



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



С.А. Бовкун, М.В. Скоробогата, О.Б. Корнієнко, В.А. Шаломєєв

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОВЕРХОНЬ В МАШИНОБУДУВАННІ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



2021

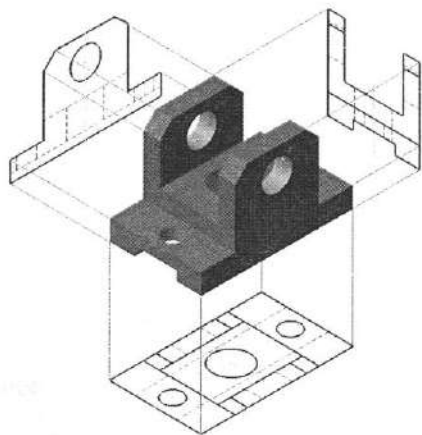
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



Шаломсєв В.А., Бовсун С.А., Скоробогата М.В., Корнієнко О.Б.

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОВЕРХОНЬ В МАШИНОБУДУВАННІ

Навчальний посібник



ЖИТОМИР
Видавець ПП «Євро-Волний»
2021

УДК 514.18+744

П 79

*Рекомендовано до видання вченою радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(протокол № 14/21 від 05.07.2021 року)*

Рецензенти:

Наумик В.В. – проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Національного університету «Запорізька політехніка», доктор технічних наук, професор;

Цивірко Е.І. – доктор технічних наук, професор, кафедри «Машини і технологія ливарного виробництва» Національного університету «Запорізька політехніка»;

Шаломєсв В.А., Бовкун С.А., Скоробогата М.В., Корнієнко О.Б.

П 79 Проєктування елементів поверхонь в машинобудуванні: навч. посіб. / В.А. Шаломєсв, С.А. Бовкун, М.В. Скоробогата, О.Б. Корнієнко. – Житомир : Вид. ПП «Євро-Волинь», 2021. – 310 с.
ISBN 978-617-7992-13-3

Навчальний посібник призначено для студентів вищих технічних навчальних закладів, що вивчають курс «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка».

Посібник відповідає програмі курсу «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» і може бути використано для виконання практичних та самостійних робіт студентами технічних спеціальностей усіх форм навчання.

Видання здійснено за підтримки проєкту 586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-CBHE-IP «Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc/MSc Degrees» [BIOART] програми Erasmus+ Європейського Союзу. Зміст матеріалу відображає думку автора. Європейська комісія не несе відповідальності за використання інформації, що міститься у виданні

УДК 514.18+744

© Шаломєсв В.А., Бовкун С.А.,
Скоробогата М.В., Корнієнко О.Б., 2021
© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2021
© Видавець ПП "Євро-Волинь", видання, 2021

ISBN 978-617-7992-13-3

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Загальні поняття про проєкціювання	7
2 Паралельне проєкціювання	8
3 Метод Монжа	10
3.1 Проєкції точки на дві площини проєкцій	10
3.2 Проєкції точки на три площини проєкцій	11
3.3 Конкуруючі точки	14
4 Комплексне креслення прямої	19
4.1 Пряма загального положення	19
4.2 Комплексне креслення прямої особливого положення	20
4.3 Взаємне положення двох прямих у просторі	23
4.4 Визначення натуральної величини відрізка прямої	24
4.5 Положення точки і прямої	26
5 Комплексне креслення площини	27
5.1 Зображення площини на комплексному кресленні	27
5.2 Площина загального положення	28
5.3 Окремі випадки розташування площини в просторі	29
5.4 Пряма і точка на площині	32
5.5 Головні лінії площини	33
5.6 Взаємне положення двох площин	35
5.7 Взаємне положення прямої та площини	36
5.8 Визначення відстані від точки до площини	38
6 Поверхні	45
6.1 Гранні поверхні і багатогранники	46
6.2 Поверхні обертання	49
7 Проєкціювання геометричних тіл	51
8 Побудова проєкцій точок, розташованих на основних геометричних тілах	57
9 Перерізи поверхонь геометричних тіл проєкційними площинами	67
9.1 Загальні відомості	67
9.2 Переріз призми	68
9.3 Переріз піраміди	70
9.4 Переріз циліндра	72
9.5 Переріз конуса	74
9.6 Переріз сфери	76

10 Перетин поверхонь геометричних тіл прямими лініями	78
10.1 Загальні принципи розв'язування задач	78
10.2 Побудова точок перетину прямих ліній із поверхнями	78
10.2.1 Точки перетину прямої з призмою	78
10.2.2 Точки перетину прямої з пірамідою	78
10.2.3 Точки перетину прямої з циліндром	80
10.2.4 Точки перетину прямої з поверхнею сфери	81
10.2.5 Точки перетину прямої з конусом	85
11 Приклади практичного завдання	88
11.1 Призма з отвором	88
11.2 Конус з отвором	108
11.3 Піраміда з отвором	128
11.4 Циліндр з отвором	139
11.5 Сфера з отвором	149
12 Проекційне креслення	157
12.1 Основні види	157
12.2 Додаткові і місцеві види	160
12.3 Перерізи	161
12.4 Розрізи	162
13 Побудова перспективних зображень. Загальні відомості	168
14 Перспектива точки	170
15 Перспектива прямої лінії	174
16 Перспектива кутів	182
17 Перспективні масштаби	185
18 Перспектива плоских фігур	191
19 Побудова перспективи паркетів	195
20 Перспектива геометричних тіл	198
21 Вибір точки зору і положення картинної площини	206
22 Методи побудови перспективних зображень	207
23 Перспектива інтер'єру	216
24 Практичні завдання	222
24.1 Піраміда. Натуральна величина ребра SB	222
24.2 Відстань від точки до площини	227
24.3 Геометричне тіло з отвором	227
24.4 Прості розрізи. Проекції моделі	230

24.5 Перспектива відрізка	233
24.6 Перспектива плоскої фігури	235
24.7 Перспектива паркету	235
24.8 Перспектива групи тіл	236
24.9 Перспектива моделі способом архітекторів	240
24.10 Перспектива інтер'єру	245
Використана та рекомендована література	251
Додаток А. Таблиця А.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Піраміда. Натуральна величина ребра SB»	253
Додаток Б. Таблиця Б.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Геометричне тіло з отвором»	254
Додаток В. Таблиця В.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Прості розрізи. Проекції моделі»	268
Додаток Г. Таблиця Г.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива відрізка»	278
Додаток Д. Таблиця Д.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива плоскої фігури»	285
Додаток Е. Таблиця Е.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива паркету»	292
Додаток Ж. Таблиця Ж.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива групи тіл»	296
Додаток З. Таблиця З.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива моделі способом архітекторів»	303

ВСТУП

Цей навчальний посібник призначений для студентів, які вивчають курс «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» денної та заочної форми навчання.

Нарисна геометрія належить до дисциплін, що складають основу інженерної освіти. У цьому курсі вивчають методи і способи зображення просторових фігур на плоскому кресленні, алгоритми вирішення позиційних, метричних і конструктивних завдань.

Нарисна геометрія вчить грамотно володіти технічною мовою - мовою креслення, створювати креслення і вільно читати їх. Вивчення нарисної геометрії сприяє розвитку просторової уяви і навичок розвитку логічного мислення. Отримані при цьому знання та навички є основними в системі спеціальної підготовки інженера.

Даний навчальний посібник представляє розділ нарисної геометрії «Поверхні», який складено у відповідності до навчальної програми з курсу «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка». Навчальний посібник знайомить студентів із завданнями та прикладами виконання графічних робіт.

Ортогональні проєкції, аксонометрія - це умовні наочні зображення просторових об'єктів, які не повністю враховують особливості зору людини. Більш наочною проєкційно-образотворчою системою є перспектива, в основі якої лежить центральне проєктування.

Потреба в наочному зображенні предметів виникає в тому разі, коли необхідно уявити їх конструктивні форми.

Розв'язування задач проєктування і конструювання виробів значно поліпшується і спрощується при виконанні їх у вигляді об'ємних зображень – технічних і перспективних рисунків.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПРОЄКЦІЮВАННЯ

Зображення предметів на кресленнях виконуються методом прямокутного проєкціювання. *Проекціюванням* називають процес побудови проєкцій предмета.

Проекції поділяють на центральні і паралельні.

Центральне проєкціювання (рис. 1.1) складається з центру проєктування S і площини проєкцій π_0 . Для побудови проєкції A_0 точки простору A виконують такі операції: будують проєкційну пряму (проєкційний промінь) SA та визначають точку A_0 , як точку перетину прямої SA з площиною π_0 .

Подібно будують точки B_0 і C_0 . Точки A_0 , B_0 , C_0 є центральними проєкціями точок A , B , C на площину π_0 .

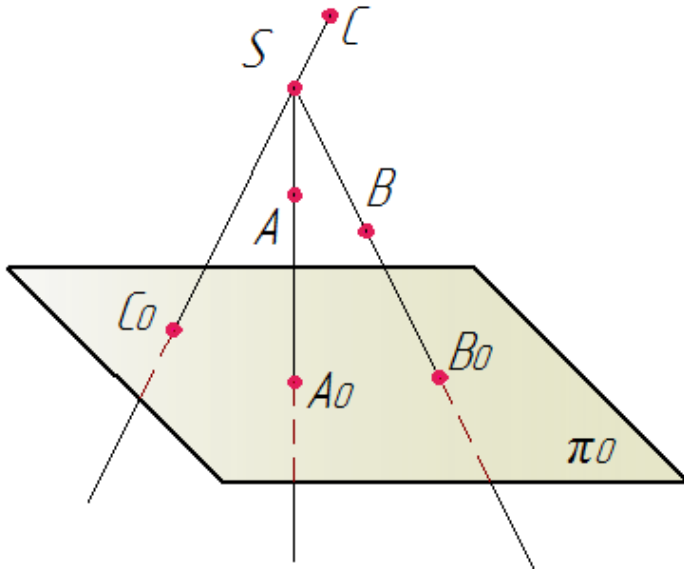


Рисунок 1.1 – Центральне проєкціювання точок

Від проєкціювання точки та лінії переходять до проєкціювання поверхні та тіла. На рисунку 1.2 показано центральне проєкціювання фігури (площини).

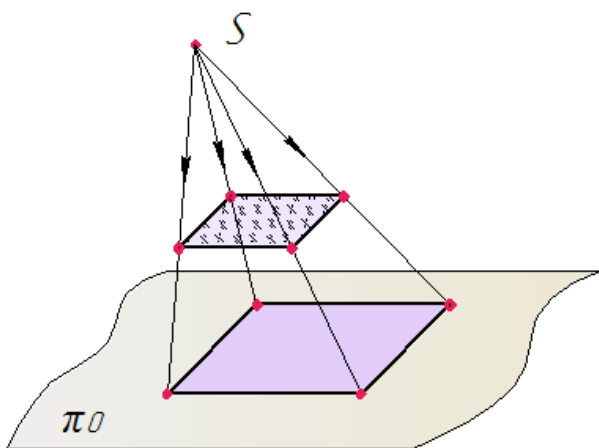


Рисунок 1.2 – Центральна проєкція фігури (площини)

2 ПАРАЛЕЛЬНЕ ПРОЄКЦІЮВАННЯ

Паралельне проєкціювання розглядають як окремий випадок центрального проєкціювання, де центр проєкцій нескінченно віддалений.

Паралельною проєкцією точки називають точку перетину проєкційної прямої, яку проводять паралельно заданому напрямку, з площиною проєкцій (рис. 2.1).

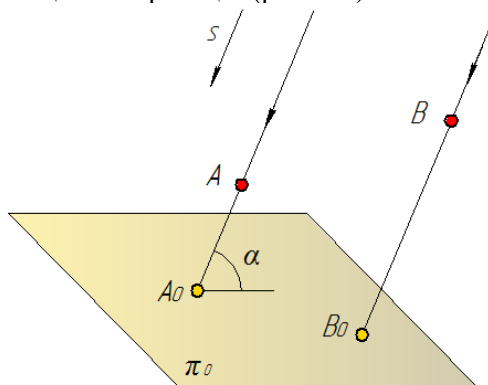


Рисунок 2.1 – Паралельне проєкціювання

У свою чергу паралельне проєкціювання поділяється на:
- **косокутне**, якщо проєкціювальні промені не перпендикулярні до площини проєкцій (рис. 2.2)

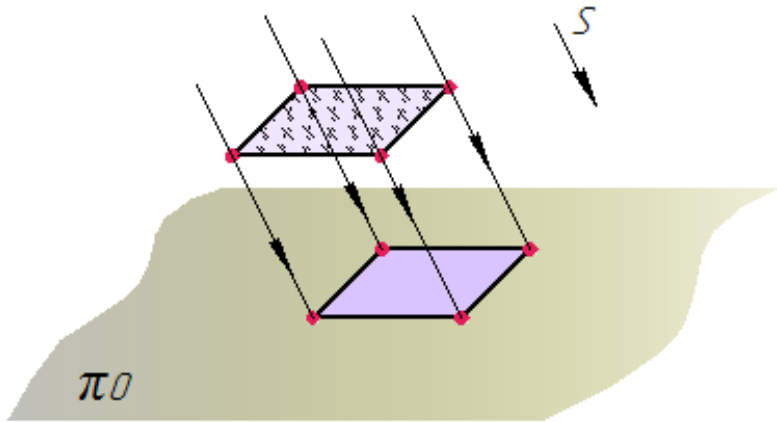


Рисунок 2.2 – Косокутне проєкціювання площини

- **прямокутне**, якщо проєкціювальні промені перпендикулярні до площини проєкцій (рис. 2.3). Прямокутне проєкціювання ще має назву ортогонального, а проєкції ортогональні.

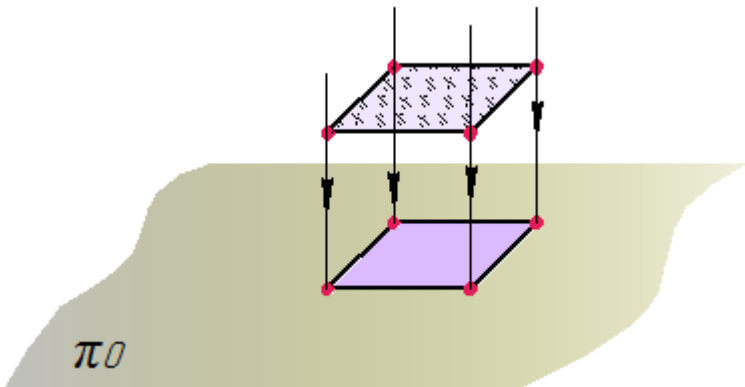


Рисунок 2.3 – Прямокутне проєкціювання площини

3 МЕТОД МОНЖА

Викладений Монжем метод паралельного проєкціювання проєкції на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій є основним методом виконання технічних креслень.

Методом Монжа користуються при побудові проєкцій точок, ліній, площин, предметів на дві або три площини проєкцій.

3.1 Проєкції точки на дві площини проєкцій

На рисунку 3.1 зображено дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій π_1 і π_2 . Площина π_1 розташована горизонтально, називається **горизонтальною площиною проєкцій**; площина π_2 – вертикально, називається **фронтальною площиною проєкцій**. Прямокутні проєкції A' і A'' точки A на площини проєкцій π_1 і π_2 відповідно називаються горизонтальною проєкцією A' і фронтальною проєкцією A'' точки A .

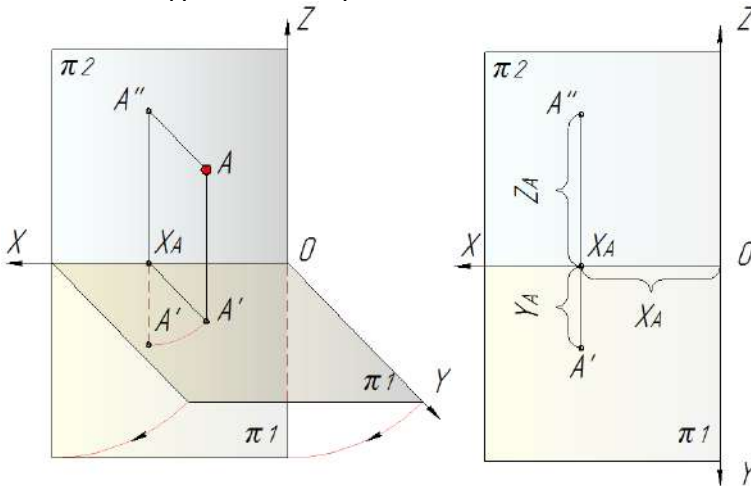


Рисунок 3.1 – Проєкціювання на дві площини

Лінію перерізу площин проєкцій π_1 і π_2 називають віссю проєкцій OX декартової системи координат, вісь OY належить π_1 , вісь OZ - π_2 .

Обертанням площини π_1 навколо осі проєкцій OX на кут 90° до суміщення з π_2 , отримують одну площину – площину креслення; при цьому проєкції A'' і A' розташуються на одному перпендикулярі до осі проєкцій OX (рис. 3.1), який називається **лінія зв'язку**.

Отримане зображення називається **епюром** або комплексним кресленням.

3.2 Проєкції точки на три площини проєкцій

В ряді побудов і при розв'язанні задач є необхідність введення в систему π_1, π_2 третьої площини проєкцій – профільної площини проєкцій π_3 – площини, перпендикулярної до π_1 і π_2 (рис. 3.2, а).

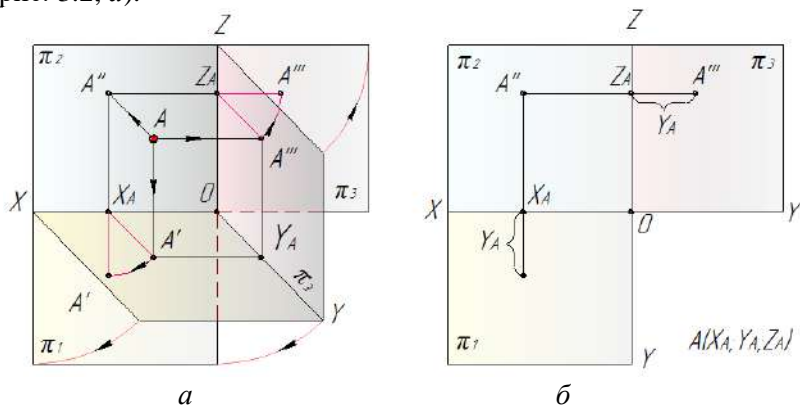


Рисунок 3.2 – Проєкціювання на три площини

Комплексне креслення точки на три площини проєкцій отримують обертанням горизонтальної площини проєкцій π_1 навколо осі OX і профільної площини проєкцій π_3 обертанням навколо осі OZ та суміщенням їх з фронтальною площиною проєкцій π_2 (рис. 3.2, б).

Проєкції A' , A'' , A''' довільної точки A простору розташовані у проєкційному зв'язку на лініях, що перпендикулярні до відповідних осей координат: $A'A'' \perp OX$, $A''A''' \perp OZ$

(рис. 3.2, б). Проекція A''' називається профільною проекцією точки A .

Положення проєкції точки на площині визначають дві координати:

$A(x, y)$; $A''(x, z)$; $A'''(y, z)$.

При побудові профільної проєкції використовують наступні способи побудов (рис. 3.3, а, б, в):

– проєкціовальний (рис. 3.3, а);

– координатний (рис. 3.3, б);

– з використанням постійної прямої (рис. 3.3, в), яку проводять під кутом 45° до вертикальної (або горизонтальної) лінії зв'язку. В нарисній геометрії таку пряму називають постійною прямою комплексного кресленика.

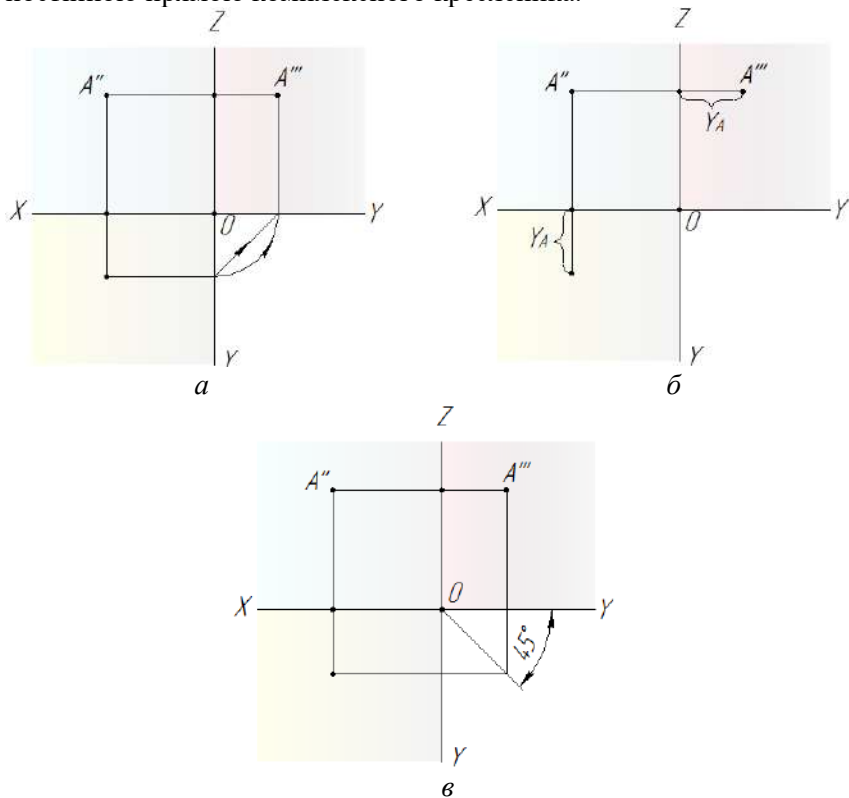


Рисунок 3.3 – Способи побудови профільної проєкції точки

Відносно площин проєкцій точка у просторі визначається трьома координатами – X (координата широти), Y (координата глибини), Z (координата висоти), які визначають величину відстані точки до відповідної площини проєкцій.

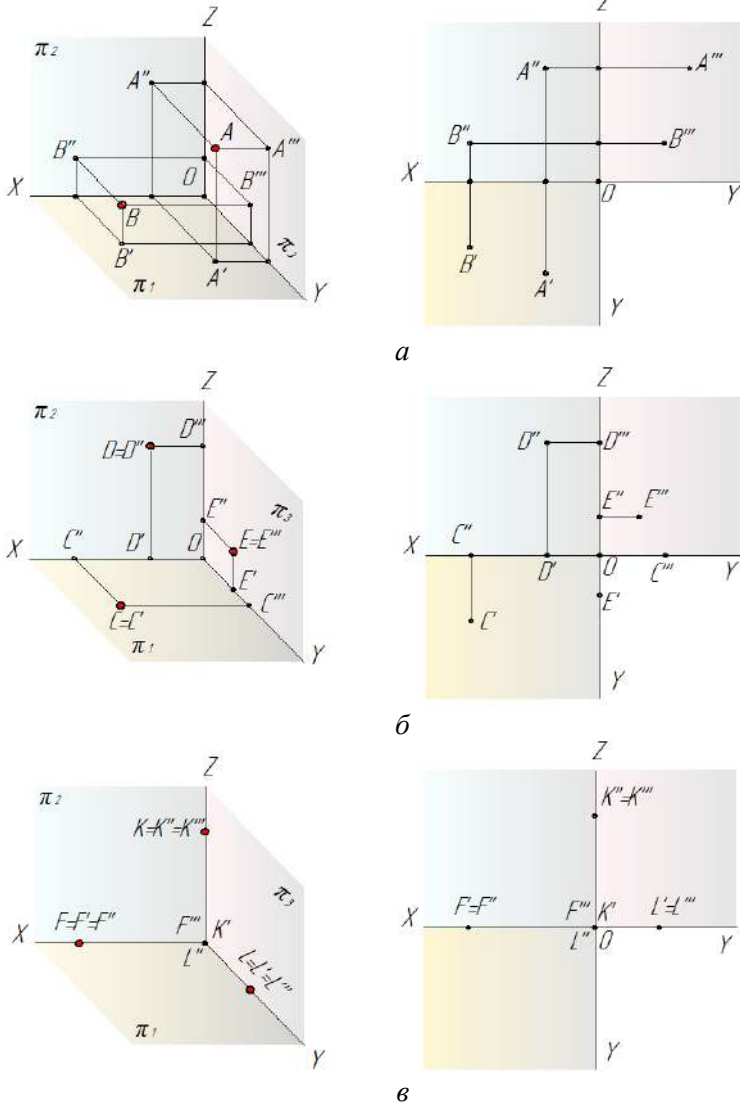


Рисунок 3.4 – Розташування точки відносно площин проєкцій

Координата X – визначає відстань точки від профільної площини проєкцій π_3 .

Координата Y – визначає відстань точки від фронтальної площини проєкцій π_2 .

Координата Z – визначає відстань точки від горизонтальної площини проєкцій π_1 .

Відносно площин проєкцій точки можуть бути розташовані:

- у просторі. Якщо точка лежить у просторі, то вона має три координати, що не дорівнюють нулю (рис. 3.4, *a*);
- на площині проєкцій. Якщо точка лежить на площині проєкцій, то одна координата буде дорівнювати нулю (рис. 3.4, *b*);
- на координатних осях. Якщо точка лежить на осі, то дві її координати дорівнюють нулю (рис. 3.4, *в*).

