

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра нарисної геометрії та комп'ютерної графіки**

**ПОБУДОВА АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЙ  
ПОВЕРХОНЬ З ПОДВІЙНИМ ПРОНИКНЕННЯМ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до завдань з нарисної геометрії та інженерної графіки**

**Харків 2016**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри  
нарисної геометрії та комп'ютерної графіки 3 лютого 2015 р., протокол № 7.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів усіх спеціальностей.

Укладач

доц. Г.Л. Ольхова

Рецензент

доц. Є.В. Романович

## ВСТУП

У техніці для наочного зображення виробів або їх складових частин застосовують аксонометричні проекції. Побудова аксонометричних проекцій допомагає навчитися читати креслення і розвиває просторове уявлення про форму предметів.

Для побудови таких зображень застосовують проекції, що називаються **аксонометричними**. Аксон-вісь; метрео-вимірною (переклад з давньогрецької).

Побудова аксонометричних проекцій є обов'язковим розділом у навчальній програмі всіх технічних спеціальностей.

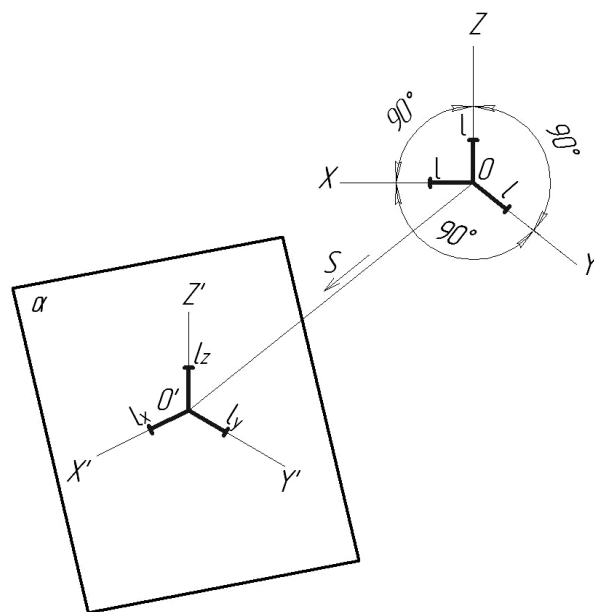
Ці методичні вказівки дають загальну інформацію про аксонометричні проекції, їх різновиди та особливості їх утворення. Також у наданих методичних вказівках докладно розібрано приклад побудови аксонометричної проекції деталі складної форми.

Методичні вказівки рекомендовані для використання у навчальному процесі на всіх факультетах академії.

### Загальні відомості про аксонометричні проекції

Спосіб аксонометричного проєкціювання полягає в тому, що дана фігура разом з осями прямокутних координат, до яких ця фігура віднесена у просторі, паралельно проєкціюється на деяку площину. Таким чином, на відміну від ортогонального проєкціювання, аксонометричне проєкціювання відбувається лише на одну площину. На рисунку 1 наведено площину аксонометричних проєкцій  $\alpha$ ; осі  $X', Y', Z'$  – аксонометричні осі, які отримано проєкціюванням натуральних осей координат  $X, Y, Z$ ; точка  $O'$  – початок аксонометричних осей; для визначення коефіцієнтів викривлення за аксонометричними осями використовують такі співвідношення:

$$\frac{l_x}{1}; \frac{l_y}{1}; \frac{l_z}{1}.$$



$l_x$ ,  $l_y$ ,  $l_z$  – відрізки на аксонометричних осях, які є проєкціями відрізка  $l$ ;

$S$  – напрям проєкціювання

Рисунок 1

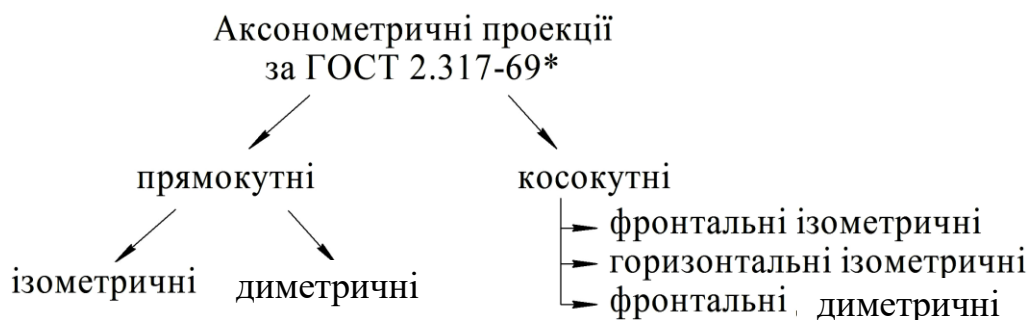
При побудові аксонометричних проєкцій прийнято використовувати не самі коефіцієнти викривлення, а деякі величини, їм пропорційні (рисунки 2, 3). Ці величини називаються **зведеними коефіцієнтами викривлення**.

Напрямок проєкціювання може складати з площиною аксонометричних проєкцій деякий гострий або прямий кут. Для забезпечення наочності зображень напрям проєкціювання не слід брати паралельним до жодної з координатних площин.

