

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

Курс лекцій

**для студентів технічних спеціальностей
прискореної форми навчання**

Затверджено
на засіданні вченої ради
Протокол №5 від 26.11.2020 р.

Краматорськ
ДДМА
2020

УДК 744 + 004.92

К 12

Рецензенти:

Рудаков О. М., канд. екон. наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи, Донбаський інститут техніки та менеджменту «Міжнародного науково-технічного університету імені академіка Ю. Бугая».

Грицук Ю. В., канд. техн. наук, доцент, Донбаська національна академія будівництва і архітектури.

Кабацький О. В.

К 12 Нарисна геометрія та інженерна графіка : курс лекцій / О. В. Кабацький, С. С. Красовський, О. В. Жартовський, С. Л. Загребельний, М. В. Брус. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 107 с.

ISBN 978-966-379-961-2

Наведено теоретичний матеріал з нарисної геометрії та інженерної графіки, а також питання для самопідготовки. Призначено для студентів денної та заочної (дистанційних) прискорених форм навчання всіх спеціальностей у процесі засвоєння теоретичної частини курсу нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки.

УДК 744 + 004.92

ISBN 978-966-379-961-2

© О. В. Кабацький та ін., 2020

© ДДМА, 2020

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Лекція 1. Точка, пряма у просторі.....	6
1. Метод проєкціювання. Комплексний кресленик точки	6
2. Проєкціювання відрізка прямої лінії. Комплексний кресленик прямої	9
Лекція 2. Площини у просторі. Перетворення креслеників	17
1. Завдання площини на комплексному кресленнику.....	17
2. Положення площини відносно площин проєкцій.....	20
3. Належність точки і прямої площині. Головні лінії площини.....	23
4. Методи перетворення ортогональних проєкцій. Метод заміни площин проєкцій	25
Лекція 3. Багатогранники, тіла обертання.....	30
1. Гранні поверхні.....	30
2. Криві поверхні. Поверхні обертання	34
3. Переріз кривих поверхонь площиною.....	41
Лекція 4. Зображення геометричних тіл. Види, розрізи, перерізи (ГОСТ 2.305–2008)	45
1. Проєкційне креслення. Види	45
2. Розрізи.....	48
3. Перерізи	52
4. Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів	53
Лекція 5. Аксонометричні проєкції	55
1. Аксонометричні проєкції. Загальні положення та види.....	55
2. Прямокутна ізометрія.....	56
3. Прямокутна диметрія	56
4. Приклад виконання комплексної контрольної роботи.....	61
Лекція 6. Нанесення розмірів на кресленнику	69
Основні правила нанесення розмірів на кресленнику (ДСТУ ГОСТ 2.307:2013).....	69
Лекція 7. З'єднання деталей. Роз'ємні з'єднання	93
1. Зображення та позначення різі на креслениках. Нарізні з'єднання.	93
2. Шпонкові та шліцьові з'єднання.....	100
Література.....	106

Умовні позначення

$A, B, C, D, \dots 1, 2, 3, 4, \dots$ – точки;

$a, b, c, d \dots$ – прямі та криві лінії;

h – горизонталь;

f – фронталь;

p – профільна пряма;

$\theta, \Lambda, \Sigma, \Gamma, \Phi$ – поверхні (площини);

$\alpha, \beta, \gamma \dots$ – кути;

Π_1 – горизонтальна площина проєкцій;

Π_2 – фронтальна площина проєкцій;

Π_3 – профільна площина проєкцій;

$A \in \Phi$ – точка A належить фігурі Φ ;

$A \notin \Phi$ – точка A не належить фігурі Φ ;

$\Phi_k \equiv \Phi_i$ – фігури Φ_k та Φ_i збігаються;

$\Phi_k \cup \Phi_i$ – об'єднання фігур Φ_k та Φ_i ;

$\Phi_k \cap \Phi_i$ – перетин фігур Φ_k та Φ_i ;

\supset – проходить через ...;

\subset – лежить на ...;

\Rightarrow – логічний наслідок;

\parallel – паралельно;

\perp – перпендикулярно;

\sphericalangle – плоский або двогранний кут;

x, y, z – осі проєкцій. Індокси при x, y, z означають відповідно площини проєкцій. Наприклад, вісь x_{12} означає, що вісь x поділяє площину горизонтальних проєкцій (індекс 1) і площину фронтальних проєкцій (індекс 2). Позначення проєкцій фігур таке саме, як і написання відповідного індексу.

ВСТУП

Дисципліна «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» належить до циклу фундаментальних і професійно орієнтованих дисциплін, які складають основу інженерної освіти та надають змоги поглиблювати знання при вивченні інших загальнотехнічних та спеціальних дисциплін, а також виконувати курсові проекти, які супроводжуються графічними побудовами.

Вивчення пропонованої дисципліни спрямовано, по-перше, на розвиток просторового та логічного мислення за допомогою методу ортогонального проєкціювання одновимірних та багатовимірних об'єктів на декілька площин проєкцій, та, по-друге, на придбання навичок виконання технічно грамотних креслеників з урахуванням діючих стандартів ЄСКД.

Запропонована розробка допомагає у вивченні студентами прискореної форми навчання основ нарисної геометрії та інженерної графіки. Результатами навчання потрібно вважати набуття студентами знань, умінь та навичок для уявного та графічного зображення на креслениках предметів простих та складних форм та висвітлення їх взаємного розташування у просторі. Це є важливим моментом у подальшому вивченні загально інженерних та спеціальних технічних дисциплін, а також у наступній інженерній діяльності.

Конспект побудовано відповідно до програми вивчення курсу й поділено на відповідну кількість лекцій. Розкриття тематики лекцій містить приклади побудов, які використовуються при виконанні практичних завдань. Наведено також запитання для самопідготовки та систематизації перед виконанням контрольних завдань.

ЛЕКЦІЯ 1

ТОЧКА, ПРЯМА У ПРОСТОРІ

Питання:

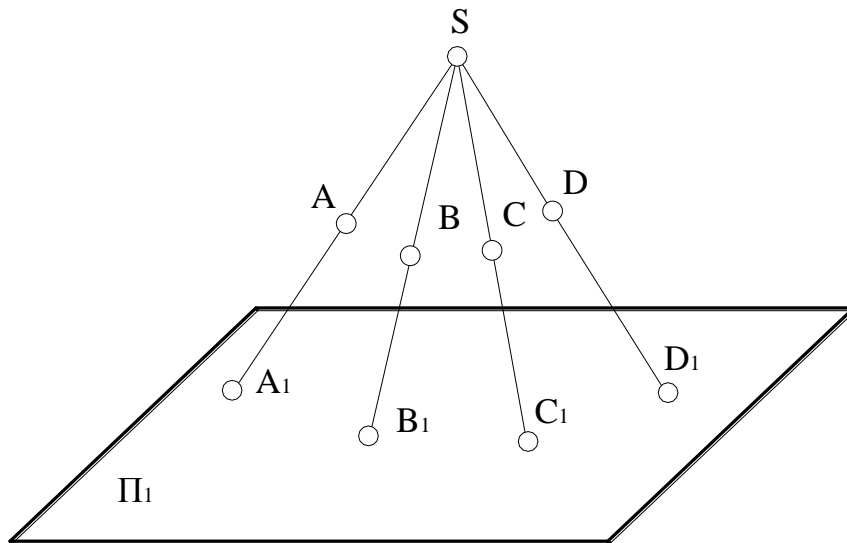
1. Методи проєкціювання. Комплексний кресленик точки.
2. Проєкціювання відрізка прямої лінії. Комплексний кресленик прямої.

1. Методи проєкціювання. Комплексний кресленик точки

В основі побудови зображень, які розглядаються в нарисній геометрії та застосовуються в технічному кресленні, лежить метод проєкціювання.

Апарат проєкціювання включає в себе проєкціювальні промені і площину проєкцій.

Центральне проєкціювання. Якщо всі промені, що проєкціюють об'єкт, виходять з однієї точки, званої центром, то таке проєкціювання називається *центральним* (рис. 1.1).



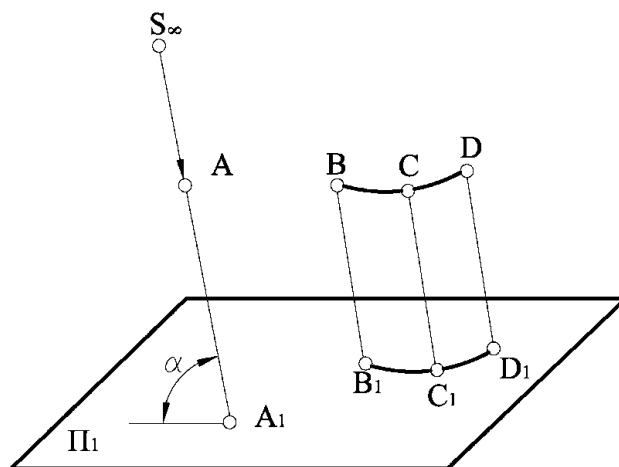
*A, B, C, D – об'єкти проєкціювання; S – центр проєкцій;
П₁ – площина проєкцій; A₁, B₁, C₁, D₁ – проєкції точок на площині П₁*

Рисунок 1.1

Проєкціями заданих точок A, B, C, D є точки перетину проєкціювальних променів, що проходять через відповідні точки, з площиною проєкцій.

Центральне проєкціювання застосовується для наочного зображення предметів, але для технічного креслення не застосовується.

Паралельне проєкціювання. Основні властивості. Якщо центр проєкцій помістити у нескінченність, то всі проєкційовальні промені стають паралельними, таке проєкціювання називається *паралельним* (рис. 1.2).



A, B, C, D – об'єкти проєкціювання;

S_{∞} – заданий напрямок проєкціювання;

Π_1 – площина проєкцій; A_1, B_1, C_1, D_1 – проєкції точок A, B, C, D ;

α – кут нахилу проєкційовальних променів відносно площини проєкцій Π_1

Рисунок 1.2

Якщо напрямок проєкціювання є перпендикуляром до площини проєкцій, то таке проєкціювання називається *прямокутним* або *ортогональним*, в інших випадках проєкціювання називається *косокутним*.

Паралельне прямокутне проєкціювання є основою нарисної геометрії та технічного креслення.

Проєкцією точки є точка перетину проєкційовального променя, що проходить через неї, з площиною проєкцій.

Проєкціювання на дві площини проєкцій. Для отримання оборотного кресленника будують комплексний кресленник об'єкта не менше як на дві площини проєкцій.

Метод побудови комплексного кресленника на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій узагальнив і обґрунтував Гаспар Монж.

За цим методом площини Π_1 і Π_2 взаємно перпендикулярні, а центри проєкціювання віддалені в нескінченність у напрямку, перпендикулярному площинам проєкцій. Сукупність кількох зв'язаних між собою проєкцій фігури (мінімум двох) називають *системою прямокутних (ортогональних) проєкцій*.

Точку A в просторі ортогонально проєкціюють на обидві площини проєкцій:

$$AA_1 \perp \Pi_1; AA_1 \cap \Pi_1 = A_1;$$

$$AA_2 \perp \Pi_2; AA_2 \cap \Pi_2 = A_2.$$

Щоб отримати плоский кресленик, сумістимо горизонтальну площину проєкцій Π_1 з фронтальною площиною Π_2 обертанням навколо осі Π_2/Π_1 . Тоді обидві проєкції точки виявляються на одній лінії, яка перпендикулярна осі Π_2/Π_1 . Пряма, що з'єднує горизонтальну A_1 і фронтальну A_2 проєкції точки, називається *вертикальною лінією зв'язку*.

Дві пов'язані між собою ортогональні проєкції точки однозначно визначають її положення відносно площин проєкцій.

Якщо визначити положення точки A відносно цих площин (рис. 1.3) її висотою $AA_1 = z$ і глибиною $AA_2 = y$, то ці величини на комплексному кресленку існують як відрізки вертикальної лінії зв'язку (рис. 1.4). Ця обставина дозволяє легко реконструювати кресленик, тобто визначити за креслеником положення точки відносно площин проєкцій.

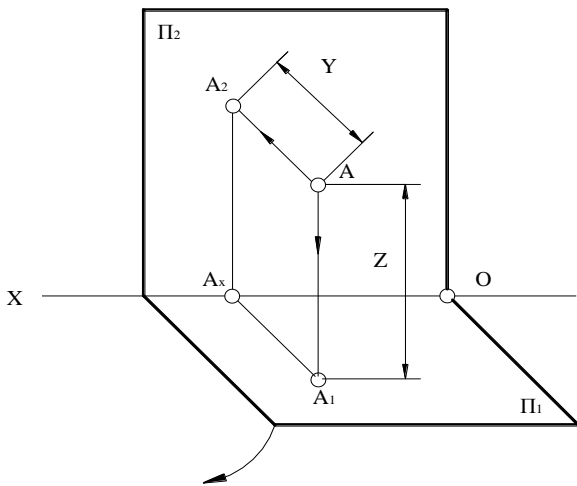


Рисунок 1.3

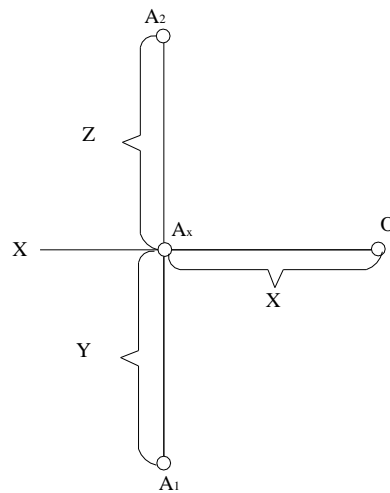


Рисунок 1.4

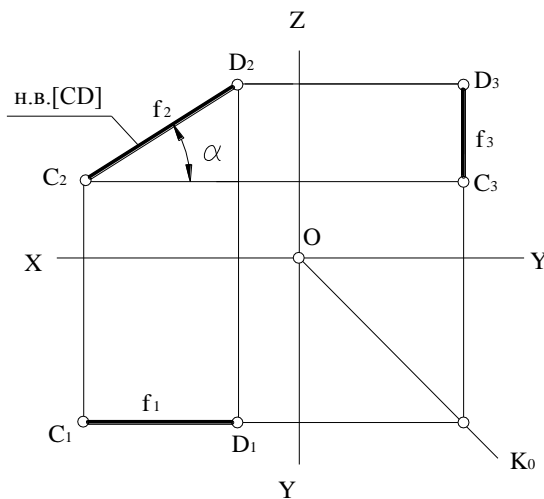
Проекціювання на три взаємно перпендикулярні площини проєкцій. Залежно від складності фігури може виникнути необхідність побудови ще одного зображення предмета на третій, профільній площині проєкції Π_3 . Цю площину розташовують праворуч від спостерігача перпендикулярно одночасно горизонтальній Π_1 і фронтальній Π_2 площинам проєкцій (рис. 1.5).

Лінія перетину площин Π_2 і Π_3 – нова вісь Π_2/Π_3 , яка розташовується на плоскому кресленку (рис. 1.6) паралельно вертикальній лінії зв'язку A_1A_2 . Третя проєкція точки A_3 – профільна, виявляється пов'язаною з фронтальною проєкцією A_2 новою лінією зв'язку – горизонтальною. Причому $A_2A_3 \perp A_2A_1$ і $A_2A_3 \perp \Pi_2/\Pi_3$. Оскільки глибина точки AA_2 проєкціюється без спотворень і на площину Π_1 і на площину Π_3 (див. рис. 1.5), то ця обставина дозволяє побудувати профільну проєкцію точки за її горизонтальною і фронтальною проєкціями (див. рис. 1.6).

Пряму, яка паралельна фронтальній площині проєкцій, називають *фронталлю* і позначають через f (рис. 1.8).

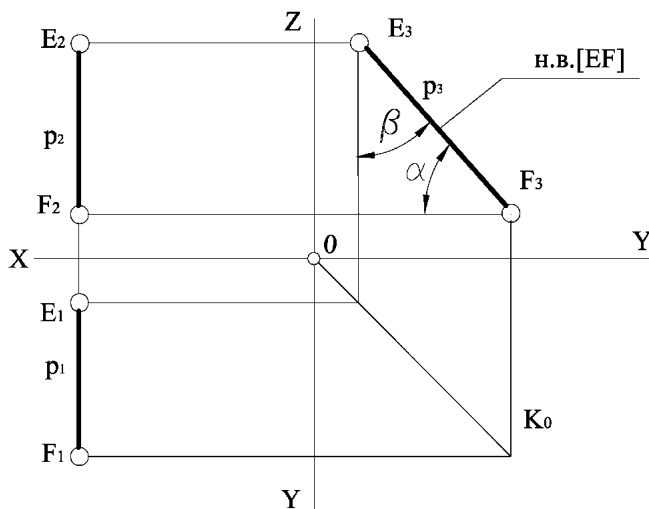
Пряму, яка паралельна профільній площині проєкцій, називають *профільною прямою* і позначають через p (рис. 1.9).

Прямі, які перпендикулярні одній із площин проєкцій, називаються *проєціювальними*, при цьому вони одночасно паралельні двом іншим площинам проєкцій. У проєціювальних прямих одна проєкція вироджується в точку, а дві інші проєкції паралельні самій прямій і збігаються з напрямком лінії зв'язку.



$f \parallel \Pi_2$
 $f_1 \parallel OX$
 $f_3 \parallel OZ$
 $C_2D_2 = [CD]$
 $\alpha = OX \wedge C_2D_2 = CD \wedge \Pi_1$
 α – кут нахилу прямої CD до площини Π_1 .

Рисунок 1.8



$p \parallel \Pi_3$
 $p_2 \perp OX$
 $p_1 \perp OX$
 $E_3F_3 = [EF]$
 $\alpha = OY \wedge E_3F_3 = EF \wedge \Pi_1$
 $\beta = OZ \wedge E_3F_3 = EF \wedge \Pi_2$
 α та β – кути нахилу прямої EF до площин Π_1 та Π_2 .

Рисунок 1.9

Пряму, яка перпендикулярна горизонтальній площині проєкції Π_1 і одночасно паралельна фронтальній Π_2 і профільній Π_3 площинам проєкцій, називають *горизонтально проєціювальною* (рис. 1.10).

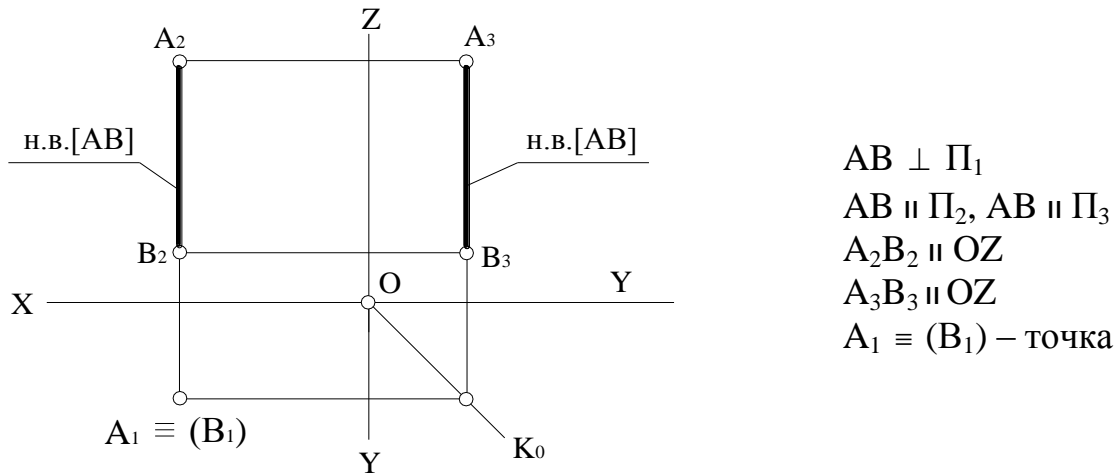


Рисунок 1.10

Пряму, яка перпендикулярна фронтальній площині проєкцій Π_2 і одночасно паралельна горизонтальній Π_1 та профільній Π_3 площинам проєкцій, називають *фронтально проєкціювальною* (рис. 1.11).

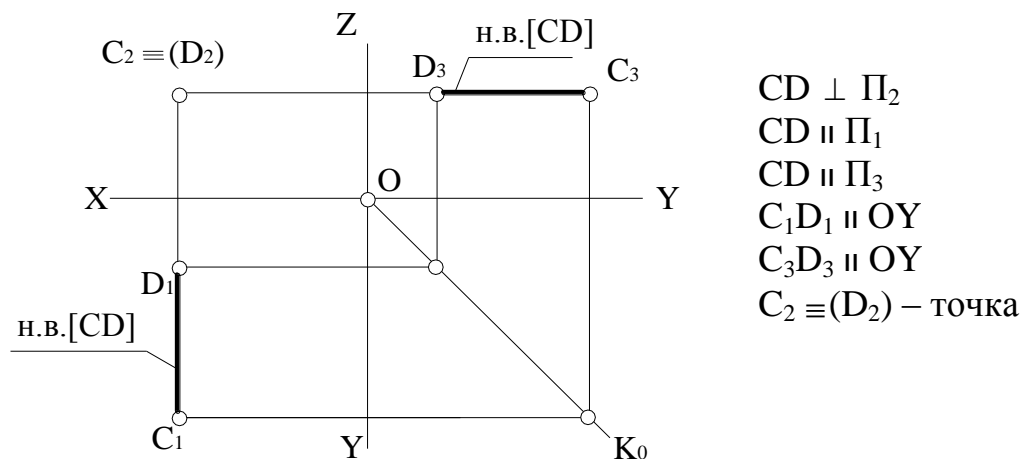


Рисунок 1.11

Пряму, яка перпендикулярна профільній площині проєкцій Π_3 і одночасно паралельна горизонтальній Π_1 та фронтальній Π_2 площинам проєкцій, називають *профільно проєкціювальною* (рис. 1.12)

Пряму, яка не паралельна і не перпендикулярна жодній із площин проєкцій, називають *прямою загального положення*. Приклад такої прямої наведено на рисунку 1.13. Відрізок $[AB]$ прямої на жодну із площин проєкцій не відображається в натуральну величину, тобто $[A_1B_1] < [AB]$, $[A_2B_2] < [AB]$, $[A_3B_3] < [AB]$. Пряма загального положення має різні кути нахилу до площин проєкцій. Під кутом нахилу прямої до площини проєкцій розуміють такий кут, який утворюється між самою прямою та її відповідною проєкцією.

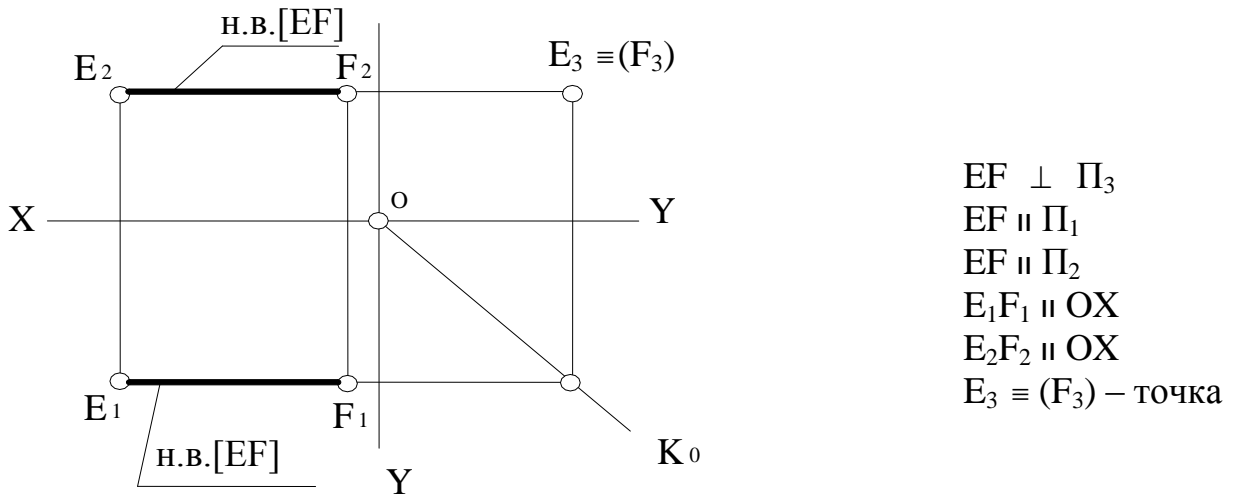


Рисунок 1.12

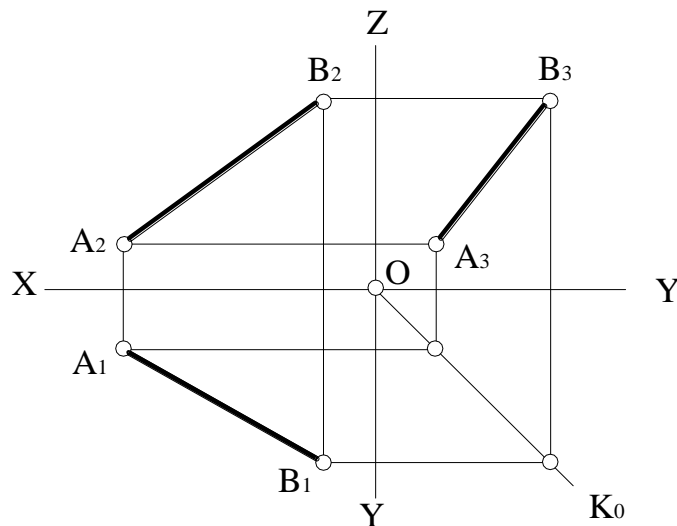


Рисунок 1.13

Правило прямокутного трикутника. Для прямої загального положення виникає потреба у визначенні натуральної величини відрізка та кутів нахилу до площин проєкцій.

Для визначення натуральної величини відрізка прямої та кута нахилу прямої до певної площини проєкції потрібно на комплексному кресленнику (рис. 1.14) побудувати прямокутний трикутник на тій площині проєкцій, відносно якої визначається кут нахилу прямої, тоді натуральна величина відрізка прямої дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, одним катетом якого є проєкція відрізка на тій площині проєкцій, а другим катетом є різниця відстаней від кінців відрізків до тієї самої площини проєкцій, а кут між відповідною проєкцією цього відрізка та його гіпотенузою дорівнює куту нахилу прямої до цієї площини проєкцій.

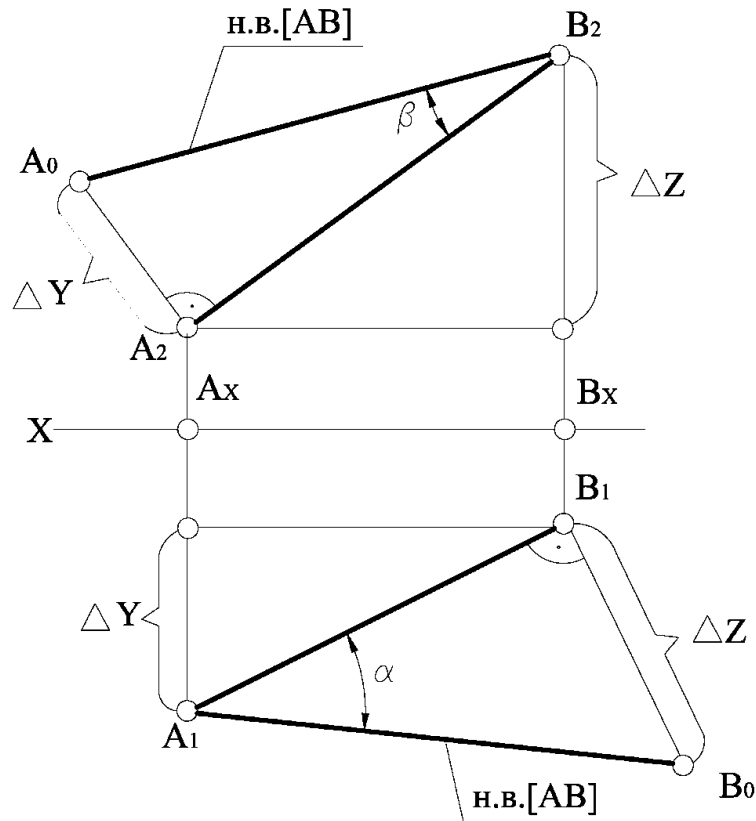


Рисунок 1.14

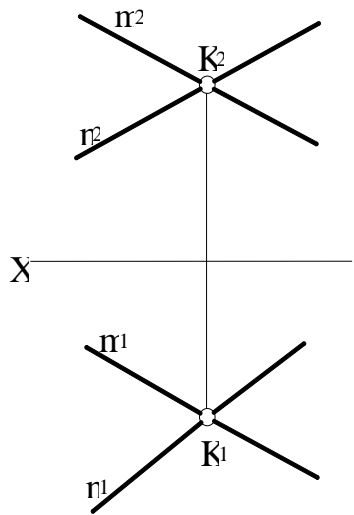
Взаємне розташування прямих. Дві прямі в просторі можуть співпадати ($a \equiv b$), перетинатися ($m \cap n$), бути паралельними ($c \parallel d$), перехресними $\left(k \dot{-} l \right)$.

Якщо дві прямі перетинаються в деякій точці K, то проєкції цієї точки повинні належати однойменним проєкціям прямих, тобто точки перетину однойменних проєкцій прямих, що перетинаються, повинні лежати на одній лінії зв'язку (рис. 1.15).

Якщо дві прямі паралельні, то на комплексному кресленнику їхні однойменні проєкції паралельні (рис. 1.16) або збігаються на одній із площин проєкцій (див. рис. 1.17). Якщо прямі паралельні одній з площин проєкцій, то їх паралельність визначається на площині, якій прямі паралельні.

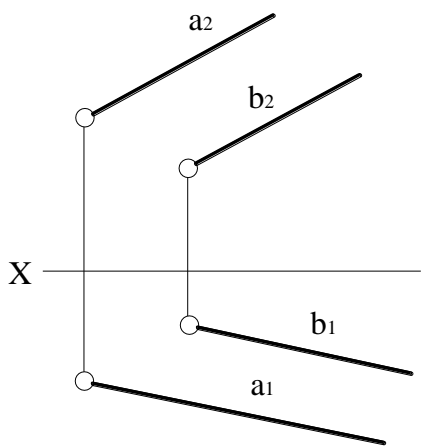
Якщо дві прямі спільних точок не мають і вони не паралельні, то їх називають *перехресними*.

На рисунку 1.18 зображено дві перехресні прямі m і n. Фронтальні проєкції їх перетинаються в точці $3_2 \equiv (4_2)$, а горизонтальні – у точці $1_1 \equiv (2_1)$. Для визначення «перекривання» відрізків на проєкціях застосовують конкуруючі точки, які лежать на одному проєкціювальному промені, належать різним прямим і на одній площині проєкцій збігаються.



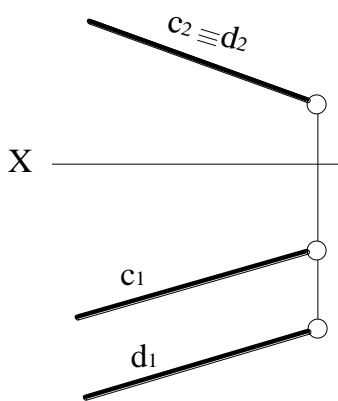
$$m \cap n = K \begin{cases} m_1 \cap n_1 \\ m_2 \cap n_2 \end{cases}$$

Рисунок 1.15



$$a \parallel b \begin{cases} a_2 \parallel b_2 \\ a_1 \parallel b_1 \end{cases}$$

Рисунок 1.16



$$c \parallel d \begin{cases} c_2 \equiv d_2 \\ c_1 \parallel d_1 \end{cases}$$

Рисунок 1.17

На рисунку 1.18 дві пари конкуруючих точок 1 і 2 відносно площини Π_1 та 3 і 4 відносно площини Π_2 . При цьому точки 1 і 4 належать прямій m , а точки 2 і 3 – прямій n . Оскільки точка 1 розміщена вище від точки 2 на площині Π_1 , то пряма m «перекриває» пряму n , невидиму проєкцію точки 2_1 беруть у дужки.

Точка 3 лежить ближче до спостерігача, ніж точка 4, тому на площині Π_2 пряма n «перекриває» пряму m , невидиму проєкцію точки 4_2 беруть у дужки.

На рисунку 1.19 зображені дві мимобіжні прямі a і b . Фронтальні проєкції їх перетинаються в точці $1_2 \equiv (2_2)$, а на горизонтальній площині проєкцій видно, що точка 1_1 належить a_1 , а точка 2_1 належить b_1 .

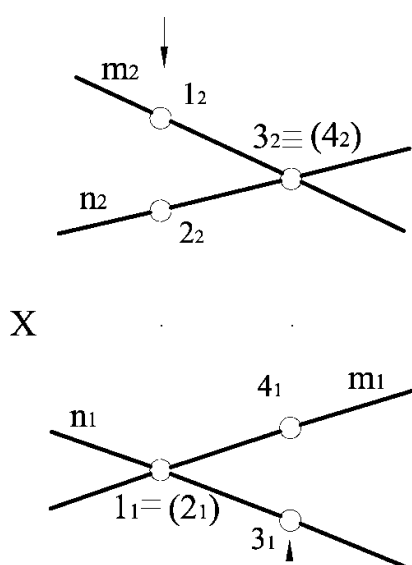


Рисунок 1.18

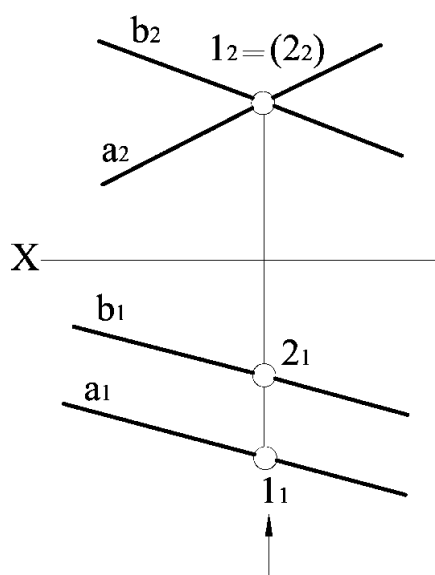


Рисунок 1.19

Проекціювання прямого кута. Якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій, а друга їй не перпендикулярна, то при ортогональному проєкціюванні прямий кут проєкціюється на цю площину проєкцій без спотворень.

На рисунку 1.20 зображено прямий кут ABC , у якого сторона AB паралельна площині Π_1 . Проєкціювальна площина $\Sigma(BCC_1V_1)$ перпендикулярна площині Π_1 . $AB \perp \Sigma$, оскільки $AB \perp BC$ та $AB \perp BV$, тому $AB \perp V_1C_1$. Оскільки $AB \parallel A_1V_1$, то $A_1V_1 \perp V_1C_1$.

На рисунку 1.21 наведено приклад проєкціювання прямого кута, однією стороною якого є горизонтальна пряма рівня h .

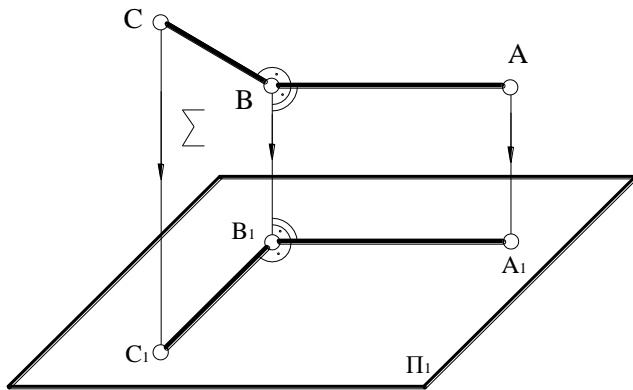


Рисунок 1.20

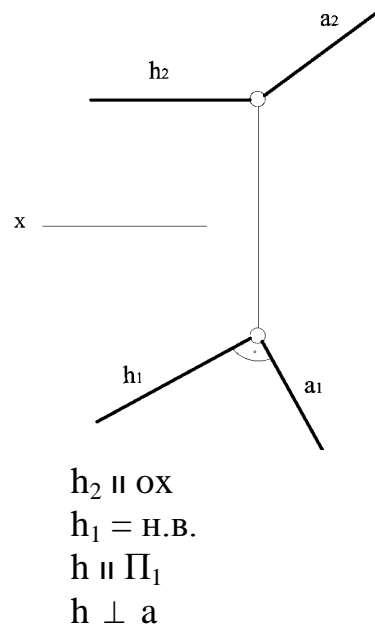


Рисунок 1.21

Правило проєкціювання прямого кута використовується при розв'язанні задач із знаходження відстані від точки до прямої особливого положення.

