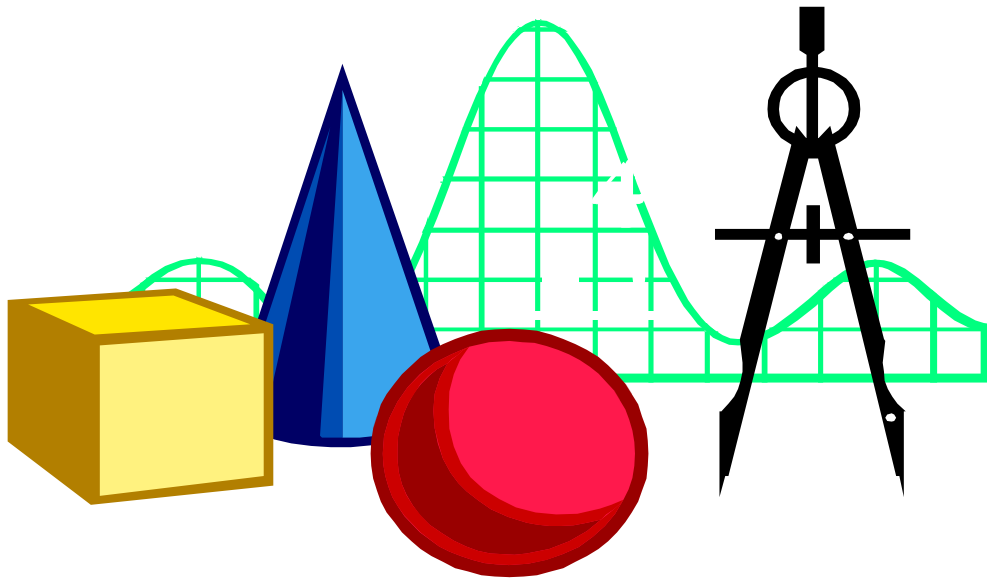


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. О. ЛОПАТОВ

# ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА



КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ



Донецьк ДонНТУ 2007

Міністерство освіти і науки України  
Донецький національний технічний університет

О. О. ЛОПАТОВ

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА  
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Розглянуто  
на засіданні кафедри нарисної геометрії  
і інженерної графіки  
Протокол №2 від 15. 09. 2007 р.  
Затверджено  
на засіданні учбово-видавничої ради  
ДонНТУ  
Протокол № 4 від 27. 10. 2007 р.

Донецьк ДонНТУ 2007

УДК 515.2

Інженерна графіка /Автор: О. О. Лопатов. - Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 103 с.

Подано повний курс лекцій з інженерної графіки, що викладається студентам у потоках немашинобудівельних груп ДонНТУ

Автор: О.О. Лопатов, проф.

Рецензент: А. Ф. Коломієць, проф.

Відп. за видання: І. А. Скідан, проф.

© О. О. Лопатов

## ВСТУП

Будь-яка виробнича діяльність у розвиненому суспільстві неможлива без створення, нагромадження й перетворення великих масивів різноманітної інформації. У цих потоках, зокрема, циркулює велика кількість графічної інформації, тобто відомостей про форму і розміри різних предметів, пристроїв, споруджень, які необхідно виготовити, відремонтувати, модернізувати і т.д. Носіями цієї інформації найчастіше виступають креслення, але можуть бути і текстові повідомлення, що містять описи предметів, їхні фотографічні зображення, комп'ютерні графічні файли і т.д.

Серед цих і інших носіїв графічної інформації особливе місце займає креслення, як найбільш ефективний засіб зберігання й пред'явлення інформації про форму просторових об'єктів. Воно має незаперечні переваги у компактності, зручності сприйняття при читанні, простоті внесення змін. Але його виготовлення жадає від виконавця глибоких і різнобічних знань. З однієї сторони – це знання геометричних побудов у просторі, з іншої – знання нормативного характеру, адже у кресленні зосереджений величезний досвід практичної роботи конструкторів, відображений у численних документах, які називають стандартами.

Останнім часом використання персональних комп'ютерів кардинально змінило підхід до техніки виготовлення креслень, скасувавши традиційні креслярські інструменти, дозволило автоматизувати велику кількість рутинних операцій при виготовленні креслення, наприклад, виконання написів, нанесення розмірів, штрихування і т.д., але істотно не торкнулося основного змісту розглянутих нижче знань, котрі як і раніше є базовими для вивчення наступних дисциплін у технічному вузі і забезпечують графічну підготовку майбутніх фахівців.

Якщо порівнювати шкільний курс геометрії і теоретичну частину запропонованого курсу, то можна бачити, що обидві дисципліни розглядають ті ж самі об'єкти: точку, пряму, плоску фігуру і т.д., і їхні відносини між собою (знаходження загальних елементів, визначення відстаней, кутів і інше). Основною відмінністю між ними є те, що в геометрії на площині розташовуються самі об'єкти, а в інженерній графіці - їхні зображення, одержувані за певними правилами, тоді як самі об'єкти перебувають у просторі, а вся робота з ними ведеться на основі цих плоских зображень.

*Цілі курсу. В результаті вивчення курсу інженерної графіки студент повинен:*

*- самостійно застосовувати придбані знання й навички для уявного відтворення просторових образів предметів і передачі їхньої форми й*

розмірів у загальноприйнятих системах відображення графічної інформації;

- засвоїти основи термінології технічної мови, словниковий запас якої надалі буде поповнюватися при вивченні інших технічних дисциплін.

Дисципліна має фундаментальне значення для технічної освіти, тому що тільки тут, за допомогою спеціальної системи вправ, розвивається вміння представити просторову форму предмета, що є необхідною передумовою будь-якої інженерної діяльності.

Розглянутий конспект лекцій розрахований на викладення курсу на другому і третьому рівні графічної підготовки. Наприкінці кожного розділу наведені контрольні питання й завдання для самоперевірки засвоєння навчального матеріала під символом  $\diamond$ .

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ КРЕСЛЕНЬ

У результаті вивчення розділу студент повинен усвідомлено застосовувати проєкційний апарат для зображення найпростіших геометричних об'єктів і їхніх сполучень на площинах проєкцій, а також визначати їхні метричні характеристики.

### 1.1 Геометричні образи простору

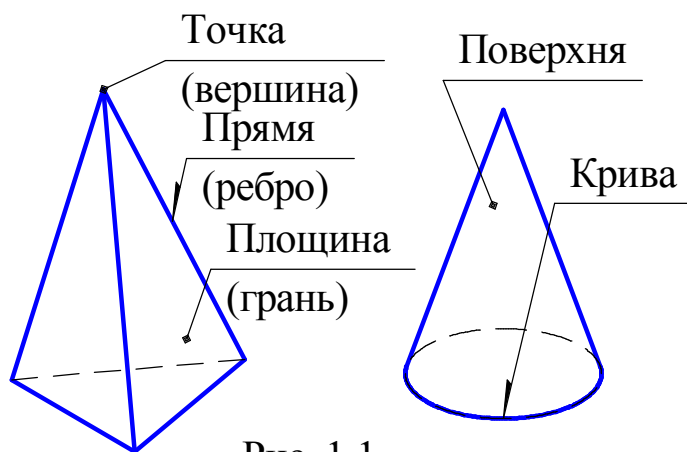


Рис. 1.1

назви (див. у дужках).

У першому розділі більшість креслень разом із зображеннями геометричних образів містять і літерні позначки (*символізоване креслення*). Це істотно полегшує сприйняття зображень і створення їхніх уявних образів. Надалі, при переході до креслень моделей і реальних предметів, потреба в літерних позначеннях відпадає.

На символізованих кресленнях точки прийнято позначати великими літерами латинського алфавіту (А, В, С...) або арабськими цифрами (1, 2, 3...), лінії – малими літерами латинського алфавіту (*a, b, c...*), площини

До геометричних образів простору відносять точку, лінію (пряму і криву), площину й поверхню. За допомогою цих образів одержують найпростіші геометричні тіла (рис. 1.1), з яких надалі створюють більш складні об'єкти простору (моделі, предмети). Залежно від призначення образи можуть мати й інші

й поверхні – прописними буквами грецького алфавіту ( $\Sigma$ ,  $\Delta$ ,  $\Psi$ ...).

## 1.2 Метод проєкцій

Зображення предметів тривимірного простору одержують методом проєкціювання. Апарат проєкціювання містить у собі проєкціюючий промінь  $SA$ , об'єкт проєкціювання  $A$  і площину проєкцій  $\Pi_1$ , на якій



Рис. 1.2

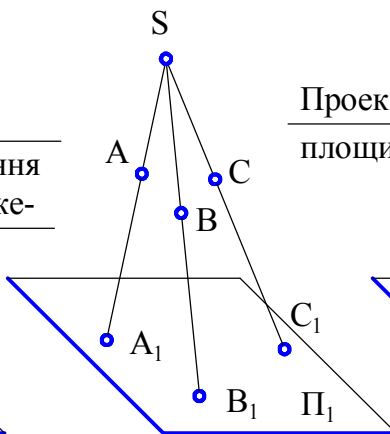


Рис. 1.3

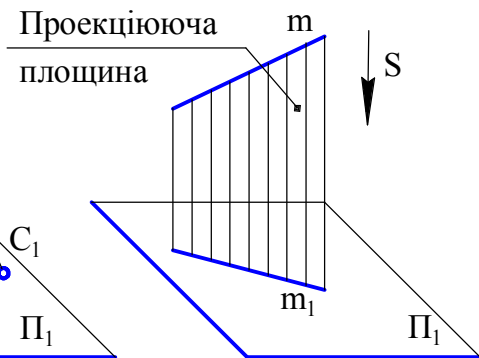


Рис. 1.4

одержують зображення об'єкта  $A_1$  (рис. 1.2).

Усі промені, що проєкціюють об'єкт, виходять з однієї точки, яку називають центром проєкцій. Якщо ця точка перебуває на кінцевій відстані від площини проєкцій, то таке проєкціювання називають центральним (рис. 1.3). Центральна проєкція лежить в основі побудови перспективних зображень, які широко застосовують в архітектурі. Центральною проєкцією є також фотографія.

Якщо центр проєкцій віддалити у нескінченність, то всі проєкціюючі промені стають паралельними між собою і таке проєкціювання називають паралельним. У цьому випадку на кресленні замість центра проєкцій задають напрямок проєкціювання  $S$  (рис. 1.4).

При проєкціюванні сукупність проєкціюючих променів, які про-

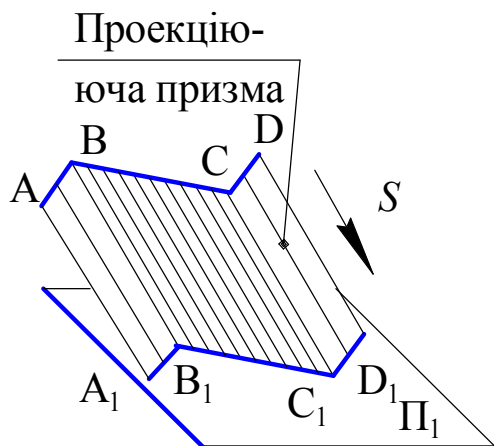


Рис. 1.5

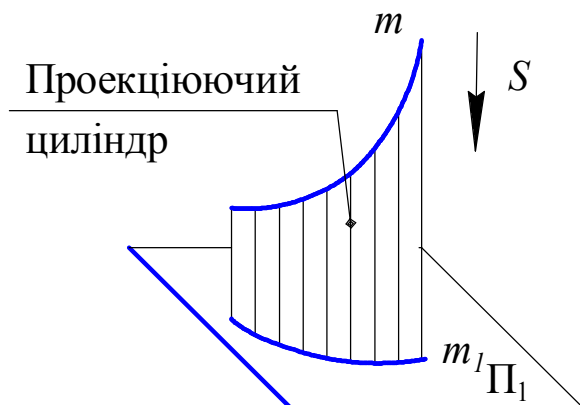


Рис. 1.6

ходять через усі точки деякої просторової лінії, утворюють різні проекціюючі поверхні. Якщо проєкціювати пряму, то це буде площина (рис. 1.4), ламану - поверхня призми (рис. 1.5), криву лінію - циліндрична поверхня (рис. 1.6).

У випадку, якщо розташування прямої у просторі збігається з направленням проєкціювання, то пряма на площині проєкцій зобразиться точкою. Іноді таке зображення називають вироджуваним, тому що відбувається різка видозміна зображення, а, отже, і його властивостей (про це нижче).

Паралельне проєктування буде косокутним, якщо проєкціюючі промені не перпендикулярні до площини проєкцій, і прямокутним (ортогональним), якщо проєкціюючі промені перпендикулярні до площини проєкцій ( $S \perp \Pi$ ). У техніці в переважній більшості графічних документів використовують прямокутне проєкціювання.

У пропонованому курсі також використаний цей вид проєкціювання, тобто проєкціюючий промінь розташовується перпендикулярно до площини проєкцій, тому вказувати напрямок проєкціювання  $S$  при заданій площині проєкцій не має сенсу.

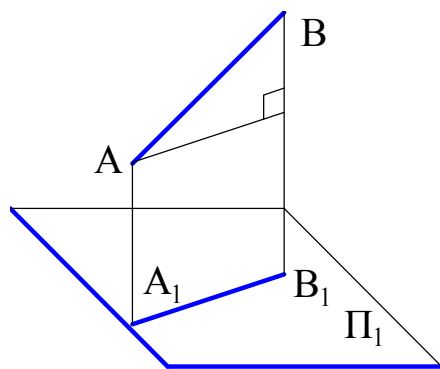


Рис. 1.7

Ортогональним проєкціям властиві всі властивості паралельних проєкцій (див. нижче), крім того, при прямокутному проєкціюванні проєкція відрізка дорівнює або є менша самого відрізка, тому що відрізок у просторі є гіпотенузою прямокутного трикутника, а його проєкція катетом (рис. 1.7).

◇ Перелічіть назви елементів, що використовуються в апараті паралельного проєкціювання.

◇ Які поверхні можуть бути створені проєкціюючими променями?

◇ У просторі розташований довільний трикутник ABC. Вершини A і B розташовані на одному проєкціюючому промені до площини проєкцій. Як зобразиться трикутник ABC на цю площину?

### 1.3 Деякі властивості паралельного проєкціювання

1. *Проекція точки є точка.* При заданому напрямку проєкціювання, точці A простору на площині проєкцій відповідає єдина точка  $A_1$ . Вона виникає в результаті перетинання проєкціюючого променя з цією площиною. Проекція точки, що безпосередньо лежить у площині проєкцій, збігається із самою точкою.

2. *Проекція прямої лінії є пряма.* На рис. 1.4 площина, що

складається із проєкціюючих променів, перетинає площину проєкцій  $\Pi_1$  по лінії  $m_1$ , що є проєкцією лінії  $m$  на цю площину. В особливому випадку, коли напрямок проєкціювання і розташування прямої збігаються, проєкцією прямої є точка.

3. *Проєкції паралельних прямих паралельні або збігаються.* Це виникає з того, що площини, які проєкціюють дані прямі  $m$  і  $n$ , паралельні (рис. 1.8) і, отже, площина проєкцій  $\Pi_1$  перетинає їх по паралельним між собою прямим  $m_1$  і  $n_1$ .

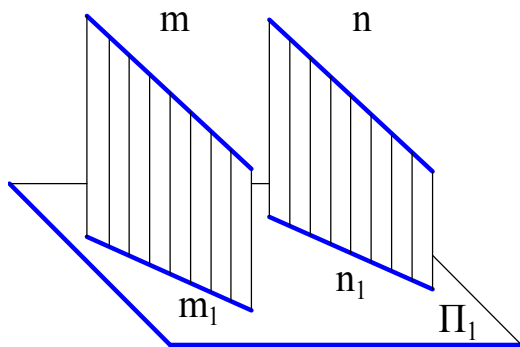


Рис. 1.8

В особливому випадку, якщо паралельні прямі лежать в одній проєкціюючій площині, їхні проєкції збігаються. Паралельні прямі, положення яких у просторі збігається з напрямком проєкціювання, зображуються точками.

4. *Відношення відрізків прямих дорівнює відношенню їхніх проєкцій,* тому що паралельні між собою

промені  $AA_1$ ,  $BB_1$  і  $CC_1$  (рис. 1.9) ділять прямі  $AC$  і  $A_1C_1$  на пропорційні частини, тобто  $AB/BC = A_1B_1/B_1C_1$ .

Підкреслимо ще раз: ці властивості дійсні в тому випадку, якщо розглянуті прямі щодо площини проєкцій займають довільне положення.

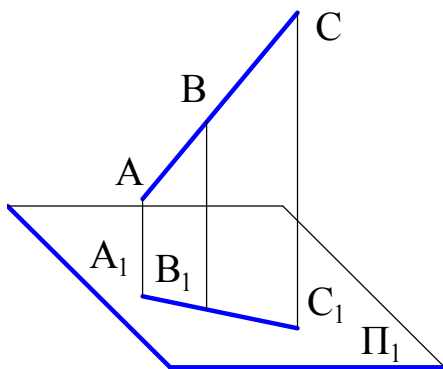


Рис. 1.9

Але прямі, площини і деякі поверхні (див. вище) можуть розташовуватися і так, що будуть збігатися з напрямком проєкціювання на площину проєкцій. У цьому випадку проєкціями прямих будуть точки, а площин і поверхонь - їхні лінії перетину із площиною проєкцій. Такі вироджені проєкції формотворчих елементів мають винятково велике значення й одержали назву *слідів-проєкцій*.

◇ Перелічіть основні властивості проєкцій.

◇ Чи спроєкціюється в натуральну величину відстань між двома прямими на площину проєкцій, якщо положення однієї прямої збігається з напрямком проєктування на цю площину, а другої – довільне?

## 1.4 Оборотність зображень

Як ми вже відзначали, проєкціюючи предмет на яку-небудь площину проєкцій можна одержати його зображення. Але прочитати таке зображення, тобто однозначно визначити положення предмета в



просторі (рис. 1.10) або його форму (рис. 1.11) неможливо, тому що невідомо на яку відстань вилучені всі його точки від площини проєкцій або взаємне розташування окремих елементів предмета в цьому напрямку. Через це одному зображенню може відповідати безліч предметів у просторі. У таких випадках говорять про *необоротність* зображення, тому що з нього неможливо відтворити оригінал.

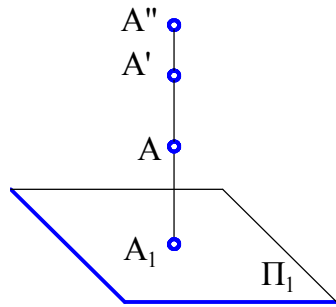


Рис. 1.10

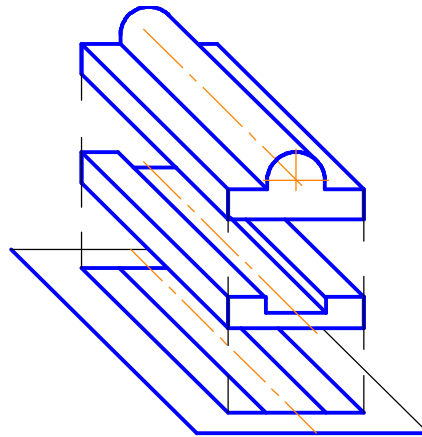


Рис. 1.11

Для виключення подібної невизначеності, зображення предмета доповнюють необхідними даними.

У курсі розглядаються зображення, які одержують ортогональним проєкціюванням на дві або більше взаємно

перпендикулярні площини проєкцій.

Сукупність зв'язаних між собою зображень об'єкта, що дозволяють, використовуючи знання апарата проєкціювання, відобразити у просторі положення і форму цього об'єкта, а так само показати його метричні характеристики, називають *кресленням*.

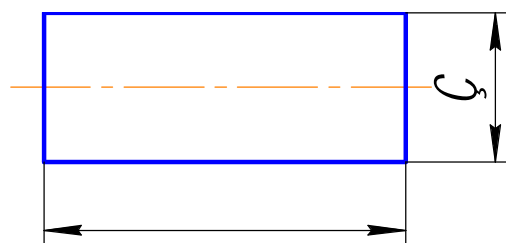


Рис. 1.12

Замітимо, що при використанні на кресленні наявних у стандартах знаків і символів, можна зменшити кількість зображень предмета. На рис. 1.12 показано креслення валика, що містить лише одне зображення і знак,

що вказує на циліндричність його форми.

- ◇ Як досягається оборотність креслення?
- ◇ Чи можна за допомогою однієї проєкції однозначно відобразити сферичну поверхню, указавши на кресленні знак  $\emptyset$  і числове значення її діаметра?

## 1.5 Зображення точки на кресленні

Отже, креслення будь-якого предмета, у тому числі й точки, складається із двох або більше зв'язаних між собою ортогональних проєкцій. Ці проєкції одержують на взаємно перпендикулярних площини-

нах проєкцій.

Одну із площин розташовують горизонтально, називають *горизонтальною площиною проєкцій* і позначають  $\Pi_1$  (рис. 1.13, а). Проєкції елементів простору на ній називають *горизонтальними проєкціями* і позначають відповідною буквою або цифрою (див. 1.1) з додаванням підрядкового індексу 1.

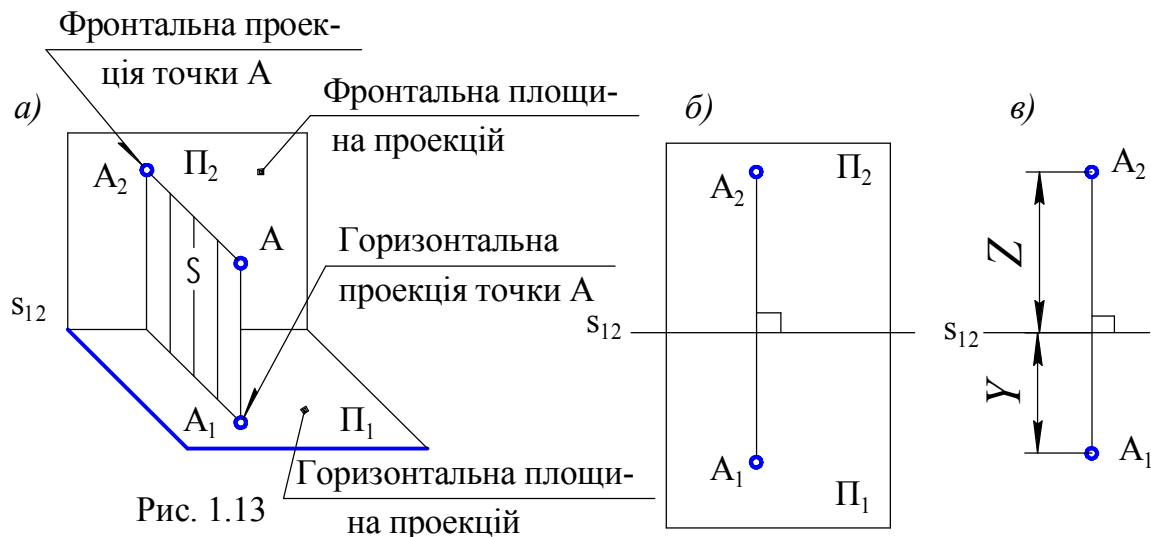


Рис. 1.13

Другу площину проєкцій розташовують перед спостерігачем вертикально, називають *фронтальною площиною проєкцій*, позначають  $\Pi_2$ , а проєкції на ній називають *фронтальними проєкціями* і позначають так само, але з додаванням підрядкового індексу 2.

Площини проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  взаємно перпендикулярні, їхню лінію перетину називають віссю проєкцій, будемо позначати рядковою латинською буквою  $s$  із указівкоюю праворуч унизу індексів площин проєкцій, у цьому випадку –  $s_{12}$ .

При ортогональному проєктуванні точки  $A$  на ці площини проєкцій, виникають взаємно перпендикулярні промені  $AA_1$  і  $AA_2$ , які в просторі створюють площину  $S$ , перпендикулярну до обох площин проєкцій. Ця площина перетинає площини проєкцій по лініях, що проходять через точки  $A_1$  і  $A_2$ .

Для того щоб одержати плоске креслення, горизонтальну площину проєкцій  $\Pi_1$  сполучають із фронтальною  $\Pi_2$  обертанням навколо осі  $s_{12}$ . Тоді обидві проєкції точки виявляться на одній лінії, перпендикулярній осі  $s_{12}$ , що називають *вертикальною лінією зв'язку* (рис. 1.13, б).

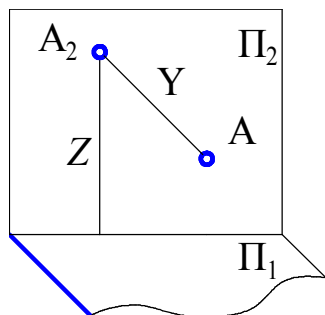


Рис. 1.14

Дві ортогональні проєкції  $A_1$  і  $A_2$  точки  $A$  **однозначно визначають її положення щодо площин проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$** . Висотою ( $Z$ ) точки буде відрізок  $AA_2$ , а глибиною ( $Y$ ) –  $AA_1$ . Ці відстані називають *координатами*. Вони існують на кресленні як відрізки вертикальної лінії

зв'язку, що дозволяє легко реконструювати креслення, тобто визначити положення точки щодо площин проекцій. Для цього досить у точки  $A_2$  відновити перпендикуляр до площини креслення, довжиною, рівній довжині відрізка  $AA_1$ . Кінець цього перпендикуляра визначить положення точки  $A$  щодо площин проекцій (рис. 1.14).

Третю координату точки зручніше розглянути при введенні ще однієї площини проекцій.

Розглянемо можливі випадки розташування точок щодо двох площин проекцій. Якщо обидві координати не дорівнюють нулю, то точка перебуває у просторі між площинами  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  (рис. 1.13, в). Якщо одна з координат приймає нульове значення, то точка виявляється у площині проекцій, а її креслення здобуває вигляд (рис. 1.15, а, при  $Y_A = 0$ ; рис. 1.15, б, при  $Z_B = 0$ ). Якщо обидві координати приймають нульове значення, проекції точки розташовуються на осі проекцій (рис. 1.15, в).

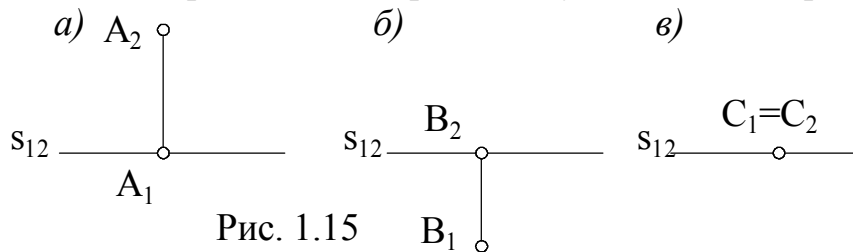


Рис. 1.15

Відзначимо одне важливе положення. **Якщо є креслення точки або іншого предмета на двох площинах**

**проекцій (метрично визначене креслення), то побудовами можна отримати зображення цього предмета на будь-якій іншій площині проекцій.**

Уведемо ще одну площину –  $\Pi_3$  і розташуємо її праворуч від спостерігача перпендикулярно одночасно горизонтальній і фронтальній площинам проекцій (рис. 1.16, а). Така площина одержала назву *профільної площини проекцій*, а відстань від точки  $A$  до цієї площини (відрізок  $AA_3$ ) - *широти* ( $X$ ) точки  $A$ . Профільна проекція  $A_3$  точки  $A$  виявиться пов'язаною із фронтальною проекцією  $A_2$  горизонтальною лінією зв'язку, а нова вісь проекцій, між площинами  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  –  $s_{23}$ , розташується вертикально. Тому що глибина точки  $Y_A = AA_1$

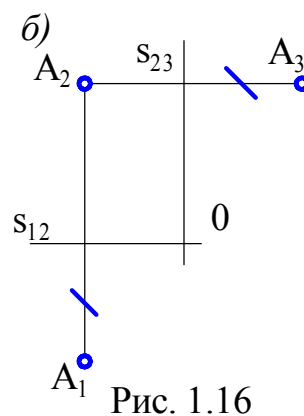
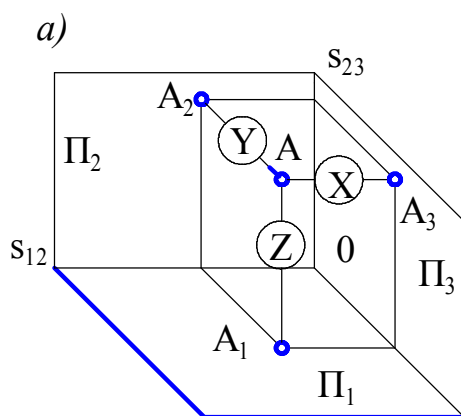


Рис. 1.16

проектується без спотворення і на площину  $\Pi_1$  і на  $\Pi_3$ , то це дозволяє побудувати профільну проекцію  $A_3$  по двох наявних. Для цього необхідно виміряти глибину точки і відкласти її

по горизонтальній лінії зв'язку від осі  $s_{23}$  ( рис. 1.16, б).

Хоча, підкреслимо ще раз, символізовані зображення (проекції) будь-якого предмета на двох площинах проекцій цілком визначають його форму і розташування в просторі, на практиці використовують значно більшу кількість площин проекцій. Це зв'язано з однозначним представленням форми предмета по не символізованому кресленню і зручністю розміщення великої кількості числової інформації на зображеннях.

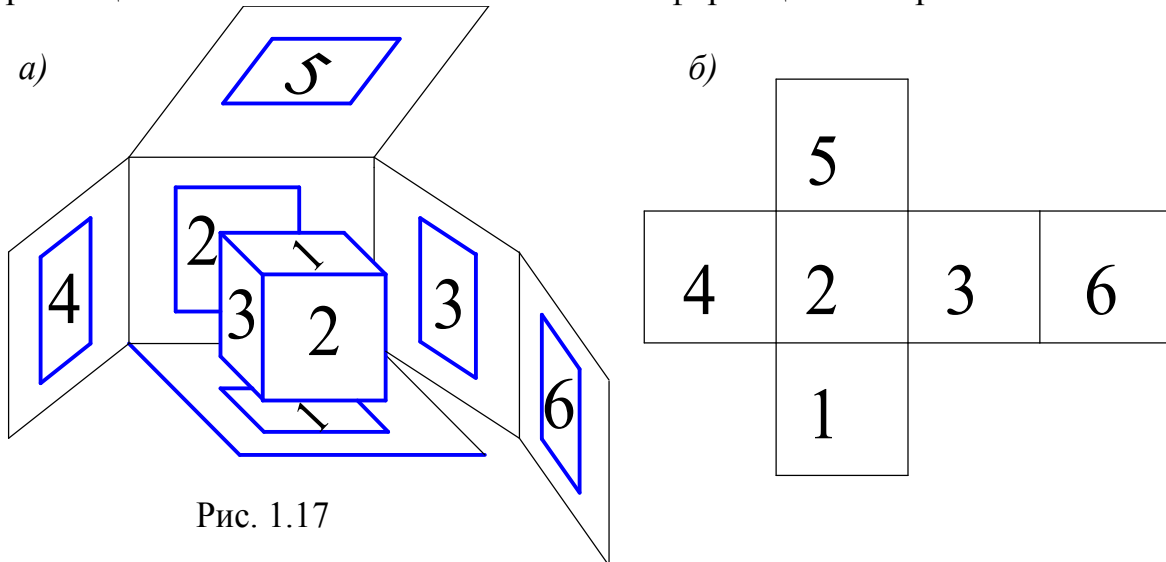


Рис. 1.17

За основні площини проекцій приймають шість граней прямокутного паралелепіпеда (куба), усередині якого розташовують зображуваний об'єкт (рис. 1.17, а). Грані під номерами 1, 2 і 3 відповідають горизонтальній, фронтальній і профільній площинам проекцій. При використанні координат ці грані зв'язуються з об'єктом, тоді як положення інших не залежить від координат і вони можуть бути взяті ближче або далі від цього об'єкта, що, звичайно, не позначається на складі зображень. Для одержання креслення, грані куба із зображеннями, сполучають із площиною під номером 2 (рис. 1.7, б). При цьому, грань під номером 6 допускається розташовувати і поруч із гранню під номером 4.

До тепер зображення точки називали проекцією. Надалі цей термін буде збережений, але, зважаючи на те, що крім трьох наведених зображень використовуються й інші, введено поняття *вид*.

**Видом називають зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета.**

По змісту види розділяють на *основні, додаткові й місцеві*. ГОСТ 2.305-68 установлює наступні назви основних видів, одержуваних на основних площинах проекцій (див. рис. 1.7, б):

1. Вид зверху (горизонтальна проекція);
2. Вид спереду, головний вид (фронтальна проекція);
3. Вид зліва (профільна проекція);
4. Вид справа;
5. Вид знизу;

6. Вид ззаду.

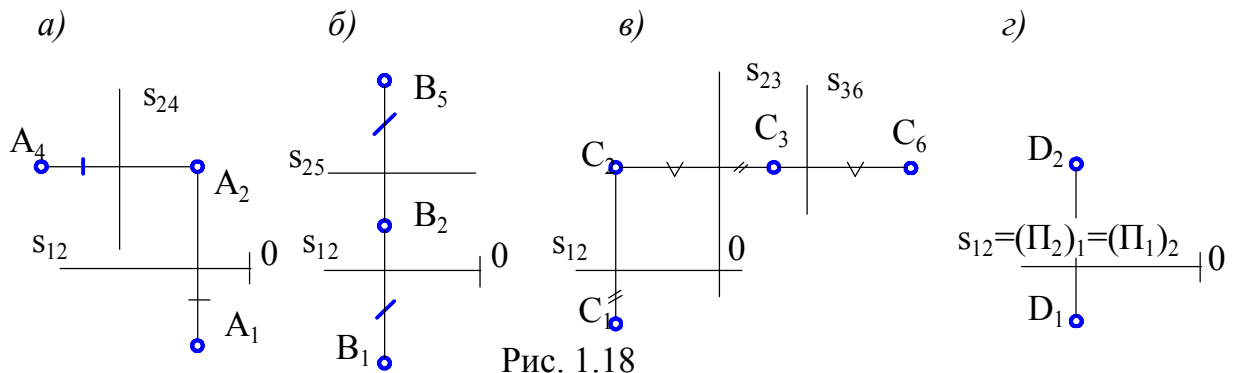
Головний вид повинен містити найбільше відомостей про зображуваний предмет, тому він завжди присутній на кресленні. Наявність інших видів диктується необхідністю одержання повної й безпомилкової інформації про предмет.

При досліджуваному тут методі одержання зображень можна по різному розташувати друг щодо друга три "основні дійові особи" процесу проектування: **спостерігач, предмет, площина проєкцій** і від цього одержати різне розташування видів, а так само, їх склад. У нашій країні прийнята наступна схема їхнього розташування: спостерігач перебуває перед об'єктом проєкціювання, а площина проєкцій – за цим об'єктом. Цим і пояснюється прийнята схема розташування основних видів щодо головного (рис. 1.17, б).

Описаний спосіб одержання зображень легко сприймається при одержанні виду спереду. При одержанні будь-якого іншого виду можуть виникнути труднощі психологічного характеру. Наприклад, для одержання вида знизу, спостерігач повинен в уяві розташуватися нижче предмета і проєкціювати його на площину, що розташовується над предметом. Подібні уявні операції вимагають вправ. Про це варто пам'ятати і при читанні креслення, коли з плоских зображень предмета необхідно відновити його форму й положення у просторі.

Звичайно, поняття вид для найпростіших геометричних образів, особливо для точки, не може бути застосований повною мірою, тому що вона не має форми. З іншого боку, на прикладі точки зручніше й простіше вивчати розташування зображень на всіх основних площинах проєкцій. Ці міркування, а так само збереження прийнятої послідовності викладення, з'явилося визначальною при виборі місця розміщення цього учебного матеріалу.

Як приклад, побудуємо зображення точки А на площині проєкцій  $\Pi_4$  (вид справа) (рис. 1.18, а), проєкцію точки В на площині проєкцій  $\Pi_5$  (вид знизу) (рис. 1.18, б) і проєкцію точки С на площині проєкцій  $\Pi_6$  (вид ззаду) (рис. 1.18, в). У всіх випадках на кресленні спочатку є два зображення точки на площинах проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ . Помітимо, що порядок



виконання побудов не залежить від того, на якій площині проєкцій це

відбувається.

Поняття "вісь проекцій" варто розглядати глибше чим просто лінію, що виникла в результаті перетинання площин проекцій. Для пояснення повернемося до моделі двох площин проекцій і деякої просторової точки  $A$ , розміщених на рис. 1.13, *a*.

При проєкціюванні точки  $A$  на площину  $\Pi_2$ , разом із цією точкою у тому ж напрямку проєкціюється й площина  $\Pi_1$ . Її зображенням буде лінія, що збігається з віссю  $s_{12}$ . Позначимо цю лінію в такий спосіб:  $(\Pi_1)_2$  – фронтальна проєкція площини  $\Pi_1$ .

При проєкціюванні точки  $A$  на горизонтальну площину проекцій, одержимо зображення фронтальної площини проекцій на площину  $\Pi_1$  –  $(\Pi_2)_1$ , що так само буде збігатися з віссю. Такий додатковий запис приведено на кресленні точки  $D$  (рис. 1.18, *z*).

З наступних розділів Ви довідаєтеся, що відстань від точки до площини на кресленні можна вказати або виміряти, тільки в тому випадку, якщо площина на якій-небудь площині проекцій зобразиться в лінію. Тепер повинне бути зрозуміло, чому, приміром, глибину точки  $D$  виміряють від осі до точки  $D_1$ . Насправді неспотворене значення широти точки визначається відстанню від горизонтальної проєкції фронтальної площини проекцій  $(\Pi_2)_1$  до горизонтальної ж проєкції точки  $D$  ( $D_1$ ).

Зробимо деякі узагальнення:

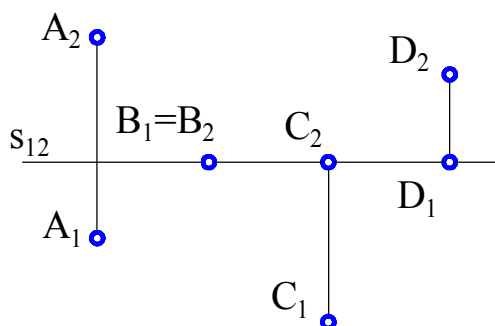
- за основні площини проекцій приймають грані прямокутного паралелепіпеда, а його ребра на кресленні є осями проекцій;
- зображення на основних площинах проекцій розташовуються в певних, відведених кожному, місцях стосовно головного виду, що завжди є присутнім на кресленні;
- осі проекцій (ребра паралелепіпеда!) завжди розташовуються, або паралельно, або перпендикулярно один до одного;
- осі проекцій позначають рядковою латинською літерою, наприклад,  $s$  із указівкою підрядкових символів тих площин проекцій, які її утворюють;
- лінії зв'язку між проєкціями розташовують перпендикулярно відповідним осям (використається прямокутне проектування!);
- увівши вісь проекцій  $i$ , провівши лінію зв'язку від якої-небудь проєкції точки, тим самим виділяють одну площину проекцій з тих, що є на кресленні;
- нову проєкцію точки розташовують від нової осі на відстані, рівній відстані до виділеної площини проекцій.

На рис. 1.18, *a* для побудови виду справа провели вісь  $s_{24}$  і лінію зв'язку, перпендикулярну цієї осі. Виділеною площиною проекцій є фронтальна площина проекцій, тому, від осі  $s_{24}$  по лінії зв'язку відкладена глибина точки  $A$ , як відстань до фронтальної площини

проекцій.

Ще одне зауваження, що буде використано надалі. Наявність на кресленні осей говорить про фіксації об'єкта проектування відносно площин проекцій. Однак, при паралельному переносі площин проекцій, зображення об'єкта на них не будуть змінюватися, а зміниться лише відстань від площини до цього об'єкта, що, найчастіше, не має ніякого значення. На кресленнях моделей або деталей осі проекцій часто замінюють осями симетрії зображень. Площини проекцій у цьому випадку сполучаються із площинами симетрії зображуваного предмета. Це рятує креслення від непотрібних ліній і створює певні зручності в роботі. В інженерній практиці використовується і безвісне креслення, коли базами відліку при побудовах є елементи самої деталі.

◇ Як називають відстані до площин проекцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ ?



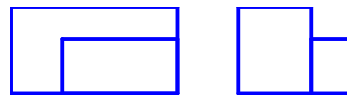
◇ Яку мінімальну кількість зображень може містити креслення?

◇ Скільки основних площин проекцій можна використати для побудови креслення?

◇ Яка із запропонованих на кресленні точок лежить у фронтальній площині проекцій?

◇ Яка із запропонованих на кресленні точок найбільш вилучена від горизонтальної площини проекцій?

◇ Дана точка А с координатами: широта 10 мм, глибина 20 мм і висота 30 мм. Побудуйте її види спереду й справа, прийнявши відстань між площинами  $\Pi_3$  і  $\Pi_4$  рівним 50 мм.



◇ Чим буде відрізнятися вид ззаду від представленого на кресленні моделі виду спереду?



## 1.6 Додаткові зображення

**Додаткове зображення (додатковий вид, додаткова проекція) одержують проектуванням об'єкта на додаткову площину проекцій, не паралельну основним площинам проекцій. Як правило, цю площину розташовують перпендикулярно однієї з основних площин проекцій.**

Необхідність у такому зображенні виникає в тому випадку, якщо якусь частину предмета неможливо зобразити без спотворення форми й розмірів на основних площинах проекцій.

Розглянемо систему із двох основних площин проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  з уведеною додатковою площиною  $\Pi_7$ . Ця площина, розташована перпен-

дикулярно  $\Pi_1$ , не паралельна  $\Pi_2$  і при перетині з горизонтальною площиною проєкцій утворить вісь  $s_{17}$  (рис. 1.19, *a*). Підстава перпендикуляра  $A_7$ , опущеного з точки  $A$  на площину  $\Pi_7$ , є додатковою проєкцією цієї точки.

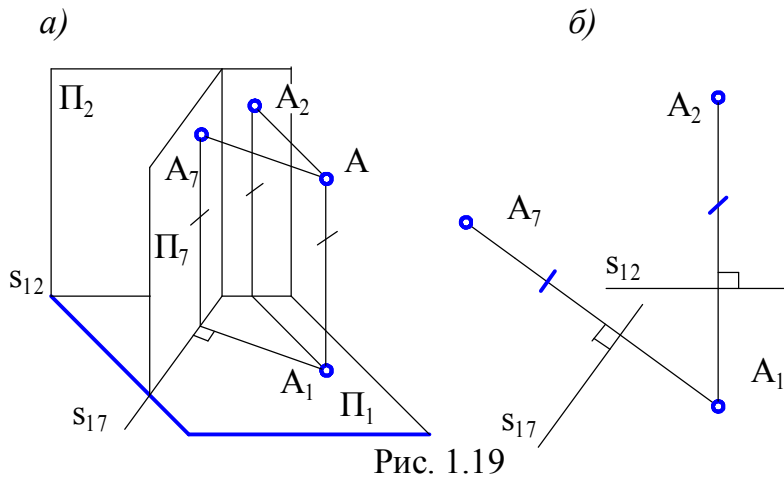


Рис. 1.19

На кресленні (рис. 1.19, *б*) положення площини  $\Pi_7$  задають віссю  $s_{17}$ . Побудова додаткової проєкції  $A_7$  здійснюється у такій послідовності.

3 горизонтальної проєкції  $A_1$  точки  $A$  опускають перпендикуляр на вісь  $s_{17}$  (ортогональне проєктування!) і на його продовженні відкладають відрізок, що дорівнює відстані від точки  $A$  до горизонтальної площини проєкцій.

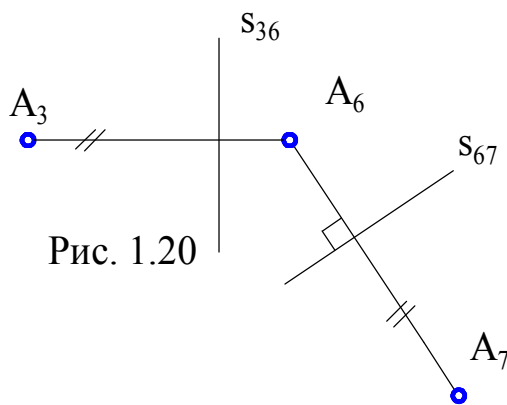


Рис. 1.20

Очевидно, що проєктування на додаткову площину проєкцій можна здійснити, маючи креслення **будь-яких двох** проєкційно зв'язаних між собою проєкцій точки. Наприклад, на рис. 1.20 показана побудова додаткової проєкції  $A_7$  точки  $A$  на площині  $\Pi_7$ , перпендикулярної  $\Pi_6$ , коли задані проєкції точки на площинах  $\Pi_3$  і  $\Pi_6$  (види зліва і ззаду).

На рис. 1.21 показане застосування додаткового виду при виконанні креслення пластини. Пластина конструктивно виконана вигнутої, тому, якщо одну її частину, наприклад, ліву розташувати паралельно площині  $\Pi_1$  або будь-якій іншій основній площині проєкцій, то друга половина не може бути зображена на цій площині без спотворення форми.

На кресленнях показана побудова додаткової проєкції  $A_7$  деякої точки  $A$ , що належить поверхні пластини. В одному випадку (рис. 1.21, *a*) вимір координати глибини цієї точки виконувався від осі проєкцій  $s_{12}$ , у другому (рис. 1.21, *б*) – від осі симетрії виду зверху. Обидва способи рівноцінні, але другий не вимагає вказівки на кресленні осей проєкцій. Спотворені проєктуванням частини зображень пластини на виді зверху й додатковому виді не показані. Це звичайний спосіб забирати із креслення непотрібну інформацію. Надалі будуть показані способи побудови додаткових видів без збереження проєкційних зв'язків



між зображеннями.