Якщо напрям проєкціювання не є перпендикулярним до площини аксонометричних проєкцій, то така аксонометрична проєкція носить назву **косокутної**. У протилежному випадку аксонометрична проєкція називається **прямокутною**.

Якщо всі три коефіцієнти викривлення дорівнюють один одному, то така аксонометрична проєкція називається **ізометричною** (isos – однаковий); якщо тільки два коефіцієнти викривлення дорівнюють один одному, то проєкція називається **диметричною** (di – подвійний), якщо всі коефіцієнти викривлення по трьох осях різні, то проєкція називається **триметричною**.

У практиці побудови наочних зображень застосовують визначені комбінації напрямів аксонометричних осей і коефіцієнтів викривлення.



Найбільш розповсюдженими у застосуванні є прямокутні ізометричні проєкції.

Коло в аксонометричних проєкціях у більшості випадків має вигляд еліпса. При побудові еліпсів в аксонометричних проєкціях розміри великої та малої осей визначають за коефіцієнтами. Велика вісь еліпсів у прямокутних аксонометричних проєкціях завжди перпендикулярна до осі координат, яка є відсутньою в даній площині проєкцій.

## 1 Прямокутна ізометрична проєкція

На рисунку 2, а зображено розташування координатних осей для даного типу аксонометрії, зведені коефіцієнти викривлення за всіма осями дорівнюють – 1,0. На рисунку 2, б наведено приклад побудови еліпсів у трьох площинах проєкцій, велика вісь еліпсів дорівнює  $1,22d$  ( $d$  – діаметр кола); мала вісь еліпсів дорівнює  $0,71d$ . На рисунку 2, в показано напрям штриховки в кожній з площин проєкцій.

## 2 Прямокутна диметрична проєкція

Цей вид аксонометрії рекомендовано застосовувати, коли в основі фігури є квадрат. На рисунку 3, а зображено напрям осей у прямокутній диметричній проєкції, коефіцієнти викривлення по осях  $X'$  та  $Z'$  дорівнюють 1,0, а по осі  $Y'$  – 0,5; на рисунку 3, б наведено приклад побудови еліпсів у даному виді аксонометрії.

