкцій;

γ – кут нахилу прямої до профільної площини проєкцій.

Якщо прямі знаходяться у площинах проєкцій, вони називаються:

нульовою горизонталлю h_0 (рис. 1.12, а)

нульовою фронталлю f_0 (рис. 1.12, б).



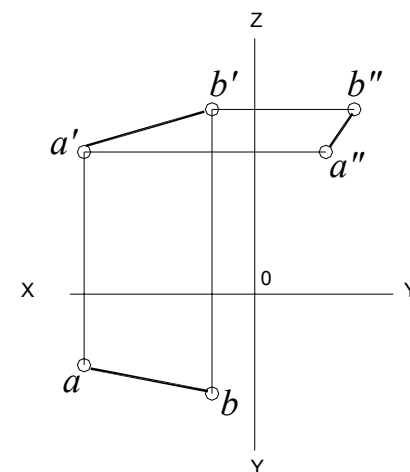
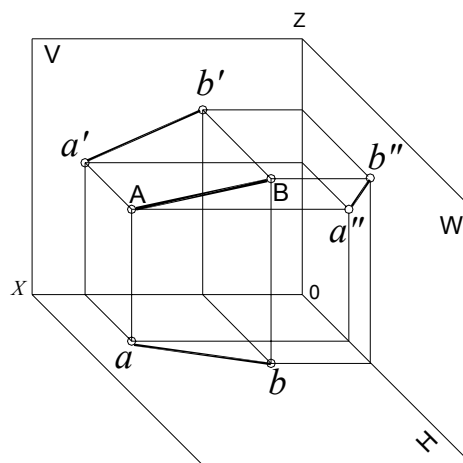
У нульових горизонталях і фронталях одна проєкція збігається із самою прямою ($h \equiv h_0$, $f \equiv f_0$), а інша проєкція знаходиться на осі OX .

Із розглянутого вище можна зробити висновок: *якщо пряма займає положення, паралельне площині проєкцій, або знаходиться у площині*

проекцій, то вона проєціюється на цю площину без спотворення, тобто проєкція відрізка дорівнює самому відрізку прямої.

Прямою загального положення називають пряму, яка похило розташована до всіх площин проєкцій.

Кожна її проєкція менша від самої прямої (рис. 1.13), спотворені також кути нахилу прямої до площин проєкцій.



2. ОСНОВИ КРЕСЛЕННЯ

2.1.1. Формати

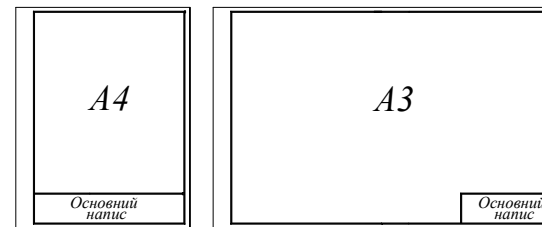
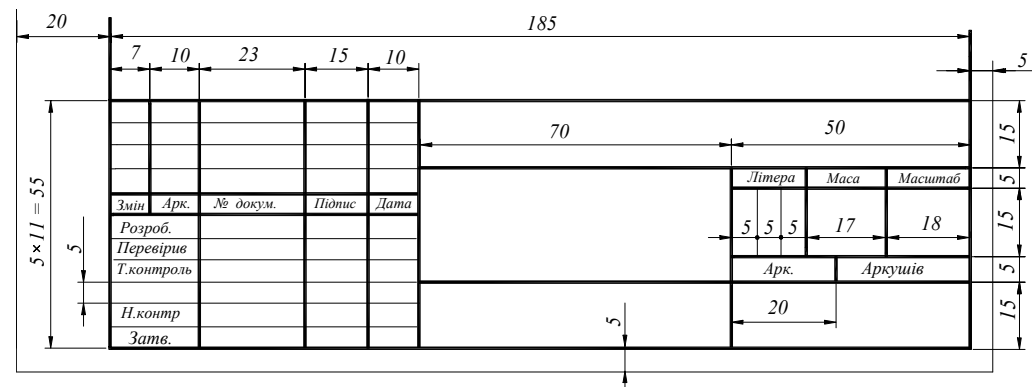


Рис. 2.1. Формати аркушів

Основний напис розміщують на будь-якому форматі у правому нижньому куті, крім формату А4



2.1.2. Масштаби

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення на кресленнику до його справжніх розмірів.

Бажано кресленник виконувати так, щоб розміри зображення і самого предмета були однакові, тобто у масштабі 1 : 1.

За ДСТУ ISO 5455:2005 встановлено такі масштаби:

- натуральна величина – 1 : 1;
- масштаби зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000;
- масштаби збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

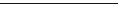
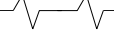
Якщо окреме зображення (вид, розріз, переріз, виносний елемент) виконано в іншому масштабі, ніж весь кресленник, то масштаб цього зображення пишуть безпосередньо біля напису, що його стосується, наприклад: А – А (1:2); Вид (10:1); А (5:1) (див. рис. 2.109).

2.1.3. Лінії на машинобудівних кресленнях

При виконанні креслеників ДСТУ ISO 128 – 24:2005 передбачає застосовувати такі типи ліній: *суцільна товста, суцільна тонка, суцільна тонка виконана від руки, суцільна тонка із зигзагами, штрихова тонка, штрихова товста, довгоштрихово-пунктирна тонка, довгоштрихово-пунктирна товста, довгоштрихово-двопунктирна тонка*

На машинобудівних кресленнях, як правило, використовують по товщині дві лінії – тонку і товсту. Співвідношення між товщинами цих ліній повинно бути 1:2. Товщину вказаних ліній наведено в табл. 2.2. Для навчальних креслеників рекомендується товщина лінії контуру 0,8 мм;

Вибрана товщина кожної лінії має бути однаковою на всіх зображеннях, виконаних в одному й тому самому масштабі на даному кресленику.

Назва лінії	Зображення лінії	Товщина лінії, мм	Застосування
Суцільна товста лінія		0,25...2,0	Видимі грані. Видимі контури. Контури нарізі. Зображення основних ліній на діаграмах, картах, графіках. Лінії систем (металевих інженерних конструкцій). Лінії різного форм на литих деталях. Лінії вказівних стрілок розрізів і перерізів
Штрихова товста лінія		0,25...2,0	Позначення поверхні, що підлягає обробленню (наприклад, термічному)
Довгоштрихово-пунктирна товста лінія		0,25...2,0	Позначення (обмежених) площ поверхонь обов'язкового оброблення, наприклад, термічного. Положення січних площин
Суцільна тонка лінія		0,13...1,0	Розмірні лінії. Виносні лінії. Лінії-виноски та полиці ліній-виносков. Штриховка. Контури накладних перерізів. Короткі центрові лінії. Діагоналі для позначення плоских поверхонь. Проекційні лінії
Суцільна тонка лінія, виконана від руки		0,13...1,0	Виконана вручну позначка границі частинних або переривчатих видів (видів з розривами), розрізів і перерізів
Суцільна тонка лінія із зигзагами		0,13...1,0	Інструментально виконана позначка границі частинних або переривчатих видів (видів з розривами), розрізів і перерізів
Штрихова тонка		0,13...1,0	Невидимі грані.

<i>лінія</i>			<i>Невидимі контури</i>
<i>Довгоштрихово-пунктирна тонка лінія</i>	— · — · — · —	0,13...1,0	<i>Осьові лінії. Лінії симетрії. Ділильні кола зубчастих коліс. Центрові кола</i>
<i>Довгоштрихово-двопунктирна тонка лінія</i>	— · — · — · —	0,13...1,0	<i>Контури суміжних деталей. Граничне положення рухомих деталей. Центроїдальні лінії. Початкові контури перед наданням форми. Контури готової деталі на зображенні заготовки. Контури можливих положень</i>

2.1.4. Шрифти креслярські

Усі написи на креслениках слід виконувати шрифтом за ГОСТ 2.304 – 81, який встановлює такі їхні типи: *тип А* без нахилу; *тип А* з нахилом; *тип Б* без нахилу; *тип Б* з нахилом. Кут нахилу літер і цифр до основи рядка має становити близько 75° (рис. 2.4).

АБВГДЕЖЗИЙКЛ
МНОПРСТУФХЦЧ
ШЩЪЫЬЭЮЯІІЕ
абвгдежзийклм
нопрстѳхцчш
щъыьэюяііе
12345678903

2.1.6. Нанесення розмірів

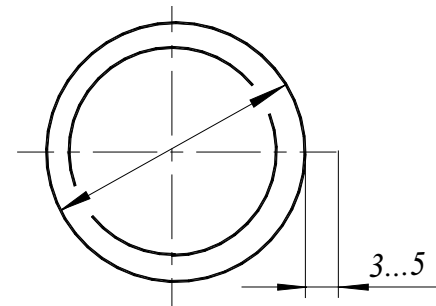
Щоб показати справжні величини зображуваних предметів, на креслениках наносять розміри відповідно до ГОСТ 2.307 – 68.



Рис. 2.10. Форма стрілки

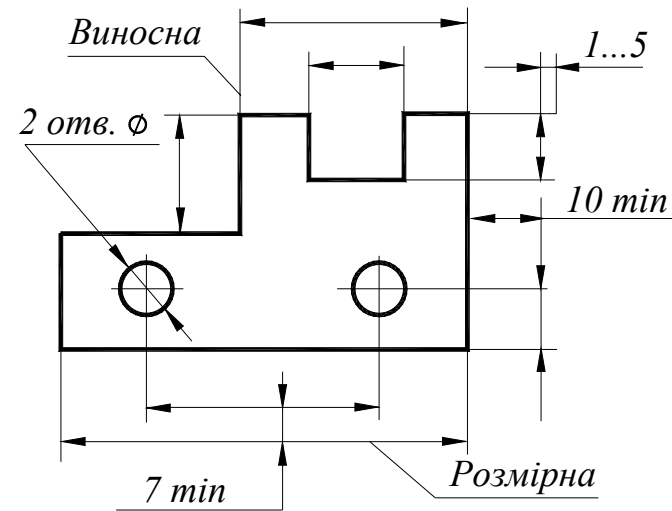
Стрілки повинні торкатися вістрям до відповідних ліній контуру, осьових, центрових чи виносних ліній.

Центрові лінії повинні виходити за контур зображення на 3...5 мм (рис. 2.11).



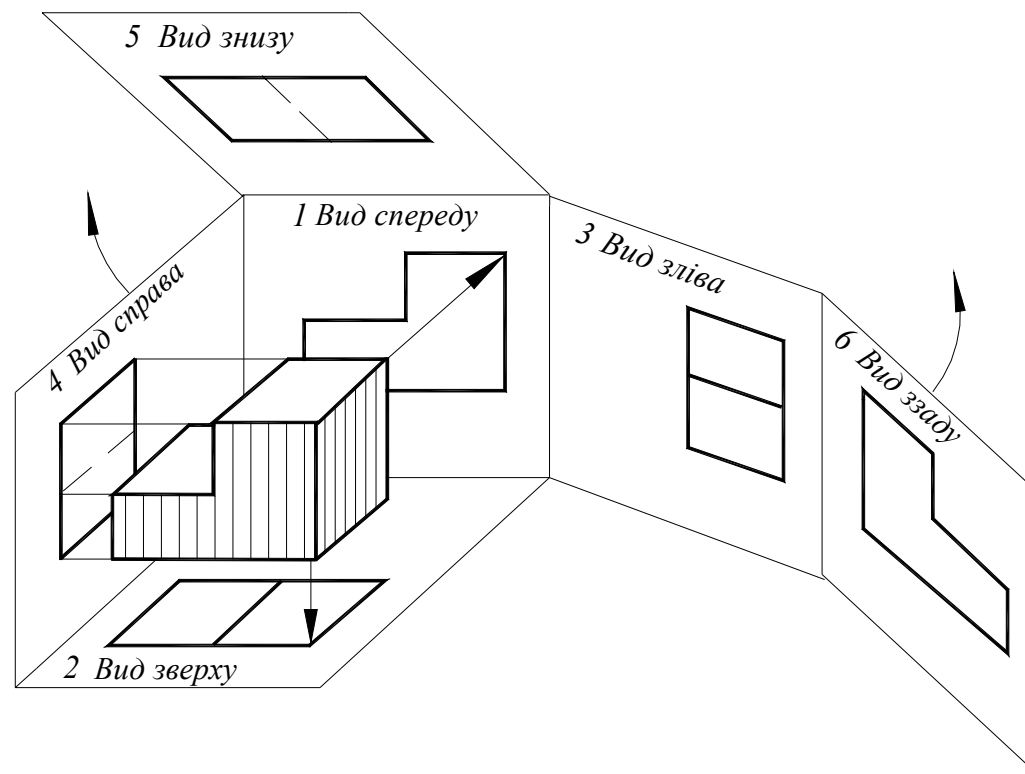
Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії або зарубки на 1...5 мм (рис. 2.15).

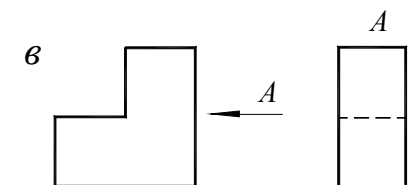
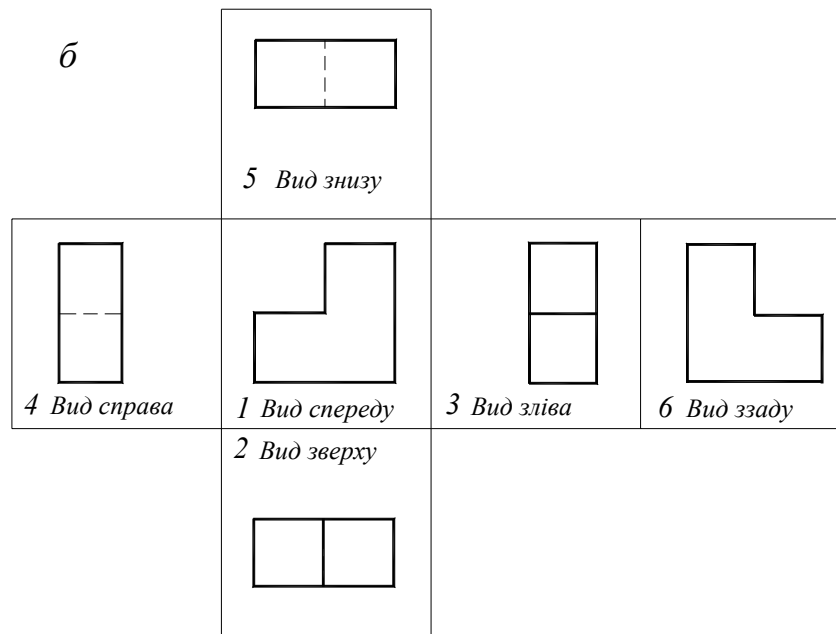
Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями має становити 7 мм, а між розмірною та лінією контуру – 10 мм, вона вибирається залежно від розмірів зображення і насиченості рисунка (рис. 2.15).



2.3.1. Види, розміщення їх на креслениках (ГОСТ 2.305 – 68)

a





2.5.3. Необхідна кількість видів

Кількість видів має бути мінімальною, але достатньою для того, щоб можна було повністю визначити форму деталі й нанести усі потрібні розміри. Використання додаткових і місцевих видів, перерізів та місцевих розрізів дозволяє застосувати меншу кількість основних видів і повних розрізів, тобто скоротити габарити креслення.

Як правило, деталь зображають не менше як у двох видах. Виняток – деталі, повне уявлення про форму яких дає застосування спеціальних знаків і написів (знак діаметра, квадрата та ін.). Такі деталі можна зображати в одній проекції. Це прості втулки, вали, гвинти, пластинки (рис. 2.134).

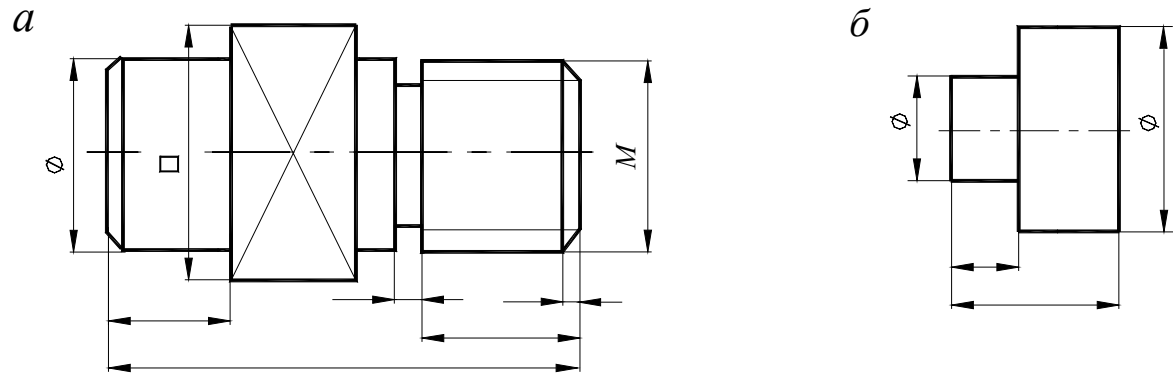


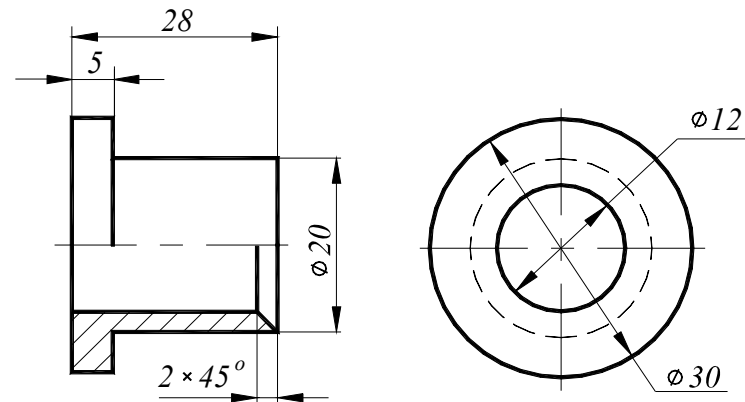
Рис. 2.134. Застосування спеціальних знаків

2.5.4. Головний вид

Головним видом деталі називається зображення на фронтальній площині проєкцій. Головний вид має давати найчіткіше і найповніше уявлення про форму й розміри деталі з найкращим використанням поля кресленика.

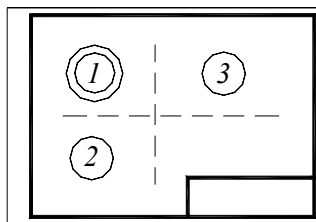
Вибираючи головний вид, слід урахувувати положення, яке займає деталь під час обробки її на верстаті або в процесі розмічання чи роботи у механізмі.

Для деталей, що являють собою співвісні циліндри, які в основному обробляються на токарних верстатах, головний вид вибирають так, щоб вісь деталі була горизонтальною. До таких деталей належать вали, осі, шпинделі, втулки та ін. (рис. 2.137).

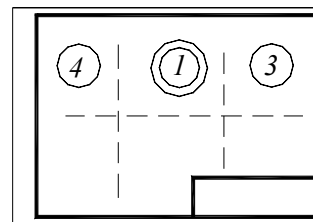


Варіанти розташування видів на кресленику: 1 – головного; 2 – зверху; 3 – зліва; 4 – справа; 5 – знизу.

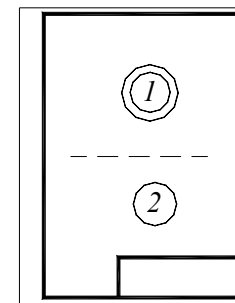
a



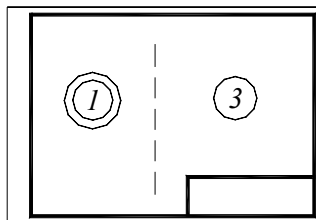
б



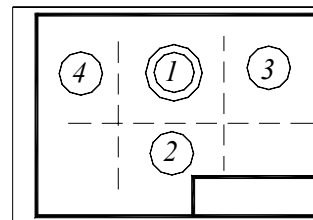
в



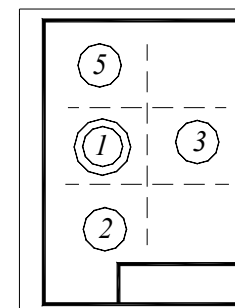
г



д



е



2.4.1. Види нарізі

Нарізь – це елемент деталі, утворений вирізанням частини тіла деталі різцем спеціального профілю або іншим різучим інструментом під час його переміщення вздовж циліндричної або конічної поверхні, яка обертається (рис. 2.96, а, 2.99).

Крок нарізі (P) – це відстань між відповідними точками (виступів чи канавок) двох сусідніх витків, вимірювана паралельно осі нарізі (рис. 2.96, а).

Хід нарізі (t) – це відносне осьове переміщення деталі з наріззю (гвинт з нерухомою гайкою чи гайка з нерухомим гвинтом) за один оберт (рис. 2.96, б), при цьому $t = n \times P$, де n – число заходів нарізі.

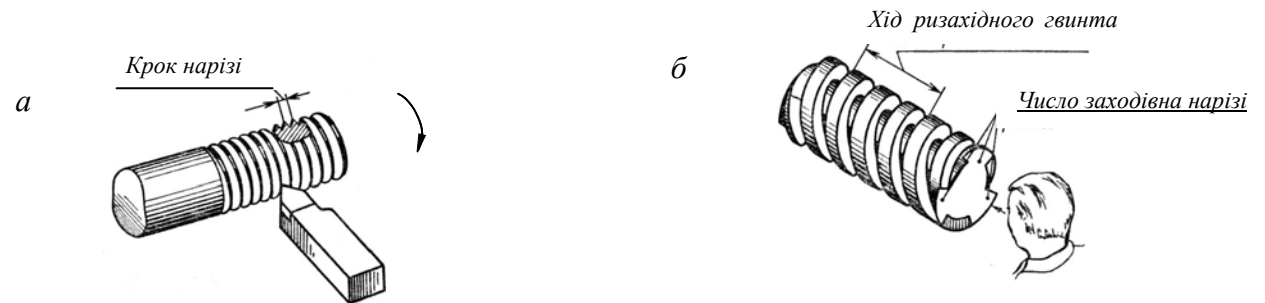


Рис. 2.96. Параметри нарізі

2.4.2. Виконання нарізі

Залежно від умов, характеру виробництва і від матеріалу деталі нарізь може бути виготовлена за різною технологією, а саме: виконується на верстаті за допомогою різця (рис. 2.99), фрези чи накатки; литтям; пресуванням; штампуванням. Для виготовлення більшості стандартних нарізей широко застосовуються плашки й мітчики.

Плашка (рис. 2.97, а) застосовується для виконання зовнішньої нарізі (рис. 2.97, в) на заздалегідь підготовленій заготовці деталі (рис. 2.97, б), діаметр d якої визначається діаметром і кроком P нарізі.

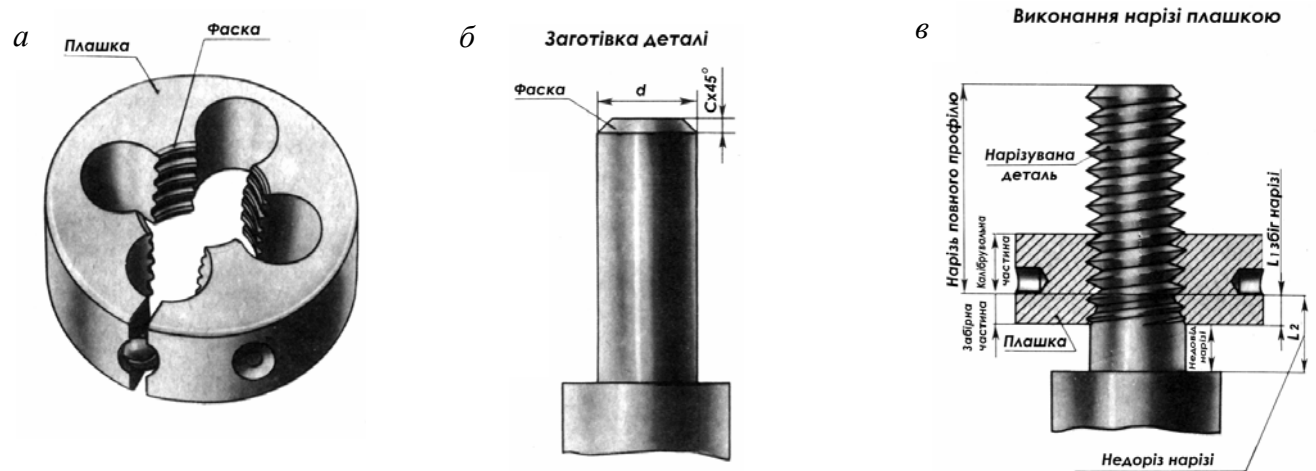


Рис. 2.97. Виконання нарізі плашкою

Мітчик (рис. 2.98, а) застосовується для виконання внутрішньої нарізі (рис. 2.98, в) у заздалегідь просвердленому отворі (рис. 2.98, б), діаметр якого d_1 вибирається залежно від кроку й діаметра нарізі.

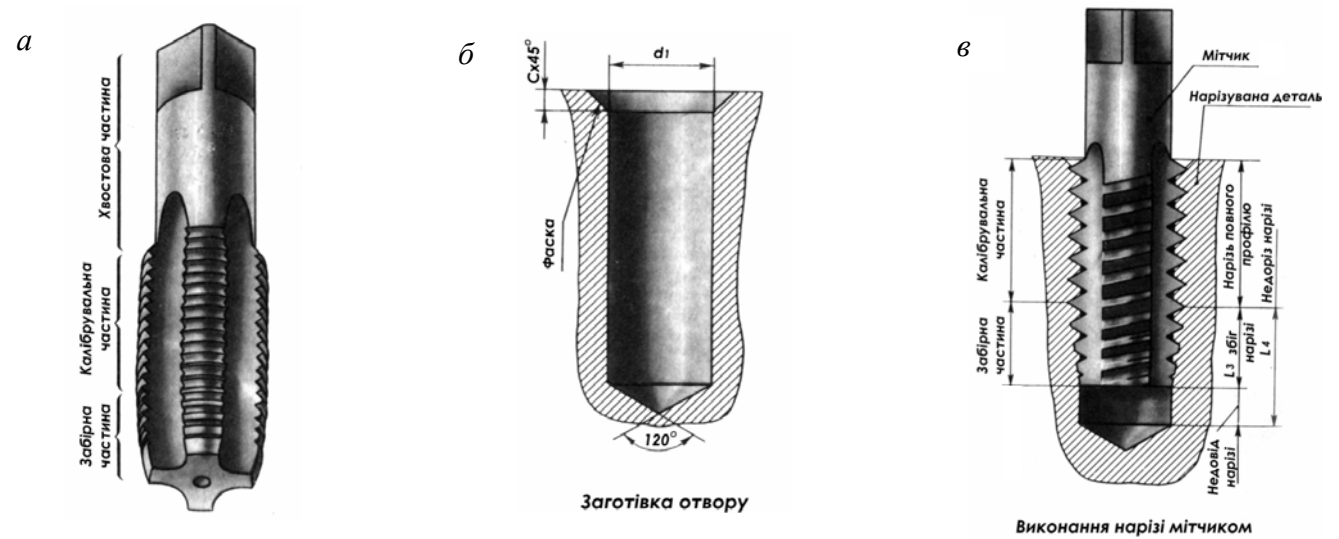


Рис. 2.98. Виконання нарізі мітчиком

Часто нарізь виготовляють на токарних або токарно-револьверних верстатах за допомогою різця, який заточений відповідно до її профілю (рис. 2.99, а).

З метою полегшення цього процесу обов'язково виконуються зовнішні (рис. 2.99, б) й внутрішні (рис. 2.99, в) проточки для виходу різця.

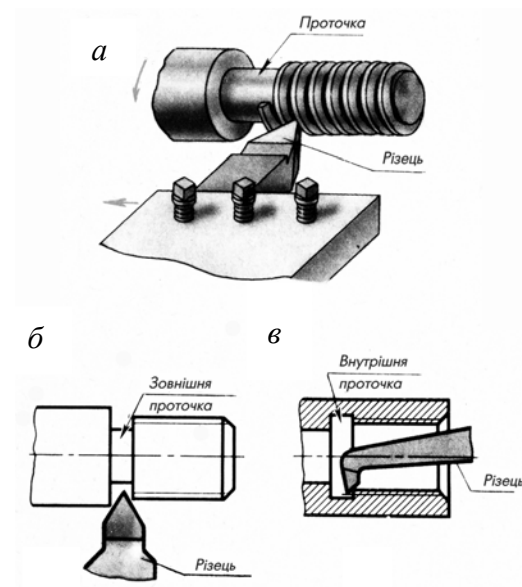


Рис. 2.99. Виготовлення нарізі на верстатах

2.4.3. Зображення нарізі

На креслениках прийнято зображати нарізі й позначати їх умовно відповідно до ГОСТ 2.311 – 68. Характер умовного зображення однаковий для всіх видів стандартизованих нарізей.

Згаданий ГОСТ встановлює такі правила зображення і нанесення позначень нарізі на креслениках в усіх галузях промисловості й будівництва:

- ♦ *на стержні* – суцільними основними лініями по зовнішньому діаметру нарізі й суцільними тонкими – по внутрішньому;
- ♦ *в отворі* – суцільними основними лініями по внутрішньому діаметру нарізі й суцільними тонкими – по зовнішньому.

Суцільну тонку лінію при зображенні нарізі проводять на відстані не менше 0,8 мм від основної лінії і не більше величини кроку нарізі (рис. 2.100).

Фаски на стержні та в отворі з нарізю, які не мають спеціального конструктивного призначення, при побудові проекції на площину, перпендикулярну осі стержня або отвору, не зображуються (рис. 2.100).

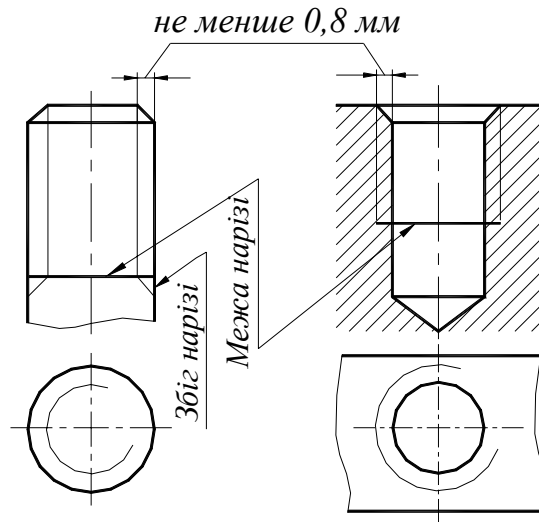


Рис. 2.100. Зображення нарізі

На зображеннях, що проєціюються на площину, паралельну осі стержня, суцільну тонку лінію по внутрішньому діаметру нарізі проводять на всю її довжину без збігу (рис. 2.101).

На зображеннях, що проєціюються на площину, перпендикулярну до осі стержня, по внутрішньому діаметру нарізі проводять розімкнуту в будь-якому місці дугу, що приблизно дорівнює $3/4$ кола (рис. 2.100, 2.101).

На зображеннях, які проєціюються на площину, перпендикулярну до осі отвору, по зовнішньому діаметру нарізі проводять розімкнуту в будь-якому місці дугу, що приблизно дорівнює $3/4$ кола (рис. 2.102).

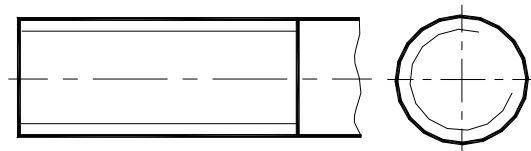


Рис. 2.101. Зображення нарізі на стержні

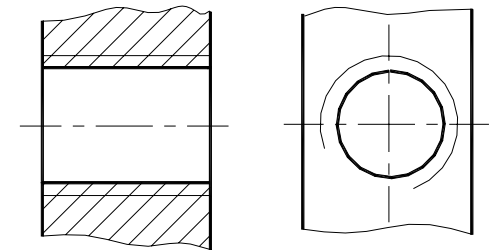


Рис. 2.102. Зображення нарізі в отворі

Крім розмірів і граничних відхилень нарізі, на креслениках позначають додаткові дані про лівий напрям нарізі та ін. [при цьому додають слово «нарізь» (рис. 2.108, а, б)].

На розрізах нарізного з'єднання, якщо січна площина паралельна його осі, слід в отворі показувати лише ту частину нарізі, яка не закрита вкрученим у нього стержнем (рис. 2.110).