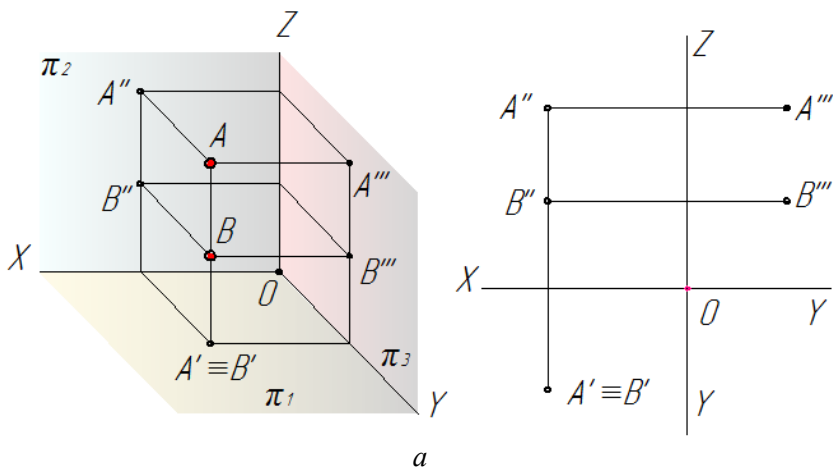
3.3 Конкуруючі точки

Точки, що лежать на одному проєктуючому промені та проєкції яких хоча б на одну з площин проєкцій збігаються, називаються *конкуруючими*.

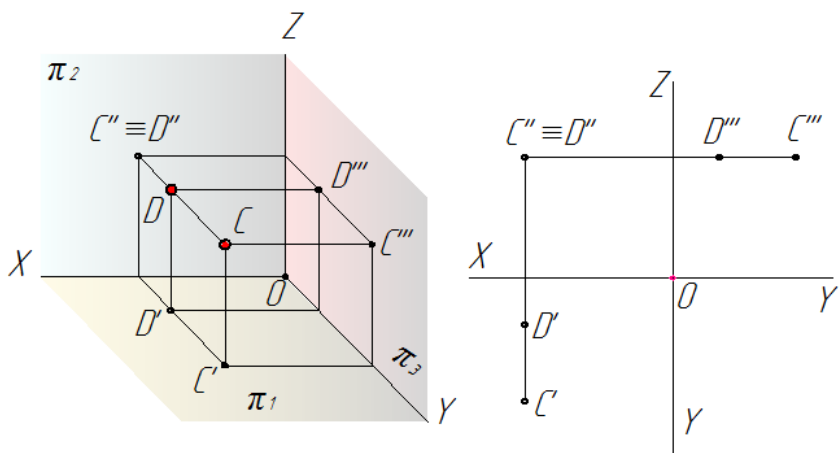
Конкуруючі точки застосовуються при визначенні видимості неперозорих фігур.

Точки, розташовані на одній горизонтально-проєкційній прямій, називаються конкуруючими відносно горизонтальної площини проєкцій. З двох точок A і B (рис. 3.5, *a*), видима та, висота якої більше (A – видима, B – невидима).

Точки, розташовані на одній фронтально-проєкційній прямій, називаються конкуруючими відносно фронтальної площини проєкцій. З двох точок C і D (рис. 3.5, *b*), видима та точка, у якої більше глибина (C – видима, D – невидима). На рисунку 3.5, *a* точка A знаходиться над точкою B , а точка C знаходиться перед точкою D .



a



б

Рисунок 3.5 – Конкуруючі точки

На рисунку 3.6 розглянуто приклад визначення видимості ребер піраміди на комплексному кресленні.

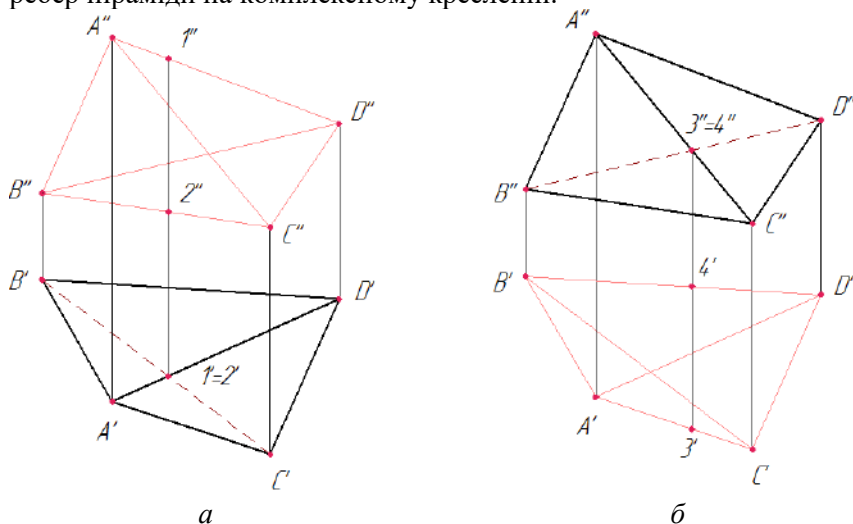


Рисунок 3.6 – Визначення видимості ребер піраміди

Для визначення видимості на горизонтальній площині проєкцій потрібно знайти точки, конкуруючі відносно π_1 (рис. 3.6, а). Ребра $A'B'$, $B'D'$, $D'C'$ і $A'C'$ є обрисовими, а тому на горизонтальній проєкції – видимими. Залишається визначити видимість ребер $A'D'$ і $B'C'$. Точки $1 \in AD$ і $2 \in BC$ конкурують на π_1 , оскільки знаходяться на одному проєкційному промені. Фронтальна проєкція точки $1''$ лежить вище, тому вона видима на π_1 , відповідно, видимим є ребро $A'D'$, а ребро $B'C'$ невидиме.

Видимість на фронтальній проєкції (рис. 3.6, б) визначається за допомогою конкуруючих точок $3 \in AC$ та $4 \in BD$. Горизонтальна проєкція точки 3 лежить нижче (глибина точки 3 більше), тому точка $3''$ і ребро $A''C''$ на фронтальній площині проєкції видимі, а точка $4''$ і ребро $B''D''$ невидимі на π_2 .

Приклад 3.1 Побудувати три проекції точки A (рис. 3.7), B (рис. 3.8), C (рис. 3.9), S (рис. 3.10) за їх координатами.

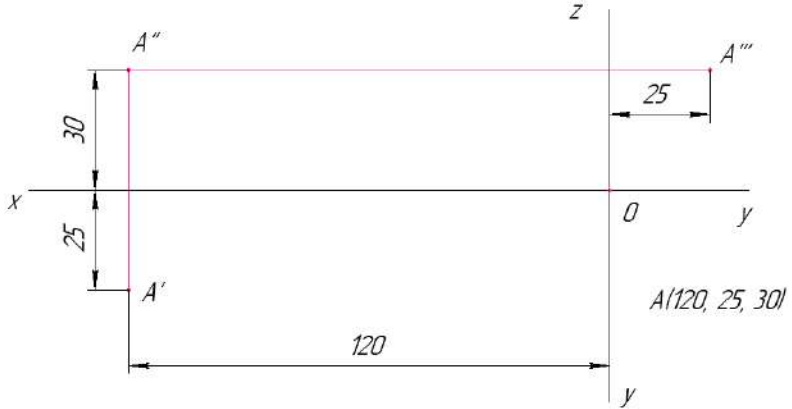


Рисунок 3.7 – Проекції точки A на три площини

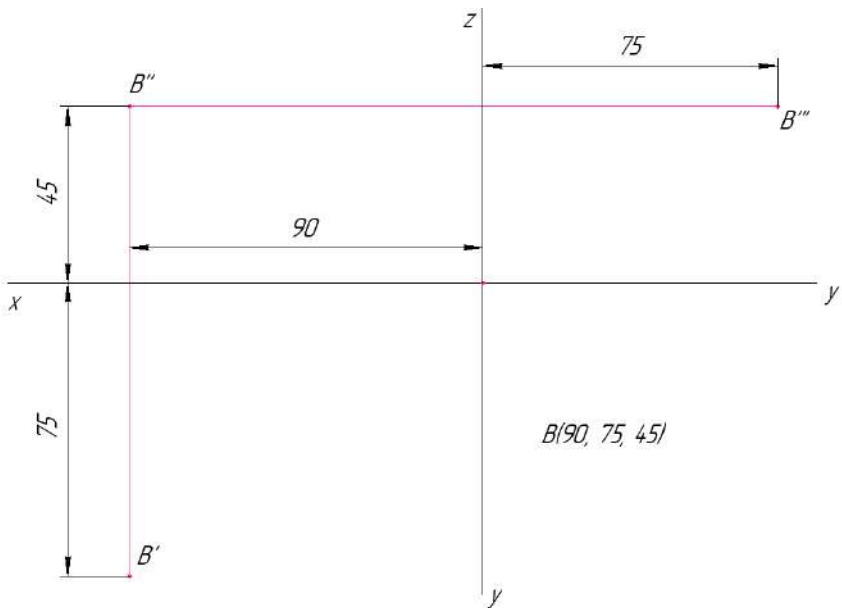


Рисунок 3.8 – Проекції точки B на три площини

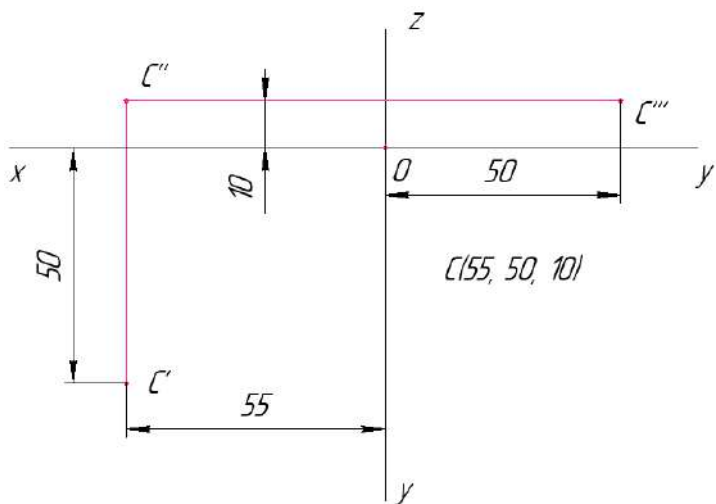


Рисунок 3.9 – Проекції точки C на три площини

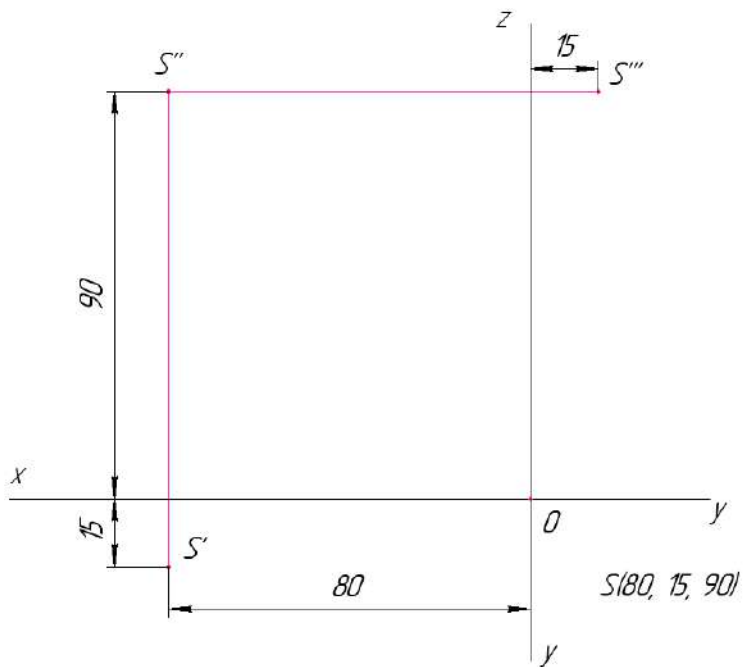


Рисунок 3.10 – Проекції точки S на три площини

Приклад 3.2 За заданими координатами точок $ABCS$ (рис. 3.11) побудувати три проєкції піраміди та визначити видимість ребер.

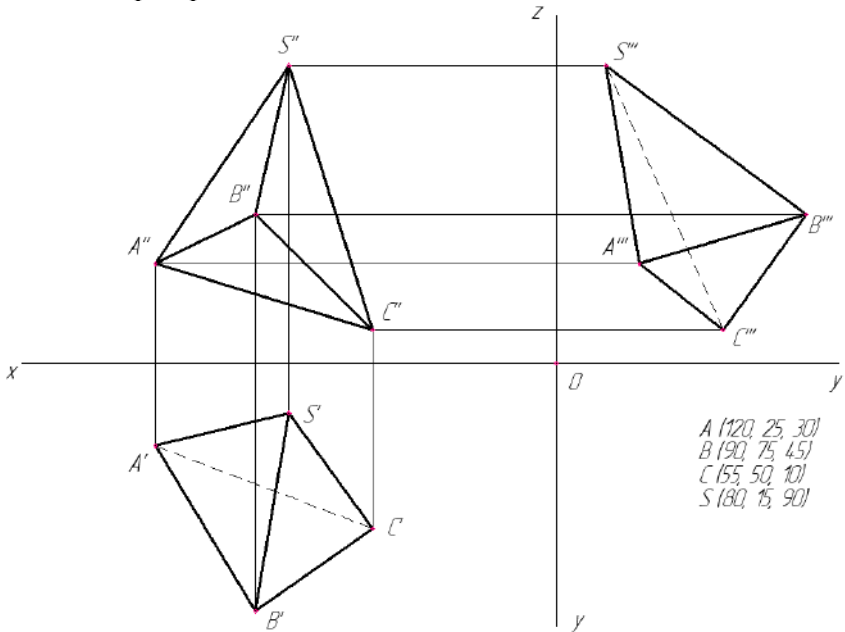


Рисунок 3.11 – Проєкції піраміди

4 КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРЯМОЇ

4.1 Пряма загального положення

Проєкцією прямої на площину проєкцій буде пряма. Пряма на епюрі може бути задана двома точками або точкою і напрямком.

Пряма загального положення – це пряма, довільно розташована відносно площин проєкцій, а її проєкція завжди менше самої прямої (рис. 4.1).

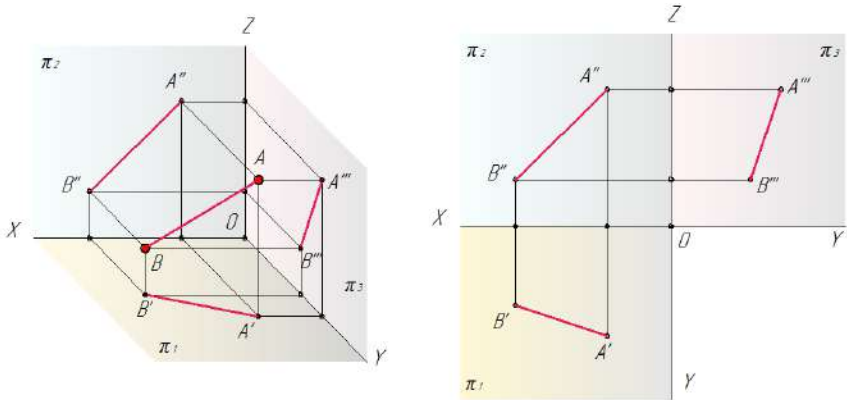


Рисунок 4.1 – Пряма загального положення

4.2 Комплексне креслення прямої особливого положення

Прямі особливого положення – це прямі, що розташовані паралельно або перпендикулярно по відношенню до площин проєкцій.

Прямі, паралельні до площин проєкцій, називаються **прямими рівня**.

Розрізняють такі прямі рівня:

- **горизонтальна пряма** (горизонталь, **h**) - це пряма, паралельна до горизонтальної площини проєкцій. На площину проєкцій π_1 відрізки прямої **h** проєктуються в натуральну величину (рис. 4.2, а);
- **фронтальна пряма** (фронталь, **f**) - це пряма, паралельна до фронтальної площини проєкцій. На площину π_2 відрізки прямої **f** проєктуються в натуральну величину (рис. 4. 2, б);
- **профільна пряма** - це пряма, паралельна до профільної площини проєкцій. Вона позначається буквою **p**. На профільну площину проєкцій π_3 відрізки прямої **p** проєктуються в натуральну величину (рис. 4. 2, в).

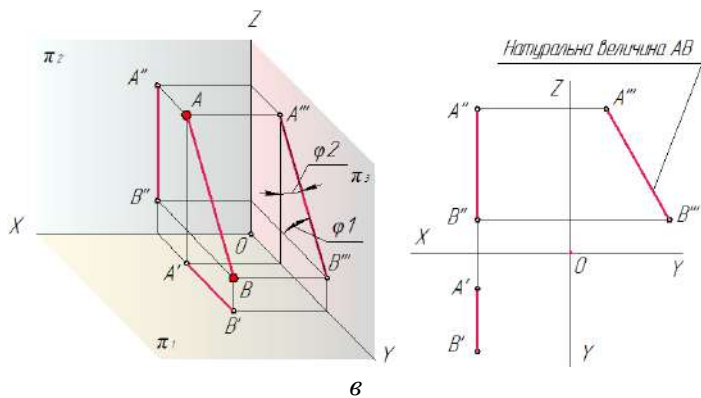
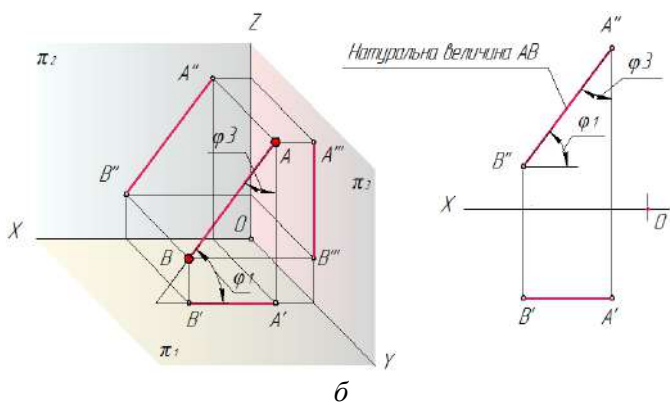
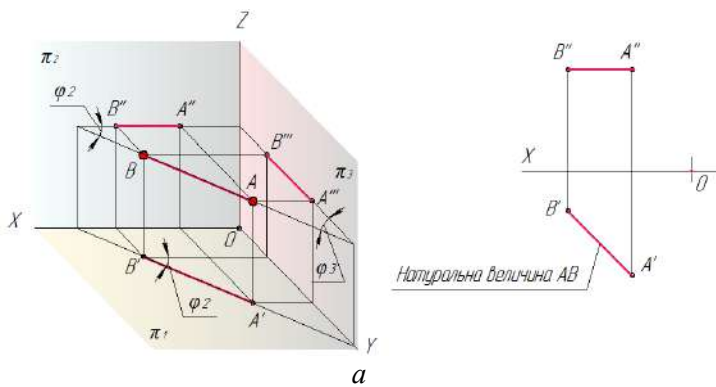
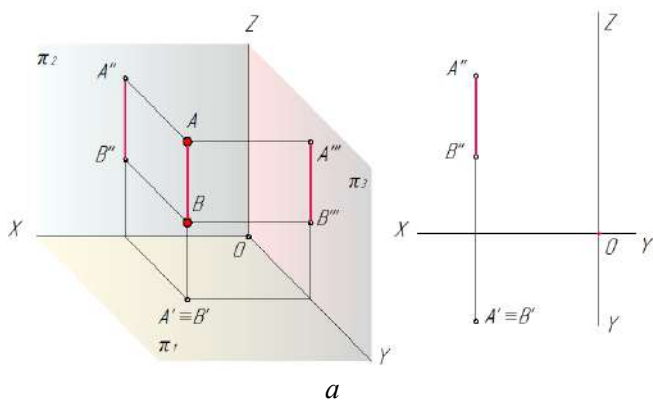
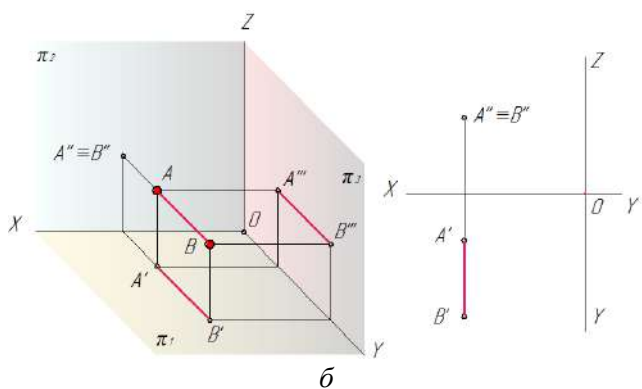


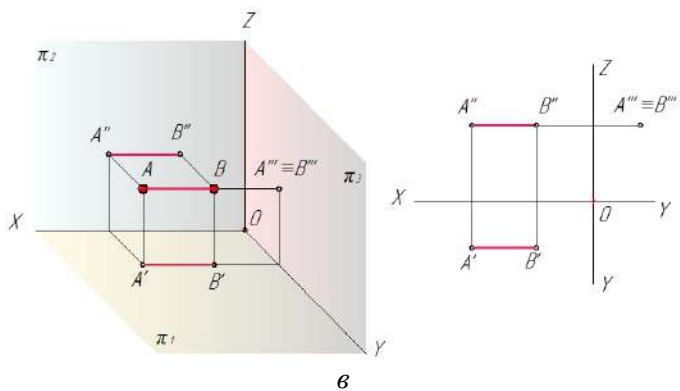
Рисунок 4.2 – Прямі рівня



a



б



в

Рисунок 4.3 – Проекційні прямі

Пряма, перпендикулярна до однієї з площин проєкцій і паралельна до двох інших, називається **проєкційною прямою**.

Розрізняють такі проєкційні прямі:

- **горизонтально-проєкційна пряма** - це пряма, перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій π_1 і паралельна площинам π_2 і π_3 (рис. 4.3, а). Проєкція горизонтально-проєкційної прямої на π_1 це точка ($A' \equiv B'$);
- **фронтально-проєкційна пряма** - це пряма, перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій π_2 і паралельна площинам π_1 і π_3 (рис. 4.3, б);
- **профільно-проєкційна пряма** - це пряма, перпендикулярна до профільної площини проєкцій π_3 і паралельна площинам π_1 і π_2 (рис. 4.3, в).

4.3 Взаємне положення двох прямих у просторі

Дві прямі в просторі можуть перетинатися, бути паралельними або мимобіжними.

Прямі, що **перетинаються**. Якщо прямі в просторі перетинаються, то на комплексному кресленні їх однойменні проєкції теж перетинаються між собою у точці, проєкції якої лежать на одній лінії зв'язку (рис. 4.4; т. **К**).

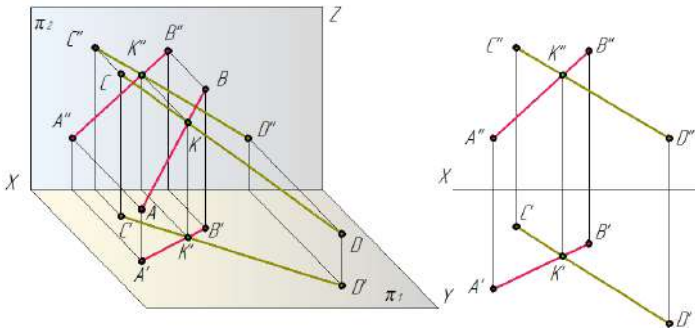


Рисунок 4.4 – Прямі, що перетинаються

Паралельні прямі. Якщо в просторі прямі паралельні, то і їх однойменні проєкції паралельні між собою $A''B'' \parallel C''D''$, $A'B' \parallel C'D'$ (рис. 4.5).

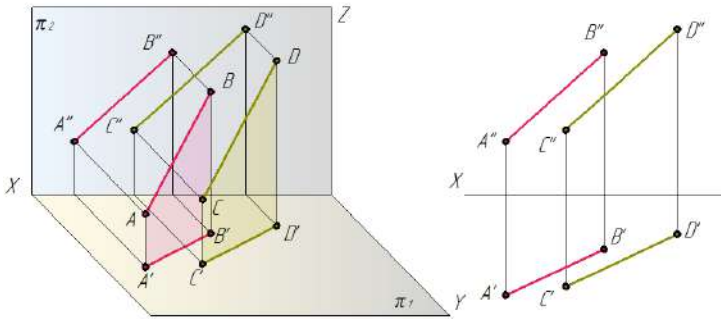


Рисунок 4.5 – Паралельні прямі

Мимобіжні прямі. Прямі, які в просторі не паралельні і не перетинаються між собою називаються мимобіжними. Точки перетину однойменних проєкцій цих прямих не лежать на одній лінії зв'язку (рис. 4.6).