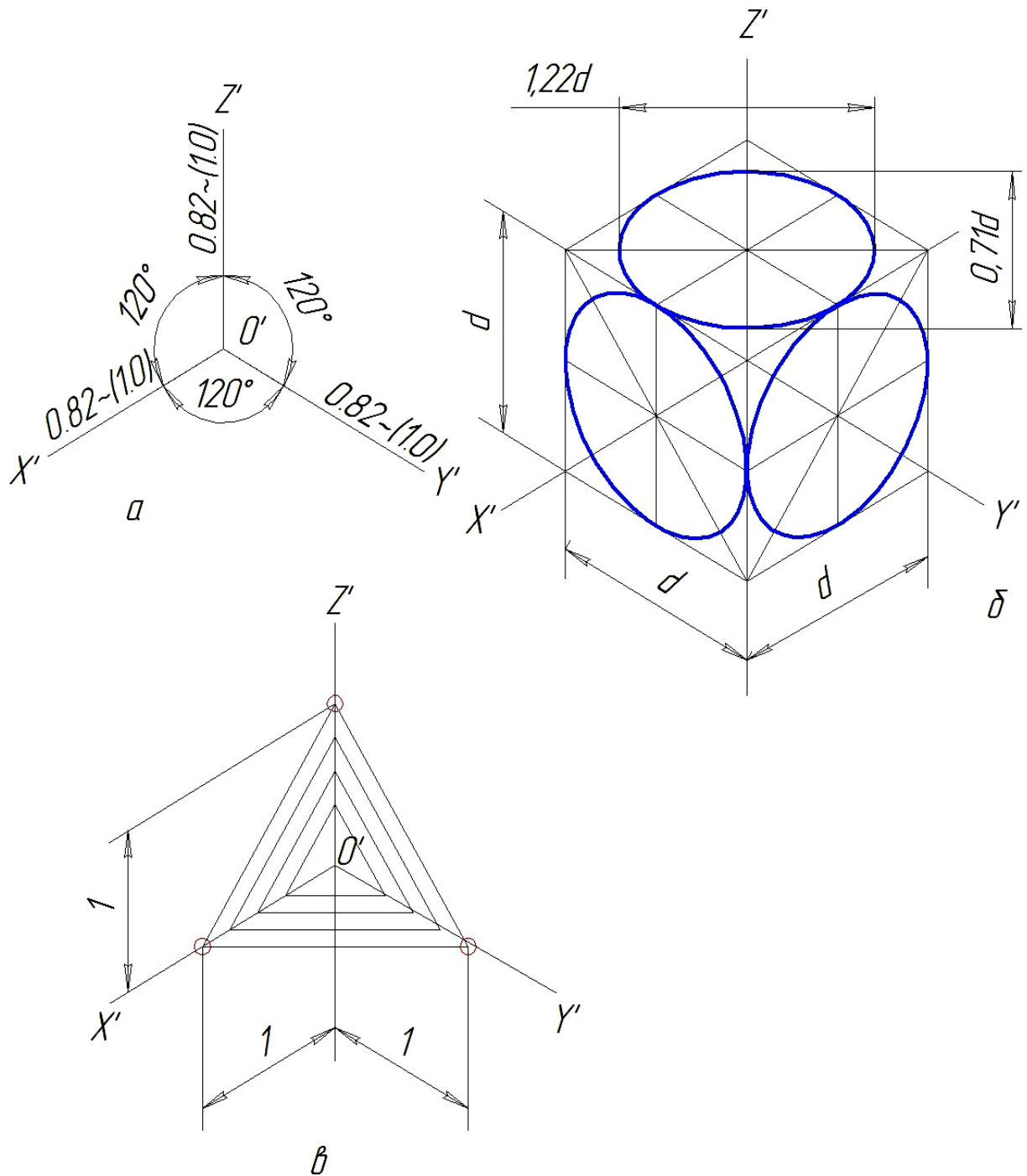


Рисунок 2

Велика вісь еліпсів в усіх трьох площинах ( $AB=1,06d$ ), мала вісь еліпса у фронтальній площині ( $CD=0,94d$ ), мала вісь еліпса у горизонтальній та профільній площинах ( $EF=0,35d$ ). На рисунку 3, в показано напрям штриховки в кожній з площин проєкцій.