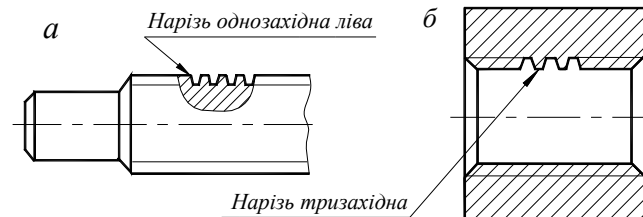


Рис. 2.108. Нестандартний профіль нарізі

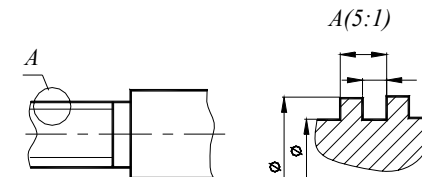


Рис. 2.109. Збільшений профіль нарізі

На поперечних розрізах, якщо січна площина розсікає обидві з'єднувані деталі (рис. 2.110, а), штрихування вкрученої деталі виконують до зовнішнього кола нарізі.



Рис. 2.110. Штрихування нарізі на розрізах

2.4.4. Позначення нарізі на креслениках

Нарізь метрична

Метрична нарізь є основним типом кріпильної нарізі. Профіль нарізі визначається ГОСТом 9150 – 81 і є рівностороннім трикутником з кутом профілю 60° . Метрична нарізь стандартизована, вона буває двох типів з великим і дрібним кроком.

ГОСТ 8724 – 02 установлює діаметри метричних нарізей від 0,25 до 600 мм і кроки від 0,075 до 6 мм.

Метричну нарізь виготовляють з великим (єдиним для заданого діаметра нарізі) і дрібним кроками, яких для заданого діаметра може бути декілька. Наприклад, якщо діаметр нарізі $d = 20$ мм, то великий крок завжди дорівнює 2,5 мм, а дрібний може дорівнювати 2; 1,5; 1; 0,75 і 0,5 мм (табл. 2.4).

При позначенні метричної нарізі великий крок не показують, а дрібний позначають обов'язково (табл. 2.5).

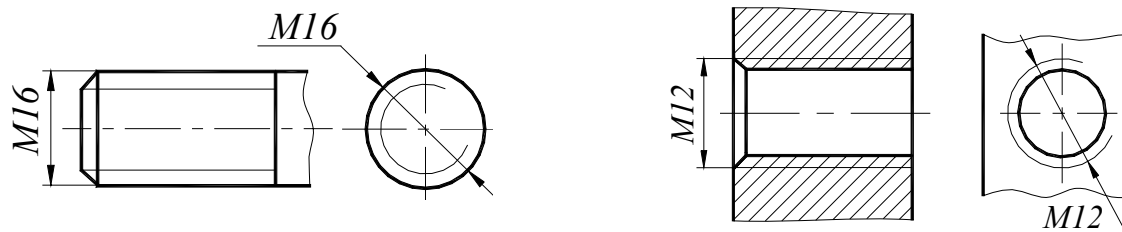
Метрична нарізь, що має великий крок, позначається літерою M і зовнішнім діаметром, наприклад, $M24$, $M64L$ та ін. (табл. 2.5). Метрична нарізь з дрібним кроком позначається літерою M , зовнішнім діаметром і кроком, наприклад: $M24 \times 2L$, $M64 \times 2$ та ін., де L – ліва нарізь.

Нарізь багатозахідна позначається літерою M і зовнішнім діаметром, числовим значенням ходу і в дужках літерою P та числовим значенням кроку, наприклад, $M24 \times 10(P1)$, де 10 – хід, P – позначення кроку, 1 – крок нарізі.

Таблиця 2.4

Співвідношення кроку і діаметра нарізі

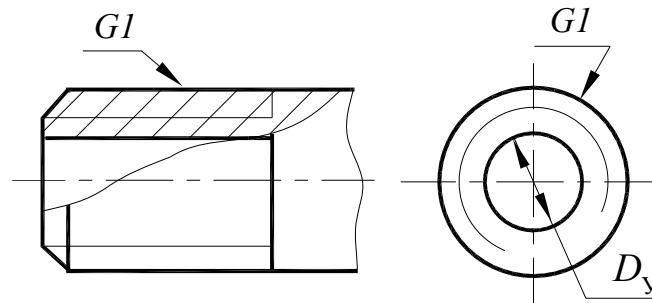
Крок нарізі, мм	Зовнішній діаметр нарізі, мм							
	6	8	10	12	16	20	24	30
Великий	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3	3,5
Дрібний	0,75	1,0	1,25	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0
		0,75	1,0	1,25	1,0	1,5	1,5	1,5
	0,5	0,5	0,75	1,0	0,75	1,0	1,0	1,0
			0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75
				0,5		0,5		

Позначення метричної нарізі на кресленнях

Нарізь трубна циліндрична

Застосовується для з'єднання труб, арматури трубопроводів та інших тонкостінних деталей (пробки, заглушки та ін.). Нарізь трубна циліндрична (ГОСТ 6357 – 81) має профіль рівнобедреного трикутника з кутом при вершині 55° , виготовляється діаметром від 1/8 до 6" з числом ниток на 1" від 28 до 11 (1" – означає 1 дюйм). Профіль трубної нарізі виконують із закругленням. Позначається трубна нарізь літерою G , наприклад, $G\frac{1}{2}$, $G1$ та ін. (табл. 2.5).

Якщо для метричної нарізі позначений на зображенні розмір діаметра дорівнює його дійсному розміру в мм (без урахування допуску), то в трубній нарізі позначений її розмір у дюймах приблизно дорівнює умовному проходу труби, що теж вимірюється в дюймах. Цю величину позначають через D_y , тобто вона є номінальним внутрішнім діаметром, за яким розраховують пропускну здатність труби (рис. 2.111). Наприклад, $G1$ означає розмір трубної нарізі, виконаної на зовнішній поверхні труби, яка має умовний прохід 25,4 мм, тобто один дюйм. Фактичний зовнішній діаметр нарізі дорівнює 33,249 мм, тобто більше на дві товщини стінки труби. Тому позначення розміру трубної нарізі наносять на полицю лінії-виноски (рис. 2.111, табл. 2.5).

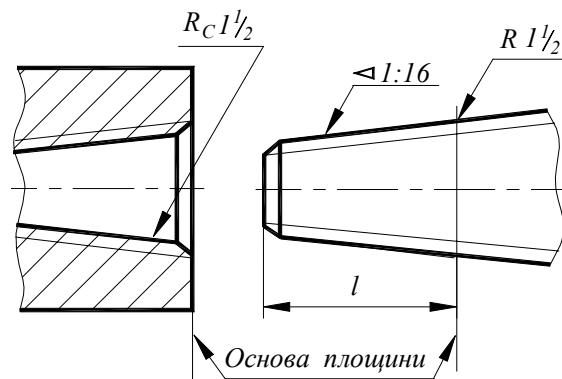


Крок трубної нарізі на кресленнях не позначається, він вимірюється у кількості її ниток на один дюйм і залежить від діаметра труби.

Рис. 2.111. Трубна нарізь

Нарізь трубна конічна

Трубну конічну нарізь (ГОСТ 6311 – 81) застосовується у з'єднанні труб при великих тисках і температурі, коли вимагається підвищена герметичність з'єднання, наприклад, для нарізних з'єднань паливних, мастильних, водяних та повітряних трубопроводів, машин і верстатів. Кут профілю конічної нарізі – 55° , конусність – $1 : 16$ (рис. 2.112).



Оскільки в конічній нарізі діаметр постійно змінюється, то її розмір визначають на перетині в основній площині (приблизно посередині довжини зовнішньої нарізі). У цьому перетині діаметр конічної нарізі дорівнює діаметру трубної циліндричної нарізі.

Зовнішня нарізь позначається літерою R , наприклад $R 1\frac{1}{2}$; внутрішня – R_c , наприклад $R_c 1\frac{1}{2}$; для позначення лівої нарізі вноситься літера L , наприклад: $R 1\frac{1}{2}LH$ і $R_c 1\frac{1}{2}LH$

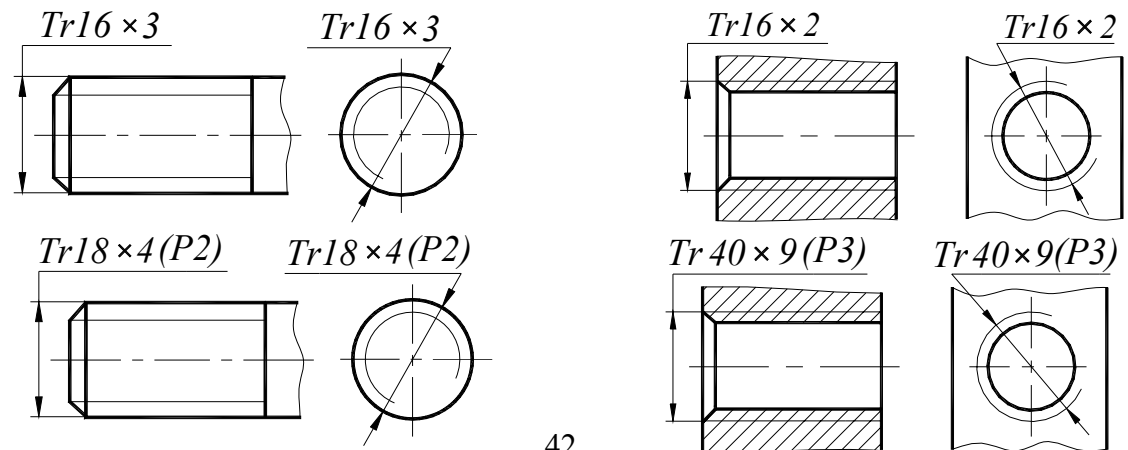
Рис. 2.112. Конічна нарізь

Нарізь трапецеїдальна

Нарізь трапецеїдальна (ГОСТ 9484 – 81) має профіль рівнобічної трапеції з кутом нахилу сторін 30° . Стандарт на цю нарізь передбачає діаметри від 10 до 640 мм. Ця нарізь призначається для передачі руху (у ходових гвинтах верстатів, гвинтах супортів, у штурвальних, вантажних гвинтах та ін.).

Позначається трапецеїдальна однозахідна нарізь літерою T_r (табл. 2.5), наприклад, $T_r 36 \times 6$ (де 36 – номінальний діаметр, мм; 6 – крок нарізі в мм). Приклад позначення трапецеїдальної багатозахідної нарізі, зокрема (тризахідної): $T_r 40 \times 9(P3)$, де 40 – номінальний діаметр, мм; 9 – хід, $P3$ – крок нарізі в мм.

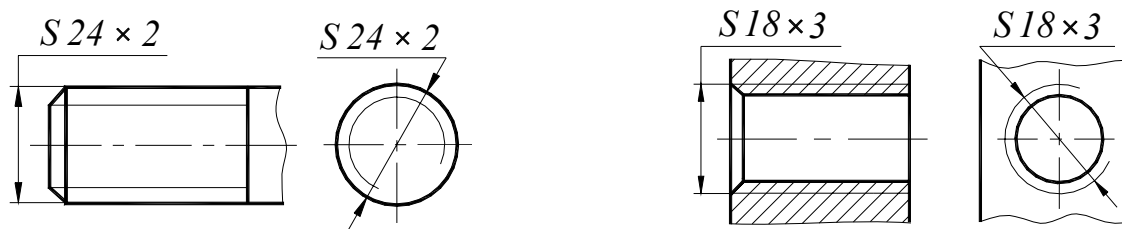
Позначення трапецеїдальної нарізі на кресленнях



Нарізь упорна

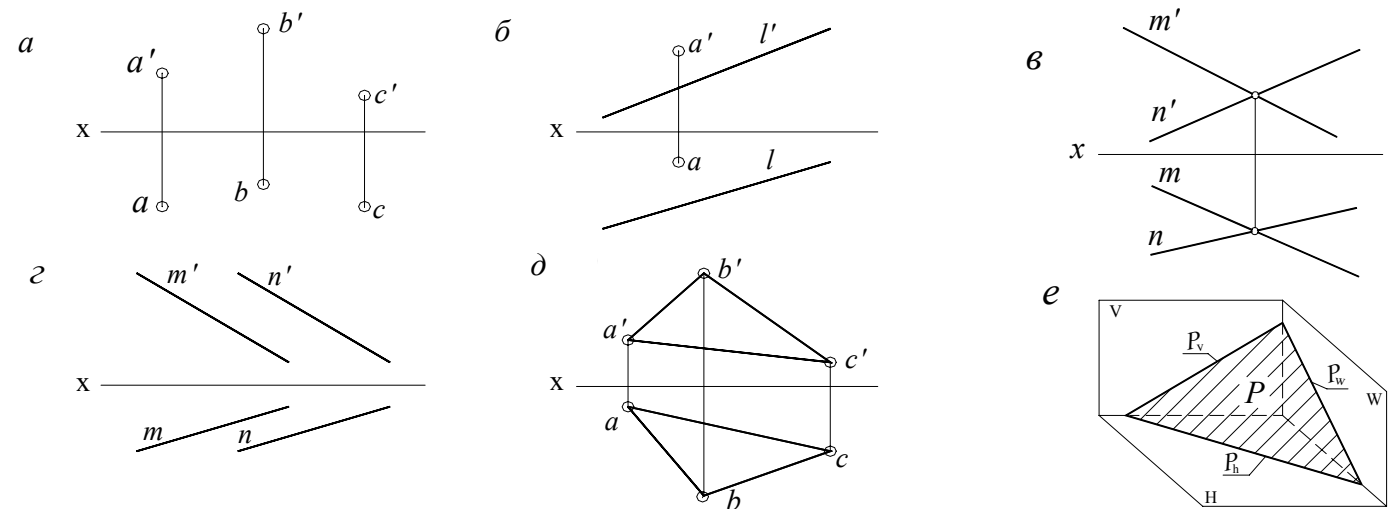
Упорна нарізь (ГОСТ 10177 – 82) застосовується у механізмах з великим осьовим зусиллям (у гвинтових пресах, натискних гвинтах прокатних станів та ін.). Нарізь упорна має профіль трапеції, одна із сторін якої нахилена під кутом 30° , а друга – під кутом 3° до нормалі, проведеної до осі нарізі. Упорна нарізь має діаметром від 10 до 600 мм. Позначається упорна нарізь літерою *S* (табл. 2.5), наприклад, умовне позначення нарізі діаметра 70 мм і кроку 10 мм таке: *S* 70 × 10.

Позначення упорної нарізі на кресленнях



1.3. ПЛОЩИНА

1.3.1. Способи задання площини на комплексному кресленнику

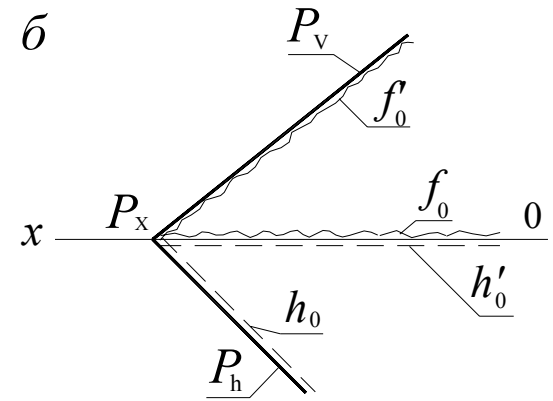
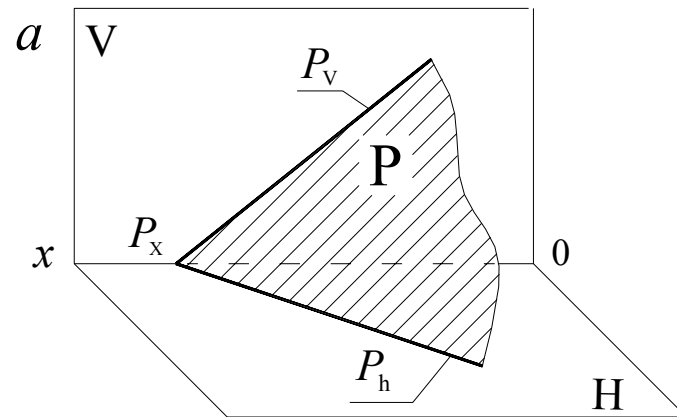


Слідами площини називають лінії, по яких площина перетинає площини проєкцій: P_h , P_v , P_w .

1.3.2. Класифікація площин

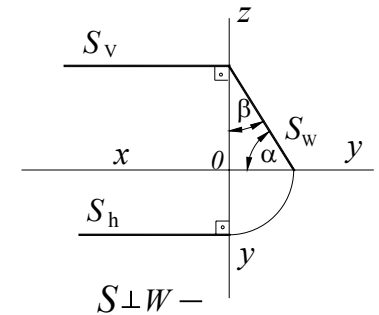
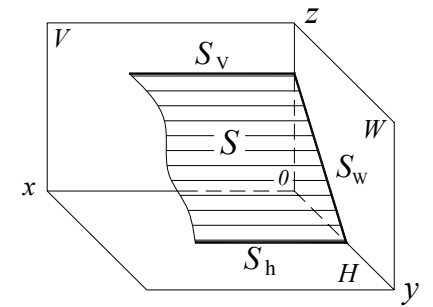
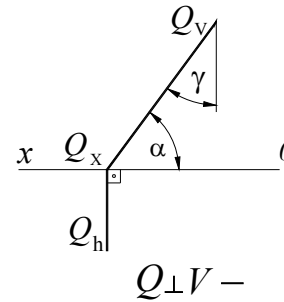
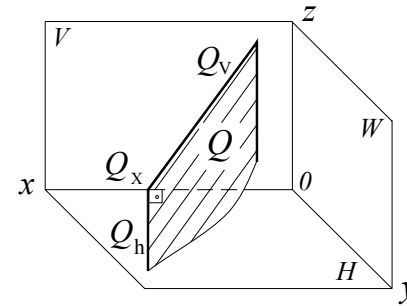
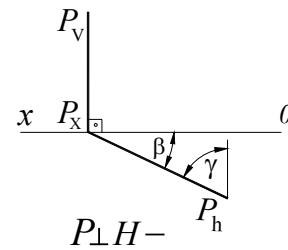
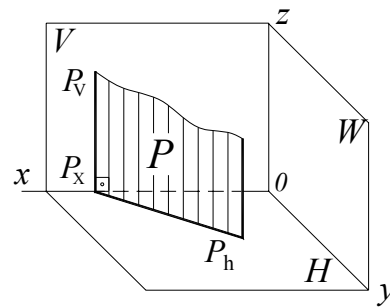
Залежно від положення площини відносно площин проекцій вони поділяються на площини загального положення, площини рівня і проєціюючі (перпендикулярні).

Площини загального положення не перпендикулярні й не паралельні жодній з площин проекцій (рис. 1.21). Вони проєціюються на всі три площини проекцій спотворено (мають меншу величину). Спотворено проєціюються також і кути нахилу площини до площин проекцій. Їх можна визначити за допомогою лінії найбільшого нахилу площини (рис. 1.25).



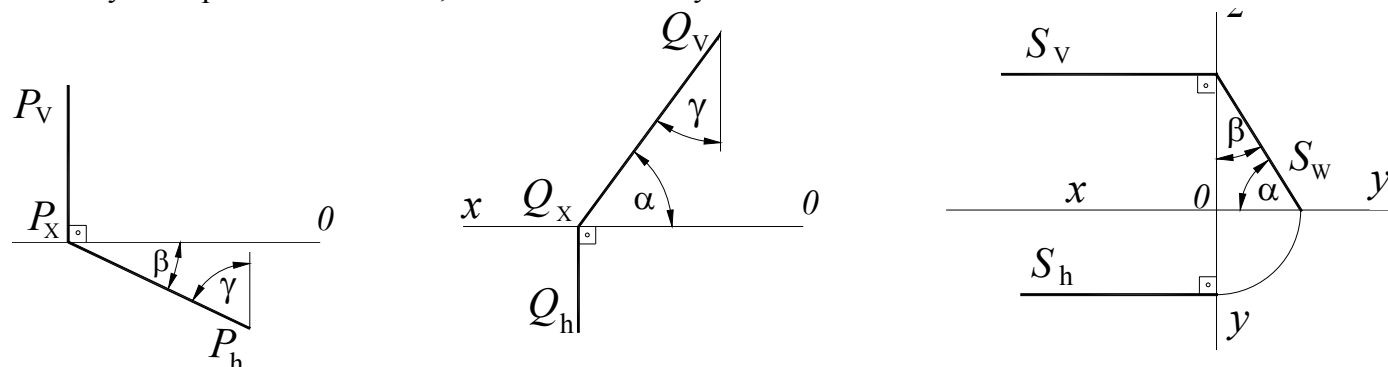
Проеціюючими називають площини, перпендикулярні одній з площин проєкцій (рис. 1.22).

Проеціююча площина зображується на перпендикулярній до неї площині як похила пряма – **слід площини**, на двох інших площинах проєкцій її зображення спотворене.



Слід проєціюючої площини має збірні властивості, тобто одна з проєкцій будь-якої фігури, що належить площині, збігається зі слідом площини.

Проеціюючі площини утворюють з однією із площин проєкцій кут 90° , сума двох інших кутів дорівнює також 90° , позначення цих кутів такі:



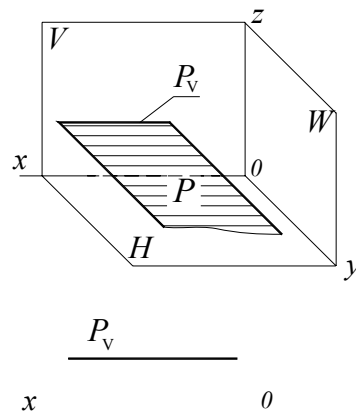
$P \perp H$ – горизонтально-проєціююча; $Q \perp V$ – фронтально-проєціююча; $S \perp W$ – профільно- проєціююча

α – кут нахилу площини до горизонтальної площини проєкцій;

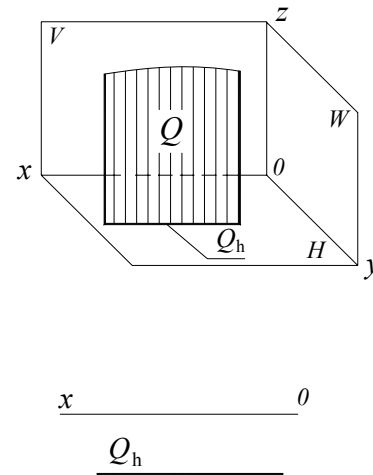
β – кут нахилу площини до фронтальної площини проєкцій;

γ – кут нахилу площини до профільної площини проєкцій.

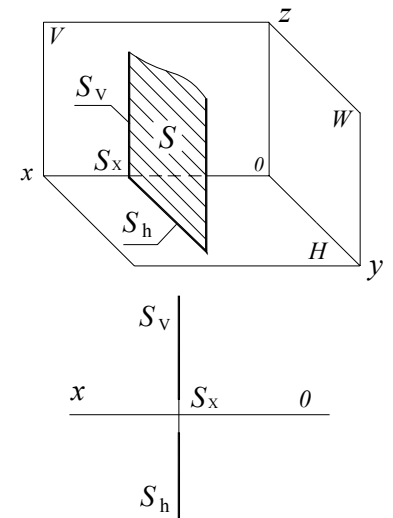
Площинами рівня називають площини, паралельні одній і перпендикулярні двом площинам проекцій (рис. 1.23).



$P//H$ – горизонтальна;



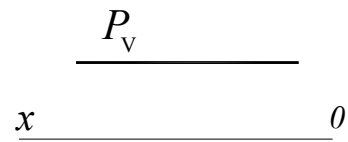
$Q//V$ – фронтальна;



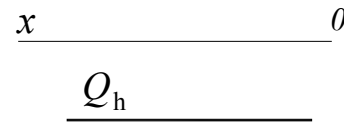
$S//W$ – профільна

Площини рівня проєціюються на одну з площин проекцій у натуральну величину, а на дві інші – у вигляді прямих, паралельних або перпендикулярних осям проекцій.

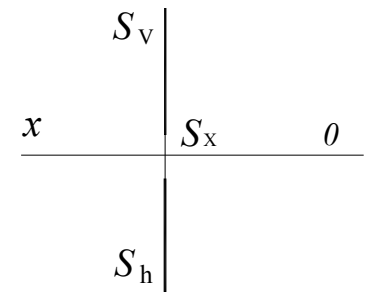
Слід площини рівня, як і проєціюючої площини, має збірні властивості, тобто на нього проєціюються всі точки, прямі, фігури, які належать даній площині.



$P//H$ – горизонтальна;



$Q//V$ – фронтальна;



$S//W$ – профільна

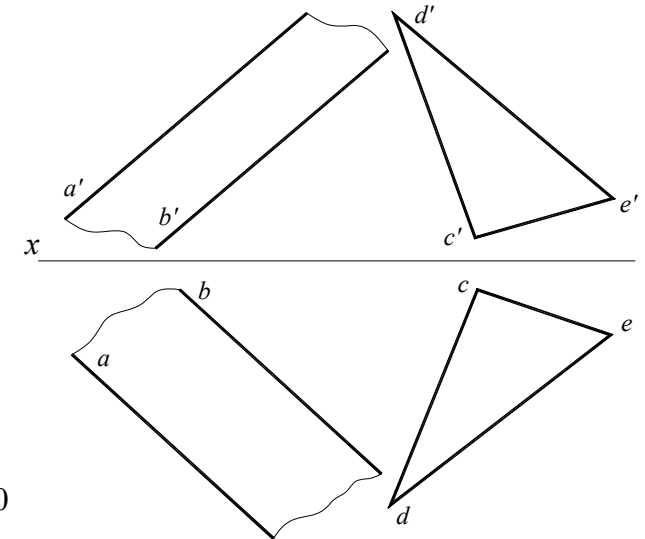
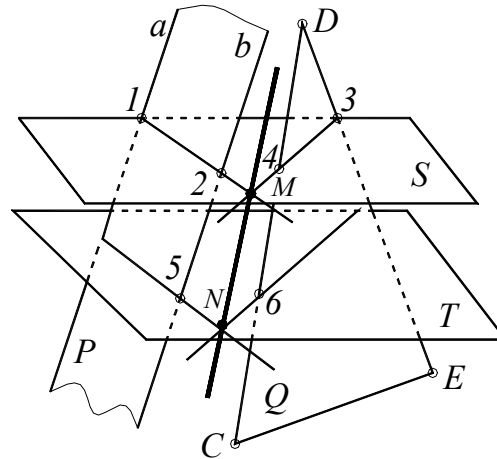
1.4.3. Площини, які перетинаються (пересічні)

Лінія перетину двох площин визначають за двома точками, які належать обом площинам. Отже, у загальному випадку для побудови лінії перетину двох площин треба знайти будь-які дві точки, кожна із яких належить обом площинам; ці точки визначають лінію перетину площин.

У загальному випадку для побудови лінії перетину площин використовують метод допоміжних січних площин. Задані площини перетинають допоміжними січними площинами (площиною проєкцій, площиною рівня або проєціюючою площиною).

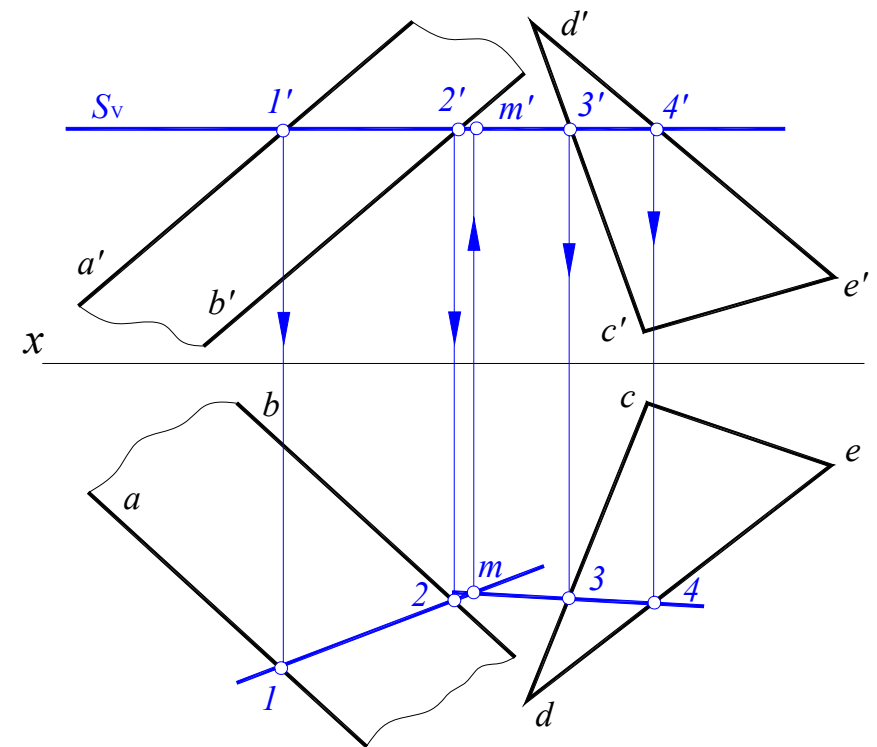
Приклади розв'язку задач на тему: “Перетин площин”.

1. Задано: дві площини загального положення $P(a//b)$ і $Q(\triangle CDE)$ (рис. 1.31).

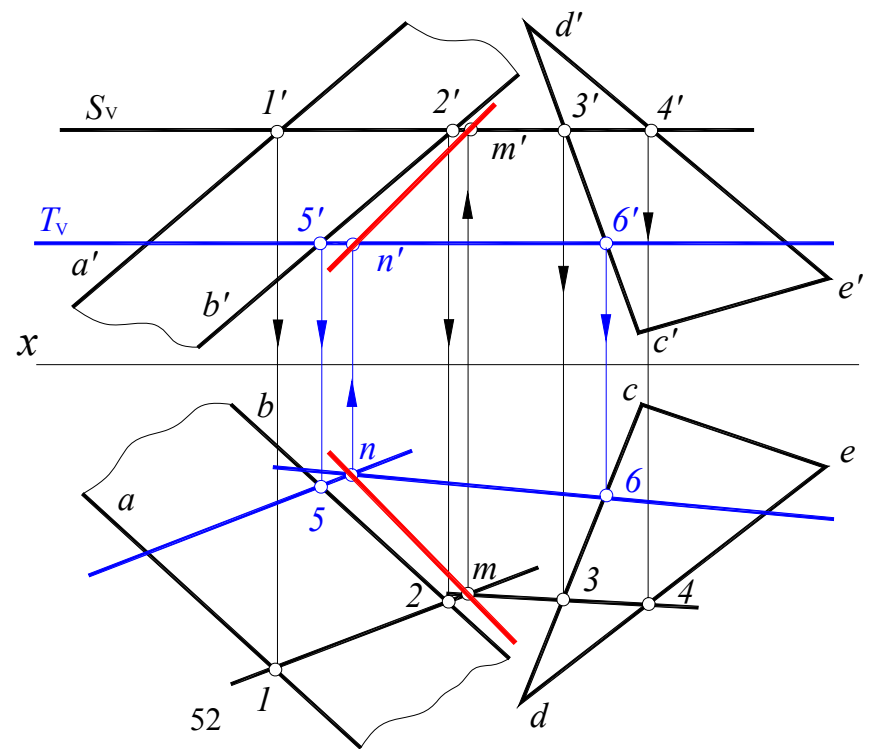


Побудувати: лінію перетину площин.
Алгоритм розв'язку

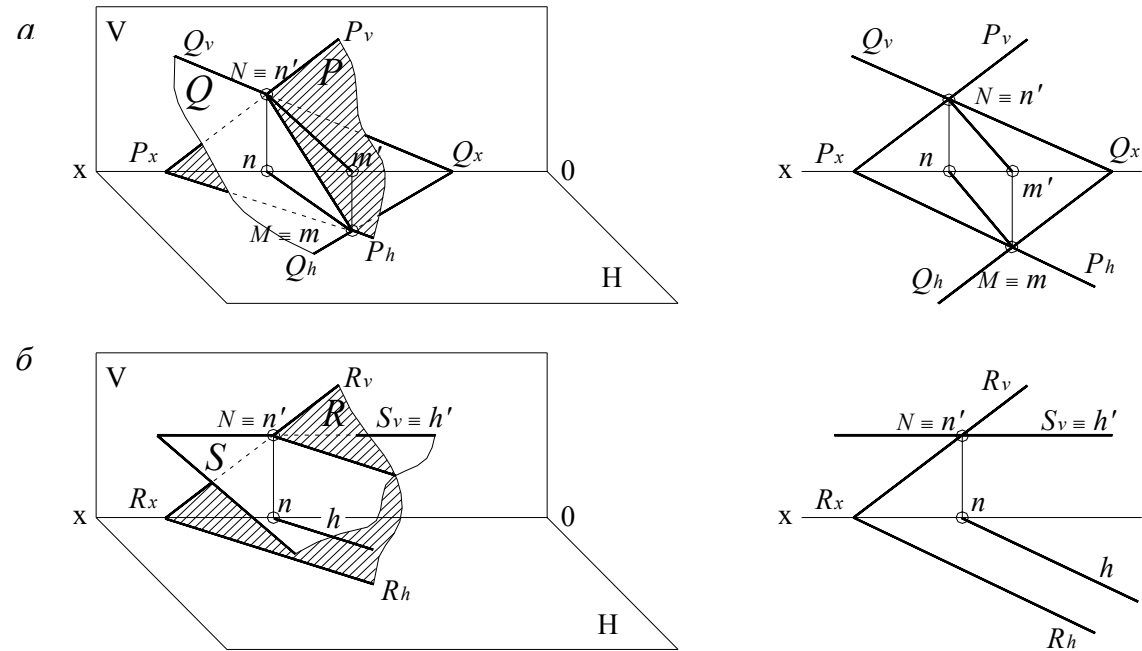
1. $S \cap P = 1 - 2$;
 $S \cap Q = 3 - 4$.
2. $(1 - 2) \cap (3 - 4) = M$.