Питання для самопідготовки:

- 1 Розкрити сутність центрального та паралельного проєкціювань.
- 2 Що таке лінія зв'язку? Що таке проєкція точки?
- 3 Який кресленик називається комплексним?
- 4 Дати визначення прямих загального та особливого положення.
- 5 Дати визначення площини загального і особливого положення.
- 6 Назвати основні властивості проєкціювальних площин і площин рівня.
- 7 Як визначити на комплексному кресленнику належність точки (прямої) площині?

Література: [1–2], [7–8], [11–12].

ЛЕКЦІЯ 2

ПЛОЩИНИ У ПРОСТОРІ. ПЕРЕТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ

Питання:

1. Завдання площини на комплексному кресленнику.
2. Положення площини відносно площини проєкцій.
3. Належність точки і прямої площині. Головні лінії площини.
4. Методи перетворення ортогональних проєкцій. Метод заміни площин проєкцій.

1. Завдання площини на комплексному кресленнику

Площина є найпростішою поверхнею. *Площиною* називається поверхня, яка має таку властивість: якщо будь-яка пряма має з нею загальні точки, то вона цілком їй належить. З геометричної точки зору площину Σ (рис. 2.1) можна подати у вигляді нескінченної множини прямої лінії a , яка плоскопаралельно переміщується напрямною прямою l .

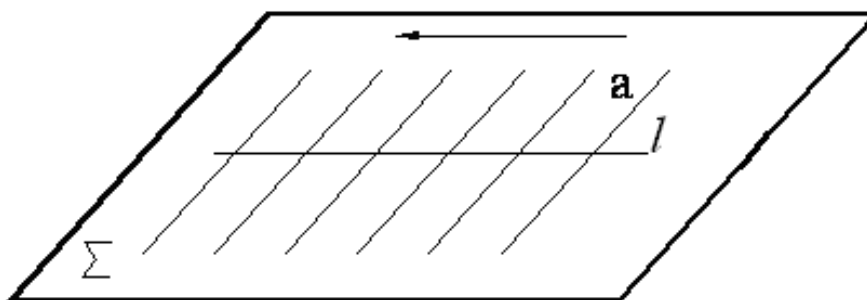
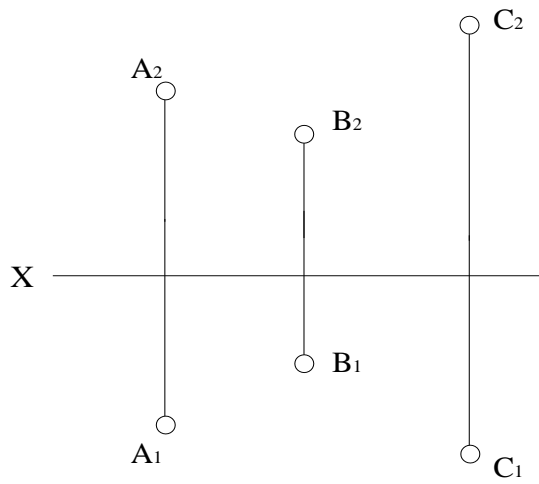


Рисунок 2.1

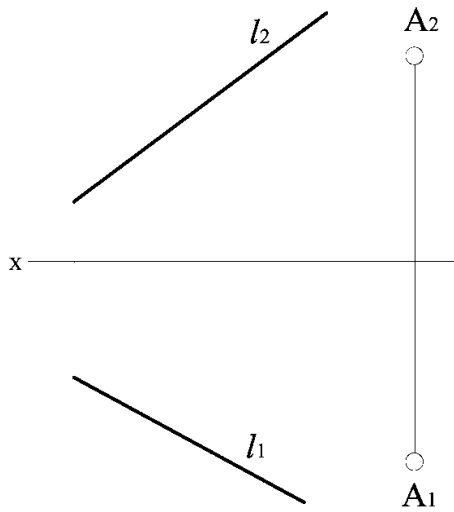
Площину можна задавати 6 способами.

1. Трьома точками A , B і C , які не належать одній прямій (рис. 2.2).
2. Прямою і точкою, яка не належить цій прямій (рис. 2.3).
3. Двома прямими, які перетинаються (рис. 2.4).
4. Двома паралельними прямими (рис. 2.5).
5. Будь-якою плоскою фігурою, наприклад трикутником (рис. 2.6).
6. Слідами площини, що являють собою прямі лінії, по яких вона перетинає відповідні площини проєкцій (рис. 2.7).



$$\theta(A, B, C)$$

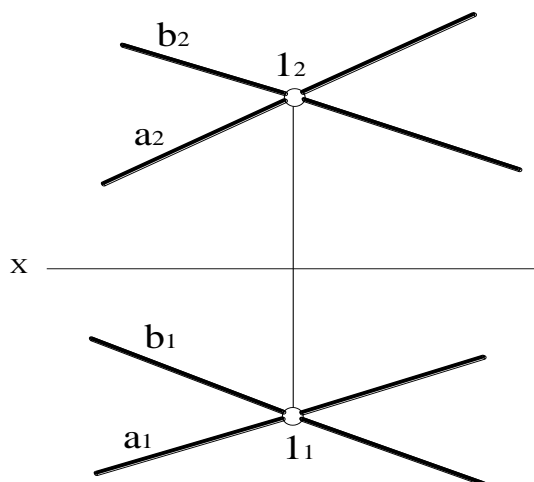
Рисунок 2.2



$$\theta(l, A)$$

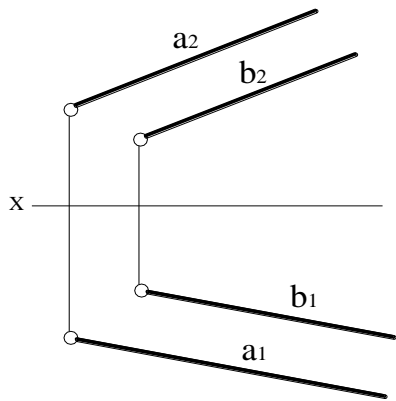
$$A \notin l$$

Рисунок 2.3



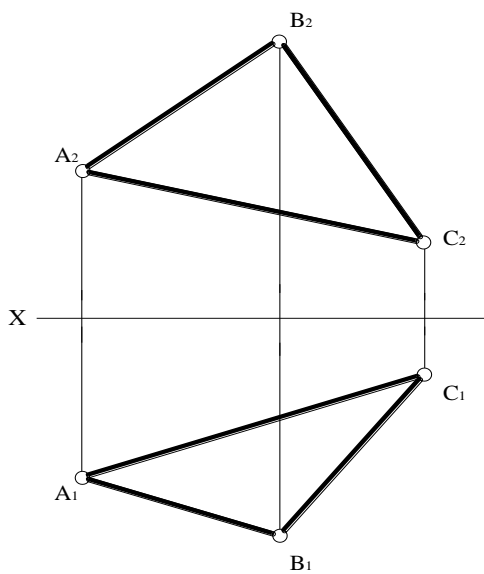
$$\theta(a \cap b)$$

Рисунок 2.4



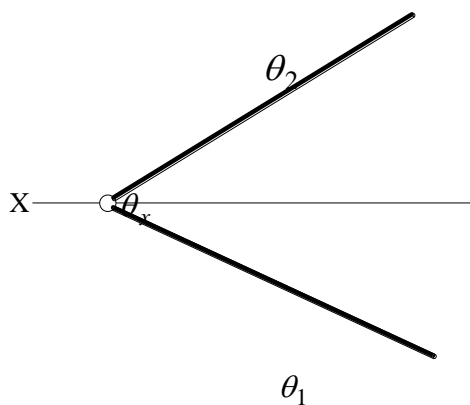
$\theta(a \parallel b)$

Рисунок 2.5



$\theta(ABC)$

Рисунок 2.6



θ_2 – фронтальний слід площини;

θ_1 – горизонтальний слід площини

Рисунок 2.7

На комплексному кресленку проєкції площини не обмежуються проєкціями елементів, це означає, що площина вважається нескінченною.

2. Положення площини відносно площин проєкцій

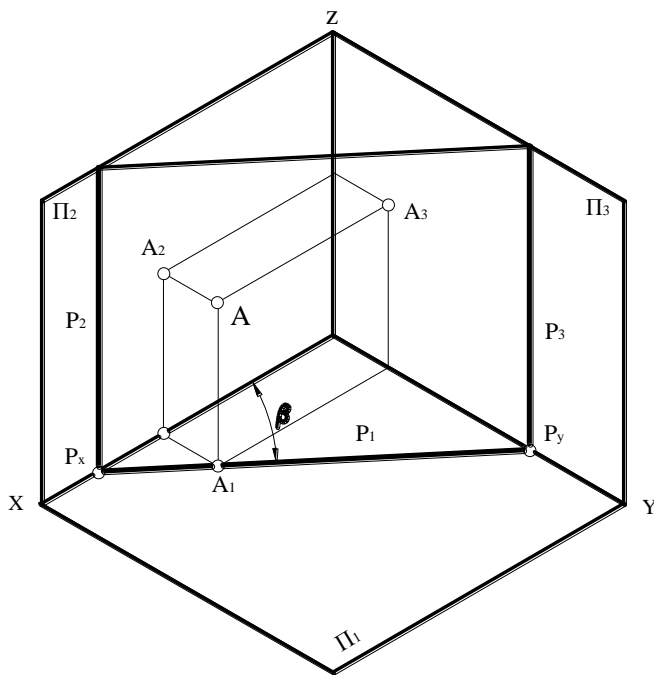
Площина, яка не паралельна і не перпендикулярна жодній із площин проєкцій, називається *площиною загального положення*. Приклади таких площин наведені на рисунках 2.2...2.7.

Площини, які перпендикулярні тільки одній із площин проєкцій, називають проєкціювальними.

На рисунку 2.8 наведено приклад горизонтально проєкціювальної площини. Горизонтальні проєкції точок, прямих, плоских фігур, які належать горизонтально проєкціювальній площині, збігаються з горизонтальним слідом цієї площини.

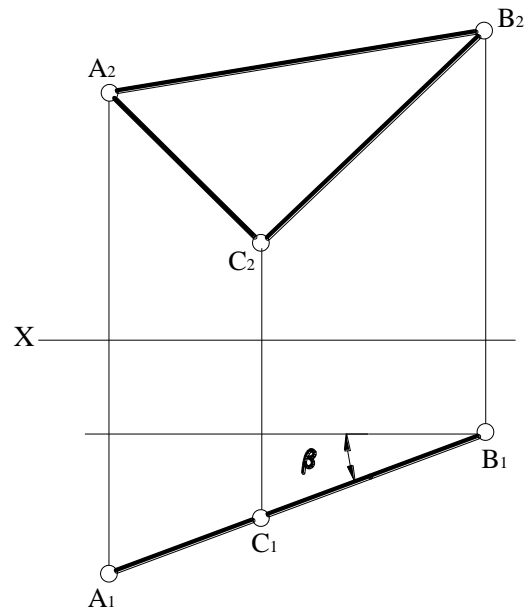
На рисунку 2.9 наведено приклад комплексного кресленика горизонтально проєкціювальної площини, яка задана трикутником $\theta(ABC)$.

Площина, яка перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій, називається *фронтально проєкціювальною площиною* (рис. 2.10).



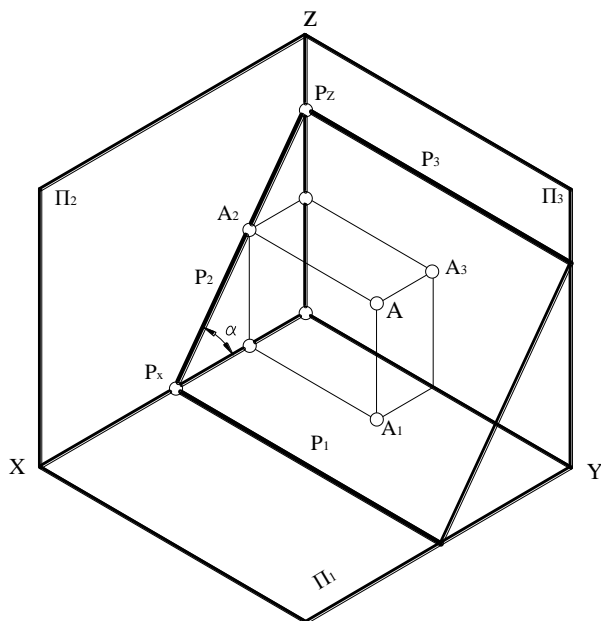
$$\begin{aligned}
 P &\perp \Pi_1 \\
 P_2 &\perp OX & \beta = OX \wedge P_1 = \Pi_2 \wedge P \\
 P_3 &\perp OY & A \in P \rightarrow A_1 \in P_1
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.8



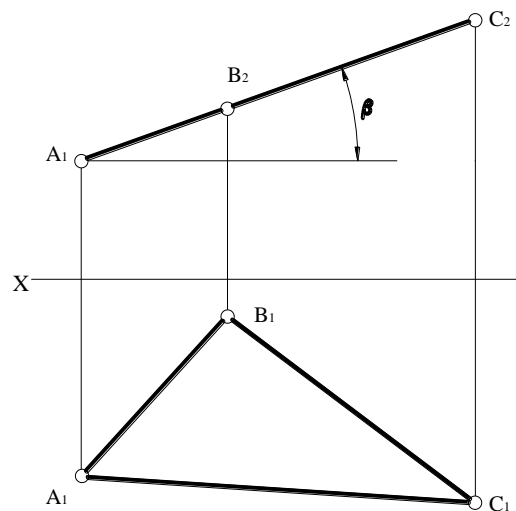
$$\begin{aligned}
 \theta(ABC) &\perp \Pi_1 \\
 \beta &= OX \wedge (A_1C_1B_1) = \theta \wedge \Pi_2
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.9



$$\begin{aligned}
 P &\perp \Pi_2 & P_3 &\perp OZ \\
 A \in P &\rightarrow A_2 \in P_2 & \alpha &= OX \wedge P_2 = P \wedge \Pi_1 \\
 P_1 &\perp OX
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.10



$$\begin{aligned}
 \theta(ABC) &\perp \Pi_2 \\
 \beta &= OX \wedge A_2B_2C_2 = \theta \wedge \Pi_1
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.11

Фронтальні проєкції точок, прямих, плоских фігур, які належать фронтально проєкціювальній площині, збігаються з фронтальним слідом цієї площини.

На рисунку 2.11 наведено приклад комплексного кресленика фронтально проєкціювальній площини, яка задана відсіком площини $\theta(ABC)$.

Площина, яка перпендикулярна до профільної площини проєкцій, називається *профільно проєкціювальною площиною* (рис. 2.12).

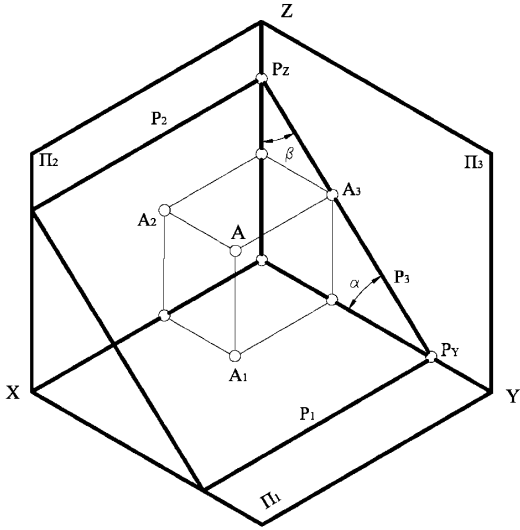
Профільні проєкції точок, прямих, плоских фігур, які належать профільно проєкціювальній площині, збігаються з профільним слідом цієї площини.

На рисунку 2.13 наведено приклад комплексного кресленика профільно проєкціювальної площини, яка задана трикутником $\theta(ABC)$.

Площини, які одночасно перпендикулярні до двох площин проєкцій, називаються площинами рівня (або подвійно проєкціювальними), як наслідок, вони паралельні третій площині проєкцій.

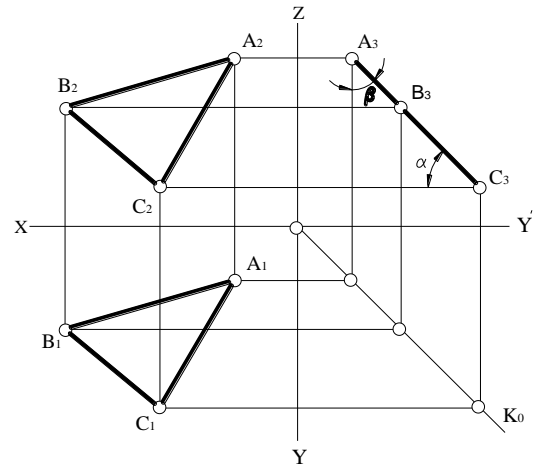
Площина, яка паралельна горизонтальній площині проєкцій, називаються *горизонтальною площиною рівня*. На рисунку 2.14 наведено комплексний кресленик цієї площини, яка задана відсіком площини $\theta(ABC)$.

Площина, яка паралельна фронтальній площині проєкцій, називається *фронтальною площиною рівня*. На рисунку 2.15 наведено приклад комплексного кресленика цієї площини, яка задана відсіком площини $\Phi(ABC)$.



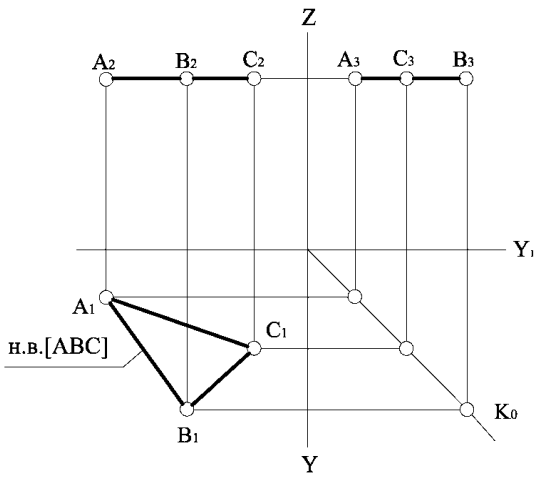
$$\begin{aligned}
 P &\perp \Pi_3 & \alpha &= OY \wedge P_3 = P \wedge \Pi_1 \\
 P_1 &\perp OY & \beta &= OZ \wedge P_3 = P \wedge \Pi_2 \\
 P_2 &\perp OZ & A \in P &\rightarrow A_3 \in P_3
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.12



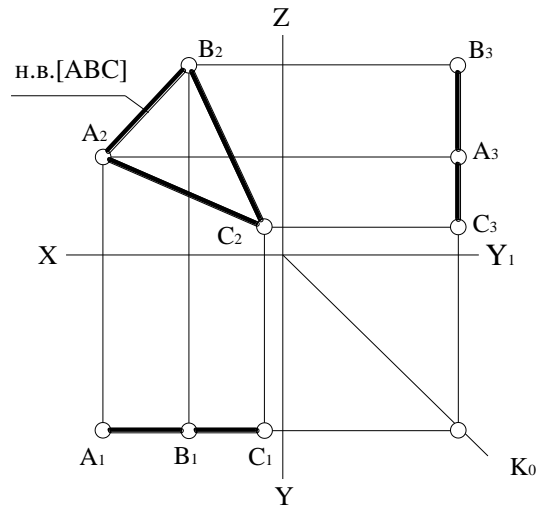
$$\begin{aligned}
 \theta(ABC) &\perp \Pi_3 \\
 \alpha &= OY \wedge (A_3B_3C_3) = \theta \wedge \Pi_1 \\
 \beta &= OZ \wedge (A_3B_3C_3) = \theta \wedge \Pi_2
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.13



$$\begin{aligned}
 \theta(ABC) &\parallel \Pi_1 \\
 A_2B_2C_2 &\perp OZ \\
 A_3B_3C_3 &\perp OZ \\
 (A_1B_1C_1) &- \text{н.в.}[ABC]
 \end{aligned}$$

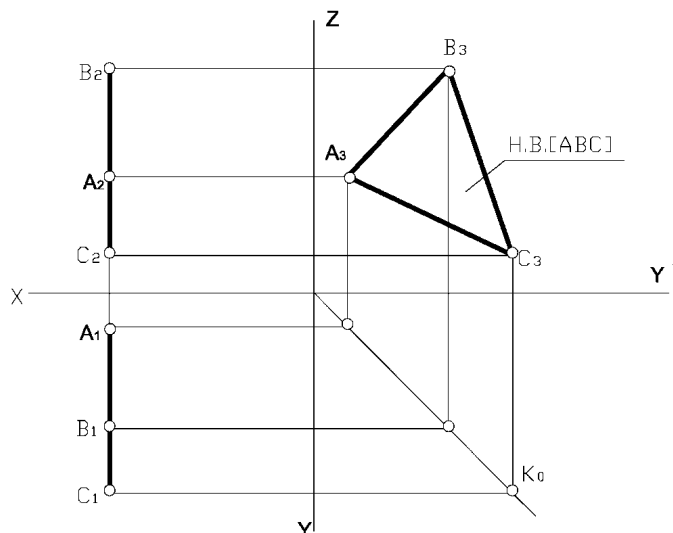
Рисунок 2.14



$$\begin{aligned}
 \Phi(ABC) &\parallel \Pi_2 \\
 A_1B_1C_1 &\perp OY \\
 A_3B_3C_3 &\perp OY \\
 (A_2B_2C_2) &- \text{н.в.}[ABC]
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.15

Площина, яка паралельна профільній площині проєкцій, називається *профільною площиною рівня*. На рисунку 2.16 наведено приклад комплексного кресленика цієї площини, яка задана відсіком площини $\Sigma(ABC)$.



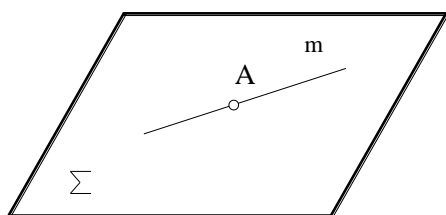
$$\begin{aligned} \Sigma(ABC) &\parallel \Pi_3 \\ A_1B_1C_1 &\perp OX \\ A_2B_2C_2 &\perp OY \\ (A_3B_3C_3) &- н.в.[ABC] \end{aligned}$$

Рисунок 2.16

3. Належність точки і прямої площині. Головні лінії площини

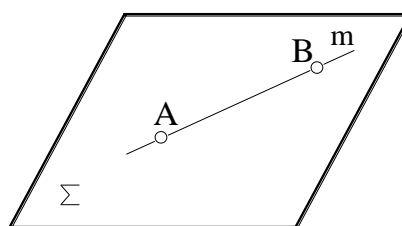
Точка належить площині, якщо вона належить якійсь прямій лінії, яка належить цій площині (рис. 2.17).

Пряма лінія належить площині, якщо вона проходить через дві точки цієї площини (рис. 2.18).



$$\begin{aligned} m &\in \Sigma \\ A \in m &\Rightarrow A \in \Sigma \end{aligned}$$

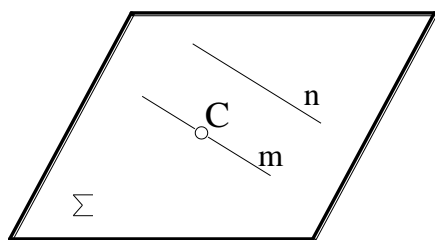
Рисунок 2.17



$$\begin{aligned} A \in \Sigma, B \in \Sigma \\ m \supset A, B &\Rightarrow m \in \Sigma \end{aligned}$$

Рисунок 2.18

Пряма лінія належить площині, якщо вона проходить через одну точку цієї площини і паралельна будь-якій прямій, яка розташована у цій площині (рис. 2.19).



$$\begin{aligned} C \in \Sigma, n \in \Sigma \\ m \supset C, m \parallel n &\Rightarrow n \in \Sigma \end{aligned}$$

Рисунок 2.19

Лініями рівня площини або головними лініями площини називають прямі лінії, що належать даній площині та паралельні одній із площин проєкцій – це горизонтальні h , фронтальні f і профільні прямі P .

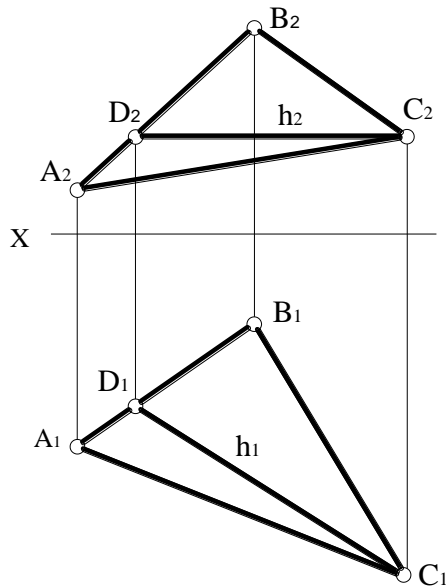
Лінії перетину площини з площинами проєкцій – сліди площини – також є горизонтальною h , фронтальною f та профільною P прямими. Їх у цьому випадку називають нульовими: h_1^0, f_2^0, P_3^0 .

Горизонталь – це лінія, що належить площині і паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

На рисунку 2.20 наведено приклад комплексного креслення горизонтальної прямої площини $\Sigma(ABC)$, яка задана відсіком площини.

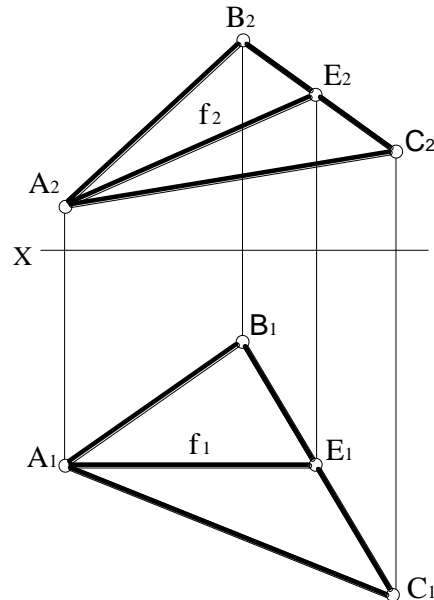
Фронталь – це лінія, що належить площині та паралельна фронтальній площині проєкцій Π_2 .

На рисунку 2.21 наведено приклад комплексного креслення фронтальної прямої площини $\Sigma(ABC)$, яка задана відсіком площини.



$\Sigma(ABC)$
 $(h \in \Sigma) \wedge (h \parallel \Pi_1)$
 $h_2 \parallel OX$
 $h_2 = D_2C_2$
 $h_1 = D_1C_1$

Рисунок 2.20

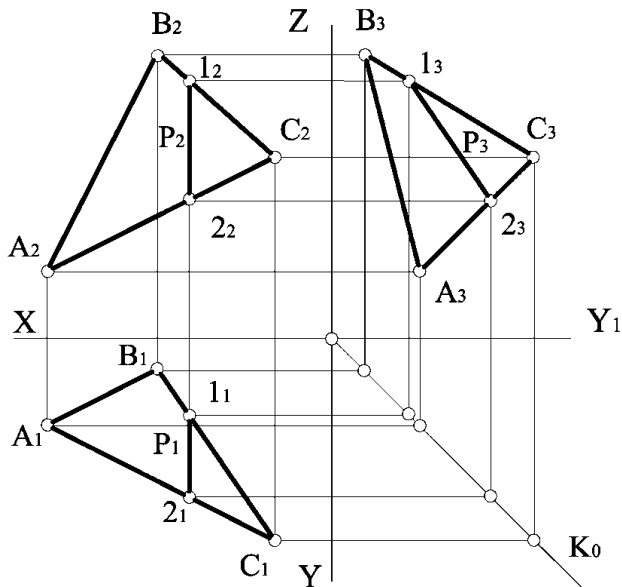


$\Sigma(ABC)$
 $(f \in \Sigma) \wedge (f \parallel \Pi_2)$
 $f_1 \parallel OX$
 $f_1 = A_1E_1$
 $f_2 = A_2E_2$

Рисунок 2.21

Профільна пряма – це лінія, що належить площині та паралельна профільній площині проєкцій Π_3 .

На рисунку 2.22 наведено приклад комплексного креслення профільної прямої площини $\Sigma(ABC)$, яка задана відсіком площини.



$$\Sigma(ABC)$$

$$(P \in \Sigma) \wedge (P \parallel \Pi_3)$$

$$(P_1 \wedge P_2) \perp OX$$

$$P_1 = 1_1 2_1$$

$$P_2 = 1_2 2_2$$

$$P_3 = 1_3 2_3$$

Рисунок 2.22

4. Методи перетворення ортогональних проєкцій. Метод заміни площин проєкцій

У багатьох випадках розв'язання задачі значно спрощується, якщо прямі лінії, площини, елементи геометричних фігур займають окреме положення.

Переміщення геометричної фігури із загального положення в окреме можна виконати двома шляхами:

1 Переміщенням площин проєкцій у положення, відносно яких плоскі фігури займали б окремі положення.

2 Переміщенням плоскої фігури в просторі в окреме положення відносно нерухомих площин проєкцій.

Перший шлях лежить в основі методу заміни площин проєкцій, а другий – в основі інших методів.

Суть методу полягає в тому, що самі геометричні фігури не змінюють свого положення, а в системі площин проєкцій Π_2 та Π_1 послідовно замінюють одну, дві або більше площин проєкцій. При цьому нова площина проєкцій має бути перпендикулярною до тієї площини проєкцій, яка залишається незмінною, а відносно плоских геометричних фігур вона повинна бути паралельною або перпендикулярною.

На рисунку 2.23 зображена умовно перспективна модель проєкціювання точки А на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій Π_1 та Π_2 , а також на додаткову площину Π_4 , яка перпендикулярна Π_1 . У результаті утворилась нова система площин проєкцій $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ зі своєю віссю проєкцій x_{14} , як наслідок перетину площин проєкцій Π_1 та Π_4 . Положення

горизонтальної проєкції A_1 точки A залишається без зміни, оскільки точка A та площина Π_1 не змінювали свого положення в просторі. Для знаходження нової фронтальної проєкції точки $A-A_4$ достатньо виконати ортогональне проєціювання точки A на площину Π_4 . Відстань нової фронтальної проєкції A_4 точки A від нової осі x_{14} дорівнює відстані від старої фронтальної проєкції A_2 точки A до старої осі x_{12} : $|A_4x_{14}| = |A_2x_{12}| = |AA_1|$.

Для побудови комплексного кресленика нова площина проєкцій Π_4 обертається навколо осі x_{14} до суміщення з горизонтальною площиною проєкцій Π_1 (рис. 2.24). Напрямок обертання не впливає на результат розв'язання задачі. Обертання виконують таким чином, щоб не було накладання нових проєкцій на старі. Заміна горизонтальної площини проєкцій Π_1 на нову площину Π_4 та побудова нових проєкцій точки A в системі $\frac{\Pi_2}{\Pi_4}$ може бути здійснене аналогічно розглянутому випадку.

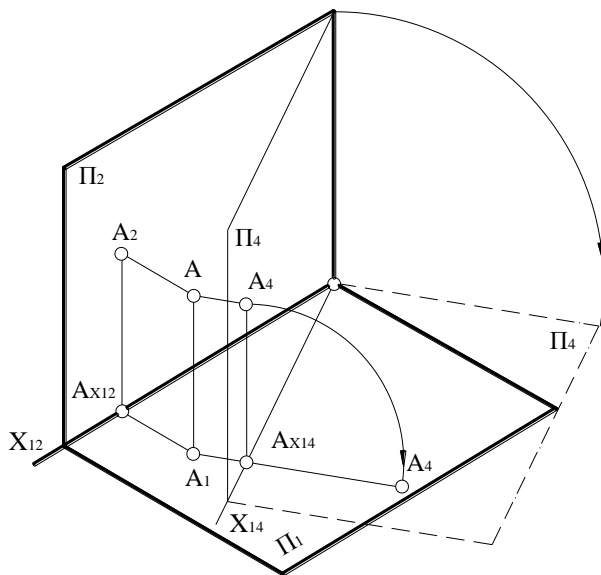


Рисунок 2.23

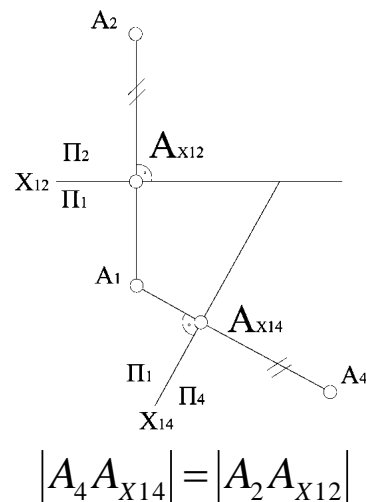


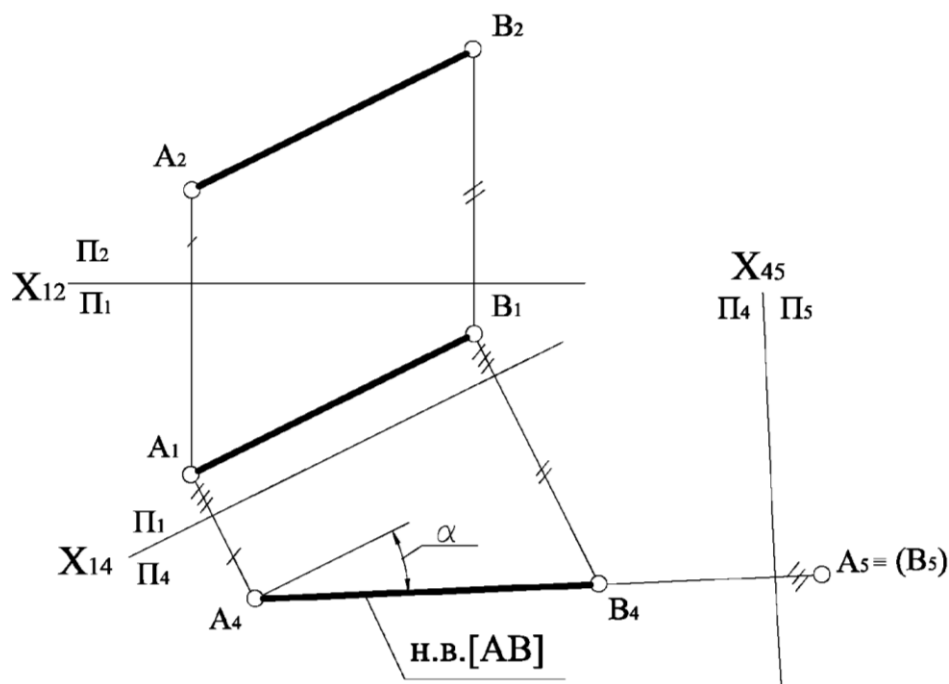
Рисунок 2.24

Розв'язання всіх задач методом заміни площин проєкцій зводиться до розв'язання чотирьох основних задач:

- 1 Перетворення прямої загального положення на пряму рівня.
- 2 Перетворення прямої загального положення на проєкціювальну.
- 3 Перетворення площини загального положення на проєкціювальну.
- 4 Перетворення площини загального положення на площину рівня.