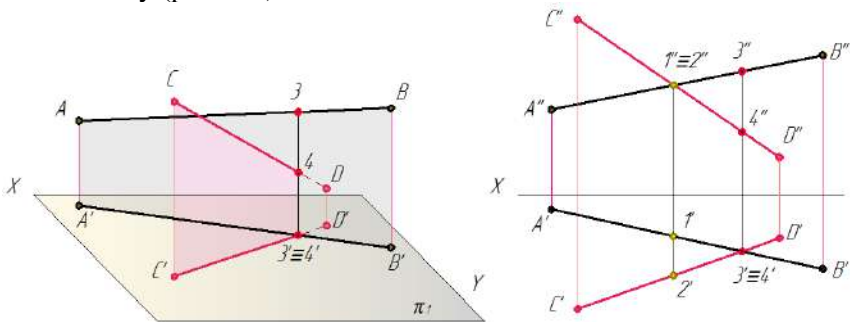


Рисунок 4.6 – Мимобіжні прямі

4.4 Визначення натуральної величини відрізка прямої

Натуральну величину відрізка визначають як гіпотенузу прямокутного трикутника, одним з катетів якого є горизонтальна (або фронтальна) проєкція відрізка, іншим – різниця відстаней від кінців відрізка до горизонтальної (або фронтальної) площини проєкцій (рис. 4.7).

Кут нахилу прямої лінії до площини проєкцій визначається як кут між прямою і її проєкцією на цю площину.

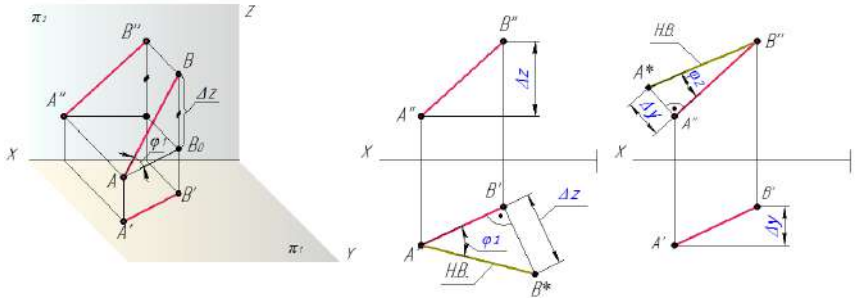


Рисунок 4.7 – Визначення натуральної величини відрізка прямої

На рисунку 4.8 розглянуто приклад визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення.

Дійсну величину (AB) відрізка прямої AB знаходять як гіпотенузу (A^0B' ; A^0B'' ; B^0A''') прямокутного трикутника, побудованого на катетах, один з яких є сама проекція відрізка ($A'B'$; $A''B''$; $A'''B'''$), а інший – різниця відсутніх координат (наприклад, якщо побудова проводиться на горизонтальній площині проєкцій, то це буде різниця координат Z точок A і B , тобто $\Delta Z = Z_B - Z_A$ (рис. 4.8).

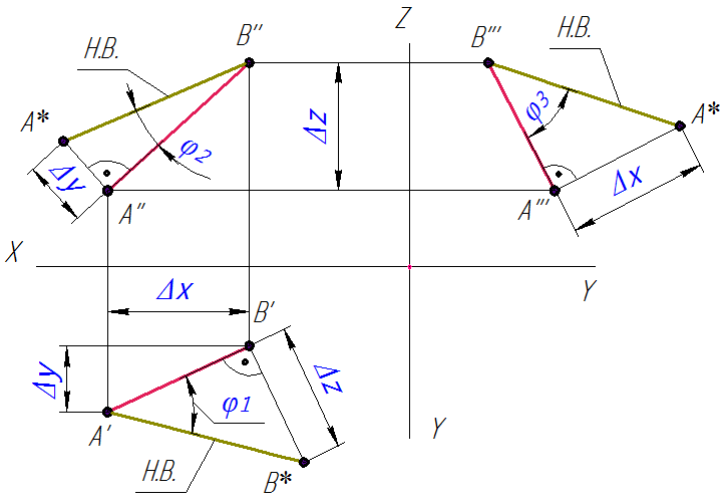


Рисунок 4.8 – Визначення натуральної величини відрізка прямої

На рисунку 4.9 показана побудова натуральної величини ребра піраміди.

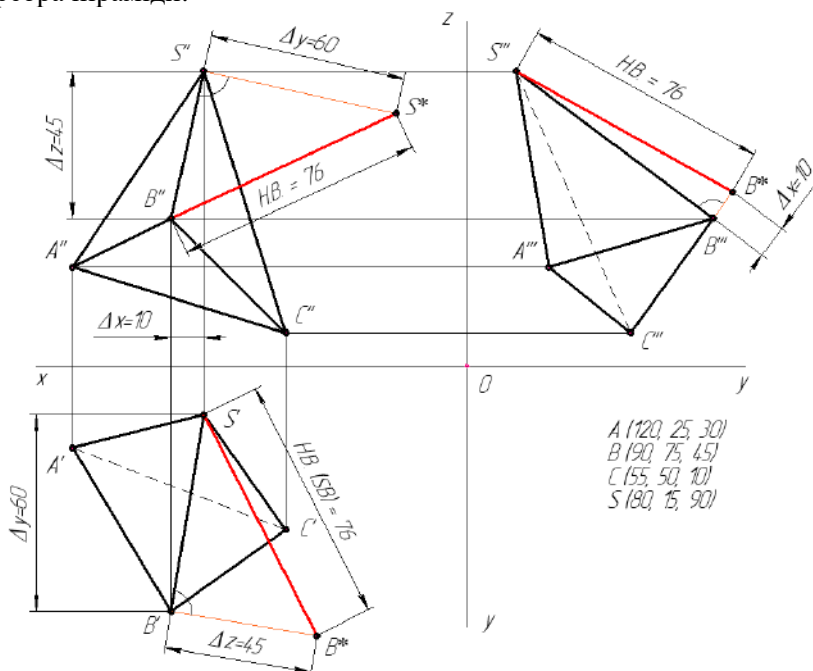


Рисунок 4.9 – Визначення натуральної величини ребра піраміди

4.5 Положення точки і прямої

Якщо точка у просторі належить прямій, то її проєкції належать відповідним проєкціям цієї прямої.

Точка A (рис. 4.10) належить прямій l , тому що її проєкції A' і A'' розташовані на відповідних проєкціях прямої.

Точки B і F не належать прямій l , тому що одна з проєкцій кожної точки не лежить на проєкції цієї прямої.

Точка, що не лежить на прямій може займати різне положення відносно цієї прямої. Наприклад: точка B знаходиться над прямою l , а точка C - за прямою l .

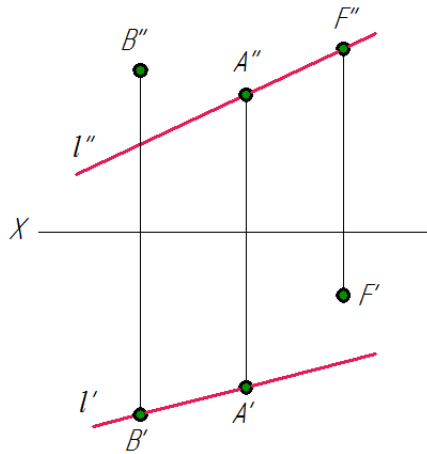


Рисунок 4.10 – Визначення положення точки і прямої

5 КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ПЛОЩИНИ

5.1 Зображення площини на комплексному кресленні

Площина на епюрі може бути задана проєкціями трьох точок, проєкціями прямої і точки, що не лежить на цій прямій, проєкціями двох паралельних або прямих, що перетинаються або проєкціями плоским фігур (рис. 5.1).

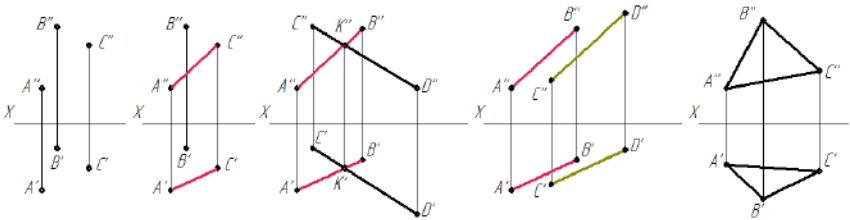


Рисунок 5.1 – Приклади зображення площини на кресленні

Окремим випадком задання площини є задання її проєкціями слідів цієї площини.

Слідами площини називають прямі лінії, за якими площина перерізає відповідні площини проєкцій (рис. 5.2).

h_{α} – горизонтальний слід площини α ;

f_{α} – фронтальний слід площини α ;
 p_{α} – профільний слід площини α .

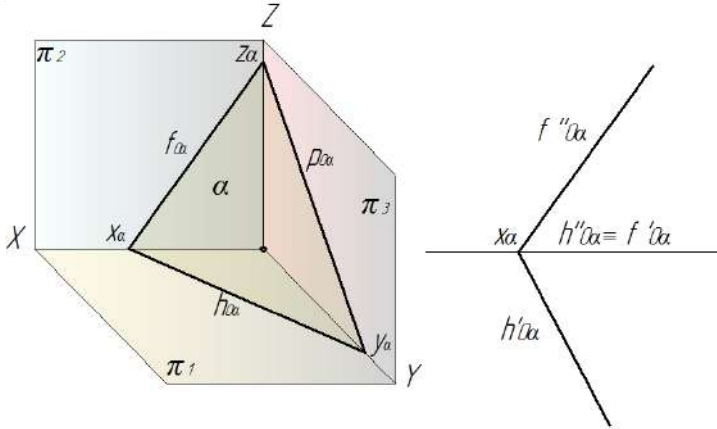


Рисунок 5.2 – Сліди площини

Точки (X_{α} Y_{α} Z_{α}) перетину слідів площини α з осями координат називають точками сходження слідів.

5.2 Площина загального положення

Площина, довільно розташована відносно площин проєкцій, називається площиною **загального** положення (рис. 5.3).

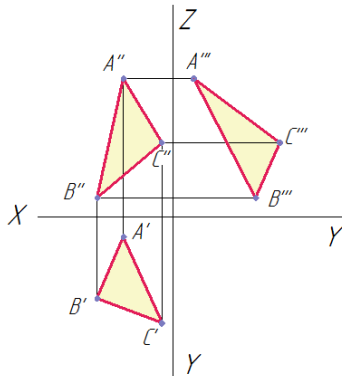


Рисунок 5.3 – Площина загального положення

5.3 Окремі випадки розташування площини в просторі

Площина, перпендикулярна до будь-якої площини проєкцій, називається **проєкційною**.

- Площина \perp до горизонтальної площини проєкцій π_1 називається **горизонтально-проєкційною** (рис. 5.4).

Фронтальний слід $f''_{\alpha} \perp$ осі OX ; горизонтальний слід h'_{α} розташований під будь-яким кутом φ_2 .

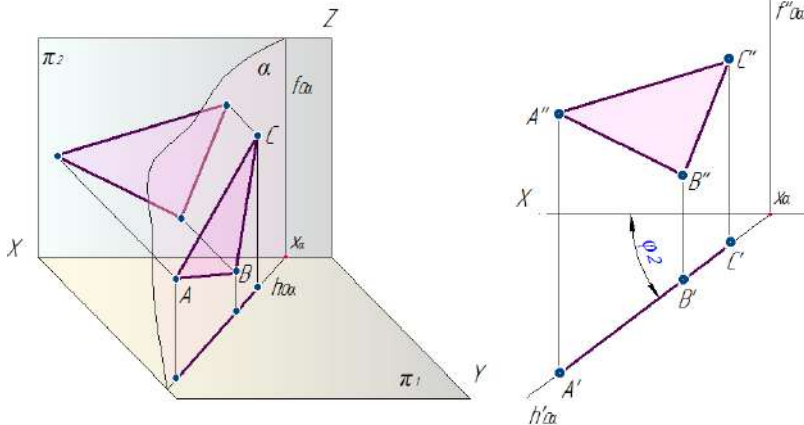


Рисунок 5.4 – Горизонтально-проєкційна площина

- Площина \perp до фронтальної площини проєкцій π_2 називається **фронтально-проєкційною** (рис. 5.5).

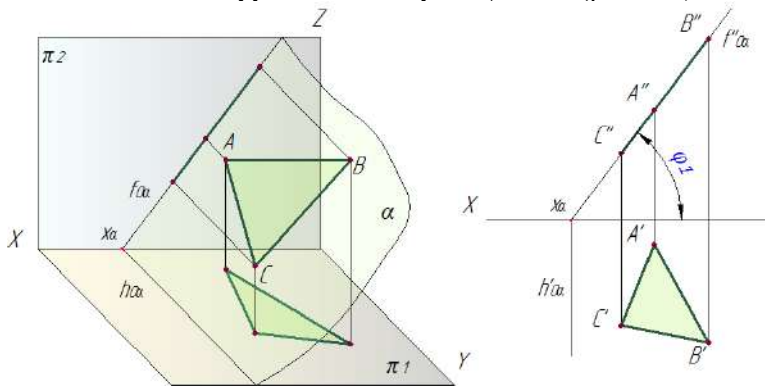


Рисунок 5.5 – Фронтально-проєкційна площина

- Площина \perp до профільної площини проєкцій π_3 називається **профільно-проєкційною** (рис. 5.6).

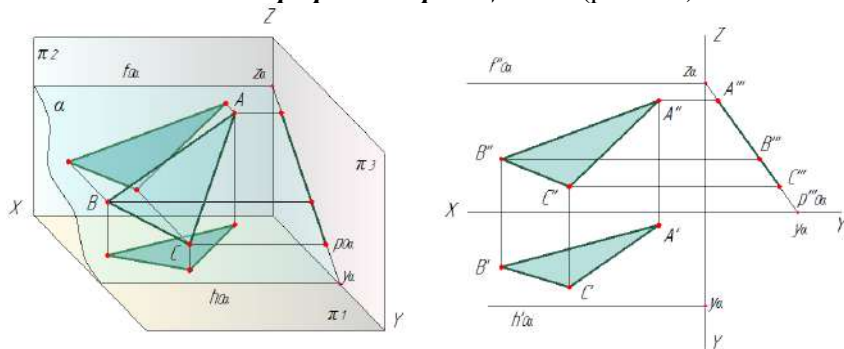


Рисунок 5.6 – Профільно-проєкційна площина

Ознаки проєкційних площин:

- площина проєкується у пряму лінію на ту площину проєкцій, до якої вона перпендикулярна;
- проєкційну площину можна задати лише одним слідом - проєкцією, який має збиральну властивість (точки, лінії, фігури, що належать проєкційній площині, проєктуються на слід - проєкцію цієї площини).

Площина, паралельна до будь-якої площині проєкцій, називається **площиною рівня**. Площини рівня одночасно перпендикулярні до двох інших площин проєкцій.

Площини рівня:

- площина, паралельна до горизонтальної площини π_1 та перпендикулярна до фронтальної π_2 і профільної π_3 площин проєкцій, називається **горизонтальною площиною** (рис. 5.7)

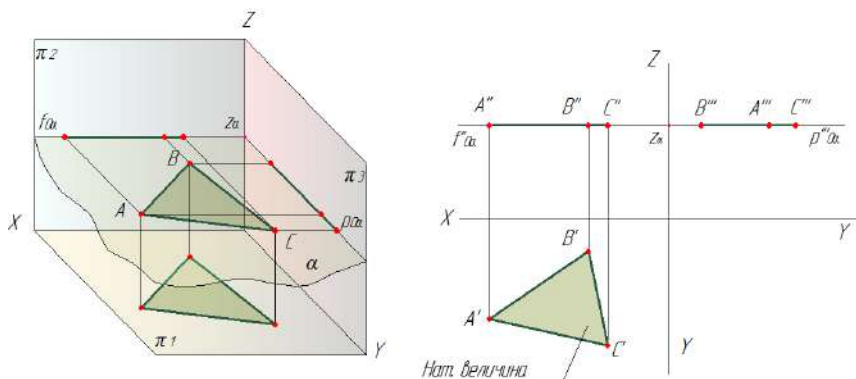


Рисунок 5.7 – Горизонтальна площина

- площина, паралельна до фронтальної площини проєкцій π_2 та перпендикулярна до горизонтальної π_1 і профільної π_3 площин проєкцій, називається **фронтальною площиною** (рис. 5.8)

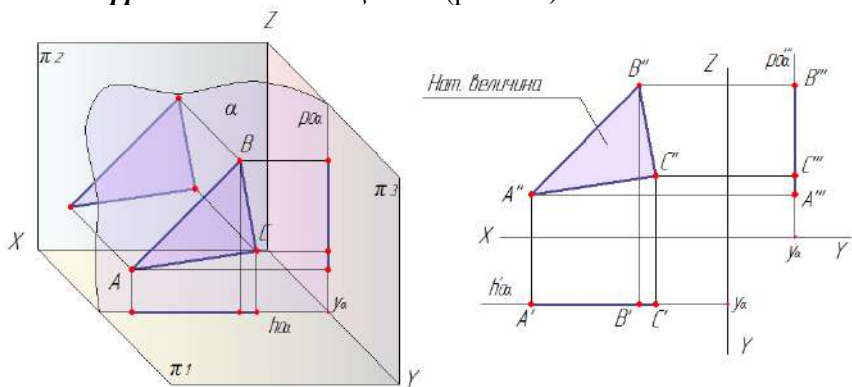


Рисунок 5.8 – Фронтальна площина

- площина, паралельна до профільної π_3 площини проєкцій та перпендикулярна до горизонтальної π_1 і фронтальної π_2 площин проєкцій, називається **профільною площиною** (рис. 5.9)

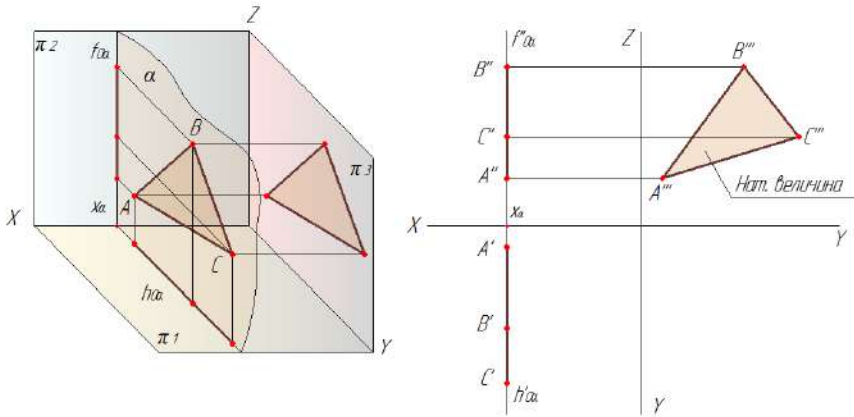


Рисунок 5.9 – Профільна площина

Будь-яка фігура, що належить площині рівня, проєктується на відповідну площину проєкцій в натуральну величину.

5.4 Пряма і точка на площині

Пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать цій площині (рис. 5.10, а), або через одну її точку паралельно іншій прямій, що належить цій площині (рис. 5.10, б).

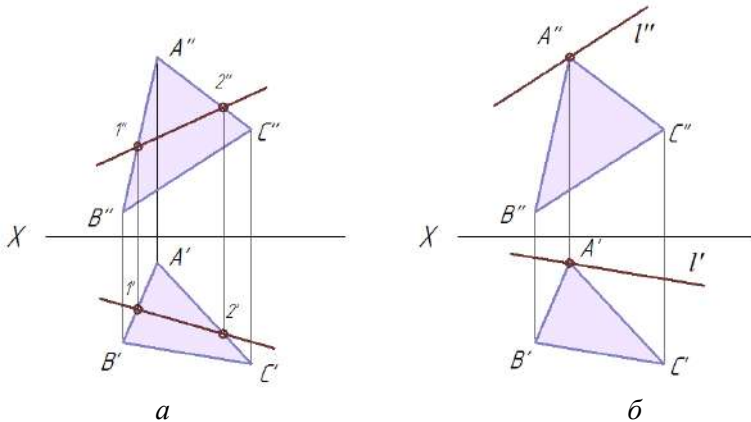


Рисунок 5.10 – Належність прямої площині

Точка належить площині, якщо вона лежить на прямій, що належить цій площині. Для визначення відсутньої проєкції точки, яка лежить у площині (рис. 5.11, а) необхідно спочатку побудувати проєкції прямої, яка проходить через цю точку і лежить у площині і на цих проєкціях прямої позначити проєкції точки (рис. 5.11, б)

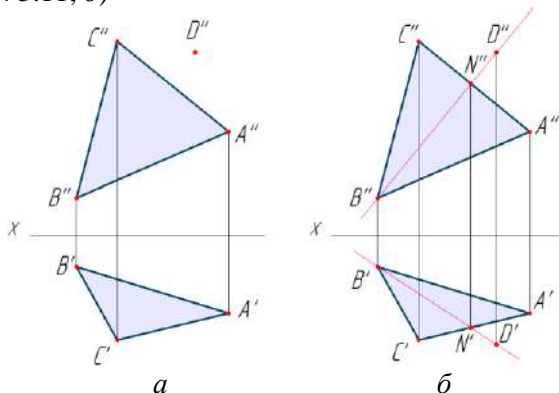


Рисунок 5.11 – Побудова відсутньої проєкції точки

5.5 Головні лінії площини

До прямих, які займають особливе положення в площині, відносять горизонталі, фронталі і профільні прямі:

- пряма, що лежить в площині загального положення і паралельна горизонтальній площині проєкцій π_1 , називається **горизонталлю** площини (рис. 5.12).

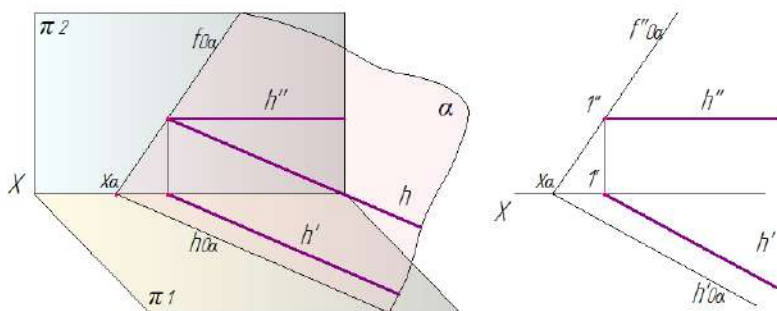


Рисунок 5.12 – Горизонталь площини

На рисунку 5.13 дані приклади побудови горизонталі в площинах загального положення, заданих трикутниками.

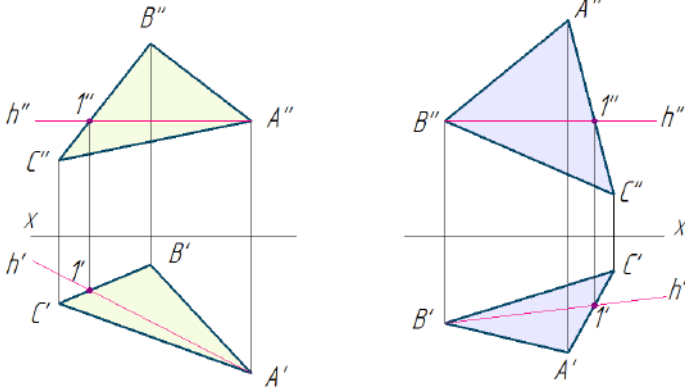


Рисунок 5.13 – Горизонталь площини трикутника

Побудову горизонталі h площини трикутника ABC загального положення починають з проведення фронтальної проєкції горизонталі - h'' , паралельної осі X .

- Пряма, що лежить в площині загального положення і паралельна фронтальній площині проєкцій π_2 , називається **фронталлю** площини (рис. 5.14).

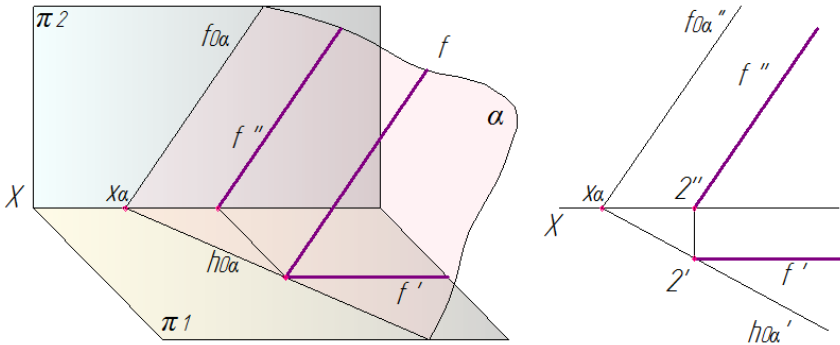


Рисунок 5.14 – Фронталь площини

На рисунку 5.15 дані приклади побудови фронталі в площинах загального положення, заданих трикутниками.

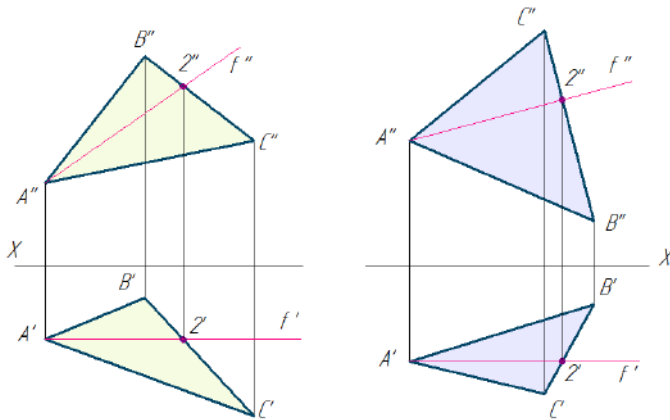


Рисунок 5.15 – Фронталь площини трикутника

Побудову фронталі f площини починають з проведення її горизонтальної проєкції f' , яку проводять паралельно осі X .