3. $T \cap P = 5$;
4. $T \cap Q = 6$.
5. $5 \cap 6 = N$.
6. $M \cup N = MN$.

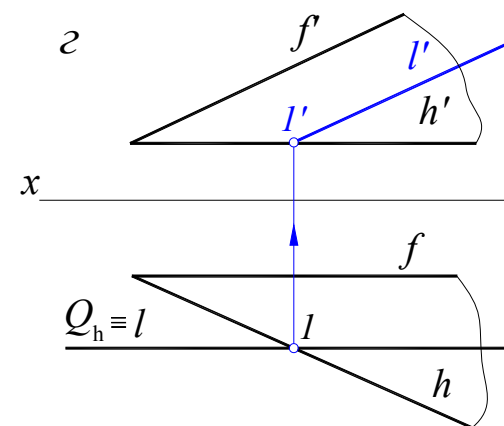
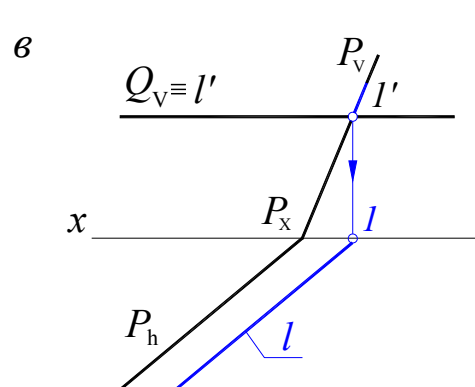


Якщо площини задані слідами, то для побудови лінії перетину використовують у ролі допоміжних площини проєкцій H і V , які перетинають площини P і Q по горизонтальних і фронтальних слідах (рис. 1.32, a). Перетин слідів дає точки M і N лінії перетину площин.



Лінія перетину двох площин визначається або двома точками, які одночасно належать заданим площинам або однією спільною точкою та визначеним напрямком цієї лінії

Якщо одна із пересічних площин горизонтального або фронтального рівня, то лінія перетину цих площин буде відповідно горизонтальною чи фронтальною прямою.



1.4.4. Перетин прямої з площиною

Точка перетину прямої з площиною (точка зустрічі) визначається як точка, яка належить одночасно і прямій, і площині.

Приклади розв'язку задач на тему: “Перетин прямої з площиною”.

1. Задано: площину P і пряму l , що перетинаються (рис. 1.37).

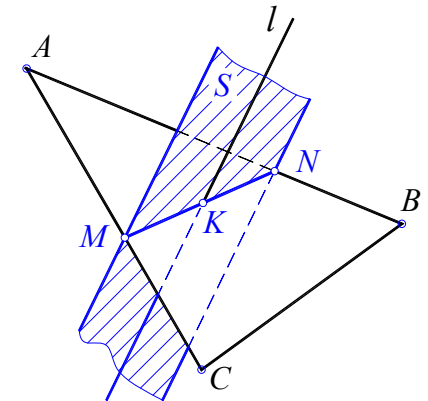
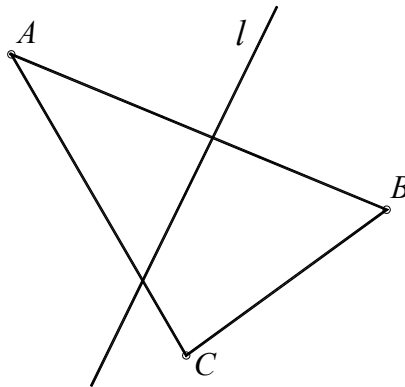
Побудувати: точку перетину прямої з площиною та визначити видимість прямої відносно площини.

Якщо задані пряма l і площина $P(\triangle ABC)$ займають загальне положення (рис. 1.37), то точку їх перетину (зустрічі) знаходять у такій послідовності:

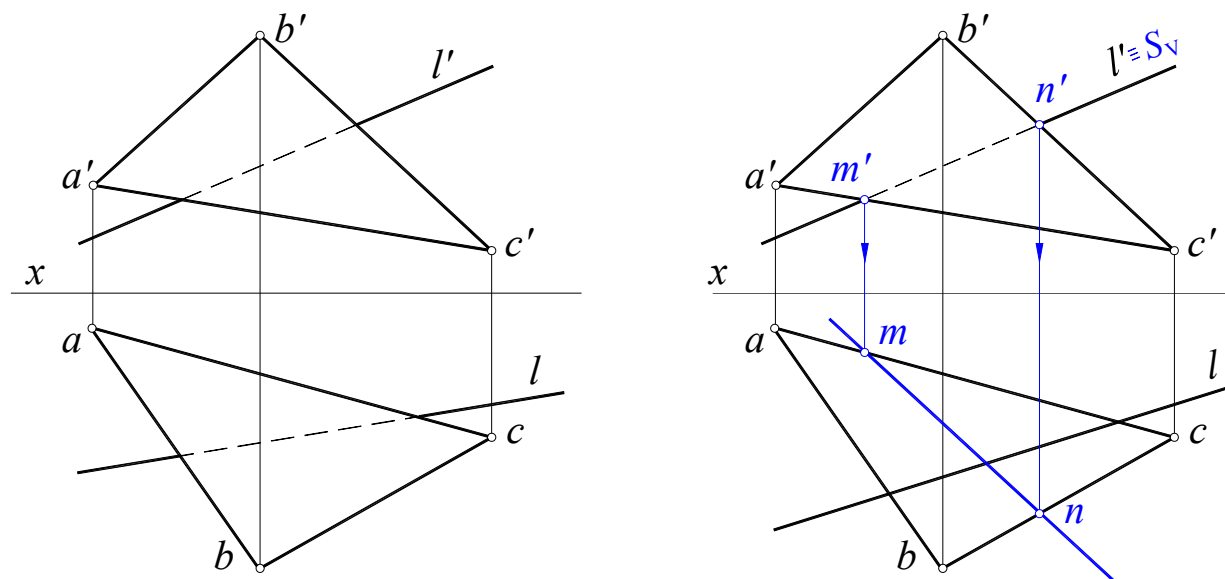
1) Через пряму проводять допоміжну січну площину (горизонтально-проеціюючу $[l \subset S \perp H]$ або фронтально-проеціюючу $[l \subset S \perp V]$).

2) Визначають лінію перетину допоміжної та заданої площин ($S \cap P(\triangle ABC) = MN$).

3) Знаходять точку зустрічі на перетині одержаної лінії із заданою прямою ($MN \cap l = K$).



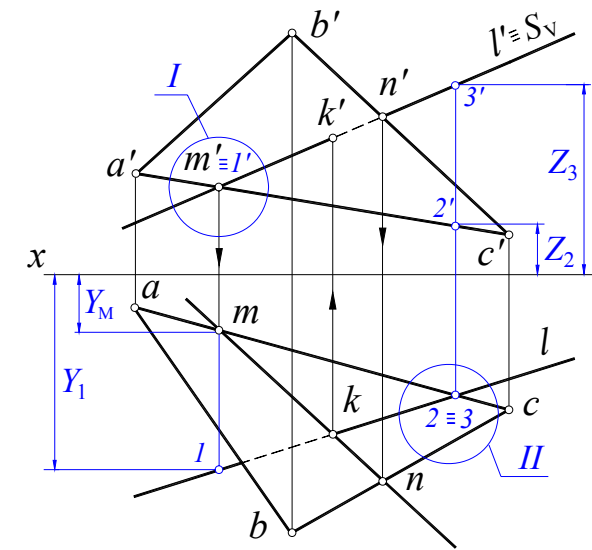
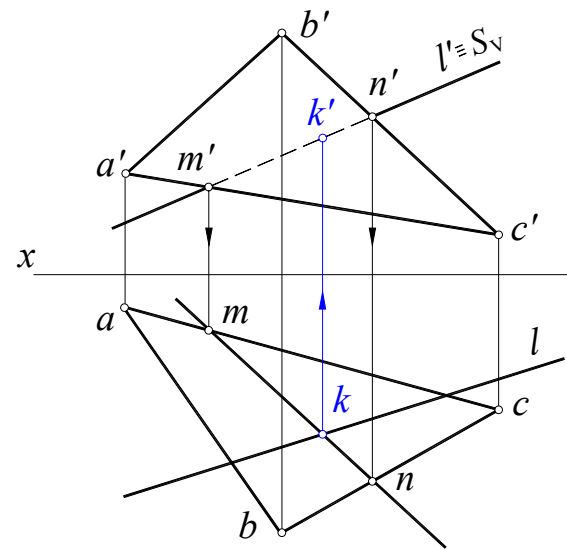
Перетин прямої з площиною загального положення



Видимість прямої відносно площини визначають за допомогою конкуруючих точок. Для цього на площині проєкцій V (рис. 1.37, б) вибирають конкуруючі точки M і 1 (ділянка I). Точка M знаходиться на прямій AC , тобто на площині ΔABC , а точка 1 на прямій l . Проводять вертикальні лінії зв'язку, визначають горизонтальні проєкції цих точок і

порівнюють їх координати Y . Оскільки $Y_1 > Y_m$, то видимою на цій ділянці площини V буде пряма l .

На площині проєкцій H видимість визначають за допомогою конкуруючих точок 2 і 3 (ділянка II). Точка 2 знаходиться на прямій AC , тобто на площині, а точка 3 на прямій l . Проводять вертикальні лінії зв'язку, визначають фронтальні проєкції цих точок і порівнюють їх координати Z . Оскільки $Z_3 > Z_2$, то видимою на цій ділянці площини H буде пряма l .



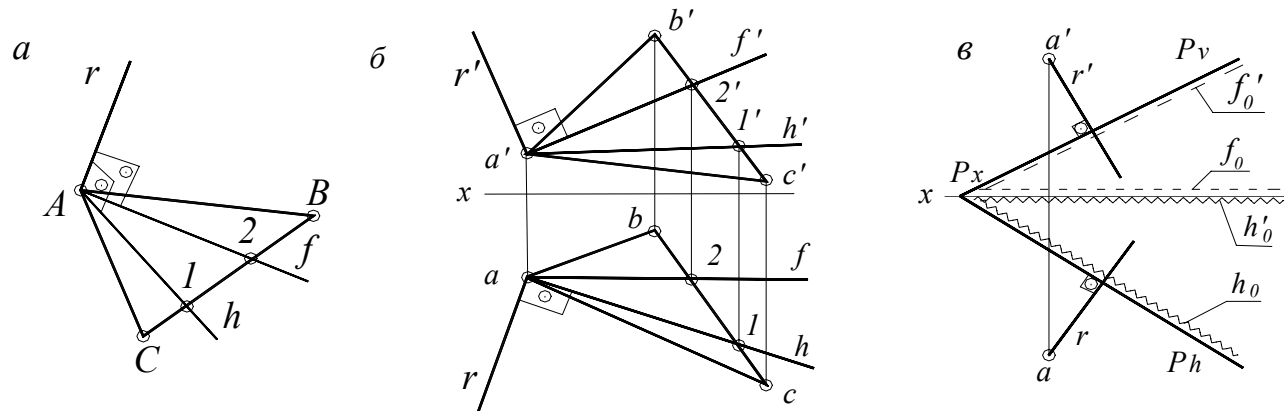
1.4.5. Перпендикулярність прямої і площини

Позначення перпендикулярності прямих і площин на комплексному кресленнику (епюрі) базується на теоремі проєціювання прямого кута: *якщо одна із сторін прямого кута паралельна одній із площин проєкцій, а друга їй не перпендикулярна, то на цю площину прямий кут проєціюється без спотворення (у натуральну величину).*

Пряма перпендикулярна площині, якщо вона перпендикулярна двом пересічним прямим цієї площини. Такими прямими на комплексному кресленнику можна вибрати лінії рівня площини (рис. 1.39, а).

Якщо пряма r перпендикулярна площині P , то її горизонтальна проєкція перпендикулярна горизонтальній проєкції горизонталі ($r \perp h$), а фронтальна проєкція прямої перпендикулярна фронтальній проєкції фронталі ($r' \perp f'$) (рис. 1.39, б).

Якщо пряма r перпендикулярна площині P , яка задана слідами (сліди площини є нульовими лініями рівня), то її проєкції перпендикулярні відповідним слідам, тобто горизонтальна проєкція перпендикулярна горизонтальному сліду площини ($r \perp P_H$), а фронтальна проєкція прямої перпендикулярна фронтальному сліду площини ($r' \perp P_V$) (рис. 1.39, в).

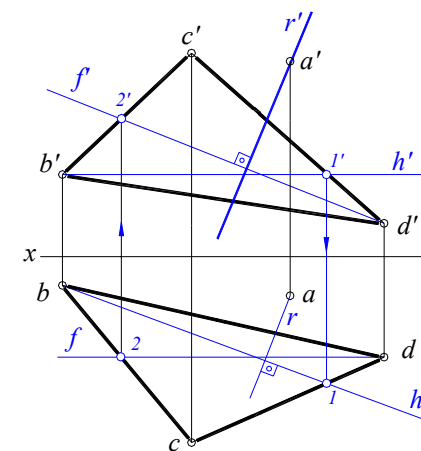
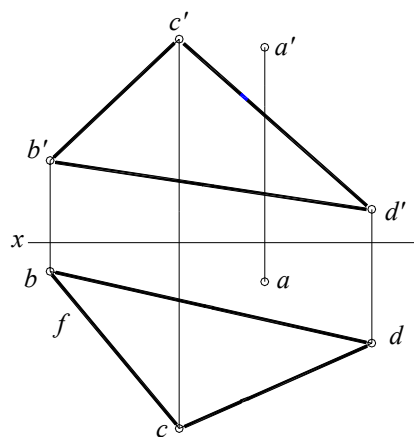


Приклади розв'язку задач на тему: “Перпендикулярність прямої площині”.

1. Задано: площину $P(\triangle BCD)$ і точку A (рис. 1.40).

Побудувати: із точки A опустити перпендикуляр на площину P і знайти його основу.

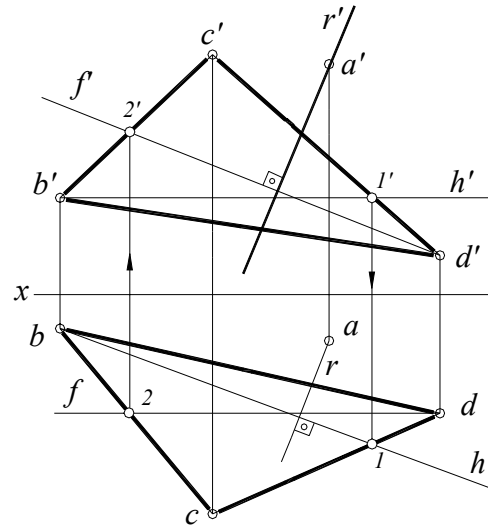
Розв'язок. Для того, щоб із точки опустити перпендикуляр на площину і знайти його основу (якщо площина задана двома паралельними чи пересічними прямими або будь-якою плоскою фігурою), необхідно (рис. 1.40, а):



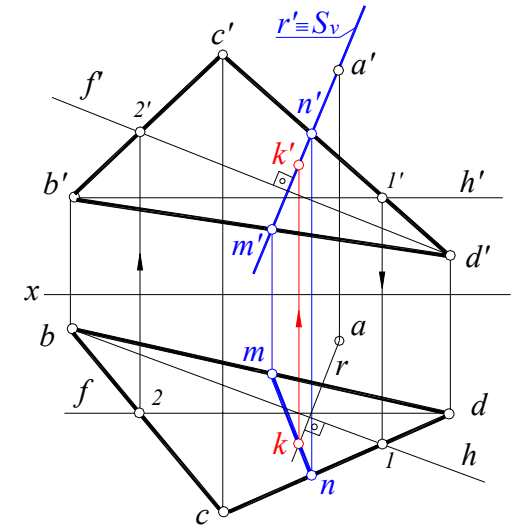
1) у площині проводять горизонтальну та фронтальну прямі ($h \subset P$, $f \subset P$);

2) із точки опускають перпендикуляр, тобто $r' \perp f'$, $r \perp h$;

- 3) через перпендикуляр проводять допоміжну січну площину (горизонтально-проеціюючу $[r \subset S \perp H]$ або фронтально проєціюючу $[r' \subset S \perp V]$);
- 4) будують лінію перетину допоміжної і заданої площин ($S \cap P = MN$);
- 5) знаходять точку зустрічі на перетині одержаної лінії із заданою прямою ($MN \cap r = K$).

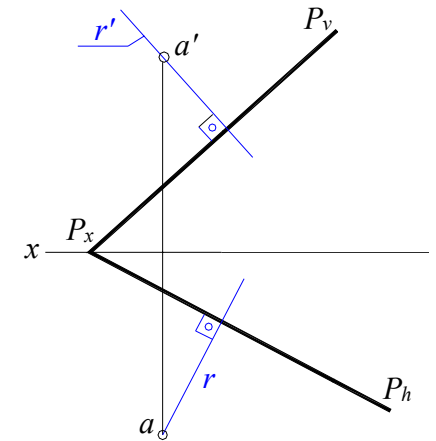
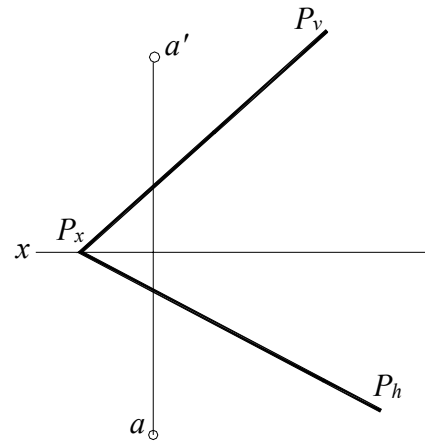


Точка K і буде основою перпендикуляра.



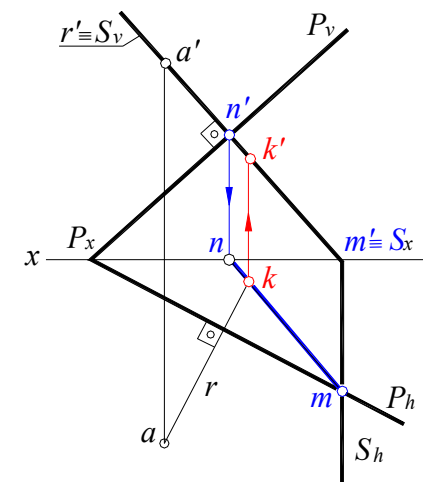
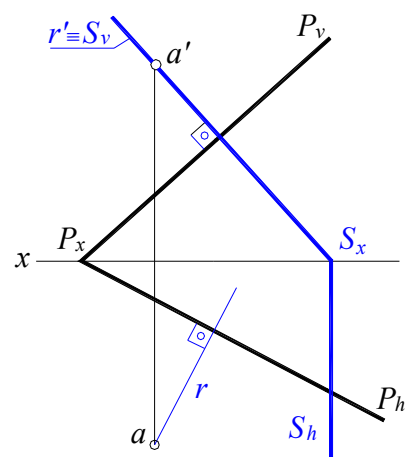
Якщо площина задана слідами, то щоб опустити перпендикуляр із точки A на площину (рис. 1.40, б), проводять його проекції перпендикулярно відповідним слідам, тобто

$$r' \perp P_v, \quad r \perp P_h.$$

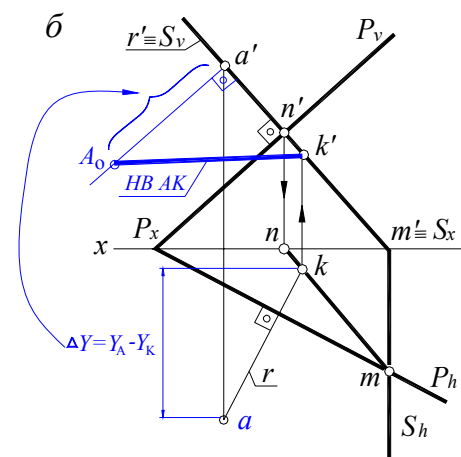
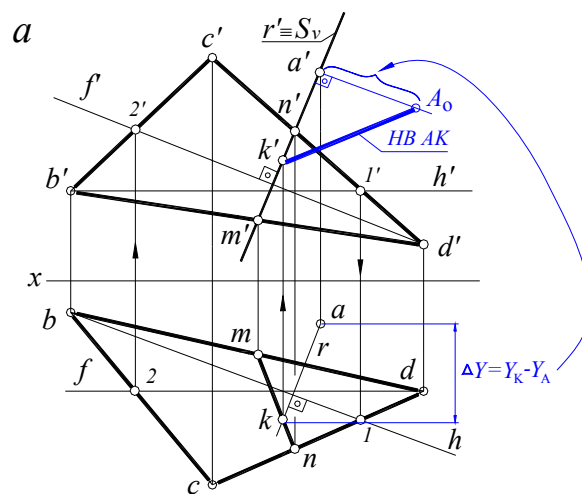


Далі розв'язок виконується відповідно до пунктів 2...5 попереднього випадку.

Тобто



Якщо потрібно визначити відстань від точки до площини, то до виконаних вище п'яти пунктів додається ще один – побудова прямокутного трикутника, гіпотенуза якого і буде являти собою таку відстань.



1.6. ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕНИКА

Часто в нарисній геометрії трапляються випадки, коли треба визначити за допомогою проекції справжню (натуральну) величину деякої плоскої фігури, відрізка або кута. Це метричні задачі, які можна розв'язати перетворенням комплексного кресленика:

- *способом заміни площин проекцій;*
- *способом плоскопаралельного переміщення;*
- *способами обертання.*

Метричні задачі зводяться до розв'язування чотирьох основних задач:

- 1) *перетворення прямої загального положення у пряму рівня;***
- 2) *перетворення прямої загального положення у проєціюючу;***
- 3) *перетворення площини загального положення у проєціюючу;***
- 4) *перетворення площини загального положення у площину рівня.***

1.6.1. Спосіб заміни площин проекцій

Суть способу заміни площин проекцій (пл. пр.) виражається в тому, що, зберігаючи положення точок, прямих і фігур у просторі незмінним, система доповнюється площинами, які утворюють з площиною V або H і між собою системи двох взаємно перпендикулярних площин, які приймають за площини проекцій (рис. 1.58).

Заміною площин проекцій можна надати заданим геометричним елементам вигідного положення і цим спростити розв'язок багатьох задач.

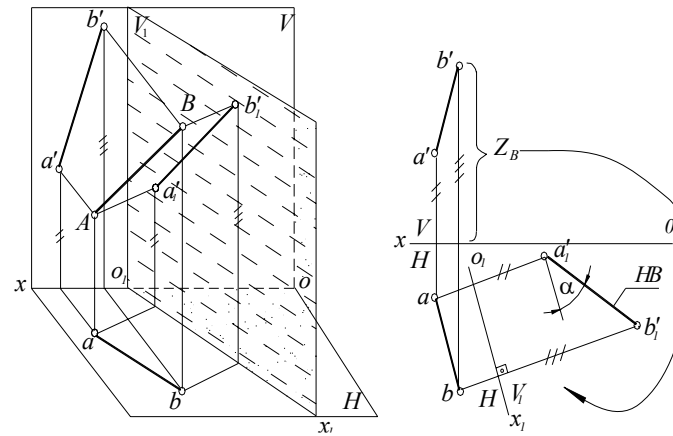


Рис. 1.58. Спосіб заміни площини V на $V_1 \perp H$

Основні прийоми способу заміни площин проекцій розглянемо при розв'язуванні задач

Задача № 1. Перетворення прямої загального положення у пряму рівня

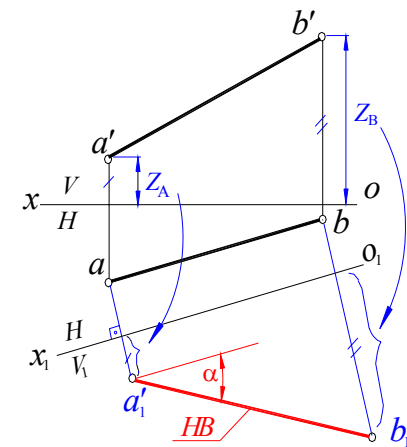
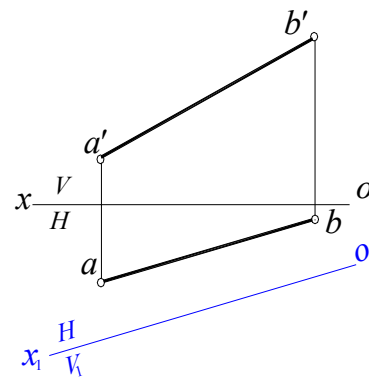
Послідовність дій при розв'язуванні цієї задачі:

1. “Нову” площину проєкцій (пл. пр.) розміщують паралельно прямій на будь якій відстані. На комплексному кресленку вісь нової системи пл. пр. буде паралельна одній із проєкцій прямої (у нашому випадку горизонтальній) (рис. 1.58, 1.59).

2. Замінюється тільки одна пл. пр., тобто від системи V/H переходять до “нової” системи пл. пр., тобто

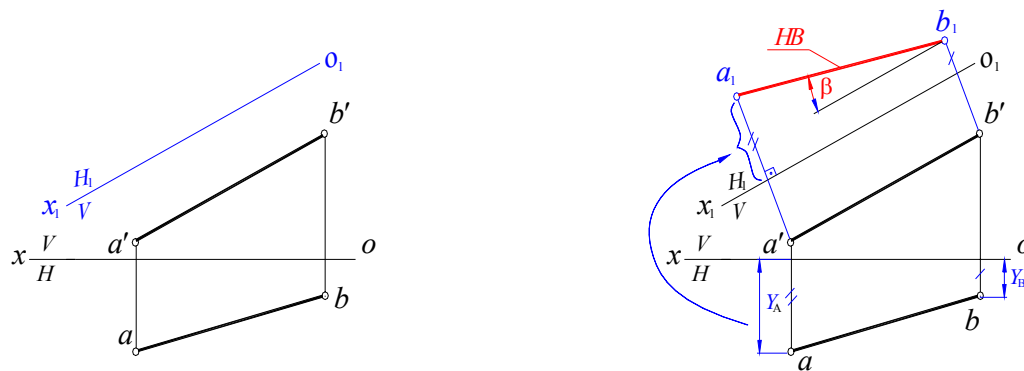
$$V/H \rightarrow H/V_1.$$

3. “Нова” площина проєкцій повинна бути перпендикулярна до площини, що залишилася, тобто $V_1 \perp H$.



4. Одна з проєкцій прямої залишається без змін (у нашому випадку горизонтальна), “нові” фронтальні проєкції точок A і B мають ту саму координату Z , що й попередні проєкції, тобто Z_A і $Z_B - \text{const}$ (рис. 1.59), а саме:

$$V/H \rightarrow H/V_1, V_1 \perp H, X_1O_1 \parallel ab.$$



Висновок. Унаслідок заміни площин проєкцій одержують HB відрізка прямої AB та α – кут нахилу прямої до горизонтальної H площини проєкцій. Якщо необхідно визначити кут β , то заміняють горизонтальну пл. пр. і проводять вісь $X_1O_1 \parallel a'b'$.

За типом цієї задачі будують:

- натуральну величину відрізка прямої загального положення;
- кути нахилу прямої загального положення до площин проєкцій;
- перпендикуляр до прямої загального положення.

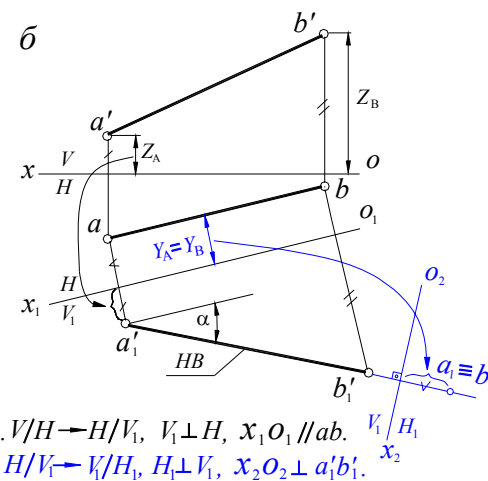
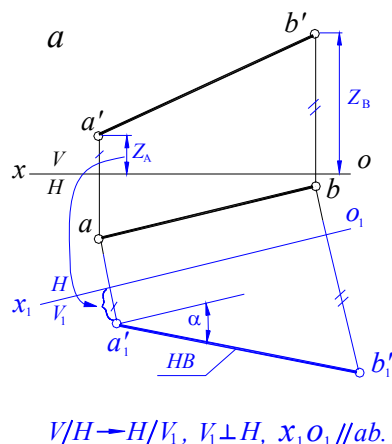
Задача № 2. Перетворення прямої загального положення у проєціючу

Послідовність розв'язування цієї задачі

1. Виконують **основну задачу № 1**, тобто пряму загального положення перетворюють у пряму рівня, а саме: $V/H \rightarrow H/V_1$, $V_1 \perp H$, $X_1O_1 \parallel ab$.

2. “Нову” площину проєкцій розміщують перпендикулярно прямій на будь якій відстані. На комплексному кресленку вісь нової системи пл. пр. буде перпендикулярна “новій” проєкції прямої (у нашому випадку фронтальній), тобто $H/V_1 \rightarrow V_1/H_1$, $H_1 \perp V_1$, $X_2O_2 \perp a_1'b'_1$.

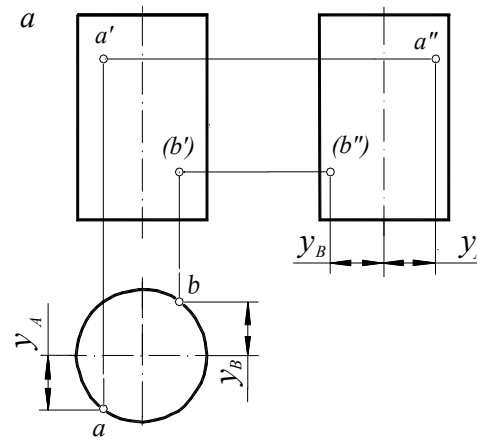
3. Виконують почергову заміну площин проєкцій. При другій заміні площин проєкцій відлік координат здійснюють від осі X_1O_1 , тому що вісь XO вже не існує (рис. 1.60).



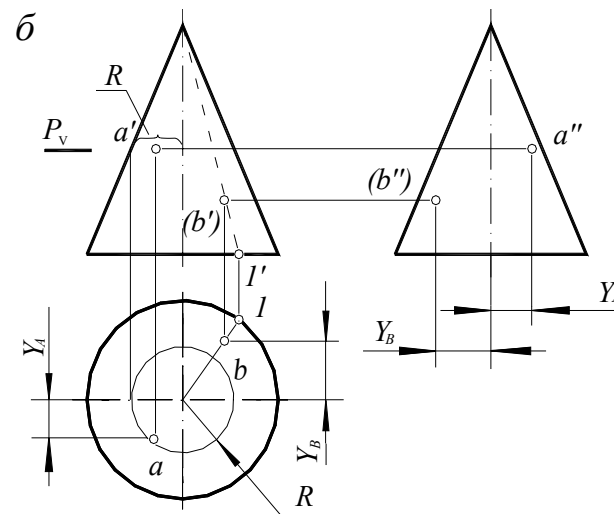
1.7.3. Побудова точок на поверхнях

Точки на поверхнях будують за допомогою допоміжних січних площин або допоміжних прямих. Це необхідно для побудови лінії взаємного перетину поверхонь. Приклад побудови лінії перетину поверхонь за допомогою допоміжних січних площин показано на рис. 1.86, 1.97, 1.98.

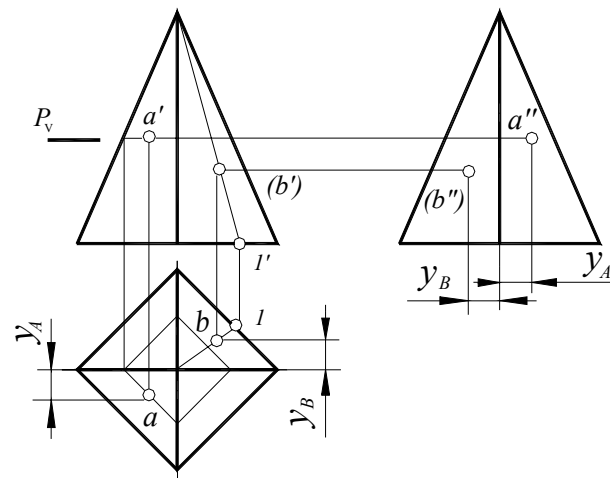
Якщо поверхні займають проекційне положення, то побудова спрощується. Точка, яка належить проєціюючій поверхні прямого циліндра (рис. 1.79, *a*), проєціюється на коло, що є проєкцією циліндра, таким чином: на нижню половину кола, якщо точка видима (точка *A*), і на верхню половину, коли точка невидима (точка *B* береться у дужки на фронтальній і профільній проєкціях).