На рисунку 2.25 зображено розв'язання перших двох задач перетворення прямої загального положення на пряму рівня та перетворення її на проєкціювальну. У системі $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ відрізок прямої AB

займає загальне положення. Для перетворення відрізка прямої на пряму рівня будемо на довільній відстані від відрізка площину Π_4 , яка паралельна проєкції відрізка A_1B_1 , а також ця площина $\Pi_4 \perp \Pi_1$.



$$\alpha = x_{14} \wedge A_4B_4 = AB \wedge \Pi_1$$

Рисунок 2.25

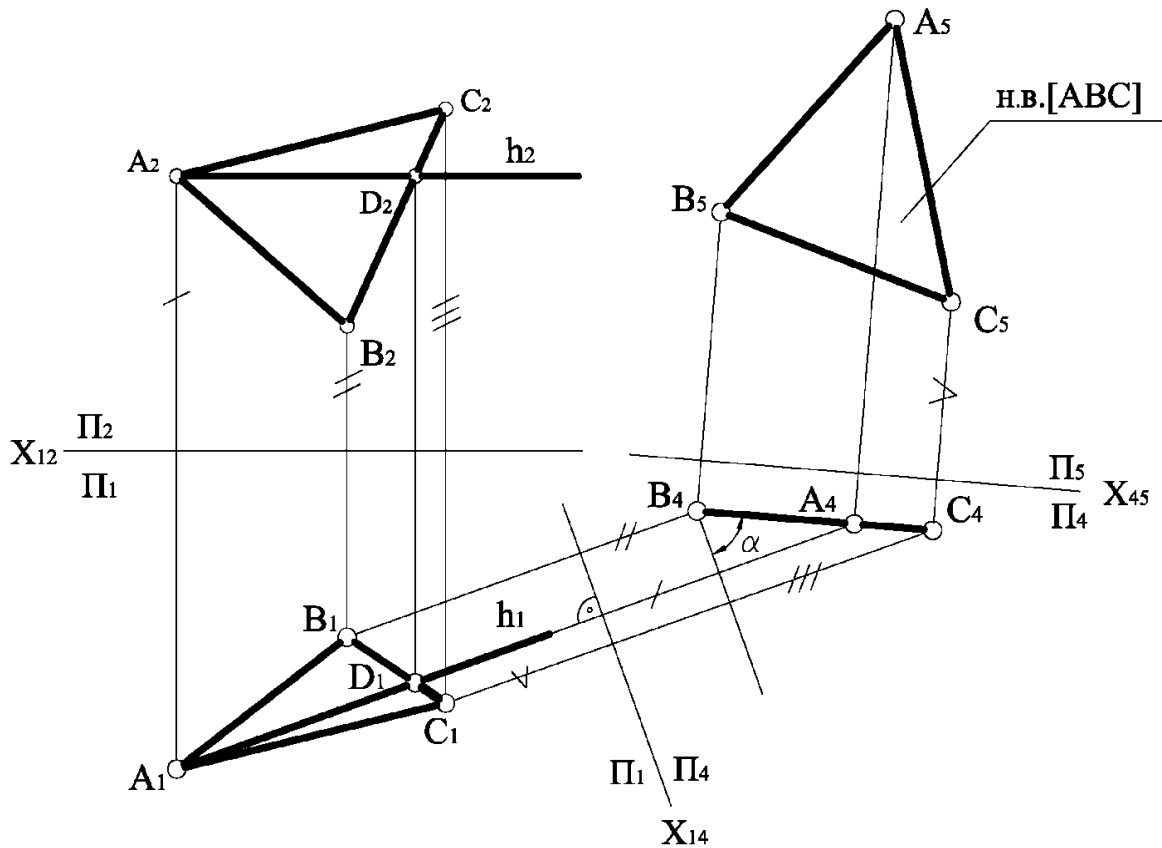
Щоб отримати натуральну величину відрізка, від осі x_{14} відкладаємо відстані, що дорівнюють відстаням від точок A_2 і B_2 до осі x_{12} . У системі $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ відрізок прямої AB стає прямою рівня і на площині проєкцій Π_4 проєкціюється в натуральному вигляді.

Для перетворення відрізка прямої рівня на проєкціювальне положення необхідно перпендикулярно до прямої рівня провести нову площину Π_5 , слідом якої буде x_{45} . Проєкція прямої у вигляді точки $A_5 \equiv (B_5)$ розміститься від осі x_{45} на відстані, що дорівнює відстані від проєкцій A_1 та B_1 до осі x_{14} .

Спільне розв'язання першої і другої задач дозволяє знаходити:

- а) відстань від точки до прямої;
- б) відстань між двома паралельними прямими;
- в) відстань між перехресними прямими.

На рисунку 2.26 зображено розв'язання третьої та четвертої задач перетворення площини загального положення на проєкціювальну та перетворення її на площину рівня. При цьому здійснено дві заміни площин проєкцій.



$$\alpha = x_{14}^{\wedge}(B_4A_4C_4) = (ABC)^{\wedge} \Pi_1$$

Рисунок 2.26

При першій заміні відсік площини (ABC) переведено в проєкціювальне положення, а при другій заміні знайдено натуральну величину відсіку. Щоб перевести відсік у проєкціювальне положення, необхідно в межах відсіку побудувати лінію рівня, бо для її перетворення в точку досить однієї заміни. На рисунку у відсіку проведено горизонталь AD, а нову вертикальну площину Π_4 побудовано перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі (A_1D_1). У системі площин проєкцій $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ площина ABC перетворилась на проєкціювальну площину і на площині проєкцій Π_4 спроекціювалася у відрізок прямої B_4C_4 . При другій заміні вісь x_{45} проводять паралельно відріжку B_4C_4 , а від осі x_{45} відкладають відрізки, що дорівнюють відстані від точок горизонтальної проєкції до осі x_{14} .

У системі площин проєкцій $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ площина ABC перетворилась на площину рівня і на площині проєкцій Π_5 спроекціювалася у натуральному вигляді $A_5B_5C_5$.

Спільне розв'язання третьої та четвертої задач дозволяє знаходити:

- а) натуральні величини плоских фігур;
- б) відстань від точки до площини;
- в) кути нахилу площини до площини проєкцій;
- г) відстань між паралельними площинами.

Питання для самопідготовки:

- 1 Дати визначення площини загального і особливого положення.
- 2 Назвати основні властивості проєкціовальних площин і площин рівня.
- 3 Як визначити на комплексному кресленику належність точки (прямої) площині?
- 4 У чому полягає принцип заміни площин проєкцій.
- 5 Сформулювати алгоритми розв'язання основних задач за допомогою перетворення кресленика способом заміни площин проєкцій.

Література: [1–2], [7–8], [11–12].

ЛЕКЦІЯ 3 БАГАТОГРАННИКИ, ТІЛА ОБЕРТАННЯ

Питання:

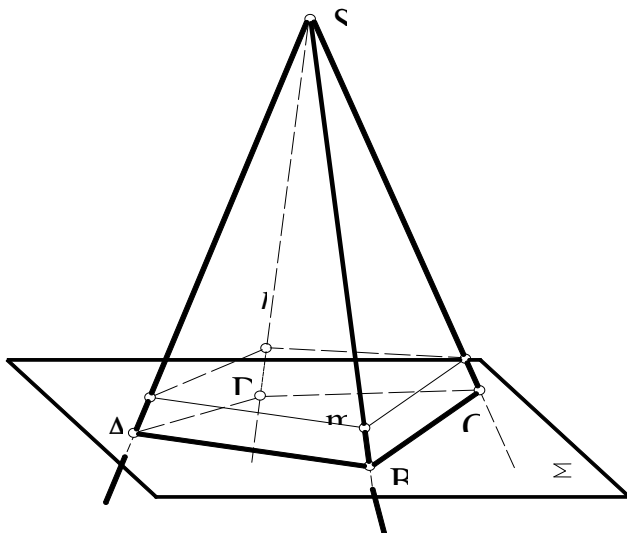
1. Гранні поверхні.
2. Криві поверхні. Поверхні обертання.
3. Переріз кривих поверхонь площиною.

1. Гранні поверхні

Гранні поверхні утворюються за допомогою площин. *Багатогранником* називають просторову фігуру, обмежену замкнутою поверхнею, яка складається з відрізків площин, які мають форму плоских багатокутників. Багатокутники, які утворюють поверхню багатогранника, називаються *гранями*, сторони багатокутників – *ребрами*, а вершини – *вершинами* багатогранника.

В інженерній практиці найчастіше використовують такі багатогранники: піраміди, призми, призматоїди та правильні багатогранники.

Пірамідальна поверхня утворюється при переміщенні прямої твірної ℓ , яка проходить через сталу точку простору S та ковзає по замкнутій ламаній лінії m , яку називають напрямною (рис. 3.1). При перетині цієї пірамідальної поверхні площиною Σ утворюється піраміда.



S – вершина;
 SA, SB – бічні ребра;
 CB, BA – ребра основи;
 $ABCD$ – основа;
 SAB – бічна грань

Рисунок 3.1

Піраміда – це багатогранник, основою якого є багатокутник, а бічні грані – трикутники, що мають спільну точку S – вершину піраміди.

Сукупність усіх ребер багатогранника називають його сіткою. Згідно з теоремою Ейлера для випуклого багатогранника існує залежність між кількістю граней Γ , вершин B та ребер P , яка має вигляд: $\Gamma + B - P = 2$.

Піраміда називається правильною, якщо в її основі лежить правильний багатогранник, а висота проходить через центр основи. Висота – це найкоротша відстань від вершини піраміди до площини основи. Бічні грані правильної піраміди – рівнобедрені трикутники.

На рисунку 3.2 наведено приклад побудови на комплексному кресленнику правильної піраміди, в основі якої лежить чотирикутник.

Будемо вважати, що задана фронтальна проєкція K_2 точки K , яка належить бічній грані SAD , яка є площиною загального положення. Точка належить площині, якщо вона належить якійсь прямій цієї площини. Виходячи з цього, проводимо через точки S_2 і K_2 пряму до перетину з фронтальною проєкцією A_2D_2 у точці l_2 . Далі будемо l_1S_1 і за вертикальною відповідністю K_1 . Профільну проєкцію K_3 будемо, використовуючи проєкційний зв'язок.

Будувати точки на поверхні можна за допомогою січних площин посередників. У даному випадку вибираємо горизонтальну площину рівня Σ , яку проводимо через точку K .

Фронтальна проєкція лінії перетину площини Σ і грані SAD проходить через точки 2_2K_2 . Точка 2 належить ребру SA , тому знаходимо точку 2_1 , через яку паралельно A_1D_1 будемо горизонтальну проєкцію лінії перетину і за вертикальною відповідністю знаходимо K_1 – горизонтальну проєкцію точки K . Профільну проєкцію K_3 точки K будемо, як і раніше.

Призматична поверхня утворюється при переміщенні прямої твірної l за довільною напрямною m замкненою ламаною лінією так, що вона залишається паралельною заданому напрямку S (рис. 3.3).

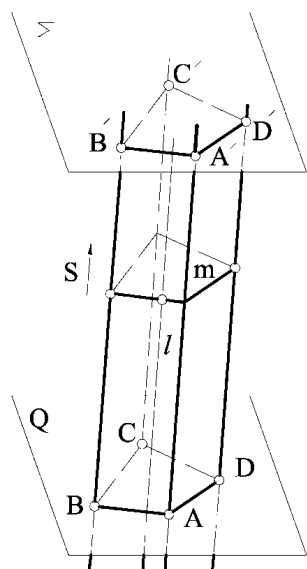


Рисунок 3.2

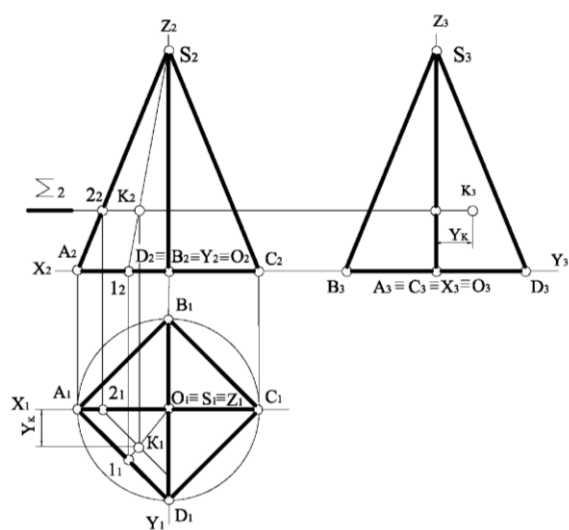


Рисунок 3.3

Призмою називається багатогранник, який утворюється в перерізі призматичної поверхні двома паралельними площинами Σ і Q . Якщо бічні ребра перпендикулярні до основи, то призма називається прямою і її бічні грані – прямокутники. Якщо бічні ребра не перпендикулярні до основи, то призма називається похилою і її бічні грані – паралелограми.

Призма називається *правильною*, якщо в основі її лежить правильний багатокутник. На рисунку 3.4 наведено приклад побудови на комплексному кресленнику прямої правильної трикутної призми, яка стоїть на горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

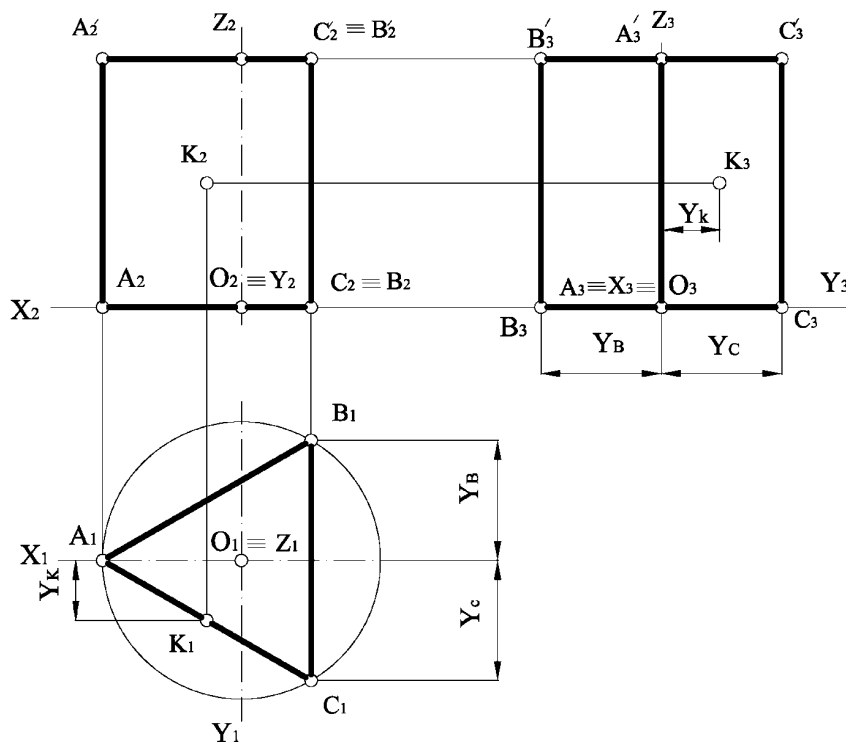


Рисунок 3.4

Нижня і верхня основи є горизонтальними площинами рівня, тому їх горизонтальні проєкції відображені в натуральну величину. Бічні ребра AA', BB', CC' перпендикулярні до Π_1 , тому бічні грані на горизонтальну площину проєкцій спроекціювалися у відрізки прямих, що співпадають із відповідними сторонами трикутника основи.

Площина $BB'CC'$ є профільною площиною рівня, тому вона перпендикулярна до Π_2 і її фронтальна проєкція вироджується в одну пряму.

Будемо вважати, що задана фронтальна проєкція K_2 точки K , яка належить бічній грані $AA'CC'$. Ця грань є горизонтально проєкціювальною площиною, тому A_1C_1 має збиральні властивості і горизонтальна проєкція K_1 належить A_1C_1 . Для побудови профільної проєкції K_3 точки K вимірюємо на Π_1 координату y_K і відкладаємо її на лінії проєкційного зв'язку праворуч від Z_3 .

Багатогранники називаються правильними, якщо усі ребра, грані, кути (плоскі, двогранні та просторові) рівні між собою, їх називають *тілами Платона*.

Існує п'ять таких правильних багатогранників:

- правильний чотиригранник (тетраedr), гранями якого є чотири рівносторонні трикутники (рис. 3.5);
- правильний шестигранник (гексаedr), або куб, складається з шести рівних квадратів (рис. 3.6);
- правильний восьмигранник (октаedr), гранями якого є вісім рівносторонніх трикутників;
- правильний дванадцятигранник (додекаedr) складається з дванадцяти правильних п'ятикутників;
- правильний двадцятигранник (ікосаedr), утворений із двадцяти рівносторонніх трикутників.

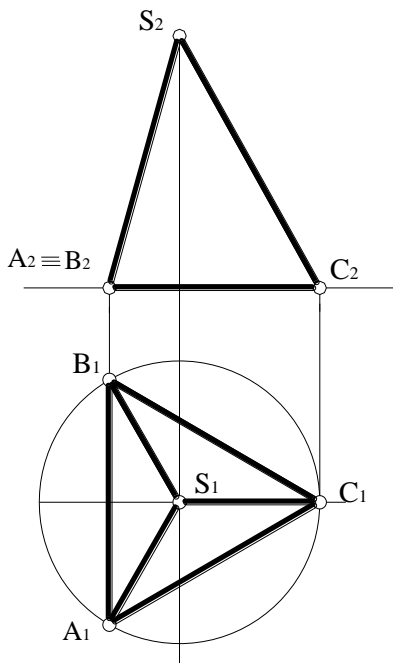


Рисунок 3.5

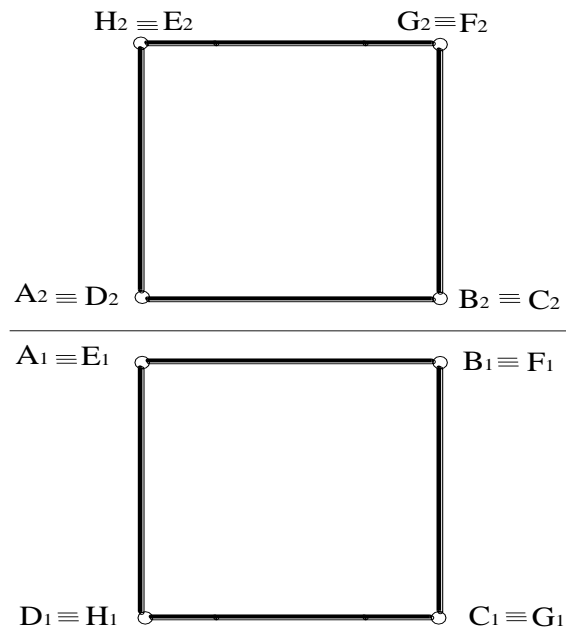


Рисунок 3.6

Переріз гранних поверхонь площиною. *Перерізом* називають плоску фігуру, яку отримують при перетині багатогранника площиною. Для побудови перерізів багатогранників використовують два способи: спосіб ребер, спосіб граней. *Спосіб ребер* передбачає розв'язання задачі на перетин прямої з площиною, причому виконується пошук точки перетину кожного бічного ребра з січною площиною.

Побудова перерізу значно спрощується, коли січна площина Σ є проєкціювальною (рис. 3.7). У цьому випадку фронтальна проєкція перерізу 12345 вже відома, оскільки вона збігається з фронтальним слідом січної фронтально проєкціювальної площини Σ . Горизонтальну проєкцію перерізу будемо за законом належності точки ребра і за вертикальною

відповідністю. Далі методом заміни площин проєкцій перетворюємо площину перерізу, яка є проєкціювальною в системі $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$, на площину рівня.

Для цього будуємо вісь нової системи площин $x_{24} \parallel \Sigma_2$. Координати точок перерізу заміряємо на Π_1 від осі x_{12} і переносимо відповідно на Π_4 . Проєкція площини перерізу $1_4 2_4 4_4 5_4 3_4$ є натуральною величиною.

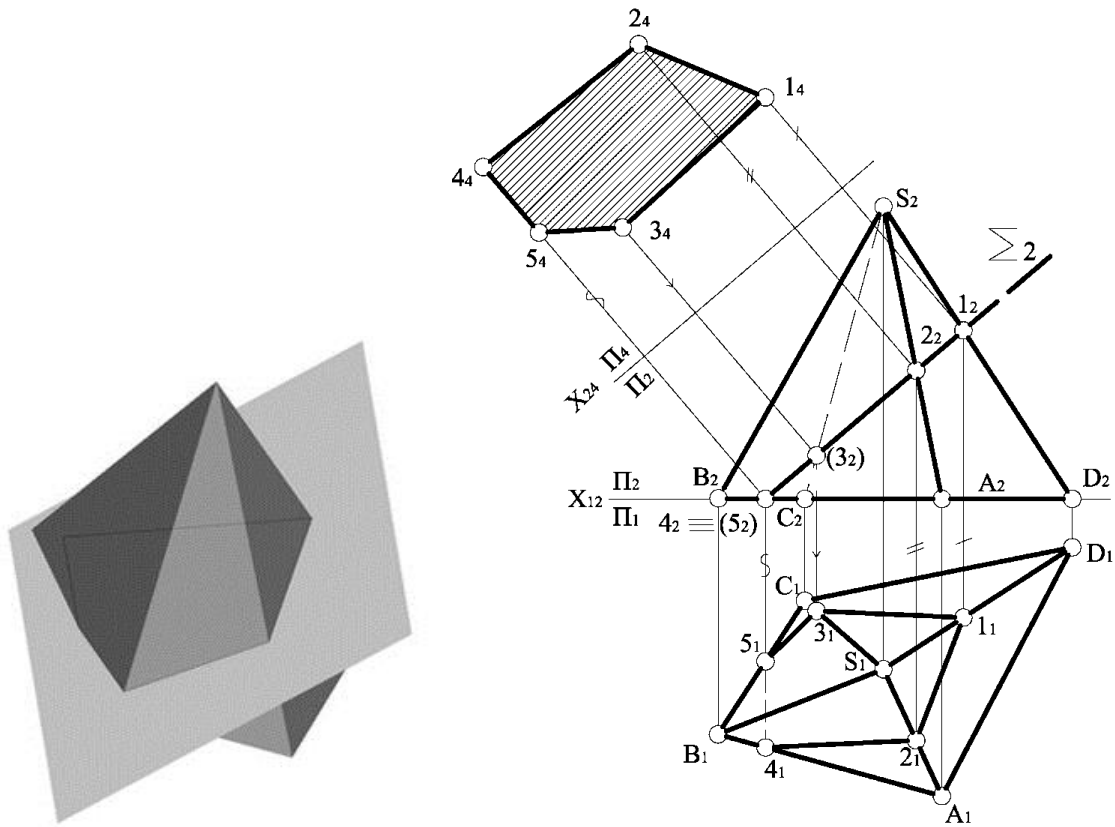


Рисунок 3.7

2. Криві поверхні. Поверхні обертання

Поверхню можна утворити при переміщенні твірної (лінія яка утворює поверхню) за напрямною.

Циліндрична поверхня утворюється переміщенням прямолінійної твірної l за криволінійною напрямною m , причому твірна l залишається постійно паралельною заданому напрямку s (рис. 3.8).

Якщо точки належать поверхні, то вона належить її твірній. Тіло, яке обмежене циліндричною поверхнею із замкнутою напрямною та двома паралельними площинами, називається **циліндром**. Частина площин, які обмежують циліндр, називають **основами**. Якщо твірні перпендикулярні до основи, то такий циліндр називають **прямим**, якщо ця умова не виконується, – **нахиленим**. Циліндр називається **коловим**, якщо в його основі коло.

Поверхнею обертання називають поверхню, яка утворена будь-якою лінією (плоскою або просторовою) при її обертанні навколо нерухомої осі.

Кожна точка твірної при обертанні навколо осі описує коло, яке називають паралеллю. Найбільша і найменша паралелі називаються відповідно *екватором* і *горлом*.

Площини, що проходять через вісь обертання, називають *меридіональними*, а лінії, по яких вони перетинають поверхню, називаються *меридіанами*. Меридіональну площину, яка паралельна відповідній площині проєкцій, називають *головною меридіональною площиною*, а лінію її перетину з поверхнею обертання – *головним меридіаном*. У техніці знаходять широке застосування поверхні обертання: циліндр, конус, сфера, оскільки їх просто обробляти на токарних верстатах.

Тор утворюється при обертанні кола, яке є твірною l , навколо осі k , що належить площині цього кола (рис. 3.10).

Залежно від положення осі обертання відносно кола можливі такі випадки:

- 1) відкритий тор (рис. 3.10 а), коли відстань t від центра кола O до осі обертання k більша від радіуса R твірного кола;
- 2) перехідний тор (рис. 3.10 б), коли вісь обертання k торкається твірного кола l , тобто $t = R$;
- 3) закритий тор (рис. 3.10 в), коли вісь обертання k перетинає твірне коло l , тобто $t < R$;
- 4) сфера (рис. 3.10 г), коли вісь обертання k проходить через центр кола l , тобто $t = 0$. Сферу можна розглянути як окремий випадок тора.

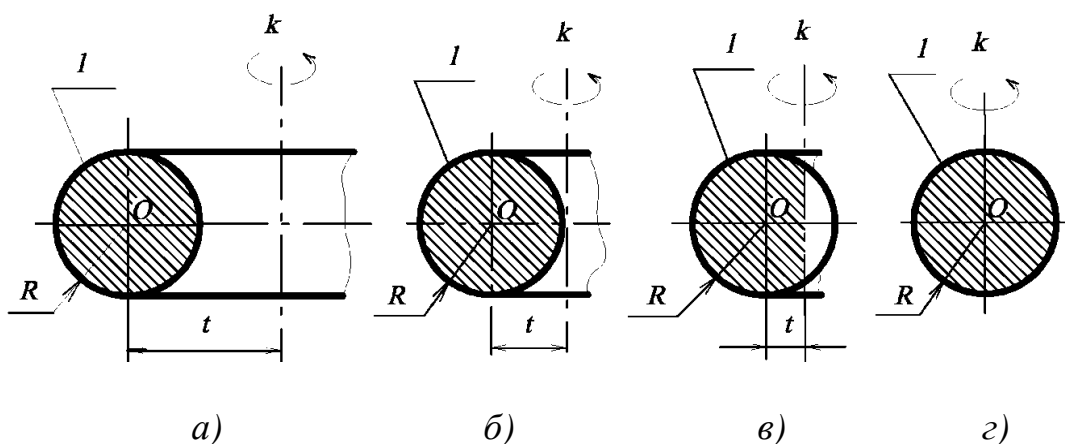


Рисунок 3.10

Лінію можна розглядати як сукупність розташованих по поверхні точок. Виникає запитання: скільки і які точки необхідно побудувати? Побудова великої кількості точок призводить до великих затрат часу.

Спочатку будують опорні точки, до яких належать точки початку і кінця лінії, точки на межі видимості, а також найвищі та найнижчі точки. Потім будують точки, які називають додатковими і вони впливають тільки на точність побудови.

Зазвичай на комплексному кресленику точку задають на одній із проєкцій, і при цьому виникає задача знаходження інших проєкцій цієї точки. Для розв'язання цієї задачі використовують умову належності точки поверхні: якщо точка належить поверхні, то вона належить деякій лінії цієї поверхні. Тому для знаходження необхідної проєкції через задану точку проводять яку-небудь лінію поверхні. Як правило, у якості такої лінії використовують твірну або паралель. Потім знаходять другу проєкцію цієї лінії, а потім, використовуючи властивість належності точки лінії, знаходять другу проєкцію цієї точки.

На рисунку 3.11 наведено приклад побудови відсутніх проєкцій лінії l за заданою фронтальною проєкцією лінії l_2 , яка належить поверхні прямого колового конуса.

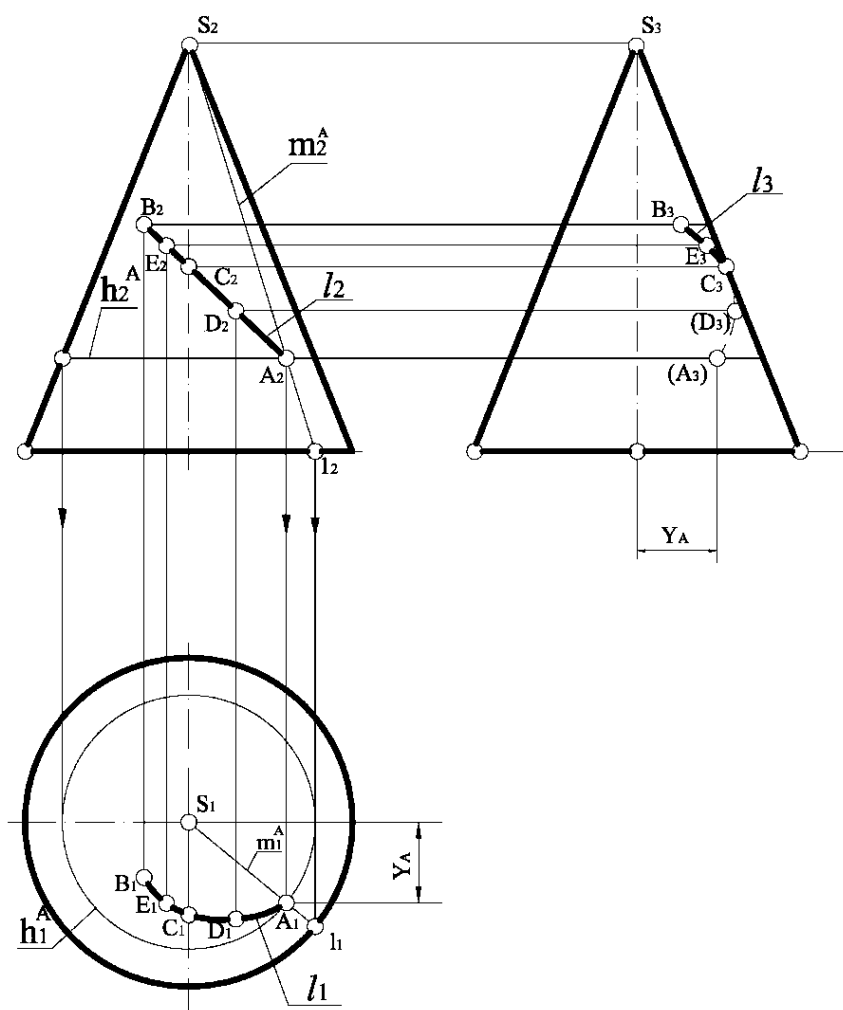


Рисунок 3.11

У якості опорних точок приймаємо точки A і B – начало і кінець лінії, а також точку C , точку перетину лінії ℓ з профільним меридіаном, а для точності побудови вибираємо ще дві допоміжні точки E і D .

Прямий коловий конус можна розглядати як поверхню обертання і як лінійчату поверхню. Тому для побудови горизонтальних проєкцій точок, які належать поверхні конуса, існує два способи.

Якщо конус розглядати як поверхню обертання, то через задану точку, наприклад A , проводимо паралель h^A . Її фронтальна проєкція h^A_2 є прямою, яка проходить через A_2 і перпендикулярно осі конуса, а горизонтальна проєкція h^A_1 – коло радіуса $h^A_2/2$. Фронтальною межею видимості для конуса є лінія його головного меридіана, а профільною межею видимості є лінія профільного меридіана.

Використовуючи властивість належності точки лінії, а також враховуючи видимість фронтальної проєкції A_2 точки A , знаходимо горизонтальну проєкцію A_1 точки A .

Для побудови профільної проєкції A_3 точки A через A_2 проводимо горизонтальну лінію зв'язку і відкладаємо на ній від осі вправо U_A .

Якщо конус розглядати як лінійчату поверхню, то через точку A проводимо твірну m^A . Фронтальна проєкція m^A_2 проходить через фронтальну проєкцію A_2 точки A і в точці 1_2 перетинає фронтальну проєкцію основи конуса. Потім будуємо горизонтальну проєкцію 1_1 точки 1 . Оскільки точка A_2 за умовою видима, то видимою буде і твірна m^A_2 , яка проходить через неї. Тому горизонтальна проєкція 1_1 точки 1 буде належати нижній половині горизонтальної проєкції кола основи конуса.

З'єднуємо прямою точки ℓ_1 і S_1 і отримуємо горизонтальну проєкцію m^A_1 твірної m^A . Використовуючи властивість належності точки лінії, отримуємо горизонтальну проєкцію A_1 точки A .

Аналогічно знаходять горизонтальні проєкції всіх вибраних точок і, з'єднавши їх плавною кривою, отримуємо горизонтальну проєкцію ℓ_1 лінії ℓ .

Далі будуємо профільні проєкції точок, використовуючи лінії зв'язку і відстані до відповідних точок, які беремо з горизонтальної площини проєкцій. Профільна проєкція C_3 точки C належить профільному меридіану. Частина профільної проєкції B_3, E_3, C_3 буде видимою, а частина C_3, D_3, A_3 – невидимою.

На рисунку 3.12 наведено приклад побудови відсутніх проєкцій лінії ℓ за заданою фронтальною проєкцією лінії ℓ_2 , яка належить поверхні прямого колового циліндра.

У якості опорних точок приймаємо точки A і B – начало і кінець лінії l , а також точку C , точку перетину лінії l з профільним меридіаном, а для точності побудови вибираємо ще дві допоміжні точки E і D .

Бічна поверхня циліндра займає проєкціювальне положення відносно горизонтальної площини проєкцій, при цьому всі паралелі однакові і їх горизонтальні проєкції збігаються з горизонтальним описом циліндра, яким є коло.

Тому горизонтальні проєкції точок знаходять за вертикальною відповідністю на горизонтальному описі циліндра. Горизонтальною межею видимості є лінія верхньої основи, тому вся горизонтальна проєкція є l_1 лінії l буде невидимою.

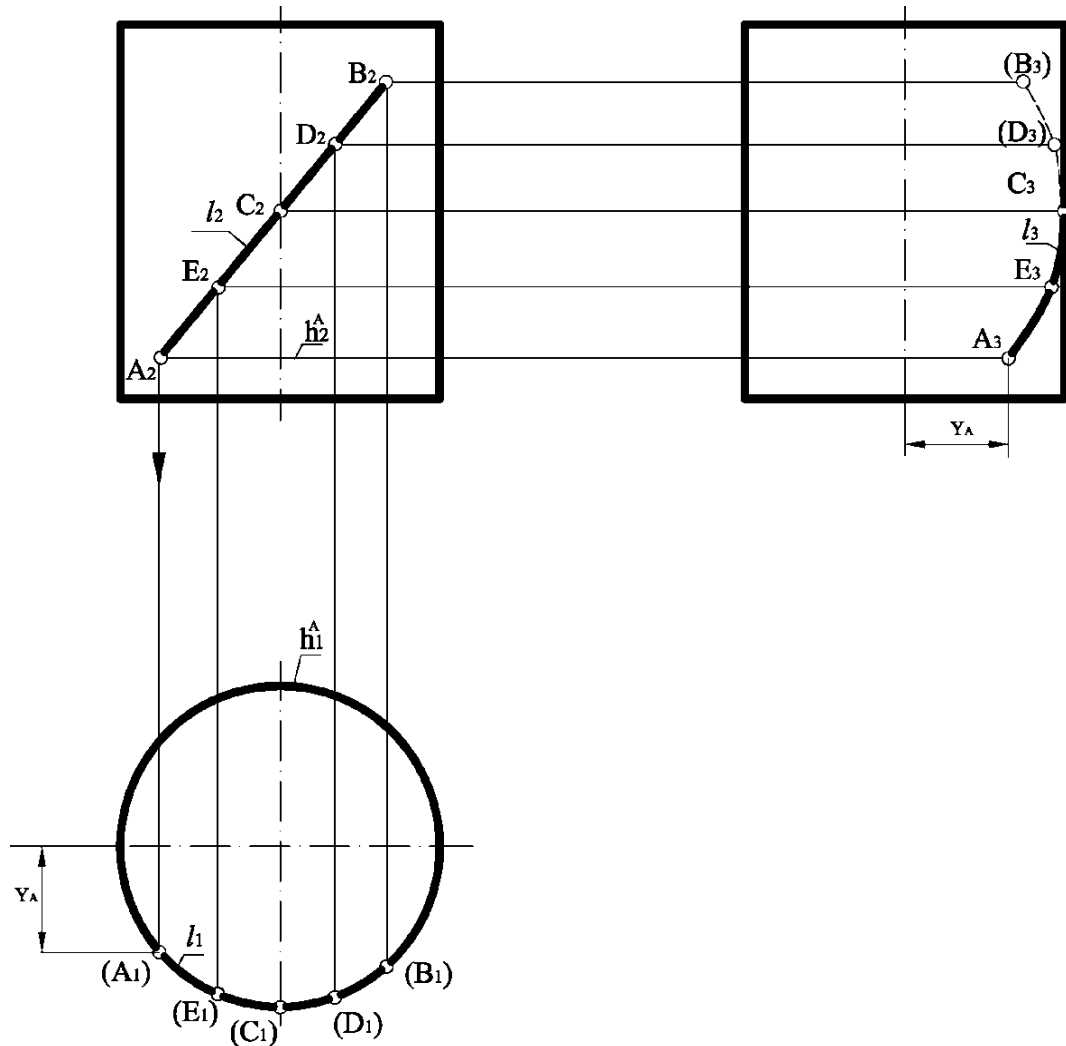


Рисунок 3.12

Для побудови профільної проєкції A_3 точки A через точку A_2 проводимо горизонтальну лінію зв'язку і відкладаємо Y_A на ній від осі вправо. Частина профільної проєкції $A_3E_3C_3$ буде видимою, а частина $C_3D_3B_3$ – невидимою. На рисунку 3.13 наведено приклад побудови проєкцій, яких не вистачає, лінії l , яка належить сфері, за заданою фронтальною проєкцією l_2 .