Зробимо узагальнення:

- проектування на додаткову площину застосовують у тому випадку, якщо на основних площинах проєкцій не можна неспотворено передати форму й розміри якої-небудь частини предмета;

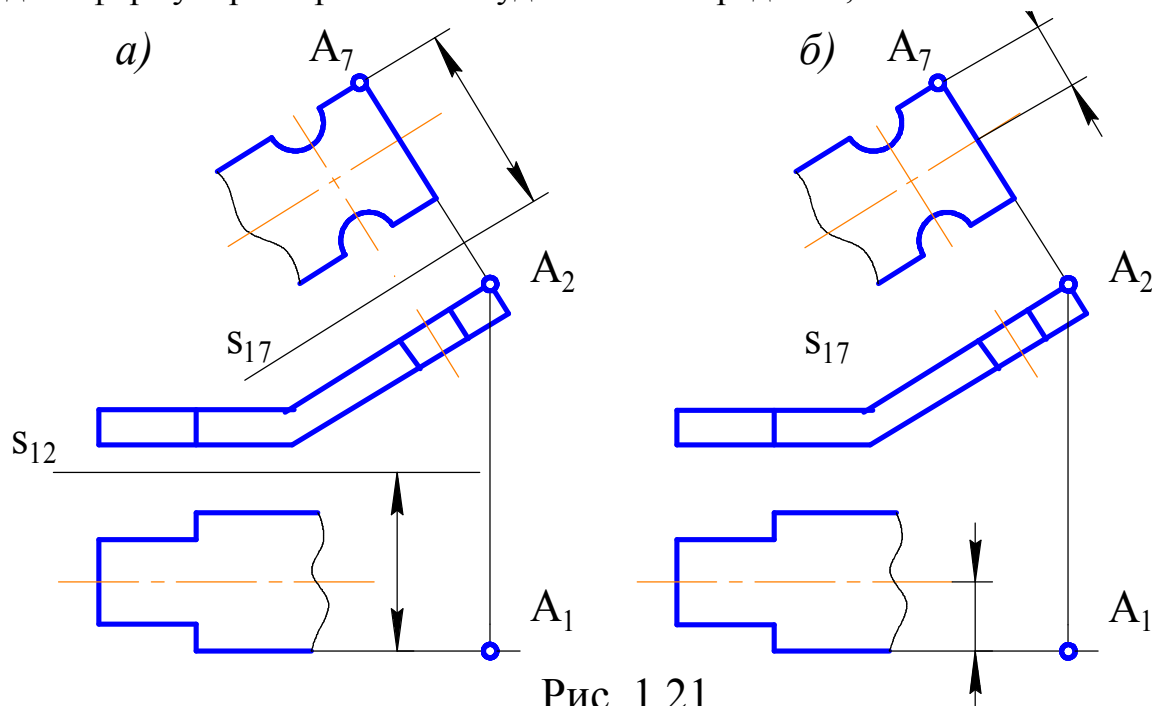


Рис. 1.21

- положення додаткової площини вибирають, розташувачи її перпендикулярно до однієї із присутніх на кресленні площин проєкцій (виділена площина). Вісь проєкцій між цими площинами може бути розташована під будь-яким кутом, але не горизонтально і не вертикально;

- для побудови додаткової проєкції точки, від уведеної нової осі по лінії зв'язку відкладають відстань, яка рівняється відстані точки до виділеної площини.

◇ В яких випадках використають додаткові види?

◇ Чи може додаткова площина бути паралельною основній площині проєкцій.

◇ Побудуйте точку А з координатами  $X=30$  мм,  $Y=20$  мм,  $Z=10$  мм на площинах проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  і додатковій площині  $\Pi_7$ .  $\Pi_7$  займає положення, перпендикулярне фронтальній площині проєкцій, нахилена під кутом  $30^\circ$  до горизонтальної площини проєкцій і проходить через точку А.

## 1.7 Креслення двох точок

Уявіть собі в просторі дві співпадаючі точки А і В. Одноименні

проекції цих точок на будь-якій площині проекцій також збігається одна з одною. Потім, залишивши нерухомою точку А, почнемо переміщати точку В у будь-якому напрямку. Якщо рух точки В здійснювати уздовж проєкціуючого променя на яку-небудь основну площину проекцій, то на

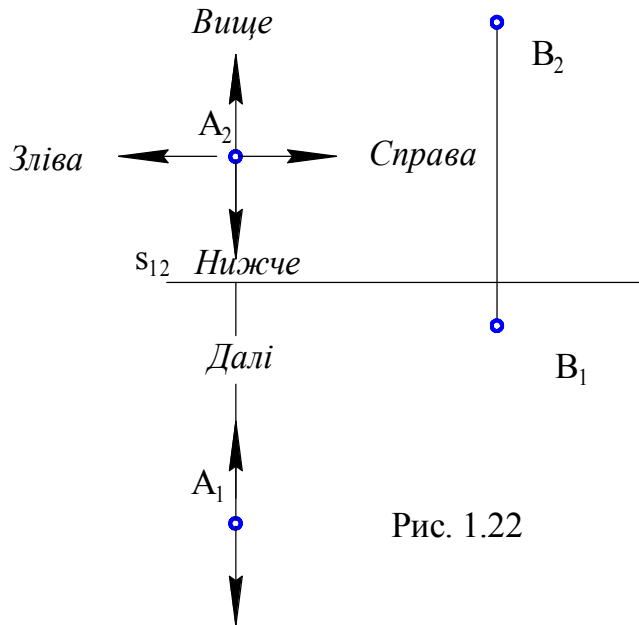


Рис. 1.22

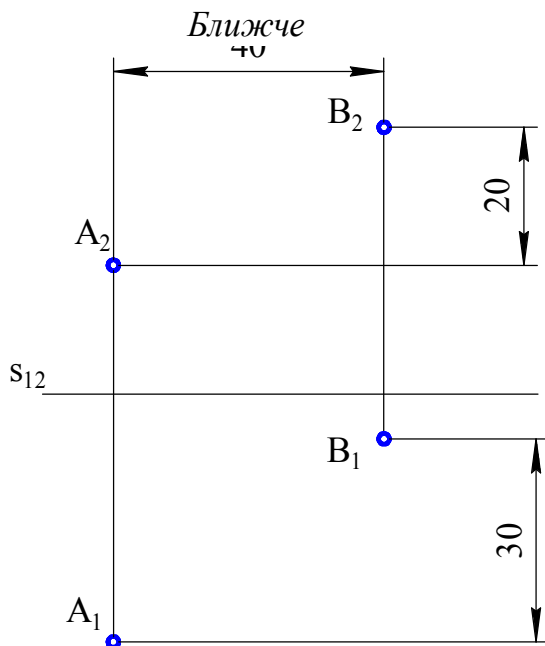


Рис. 1.23

перебуває справа від точки А на 40 мм, далі на 30 мм і вище на 20 мм.

Таким чином, крім координат, що задають положення об'єкта стосовно точки простору, називаної початком координат, можна встановити коорди-

ній проекції точок будуть залишатися сполученими у відмінності від зображень на інших площинах.

У загальному випадку, коли рух обраний довільно, одержимо картину, представлену на рис. 1.22, причому, положення точки В відносно точки А виражається термінами, наведеними на рисунку. Так, точка В перебуває праворуч, далі й вище точки А. Нагадаємо, що в загальноприйнятій системі проектування об'єкт перебуває між спостерігачем і площиною проекцій, а взаємне розташування об'єктів оцінюється з погляду спостерігача.

Відстань між двома точками в загальному випадку є відрізком, довільно розташованим у просторі, але його можна розкласти на три взаємно перпендикулярні складові, паралельні площинам проекцій, і виразити числами (рис. 1.23): точка В

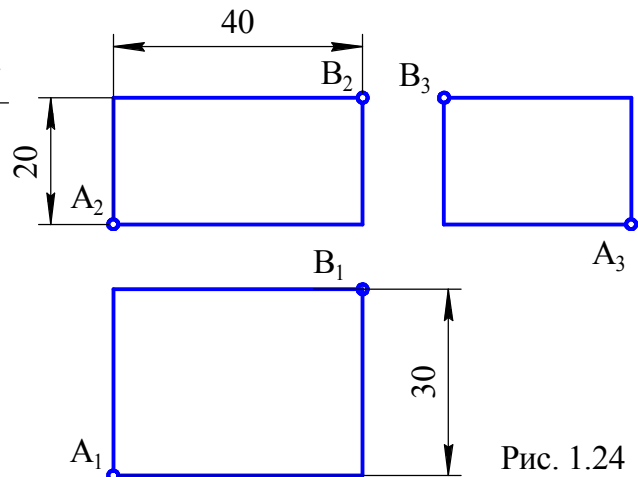
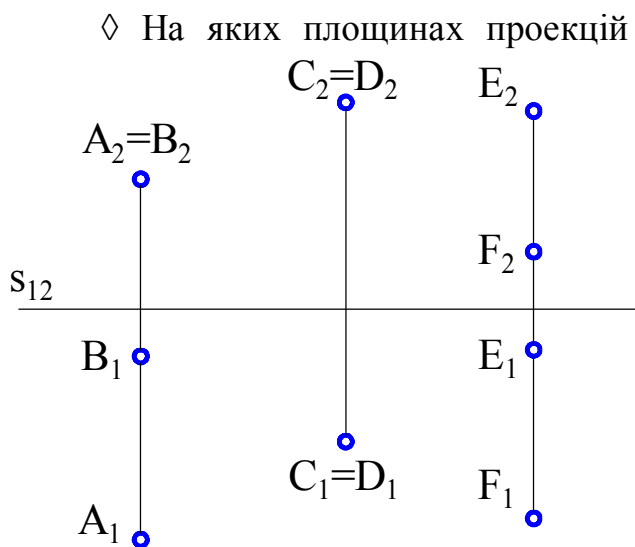


Рис. 1.24

нати об'єкта щодо будь-якої точки простору. Такі координати називають *відносними*.

Представимо, що точки  $A$  і  $B$  є протилежними вершинами прямокутного паралелепіпеда, який розташований так, що його ребра паралельні площинам проєкцій. Тоді зазначені на рис. 1.23 числа будуть лінійними розмірами цього багатогранника (рис. 1.24).

Отже, положення однієї точки стосовно іншої може бути виражене якісно (ближче – далі, вище – нижче, зліва – справа), або кількісно – числами на розмірних лініях, розташованих паралельно площинам проєкцій.



◇ На яких площинах проєкцій зображення двох точок будуть збігатися, якщо точки розташовані на одній вертикальній лінії?

◇ Яка із запропонованих на кресленні пар точок збігається в просторі?

◇ Яка із точок на кресленні –  $A$  або  $B$  розташована ближче?

◇ Яка із точок на кресленні –  $E$  або  $F$  розташова-

на нижче?

◇ Дана точка  $A(30, 30, 10)$ . Побудувати точку  $B$ , їй симетричну, щодо площини, що проходить через вісь  $s_{12}$  під кутом  $45^\circ$  до  $\Pi_1$ .

## 1.8 Креслення відрізка прямої

Відомо, що пряма лінія в просторі визначається положенням двох її точок (рис. 1.25). Тому, для завдання прямої на кресленні досить зобразити ці точки і їхні однойменні проєкції з'єднати відрізками прямих ліній (рис. 1.26).

На цьому кресленні пряма задана відрізком, обмеженим точками А і В. У деяких випадках точок на прямій не показують і вважають її необмеженою (рис. 1.27). Перейти від цього способу завдання до завдання відрізком не важко, а оскільки на кресленнях деталей відрізки прямих мають кінцеву довжину, у цьому курсі їм буде віддана перевага.

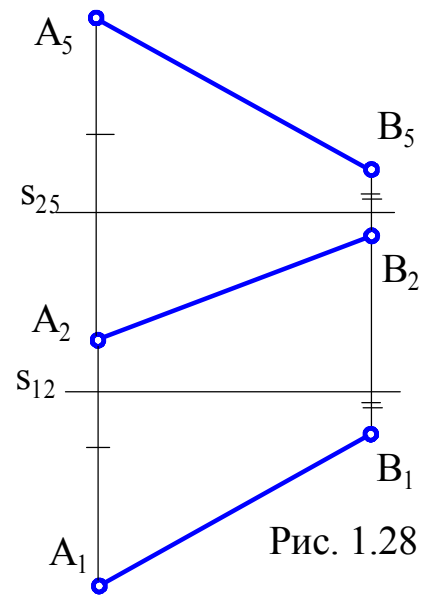


Рис. 1.28

Якщо на кресленні задано два зображення відрізка прямої, то побудова будь-якого іншого його зображення, у тому числі й додаткового, зводиться до вже відомих побудов відповідних проекцій точок.

Приклад. Задано горизонтальну й фронтальну проекції відрізка АВ (рис. 1.28). Побудувати вид знизу цього відрізка.

1. Спочатку варто провести вісь проекцій  $s_{25}$ , що фіксує положення площини проекцій  $\Pi_5$ . Вона буде розташовуватися паралельно осі  $s_{12}$ . Якщо відстань між площинами  $\Pi_1$  і  $\Pi_5$  не обговорено, відстань між осями вибирають з умови компактності креслення.

2. З фронтальних проекцій  $A_2$  і  $B_2$  точок проводять лінії зв'язку, перпендикулярні осі, і на них відкладають відстані, рівні відстані від цих точок до площини  $\Pi_2$ .

3. Отримані проекції  $A_5$  і  $B_5$  з'єднують відрізком, що і є проекцією відрізка АВ на площину  $\Pi_5$ .

На безосному кресленні будь-яке зображення прямої по двох заданих можна побудувати, використовуючи різницю однойменних координат двох точок на цій прямій. Так, для того, щоб побудувати вид справа по фронтальній і горизонтальній проекціях відрізка прямої, необхідно (рис. 1.29):

- на горизонтальній лінії зв'язку, що проходить через  $A_2$ , у довільному місці ліворуч від неї відзначити положення  $A_4$ ;

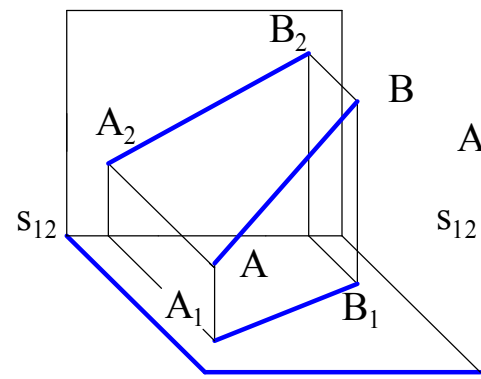


Рис. 1.25

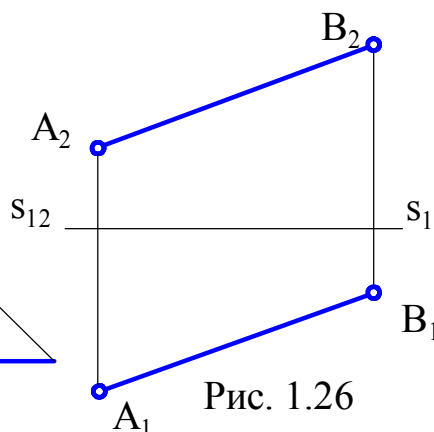


Рис. 1.26

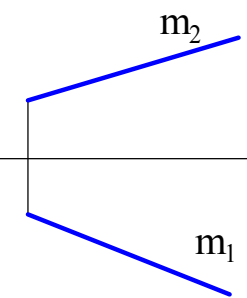


Рис. 1.27

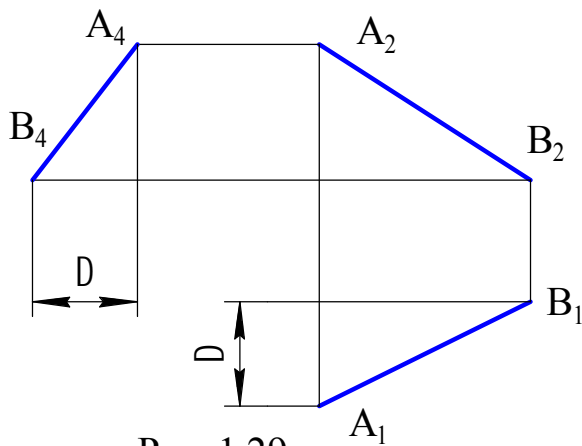


Рис. 1.29

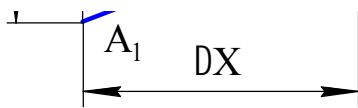


Рис. 1.30

- точку  $B_4$  відзначити на лінії зв'язку, що проходить через  $B_2$  на відстані  $\Delta$  від точки  $A_4$  у горизонтальному напрямку;

- точки  $A_4$  і  $B_4$  з'єднати відрізком прямої.

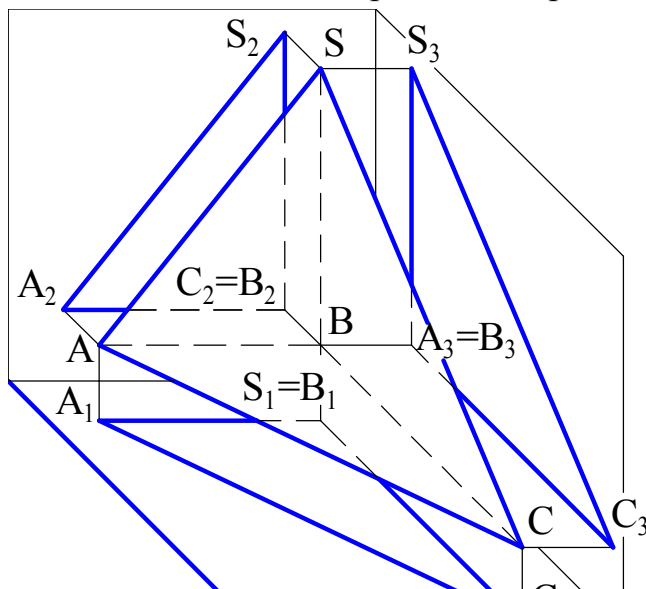
Цей спосіб більш точний у порівнянні з іншими, використовується в практиці виконання технічних креслень тому, що вимагає менше вимірів.

Пряма щодо площин проекцій може займати різні положення. Вона може бути паралельною яким-небудь площинам проекцій, перпендикулярною або займати довільне положення.

Очевидно, що якщо пряма паралельна площині проекцій, то всі точки на ній відстоять від цієї площини на рівних відстанях. Отже, різниця відстаней до площини двох довільно взятих точок на прямій буде дорівнювати нулю. Цю обставину зручно використовувати для встановлення положення прямої.

На рис. 1.30 зображені дві проекції відрізка прямої із вказівкою величин різниці однойменних координат точок  $A$  і  $B$  по широті ( $\Delta X$ ), глибині ( $\Delta Y$ ) і висоті ( $\Delta Z$ ). Їхні значення не дорівнюють нулю, отже, пряма  $AB$  не паралельна ні одній з основних площин проекцій. Таку пряму називають *прямою загального положення*. Розташовуючись до площин проекцій під довільними кутами, відрізок такої прямої проектується на ці площини спотворено. Тому, проекції відрізка прямої загального положення на основних площинах проекцій не містять своєї істинної довжини. Спотворено проектується й кути нахилу цієї прямої до площин проекцій. Докладніше про це буде далі.

На прямі, що розташовуються паралельно або перпендикулярно основним площинам проекцій, варто звернути особливу увагу, тому що



на кресленнях деталей, вивчення яких є нашою основною метою, ребра багатогранників найчастіше займають саме таке положення.


**Прямую рівня називають прямою, яка розташована паралельно будь-якої основної площини проекцій, тобто різниця відстаней від**

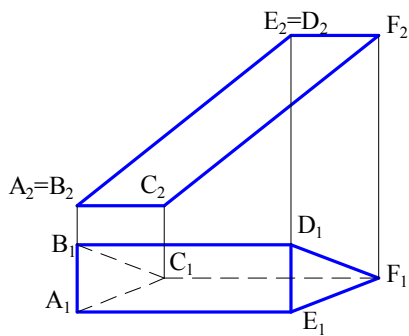
двох точок на прямій до цієї площини дорівнює нулю. На таку площину відрізок прямої проєкціюється в натуральну величину. Без спотворень проєкціюються і кути нахилу його до інших основних площин проєкцій. На рис. 1.31 представлена піраміда SABС, всі ребра якої займають особливе положення: ребро АС розташовано паралельно горизонтальній площині проєкцій, АS – фронтальній, SC – профільній.

Положення *проєкціюючих прямих* збігається з напрямками проєктування на основні площини проєкцій, тому вони зображуються точками (слід-проєкція) на площини, яким перпендикулярні, а на всі інші – неспотворено. На розглянутій піраміді таких ребер також три: СВ розташовується перпендикулярно фронтальній, АВ – профільній, а SB – горизонтальній площинам проєкцій. Загальноприйняті назви всіх розглянутих прямих і їхніх характеристик наведені в таблиці 1. Для зручності, розташування відрізків і їхні літерні позначення у таблиці відповідає розташуванню й позначенню ребер піраміди на рис. 1.31.

Таблиця 1

| Зображення відрізка прямої | Назва прямої                    | Координати, різниця яких дорівнює нулю | Площини, на які відрізок прямої зображується не спотворено | Площини, кути нахилу до яких зображуються неспотворено |
|----------------------------|---------------------------------|--|--|--|
|                            | Горизонтальна пряма             | $\Delta Z$                             | $\Pi_1, \Pi_5$   | $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_6$                           |
|                            | Фронтальна пряма                | $\Delta Y$                             | $\Pi_2, \Pi_6$   | $\Pi_1, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$                           |
|                            | Профільна пряма                 | $\Delta X$                             | $\Pi_3, \Pi_4$   | $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_5, \Pi_6$                           |
|                            | Горизонтально-проєкціююча пряма | $\Delta Y, \Delta X$                   | $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_6$                               | $BS \wedge \Pi_1, \Pi_5 = 90^\circ$                    |
|                            |                                 |  |  |  |

|   |                              |                      |                              |                                     |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| $C_1$<br>$B_1$  | Фронтально-проекціуюча пряма | $\Delta X, \Delta Z$ | $\Pi_1, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$ | $CB \wedge \Pi_2, \Pi_6 = 90^\circ$ |
| $A_3 = B_3$<br><br>$A_2$ $B_2$ | Профільно-проекціуюча пряма  | $\Delta Y, \Delta Z$ | $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_5, \Pi_6$ | $AS \wedge \Pi_3, \Pi_4 = 90^\circ$ |



◇ Яка з координат не змінює свого числового значення для будь-якої точки на прямій, паралельній площині проекцій  $\Pi_3$ ?

◇ Уявіть собі куб, грані якого розташовуються паралельно площинам проекцій. Дайте назви всім ребрам цього куба відповідно до таблиці 1.

◇ Проаналізуйте положення ребер похилої призми, представленої на рисунку, і назвіть їх.

## 1.9 Розміри на кресленнях

По зображеннях предмета на кресленні можна представити його форму і візуально визначити розташування щодо площин проекцій. Але основою для визначення дійсної величини зображеного предмета або його елементів служать розміри, числові значення яких не залежать від прийнятого на кресленні масштабу.

Розміри бувають лінійними й кутовими. Лінійні визначають довжину предмета, його висоту, діаметр циліндричного елемента, радіус закруглення і таке інше. Кутові визначають кути між ребрами, ребром і гранню, двома гранями. На кресленнях вони вказуються числовими величинами і розмірними лініями, за правилами, викладеними у стандартах. Важливо знати, що чисельні значення розмірів установлюють безпосереднім виміром предмета, якщо він реально існує. У більшості випадків конструкція предмета тільки розробляється, вона існує лише в уяві конструктора, тому всі виміри виконують безпосередньо по кресленню.

Відзначимо правило: **виміри й нанесення розмірів на кресленнях виконують лише на тих зображеннях предмета, які при проектуванні не піддалися спотворенню.**

Крім безсумнівних зручностей у роботі, це дозволяє візуально оцінювати технічну доцільність конструкції окремих елементів і предмета в цілому (пропорційність, міцність, працездатність і т.д.). Надалі,

вже при виготовленні, ніяких вимірів на кресленні не роблять, тут основою для виконання виробничих операцій над заготовкою майбутньої деталі є числові значення розмірів. У завдання курсу, паралельно з розглядом особливостей проектування геометричних образів, їхніх сукупностей, а так само реальних і уявних предметів, входить також розгляд способів побудов їхніх неспотворених зображень як бази для нанесення розмірів.

Повертаючись до проєкціювання прямої, відзначимо, що на зображеннях відрізка прямої загального положення неможливо нанести ні лінійного розміру його довжини, ні кутових розмірів його нахилу до площин проєкцій. Тому, завжди прагнуть до того, щоб відрізки прямих, що входять до складу предмета у вигляді ребер, на кресленні займали б особливе положення. Очевидно, що розмір довжини відрізка прямої особливого положення, може бути нанесений на тій площині проєкцій, якій цей відрізок паралельний, тут же можуть бути нанесені і кути нахилу до інших площин проєкцій.

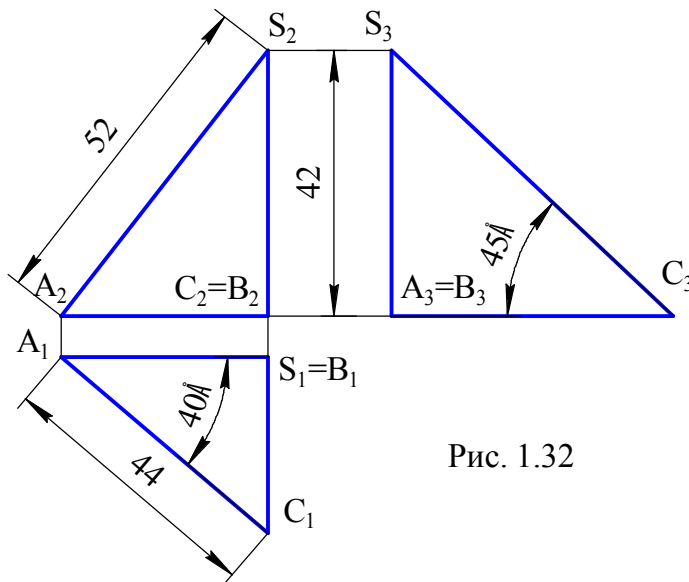


Рис. 1.32

На рис. 1.32 лінійний розмір, приміром, ребра AC можна вказати тільки на виді зверху, AS – на виді спереду. Довжину ребра SB, а він розташований паралельно водночас фронтальній і профільній площинам проєкцій, можна вказати і на головному зображенні і на виді зліва.

На кресленні можна також вказати кут нахилу ребра AC до фронтальної площини проєкцій, а ребра SC – до горизонтальної і т.д.

Якщо виникає необхідність вказати довжину відрізка загального положення або його кут нахилу до якоїнебудь основної площини проєкцій, можна скористатися проектуванням на додаткову площину проєкцій. Для цього додаткову площину варто розташувати паралельно відрізку і перпендикулярно тієї основної площини проєкцій, неспотворений кут нахилу до якої необхідно одержати.

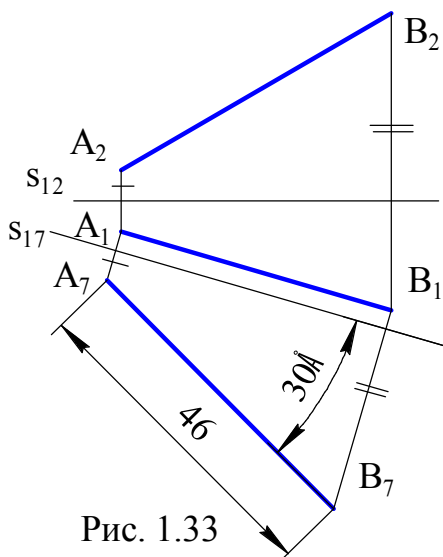


Рис. 1.33

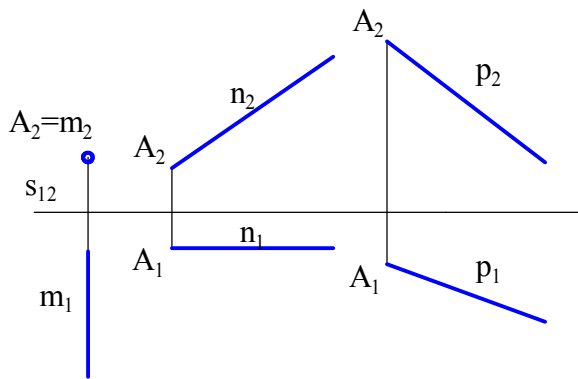
На рис.1.33 додаткова площина



$\Pi_7$  перпендикулярна до площини  $\Pi_1$  і паралельна відрізку АВ. Відклавши по лініях зв'язку від осі  $s_{17}$  відрізки, рівні висотним координатам точок А і В (виділеною площиною  $\epsilon \Pi_1$ , відстань до виділеної площини – координата Z), одержимо істинну довжину відрізка й кут його нахилу до горизонтальної площини проєкцій.

◇ Як визначити істинну величину відрізка прямої?

◇ На кресленні піраміди нанесіть (де це можливо) розміри



довжин ребер і їхні кути нахилу до площин проєкцій.

◇ На прямих  $m$ ,  $n$  і  $p$  (див. рис.) від точки А відкладіть відрізок довжиною 30 мм і нанесіть цей розмір на кресленнях.

## 1.10 Креслення ліній

В інженерній графіці лінію прийнято розглядати як результат взаємного перетину площин або поверхонь, або як безперервну сукупність послідовних положень точки, що рухається у просторі за деяким законом.

Пряма лінія утворюється при прямолінійному русі точки. При криволінійному русі точки в одній площині утвориться *плоска крива лінія*. *Просторову криву лінію*, на відміну від плоскої, не можна розмістити всіма її точками в одній площині.

З попереднього відомо, що для побудови креслення прямої достатньо побудувати креслення двох її точок. Креслення кривої лінії вимагає в загальні побудови значно більшої кількості точок і від їхньої кількості залежить наскільки точним буде креслення кривої.

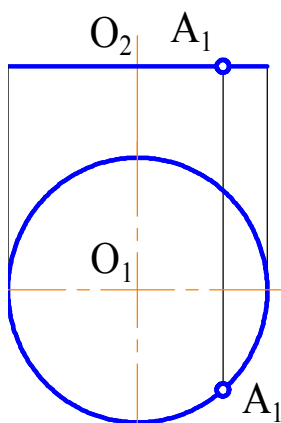


Рис. 1.34

Існує велика кількість плоских кривих. У короткому курсі інженерної графіки розглядаються лише *окружність, еліпс, гіпербола, парабола*, тому що їх можна одержати при перерізах поверхонь площинами і взаємним перетином поверхонь. Крива лінія в загальному випадку проєкціюється на площину проєкцій у криву. Якщо площина, в якій лежить плоска крива, перпендикулярна до площини проєкцій, то на таку площину ця крива зображується прямою

лінією, тобто слідом-проекцією площини.

*Окружність* – замкнута плоска крива другого порядку, всі точки якої перебувають на одному віддаленні від її центра. Проекціями окружності, залежно від умов проєкціювання, можуть бути: окружність того ж діаметра, відрізок прямої, що дорівнює діаметру, еліпс. На рис. 1.34 площина, у якій лежить окружність, розташована паралельно до горизонтальної площини проєкцій, тому на цю площину вона проєкціюється не викривлено, а на фронтальну площину проєкцій – у вигляді відрізка (слід-проекція). Очевидно, що в цьому випадку окружність займає положення лінії рівня. Якщо тепер цю окружність нахилити до горизонтальної площини проєкцій, то вона на

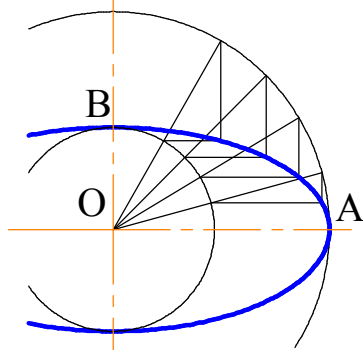


Рис. 1.35

цю площину зобразиться у вигляді еліпса, більша вісь якого буде дорівнює діаметру окружності, а величина малої осі буде залежати від величини кута нахилу площини окружності до  $\Pi_1$ .

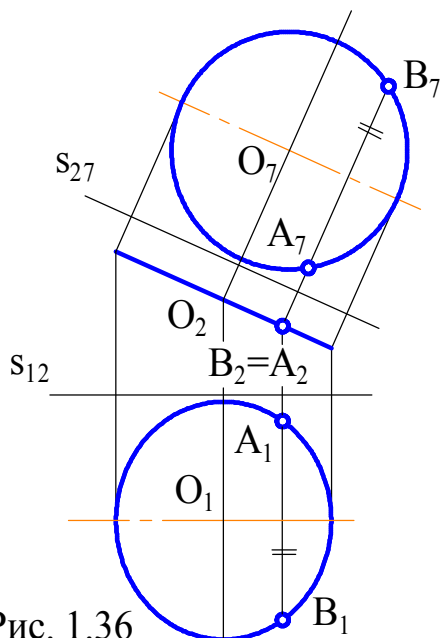


Рис. 1.36

*Еліпс* – замкнута плоска крива другого порядку, для якої сума відстаней від будь-якої її точки до двох точок – фокусів є постійна величина, що рівняється великій осі еліпса.

Існують кілька способів побудови еліпса. Звичайно, його будують по великій  $OA$  і малій  $OB$  півосях (рис. 1.35), на яких, як на радіусах, наносять дві окружності і ділять їх на частини. Через точки ділення великої окружності проводять прямі, паралельні малій осі еліпса, а через точки розподілу малої окружності – прямі, паралельні великій осі еліпса. Точки перетину цих прямих і будуть точками еліпса.

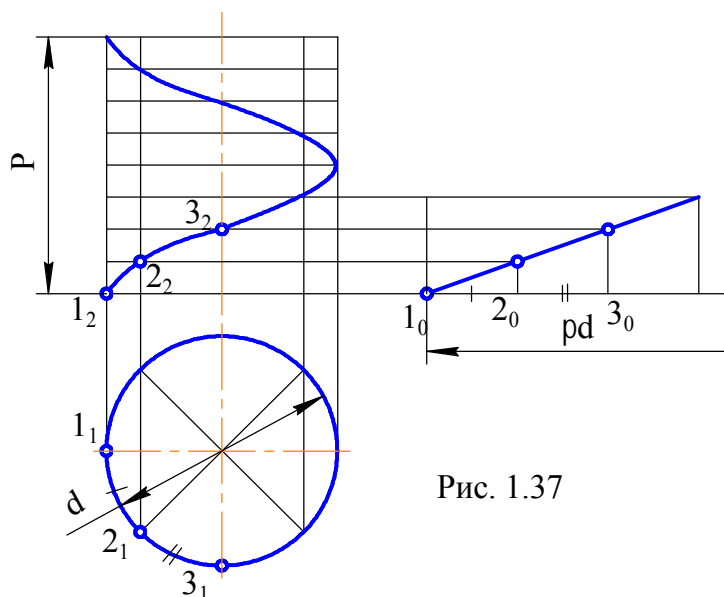


Рис. 1.37

У курсі інженерної графіки частіше використовуються проєкційні методи побудови еліпсів і їхніх частин. На рис. 1.36 для побудови еліпса на горизонтальній площині проєкцій використані точки окружності, у яку він проєкціюється на

додатковій площині проєкцій  $\Pi_7$ . При побудові точок еліпса, для фіксації відстаней можуть бути використані як осі проєкцій, так і вісь симетрії окружності.

*Циліндрична гвинтова лінія* – просторова крива, що представляє собою траєкторію точки, що бере участь у двох рівномірних рухах: обертальному навколо деякої осі і поступальному уздовж цієї осі. Відстань  $P$ , на яке переміститься точка уздовж осі за повний оборот називається *кроком гвинтової лінії*.

Для побудови проєкцій гвинтової лінії, при заданих діаметрі, кроці і напрямку навивки, необхідно розділити окружність і крок на рівне число частин. Побудова проєкцій точок гвинтової лінії видно із креслення на рис. 1.37. Напрямок навивки буває правим (див. рисунок) і лівим. Розгортка циліндричної гвинтової лінії на площині являє собою пряму лінію з кутом нахилу  $\alpha$ , де  $\operatorname{tg} \alpha = p/\pi d$ , що дорівнює куту підйома гвинтової лінії.

- ◇ Чим розрізняються між собою плоскі і просторові криві лінії?
- ◇ Які параметри визначають циліндричну гвинтову лінію?

### 1.11 Взаємне положення точки і прямої

Точка може належати прямій або розташовуватися в просторі поза цією прямою. **Якщо точка належить прямій, то на кресленні її проєкції належать однойменним проєкціям прямої.** Аналізуючи рисунок (рис. 1.38), де зображена пряма  $m$  і ряд точок, відповідно до визначення, дійдемо висновку, що лише точка  $D$  належить прямій  $m$ . Для

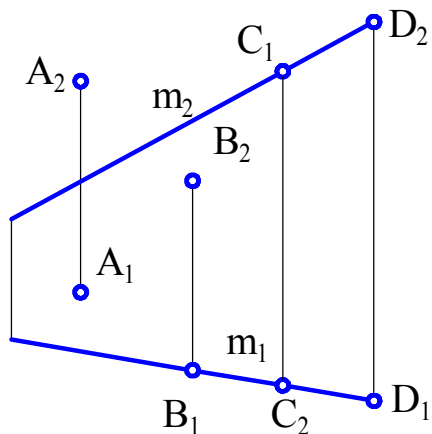


Рис. 1.38

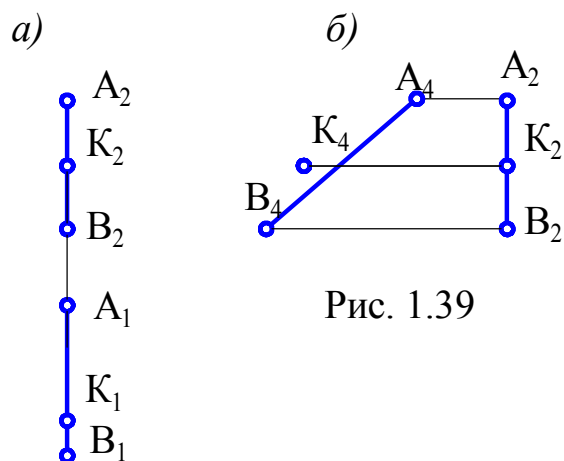
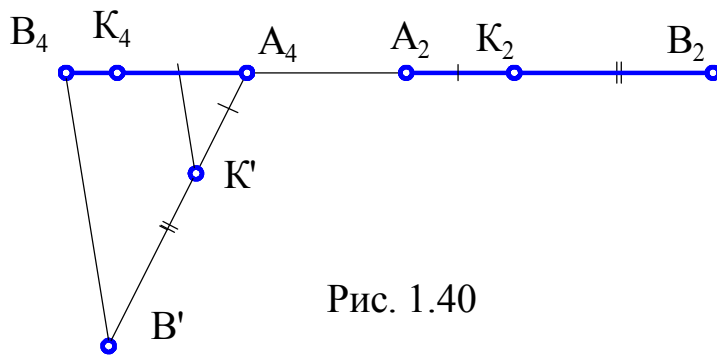


Рис. 1.39

точок  $B$  і  $C$  має місце лише випадковий збіг окремих координат із координатами точок на прямій. Звичайно, для аналізу взаємного положення точки і прямої необхідні їхні зображення на двох площинах проєкцій. Якщо пряма займає положення прямої рівня можлива ситуація, коли положення точки відносно прямої проглядається лише на площині

проекцій, паралельній цій прямій. Зрівняйте два креслення (рис. 1.39 а, б), де зображено один і той же відрізок АВ профільної прямої і точка К, що не належить до цього відрізка.

Положення точки щодо відрізка прямої рівня у випадку, якщо немає його зображення на паралельну площину проекцій, можна встановити, показавши графічно, що проекції цієї точки не ділять (або ділять) проекції відрізка в тому ж самому відношенні.



Для цього, з кінця відрізка на будь-якій проекції, наприклад, із точки  $A_4$  (рис. 1.40), проводять лінію під довільним кутом і на ній від цієї точки відкладають відрізки  $A_4K' = A_2K_2$  і  $K'B' = K_2B_2$ . Точку  $V'$  з'єднують із  $B_4$ , а через точку  $K'$  проводять

лінію, паралельну  $V'B_4$ . Ця лінія не проходить через проекцію  $K_4$  точки  $K$ , отже, точка  $K$  не належить відрізку АВ горизонтальної прямої. Висновок, що на рис. 1.39, б очевидний, зажадав допоміжних побудов на рис. 1.40. Отже: **вибір тієї або іншої сукупності зображень предмета істотно впливає на трудомісткість виготовлення креслення й зручності при його читанні.** До цього висновку ми будемо повертатися й підкріплювати його іншими прикладами.

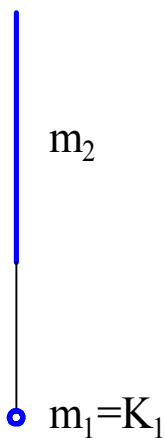


Рис. 1.41

На відміну від раніше розглянутих прикладів, належність точки до проекціуючої прямої необмеженої довжини, на кресленні може бути встановлена всього з однієї її проекції. Це виходить з того, що, де б не розташовувалася точка на проекціуючій прямій, її проекція буде збігатися з однойменним слідом-проекцією цієї прямої (рис. 1.41). Ця особлива властивість точки, що належить до проекціуючої

прямої, є ключем до рішення багатьох завдань інженерної графіки: **точка належить до проекціуючої прямої, якщо її проекція належить до відповідного сліда-проекції цієї прямої.**

Коли точка не лежить на прямій, часто виникає завдання визначення відстані між цими елементами. Відомо, що відстань від точки до прямої визначається перпендикуляром, опущеним із точки на пряму, а для того, щоб цей перпендикуляр проектувався на яку-небудь площину проекцій неспотворено, він повинен розташовуватися їй паралельно. Таким чином, якщо на кресленні необхідно мати неспотворену відстань між точкою і прямою, то ця обставина накладає конкретні вимоги до

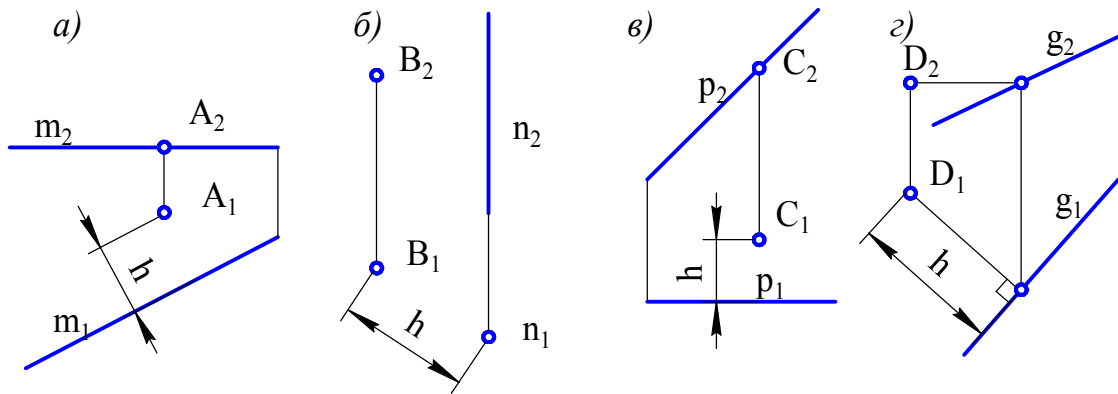


Рис. 1.42

їхнього розташування стосовно площин проєкцій. Таких варіантів розташування не багато, вони наведені на рис. 1.42 а, б, в. У перших двох випадках відстанню служить відрізок горизонтальної прямої, у третьому – відрізок фронтально-проєкціюючої прямої. Усі ці відрізки зображуються неспотворено на горизонтальній площині проєкцій, тому розміри виставлені саме на цій площині.

На рис. 1.42 г наведено більш складний для розуміння випадок розташування точки і прямої. Тут пряма  $g$  займає в площині положення лінії найбільшого нахилу, яку вона і задає разом із точкою  $D$ . Тільки в цьому випадку лінія, що визначає відстань від точки до площини буде займати положення лінії рівня. До розгляду цього випадку рекомендуємо повернутися після вивчення розділу 1.15.

Якщо перпендикуляр, проведений з точки до прямої, не є відрізком прямої особливого положення, відстань від точки до прямої можна знайти на додатковій площині, розташувавши її так, щоб привести креслення до одного з варіантів, наведених на рис. 1.42.

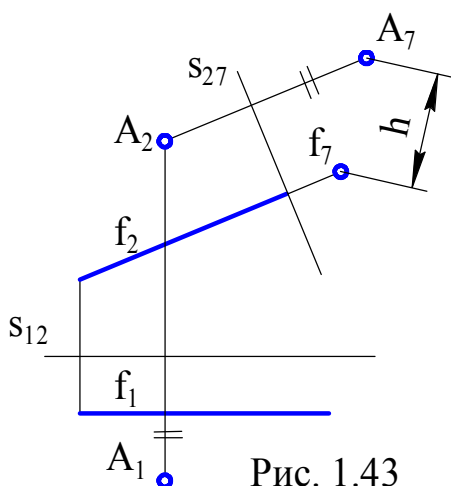


Рис. 1.43

На рис. 1.43 пряма  $f$  може бути зображена в точку на додатковій площині проєкцій  $\Pi_7$ , проведеної перпендикулярно цієї лінії і фронтальній площині проєкцій.

◇ Дана точка, що належить прямій рівня. Дайте визначення приналежності точки прямої для цього випадку.

◇ На горизонтальній і фронтальній площинах проєкцій накресліть відрізок профільної прямої і довільну точку, проєкції якої не лежать на лінії зв'язку, що

з'єднує проєкції прямої. Чи можна на кресленні указати відстань між цими елементами, або для цього будуть потрібні додаткові побудови? При необхідності проробіть такі побудови.

◇ На продовженні прямої  $AB$  знайдіть точку, що належить

горизонтальній площині проєкцій (рис. 1.33).

### 1.12 Взаємне положення прямих

Дві прями в просторі можуть збігатися, бути паралельними, мимобіжними або перетинатися. Випадки розташування прямих розглянемо на прикладі ребер усіченої піраміди (рис. 1.44, а).