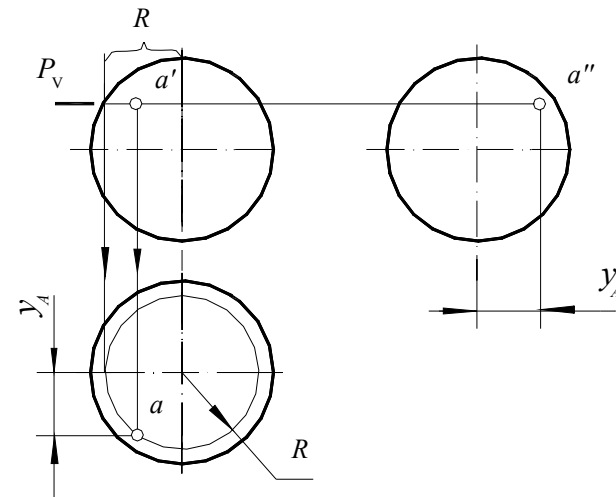
Точки на поверхні прямого конуса (рис. 1.79, б) знаходять за допомогою кола, яке утворюється внаслідок проходження січної площини P через задану точку A , або за допомогою твірної прямої, яка проходить через точку B , (у даному прикладі вона невидима).



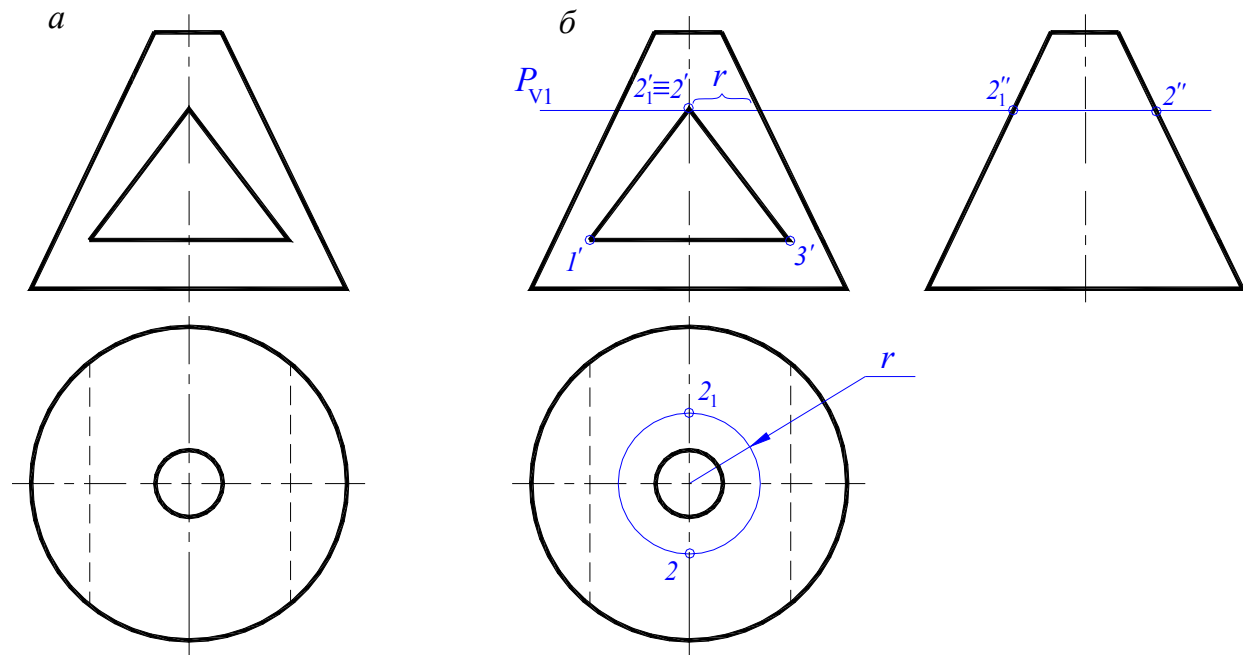
Точки на поверхні піраміди (рис. 1.80) знаходять так само, як і на поверхні конуса. Побудова буде відрізнятися тільки тим, що січна площина P , яка проходить через точку A , утворює не коло, а фігуру, що лежить в основі піраміди (на рис. 1.80 це квадрат).

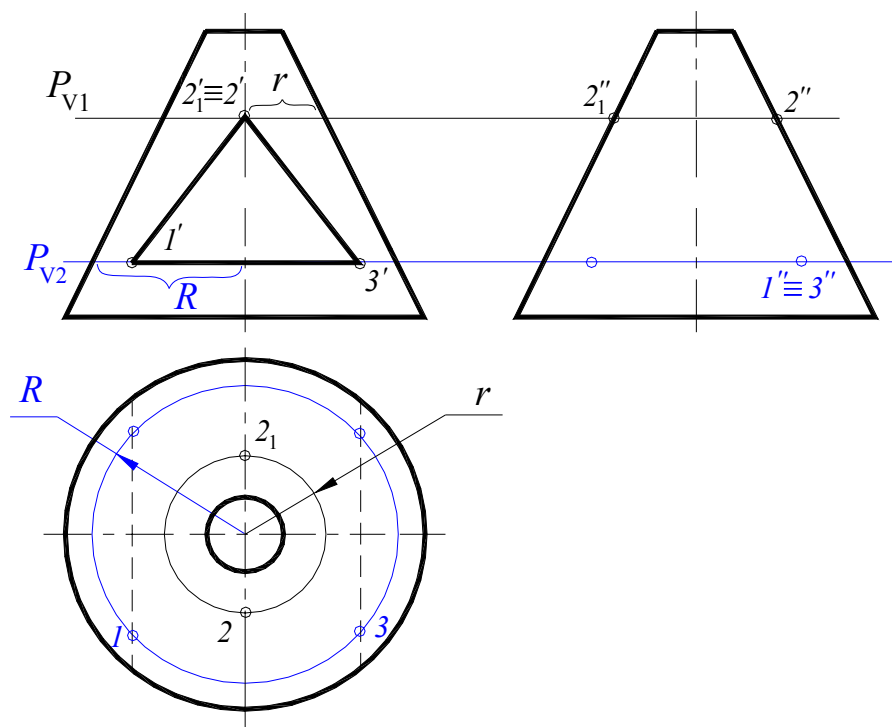


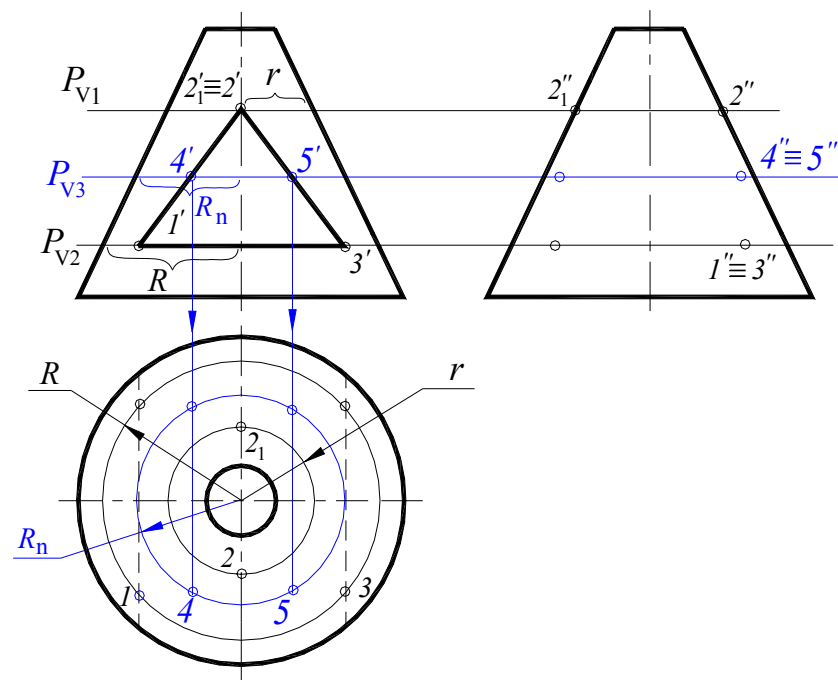
Точки на поверхні сфери (рис. 1.81) будують за допомогою *кола*, яке отримують січною площиною P , що проходить через задані точки. Якщо січне коло розташоване перпендикулярно осі сфери, то в цьому випадку воно проєціюється у пряму або коло.

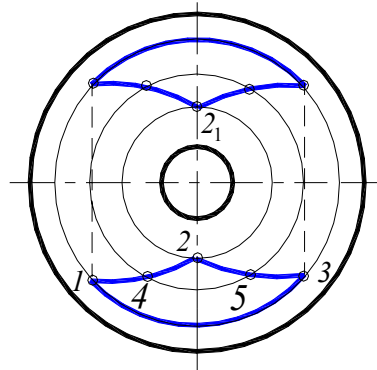
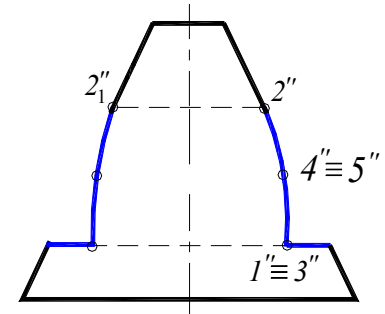
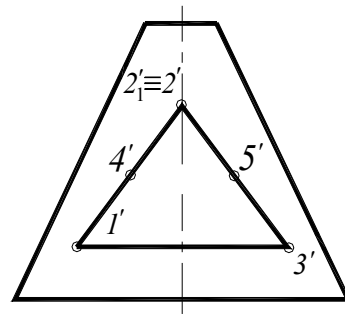


Побудова трьох видів









КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Лабораторна робота № 1

Підготовка файлу кресленика

Мета роботи: вивчити інтерфейс програми, набути навичок роботи з командним рядком і шарами, ознайомитися з одиницями виміру.

Система AutoCAD працює з геометричними описами об'єктів. Наприклад, відрізок описується двома точками, коло – центром і радіусом, дуга – центром, радіусом і центральним кутом і т. д.

Усі графічні об'єкти в системі AutoCAD формуються із окремих примітивів.

Графічним примітивом називається геометричний елемент, який може бути побудований за допомогою команди, що має однакову з ним назву. Наприклад, відрізок будується командою  Отрезок.

Система AutoCAD 2007 містить широкий клас графічних примітивів: Точка (Точка), Відрізок (Отрезок), Пряма (Прямая), Полілінія (Полилиния), Багатокутник (Многоугольник), Прямокутник (Прямоугольник), Дуга (Дуга), Коло (Круг), Еліпс (Эллипс), Штриховка (Штриховка), Розмір (Размер) і т. д.

Будь-який кресленик може бути побудований з використанням перелічених примітивів. Примітиви мають певні властивості: колір, тип ліній, належність певному шару. Під **шаром** розуміють об'єктний простір, який може бути вимкнений, і, таким чином, об'єкти, що в ньому присутні, стають невидимими.

Запуск системи **AutoCAD 2007** можна виконати, скориставшись кнопкою меню: **Пуск** → **Все программы** → **AutoCAD 2007**, або двічі натиснути мишею по піктограмі AutoCAD 2007 на робочому столі Windows.

Інтерфейс AutoCAD 2007

При першому запуску робочий стіл AutoCAD 2007 настроєний на властивість за умовчанням (рис. 1.1).

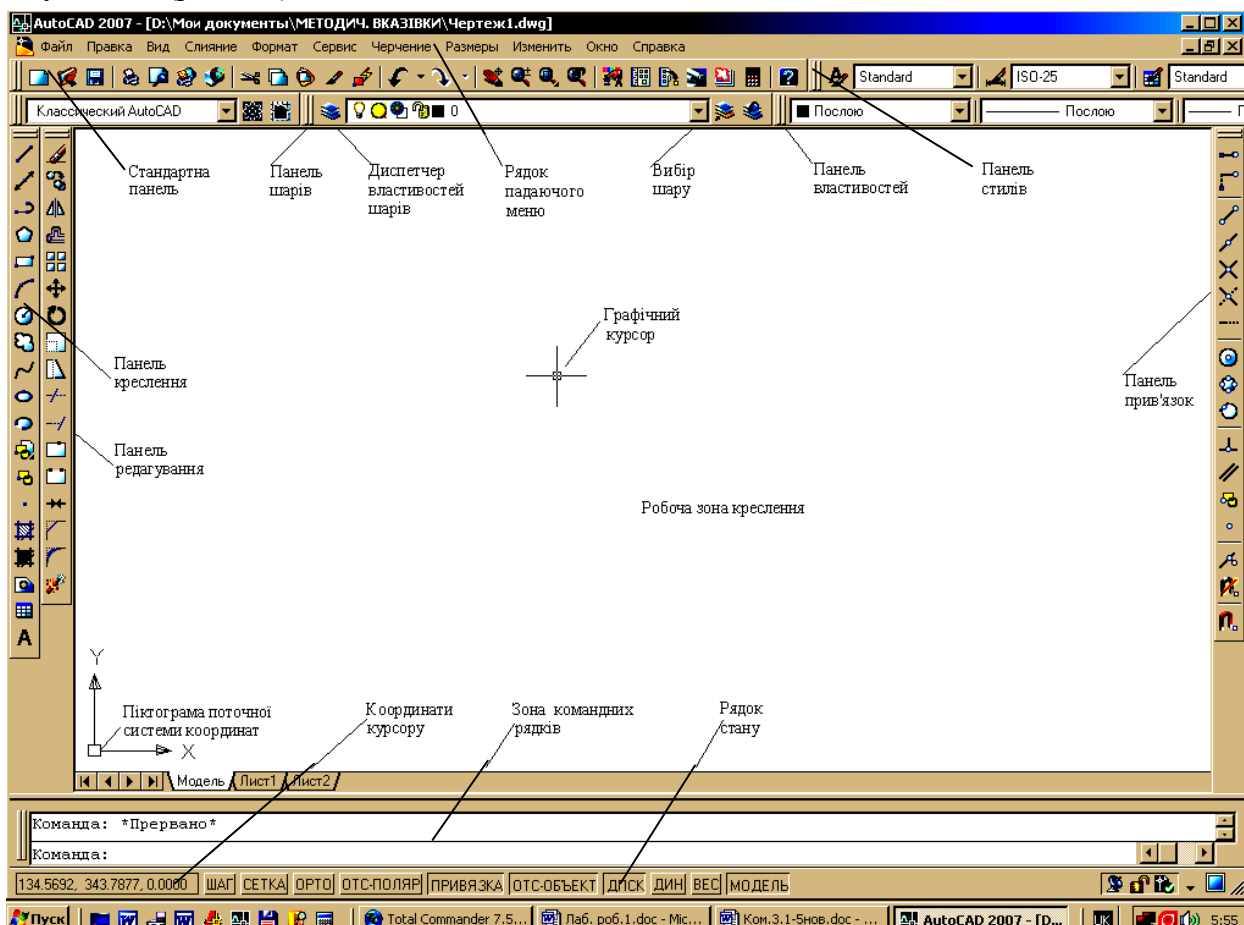


Рис. 1.1. Інтерфейс графічної системи AutoCAD 2007

До робочого столу AutoCAD для Windows включено:

- ♦ *рядок падаючого меню* – перший верхній рядок меню;
- ♦ *стандартна панель інструментів* – другий рядок;
- ♦ *панель шарів і властивостей об'єктів* – третій рядок;
- ♦ *панелі креслення і редагування* – колонки зліва;
- ♦ *панель прив'язок* – колонка справа;
- ♦ *рядок стану* – нижній рядок;
- ♦ *зона командних рядків* – одразу перед рядком режиму;
- ♦ *графічне поле кресленника* – займає всю решту площі робочого столу.

Ліворуч (але не обов'язково) розміщено панелі інструментів для виклику команд, які створюють і редагують графічні об'єкти, зокрема, перша панель (**Чертить**) містить у собі інструменти для створення креслення, а друга (**Изменить**) – інструменти редагування (модифікації). Праворуч – панель прив'язок **Объектные привязки**.

Середня частина дисплея – це головна зона, в якій відображаються всі геометричні побудови, тобто, робоча зона кресленника. У графічній зоні екрана присутній *показчик миші (графічний курсор)* у вигляді двох відрізків, які перетинаються і паралельні осям *X* і *Y* поточної системи координат. Інколи графічний курсор замінюється невеликим квадратом або рамкою.

Графічний курсор – основний інструмент для показу точок чи інших примітивів під час побудови й редагування креслеників. Керування графічним курсором здійснюється за допомогою миші або з клавіатури.

Інтерфейс графічної системи AutoCAD призначений для спілкування користувача з комп'ютером. Усі дії в AutoCAD виконуються за допомогою команд, які можна ввести таким чином:

1. Використанням панелі інструментів.
2. Застосуванням падаючого меню.
3. За допомогою палітр інструментів.
4. За допомогою динамічного введення.
5. За допомогою контекстного меню.
6. Набираючи на клавіатурі команду та її параметри у командному рядку.

Найбільш зручний спосіб задання команд – це використання піктограм палітр і панелей інструментів, але вони містять не всі команди. Однак будь-яку команду AutoCAD можна набрати із клавіатури в командному рядку.

Нижче наведено характеристики елементів робочого столу.

Рядок падаючого меню AutoCAD

Рядок падаючого меню за умовчуванням включає такі пункти:

- ♦ **Файл** (файл) – меню роботи з файлами: відкриття, збереження, друк, експорт файлів на інші формати та ін.
- ♦ **Правка** (виправлення) – меню редагування частин графічного поля робочого столу Windows.
- ♦ **Вид** (вид) – команди керування екраном, панорамування, тонування, керування параметрами дисплея, встановлення необхідних панелей інструментів.
- ♦ **Слияние** (злиття) – вставка блоку, створення нового аркуша, вибір шаблону із файлу, введення растрового зображення та ін.
- ♦ **Формат** (формат) – забезпечує настройку шарів креслення, кольору, типу ліній; керування стилем тексту, розмірами, видом маркера точки, стилем мультіліній, установлення одиниць виміру, меж креслення.
- ♦ **Сервис** (сервіс) – містить засоби керування системою, екраном користувача, включає встановлення параметрів креслення і прив'язок за допомогою діалогових вікон, забезпечує роботу з системою координат.
- ♦ **Черчение** (креслення) – включає команди креслення.

- ♦ **Размеры** (розміри) – містить команди нанесення розмірів і керування параметрами розмірів.
- ♦ **Изменить** (змінити) – включає команди редагування елементів креслення.
- ♦ **Окно** (Вікно) – забезпечує багатократний режим роботи з кресленнями.
- ♦ **Справка** (довідка) – містить велику систему гіпертекстових підказок.

Панелі інструментів AutoCAD

Команди AutoCAD на панелях інструментів подані у вигляді піктограм. Переміщуючи курсор по піктограмах викликають назву відповідної команди.

За умовчанням робочий стіл програми AutoCAD містить такі панелі інструментів: *стандартну, властивостей об'єктів, шарів креслення, креслення, стилів креслення та редагування* (рис. 1.1).

Відмітна риса AutoCAD – наявність командного рядка для введення команд. Більшість дій у системі можна виконувати, клацнувши курсором по піктограмі відповідної панелі інструментів або використанням пунктів головного меню чи введенням команд. За допомогою командного рядка здійснюється діалоговий режим роботи користувача з AutoCAD. У системі також відображаються пояснення під час виконання команд.

Меню – це графічна структура списку імен, яка дозволяє швидко вибирати потрібну команду.

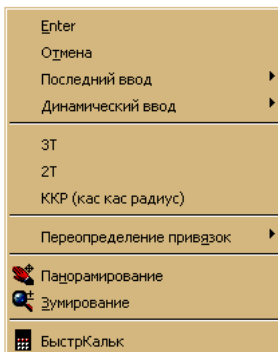


Рис. 1.2. Контекстне меню

Контекстне меню

Для вибору команди в меню і в панелі інструментів часто використовується вказівний пристрій – миша. При цьому ліва клавіша миші застосовується для вибору і позначення точки на екрані.

При натисканні правої клавіші миші на місці положення графічного курсору з'являється **контекстне меню**. Залежно від місця розташування курсору й типу задачі, контекстне меню має різний зміст і форму, наприклад, забезпечує швидкий доступ до опцій, необхідних для поточної команди. Якщо задана, наприклад, команда коло , то контекстне меню має вигляд, показаний на рис. 1.2.

Рядок стану

У нижній частині робочого столу існує рядок стану AutoCAD. Він містить динамічну інформацію про поточні координати графічного курсору та кнопки-піктограми для вмикання / вимикання різних режимів креслення, кожний з яких буде розглянуто далі в процесі викладу матеріалу.

Для вимикання режиму відображення координат графічного курсору досить двічі клацнути мишею в зоні відображення координат.

Командний рядок

Командний рядок призначений для введення з клавіатури команд та їх параметрів, а також виведення системою підказок AutoCAD. Його значення дуже велике, оскільки введення команд з клавіатури суттєво спрощує побудову креслення.

Як правило, командний рядок складається з двох рядків.

Для відображення схованого вікна командного рядка натискають на клавіші **Ctrl + 9** або із падаючого меню **Сервис → Командная строка**.

Створення нового креслення

AutoCAD 2007 пропонує багатовіконне середовище проєціювання, яке допускає одночасне відкриття декількох креслень.

Створення нового креслення здійснюється клацанням курсором по піктограмі  стандартної панелі керування або за допомогою пункту падаючого меню **Файл →  Создать**. Система створює у робочій зоні нове креслення за найпростішим чи спеціальним шаблоном. При цьому викликається діалогове вікно **Создание нового чертежа** (див. рис. 2.16). Можна

настроїти AutoCAD таким чином, що це вікно викликатися не буде, а система відразу ж створює нове креслення з найпростішими установками або відкриває вікно вибору шаблону, яким повинен бути файл зі спеціальним розширенням dwt (для роботи в метричних одиницях виміру рекомендується вибирати файл шаблону з ім'ям acadiso.dwt).

Шаблони креслень – це прості зображення, які мають певні настройки одиниць виміру, штампів, визначень шарів, розмірних стилів та ін. і збережені як шаблони.

Процеси відкриття й збереження файлу креслення здійснюються аналогічно іншим додаткам для Windows і не потребують будь-якого коментарю.

Робота з декількома кресленнями здійснюється за допомогою пункту головного меню «Окно».

Визначення типу одиниць виміру і меж креслення

Для встановлення необхідного режиму задання і відображення розмірної інформації необхідно **визначити тип одиниць виміру**, вид і точність їхнього відображення.

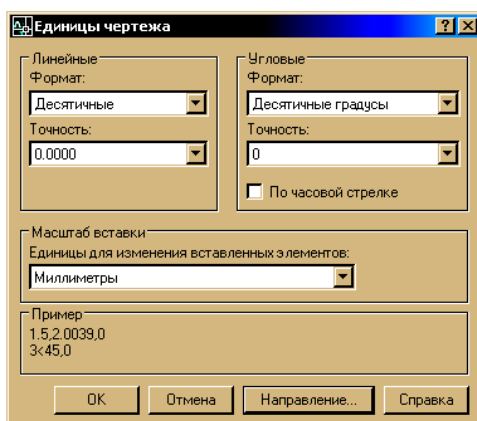


Рис. 1.3. Панель Единицы чертежа

Розрізняють кутові та лінійні одиниці. Вибір їхнього типу здійснюється за допомогою падаючого меню **Формат** → **Единицы**. За умовчуванням прийнято десятковий тип лінійних одиниць, для кутових одиниць беруть десяткові градуси (рис. 1.3).

Команда **Лимиты** (Ліміти) дозволяє встановити межі для поточного креслення в просторі моделі та в просторі аркуша. Вона викликається з падаючого меню **Формат** → **Лимиты**.

При виборі метричних одиниць за умовчуванням встановлюються межі креслення 420 × 297 мм.

Якщо необхідно встановити межі креслення, наприклад, формату **A4**, то вводять команду **Лимиты**.

У командних рядках з'являються написи:

Переустановка лимитов пространства модели:

Левый нижний угол или [Вкл / Откл] <0.0000, 0.0000>: – вводять «Enter».

У командному рядку з'являється напис **Правый верхний угол <420.0000, 297.0000>:**

Вводять параметри: 210, 297 «Enter».

Якщо задано опція **Вкл**, то виконувати побудову можна тільки в межах формату креслення (межі формату визначають за межами сітки, якщо вимкнено прапорець у віконці **Показать сетку за лимитами** у вікні **Режимы рисования** → **Шаг и сетка**), а якщо задано опцію **Откл**, то побудову можна виконувати в будь-якому місці робочої зони креслення.

Панель свойств

Основною панеллю інструментів, яка призначена для роботи зі властивостями, є панель **Свойства** (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Панель інструментів Свойства

У даній панелі розташовані списки, що розкриваються:

- ❑ Список кольору, основне його призначення – встановлювати поточне значення кольору;
- ❑ Список типу ліній, він дозволяє призначати новий поточний тип ліній, видаляти існуючий і завантажувати новий тип ліній;
- ❑ Список ваги (товщини) ліній.

Вагою лінії називають її товщину в міліметрах при друку на паперовому носії.

Створення шарів креслення

Будь-яке креслення може бути побудоване з використанням примітивів. Примітиви мають певні властивості: колір, тип лінії, належність певному шару.

Під **шаром** розуміють об'єктний простір, який може бути вимкнутим і таким чином, об'єкти, які належать шару, будуть невидимими. Це зручно при виконанні складних креслень або кількох варіантів окремих деталей чи вузлів. Можна розглядати варіанти вибору, вмикаючи або вимикаючи відповідні шари.

Створення нового шару здійснюється за допомогою піктограми  Диспетчер свойств слоев, по якій необхідно клацнути курсором (рис. 1.1).

Кожен шар (рис. 1.5) має певні властивості: колір, тип і вагу лінії (дані параметри змінюються в «Диспетчері властивостей шарів»).

Вагою лінії називають її товщину в міліметрах при друку на паперовому носії.

Натискання кнопки «Вибір шару» (рис. 1.1) панелі **Слои** при підсвіченому рядку шару робить його **поточним**. Все, що буде накреслено потім, належатиме цьому шару.

Кожен шар має певні властивості: колір, тип і вагу лінії.

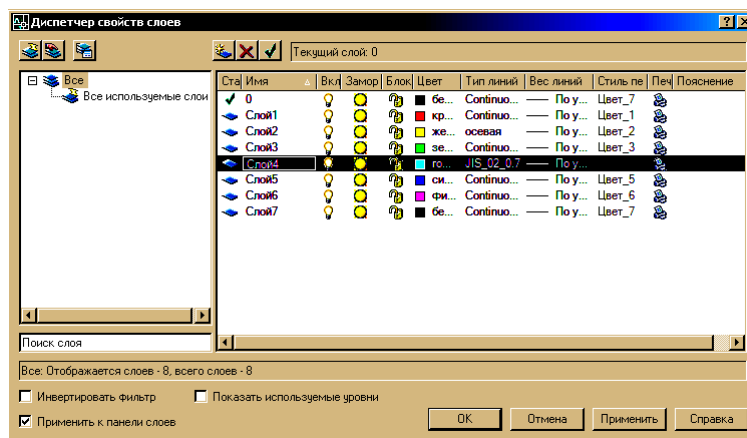


Рис. 1.5. Створення шарів креслення

Усі створювані примітиви розміщуються на окремих шарах. Під час створення нового креслення в ньому наявний тільки шар з назвою «0». Цей шар присутній завжди і не може бути вилучений або перейменований. Набір додаткових шарів формує користувач на підставі особистих вимог до відображення різних елементів креслення. Для зручності роботи з однотипними об'єктами їх звичайно розміщують на окремому шарі.

Будь-який шар може бути **вимкнутий** (об'єкти, що належать до вимкннутих шарів, не відображаються, але регенеруються), **замороженим** (об'єкти на заморожених шарах не відображаються і не беруть участь у регенерації) або **заблокованим** (об'єкти, які належать до заблокованих шарів, відображаються, але не редагуються).

Колір шару

При створенні нового шару його колір обирають натисненням лівої кнопки миші на полі **Цвет** у рядку шару (рис. 1.5). З'являється діалогове вікно **Выбор цвета** (рис. 1.6, а), з якого вибирають потрібний колір шару.

Колір шару можна змінити натискаючи кнопкою миші на полі **Послою** панелі **Свойства** (рис. 1.6, б). З'являється сім стандартних кольорів, а також ті, що були востаннє використані. Якщо наявні варіанти кольорів користувачеві не до вподоби, він може обрати інші, натисну-

ючи кнопку миші по варіанту **Выбор цвета** (рис. 1.6, б) і появляється діалогове вікно **Выбор цвета** (рис. 1.6, а).

Колір шару можна задавати як глобально, так і стосовно окремих шарів. Вибір кольору показують на відповідній панелі **Послюю**. При глобальному заданні кольору, незалежно від того, який колір шару зазначено на панелі властивостей об'єктів, система буде виконувати креслення кольором, позначеним на панелі вибору кольору. Те саме стосується типу й ваги ліній.

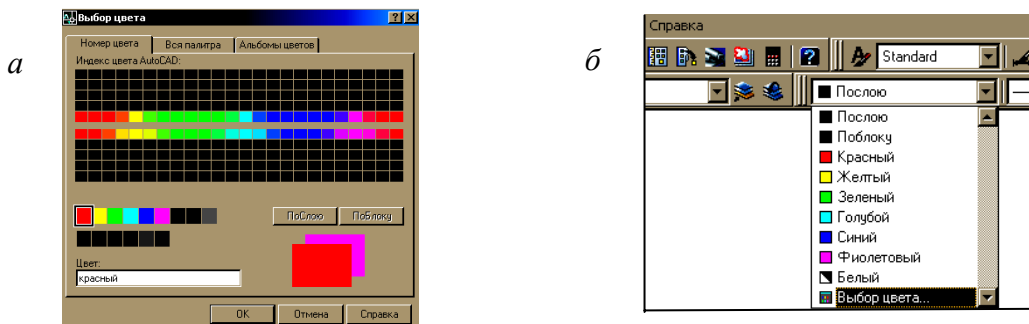


Рис. 1.6. Вибір кольору шару

Тип ліній

Застосування певних типів ліній для певних елементів кресленника зумовлюється вимогами стандартів, що необхідно враховувати у процесі роботи. Виконання кресленника у вигляді розрізнених шарів дає суттєву перевагу: якщо, наприклад, розмістити осі, контур і штрихування на трьох різних шарах, то до кожного з них можна буде вибирати певний тип ліній. Тип ліній, певна річ, різний для осей і контуру, а контур та штрихування мають різну вагу (товщину) ліній.

За умовчужанням у системі завантажено тільки один тип лінії **Continius** (суцільна). Для завантаження додаткових типів ліній необхідно клацнути курсором у місці клітинки **Continius** стовпця **Тип ліній** відповідного шару рядка (рис. 1.5), що викликає появу діалогового вікна **Выбор типа линий**, в якому натискають клавішу **Загрузить** (рис. 1.7, а). Можна також вибрати відповідний рядок із панелі інструментів **Свойства** (рис. 1.4) **Послюю** → **другой** → **Загрузить**. Далі відкривається діалогове вікно **Загрузка / перезагрузка типов линий** (рис. 1.7, б), з якого вибирають необхідний для даного шару тип лінії.

При виконанні кресленника вмикають потрібний шар, який вибирається із списку, що з'являється на панелі **Диспетчер свойств слоев** (рис. 1.1). Наприклад, якщо необхідно зобразити осі кресленника, то встановлюють шар осейових ліній поточним, а осі креслять командою **Отрезок**, натискаючи кнопку-піктограму .

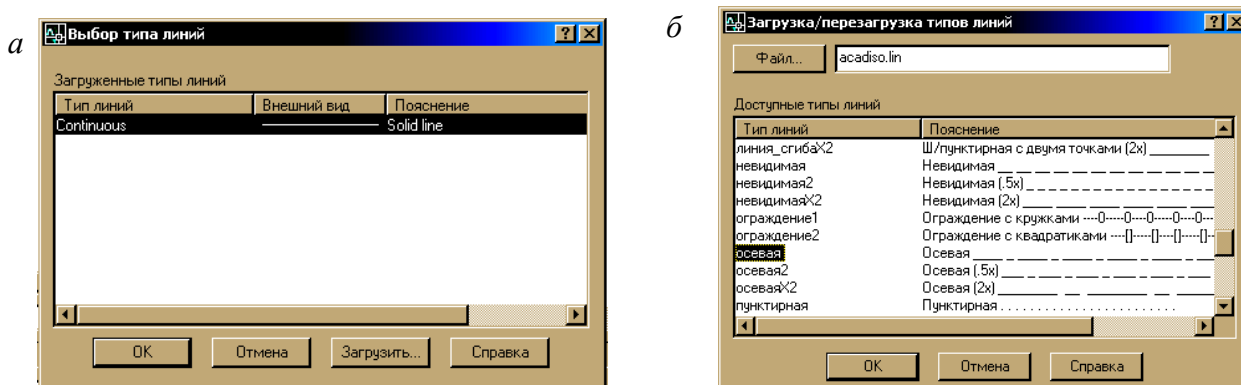


Рис. 1.7. Діалогові вікна: а – **Выбор типа линий**; б – **Загрузка / перезагрузка типов линий**

Таким самим способом можна *вимикати, заморожувати і блокувати шари, а також робити їх поточними*.