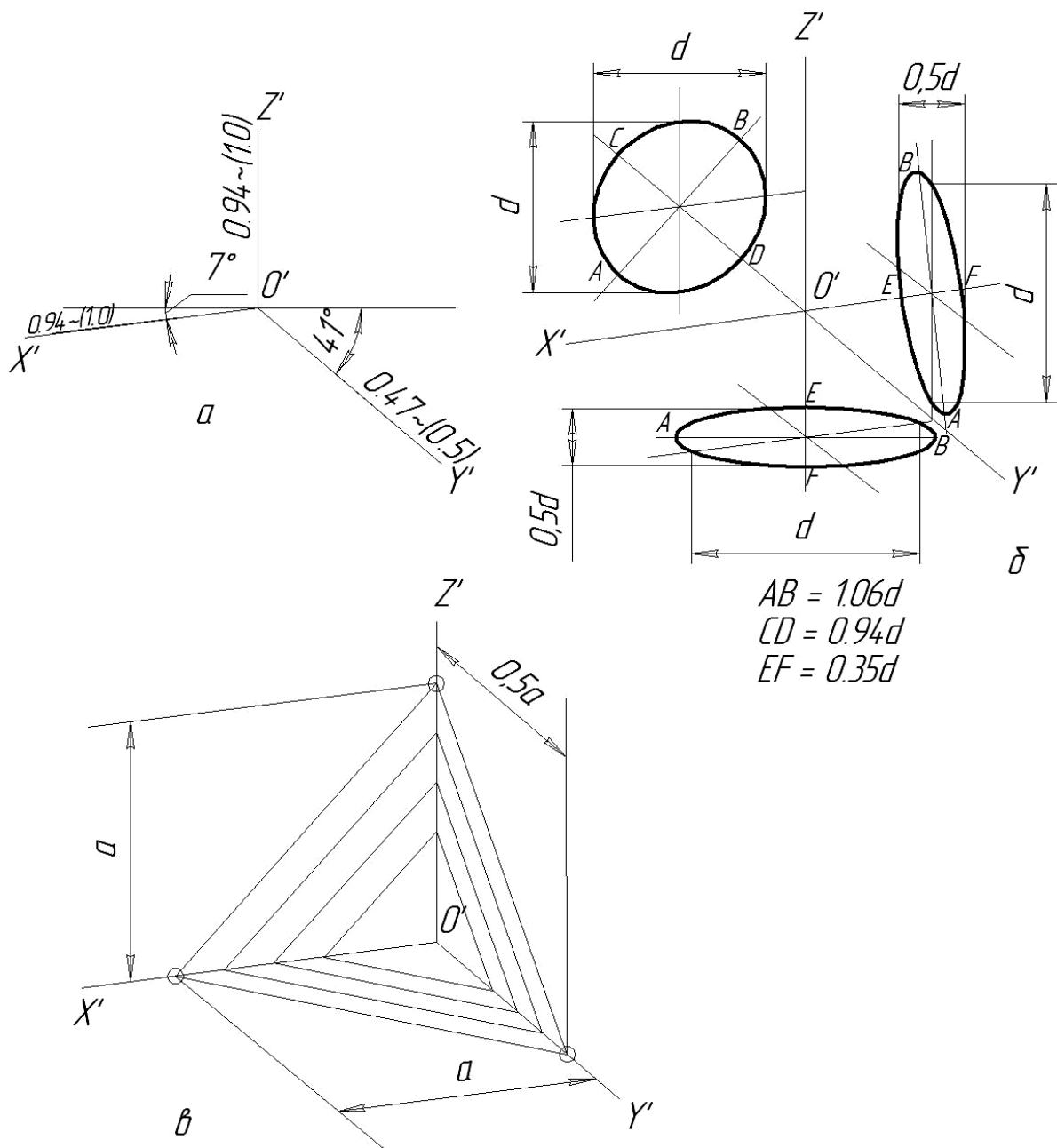


Рисунок 3

Косокутні аксонометричні проєкції характеризуються двома основними ознаками: площину аксонометричних проєкцій розташовано паралельно до однієї з граней предмета, яка зображується без викривлення; напрям проєкціювання вибирають косокутний, що дає можливість спроектувати також дві інші грані предмета, але вже з викривленням. Косокутні аксонометричні проєкції доволі рідко використовуються у навчальному процесі, тому в цих методичних вказівках наведено лише розташування осей у цих проєкціях. При необхідності побудову еліпсів можна подивитися у підручнику.

### 3 Фронтальна ізометрична проекція (рисунок 4)

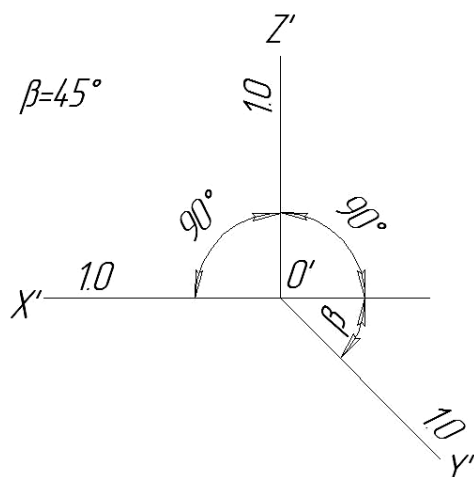


Рисунок 4

### 4 Горизонтальна ізометрична проекція (рисунок 5)

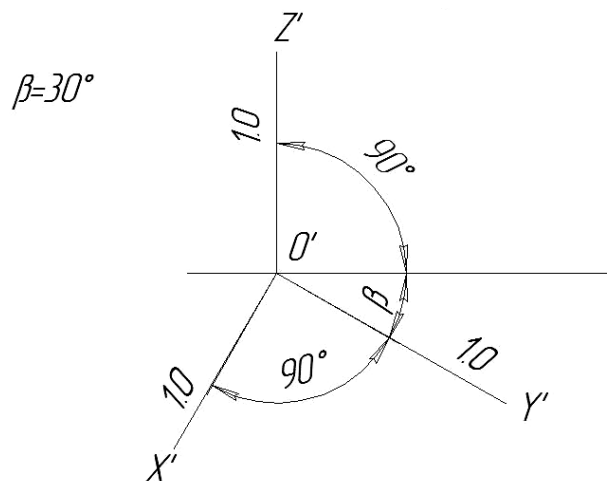


Рисунок 5

### 5 Фронтальна диметрична проекція (рисунок 6)

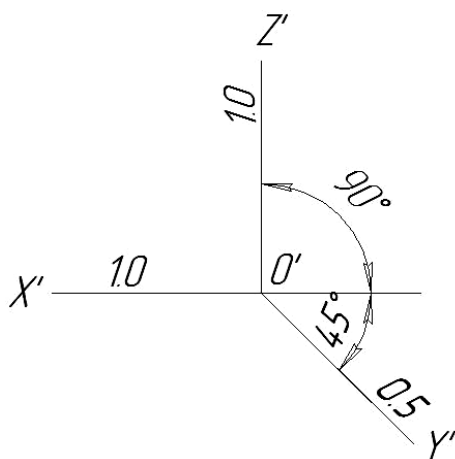


Рисунок 6



## Способи побудови аксонометричних проєкцій

Для побудови аксонометричних проєкцій застосовують такі способи: координат, вторинних проєкцій, перерізів, вписаних сфер, проєкційного зв'язку та ін. Розглянемо деякі з цих способів.

**1 Спосіб координат.** При побудові аксонометричних зображень за координатами використовують ортогональні проєкції. Уздовж аксонометричних осей відкладаються розміри, які відповідають аналогічним розмірам на ортогональному кресленні.

**2 Спосіб вторинних проєкцій.** У даному випадку будують в аксонометрії горизонтальну та фронтальну проєкції фігури. Потім з відповідних точок горизонтальної проєкції проводять лінії зв'язку паралельно осі  $Z'$ , а з відповідних точок фронтальної проєкції проводять лінії зв'язку паралельно осі  $Y'$ . У точках перетину ліній зв'язку, які виходили з відповідних проєкцій точок, утворюються аксонометричні проєкції даних точок.

**3 Спосіб перерізів.** За допомогою цього способу в аксонометрії будують зображення тіл обертання складного профілю. Будується багато поперечних перерізів, які відображають усі зміни форми тіла обертання. Усі ці перерізи є кола з різними діаметрами. Аксонометричні зображення цих кіл розташовують перпендикулярно до осі симетрії тіла обертання. Крива, яка огинає ці кола, дає аксонометричне зображення обрису криволінійної поверхні тіла обертання.