5.6 Взаємне положення двох площин

Площини в просторі можуть перетинатися і бути паралельними.

Паралельні площини. Дві площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини відповідно паралельні двом прямим, що перетинаються, другої площини.

Площини особливого положення паралельні тоді, коли паралельні їх однойменні сліди (рис. 5.16).

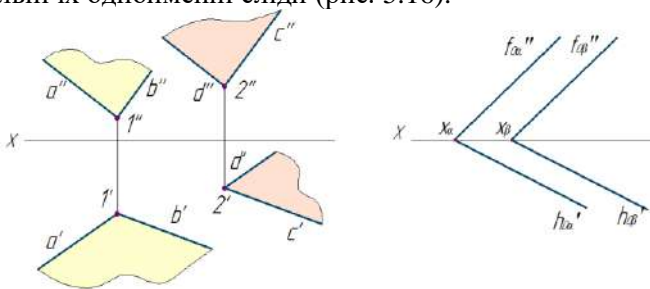


Рисунок 5.16 – Паралельні площини

Площини, що перетинаються. Загальним геометричним образом двох площин, що перетинаються є пряма лінія. Для побудови лінії перетину площин необхідно знайти дві спільні точки (рис. 5.17, а, в). або точку і напрямок лінії перетину (рис. 5.17, б).

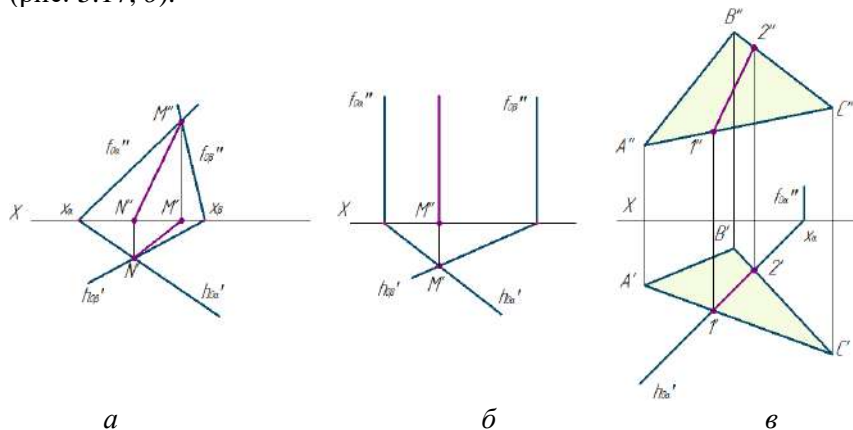


Рисунок 5.17 – Площини, що перетинаються

5.7 Взаємне положення прямої та площини

Взаємні положення прямої лінії і площини у просторі можуть бути:

- **пряма паралельна площині**, якщо вона паралельна будь-якій прямій, що лежить в площині (рис. 5.18);

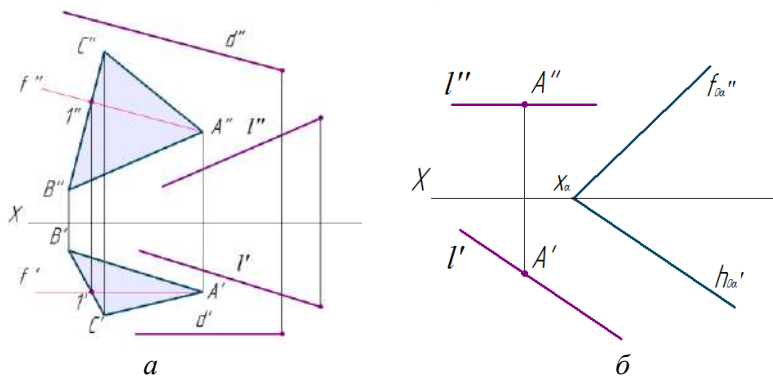


Рисунок 5.18 – Пряма паралельна площині

- **пряма і площина перетинаються.** Для знаходження точки перетину прямої з площиною спочатку пряму заключають в допоміжну площину (горизонтально- або фронтально-проекційну площину). Знаходять лінію перетину двох площин (заданої і допоміжної). Далі визначають точку перетину прямих, яка і є точкою перетину заданих прямої і площини.

Окремим випадком перетину прямої з площиною – є перпендикуляр до площини. Побудова перпендикуляру до площини виконується на основі наступного положення: якщо пряма перпендикулярна до площини, то її проєкції перпендикулярні до однойменних слідів площини, а також до відповідних проєкцій головних ліній площини (рис. 5.19).

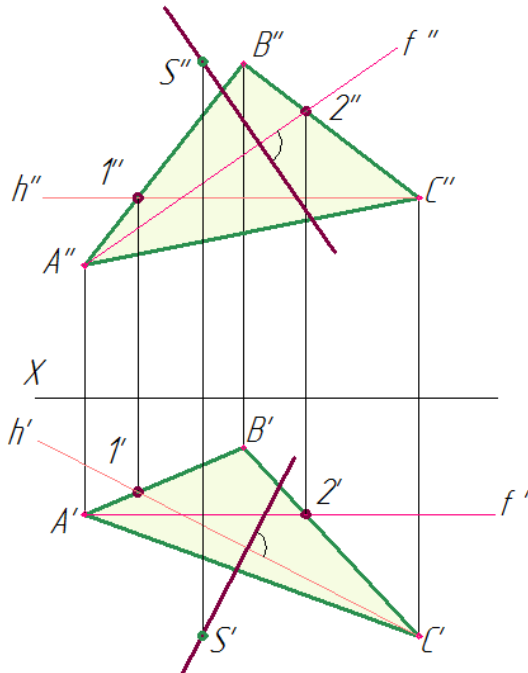


Рисунок 5.19 – Пряма перпендикулярна до площини

5.8 Визначення відстані від точки до площини

Розв'язання задачі загальним методом потребує знань та навичок, отриманих при вивченні попередніх тем:

- Проекціювання точки.
- Проекціювання відрізка прямої.
- Особливі положення прямих у площині.
- Введення прямої в проєкційну площину.
- Проведення перпендикуляра до площини.
- Визначення точки зустрічі прямої з площиною загального положення.

- Визначення дійсної величини відрізка прямої загального положення методом прямокутного трикутника.

- Будування лінії перерізу двох площин.

Початковими даними для рішення цієї задачі є площина загального положення задана трикутником ABC та точка S . (рис. 5.20).

Як відомо, в просторі відстань від точки до площини знаходиться на перпендикулярі, проведеному до площини.

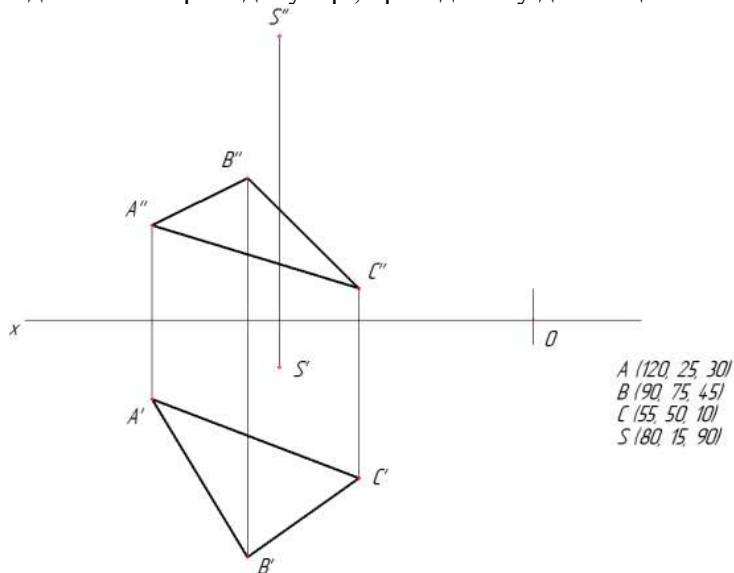


Рисунок 5.20 – Початкові дані

На рисунках 5.21 - 5.29 дано поетапне рішення задачі:
 - будують головні лінії – горизонталь (h' ; h'') і фронталь (f' ; f''). Побудову починають з виконання умови: $h'' \parallel$ осі OX ; $f' \parallel$ осі OY (рис. 5.21, 5.22).

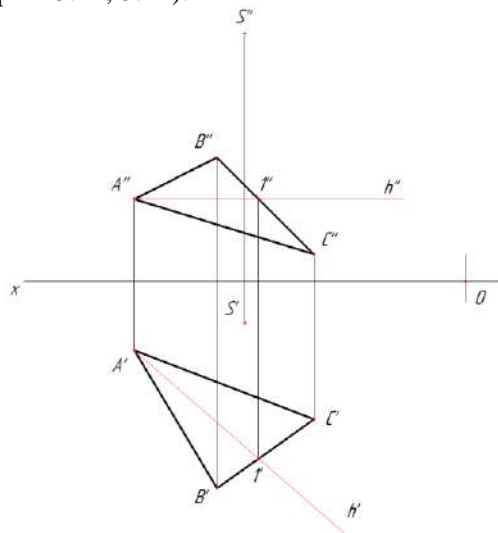


Рисунок 5.21 – Побудова горизонталі

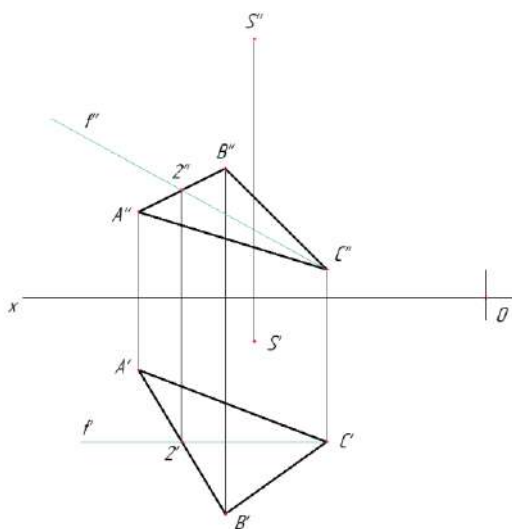


Рисунок 5.22 – Побудова фронталі

- будуть перпендикуляр до площини загального положення $\triangle ABC$ за умовою: $(S' \perp l') \perp h'$; $(S'' \perp l'') \perp f''$ (рис. 5.23, 5.24).

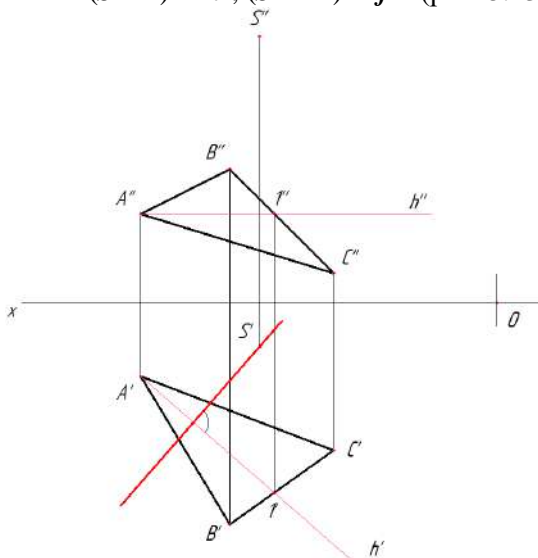


Рисунок 5.23– Горизонтальна проєкція перпендикуляра

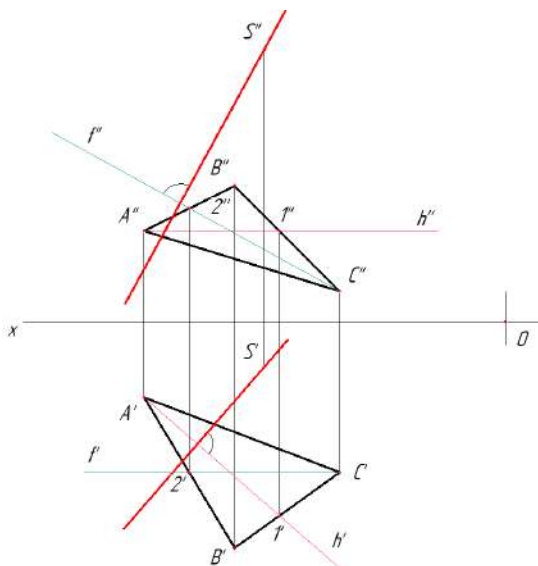


Рисунок 5.24 – Фронтальна проєкція перпендикуляра

- перпендикуляр (рис. 5.25) вводять у горизонтально-проекційну (або у фронтально-проекційну) площину $\alpha(h'_{0\alpha}, f''_{0\alpha})$

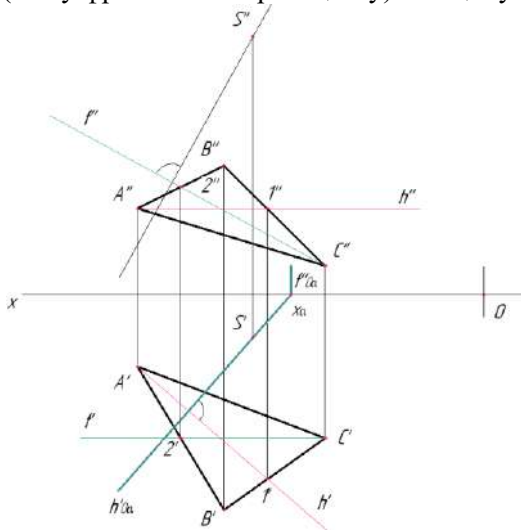


Рисунок 5.25 – Перпендикуляр у горизонтально-проекційній площині

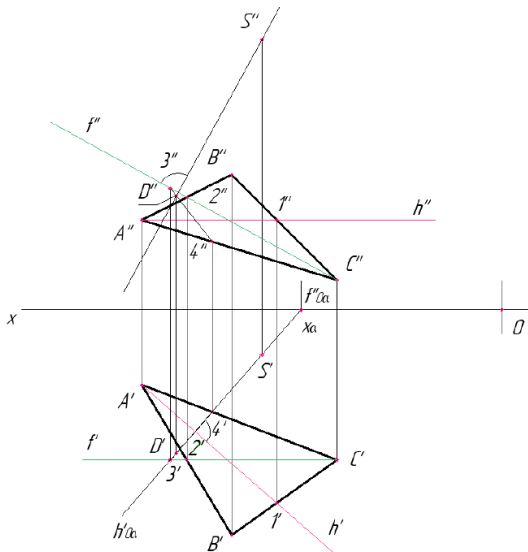


Рисунок 5.26 – Побудова лінії перетину

- будують лінію перетину (відрізок 3-4) площини загального положення ΔABC з горизонтально-проєкційною (або фронтально-проєкційною) площиною $\alpha(h'_{0\alpha}, f'_{0\alpha})$. У випадку, якщо площиною $\alpha(h'_{0\alpha}, f'_{0\alpha})$ є горизонтально-проєкційна площина, горизонтальну проєкцію лінії перетину 3'-4' шукають на перетині горизонтального сліда $h'_{0\alpha}$ площини α з горизонтальною проєкцією площини $\Delta A'B'C'$. Точки 3' та 4' шукають на перетині $h'_{0\alpha}$ з будь-якими сторонами $\Delta A'B'C'$ або прямими, що належать площині трикутника – з прямими h' ; f' (рис. 5.27).

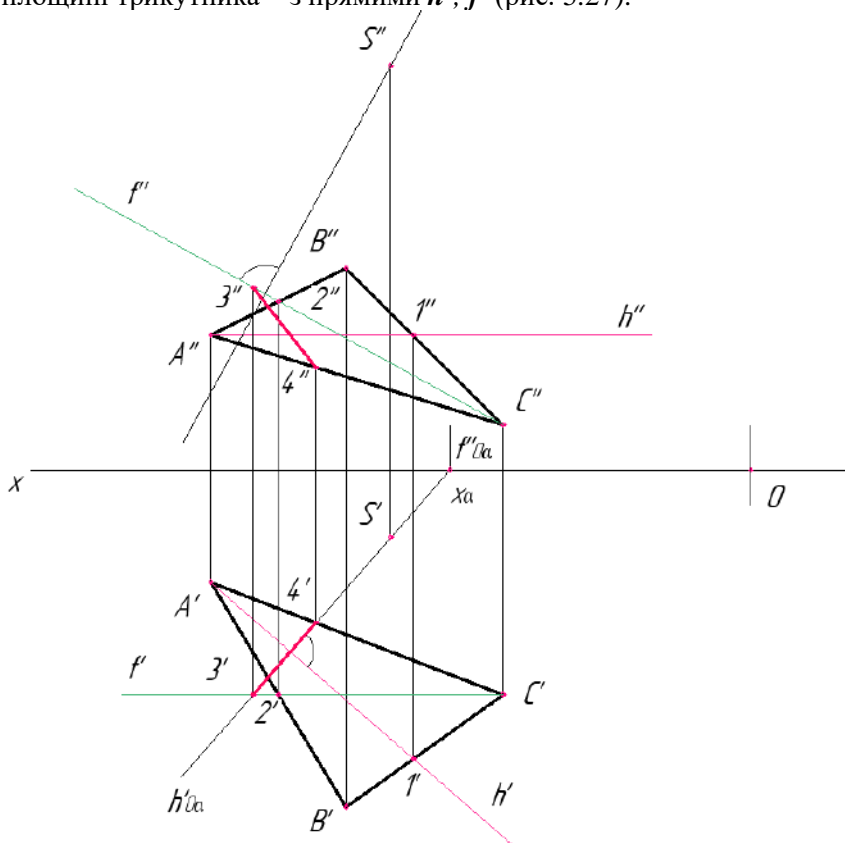


Рисунок 5.27 – Побудова лінії перетину

- визначають точку перетину (рис. 5.28) перпендикуляру з лінією 3-4 – точку D : $(3''-4'') \cap (S'' \perp \alpha'') = D'' \rightarrow D' \in 3'-4'$

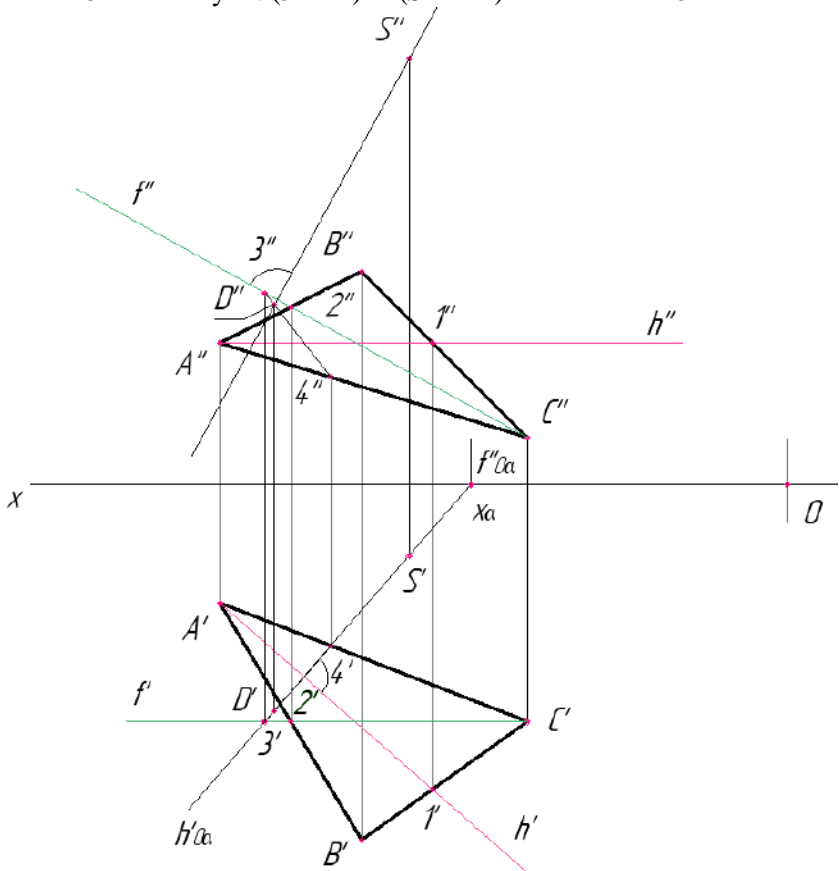


Рисунок 5.28 – Визначення точки перетину

- визначають натуральну величину (рис. 5.29) відстані SD способом прямокутного трикутника.

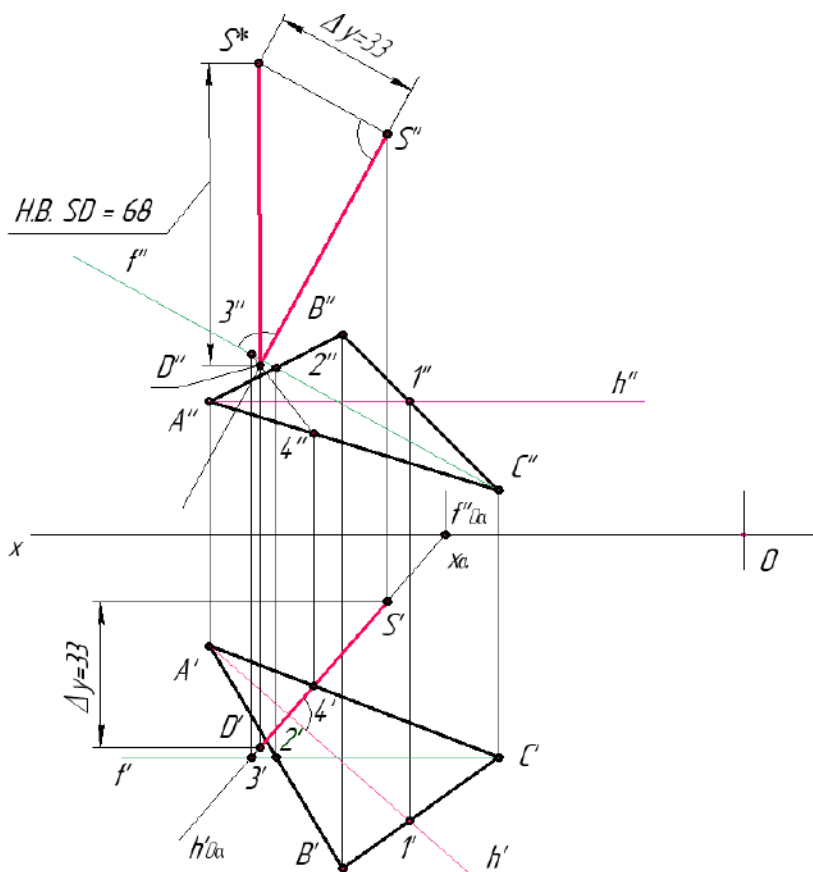


Рисунок 5.29 – Визначення відстані від точки до площини

6 ПОВЕРХНІ

Поверхня - безліч послідовних положень лінії при переміщенні її в просторі. Таку лінію називають твірною поверхні. Вона може бути прямою або кривою. Закон переміщення твірної може бути заданий теж лініями, але іншого напрямку, ніж твірна. Ці лінії називають напрямними. Сукупність декількох послідовних положень твірної та напрямних створює каркас поверхні (рис. 6.1).

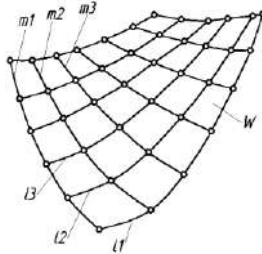


Рисунок 6.1 – Визначники поверхонь

Будь-яку поверхню можна отримати різними способами. Так, прямий циліндр (рис. 6.2) можна утворити обертанням твірної l навколо осі i . Той же циліндр можна теж утворити переміщенням кола m з центром в точці O вздовж осі i . Кожна крива k , яка лежить на поверхні циліндра, утворює цю поверхню при обертанні навколо осі i .

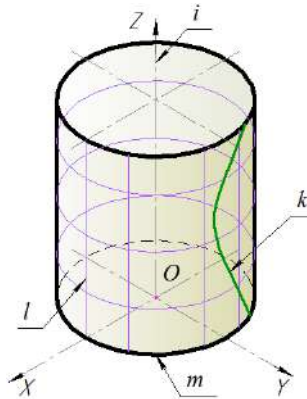


Рисунок 6.2 – Утворення циліндричної поверхні

Залежно від форми твірної всі поверхні можна розділити на лінійчасті (твірна – пряма лінія) і нелінійчасті (твірна – крива лінія). Поверхні лінійчасті поділяються на поверхні, що розгортаються і можуть бути накладені на площину без розривів і складок (циліндрична, конічна тощо), і ті, що не розгортаються і не можуть бути суміщені з площиною без деформації (циліндроїд, коноїд тощо).

6.1 Гранні поверхні і багатогранники

Гранні поверхні утворюються переміщенням прямолінійної твірної l за ламаною напрямною m . При цьому, якщо одна з точок твірної S нерухома, створюється пірамідальна поверхня (рис. 6.3, а), коли твірна при переміщенні паралельна заданому напрямку S , тоді утворюється призматична поверхня (рис. 6.3, б).