Завдання лабораторної роботи: підготувати файл креслення для подальшої виконання його у наступних роботах.

Порядок виконання роботи

1. Створити нове креслення використовуючи шаблон acadiso.dvt.
2. За допомогою вікна **Диспетчера властивостей шарів** створити шари з властивостями, наведеними в табл. 1.1.
Діалогове вікно **Выбор цвета** (рис. 1.6, а) пропонує сім стандартних кольорів
3. Зберегти файл креслення у папці користувача, присвоївши йому ім'я, наприклад, **Чертеж 1.dwg**.

Таблиця 1.1

Назва шару	Призначення	Колір	Тип лінії
0	Формується автоматично при вході в графічний редактор	Чорний або білий	Continius (суцільна)
Основний	Для проведення ліній основного контуру (суцільних основних ліній)	Червоний	Continius (суцільна)
Осі	Для проведення осевих і центрових ліній	Жовтий	Оськова
Розміри	Для нанесення розмірів та інших атрибутів креслення	Зелений	Continius (суцільна)
Штриховий	Для проведення ліній невидимого контуру (штрихових ліній)	Голубий	Штрихова
Штрихування	Для виконання штрихування	Синій	Continius (суцільна)
Резервний	Для виконання допоміжних побудов	Фіолетовий	Continius (суцільна)
Допоміжний	Для виконання допоміжних побудов	Чорний або білий	Continius (суцільна)

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає відмінність між вимкнутими і замороженими шарами?
2. Для чого використовується властивість функції *Послою*?
3. Чи можна видалити шар з ім'ям «0»?
4. Як відбувається завантаження типів ліній?

Лабораторна робота № 2

Координати точок. Об'єктні прив'язки. Креслення геометричних елементів. Текстові і розмірні стилі. Шаблон кресленика

Мета роботи: вивчити і проробити можливі варіанти задання координат точок з використанням об'єктної та крокової прив'язок.

Набути навичок взаємодії із системою AutoCAD за допомогою піктограм панелі Черчение або командного рядка, навчитися створювати прості геометричні елементи, змінювати їхні загальні властивості, створювати шаблон формату А3 з шарами, текстовими й розмірними стилями.

Задання координат точок

Задання координат точок (мається на увазі не примітив Точка, а точка як місце на площині креслення) можна виконувати графічним курсором миші, тобто довільно (основні примітиви розглянуто на наступній сторінці).

При вирішенні інженерних завдань виникає необхідність задавати дійсні координати або відносні (щодо заданої точки). Залежно від того, які вихідні дані для побудови має користувач, застосовуються різні способи введення координат, а саме:

Найпростіший спосіб задання координат точки на кресленику – натиснути кнопку будь-якої піктограми на панелі інструментів та зафіксувати положення точки на робочій зоні креслення натисканням лівої клавіші миші – **це перший спосіб**.

Другий спосіб – введення абсолютних координат точки з клавіатури у командному рядку або у вікні підказки динамічного введення контекстного меню (біля курсору див. рис. 2.6, а). При вмиканні динамічний режиму кнопкою ДИН, яка знаходиться у рядку стану (див. рис. 1.1), то параметри вводяться у вікні підказки, а не в командному рядку.

Наприклад, для команди відрізок  можна ввести: 120.4,253.5 – це означає, що початкова точка має відповідно координати за осями $X = 120,4$, $Y = 253,5$ (нагадуємо, що в системі AutoCAD кома є роздільником між координатами, а для розділення десяткових знаків використовується символ крапка).

Екран комп'ютера можна уявити як двовимірний аркуш паперу, в лівому нижньому куті якого розташована точка початку декартових координат (0,0).

Третій спосіб – введення точок з клавіатури у відносних декартових координатах, наприклад, @40,27.

Цей запис означає, що нова точка задається відносно попередньої (що визначає символ “@”) із зміщенням по осі X на +40 мм (управо) і зі зміщенням по осі Y на +27 мм (вгору).

Четвертий спосіб – введення точок з клавіатури у відносних полярних координатах, наприклад, @25.5<45.

У даній формі запису вже немає ком, зате з'явився символ “<”, що інтерпретується як знак кута. У цьому прикладі нова точка задається відносно попередньої, причому відстань між ними в площині дорівнює 25,5 мм (тобто, числу ліворуч від знака кута), а вектор від попередньої точки до нової утворює кут 45° із додатним напрямком осі абсцис. Відстань обов'язково повинна бути додатною, а кут може відповідати числу з будь-яким знаком.

П'ятий спосіб – введення точок способом «напрямок – відстань» – це коли замість введення координат використовують *прямий запис координат*, що особливо зручно для швидкого введення довжини ліній. Таке введення може бути використане у всіх командах, крім тих, де необхідно вводити дійсні значення. Використовуючи прямий запис відстаней, у відповідь на запит координат наступної точки досить перемістити графічний курсор у потрібному напрямку й увести числове значення. Якщо таким способом задається відрізок, то він будується заданням числового значення довжини і напрямку під заданим кутом. При ввімкнутому режимі ОРТО цим способом дуже зручно креслити перпендикулярні відрізки (прямокутники).

Об'єктні прив'язки (див. далі) використовують як спосіб задання координат на кресленні коли створюють об'єкти, для яких координати характерних точок необхідно позначити (наприклад, центр кола або дуги, кінцеву точку відрізка і т. д.).

Об'єктні прив'язки

При роботі з кресленнями важлива точність, а тому програма AutoCAD може здійснювати пошук деяких ключових точок об'єктів і виділяти їх автоматично. Ці ключові точки називаються постійними об'єктними прив'язками або просто прив'язками.

Вмикання / вимикання автоматичного пошуку прив'язок виконується кнопкою-піктограмою **ПРИВ'ЯЗКА** або функціональною клавішею **F3**.



Рис. 2.1. Панель **Объектная привязка**

При вимиканні автоматичного пошуку прив'язок можна одноразово користуватися необхідними піктограмами прив'язок, панель яких зображено на рис. 2.1.

Залежно від того, до якої характерної точки об'єкта(ів) здійснюється прив'язка необхідно використовувати різні її типи. Ось деякі з них:

- **Конточка**  – прив'язка до вершин відрізків, поліліній, кінцевих точок сплайнів, дуг і т. д.
- **Середина**  – прив'язка до середин прямолінійних і криволінійних ділянок ліній.
- **Пересечение**  – прив'язка до точки явного перетину прямолінійних або криволінійних ділянок.
- **Центр**  – прив'язка до центрів кіл і дуг.
- **Узел**  – прив'язка до примітивів **Точка**.
- **Касательная**  – прив'язка до точки на колі або дузі по дотичній, проведений з вихідної точки.

Задання (зміну) режимів об'єктної прив'язки виконують шляхом установки прапорців у відповідних віконцях контекстного меню (рис. 2.2), яке викликають, клацнувши правою клавішею миші в рядку стану по кнопці-піктограмі **ПРИВ'ЯЗКА** і вибравши опцію **Настройка...** або відкривають вікно *падаючого меню Сервис*→**Режимы рисования**→**Объектная привязка**.

Крім об'єктної прив'язки, в AutoCAD є крокова, яку використовують для креслення по сітці із заданим розміром осередків (подібно кресленню по клітинках у зошиті). Вмикання даного виду прив'язки здійснюється в рядку режимів кнопкою **ШАГ** або клавішею **F9**, а відображення сітки кнопкою **СЕТКА**. Змінити крок сітки можна у вікні *падаючого меню Сервис*→**Режимы рисования**→**Шаг и Сетка**.

Для креслення ліній строго паралельно осям координат можна використовувати ортогональний режим (кнопка **ОРТО** в рядку режимів або клавіша **F8**). Цей режим не діє при використанні об'єктної прив'язки.

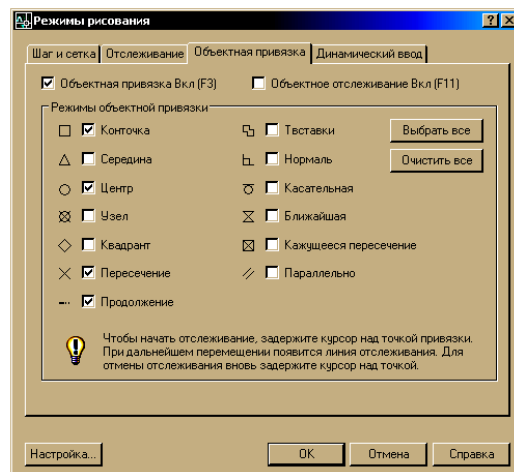


Рис. 2.2. Вікно **Режимы рисования**

Креслення простих геометричних елементів

Кресленики створюється набором відрізків, кіл, дуг та інших графічних об'єктів. У системі AutoCAD вони називаються **примітивами**. Сукупність примітивів належним чином редагується для одержання потрібної геометричної форми. Команди для здійснення побудови графічних елементів можна набрати з клавіатури, вибрати із рядка *падаючого меню* або на панелі інструментів **Черчение**.

Примітка. Після введення в командний рядок будь-якої команди або числових параметрів, або опцій необхідно натиснути клавішу ENTER для їхнього сприйняття системою. Ця клавіша використовується також для повторення попередньої команди і завершення роботи. Відмова від виконання команди здійснюється натисканням клавіші Esc.

Числові параметри, які з'являються в кутових дужках у командному рядку (наприклад, <15.5>), означають, що при виконанні операції можна використовувати попереднє значення параметра. Якщо користувач згодний із запропонованим значенням, то досить натиснути <Enter>. Таким чином, наприклад, можна зобразити декілька кіл однакового радіуса, позначивши його радіус в командному рядку тільки один раз.

Розглянемо основні примітиви:

Точка

— **Точка**  (команда **ТОЧКА**). Примітив точка створюється за позначеними у просторі координатами (мишею або в командному рядку) і не має розмірів. Розмір і форму відображення точок можна вибрати із контекстного меню **Формат** → **Отображение точек**

Відрізок

Відрізок будується командою **Отрезок** із падаючого меню **Черчение** → **Отрезок** або клацанням миші по піктограмі **Отрезок**  панелі інструментів **Черчение** чи набором з клавіатури команди **Отрезок** <Enter>.

У відповідь система видає:

Первая точка:

Вводять координати першої точки, наприклад: 0,0 <Enter>. Далі вводяться координати наступних точок. Вихід з режиму здійснюється натисканням клавіш <Enter> або <Esc>.

Відрізки, побудовані за допомогою цієї команди, можуть бути одинарними або об'єднаними в послідовність прямолінійних сегментів. Початкова і кінцева точки фіксуються натисненням лівої клавіші миші. Кінцева точка одночасно може бути і початковою для наступного сегмента.

Якщо необхідно замкнути побудований багатокутник, то на запит у командному рядку:

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]:

Вводять літеру **З** – (**Замкнуть**), <Enter> або правою клавішею миші викликають контекстне меню, в якому вибирають команду **Замкнуть**.

При позначенні положення точки графічним курсором треба клацнути лівою клавішею миші.

Пряма

— **Пряма**  (команда **ПРЯМАЯ**) – нескінченна пряма. Опції: [**Гор/Вер/Угол/ Биссект/Отступ**]. **Гор** – створення горизонтальних прямих; **Вер** – створення вертикальних прямих; **Кут** – створення прямих під заданим кутом; **Отступ** – створення прямих із заданням відступу від наявної на кресленню лінії; якщо необхідно поділити кут навпіл, вводять опцію **Биссект**.

Полілінія

Полілінія це графічний примітив, що складається з довільної послідовності з'єднаних лінійних і дугових сегментів, кожен з яких може мати власну ширину та півширину.

На рис. 2.3 показано приклад замкненої полілінії, яка складається з прямолінійних сегментів 1 – 2, 1 – 3 та сегмента дуги 2 – 3.

Для креслення полілінії використовують команду **ПЛИНИЯ** (Полилиния), яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  на панелі інструментів **Креслення** або з пункту падаючого меню **Черчение** →  **Полилиния**.

У відповідь система видає повідомлення:

Начальная точка:

Вводять координати точки 1, <Enter>.

На що система видає напис:

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [Дуга / Полуширина / длИна / Отменить / Ширина]:
Вводят літеру Ш (**Ширина**), <Enter> або обирають команду із контекстного меню.
У відповідь система видає напис:

Начальная ширина <0.0000>:

Позначають початкову ширину (товщину) лінії, наприклад, 0.80 <Enter>.

Наступний запит системи:

Конечная ширина <0.8000>:

Позначають кінцеву ширину (товщину) лінії, наприклад, 0.80 <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Следующая точка или [Дуга / Полуширина / длИна / Отменить / Ширина]:

Показують точку 2, натискають <Enter>.

На що система видає повідомлення:

Следующая точка или [Дуга / Замкнуть / Полуширина / длИна / Отменить / Ширина]:

Вводят літеру Д (**Дуга**), <Enter> або обирають команду із контекстного меню.

На що система видає напис:

Конечная точка дуги или [Угол / Центр / Замкнуть / Направление / Линейный / Радиус / Вторая / Отменить / Ширина]:

Вводят літеру В (**Вторая**), натискають <Enter> або обирають команду із контекстного меню.

Наступний запит системи:

Вторая точка дуги:

Графічним курсором показують на середину дуги.

Наступний запит системи:

Конечная точка дуги:

Показують точку 3, натискають <Enter>.

У відповідь система видає запит:

Конечная точка дуги или [Угол / Центр / Замкнуть / Направление / Линейный / Радиус / Вторая / Отменить / Ширина]:

Вводят літеру Л (**Линейный**), натискають <Enter> або обирають команду із контекстного меню.

У відповідь система видає:

Следующая точка или [Дуга / Замкнуть / Полуширина / длИна / Отменить / Ширина]:

Показують точку 1, натискають <Enter> чи вводять літеру З (**Замкнуть**), натискають <Enter> або обирають команду із контекстного меню.

Багатокутник

Правильний багатокутник можна побудувати або вписаним його в уявне коло, або навпаки, описавши коло навкруги нього, або задавши початок і кінець однієї з його сторін. Можна побудувати багатокутник із числом сторін до 1024.

Побудову багатокутника виконують командою **МН-УГОЛ**, яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Креслення** або із падаючого меню **Черчение** →  **Многоугольник**.

Після введення команди з'являється запит:

Число сторон <4>, на який зазначають число сторін багатокутника, наприклад, число сторін – 5 і натискають клавішу <Enter>.

Наступний запит системи:

Укажите центр многоугольника или [Сторона]: який потребує задання центру або вибору опції. Виконують задання центру, наприклад: 50,50, натискають клавішу <Enter>.

У відповідь система пропонує:

Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность / Описанный вокруг окружности] <В>:

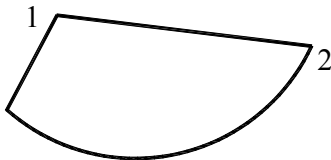


Рис. 2.3. Креслення замкнутої полілінії

Якщо багатокутник вписаний у коло, то подається команда <Enter>, а якщо описаний, то вводиться літера <O>, натискають <Enter> або обирають команду із контекстного меню.

Далі на запит **Радіус окружности**:

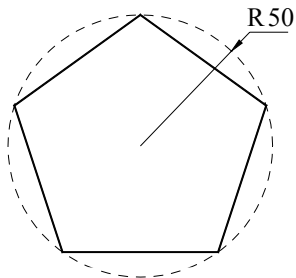


Рис. 2.4. Побудова багатокутника, вписаного в

Вводять значення радіуса, наприклад: 50 і натискають <Enter>.

На рис. 2.4 показано побудову правильного п'ятикутника з опцією <В> (вписування в коло). Центром умовного кола є точка з координатами: 50,50, його радіус 50 мм.

Опція <С> (**Сторона**) дозволяє побудувати багатокутник за його стороною шляхом вибору її початкової (**Первая конечная точка стороны:**) та кінцевої (**Вторая конечная точка стороны:**) точок. Система AutoCAD будує багатокутник, створюючи круговий масив зазначених сторін.

Побудова ведеться проти годинникової стрілки.

Прямокутник

Будують прямокутник командою **ПРЯМОУГОЛЬНИК**, яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Креслення** або з пункту падаючого меню **Черчение** →  **Прямоугольник**.

Побудову прямокутника виконують за двома діагонально протилежними вершинами, які треба показати у відповідь на запити:

Первый угол или [Фаска / Уровень / Сопряжение / Высота / Ширина]: – потребує задання першого кута або вибору опції.

Опції:

<Ф> (**Фаска**) – дозволяє побудувати прямокутник з фасками. Після вибору цієї опції видаються запити на розміри фаски по горизонталі й вертикалі (**Длина первой фаски прямоугольников <0.0000>**: та **Длина второй фаски прямоугольников <10.0000>**);

<У> (**Уровень**) – дозволяє задати рівень (зміщення за віссю Z) площини XY, в якій будуватиметься прямокутник, коли розглядають його в тривимірному просторі;

<С> (**Сопряжение**) – дозволяє заокруглити кути прямокутника. На запит **Радіус сопряжения прямоугольника <0.0000>**, який видається після вибору цієї опції, потрібно ввести значення радіуса заокруглення;

<В> (**Высота**) – будує замість плоскої фігури прямокутника чотири бічні грані паралелепіпеда на його основі. Висоту потрібно зазначити у відповідь на запит **Первый угол или [Фаска / Уровень / Сопряжение / Высота / Ширина]**;

<Ш> (**Ширина**) – задання ширини полілінії, якою будують прямокутник (або відповідно бічні грані паралелепіпеда) із заданою шириною сторін.

Після задання першого кута, наприклад, 0,50 – натискають клавішу <Enter>, далі система пропонує:

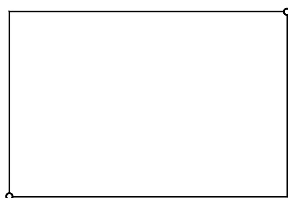


Рис. 2.5. Побудова прямокутника

Второй угол или [Площадь / Размеры / поВорот]:

Позначають координати другого кута, наприклад, 300,200 і натискають клавішу <Enter>.

При виборі опції **Площадь**, системою буде виведений запит про те, який із розмірів (довжину або ширину) варто уводити (другий буде обрахований за площиною).

Якщо вибирають опцію **Размеры**, то система запитує розміри прямокутника.

Опція **поВорот** дозволяє задавати кут повороту прямокутника відносно горизонтальної осі.

На рис. 2.5 показано побудову прямокутника, заданого двома діагонально протилежними вершинами з координатами відповідно 0,50 та 300,200.

Дуга

Дуга – це примітив, який є частиною кола. Побудову дуги здійснюють командою **ДУГА** яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Креслення** або із пункту падаючого меню **Черчение**→ **Дуга**.

Дугу можна побудувати 11-ма способами залежно від вибору та поєднання опцій. Варіанти побудову дуги із падаючого меню показано на рис. 2.6, а.



Рис. 2.6. Способи побудови дуги і кола

Коло

Коло будують за допомогою команди **КРУГ**, яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Черчение** або із пункту падаючого меню **Черчение** → **Круг**. За умовчуванням коло будують, указуючи його центр та радіус.

Із падаючого меню **Черчение** → **Круг** (рис. 2.6, б) можна вибрати шість способів побудови:

- у *першу підгрупу* входить спосіб побудови кола за умовчуванням тобто визначають центр і радіус або діаметр кола;
- до *другої підгрупи* увійшли способи побудови за двома точками, що лежать на діаметрі (опція **2Т**) та будь-якими трьома точками (опція **3Т**);
- до *третьої підгрупи* увійшли способи побудови за дотичними до двох графічних елементів (ними можуть бути лінії, дуги чи кола) та радіусом (опція **ККР**), а також спосіб побудови за дотичними до трьох графічних елементів (опція **3Т**).

За умовчуванням для креслення кола програма AutoCAD запитує координати центральної точки і довжину радіуса.

Після введення команди **КРУГ** з'являється запит:

Центр круга или [3Т / 2Т / ККР (кас кас радиус)]:

Уводять координати центральної точки (числовим або графічним способом), на це з'являється запит:

Радиус круга или [Диаметр] <0,0>:

Уводять величину радіуса, наприклад, 40 і натискають клавішу <Enter> (рис. 2.7, а).

Радіус (діаметр) можна задати числовим способом або зазначенням точки курсором (система у цьому випадку вимірює відстань від раніше позначеного центра до нової точки і використовує цю відстань як радіус або діаметр). Після задання радіуса або діаметра побудова кола закінчується.

Якщо ввести літеру Д (це означає, що вибирають опцію **Диаметр**) – <Enter>, то з'являється запит:

Диаметр круга <0,0>:

Уводять величину діаметра, наприклад, 50 і натискають клавішу <Enter>.

Якщо після введення команди **КРУГ** вибирають опцію **3Т**, то AutoCAD буде будувати коло за трьома точками. Система по чергову робить запити на першу, другу і третю точки, а після правильного їх задання (вони не повинні лежати на одній прямій) на екрані з'являється коло.

При виборі опції **2Т** з'являються запити тільки на дві точки, які вважають кінцями майбутнього діаметра кола.

При побудові кола, яке торкається двох об'єктів і має відповідний радіус (рис. 2.7, б) вибирають опцію **ККР** і натискають <Enter>.

У відповідь система дає запит:

Укажите точку на объекте, задающую первую касательную:

Курсором показують на одну із прямих, на що з'являється запит:

Укажите точку на объекте, задающую вторую касательную:

Курсором показують на другу пряму і на запит:

Радиус круга <0.0000>:

Набирають на клавіатурі бажаний радіус, наприклад, 30 і натискають клавішу <Enter>.



Рис. 2.7. Побудова кола

Сплайн

Сплайн – це гладка крива, що проходить через заданий набір точок. Її будують командою **СПЛАЙН**, яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Креслення** або з пункту падаючого меню **Черчение** →  **Сплайн**.

За допомогою команди **Сплайн** будують криву за заданими точками і напрямками дотичних у початковій та кінцевій точках.

У відповідь на команду  видається запит:

Первая точка или [Объект]:

Якщо вказують точку, то видається запит:

Следующая точка:

Після введення другої точки можливе або подальше зазначення точок, або замикання лінії за допомогою опції **Замкнуть**, або введення допуску (тоді лінія виходить гладкішою й може відхилитися від некрайніх уведених точок на величину заданого допуску):

Следующая точка или [Замкнуть / Допуск] <касательная в начале>:

Точки можуть задаватися й далі, поки не натиснуть <Enter>.

Після завершення вибору точок AutoCAD пропонує вказати напрямок дотичних у початковій і кінцевій точках кривої – точніше, позначити точки, через які повинні пройти ці дотичні. Переміщаючи графічний курсор по полю креслення й змінюючи в такий спосіб напрямок специфікованої дотичної, можна одночасно спостерігати за змінами, що відбуваються унаслідок зміни форми сплайна. Для вибору прийнятих за умовчуванням напрямків можна у відповідь на два запрошення (**Касательная в начальной точке:** і **Касательная в конечной точке:**) натиснути клавішу <Enter>.

Якщо буде створений замкнутий сплайн (при виборі опції **Замкнуть**), то запит на дотик змінюється таким чином: **Направление касательной:**

Кут може задаватися числом або за допомогою миші (точкою).

Приклади побудови сплайнів наведено на рис. 2.8.

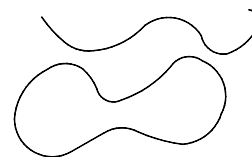


Рис. 2.8. Побудова сплайнів

Штрихування

Команда **ШТРИХ** дозволяє зробити штрихування або тонування області, що обмежена замкнутою ломаною лінією (лініями), як шляхом простого показу точок усередині контуру, так і шляхом вибору об'єкта. Ця команда автоматично визначає контур, ігноруючи будь-які примітиви, що не відносяться до контуру.

Команду **ШТРИХ**, яку крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки  панелі інструментів **Черчение** або із пункту падаючого меню **Черчение** →  **Штриховка...** Вона викликає діалогове вікно **Штриховка и градиент** (рис. 2.9). Діалогове вікно має дві вкладки, які змінюють одна одну: **Штриховка** / **Градиент**.

Вибір зразка штрихування виконують за ім'ям із списку **Образец**, який розкривається, або візуально. Візуальний вибір доступний при натискуванні кнопки , після чого відкривається вікно **Палитра образцов штриховки**, яка вміщує чотири вкладки відповідних зразків.

Поле **Угол и масштаб** дозволяє встановити масштабний коефіцієнт і кут нахилу для вибраного зразка штрихування.

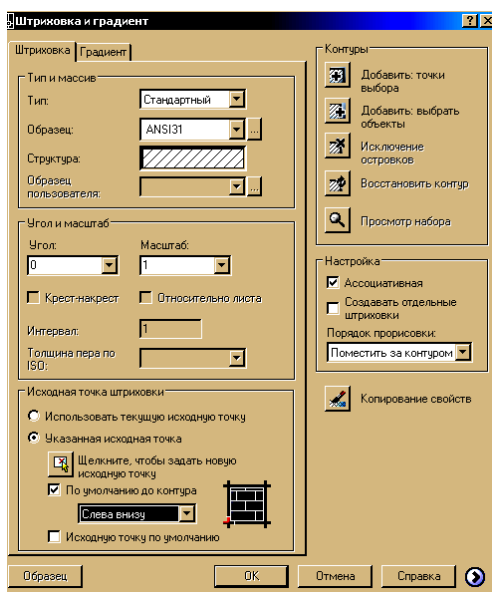


Рис. 2.9. Діалогове вікно **Штриховка и градиент**

міжними параметрами.

Права частина діалогового вікна **Штриховка и градиент** дозволяє задавати параметри заповнюваного контуру.

Кнопкою  позначають внутрішні точки замкнутих областей, які необхідно штрихувати.

Кнопкою  позначають об'єкти, на перетині яких розміщується область штрихування. Усі контури, які підлягають штрихуванню, отримують шляхом комбінації способів позначення точок і вибору об'єкта.

Кнопка  дає можливість при виборі великої кількості об'єктів виключати випадково виниклі незаштриховані островці.

Кнопка  дозволяє тимчасово залишити вікно **Штриховка и градиент**, для того щоб перевірити, які зони вибрано для штрихування.

Після вибору зразка штрихування та його області необхідно двічі натиснути клавішу <Enter>, щоб відбувся процес.

Кнопка  дозволяє додати до діалогового вікна **Штриховка и градиент** ще п'ять областей з допо-

Написи. Текстові стилі

Написи на кресленні можуть бути створені за допомогою команд **ТЕКСТ** або **МТЕКСТ**. У першому випадку створюється однорядковий текст, а в другому – багаторядковий.

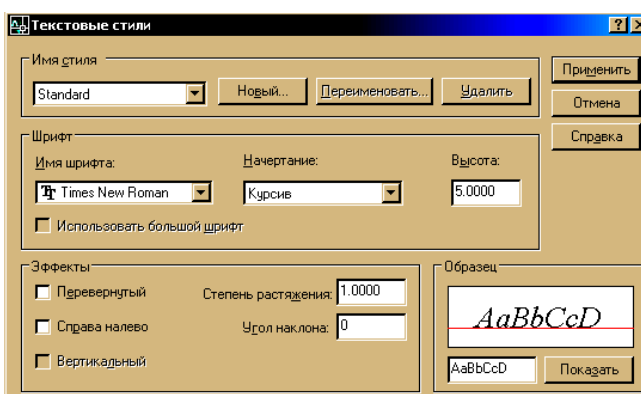


Рис. 2.10. Діалогове вікно **Текстовые стили**

Пояснювальні написи на кресленнях виконуються відповідно до вимог державного стандарту в установленому стилі.

Стиль тексту – це певна форма символів: висота, кут нахилу, товщина лінії написання букв і цифр та ін.

Створення й модифікація (зміна) текстового стилю відбувається за командою **СТИЛЬ**, яка викликається із падаючого меню **Формат** →  **Текстовый стиль...**, або клацанням миші по піктограмі  панелі інструментів **Стили**, чи набором з клавіатури команди **СТИЛЬ** <Enter>.

У площині креслення з'являється діалогове вікно **Текстовые стили** (рис. 2.10). У цьому вікні в зоні **Имя стиля** клацають по кнопці-піктограмі **Новый**, з'являється вікно **Новый текстовый стиль**. В якому система пропонує ім'я нового стилю, наприклад, **стиль 1** – натискають кнопку **ОК**. У зоні **Шрифт** у списку, що розкривається в полі **Имя шрифта**, вибирають: шрифт, наприклад, **Times New Roman**; його накреслення в полі **Начертание**, наприклад, **Курсив**; висоту символів шрифту в полі **Высота**, наприклад **5,0000**.

Послідовно показують курсором на кнопки **Применить**, **Заккрыть** і клацають лівою кнопкою миші.

Для створення нового стилю клацають мишею по кнопці **Новый...**, при цьому відкривається діалогове вікно **Новый текстовый стиль**, в якому задають ім'я і параметри (ім'я шрифту, його накреслення й висоту) цього стилю.

Однорядковий текст

Однорядковий текст викликають командою **ТЕКСТ** із падаючого меню **Черчение** → **Текст** → **А** **Однотрочный** або клацанням миші по піктограмі **А** панелі інструментів **Черчение**, чи набором з клавіатури команди **ТЕКСТ** <Enter>.

У відповідь система видає запит:

Текущий текстовый стиль: "Standard" Высота текста: 2.5000

Начальная точка текста или [Выравнивание / Стиль]:

Вводять початкову точку, наприклад, графічним курсором.

У відповідь система видасть умови:

Высота <2.5000>: – позначають висоту шрифту, наприклад, 5.0 <Enter>. Далі:

Угол поворота текста <0>:

Вводять кут повороту тексту, якщо кут дорівнює нулю градусів, то водять <Enter> і набирають потрібний текст.

Однорядковий текст можна також вирівнювати, якщо замість початкової точки ввести опцію **Выравнивание** <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Задайте опцию [впИсанный / Поширине / Центр / сЕредина / впРаво / ВЛ/ВЦ/ВП/СЛ/СЦ/СП/НЛ/НЦ/НП]:

Якщо вибирають, наприклад, опцію **сЕредина**, то з'являється напис:

Средняя точка текста:

Зазначена точка буде середньою в написі.

При введенні опції **впРаво** з'являється напис:

Правая конечная точка базовой линии текста:

Позначають точку, яка буде правим кінцем базової лінії напису.

Опції **впИсанный** і **Поширине** дозволяють підганяти розміри літер напису до конкретного місця розташування (рис. 2.11). Якщо вводять опцію **впИсанный**, то AutoCAD запитує дві точки, що зазначаються як кінцеві базової лінії – вони встановлюють і кут нахилу напису, і розмір тексту по ширині, а розмір літер по висоті обчислюється пропорційно ширині літер. При введенні опції **Поширине** також треба задати дві точки, які визначають положення і довжину базової лінії, але система запитує також висоту літер, після чого текст стискається або розширюється.

а **Вписаний**

б **По ширині**

Рис. 2.11. Приклади вирівнювання тексту за опціями:
а – **впИсанный**; *б* – **Поширине**

Багаторядковий текст

Довгі складні написи мають вигляд багаторядкового тексту, який викликають командою **МТЕКСТ** із падаючого меню **Черчение** → **А Многострочный...** або клацанням миші по піктограмі **А** панелі інструментів **Черчение**, чи набором з клавіатури команди: **МТЕКСТ** <Enter>.

У відповідь система видасть умови: **_mtext Текущий текстовый стиль: "Standard" Высота текста: 2.5000 Первый угол:**

Показують місце розташування тексту графічним курсором. Далі система запитує:

Противоположный угол или [Высота / выравнивание / Межстрочный интервал / Поворот / Стиль / Ширина]:

Показують потрібну опцію або графічним курсором позначають протилежний кут тексту. При цьому відкривається діалогове вікно **Формат текста** (рис. 2.12), в якому можна задати стиль тексту, його висоту, режим вирівнювання, нумерацію, маркери та ін.

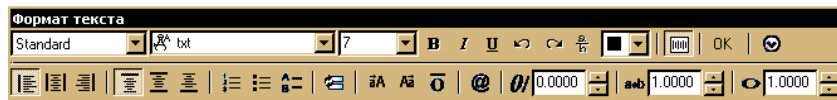


Рис. 2.12. Діалогове вікно **Формат текста**

Нанесення розмірів

Нанесення розмірів і допусків відбувається за допомогою команд, які містяться у падаючому меню **Размеры**.

AutoCAD дозволяє точно нанести розміри на будь-якому кресленні, не вдаючись при цьому до жодних вимірювань. Достатньо показати дві точки і розмір між ними буде визначено з необхідною точністю.

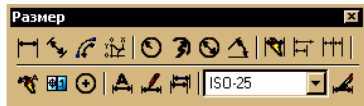


Рис. 2.13. Панель інструментів **Размер**

Система AutoCAD містить 11 варіантів нанесення розмірів. Умовно їх можна поділити на три групи: лінійні, радіальні та кутові. Усі вони входять у падаюче меню **Размер**. Панель інструментів **Размер** для зручності показано у два рядки (рис. 2.13).