**4 Спосіб вписаних сфер.** Принцип цього способу є схожим із способом перерізів. Він також застосовується для побудови поверхонь обертання, наприклад, тора. Спочатку будують аксонометричну проєкцію кола (як правило, використовують прямокутну ізометрію), на якому розташовані центри вписаних сфер. Потім діаметром, який дорівнює  $1,22d$ , будують кола (проєкції сфер) з центрами на побудованому еліпсі (осі обертання тора). Криві, які огинають побудовані кола, окреслять ізометричну проєкцію тора.

При виконанні аксонометричних проєкцій деталей складної форми зазвичай використовують не один, а декілька засобів.

### **Послідовність виконання аксонометричного зображення деталі складної форми**

- Аксонометричне зображення будують у такій послідовності:
- визначають осі координат на ортогональному кресленні деталі;
  - будують осі координат в аксонометричній проєкції;
  - будують аксонометричне зображення вихідної форми деталі (основи деталі);
  - будують аксонометричне зображення, яке визначає форму деталі (контур бічної поверхні);
  - при наявності отворів будують їх у такій самій послідовності, як і зовнішню поверхню. Якщо один з отворів є співвісним із зовнішньою поверхнею, його можна будувати одночасно з нею;
  - при необхідності виконують виріз частини заданої деталі (частіше всього вирізають четверту частину).

### **Приклад виконання аксонометричної проєкції деталі з подвійним проникненням**

Як приклад побудуємо зрізаний конус з вертикальним циліндричним наскрізним отвором та наскрізним горизонтальним отвором, який має форму шестигранної призми (рисунок 7).

1 Визначаємо осі координат  $(X, Y, Z)$  на ортогональних проєкціях деталі (рисунок 7).

2 Для побудови аксонометрії даної деталі використовуємо прямокутну ізометрію. Будуємо координатні осі для цього виду аксонометрії  $(X', Y', Z')$ . Спочатку зображуються осі для однієї з основ деталі, потім уздовж осі  $Z'$  відкладається висота зовнішньої поверхні (зрізаного конуса) та на цій відмітці будується ще одна система осей координат для побудови другої основи деталі (рисунок 8).