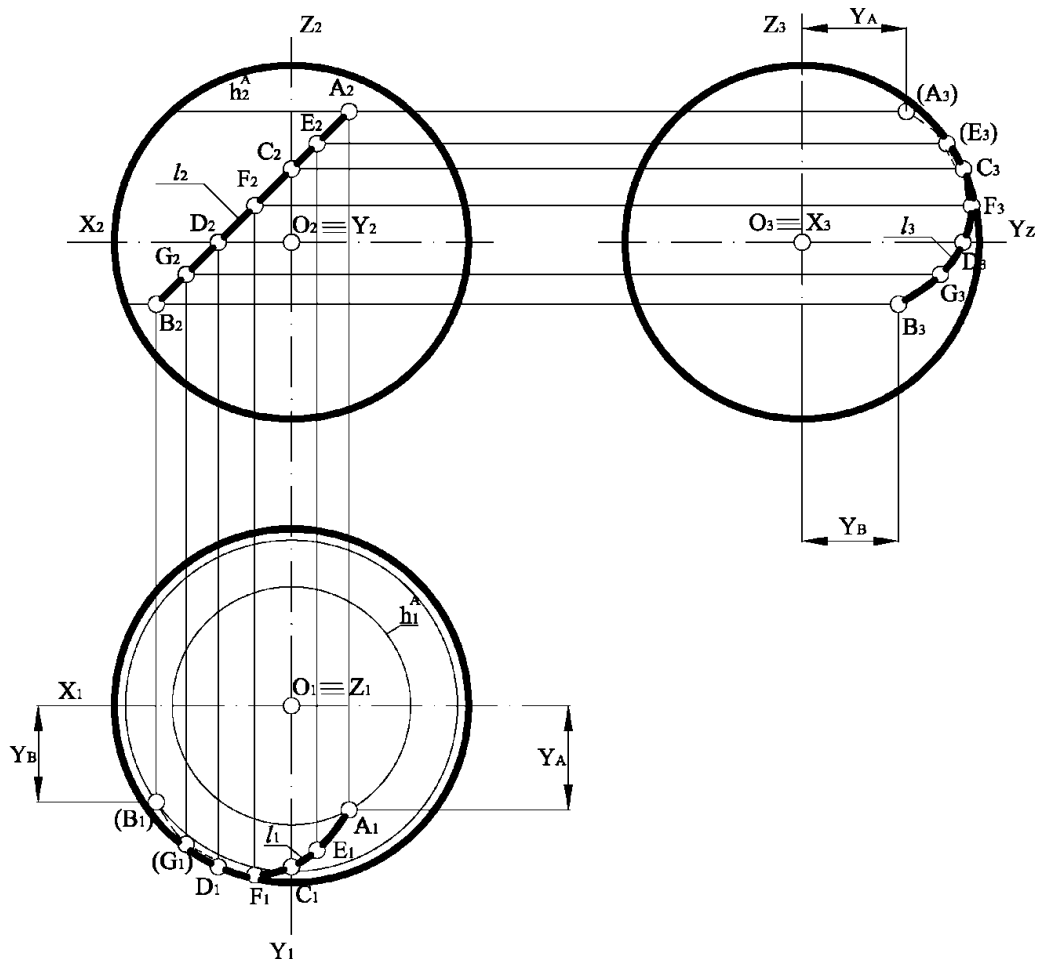


Рисунок 3.13

У якості опорних точок приймаємо точки А і В – початок і кінець лінії l , а також D і C – точки перетину лінії l з екватором і профільним меридіаном сфери. Оскільки лінія l є кривою лінією, то вибираємо ще додаткові точки E, F, G.

Фронтальна проєкція точки D належить фронтальній проєкції екватора, тому її горизонтальна проєкція належить горизонтальній проєкції екватора. Існують дві точки, які задовольняють цій умові: одна на верхній половині описаного кола, друга – на нижній.

Для правильного знаходження положення точки використовуємо дані про її видимість на фронтальній площині проєкцій, де вона є видимою. Фронтальною межею видимості для сфери є горизонтальна проєкція головного меридіана, тому горизонтальна проєкція D₁ належить нижній половині описаного кола сфери.

Порядок знаходження горизонтальних проєкцій інших точок однаковий. Розглянемо знаходження горизонтальної проєкції A₁ точки А. Через точку А проводимо паралель. Її фронтальна проєкція h_2^A є прямою, яка перпендикулярна до фронтальної проєкції осі сфери, а горизонтальна проєкція h_1^A – коло радіуса $h_2^A/2$ з центром, який збігається з горизонтальною проєкцією осі сфери.

Горизонтальною межею видимості для поверхні сфери є екватор. Фронтальна проєкція A_2 лежить вище екватора і є видимою, тому на Π_1 горизонтальна проєкція A_1 є видимою і буде знаходитися на нижній половині кола h^A_1 , тому що фронтальною межею видимості для сфери є головний меридіан. Аналогічно знаходимо положення і видимість горизонтальних проєкцій інших точок.

Потім з'єднуємо отримані точки плавною кривою з урахуванням видимості. Частина горизонтальної проєкції лінії ℓ_1 буде видимою: $A_1E_1C_1F_1D_1$, а частина $D_1G_1B_1$ – невидимою.

Для побудови профільної проєкції A_3 точки A через A_2 проводимо горизонтальну лінію зв'язку і відкладаємо на ній від Z_3 вправо величину, що дорівнює U_A . Аналогічно будуємо профільні проєкції інших точок. Для побудови профільної проєкції C_3 точки C достатньо провести горизонтальну лінію зв'язку із C_2 до перетину з профільною проєкцією профільного меридіану.

Профільною межею видимості для поверхні сфери є профільний меридіан. Частина лінії від точки B до точки C знаходиться перед площиною профільного меридіана, тому профільна проєкція цієї частини лінії буде видимою, а частина $C_3E_3A_3$ – невидимою.

3. Переріз кривих поверхонь площиною

При перетині кривих поверхонь площиною утворюється плоска фігура, яку називають *перерізом*.

У загальному випадку для побудови лінії перерізу кривої поверхні площиною необхідно виконати такі дії:

1 Визначити, яке положення займає січна площина відносно площин проєкцій. Якщо січна площина є проєкціювальною, то одна проєкція перерізу є готовою, вона збігається зі слідом заданої площини. Друга проєкція будується за умовою належності точок перерізу поверхні. Якщо січна площина займає загальне положення, то задачу можна розв'язати методом заміни площин проєкцій або допоміжних січних посередників.

2 Для спрощення побудови лінії перерізу усі точки, через які проходить лінія перерізу, поділяють на опорні, точки перетину і проміжні точки.

3 Іноді січна площина не повністю перетинає задану поверхню, тоді для зручності зображення поверхні продовжують до повного перетину поверхні площиною, але потім умовну частину перерізу треба відкинути.

4 Видимість перерізу визначають за допомогою точок перетину, які належать описаній твірній, головному меридіану або екватору.

5 Через отримані точки проводять плавну криву лінію перерізу, враховуючи при цьому її видимість.

При перерізі прямого колового циліндра площиною можливі такі випадки:

1 Якщо січна площина не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, то вона перетинає циліндр за еліпсом.

2 Якщо січна площина перпендикулярна осі циліндра, то отримаємо коло.

3 Якщо січна площина паралельна осі циліндра, то отримаємо прямокутник.

4 Якщо січна площина є дотичною до поверхні циліндра, то отримаємо пряму лінію.

На рисунку 3.14 наведено приклад побудови перерізу поверхні циліндра фронтально проєкціювальною площиною T .

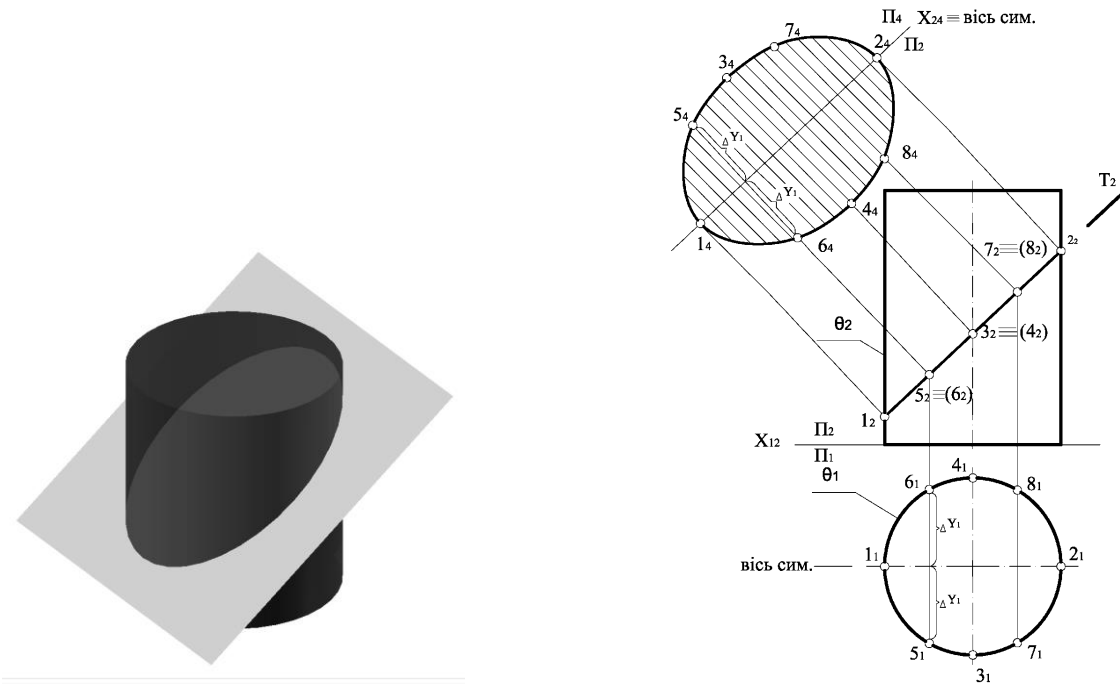


Рисунок 3.14

При перетині конуса січною площиною утворюються криві другого порядку.

Завдяки збиральним властивостям проєкціювальних площин на Π_2 маємо готову проєкцію лінії перерізу, яка збігається зі слідом площини T (T_2). Січна площина T не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, вона перетинає циліндр за еліпсом. Велика вісь еліпса належить площині головного меридіана циліндра θ і дорівнює відстані між точками 1_2 і 2_2 , а мала вісь еліпса належить площині профільного меридіана і дорівнює відстані між точками 3_1 і 4_1 . Для точності побудови еліпса вибираємо ще допоміжні проєкції точок 5_2 і 6_2 , а також 7_2 і 8_2 . Далі для побудови натуральної величини перерізу циліндра нахиленою площиною T використовуємо метод заміни площини проєкцій. Вісь нової системи проєкцій X_{24} будуємо паралельно T_2 . Координати точок еліпса заміряємо з горизонтальної площини проєкцій і переносимо на Π_4 . Завдяки тому,

що еліпс є симетричною фігурою, координати точок краще заміряти від осі 1_1-2_1 .

На рисунку 3.15 наведені всі можливі випадки розташування січної площини відносно визначника конічної поверхні.

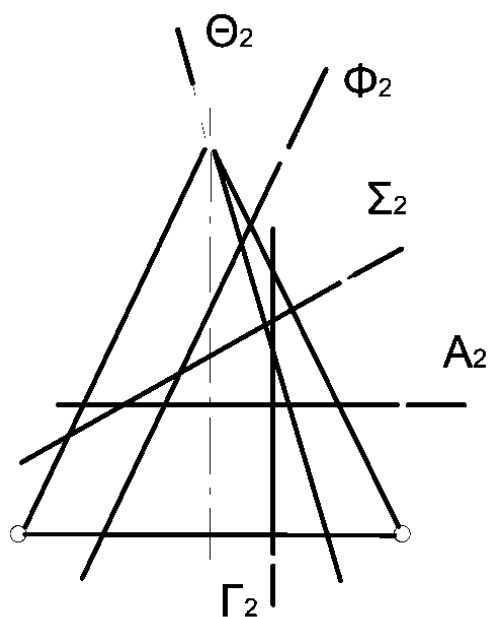


Рисунок 3.15

Якщо січна площина $\Sigma \equiv \Sigma_2$ перетинає всі твірні конуса, то отримаємо еліпс. При перетині конуса площиною $A \equiv A_2$ перпендикулярно до осі конуса отримаємо коло. При перетині конуса площиною $\Phi \equiv \Phi_2$ паралельно одній із твірних отримаємо параболу. Якщо січна площина $\Gamma \equiv \Gamma_2$ перетинає поверхню конуса паралельно осі обертання або яким-небудь двом твірним, то отримаємо гіперболу. При перетині конуса площиною $\Theta \equiv \Theta_2$, яка проведена через вершину конуса, отримаємо трикутник.

На рисунку 3.16 наведено приклад побудови перерізу конуса фронтально проєкціювальною площиною $\Sigma \equiv \Sigma_2$.

Площина Σ має на Π_2 збиральні властивості, тому фронтальна проєкція еліпса є відрізком прямої $1_2 2_2$.

Горизонтальна проєкція еліпса визначається за ознакою належності його точок поверхні конуса. Побудову горизонтальної проєкції еліпса виконуємо з використанням допоміжних січних посередників – це горизонтальні площини рівня.

Велика вісь еліпса дорівнює відстані між точками 1_2 і 2_2 , у яких січна площина перетинає описані твірні конуса. Якщо мала вісь знаходиться в площині перерізу і перпендикулярна великій осі еліпса, то вона є фронтально проєкціювальною прямою.

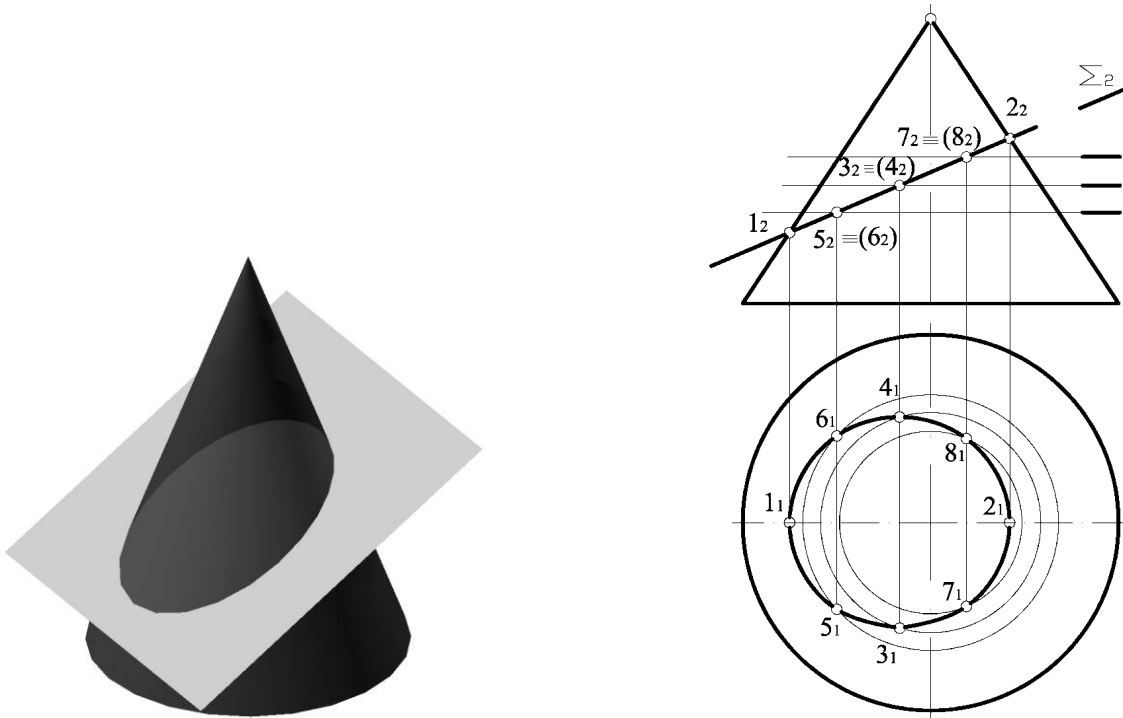


Рисунок 3.16

Для знаходження фронтальної проєкції осі ділимо велику вісь $1_2 2_2$ на дві рівних частини і отримуємо точку $3_2 \equiv (4_2)$, яка є фронтальною проєкцією малої осі еліпса. Довільно вибираємо ще допоміжні точки $5_2 \equiv (6_2)$, а також $7_2 \equiv (8_2)$. Через задані точки проводимо допоміжні січні площини – це горизонтальні площини рівня, які перетинають конус за колом, будуюмо ці кола на Π_1 і, використовуючи вертикальну відповідальність, знаходимо горизонтальні проєкції точок, через які будуюмо плавну криву лінію – це горизонтальна проєкція еліпса. Мала вісь еліпса дорівнює відстані між точками 3_1 і 4_1 .

Питання для самопідготовки:

- 1 Сформулювати алгоритм побудови на площинах Π_1 і Π_2 точок та ліній, які належать до заданої поверхні.
- 2 Як визначається видимість лінії на багатогранниках та поверхнях обертання?
- 3 Які існують методи побудови лінії перерізу багатогранника площиною? У чому різниця цих методів?
- 4 Яку фігуру одержуємо при перерізі багатогранника площиною?
- 5 Назвати всі можливі види перерізу циліндра та конуса площиною.
- 6 Що таке опорні точки на лінії перерізу?

Література: [1–2], [7–8], [11–12].

ЛЕКЦІЯ 4

ЗОБРАЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ. ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ (ГОСТ 2.305–2008)

Питання:

1. Проекційне креслення. Види.
2. Розрізи.
3. Перерізи.
4. Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів.

1. Проекційне креслення. Види

Проекційне креслення надає змоги практично відобразити на кресленнику різного виду деталі, які в свою чергу складаються з вивчених нами раніше просторових тіл. Крім того, на графічному матеріалі проекційного кресленника використовуються відомості, одержані в курсі нарисної геометрії.

Для правильного відтворення і розуміння всіх зображень, вони повинні бути виконані згідно відповідних стандартів ЄСКД.

На відмінність від нарисної геометрії в проекційному кресленні, як правило, не проводяться осі проєкцій і на кресленнику відсутні літери якими позначають проєкції всіх точок, які визначають форму розглянутого тіла. Тому питання про кількість проєкцій які визначають дане тіло, приймає в кресленні дещо інше рішення, ніж в нарисній геометрії. В кресленні в окремих випадках буває достатньо однієї проєкції, чого в нарисній геометрії не було. Це досягається спеціальними умовними позначеннями.

Виконуючи робочий кресленник будь-якої деталі необхідно мати на меті зручність використання цього кресленника при виготовленні деталі, тому в ряді випадків необхідно збільшувати кількість проєкцій.

Будь-який кресленник виконують за допомогою методу прямокутного (ортогонального) проєкціювання, яке полягає в тому що предмети розміщують між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій. Проєкціювальні промені проходять перпендикулярно до площини проєкцій. За основні площини проєкцій приймають шість граней куба (рис. 4.1.).

Предмет розміщують в середині куба і проєкціюють його на грані куба. Всі шість граней куба (площини проєкцій) суміщають у певному порядку з фронтальною площиною проєкцій. Користуючись способами нарисної геометрії при такому суміщенні граней куба будуємо всі зображення предмета на полі кресленника у відповідному проекційному зв'язку по відношенню до зображення на фронтальній площині проєкцій.

Отже отримуємо комплексний кресленик предмета на відповідних площинах проєкцій. (рис. 4.2).

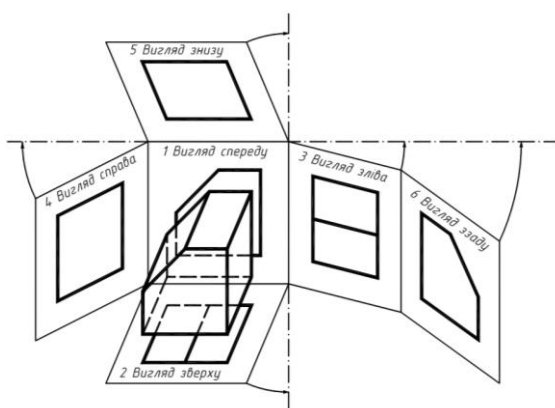


Рисунок. 4.1

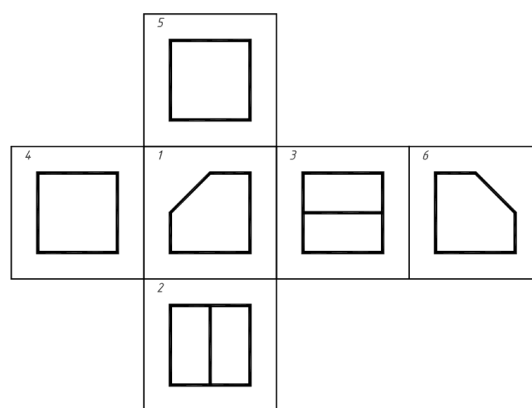


Рисунок 4.2

Зображення в проєкційному кресленні в залежності від їх змісту поділяють на види, розрізи, перерізи. Кількість зображень на кресленику повинно бути мінімальним але разом з тим достатнім для повного розуміння форми та розмірів даного предмета.

Видом називається зображення повернених до спостерігача видимих частин поверхні предмета.

За характером виконання та змістом види поділяють на основні, додаткові та місцеві.

Основними називають види, що утворені проєкціюванням предмета на шість граней куба. Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроєкційовано предмет. В зв'язку з цим встановлені такі назви видів (див. рис. 4.2).

1. Вид спереду (головний вид) – зображення на фронтальній площині проєкцій.

2. Вид зверху – зображення на горизонтальній площині проєкцій.

3. Вид зліва – зображення на профільній площині проєкцій.

4. Вид справа – зображення на профільній площині проєкцій.

5. Вид знизу – зображення на горизонтальній площині проєкцій.

6. Вид ззаду – зображення на фронтальній площині проєкцій.

Вид зверху розміщують під головним видом, вид зліва – з правої сторони головного виду, вид справа – з лівої сторони головного виду – вид знизу – розміщують над головним видом.

При такому розміщенні назви видів не підписують і не показують лінії зв'язку між зображеннями. У випадку, коли, які-небудь види розташовані не в проєкційному зв'язку їх позначають великими літерами українського алфавіту, а напрями поглядів показують стрілками (рис. 4.3) з тими ж літерами.

Відстані між видами вибирають, виходячи з умов розташування їх на полі кресленика, нанесення розмірів, текстових пояснень, таблиць тощо.

Головним для побудови зображення є вид спереду (головний вид), тобто зображення, утворене на фронтальній площині проєкцій.

Головний вид повинен давати найбільш повне уявлення про форму, розміри та службове призначення предмета (рис. 4.4.).

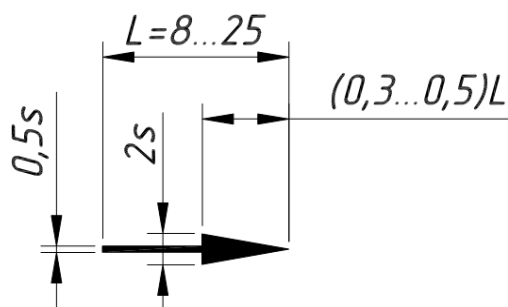


Рисунок 4.3

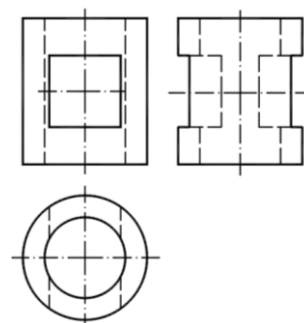


Рисунок 4.4

Правильний вибір головного виду предмета зумовлює мінімальну кількість потрібних зображень. На вибір головного виду предмета впливають також його конструктивні особливості та технологічні фактори виготовлення.

Якщо яку-небудь частину предмета неможливо показати на основних видах без спотворення форми і розмірів, тоді використовують додаткові види.

Додатковий вид – зображення, утворене внаслідок проєктування частини предмета на додаткову площину, не паралельну основним площинам проєкцій. Додаткову площину розміщують паралельно до нахиленої частини предмета, яка проєкується на додаткову площину в натуральному величину (рис. 4.5, а).

Для зручності розгляду кресленика додатковий вид дозволяється повертати, але із збереженням, як правило, розташування, прийнятого для цього предмета на головному виді; при цьому до напису додається умовне позначення викреслене у формі кола діаметром 10...12 мм із стрілкою (рис. 4.5, б), що означає вид Б повернуто.

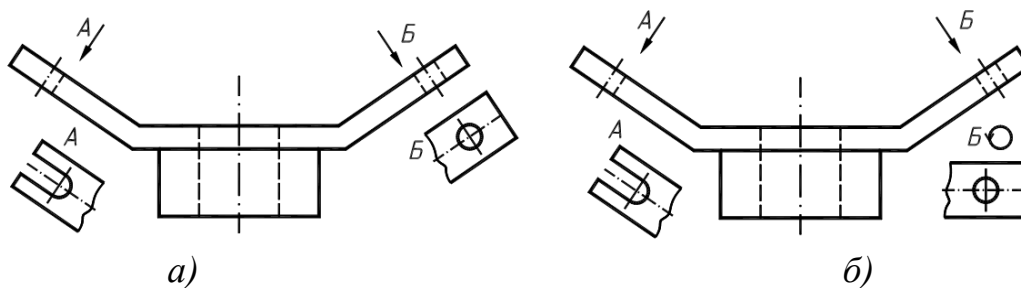


Рисунок 4.5

Додаткові види на кресленнику позначаються літерами і стрілками (див. рис. 4.3, 4.5). Літери, які позначають погляд повинні бути на порядок більші від розмірних чисел.

Місцевий вид – зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета. Його застосовують, коли треба показати форму й розміри окремих елементів предмета, наприклад, отвір в деталі, фланець і т. п.

Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву (рис. 4.6., вид А) чи не обмежений (рис. 4.6., вид Б).

Позначення місцевого виду не відрізняється від позначення додаткового виду. Застосування місцевого виду дає змогу зменшити обсяг графічної роботи, зекономити місце на полі кресленника.

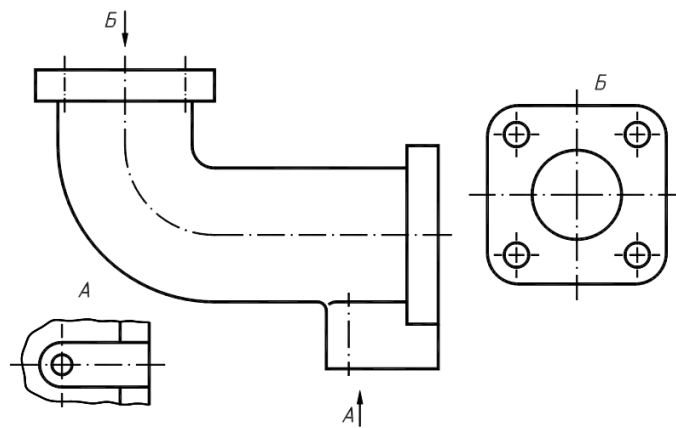


Рисунок 4.6

2. Розрізи

Значна кількість штрихових ліній, що використовується для зображення контурів невидимих поверхонь, може ускладнити читання і розуміння кресленника. Тому в таких випадках для розкриття внутрішньої будови предмета використовують розрізи і перерізи.

Розріз – зображення предмета, утвореного умовним розрізом його однією або декількома січними площинами. На кресленнику в розрізі показують зображення предмета, яке розміщене у відповідних січних площинах і за ними. Розріз є умовним зображенням, бо при його виконанні тільки умовно проводять січні площини та уявно показують окремі частини предмета, які розміщені між спостерігачем і даними січними площинами. На кресленнику внутрішні конфігурації частини предмета в розрізі показують суцільними лініями, як і видимий контур предмета. При цьому те, що знаходиться в січній площині, за винятком порожнин, штрихують тонкою суцільною лінією (рис. 4.7).

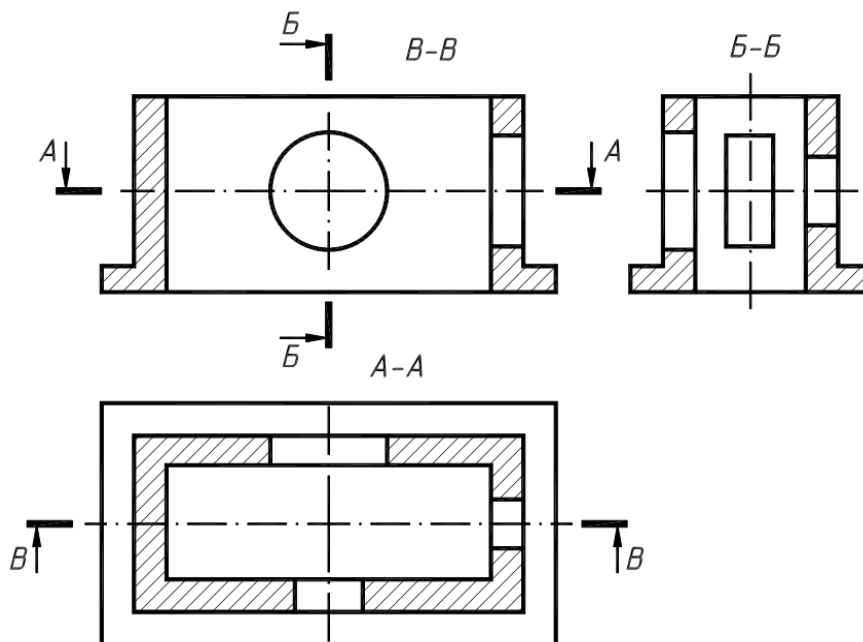


Рисунок 4.7

Будь-які розрізи не повинні погіршувати сприйняття кресленика та змінювати форму предмета в цілому а, навпаки, повинні допомагати розкрити важкодоступні місця для їх кращого розуміння. Ці розрізи ще мають назву *корисних*.

Залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета розрізи поділяються на поздовжні й поперечні, а залежно від кількості січних площин розрізи бувають прості та складні, причому останні поділяються на ступінчасті та ламані. За повнотою виконання і призначення розрізи бувають повні та місцеві.

Залежно від положення січних площин відносно площин проєкцій розрізи поділяються на горизонтальні фронтальні профільні та похилі.

Характеристики та визначення розрізів

Простий розріз – утворюється однією січною площиною:

1. Горизонтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до горизонтальної площини проєкцій (рис. 4.7, розріз А-А).
2. Фронтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до фронтальної площини проєкцій (рис. 4.7, розріз В-В).
3. Профільний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до профільної площини проєкцій (рис. 4.7, розріз Б-Б),
4. Похилий розріз – утворюється січною площиною, яка нахилена до горизонтальної площини проєкцій під гострим кутом (рис 4.8, розріз А-А).

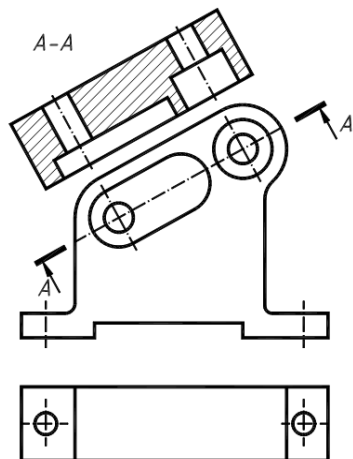


Рисунок 4.8

5. Повздовжній розріз – утворюється січною площиною, яка проходить вздовж довжини або висоти предмета (див. рис. 4.7, розріз Б-Б, В-В та рис. 4.9, а розріз Б-Б, В-В). Якщо фігура симетрична, дозволяється поєднувати вид і розріз як показано нижче, а позначення розрізів Б-Б, В-В не показувати (див. рис. 4.9, б). Якщо на внутрішній поверхні предмета знаходиться контурна лінія, яка співпадає з віссю симетрії, для прикладу – ребро чотирикутної призми, тоді розріз виконують дещо більшим половиною зображення, підкреслюючи його суцільною тонкою лінією, як це зображено на фронтальній проєкції фігури (див. рис. 4.9, в). У випадку наявності контурної лінії на зовнішній поверхні розріз виконують дещо меншим половиною зображення. А якщо зовнішня і внутрішня контурні лінії співпадають з віссю симетрії, тоді суцільна тонка лінія, що розділяє вид – розріз робиться хвилястою (див. рис. 4.9, в, профільна проєкція).

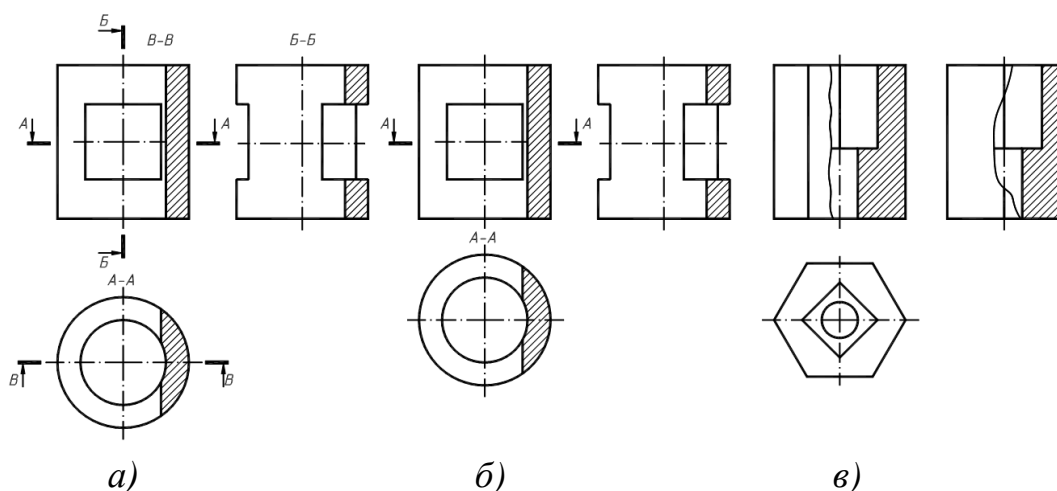


Рисунок 4.9

6. Поперечний розріз – утворюється січною площиною, яка проходить перпендикулярно до довжини або висоти предмета. (див. рис. 4.7 розріз А-А і рис. 4.9 розріз А-А).

Складний розріз – утворюється двома або декількома січними площинами:

1. Ступінчастим називається складний розріз, який утворений паралельними січними площинами.

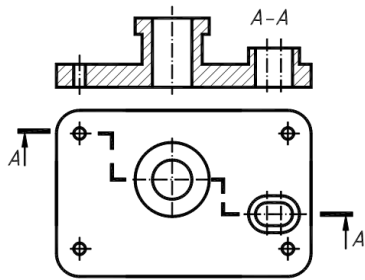


Рисунок 4.10

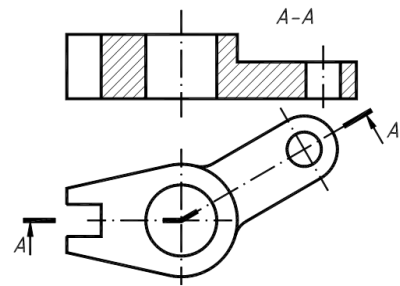


Рисунок 4.11

2. Ламаним називається складний розріз утворений паралельними січними площинами, причому одна із них або декілька похилі до горизонтальної площини проєкції.

3. Повний розріз – зображення, утворене при повному (наскрізному) перетині несиметричного предмета січною площиною (див. рис. 4.7; В-В. 4.10; А-А і 4.11; А-А).

4. Місцевий розріз (вирив) – зображення, що розкриває конструктивні особливості предмета лише в окремому, обмеженому місці (рис. 4.12).

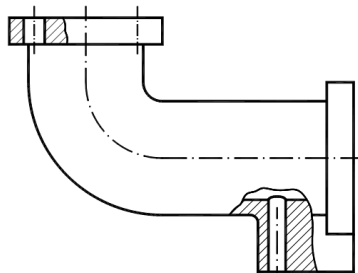


Рисунок 4.12

Місцевий розріз виділяють на зображенні тонкою суцільною хвилястою лінією, яка не повинна співпадати з будь-яким зображенням. На рисунку 4.13 за допомогою місцевих розрізів показані отвір під стопорний гвинт, паз для сегментної шпонки та центровий отвір.

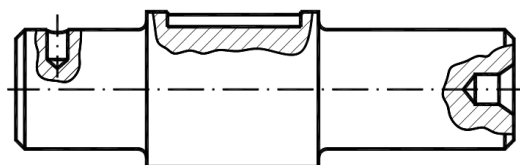


Рисунок 4.13

3. Перерізи

Перерізи – зображення предмета, утвореного тільки умовним перетином його однією або декількома січними площинами. На кресленку в перерізі показують зображення предмета, яке розміщене тільки у відповідних січних площинах. Фігуру перерізу на кресленку штрихують тонкими лініями під кутом 45° . Частину предмета, яка розташована за січною площиною, в перерізі не показують. Переріз є частковим випадком розрізу. Тобто розріз включає переріз. На рисунку 4.14, а зображено переріз, а на рисунку 4.15, б – розріз.