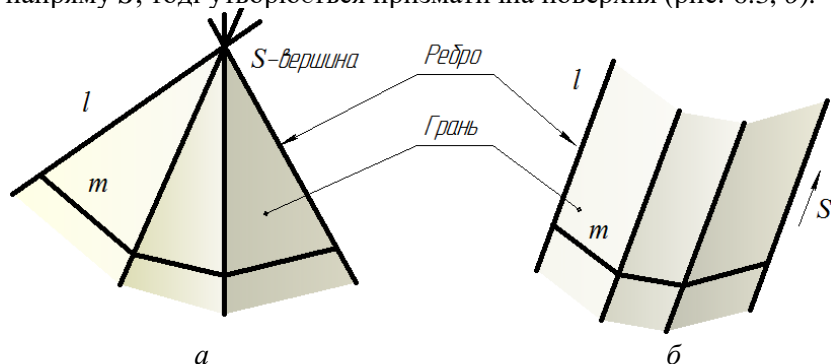


Рисунок 6.3– Утворення гранних поверхонь:
а) пірамідальної; б) призматичної

Елементами гранних поверхонь є : вершина S , грань, ребро (рис. 6.3).

Замкнуті гранні поверхні, утворені деякою кількістю (не менше чотирьох) граней, називаються багатогранниками.

Піраміда – багатогранник, в основі якого лежить багатокутник, а бічні грані – трикутники з загальною вершиною S (рис. 6.4).

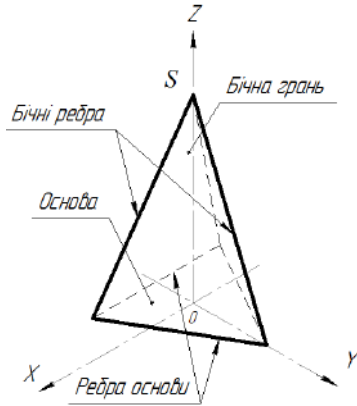


Рисунок 6.4 – Назви складових елементів піраміди

На комплексному кресленні піраміда задається проєкціями її вершин і ребер з урахуванням видимості, яка визначається за допомогою конкуруючих точок (рис. 6.5).

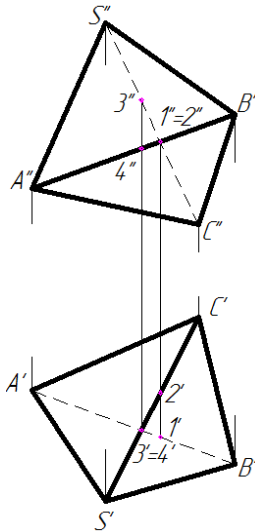


Рисунок 6.5 – Визначення видимості ребер піраміди

Призма – багатогранник, у якого основи – два однакових і взаємно паралельних багатогранника, а бічні грані – паралелограми (рис. 6.6).

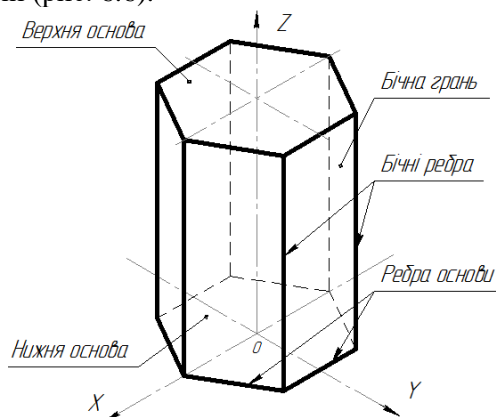


Рисунок 6.6 – Назви складових елементів призми

Якщо ребра призми перпендикулярні площині основи, таку призму називають прямою. На рисунку 6.7 наведено комплексне креслення прямої чотирикутної призми з горизонтально-проекціовальною поверхнею.

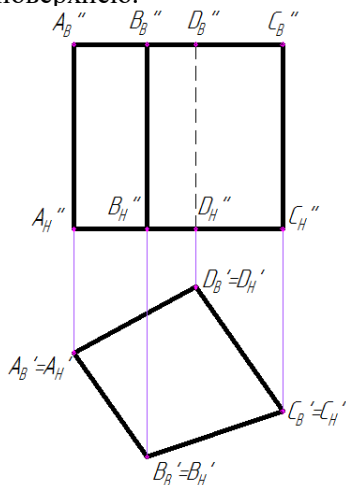


Рисунок 6.7 – Креслення чотирикутної призми з горизонтально-проекціовальною поверхнею

6.2 Поверхні обертання

Конус - геометричне тіло, обмежене бічною конічною поверхнею і площиною основи, яка перерізає всі його твірні (рис. 6.8).

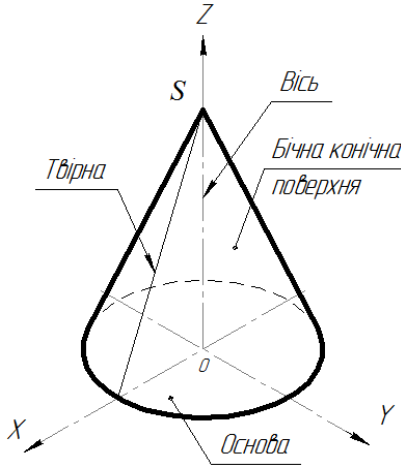


Рисунок 6.8 - Назви складових елементів конуса

Циліндром називається тіло, яке обмежене циліндричною поверхнею і двома паралельними площинами (основи) (рис. 6.9).

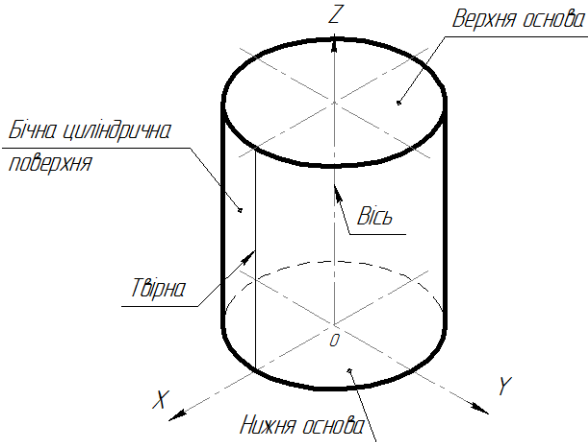


Рисунок 6.9 – Назви складових елементів циліндра

Сфера утворюється обертанням дуги **AKB** півкола навколо діаметра **AB** (рис. 6.10).

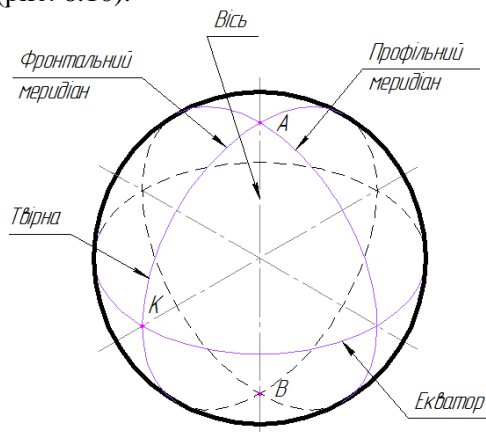


Рисунок 6.10 – Назви складових елементів сфери

Тор утворюється обертанням кола або його дуги навколо нерухомої осі, що знаходиться з ним в одній площині. Якщо вісь обертання знаходиться за межами кола, тор називається відкритим. Відкритий тор називають кільцем (рис. 6.11, *a*). Коли вісь розташована в межах твірної кола, тоді такий тор називається закритим (рис. 6.11, *б*).

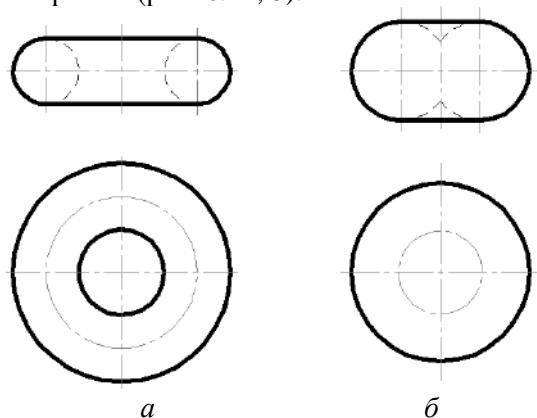


Рисунок 6.11 – Утворення поверхні тора:
a) відкритого; *б*) закритого

7 ПРОЄКЦІЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

Проєкціювання геометричних тіл ведеться за правилами проєкціювання точок, відрізків прямих, плоских фігур. При побудові прямокутних проєкцій геометричним тілам надають таке положення, при якому найбільша кількість елементів тіл буде спроєкційоване в дійсну величину.

Припустимо, що чотирикутна піраміда розташована в системі π_1, π_2, π_3 (рис. 7.1, *a*). Її основа паралельна π_1 .

Побудову зображень починають з зображення фронтальної проєкції піраміди на площину π_2 . Для цього, з вершин A, B, C і D її основи, опускають перпендикуляри на площину π_2 .

В точках зустрічі перпендикулярів з площиною π_2 отримуються фронтальні прямокутні проєкції вершини піраміди (S'') і вершин її основи (A'', B'', C'' і D''). Вершини D і A основи, які лежать на лінії, перпендикулярній площині π_2 , будуть спроєкційовані в одну точку $D'' \equiv A''$, а вершини C і B основи – в точку $C'' \equiv B''$.

Сполучають проєкції точок прямими лініями, отримують фронтальну прямокутну проєкцію піраміди, яка на кресленнику буде зображена у вигляді рівнобедреного трикутника $S'' - D'' \equiv A'' - C'' \equiv B''$. Проєкції сторін основи піраміди ($D''C''$ і $A''B''$) зливаються в одну пряму $D'' \equiv A'' - C'' \equiv B''$, проєкції чотирьох ребер піраміди $S''A''$, $S''D''$, $S''B''$ і $S''C''$ теж зливаються в дві прямі лінії.

Для побудови горизонтальної проєкції піраміди опускають перпендикуляри з вершини піраміди і вершин її основи на площину π_1 до зустрічі з нею. Отримують горизонтальні прямокутні проєкції точок S', A', B', C' і D' . Сполучають їх між собою і з точкою S' (горизонтальною проєкцією вершини піраміди) і отримують горизонтальну прямокутну проєкцію піраміди.

Таким же чином будують проєкції вершин піраміди на площину π_3 . Отримують профільну проєкцію піраміди у вигляді рівнобедреного трикутника $S''' - D''' \equiv C''' - A''' \equiv B'''$.

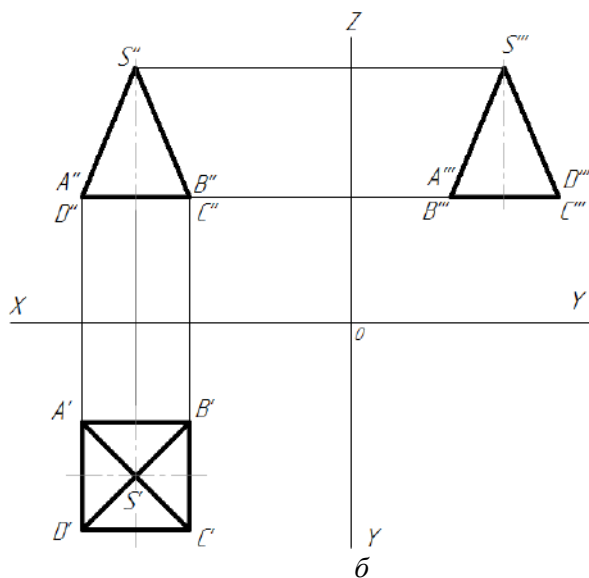
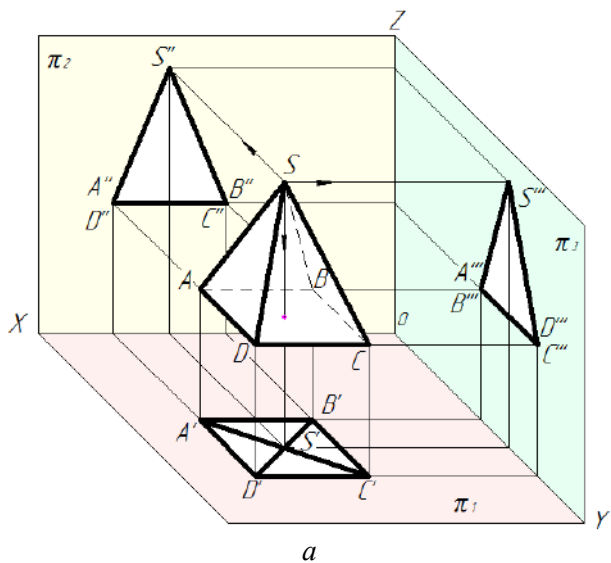


Рисунок 7.1 – Проекціювання піраміди:
 а) наочне зображення; б) кресленик

Суміщене положення площин π_1 і π_3 з площиною π_2 (епюр) та проєкції піраміди на ці площини зображено на рисунку 7.1, б.

Аналогічно виконують побудови проєкцій інших геометричних тіл.

На рисунку 7.2 показана побудова прямої шестикутної призми.

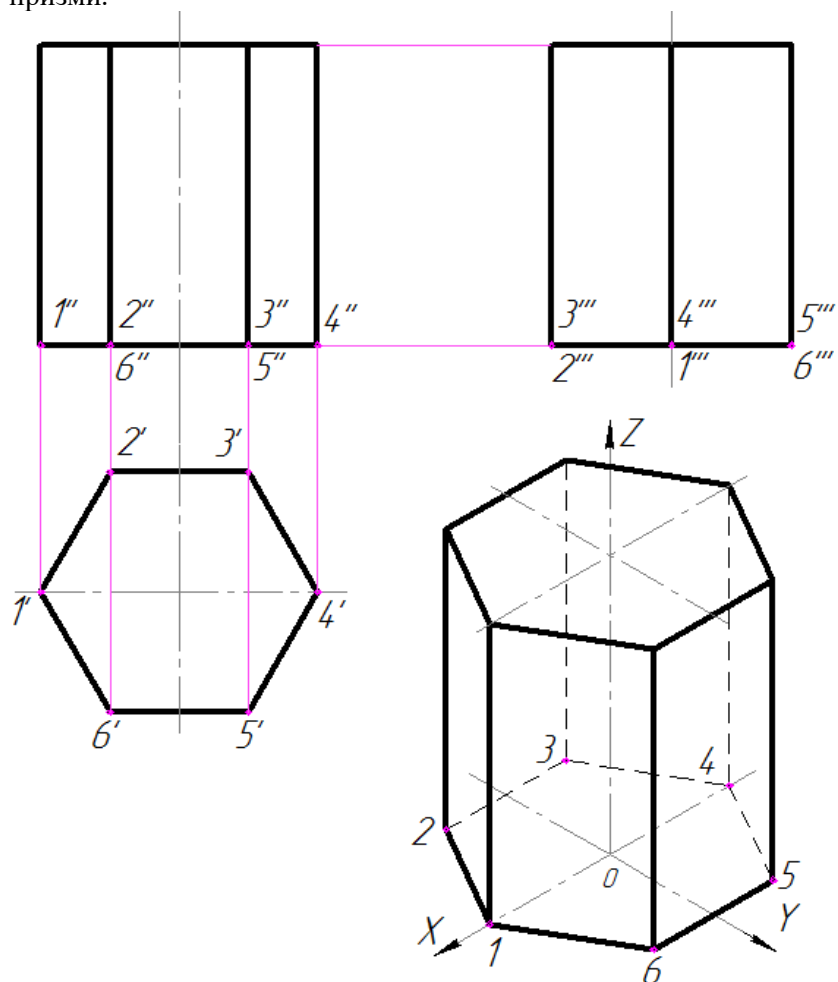


Рисунок 7.2 – Проєкції шестикутної призми

На рисунку 7.3 зображено три проєкції кругового циліндра, основа якого розташована в горизонтальній площині проєкцій π_1 . Горизонтальна проєкція циліндра - коло, діаметр якого дорівнює діаметру основи циліндра, а фронтальна і профільна проєкції – однакові прямокутники, висота яких дорівнює висоті циліндра, а ширина – діаметру його основи.

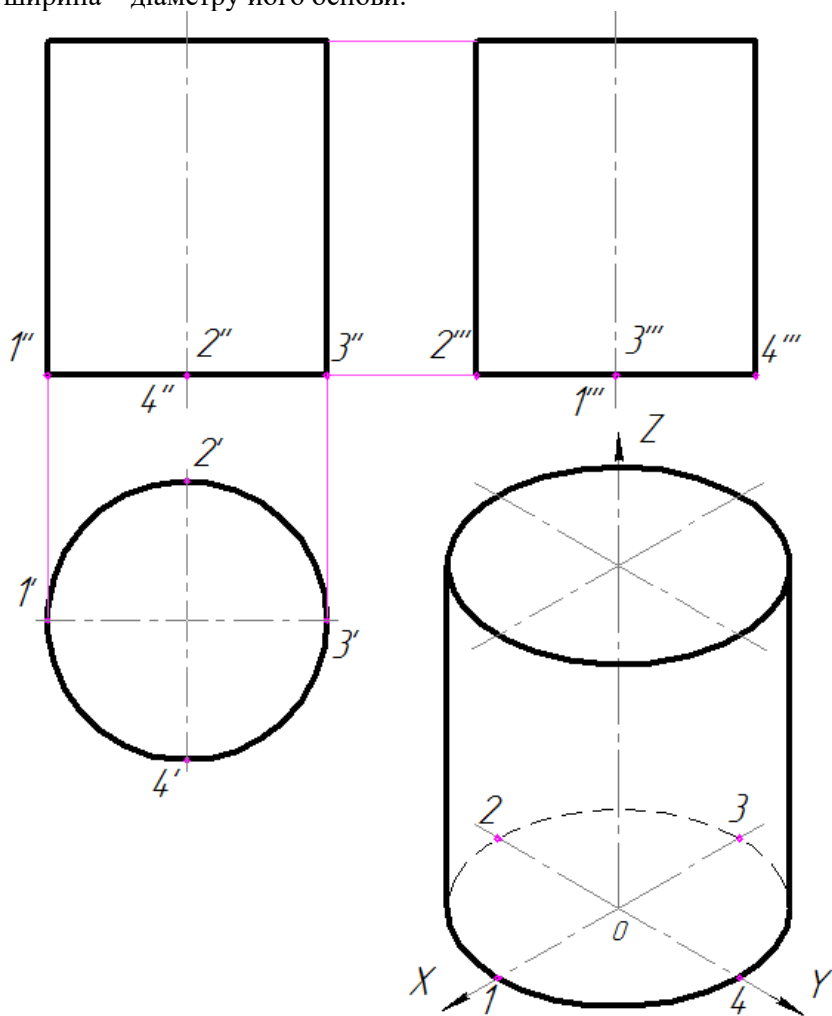


Рисунок 7.3 – Проєкції циліндра

Три проєкції прямого кругового конуса, основа якого розташована в горизонтальній площині проєкцій π_1 , зображені на рисунку 7.4.

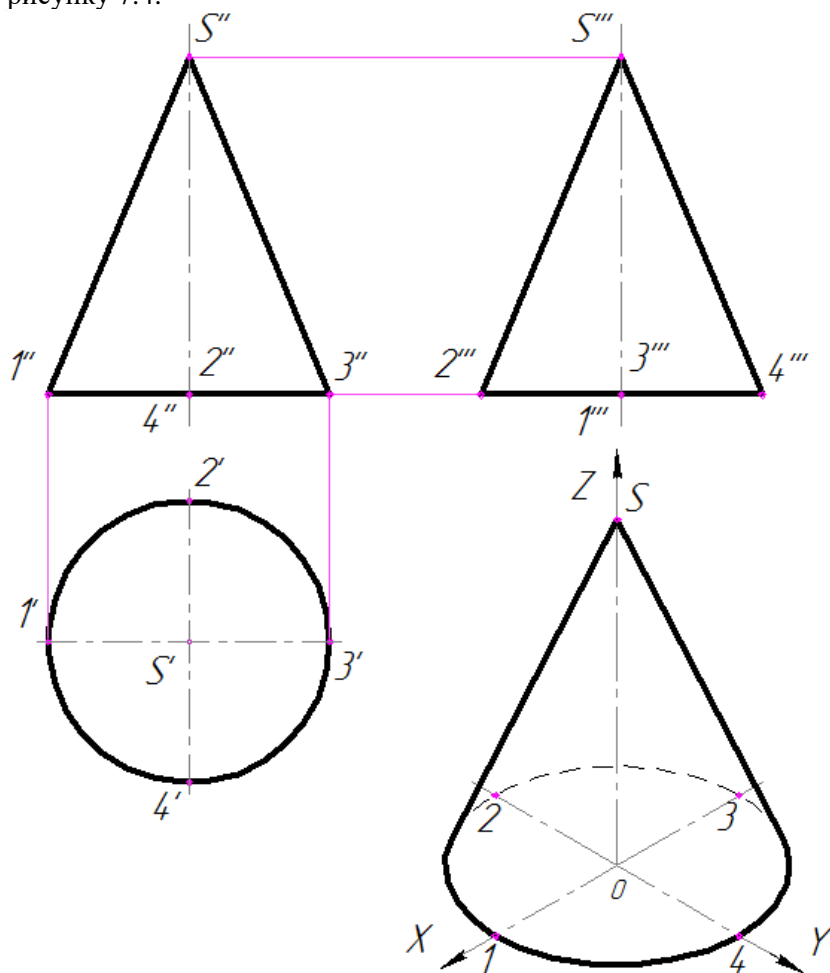


Рисунок 7.4 – Проєкції конуса

З креслення видно, що горизонтальна проєкція конуса є коло, а фронтальна і профільна – однакові рівнобедрені трикутники з висотою, яка дорівнює висоті конуса, а основа – дорівнює діаметру основи конуса.

На рисунку 7.5 показано три проекції сфери. Кожна проекція є коло, діаметр якого дорівнює діаметру сфери.

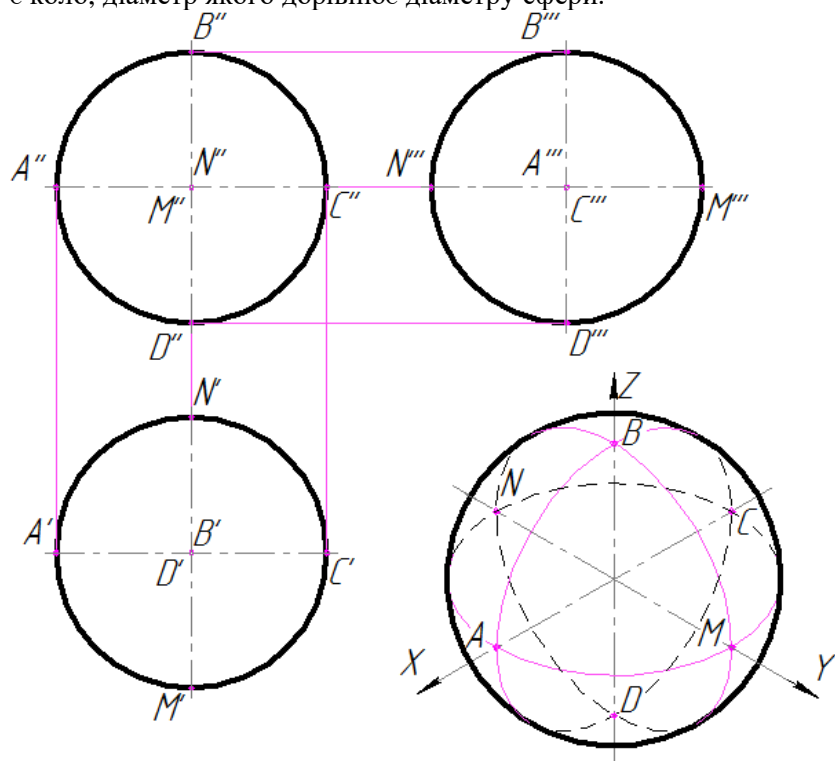


Рисунок 7.5 – Проекції сфери

8 ПОБУДОВА ПРОЄКЦІЙ ТОЧОК, РОЗТАШОВАНИХ НА ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛАХ

Положення точки, яка лежить на поверхні, задано, якщо відома одна проєкція і показано, на якій частині цієї поверхні точка розташована.

Зазвичай вважають, що точка розташована на видимій частині поверхні.

Проєкції точок, які належать основним проєкціювальним поверхням (бічним поверхням прямої призми і циліндра), будують за допомогою ліній зв'язку (рис. 8.1, 8.2).