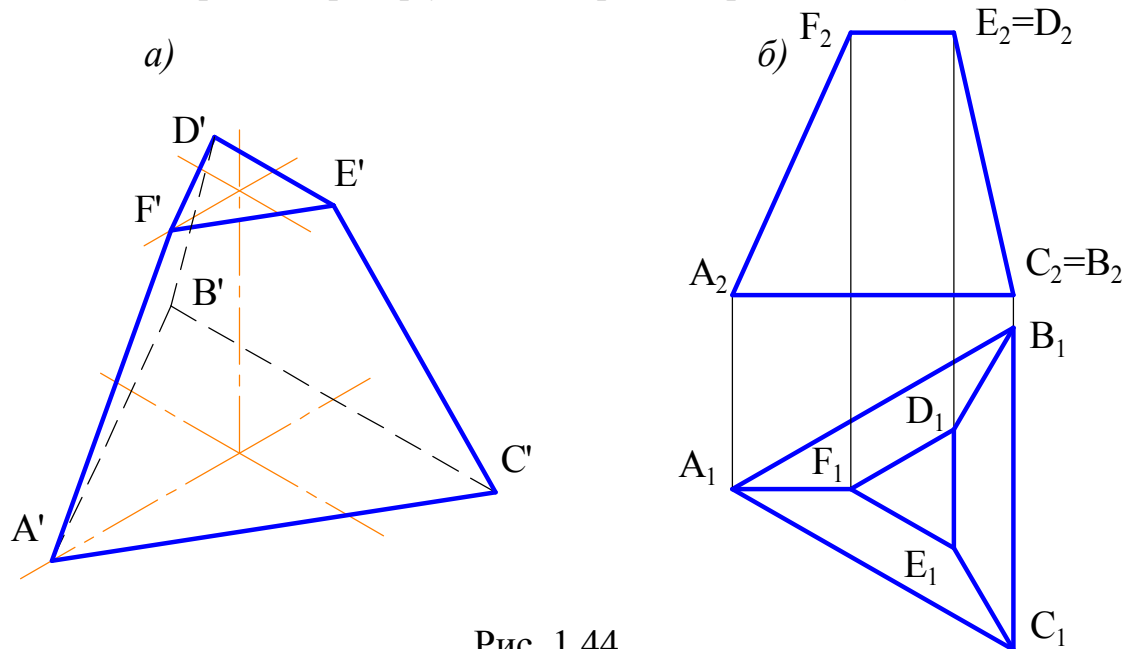


Рис. 1.44

Прямі перетинаються, якщо мають одну загальну точку. Для ребер AF і FE - це вершина F. Ця точка відобразиться на кресленні проєкціями, які можна з'єднати горизонтальною або вертикальною лінією зв'язку (рис. 1.44, б).

Якщо точка перетину прямих вилучена в нескінченність, прямі стають паралельними, наприклад, ребра AC і FE. На кресленні їхні однойменні проєкції так само паралельні.

Прямі, які не паралельні між собою і не мають загальної точки, є мимобіжні. На кресленні однойменні проєкції таких прямих можуть перетинатися, але точки перетину проєкцій прямих не лежать на горизонтальній або вертикальній лініях зв'язку. На рис. 1.44 мимобіжними прямими є ребра AB і EC.

При читанні креслення виникають завдання зворотного змісту: із наявних зображень прямих необхідно визначити їхнє взаємне положення у просторі.

**Дві прямі в просторі паралельні, якщо на кресленні їхні однойменні проєкції паралельні між собою.** Це правило впливає із властивості паралельного проєктування, поміщеного під номером 3. Кількість проєкцій прямих повинно бути, як, звичайно, не менш двох. Якщо прямі паралельні якій-небудь площині проєкцій, то зображення на

цю площину істотно полегшує визначення їхнього взаємного положення. Аналогічний випадок був розглянутий для положення точки і прямої.

**Прямі в просторі перетинаються, якщо точки перетину однойменних проєкцій лежать на одній лінії зв'язку.** Приклади таких прямих, що займають різне положення щодо площин проєкцій наведені на рис. 1.45. Оскільки одна із прямих (AB) займає профільне положення (рис. 1.45, з), показана графічна перевірка приналежності точки перетинання з прямою АВ.

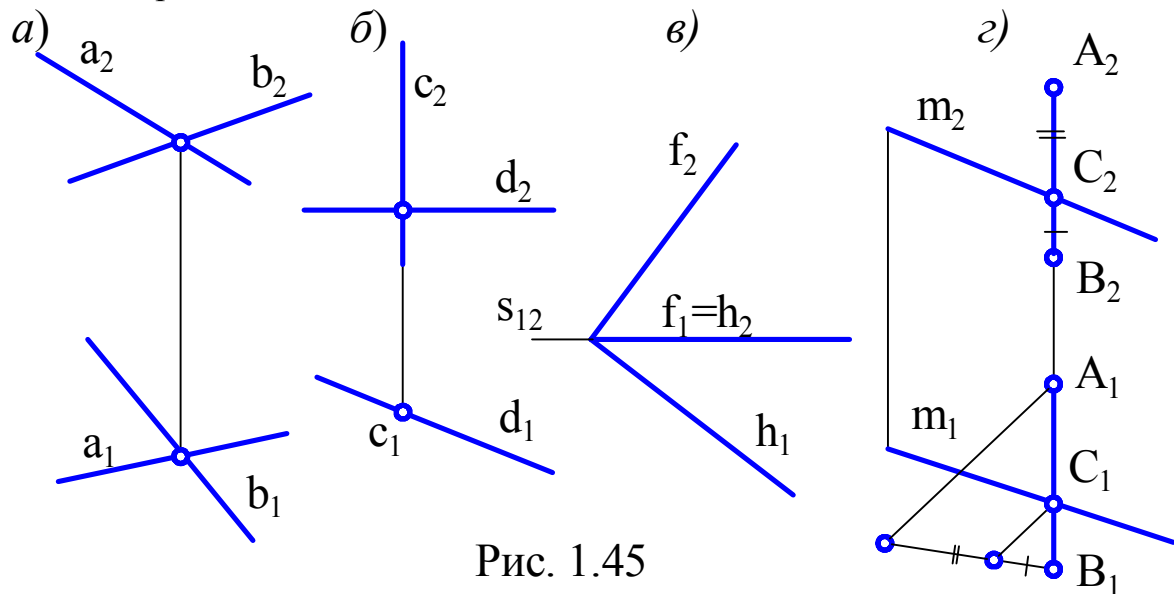


Рис. 1.45

**Прямі в просторі мимобіжні ( тобто вони не паралельні і не перетинаються між собою), якщо точки перетину однойменних проєкцій не лежать на одній лінії зв'язку (рис. 1.46).**

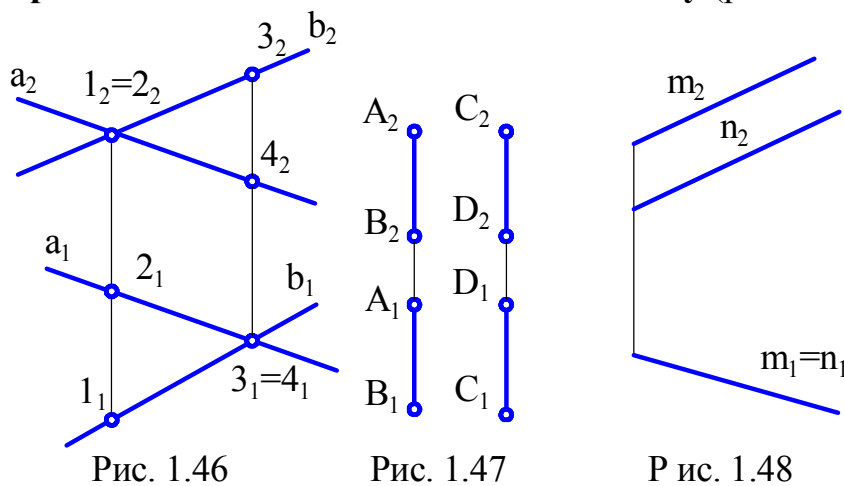


Рис. 1.46

Рис. 1.47

Рис. 1.48

У деяких випадках розташування прямих щодо площин проєкцій, таких точок на кресленні може не бути (рис. 1.47). Це істотно ускладнює визначення взаємного положення прямих

(тобто читання креслення) і може зажадати деяких додаткових побудов.

Повертаючись до креслення на рис. 1.46, розглянемо пари точок 1 і 2, 3 і 4. Виділимо їхні характерні риси. Ці пари точок належать різним прямим, але розташовуються на одному проєкціуючому промені. Точки 1 і 2 розташовані на фронтально-проєкціуючому промені, а 3 і 4 – на го-

ризоньтально-проекцiюючому. Такi пари точок називають конкуруючими, тому що точка 1 розташовується ближче до спостерiгача чим точка 2 i, тим самим, на фронтальнiй площинi проєкцiй закриває останню.

Так само на горизонтальнiй площинi проєкцiй точка 3 закриває точку 4 ( поняття "закриває" тут використовується умовно, тому що точки не мають розмiрiв). За допомогою конкуруючих точок визначають видимiсть на кресленнi.

Пересiчнi й паралельнi прямi можуть перебувати в однiй проєкцiюючiй площинi. У такому випадку iхнi зображення на вiдповiдну площину проєкцiй можуть збiгатися (рис. 1.48). Такi прямi так само називають конкуруючими.

◇ Яке взаємне положення займають прямi на рис. 1.47?

◇ Накреслiть двi прямi, що перетинаються, i проєкцiї яких збiгаються на видi справа.

### 1.13 Визначення на кресленнi вiдстаней i кутiв мiж прямими

Випадки розташування паралельних прямих, що дозволяють на кресленнi вказати вiдстань мiж ними, повнiстю вiдповiдають визначенню вiдстаней вiд точки до прямої. Всi цi три випадки показанi на кресленнi похилої призми (рис. 1.49):

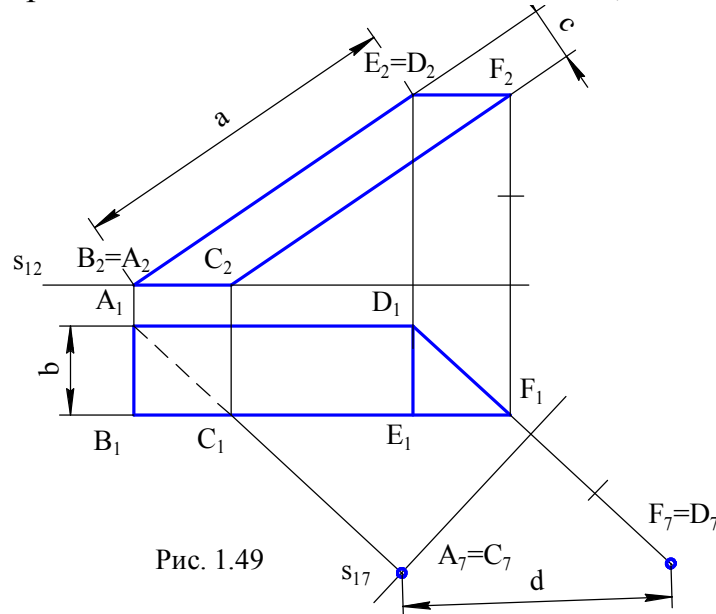
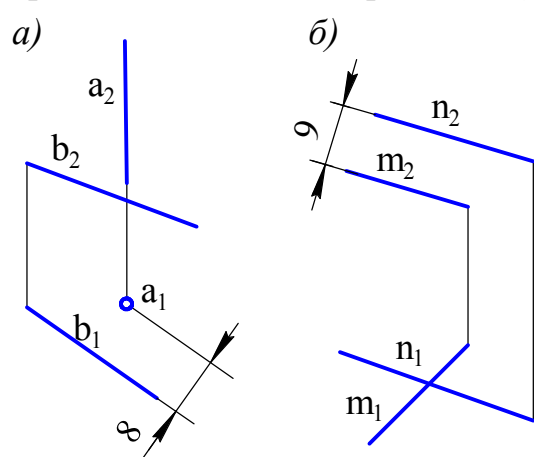


Рис. 1.49

нню вiдстаней вiд точки до прямої. Всi цi три випадки показанi на кресленнi похилої призми (рис. 1.49):

- мiж проєкцiюючими прямими (ребра AB i DE), розмiр a;
- мiж лiнiями рiвня, що лежать в однiй проєкцiюючiй площинi (ребра AD i BE), розмiр b;
- мiж лiнiями рiвня, що вiдстоять на одну й ту ж вiдстань вiд площини проєкцiй, якiй вони паралельнi (BE i CF), розмiр c.

проєкцiй, якiй вони паралельнi (BE i CF), розмiр c.



Використовуючи проєкцiювання на додаткову площину проєкцiй, можна визначити вiдстань мiж iншими паралельними ребрами. На тому ж рисунку показане визначення вiдстанi мiж горизонтальними ребрами AC i DF проєктуванням на площину  $\Pi_7$ , пер-



пендикулярну горизонтальній площині проекцій і цим прямим.

**Відстань** між мимобіжними прямими так само визначається довжиною загального перпендикуляра між цими прямими. На кресленні розмір між такими прямими можна указати тільки у двох випадках:

- одна з прямих займає проекціююче положення, (рис. 1.50, а);
- яка-небудь пара однойменних проекцій мимобіжних прямих (рис. 1.50, б) проекціюється у вигляді паралельних ліній (прямі можна розташувати в паралельних проекціюючих площинах).

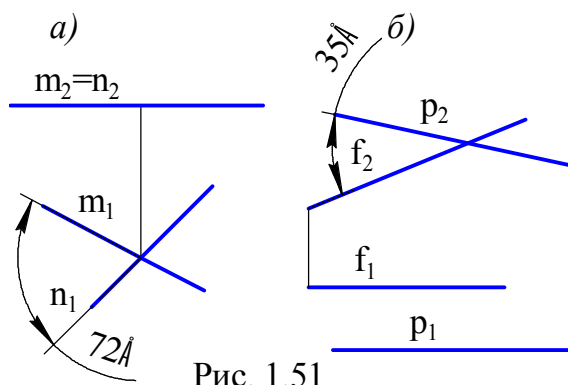


Рис. 1.51

**Кут між прямими**, що перетинаються (рис. 1.51, а), так і перехресними (рис. 1.51, б), проектується без спотворення на яку-небудь площину проекцій у тому випадку, якщо обидві сторони кута паралельні цієї площини.

Для двох прямих, перпендикулярних поміж собою, існує дуже важливе виключення. **Якщо одна**

**сторона прямого кута паралельна** якої-небудь площини проекцій (а інша їй не перпендикулярна), то на цю площину кут буде проекціюватися без спотворення, тобто прямим.

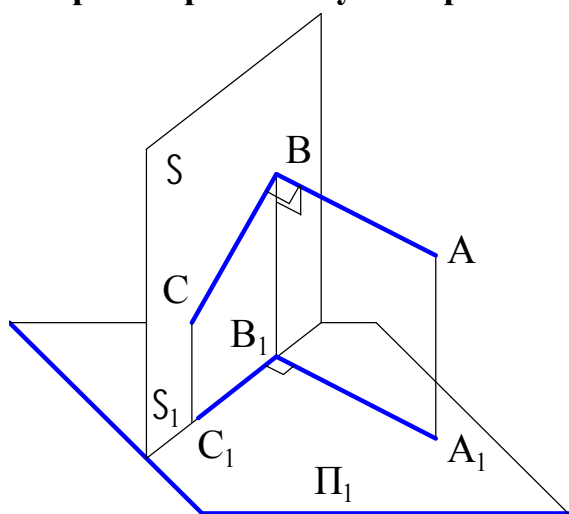


Рис. 1.52

Це можна уявити собі таким чином (рис. 1.52). За умовою кут ABC, що розташовується в просторі, прямий і сторона AB паралельна  $\Pi_1$ .

Подумки почнемо обертати сторону BC навколо AB. BC буде обертатися в площині  $\Sigma$ , що перпендикулярна відрізкам AB і  $A_1B_1$  (тому що  $A_1B_1$  паралельний AB) і площині проекцій  $\Pi_1$ . Яке б положення не займав відрізок BC (крім вертикального) його проекція  $B_1C_1$  буде збігатися зі слідом-проекцією  $\Sigma_1$ , що розташовується перпендикулярно  $A_1B_1$ . Отже,  $A_1B_1$  буде перпендикулярний  $B_1C_1$ .

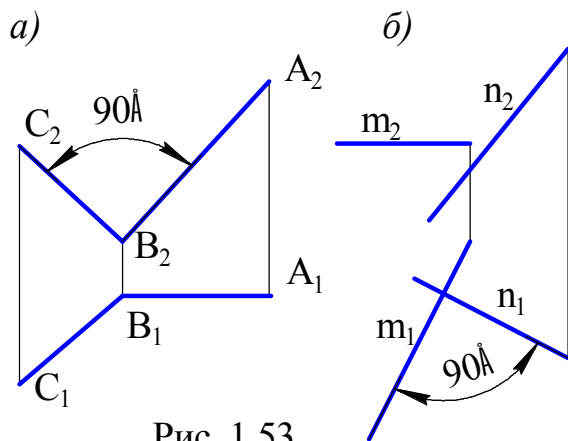


Рис. 1.53

Важливим представляється й зворотне положення: **якщо на кресленні розташовані два**

відрізки прямих, один з яких є лінією рівня, і кут між їхніми проекціями на площину, якій один відрізок паралельний, прямий,

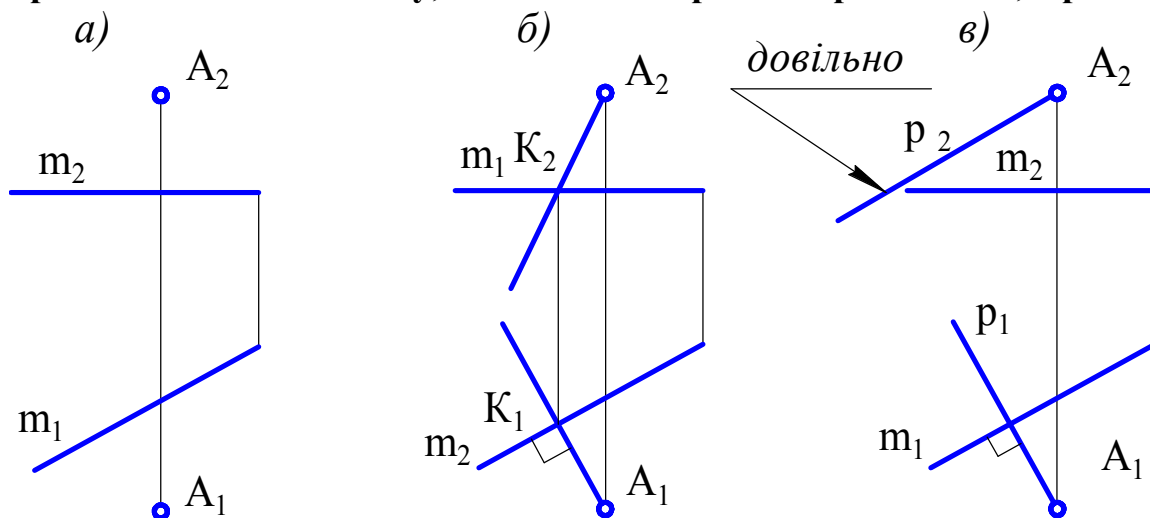


Рис. 1.54

можна затверджувати, що і у просторі кут між відрізками прямих (рис. 1.53, а). Це положення дійсно як для перетинних, так і для мимобіжних прямих (рис. 1.53, б).

При побудовах на кресленні часто виникає завдання, умова якого наведена на рис. 1.54, а: із точки А опустити перпендикуляр на пряму  $m$ .

Пряма  $m$  займає горизонтальне положення, отже, прямий кут неспотворено буде проектуватися на горизонтальну площину проєкцій. Тому, із точки  $A_1$  проводять перпендикуляр до  $m_1$ .

Далі можуть бути два рішення завдання. Якщо перпендикуляр перетинає пряму  $m$ , то відзначають точку  $K_1$  перетину їхніх горизонтальних проєкцій (рис. 1.54, б) і, далі, по вертикальній лінії зв'язку, визначають фронтальну проєкцію цієї точки і фронтальну проєкцію перпендикуляра  $A_2K_2$ .

Якщо пряма й перпендикуляр мимобіжні, то в них відсутня загальна точка, і тому фронтальну проєкцію перпендикуляра (при відсутності інших додаткових умов) проводять довільно, тобто може бути обраним будь-який напрямок, крім вертикального.

◇ Чи можна визначити відстань між ребрами  $AC$  і  $DE$  на заданих площинах проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  (рис. 1.49)?

◇ Побудуйте проєкції перпендикуляра між мимобіжними прямими на рис. 1.50.

### 1.14 Креслення площини

Положення площини в просторі визначається трьома належними їй точками, що не лежать на одній прямій. На кресленні площину задають проєкціями трьох точок, що не лежать на одній прямій (рис. 1.55, а).

Цей спосіб завдання легко може бути перетворений в інші: проекціями точки і прямої, що не проходить через цю точку (рис. 1.55, б); проекціями двох паралельних (рис. 1.55, в) і перетинних (рис. 1.55, з) прямих; проекціями будь-якої плоскої фігури (рис. 1.55, д). Перераховані вище сукупності геометричних елементів однозначно виділяють конкретну площину і називаються *визначником площини*.

Підкреслимо, що при зображенні площини на кресленні, її проекції не обмежуються визначником, а займають всі поля площин проекцій, і тільки в особливих випадках площина може проекціюватися в пряму лінію.

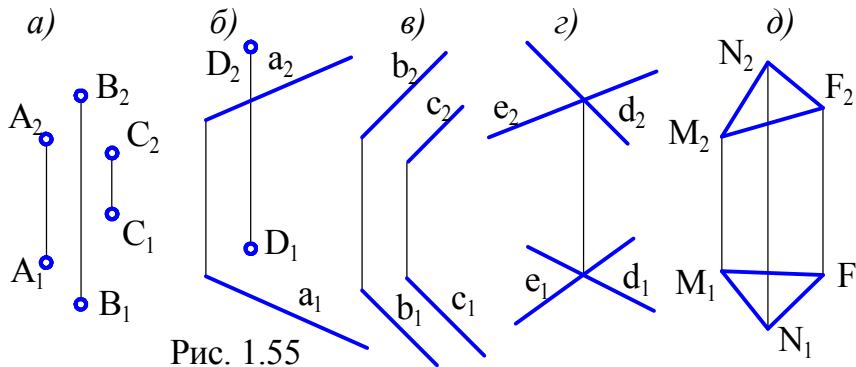


Рис. 1.55

Часто на кресленні площину задають прямими особливого положення – *горизонталлю і фронталлю* (рис. 1.56, а). Якщо ці лінії розташовані в площинах проекцій (рис. 1.56, б), то їх називають *нульовими лініями рівня*, або слідами площини, тому що їх можна вважати лініями перетину заданої площини із площинами проекцій (рис. 1.56, в).

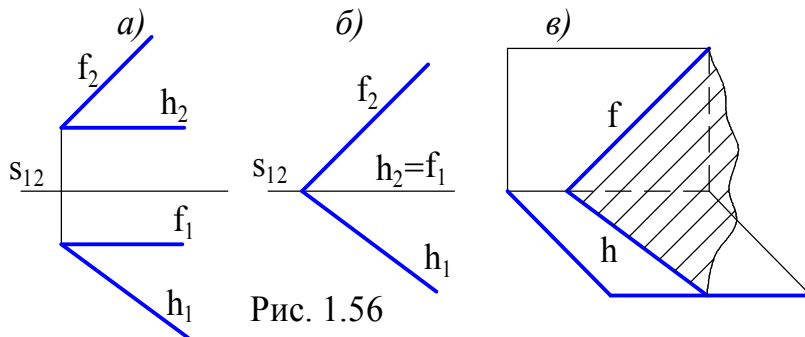


Рис. 1.56

Надалі, проекції прямих, що збігаються з віссю проекцій креслення (такі, як  $f_1$ ,  $h_2$  на рис. 1.56, б), не будуть виділятися суцільною товстою лінією.

Повертаючись до наочного зображення площини на рис. 1.56, в відзначимо, що представлена площина не перпендикулярна основним площинам проекцій. Така площина зветься *площиною загального положення*. На відміну від неї, площини, перпендикулярні або паралельні основним площинам проекцій, називаються *площинами особливого положення*.

Усі площини особливого положення діляться на два види: *площини рівня і проекціюючі площини*. **Площиною рівня називають площину, яка паралельна основній площини проекцій.** Розрізняють *горизонтальну, фронтальну і профільну площини рівня*. Особливістю цих площин є те, що **будь-який елемент (відрізок прямої, плоска крива лінія, плоска фігура і т.і.), що лежить у цій площині, проекціюється**

на основні площини проєкцій, яким ця площина паралельна, неспотворено, а на всі інші – лініями, які називають слідами-проєкціями, паралельними або перпендикулярними лініям зв'язку.

Проєкціуючою площиною називають площину, перпендикулярну одній з основних площин проєкцій і не паралельну іншим. Розрізняють *горизонтально-, фронтально- і профільно-проєкціуючі площини*. Особливістю цих площин є те, що на основні площини, яким перпендикулярні, вони зображуються прямими (слідами-проєкціями), розташованими під кутами, не рівними  $90^\circ$  до ліній зв'язку.

На рис. 1.57 представлено рисунок піраміди SABCDE, грані якої що до площин проєкцій займають різні положення: ABCD – горизонтальна грань;

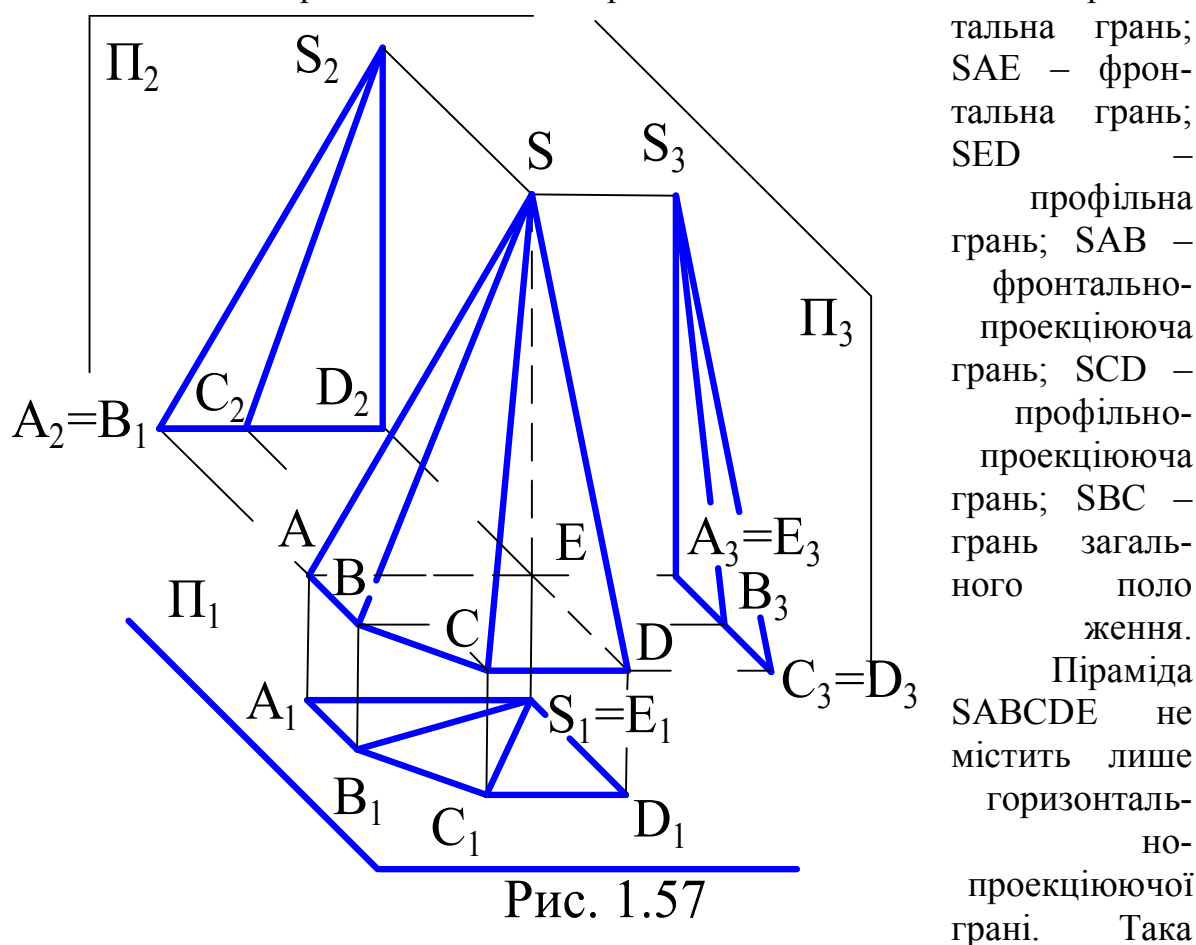
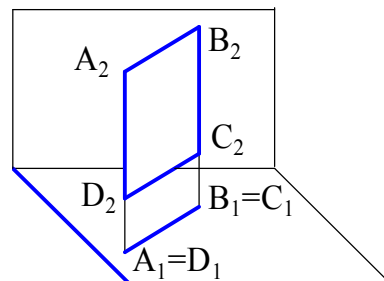


Рис. 1.57

площина, що задана прямокутником, показана на рис. 1.58.

Особливістю площин особливого положення є те, що крім представлених на рис. 1.55 способів завдання на кресленні, вони можуть бути представлені лише однією лінією – слідом-проєкцією з позначкою площини – прописної грецької букви і індексу площини проєкцій.

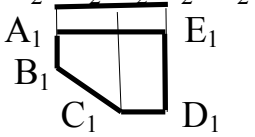
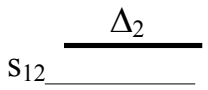
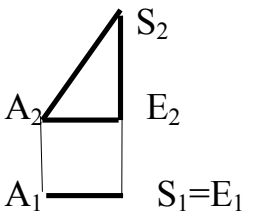
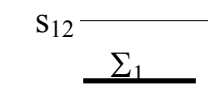
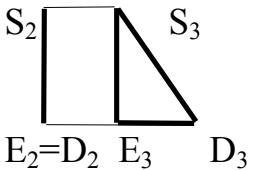
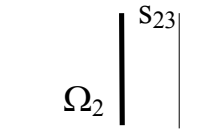
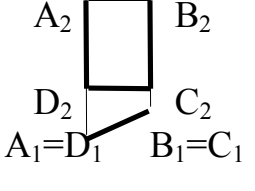
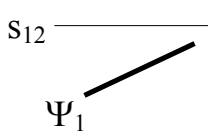
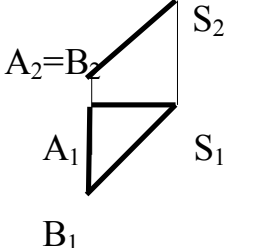
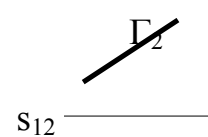
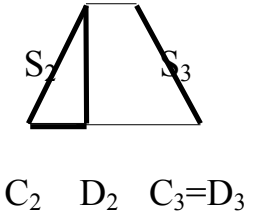
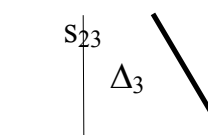
Слід зазначити важливу властивість площин особливого положення. **Усі точки, лінії або плоскі фігури, розташовані в площині особливого положення, проєкціюються на слід-проєкцію цієї**

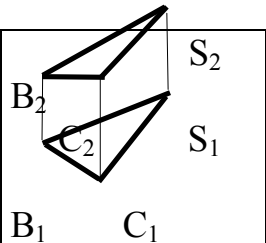


площини (збірна властивість). Це положення докладно буде розглянуто нижче.

У таблиці 2 наведені площини особливого й загального положення, за формою подібні зображеним на рис. 1.57 і рис. 1.58.

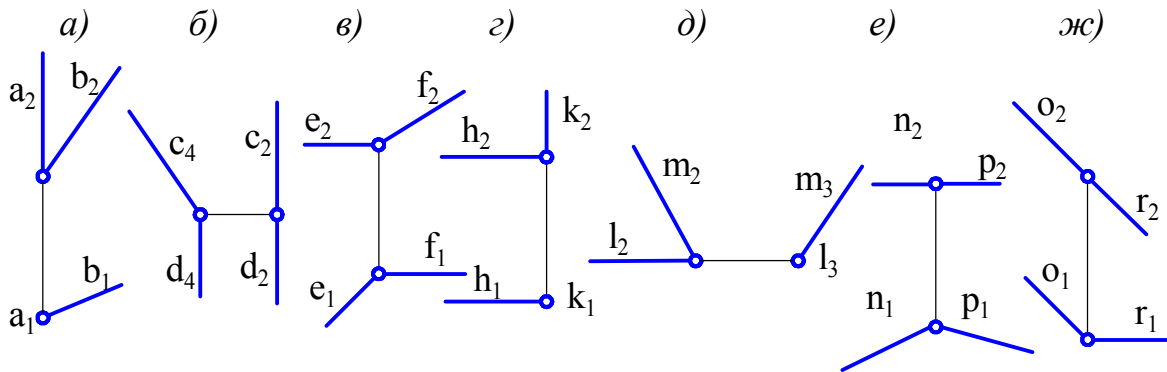
Таблиця 2

| Зображення площини   | Завдання площини слідом-проекцією  | Назва площини                     | Яким основним площинам паралельна | Яким площинам перпендикулярна |
|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| $A_2=B_2 \ C_2 \ D_2=E_2$<br> | $s_{12}$      | Горизонтальна площина             | $\Pi_1, \Pi_5$                    | $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_6$  |
|                              | $s_{12}$     | Фронтальна площина                | $\Pi_2, \Pi_6$                    | $\Pi_1, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$  |
|                             | $\Omega_2$  | Профільна площина                 | $\Pi_3, \Pi_4$                    | $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_5, \Pi_6$  |
|                             | $s_{12}$    | Горизонтально-проекціуюча площина | -                                 | $\Pi_1, \Pi_5$                |
|                             | $s_{12}$    | Фронтально-проекціуюча площина    | -                                 | $\Pi_2, \Pi_6$                |
|                             | $s_{23}$    | Профільно-проекціуюча площина     | -                                 | $\Pi_3, \Pi_4$                |

|   |   |                              |   |   |
|---|---|------------------------------|---|---|
|  | - | Площина загального положення | - | - |
|---|---|------------------------------|---|---|

◇ Як відрізнити на кресленні площини особливого положення від площин загального положення?

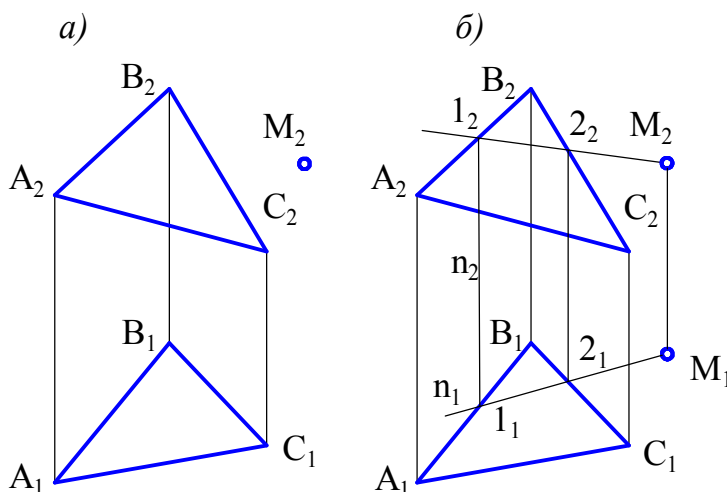
◇ Як називаються представлені на рисунку площини, кожна з яких задана двома прямими?



### 1.15 Точка і пряма в площині

При рішенні різних завдань, пов'язаних із зображеннями, виникає необхідність у побудові на кресленнях точок, ліній і плоских фігур, що належать будь-якої площини. Для побудови проєкцій цих об'єктів використовують відомі з геометрії визначення з деякими змінами, що враховують особливості проєкційних креслень.

Так, **точка належить площині, якщо вона належить до прямої, яка розташована в цій площині.** Якщо пряма є визначником площини і вона вже є на кресленні, то на її проєкціях з заданих умов будують відповідні проєкції точки, використовуючи відоме правило (точка належить до прямої, якщо її проєкції лежать на відповідних проєкціях прямої). Частіше такої прямої на кресленні ще немає і її необхідно побудувати. Для цієї мети використовують наступне правило: **пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що лежать у площині.** Найчастіше ці точки беруть на визначниках площини.



**пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що лежать у площині.** Найчастіше ці точки беруть на визначниках площини.

Приклад. Нехай площина  $\Sigma$  задана на кресленні проєкціями три-

кутника  $ABC$  і також є фронтальна проекція точки  $M$  (рис. 1.59, *a*). Необхідно побудувати її горизонтальну проекцію, якщо відомо, що вона належить площині  $\Sigma$  ( $ABC$ ).

Рішення (рис. 1.59, *б*). Через  $M_2$  проводять фронтальну проекцію довільно розташованої прямої  $n$ . На цій прямій виділяють дві точки 1 і 2, що лежать на визначнику площини. Точка 1 належить відрізку  $AC$ , точка 2 – відрізку  $BC$ . По лініям зв'язку будують їхні горизонтальні проекції, а потім горизонтальну проекцію лінії  $n$  –  $n_1$ . На її перетині з лінією зв'язку, проведеної з точки  $M_2$ , визначають горизонтальну проекцію шуканої точки.

Крім цього, **пряма належить площині, якщо вона проходить через одну точку площини і паралельна прямій, яка розташована в цій площині.**

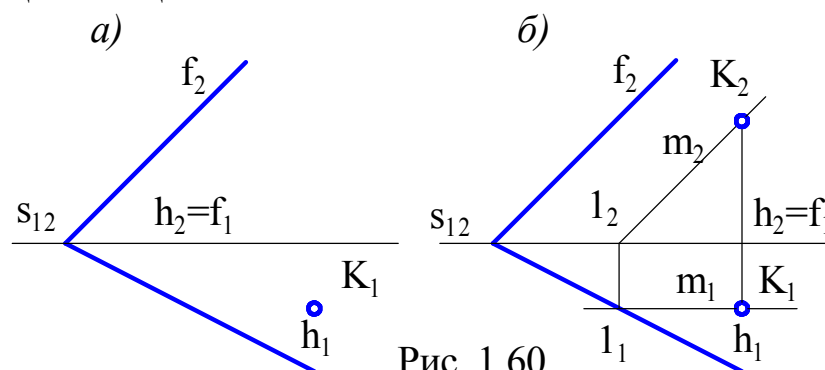


Рис. 1.60

Приклад.  
Побудувати точку  $K$ , що належить площині  $\Gamma$  ( $h, f$ ), якщо задана її горизонтальна проекція (рис. 1.60, *a*).

Рішення (рис. 1.60, *б*). Через точку  $K$  проводять лінію  $m$ , яка паралельна  $f$ , тому її горизонтальна проекція  $m_1$  буде розташована паралельно  $f_1$ , тобто горизонтально. На цій лінії виділяють точку 1, що належить до площини  $\Gamma$  (лежить на визначнику площини – лінії  $h$ ). Фронтальна проекція лінії  $m$  буде розташовуватися паралельно фронтальній проекції лінії  $f$ . За допомогою лінії зв'язку визначають фронтальну проекцію точки  $K$ .

Відзначимо, що лінія  $m$  належить площині  $\Gamma$  і паралельна фронтальній площині проєкцій. Така лінія зветься *фронтоаллю* площини. Це одна з головних ліній площини. До таких, крім названої, відносять *горизонталь, профільну пряму й лінії найбільшого нахилу*. Називані **лініями рівня** горизонталь, фронталь і профільна пряма належать

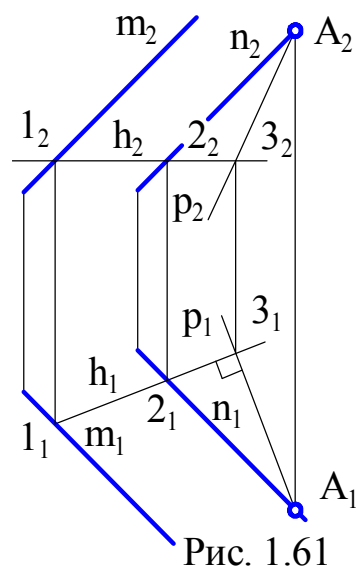


Рис. 1.61

площині і одночасно паралельні відповідним основним площинам проєкцій, а **лінії найбільшого нахилу** розташовані в площині і перпендикулярні цим лініям.

На рис. 1.61, як приклад, у площині загального положення, заданої довільними паралельними прямими  $m$  і  $n$ , побудована горизонталь  $h$ , а, потім, з точки  $A$ , що лежить у площині, перпендикулярно горизонталі проведена лінія найбільшого нахилу  $p$ .

Розглянемо особливості розташування точок, ліній і плоских фігур у площинах особливого положення. Раніше відзначалося, що ці площини мають збірну властивість. Проілюструємо цю важливу властивість на прикладі горизонтально-проекціюючої площини  $\Delta$  (рис. 1.62, а, б). У цій площині розташовані точка А, плоска крива  $m$  і плоска фігура – трикутник  $BСD$ . Положення площини  $\Delta$  збігається з напрямком проектування на горизонтальну площину проєкцій, тому, як відомо, вона зобразиться на площину  $\Pi_1$  у вигляді прямої лінії. На цій лінії і будуть розташовуватися горизонтальні проєкції перерахованих вище елементів.

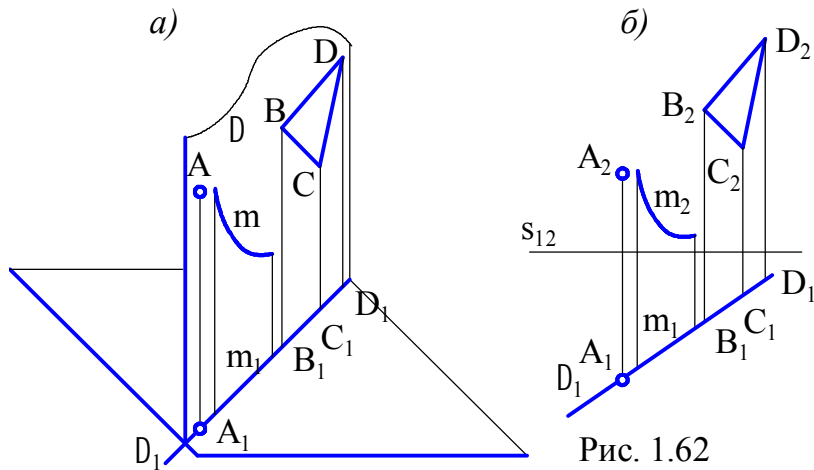


Рис. 1.62

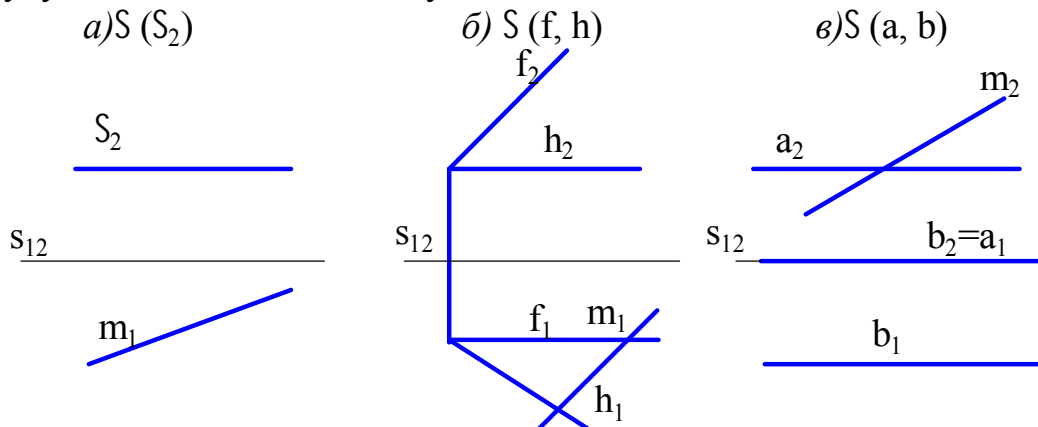
Не менш важливим представляється й зворотне положення: **якщо проєкція якого-небудь елемента (точки, лінії або плоского багатокутника) лежить на відповідному сліди-проєкції площини, то він**

**належить цій площині.**

Підкреслюємо, правило обмовляє тільки приналежність до площини особливого положення, ні форму цього елемента, ні його конкретне положення в просторі по одній проєкції визначити не можливо. Правило є основним при рішенні багатьох завдань, наприклад, для знаходження загальних елементів двох пересічних геометричних образів.

◇ Побудувати пряму  $m$  по одній її проєкції (див. рис), якщо відомо, що вона належить площині  $\Sigma$ .

◇ Задайте проєкціями довільну площину загального положення й побудуйте в цій площині точку на висоті 30 мм і на глибині 10 мм.



### 1.16 Нанесення розмірів на кресленнях плоских фігур



Для будь-якого предмета розміри на його кресленні можна розділити на дві групи. До першої віднесемо ті з них, які визначають положення предмета в просторі, до другої – розміри, що фіксують положення одних частин предмета відносно інших.

Перша група розмірів закріплює положення предмета відносно деякої початкової системи відліку. В інженерній графіці це, як відомо, площини проекцій, які крім своєї основної ролі, грають ще й роль такої системи.

Таким чином, для вказівки положення точки в просторі достатньо вказати її відстань до трьох взаємно перпендикулярних площин. На практиці цю систему розмірів у повному обсязі використовують рідко, а обмежуються лише частиною, наприклад, визначають відстань або кут нахилу тільки до однієї з площин проекцій. Ще частіше предмет лише орієнтують щодо площин проекцій, створюючи у такий спосіб умови зручного нанесення розмірів, що координують зв'язок одних елементів відносно інших у самому предметі.

Нанесення розмірів на плоскій фігурі, що визначають її форму й положення щодо площин проекцій, залежить у першу чергу, від розташування площини, у якій ця фігура перебуває. Тому, до часу вивчення цього матеріалу, дуже важливо вміти орієнтуватися в розташуванні формотворних елементів у просторі.

Нагадаємо, що розміри можуть бути поставлені на ті елементи плоского відсіку, які не піддалися спотворенню при проєкціюванні його на площину проєкцій. Як правило, це будуть відрізки ліній і плоскі фігури, що займають особливе положення.

Для приклада розглянемо нанесення розмірів, що визначають форму й розташування двох багатокутників: рівнобедреного трикутника і прямокутника, що займають різне положення, що до основних площин проєкцій.