Верхній рядок містить кнопки-піктограми основних варіантів нанесення розмірів. Нижній – кнопки-піктограми нанесення допусків, центрів кіл, редагування розмірних ліній і розмірного тексту. Остання кнопка в списку панелі інструментів викликає вікно **Диспетчер размерных стилей**.

Розмірні стилі

Нанесення будь-якого розміру на кресленні визначається ГОСТ 2.307 – 68. Він забезпечує форму й розмір стрілок, положення і розмір тексту та інші особливості.

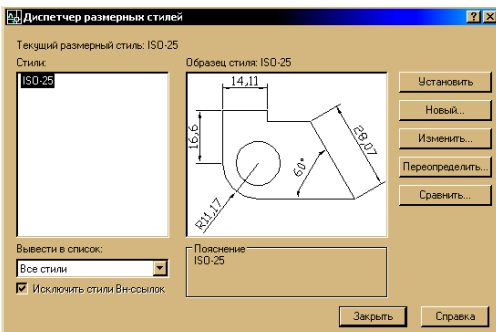


Рис. 2.14. Діалогове вікно **Диспетчер размерных стилей**

За умовчуванням AutoCAD пропонує стиль ISO-25, призначений для машинобудівного креслення, але він дещо відрізняється від вимог чинних стандартів України. Тому необхідно, перш ніж проставляти розміри, створити відповідний до ГОСТ стиль.

Особистий стиль можна створити за допомогою діалогового вікна **Диспетчер размерных стилей** (рис. 2.14). Його викликають із падаючого меню: пункт **Размеры** → **Размерные стили...** або клацають мишею по піктограмі **Размерные стили** панелі інструментів **Стили**, чи набирають на клавіатурі команду **РЗМСТИЛЬ** <Enter>.

Піктограму **Размерные стили** зручно використовувати також і для внесення окремих змін в оформлення розмірів, не редагуючи розмірного стилю і не створюючи нового.

Для створення нового стилю клацають по кнопці-пиктограмі **Новый** і у вікні **Создание нового размерного стиля** присвоюють ім'я новому стилю, наприклад, **Стиль № 1** і клацають мишею по кнопці-пиктограмі **Далее**. Програма AutoCAD створює копію існуючого стилю, в яку вносять необхідні зміни.

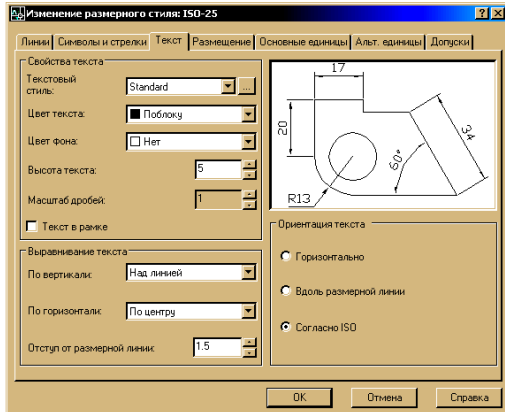


Рис. 2.15. Диалоговое окно **Изменение размерного стиля**

Для зміни розмірних стилів у діалоговому вікні **Диспетчер размерных стилей** клацають по кнопці-пиктограмі **Изменить...** і з'являється діалогове вікно **Изменение размерного стиля** (рис. 2.15). Це вікно має сім різних вкладок, кожна із яких містить параметри різноманітних властивостей розмірів, що наносяться.

Клацають лівою кнопкою миші по кожній закладці, встановлюючи бажані параметри, наприклад:

Зкладка **Линии**

Шаг в базовых размерах: 7;
Удлинение за размерные: 2.5;
Отступ от объекта: 0.

Зкладка **Текст**

Высота текста: 5;
Отступ от размерной линии: 1.5;
Ориентация текста – Увімкнути
перемикач ☒ **Вдоль размерной линии.**

Зкладка **Размещение**

Увімкнути перемикач ☒ **Текст и стрелки;**
Підняти прапорець ☒ **Размещение текста вручную;**
Підняти прапорець ☒ **Размерная линия между выносными.**

Інші параметри стилю, створені за умовчужанням, залишають без змін.

Далі клацають лівою кнопкою по пиктограмі **ОК**, а потім – по пиктограмі **Заккрыть**.

На цьому підготовка до виконання креслення закінчується. Шаблон зберігає користувач у своїй папці.

Для нанесення розмірів використовують пиктограми панелі падаючого меню **Размер** (рис. 2.13). Розглянемо основні пиктограми:

- для нанесення горизонтальних і вертикальних розмірів (рис. 2.16, а);
- наносять розмір, паралельний до лінії, що з'єднує вказані початкові точки виносних ліній (рис. 2.16, б);
- призначена для нанесення розміру радіуса кола або дуги (рис. 2.16, в);
- для нанесення діаметра кола або дуги (рис. 2.16, г).

При нанесенням розмірів важлива точність, тому вмикають автоматичний пошук прив'язок, кнопкою-пиктограмою **ПРИВЯЗКА** або функціональною клавішею **F3**.

Приклади нанесення розмірів наведено на рис. 2.16.

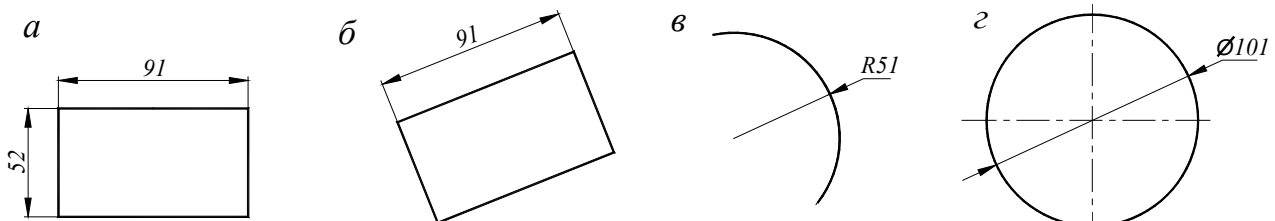


Рис. 2.16. Нанесения размеров

Шаблон креслення

Шаблон – це файл креслення, в якому зберігаються настройки, загальні для всіх креслень певного призначення.

У шаблоні, зокрема, містяться основні написи, настройки одиниць виміру, розміри поля креслення, набір створених шарів, текстових і розмірних стилів та ін.

Шаблон формату А3 створюють в описаній нижче послідовності

Нове креслення завантажують командою **Создать** із падаючого меню **Файл** → **Создать** або клацанням миші по піктограмі **Создать**  стандартної панелі інструментів.

У відповідь система викликає вікно **Создание нового чертежа** (рис. 2.17), в якому зазначають: одиниці виміру – **Метрические**; на кнопці **Вызов мастера** встановлюють **Быстрая подготовка** і натискають кнопку **ОК** на діалоговому вікні; за одиниці виміру вибирають **Десятичные**; у зоні креслення встановлюють ширину шаблону 420 мм, довжину – 297 мм → **Готово**.

У шаблоні створюють шари креслення з властивостями і текстовий стиль.

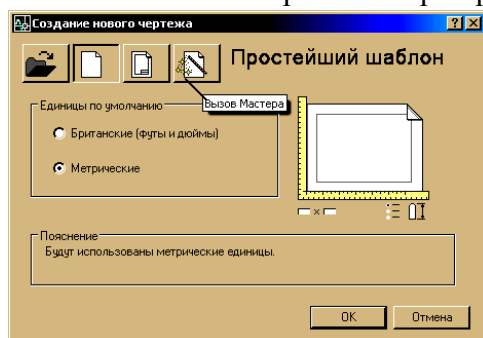


Рис. 2.17. Діалогове вікно
Создание нового чертежа

Порядок створення шарів аналогічний до описаного в лабораторній роботі № 1, а створення й модифікації (зміни) текстового і розмірного стилів розглянуто вище.

Креслення системи AutoCAD зберігаються у файлах з розширенням **dwg** (формат із графічною інформацією називаються **DWG-форматом**).

Створеному шаблону присвоюють ім'я і зберігають у відповідній папці, наприклад, **Креслення 1.dwt**.

Збережений шаблон використовують при виконанні нових креслень.

Порядок виконання роботи

1. Відкривають підготовлений у попередній роботі файл кресленика формат А3.
2. Створюють розмірні і текстові стилі відповідно до ГОСТ 3.301 – 68.
3. Виконати на кресленнику побудову відрізків, прямокутників, багатокутників.
4. Виконати побудову кола різними способами:
 - за позначеним центром і радіусом (діаметром);
 - за трьома точками – 3т;
 - за двома точками – 2т;
 - за двома дотичними і радіусом – ККР.

Розмістити побудовані кола на шарі “Резервний”. Значення властивостей кольору, типу лінії установити за допомогою панелі *Послою*.

5. Шар “Резервний” заблокувати, шари “Основний” і “Осі” вимкнути.
6. Зберегти креслення.

7. Полілінією накреслити будь-який складний примітив, наприклад, рис. 2.3 і виконати його штрихування.

8. На файлі кресленика накреслити основний напис (рис. 2.18).

9. Створити шаблон з шарами розмірними і текстовими стилями кресленика, основним написом і використовувати його при виконанні нових креслеників.

10. Створеному файлу присвоїти ім'я і зберігати у відповідній папці (кожний студент має свою папку), наприклад, **Формат А3.dwt**.

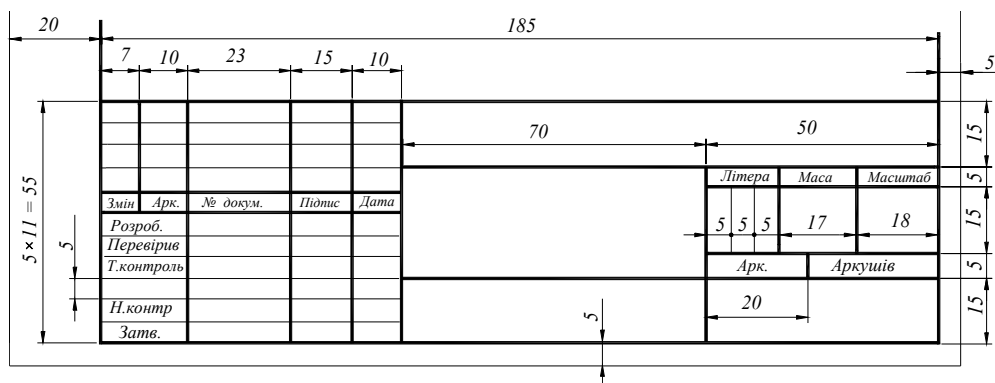


Рис. 2.18. Основний напис

Питання для самоконтролю

1. Яким чином використовуються параметри, розміщені в кутових дужках $\diamond$?
2. Які способи вибору опцій при виконанні команд ви знаєте?
3. Як накреслити коло за трьома точками?

Лабораторна робота № 3 Редагування креслеників

Мета роботи: за допомогою піктограм панелі **Изменить** або командного рядка, навчитися виділяти, копіювати, вилучати, масштабувати, переносити, обертати та розривати об'єкти.

Виділення об'єктів для редагування

Щоб внести зміни в накреслені об'єкти, їх необхідно виділити.

Способи виділення об'єктів

1. Основний спосіб виділення об'єктів – підведення курсору до будь-якого з них (наприклад, еліпса). Система відразу виділяє його (рис. 3.1, а). Якщо клацнути по об'єкту (еліпсу) лівою клавішею миші, то він виділяється (отримує пунктирне зображення) і на ньому з'являться “ручки” – невеликі сині квадрати в характерних точках об'єкта (рис. 3.1, б). Ці ручки показують, що об'єкт вибраний для певного редагування. Таким чином можна виділити всі об'єкти креслення.

2. Виділення об'єктів січною та простою рамками. При виділенні об'єкта графічний курсор у вигляді перехрестя, який називається прицілом, набуває форми квадрата. Для вибору об'єкта необхідно, щоб він перебував усередині квадрату або торкався його. Для цього курсор установлюють на вільному місці графічного екрана та натискають і відпускають ліву клавішу миші та переміщують курсор до тих пір, поки всі раніше накреслені точки й відрізки не виявляться в середині рамки.

Рамка курсору може переміщуватися із правого кута в лівий або із лівого в правий. У першому випадку рамка зображається штриховою лінією і набуває зеленуватого кольору (рис. 3.1, в), її називають *січною рамкою*, а в другому випадку – зображається суцільною основною лінією і набуває фіолетового кольору, тоді її називають *простою рамкою* (рис. 3.1, г).

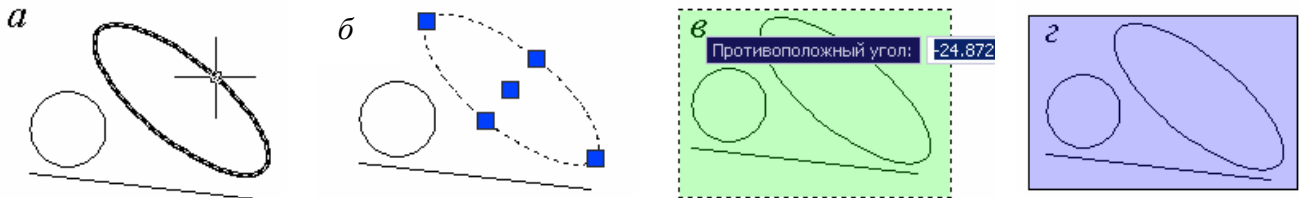


Рис. 3.1. Виділення об'єктів

Якщо рамку курсору переміщують справа наліво (*січна рамка*), то виділяються всі об'єкти, які хоча б частково потрапили в поле рамки, а якщо зліва направо (*проста рамка*) – тільки ті об'єкти, які цілком потрапили в поле рамки.

3. При виборі будь-якої команди редагування приціл курсору набуває форми квадрата і система видає запрошення **Выберите объекты:**

Курсор спрямовують прямо на об'єкт і натискають ліву клавішу миші. На об'єктах з'являються ручки, система продовжує видавати запрошення **Выберите объекты:** доти, поки користувач не натисне праву клавішу миші або <Enter>.

Може бути ситуація, коли ручки висвітилися випадково або помилково, тоді їхнє скидання виконують натисканням клавіші <Esc>.

Редагування креслень

За допомогою команд редагування вносяться зміни в існуючі об'єкти, створюються на їх основі нові креслення. Ці команди перебувають у падаючому меню **Изменить** та панелі інструментів **Изменить** (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Панель **Изменить**

Можна спочатку виділити об'єкт, а потім його редагувати або навпаки – вибрати команду редагування на що система видає запрошення **Выберите объекты:**

Команди редагування креслень можна набрати з клавіатури, із рядка падаючого меню або на панелі інструментів. Розглянемо основні із них.

Видалення об'єктів

Команда **СТЕРЕТЬ** видаляє або стирає із креслення один чи декілька об'єктів. Її викликають із падаючого меню **Изменить** → **Стереть** або клацають клавішею миші по піктограмі панелі інструментів **Изменить**, чи набирають з клавіатури команди:

СТЕРЕТЬ <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Выберите объекты:

Вибирають об'єкти і натискають клавішу <Enter>.

Видаляти об'єкти можна також обравши об'єкт курсором або рамкою, а потім натиснути клавішу <Delete>.

Копіювання об'єктів

Команда **КОПИРОВАТЬ** дублює один або декілька об'єктів і переміщає їх на відстань та кут, уведений користувачем. Викликається команда із падаючого меню **Изменить** → **Копировать** або клацанням клавішею миші по піктограмі панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **КОПИРОВАТЬ** <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Вибирають об'єкти для копіювання і клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>. У відповідь система видає запит:

Базовая точка или [Перемещение] <Перемещение>:

Базовою може бути будь-яка точка кресленника, але зручніше вказати одну з характерних точок об'єкта, що копіюють (наприклад, початкову).

Показують базову точку або опцію, на що система видає запит:

Вторая точка или <считать перемещением первую точку>:

Графічним курсором показують положення базової точки і клацають лівою клавішею миші. Унаслідок цього утворюється копія вибраних об'єктів, зміщених відносно оригіналу на заданий вектор (рис. 3.3), потім знову клацають лівою клавішею миші або вводять координати. У відповідь система видає запит:

Укажите вторую точку или [Выход / Отменить] <Выход>:

Клацають лівою клавішею миші стільки раз, скільки потрібно копій, а якщо треба вийти із цього режиму, та вводять літеру **В** (**Выход**) чи натискають клавішу <Enter>.

Дзеркальне відображення об'єктів

Команда **ЗЕРКАЛО** створює дзеркальну копію об'єкта або декількох об'єктів. Її крім введення із клавіатури, можна викликати за допомогою кнопки панелі інструментів **Изменить** або з пункту падаючого меню **Изменить** → **Зеркало**.

Після введення команди система видає команду:

Выберите объекты:

Обирають об'єкти і клацають правою клавішею миші, на це система видає запит:

Первая точка оси отражения:

Показують першу точку осі відображення. Надходить новий запит системи:

Вторая точка оси отражения:

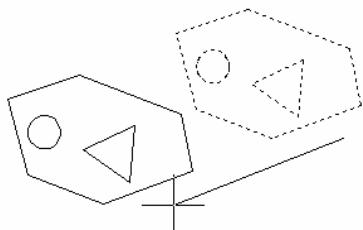


Рис. 3.3. Копіювання об'єктів

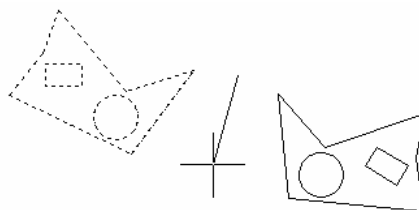


Рис. 3.4. Дзеркальне відображення об'єктів

Показують другу точку осі відображення. Новий запит:

Удалить исходные объекты? [Да / Нет] <N>:

Вводять літеру <Д> для видалення вихідного об'єкта або натискають <Enter> для його збереження (рис. 3.4).

Побудова подібних об'єктів

Команда **ПОДОБИЕ** будує об'єкт, подібний заданому із певним зміщенням на задану відстань через позначену точку. Цю команду викликають із панелі падаючого меню **Изменить** →  **Подобие** або клацанням миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **ПОДОБИЕ** <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Укажите расстояние смещения или [Через / Удалить / Слой] <0.0000>:

Вибирають числове значення зміщення, наприклад, 10 або одну із опцій.

У відповідь система видає команду:

Выберите объект для смещения или [Выход / Отменить]

<Выход>:

Курсором вибирають об'єкт, на що система видає наступну команду:

Укажите точку, определяющую сторону смещения, или [Выход / Несколько / Отменить] <Выход>:

Курсором показують точку в напрямку створення нового об'єкта.

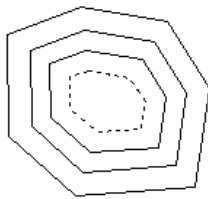


Рис. 3.5. Побудова групи подібних об'єктів

Можна продовжувати будувати подібні об'єкти (рис. 3.5) або вийти з команди, натиснувши клавіші <Enter> чи <Esc>.

Переміщення об'єктів

Команда **ПЕРЕНЕСТИ** переміщує об'єкти на відстань і кут, уведений користувачем (рис. 3.6). Цю команду обирають із падаючого меню **Изменить** →  **Перенести** або клацанням клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **ПЕРЕНЕСТИ** <Enter> або із контекстного меню.

У відповідь система видає повідомлення:

Выберите объекты:

Вибирають об'єкти, які потрібно перемістити і клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>.

У відповідь система видає запит:

Базовая точка или [Перемещение] <Перемещение>:

Показують базову точку або опцію, на що система запитує:

Вторая точка или <считать перемещением первую точку>:

Показують курсором нове положення базової точки або задають її координати і клацають лівою клавішею миші.

Можна також увести величину переміщення, використовуючи декартові координати.

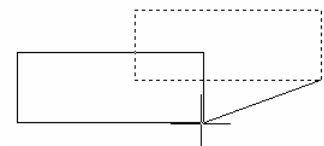


Рис. 3.6. Переміщення об'єктів

Обертання об'єктів

Команда **МАСШТАБ** масштабує обрані об'єкти, використовуючи масштабний коефіцієнт, зазначений користувачем, відносно базової точки. Обирається із падаючого меню **Изменить** →  **Масштаб** або клацанням лівою клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **МАСШТАБ** <Enter>.

У відповідь система видає запит:

Выберите объекты:

Показують курсором на об'єкти, які потрібно обернути і натискають ліву клавішу миші (рис. 3.7), а потім клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>.

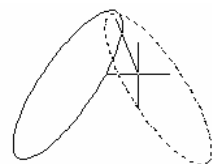


Рис. 3.7. Обертання об'єктів

У відповідь система видає запит:

Базовая точка:

Показують базову точку (вісь обертання), на що система знову видає запит:

Угол поворота или [Копия / Опорный угол] <0>:

Вказують на опцію або задають значення кута обертання, наприклад, 30 і натискають клавішу <Enter>.

Масштабування об'єктів

Команда **МАСШТАБ** масштабує обрані об'єкти, використовуючи масштабний коефіцієнт, зазначений користувачем, відносно базової точки. Обирається із падаючого меню **Изменить** →  **Масштаб** або клацанням лівою клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором із клавіатури команди **МАСШТАБ** <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Вибирають об'єкти, які потрібно масштабувати (рис. 3.8), і клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>.

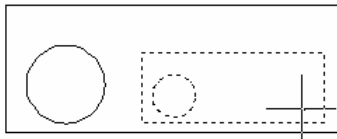


Рис. 3.8. Масштабування об'єктів

Надходить наступний запит системи:

Базовая точка или:

Показують базову точку, на що система видає напис:

Масштаб или [Копия / Опорный отрезок] <1.0000>:

Для збільшення об'єктів уводять число більше одиниці, а для зменшення – додатне число менше одиниці.

Зазначають масштабний коефіцієнт, наприклад, 0.5 і натискають клавішу <Enter>.

Можна задавати масштаб за допомогою миші: клацають лівою клавішею і показують курсором точку, відстань до якої від базової точки буде зазначено системою як масштаб.

Опція **Копия** дозволяє зберігати як нові об'єкти, так і оригінали (без вибору цієї опції вихідні об'єкти знищуються).

Якщо масштабування відбувається дробову кількість разів (наприклад, 2/5), то використовують опцію **Опорный отрезок**. Тоді система запитує:

Длина опорного отрезка <1>:

Уводять число 5, <Enter> або курсором показують величину відрізка.

У відповідь система видає запит:

Новая длина или [Точки] <1.0000>:

Вводять, наприклад, число 3, і система виконує потрібне перетворення (коефіцієнт перетворення вираховується як результат ділення другої довжини на першу).

Обрізування частини об'єкта

Команда **ОБРЕЗАТЬ** вирізає і видаляє частину об'єкта (об'єктів) за допомогою іншого об'єкта (об'єктів), що перетинає перший. Ця команда викликається із падаючого меню **Изменить** →  **Обрезать** або клацанням клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **ОБРЕЗАТЬ** <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите режущие кромки:

Выберите объекты или <выбрать все>:

Вибирають об'єкти (**режущие кромки**), за якими буде виконуватися обрізування і натискають праву клавішу миші або клавішу <Enter>.

Далі надходять команди:

Выберите обрезаемый (+Shift - - удлиняемый) объект или

[Линия выбора / перечеркивание / Проекция / Кромка / удалить / Отменить]:

Показують курсором (лівою клавішею миші) на ті частини об'єктів, які будуть обрізані та видалені.

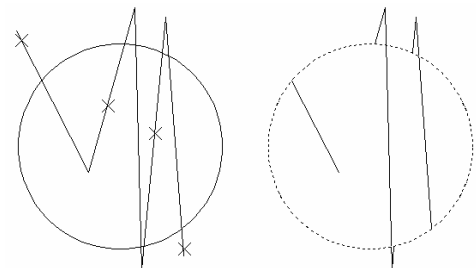


Рис. 3.9. Обрізування об'єктів

У лівій частині (рис. 3.9) показано положення об'єктів до обрізування і відмічені об'єкти, які будуть видалені, а в правій – після.

Розривання об'єкта

Команда **РАЗОРВАТЬ** порушує цілісність об'єкта у двох позначених точках. Вона викликається із панелі падаючого меню **Изменить** →  **Разорвать** або клацанням  клавішею миші по піктограмі панелі інструментів **Изменить**, чи набором з клавіатури команди **РАЗОРВАТЬ** <Enter>.

Перший запит системи:

Выберите объект:

Показують об'єкт, причому, за умовчужанням позначена точка буде першою точкою розривання.

Далі система видає запит:

Вторая точка разрыва или [Первая точка]:

Показують другу точку розривання.

На рис. 3.10 показано дугу до і після розривання. Позначення точок відображають послідовність виконання цієї дії (*розривання кола виконують проти годинникової стрілки*).

Таким чином видаляється частина об'єкта від першої до другої точки.

Піктограма  панелі інструментів **Изменить** дозволяє виконувати команду **РАЗОРВАТЬ** у тому випадку, коли перша і друга точки розривання збігаються, тобто об'єкт розривається на два без явного зазору.



Рис. 3.10. Розривання дуги

Побудова фасок

Команда **ФАСКА** виконує підрізування і з'єднання двох об'єктів (відрізків, променів), які перетинаються на заданій відстані від точки їх з'єднання (зняття фаски). Ця команда викликається із падаючого меню **Изменить** →  **Фаска** або клацанням клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором із клавіатури команди **ФАСКА** <Enter>.

У відповідь система видає напис:

(Режим С ОБРЕЗКОЙ) Параметры фаски: Длина 1 = 0.0000, Длина 2 = 0.0000

Выберите первый отрезок или [отменить / полиния / Длина / Угол / Обрезка / Метод / Несколько]:

Далі вибирають опцію, наприклад, **Д (Длина)** <Enter>, на що система видає запит:

Первая длина фаски <0.0000 >:

Вводять, наприклад, **15** <Enter>.

Надходить наступний запит:

Вторая длина фаски <15.0000 >:

Якщо користувач згоден з цією довжиною, то натискають <Enter>, якщо потрібна інша довжина фаски, то її задають і також натискають клавішу <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите первый отрезок или [отменить / полиния / Длина / Угол / Обрезка / Метод / Несколько]:

Вибирають опцію, наприклад, **О (Обрезка)** <Enter>.

Система видає наступний запит:

Режим обрезки [С обрезкой / Без обрезки] <С обрезкой >:

Якщо користувач згоден з опцією (**С обрезкой**), то натискають клавішу <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите первый отрезок или [отменить / полиния / Длина / Угол / Обрезка / Метод / Несколько]:

Показують курсором перший відрізок (1), на що система видає команду:

Выберите второй отрезок или нажмите клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол:

Показують другий відрізок (2) і на прямокутнику будується фаска (рис. 3.11).

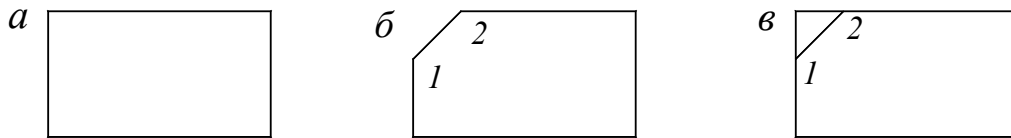


Рис. 3.11. Побудова фаски: *а* – до побудови; *б* – після виконання побудови з обрізуванням; *в* – після виконання побудови без обрізуванням

Спряження об'єктів

Команда **СОПРЯЖЕНИЕ** з'єднує відрізки, дуги, кола, сегменти полілінії дугою заданого радіуса. Вона викликається із панелі падаючого меню **Изменить** →  **Сопряжение** або клацанням клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набором із клавіатури команди **СОПРЯЖЕНИЕ** <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Радиус сопряжения = 0.0000

Выберите первый объект или [Отменить / полилиния / радиус / Обрезка / Несколько]:

Вибирають опцію **радиус**, натискають клавішу <Enter>.

Далі система запитує:

Радиус сопряжения <0.0000 >:

Уводять величина радіусу, наприклад, 30 і натискають клавішу <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Выберите первый объект или [Отменить / полилиния / радиус / Обрезка / Несколько]:

Показують на кресленні перший об'єкт (1) для спряження <Enter>.

Система видає команду:

Выберите второй объект или нажмите клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол:

Після позначення другого об'єкта (2) система AutoCAD або побудує необхідну дугу спряження, або повідомить про те, що з даним радіусом це неможливо. На рис. 3.12 показано спряження двох ліній до і після побудови.

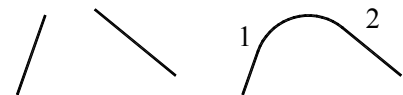


Рис. 3.12. Побудова спряження

Опція **полилиния** дозволяє виконати закруглення всіх вершин однієї полілінії із заданим радіусом.

Опція **Обрезка** керує режимом обрізування. Якщо вибрано режим **Без обрезки**, тоді дуги будуються, а вихідні об'єкти залишаються без змін.

Опція **Несколько** дозволяє виконувати багатократне спряження об'єктів.

Порядок виконання роботи

1. Побудувати прямокутники застосовуючи *варіанти* задання координат точок з використанням об'єктної та крокової прив'язок.
2. Скопіювати побудовані фігури і перемістити їх на 120 мм.
3. Обернути побудовані фігури на 30°, -60°.
4. Побудувати фігури зображені на рис. 3.4 і зробити їх дзеркальне відображення відносно прямої.

Питання для самоконтролю

1. Які способи задання координат точок ви знаєте? Їхнє застосування.
2. У яких випадках використовують об'єктну прив'язку?
3. Яким чином використовуються типи об'єктної прив'язки “Узел, Нормаль, Ближайшая”?
4. Які способи виділення об'єктів ви знаєте? З якою метою це робиться?
5. За допомогою яких команд виконується переміщення, стирання, копіювання об'єктів?

Лабораторна робота № 4

Геометричні побудови. Застосування полілінії

Мета роботи: набуття студентами навичок використання системи AutoCAD 2007 для виконання зображень плоских геометричних фігур і наведення креслення полілінією.

При побудові креслень деталей студент використовує навички, отримані при виконанні попередніх лабораторних робіт.

У цьому завданні студент будує зображення плоскої фігури типу прокладка, зовнішні й внутрішні контури якої складаються з кіл, дуг і прямих, що спряжуються між собою.

Спряженням називається плавний перехід від однієї лінії до іншої. З усієї різноманітності спряжень різних ліній розглянемо такі основні його види:

- спряження прямої з дугою кола;
- спряження двох, довільно розміщених прямих за допомогою дуги кола;
- спряження дуг двох кіл за допомогою прямої;
- спряження дуг двох кіл за допомогою третьої дуги.

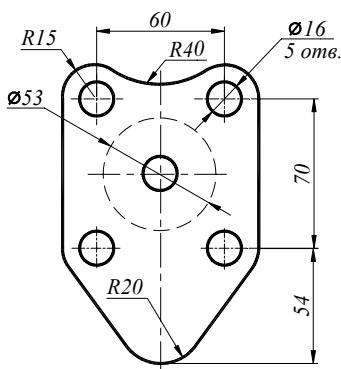


Рис. 4.1. Приклад виконання завдання

Приклад: Накреслити фігуру, зображену на рис. 4.1.

Порядок виконання завдання

Побудову дедалі зображеної на рис. 4.1 можна виконувати декількома прийомами, наприклад, можна побудувати за розмірами п'ятикутник, потім за допомогою команди **СОПРЯЖЕНИЕ** (див. лабораторну роботу № 3) виконують спряження, будують кола і т. д. Більш раціонально побудову виконують у такій послідовності:

1. Відкривають шар **Осі**, визначають центр одного із отворів, наприклад, верхнього лівого і будують осі.
2. Відкривають шар **Резервний** або шар **Допоміжний**, викреслюють два кола діаметром $\varnothing 16$ і радіусом $R15$ (рис. 4.2, а).
3. Клацають клавішею миші по піктограмі  панелі інструментів **Изменить**, чи набирають із клавіатури команду **КОПИРОВАТЬ** <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Вибирають осі і два кола для копіювання і клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>. У відповідь система видає запит:

Базовая точка или [Перемещение] <Перемещение>:

Показують базову точку на що система видає запит:

Вторая точка или <считать перемещением первую точку>:

Координати точки можна задавати вибором довжини відрізка за напрямком, визначеним графічним курсором (рис. 4.2, б). У командний рядок досить увести тільки відстань. Більш раціонально це виконують відносним введенням координат (рис. 4.2, в), для цього по черзі вводять відносні координати центрів усіх отворів:

- @60,0;
- @0,-70;
- @60,-70;
- @30,-35;
- @30,-104.

Примітка. Якщо динамічний режим  увімкнено, то знак @ не вводять.

4. Командою **СТЕРЕТЬ** видаляють центральне і нижнє коло радіусом $R15$ і нижнє коло $\varnothing 16$. Команду викликають із падаючого меню **Изменить** →  **Стереть**.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Вибирають вказані кола і клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>.