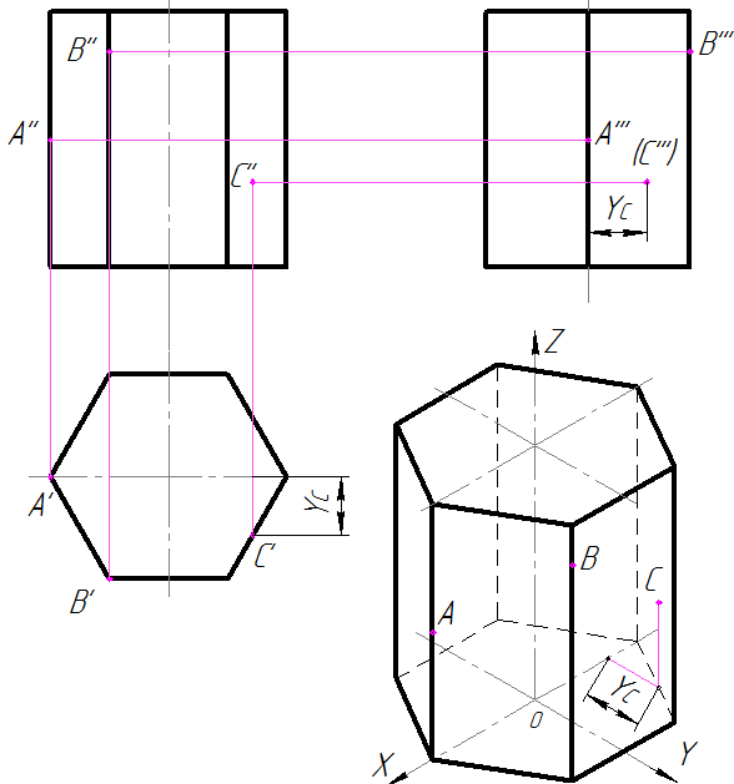


Рисунок 8.1 – Побудова проєкцій точок на поверхні призми

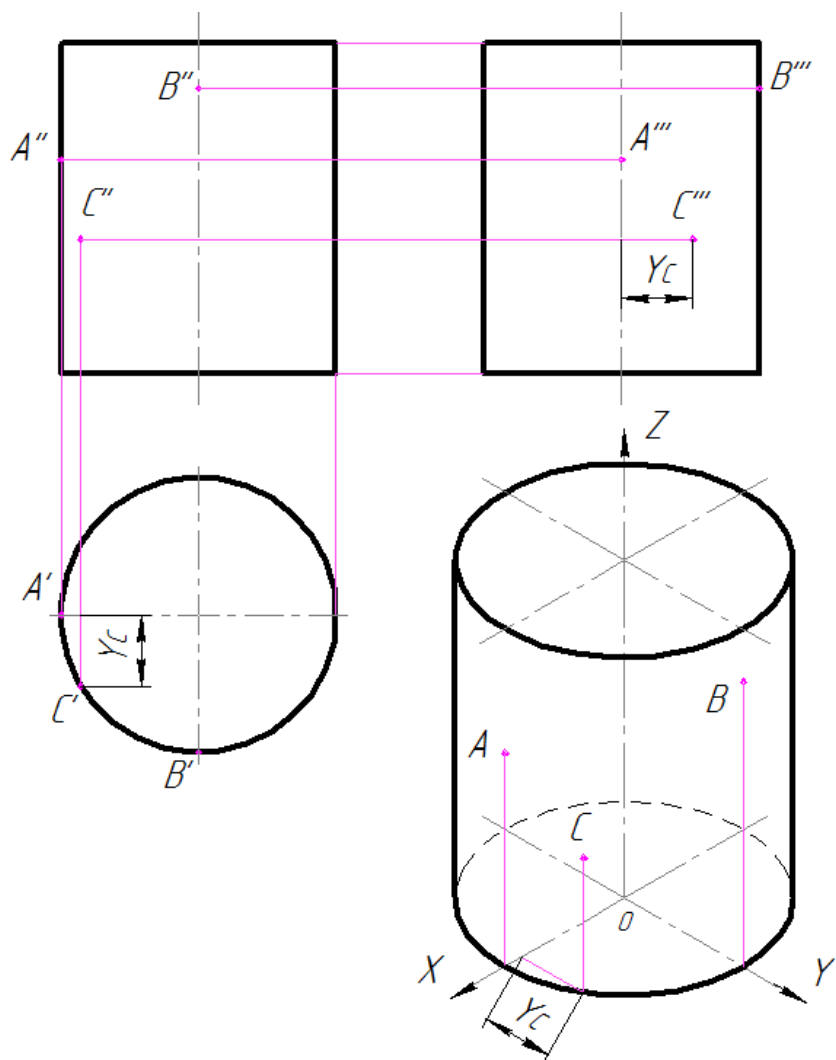


Рисунок 8.2 – Побудова проєкцій точок на поверхні циліндра

Для того, щоб спроєкувати точку, що лежить на бічній поверхні піраміди, наприклад точку A , необхідно скористатися одним з двох методів:

1) методом допоміжної січної площини. Наприклад, горизонтальна січна площина α (рис 8.3);

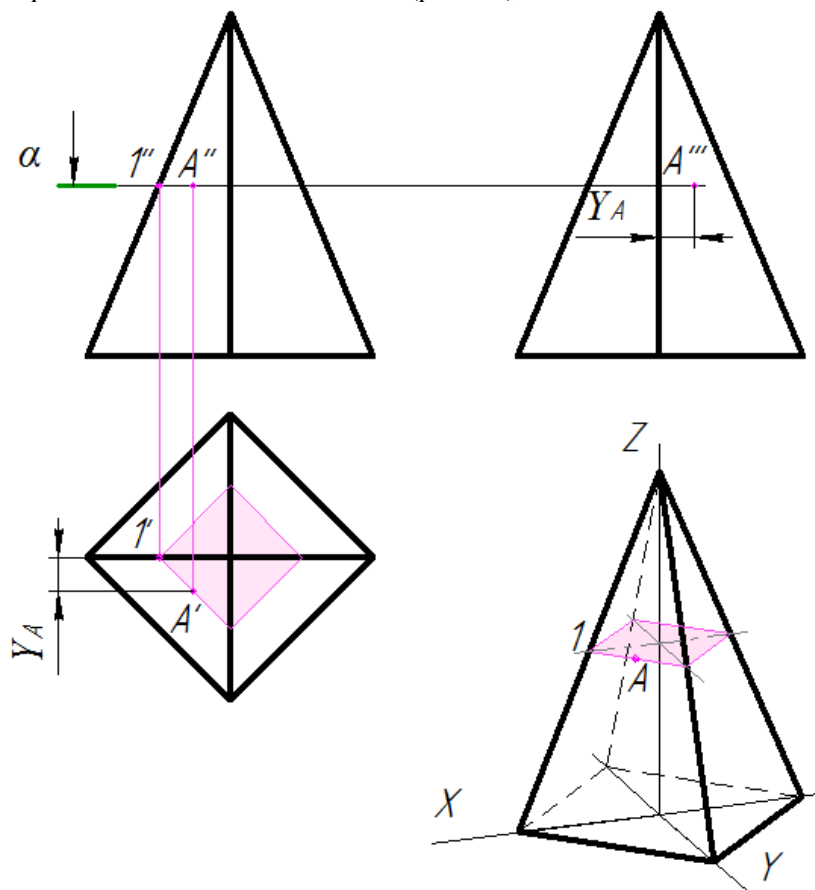


Рисунок 8.3 – Побудова проєкцій точок на поверхні піраміди методом допоміжної січної площини

2) методом допоміжної прямої. Пряма $1-2$ (рис. 8.4).

Через вершину піраміди (точку $1''$) і задану проєкцію точки A'' проводять пряму лінію до основи піраміди і отримують точку $2''$.

Далі будують горизонтальну проєкцію цієї прямої. Опускають лінію зв'язку з точки $2''$ до основи піраміди і

отримують точку $2'$. Далі з'єднують отриману точку $2'$ з горизонтальною проекцією вершини піраміди $1'$. Так як шукана точка A належить прямій $1-2$, то її горизонтальна проекція повинна лежати на лінії $1'-2'$, опускають лінію зв'язку з A'' і отримуємо горизонтальну проекцію A' .

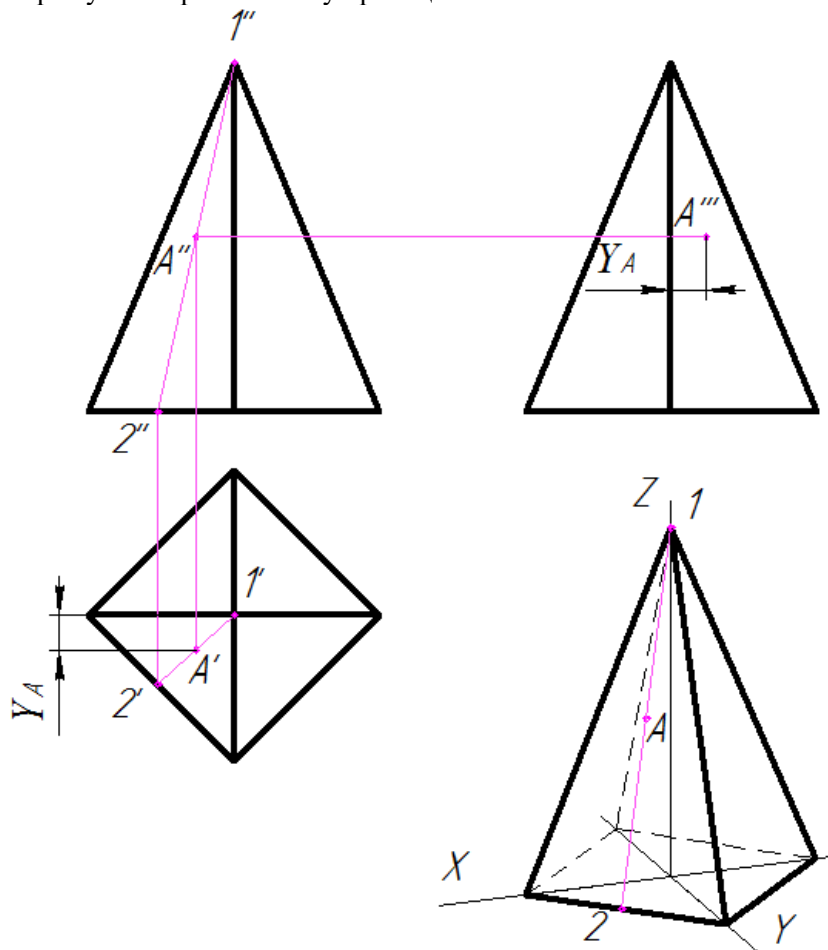


Рисунок 8.4 – Побудова проєкцій точок на поверхні піраміди методом допоміжної прямої

Точки, що знаходяться на ребрах піраміди (рис 8.5), переносять по лініях зв'язку на відповідні ребра на горизонтальній проекції, наприклад, точка B (проекції B'' і B'). Побудова профільної проекції B''' має бути зрозуміла з рисунку 8.5.

Для побудови горизонтальної проекції точки C' застосовують, згаданий вище, метод січних площин. Або спочатку знаходять профільну проекцію точки C''' , а потім горизонтальну C' .

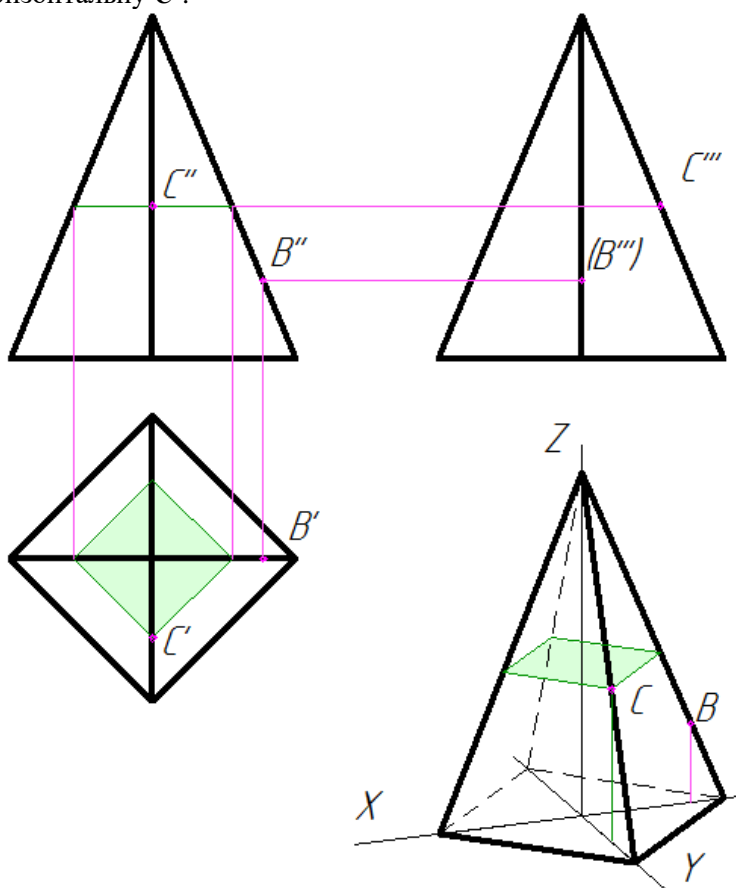


Рисунок 8.5– Побудова проєкцій точок на поверхні піраміди

Щоб побудувати довільну точку A на конічній поверхні слід скористатися методом допоміжної прямої (твірної - рис. 8.6) або методом січної площини α (рис. 8.7), що дає в перетині конуса окружність, яка на горизонтальну площину проєкцій проєктується без спотворень, а на фронтальну та профільну площини проєкцій в прями лінії.

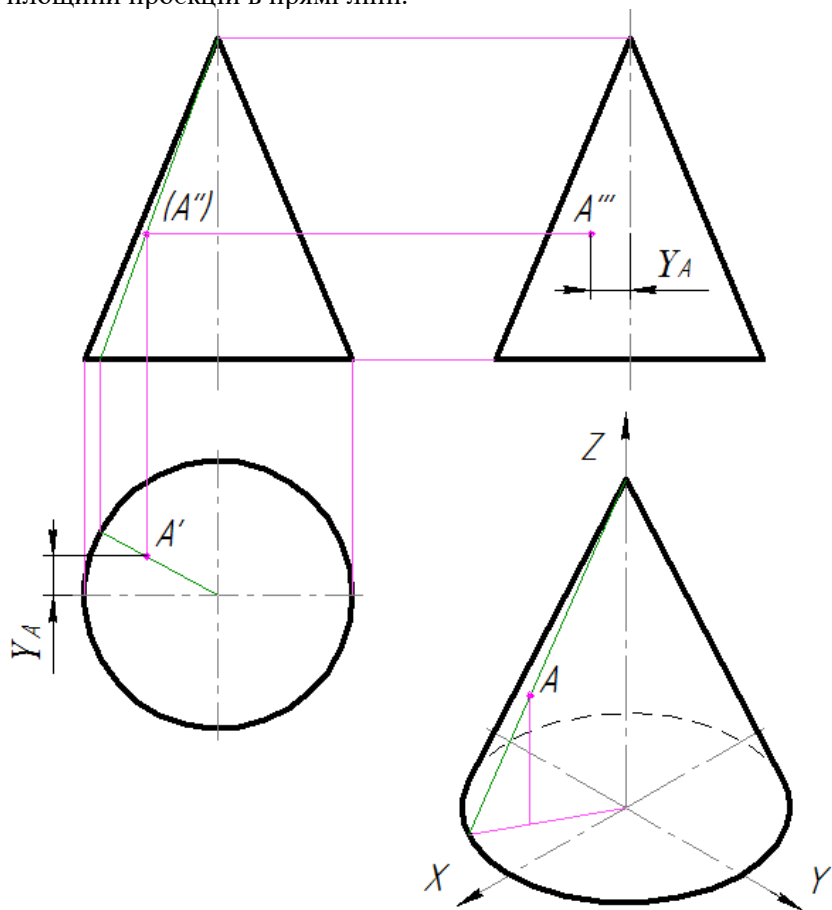


Рисунок 8.6 – Побудова проєкцій точок на поверхні конуса методом допоміжної прямої

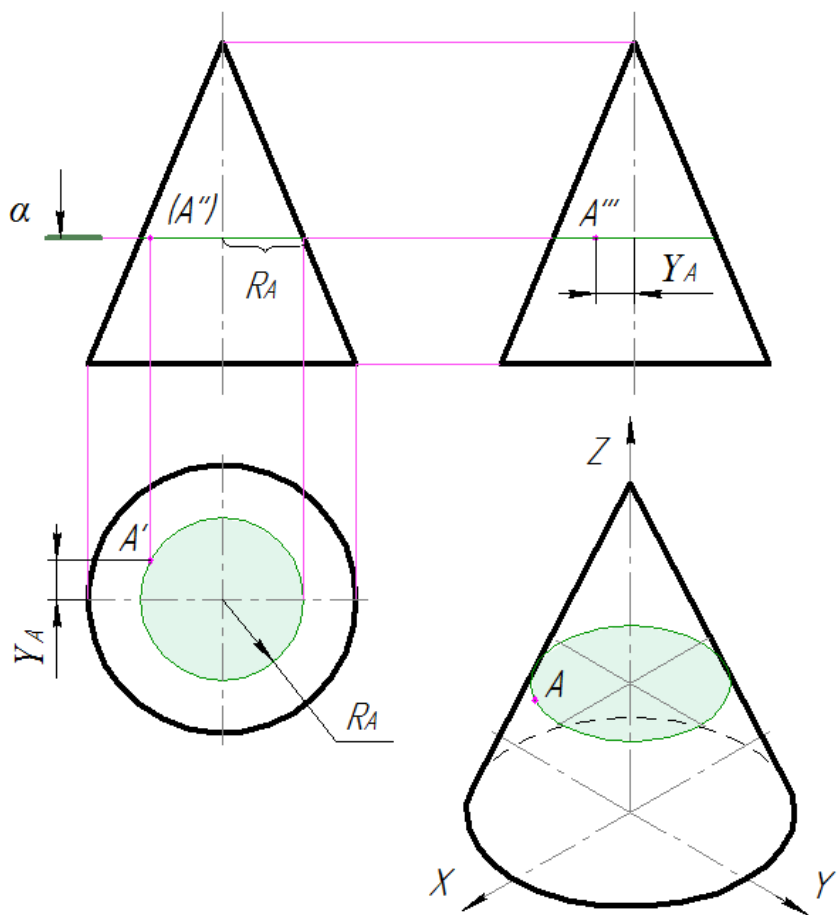


Рисунок 8.7– Побудова проєкцій точок на поверхні конуса методом січної площини α

На рисунках 8.8; 8.9 надані приклади побудови проєкцій точок, що лежать на обрисних твірних конуса.

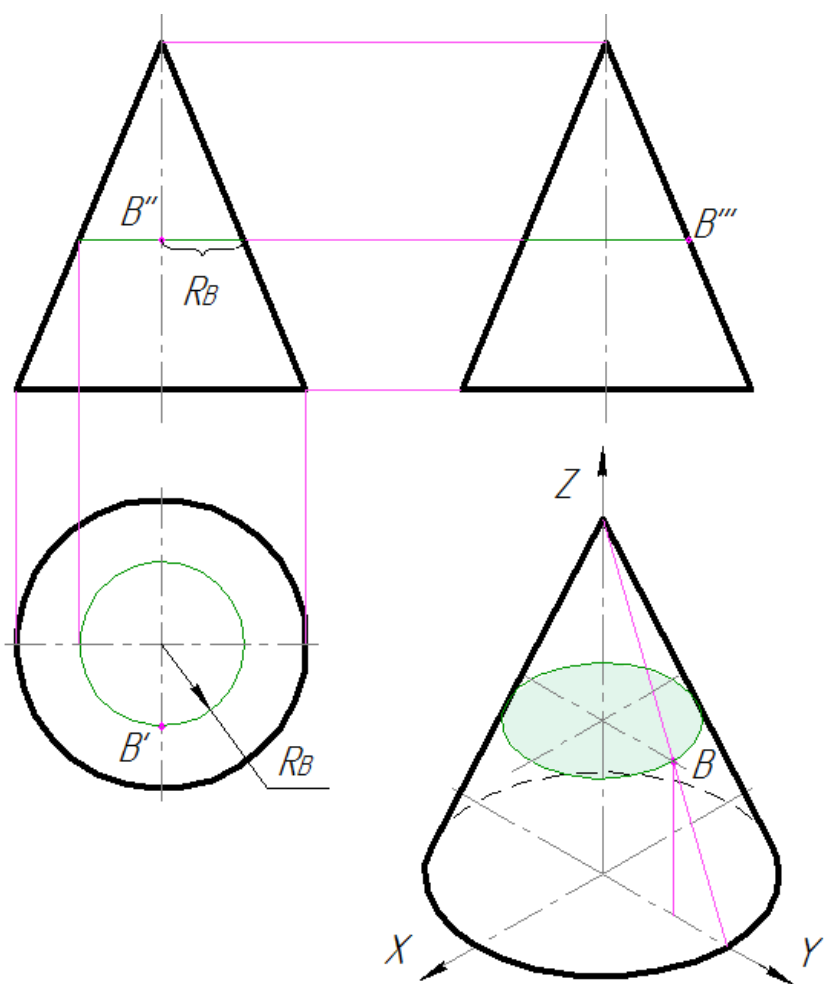


Рисунок 8.8 – Побудова проєкцій точок на поверхні конуса

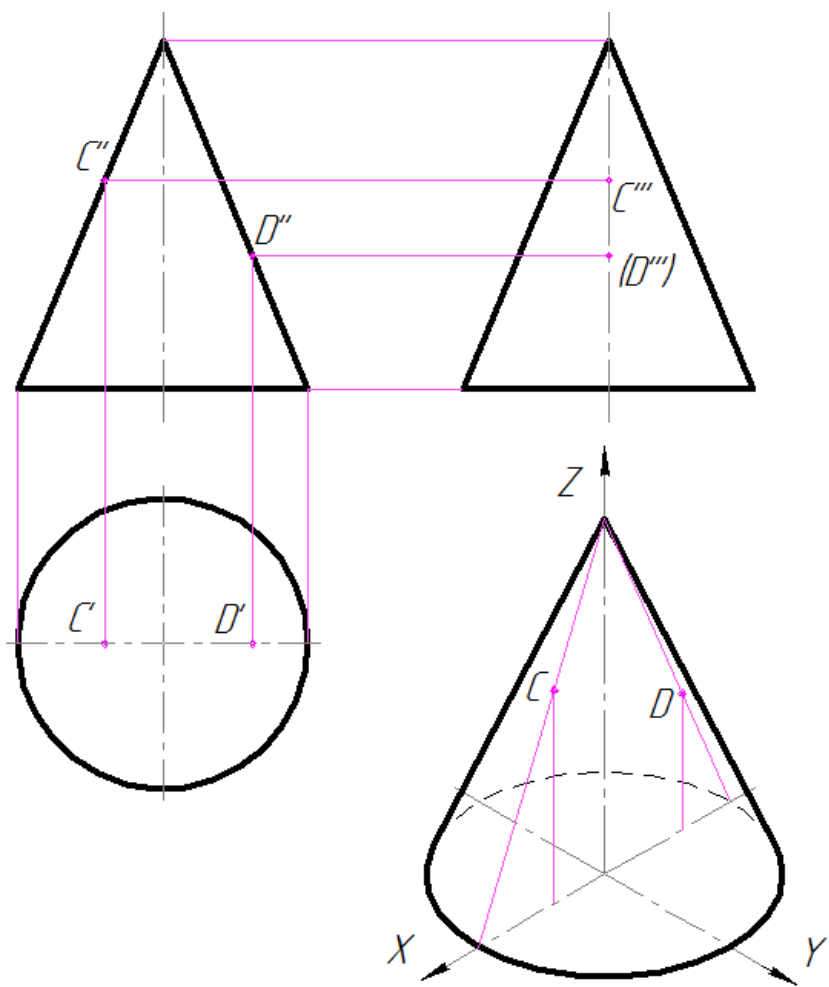


Рисунок 8.9 – Побудова проєкцій точок на поверхні конуса

Точки на поверхні сфери будують за допомогою кіл, розташованих паралельно площинам проєкцій (рис. 8.10 - 8.12).