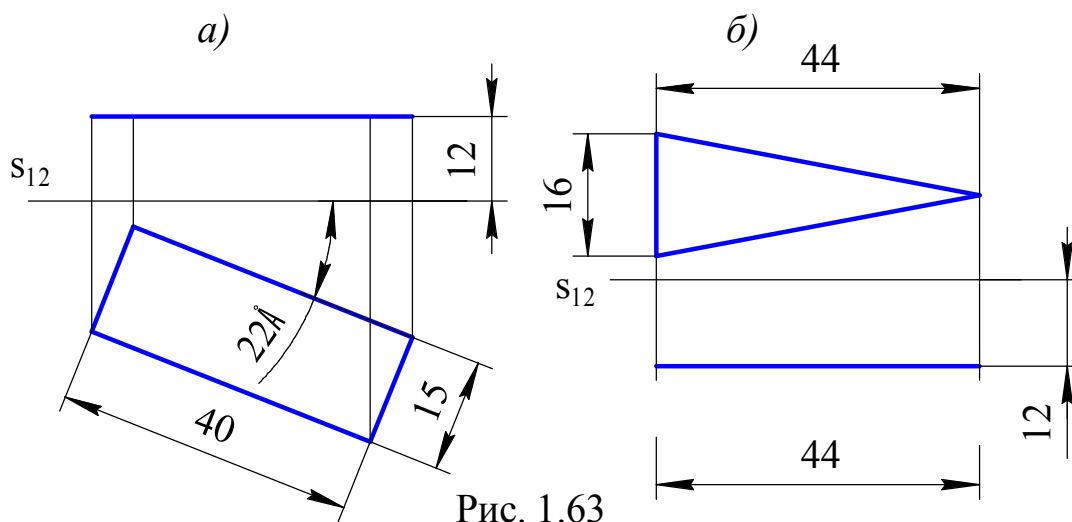


Рис. 1.63

Якщо плоска фігура займає положення **площини рівня**, це дозволяє на її зображенні, розташованому на площині проєкцій, її паралельній, поставити будь-який лінійний і кутовий розмір, тому що будь-яка лінія, що обмежує фігуру, займає особливе положення (рис. 1.63, *a*). Для нанесення лінійних розмірів може бути використаний і слід-проєкція фігури, якщо в цьому є необхідність (розмір 44 на рис. 1.63, *b* дублює аналогічний на виді спереду; на кресленні, природно, виставляється тільки один з них). При такому розташуванні плоских фігур не важко вказати й розміри, що фіксують їх відносно площин проєкцій. Виходячи з того, що паралельність і перпендикулярність на кресленнях не обговорюють розмірами, а визначають візуально, то достатньо вказати лінійний розмір відстані до площин проєкцій – 12 мм, що розташовується паралельно площини багатогранника. Для орієнтації прямокутника (рис. 1.63, *a*) показано кут нахилу однієї його сторони до площин проєкцій  $\Pi_2$ .

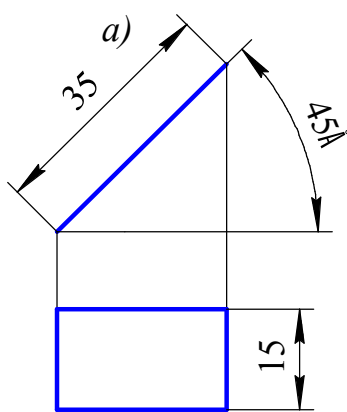
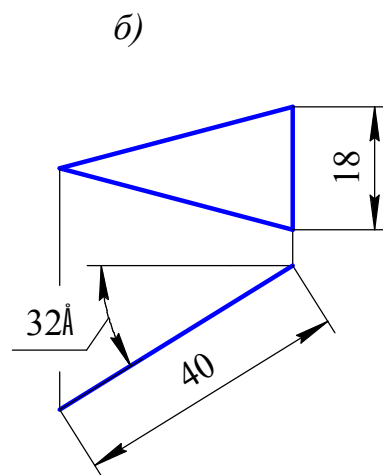


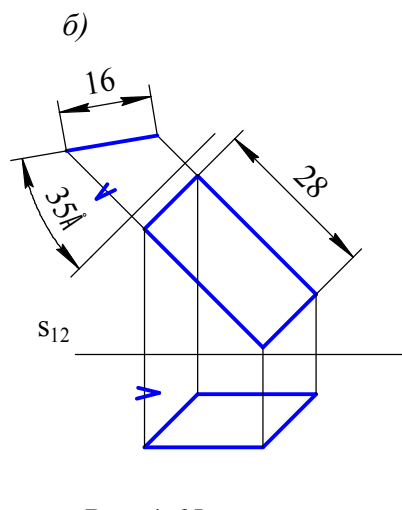
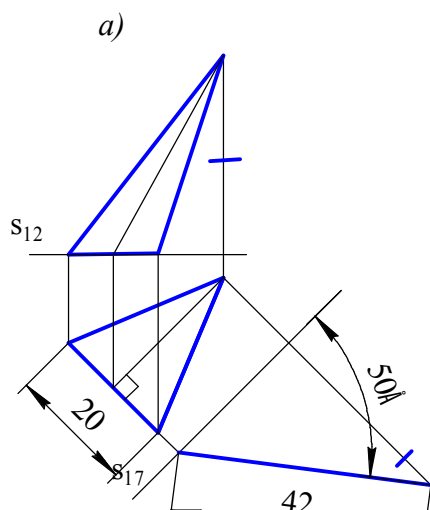
Рис. 1.64



кулярно сліду-  
проєкції. Зважаючи  
на це, фігури у та-  
ких площинах праг-  
нуть розмістити так,  
щоб прямі, які є  
їхніми складовими,  
розташовувалися  
особливим образом  
щодо площин  
проєкцій (рис. 1.64).  
Усі кутові розміри в

проєкціуючих площинах, спотворюються. Виключення становлять **прямі кути**, але за умови, що одна їхня сторона паралельна площини проєкцій. Для проєкціуючих площин, можна вказати кут нахилу їх до площин проєкцій.

Якщо фігура лежить у площині загального положення, то можуть

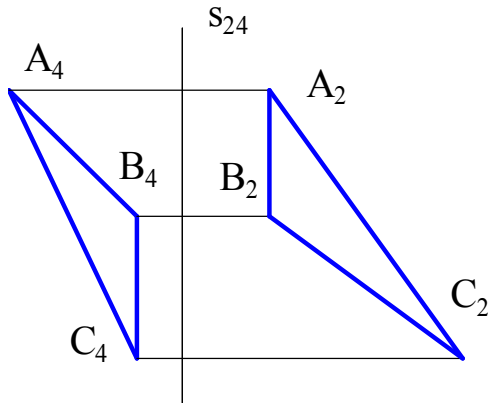


бути зазначені  
лише лінійні  
розміри, що є  
відрізками ліній  
рівня.

На  
рис. 1. 65, *a* пока-  
зано  
рівнобедрений  
трикутник,

підстава якого займає горизонтальне положення. Висота трикутника, що перпендикулярна підставі, є лінією загального положення, її істинна величина може бути знайдена на допоміжній площині проекцій. Будучи лінією найбільшого нахилу, вона характеризує кут нахилу площини до горизонтальної площини проекцій.

На рис. 1.65, б у площині загального положення взято прямокутник, дві сторони якого є фронтальми, а дві інші – загального положення. Величина останніх сторін може бути знайдена тільки на додатковій площині проекцій, таким само чином і кут нахилу площини до  $\Pi_2$ .



◇ Розміри яких сторін трикутника ABC і на яких зображеннях можна поставити на запропонованому кресленні?

◇ Визначіть кутовий розмір нахилу площини трикутника ABC до фронтальної площини проекцій.

### 1.17 Взаємне положення прямої і площини

Пряма може **належати** площині або **перетинати** її. Якщо пряма перетинає площину в нескінченно вилученій точці, вважається, що пряма буде **паралельна** площині.

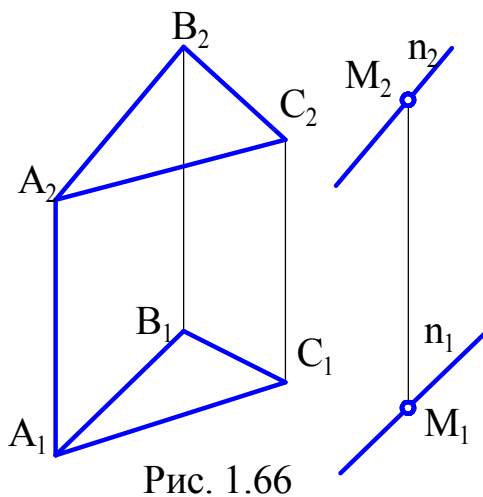


Рис. 1.66

Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна деякій прямій цієї площини. Тому, для того, щоб через задану точку простору  $M$  провести пряму, паралельну площині  $\Sigma$  (ABC) (рис. 1.66), необхідно провести її паралельно деякій прямій у площині, наприклад,  $AB$  ( $n_2 \parallel A_2B_2$ ;  $n_1 \parallel A_1B_1$ ).

Для того щоб провести пряму паралельно площині **особливого положення**, необхідно її проекцію провести паралельно до відповідного сліда проекції площини (рис. 1.67). Положення другої проекції може бути задане довільно, але не вертикально, якщо пряма на наявній проекції не проекціюється в точку.

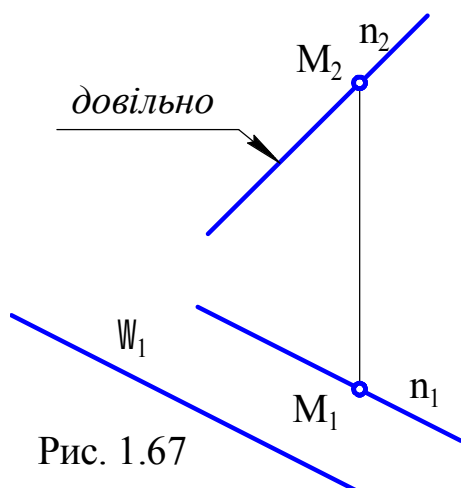


Рис. 1.67

Пряма **перетинає** площину в точці. Ця точка належить одночасно цим двом

геометричним образам. Побудова точки перетину залежить від положення, що займають ці образи щодо площин проєкцій. Виділимо кілька типових випадків.

1. Пряма й площина є проєкціуючі (рис. 1.68, а). Проєкції точки перетину перебувають на слідах-проєкціях прямої й площини.

2. Один геометричний образ займає проєкціуюче положення, а другий – загальне. У цьому випадку, одна проєкція точки перетину лежить на сліди-проєкції того образу, що займає проєкціуюче положення, а друга визначається приналежністю образу, що займає загальне положення.

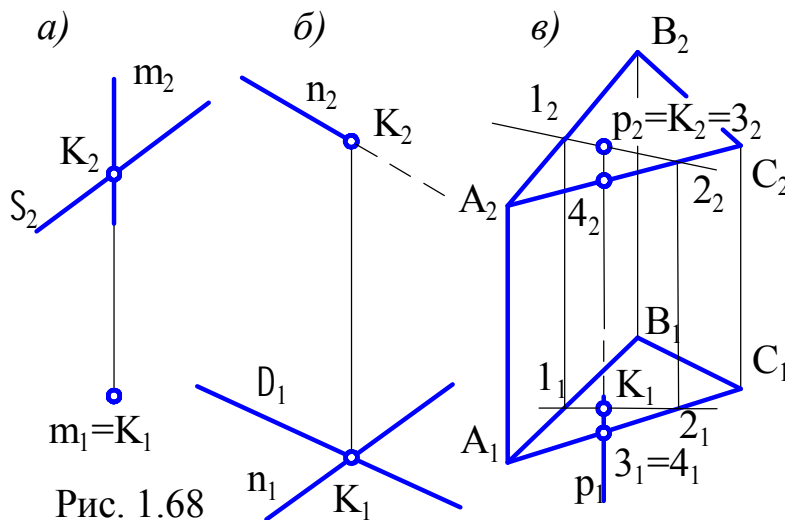


Рис. 1.68

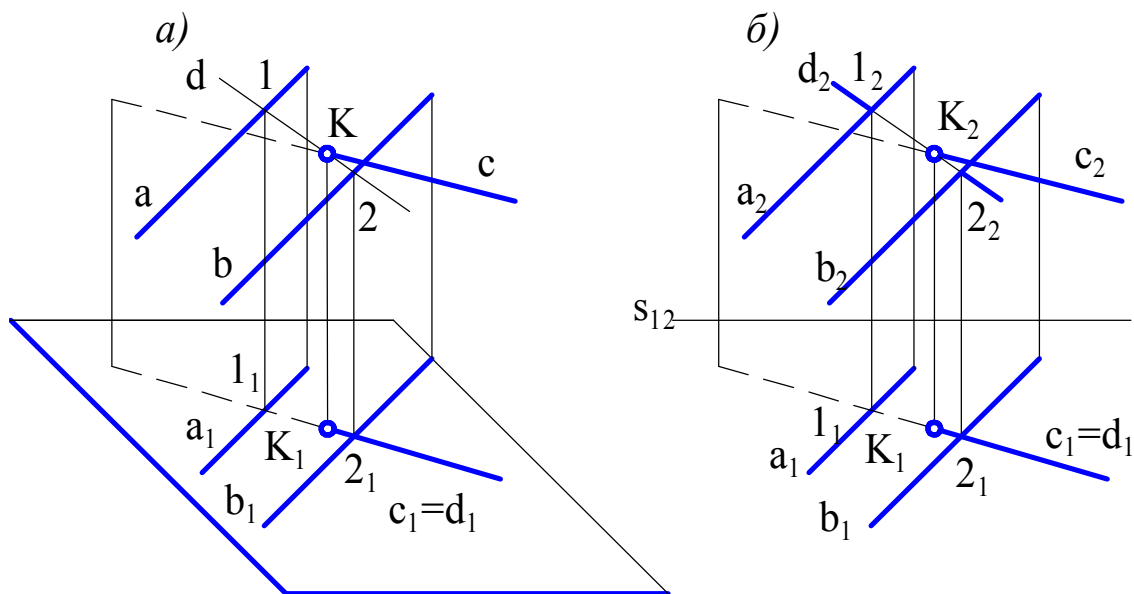
На рис. 1.68, б пряма  $n$  займає загальне положення, а площина  $\Delta$  – горизонтально-проєкціуюче.

Горизонтальна проєкція  $K_1$  точки перетину  $K$  лежить на сліди-проєкції  $\Delta_1$  площини  $\Delta$ . Фронтальна проєкція –  $K_2$  визначається перетином вертикальної

лінії зв'язку із фронтальною проєкцією  $n_2$  прямої.

На рис. 1.68, в пряма  $r$  займає фронтально-проєкціуюче положення, а площина, що задана трикутником  $ABC$ , – загальне. Фронтальна проєкція точки перетину  $K_2$  збігається зі слідом-проєкцією прямої, а горизонтальна проєкція  $K_1$  визначається за правилом приналежності точки площині, тобто вона повинна розміщатись на довільній прямій цієї площини, наприклад, на лінії 12.

Для визначення видимості прямої  $r$  відносно площини, вибирають дві конкуруючі точки, наприклад, 3 і 4 на мимобіжних прямих  $AC$  і  $r$ .



Нехай точка 3 належить прямій  $p$ , а точка 4 –  $AC$ . Горизонтальні проекції цих прямих збігаються, а фронтальна проекція точки 4 розташована нижче фронтальної проекції точки 3. Отже, пряма  $p$  у цьому місці на горизонтальній площині проекцій не буде закрита площиною трикутника. Зміна видимості прямої на зворотне відбувається у точці перетину  $K$ .

3. Розглянемо спосіб рішення завдань на визначення точки перетину геометричних образів, що одночасно займають загальне положення.

На рис. 1.69, *a* представлені довільно розташовані в просторі площина  $\Gamma$  (*a, b*), що задана двома паралельними прямими, і пряма  $s$ . У площині  $\Gamma$  (*a, b*) виберемо деяку пряму  $d$ , що конкурує з прямою  $s$  стосовно горизонтальної площини проекцій. У таких прямих горизонтальні проекції збігаються ( $s_1=d_1$ ), а в просторі ці прямі будуть перетинатися. Точка їхнього перетину  $K$  буде одночасно належати і прямій  $s$  і площині  $\Gamma$  (*a, b*), тобто вона й буде точкою перетину прямої з площиною.

На кресленні (рис. 1.69, *б*) побудови варто починати з того, що на однієї з проекцій (у нашому прикладі – на горизонтальній) укажемо пряму  $d$ , горизонтальна проекція якої збігається з горизонтальною проекцією прямої  $s$ , тобто ( $s_1=d_1$ ). По двом точкам побудуємо фронтальну проекцію прямої  $d$  і у місці перетину їхніх фронтальних проекцій відзначимо шукану точку  $K$ .

В окремих випадках пряма може виявитися перпендикулярною до площини. Відомо, що **пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна двом не паралельним між собою прямим цієї площини**. Розглянемо три характерних випадки розташування площини й перпендикуляра до неї.

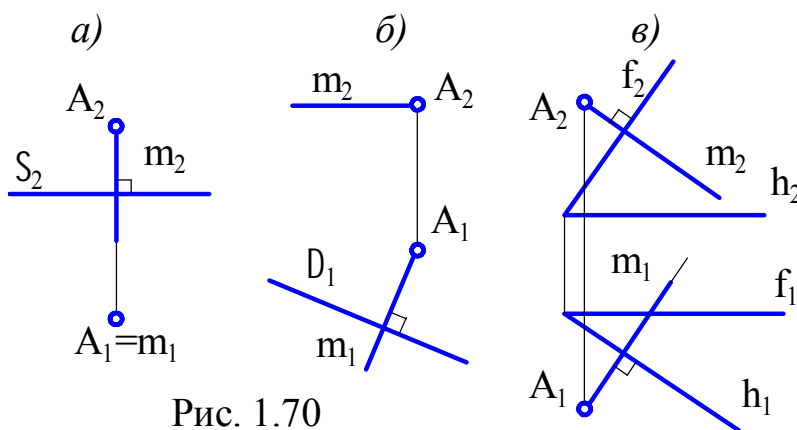


Рис. 1.70

**Пряма, що перпендикулярна до площини рівня, займає проекціуюче положення** (рис. 1.70, *a*).

**Пряма, що перпендикулярна до проекціуючої площини, є лінією**

**рівня** (рис. 1.70, *б*).

Ці випадки легко собі представити, промодельювавши їх за допомогою олівця й картону.

**Пряма, що перпендикулярна до площини загального положення, так само є прямою загального положення.**

Для побудови перпендикуляра до площини загального положення використовують властивість прямого кута проектуватися без спотворення, якщо одна його сторона (на горизонтальній площині проєкцій – це лінія  $h$ , а на фронтальній – лінія  $f$ ) паралельна площині проєкцій (рис. 1.70, *в*).

**Відстань** від прямої до площини визначається величиною перпендикуляра, який можна опустити з будь-якої точки прямої на цю площину. Якщо площина займає особливе положення, то шуканий розмір розташовується на перпендикулярі між проєкцією прямої і відповідним слідом-проєкцією площини (рис. 1.71, *а, б*).

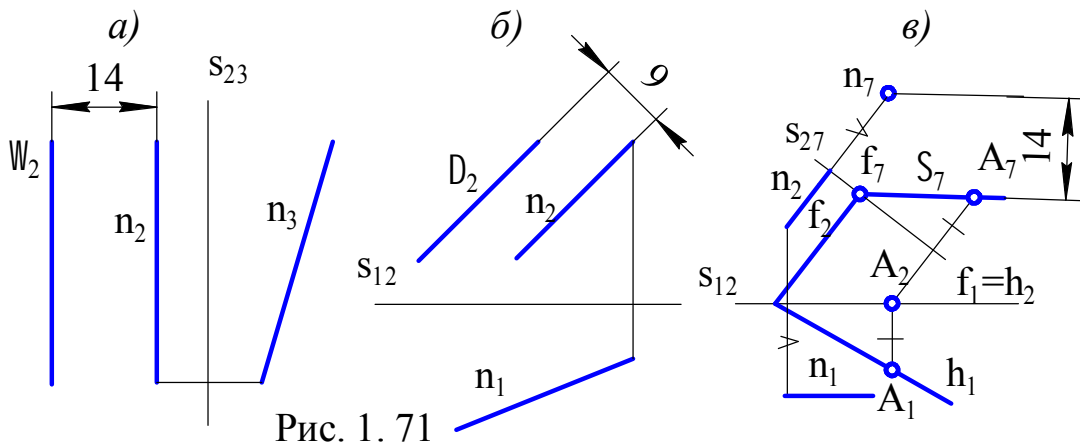


Рис. 1. 71

Якщо площина займає загальне положення, то розмір можна вказати на додатковій площині проєкцій, розташувавши останню перпендикулярно до розглянутої площини (рис. 1. 71, *в*). Відстань від точки до площини визначається аналогічно.

З геометрії відомо, що **кут між прямою й площиною визначається кутом між прямою і її ортогональною проєкцією на цю площину.**

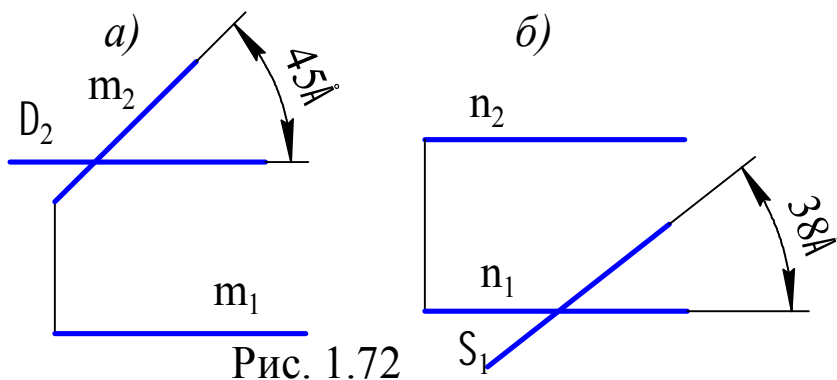
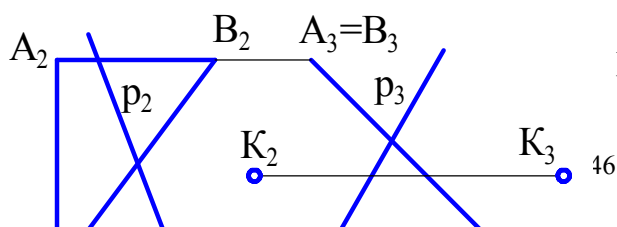


Рис. 1.72

Для вказівки кута на кресленні, крім цього, необхідно, щоб сторони його були паралельні якої-небудь площини проєкцій. Тому, **кут між прямою й площиною буде**

**проектуватися без спотворення на ту площину проєкцій, якій пряма розташовується паралельно, а площина – перпендикулярно (рис. 1. 72).**

◇ Побудуйте точку перетину заданої прямої із площиною  $\Gamma$



(рис. 1.69, *б*), вибравши для рішення конкуруючу пряму для

лінії  $c$  на фронтальній площині проєкції.

◇ Побудуйте точку перетину прямої  $p$  із площиною, заданої трикутником  $ABC$ . Укажіть видимість прямої, що до цієї площини.

◇ Визначіть відстань від точки  $K$  до площини трикутника  $ABC$ .

◇ Із точки  $A$  проведіть перпендикуляр від площини трикутника  $ABC$  довжиною 40мм.

### 1.18 Взаємне положення площин

Площини по відношенню одна до одної можуть розташовуватися в просторі *паралельно, перетинатися* або *збігатися*.

**Якщо дві прямі, що перетинаються між собою, однієї площини, відповідно паралельні двом прямим іншої, площини будуть взаємно паралельні** (рис. 1.73, *a*).

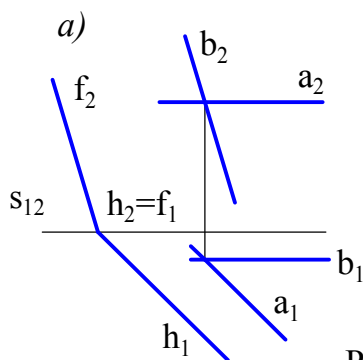
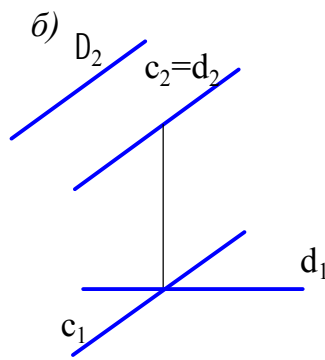


Рис. 1.73



Якщо паралельні площини займають особливе положення, то їхні однойменні сліди-проєкції розташовуються між собою також паралельно (рис. 1.73, *б*).

Дві площини перетинаються між собою з прямої лінії, для побудови якої на кресленні необхідно побудувати дві точки, загальні для заданих площин, чи одну загальну точку і напрямок їхньої загальної лінії. Залежно від розташування площин, щодо площин проєкцій, побудова лінії перетину представлена нижче.

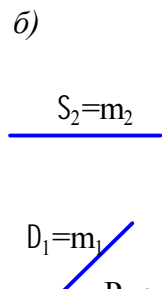
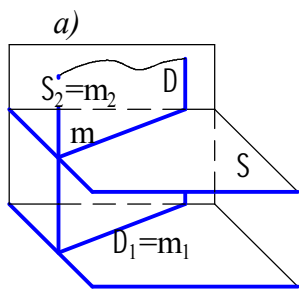
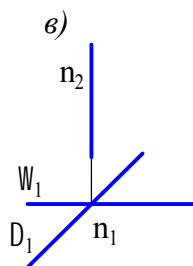
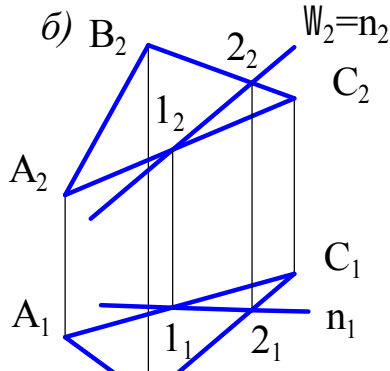
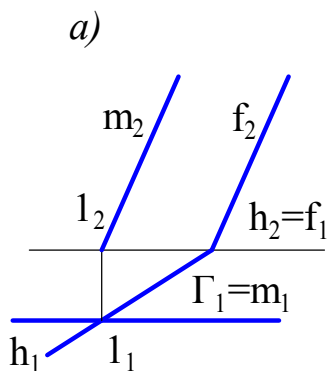


Рис. 1.74



1. Задані площини різнойменно-проєкціюючі (рис. 1.74, *a, б*). Проєкції лінії перетину збігаються з відповідними слідами-проєкціями

площин. Визначення лінії перетину зводиться до розпізнання й позначення її проєкцій.



2. Якщо обидві площини однойменно-проєкціюючі, то їхня лінія перетину є проєкціюючою того ж

найменування (рис. 1.74, в).

3. У випадку, якщо одна площина займає особливе положення, а інша – загальне, одна проекція лінії перетину збігається зі слідом-проекцією площини особливого положення. Другу проекцію лінії перетину будують за умовою, що вона належить площині загального положення.

На рис. 1.75, а показаний випадок перетину площини загального положення, заданої прямими  $f$  і  $h$ , із фронтальною площиною  $\Gamma$ . Лінія перетину  $m$  проходить через точку  $1$  і розташовується паралельно лінії  $f$ .

На рис. 1.75, б площина загального положення задана трикутником  $ABC$ , а друга площина –  $\Omega$ , займає фронтально-проекціююче положення. Лінія перетину побудована за допомогою двох точок  $1$  і  $2$ .

В окремому випадку площини можуть розташовуватися **взаємно перпендикулярно**. Дві площини взаємно перпендикулярні, якщо одна з них проходить через перпендикуляр до другої площини або паралельна цьому перпендикуляру. Тому, якщо через пряму  $n$  необхідно провести площину, перпендикулярну до площини  $\Gamma$  (рис. 1.76), то через довільну точку  $A$  на цій прямій проводять перпендикуляр  $m$  до цієї площини. Лінії  $n$  і  $m$  у сукупності задають площину, перпендикулярну площині  $\Gamma$ .

**Відстань** між паралельними площинами, так само як і кут між перетинними площинами, можна вказати тільки на тій площині проекцій,

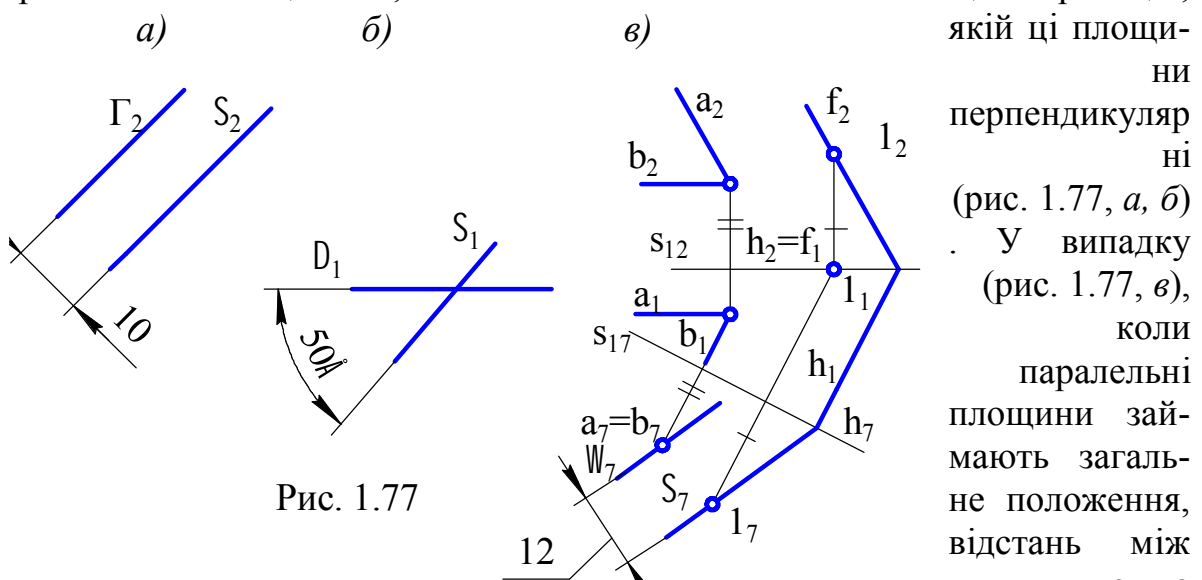


Рис. 1.77

якій ці площини перпендикулярні (рис. 1.77, а, б). У випадку (рис. 1.77, в), коли паралельні площини займають загальне положення, відстань між ними можна

визначити на додатковій площині  $\Pi_7$ , яка перпендикулярна цим площинам.

◇ По лінії якого положення перетинаються:



- дві фронтально-проекціюючі площини;
- горизонтальна і профільна площини;
- площина загального положення і профільна площина?

◇ Побудуйте креслення площини, що розташована перпендикулярно горизонтально-проекціюючій площині і профільній площині проєкцій. Яке положення займає ця площина?

### 1.19 Креслення поверхонь

**Поверхню найчастіше розглядають як безперервну сукупність послідовних положень деякої лінії, що називають *твірною*, котра рухається в просторі за певним законом. Утворююча може бути прямою й кривою, постійного або змінного виду. Закон переміщення утворюючої може бути заданий так само лініями, названими *напрямними*. Сукупність послідовних положень утворюючих і напрямних створює *каркас поверхні*.**

Із усього різноманіття поверхонь у курсі розглядаються найбільш розповсюджені: *гранні й поверхні обертання*. **Гранні поверхні утворюються переміщенням прямолінійної твірної по ламаній напрямній.** При цьому, якщо одна точка на твірній буде постійно нерухомою, то створюється *пірамідальна поверхня*, якщо ж твірна при переміщенні залишається увесь час паралельною деякому напрямку, то утворюється *призматична поверхня* (рис. 1. 5).

Як лінії й площини, поверхні можуть необмежено поширюватися в просторі. Для роботи зручніше обмежити їх лініями. На рис. 1.78, а, б це зроблено горизонтальними відрізками прямих.

*Пристаупаючи до роботи з поверхнями, попередньо варто визначити їхнє розташування щодо площин проєкцій. На рис. 1.78 грані пірамідальної поверхні займають загальне положення, а грані призматичної поверхні – проєкціююче. Тому, якщо горизонтальна проєкція пірамідальної поверхні займає весь простір у середині трикутника, то така ж проєкція призматичної поверхні – лише замкнуту ламану лінію у вигляді трикутника.*

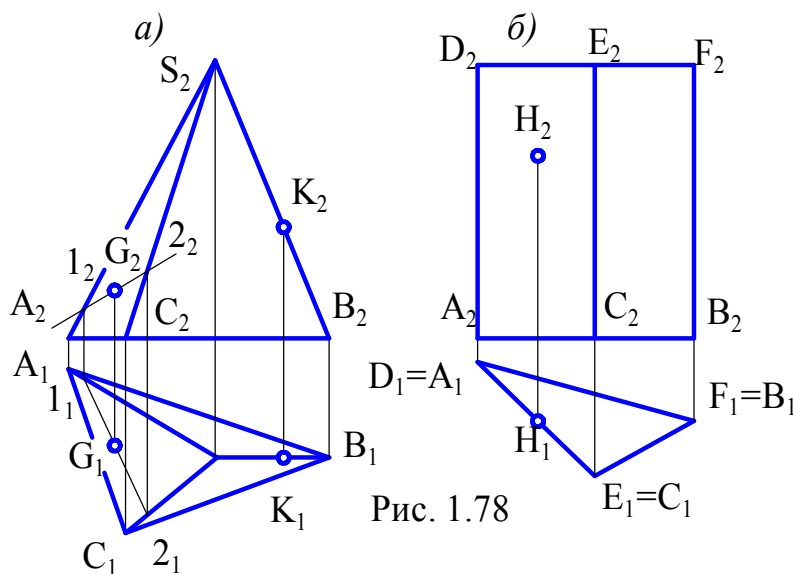


Рис. 1.78

**Поверхні обертання утворюються обертанням лінії будь-якого виду навколо прямої – осі обертання.** Вони можуть бути *лінійчатими* (твірна – пряма лінія), такі як *конічна* або

циліндрична поверхні обертання і не лінійчатими (утворююча – крива лінія), наприклад, *сферична поверхня*.

При обертанні кожна точка утворюючої описує окружність, площина якої перпендикулярна осі обертання. Такі окружності називаються *паралелями*. Найбільша з паралелей зветься *екватором*, найменша – *горлом*. Лінія на поверхні обертання, яка утворюється при перерізі поверхні площиною, що проходить через вісь обертання, називається *меридіаном*. Фронтальний меридіан називають *головним меридіаном*.

*Конічна поверхня обертання* утворюється обертанням прямої лінії навколо перетинної з нею прямої, що є віссю поверхні (рис. 1.79).

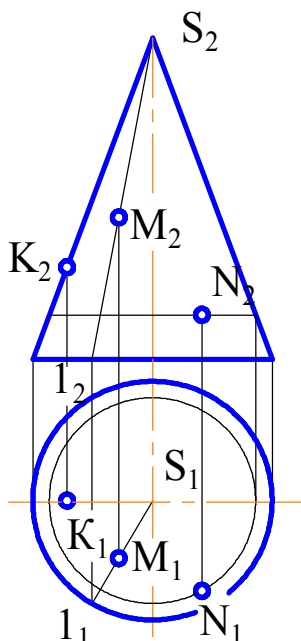


Рис. 1.79

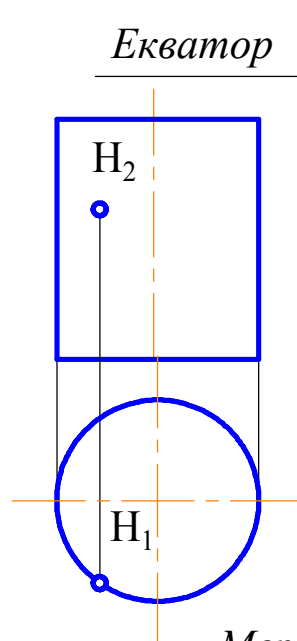


Рис. 1.80

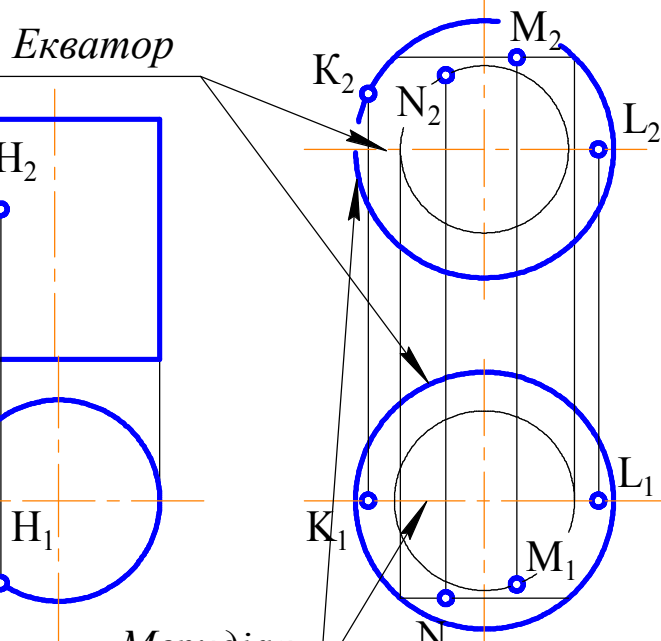


Рис. 1.81

*Циліндрична поверхня обертання* утворюється обертанням прямої лінії навколо осі, що їй паралельна (рис. 1.80).

*Сферична поверхня* утворюється обертанням окружності навколо її діаметра (рис. 1.81).

*Торова поверхня* утворюється обертанням окружності або її дуги навколо осі, що лежить у площині окружності (рис. 1.82).

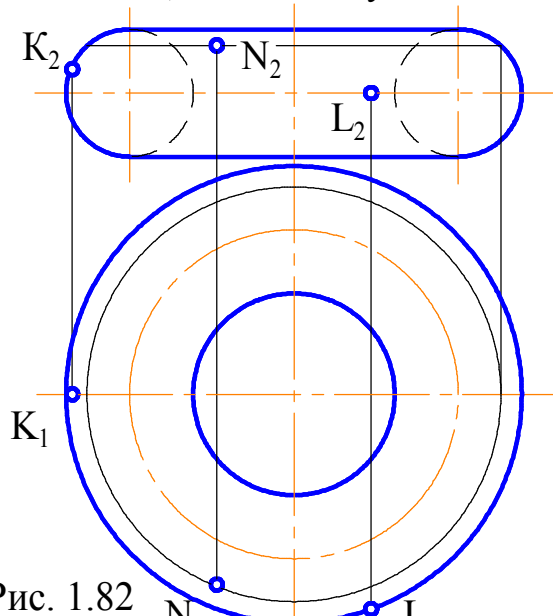


Рис. 1.82

Поверхні обертання можуть бути утворені і іншими кривими другого порядку. У результаті одержують *еліпсоїд обертання*, *параболіод обертання*, *гіперболіод обертання* і т.д.

При роботі із кресленням гранної поверхні або поверхні обертання, доводиться будувати приналежні їм різні лінії. Так як

лінія є сукупністю точок, необхідно вміти будувати точки на цих поверхнях. Будь-яку точку на поверхні найпростіше можна побудувати за допомогою твірної, яка проходить через цю точку. Але можна використовувати і не тільки твірні. **Точка належить поверхні, якщо вона належить лінії цієї поверхні.** Лінія може бути прямою або кривою, але завжди прагнуть до того, щоб ця лінія була найбільш простою (пряма, окружність).

Розглянемо побудову ряду точок на поверхнях. На всіх кресленнях задані фронтальні проекції точок, що лежать на видимій частині поверхні. Якщо точка лежить на лінії, що задає поверхню, побудова її зводиться до знаходження цієї лінії на іншій проекції й фіксації лінією зв'язку відсутньої проекції точки (рис. 1.78, а точка К).

На поверхнях обертання це завдання трохи відрізняється, тому що крайня нарисова лінія на одній проекції не є такою на іншій (рис. 1.79, точка К). Особливо це характерно для сфери й тора, де на головному виді нарисовою лінією служить головний меридіан, а на виді зверху – екватор (для тора ще й горло) (рис. 1.81, 1.82, точки К і L).

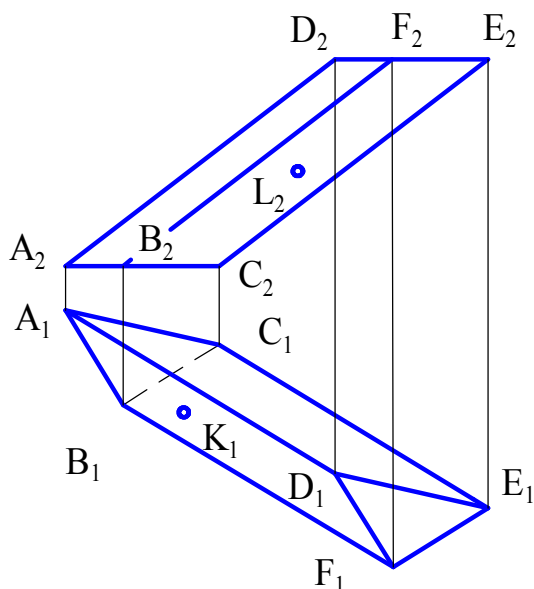
Серед представлених поверхонь лише призматичні й циліндричні поверхні за певних умов можуть бути проєкціуючими. У такому випадку, **будь-яка точка, що лежить на їхній бічній поверхні, проєктується на слід-проєкцію** (рис. 1.78, б, рис. 1.80, точка Н).

На рис. 1.78, а для побудови точки G на виді зверху взята довільна пряма лінія.

На конічній поверхні (рис. 1.79) для побудови горизонтальної проєкції точки M проведена твірна IS, а для точки N – окружність, що розташована горизонтально.

На сфері (рис. 1.81) для побудови точок використані окружності: одна із сімейства, розташованих паралельно екватору (точка M), а друга – меридіану (точка N).

На торі (рис. 1.82) існує сімейство окружностей, паралельних його екватору. За допомогою однієї з них і побудована точка N.



◇ Як утворюються поверхні обертання?

◇ Як побудувати точку, що належить поверхні?

◇ Побудуйте відсутні проєкції точок K і L, що належать, відповідно, граням ABFD і BCEF. Побудуйте проєкції ламаної лінії, що з'єднує ці точки і лежить на поверхні призми. На фронтальній проєкції зображення цих ліній збігаються в одну.

## 1.20 Переріз поверхонь площинами. Розгортки

Площина перерізає поверхню в загальному випадку з деякої плоскої лінії. Для гранної поверхні – це багатокутник (рис. 1.83), вершинами якого є точки перетину січної площини з ребрами, а сторонами – лінії перетину з гранями. Для кривої поверхні це можуть бути плоскі прямі або криві лінії – окружності, еліпси і т.ін., або їхні частини. Залежно від взаємного розташування поверхні й площини, перерізи можуть бути замкнутими й розімкнутими.

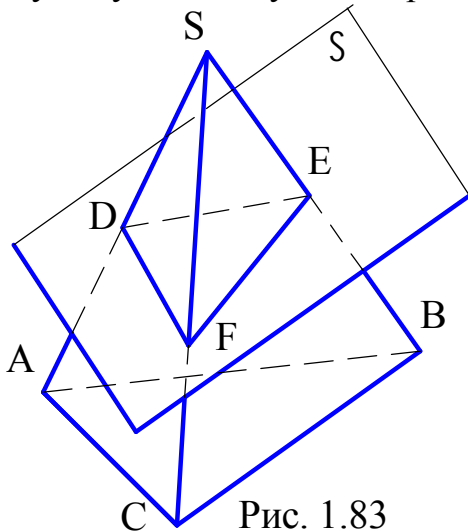


Рис. 1.83

Проекціюванням на додаткову площину креслення завжди можна перетворити так, щоб січна площина стала проєкціуючою, тому нижче, як правило, не розглядаються випадки перерізів поверхонь площинами загального положення.

На рис. 1.84 представлено креслення циліндричної поверхні обертання і січної горизонтально-проєкціуючої площини  $\Delta$ . Вісь поверхні є фронтально-проєкціуючою лінією, і вся поверхня зображується на  $\Pi_2$  у вигляді окружності.

Ця окружність є слідом-проєкцією. Знаючи властивість проєкціуючих елементів, виявляємо проєкції перерізу: на головному зображенні воно збігається з окружністю, а на виді зверху – із слідом-проєкцією січної площини.

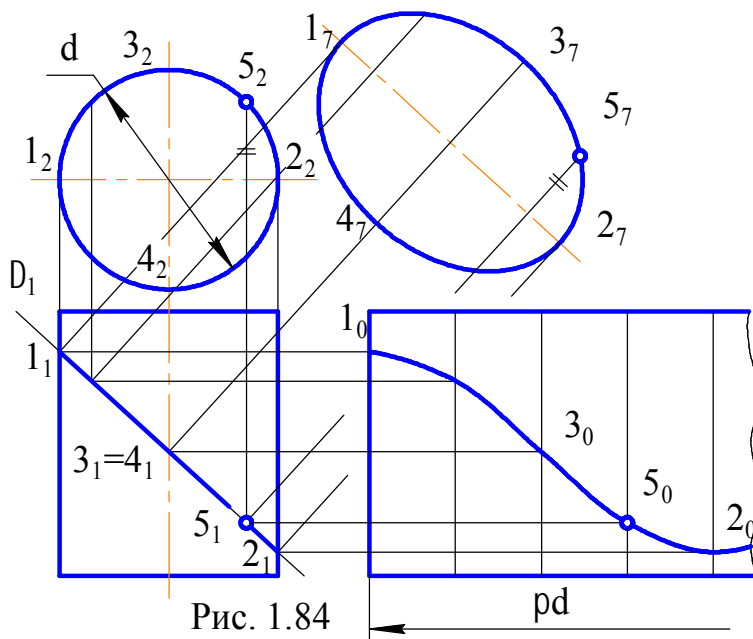


Рис. 1.84

Нагадаємо, що площина може перерізати розглянуту поверхню по **прямим лініям** (площина паралельна осі поверхні), по **окружності** (площина перпендикулярна осі поверхні) і по **еліпсу** (площина розташовується під довільним кутом до поверхні). Істинний вид перерізу – еліпс – одержимо на

додатковій площині проєкцій, що паралельна площині  $\Delta$  і перпендикулярна  $\Pi_1$ .

**Розгорткою називають плоску фігуру, одержувану при сполученні поверхні з площиною.** Циліндрична поверхня обертання, обмежена двома окружностями, розгортається в прямокутник, одна сторона якого дорівнює його висоті (довжині твірної), а друга – довжині окружності. Лінія перерізу на розгортці представляє собою синусоїду.