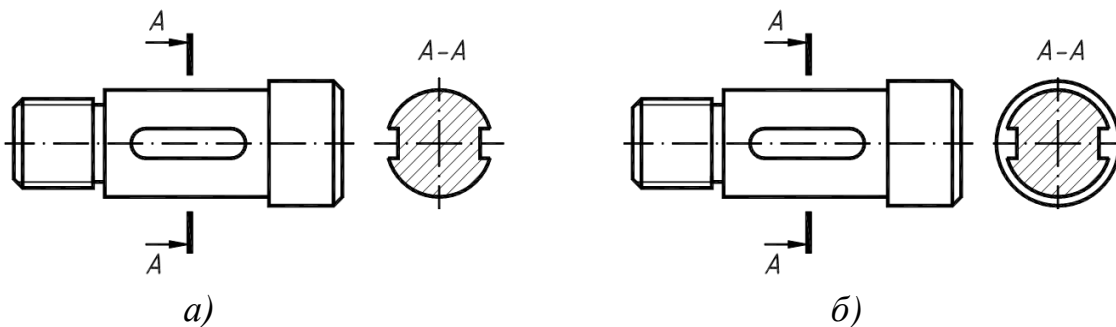


Рисунок 4.14

Залежно від розміщення на кресленку розрізняють *винесені* й *накладні* перерізи. Винесені перерізи розташовують поза контуром зображення деталі (рис. 4.15) на будь-якому місці поля кресленка, накладні – безпосередньо на видах (рис. 4.16).

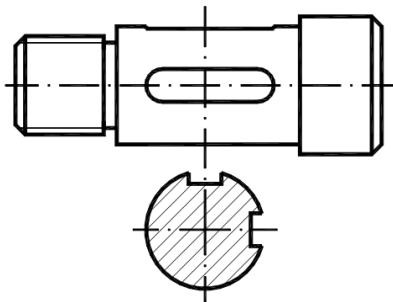


Рисунок 4.15

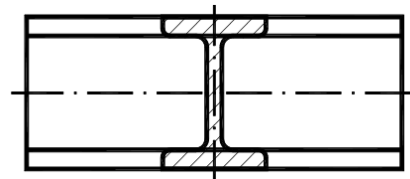


Рисунок 4.16

Винесені перерізи застосовують частіше, бо вони не затемнюють зображення зайвими лініями та не погіршують читання кресленка.

Перерізи, як і розрізи, можуть бути складними, зокрема ламаними й ступінчастими (див. рис. 4.17, ступінчастий переріз А-А).

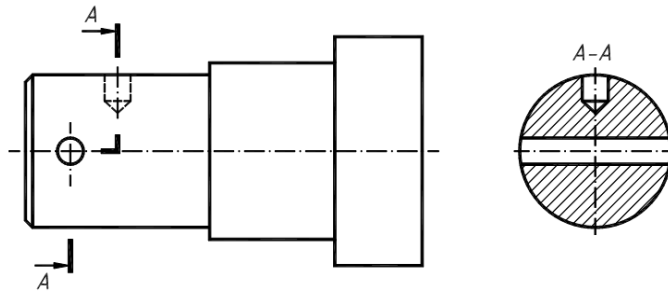


Рисунок 4.17

За формою перерізи поділяють на симетричні (див. рис. 4.14, а, 4.16, 4.17) і несиметричні (див. рис. 4.15).

4. Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів

Зображення на кресленнику, зокрема розрізів і перерізів, повинно розташовуватися економно й раціонально на полі кресленника та зручно читатися разом з розмірами, позначеннями, написами, таблицями.

Для позначення на кресленнику січних площин у розрізі і перерізах використовують розімкнену лінію – потовщені штрихи (рис. 4.18). Перпендикулярно до крайніх штрихів (початкового і кінцевого) наносять стрілки, що вказують напрям погляду, і розташовують їх, як показано на рисунку 4.1.

Згідно з вимогами стандарту щодо оформлення кресленників, крайні штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення, їх необхідно позначити великими літерами українського алфавіту (див. рис. 4.1). Для позначення розрізів і перерізів застосовують стрілки і літери таких самих розмірів, що й для позначення видів, а самі літери на кресленнику проставляють у відповідність до розташування основного напису із зовнішнього боку стрілок, незалежно від їх напрямку. Вибирають літери в алфавітному порядку та слідкують за тим, щоб вони не повторювались на одному кресленнику (див. рис. 4.7).

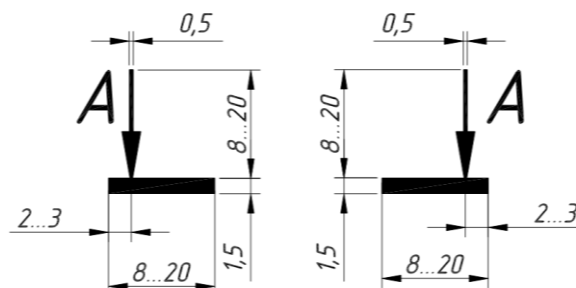


Рисунок 4.18

Розрізи та перерізи супроводжуються написом А-А, Б-Б і т. д.

Підкреслимо деякі умовності виконання розрізів та перерізів:

1. Для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не позначається, а самі розрізи написом не супроводжується, якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета і ці розрізи розташовані в проєкційному зв'язку та не поділені будь-якими зображеннями (див. рис. 4.9, в). Необхідно зазначити, що на рисунку 4.7 фронтальний розріз В-В та профільний Б-Б можна було б не позначати.

2. Похилі і складні розрізи та перерізи позначають завжди. (рис. 4.8, 4.10, 4.11 та 4.17).

3. Похилі розрізи та перерізи, що розташовані не в проєкційному зв'язку та повернені відносно січної площини, супроводжуються написом з умовною позначкою («повернено») (див. рис. 4.5, б).

4. Місцеві розрізи виділяють на видах тонкою хвилястою суцільною лінією, яка не повинна збігатись з будь-якими іншими лініями зображення. Їх не позначають і не підписують (див. рис. 4.12 та 4.13).

5. Для ступінчастих розрізів, крім початкового і кінцевого штрихів, у місцях переходу однієї січної площини в іншу ставлять штрихи без літер. Літери проставляються лише на крайніх штрихах розімкненої лінії. Зміна ліній напрямку січних площин на зображення не впливає (див. рис. 4.10).

6. Для симетричних фігур дозволяється поєднувати в одному зображенні вид з розрізом (половину виду з половинного відповідного розрізу). Лінією розділення виду та розрізу є штрихпунктирна лінія, що збігається з віссю симетрії фігури (див. рис. 4.9, а). При цьому невидимий контур предмета на виді штриховими лініями не показують, якщо симетричний йому показаний у розрізі.

7. У випадках, коли контурна лінія зображення збігається з віссю симетрії предмета, межею між видом і розрізом є хвиляста лінія обриву (див. рис. 4.9, б).

8. Оскільки вважається, що читання кресленника здійснюється зліва направо й зверху вниз і вид має перевагу над розрізом та на головному виді та на виді зліва розріз розміщують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на виді зверху – праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі.

Питання для самопідготовки:

1. Що таке вид? Які розрізняють види? У яких випадках види надписують?

2. Що таке розріз? Які ви знаєте розрізи? Як позначаються розрізи на кресленнях?

3. Чим відрізняється розріз від перерізу? Як позначаються перерізи на кресленнях?

Література: [8–12].

ЛЕКЦІЯ 5 АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЄКЦІЇ

Питання:

1. Аксонометричні проєкції. Загальні положення та види.
2. Прямокутна ізометрія.
3. Прямокутна диметрія.
4. Приклад виконання комплексної контрольної роботи.

1. Аксонометричні проєкції. Загальні положення та види

Комплексний кресленик на дві або три взаємно перпендикулярні площини проєкцій має суттєвий недолік – відсутність наочності. Спосіб проєкціювання, при якому предмет зображення жорстко зв'язується з просторовою декартовою системою координат, яка разом з предметом проєкціюється центрально або паралельно на аксонометричну площину проєкцій Π' у заданому напрямку S , одержав назву *аксонометричного*, а отримане зображення називають *аксонометрією*.

Напрямок проєкціювання не повинен збігатися з напрямком хоча б однієї з осей декартової системи координат, тому отримане зображення матиме всі три виміри, що і надає йому наочність.

На рисунку 5.1 наведено приклад проєкціювання прямокутної декартової системи координат на площину аксонометричних проєкцій Π' .

Залежно від напрямку S відносно Π' при паралельному проєкціюванні аксонометрія може бути косокутною або прямокутною. На кожній із осей прямокутної декартової системи координат відкладемо від початку координат по одиничному відрізку l_x, l_y, l_z , кожен із яких проєкціюється на аксонометричну площину проєкцій Π' відповідним відрізком: l'_x, l'_y, l'_z . Відношення аксонометричних проєкцій до дійсних величин називають *коефіцієнтами спотворень за трьома осями*:

$$p = \frac{l'_x}{l_x}; q = \frac{l'_y}{l_y}; r = \frac{l'_z}{l_z}.$$

У прямокутній аксонометрії залежність між показниками спотворень виражають формулою

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2.$$

Якщо показники спотворень за всіма трьома осями однакові, тобто $p = q = r$, то аксонометрію називають *ізометрією*, якщо $p = r \neq q$,

то аксонометрію називають *диметрією*, якщо $p \neq q \neq r$, то аксонометрію називають *триметрією*.

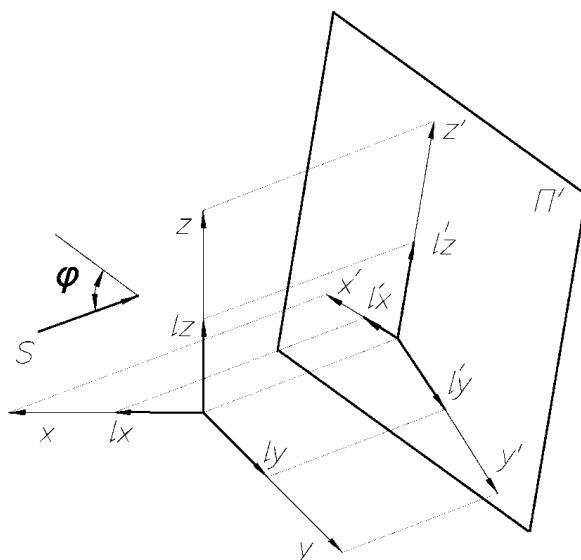


Рисунок 5.1

2. Прямокутна ізометрія

У прямокутній ізометрії всі три показники спотворень дорівнюють один одному. Показники спотворень у прямокутній ізометрії визначають за формулою

$$3p^2 = 2, p = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,82.$$

Для спрощення побудови відповідно до ГОСТ 2317-69 при побудові аксонометричних зображень користуються зведеними показниками спотворення:

$$p = q = r = 1.$$

При цьому аксонометричне зображення предмета виходить збільшеним у 1,22 рази ($1 : 0,82 = 1,22$).

Аксонометричні осі в прямокутній ізометрії спрямовані одна до одної під кутом 120° (рис. 5.2).

Для визначення напрямку штрихування в ізометрії на аксонометричних осях потрібно побудувати трикутник, для цього вздовж аксонометричних осей відкладаються рівні відрізки довільної довжини. Штрихування виконується паралельно сторонам побудованого трикутника.

Аксонометричну проєкцію будь-якої точки можна отримати, якщо побудувати ламану лінію, яка виходить із точки O – початку системи

координат. Ця ламана лінія утворюється з відрізків прямих, які вимірюються величинами x , y , z – прямокутні координати відповідно до точки. При цьому доцільно використовувати практичні коефіцієнти спотворення.

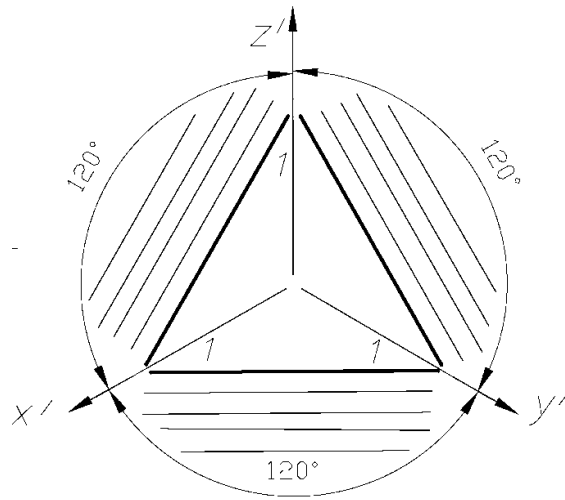


Рисунок 5.2

На рисунку 5.3 наведено приклад побудови прямокутної ізометрії точки A з натуральними координатами $x = 30$, $y = 15$, $z = 45$ із використанням практичних коефіцієнтів спотворень.

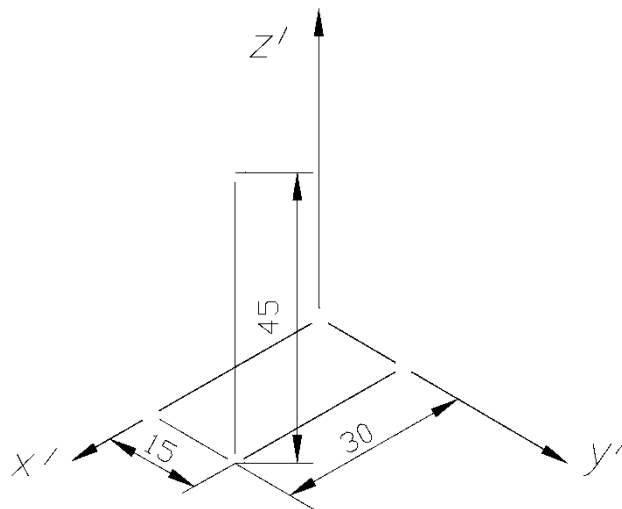


Рисунок 5.3

Таким чином, уздовж осей x' , y' , z' або за паралельними напрямками відкладають справжні розміри. Точку A_1 називають вторинною проекцією точки A .

АксонOMETричні проєкції кіл, які лежать на площинах проєкцій або на площинах, паралельних площинам проєкцій, зображуються еліпсами.

Велика вісь еліпса перпендикулярна до третьої координатної осі, яка не визначає площину еліпса, а мала вісь паралельна їй. Мала вісь еліпса завжди перпендикулярна великій. При вживанні практичних коефіцієнтів спотворення велика вісь еліпса дорівнює $1,22d$, а мала – $0,71d$.

На рисунку 5.4 наведено приклад побудови в прямокутній ізометрії трьох кіл, які розташовані на горизонтальній, фронтальній та профільній площинах, з $d = 30$ мм.

Велика вісь еліпса $A'B' = 1,22d = 1,22 \times 30 = 36,6$ мм.

Мала вісь еліпса $C'D' = 0,71d = 0,71 \times 30 = 21,3$ мм.

На напрямках, паралельних аксонометричним осям, відкладаються $E'F' = d = 30$ мм.

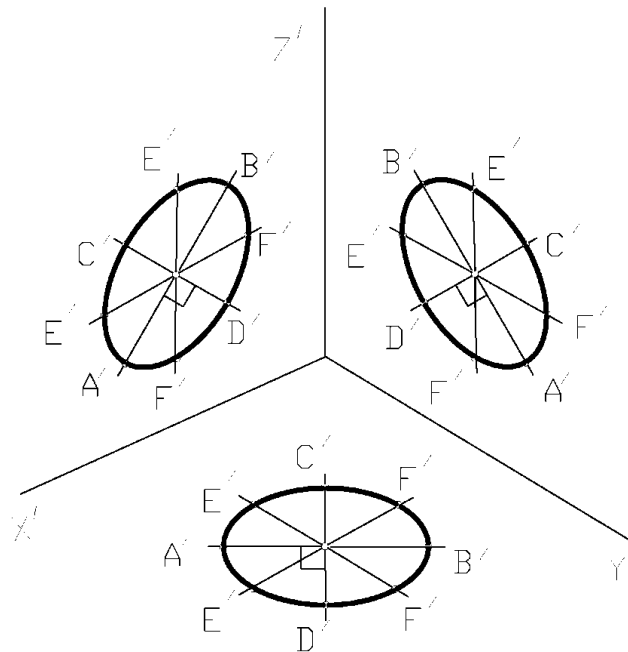


Рисунок 5.4

На рисунку 5.5 наведено приклад побудови в прямокутній ізометрії шестигранної призми з вертикальним отвором, яка задана комплексним креслеником.

Для побудови аксонометричного зображення натуральну систему координат O_{xyz} прив'язуємо до комплексного кресленика, це дозволяє визначити координати будь-якої точки призми, які знімаються безпосередньо з комплексного кресленика. Для побудови еліпса проводимо розрахунки. Велика вісь еліпса дорівнює: $1,22d = 1,22 \times 15 = 18,3$ мм. Мала вісь еліпса дорівнює: $0,71d = 0,71 \times 15 = 10,7$ мм. Для відтворення більш наочного зображення вирізаємо четверту частину призми, а штриховку виконуємо паралельно сторонам трикутника.

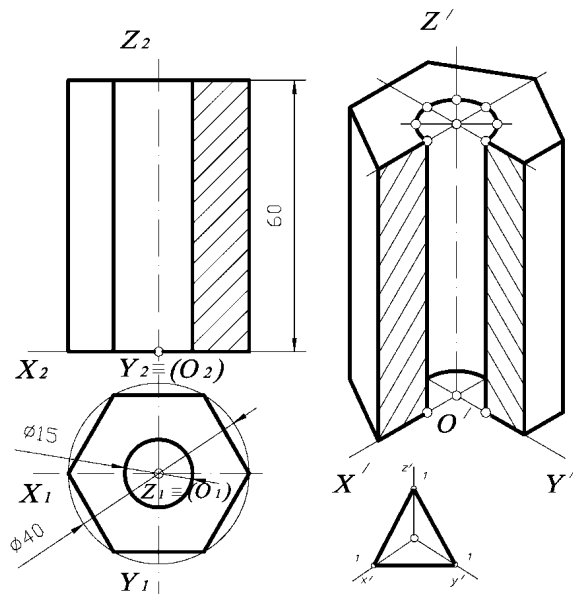


Рисунок 5.5

3. Прямокутна диметрія

Якщо предмет в основі має квадрат, який зорієнтований вершинами на осі, треба застосовувати тільки прямокутну диметрію, а також у випадках, коли найбільша кількість елементів зосереджена на якійсь одній бічній стороні предмета. Показники спотворень у цій системі такі: $p = 0,94$, $q = 0,47$, $r = 0,94$. При використанні зведених коефіцієнтів спотворення: $p = 1$, $q = 0,5$, $r = 1$, зображення предмета одержується збільшеним у 1,06 рази ($1 : 0,94 = 1,06$). Аксонометричні осі в прямокутній диметрії розташовані під кутами $7^{\circ}10'$ і $41^{\circ}25'$ до горизонталі (рис. 5.6).

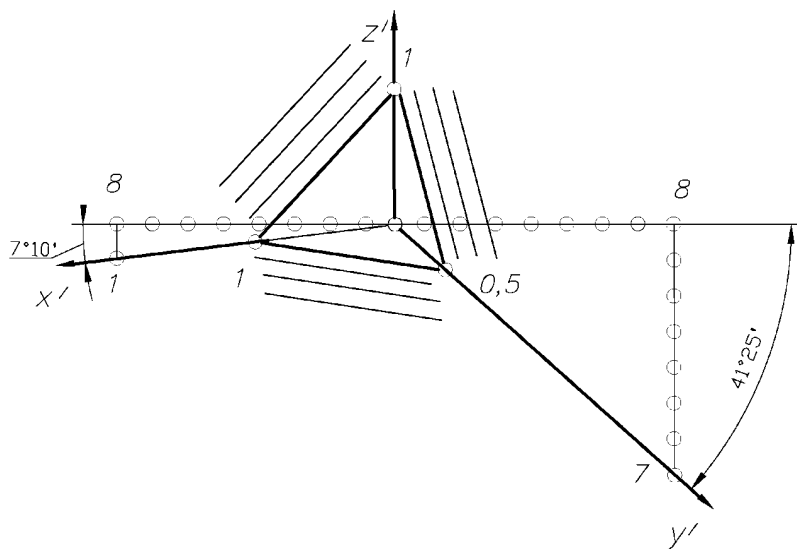


Рисунок 5.6

Штрихування виконується паралельно сторонам побудованого трикутника: для цього вздовж аксонометричних осей x' та z' відкладаються рівні відрізки довільної довжини, а вздовж осі y' – скорочують удвічі.

Аксонометричні проєкції кіл, які лежать на площинах проєкцій або на площинах, паралельних площинам проєкцій, зображуються еліпсами.

На рисунку 5.7 наведено приклад побудови в прямокутній диметрії трьох кіл, які розташовані на горизонтальній, фронтальній та профільній площинах, з $d = 40$ мм.

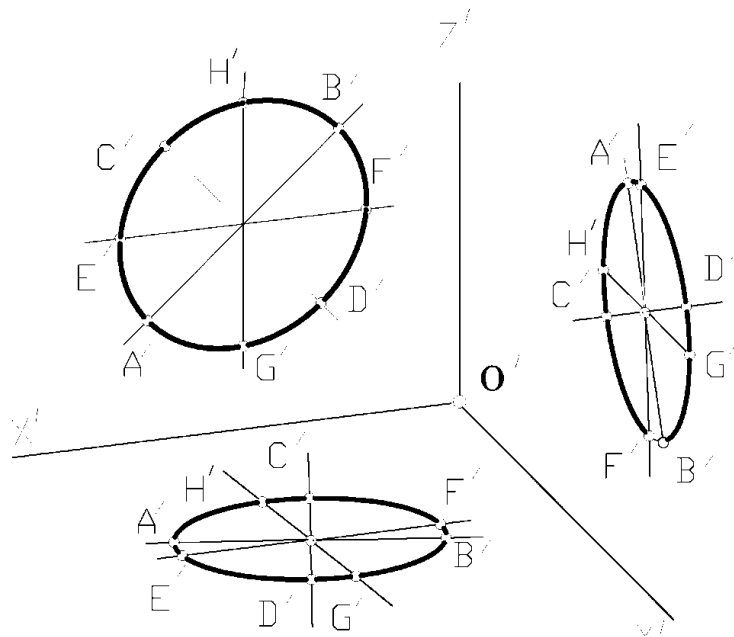


Рисунок 5.7

Велика вісь еліпса $A'B' = 1,06d = 1,06 \times 40 = 42,4$ мм однакова для всіх площин проєкцій. Мала вісь еліпса $C'D' = 0,35d = 0,35 \times 40 = 14$ мм – для горизонтальної і профільної площин проєкцій. Мала вісь еліпса $C'D' = 0,94d = 0,94 \times 40 = 37,6$ – для фронтальної площини проєкцій.

На напрямках, які паралельні аксонометричним осям x' і z' відкладають $E'F' = d = 40$ мм, а в напрямку y' – відкладають $H'G' = \frac{d}{2} = \frac{40}{2} = 20$ мм.

Велика вісь еліпса перпендикулярна до третьої координатної осі, а мала вісь паралельна їй.

На рисунку 5.8 наведено приклад побудови в прямокутній диметрії чотирикутної призми з вертикальним отвором, яка задана комплексним креслеником.

Натуральну систему координат $oxuz$ прив'язуємо до комплексного кресленика, це дозволяє визначити безпосередньо з комплексного кресленика координати будь-якої точки призми. Велика вісь еліпса дорівнює: $1,06d = 1,06 \times 30 = 31,8$ мм. Мала вісь еліпса дорівнює:

$0,35d = 0,35 \times 30 = 10,5$ мм. Штрихування вирізу виконуємо паралельно сторонам побудованого трикутника.

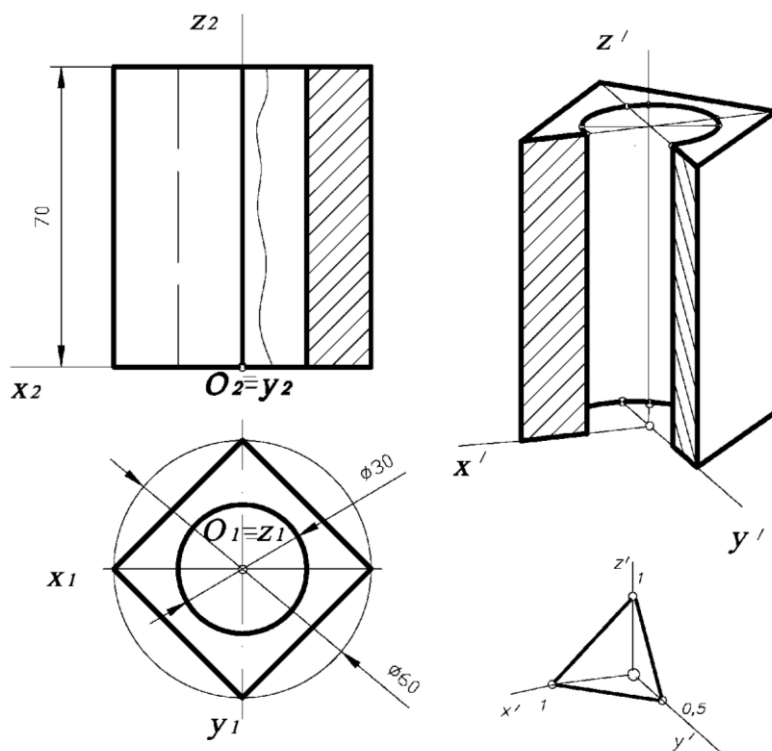


Рисунок 5.8

4. Приклад виконання комплексної контрольної роботи

Завдання

За наведеними розмірами:

- 1) накреслити два зображення моделі, виконати на одному з них необхідний розріз;
- 2) побудувати переріз січною площиною;
- 3) побудувати аксонометричну проєкцію з розрізом.

Виконання роботи починається з побудови проєкцій моделі (рис. 5.9). Для більшості варіантів першим необхідно будувати вид зверху з метою визначення положення ребер грані поверхні на виді спереду.

1. Побудова розрізу на головному виді

Суміщення проєкційних видів із розрізами здійснюється згідно з ГОСТ 2.305–2008 з метою надання більшого уявлення про зовнішню та внутрішню структуру деталей та економії кількості необхідних для цього

зображень на кресленику. У цій роботі необхідно зробити суміщення головного виду з фронтальним розрізом. При цьому слід пам'ятати, що на головному виді й виді ліворуч розріз розташовують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на видах зверху й знизу – праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі симетрії.

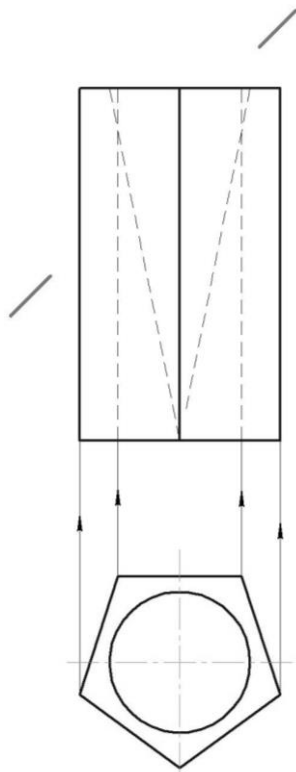


Рисунок 5.9

Необхідність надавати визначення для розрізу, що виконується, виходить з конструкції моделі та положення січної площини. Якщо січна площина збігається із площиною симетрії моделі, а розріз виконаний на місці відповідного виду в проєкційному зв'язку або суміщений із видом й не розділений яким-небудь іншим зображенням, то для горизонтальних, вертикальних і профільних розрізів зазначати положення січної площини не потрібно й розріз написом не супроводжувати. У нашому випадку площина розрізу не співпадає з площиною симетрії моделі, тому визначимо розріз відповідним чином (рис. 5.10).

Наступною дією є визначення ділянки деталі, що попадає у січну площину розрізу, а також елементів, що будуть видимими на розрізі, але знаходяться поза січною площиною. Для цього необхідно знайти положення ліній, які утворюються при перетині площини із зовнішньою та внутрішньою поверхнею моделі. У моделі, що розглядається, права описана лінія ділянки деталі, що попадає у січну площину, утвориться при її перетині із гранню призматичної поверхні. Лівою описаною виступатиме права твірна внутрішньої конічної поверхні моделі. Зверху та знизу розглядувану ділянку розрізу обмежують лінії перетину площини розрізу

з основами моделі. Після знаходження та побудови усіх ліній контуру його слід заштрихувати. Кут ліній штрихування до ліній контуру становить 45° (див. рис. 5.10).

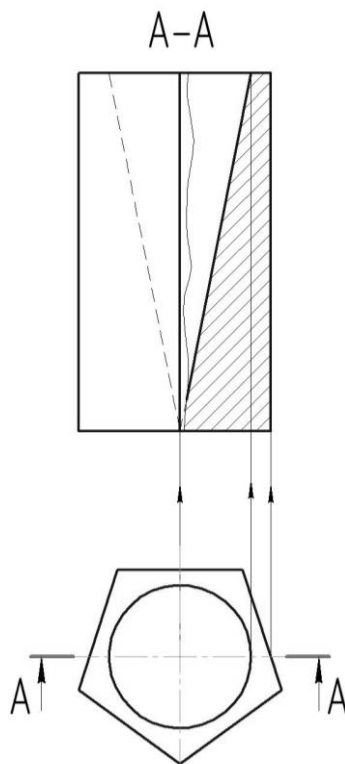


Рисунок 5.10

При виконанні суміщення зображень слід звертати увагу на правильність розділення виду й розрізу. З огляду на структуру моделі при виконанні завдання можуть виникнути такі випадки.

Якщо з'єднуються половина виду й половина розрізу, кожний з яких є фігурою симетричною, то лінією, що їх поділяє, буде вісь симетрії. В інших випадках вид та розріз розділяють хвилястою лінією.

Якщо суцільна товста лінія, що показує на зображенні ребро, збігається з віссю симетрії моделі, то границю між видом і розрізом указують хвилястою лінією, яку проводять так, щоб зберегти зображення ребра.

Можливі також випадки, коли з віссю симетрії будуть збігатися як ребро на зовнішній поверхні деталі, так і ребро, що перебуває на її внутрішній поверхні. У цьому випадку хвиляста лінія, що розмежовує зображення, розташовується таким чином, щоб показати на зображенні видимі ділянки обох ребер.

Для моделі, що розглядається як приклад, на зовнішній поверхні спостерігається збіг ребра призми з віссю симетрії моделі (див. рис. 5.10). У цьому випадку необхідним є розташування хвилястої лінії справа від ребра з метою збільшення частини зображення, що показує зовнішню поверхню, і відображення ребра як видимого.

2. Побудова перерізу деталі

Побудова перерізу складається з двох етапів. На першому знаходиться натуральна величина лінії перетину площини перерізу із зовнішньою поверхнею моделі, на другому – аналогічні дії для перетину із поверхнею отвору в моделі. Завдання складені таким чином, що одна з поверхонь є гранюю, інша – поверхнею обертання.

Для граної поверхні побудова перерізу площиною полягає у відтворенні багатокутника, верхівками якого виступають точки перетину площини із ребрами та сторонами основи. При перетині конуса або циліндра отримуємо еліпс або частку еліпса, якщо січна площина перетинає основу.

В основі заходження точок на перерізі полягає принцип виконання заміни площин проєкцій. Послідовність побудови буде такою:

1 Знайти проєкції опорних точок (вершини осей еліпсів, точки перетину з ребрами та сторонами основи) на головному виді.

2 Визначити положення знайдених точок на виді зверху. При цьому проєкції опорних точок при перетині призматичної та циліндричної поверхонь на виді зверху співпадають з проєкціями ребер або твірних відповідно. Для лінії перетину із конічною та пірамідальною поверхнями необхідно при цьому застосувати метод січних площин (рис. 5.11).

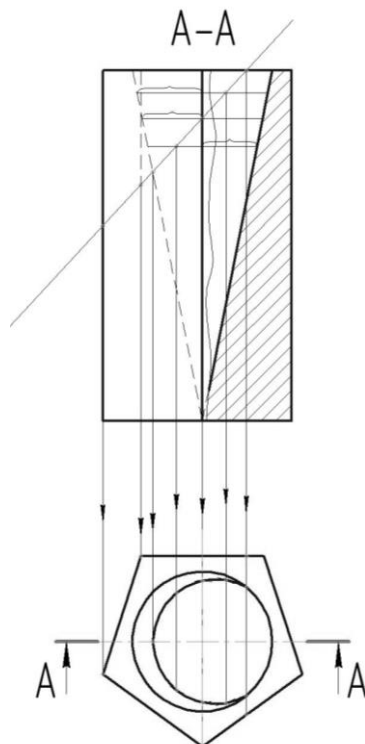


Рисунок 5.11

3 Встановити розташування осей, що визначатимуть знаходження відповідних точок на перерізі. Оскільки площина перерізу займає

проекціювальне положення, для знаходження дійсної величини перерізу необхідно спроекціювати відповідні точки на нову площину проєкцій, яку слід розташувати паралельно до площини перерізу. Відповідно, вісь нової системи площин геометрично вірним буде спрямувати паралельно до сліду січної площини. Для побудови ліній, які мають на перерізі симетричну форму, дуже зручним є завдання положення осі X таким, що співпадає з віссю симетрії цих ліній (рис. 5.12). Тоді вісь X_1 нової системи площин також займе положення осі симетрії відображення відповідних ліній на перерізі.

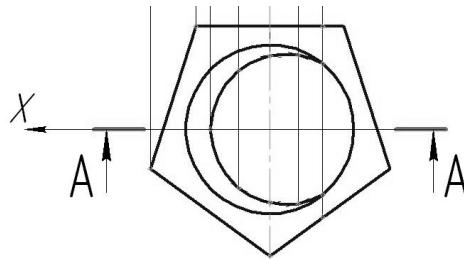


Рисунок 5.12

4 Виконати побудову опорних та проміжних точок на перерізі. Положення точок вздовж X_1 задається проведенням ліній зв'язку з проєкцій цих точок на Π_2 . Відступ від осі X_1 по цих лініях повинен бути взятий із замінюваної площини, тобто з Π_1 ; його треба вимірювати по лініях зв'язку від осі X до проєкцій точок на Π_1 (рис. 5.13, а, б).

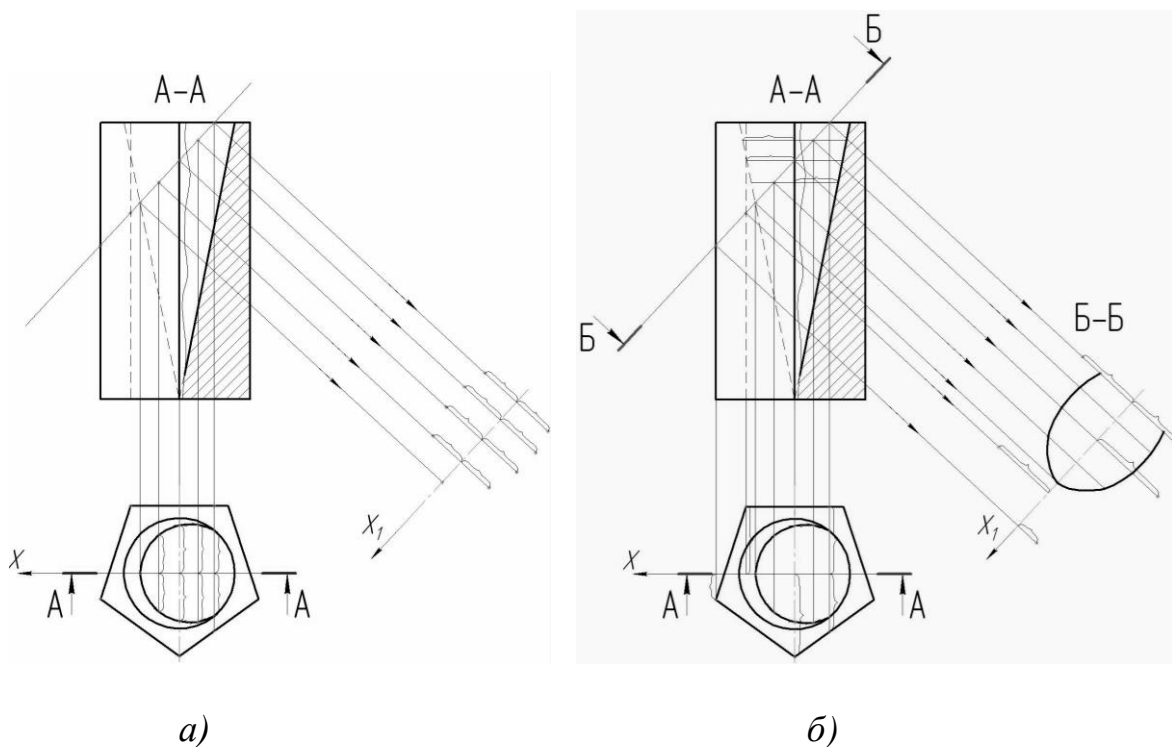


Рисунок 5.13

5 З'єднати отримані опорні та проміжні точки, виконати штрихування та визначити переріз. Кінцевий вигляд отриманого перерізу наведено на рисунку 5.14.