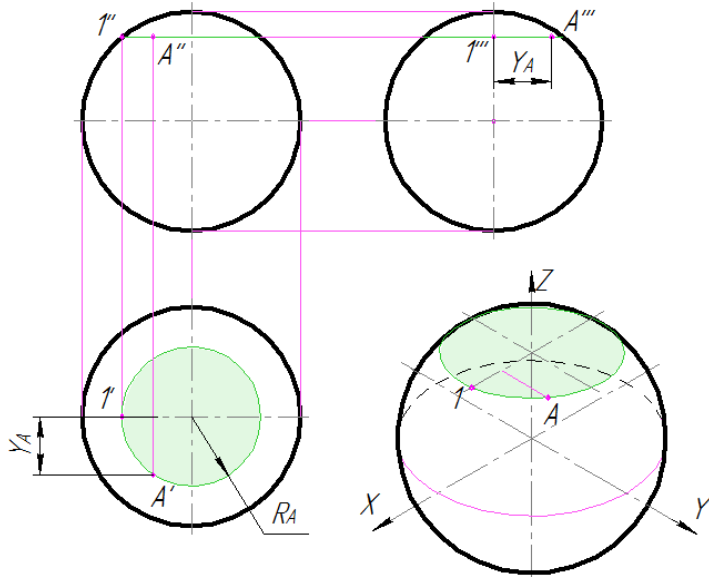


Рисунок 8.10 – Побудова проєкцій точок на поверхні сфери

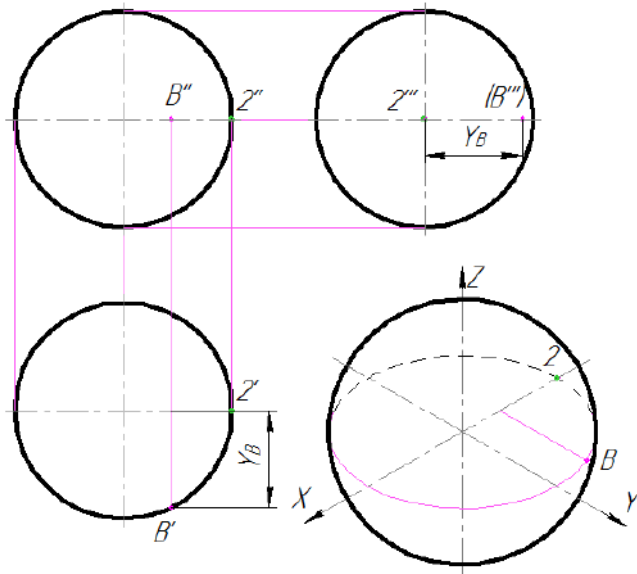


Рисунок 8.11 – Побудова проєкцій точок на поверхні сфери

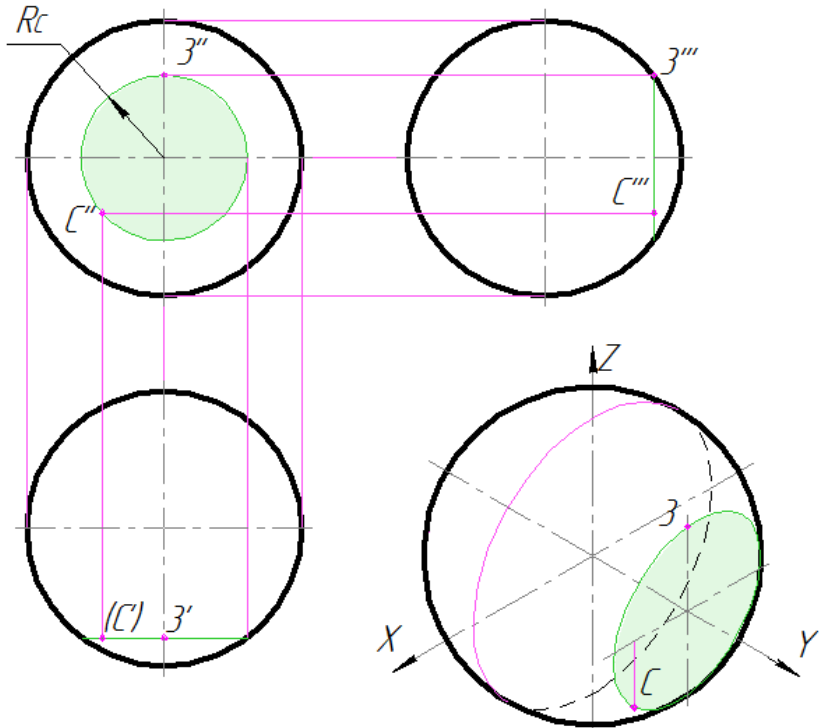


Рисунок 8.12 – Побудова проєкцій точок на поверхні сфери

9 ПЕРЕРІЗИ ПОВЕРХОНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПРОЄКЦІЮЮЧИМИ ПЛОЩИНАМИ

9.1 Загальні відомості

При перерізі поверхонь отримуються лінії, які називають лініями перерізу. Деякі лінії перерізу (наприклад, ребра багатогранників, кола основ циліндрів і конусів і таке інше) не потребують ніяких допоміжних побудов для зображення їх проєкцій. Для отримання інших ліній перерізу необхідні допоміжні побудови з використанням поверхонь-посередників, у ролі яких, як правило, використовують площини або сфери.

Серед точок ліній перерізу відрізняють опорні і проміжні. Кожну точку лінії перерізу будують на всіх необхідних проекціях і тільки після цього приступають до визначення наступної точки.

9.2 Переріз призми

Залежно від положення січної площини, в перерізі призми можна отримати:

- багатокутник, паралельний і подібний основі, якщо січна площина α паралельна основі призми (рис. 9.1, а, б);
- багатокутник, не рівний і не подібний основі, якщо січна площина β нахилена до ребер призми (рис. 9.1, а, в);
- прямокутник – для прямої призми (рис. 9.1, а, г), якщо площина γ паралельна ребрам призми.

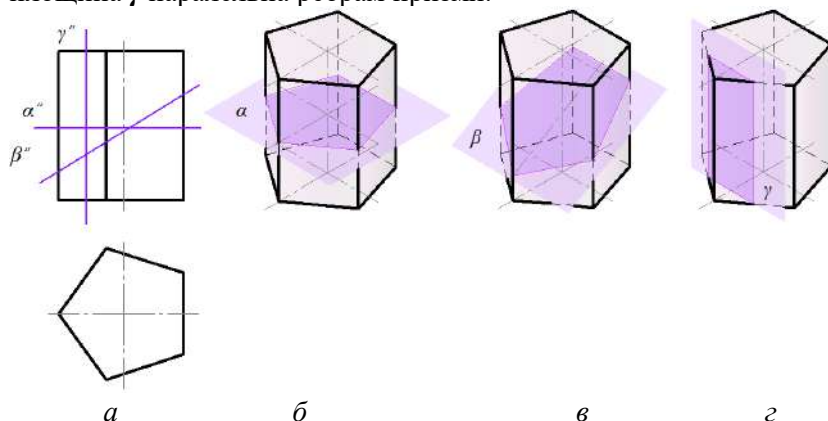


Рисунок 9.1 – Форми проєкцій фігур перерізу при перерізі призми проєкціювальними площинами

На комплексному кресленні (рис. 9.2) правильна шестикутна призма перерізна фронтально-проєкціювальною площиною $A-A$.

Фронтальна проєкція фігури перерізу співпадає з фронтальним слідом січної площини $A-A$, який має збирану властивість. Проєкції вершин фігури перерізу – точки $1''$, $2''$, $3''$ - визначаються на перетині фронтальних проєкцій бічних ребер призми зі слідом площини $A-A$, а точка $4''$ - на перетині

фронтальних проєкцій ребер верхньої основи призми з слідом січної площини $A-A$.

Горизонтальні проєкції точок $1'$, $2'$, $3'$ співпадають з горизонтальними проєкціями відповідних ребер, а проєкції $4'$ отримують на перетині вертикальних ліній зв'язку з горизонтальною проєкцією верхньої основи призми. З точок $1''$, $2''$, $3''$ проводять горизонтальні лінії зв'язку до перетину з профільними проєкціями відповідних бічних ребер і отримують проєкції $1'''$, $2'''$, $3'''$, а проєкції $4'''$ будують координатним методом, використовуючи координати Y_4 . Отримані точки з'єднують прямими лініями і переріз заштриховують.

Побудова дійсної величини фігури перерізу зрозуміла з рисунку 9.2.

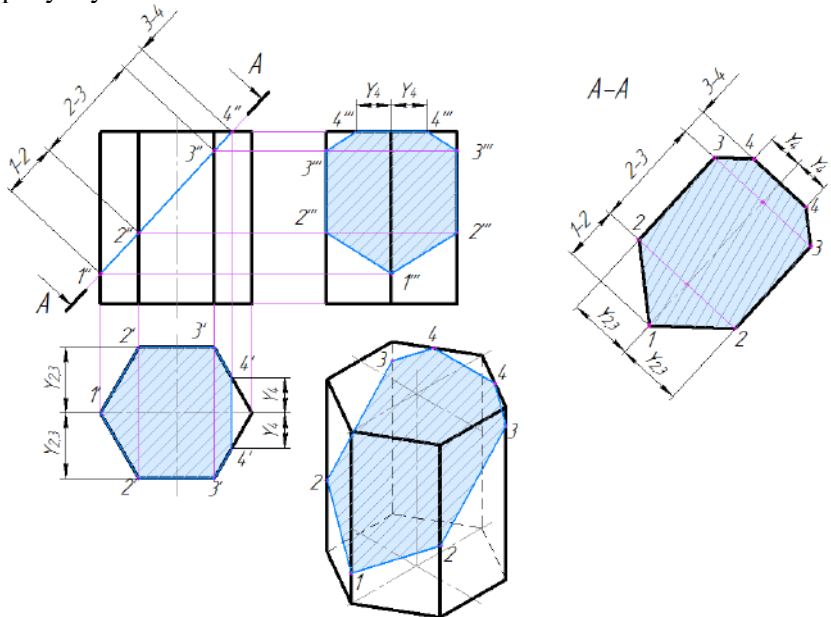


Рисунок 9.2 – Побудова проєкцій фігури перерізу призми

9.3 Переріз піраміди

Залежно від положення січної площини, в перерізі піраміди можна отримати:

- фігуру подібну основі, якщо площина α розташована паралельно основі (рис. 9.3, а, б);
- багатокутник, якщо січна площина β нахилена до основи (рис. 9.3, а, в);
- трикутник (рис. 9.3, а, г) або чотирикутник (рис. 9.3, а, д), якщо площина розташована перпендикулярно до основи піраміди (рис. 9.3, а, з).

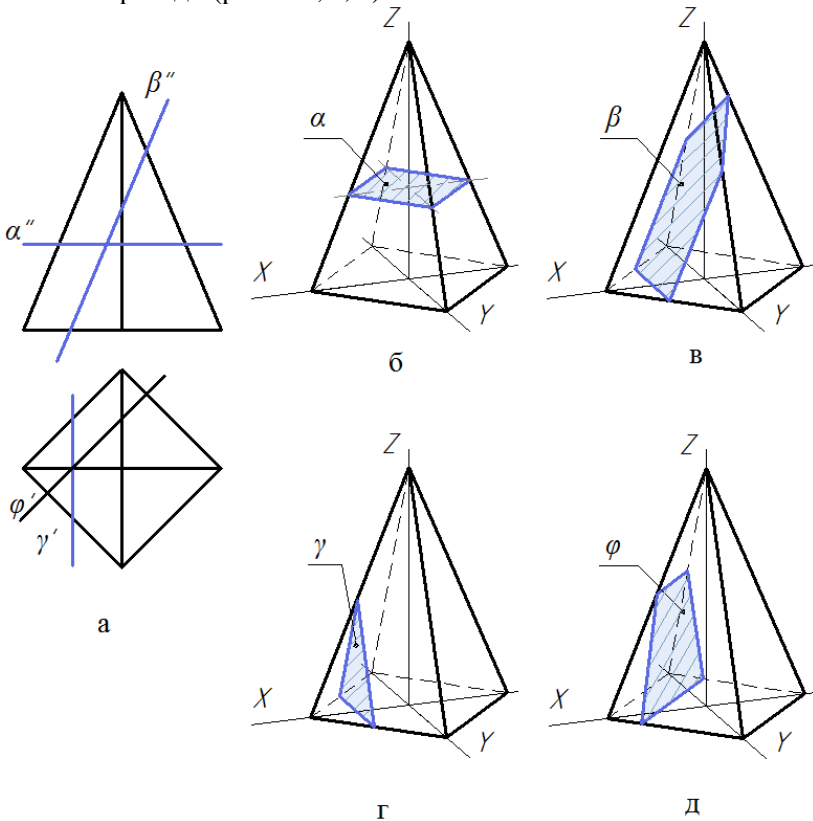


Рисунок 9.3 – Форми проєкцій фігур перерізу при перерізі піраміди

На рисунку 9.4 правильна чотирикутна піраміда перерізна фронтально-проекціювальною площиною α'' . Фронтальна проекція фігури перерізу співпадає з слідом площини α'' . Проекції точок $1''$, $2''$, $3''$, $4''$ визначають на перетині сліду площини α і фронтальних проекцій відповідних ребер. Горизонтальні і профільні проекції точок $1'$, $3'$, $1'''$, $3'''$ отримують на горизонтальних та профільних проекціях відповідних ребер.

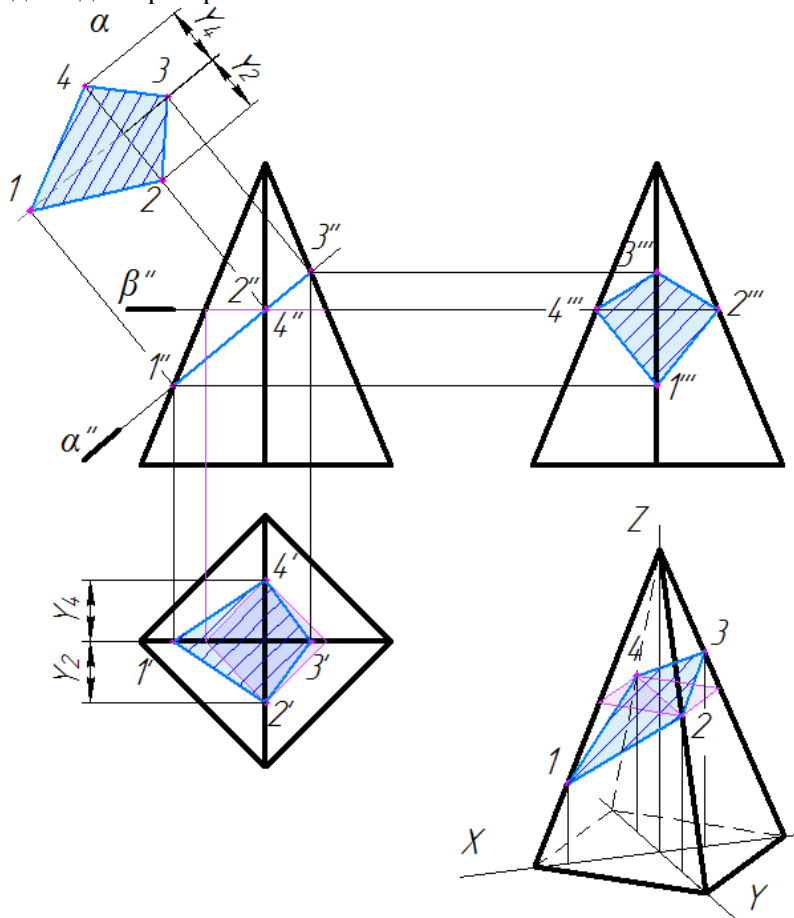


Рисунок 9.4 – Побудова проєкцій фігури перерізу на піраміді

Для визначення горизонтальних проєкцій точок $2'$ і $4'$ використовують допоміжну площину β'' , яку проводять через т. $2''$ і $4''$ паралельно основі піраміди (рис. 9.4). Від цієї площини на горизонтальній проєкції піраміди будують фігуру перерізу, подібну основі. Вона перетинає відповідні ребра піраміди в точках $2'$ і $4'$. Для побудови профільних ($2'''$ і $4'''$) проєкцій точок із $2''$ і $4''$ проводять горизонтальні лінії зв'язку на відповідні ребра.

Дійсна величина фігури перерізу визначена способом заміни площин проєкцій.

9.4 Переріз циліндра

При перерізі прямого колового циліндра площиною можуть утворитися такі фігури:

- прямокутник, якщо січна площина паралельна до осі циліндра (рис. 9.5, а);
- коло, якщо площина перпендикулярна до осі (рис. 9.5, б);
- еліпс – якщо площина нахилена до осі циліндра (рис. 9.5, в).

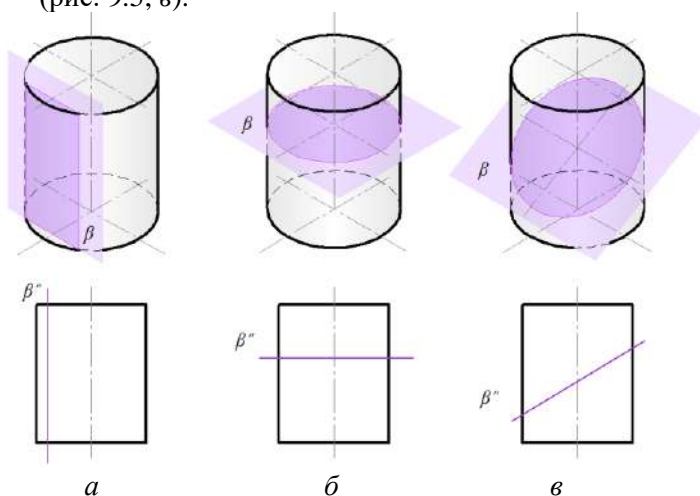


Рисунок 9.5 – Форми проєкцій фігур перерізу при перерізі циліндра

На рисунку 9.6 зображено прямий коловий циліндр, який перерізано фронтально-проекціовальною площиною α'' .

Для побудови проєкцій фігури перерізу спочатку в тонких лініях виконують три проєкції циліндра і проводять слід січної площини α'' . Горизонтальну проєкцію основи циліндра розподіляють на рівні частини, наприклад, на вісім.

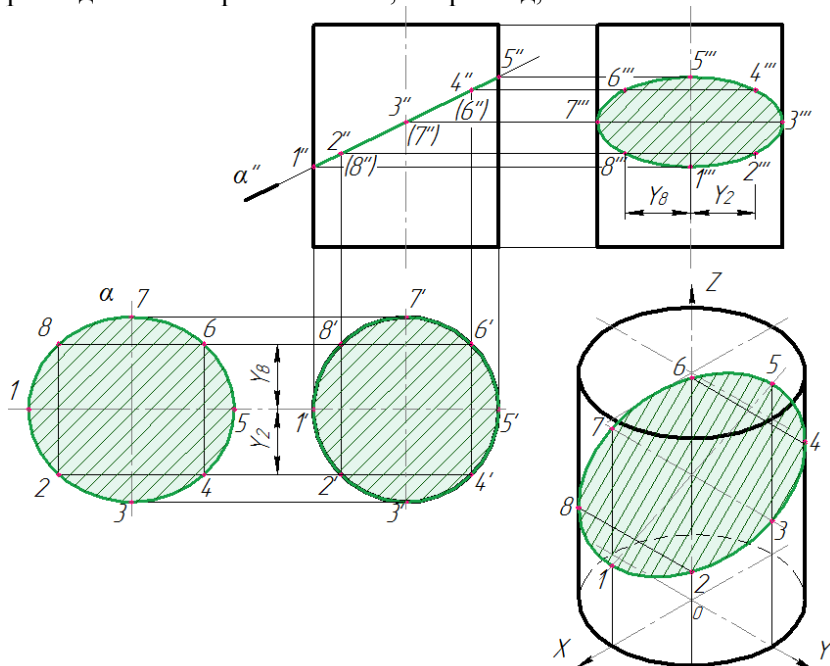


Рисунок 9.6 – Побудова проєкцій фігури перерізу на циліндрі

Точки розподілу $1', 2', 3', \dots$ є горизонтальними проєкціями твірних циліндра. Проводять вертикальні лінії зв'язку до перетину з слідом α'' - отримують фронтальні проєкції $1'', 2'', 3'', \dots$. Профільні проєкції точок фігури перерізу - $1''', 2''', 3''', \dots$ отримують за допомогою горизонтальних ліній зв'язку і координатного метода. Як видно з рисунку 9.6, фронтальна проєкція фігури перерізу – відрізок $1''-5''$, а горизонтальна проєкція еліпса співпадає з колом (горизонтальна проєкція циліндричної поверхні). Профільна проєкція – еліпс.

Велика вісь еліпса – відрізок *1-5*, а мала – *3-7*. точки *1, 5, 3, 7* служать опорними, а між ними – проміжні точки *2, 4, 6, 8*. Побудову лінії перерізу починають з визначення опорних точок кривої.

Дійсна величина фігури перерізу визначена способом плоско-паралельного переміщення.

9.5 Переріз конуса

Від напрямку січної площини в перерізі конуса можуть бути отримані такі фігури (рис. 9.7):

- коло, якщо січна площина розташована паралельно основі конуса (рис. 9.7, *a*);

- трикутник – площина проходить через вершину конуса (рис. 9.7, *б*);

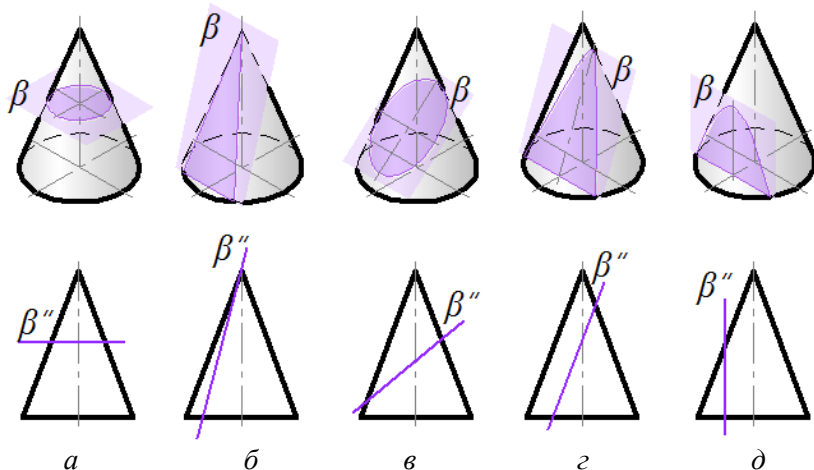


Рисунок 9.7 – Форми проєкцій фігур перерізу при перерізі конуса

- повний або зрізаний еліпс, коли січна площина нахилена до осі конуса під кутом, який більше кута нахилу твірної до осі (рис. 9.7, *в*). Зрізаний еліпс отримується тоді, коли площина перерізає основу конуса;

- парабола, якщо січна площина розташована паралельно твірній конуса, не проходить через його вершину і нахилена до

осі конуса під кутом, який дорівнює куту нахилу твірної до осі (рис. 9.7, з);

- гіпербола – січна площина паралельна двом твірним конуса, не проходить через вершину або паралельна осі (рис. 9.7, д).

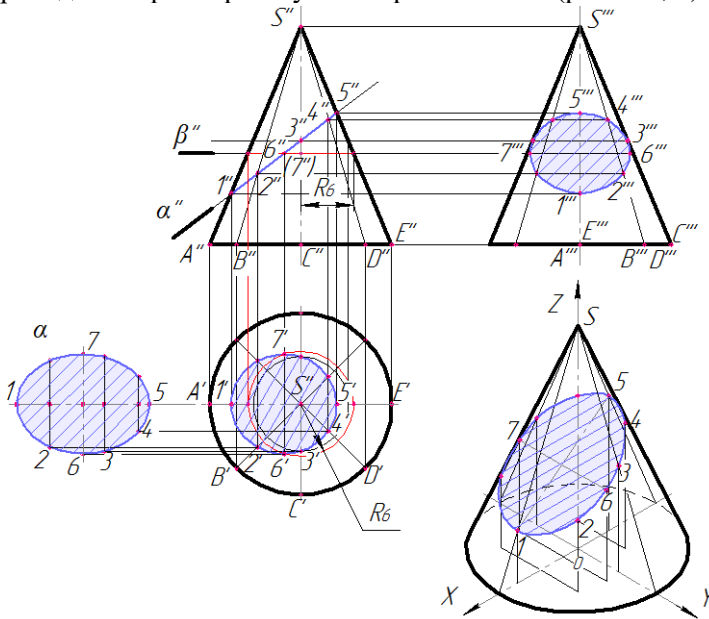


Рисунок 9.8 – Побудова проєкцій фігури перерізу на конусі

Розглянемо переріз прямого кругового конуса фронтально проєкціовальною площиною α'' (рис. 9.8).

Розділимо основу конуса на вісім частин (точки A', B', C', D', E'). Через фронтальні проєкції точок A'', B'', C'', D'', E'' і вершину S'' проводимо твірні конуса. При перерізі конуса площиною α'' отримується повний еліпс. При побудові лінії перерізу, в першу чергу, визначають її характерні точки, які є вершинами еліпса. Велика вісь еліпсу на фронтальну площину проєкцій спроектована в дійсну величину та визначається відрізком $1''-5''$. Мала вісь спроектована на площину π_2 в точку $6'' \equiv (7'')$, яка розташована на середині відрізка $1''-5''$. Горизонтальні ($1', 2', 3', \dots$) та профільні ($1''', 2''', 3''', \dots$) проєкції точок еліпсу знаходять на перетині ліній зв'язку з

відповідними проєкціями твірних. Точки за допомогою лекала сполучають в плавні криві лінії.

Побудову проєкцій точок фігури перерізу можна виконувати і за допомогою допоміжних січних площин. На рисунку 9.8, наприклад, через т. δ'' проведена горизонтальна площина β'' . Ця площина перерізає конус за колом радіуса R_6 . На горизонтальній проєкції конуса проводять коло радіусом R_6 , а з точки δ'' вертикальну лінію зв'язку до перетину з ним у точці δ' . Подібно можна побудувати і інші проєкції точок без проведення твірних.

Дійсна величина фігури перерізу знайдена способом плоско-паралельного переміщення (рис. 9.8).

9.6 Переріз сфери

При перерізі сфери будь-якою площиною утворюється коло. Від положення січної площини це коло буде спроекційоване:

- в дійсну величину (рис. 9.9, а), якщо площина паралельна площині проєкцій ($\alpha // \pi_1$);
- в пряму лінію (рис. 9.9, а), якщо площина перпендикулярна площині проєкцій ($\alpha \perp \pi_2$);
- еліпс, якщо січна площина, нахилена відносно площини проєкцій (β'' нахилена відносно π_2 , рис. 9.9, б).

Розглянемо побудову фігури перерізу сфери фронтально-проекціювальною площиною α'' . В перерізі утворюється коло, фронтальна проєкція якого співпадає зі слідом січної площини α'' . На площину π_1 коло проєкціюється як еліпс (рис. 9.10).