Похила пірамідальна поверхня на рис. 1.85 обмежена горизон-

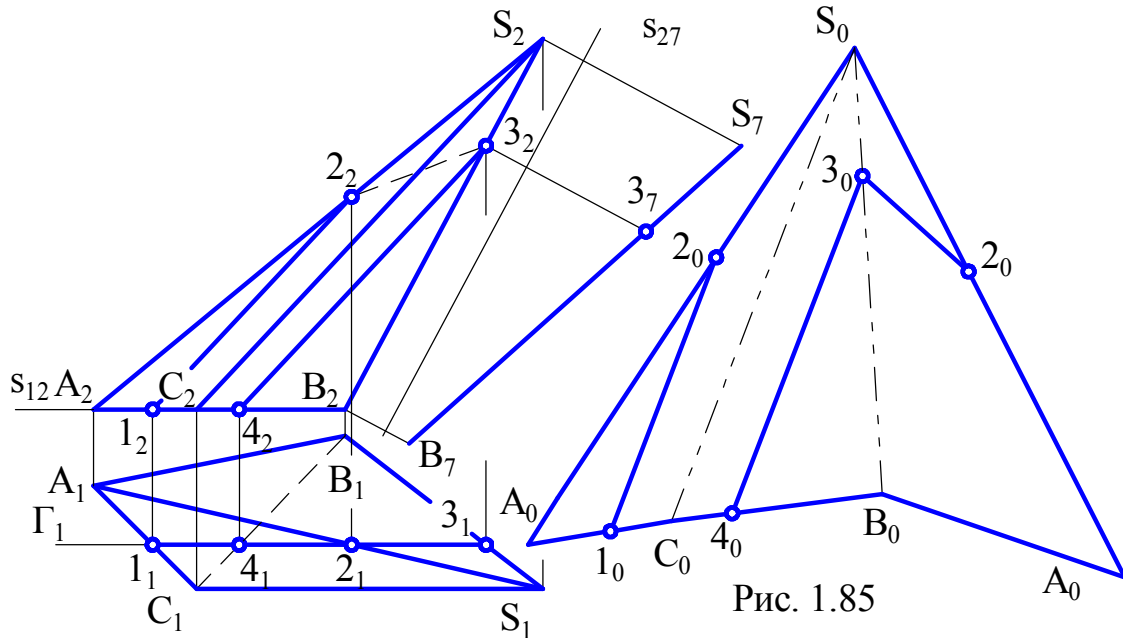


Рис. 1.85

тальними відрізками АВ, ВР, АС, вершиною S і пересічена фронтальною площиною Г. Вид зверху плоского незамкнутого багатокутника перерізу зображується лінією, що збігається зі слідом-проекцією площини, і обмежений по довжині крайніми лініями горизонтальної проекції поверхні. Відзначивши на виді зверху точки перерізу ребер піраміди з площиною Г, будують фронтальні проекції, а, потім, з'єднавши їх прямими з ураху-

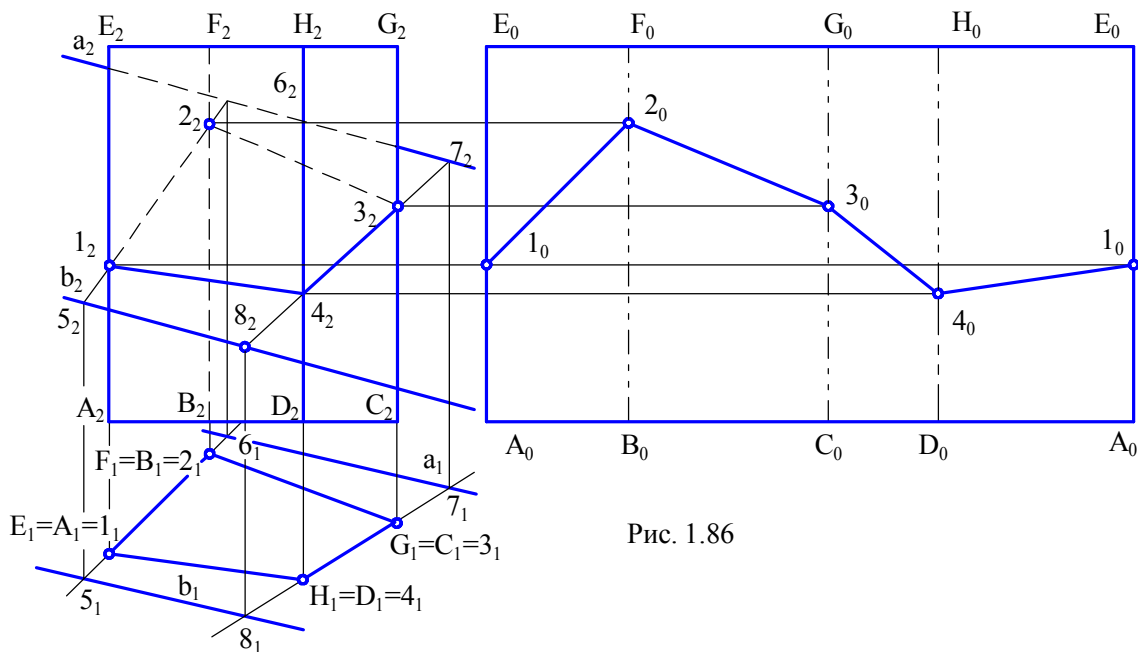


Рис. 1.86

ванням видимості, наносять зображення перерізу на площині проєкцій  $\Pi_2$ . Багатокутник перерізу зображується на цю площину неспотворено.

Розгортку пірамідальної поверхні виконують способом *триангуляції*. Побудова зводиться до багаторазової побудови істинних величин трикутників, із яких складається поверхня, по їхніх сторонах. Тому, попередньо визначають істинну величину ребер піраміди, які займають загальне положення (AS і BS).

На рисунку показана побудова істинної величини одного ребра – BS, із указівкою положення точки Z, що належить перерізу. Положення ліній вигину на розгортці наносять тонкою штрих-пунктирною лінією з двома точками.

На рис. 1.86 представлено креслення прямої чотирикутної призматичної поверхні, з горизонтально-проєкціуючими гранями. Січна площина, що задана двома паралельними прямими  $\Sigma(a, b)$ , є площина загального положення. Горизонтальна проєкція  $1_1 2_1 3_1 4_1$  багатокутника перетину збігається із зображенням призматичної поверхні на площині  $\Pi_1$ .

Фронтальну проєкцію перерізу визначають по її приналежності січній площині  $\Sigma(a, b)$ . Для цього, горизонтальні проєкції  $1_1 2_1$  і  $3_1 4_1$  ліній продовжують до перетину з визначником площини, потім отримані точки знаходять на фронтальній проєкції, проводячи лінії  $5_2 6_2$  і  $7_2 8_2$  і на них, у межах проєкцій граней, виділяють фронтальну проєкцію чотирикутника перерізу.

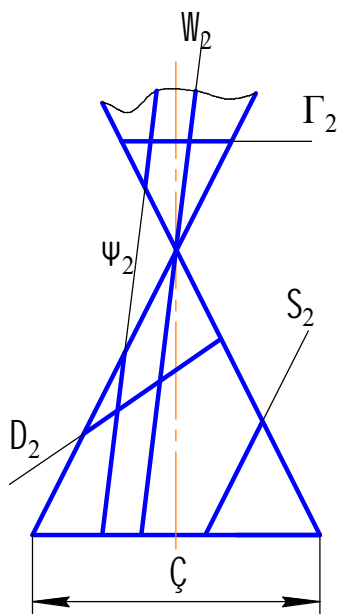


Рис. 1.87

Пряма призматична поверхня, обмежена відрізками прямих АВ, ВС і т.д., перпендикулярних її боковим ребрам, розгортається в прямокутник висотою, рівній висоті цієї поверхні й довжиною, рівній сумарній довжині обмежуючих відрізків. Нанесення на розгортку лінії перерізу зрозуміло з креслення.

Площина може перерізати конічну поверхню по **окружності, еліпсу, параболі, гіперболі** і по **прямолінійним твірним**. На рис. 1.87 наведена фронтальна проєкція конічної поверхні обертання і показані сліди-проєкції січних площин, які дають певний тип перерізу.

Площина  $\Gamma$ , перпендикулярна осі поверхні, розсікає її по окружності; площина  $\Delta$ , що перерізає так само всі утворюючі, але не перпендикулярна осі – по еліпсу; площина  $\Sigma$ , що паралельна одній твірній лінії поверхні – по параболі; площина  $\Psi$ , що паралельна двом твірним, – по гіперболі (містить дві вітки: на нижній і верхній частинах поверхні); площина  $\Omega$ , що проходить через вершину конічної поверхні, – по прямолінійних твірних лініях.

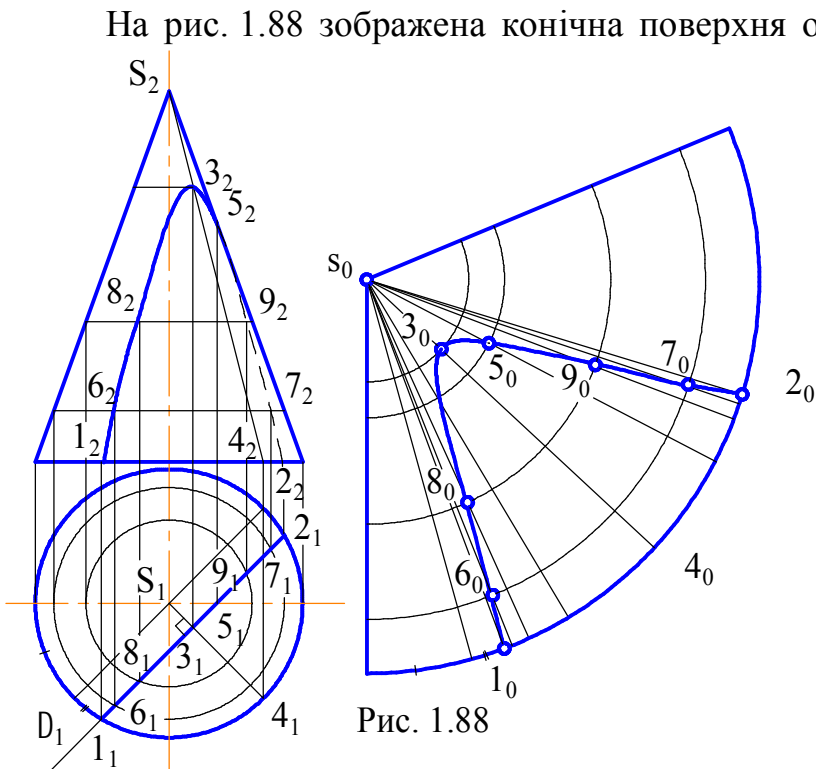


Рис. 1.88

на рис. 1.88 зображена конічна поверхня обертання з вертикальною віссю, що пересічена горизонтально-проекціуючою площиною. Оскільки січна площина стосовно поверхні розташовується паралельно двом твірним (ці утворюючі показані на горизонтальній проекції конуса, вони паралельні сліду-проекції площини  $\Delta_1$ ), то в перерізі

одержують гіперболу, горизонтальна проекція якої збігається зі слідом-проекцією площини.

Побудова фронтальної проекції гіперболи зручно почати з точок 1 і 2 на окружності, що обмежує конічну поверхню. Вершина гіперболи (точка 3) розташовується на твірній конуса  $S_4$ , що на горизонтальній площині проєкцій утворює прямий кут із слідом-проекцією площини  $\Delta$ .

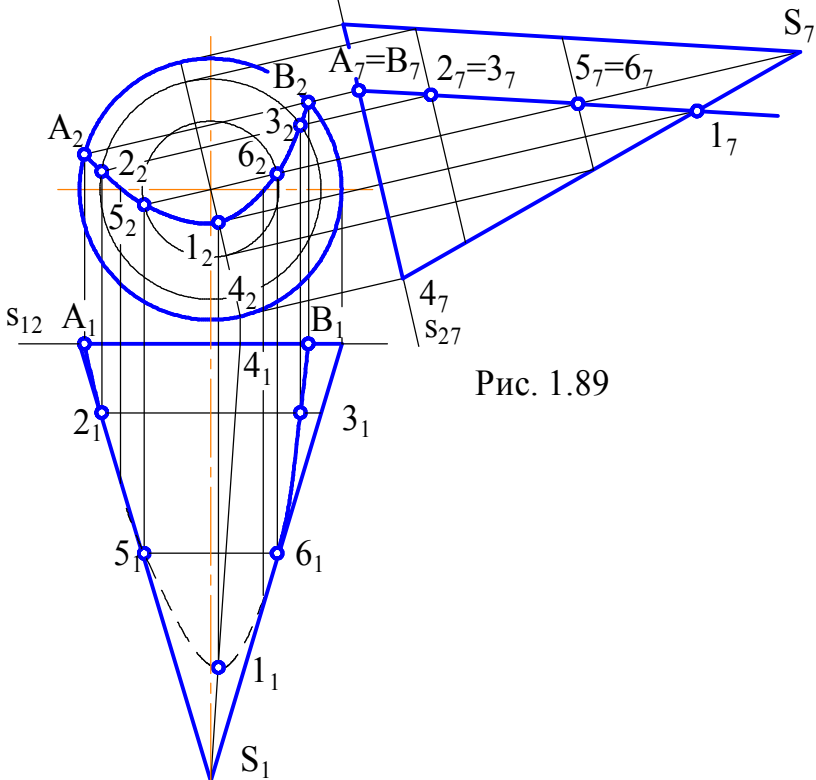


Рис. 1.89

$S_7$  що частково лежить на невидимій. Границею крайній правий твірній

, на конічній поверхні довільного радіуса. На ньому точки 6 і 7, що лежать зв'язку визначають аходять аналогічно. зображена окружністю, фронтальної конуса і з кутом що обмежує поверхню усе сектор, дорівнює йому. Через дві точки А і В, площину, провести площину у відповідному положенні.

Для рішення використаємо додаткову площину проєкцій  $\Pi_7$ , розташувачи її таким чином, щоб лінія, що з'єднує точки А і В, виявилася перпендикулярною до неї. У цьому випадку, січна площина, що проходить через точки, на площині проєкцій  $\Pi_7$  зобразиться слідом-проєкцією, який можна розташувати паралельно крайній твірній конічної поверхні. Вершину параболі знайдемо в точці перетину сліда-проєкції січної площини з другою крайньою твірною  $S_4$  поверхні. Це буде точка 1. Для знаходження проєкцій цієї точки на площинах проєкцій  $\Pi_2$  і  $\Pi_1$ , скористаємося проєкціями твірної  $S_4$  (вони, звичайно, тут уже не будуть крайніми і їх необхідно побудувати).

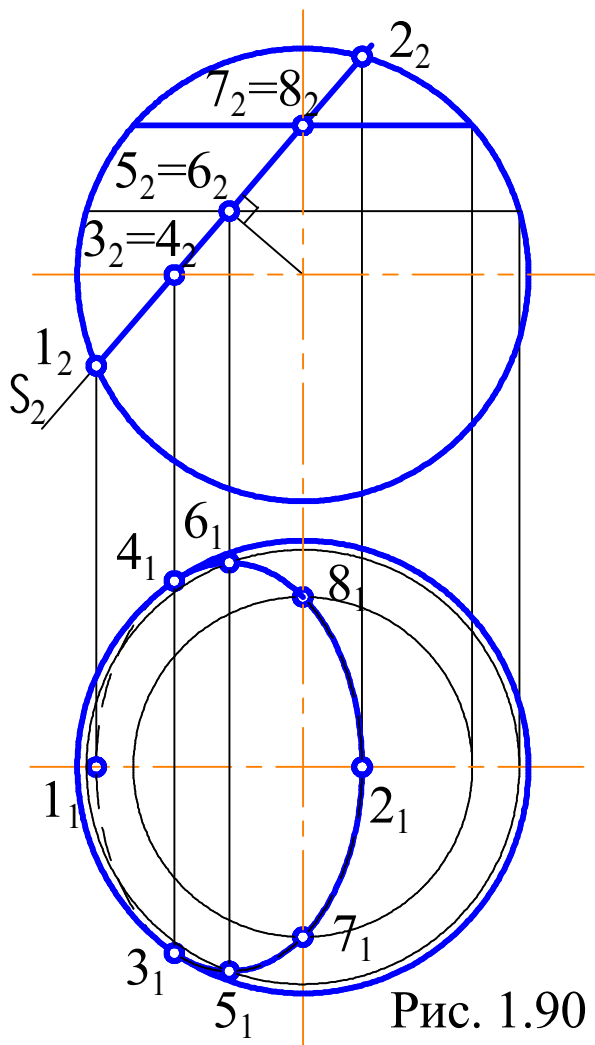


Рис. 1.90

Проміжні точки на параболі можна побудувати аналогічно тому, як це робилося в попереднім завданні, тобто введенням додаткових ліній (окружностей) на поверхні.

При перерізі сферичної поверхні площиною завжди утворюється окружність. Якщо січна площина паралельна площині проєкцій, на цю площину окружність перерізу проєктується без спотворення. Якщо січна площина займає проєкціуюче положення, (рис. 1.90), то одна проєкція перерізу збігається зі слідом-проєкцією, тобто зображується відрізком прямої, довжина якого дорівнює діаметру окружності перерізу, а на іншій площині проєкцій – еліпсом, велика вісь якого (лінія  $5_1 6_1$ ) займає проєкціуюче положення, і також дорівнює діаметру окружності переріза. Довжина малої осі залежить від кута нахилу січної площини. На горизонтальній площині проєкцій еліпс будують по точках. Перетин частково розташований під екватором сфери, тому частина еліпса між точками  $3_1 1_1 4_1$  невидима.

◇ Як будується лінія перерізу поверхні площиною?

◇ Які лінії можуть бути отримані при перерізі циліндричної, конічної і сферичної поверхонь площинами?



## 1.21 Взаємний перетин поверхонь.

Лінія перетину поверхонь у загальному випадку представляє собою просторову криву. Але в різних випадках ця просторова крива може містити частини плоских кривих і ламані лінії, якщо у взаємному перетині, приміром, беруть участь гранні і криві поверхні. У деяких випадках крива лінія перетину може розпадатися на частини.

Зона накладення

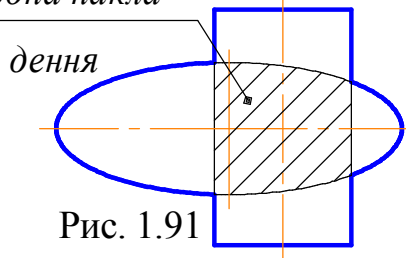


Рис. 1.91

На кресленні проекції просторової лінії перетину будують звичайно, за допомогою окремих точок, знаходячи спочатку опорні, які дозволяють бачити характер лінії перерізу, (найвища, найнижча, перетин контурних ліній або ребер і т.ін.), а потім довільні точки, що уточнюють положення цієї лінії. Важливим є те, що

проекції лінії перетину завжди розташовуються в межах зони накладення однойменних проекцій пересічних поверхонь (рис. 1.91).

Виділимо кілька випадків розташування поверхонь стосовно площин проекцій.

1. Обидві поверхні займають проекціуюче положення. На рис. 1.92 показана побудова лінії перетину двох циліндричних поверхонь, одна з яких горизонтально-проекціуюча, а друга фронтально-проекціуюча. У техніці це відповідає типовим випадкам "урізання"

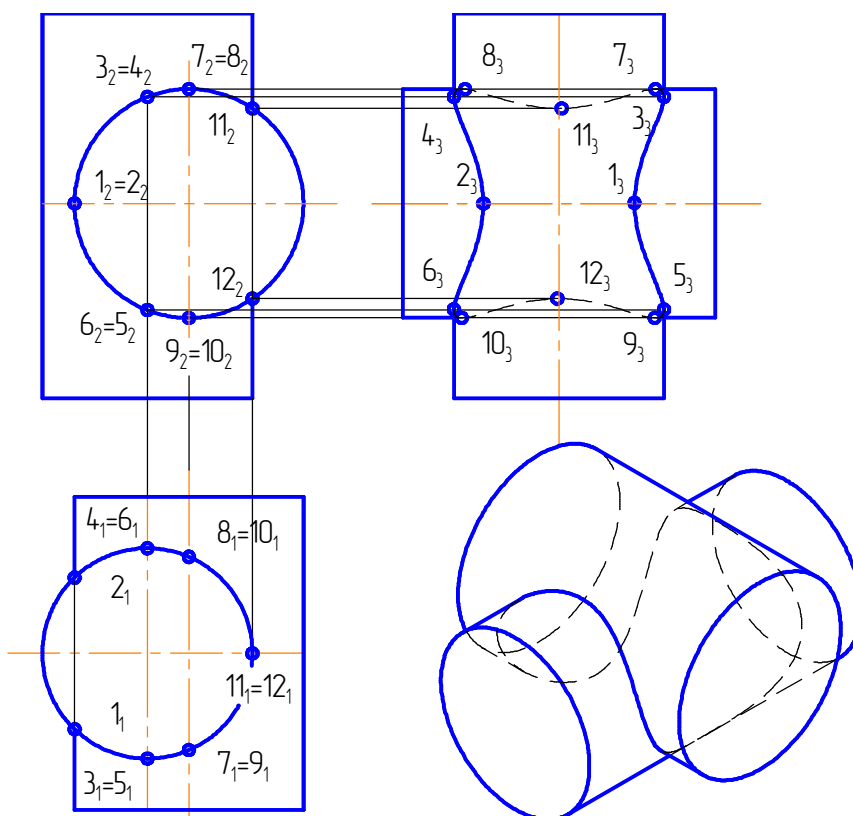


Рис. 1.92

(з'єднання) двох трубопроводів, осі яких розташовуються під прямим кутом одна до одної. Горизонтальна й фронтальна проекції лінії перети-

ну збігаються зі слідами-проекціями поверхонь, тобто з окружностями, але займають їх не повністю, а тільки в зоні накладення проєкцій.

Відзначимо кілька особливих точок, виділимо їхні проєкції і побудуємо їх на виді ліворуч, де проєкція лінії перерізу не збігається з

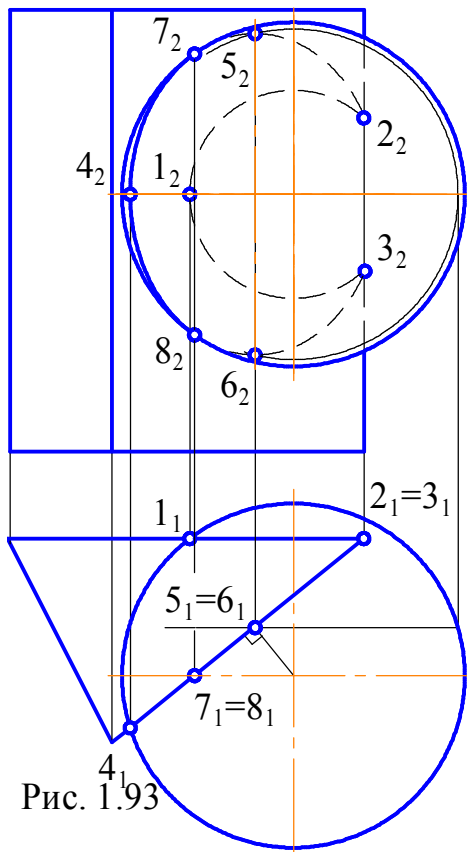


Рис. 1.93

якими-небудь іншими лініями. Точки 1 і 2 лежать на крайній лівій твірній проєкціуючої поверхні, точки 7, 8 і 9, 10 – на верхній і нижній твірній тієї ж поверхні, 3, 5 і 4, 6 – на передній і задній твірній горизонтально-проєкціуючої поверхні, і останні особливі точки – 11 і 12 – на правій крайній твірній цієї поверхні. Отримані проєкції точок на виді зліва з'єднуємо плавною лінією з урахуванням її видимості.

2. Одна з поверхонь займає проєкціуюче положення, а друга ні. Це найпоширеніший тип завдань, що зустрічаються в інженерній практиці.

На рис. 1.93 показана побудова лінії перетину призматичної і сферичної поверхонь. По виду поверхонь можна заздалегідь представити характер лінії перетину: вона складається із двох плоских частин – окружностей, які утворю-

ються в результаті перетину двох граней призматичної поверхні зі сферою. З'єднуються вони між собою у двох точках 2 і 3 перетину ребра призматичної поверхні зі сферою.

Призматична поверхня займає горизонтально-проєкціуюче положення, тому, на виді зверху проєкція лінії перетину збігається з проєкціями граней у границях зони накладення зображень, а на виді спереду – частиною окружності (задня грань займає фронтальне положення) і частиною еліпса.

Для побудови фронтальної проєкції окружності, на  $\Pi_1$  необхідно відзначити крайню точку 1, перетину задньої грані з екватором сфери, замірити радіус окружності і провести дугу, обмеживши її точками 2 і 3 на правій границі зони накладення проєкцій. Для побудови еліпса, крім згаданих точок 2 і 3, використані особливі точки: 4 – крайня ліва точка перетину, яка розташована на екваторі, точки 7 і 8, що лежать на головному меридіані сфери і точки 5 і 6, що визначають положення й величину великої осі еліпса.

Знаходження останніх двох точок вимагає побудов: через їхні горизонтальні проєкції проведена окружність, яка паралельна площині

$\Pi_2$ . Фронтальні проекції точок визначають на перетині цієї окружності з вертикальною лінією зв'язку. Додаткові точки для збільшення точності побудов, при необхідності, можна знайти таким само способом.

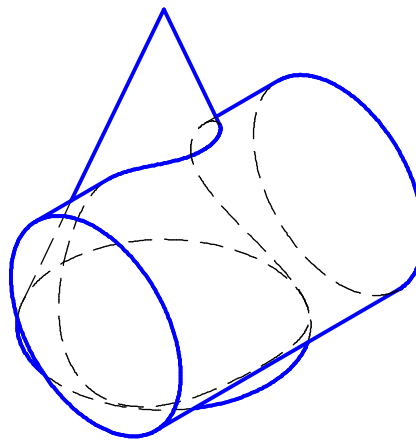
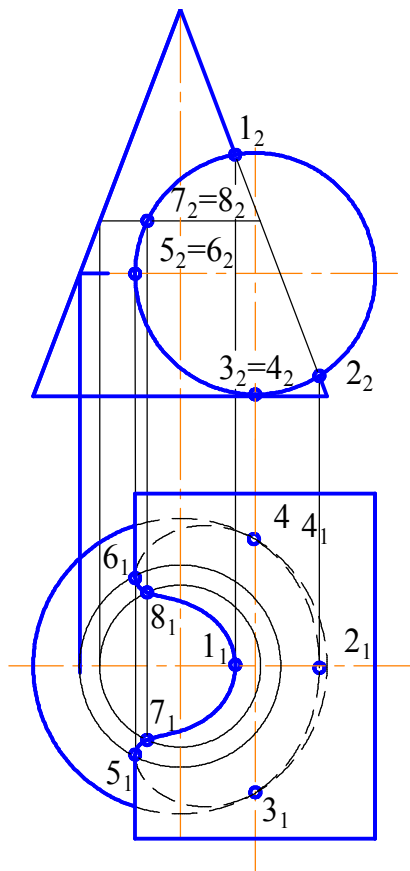


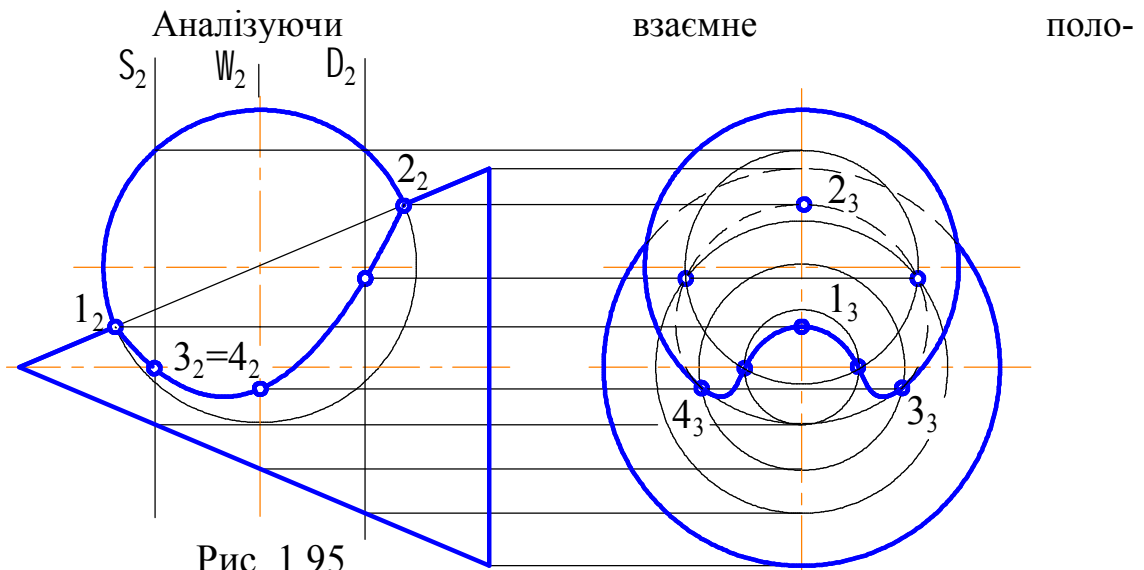
Рис. 1.94

особливі точки, що належать до цієї лінії: точки 1 і 2 лежать на крайній правій твірній конуса, 3 і 4 – на лінії, що обмежує конічну поверхню. Положення цих ліній на горизонтальній площині проєкцій відомо, тому побудова перерахованих точок зводиться до проведення вертикальних ліній зв'язку. Для знаходження точок 5 і 6, що лежать на лівій крайній твірній циліндричної поверхні, через їхні фронтальні проєкції на конічній поверхні проводять окружність, визначають її радіус і будують на площині  $\Pi_1$ . Точки будуть перебувати на перетині вертикальної лінії зв'язку з цією окружністю. Будь-які проміжні точки, включаючи показані 7 і 8, одержують у такий само спосіб.

Розглянемо більше складний випадок перетину, коли обидві поверхні (конічна й сферична) займають загальне положення (рис. 1.95).

Розглянемо ще один приклад. На рис. 1.94 задані конічна й циліндрична поверхні обертання, осі яких – мимобіжні і взаємно перпендикулярні. Поверхня циліндра проєкціююча, отже, на фронтальній площині проєкцій лінія перерізу буде збігатися зі слідом-проєкцією цієї поверхні.

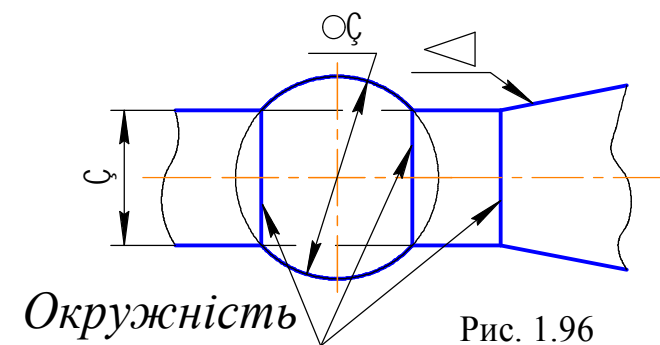
Для побудови горизонтальної проєкції лінії перетину виділимо



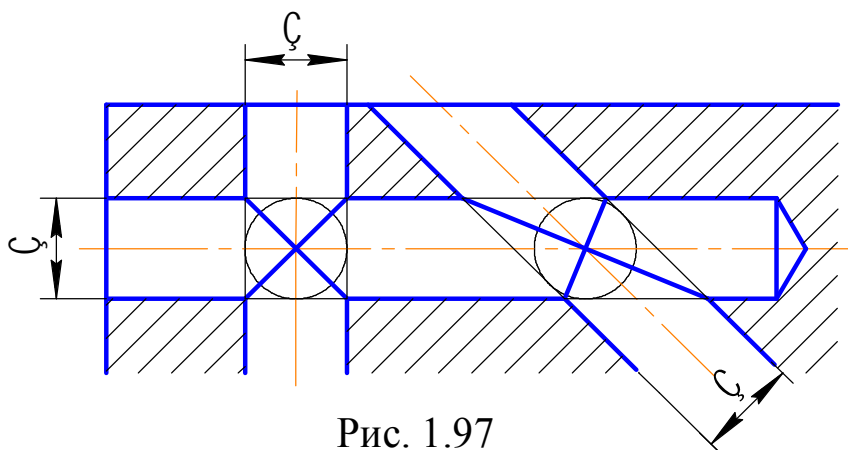
же

поверхонь, дійдемо висновку, що оскільки центр сфери розташовується в площині симетрії конуса і ця площина розташовується паралельно площині проєкцій  $\Pi_2$ , лінія взаємного перетину поверхонь на горизонтальній площині проєкцій буде так само мати вісь симетрії, а на фронтальній – її видима і не видима частини будуть збігатися. Не важко знайти крайні ліву і праву точки лінії перетину (точки 1 і 2), тому що головний меридіан сфери і крайня твірна конусу лежать в одній фронтальній площині, й, отже, перетинаються між собою.

Проміжні точки лінії перерізу можна знайти, вводючи допоміжні січні площини особливого положення. У якості таких прийняті профільні площини  $\Sigma$ ,  $\Omega$  і  $\Delta$ , тому що наведені на кресленні поверхні во-



ни перетинають по простих лініях. Кожна з узятих допоміжних площин перетинає конус і сферу по окружностях. Ці окружності у свою чергу перетинаючись між собою, дають дві точки, що належать лінії взаємного перетину поверхонь. Площини  $\Sigma$ , і  $\Delta$  узяті на однаковій відстані від центра сферичної поверхні, що дозволило скоротити кількість ліній побудови.



Слід зазначити випадки побудови ліній *перетину співвісних поверхонь обертання*. Таке завдання дуже часто зустрічається на практиці при конструюванні внутрішніх і зовнішніх форм деталей. **Співвісними поверхнями називають поверхні, що мають загальну вісь обертання.** На рис. 1.96 показаний перетин трьох співвісних поверхонь: циліндра, конуса й сфери. Їхньою загальною віссю є профільно-проекціуюча пряма.

Співвісні поверхні обертання завжди перетинаються по окружностях, площини яких перпендикулярні осі обертання. Таких окружностей буде стільки, скільки існує точок перетину нарисових ліній поверхонь.

У цьому випадку можна скористатися теоремою, що (трохи спрощуючи) можна викласти в такий спосіб: **якщо дві поверхні обертання**

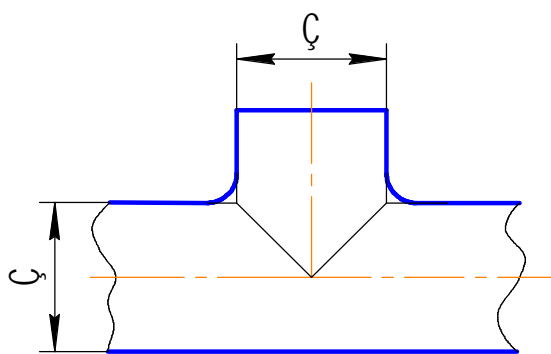


Рис. 1.98

**можна описати навколо однієї сфери, то вони перетинаються між собою по плоских кривих.** За певних умов розташування поверхонь (наприклад, якщо їхні осі паралельні площині проєкцій), ці плоскі криві на кресленні зображуються у відрізки прямих ліній, що істотно полегшує побудови (рис. 1.97).

У конструкціях деталей при перетині поверхонь використовують поверхню, (найчастіше торову), що здійснює плавний перехід від однієї поверхні до іншої (рис. 1.98). У цих випадках, замість лінії перетину основних поверхонь, проводять умовну лінію, що називається лінією переходу. Вона виконується тонкою суцільною лінією і закінчується в точках перетину нарисових ліній основних поверхонь.

◇ Як будують лінію перетину двох поверхонь, якщо одна з них займає проєкціуюче положення?

◇ По яких лініях перетинаються співвісні поверхні обертання?

## РОЗДІЛ 2. КРЕСЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ

У результаті вивчення розділу студент повинен уміти представляти в просторі і зображувати на кресленнях геометричні тіла і їхні сполучення, а так само наносити необхідні розміри.

### 2.1 Геометричні тіла

**Геометричним тілом називають частину простору обмежену сукупністю поверхонь і площин.** Необхідною умовою існування геометричного тіла є відсутність розривів між утворюючими це тіло елементами. Вважається, що геометричні тіла заповнені деяким матеріалом, тому, при умовних розсіченнях їх прийнято штрихувати як штрихують метал – тонкими суцільними лініями з нахилом уліво або вправо під кутом  $45^\circ$  до горизонту.

Серед геометричних тіл є багатогранники, обмежені тільки плоскими багатокутниками, а так само велика кількість інших видів, що включають як поверхні, так і площини в різних сполученнях. Є поверхні, які без яких-небудь доповнень відносяться до геометричних тіл, тому що вони обмежують деякий обсяг простору. Найвідомішими є сфера, тор, еліпсоїд обертання і т.ін.

Типовими представниками багатогранників, в основі яких лежать пірамідальні й призматичні поверхні, є піраміди й призми.

*Піраміда*-багатогранник, у підставі якого лежить багатокутник, а бічні грані – трикутники із загальною вершиною.

*Призма* – багатогранник, у якого підстави – два однакових і взаємно паралельних багатокутники, а бічні грані – паралелограми. Якщо ребра призми перпендикулярні площинам підстави, то її називають прямою, якщо ні, то – похилою.

Площини, що створюють багатогранник, перетинаючись між собою, дають ребра й вершини багатогранника. Сукупність ребер і вершин прийнято називати *сіткою* багатогранника. Зображення багатогранника на кресленні зводиться до зображення його сітки.

Геометричні тіла, що включають поверхні, зображуються на кресленні крайніми (нарисовими) лініями. Якщо це поверхня обертання, то на її зображеннях обов'язкова присутність проєкцій осей обертання.

Прямі кругові циліндр і конус утворюються з відповідних поверхонь обертання

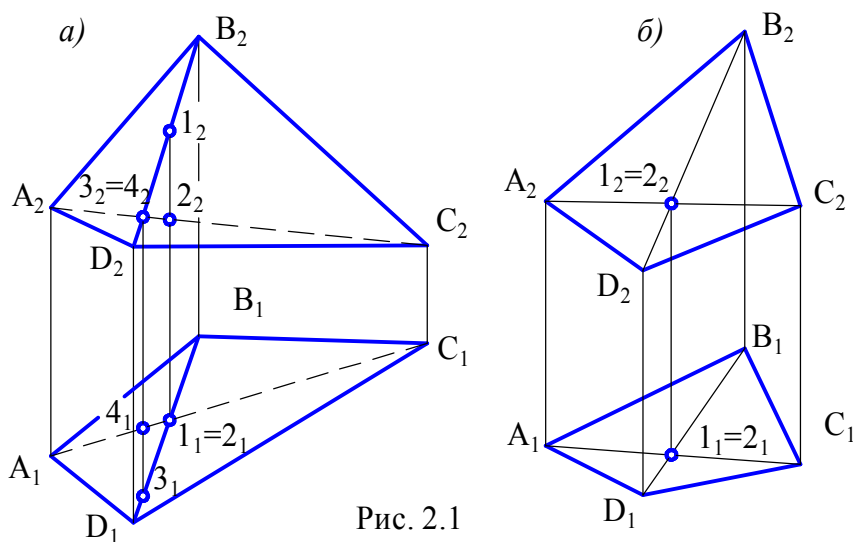


Рис. 2.1

із залученням площин, перпендикулярних осей обертання. Ці площини носять назву підстав. Циліндр має дві підстави, а конус – одну, а також вершину. Усічений конус має дві підстави.

При зоб-

раженнях геометричних тіл часто виникає необхідність у перевірці на кресленні наявності об'єму тіла й визначення видимості окремих його елементів. Рішення таких завдань розглянемо на прикладі багатогранника (рис. 2.1).

У загальному випадку проекція багатогранника на площину представляє багатокутник у середині якого можуть бути (або не бути) відрізки прямих. Якщо вершини багатогранника позначені буквами (символізоване креслення), то двох проекцій досить для визначення взаємного положення його елементів, а так само їхнього положення щодо площин проекцій.

Виберемо дві конкуруючі точки, що лежать на ребрах  $DB$  і  $AC$ , проекції яких збігаються на площині  $\Pi_1$  (рис. 2.1, *a*). На фронтальній площині проекцій точка 1 розташовується вище точки 2, отже, ребро  $DB$ , якому належить точка 1, на площині  $\Pi_1$  буде видимим. У такий само спосіб визначається видимість на площині  $\Pi_2$ . Збіг точок, що лежать на різних ребрах (рис. 2.1, *b*), говорить про те, що на кресленні замість багатогранника присутній плоский багатокутник.

При перерізах геометричних тіл площинами одержують *замкнуту* плоску фігуру, тому що в перетинах можуть брати участь площини й поверхні, що становлять поверхню цього тіла.

На рис. 2.2 показана побудова лінії перерізу прямого кругового конуса із фронтальною підставою, горизонтально-проекціуючою пло-

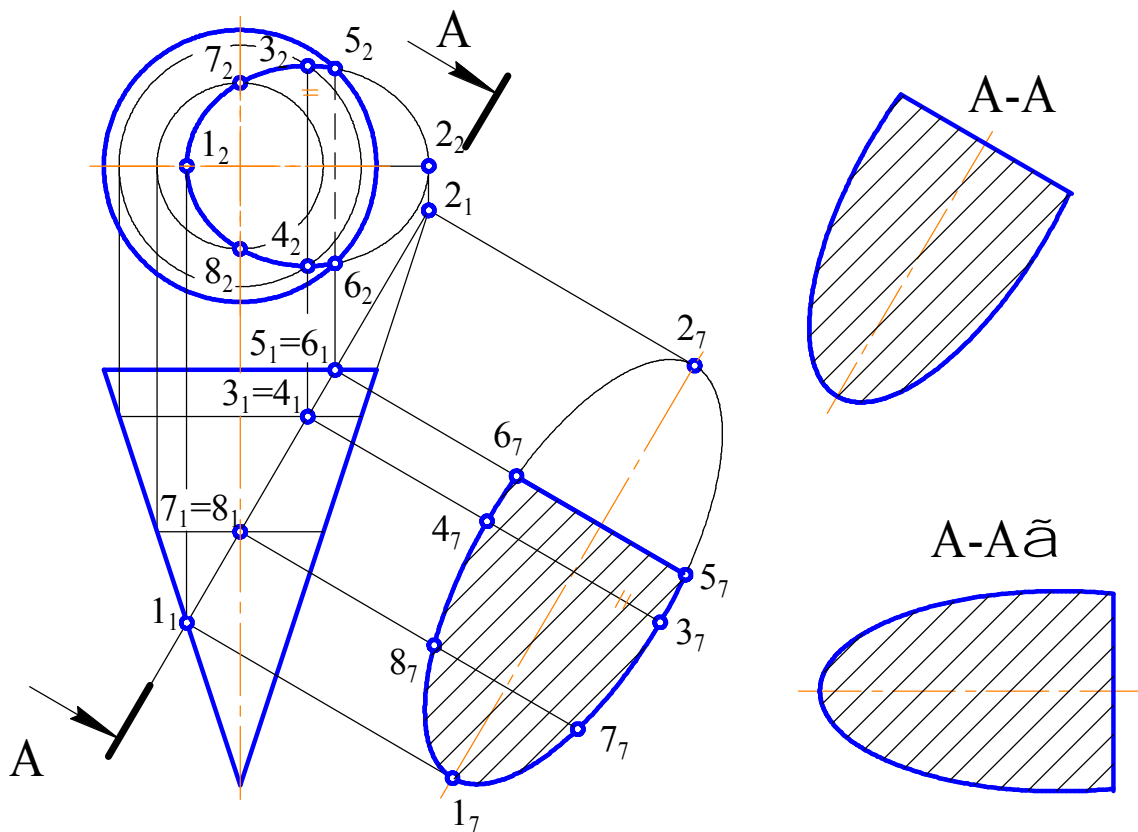


Рис. 2.2

щиною. Попутно введемо позначення розташування слідів-проекцій січної площини, прийняте на виробничих кресленнях. Це два штрихи

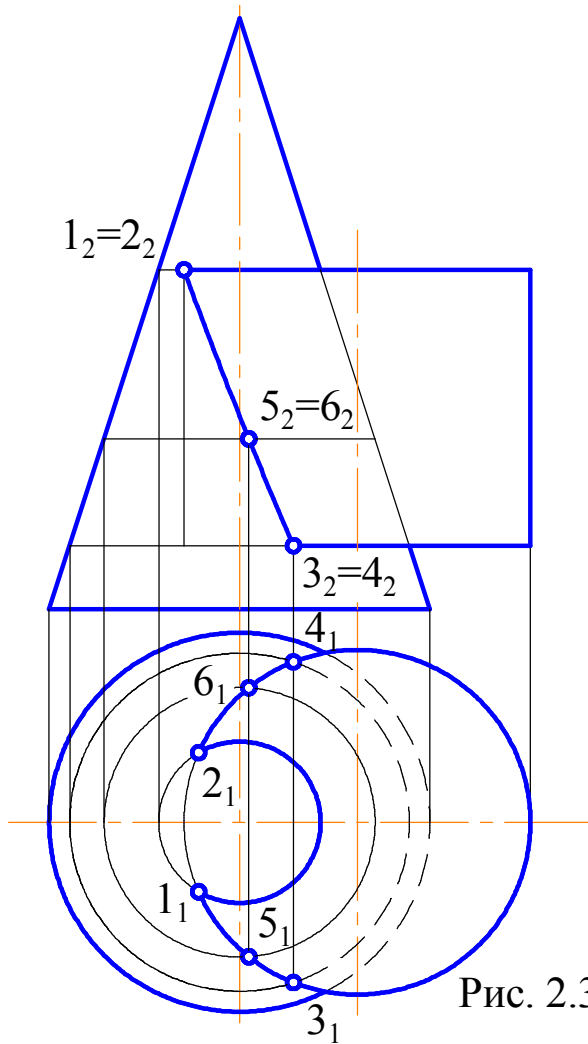


Рис. 2.3

*розімкнутої лінії* й стрілки, розташовані перпендикулярно цим штрихам, що вказують напрямок погляду при проектуванні. Позначають січну площину, а так само отриманий переріз, прописними літерами українського алфавіту. Незалежно від розташування січної площини ці літери розташовують горизонтально.

Переріз представляє плоску замкнуту фігуру, обмежену частиною еліпса і відрізком прямої. Він побудований за допомогою опорних точок, що належать січній площині, поверхні конуса й площині його підстави. Для зручності побудов узятa точка 2. Вона не належить перетину, але визначає величину великої осі еліпса. Мала вісь (3, 4) розташована посередині великої осі під кутом  $90^\circ$  до неї. Вимір висот для побудови точок

на перетині проводилось від горизонтальної осі симетрії фронтальної проекції конуса.