5. Будують нижнє коло радіусом $R20$ (рис. 4.2, г).

6. Відкривають шар **Невидимий** і викреслюють коло діаметром $\varnothing 53$ пунктирною лінією (рис. 4.2, з).

7. Знову відкривають шар **Резервний** або шар **Допоміжний** і починають викреслювати за допомогою піктограми **Отрезок** контур заданої фігури, з'єднуючи кола $R15$ і $R20$, використовуючи прив'язки **Касательная** (рис. 4.2, з). З'єднання верхніх кіл виконують за допомогою піктограми **Круг**.

У відповідь система видає команду:

Центр круга или [3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]:

Правою кнопкою миші викликають контекстне меню із якого вибирають опцію **ККР**.

У відповідь система видає команду:

Укажите точку на объекте, задающую первую касательную:

Курсором вказують на ліве коло і клацають лівою клавішею миші.

У відповідь система видає команду:

Укажите точку на объекте, задающую вторую касательную:

Курсором вказують на ліве коло і клацають лівою клавішею миші.

У відповідь система видає команду:

Радиус круга <20.0000>:

Вводять радіус кола 40 і натискають <Enter> (рис. 4.2, д).

8. Можна видалити непотрібні сектори дуг за допомогою команди **Разорвать** або піктограми , але краще їх видалити пізніше вимикаючи шар, на якому вони побудовані.

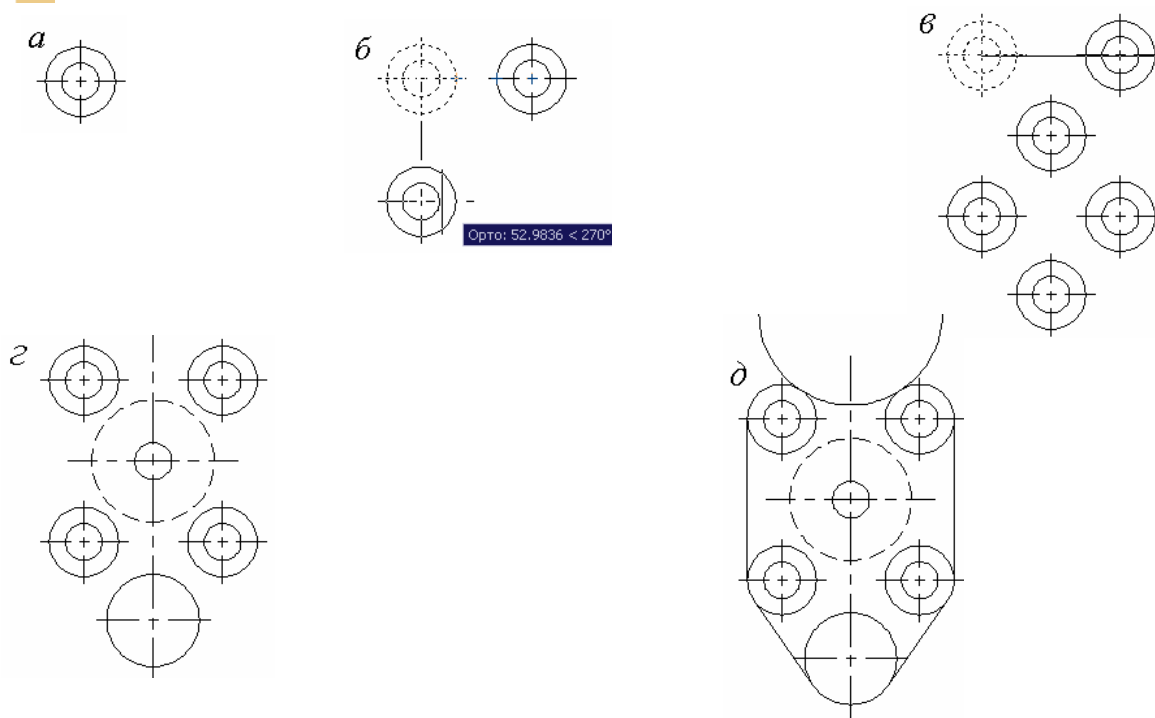


Рис. 4.2. Побудова плоскої фігури

9. Відкривають шар **Розміри** і наносять розміри (рис. 4.1).

10. Відкривають шар **Основний** і за допомогою команди **Плиния** або піктограми  наводять основні лінії креслення.

Перший запит системи:

Начальная точка:

Показують курсором будь-яку точку на контурі креслення.

У командних рядках з'являються написи:

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [Дуга / Полуширина / длИна / Отменить / Ширина]:

Вводять літеру **Ш** (Ширина) і натискають <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Начальная ширина <0.0000>:

Позначають початкову ширину (товщину) лінії, наприклад, 0.60 і натискають <Enter>.

Наступний запит системи:

Конечная ширина <0.6000>:

Позначають кінцеву ширину (товщину) лінії, наприклад, 0.60 і натискають <Enter>.

У відповідь система видає запит:

Следующая точка или [Дуга / Полуширина / длина / Отменить / Ширина]:

Показують наступну точку, <Enter> і т. д.

Якщо необхідно обвести коло або криву лінію, то з клавіатури набирають команду **Дуга** (достатньо одної літери «Д») або правою клавішею миші викликають контекстного меню, із якого вибирають опцію **Дуга** (рис. 4.3, а) і в командному рядку з'являється напис:

[Угол / Центр / Направление / Полуширина / Линейный / Радиус / Вторая / Отменить / Ширина]:

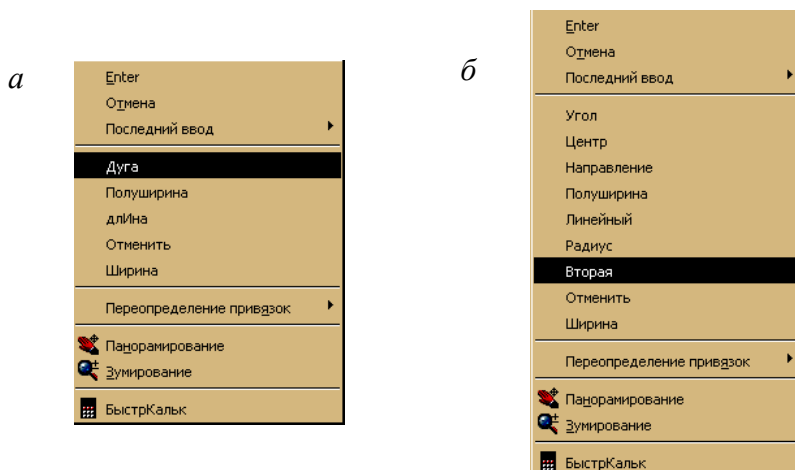


Рис. 4.3. Контекстне меню

Набирають за допомогою клавіатури необхідну команду або клацають правою кнопкою миші і викликають появу контекстного меню (рис. 4.3, б), із якого вибирають потрібну команду (криву лінію краще обводити за допомогою опції **Вторая**).

11. Для того щоб об'єкти, які були попередньо побудовані в шарі **Резервний** або **Допоміжний** були невидимі (рис. 4.1), цей шар заморожують у цілому за допомогою значка  або вимикають його за допомогою значка  (рис. 1.5).

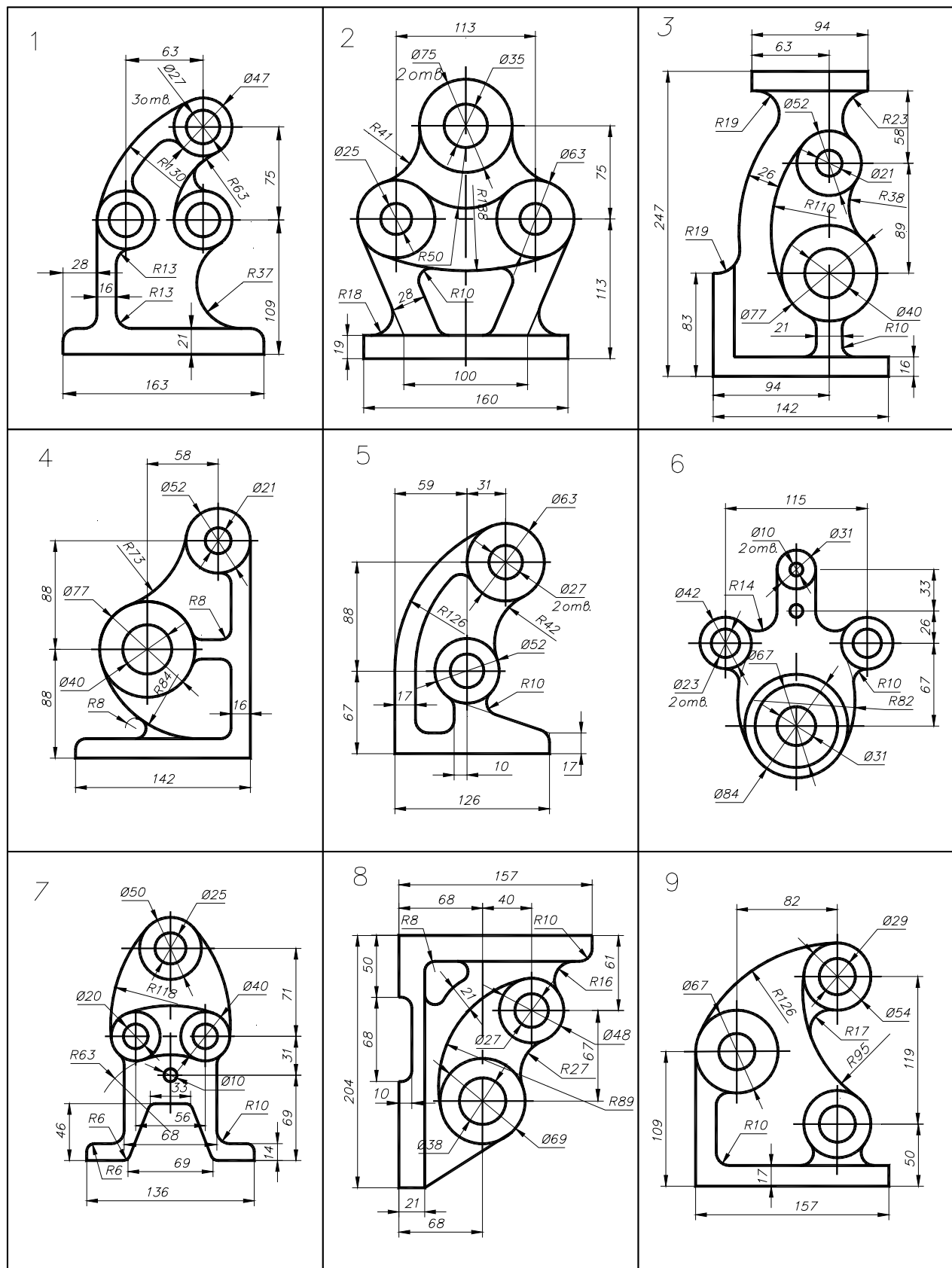
Варіанти індивідуального завдання 1 наведено в табл. 4.1.

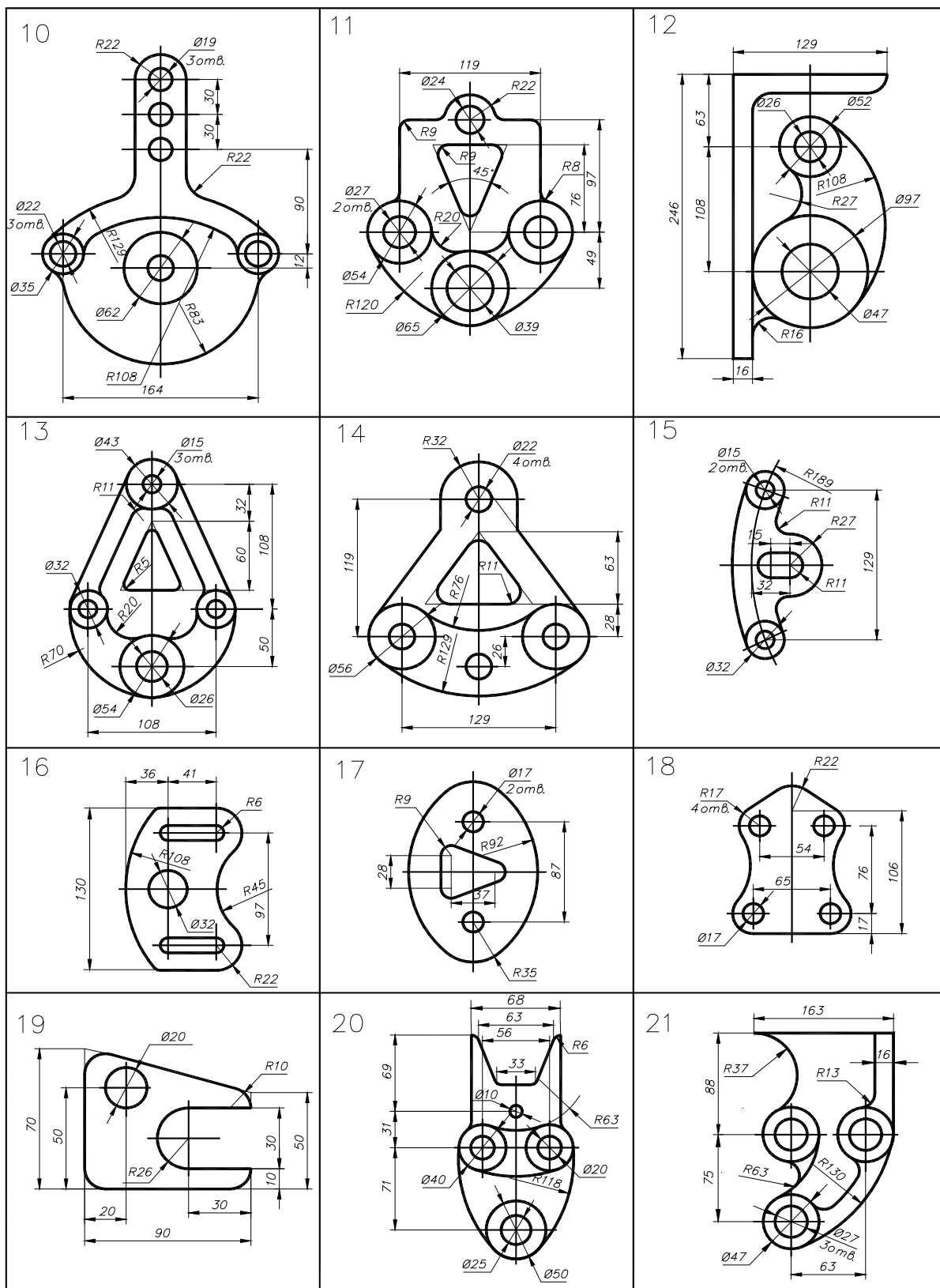
Питання для самоконтролю

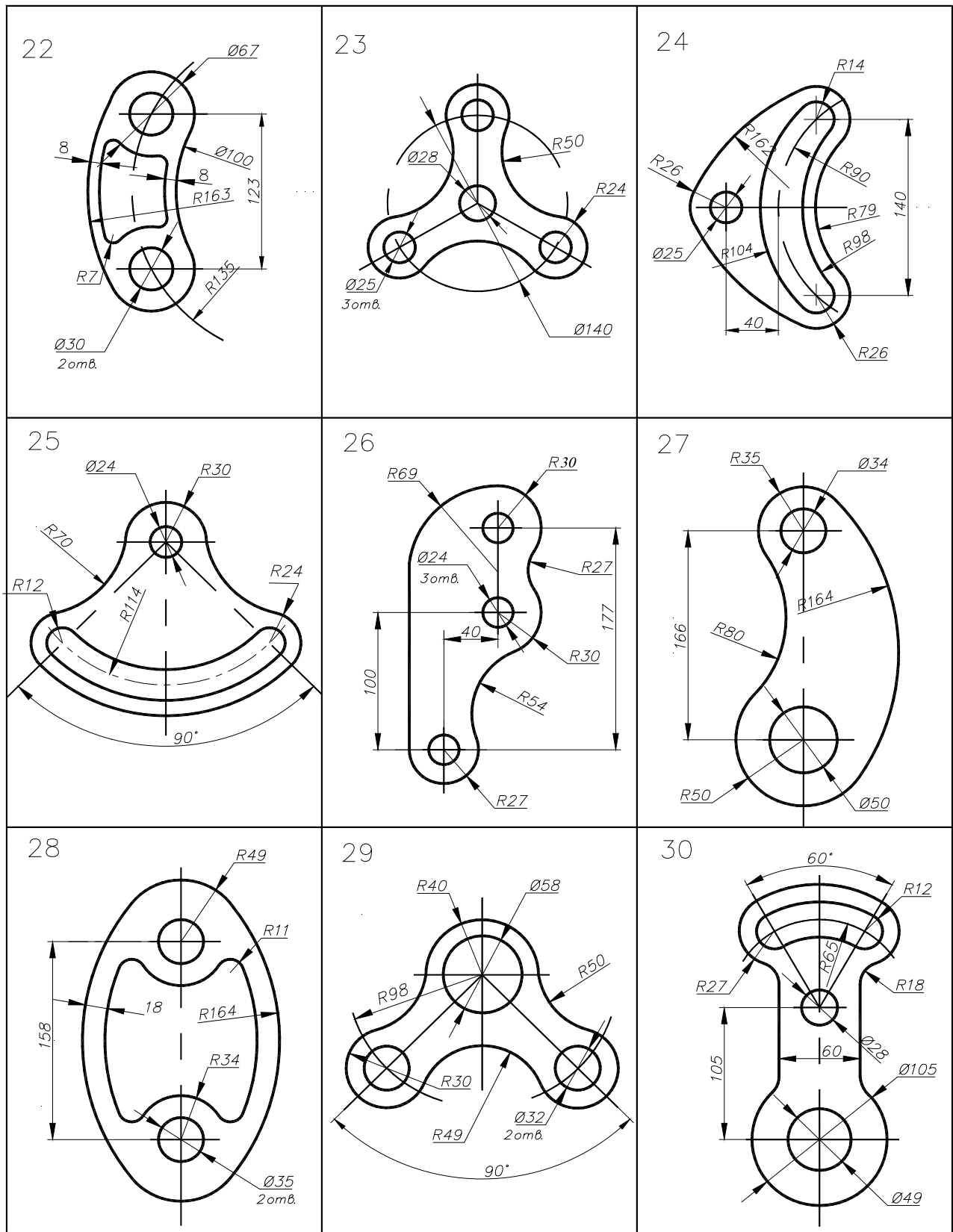
1. Якими лініями виконують розмітку креслення?
2. Яким чином видаляються непотрібні об'єкти?
3. Як можна змінити тип ліній?
4. Для яких потреб застосовується полілінія?

Таблиця 4.1

Варіанти індивідуального завдання 1







Лабораторна робота № 5

Креслення геометричних тіл за наочним зображенням. Проекційне креслення

Мета роботи: набуття студентами навичок використання засобів комп'ютерної графіки для виконання креслення геометричного тіла за наочним зображенням.

Завдання. Виконати креслення геометричного тіла за наочним зображенням (приклад виконання завдання показано на рис. 5.2)

Задано: наочне зображення геометричного тіла (рис. 5.1, табл. 5.1).

Виконати: побудову трьох видів геометричного тіла за його наочним зображенням.

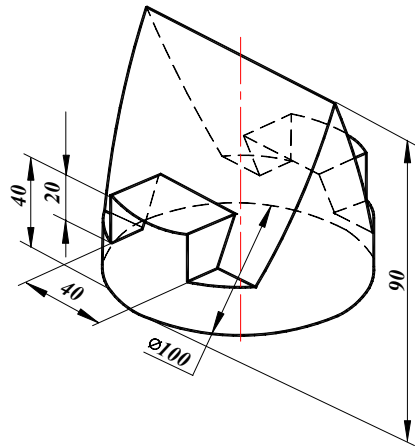


Рис. 5.1. Наочне зображення геометричного тіла

Порядок виконання завдання

1. Завдання виконують на форматі А3.
2. Відкривають шар **Осі** і проводять осьові лінії на відповідних відстанях.
3. Відкривають шар **Резервний** або шар **Допоміжний**, викреслюють вид спереду, зверху і зліва. Побудову виконують методом ортогонального проєціювання, розглянутого в розділах нарисної геометрії. При виборі масштабу і розміщенні видів враховувати такі вимоги:
 - види мають перебувати в проєкційному зв'язку;
 - зображення повинні займати не менше 75% поля креслення;
 - між видами мають бути проміжки, достатні для нанесення розмірів.
4. Відкривають шар **Основний** і наводять креслення полілінією, товщина якої 0,8...1,2 мм.
5. Відкривають шар **Розміри** і проставляють необхідні розміри.

Варіанти індивідуального завдання 2

1 Опора	2 Корпус	3 Корпус
4 Підставка	5 Корпус	6 Стійка
7 Опора	8 Корпус	9 Корпус
10 Плита	11 Корпус	12 Стійка
13 Плита	14 Стійка	15 Корпус

16 Кронштейн	17 Опора	18 Підставка
19 Корпус	20 Корпус	21 Плита
22 Корпус	23 Опора	24 Кронштейн
25 Корпус	26 Опора	27 Корпус
28 Плита	29 Плита	30 Корпус

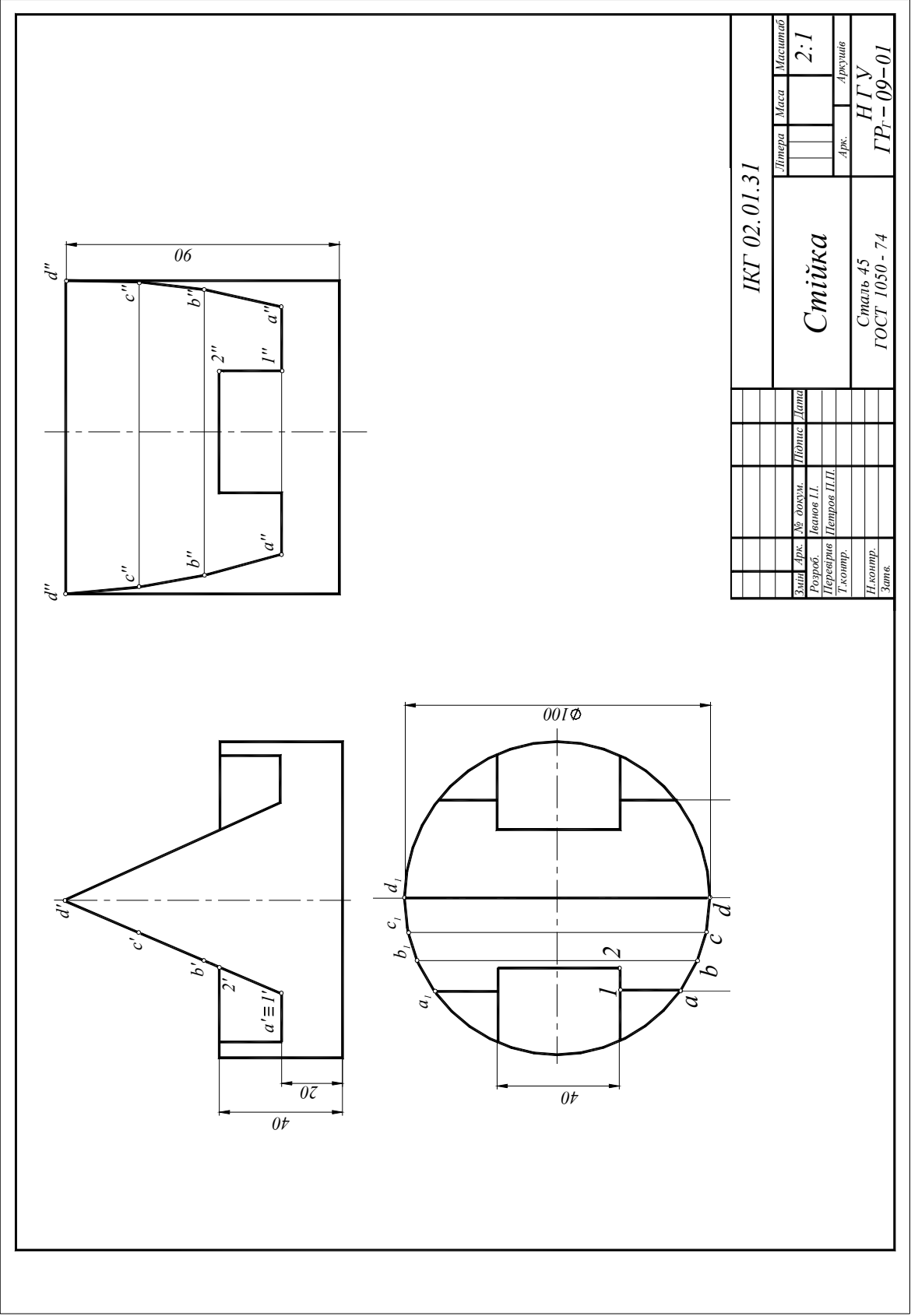


Рис. 5.2. Приклад виконання завдання

Лабораторна робота № 6

Креслення геометричного тіла з використанням методу твердотілого моделювання

Мета роботи: набуття студентами навичок використання системи AutoCAD для виконання креслення геометричних тіл з використанням методу твердотілого моделювання.

Система AutoCAD може будувати об'єкти не тільки в площині XY , але і в площині тривимірного простору. Система AutoCAD має великий набір примітивів (поверхонь, тіл та ін.), які дозволяють виконувати побудову тривимірних моделей будь-яких об'єктів. Система передбачає операції, які дозволяють із окремих фрагментів створити повноцінну тривимірну модель складного об'єкта – тривимірного тіла. Основні з них такі:

Об'єднання (объединение) – операція об'єднання декількох тривимірних тіл в одне;

Вилучення (вычитание) – при вилученні будь-якого тіла із вихідного у останнього зберігається тільки та частина, яка не збігається в тривимірному просторі з вилученою;

Перетин (пересечение) – коли перетин декількох тіл створює нове тіло, в якому зберігається тільки та частина, що є спільною для всіх тіл, які були задіяні в операції.

Створення тривимірних об'єктів

Інструменти створення тривимірних об'єктів зосереджені в таких місцях системи: падаюче меню **Черчение** → **Моделирование**, панель інструментів **Моделирование** (рис. 6.1) і панель **3D-построения** пульта керування (рис. 6.2).



Рис. 6.1. Панель інструментів
Моделирование



Рис. 6.2. Панель 3D-построения
пульта керування

При побудові твердотілого геометричного тіла відкривають шаблон формату A3 і ви-кликають на екран необхідні для роботи панелі інструментів, натискаючи праву клавішу миші на будь-якій панелі й установлюючи прапорці в таких панелях інструментів: **Вид** (Вид); **Моделирование** (Моделювання); **Редактирование тел** (Редагування тіл); **ПСК** – **пользовательская система координат** (КСК – користувацька система координат), а також обов'язково **вмикають режим ОРТО**.

Створення тривимірного тіла на основі стандартних тіл

Моделювання за допомогою *стандартних тіл* – найпростіший у використанні вид тривимірного моделювання. Засоби AutoCAD дозволяють створювати тривимірні об'єкти на основі базових просторових форм: паралелепіпедів, конусів, циліндрів, сфер, клинів і торів (кілець).

Кнопки панелі інструментів **Моделирование** (рис. 6.1) з другої по восьму призначені для побудови твердих тіл (об'єктів) стандартної форми. Яким чином це відбувається, розглянемо на прикладах.

Приклад 1. Побудова стандартного тіла у формі правильної піраміди (рис. 6.3). Команда викликається із падаючого меню **Черчение** → **Моделирование** →  **Пирамида** або клацанням миші по піктограмі  панелі інструментів **Моделирование**, чи набором з клавіатури команди **ПИРАМИДА**, натисканням клавіші <Enter>.

У відповідь система видає написи:

4 стороны **Описанный**

Центральная точка основания или [Кромка / Сторона]:

Вводять опцію **Сторона**, щоб змінити кількість сторін багатокутника, на це система видає напис:

Число сторон <4>: – вводять число сторін, наприклад, 6 <Enter>. Далі система запитує:

Центральная точка основания или [Кромка / Сторона]:

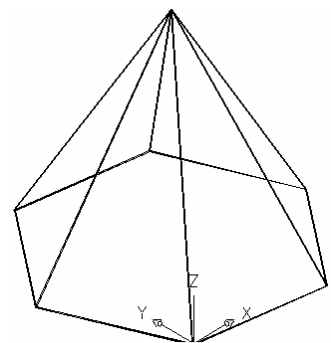


Рис. 6.3. Побудова
піраміди

Вводять координати точки центра, наприклад, 150,100,200 натискають <Enter>. Система видає наступний запит:

Радиус основания или [Вписанный]:

Вводять, наприклад, 50 і натискають <Enter>. Наступний запит системи:

Высота или [2 Точки / Конечная точка оси / Радиус верхнего основания]:

Висоту можна показати курсором або записати числом, наприклад, 100 <Enter> і система зображує піраміду (рис. 6.3).

Створення тривимірного тіла на основі двохвимірної креслення методом видавлювання (приклад виконання завдання показано на рис. 6.15)

Задано: зображення геометричного тіла (рис. 6.4, табл. 6.1).

Виконати:

- 1) побудову трьох видів з розрізами заданого геометричного тіла;
- 2) побудову аксонометричної проекції з вилученням $\frac{1}{4}$ частини заданого геометричного тіла.

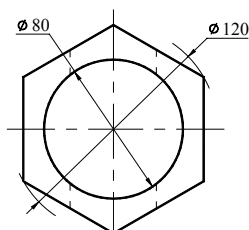
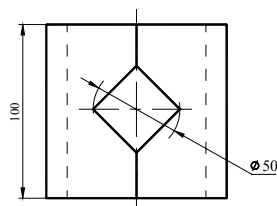


Рис. 6.4. Вихідні дані

Порядок виконання завдання

Приклад 2. Побудова нестандартного тіла у формі правильної шестигранної призми зображеної на рис. 6.4, методом видавлювання, а потім треба накреслити три види, перетин та аксонометричну проекцію застосовуючи твердотіле моделювання.

I. Порядок побудови твердого геометричного тіла

Як основу для побудови тіла методом видавлювання використовують вид зверху (рис. 6.4). Побудову ведуть у такій послідовності:

1. Відкривають шаблон формату А3, створеного у лабораторній роботі № 2. Виводять на екран необхідні для роботи панелі інструментів, натискають праву клавішу миші на будь-якій панелі та встановлюють прапорці в таких панелях інструментів: **Вид (Вид)**; **Моделирование (Моделювання)**; **Редактирование тел (Редагування тіл)**; **ПСК**.

2. Встановлюють поточний шар “Осі” і креслять дві взаємно перпендикулярні осьові лінії в режимі **ОРТО**.

3. Встановлюють поточний шар “Допоміжний” і креслять шестикутник за допомогою команди  **Многоугольник**.

У відповідь система видає написи:

Число сторон <4>:

Вводять 6 і натискають <Enter>. Далі система видає команду:

Укажите центр многоугольника или [Сторона]:

Показують курсором точку перетину осей, на це система видає напис:

Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность / Описанный вокруг окружности]

<В>: – натискають Enter, якщо шестикутник вписаний в коло, на це система видає напис:

Радиус окружности: – вводять радіус кола 60 і натискають <Enter>.

Обертають шестикутник на 90 градусів за допомогою команди  **Повернуть**.

У відповідь система видає напис:

Выберите объекты: – показують курсором на шестикутник і натискають ліву клавішу миші, а потім клацають правою клавішею миші або натискають <Enter>, на це система видає напис:

Базовая точка:

Показують курсором на точку перетину діагоналей і клацають лівою клавішею миші, на це система видає запит:

Угол поворота или [Копия / Опорный угол] <0>:

Вводять кут обертання 90 і натискають <Enter> (рис. 6.5, а).

Будують коло в основі геометричного тіла командою  **Круг**, на це система видає команду:

Центр круга или [ЗТ / 2Т / ККР (кас кас радиус)]:

Показують курсором точку перетину осей, і клацають лівою клавiшею миші, на це система видає напис:



Рис. 6.5. Вид основи геометричного тіла (а) та її аксонометричне зображення (б)

Радиус круга или [Диаметр]: – вводять радіус кола 40 і натискають <Enter>.

4. Встановлюють напрям погляду (рис. 6.5, б) із плаваючої панелі інструментів

Вид → **3D-види** → **СВ изометрия** або натискають кнопку **СВ изометрия** панелі інструментів **Вид**.

5. Формують геометричне тіло, видавлюючи його уздовж осі Z командою **Выдавить** із плаваючої панелі інструментів **Моделирование**.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты для выдавливания:

Показують курсором на шестикутник і коло, клацають правою клавiшею миші або натискають <Enter>, на це система запитує:

Высота выдавливания [Направление / Траектория / Угол сужения]:

Вводять висоту 100, а кут – 0, натискають <Enter> і одержують геометричне тіло (рис. 6.6).

Якщо у завданні будуть задані не проєціюючі, а похилі поверхні (піраміда або конус), то побудову починають з вибору геометричного тіла із плаваючої панелі інструментів **Моделирование**.