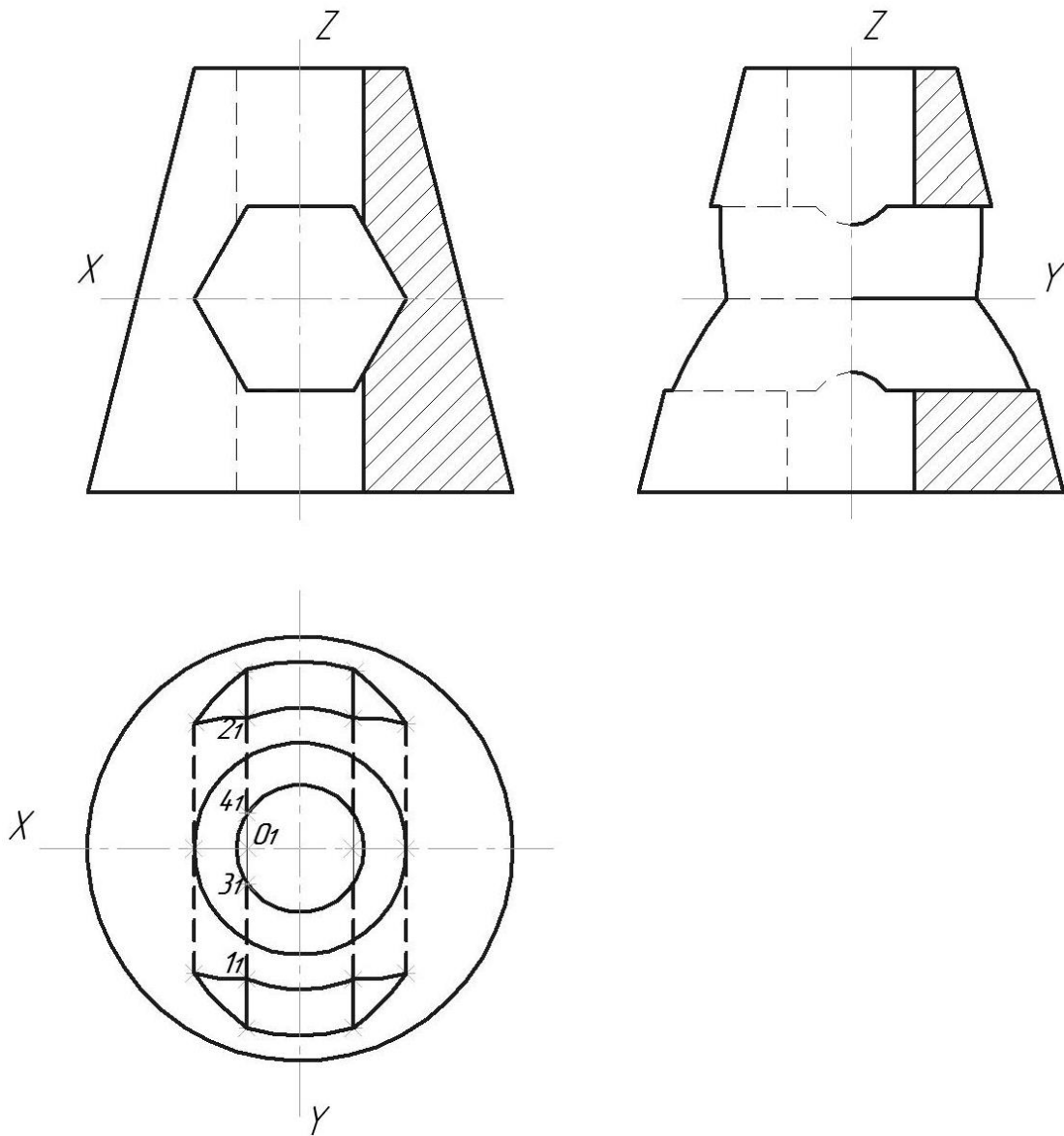


Рисунок 7

3 Вихідною формою зовнішньої поверхні даної деталі (зрізаного конуса) є коло. Побудова кола у прямокутній аксонометрії виконується, як показано на рисунку 2. На цьому етапі використовуємо спосіб координат. Як результат маємо еліпси верхньої та нижньої основ зрізаного конуса (рисунки 8).

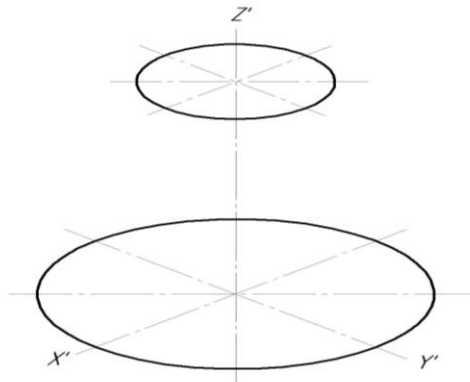


Рисунок 8

4 Вертикальний циліндричний отвір є співвісним із зовнішньою поверхнею, тому наступним етапом може бути побудова еліпсів верхньої та нижньої основ циліндра (рисунок 9).

5 Будуємо аксонометричне зображення конічної та циліндричної поверхонь. Для цього проводимо твірні цих поверхонь дотично до відповідних еліпсів верхньої та нижньої основ деталі (рисунок 10).

6 Для побудови аксонометричного зображення горизонтального призматичного отвору використовуємо принцип способу вторинних проекції. Але на відміну від цього способу, замість вторинної фронтальної проекції призматичного отвору використовуємо поперечний переріз шестигранної призми, який розташовано в осьовій площині  $X'Z'$  (рисунок 11).

Для цього вздовж осі  $Z'$  відкладаються рівні розташування граней та ребер призми, потім через ці відмітки паралельно осі  $X'$  відкладають ширину верхньої та нижньої граней призми, а також відстань до бічних ребер призми.

7 Для побудови ліній перетину призматичного отвору з поверхнею зрізаного конуса виконуються такі дії:

– через усі вершини шестикутника, який розташовано в осьовій площині  $X'Z'$ , проводимо лінії зв'язку паралельно осі  $Y'$  (рисунок 12);

– відкладаємо вздовж цих ліній відстані від вершин шестикутника в осьовій площині  $X'Z'$  до відповідних точок на поверхні зрізаного конуса (рисунок 13). Ці відстані заміряються на горизонтальній або на профільній проекціях ортогонального креслення (рисунок 7). Наприклад, на горизонтальній проекції (рисунок 7) позначаємо проекцію точки перетину одного з ребер призми та осі  $X$  –  $O_1$ ; проекції точок перетину цього ребра з поверхнею зрізаного конуса позначаємо  $1_1$  та  $2_1$ ; на аксонометричному кресленні (рисунок 13) відкладаємо ці відстані від осьового перерізу призми (точка  $O'$ ) до точок на поверхні зрізаного конуса (точки  $1'$  та  $2'$ ).

Таким чином  $O_11_1 = O'1'$ ;  $O_12_1 = O'2'$  (рисунки 7, 13);