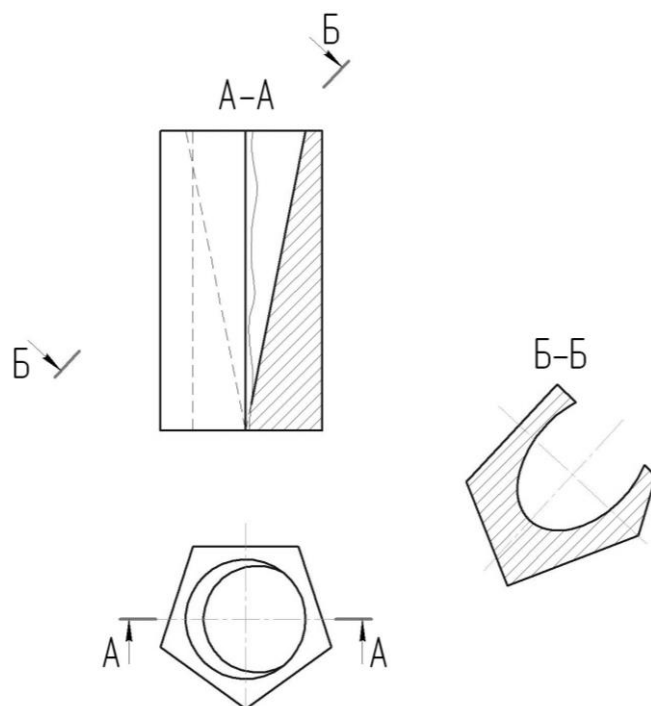


Рисунок 5.14

3. Побудова наочного зображення деталі

АксонOMETричне зображення даного геометричного тіла з отвором буде мати достатню наочність, якщо скористатися прямокутною ізометрією.

Відповідно до рисунка 5.15 накреслені проєкції осей прямокутної системи координат, до якої віднесене геометричне тіло в просторі: $x(x_1, x_2)$, $y(y_1, y_2)$, $z(z_1, z_2)$.

Нижня основа призми співпадає із площиною XOY , причому вершина конічного отвору поміщена в початок координат системи – точку O . При цьому вісь циліндричного отвору співпала з віссю OZ .

Задня грань піраміди розташована паралельно площини XOZ . Передня вершина рівнобедреного трикутника основи піраміди при цьому виявляється на осі OY .

Вибране в такий спосіб положення деталі щодо осей прямокутної системи координат є найбільш раціональним для процесу побудови наочного зображення.

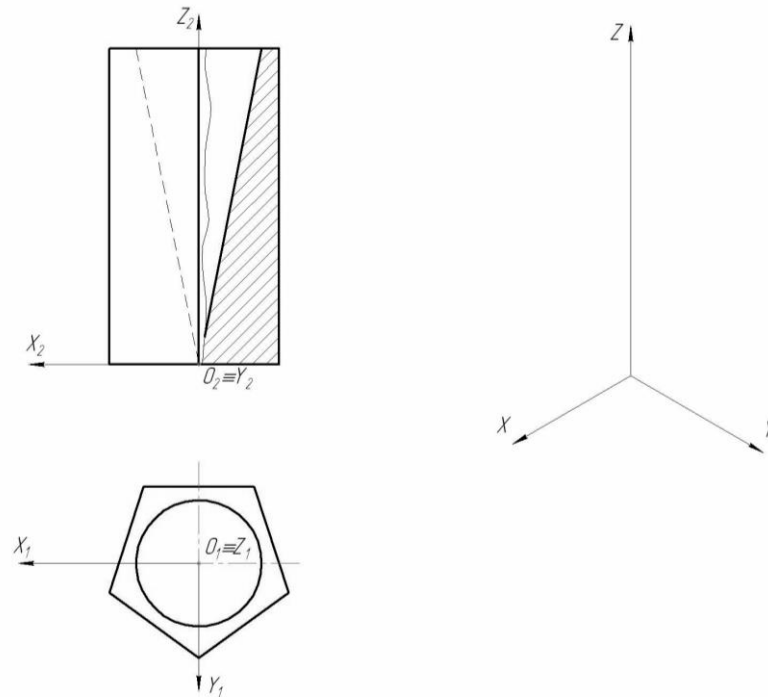


Рисунок 5.15

На рисунку 5.15 проведені осі координат в ізометричній проєкції (під кутом 120° один від одного).

Наступним етапом виконується побудова основи геометричного тіла.

Точка O' – точка перетину осей координат, які паралельні осям OX , OY , що використовувані для побудови верхньої основи призми. Відрізок OO' відповідає висоті моделі.

Побудова ізометричного зображення контуру призми зводиться до побудови вершин п'ятикутників верхньої й нижньої основи піраміди. Спочатку визначимо точки, що лежать на координатних осях (рис. 5.16, а), далі знайдемо інші вершини, що мають обидві ненульові координати X та Y . Координати вершин заміряються за комплексним креслеником (епюром) (рис. 5.16, б, в, г).

Контур внутрішньої порожнини геометричного тіла (перевернутого кругового конусу) зображений на рисунку 5.17. Окружність отвору у верхній основі призми відображається як еліпс, велика вісь якого перпендикулярна осі OZ .

Для побудови чвертного вирізу знаходять точки на основах та на лініях перетину січних площин із гранями й між собою, які належать площинам вирізу (у заданих варіантах це площини XZ та YZ). Після послідовного з'єднання цих точок та видалення елементів, що попадають у виріз, буде отримано кінцевий вигляд аксонометричної проєкції (рис. 5.18). Останнім етапом є видалення інших невидимих ліній. Приклад повністю виконаної роботи наведено на рисунку 5.19.

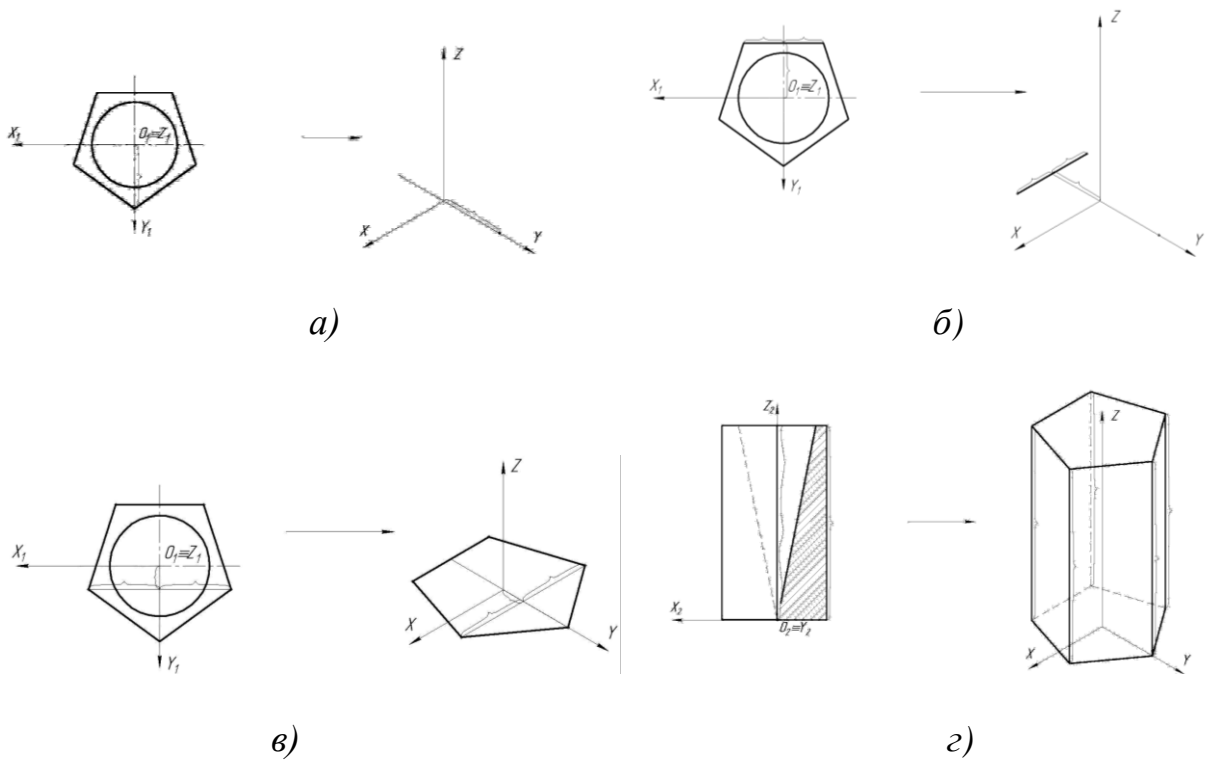


Рисунок 5.16

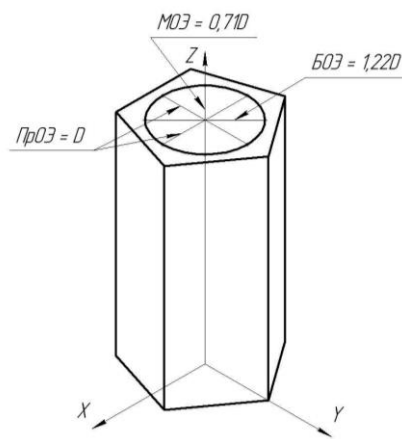


Рисунок 5.17

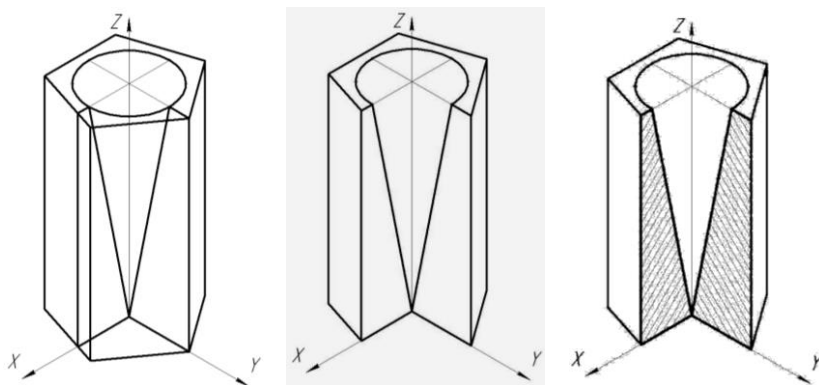


Рисунок 5.18

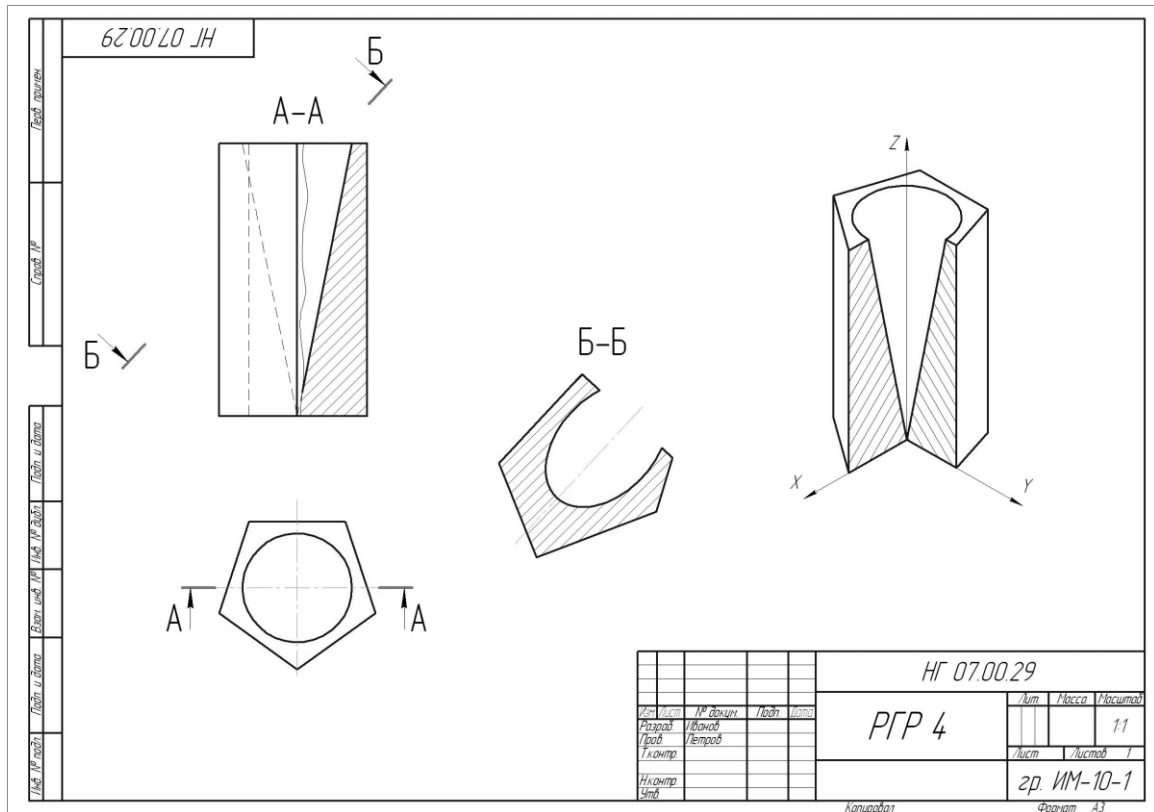


Рисунок 5.19

Питання для самопідготовки:

- 1 Коефіцієнти спотворення й кути між осями в прямокутній ізометрії.
- 2 Коефіцієнти спотворення й кути між осями в прямокутній диметрії.
- 3 Як зображати в площинах Π_1 , Π_2 , Π_3 коло в прямокутних ізометрії та диметрії?

Література: [1–4], [7–12].

ЛЕКЦІЯ 6 НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕНИКУ

Основні правила нанесення розмірів на кресленику (ДСТУ ГОСТ 2.307:2013)

1. Стислі відомості про бази в машинобудуванні

Конструктивний елемент деталі, від якого ведеться відлік розмірів деталі, називається базою. Це може бути поверхня або лінія (осьова, центрова).

Усе різноманіття поверхонь зводиться до таких чотирьох:

- основні поверхні, якими визначається положення деталі у виробі;
- допоміжні поверхні, які визначають положення деталі, що приєднується до даної;
- виконавчі поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє функціональне призначення;
- вільні поверхні, що не мають зіткнення з поверхнями інших деталей.

Залежно від призначення розрізняють такі бази:

- конструкторські – бази, які використовуювані для визначення положення елементів:
 - а) деталі в деталі;
 - б) деталі в складальній одиниці;
 - в) складальної одиниці у виробі;
- технологічні – бази, які використовуювані для визначення положення заготовки або виробу при виготовленні або ремонті;
- вимірювальні – бази, які використовуювані для визначення відносного положення заготовки або виробу й засобів виміру.

2. Система проставляння розмірів

Вибір системи проставляння розмірів являється одним із найскладніших етапів роботи виконавця. Пояснюється це наявністю великої кількості спільно розв'язуваних конструкторських і технологічних завдань. Основна умова, що повинна бути виконана при цьому, – найбільша простота процесу виготовлення деталі при найменшій вартості її виготовлення.

Системи проставляння розмірів від різних баз мають свої особливості. Система проставляння розмірів від конструкторських баз

відрізняється тим, що всі розміри на кресленнику проставляються від поверхонь, які визначають положення деталі в зібраному й працюючому механізмі. У цьому випадку не зв'язують проставлення розмірів з питаннями виготовлення деталі.

Переваги проставлення розмірів від конструкторських баз:

а) наявність на креслениках коротких розмірних ланцюгів, що підвищує точність і якість виробу;

б) полегшення перевірки, розрахунку й ув'язування розмірів як деталі, так і всього виробу;

в) підвищення строку придатності кресленика, тому що в ньому не відображені вимоги часто мінливої технології.

Недоліки проставлення розмірів від конструкторських баз:

а) необхідність додаткової підготовки технологічної документації для обробки деталі, тому що кресленик не відображає вимог технології;

б) збільшення кількості контрольно-вимірювальних операцій, тому що замовник приймає виготовлену деталь не за технологічним, а за конструкторським креслеником.

Система проставлення розмірів від технологічних баз характеризується тим, що всі розміри на кресленнику проставляють від поверхонь, що визначають положення деталі при обробці. У цьому випадку зв'язують проставлення розмірів з питаннями виготовлення деталі.

Переваги проставлення розмірів від технологічних баз:

а) у проставленні розмірів відображені виробничі вимоги, що полегшує виготовлення деталі;

б) не потрібен перелік розмірів і допусків, тобто відпадає необхідність у спеціальній технологічній документації;

в) спрощується конструкція різального й вимірювального інструмента;

г) виготовлення деталі й виконання контрольно-вимірювальних операцій відбуваються за тим самим креслеником.

Недоліки проставлення розмірів від технологічних баз:

а) деяка ускладненість у перевірці й ув'язуванні розмірів у деталі й у виробі;

б) скорочення строку придатності кресленика, тому що необхідно його коригування при зміні технології;

в) слабе відображення на кресленнику конструктивних особливостей виробу.

Деталь може мати кілька конструкторських баз, причому одну з них вважають основною, а інші – допоміжними.

Звичайно прагнуть до того, щоб конструкторські бази були використані в якості технологічних. Може бути застосована комбінована система проставлення розмірів: одна частина розмірів проставляється від конструкторських баз, інша – від технологічних. Проставлення розмірів від конструкторських баз обмежують. Найбільше повно задовольняє вимоги виробництва проставлення розмірів від технологічних баз.

3. Методи проставляння розмірів

Ланцюговий метод: розміри наносять за однією лінією, ланцюжком, один за одним. Метод характеризується поступовим нагромадженням сумарної погрішності при виготовленні окремих елементів деталі. Значна сумарна погрішність може призвести до непридатності виготовленої деталі.

Координатний метод: усі розміри наносять від однієї й тієї базової поверхні. Цей метод відрізняється значною точністю виготовлення деталі. При нанесенні розмірів цим методом необхідно враховувати підвищення вартості виготовлення деталі.

Комбінований метод: проставляння розмірів здійснюється ланцюговим і координатним методами одночасно. Цей метод дозволяє виготовляти більш точно ті елементи деталі, які цього вимагають.

4. Основні правила нанесення розмірів на кресленик

Правила нанесення розмірів на кресленик встановлює держстандарт ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Кількість розмірів на кресленику повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу. Кожен розмір вказується на кресленику тільки один раз. Відстань від першої контурної лінії до розмірної не менш 10 мм, між розмірними лініями не менш 7 мм. При постановці великої кількості розмірів необхідно уникати перетинання розмірних і виносних ліній.

Розміри підрозділяються на лінійні й кутові. Розміри містять у собі виносні лінії, розмірні лінії, розмірні числа (рис. 6.1). Виносні й розмірні лінії зображуються тонкими суцільними лініями стандартним шрифтом розміром 3,5 або 5. Розмірні числа наносять над розмірними лініями на відстані 1...1,5 мм. Лінійні розміри на креслениках вказують у міліметрах без вказівки одиниць виміру. Кутові розміри на креслениках вказують у градусах, хвилинах, секундах.

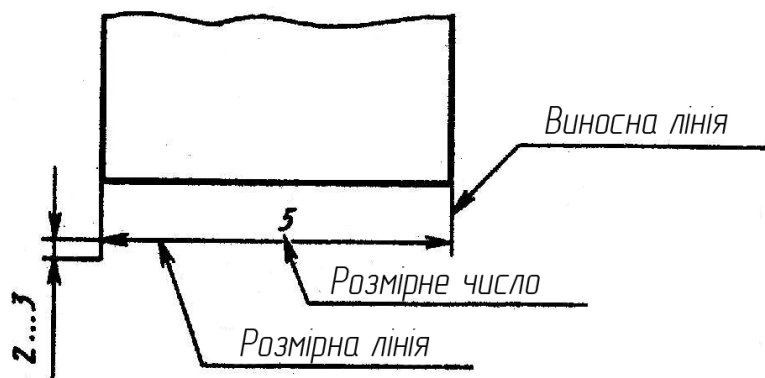


Рисунок 6.1

Підставою для визначення величини зображеного виробу і його елементів служать розмірні числа, нанесені на кресленнику. Виключення становлять випадки, передбачені в ГОСТ 2.414-75; ГОСТ 2.417-78; ГОСТ 2.419-68, коли величину виробу або його елементів визначають за зображеннями, які виконаних з достатнім ступенем точності.

Підставою для визначення необхідної точності виробу при виготовленні є зазначені на кресленнику граничні відхилення розмірів, а також граничні відхилення форми й розташування поверхонь.

Розміри, що не підлягають виконанню за даним кресленником й що вказуються для більшої зручності користування кресленником, називаються довідковими. Довідкові розміри на кресленнику позначають знаком «*», а в технічних вимогах записують: «* Розміри для довідок». Якщо всі розміри на кресленнику довідкові, їхнім знаком «*» не позначають, а в технічних вимогах записують: «Розміри для довідок».

На будівельних кресленниках довідкові розміри позначають і обмовляють тільки у випадках, які передбачені у відповідних документах, що затверджені у встановленому порядку.

До довідкового відносять такі розміри:

а) один з розмірів замкнутого розмірного ланцюга. Граничні відхилення таких розмірів на кресленнику не вказують (рис. 6.2);

б) розміри, які перенесені із креслеників виробів-заготовок (рис. 6.3);

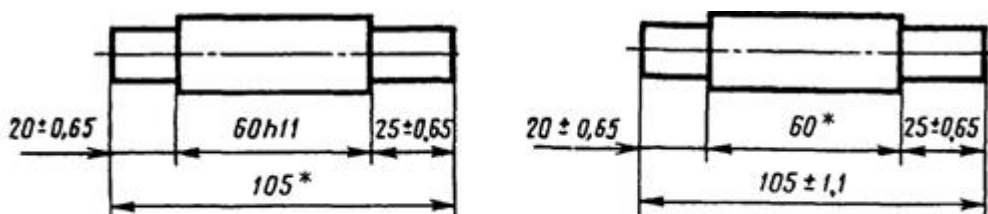
в) розміри, які визначають положення елементів деталі, що підлягають обробці за іншою деталлю (рис. 6.4);

г) розміри на складальному кресленнику, за якими визначають граничні положення окремих елементів конструкції, наприклад: хід поршня, хід штока клапана двигуна внутрішнього згоряння й т.п.;

д) розміри на складальному кресленнику, які перенесені із креслеників деталей і використовуються в якості настановних і приєднувальних;

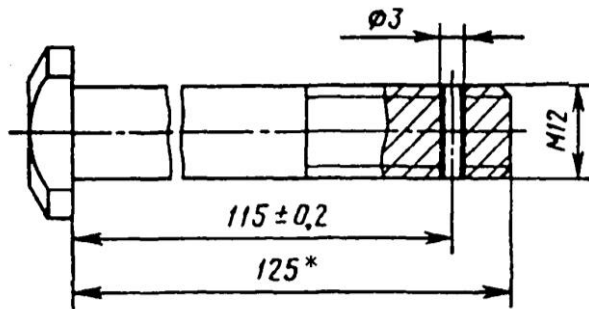
е) габаритні розміри на складальному кресленнику, які перенесені із креслеників деталей або надають суму розмірів декількох деталей;

ж) розміри деталей (елементів) із сортового, фасонного, листового й іншого прокату, якщо вони повністю визначаються позначенням матеріалу, який наведено у графі 3 основного напису.



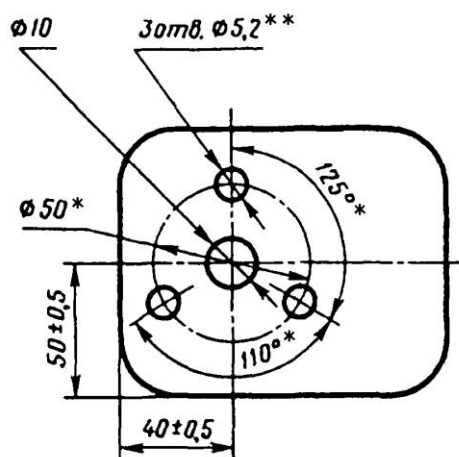
**Розміри для довідок*

Рисунок 6.2



*Розміри для довідок

Рисунок 6.3



*Розміри для довідок

** Обробити за сполученою деталлю (або за дет.)

Рисунок 6.4

Примітки:

1. Довідкові розміри, які зазначені в підпунктах б, в, м, е, ж, допускається наносити як із граничними відхиленнями, так і без них.

2. Настановними і приєднувальними називаються розміри, що визначають величини елементів, за якими цей виріб встановлюють на місці монтажу або приєднують до іншого виробу.

3. Габаритними називаються розміри, що визначають граничні зовнішні (або внутрішні) описи виробу.

4. На креслениках виробів у розмірів, контроль яких технічно затруднений, наносять знак «*», а в технічних вимогах поміщають напис «Розміри забезпеч. інстр.».

Примітка. Зазначений напис означає, що виконання заданого креслеником розміру із граничним відхиленням повинне гарантуватися розміром інструмента або відповідним технологічним процесом.

При цьому розміри інструмента або технологічний процес перевіряються періодично в процесі виготовлення виробів.

Періодичність контролю інструмента або технологічного процесу встановлюється підприємством-виготовлювачем разом із представником замовника.

Не допускається повторювати розміри того самого елемента на різних зображеннях, у технічних вимогах, основному написі й специфікації. Виключення становлять довідкові розміри, наведені в підпунктах *б* і *ж*.

Лінійні розміри і їхні граничні відхилення на креслениках і в специфікаціях вказують у міліметрах, без позначення одиниці виміру.

Для розмірів і граничних відхилень, що наводять у технічних вимогах і пояснювальних написах на полі кресленика, обов'язково вказують одиниці виміру.

Якщо на кресленіку розміри необхідно вказати не в міліметрах, а в інших одиницях виміру (сантиметрах, метрах і т. ін.), то відповідні розмірні числа записують із позначенням одиниці виміру (см, м) або вказують їх у технічних вимогах.

Кутові розміри й граничні відхилення кутових розмірів указують у градусах, хвилинах і секундах з позначенням одиниці виміру, наприклад: 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 45' 30''$; $0^\circ 30' 40''$; $0^\circ 18'$; $0^\circ 5' 25''$; $0^\circ 0' 30''$; $30^\circ \pm 1^\circ$; $30^\circ \pm 10'$.

Для розмірних чисел застосовувати прості дроби не допускається, за винятком розмірів у дюймах.

Розміри, що визначають розташування сполучуваних поверхонь, проставляють, як правило, від конструктивних баз із урахуванням можливостей виконання й контролю цих розмірів.

При розташуванні елементів предмета (отворів, пазів, зубців і т. п.) на одній осі або на одній окружності розміри, що визначають їхнє взаємне розташування, наносять такими способами:

- від загальної бази (поверхні, осі) – за рисунком 6.5, а й б;
- завданням розмірів декількох груп елементів від декількох загальних баз – за рисунком 6.5 в;
- завданням розмірів між суміжними елементами (ланцюжком) – за рисунком 6.6.

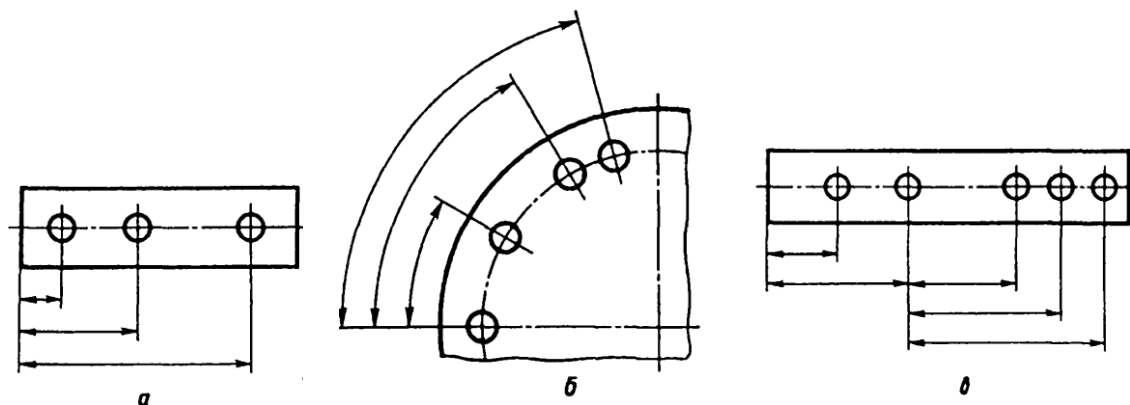


Рисунок 6.5

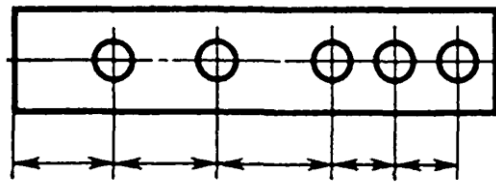


Рисунок 6.6

Розміри на креслениках не допускається наносити у вигляді замкнутого ланцюга, за винятком випадків, коли один з розмірів зазначений як довідковий.

Розміри, що визначають положення симетрично розташованих поверхонь для симетричних виробів, наносять, як показано на рисунках 6.7 і 6.8.

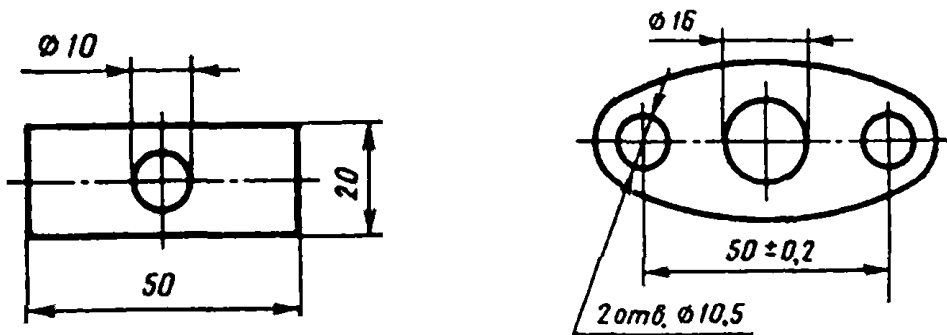
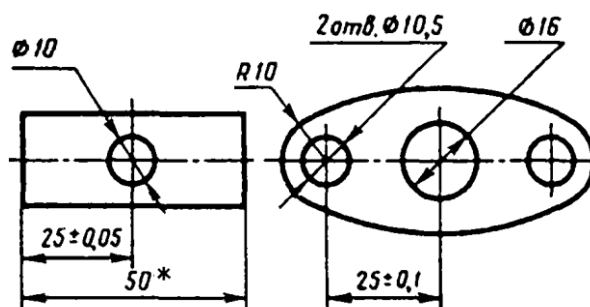


Рисунок 6.7



*Розміри для довідок

Рисунок 6.8

При виконанні робочих креслеників деталей, виготовлених литтям, штампуванням, куванням або прокаткою з наступною механічною обробкою частини поверхні деталі, вказують за кожним координатним напрямком не більше одного розміру, що зв'язує механічно оброблювані поверхні з поверхнями, що не підлягають механічній обробці (рис. 6.9, 6.10).

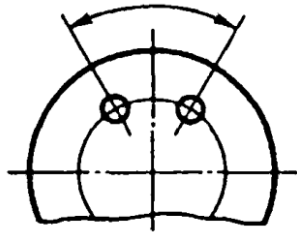


Рисунок 6.13

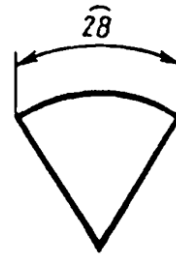


Рисунок 6.14

Допускається розташовувати виносні лінії розміру дуги радіально, і, якщо є ще концентричні дуги, необхідно вказувати, до якої дуги ставиться розмір (рис. 6.15).

При нанесенні розмірів деталей, подібних зображених на рисунку 6.16, розмірні лінії варто проводити в радіусному напрямку, а виносні – по дугах окружностей.

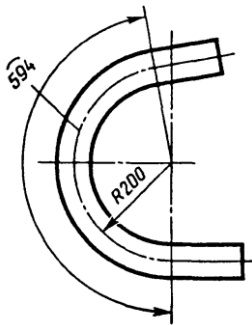


Рисунок 6.15



Рисунок 6.16

Розмірну лінію з обох кінців обмежують стрілками, що впираються у відповідні лінії, крім випадків, які наведені у пп. 2.16, 2.17, 2.20 і 2.21 ДСТУ ГОСТ 2.307:2013, і при нанесенні лінії радіуса обмеженою стрілкою з боку визначуваних дуги або округлення.

У випадках, показаних на рисунку 6.17, розмірну й виносні лінії проводять так, щоб вони разом з вимірюваним відрізком утворили паралелограм.

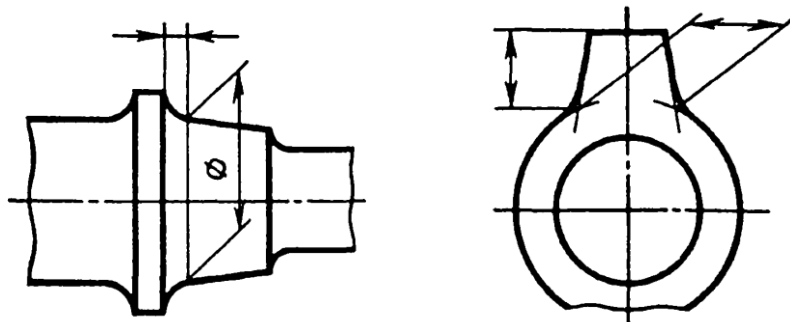


Рисунок 6.17

Допускається проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осьовим, центровим і іншим лініям (рис. 6.18 і 6.19).

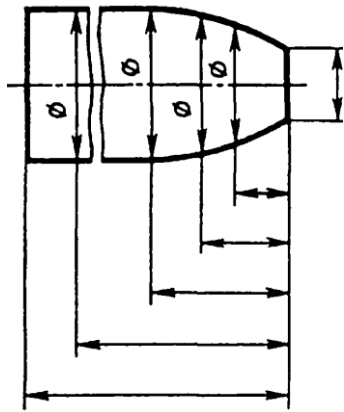


Рисунок 6.18

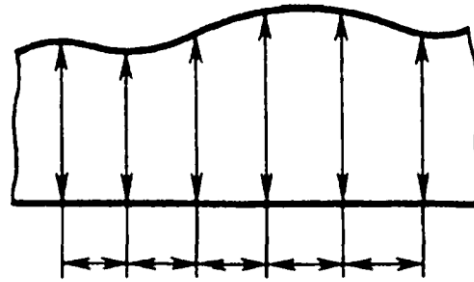


Рисунок 6.19

Розмірні лінії переважно наносять поза контуром зображення.

Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм.

Мінімальні відстані між паралельними розмірними лініями повинні бути 7 мм, а між розмірною й лінією контуру – 10 мм і вибрані залежно від розмірів зображення й насиченості кресленика.

Необхідно уникати перетинання розмірних і виносних ліній (див. рис. 6.18).

Не допускається використовувати лінії контуру; осьові, центрові й виносні лінії в якості розмірних.

Виносні лінії проводять від ліній видимого контуру, за винятком випадків, які зазначені у пп. 2.14 і 2.15, ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 і випадків, коли при нанесенні розмірів на невидимому контурі відпадає необхідність у кресленику додаткового зображення.

Розміри контуру криволінійного профілю наносять, як показано на рисунках 6.18 і 6.19.

Якщо треба показати координати вершини кута, що округлюється, або центра дуги округлення, то виносні лінії проводять від точки перетинання сторін округлюваного кута або центра дуги округлення (рис. 6.20).

Якщо вид або розріз симетричного предмета або окремих симетрично розташованих елементів зображують тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, що ставляться до цих елементів, проводять із обривом, і обрив розмірної лінії роблять далі відносно осі або лінії обриву предмета (рис. 6.21).

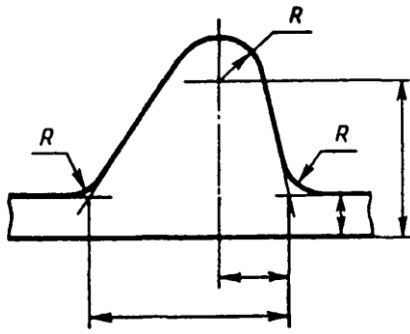


Рисунок 6.20

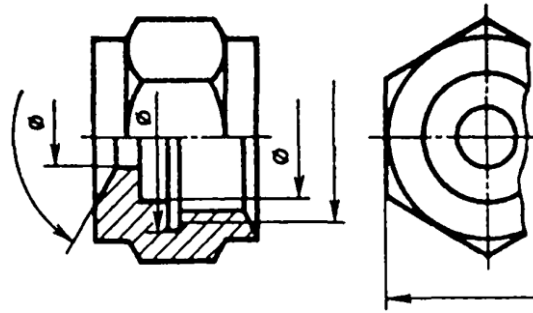


Рисунок 6.21

Розмірні лінії допускається проводити з обривом у таких випадках:

а) при вказівці розміру діаметра окружності незалежно від того, чи зображена окружність повністю або частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі відносно центра окружності (рис. 6.22);

б) при нанесенні розмірів від бази, яка не зображена на цьому кресленнику (рис. 6.23).