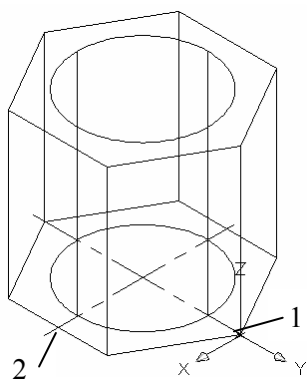


Рис. 6.6. Перенесення поточної КСК у точку

6. Для побудови призматичного отвору на бічній поверхні геометричного тіла встановлюють початок поточної КСК (користувачької системи координат) у точку 1. Для цього клацають мишею по кнопці **Начало** плаваючої панелі інструментів **ПСК** і показують курсором на точку 1 (рис. 6.6).

7. Для креслення квадрата на бічній поверхні геометричного тіла (побудова можлива тільки у площині XOY) необхідно переорієнтувати **ПСК** шляхом обертання її навколо осі X на 90 градусів, направивши вісь Y вертикально вгору. Для цього клацають мишею по кнопці X плаваючої панелі інструментів **ПСК**, на це система видає напис:

Угол поворота вокруг оси X <90>:

Вводять <Enter> і система виконує обертання КСК (рис. 6.7, а).

8. Будують квадрат на бічній поверхні геометричного тіла за допомогою кнопки панелі інструментів **Кресления**, на це система запитує:

Число сторон <4>: <Enter>. Далі система видає команду:

Укажите центр многоугольника или [Сторона]:

Визначають координати центру квадрата 0,50,0 і натискають <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность / Описанный вокруг окружности] <В>:

Натискають <Enter>, якщо квадрат вписаний в коло, на це система видає запит:

Радиус окружности:

Вводять радіус кола 25 і натискають <Enter>, одержуючи квадрат (рис. 6.7, а).

Обертають квадрат на 45 градусів, попередньо провівши в ньому діагональ для визначення центру обертання (рис. 6.7, б), командою **Повернуть**.

У відповідь система пропонує:

Выберите объекты:

Курсором показують на квадрат і натискають ліву клавішу миші, а потім клацають правою клавішею миші або натискають клавішу <Enter>, на це система запитує:

Базовая точка:

Показують курсором на середину діагоналі і клацають лівою клавішею миші, на це система видає напис:

Угол поворота или [Копия / Опорный угол] <0>:

Вводять кут обертання 45, натискають <Enter>.

9. Будують квадратну призму, видавлюючи її уздовж осі Z командою **Выдавить**  із плаваючої панелі інструментів **Моделирование**.

У відповідь система пропонує команду:

Выберите объекты для выдавливания:

Показують курсором на квадрат і натискають ліву клавішу миші, а потім клацають правою клавішею миші або натискають <Enter>, на це система видає запит:

Высота выдавливания [Направление / Траектория / Угол сужения]:

Вводять, наприклад, 140, натискають <Enter> і одержують геометричне тіло (рис. 6.7, в).

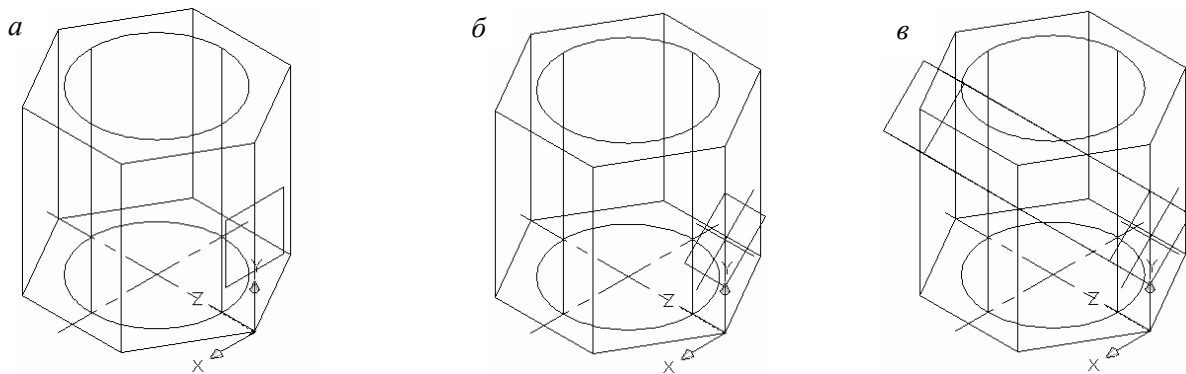


Рис. 6.7. Побудова квадратної призми на бічній поверхні геометричного тіла

10. Формують твердотілу геометричну модель заданого об'єкта, вилучаючи твердотілу квадратну призму і циліндр із твердотілої шестигранної призми (рис. 6.8, а), командою **Вычитание**  із плаваючої панелі інструментів **Редактирование тела**.

У відповідь система пропонує команду:

Выберите объекты:

Показують курсором на шестигранну призму і натискають ліву клавішу миші. Далі з'являється напис:

Выберите объекты:

Клацають правою клавішею миші, на це система видає команду:

Выберите тела или области для вычитания . .

Выберите объекты:

Показують курсором на квадратну призму та циліндр і натискають ліву клавішу миші, а потім клацають правою клавішею миші й одержують наочне зображення твердотілої моделі заданого геометричного тіла (рис. 6.8, а).

Для кращої візуалізації отриманого наочного зображення використовують кнопку  **Реалистичный** для розфарбування зображення (рис. 6.8, б), яку викликають із падаючого меню **Вид** → **Визуальные стили** → **Реалистичный**.

Присвоюють ім'я файлу, наприклад, "Призма" і зберігають його у відповідній папці.

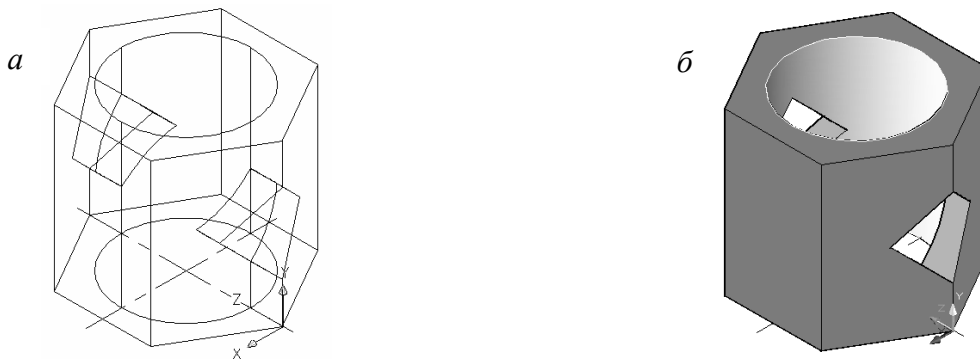


Рис. 6.8. Наочне зображення твердотілої моделі

II. Порядок побудови креслення геометричного тіла (трьох видів, перетину й аксонометричної проекції)

Система AutoCAD дозволяє створення плоских видів, розрізів і перетинів твердих тіл як у просторі аркуша, так і в просторі моделі.

Простору моделі відповідає вкладка креслення **Модель**. Оскільки плоскі види призначені для створення робочих креслень, то вони розміщуються і масштабуються у плаваючих видових екранах простору аркуша.

Видовий екран аркуша – вікно (отвір) у його просторі, виконане користувачем, яке дозволяє переглядати двовимірне об'ємне креслення, створене в просторі моделі.

Простору аркуша відповідають усі вкладки **Лист 1**, **Лист 2** і т. д.

Видові екрани створюють із падаючого меню **Вид** → **Видовые экраны** → **Новые ВЭ**.

При побудові плоских видів, розрізів і перетинів у просторі аркуша використовуються команди: **Т-ВИД**; **Т-РИСОВАНИЕ**; **Т-ПРОФИЛЬ**. Ці команди викликаються із командного рядку або із падаючого меню **Черчение** → **Моделирование** → **Подготовка**, а потім **Вид**, **Чертеж** або **Профиль**.

Команди **Т-ВИД** і **Т-РИСОВАНИЕ** використовуються одночасно, і перша із них створює у видових екранах простору аркуша потрібні об'ємні види, а друга перетворює побудовані у видових екранах види у плоскі креслення.

Побудову першої ортогональної проекції тривимірної моделі

1. Перебуваючи в просторі моделі (натиснуто ярлик **Модель**), установлюють у ролі поточної користувацьку системи координат, на площину XU якої буде проєціюватися перша ортогональна проекція моделі. Для цього натискають піктограму **ПСК** плаваючої панелі інструментів **ПСК**. Модель створюють або вибирають із раніше створених моделей, наприклад, “Призма” (рис. 6.8, а).

2. Для зображення створених моделей на папері за допомогою технології видів системою AutoCAD передбачено ще один простір – *простір аркуша*.

3. Для переходу від простору моделі до простору аркуша необхідно клацнути лівою клавішею миші по вкладці **Лист 1** або **Лист 2**. Якщо назви вкладок під графічним екраном не відображаються, то в рядку режимів є кнопки перемикання між вкладками, а саме:

– перейти на вкладку **Модель**;

– перейти на вкладку простору аркуша **Лист 1** або **Лист 2**.

4. Підводять курсор у рядку компоновок до одного із аркушів, наприклад, **Лист 1** і натискають праву клавішу миші, а з контекстного меню вибирають команду **Переименовать**. Присвоюють зображенню нове ім'я, наприклад, “Комплексне креслення”.

5. Для встановлення формату аркуша, його положення, вибору пристрою для друку, одиниць виміру, масштабу необхідно викликати вікно **Создание листа** із падаючого меню **Сервис** → **Мастера** → **Компоновка листа...**, в якому зазначають ім'я принтера, вибирають

формат (A3), одиниці виміру креслення, параметри та орієнтацію креслення на аркуші і под. Система AutoCAD переходить у простір аркуша і за умовчуванням створює на новому аркуші тільки один видовий екран (рис. 6.9). У даному видовому екрані з'явиться той самий вид, що встановлено в активному видовому екрані простору моделі (якщо в просторі моделі не було розподілу графічного екрана на декілька видових, то він у цілому вважається активним).

6. Командою  **Стереть** видаляють межі стандартного видового екрану, який з'явився після створення видового екрана. На це система видає команду:

Выберите объекты:

Показують курсором на рамку виду (рис. 6.9). і натискають ліву клавішу миші, а потім клацають правою клавішею миші або натискають <Enter>. На екрані з'являється чистий аркуш без видових екранів.

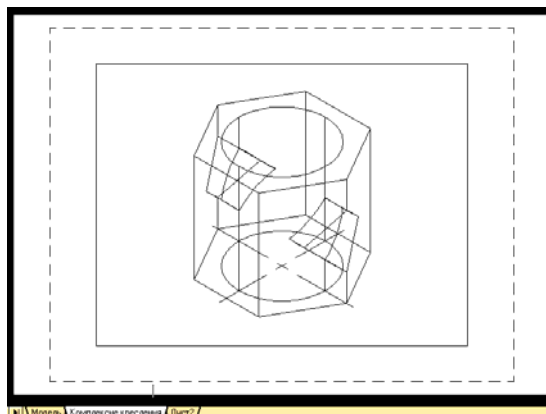


Рис. 6.9. Компонівка аркуша після його перейменування

7. **Побудова виду зверху** (горизонтальної проекції), що є вихідним для створення інших видів, виконують командою **Т-ВИД** або викликають її із падаючого меню **Черчение** → **Моделирование** → **Подготовка** →  **Вид**.

У відповідь система видає команду:

Задайте опцию [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]:

Уводять опцію **Пск** і натискають <Enter>.

На що система відповідає:

Задайте опцию [Имя / Мск / ? / Текущая] <Текущая >:

Вводять <Enter>.

Далі система запитує:

Масштаб вида <1>:

За цим уводять потрібний масштаб і натискають клавішу <Enter>. При цьому система запитує:

Центр вида:

Курсором показують точку центра виду зверху. Цю точку можна показувати декілька разів, доки не буде підібрано місце для розташування виду. З метою завершення вибору натискають праву клавішу миші або клавішу <Enter>.

У відповідь система видає написи:

Центр вида <видовой экран>:

Первый угол видового экрана:

Курсором показують перший, а потім другий кут видимого екрана для розміщення виду в рамці і клацають лівою клавішею миші, на це система видає запит:

Имя вида:

Уводять ім'я, наприклад, "Зверху" і натискають клавішу <Enter>.

Побудова горизонтального виду на цьому закінчується (рис. 6.10) і система видає у командному рядку список опцій. Можна продовжити побудову інших видів або вийти із команди натиснувши клавішу <Enter>.

Створення інших ортогональних проєкцій

Для побудови інших ортогональних проєкцій необхідно мати хоча б один видовий екран із уже створеною ортогональною проєкцією, тому що створювана проєкція буде їй ортогональною.

1. Повторно викликають команду **Т-ВИД**, якщо на попередньому сеансі робота з нею команда була завершена.

У відповідь система видає команду:

Задайте опцію [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]:

2. **Побудову головного виду** виконують опцією **Орто**, натискуючи клавішу <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Укажите сторону видимого экрана для проеций:

Визначають нижню межу (рис. 6.10) видового екрана виду зверху, на це система видає запит:

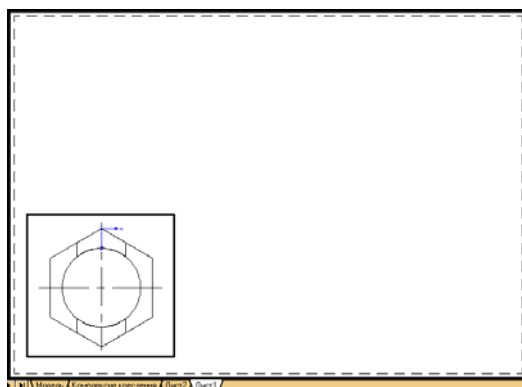


Рис. 6.10. Компонівка аркуша після створення горизонтального видового екрана

Центр вида:

Курсором показують точку центра головного виду на аркуші й клацають лівою клавішею миші, на що система видає написи:

Центр вида <видовой экран>:

Первый угол видового экрана:

Курсором показують перший, а потім другий кут видимого екрана для розміщення виду в рамці і клацають лівою клавішею миші, на що система запитує:

Имя вида:

Вводять ім'я “Спереду”, натискують клавішу <Enter> (рис. 6.11).

Масштаб цього і наступних видів відносно об'ємного зображення буде такий самий, як і масштаб виду зверху.

Побудова фронтального виду на цьому закінчується і система видає список опцій:

Задайте опцию [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]:

3. **Побудову виду зліва** виконують опцією **Орто**, натискуючи клавішу <Enter>.

У відповідь система видає команду:

Укажите сторону видимого экрана для проеций:

Показують ліву межу видового екрана головного виду, на це система видає напис:

Центр вида:

Курсором показують точку центра виду зліва на аркуші і клацають лівою клавішею миші, на що система видає написи:

Центр вида <видовой экран>:

Первый угол видового экрана:

Курсором показують перший, а потім другий кут видимого екрана для розміщення виду в рамці і клацають лівою клавiшею миші, на це система видає запит:

Имя вида:

Вводять ім'я “Зліва”, натискають <Enter>.

Побудова виду зліва на цьому закінчується (рис. 6.11) і система видає список опцій:

Задайте опцию [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]:

4. **Побудову профільного перетину** виконують опцією **Сечение**, натиснувши клавiшу <Enter>.

У відповідь система видає напис:

Первая точка секущей плоскости:

Головний вид роблять поточним (клацають лівою клавiшею миші по головному виду) і показують курсором точку 1, використовуючи прив'язку (рис. 6.6). Далі з'являється напис:

Вторая точка секущей плоскости:

Курсором показують верхню точку цього ребра, на це система видає запит:

Сторона просмотра:

Показують ліву межу видового екрана головного виду, на це система відповідає:

Масштаб вида <1.0>:

Уводять <Enter>.

Далі з'являється запит:

Центр вида:

Курсором показують точку центра виду профільного перетину на аркуші й клацають лівою клавiшею миші, на що система видає написи:

Центр вида <видовой экран>:

Первый угол видового экрана:

Курсором показують перший, а потім другий кут видимого екрана для розміщення виду профільного перетину в рамці і клацають лівою клавiшею миші, на це система видає запит:

Имя вида:

Уводять ім'я “Перетин”, натискають <Enter>.

Побудова перетину на цьому закінчується (рис. 6.11).

Після побудови всіх видів твердотілої моделі необхідно відкрити вікно **Диспетчер свойств слоев** і на всіх шарах видів з ім'ям **НВД** установити тип лінії – **невидимая**.

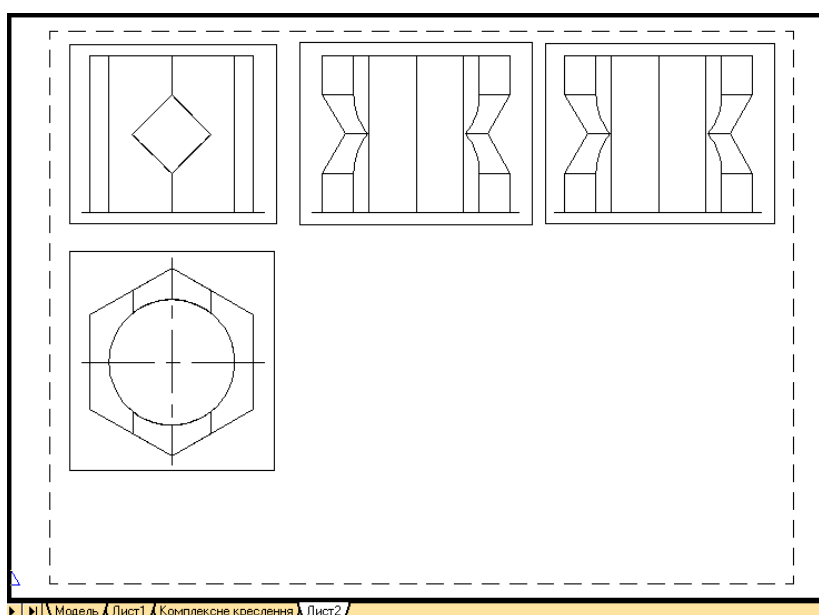


Рис. 6.11. Побудова видів ортогональних проекцій тривимірної моделі командою **Т-ВИД**

Побудова плоских видів

Після виконання команди **Т-ВИД** у видових екранах створюються тільки ортогональні проекції тривимірної моделі (рис. 6.11), які мають особливі властивості. Імена, розміщені у цих видах, пов'язані з іменами автоматично генерованих шарів креслення, які можна побачити, викликавши вікно **Диспетчер властивостей шарів**. На шарі **VPORTS** розміщено контури видових екранів (цей шар можна відключити або заморозити, якщо необхідно зробити контури невидимими). За іменем кожного із трьох видів (спереду, зверху, зліва) й перетину, що були побудовані, утворилися три шари із закінченнями: **DIM**, **HID** і **VIS**. Вони мають спеціальне призначення: шари із закінченням **DIM** зберігають розмірні примітиви відповідного виду, шари із закінченням **VIS** – видимі лінії виду, а шари із закінченням **HID** – невидимі лінії виду.

Команда **Т-РИСОВАНИЕ** призначена для роботи з видовими екранами, створеними командою **Т-ВИД**. Вона виконує плоскі перетини, контури яких викреслюються суцільними й пунктирними лініями і виконує штрихування площини перетину.

Для того, щоб отримати плоскі види із сформованих ортогональних проекцій тривимірної моделі (рис. 6.12, а) виконують такі дії:

1. Набирають із клавіатури команду **Т-РИСОВАНИЕ** або викликають її із падаючого меню **Черчение** → **Моделирование** → **Подготовка** →  **Чертеж**.

У відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Курсором показують послідовно на всі рамки видових екранів і клацають правою клавішею миші, внаслідок чого на видових екранах лінії розподіляються на видимі й невидимі, а перетини штрихуються (рис. 6.12, а).

2. Установлюють шар **“Осі”** в ролі поточного і проводять необхідні осьові лінії на всіх видових екранах у просторі аркуша.

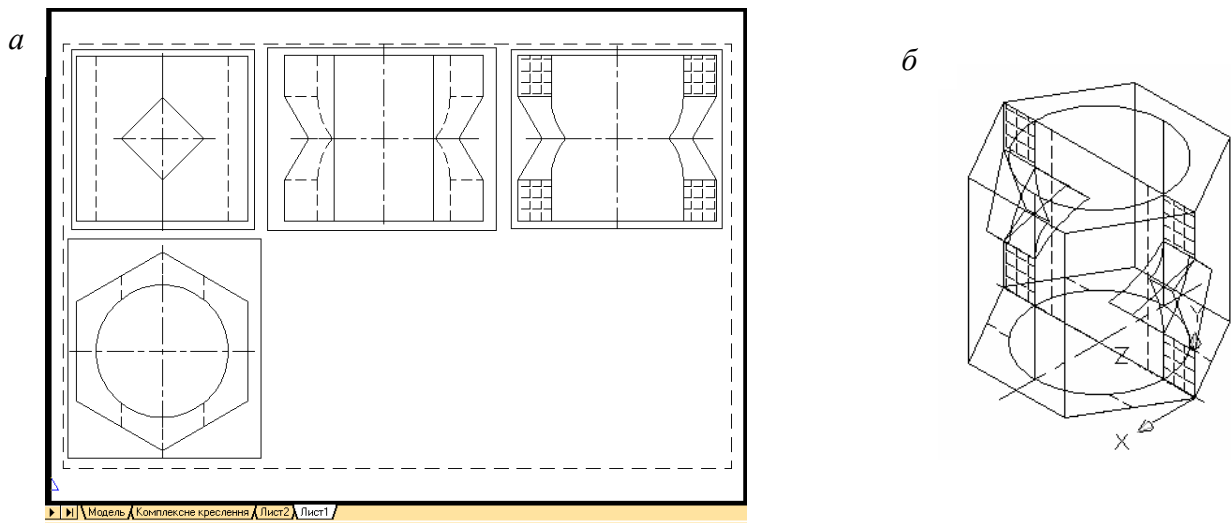


Рис. 6.12. Вигляд креслення після виконання команди **Т-РИСОВАНИЕ**

3. Переходять у шар **“Основний”** і наводять види й перетин геометричного тіла у просторі аркуша лініями товщиною, наприклад, 0,7 мм за допомогою команди  **Плиния**.

4. Команда **Т-РИСОВАНИЕ** автоматично за умовчуванням виконує штрихування площини перетину (рис. 6.12, а) і тому його потрібно відредагувати у просторі моделі. Для цього необхідно:

- активізувати видовий екран профільного перетину, клацнувши по ньому лівою клавішею миші, перейти із простору аркуша у простір моделі, натиснувши кнопку **МОДЕЛЬ** (рис. 6.12, б), і видалити заштриховані поверхні;

- перейти у простір аркуша, клацаючи лівою клавішею миші по піктограмі  **Штриховка...** панелі інструментів **Черчение**;

– у вікні **Штриховка и градиент** вибрати зразок штрихування, наприклад, **ANSI 31**, **масштаб: 1.25** і виконати штрихування необхідних поверхонь.

5. Наносять необхідні розміри (рис. 6.13).

6. Враховують, що відповідно до пункту 3.13 ГОСТ 2.305 – 68 **ЗОБРАЖЕННЯ – ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕТИНИ**, частину виду і частину відповідного розрізу, кожний із яких є симетричною фігурою, допускається з'єднувати, розділяючи їх віссю симетрії (рис. 6.15).

При переході до простору **Модель** на вихідному кресленні, крім зображення твердого тіла, з'являються плоскі види й перетин (рис. 6.12, б), сформовані командою **Т-РИСОВАНИЕ**. Ці види розташовані на створених командою шарів і при необхідності можуть не виводитися на паперові носії. Для цього вимикають друк відповідного шару у вікні **Диспетчер свойств слоев**.

Не завжди існує потреба на виді або перетині креслення (для нас – це у видовому екрані файлу креслення) показувати всі елементи моделі. Для цього, перебуваючи в просторі аркуша, клацають по кнопці  панелі інструментів **Слой**, далі відкриється діалогове вікно **Диспетчер свойств слоев**. У центральній частині вікна розміщено характеристики шарів, які виведені в стовпці з відповідними найменуваннями, тому при необхідності можна заморозити будь-який шар, щоб його не показувати.

Коли виникає необхідність, щоб якийсь об'єкт був видимий тільки в даному видовому екрані і невидимий в інших, то його переносять у простір моделі на свій персональний шар, який у просторі аркуша розморожують тільки в одному видовому екрані і заморожують у всіх інших.

Однак якщо заморозили шар у цілому за допомогою значка  або вимкнули його за допомогою значка , то об'єкти шару будуть невидимі й у просторі моделі, а також у всіх видових екранах простору аркуша, незалежно від положення шару відносно видового екрана.

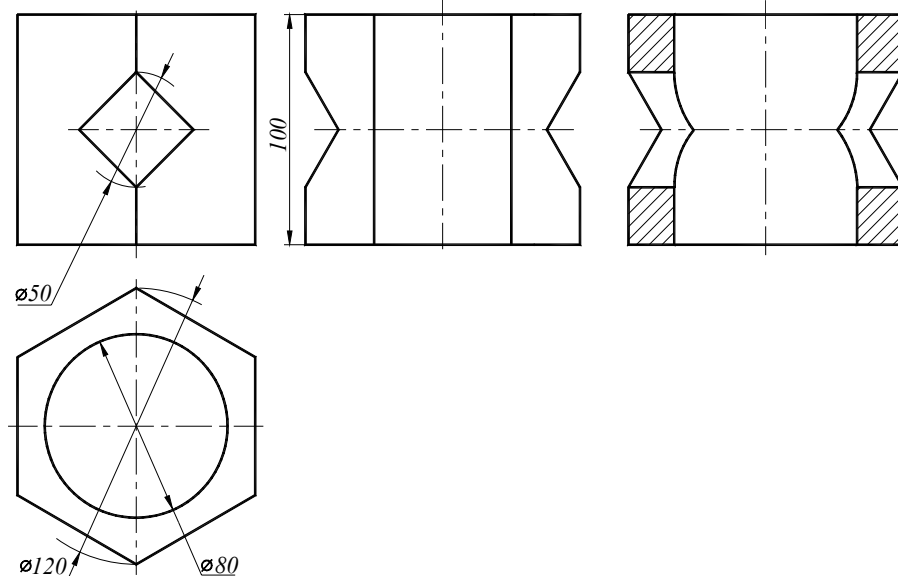


Рис. 6.13. Креслення ортогональних видів шестигранної призми

Наочне зображення твердотілої моделі

1. Для **побудови наочного зображення** геометричного тіла створюють плаваючий видовий екран, використовуючи вільне місце креслення (рис. 6.14). Це виконують так само, як і при побудові головного виду командою **Т-ВИД**.

У відповідь система видає команду:

Задайте опцію [Пск / Орто / Дополнительный / Сечение]:

Уводять опцію **Пск** і натискають <Enter>.

Далі система видає таку команду:

Задайте опцію [Имя / Мск / ? / Текущая] < Текущая >:

Вводять <Enter>.

Далі система запитує:

Масштаб вида <1>:

За цим вводять потрібний масштаб і натискають клавішу <Enter>. При цьому система запитує:

Центр вида:

Курсором показують точку центра наочного зображення. Для завершення вибору точки натискають праву клавішу миші або клавішу <Enter>.

Центр вида <видовой экран>:

Первый угол видовой экрана:

Курсором показують перший, а потім другий кут видимого екрана для розміщення наочного зображення в рамці і клацають лівою клавішею миші, на це система видає запит:

Имя вида:

Уводять ім'я “Наочне зображення”, натискають <Enter>.

2. Установлюють вид наочного зображення кнопкою  **ЮЗ изометрия** із плаваючої панелі інструментів **Вид**, на це система видає команду:

Выберите видовой экран для вида:

Позначають курсором рамку плаваючого видового екрана й клацають лівою клавішею миші, внаслідок чого ортогональне зображення перетворюється в наочне (рис. 6.14).

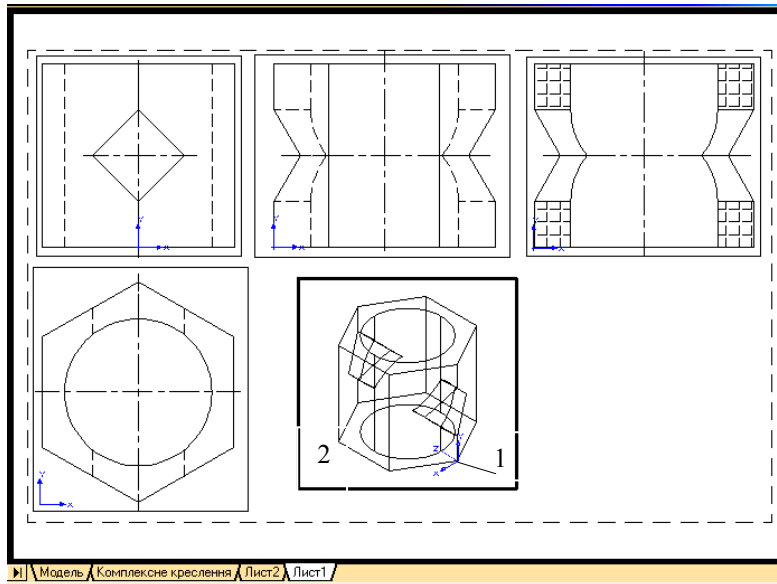


Рис. 6.14. Побудова наочного зображення

3. Із наочного зображення видаляють $\frac{1}{4}$ частини об'єкта таким чином:

– у просторі аркуша збільшують наочне зображення командою  **Окно зумирования** і переходять у простір моделі;

– вводять першу січну площину командою **РАЗРЕЗ** або із панелі падаючого меню:

Изменить → **3D-операции** →  **Разрез**, на це система видає команду:

Выберите объекты для разрезания:

Курсором показують наочне зображення і клацають лівою, а потім правою клавішами миші, у відповідь система видає напис:

Начальная точка режущей плоскости или [плоский Объект / Поверхность / Зось / Вид / XY / YZ / ZX /] <3 точки >:

Вводять опцію **YZ**, натискають клавішу <Enter>, тобто вибирають профільну січну площину, на це система видає запит:

Точка на плоскости YZ <0,0,0>:

Курсором показують точку 1 (рис. 6.14).

У відповідь система видає команду:

Укажите сторону с нужной стороны или [выберите Обе стороны] <Обе>:

Вводят <Enter>, тобто залишають обидві частини розрізаного тіла.

Другу січну площину задають командою **РАЗРЕЗ**.

На що система відповідає:

Выберите объекты для разрезания:

Курсором показують на ліву частину наочного зображення і клацають лівою, а потім правою клавішами миші, у відповідь система видає запит:

Начальная точка режущей плоскости или [плоский Объект / Поверхность / Зось / Вид / XY / YZ / ZX /] <З точки >:

Вводять опцію **XY**, натискають <Enter>, тобто вибирають фронтальну січну площину, на це система видає запит:

Точка на плоскости XY <0,0,0>:

Показують курсором точку 2 (рис. 6.14). Далі система знову запитує:

Укажите сторону с нужной стороны или [выберите Обе стороны] <Обе>:

Вводять <Enter>, тобто залишають обидві частини розрізаного тіла.

Вилучають четверту частину геометричного тіла командою  **Стереть**, у відповідь система видає команду:

Выберите объекты:

Курсором показують точку тієї частини об'єкта, яку необхідно вилучити (рис. 6.14) і вводять <Enter>.

4. Переходять у простір аркуша, установлюють шар **Основний** поточним і наводять наочне зображення лініями товщиною 0,7 мм командою **Плиния** або за допомогою піктограми .

5. Штрихування розрізу наочного зображення виконують за зразком **Образец: ANSI 31, масштаб: 1.25**, з такими кутами нахилу: на лівій частині **Угол: 15**, а на правій частині **Угол: 75**.

6. Для остаточного компонування зображення варто перейти в простір аркуша, а потім вставити у вигляді блока або зовнішнього посилання штамп із рамкою.

Процес завершується відключенням чи заморожуванням шарів **VPORTS (ВЭКРАН)**, яким належать рамки видових екранів, шари також можна виділити “ручками” і стерти натиснувши клавішу <Delete>.

Остаточний вигляд креслення геометричного тіла наведено на рис. 6.15.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Яким чином вводяться тривимірні координати?
2. Чим відрізняється світова система координат від користувацької?
3. Як створюються тривимірні об'єкти?
4. Яким способом будують тривимірні тіла?
5. За допомогою яких команд виконують побудову плоских видів?
6. З якою метою створюють плаваючі видові екрани?
7. Яким чином створюють види ортогональних проекцій тривимірної моделі?
8. Для яких потреб створюють плоскі види?
9. Яким чином будується наочне зображення тривимірної моделі?
10. Створіть шаблон формату А4 з такими параметрами: крок сітки і курсору 10 × 10; шари креслення із заданими властивостями; завантаживши у креслення лінії, розмірні стилі; присвоївши йому ім'я, збережіть шаблон у відповідній папці.

Варіанти індивідуального завдання 6

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16