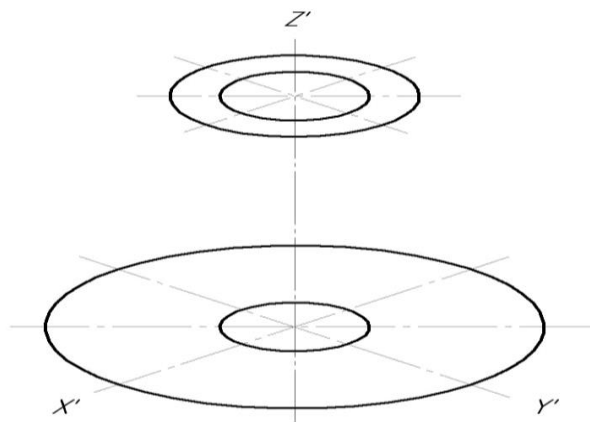


Рисунок 9

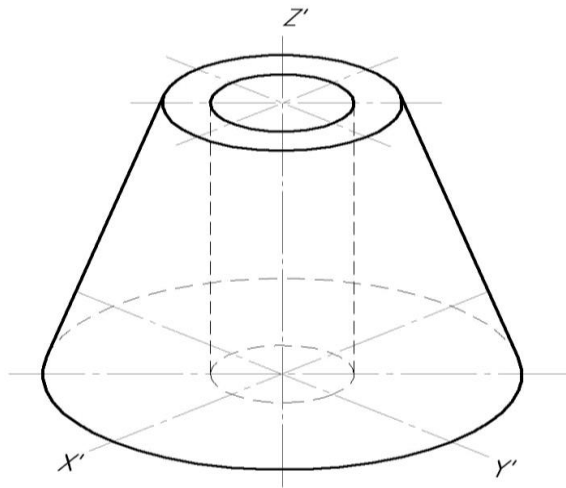


Рисунок 10

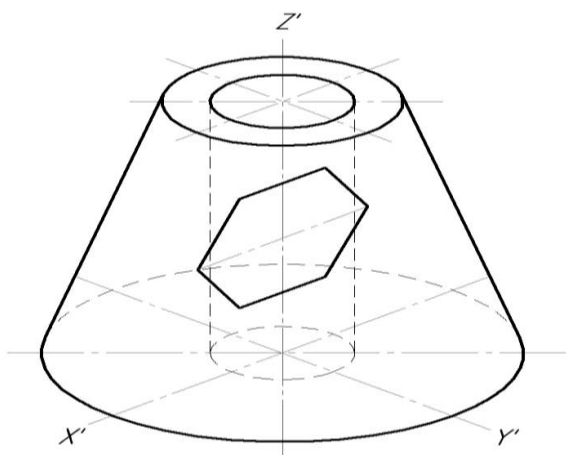


Рисунок 11

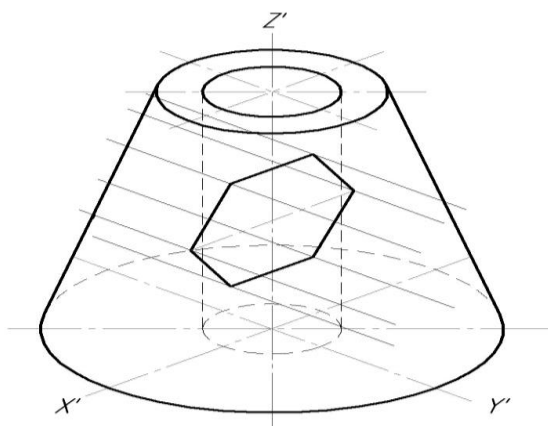


Рисунок 12

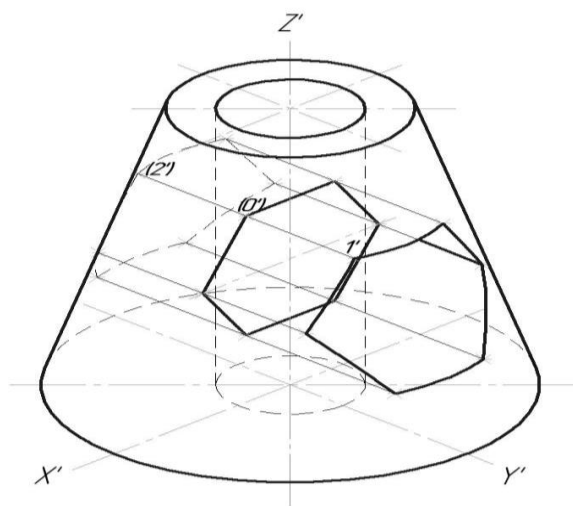


Рисунок 13

– лінія перетину гранної поверхні (призми) з поверхнею обертання (зрізаним конусом) складається з фрагментів плоских кривих 2-го порядку. Для побудови цих кривих потрібно використовувати додаткові точки, які будуються так само, як і вершини шестикутника на поверхні зрізаного конуса. У наданому прикладі побудова додаткових точок не розглядається, щоб не перевантажувати креслення.

8 Наступним етапом є побудова лінії перетину двох отворів усередині деталі. Верхня та нижня грані призми є горизонтальними площинами, які перерізають циліндр по колах. В аксонометричній проекції ці два кола мають вигляд еліпсів, що розташовані на рівні верхньої та нижньої граней призми. Ці еліпси є подібними до еліпсів, які вже побудовано в основах деталі (рисунок 14).

9 З циліндром також перетинаються бокові нахилені грані призми. Будь-яка нахилена площина перерізає циліндр за еліпсом. Еліпс в аксонометричній проекції перетворюється у просторову криву, яка будується за опорними точками. Фрагменти кривих в усіх нахилених гранях призми подібні. Розглянемо побудову однієї з них.

Точки **3'** та **4'** розміщено в місцях перетину ребра **1'-2'** з еліпсом у верхній грані призми (рисунок 14). Точка **5'** визначається як точка перетину контурної (осьової) твірної циліндра з осьовим перерізом призми (шестикутником) (рисунок 15). Так само будуються всі чотири фрагменти кривих.