Перерізи широко використовуються на виробничих кресленнях, найчастіше для пояснення форми окремих елементів деталі. **Перерізом називають зображення фігури, одержуваної при уявному розсіченні предмета однієї або декількома площинами.**

Переріз може бути повернений стосовно розташування січної площини. Повертають його на кут менший  $90^\circ$ , так щоб вісь розташовувалася горизонтально, і напис при цьому супроводжується особливим значком.

В утворенні лінії взаємного перетину геометричних тіл можуть брати участь всі елементи, що створюють ці тіла. Так, на рис. 2.3 бічна поверхня прямого кругового конуса перетинається не тільки з бічною поверхнею прямого кругового циліндра, але й з двома його підставами, що займають горизонтальне положення. Тому, аналізуючи розташування й характер лінії перетину, варто врахувати, що частина її горизонтальної



проекції (ділянки  $1_1 5_1 3_1$  і  $2_1 6_1 4_1$ ) лежить на сліди-проекції циліндричної поверхні. На фронтальній площині проєкцій так само є ділянки, що збігаються зі слідами-проекціями площин підстав циліндра. На площину  $\Pi_1$  вони проєктуються неспотворено, дугами окружностей. Аналіз вимагає глибокого засвоєння навчального матеріалу глави 1.

Ще один приклад побудови проєкцій лінії взаємного перетину

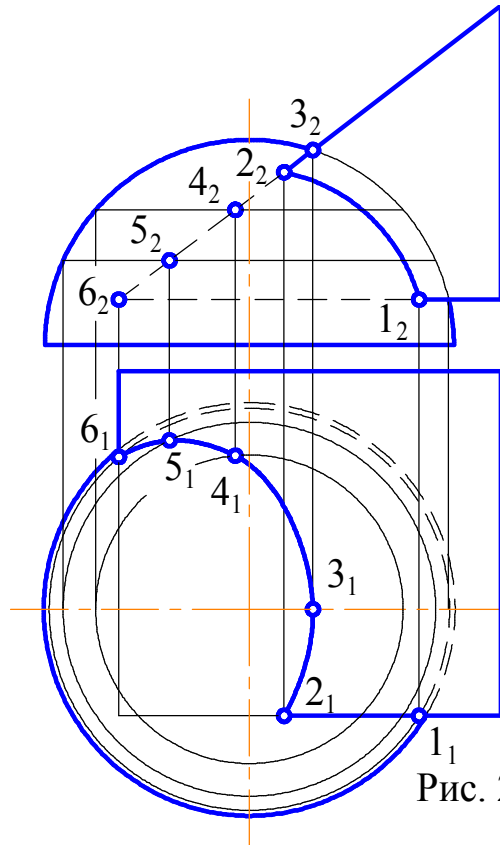


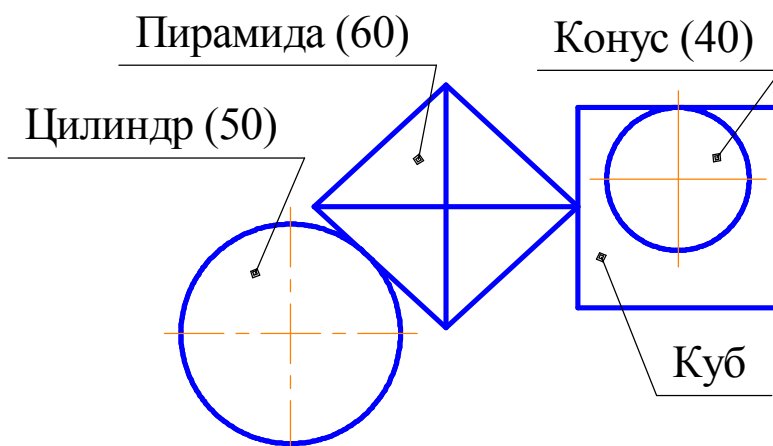
Рис. 2.4

геометричних тіл (рис. 2.4).

Одне геометричне тіло представляє собою пряму призму, підставами якої є прямокутні трикутники фронтального положення. Другим геометричним тілом є півсфера. Лінія взаємного перетину складається з декількох дуг окружностей: переріз сферичної поверхні з фронтально-проєкціуючою гранню (на  $\Pi_1$  зображується части-

ною еліпса), з горизонтальною гранню (частина окружності, що проєктується неспотворено на  $\Pi_1$ ) і з фронтальною гранню (частина окружності, що неспотворено проєктується на  $\Pi_2$ ).

◇ На рисунку представлено вид зверху групи геометричних тіл.



Висота кожного тіла (у міліметрах) задана на кресленні в дужках. Циліндр, піраміда й куб своїми підставами розташовані на горизонтальній площині проєкцій. Конус стоїть на кубі. Побудувати види

спереду й справа цієї групи тіл, урахувати видимість.

## 2.2 Вибір зображень на кресленні

Не зважаючи на те, що розгляд змісту теми проводиться на найпростіших геометричних тілах, отримані висновки стосуються предметів будь-якої форми.

Використовуючи апарат проектування, можна призначити будь-які

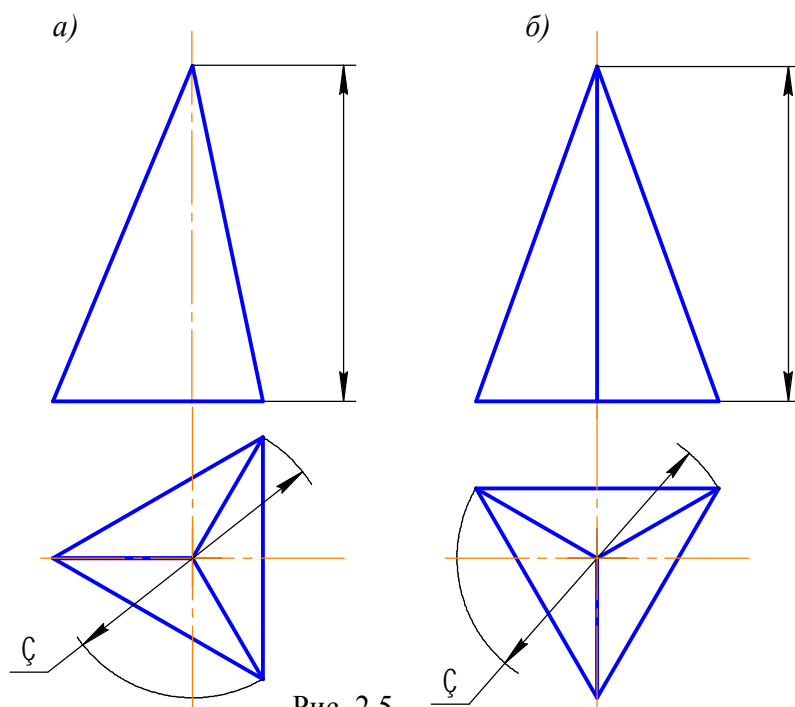


Рис. 2.5

напрямки погляду на предмет і одержати в загальному випадку необмежену кількість його зображень. Які з цих зображень необхідні для створення креслення? Якою їхньою кількістю треба обмежитися? Рішення цих питань представляє серйозну проблему.

Сутність проблеми розглянемо на прикладі. На рис. 2.5 наведені два варіанти

зображень багатогранника. По зображеннях можна однозначно встановити його форму – піраміда, у підставі якої лежить правильний трикутник. Є можливість задати розміри висоти й діаметра окружності, описаної навколо підстави. Цих розмірів досить для побудови зображень піраміди й варіанти можна вважати рівноцінними. Студенти часто віддають перевагу рис. 2.5, б, мотивуючи тим, що зображення на цьому кресленні містять більшу кількість ліній. Очевидно, тут без уваги виявляється питання: для чого призначено креслення?

Креслення призначене для того, щоб представити форму піраміди, а потім виготовити її по наявних розмірах. У такому випадку розмір висоти необхідно замінити кутом нахилу бічної грані до підстави. Цей розмір значно спрощує виготовлення піраміди, а вказати його можна лише на кресленні (рис. 2.5, а). Тут же без спотворення проектується величина бічного ребра, його кут нахилу до площини підстави, висота бічної грані. Це дозволяє, не прибігаючи до додаткових перетворень креслення, побудувати, приміром, розгортку піраміди.

Таким чином, сукупність зображень предмета, прийнята на кресленні, впливає на можливість постановки того або іншого розміру,

тому що його можна нанести тільки на неспотворений проектуванням елемент цього предмета.

**Кількість розмірів на кресленні предмета є величина постійна і залежить тільки від його конструкції, але, залежно від умов виготовлення й роботи, розміри можуть бути призначені різні. Не знаючи заздалегідь, які розміри можуть знадобитися, керуються правилом: зображення на кресленні повинні бути обрані так, щоб вони давали можливість нанести максимальну кількість розмірів.**

Орієнтирами для вибору таких зображень якого-небудь предмета повинне бути наступне:

а) будь-який відсік площини в складі поверхні предмета повинен бути показаний неспотворено;

б) на кресленні повинен бути присутнім слід-проекція цього відсіку;

в) осі поверхонь обертання повинні займати особливе положення.

Одночасно з вибором необхідних зображень для креслення предмета, вирішується і питання про їхню кількість. Скористаємося наступним правилом: **Кількість зображень у сукупності з умовними знаками, умовними зображеннями, позначеннями і написами, передбаченими відповідними стандартами, повинне бути найменшим, але забезпечувати повне відображення форми предмета і однозначне його прочитання.**

Відволікаючись на цьому етапі від позначень, знаків і написів, відзначимо, що таке правило прийняте з метою усунення повторюваної

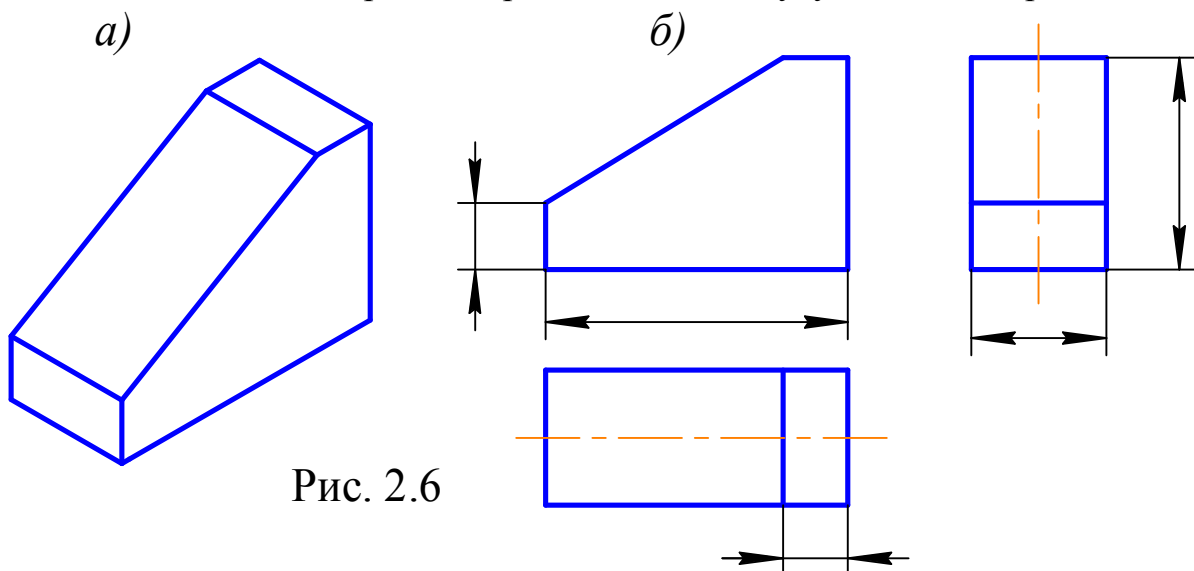


Рис. 2.6

інформації, тому що в пусту затрачається час на її креслення, утрудняється відтворення форми предмета, виникають помилки й різночитання. Повністю уникнути наявності на кресленні подібної інформації неможливо – надмірність закладена в суті самої природи

проектування на кілька площин проєкцій, але прагнути до цього необхідно.

Як приклад, виберемо кількість зображень, необхідних для передачі форми геометричного тіла, в основі якого лежить пряма призматична поверхня. Назвемо його клин (рис. 2.6, *a*).

Керуючись раніше наведеними орієнтирами й компактністю креслення, головне зображення виберемо так, щоб на ньому неспотворено проєкціювалися п'ятикутні грані клина. Тут же слідами-проєкціями зображуються більшість його граней. Вид зверху необхідний для показу неспотвореної форми верхньої й нижньої граней. Вид ліворуч – лівої й правої граней, а так само розташування слідів-проєкцій передньої й задньої граней. Натуральний вид похилої фронтально-проєкціуючої площини клина можна показати лише на додатковій площині проєкцій, що їй паралельна. У розглянутому випадку форма цієї площини клина може бути представлена й визначені розміри на наявних зображеннях (на видах зверху й зліва неспотворені дві сторони цього багатокутника і прямі кути, а на головному зображенні – дві інші сторони).

Таким чином, для розглянутого геометричного тіла необхідно три зображення (рис. 2.6, *б*). Чи можна зменшити їхню кількість до двох, обмежившись, приміром, лише головним зображенням і видом зверху? Ні, не можна. Це не символізоване креслення й грані клина, які лежать у профільних площинах, на зображеннях, що залишилися, не будуть читатися однозначно. Аргумент про те, що всі розміри клина можна вказати на двох зображеннях не дійсний, тому що в цьому випадку на геометричному тілі є елементи, розміри між якими можна не вказувати, але показати їхнє взаємне розташування необхідно обов'язково. Мова йде про показ прямих кутів між передньою (задньою) і нижньою (верхньою) гранями клина. По такій само причині не можна відмовитися від виду зверху, де неспотворено зображуються прямі кути між іншими гранями.

Тут доречно нагадати правило про те, що розташування елементів визначається безпосередньо зображенням предмета на кресленні без указівок числових значень розмірів у наступних випадках:

- лінійний розмір дорівнює нулю (вимоги співвісності, симетричності, сполучення елементів в одній площині);
- кутовий розмір дорівнює нулю або  $180^\circ$  (вимога паралельності);
- кутовий розмір дорівнює  $90^\circ$  (вимога перпендикулярності).

Сформулюємо ще раз підсумкове правило цього розділу: **креслення повинно бути виконано так, щоб воно могло, при повній ясності форми, дати метричну визначеність всім елементам зображеного предмета.**

◇ Якими критеріями варто користуватися при виборі зображень предмета?

## 2.3 Креслення моделей

Деталі, що реально існують у різних механізмах, по своїй конструкції можуть мати складні зовнішні й внутрішні форми, дрібні конструктивні елементи, великі розміри, вагу і т.д. Вони не підходять для первісних етапів навчання зображенню на кресленнях об'ємних предметів, тому їх заміняють *моделями*.

**Моделлю в інженерній графіці називають сполучення геометричних тіл, що спрощено відтворюють форму якої-небудь деталі і придатну для використання при навчанні.** Кожна модель створюється

для рішення певного класу навчальних завдань. Моделі виконують із матеріалу (метал, дерево, пінопласт), але вони можуть бути задані й малюнком, кресленням, словесним описом і т.д.

Пристаючи до роботи з моделями варто пам'ятати, що в моделі відсутня границя між дотичними поверхнями геометричних тіл. Тому на кресленнях моделей розрізи й перерізи штрихуються без яких-небудь розмежувальних ліній.

Простежимо процес створення моделі (рис. 2.7) шляхом **об'єднання** в одне ціле декількох простих геометричних тіл і надалі використаємо цю модель для нане-

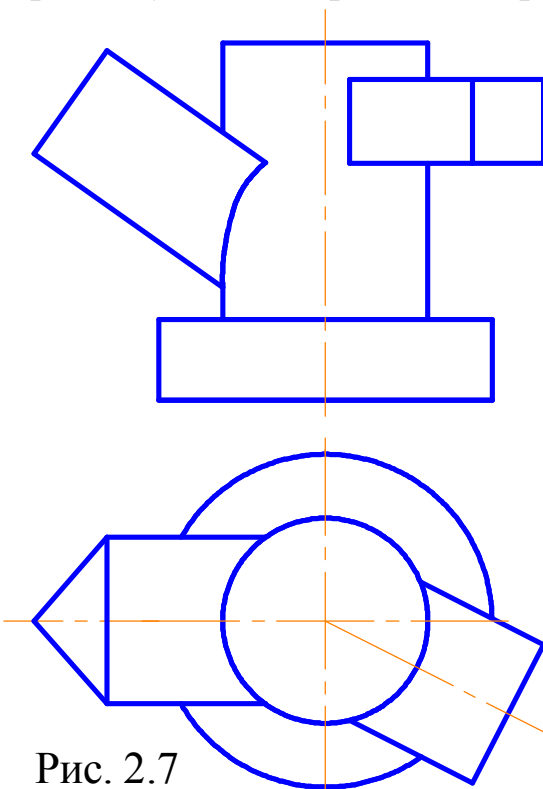


Рис. 2.7

сення розмірів.

Підставою моделі служить циліндр, співвісно з яким зверху розташовується ще один циліндр меншого діаметра.

Ліворуч, похило до циліндрів, примикає пряма призма, підставами якої є рівнобедрені трикутники, а праворуч – пряма чотирикутна призма квадратного перерізу. Грані трикутної призми перерізають циліндр частинами еліпсів, а чотирикутної – відрізками прямих і частинами окружностей. На деталях ці лінії називають лініями переходу.

Іншим способом створення моделей є спосіб **вирахування** з основного геометричного тіла, що прий-

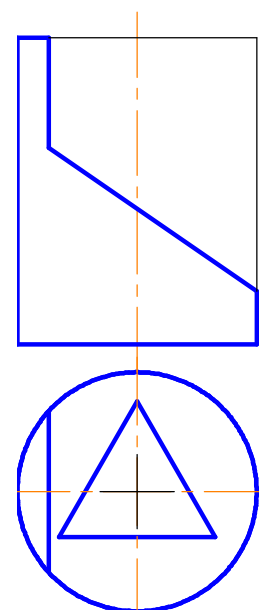


Рис. 2.8

мають за початкову форму, інших геометричних тіл менших розмірів або відсікання його частин площинами. На виробництві, при виготовленні реальної деталі, початковою формою є заготівка, над якою проводяться певні технологічні операції (свердління, стругання, фрезерування) із видаленням частини матеріалу для

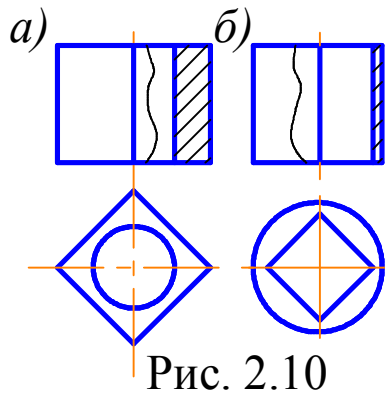


Рис. 2.10

додання деталі остаточної форми.

На рис. 2.8 початковою формою моделі є циліндр із вертикальною віссю, у середині якого співвісно виконано призматичний отвір трикутного перерізу. Одна із граней призматичного отвору займає фронтальне положення. Правий верхній кут моделі вирізаний профільною і фронтально-проекціуючою площинами.

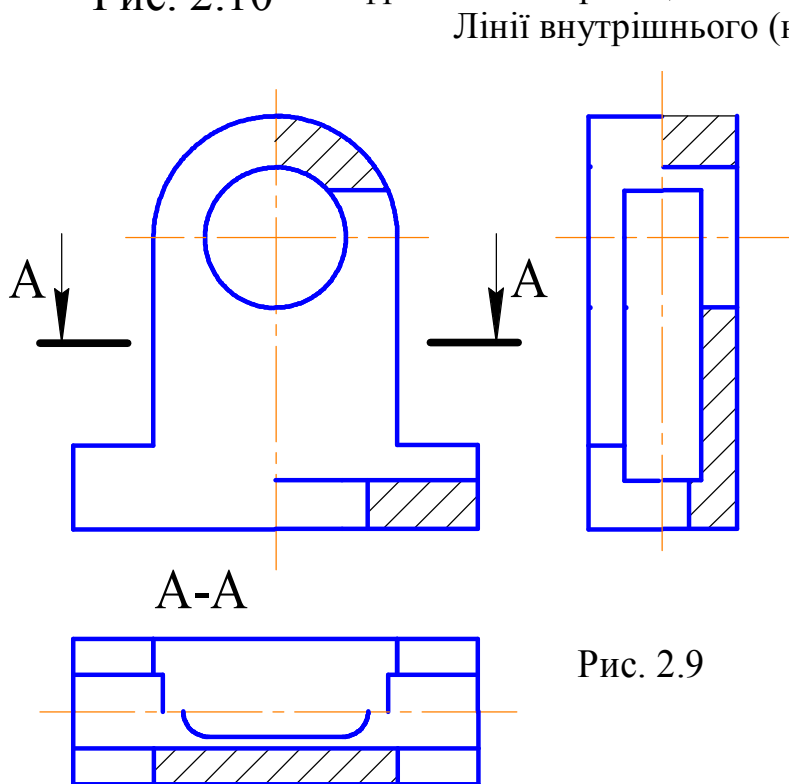


Рис. 2.9

Лінії внутрішнього (невидимого) контуру порожньої моделі на кресленнях зображують штриховими лініями.

Моделі як і деталі, які будуть розглядатися надалі, можуть мати складні внутрішні обриси, через що на кресленні може бути багато штрихових ліній. Ці лінії ведуть до помилок при читанні зображеного на кресленні предмета. У таких випадках

прибігають до штучного способу виявлення внутрішньої будови за допомогою розрізів.

Принцип виконання розрізів полягає у тому, що одну із частин предмета умовно представляють відсіченою й вилученою. При цьому лінії невидимого контуру стають видимими і зображуються суцільними основними лініями. Звичайно, модель або деталь розсікають площиною, що паралельна якої-небудь площини проєкцій і проєкціують на цю площину звичайним способом. Для більшої наочності креслення фігуру перетину, розташовану у січній площині, заштриховують.

Залежно від розташування січної площини щодо горизонтальної площини проєкцій, розрізи ділять на *горизонтальні* й *вертикальні*.

Вертикальні, у свою чергу, розділяють на *фронтальні* (січна площина паралельна площині проєкцій  $\Pi_2$ ) і *профільні* (січна площина паралельна  $\Pi_3$ ). *Похилі* розрізи виконуються проєкціуючими січними площинами.

На різних проєкціях моделі розрізи можуть бути виконані різними січними площинами. Їх використовують при формуванні зображення тільки на тій площині, якій вони паралельні. На виконання інших зображень вони впливу не мають.

На рис. 2.9 для виявлення внутрішньої будови моделі застосовані горизонтальний, фронтальний і профільний розрізи. Сліди-проєкції фронтальної й профільної січних площин збігаються з відповідними площинами симетрії моделі. У цьому випадку положення січної площини на кресленні не відзначається і розріз написом не супроводжується.

Горизонтальна січна площина не проходить через площину симетрії моделі, тому положення її сліда-проєкції відзначають на кресленні штрихами розімкнутої лінії, а розріз супроводжується написом: А-А.

Штрихи розімкнутої лінії не повинні перетинати контур зображення. Стрілки, що вказують напрямок погляду, наносять на відстані 2-3 мм від зовнішнього кінця штриха розімкнутої лінії перпендикулярно цьому штриху.

Види й розрізи, використані на кресленні, являють собою симетричні фігури, тому можна поєднувати половину виду й половину відповідного розрізу, розділяючи їх штрих-пунктирною тонкою лінією, що є віссю симетрії.

Якщо на зовнішній поверхні моделі розташована контурна лінія, що збігається з віссю симетрії, наприклад, ребро призми (рис. 2.10, а), то розріз роблять трохи менше половини. Якщо подібна ситуація виникає для лінії внутрішньої поверхні моделі, то зображення розрізають більше половини (рис. 2.10, б). У цих випадках лінію розподілу вида й розріза зображують від руки тонкою суцільною хвилястою лінією.

◇ Чим розрізняються між собою переріз і розріз?

◇ За допомогою креслярського інструмента побудуйте вид справа моделі, зображеної на рис. 2.8.

## 2.4 Нанесення розмірів на кресленнях моделей





Нанесення розмірів є складним етапом роботи з кресленням. Правила нанесення розмірів, наведені в ГОСТ 2.307-68, відбивають

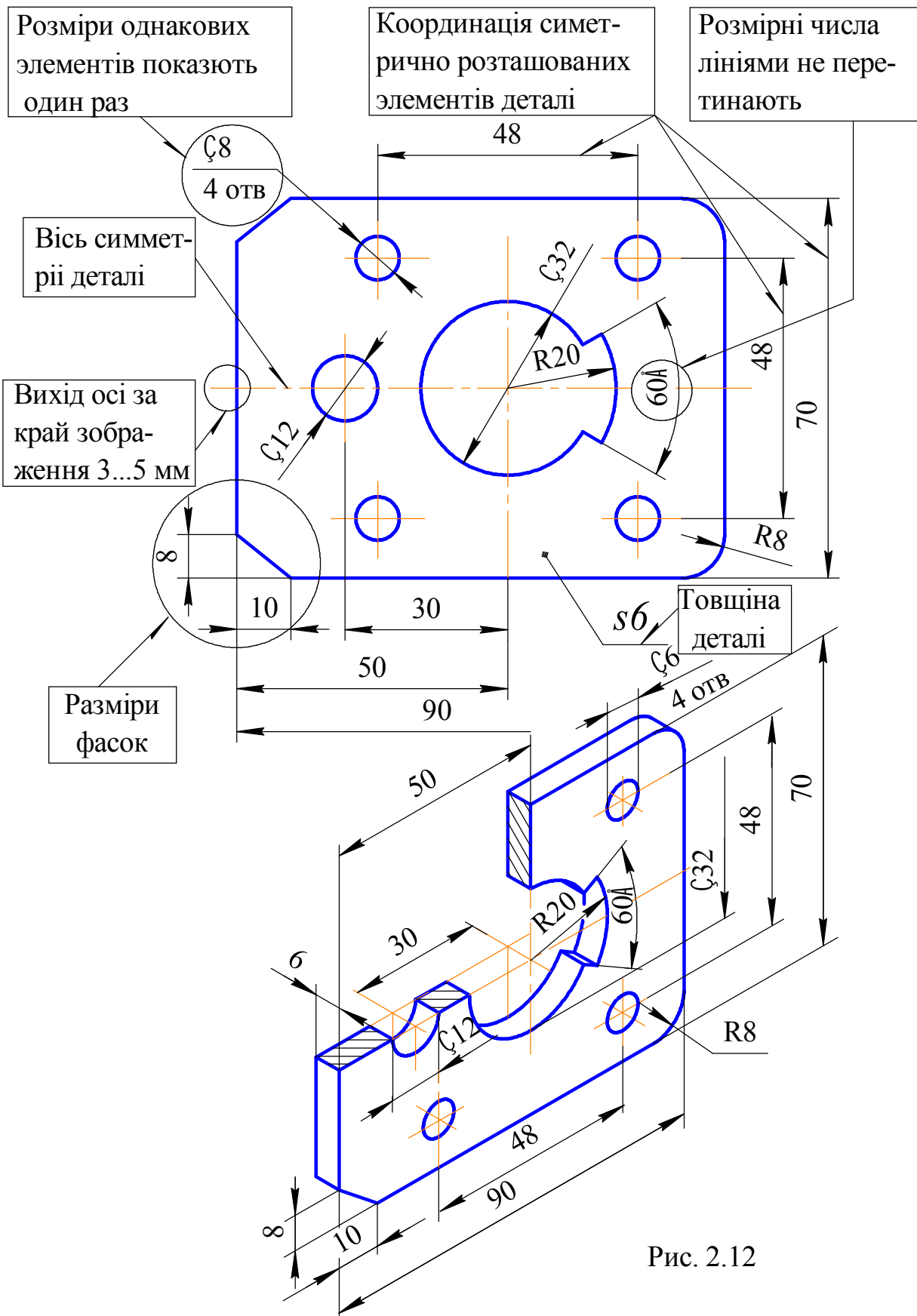


Рис. 2.12

багаторічний досвід інженерної діяльності. Їхнє основне призначення – установити однаковість оформлення й читання розмірів на кресленнях, виконуваних різними організаціями.

Для полегшення засвоєння формальних правил нанесення розмірів рекомендуємо використати опорні креслення (рис. 2.11 і рис. 2.12). На них приведені моделі простих деталей – валика й пластинки. Вони дані в ортогональному й аксонометричному зображеннях.

На полі креслень замкнутими лініями виділені зони, що стосуються конкретної розмірної інформації: форми стрілок, величини виходу виносних ліній за кінці стрілок, відстані між паралельними розмірними лініями й інше. Поруч поміщені короткі пояснення, узяті зі стандарту з цього питання.

На кресленні предмета кількість розмірів є постійна величина, яка не залежить від способу їх нанесення – це закон. Підрахувати кількість розмірів можна в такий спосіб. Модель подумки розбивають на елементарні геометричні тіла і підраховують необхідну для кожного з них кількість розмірів, підсумовують їх і отриману величину коректують з урахуванням збігу елементів тіл.

Циліндр на кресленні може бути визначений двома розмірами – діаметром і довжиною твірної (висотою), усічений конус – трьома: двома діаметрами й висотою або одним діаметром, висотою і конусністю (можливі інші варіанти), тор (кільце) двома – діаметром (радіусом) утворюючої окружності й діаметром окружності, по якій переміщається центр твірної.

На рис. 2.13 наведений приклад підрахунку кількості розмірів на моделі, утвореної співвісними поверхнями обертання. На рис. 2.13, *а* цифрами відзначені геометричні тіла: циліндри (2, 3, 4, 7, 8) і конуси (1, 5, 6). На рис. 2.13, *б* ці ж форми зображені окремо.

Підрахунок розмірів зроблено так. П'ять циліндрів по два розміри для кожного і три конуси по три розміри, дають у сумі 19 розмірів. Конічні фаски мають загальні діаметри з циліндром 2 і конусом 5, а останній – із циліндром 4. Отже, віднявши із загальної кількості три, у підсумку одержимо 16 розмірів. Крім того, сума відстаней між торцевими площинами зовнішніх поверхонь (1-6) і така ж сума у внутрішніх (7,8) рівні між собою. У підсумку одержимо 15 розмірів, які представлені на рис. 2.13, *в*. Нагадаємо, що запис для конічної фаски з кутом нахилу утворюючої до підстави  $45^\circ$  по типу:  $2 \times 45^\circ$ , містить два розміри. Наведений варіант нанесення розмірів не єдиний, але їхня кількість при будь-якому варіанті зберігається.

Розглянемо ще один спосіб підрахунку розмірів. Для цього всі розміри на кресленні розділимо на дві групи: розміри, що визначають форми геометричних тіл моделі (параметри форми), і розміри, що визначають їхнє взаємне розташування (параметри положення).

Для циліндра обертання параметром форми буде діаметр (радіус), для конуса – конусність або кут між твірними.

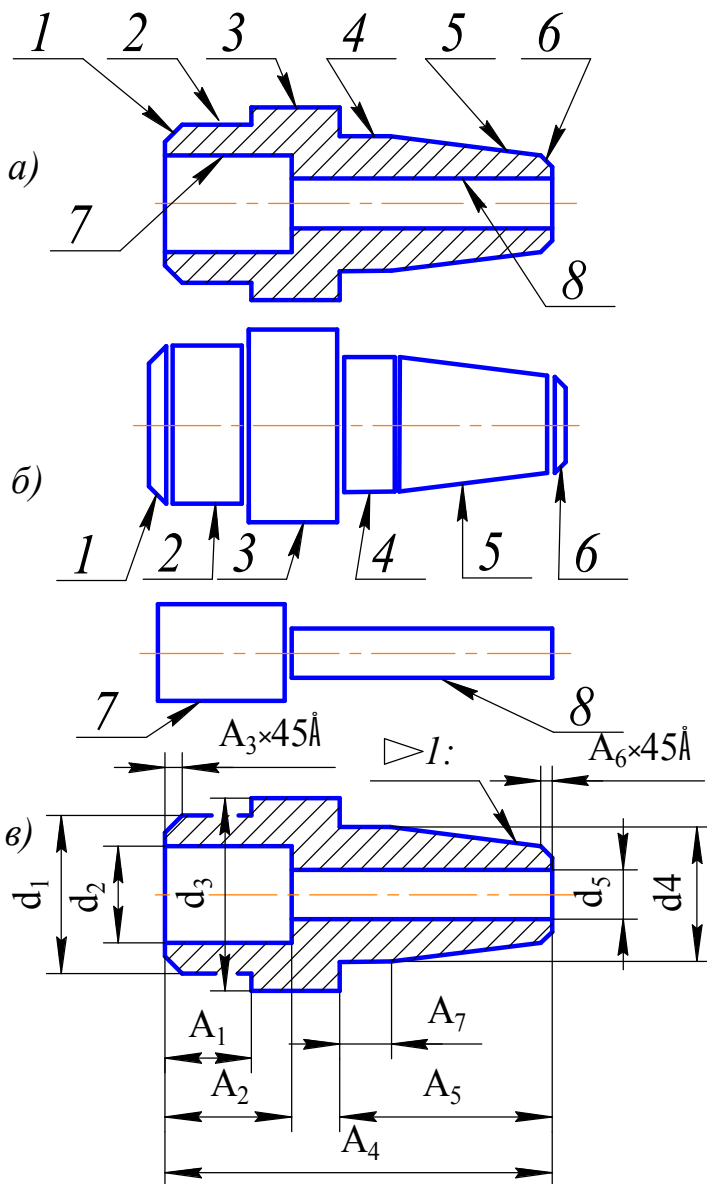


Рис. 2.13

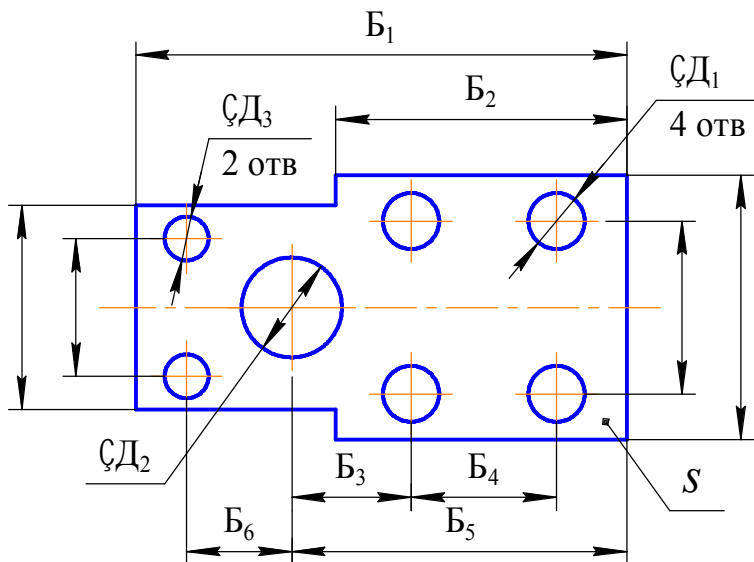


Рис. 2.14

**Кількість  $n$  розмірів, що визначають взаємне розташування геометричних тіл моделі в кожному координатному напрямку (параметри положення), можна підрахувати по формулі**

$$n = m - t - 1, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість паралельних площин, осьових і центрових ліній (включаючи осі симетрії) і точок, що підлягають координації у заданому напрямку (у їхнє число не слід включати точки, одержувані побудовою на підставі достатніх на кресленні умов, наприклад, центри спряжень);  $t$  – кількість неповторюваних пар симетричних геометричних тіл.

Практично, підрахунок параметрів положення в кожному координатному напрямку зводиться до підрахунку по кресленню кількості паралельних ліній і точок.

Загальна кількість розмірів  $N$  підраховуємо по формулі

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + p, \quad (2)$$

де  $n_1, n_2, n_3$  – кількість параметрів положення у кожному із трьох координатних напрямків;  $p$  – загальна кількість параметрів форми.

Підрахуємо кількість розмірів на кресленні моделі (рис. 2.14). Кількість площин і центрів отворів у горизонтальному напрямку  $m_1 = 7$ ,  $t_1 = 0$ , тому що в цьому напрямку симетрія відсутня. Відповідно до (1),  $n = 6$  (розміри позначені буквою Б). У вертикальному напрямку (розміри позначені буквою А):  $m_2 = 9$ ,  $t_2 = 4$ . Отже,  $n_2 = 4$ . Товщина  $S$  дає  $n_3 = 1$ . Кількість розмірів, що визначають форму отворів,  $p = 3$ . Загальна кількість розмірів на деталі по формулі (2)  $N = 14$ .

Необхідно мати на увазі, що системи координат на кресленні не фіксують. Їх уявно призначають при дослідженні форми моделі. За координатні площини приймають плоскі елементи (торці, фланці й інше), а осі координат можуть збігатися з осями симетрії моделі або її елементів.

Для зручності відображення форми деталі й нанесення розмірів при виконанні креслення необхідно координатні осі розташовувати паралельно або перпендикулярно площинам проєкцій. Це дозволяє наносити на кресленні істинні величини лінійних і кутових розмірів, будувати в неспотвореному виді плоскі елементи моделей або виявляти їхні форми за допомогою додаткових видів, і створює зручності при виконанні розрізів.

Розглянемо приклад. На рис. 2.15 наведені системи координат для моделі (рис. 2.7). Координатна площина  $xOy$  збігається з нижньою

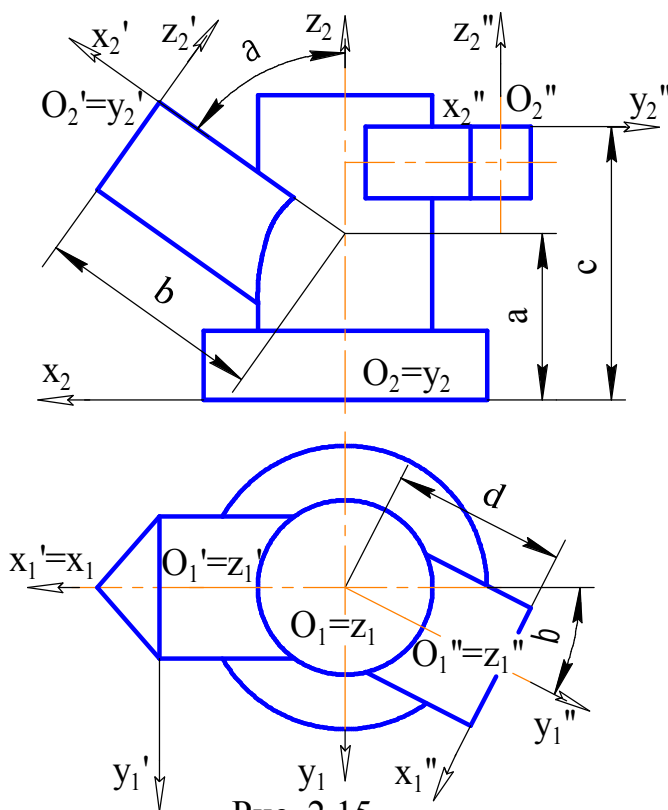


Рис. 2.15

підставою циліндра більшого діаметра, площина  $x'O'y'$  збігається із площиною верхньої підстави трикутної призми, а площина  $x''O''y''$  відповідно – із площиною підстави правої призми. Напрямок координатних осей видно з рисунка й розташовані вони паралельно й перпендикулярно відповідним площинам проєкцій. Положення системи  $O'x'y'z'$  відносно  $Ox_1y_1z_1$  визначено за допомогою розмірів  $a$ ,  $b$  і  $\alpha$ , положення системи  $O''x''y''z''$  – розмірами  $c$ ,  $d$  і  $\beta$ .

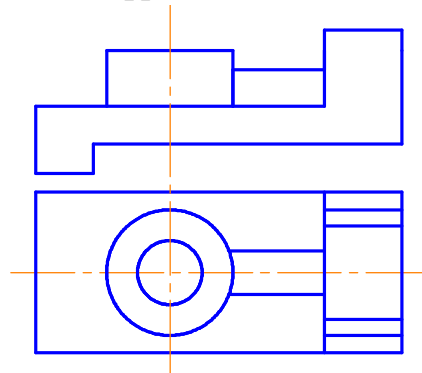
Відзначимо, що максимальну кількість розмірів можна нанести на тім

зображенні, на якому найбільша кількість координатних осей розташо-

вана паралельно площині проєкцій. Це дозволяє сформулювати підхід до вибору головного зображення.

При виборі головного зображення модель у просторі необхідно орієнтувати так, щоб по можливості найбільша кількість координатних осей і осей геометричних поверхонь, не збігаючись між собою при проєктуванні, розташовувалася паралельно фронтальній площині проєкцій з урахуванням зручності побудови інших зображень.

◇ По запропонованому кресленню моделі не можна однозначно представити його форму. Доповніть креслення необхідними зображеннями й нанесіть розміри.



### РОЗДІЛ 3. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

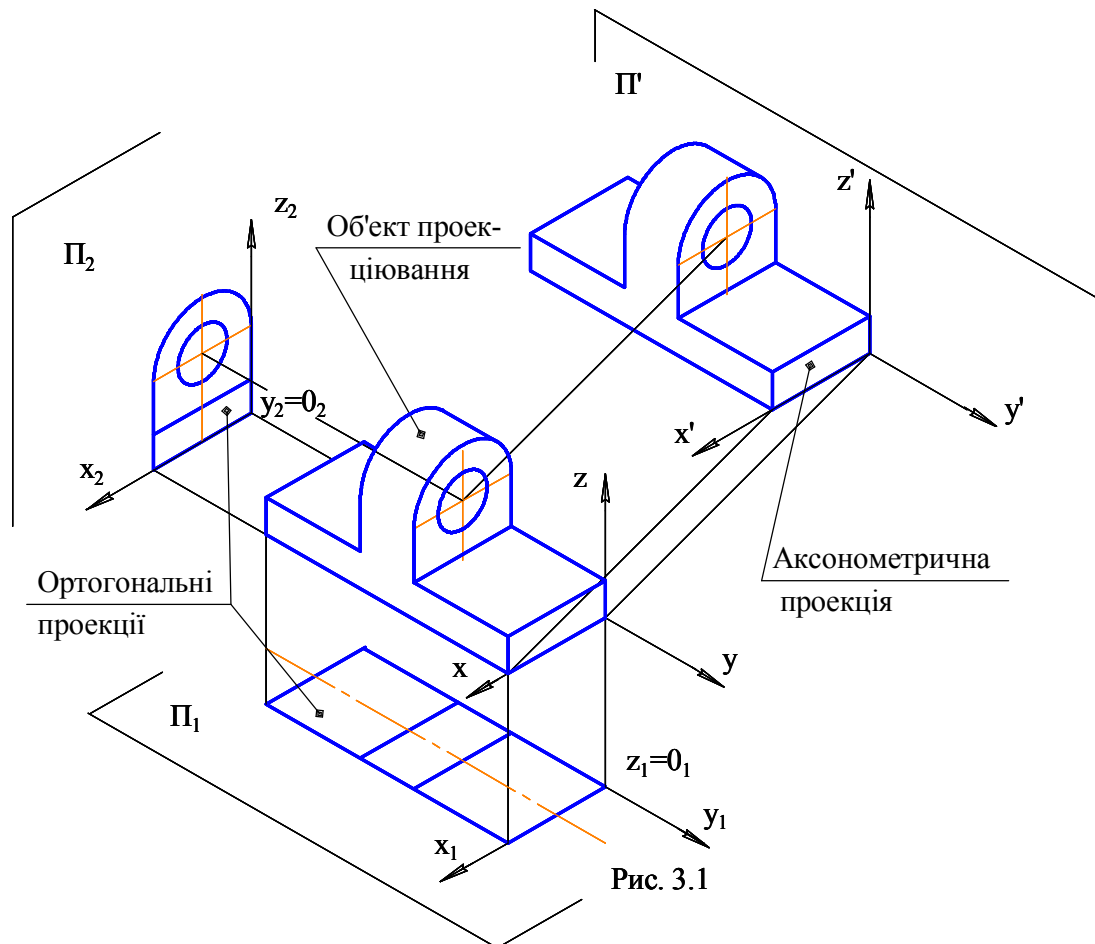
В результаті вивчення розділу студент повинен оволодіти навичками побудови наочних зображень геометричних тіл і моделей.

#### 3.1 Утворення аксонометричних проєкцій

Розглянуті в попередніх розділах креслення предметів, виконані на основі прямокутного проєкціювання на кілька площин проєкцій, широко використовуються в техніці, тому що по цих кресленнях можна представити форму, установити розміри зображених об'єктів і виготовити їх, але вони мають один істотний недолік – відсутність наочності. Тому, у деяких випадках на кресленнях використовують зображення об'єкта в аксонометричній проєкції.

Слово аксонометрія означає виміри по осях.

При створенні креслення на основі прямокутного проектування, предмет стосовно площини проєкцій прагнуть розташувати так, щоб один із його вимірів був відсутнім, а інші – зображувалися неспотворено. Відсутність виміру на цій площині компенсують введенням ще одно-



го або декількох зображень на інших площинах проєкцій.

При виконанні аксонометрії предмет зображують тільки на одній площині проєкцій. Але розташовують його так і вибирають такий напрямок проектування, щоб на площині відображалися всі три виміри, чим і досягається наочність (рис. 3.1).

Аксонетрією називають паралельну проєкцію предмета, віднесеного до системи трьох взаємно перпендикулярних осей, на площину проєкцій, не перпендикулярну ні до однієї з цих осей.