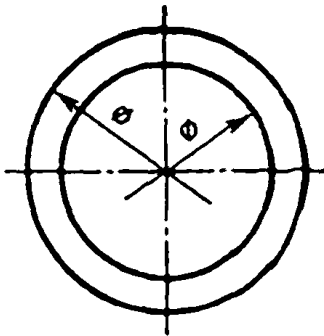


Рисунок 6.22

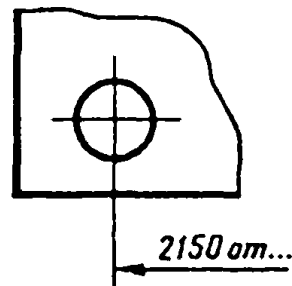


Рисунок 6.23

При зображенні виробу з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 6.24).

Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або відповідно за контурні, осьові, центрові й т. д.) і стрілки наносять, як показано на рисунку 6.25.

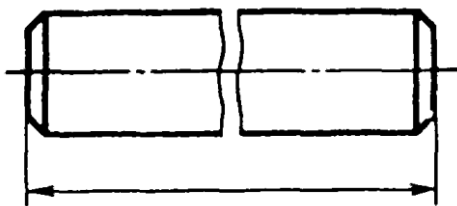


Рисунок 6.24

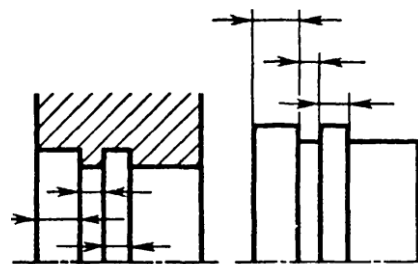


Рисунок 6.25

Якщо бракує місця для стрілок на розмірних лініях, розташованих ланцюжком, стрілки допускається замінити зарубками, які наносяться під кутом 45° до розмірних ліній (рис. 6.26); або чітко наносяться точками (рис. 6.27).

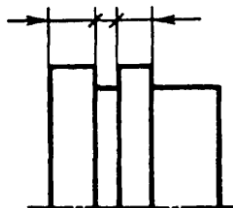


Рисунок 6.26

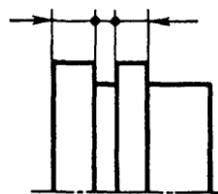


Рисунок 6.27

Якщо бракує місця для стрілки через близько розташовані контурну або виносні лінії, останні допускається переривати (рис. 6.28).

Розмірні числа наносять над розмірною лінією ближче до її середини (рис. 6.29).

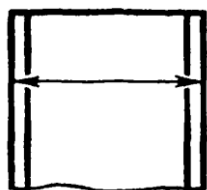


Рисунок 6.28

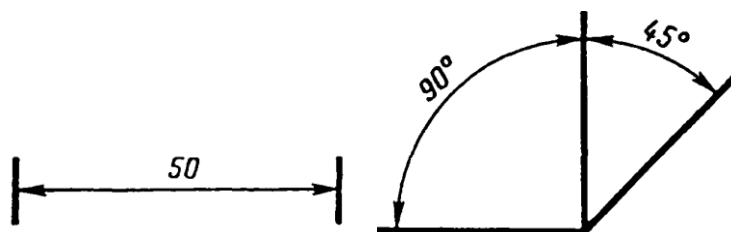


Рисунок 6.29

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

При нанесенні декількох паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної розмірні числа над ними рекомендується розташовувати в шаховому порядку (рис. 6.30).

Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розташовують, як показано на рисунку 6.31.

Якщо необхідно нанести розмір у заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять на полку лінії-винесення (рис. 6.32).

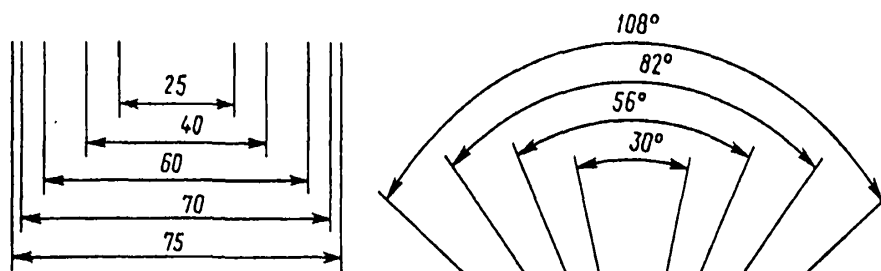


Рисунок 6.30

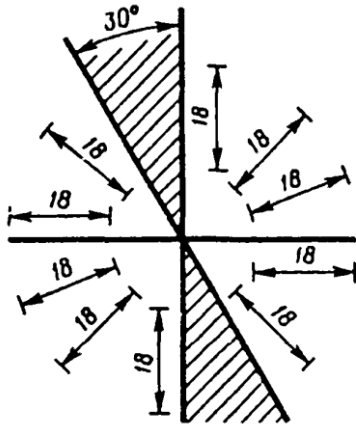


Рисунок 6.31

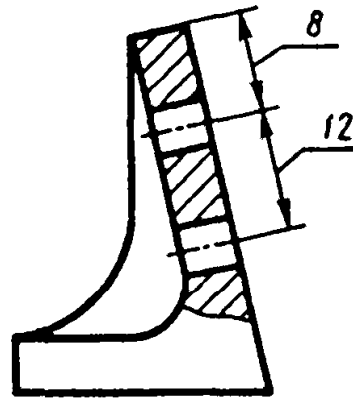


Рисунок 6.32

Кутові розміри наносять так, як показано на рисунку 6.33. У зоні, яка розташована вище горизонтальної осьової лінії, розмірні числа поміщають над розмірними лініями з боку їхньої опуклості; у зоні, яка розташована нижче горизонтальної осьової лінії – з боку ввігнутості розмірних ліній. У заштрихованій зоні наносити розмірні числа не рекомендується. У цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтально нанесених полках.

Для кутів малих розмірів при нестатку місця розмірні числа поміщають на полках ліній-винесень у будь-якій зоні (рис. 6.34).

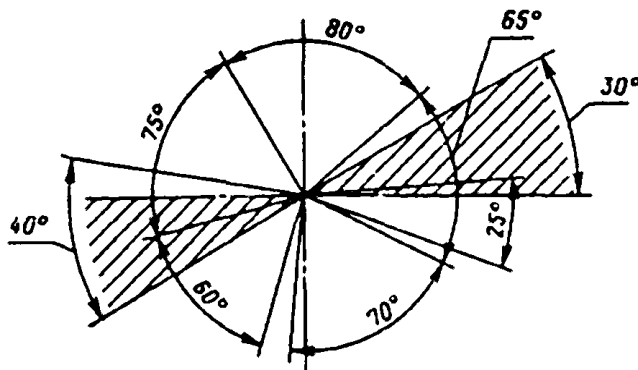


Рисунок 6.33

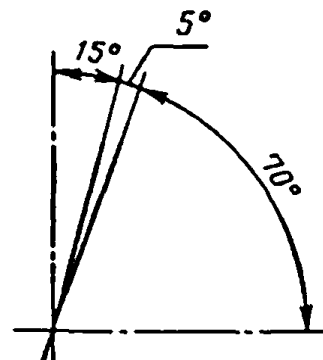


Рисунок 6.34

Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять, як показано на рисунку 6.35; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять, як показано на рисунку 6.36.

Спосіб нанесення розмірного числа при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленику визначається найбільшою зручністю читання.

Розмірні числа й граничні відхилення не допускається розділяти або перетинати будь-якими лініями кресленика. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа й наносити розмірні числа

в місцях перетинання розмірних, осьових або центрових ліній. У місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії й лінії штрихування переривають (рис. 6.37, 6.38).

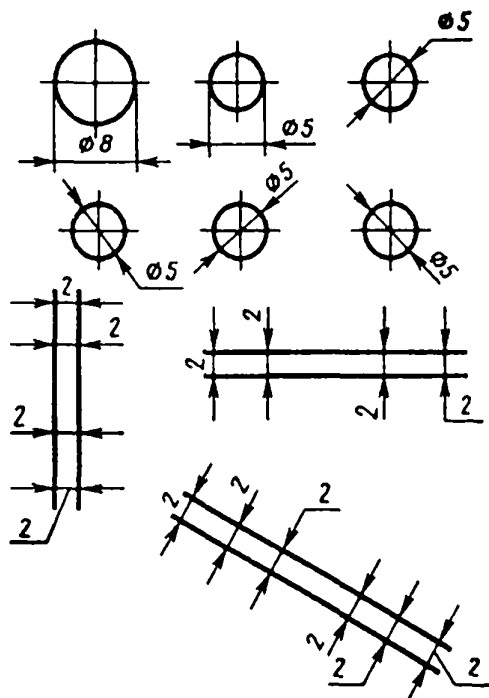


Рисунок 6.35

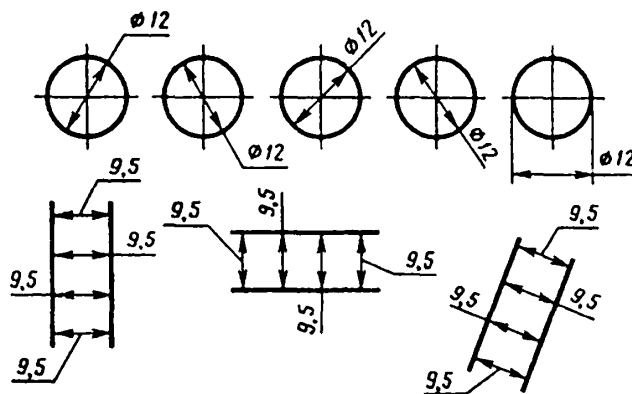


Рисунок 6.36

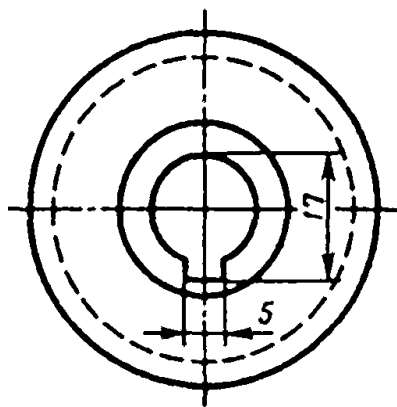


Рисунок 6.37

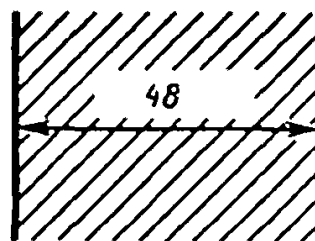


Рисунок 6.38

Розміри, що ставляться до одного конструктивного елемента (паза, виступу, отвору й т. п.), рекомендується групувати в одному місці, розташовуючи їх на тім зображенні, на якому геометрична форма цього елемента показана найбільш повно (рис. 6.39).

При нанесенні розміру радіуса перед розмірним числом поміщають прописну букву R.

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

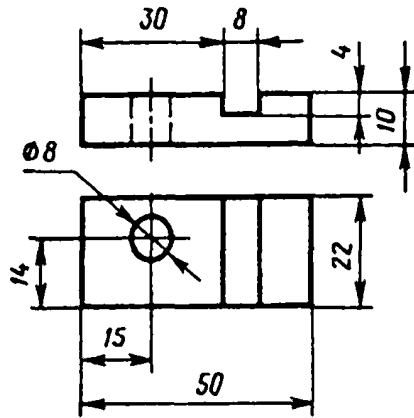


Рисунок 6.39

При великій величині радіуса центр допускається наближати до дуги, у цьому випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом 90° (рис. 6.40).

Якщо не потрібно вказувати розміри, що визначають положення центра дуги окружності, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра й зміщати її щодо центра (рис. 6.41).

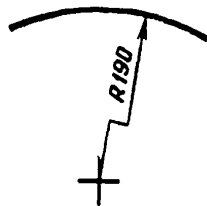


Рисунок 6.40

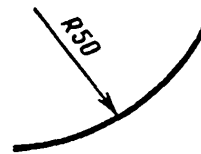


Рисунок 6.41

При проведенні декількох радіусів з одного центра розмірні лінії будь-яких двох радіусів не розташовують на одній прямій (рис. 6.42).

При збігу центрів декількох радіусів їхні розмірні лінії допускається не доводити до центра, крім крайніх (рис. 6.43).

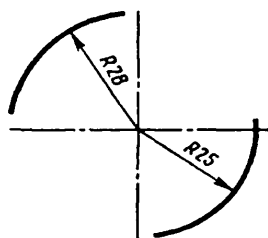


Рисунок 6.42

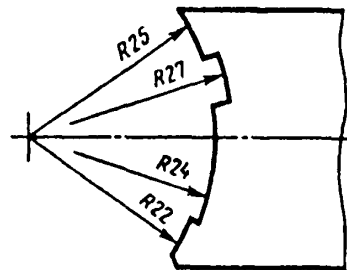


Рисунок 6.43

Розміри радіусів зовнішніх наносять, як показано на рисунку 6.44, внутрішніх округлень – на рисунку 6.45.

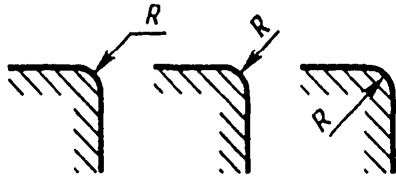


Рисунок 6.44

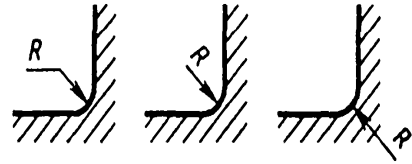


Рисунок 6.45

Округлення, розмір яких у масштабі кресленника 1 мм і менш, на кресленнику не зображують і розміри їх наносять, як показано на рисунку 6.46.

Спосіб нанесення розмірних чисел при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленнику визначається найбільшою зручністю читання. Розміри однакових радіусів допускається вказувати на загальній полиці, як показано на рисунку 6.47.

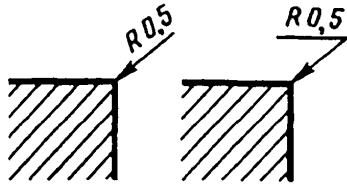


Рисунок 6.46

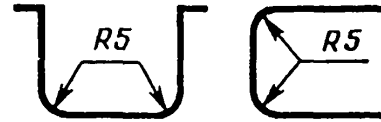


Рисунок 6.47

Якщо радіуси округлень, згинів і т. п. на всьому кресленнику однакові або який-небудь радіус є переважним, то замість нанесення розмірів цих радіусів безпосередньо на зображенні рекомендується в технічних вимогах робити запис типу: «Радіуси округлень 4 мм»; «Внутрішні радіуси згинів 10 мм»; «Не вказані радіуси 8 мм» і т. п.

При вказівці розміру діаметра (у всіх випадках) перед розмірним числом наносять знак діаметра.

Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також наносять знак діаметра (радіуса) без напису «Сфера» (рис. 6.48). Якщо на кресленнику важко відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається наносити слово «Сфера» або знак O , наприклад: «Сфера $\varnothing 18$, $O R12$ ».

Діаметр знака сфери дорівнює розміру розмірних чисел на кресленнику.

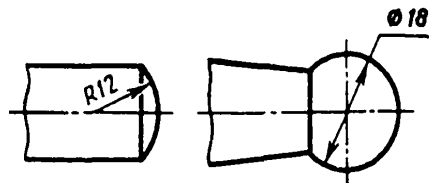


Рисунок 6.48

Розміри квадрата наносять, як показано на рисунку 6.49, 6.50 і 6.51.

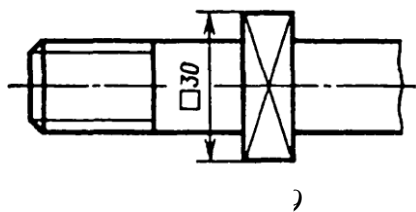


Рисунок 6.49

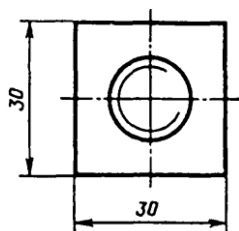


Рисунок 6.50

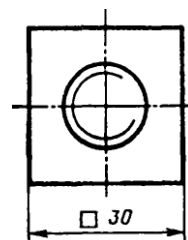


Рисунок 6.51

Висота знака □ має дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленику.

Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак "◁", гострий кут якого має бути спрямований вбік вершини конуса (рис. 6.52).

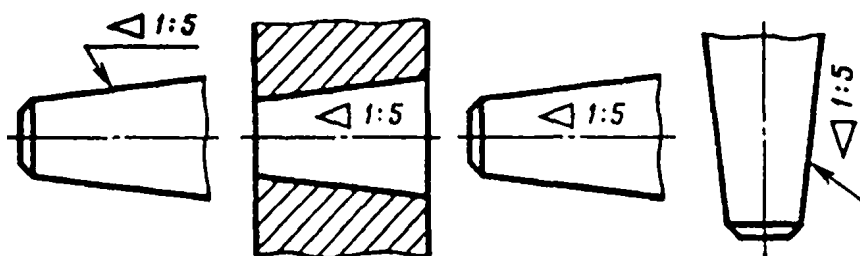


Рисунок 6.52

Знак конуса й конусність у вигляді співвідношення варто наносити над осовою лінією або на поличці лінії-винесення.

Ухил поверхні варто вказувати безпосередньо біля зображення поверхні ухилу або на поличці лінії-винесення у вигляді співвідношення (рис. 6.53, а), у відсотках (рис. 6.53, б) або в проміле (рис. 6.53, в). Перед розмірним числом, що визначає ухил, наносять знак «≥», гострий кут якого має бути спрямований вбік ухилу.

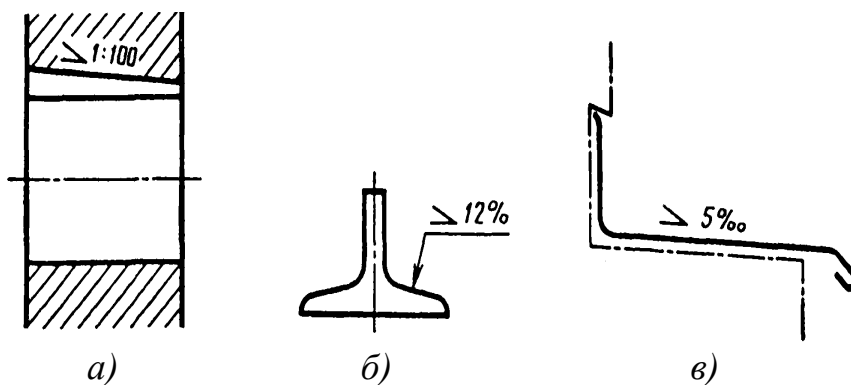


Рисунок 6.53

Розміри фасок під кутом 45° наносять, як показано на рисунку 6.54.

Допускається вказувати розміри не зображеної на кресленнику фаски під кутом 45° , розмір якої в масштабі кресленника 1 мм і менш, на поличці лінії-винесення, яку проведено від грані (рис. 6.55).

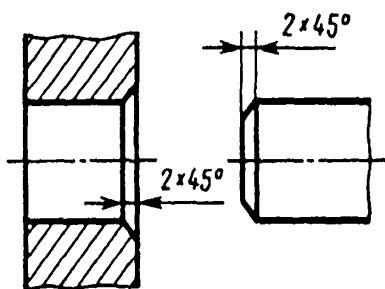


Рисунок 6.54

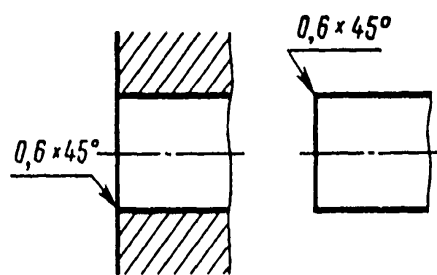


Рисунок 6.55

Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами: лінійними та кутовими розмірами (рис. 6.56, а, б) або двома лінійними розмірами (рис. 6.56, в).

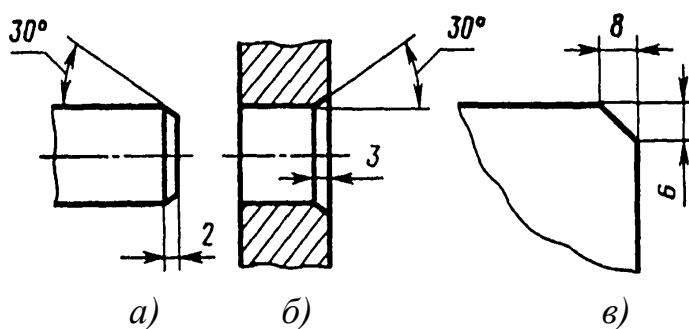


Рисунок 6.56

Розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз із вказуванням на поличці лінії-винесення кількості цих елементів (рис. 6.57, а). Допускається вказувати кількість елементів, як показано на рисунку 6.57, б.

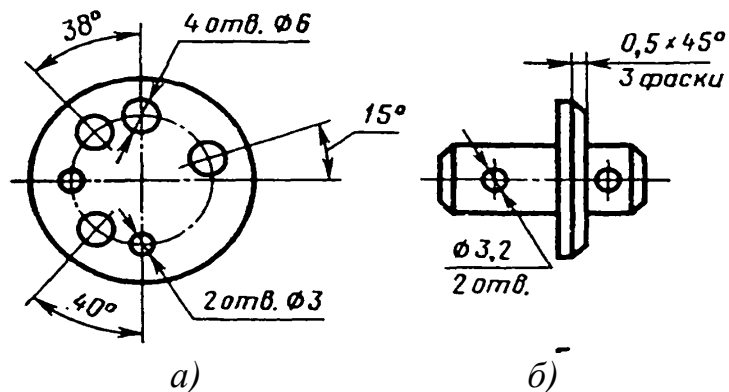


Рисунок 6.57

Кількість однакових отворів завжди вказують повністю, а їхні розміри – тільки один раз.

При нанесенні розмірів, що визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розмір між сусідніми елементами й розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 6.63).

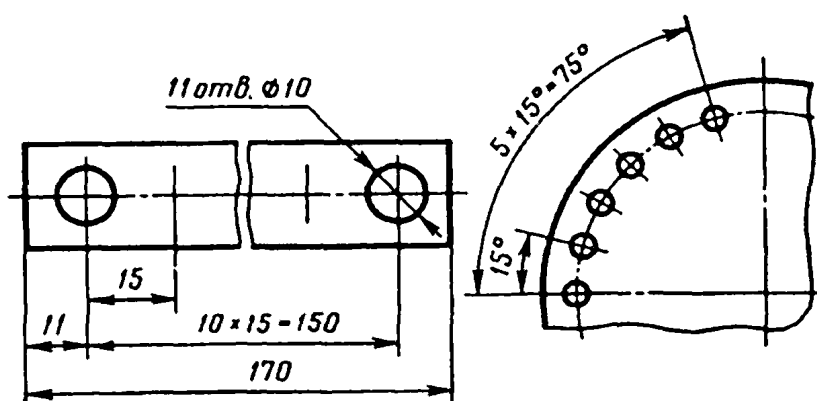


Рисунок 6.63

Допускається не наносити на кресленик розміри радіуса дуги окружності паралельних ліній, що сполучаються, (рис. 6.64).

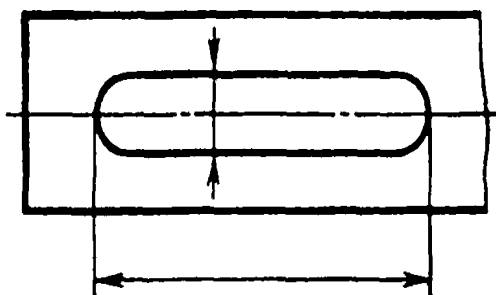


Рисунок 6.64

При великій кількості розмірів, нанесених від загальної бази, допускається наносити лінійні й кутові розміри, як показано на рисунках 6.65 і 6.66, при цьому проводять загальну розмірну лінію від оцінки «0» і розмірні числа наносять у напрямку виносних ліній біля їхніх кінців.

Розміри діаметрів циліндричного виробу складної конфігурації допускається наносити, як показано на рисунку 6.67.

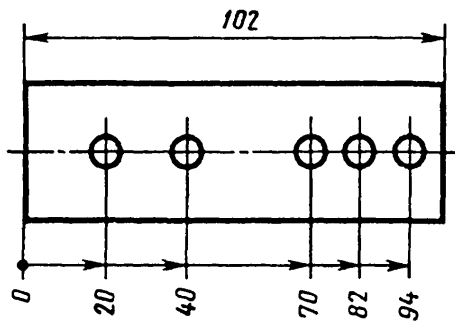


Рисунок 6.65

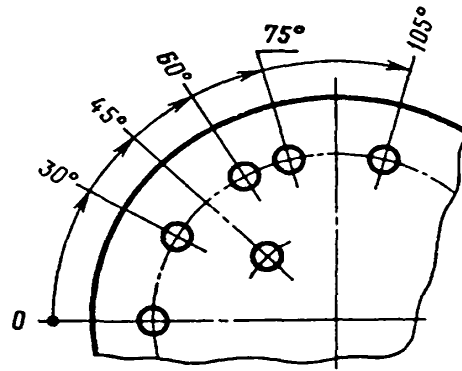


Рисунок 6.66

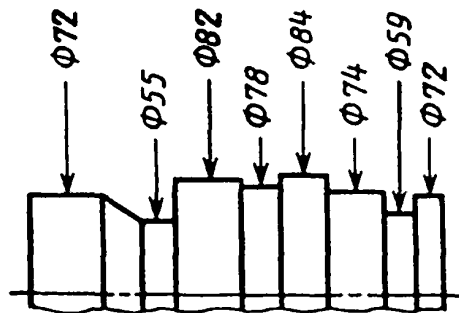


Рисунок 6.67

Однакові елементи, які розташовані в різних частинах виробу (наприклад, отвору), розглядають як один елемент, якщо між ними немає проміжку (рис. 6.68, а) або якщо ці елементи з'єднані тонкими суцільними лініями (рис. 6.68, б).

При відсутності цих умов вказують повну кількість елементів (рис. 6.68, в).

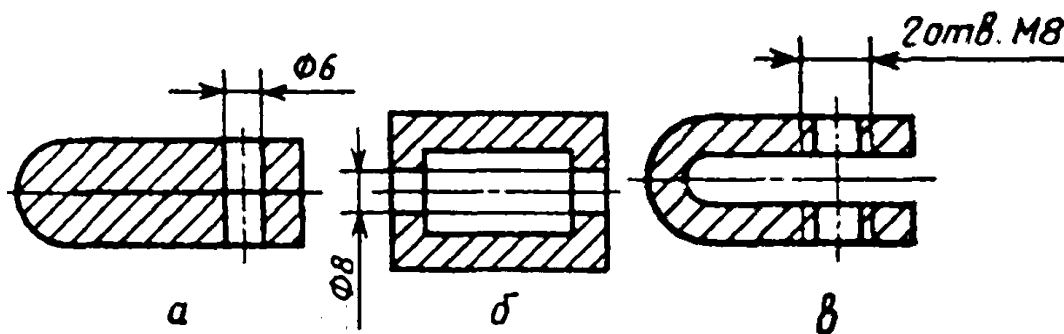


Рисунок 6.68

Якщо однакові елементи виробу (наприклад, отвори) розташовані на різних поверхнях і показані на різних зображеннях, то кількість цих елементів записують окремо для кожної поверхні (рис. 6.69).

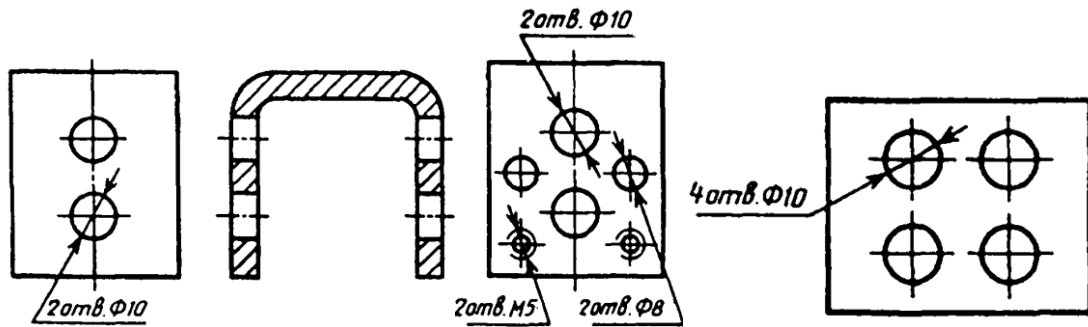


Рисунок 6.69

Допускається повторювати розміри однакових елементів виробу або їхніх груп (у тому числі отворів), що лежать на одній поверхні, тільки в тому випадку, коли вони значно вилучені один від одного й не пов'язані між собою розмірами (рис. 6.70, 6.71).

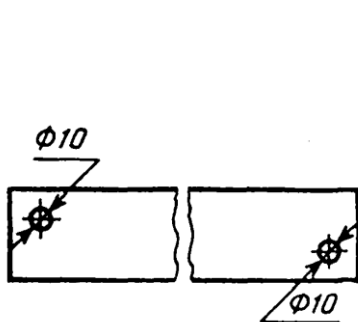


Рисунок 6.70

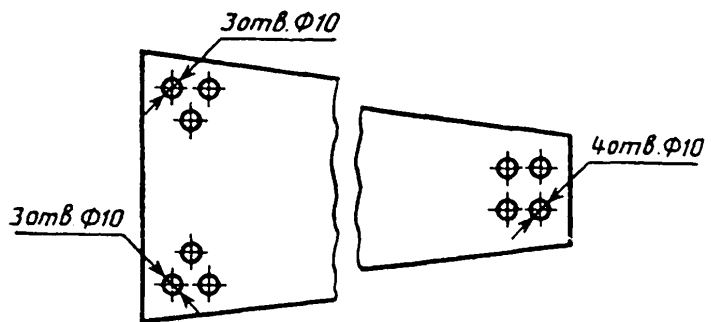


Рисунок 6.71

При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини або довжини наносять, як показано на рисунку 6.72.

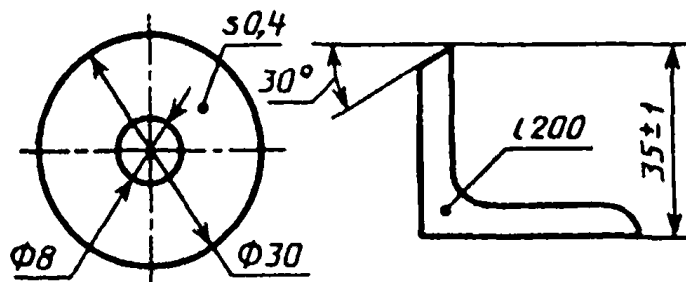


Рисунок 6.72

Розміри деталі або отвору прямокутного перерізу можуть бути зазначені на поличці лінії-винесення розмірами сторін через знак множення. При цьому на першому місці повинен бути зазначений розмір тієї сторони прямокутника, від якої проводиться лінія-винесення (рис. 6.73).

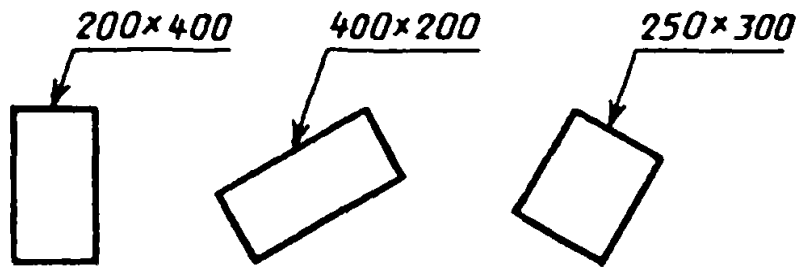


Рисунок 6.73

Питання для самопідготовки:

1. Який основний принцип проставляння розмірів на кресленнику?
2. Які розміри називають довідковими?
3. Яка величина відстані, що допускається між паралельними розмірними лініями?
4. Яка величина відстані, що допускається від контура деталі до винесеного розміру?
5. Яка величина кута, у межах якого розмірне число кутових розмірів допускається ставити на поличці лінії-винесення?

Література: [9–12].

ЛЕКЦІЯ 7

З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ. РОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ

Питання:

1. Зображення та позначення різі на креслениках. Нарізні з'єднання.
2. Шпонкові та шліцьові з'єднання.

Машини і механізми можна в загальному поділити на складові частини, які утворюють єдину функціональну систему з'єднаних між собою елементів і деталей.

З'єднання деталей можуть бути роз'ємними і нероз'ємними.

До роз'ємних належать з'єднання, які дозволяють багаторазово з'єднувати і роз'єднувати деталі без пошкодження або пластичного деформування як з'єднуваних, так і з'єднуючих деталей.

До нероз'ємних відносяться з'єднання, які неможливо роз'єднати без пошкодження або пластичного деформування деталей цього з'єднання (з'єднання зварюванням, пайкою, склеюванням, пресові з'єднання за допомогою заклепок, тощо).

Роз'ємні з'єднання поділяють на рухомі, у яких можливі відносні переміщення з'єднувальних деталей (шпонкові шліцьові та ін.), і нерухомі, у яких з'єднувані деталі не переміщуються одна відносно одної (нарізні з'єднання за допомогою кріпильних елементів та ін.). Розглянемо роз'ємні нарізні з'єднання. Розглядаючи це питання, необхідно з'ясувати основні визначення і класифікацію різей. Основні визначення різей наведені в ГОСТ 11708-66.

1. Зображення та позначення різі на креслениках. Нарізні з'єднання

Різю називається поверхня, яка утворюється при гвинтовому переміщенні довільного плоского контуру по циліндричній, конічній або іншій поверхні обертання.

На креслениках усі різі зображують умовно, відповідно до вимог ГОСТ 2.311-68:

- на стрижні (зовнішня різь): зовнішній діаметр – основною лінією, внутрішній – суцільною тонкою на відстані не менше 0,8 мм і не більше розміру кроку від основної товстої лінії, на виді з торця стрижня внутрішній діаметр різі показують радіусною дугою, розімкненою в довільному місці поза осьовими лініями, при цьому довжина дуг становить $\frac{3}{4}$ кола;

- в отворі (внутрішня різь): внутрішній діаметр – суцільною товстою лінією, зовнішній – суцільною тонкою лінією, на вигляді з торця отвору

зовнішній діаметр різі зображують радіусною дугою рівною $\frac{3}{4}$ кола, відстань між лініями та сама, що й для різі на стрижні.

Межі різі за довжиною стрижня або отвору позначаються суцільною товстою лінією.

Для всіх різей (крім трубної і конічної дюймової) умовні позначення проставляють над розмірною лінією зовнішнього діаметра різі. Трубні різі, циліндричну і конічну, позначають за допомогою ліній виносок із стрілками і поличками, над якими записують умовне позначення різі. Для конічної дюймової різі над поличкою записують умовне позначення і стандарти на її основні параметри.

Циліндрична різь – це різь на циліндричній поверхні, а *конічна* – на конічній поверхні. Для виконання нарізних з'єднань необхідно мати дві деталі, на одній з яких різь знаходиться на зовнішній поверхні (зовнішня різь), а на другій – на внутрішній (внутрішня різь). Різь, яка утворена за годинниковою стрілкою і переміщується вздовж осі обертання від спостерігача, називається правою. Плоский контур, який обертається проти годинникової стрілки і переміщується вздовж осі від спостерігача утворює ліву різь.

Різь може бути утворена гвинтовим переміщення одного або кількох ідентичних плоских контурів, які розташовані щільно один біля одного уздовж осі обертання. У першому випадку – це одназахідна різь, у другому – багатозахідна.

Залежно від форми плоского контуру, тобто від профілю гвинтового випуску, різь поділяють на трикутні, трапецієвидні, круглі, прямокутні і ін.

За призначенням різі бувають кріпильні, ходові (перетворення обертання руху однієї деталі на прямолінійній другій) і спеціальні.

Основні параметри різі розглянемо на прикладі трикутної різі, яка зображена на рисунку 7.1.

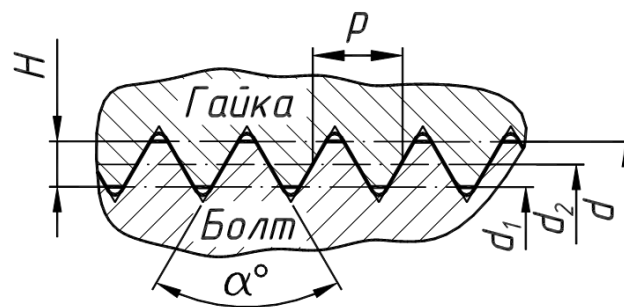


Рисунок 7.1

Параметри трикутної різі: d , d_1 – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри зовнішньої і внутрішньої різей, d_2 – середній діаметр різі, α – кут профілю різі, P – крок різі, H – робоча висота профілю. Кроком різі P називається відстань між двома сусідніми однойменними точками профілів. Хід різі t – це відстань, на яку переміститься вздовж осі різі один оберт нарізної поверхні.