10 Для виконання вирізу  $\frac{1}{4}$  частини деталі будуються осьові перерізи деталі у площинах  $X'Z'$  та  $Y'Z'$ . Якщо на ортогональному кресленні виконані фронтальний та профільний розрізи деталі (рисунок 7), то заштриховані частини цих розрізів мають бути подібними до контурів осьових перерізів в аксонометричній проекції (рисунок 16).



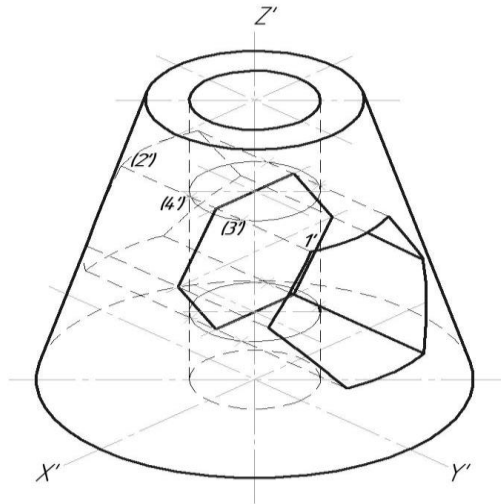


Рисунок 14

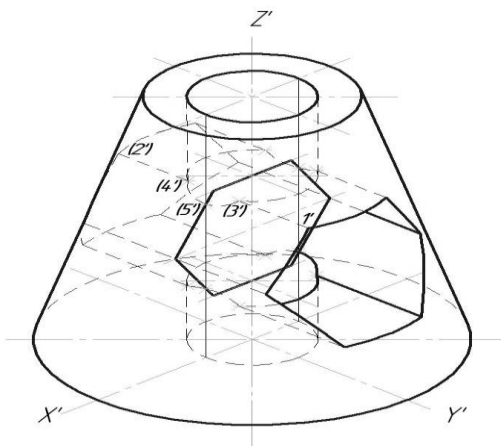


Рисунок 15

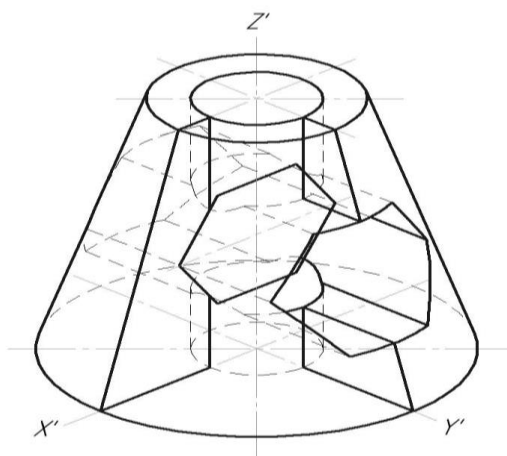


Рисунок 16

11 Тепер потрібно видалити на кресленні ті частини поверхонь, які зникають внаслідок виконання вирізу  $\frac{1}{4}$  частини (рисунок 17).

12 Контури осьових перерізів, що виконані на аксонометричній проекції, заштриховують так, як показано на рисунку 2, в. Остаточний вигляд аксонометрії заданої деталі показано на рисунку 18.

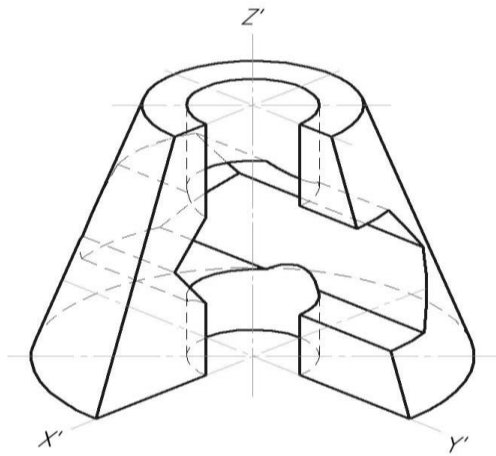


Рисунок 17

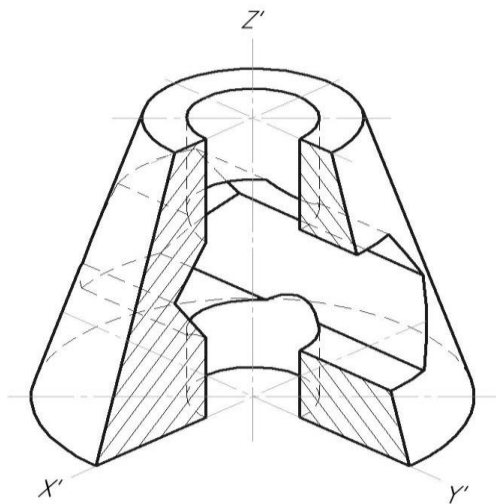


Рисунок 18

## Список літератури

1 Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.

2 Будасов Б.В., Каминский В.П. Строительное черчение. – М.: Стройиздат, 1990.