**Утворення аксонометричної проекції** розглянемо на прикладі побудови аксонометрії точки  $A$ , віднесеної до прямокутної системи осей

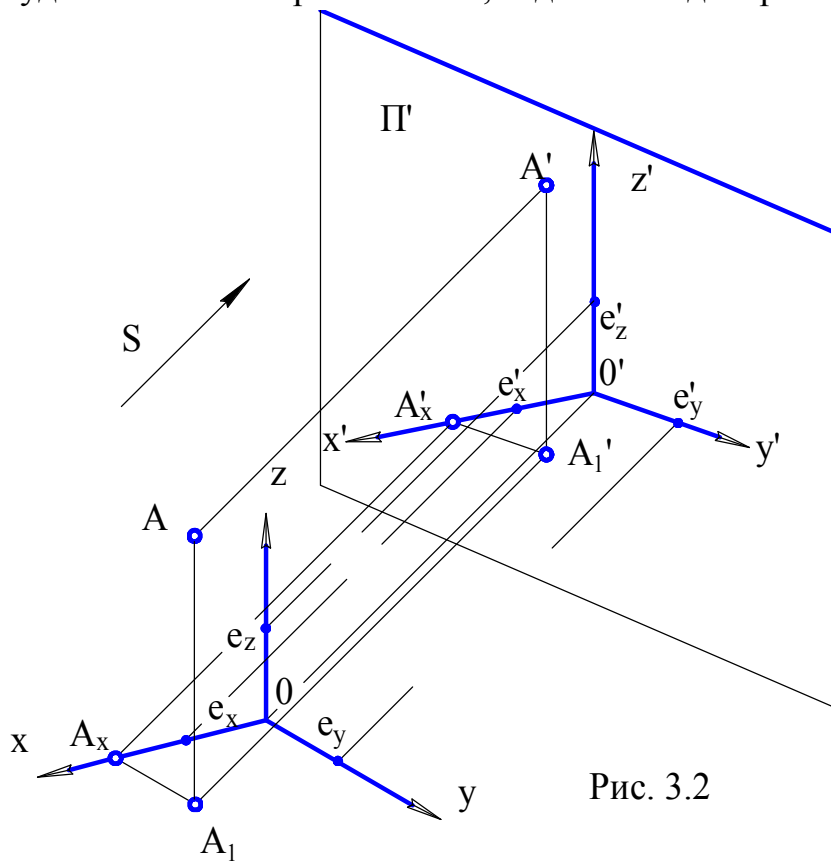


Рис. 3.2

Охуз, на кожній з яких відкладено відрізок рівної довжини  $e$ .

При паралельному проєкціюванні по напрямку  $S$  на площині аксонометричної проєкції  $\Pi'$  одержимо аксонометричні проєкції:  $O'x'y'z'$  системи координат, на осях якої є відрізки  $e'_x$ ,  $e'_y$  і  $e'_z$ ;  $A'$  даної точки;  $A'A_1A'_xO'$  координатної ламаної.

Сукупність цих проєкцій становить аксонометрію точки  $A$ . Аксонометрична проєкція  $A'_1$  горизонтальної проєкції  $A_1$  точки  $A$  називається *вторинною* проєкцією точки. В аксонометричних проєкціях зберігаються всі властивості паралельного проєкціювання (див. 1.3), що широко використовується при побудовах.

Коефіцієнти спотворення по осях  $x'$ ,  $y'$  і  $z'$  в аксонометрії визначають відношенням аксонометричних координатних відрізків до їхньої натуральної величини й позначають – по осі  $x'$ :  $u = e'_x/e_x$ ; по осі  $y'$ :  $v = e'_y/e_y$ ; по осі  $z'$ :  $w = e'_z/e_z$ .

- ◇ Що таке аксонометрична проєкція?
- ◇ Що таке коефіцієнт спотворення по аксонометричним осям?

### 3.2 Види аксонометрії

Залежно від напрямку проєкціювання аксонометричні проєкції розділяють на косокутні (кут  $\phi$  між напрямком проєктування  $S$  і площиною проєкцій  $\Pi'$  не дорівнює  $90^\circ$ ) і прямокутні (напрямок проєктування є перпендикулярний до площини  $\Pi'$ ). В залежності від величини

коефіцієнтів спотворення розрізняють три види аксонометричних проєкцій: *ізометрію, диметрію й триметрію* (рис. 3.3).



Рис. 3.3

При прямокутному проєкціюванні можуть бути отримані тільки одна ізометрична проєкція і нескінченна безліч диметричних і триметричних проєкцій. Коефіцієнти спотворення для цього виду проєктування зв'язані між собою

співвідношенням  $u^2 + v^2 + w^2 = 2$ .

Для *прямокутної ізометрії* з цього співвідношення вибігає  $3u^2 = 2$  або  $u = v = w = 0,82$ , тобто відрізок координатної осі довжиною 100 мм зобразиться відрізком аксонометричної осі довжиною 82 мм. При практичних побудовах користуватися такими коефіцієнтами спотворення незручно, тому рекомендуємо користуватися *приведеними коефіцієнтами спотворення*:  $U = V = W = 1$ . Побудоване в такий спосіб зображення буде більше самого предмета в 1,22 раза.

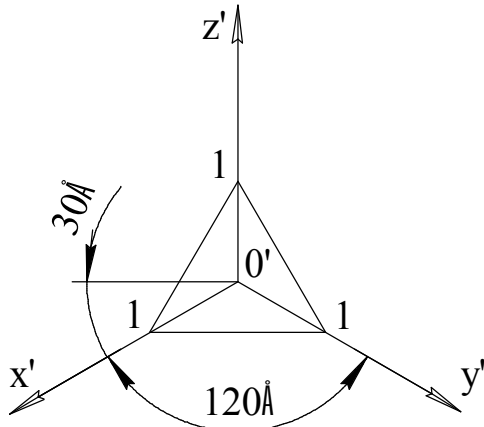


Рис. 3.4

Аксонометричні осі в прямокутній аксонометрії розташовуються під кутом  $120^\circ$  одна до одної, при вертикальному розташуванні осі  $z'$  (рис. 3.4). Там же показаний напрямок штрихування в координатних площинах (на всіх осях відкладають рівні відрізки).

Для побудови аксонометричної проєкції довільної точки, при заданому розташуванні її щодо прямокутної системи координат, необхідно побудувати її координатну ламану. Відрізки цієї ламаної треба розташовувати уздовж аксонометричних осей або ліній, паралельних осям.

Приклад. Побудувати ізометричну проєкцію відрізка АВ (рис. 3.5) по координатах двох його точок: А (70, 10, 60) і В(0, 50, 40).



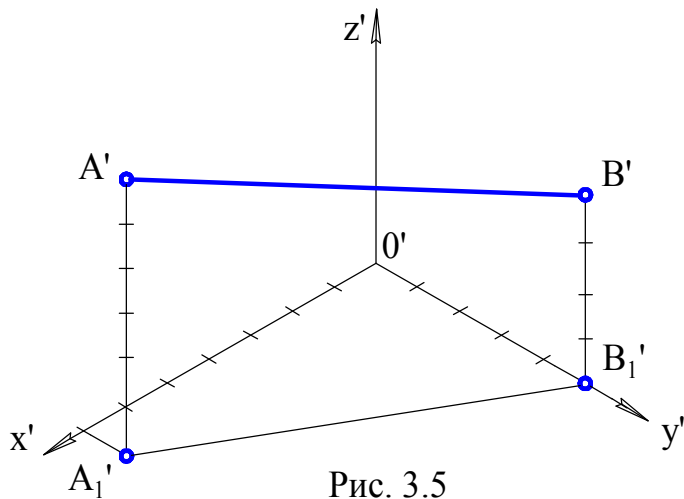


Рис. 3.5

Для побудови ізометричної проєкції точки  $A$  по осі  $x'$ , від початку координат, відкладемо 70 мм, по лінії паралельній осі  $y'$  – 10 мм, по лінії паралельній осі  $z'$  – 60. Аналогічно побудуємо проєкцію точки  $B$  і з'єднаємо отримані точки.  $A_1'B_1'$  – вторинна проєкція відрізка.

У цьому прикладі, і надалі при побудовах аксонометричних проєкцій геометричних тіл і моделей, використовують властивість паралельного проєкціювання: проєкції паралельних прямих паралельні між собою. Це істотно спрощує побудови.

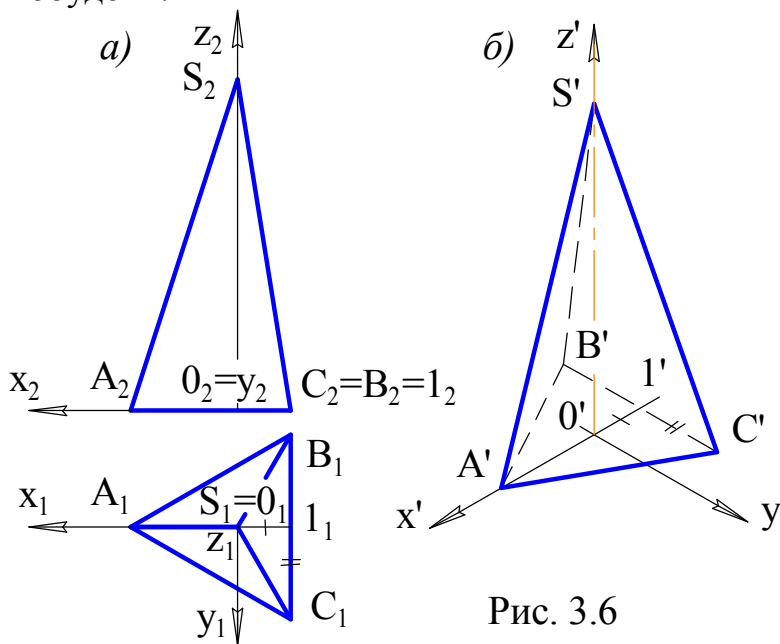


Рис. 3.6

Наприклад, побудуємо аксонометричне зображення правильної трикутної піраміди (рис. 3.6). Геометричне тіло віднесемо до системи трьох взаємно перпендикулярних осей  $xuzO$  (рис. 3.6, а). Точки  $A$  і  $S$  розташовуються на осях  $x$  і  $z$ , їхні аксонометричні проєкції також будуть лежати, відповідно, на осях  $x'$  й  $z'$ . При

побудові вершин  $B$  і  $C$  використаємо паралельність ребра  $BC$  осі  $y$ . На продовженні осі  $x'$  відзначимо точку  $1'$ , що належить ребру  $BC$ , і через неї проведемо лінію паралельну осі  $y'$ . Від точки  $1'$ , в обидві сторони по цій лінії, відкладемо рівні відрізки, узяті на горизонтальній проєкції ортогонального креслення від точки  $1_1$  до  $B_1$  або  $C_1$ . Отримані вершини з'єднаємо лініями з урахуванням їх видимості.

Особливий інтерес в аксонометрії представляє зображення кіл у координатних площинах або площинах їм паралельних. У загальному випадку, якщо площина кола розташована під кутом до площини проєкцій, то вона проєкціюється в еліпс. Отже, аксонометрією кола буде

еліпс. Для побудови прямокутних аксонометрій кіл, що лежать у координатних або їм паралельних площинах, керуються правилом: *більша вісь еліпса перпендикулярна до тієї аксонометричної осі, яка відсутня у площині кола.*

У прямокутній ізометрії **рівні** кола, розташовані в різних координатних площинах, проєкціюються в **рівні** еліпси (рис. 3.7).

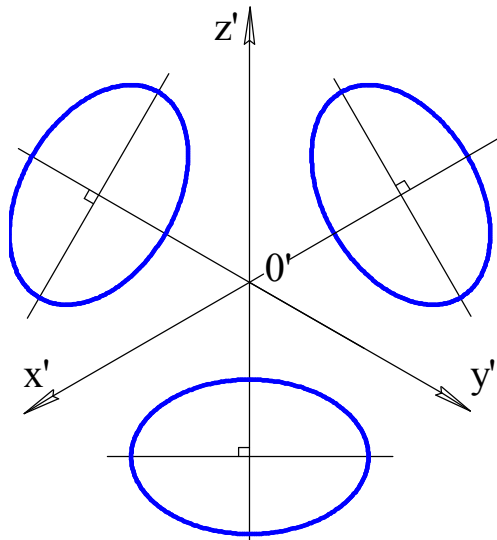


Рис. 3.7

Розміри їхніх осей при використанні наведених коефіцієнтів спотворення: більша вісь дорівнює  $1,22d$ , мала –  $0,71d$ , де  $d$  – діаметр зображуваного кола.

Еліпс, як ізометрію кола, можна побудувати по восьми точках, що обмежують його велику й малу осі, а також проєкції діаметрів, паралельних координатним площинам.

На практиці еліпс, що є ізометрією кола, і який лежить у координатній або їй паралельній площині, замінюють чотирьохцентровим овалом, що має таку ж величину осей ( $1,22d$  і  $0,71d$ ). На рис. 3.8 показана побудова такого овалу для ізометрії кола діаметра  $d$ , що лежить у горизонтальній площині.

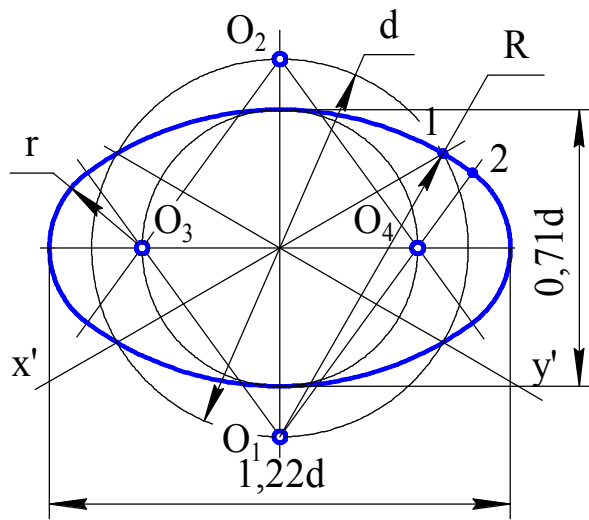


Рис.3.8

Короткий опис побудови овалу (рис. 3.8). У точці перетину аксонометричних осей  $x'$  і  $y'$  проводять вертикальну й горизонтальну осі овалу. З цієї ж точки проводять допоміжне коло діаметром  $d$ , рівним дійсній величині діаметра зображуваного

кола, і відзначають точки перетину цього окружності з аксонометричними осями (відзначена одна точка – 1). Із точок  $O_1$  і  $O_2$ , як із центрів радіусом  $R = O_11$ , проводять дві дуги, приналежні овалу.

З точки перетину осей  $x'$  і  $y'$  радіусом, рівним половині малої осі, проводять коло і засікають ним на великій осі дві точки  $O_3$  і  $O_4$ , що є центрами ще двох дуг овалу. З'єднавши центри дуг, наприклад,  $O_1$  і  $O_3$  прямою лінією і, продовживши її до перетину з наявною вже на кресленні дугою, одержують одну з точок спряження – 2. Радіусом  $r = O_32$  завершують побудову спряження. Так само будують овали,

розташовані в інших координатних площинах або площинах їм паралельних.

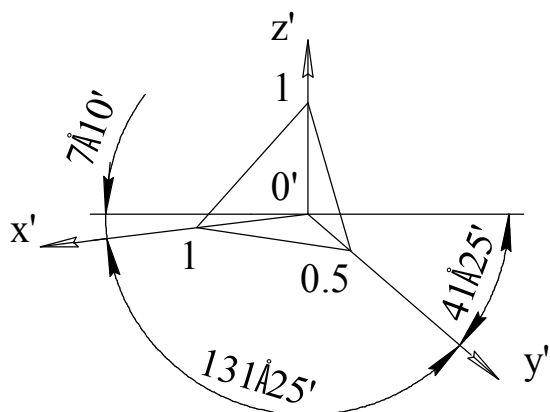


Рис. 3.9

Для стандартної прямокутної диметрії, у якої  $v = 0,5u$ , із співвідношення  $u^2 + v^2 + w^2 = 2$  маємо:  $u^2 = 8/9$ ;  $u = w = 0,94$ ;  $v = 0,47$ . Практичні побудови в диметрії виконують, користуючись наведеними коефіцієнтами спотворення  $U = W = 1$  і  $V = 0,5$ . Побудоване в такий спосіб зображення буде більше самого предмета в 1,06 рази. Розташування осей в диметрії показано на рис. 3.9. Напрямок штрихування в координатних площинах одержують, відклавши рівні одиниці відрізки на осях  $x'$  і  $z'$ , а по осі  $y'$  – 0,5.

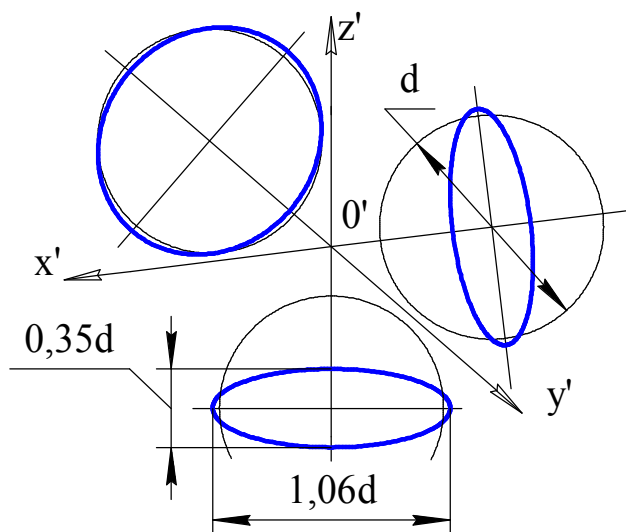


Рис. 3.10

Коло, розташоване в площині  $x'O'z'$ , проєкціюється в еліпс з осями: велика вісь –  $1,06d$ , мала вісь –  $0,35d$ , якщо використовуються наведені коефіцієнти спотворення. Коло, розташоване в площині  $y'O'z'$ , проєкціюється в еліпс з осями: велика вісь –  $1,06d$ , мала вісь –  $0,35d$ . Розташування еліпсів у координатних площинах показано на рис. 3.10.

Існує спосіб наближеної побудови еліпса, якщо відомі величини його великої й малої осей. На рис. 3.11 осі задані відрізками  $AB$  і  $CD$ .

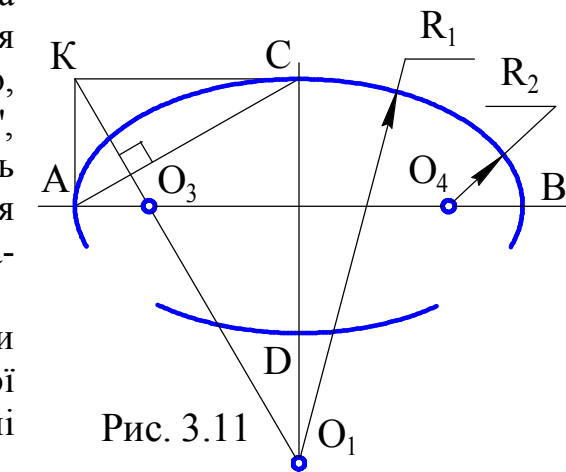


Рис. 3.11

З точок А і С проводять лінії паралельні осям, і на перетині відзначають точку К. Із цієї точки проводять пряму перпендикулярну відріzkу АС, і у точках перетину з великою віссю і з продовженням лінії, на якій розташована мала вісь, відзначають центри радіусів  $R_1$  і  $R_2$ . Величина радіусів визначається відрізками  $R_1 = O_1C$ ,  $R_2 = O_3A$ . З чотирьох центрів (один центр –  $O_2$  на рисунку не показаний) проводять дуги кіл, а проміжки між ними з'єднують потім плавними кривими лініями за допомогою лекал.

◇ Що таке аксонометрична проекція?

◇ Як розташовуються осі прямокутної ізометрії і прямокутної диметрії? Чому рівні їх натуральні й наведені коефіцієнти спотворення?

◇ Сформулюйте правило вибору напрямку великої осі еліпса – прямокутної аксонометрії кола, розташованої в координатній площині або площині йому паралельній.

## РОЗДІЛ 4. КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

У результаті вивчення розділу студент повинен свідомо сприймати форми деталей, вибрати кількість і зміст їхніх зображень і наносити розміри.

### 4.1 Загальні відомості про деталі і їхні креслення

**Деталь являє собою виріб, виготовлений з однорідного по найменуванню і марці матеріалу без застосування складальних операцій.**

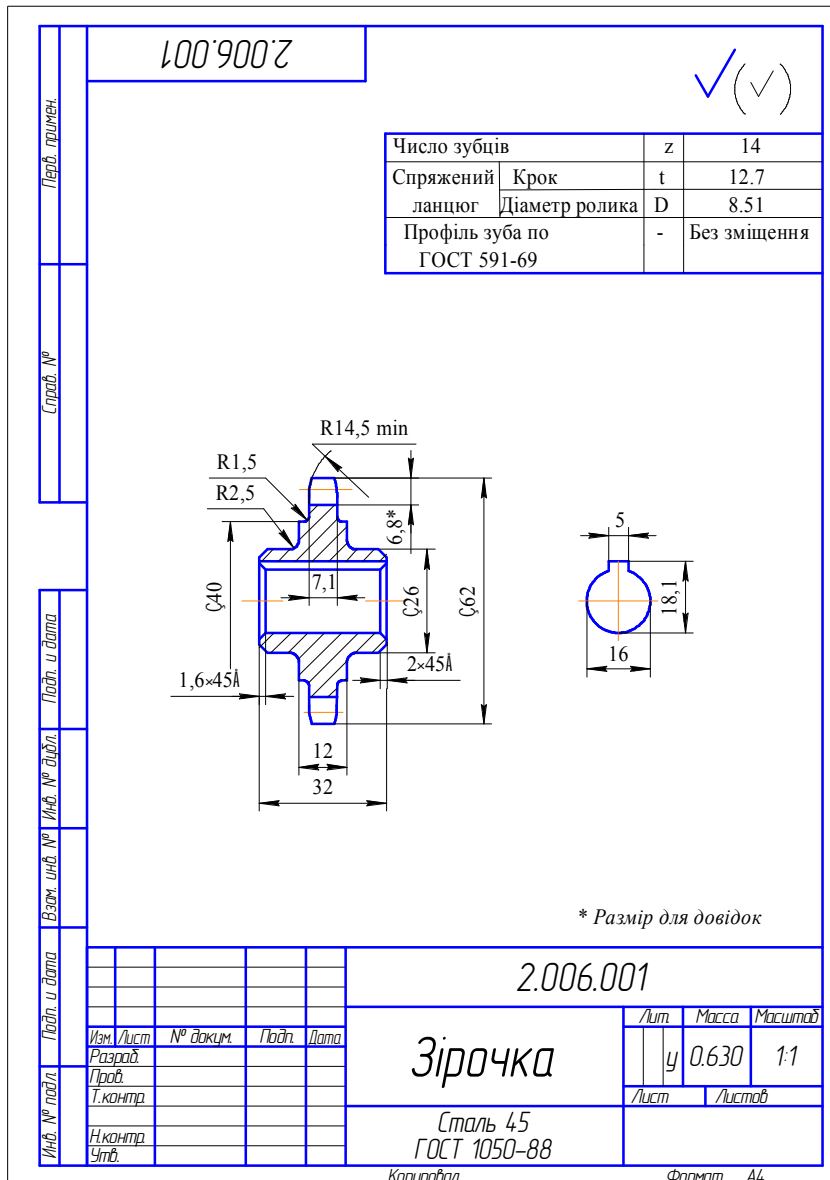
Креслення деталі є документом, на підставі якого деталь виготовляють і контролюють. Воно містить велику кількість різних відомостей графічного й текстового характеру про форму деталі, її розмірах, якості поверхонь і т.і. У циклі виробництва креслення деталі є основним конструкторським документом і його варто розглядати як певний еквівалент цієї деталі.

Кожне креслення виконують на окремому форматі аркуша креслярського папера, які встановлює ГОСТ 2.301-68. При компонованні зображень на кресленні необхідно залишати достатнє місце для нанесення розмірів, умовних позначок і знаків.

Кількість і характер зображень залежать від форми деталі і вибираються так, щоб вони повністю визначали форму й розміри виробу і створювали зручність користування кресленням при виготовленні.

Зображення повинні виконуватися в масштабах, передбачених ГОСТ 2.302-68. Бажано застосовувати масштаб 1:1, що дає уявлення

про дійсні розміри деталі. Елементи деталей на кресленні з розміром 2 мм і менше зображуються крупніше, з деяким відступом від масштабу, прийнятого для всього зображення. Незначну конусність або ухили допускається зображувати спрощено, зі збільшенням і деяким порушенням масштабу на тих виглядах, де вони чітко не виявляються.



На рис. 4.1 показаний приклад креслення зірочки для роликового ланцюга. Крім зображень і розмірів на полі креслення наведені й інші відомості: шорсткість поверхонь, параметри зубців, технічні вимоги і інше, які також є важливими складовими креслення, але не входять у розглянутий тут курс інженерної графіки. Іншими словами, креслення деталей, які виконують студенти, з різних причин не можуть відбивати всіх

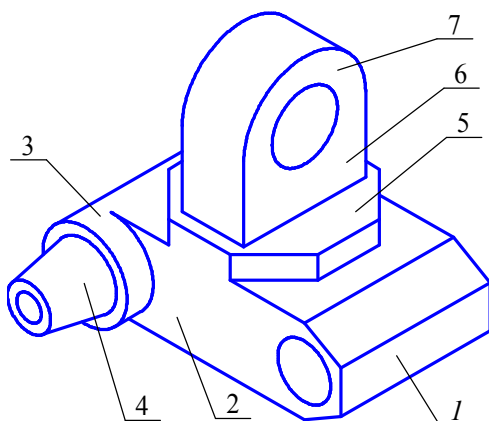


Рис. 4.2

відомостей, які містять виробничі креслення.

Яку б складну форму не мала деталь, її виконують як сукупність найпростіших геометричних тіл або їх частин. Приклад аналізу форми деталі наведений на рис. 4.2.

Деталь складається: з частини шестигранної призми (1) і паралелепіпеда (2) із загальним отвором; циліндра (3) і співвісного з ним конуса (4) із загальним циліндричним отвором; восьмикутної призми (5); паралелепіпеда (6) і частини циліндра (7) із загальним отвором.

Прямокутний паз

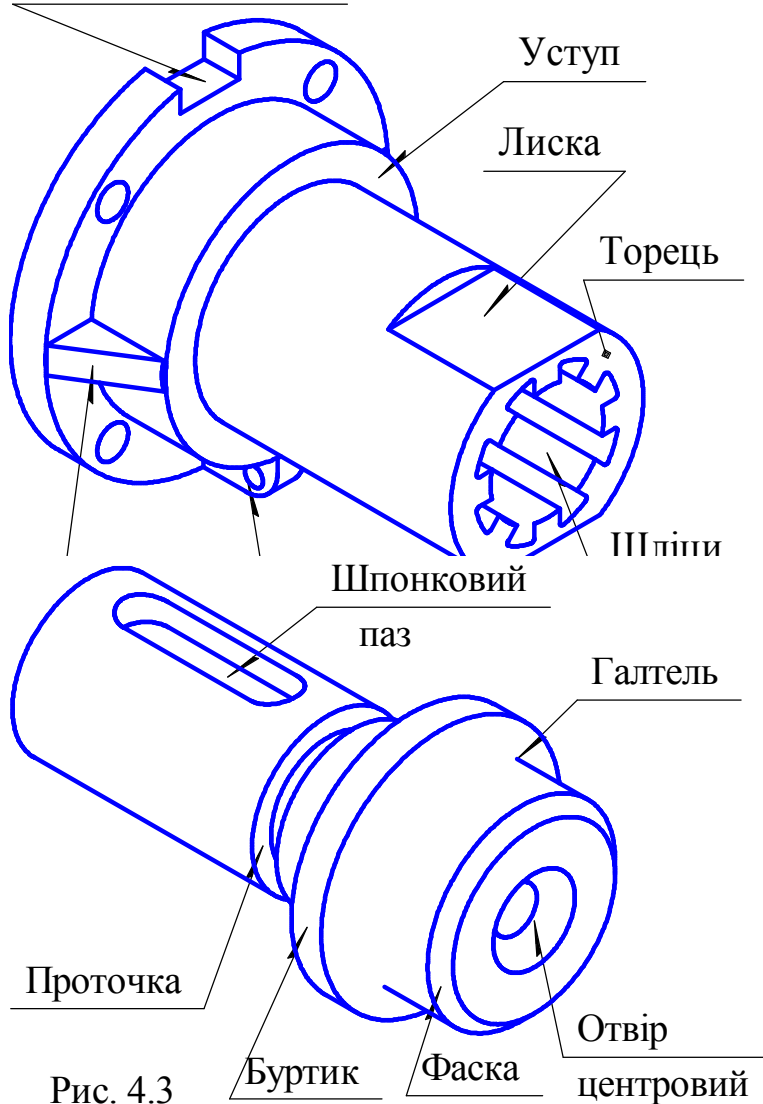


Рис. 4.3

У виробничій сфері й побуті існує величезна кількість деталей самої різної форми й призначення, що входять до складу машин, пристроїв і пристосувань. Загальноживані назви складових елементів цих деталей, вироблених багаторічною конструкторською практикою, наведені на рис. 4.3.

При виконанні креслень деталей використовують зображення, що розглядалися в попередніх розділах (вигляди, розрізи, перерізи), але з метою зменшення обсягу графічних робіт і економії місця на полі креслення, їхнє застосування ширше і різноманітніше. Так, якщо потрібно з'ясувати форму поверхні деталі в

окремому місці, виконується зображення тільки цього обмеженого місця. Таке зображення називається *місцевим виглядом*. Для зручності сприйняття креслення, місцевий вигляд прагнуть виконувати на місці відповідного основного вигляду, частиною якого він є.

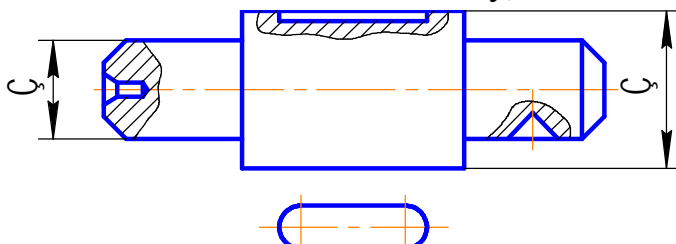


Рис. 4.4

На рис. 4.4 замість вигляду зверху всієї деталі показана лише форма шпонкового паза. Наявність проекційного зв'язку дозволяє не вказувати

стрілкою напрямком погляду і підписувати цей вигляд. Місцевий вигляд може бути обмежений лінією обриву, віссю симетрії або не обмежений, як на рис. 4.4.

Якщо потрібно з'ясувати внутрішню конструкцію деталі лише в обмеженому місці, застосовують *місцевий розріз*. Від іншого зображення він обмежується суцільною хвилястою лінією. На рис.4.4 виконані місцеві розрізи для показу центрального отвору, шпонкового паза і конічного поглиблення.

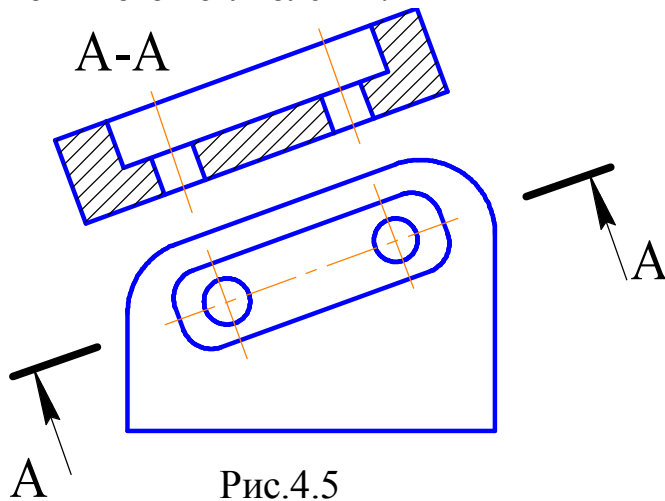


Рис.4.5

У розділі 2 уже розглядалися прості розрізи. При цьому використовувалися січні площини, паралельні основним площинам проєкцій. Якщо внутрішню будову деталі можна з'ясувати використовуючи січну площину, яка складає з горизонтальною площиною не прямий кут, то такий розріз називають *похилим*.

Зображують похилий розріз на додатковій площині проєкцій, розташовавши її паралельно січній площини.

Положення січної площини похилого розрізу позначається, як звичайно, лінією перетину зі стрілками, що вказують напрямком погляду. Допускається зображення похилого розрізу з порушенням проєкційного зв'язку, у тому числі, і з поворотом на кут менший  $90^\circ$ . Приклад виконання похилого розрізу наведений на рис. 4.5.

Крім простих розрізів, коли застосовується одна січна площина, у практиці виконання креслень деталей використовують *і складні розрізи*,

що включають у себе кілька січних площин.

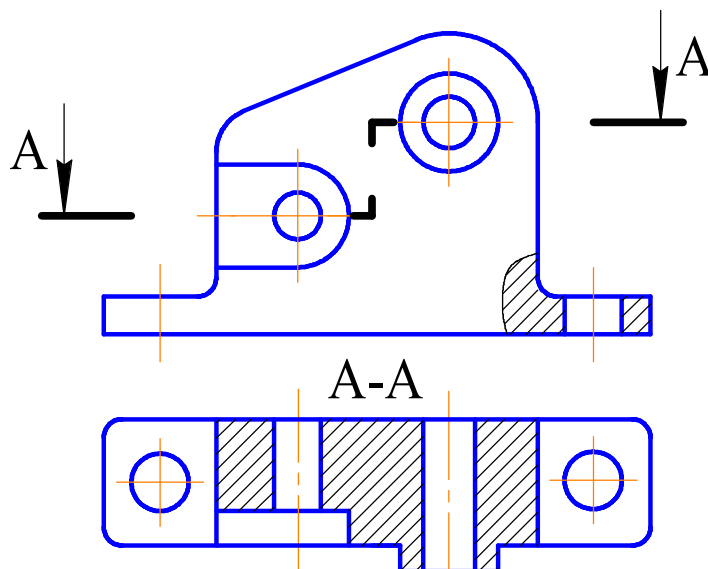


Рис. 4.6

Складний розріз, утворений двома й більше паралельними площинами, називається *ступінчастим розрізом*.

Приклад ступінчастого горизонтального розрізу, виконаного двома січними площинами, показаний на рис. 4.6.

Положення січних площин відзначено на головному вигляді

ступінчастою лінією перетину. Перегини цієї лінії виконуються тієї ж товщини як і штрихи розімкнутої лінії.

При виконанні ступінчастого розрізу січні площини суміщують в одну і ступінчастий розріз оформляється як простий. Лінії, що розділяють два перетини один від одного в місцях перегинів на ступінчастому розрізі, не вказуються.

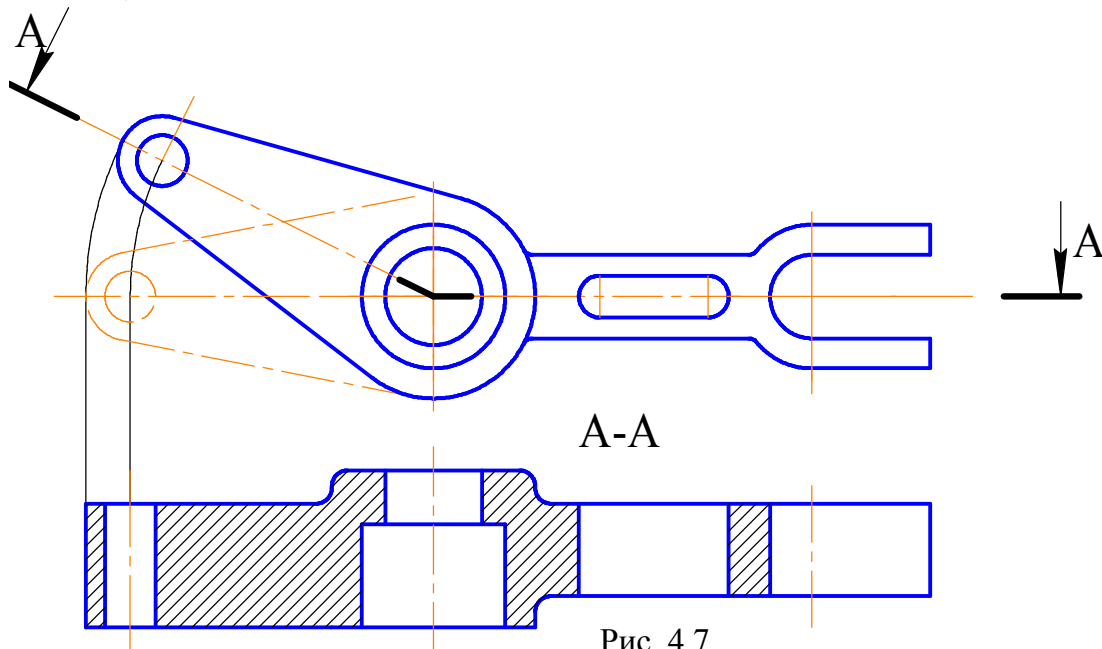


Рис. 4.7

**Ламані розрізи** – це розрізи, які одержуються при перетині деталі пересічними площинами. При цьому, одна січна площина, що займає проєкціуюче положення, умовно повертається навколо лінії перетину площин до суміщення з іншою січною площиною, яка займає положення рівня (рис. 4.7).

У тих випадках, коли на зображеннях деталі неможливо показати дрібні елементи з усіма подробицями, застосовують *виносні* елементи.

**Виносним елементом** називають окреме зображення якої-небудь частини деталі в збільшеному виді, що вимагає графічного або інших пояснень відносно форми, розмірів і інших даних.

При застосуванні виносного елемента відповідне місце зображення обмежують замкнутою суцільною тонкою лінією (звичайно колом) з позначенням заголовною літерою на полці лінії-виноски (рис. 4.8).

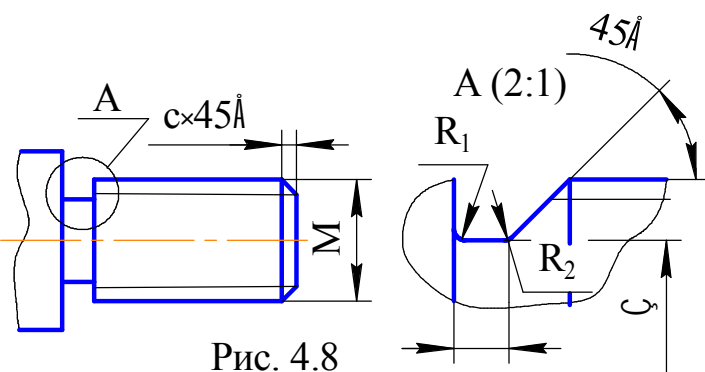


Рис. 4.8

Над виносним елементом вказується та ж літера і масштаб, у якому виконаний виносний еле-



мент. Для полегшення читання креслення його слід розташовувати якомога ближче до виділеного місця на зображенні. Виносний елемент може містити подробиці, не показані на відповідному зображенні, і може відрізнятися від нього по змісту. Наприклад, зображення може бути виглядом, а виносний елемент – розрізом

На кресленнях деталей поміщають так само необхідні дані, що характеризують матеріал деталі. В основному написі в спеціальній графі вказують вид, найменування і марку матеріалу відповідно до його стандарту.

- ◇ Яку інформацію несе в собі креслення деталі?
- ◇ Чим відрізняється вигляд від місцевого вигляду?

## 4.2 Конструктивні елементи деталей

Внутрішні і зовнішні форми будь-якої деталі повинні бути конструктивно обґрунтовані, економічно доцільні і технічно здійснювані.

Найбільш доцільними й легко здійсненними будуть форми деталей, оброблювані поверхні яких є відсіками площин або поверхнями обертання. У цьому випадку їх порівняно легко обробляють на фрезерному або токарському верстатах.

Але, з іншого боку, деталь є складовою частиною механізму й перебуває у взаємозв'язках з іншими деталями. Ці зв'язки проявляються в характері з'єднань, в обмеженні переміщень, у створенні простору для розміщення інших деталей.

Крім того, у механізмі при роботі на деталь діють зусилля, які можуть зруйнувати її. Тому, розробляючи конструкцію, для посилення використовують потовщення, ребра жорсткості, стінки, а для зменшення ваги – порожнини різної форми. Для усунення концентрацій місцевих напружень у матеріалі деталі, виконують скруглення, плавні переходи і т.і. Це приводить до того, що реальна деталь може містити велику кількість конструктивних елементів, іноді дрібних, без яких, проте, її призначення в механізмі не може бути реалізовано.

**Конструктивним елементом називають відособлену частину деталі, призначену для виконання певної функції в механізмі, форма й розміри якого перевірені багаторічною конструкторською практикою і розрахунками на міцність.**

За рахунок застосування типових рішень скорочуються строки проектування, зменшується номенклатура ріжучого й вимірювального інструмента, підвищується якість виробів.

Для грамотного виконання конструктивних елементів на кресленнях деталей варто знати їхнє призначення, назву, форму й необхідні розміри. Нижче наведені приклади найпоширеніших елементів деталей.

Очевидно, що конкретні відомості про їхню величину необхідно брати з довідкової літератури.

4.2.1 *Ухили*. Елементи деяких профілів прокатної сталі (кутки, швелери, двотаври), стінки й ребра жорсткості литих деталей й інше, виконують із ухилом.

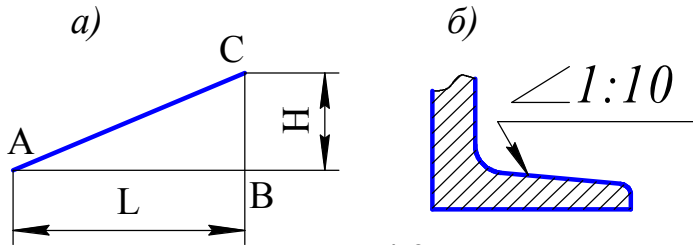


Рис. 4.9

**Ухил - це величина, що характеризує нахил лінії стосовно горизонтальної або вертикальної ліній. Ухил лінії AC відносно AB (рис. 4.9, a) визначається**

відношенням  $H/L$ . Його виражають відношенням двох чисел (перше число завжди одиниця, наприклад, 1:50), а також у відсотках або градусах. Приклад позначення ухилу на кресленні наведений на рис. 4.9, б.

4.2.2 *Конусність*. Конічні поверхні застосовують у з'єднаннях деталей для забезпечення їхнього взаємного положення.

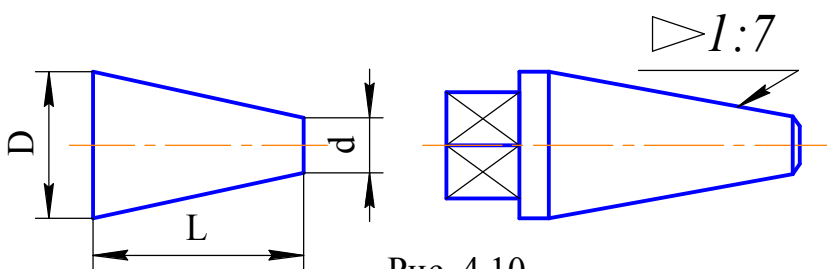


Рис. 4.10

**Конусність - це відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів до відстані між ними. Залежність  $(D - d) / L$**

записується на кресленні як відношення двох чисел або у відсотках (рис. 4.10). Знак конусності - рівнобедрений трикутник - розташовують паралельно осі конуса, а його гострий кут - у бік вершини конуса.

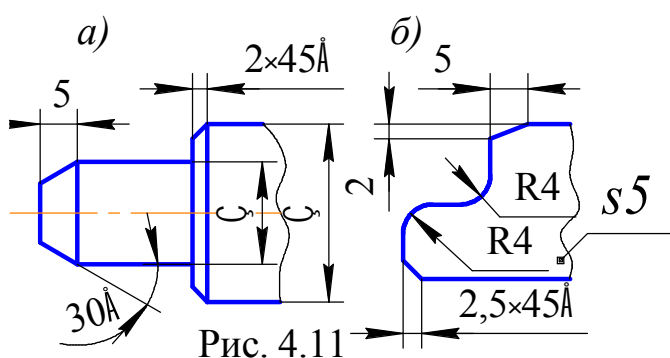


Рис. 4.11

4.2.3 *Радіуси скруглень і фаски*. На деталях, у місцях переходу від однієї поверхні до іншої, як правило, передбачають різні закруглення й фаски. **Скруглення дозволяють уникнути концентрацій напруг матеріалу. Фаски виконують**

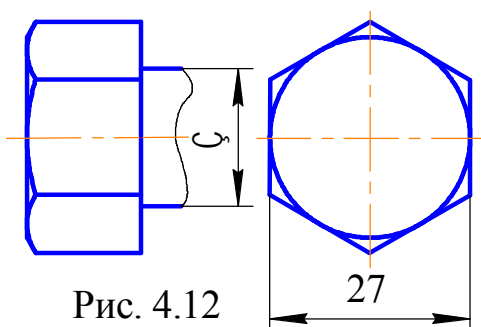


Рис. 4.12

**із метою притуплення гострих кромek і полегшення складання деталей.**

Розміри фасок під кутом  $45^\circ$  наносять, як показано на рис. 4.11, a, розміщаючи числові значення катета і кута на одній розмірній лінії через знак

множення. Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами нанесення лінійних і кутових розмірів або двох лінійних розмірів (рис. 4.11, а, б).

4.2.4 *Елементи з плоскими гранями.* Елементи з плоскими гранями використовують для повороту деталі гайковим ключем, наприклад, голівки болтів (рис. 4.12), гвинтів, призматичні частини поверхонь гайок, лиски на деталях і т.і. Розмір між двома паралельними гранями, так званий розмір "під ключ", відповідно до ГОСТ 6424-73 варто вибирати з ряду номінальних розмірів.

4.2.5 *Центрові отвори.* Центрові отвори попередньо виконують для установки деталей при обробці на металорізальних верстатах. ГОСТ 14034-74 установлює кілька форм центрових отворів, одне з них наведено на рис. 4.13.

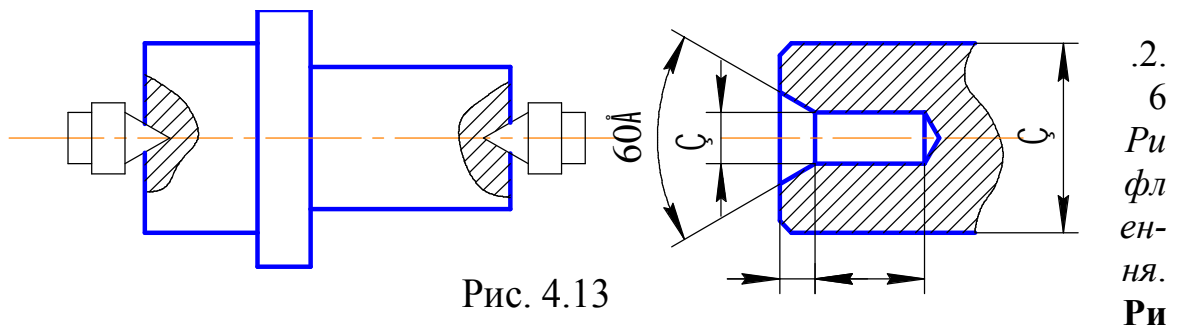


Рис. 4.13

флення наносять на зовнішніх поверхнях рукояток, голівок, круглих гайок, що загвинчують вручну. Канавки рифлень у нормальному перетині мають трикутний профіль із кутом при вершині  $70^\circ$  для сталевих деталей і  $90^\circ$  для деталей з кольорових сплавів. Застосовують два види рифлень – пряме й сітчасте (під кутом  $30^\circ$  до горизонтальної лінії). Відстані між канавками (крок рифлення) вибирають залежно від ширини і діаметра поверхні. Умовна позначка рифлення наноситься на полку лінії виноски і включає: найменування, крок і номер стандарту (рис. 4.14).