Класифікація різь. За ступенем нормалізації параметрів різі поділяють на: *стандартні* (метрична, трубна (циліндрична і конічна), дюймова конічна, трапецієвидна та упорна), *спеціальні* і *нестандартні*. Найбільш поширені стандартні різі.

Для всіх стандартних і деяких спеціальних різей передбачені умовні позначення, до складу яких входять буква, що позначає різь і номінальний діаметр різі, позначення поля допуску або класу точності різі. Для однозахідної різі позначається додатково крок, а для багатозахідної – хід і крок літерою Р у дужках, наприклад, 3 (Р 1,5). Умовне позначення лівої різі – дві літери, LH .

Метрична різь. Метрична різь є основним видом кріпильної різі. Розміри метричної різі регламентує ГОСТ 24705– 81, їх профіль (рис. 7.2) – ГОСТ 9150–81, кроки – ГОСТ 8724–81, допуски на розміри різі – ГОСТ 16093–81. До умовного зображення метричної різі входить літера М.

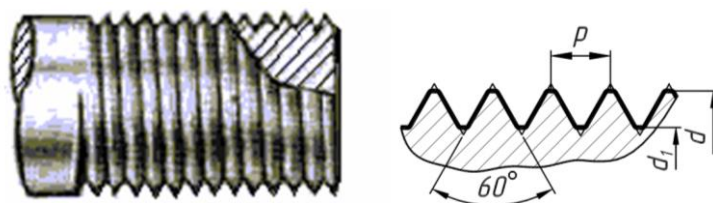
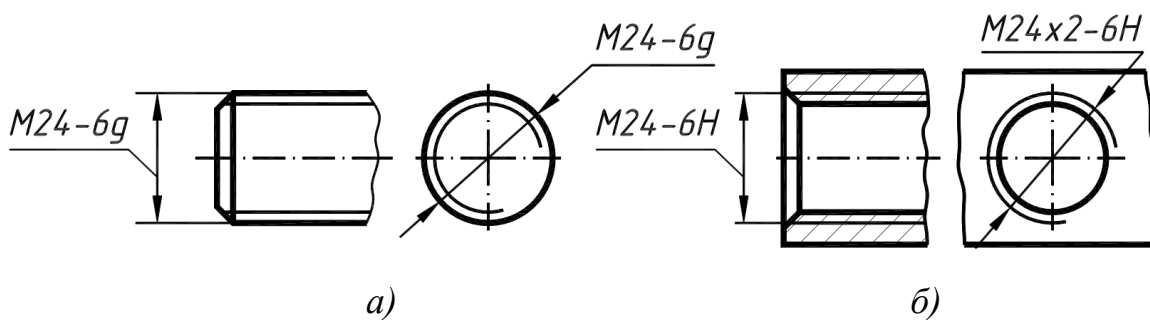


Рисунок 7.2 – Профіль метричної різі



а – назовні; б – в отворі

Рисунок 7.3 – Умовне зображення метричної різі

Приклади умовного позначення метричної різі з номінальним діаметром 24 мм.

1. M24 – 6g – зовнішня, права, з великим кроком і полем допуску 6g;
2. M24x2-6H – внутрішня, права, з дрібним кроком і полем допуску 6H;
3. M24x3 (Р1.5) LH- 6H – внутрішня, двозахідна, з дрібним кроком 1,5 мм і ходом 3 мм, ліва, з полем допуску 6H.

Трубна циліндрична різь. Трубна циліндрична різь є кріпильною і застосовується в основному для з'єднання водо- і газопровідних труб і арматури. Профіль цієї різі зображений на рисунку 7.4.

В умовних позначення трубної циліндричної різі (рис. 7.5) входять: латинська літера G; номінальний умовний розмір у дюймах; клас точності середнього діаметра і при необхідності загальне позначення для лівої різі.

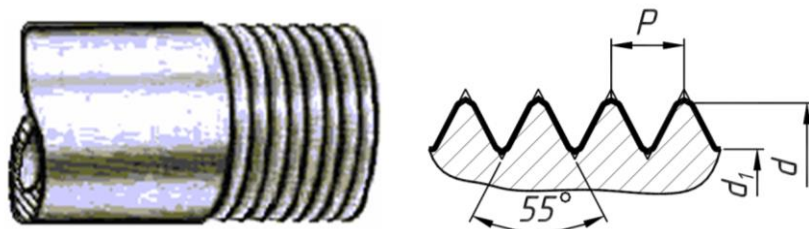
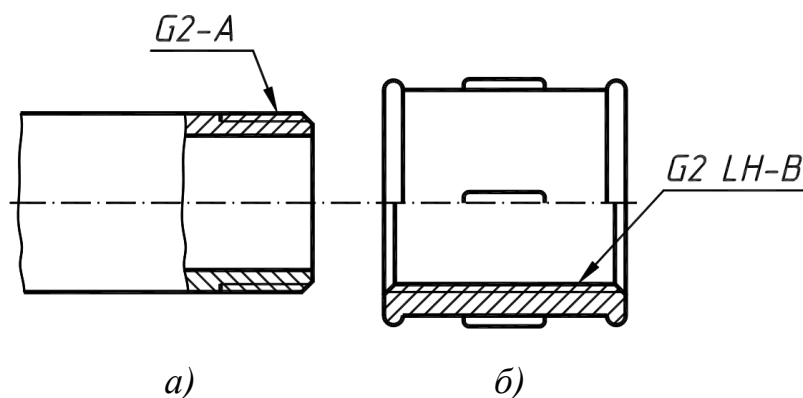


Рисунок 7.4 – Профіль трубної циліндричної різі

Для даної різі встановлено два класи точності, А і В. Приклади умовного позначення трубної циліндричної різі з номінальним розміром 1 дюйм: G1–А (для класу точності А) G 1LH –В (для лівої різі класу точності В).



а – назовні; б – в отворі

Рисунок 7.5 – Умовне зображення трубної циліндричної різі

Необхідно пам'ятати, що розмір трубної циліндричної різі не вимірюється за зовнішнім діаметром – d . На відміну від метричної та інших різей номінальний розмір трубної циліндричної різі позначається в дюймах, при цьому він наближено дорівнює діаметру умовного проходу отвору труби, на який різь нарізана. Трубна циліндрична різь одного і того самого розміру може бути нарізана як на трубах з різною товщиною стінки, так і на суцільному стрижні.

Трубна конічна різь. Трубна конічна різь є також кріпильною і застосовується при підвищених вимогах до герметичності з'єднання.

Розміри різі визначає ГОСТ 6211-81. Конусність різі становить 1:16 ($\varphi = 1^{\circ}47'24''$). Профіль різі показаний на рисунку 7.6. Умовний розмір трубної конічної різі та її діаметр вимірюють у так званій основній площині, яка співпадає з торцем нарізного отвору. У цій площині вони повністю ідентичні з аналогічними розмірами циліндричної трубної різі з таким самим умовним розміром. Отже, ці деталі з трубною конічною різзю можуть з'єднуватись з деталями, на яких виконано трубну циліндричну різь такого самого розміру.

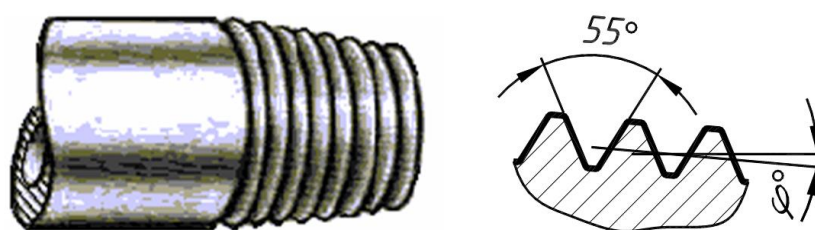


Рисунок 7.6 – Профіль трубної конічної різі

Умовне позначення цієї різі (рис. 7.1.7) складається з латинської літери R (для зовнішньої) або R_c (для внутрішньої), номінального розміру в дюймах і при необхідності позначення лівої різі. Приклад умовного позначення трубної конічної різі в отворі з розміром 2 дюйма: R_c2.

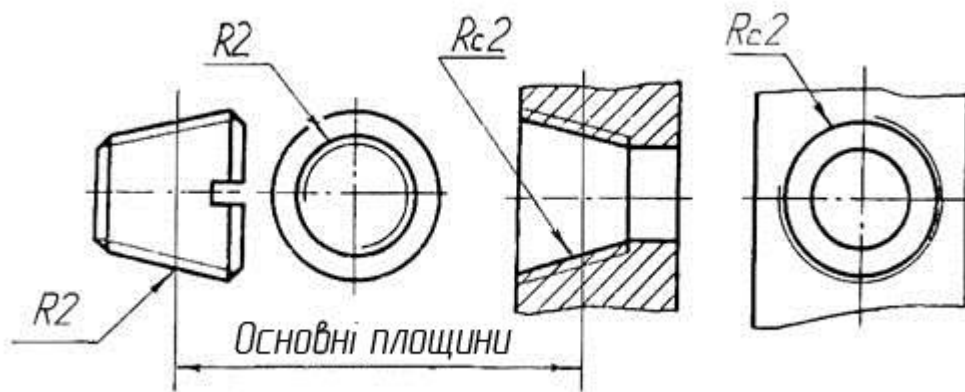


Рисунок 7.7 – Умовне зображення трубної конічної різі

Трапецеїдальна різь. Трапецеїдальна різь є ходовою. Її застосовують в основному для перетворення обертового руху на поступовий. Розміри однозахідної трапецеїдальної різі регламентують ГОСТ 9484-81, а багатозахідної – ГОСТ 2439-81. Профіль різі зображений на рисунку 7.7.

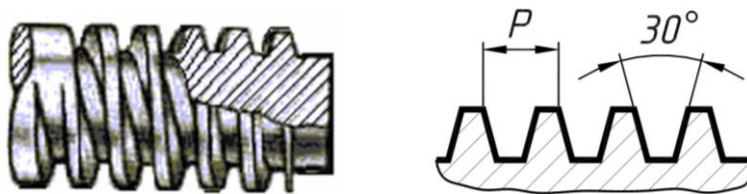
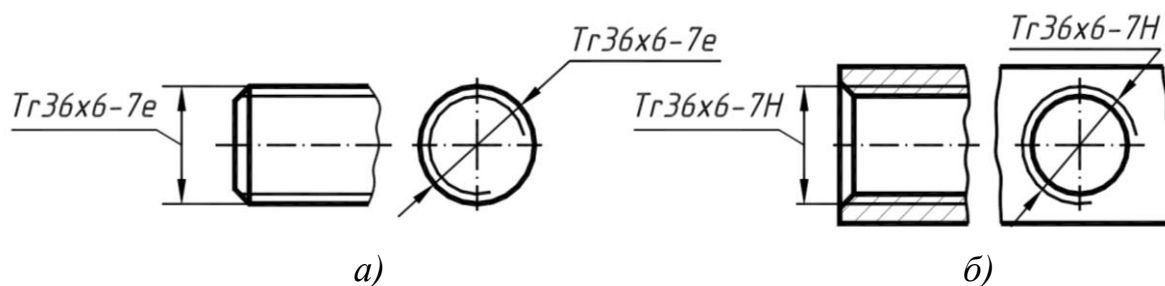


Рисунок 7.8 – Профіль трапецеїдальної різі

До позначень різі (рис. 7.9) входять: латинські літери T_r і зовнішній (номінальний) діаметр та інші параметри відповідно до загальних правил позначення різей.



a – назовні; *б* – в отворі

Рисунок 7.9 – Умовне зображення трапецеїдальної різі

Приклад умовного позначення різі з номінальним діаметром 36 мм:

1. $T_r36 \times 18(P6) LH-8H$ - різь тризахідна з ходом 18 мм і кроком 6 мм, внутрішня, з полем допуску 8H, ліва;
2. $T_r36 \times 6-6g$ – різь зовнішня, з полем допуску 7e і кроком 6 мм, права.

Упорна різь. Упорну різь застосовують як ходову при значних односторонніх зусиллях, наприклад: в домкратах, пресах і т. п. Профіль різі зображений на рисунку 7.10, він визнається ГОСТ 10177-82. Розміри номінальних діаметрів і кроків співпадають з відповідними параметрами трапецеїдальної різі.

До позначень різі (рис. 7.11) входять: латинська літера S, зовнішній (номінальний) діаметр та інші параметри згідно із загальними правилами позначення різей.

Приклад умовного позначення упорної різі з номінальним діаметром 80 мм, кроком 10 мм, зовнішньою з полем допуску 7h: $S80 \times 10-7h$.

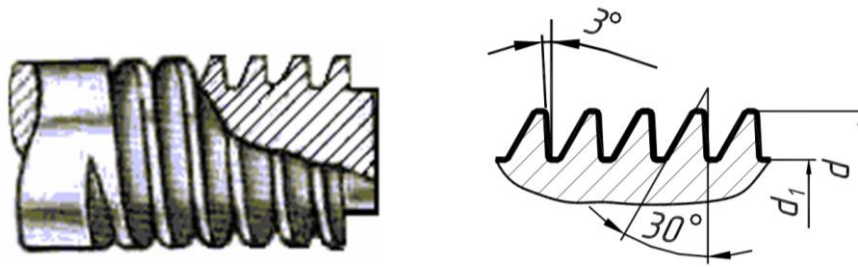
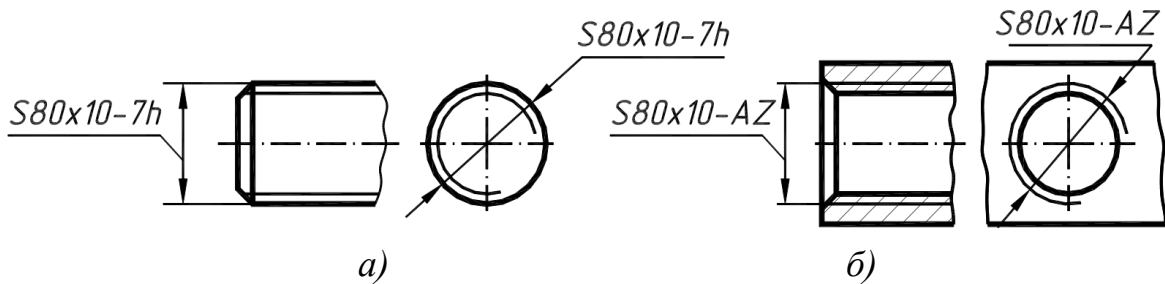


Рисунок 7.10 – Профіль упорної різі



a – назовні; *б* – в отворі

Рисунок 7.11 – Умовне зображення упорної різі

Прямокутна нестандартна різь. Прямокутна різь є нестандартною. Профіль прямокутної нестандартної різі, (рис. 7.12) прямокутний або квадратний. Умовного позначення різь немає, тому на креслениках проставляють усі розміри різі (рис. 7.13). Застосовують як ходову різь (наприклад, у домкратах і т. п.)

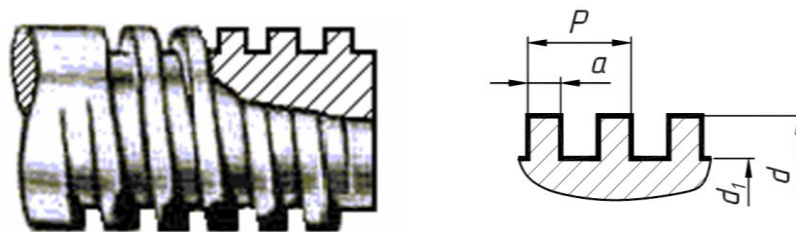


Рисунок 7.12 – Профіль прямокутної нестандартної різі

Спеціальна різь. До спеціальних належать різі, які мають стандартний профіль, але відмінні від стандартних значення діаметрів або кроків, а також різі з нестандартним профілем (наприклад, різь з прямокутним або круглим профілем). Для спеціальної різі із стандартним профілем перед умовним позначенням записують літери S_{II} (наприклад, $S_{II} M60 \times 5 - 6g$, де 5 – нестандартний крок). Для різей з нестандартним профілем розміри всіх параметрів різі проставляють на кресленику.

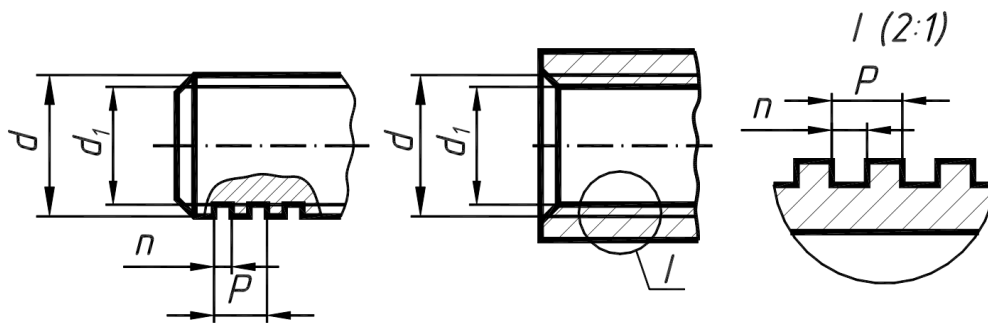


Рисунок 7.13 – Умовне зображення прямокутної нестандартної різі

Нарізні з'єднання. Основні види з'єднань з використанням розглянутих раніше з'єднувальних елементів – це з'єднання болтом, гвинтом, шпилькою, а також трубні з'єднання. Ці види з'єднань (крім трубних) мають три види зображень: конструктивне, спрощене і умовне.

Конструктивне відповідає виконанню всіх конструктивних елементів деталей з'єднання.

Спрощене – передбачає викреслювання деталей без фасок, різь зображують по всій довжині стрижня нарізної деталі, зазор між стрижнем і отвором не показують.

Умовне зображення використовують у тих випадках, коли діаметр стрижня на кресленику менший 2 мм. На з'єднання спрощені розповсюджується ГОСТ 2.315-68.

Трубні з'єднання виконують тільки конструктивно.

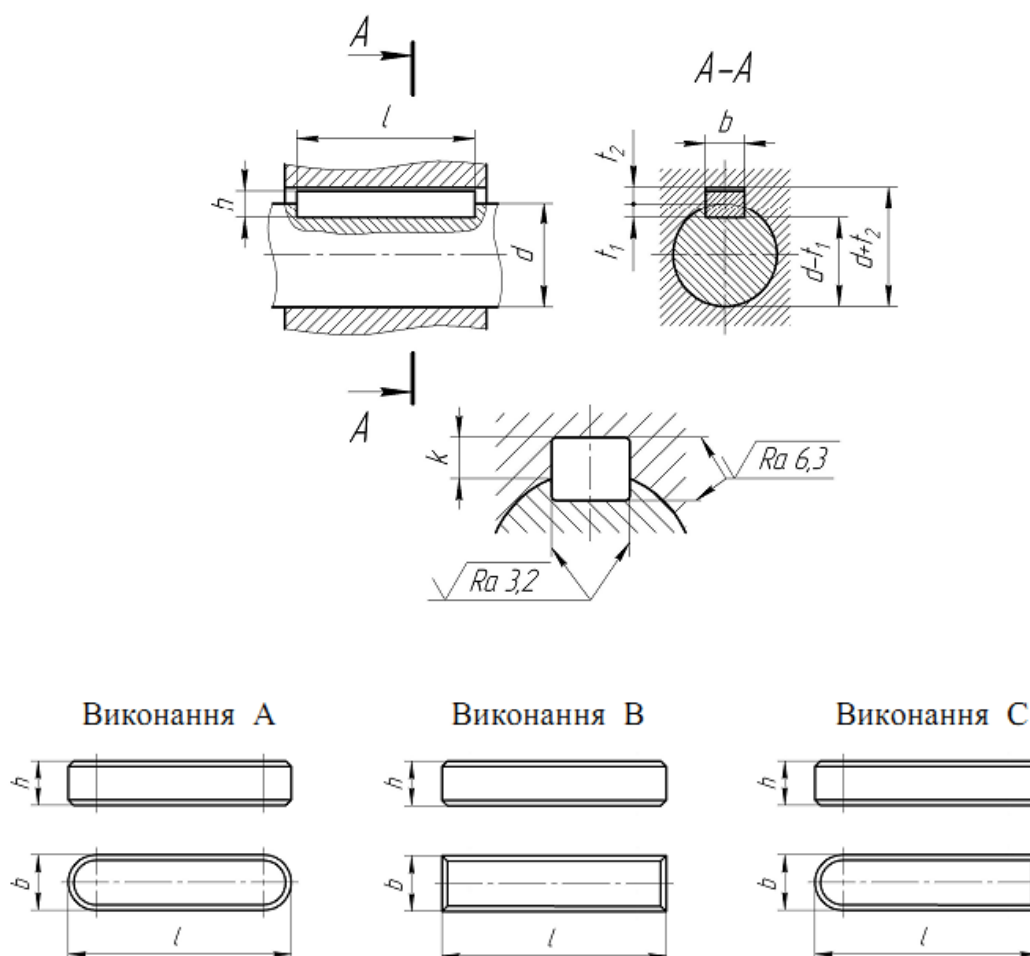
2. Шпонкові та шліцьові з'єднання

У машинобудуванні для передачі обертового руху широко застосовуються шпонкові та шліцьові з'єднання, якими вали з'єднуються із зубчастими колесами, шківками пасових передач, маховиками, зірочками ланцюгових передач тощо. Такі з'єднання поширені в трансмісіях тракторів, автомобілів, сільськогосподарських, будівельних та інших машин.

Шпонкові та шліцьові з'єднання відносяться до роз'ємних з'єднань, від працездатності яких значною мірою залежить довговічність інших деталей. Це обумовлює необхідність обґрунтованого вибору елементів таких з'єднань і розрахунків їх на міцність.

Шпонкові з'єднання. Шпонки призначені для передачі крутного моменту від вала до маточини деталі (зубчастого колеса, шківа тощо) чи навпаки, від маточини до вала. В окремих випадках, крім передачі крутного моменту шпонки фіксують в осьовому напрямку насадженні на вал маточини (клинові шпонки) чи призначенні для напрямку їх руху (направляючі шпонки).

З'єднання призматичними шпонками. Призматичні шпонки (рис. 7.12) виконують прямокутний переріз з відношенням висоти до ширини перерізу ($h:b$) від 1:1 для валів малих діаметрів до 1:2 для валів великих діаметрів (ГОСТ 23360-78).



Примітки: на робочому кресленку вказується один розмір вала – t_1 (переважно) чи $d - t_1$ і для втулки – $d - t_2$.

Рисунок 7.12

Кінці шпонок виконують плоскими чи округлими. Призматична шпонка являється врізною, тобто поміщається в паз вала. Робочими гранями призматичних шпонок служать їх бокові, більш вузькі грані. Для спрощення і полегшення збору шпонкових з'єднань між шпонкою і маточиною передбачують радіальний зазор. Розміри поперечного перерізу шпонок, а також пазів стандартизовані (ГОСТ 23360-78) і визначаються залежно від діаметра вала. Довжину шпонки приймають набагато меншу (на 3...7 мм) довжини маточини, узгодивши довжину шпонки із стандартним рядом довжин.

Для ступінчастих валів допускається приймати менші розміри перерізів стандартних шпонок на валах більших діаметрів, за виключенням

вихідних кінців валів. Це пов'язано з тим, що з міркувань міцності і працездатності шпонкових з'єднань немає причин призначення для ступеня більшого діаметра великої шпонки, чим для ступеня меншого діаметра того самого вала. Навпаки, чим більший діаметр ступеня ступінчатого вала, тим меншим для неї може бути переріз шпонки тому, що при однаковому крутному моменті в шпонковому з'єднанні на ступені більшого діаметра діють менші зусилля, чим в шпонковому з'єднанні на ступені меншого діаметра.

Наявність на одному валу шпонкових пазів, які однакові за перерізом і довжиною, покращує технологічність конструкції вала. Таким чином, рекомендується призначати однакові шпонки для всіх ступенів вала, виходячи із найменшого діаметра, що має шпонковий паз.

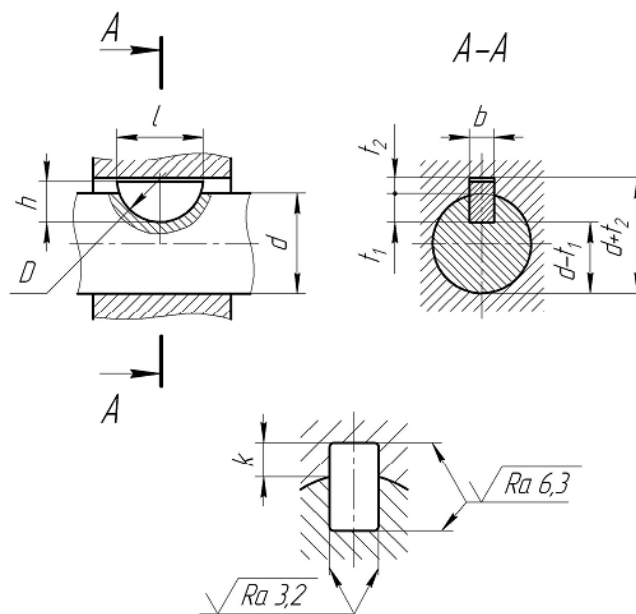
Вибрані шпонки позначають таким чином. Наприклад, шпонка виконання А розмірами $b = 18$ мм, $h = 11$ мм, $l = 100$ мм:

Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78

Те саме, виконання В:

Шпонка В 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78.

З'єднання сегментними шпонками. Сегментні шпонки (рис. 7.13) використовуються рідше, чим призматичні, також вони забезпечують меншу точність посадок маточини на валу і вриваються у вал на більшу глибину, що відповідно знижує витривалість валів.



Примітки: на робочому кресленку вказується один розмір вала – t_1 (переважно) чи $d - t_1$ і для втулки – $d - t_2$.

Рисунок 7.13

Застосування сегментних шпонок обумовлено технологічністю з'єднання (не потребує ручної підгонки), а також стійким положенням шпонки у валу, що виключає її перекошення і концентрацію напружень. Шпонки при коротких маточинах встановлюють по одній, при довгих – по дві (інколи навіть три) за довжиною маточини. Сегментні шпонки характеризуються шириною b , діаметром заготовки D , висотою h (чи довжиною l) (див. рис. 7.13).

Розмір шпонок і перерізів пазів вибирають залежно від діаметрів вала. Сегментні шпонки позначаються таким чином. Наприклад, шпонка розмірами $b = 6$ мм, $h = 10$ мм:

Шпонка 6 × 10 ГОСТ 24071-80.

З'єднання клиновими шпонками. З'єднання клинвою шпонкою являється напруженим з'єднанням, тому може крім крутного моменту передавати і осьову силу. На відміну від призматичних і сегментних шпонок робочими гранями у них служать широкі грані, по бічних гранях осі є зазор.

Клинові шпонки викликають радіальне переміщення осі маточини у відношенні до осі вала, викликаючи биття насадженої деталі. Тому область застосування клинових шпонок невелика.

Розміри клинових шпонок вибираються залежно від діаметра вала і довжини маточини насадженої деталі. Клинові шпонки позначаються таким чином. Наприклад, клинова шпонка виконання 1 з розмірами $b = 18$ мм, $h = 11$ мм, $l = 100$ мм:

Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 24068-80.

Те саме, виконання 2:

Шпонка 2-18 × 11 × 100 ГОСТ 24068-80.

Шліцьові з'єднання. Шліцьові (зубчасті) з'єднання знайшли широке застосування в машинобудуванні (автотракторна промисловість, верстатобудування, сільськогосподарське будування тощо) завдяки ряду переваг в порівнянні зі шпонковими: а) суттєво підвищується витривалість з'єднань, особливо при динамічних навантаженнях, внаслідок збільшення площі робочої поверхні зубів; б) краще центрування деталей на валах і краще спрямування при осьовому переміщенні.

За формою профілю зубів розрізняють три типи з'єднань: прямобічні (рис. 7.14), евольвентні (рис. 7.15, а, б) і трикутні (рис. 7.16, в). З'єднання з трикутними зубами не стандартизовані і використовуються тільки в якості нерухомого з'єднання при передачі невеликих моментів при тонкостінних втулках.

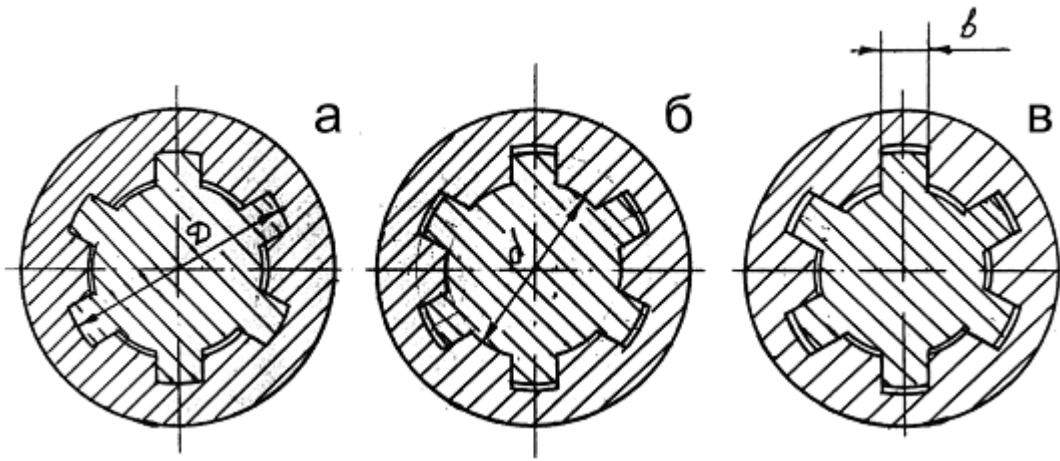


Рисунок 7.14

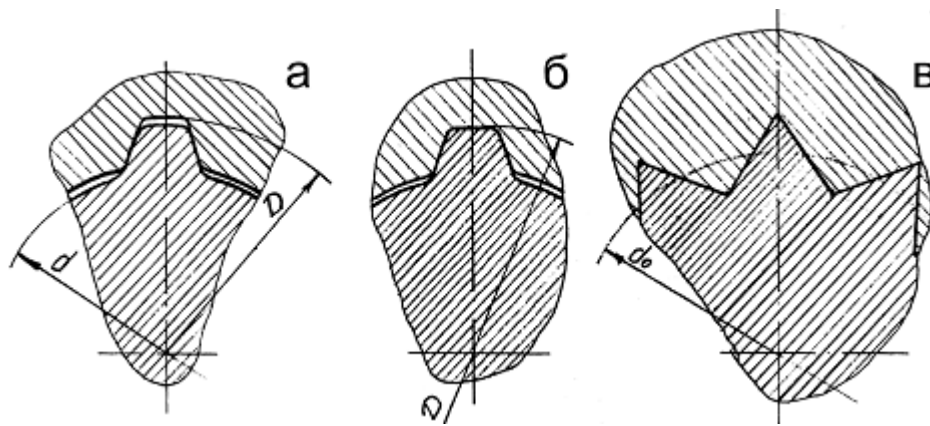


Рисунок 7.15

Вибір шліцьових з'єднань

Прямобічні шліцьові з'єднання найбільш поширені. Розміри з'єднань вибирають залежно від діаметра вала за ГОСТ 1139-80.

Стандартом передбаченні три серії з'єднань: легка, середня і важка, які відрізняються висотою і кількістю зубів.

З'єднання з прямобічними шліцями виконують з центруванням за бічними гранями зубів розміру b або за зовнішнім D чи внутрішнім d діаметром вала. Центрування за бічними гранями забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по зубах, тому його застосовують при важких умовах роботи (ударні навантаження).

Діаметр центрування вибирають, виходячи із технологічних умов. Якщо твердість матеріалу втулки дозволяє обробіток протяжкою ($HВ < 350$), то рекомендують центрування за зовнішнім діаметром, при високій твердості втулки – за внутрішнім діаметром.

Позначення шліцьових з'єднань валів і втулок повинні містити: літеру, що позначає поверхню центрування; кількість зубів та номінальні розміри d , D і b з'єднання, вала і втулки; позначення полів допусків чи

посадок діаметрів, а також розміри b , розміщені після відповідних розмірів. Допускається не вказувати позначення допуску нецентрованих діаметрів.

Приклад умовного позначення з'єднання з числом зубів $z = 8$, внутрішнім діаметром $d = 36$ мм, зовнішнім діаметром $D = 40$ мм, шириною зуба $b = 7$ мм, з центруванням за внутрішнім діаметром:

$$d - 8 \times 36 \times 40 \times 7.$$

Те саме при центруванні за зовнішнім діаметром з посадкою по діаметрі:

$$D - 8 \times 36 \times 40 \times 7.$$

Те саме при центруванні за бічними сторонами:

$$b - 8 \times 36 \times 40 \times 7.$$

Евольвентні шліцьові з'єднання (ГОСТ 6033-80) розрізняють з центруванням маточини за бічними сторонами, зовнішнім та внутрішнім діаметрами. У порівнянні зі шліцьовими прямобічними з'єднаннями евольвентні мають більш високу міцність, простіші і дешевші у виробництві, що слугувало причиною все більш широкого використання в машинобудуванні.

Позначення шліцьових з'єднань, валів і втулок повинні містити: номінальний діаметр з'єднання D ; модуль m ; позначення посадки з'єднання, яке розміщують після розмірів центрувальних елементів; номер стандарту.

Питання для самопідготовки:

1. Що являє собою різь?
2. Як позначаються й зображуються на креслениках метричні різі з великим кроком і метричні різі із дрібним кроком?
3. Яка з деталей зображується без змін при зображенні нарізного сполучення?
4. Шпонкові з'єднання. Основні види шпонок.
5. За яким параметром вибирають розміри перерізу призматичної шпонки?
6. Охарактеризуйте види шліців за формою поперечного переріза.
7. Що має на увазі центрування шліцьового з'єднання?
8. Способи центрування шліцьових з'єднань.

Література: [9–12].

ЛІТЕРАТУРА

1. **Бабенко, С. О.** Нарисна геометрія : навчальний посібник / С. О. Бабенко, С. С. Красовський, В. В. Хорошайло. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 128 с.

2. **Красовський, С. С.** Нарисна геометрія : навчальний посібник до самостійної роботи / С. С. Красовський, О. В. Жартовський, О. В. Кабацький. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 84 с.

3. **Красовський, С. С.** Нарисна геометрія та інженерна графіка : навчальний посібник до виконання графічних робіт / С. С. Красовський, О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, В. В. Хорошайло, В. С. Урусова. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 100 с.

4. **Кабацький, О. В.** Нарисна геометрія та інженерна графіка : практикум / О. В. Кабацький, В. В. Хорошайло., С. О. Бабенко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 44 с.

5. **Кабацький, О. В.** Інженерна графіка : посібник до практичних занять / О. В. Кабацький, С. С. Гурковська. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 54 с.

6. **Красовський, С. С.** Нарисна геометрія та інженерна графіка : навчальний посібник до самостійної роботи для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / С. С. Красовський, В. В. Хорошайло, О. В. Кабацький, С. Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2016 – 122 с.

7. **Гордон, В. О.** Курс начертательной геометрии : учебное пособие для вузов. – 24-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2002. – 272 с.: ил.

8. **Чекмарев, А. А.** Начертательная геометрия и черчение. Учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВЛАДОС, 2002. – 472 с.: ил.

9. Михайленко, В. Е. та ін. Інженерна та комп'ютерна графіка – К. : Вища школа, 2000. – 342 с.

10. **Чекмарев, А. А.** Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2002. – 493 с.

11. **Жартовський, О. В.** Інженерна графіка: навч. посіб. до самост. роботи для студ. усіх форм навчання / О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, С. Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2018 . – 212 с.

12. **Жартовський, О. В.** Нарисна геометрія, інженерна й комп'ютерна графіка : навчальний посібник до самостійної роботи студентів усіх форм навчання / О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, С. Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 300 с.

Для нотаток

Навчальний посібник

**КАБАЦЬКИЙ Олексій Володимирович
КРАСОВСЬКИЙ Сергій Савелович
ЖАРТОВСЬКИЙ Олександр Володимирович
ЗАГРЕБЕЛЬНИЙ Сергій Леонідович
БРУС Маргарита Володимирівна**

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ
ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**для студентів технічних спеціальностей
прискореної форми навчання**

Редагування, комп'ютерне верстання

І. І. Дьякова

142/2020. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 6,28.
Обл.-вид. арк. 3,017. Тираж 100 пр. Зам. № 48

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003