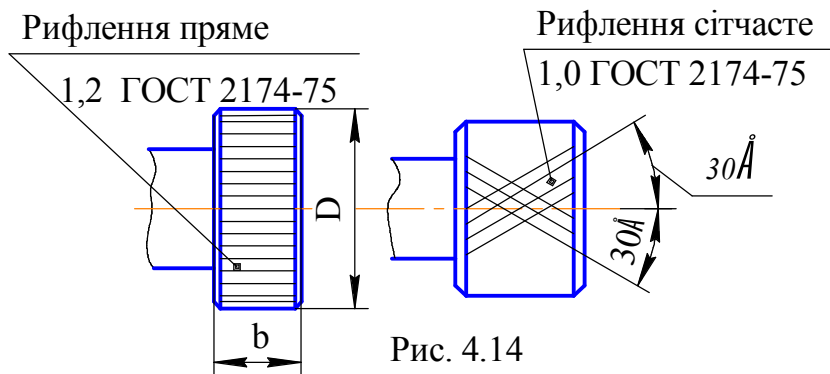


Рис. 4.14

вих деталей і  $90^\circ$  для деталей з кольорових сплавів. Застосовують два види рифлень – пряме й сітчасте (під кутом  $30^\circ$  до горизонтальної лінії). Відстані між канавками (крок рифлення) вибирають залежно від ширини і діаметра поверхні. Умовна позначка рифлення наноситься на полку лінії виноски і включає: найменування, крок і номер стандарту (рис. 4.14).

між канавками (крок рифлення) вибирають залежно від ширини і діаметра поверхні. Умовна позначка рифлення наноситься на полку лінії виноски і включає: найменування, крок і номер стандарту (рис. 4.14).

4.2.7 *Канавки під ущільнювальні кільця.* Ущільнювальні кільця запобігають витіканню змащення в місцях виходу обертових деталей з корпусу, захищають деталі від потрапляння бруду, пилу і інших сторонніх речовин. Кільця виготовляють із повсті. Перетин канавок має вигляд рівнобічної трапеції з кутом між бічними сторонами  $15^\circ$ . Параметри канавок вибирають залежно від діаметра вала (рис. 4.15).

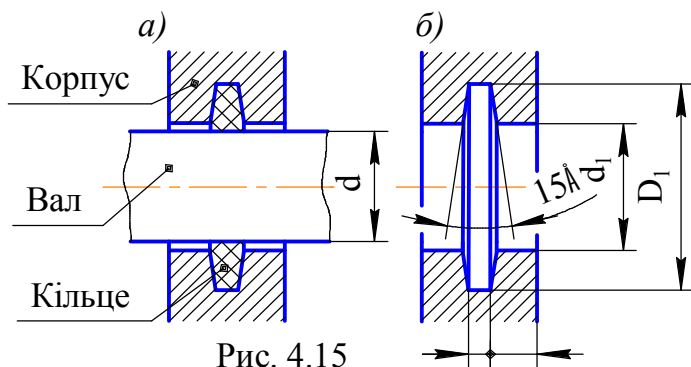


Рис. 4.15

4.2.8 Шпонкові пази виготовляють для створення шпонкових з'єднань. Шпонкові з'єднання – це з'єднання трьох деталей, призначені для передачі обертового руху (вала зі шківом, втулкою, зубчастим колесом і інше).

Шпонкові пази вико-

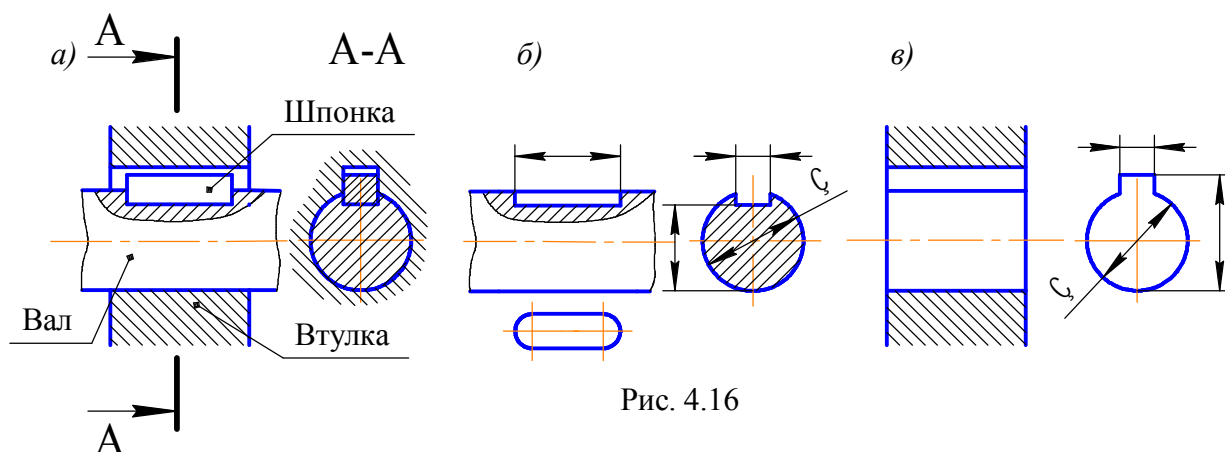


Рис. 4.16

нують завжди у двох сполучених деталях: валу і втулці. В пази встановлюють шпонку, що передає крутний момент від валу до втулки або навпаки. Розміри перетинів шпонок і пазів вибирають залежно від діаметра валу.

На рис.4.16, а показане з'єднання валу і втулки за допомогою призматичної шпонки, а так само приклад нанесення розмірів на шпонкових пазах (рис. 4.16 б, в).

4.2.9 Різьби. Різьбою називається поверхня, утворена при гвинтовому русі плоского контура по циліндричній або конічній поверхні. При цьому утвориться гвинтовий виступ відповідного профілю, обмежений гвинтовими і циліндричними або конічними поверхнями (рис. 4.17).

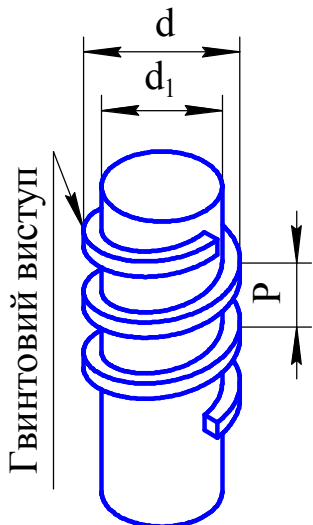


Рис. 4.17

Різьби класифікуються за формою поверхні, за якої вони нарізані (циліндричні, конічні), по розташуванню різьби на поверхні стержня або отвору (зовнішні, внутрішні), за формою профілю (трикутна, прямокутна, трапецеїдальна, кругла), призначенню (кріпильні, ходові, спеціальні й ін.), напрямку гвинтової поверхні (ліві і праві) і за числом заходів (однозаходні і багатозаходні).

Всі різьби ділять на дві групи: стандартні і нестандартні; у стандартних різьб всі їхні параметри визначаються стандартами.

Основні параметри різьб:

- *зовнішній діаметр різьби* ( $d$ ) – діаметр уявлюваного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої. Цей діаметр є визначальним і для більшості різьб входить в умовну позначку різьб;

- *внутрішній діаметр різьби* ( $d_1$ ) – діаметр уявлюваного циліндра, описаного навколо западин зовнішньої різьби або виступів внутрішньої;

- *профіль різьби* – контур перерізу різьби площиною, що проходить через її вісь;

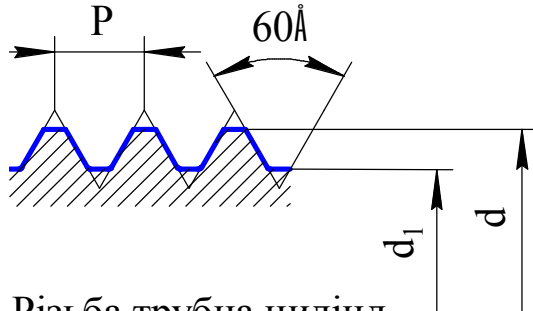
- *кут профілю різьби* – кут між бічними сторонами профілю;

- *крок різьби* ( $P$ ) – відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю в напрямку, паралельному осі різьби;

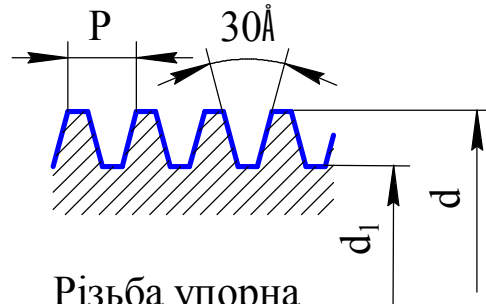
- *хід різьби* ( $t$ ) – відстань між найближчими однойменними

Різьба метрична

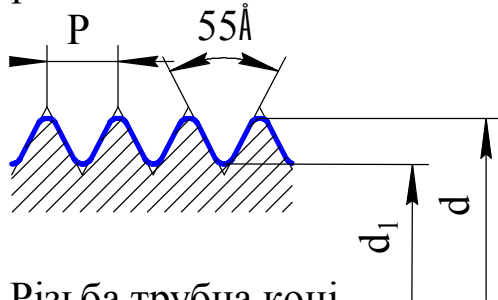
ГОСТ 9150-75



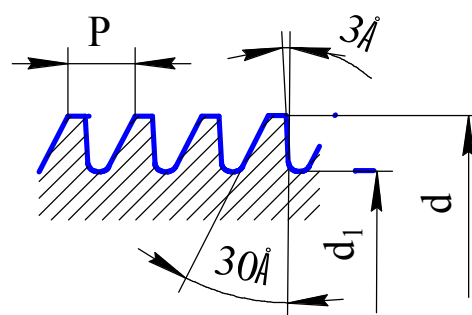
Різьба трапецеїда-  
льна ГОСТ 9484-81



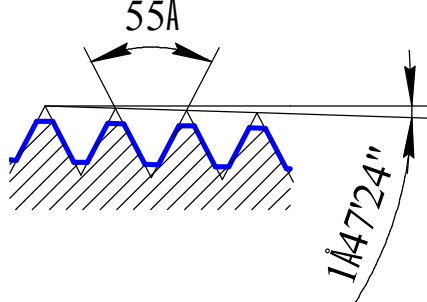
Різьба трубна цилінд-  
рична ГОСТ 6357-81



Різьба упорна  
ГОСТ 10177-82



Різьба трубна коні-  
чна ГОСТ 6211-81



Різьба прямокутна  
(нестандартна)

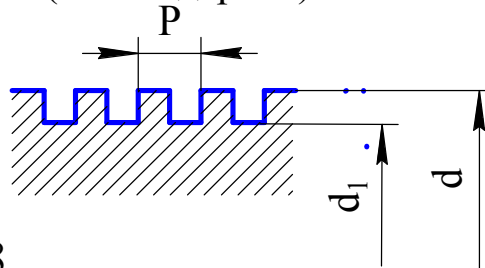


Рис. 4.18

бічними сторонами профілю, що належить одній і тій же гвинтовій поверхні, у напрямку, паралельному осі різьби. В однозаходній різьбі хід дорівнює кроку, а в багатозаходній – добутку кроку на число заходів  $n$  ( $t = Pn$ ).

На рис. 4.18 наведені назви, зовнішній вигляд і профіль найпоширеніших різьб.

Креслення гвинтових поверхонь є досить трудомістким процесом, тому на кресленнях різьби зображується умовно. За ГОСТ 2.311-68 всі типи стандартних різьб зображуються на кресленнях однаково – спрощено, незалежно від їхнього дійсного виду.

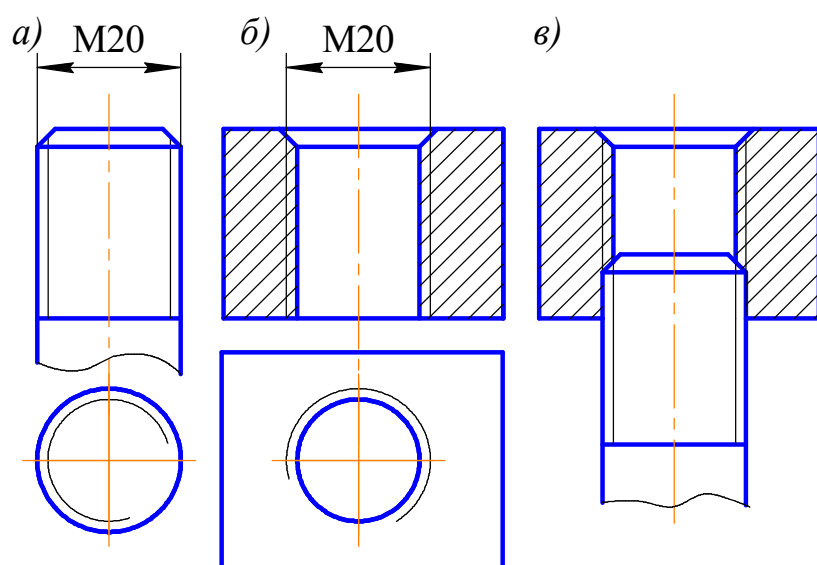


Рис. 4.19

Зовнішню різьбу зображують суцільними основними лініями по зовнішньому діаметру різьби і суцільними тонкими лініями – по внутрішньому діаметру (рис. 4.19, а).

На зображенні, отриманому проєкціюванням на площину, паралельну осі стержня з різьбою, суцільні тонкі лінії повинні перетинати границю фаски. На зображенні, отриманому проєктуванням на площину, перпендикулярну осі різьби, по її зовнішньому діаметру проводиться коло суцільною основною лінією, а по внутрішньому діаметру – суцільною тонкою лінією, у вигляді дуги, приблизно рівної 3/4 кола і розімкненого в будь-якому місці. На цьому виді фаска не зображується.

Внутрішня різьба в отворі (рис. 4.19, б) на поздовжньому розрізі зображується суцільними основними лініями по внутрішньому діаметру і суцільними тонкими по зовнішньому діаметру різьблення, проведеніми тільки до ліній, що зображують фаску. На зображенні, отриманому проєкціюванням на площину, перпендикулярну осі різьби, по внутрішньому діаметру різьби проводиться коло суцільною основною лінією, а по зовнішньому діаметру проводиться суцільною тонкою лінією дуга кола, розімкнута в будь-якому місці приблизно на 3/4 кола. Фаска на цьому вигляді не зображується.

На зображенні, отриманому проєкціюванням на площину, паралельну осі стержня з різьбою, суцільні тонкі лінії повинні перетинати границю фаски. На зображенні, отриманому проєктуванням на площину, перпендикулярну осі різьби, по її зовнішньому діаметру проводиться коло суцільною основною лінією, а по внутрішньому діаметру – суцільною тонкою лінією, у вигляді дуги, приблизно рівної 3/4 кола і розімкненого в будь-якому місці. На цьому виді фаска не зображується.

Внутрішній діаметр різьби на зображенні приймається приблизно рівним  $d_1 = 0,85d$ . Границю різьби проводять до лінії зовнішнього діаметра різьби і зображують суцільною основною лінією.

На рис. 4.19, в зображене різьбове сполучення, на якому одна деталь вгвинчена в іншу. На поздовжньому розрізі показують тільки ту частину внутрішньої різьби, що не закрита вгвинченою в неї деталлю. Контур укрученої деталі показують суцільною основною товстою лінією.

*Позначення різьби* містить у собі: вид різьби, розмір, крок і хід різьби, напрямок різьби, номер стандарту.

Вид різьби умовно позначається буквами латинського алфавіту: М – метрична різьба; G – трубна циліндрична різьба; R – трубна конічна різьба; Tr – трапецеїдальна різьба; S – упорна різьба.

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

Крок різьби не вказують для метричної різьби з великим кроком і для дюймових різьб, в інших випадках він вказується. Для багатозаходних різьб у позначення різьб входить хід різьби, а крок проставляється в дужках.

Напрямок різьби вказують тільки для лівої різьби (LH).

◇ Що з конструктивним елементом деталі?

◇ Розшифруйте позначення різьб: M30 x 1,5; G1; Tr40 x 6LH; S80 x 20 (P10).

### 4.3 Вибір зображень для кресленні деталі

Форму деталі на кресленні задають зображеннями, використовуючи при побудовах метод прямокутного проєкціювання. Зображення повинні бути такими, щоб можна було однозначно представити по кресленню деталь і нанести всю інформацію, що стосується її виготовлення (розміри, якість поверхонь і інше) і контролю. Інформація повинна бути представлена не спотворено і, по можливості, ощадливо.

Для виконання цієї задачі необхідно знати і розуміти положення ГОСТ 2.305-68 "Зображення – вигляди, розрізи, перерізи", уміти зображувати на кресленні елементарні геометричні тіла і їхні сполучення, а також ураховувати знаки і символи ( $\emptyset$ ,  $\square$ ,  $s$ ,  $l$ ), які сприяють зменшенню кількості зображень.

Правильно вибрати кількість зображень і їхній зміст дозволяє аналіз форм і розташування геометричних тіл, що становлять деталь. Це важливий етап роботи. Розглянемо, як приклад, аналіз деталі (рис. 4.20, а), де в аксонометричному зображенні представлена кришка.

Основою 1 кришки служить прямокутний паралелепіпед із циліндричними скругленнями двох його вертикальних ребер. Зліва до

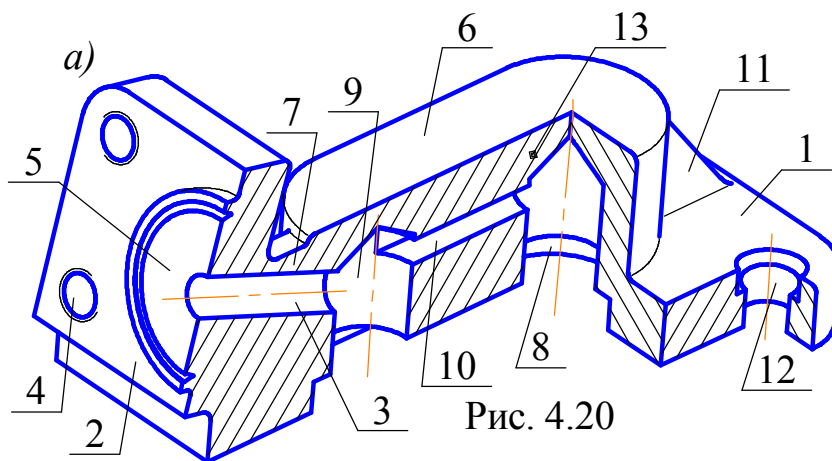


Рис. 4.20

нього примикає похилий фланець 2 прямокутні форми також із циліндричними скругленнями ребер. Він містить похилий циліндричний канал 3, чотири наскрізні отвори з різьбою 4 і

циліндричний виступ 5 з кільцевою канавкою трикутного профілю.

Зверху на основі розташований прилив 6, у формі прямокутного паралелепіпеда, округленого двома напівциліндрами з вертикальними осями. Між цим приливом і фланцем 2 установлена стінка 7, прямокутна в поперечному перерізі.

З нижньої сторони основи є порожнина 8 з вертикальними стінками, скругленими напівциліндрами, від якої усередину деталі йдуть два глухих циліндричних отвори 9. Ці отвори з'єднані каналом 10 прямокутного перерізу.

Праворуч до приливу 6 примикає похиле ребро жорсткості 11. На основі 1 у два ряди розташовуються шість ступінчастих отворів 12. Деталь має одну площину симетрії, позначену на рисунку цифрою 13. Кришка виготовлена литтям з наступною обробкою різанням, тому поверхні, що не були оброблені, мають скруглення (ливарні радіуси).

Висновки з аналізу форми деталі.

Деталь обмежена сукупністю площин і циліндричних поверхонь і має площину симетрії. У цій площині і у площинах їй паралельних розташовані осі циліндрів. Відсіки площин деталі паралельні або перпендикулярні до площини симетрії.

На рис. 4.20, б наведений один з варіантів компоновання зображень для розглянутої деталі.

Для зображення кришки на фронтальній площині проєкцій (головне зображення), площину симетрії варто розташувати їй паралельно, а площину основи – горизонтально. У цьому випадку більшість простих геометричних тіл будуть займати особливе положення, що дозволяє відображати їх без спотворень і наносити розміри.

Виходячи із прийнятого розташування кришки щодо фронтальної площини проєкцій, для неспотвореного відображення її форми необхідно: головне зображення дати фронтальним розрізом, тому що він



більше інформативний; вигляд зверху, з відкинутою спотвореною частиною похилого фланця, необхідний для виявлення форми основи, приливу і розташування ступінчастих отворів; вигляд знизу (з метою економії місця показана його половина) – для уточнення форми основи і форми внутрішньої порожнини; додатковий вид Б відображає неспотворену форму похилого фланця; розріз А-А виявляє форму приливу і паза в поздовжньому перетині, а так само форму ступінчастого отвору; переріз В-В пояснює наскрізний отвір з різьбою; виносний елемент Г у масштабі збільшення дає відомості про форму кільцевої канавки.

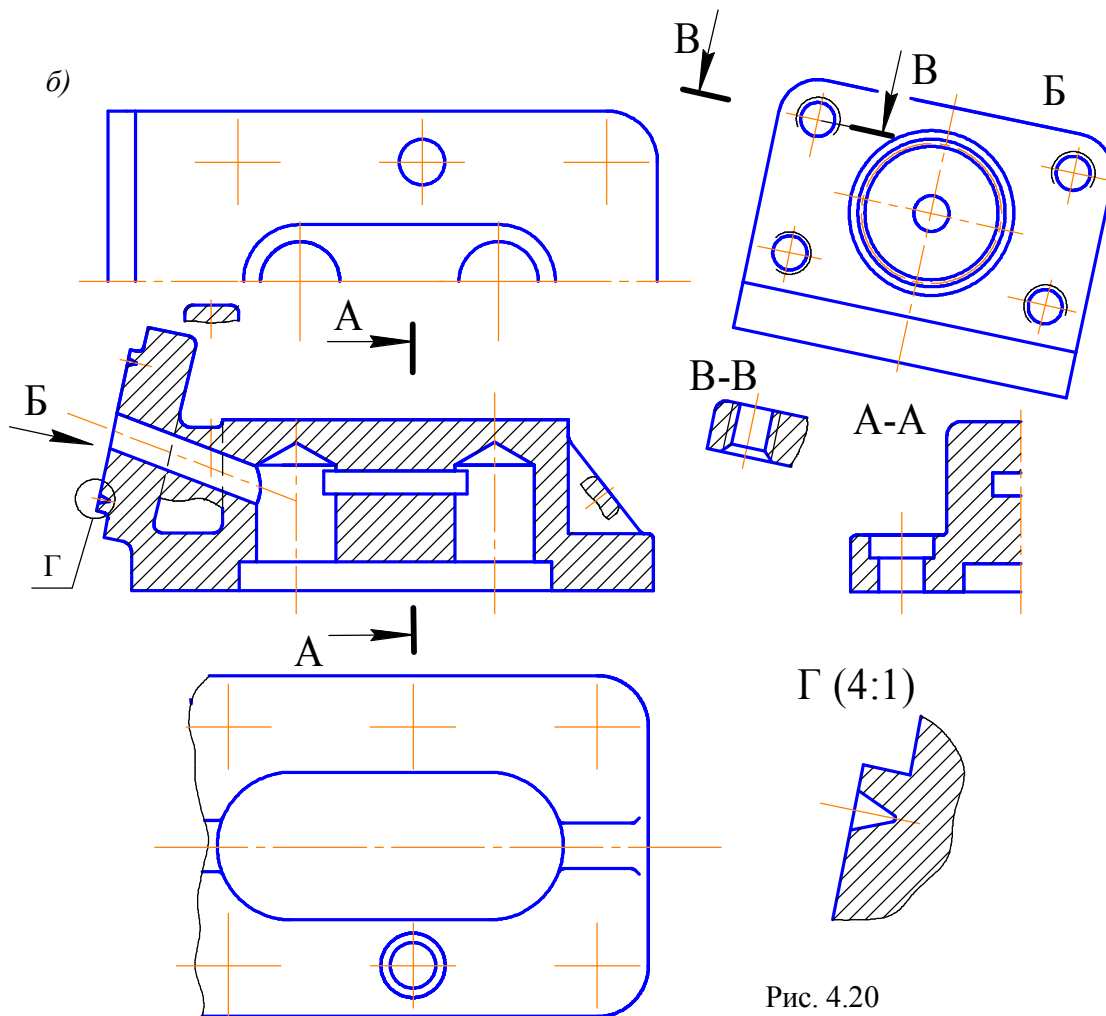
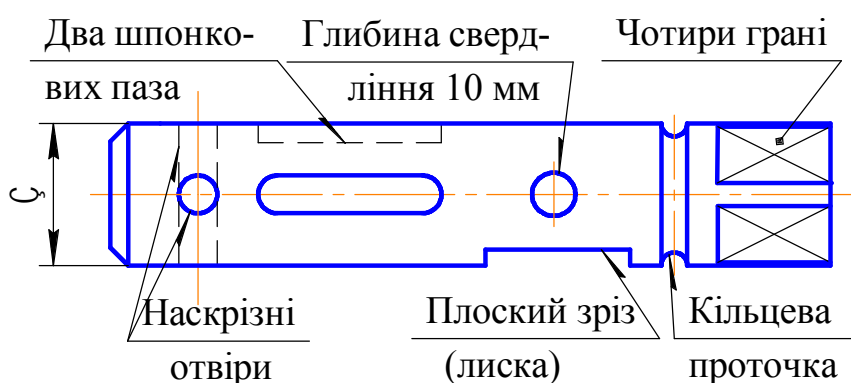


Рис. 4.20

Поперечні форми вертикальної стінки і похилого ребра жорсткості виявлені двома перерізами, відповідно винесеним і накладеним, які розташовані безпосередньо на слідах-проекціях січних площин.



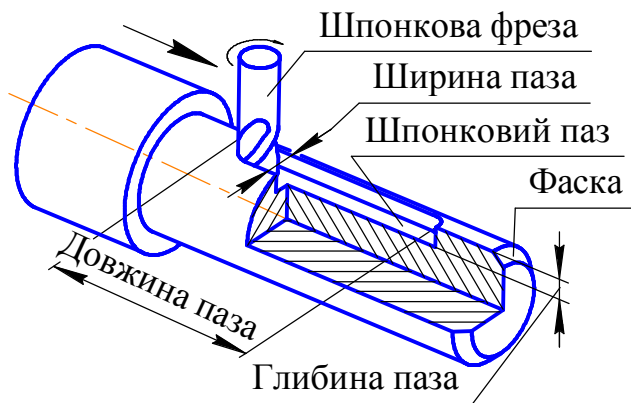
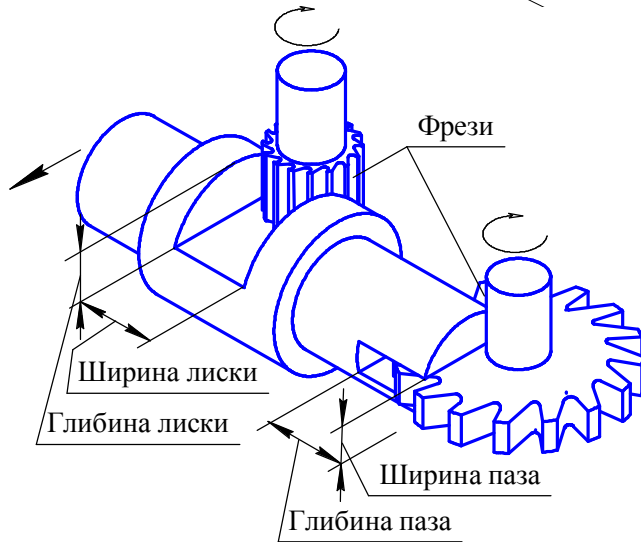
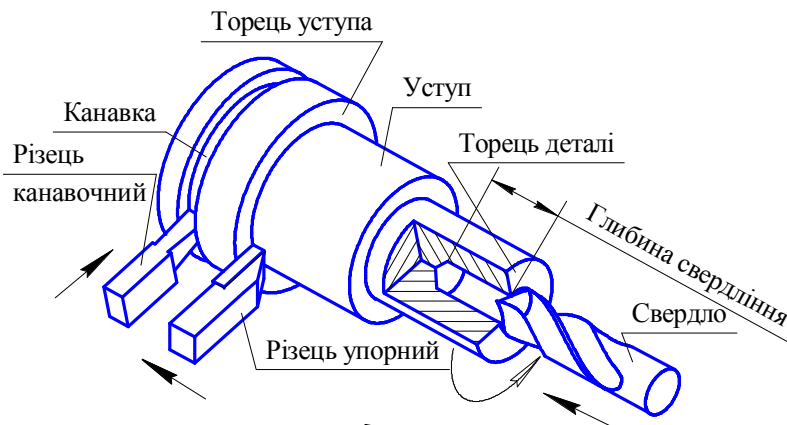
◇ Проаналізуйте запропоновані зображення з метою однозначного подання за ними форми кришки

(синтез форми деталі).

◇ Креслення валу (див. рис. на попередній сторінці) містить словесні пояснення форми деталі. Передайте цю інформацію за допомогою зображень. На кресленні не повинно бути ліній невидимого контуру.

#### 4.4 Нанесення розмірів

Розміри є дуже важливою складовою креслення деталі. Грамотне



їх нанесення дозволяє зменшити брак на виробництві, спростити виготовлення деталі й знизити її вартість.

У попередніх розділах були розглянуті загальні правила нанесення розмірів. Ці знання обов'язкові, але їх замало, тому що повне рішення питань нанесення розмірів ґрунтується на великому обсязі відомостей не тільки геометричного, але й розрахунково-конструктивного, технологічного й експлуатаційного характеру.

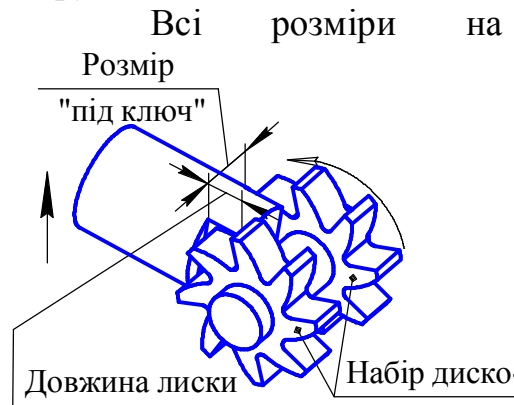


Рис. 4.21

кресленні деталі розділяють на *вільні і спряжені*.

Вільними розмірами визначаються поверхні деталі, які не стикаються з поверхнями інших деталей у виробі. Спряжені розміри визначають форму поверхні деталі, що стикається з поверхнею іншої деталі.

Всі розміри повинні наноситися від базових поверхонь, ліній або точок, щодо яких визначається положення окремих елементів деталі в процесі виготовлення або експлуатації у виробі.

Для того, щоб уникнути грубих помилок у нанесенні розмірів на кресленні деталі необхідно представляти найпростішу технологію виготовлення й принцип взаємодії її з іншими деталями, що входять у виріб.

У студентських групах немашинобудівного профілю, коли деталі для виконання креслень розглядаються поза пристроями, для яких вони призначені, дотримання зазначеного правила представляє певні труднощі. Тут варто активізувати нехай невеликі відомості, почерпнуті з повсякденної практики й літератури про виготовлення деталей на заводах.

На рис. 4.21 наочно показані окремі елементи деталей й утворення їх за допомогою різального інструменту.

Приклад одержання деталі типу "Валик" на токарському верстаті, починаючи із заготовки і закінчуючи готовою деталлю по кресленню (рис. 4.22), з використанням різального інструменту (рис. 4.23), наведений на рис. 4.24.

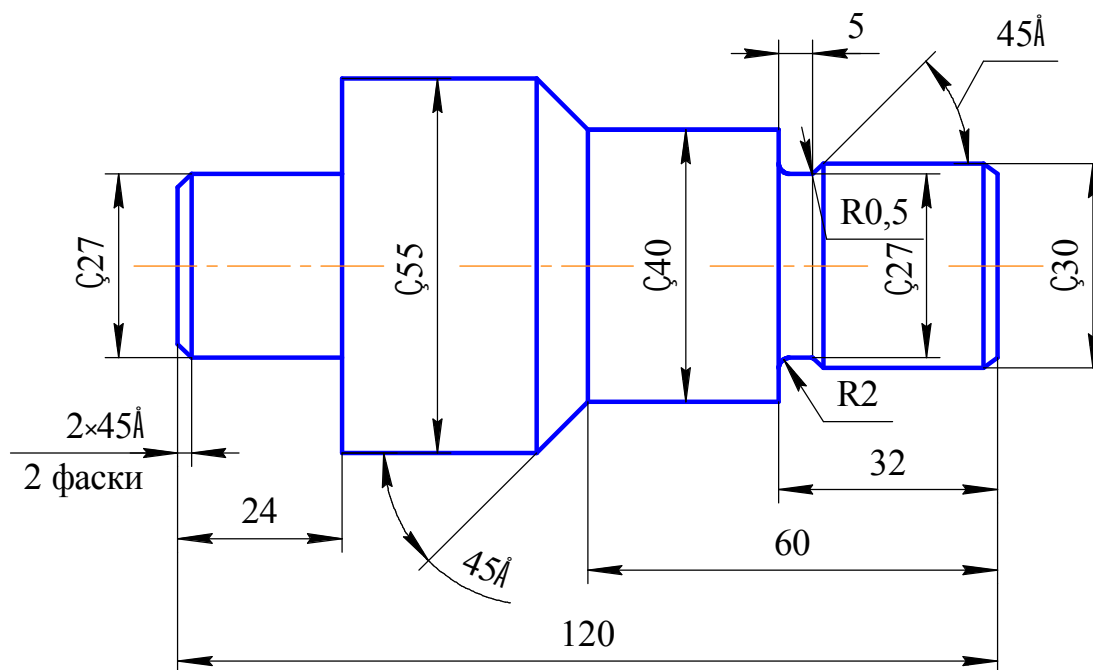


Рис. 4.22

Заготовка представляє пруток діаметром 55 мм і довжиною 120 мм. Довжина заготовки відповідає довжині готової деталі.

Опис процесу обробки:

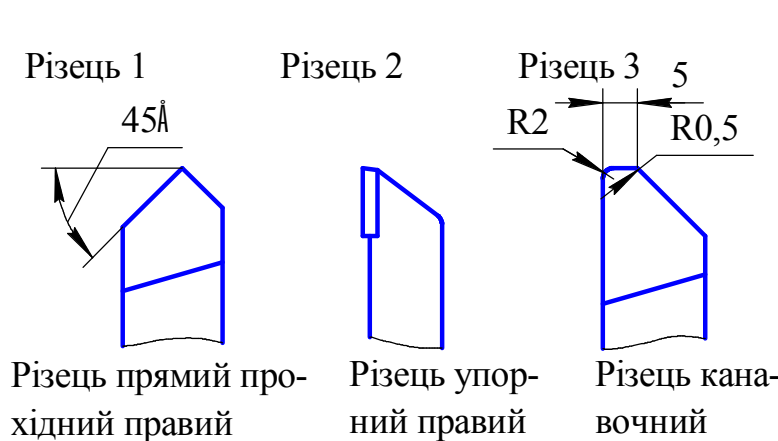


Рис. 4.23

- пруток  $\varnothing 55$  мм установити в патрон токарського верстата і закріпити;

- пруток обточити до  $\varnothing 40$  мм на довжині 60 мм (різець 1);

- обточити кінець прутка до  $\varnothing 30$  мм на довжині

32 мм (різець 2);

- на кінці деталі зняти фаску  $2 \times 45^\circ$  (різець 1);

- на  $\varnothing 30$  мм проточити канавку до  $\varnothing 27$  мм (різець 3), лівий торець канавки збігається з розміром 32 мм;

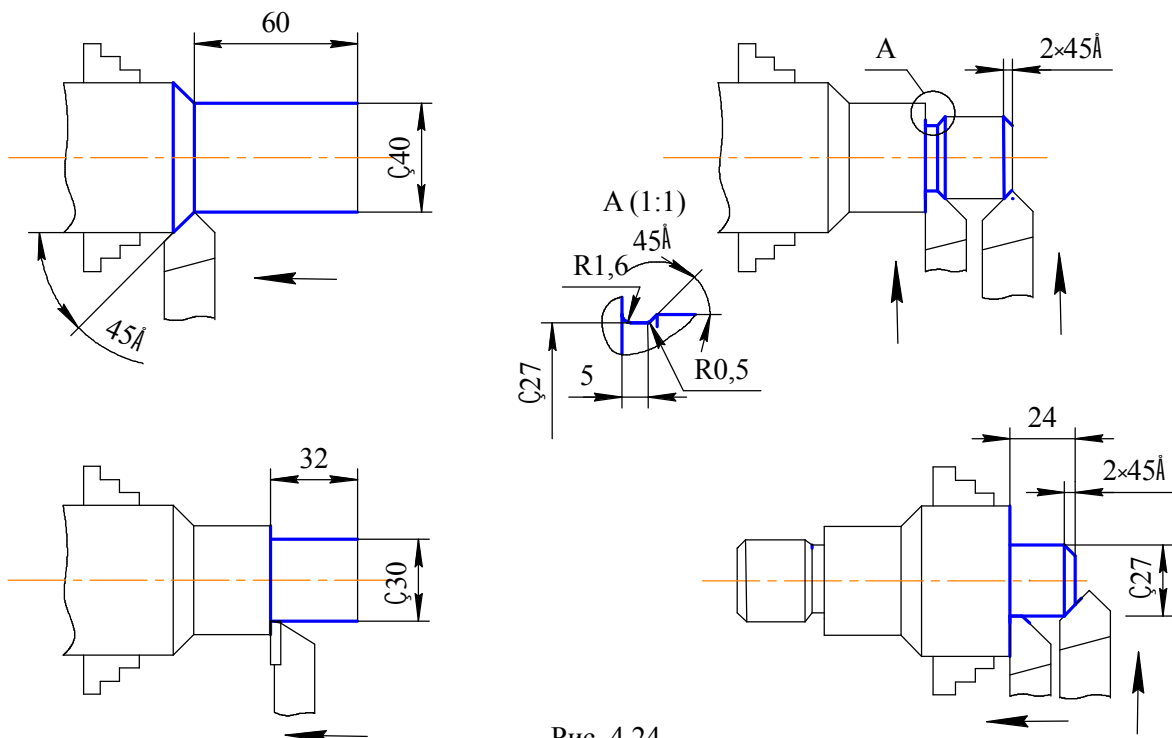


Рис. 4.24

- деталь вийняти з патрона, повернути на  $180^\circ$  і знову закріпити;

- обточити кінець деталі на  $\varnothing 27$  мм на довжині 24 мм (різець 2);

- на  $\varnothing 27$  мм зняти фаску  $2 \times 45^\circ$  (різець 1).

Приведемо кілька правил, якими варто керуватися при нанесенні розмірів.

На машинобудівних кресленнях розміри не допускається наносити замкнутим ланцюжком, за винятком випадків, коли один з них поданий як довідковий. Довідковими називаються розміри, що не підлягають виконанню по даному кресленню, а наносяться тільки для зручності кори-

стування кресленням. Довідкові розміри позначають на кресленні знаком \*, а в технічних вимогах записують – \* Розмір для довідок.

Кожен розмір може бути представлений на кресленні тільки один раз.

Розміри декількох однакових елементів деталі наносять один раз із вказівкою кількості цих елементів.

Не можна змішувати розміри зовнішніх і внутрішніх поверхонь елементів деталі. Розмірні лінії переважніше розташовувати поза контуром зображення. Перетинання виносних і розмірних ліній небажано, забороняється виносити менший розмір за більший.

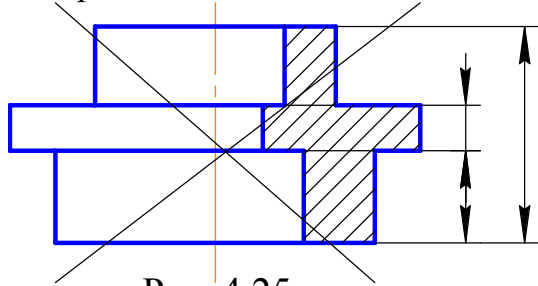


Рис. 4.25

Кожен елемент деталі повинен мати свої розміри. Не можна одним розміром задати, приміром, розташування внутрішнього й зовнішнього елементів (рис. 4.25), навіть якщо вони збігаються по величині (у цьому випадку зображення одного зі співпадаючих елементів незначно

змінюють.

#### 4.5 Ескізи деталей

Конструкторські документи для одноразового користування можуть виконуватися у вигляді ескізів.

**Ескізом називають конструкторський документ, виконаний від руки, без застосування креслярських інструментів і точного дотримання масштабу.** При цьому повинні зберігатися пропорції розмірів окремих елементів і всієї деталі в цілому.

Ескізи виконують на аркушах креслярського паперу стандартного формату, м'яким (М, 2М), гостро заточеним олівцем, з дотриманням проєкційних зв'язків і всіх правил, установлених стандартами ЕСКД.

Послідовність виконання ескізу багато в чому збігається з послідовністю виконання креслення деталі й містить у собі наступні етапи: підготовчий, креслення зображень і нанесення розмірів, виконання необхідних написів і оформлення ескізу.

На підготовчому етапі потрібно уважно вивчити деталь, ознайомитися з її конструкцією, зафіксувати в пам'яті конструктивні елементи. Подумки розчленувати деталь на прості геометричні тіла і визначити яким чином вони пов'язані між собою. Потім варто встановити матеріал деталі і основні технологічні операції, використані при виготовленні.

Потім приступають до вибору головного зображення деталі. Визначають, які вигляди, розрізи або інші зображення доцільно виконати,

щоб доповнити головне. По можливості варто уникати ліній невидимого контуру, які знижують наочність зображень.

З огляду на складність деталі, її розміри й розміри аркуша паперу, вирішують питання про приблизну величину зображень, щоб скомпонувати робоче поле ескізу. Величина зображень повинна дозволяти чітко відобразити всі елементи деталі й нанести необхідні розміри. Крім того, обраний аркуш варто обмежити зовнішньою рамкою і усередині її провести рамку креслення. Нанести рамку основного напису.

Потім приступають до креслення зображень. Для цього намічають осьові й центрові лінії кожного зображення, при необхідності – їхні габаритні прямокутники. Відсутність осьових і центрових ліній ускладнює розуміння креслення, веде до пропуску необхідних розмірів.

Тонкими лініями наносять зовнішні контури кожного зображення з конструктивними елементами, потім – контури необхідних розрізів і перерізів.

Перевіривши виконані зображення, убирають зайві лінії, наносять штриховку на умовних зображеннях й обводять контури суцільною основною лінією.

Проводять виносні і розмірні лінії – спочатку для габаритних, міжосьових і міжцентрових розмірів, а далі для розмірів окремих елементів деталі. За допомогою інструментів обміряють деталь і наносять розмірні числа на ескізі, використовуючи, при необхідності, умовні знаки, що визначають характер поверхні: діаметр, радіус, квадрат, конусність, ухил, тип різьби і т.д.

Виконують необхідні написи на ескізі: позначають розрізи, перерізи, виносні елементи; заповнюють основний напис.

◇ Яку інформацію несе в собі ескіз деталі? Чим ескіз деталі відрізняється від креслення деталі?

◇ Які умовності використовуються при нанесенні розмірів однакових елементів?

## ЗМІСТ

### Вступ

### Розділ 1. Теоретичні основи побудови креслень

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Геометричні образи простору . . . . .                            | 5  |
| 1.2 Метод проєкцій . . . . .   | 6  |
| 1.3 Деякі властивості паралельного проєкціювання . . . . .           | 7  |
| 1.4 Оборотність зображень . . . . .                                  | 8  |
| 1.5 Зображення точки на кресленні . . . . .                          | 9  |
| 1.6 Додаткові зображення . . . . .                                   | 15 |
| 1.7 Креслення двох точок . . . . .                                   | 17 |
| 1.8 Креслення відрізка прямої . . . . .                              | 19 |
| 1.9 Розміри на кресленнях . . . . .                                  | 23 |
| 1.10 Креслення ліній . . . . .                                       | 25 |
| 1.11 Взаємне положення точки і прямої . . . . .                      | 27 |
| 1.12 Взаємне положення прямих . . . . .                              | 30 |
| 1.13 Визначення на кресленні відстаней і кутів між прямими . . . . . | 32 |
| 1.14 Креслення площини . . . . .                                     | 34 |
| 1.15 Точка і пряма в площині . . . . .                               | 38 |
| 1.16 Нанесення розмірів на кресленнях плоских фігур . . . . .        | 40 |
| 1.17 Взаємне положення прямої і площини . . . . .                    | 43 |
| 1.18 Взаємне положення площин . . . . .                              | 47 |
| 1.19 Креслення поверхонь . . . . .                                   | 49 |
| 1.20 Переріз поверхонь площинами. Розгортки . . . . .                | 52 |
| 1.21 Взаємний перетин поверхонь . . . . .                            | 57 |

### Розділ 2. Креслення моделей

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Геометричні тіла. . . . .                          | 62 |
| 2.2 Вибір зображень на кресленні . . . . .             | 66 |
| 2.3 Креслення моделей . . . . .                        | 69 |
| 2.4 Нанесення розмірів на кресленнях моделей . . . . . | 72 |

### Розділ 3. Аксонометричні проєкції

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Утворення аксонометричних проєкцій . . . . . | 78 |
| 3.2 Види аксонометрії . . . . .                  | 80 |

### Розділ 4. креслення деталей

|  |     |
|--|-----|
| 4.1 Загальні відомості про деталі і їхні креслення . . . . . | 84  |
| 4.2 Конструктивні елементи деталей. . . . .                  | 89  |
| 4.3 Вибір зображень для креслення деталі . . . . .           | 95  |
| 4.4 Нанесення розмірів. . . . .                              | 99  |
| 4.5 Ескізи деталей. . . . .                                  | 101 |