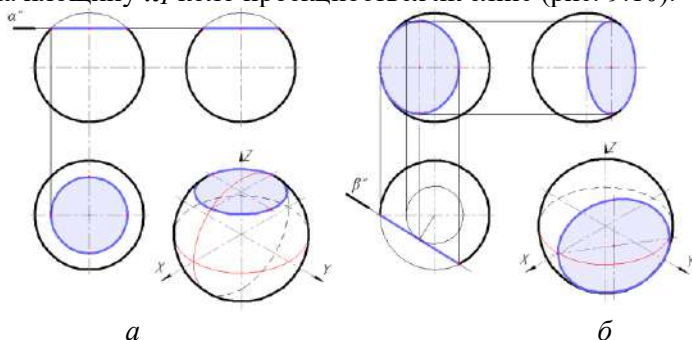


Рисунок 9.9 – Форми проєкцій фігур перерізу при перерізі сфери

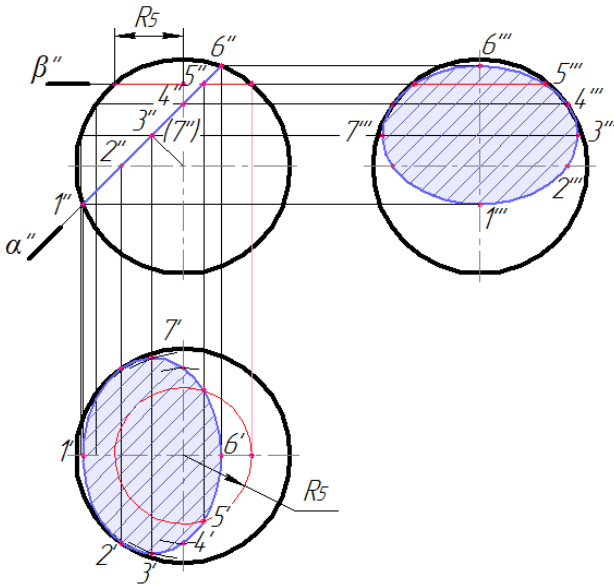


Рисунок 9.10 – Побудова проєкцій фігури перерізу на сфері

Для побудови фігури перерізу сфери призначають спочатку характерні точки, які є вершинами еліпса. Мала вісь еліпса - це відрізок $1''-6''$, який співпадає з фронтальним слідом площини α'' . Велика вісь еліпса – перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій π_2 , тому проєкціюється на цю площину у точки $3'',(7'')$, які лежать на середині відрізка $1''-6''$.

Горизонтальні проєкції точок $1', 2', 6'$ будують за допомогою вертикальних ліній зв'язку. Для побудови горизонтальних проєкцій точок $3', 4', 5'$ проводять (наприклад, для точки $5'$) допоміжну січну площину β'' , яка перерізає сферу за колом радіусом R_5 . Перетин горизонтальної проєкції цього кола з лінією зв'язку дасть проєкцію точки $5'$. Подібно будується і точки $3', 4'$. За двома проєкціями визначають профільну проєкцію фігури перерізу.

Дійсна величина фігури перерізу від площини α'' є коло, діаметр якого дорівнює відріжку $1''-6''$.

10 ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПРЯМИМИ ЛІНІЯМИ

10.1 Загальні принципи розв'язування задач

Пряма, яка перетинає поверхню, має звичайно з цією поверхнею дві спільні точки: точку входу і точку виходу. Визначення таких точок засновано на проведенні через задану пряму допоміжної площини, знаходження фігури перерізу і визначення точок перетину прямої з побудованою фігурою перерізу.

10.2 Побудова точок перетину прямих ліній із поверхнями

10.2.1 Точки перетину прямої з призмою

В окремому випадку, коли поверхня, з якою перетинається пряма, перпендикулярна одній із площин проєкцій, точки перетину визначаються без додаткових побудов. Так, наприклад, точки K і F перетину прямої DC з бічними гранями трикутної призми (рис. 10.1) проєкціюються на площину π_1 в точки K' і F' перетину горизонтальних проєкцій двох передніх граней призми з проєкцією $D'C'$ прямої DC . Фронтальні проєкції точок K'' , F'' визначаються за допомогою ліній зв'язку.

На рисунку 10.1 показана також побудова точок E і L перетину прямої AB з поверхнею призми.

10.2.2 Точки перетину прямої з пірамідою

На рисунку 10.2 зображені приклади побудов точок перетину прямих окремого положення: A – фронтально-проєкціовальної; B° – горизонтальної; C – горизонтально-проєкціовальної.

Для побудови точок перетину (3, 4) прямої A використана допоміжна площина α'' ; точок (1, 2) перетину прямої B – площина β'' ; точок (5, 6) прямої C – площина γ'' .

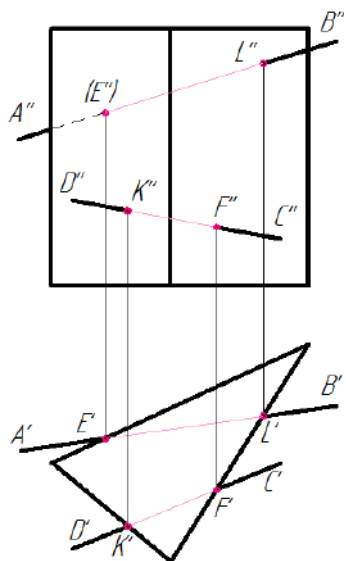


Рисунок 10.1 – Перетин прямих ліній із поверхню призми

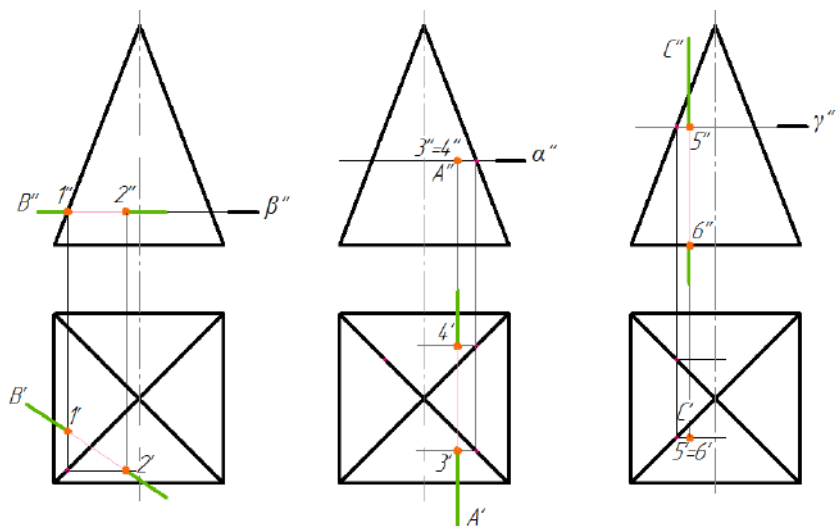


Рисунок 10.2 – Перетин прямих окремого положення із поверхню піраміди

На рисунку 10.3 пряма AB займає загальне положення. Проводимо через неї фронтально - проєкціювальну площину α'' і будуємо лінію її перерізу з заданою пірамідою. Там, де пряма перетинає лінію перерізу піраміди з площиною α , і будують точки K' і N' . За допомогою ліній зв'язку отримуємо проєкції K'' і N'' - точок перетину AB і піраміди.

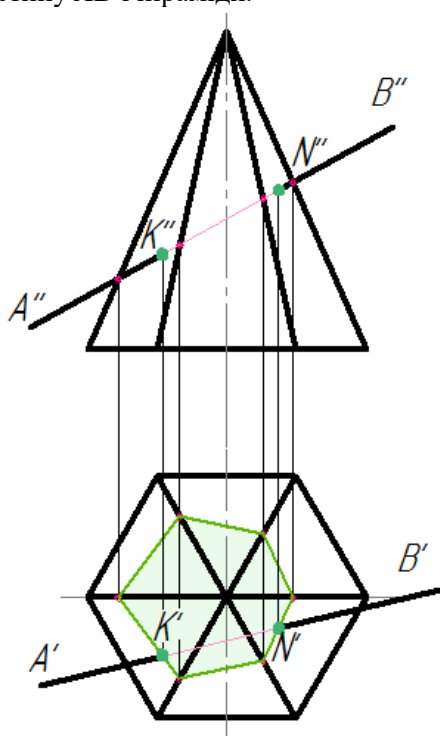


Рисунок 10.3 – Перетин прямих загального положення з поверхнею піраміди

10.2.3 Точки перетину прямої з циліндром

Точки перетину D, F прямої AB (точки K, L прямої CS) з поверхнею прямого циліндра, вісь якого розташована перпендикулярно площині проєкцій π_1 , будуються без додаткових побудов (рис. 10.4).

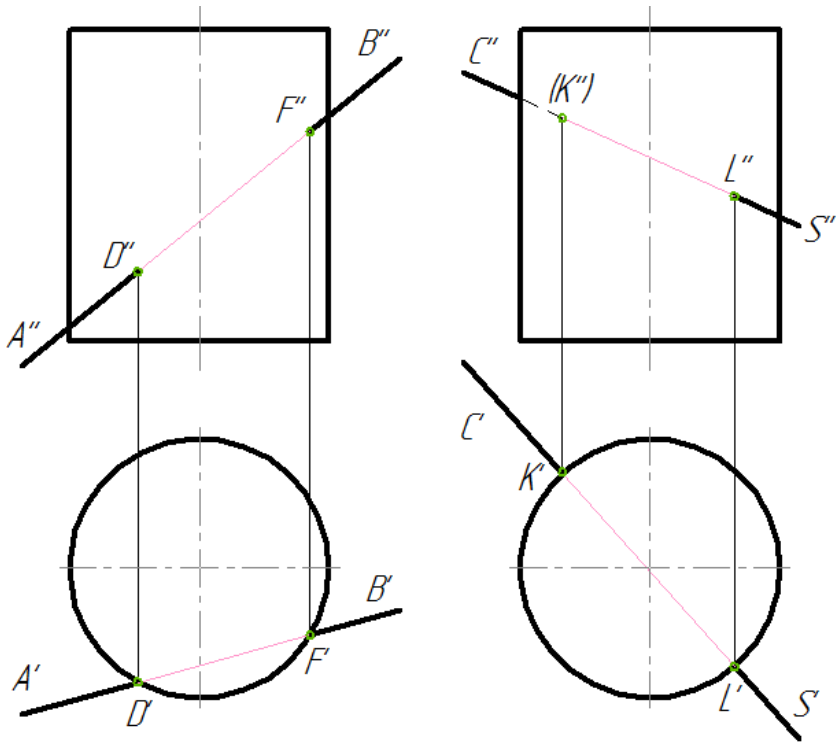


Рисунок 10.4 – Перетин прямої лінії з поверхнею циліндра

10.2.4 Точки перетину прямої з поверхнею сфери

На рисунку 10.5 зображено побудову точок перетину прямої окремого положення зі сферою. У прикладі пряма D – горизонталь. Проводимо через пряму D допоміжну горизонтальну площину α'' , яка перерізає сферу колом.

Точки B' і F' отримуємо при перетині горизонтальних проєкцій площини α (коло) і прямої D' . Фронтальні проєкції B'' і F'' – за допомогою ліній зв'язку.

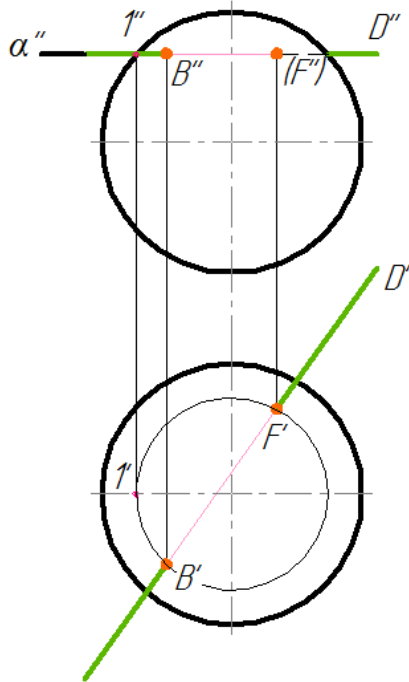


Рисунок 10.5 – Перетин прямих ліній окремого положення з поверхнею сфери

На рисунку 10.6 показано, як можна за допомогою допоміжної площини будувати точки перетину прямої загального положення AB зі сферою.

Через задану пряму AB проведено горизонтально-проекціювальну площину α' , що перерізає сферу по колу, фронтальна проекція якого – еліпс (заштрихована площина). Фронтальні проекції точок перетину (M'' , K'') отримуємо при перетині проєкцій еліпса і прямої $A''B''$. Горизонтальні – за допомогою ліній зв'язку (M' , K').

Побудову точок K , M перетину прямої загального положення AB (рис. 10.7) з поверхнею сфери визначають за допомогою методу заміни площин проєкцій.

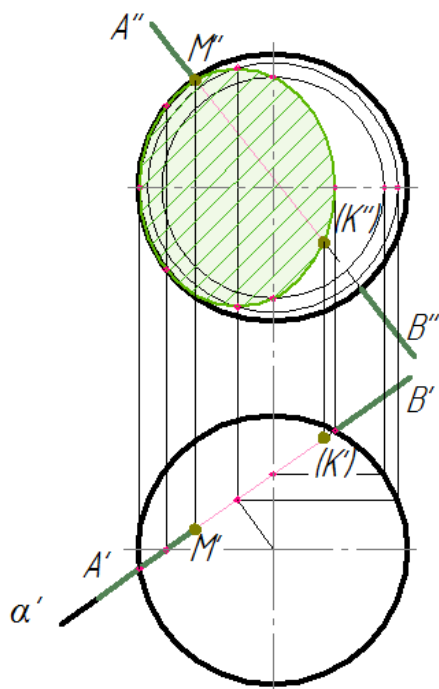


Рисунок 10.6 – Приклад побудови проєкцій точок перетину прямої лінії загального положення з поверхнею сфери

Замість площини проєкції π_2 , вводять додаткову площину π_4 , паралельну площині α , яка утворює з площиною π_1 нову систему площин проєкцій π_1/π_4 . На площину π_1 фігура перерізу площини α і сфери (коло) спроекціюється в дійсну величину. Будуємо нову проєкцію заданої прямої AB у новій системі площин проєкцій $\pi_1/\pi_4 - A^{IV}, B^{IV}$.

Для побудови проєкцій точок A^{IV}, B^{IV} використовують координати Z проєкцій точок A'', B'' . З'єднують проєкції A^{IV}, B^{IV} прямою лінією і відмічають точки її перетину (M^{IV} і K^{IV}) з колом фігури перерізу, радіус якої дорівнює R_I . Потім знаходять проєкції K' і M' і $K''M''$.

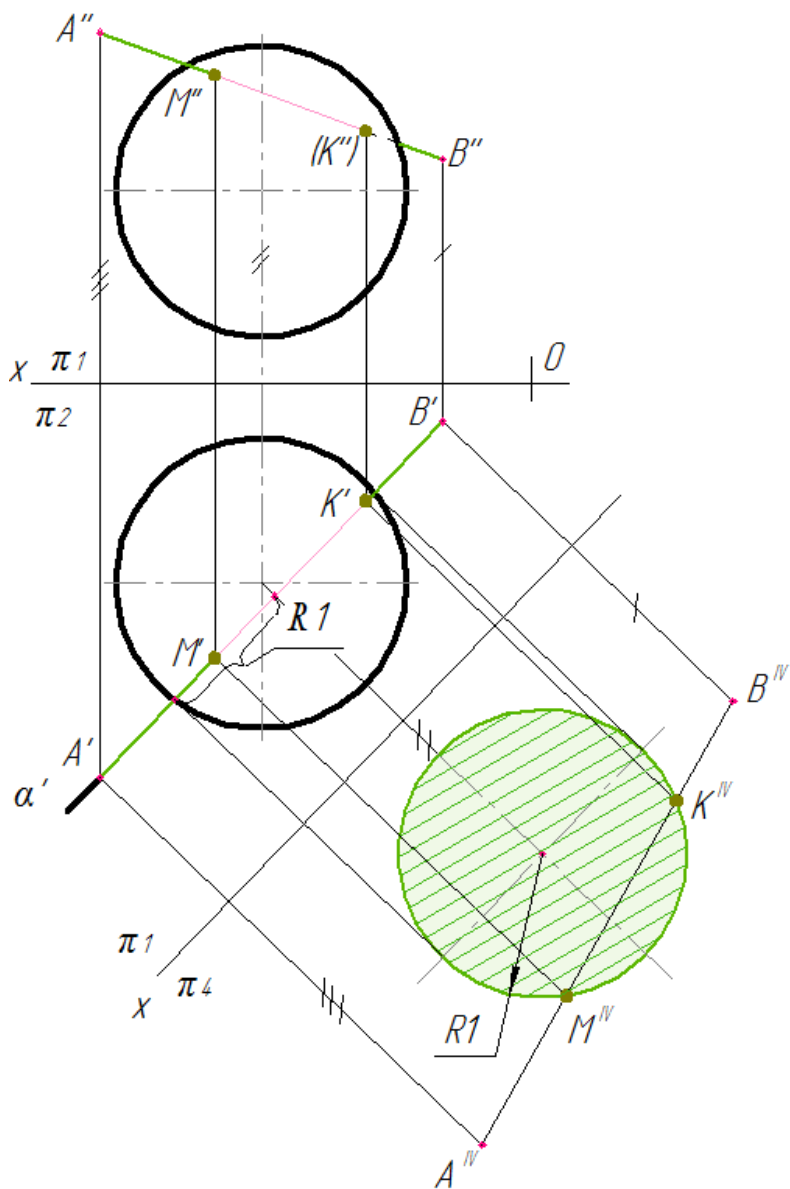


Рисунок 10.7 – Приклад побудови проєкцій точок перетину прямої лінії загального положення з поверхнею сфери

10.2.5 Точки перетину прямої з конусом

На рисунку 10.8 наведено приклад побудови перетину прямих окремого положення з конусом:

– пряма C – горизонталь (рис. 10.8, а). Через пряму C – проведено допоміжну горизонтальну площину γ'' , яка перерізає конус за колом. На горизонтальній проєкції лінія фігури перерізу площини γ з конусом (коло) перетинається з заданою прямою в точках A' і N' , які і є точки перетину прямої з конусом. За лініями зв'язку отримують проєкції точок A'' , N'' :

– пряма H – горизонтально-проєкціювальна (рис. 10.8, б). Для побудови точки перетину прямої H з конусом використана твірна. Спочатку будують горизонтальну проєкцію твірної ($S1'$), а потім її фронтальну проєкцію, яка перетинає задану пряму в т. L'' – фронтальній проєкції точки перетину прямої H з поверхнею конуса.

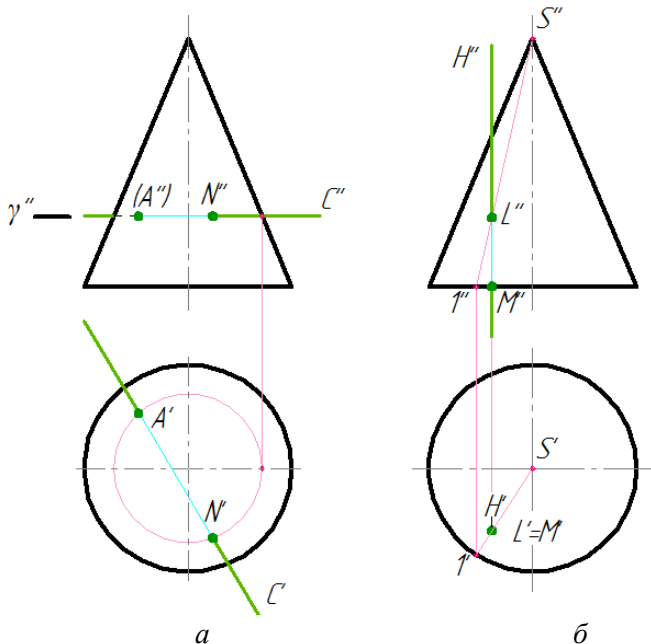


Рисунок 10.8 – Перетин прямих окремого положення з поверхнею конуса

При перетині конуса прямою лінією загального положення розв'язування задачі виконують двома способами:

– за допомогою допоміжної площини загального положення α (рис. 10.9), що проходить через вершину і задану пряму лінію AB та перерізає його за прямими лініями;

– за допомогою проєкціовальної площини. На рисунку 10.10 застосована фронтально-проєкціовальна площина β'' .

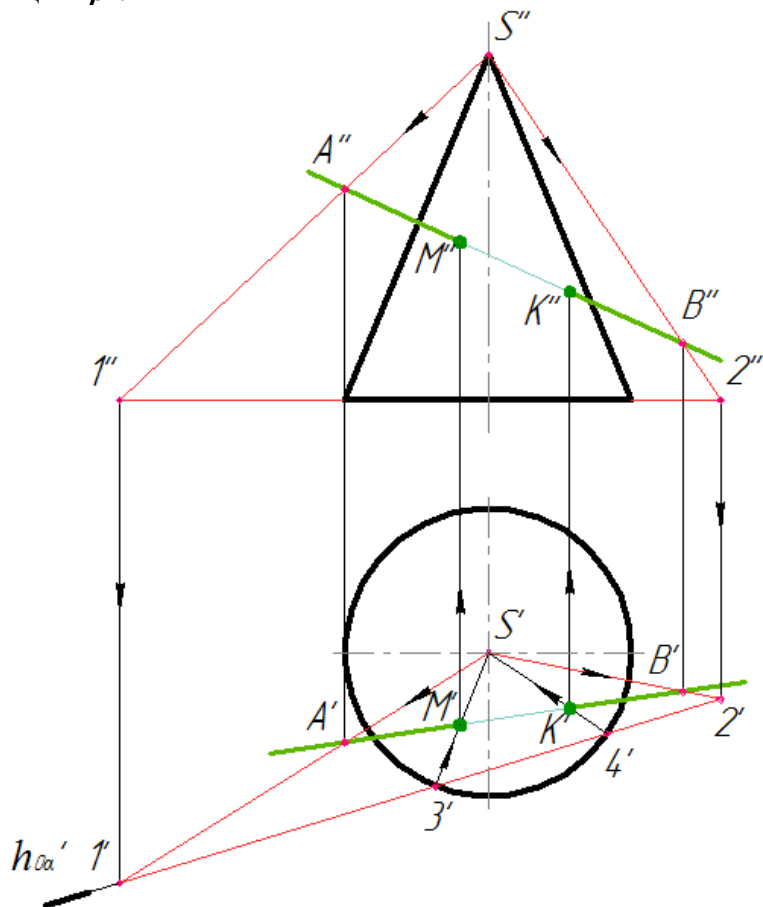


Рисунок 10.9 – Приклади побудови проєкцій точок перетину прямої лінії загального положення з поверхнею конуса

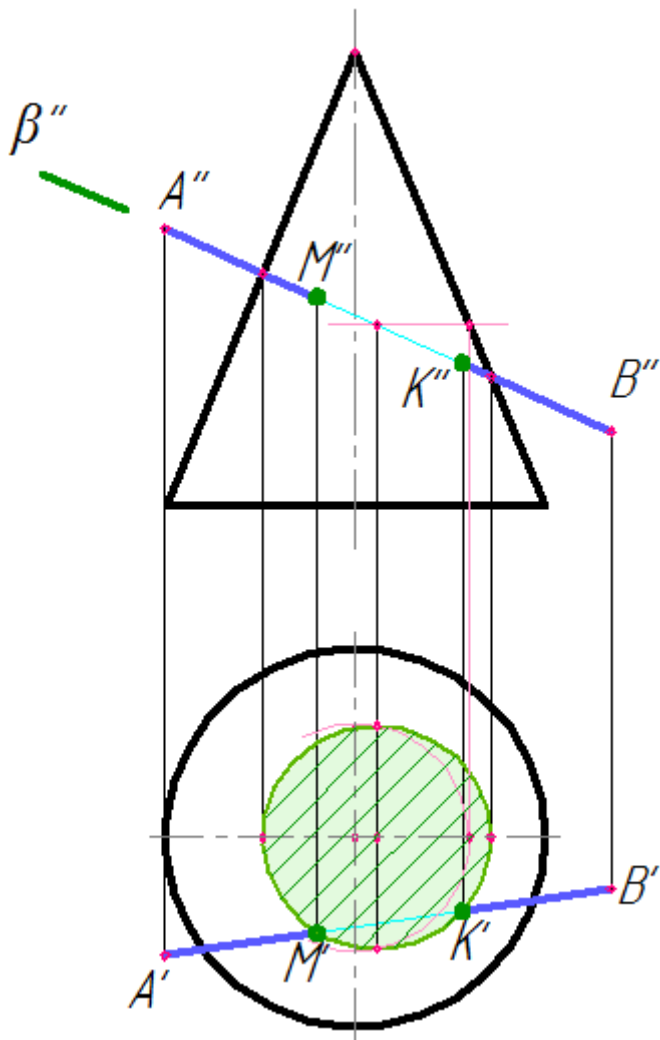


Рисунок 10.10 – Приклади побудови проєкцій точок перетину прямої лінії загального положення з поверхнею конуса

11. ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАВДАННЯ

11.1 Призма з отвором

Завдання:

- за двома заданими (фронтальною та горизонтальною) проєкціями шестигранної призми з наскрізним отвором побудувати профільну проєкцію (рис. 11.1, а);
- побудувати натуральну фігуру перерізу горизонтально-проектувальною або фронтально-проектувальною площиною;
- побудувати аксонометричне зображення шестигранної призми з наскрізним отвором.

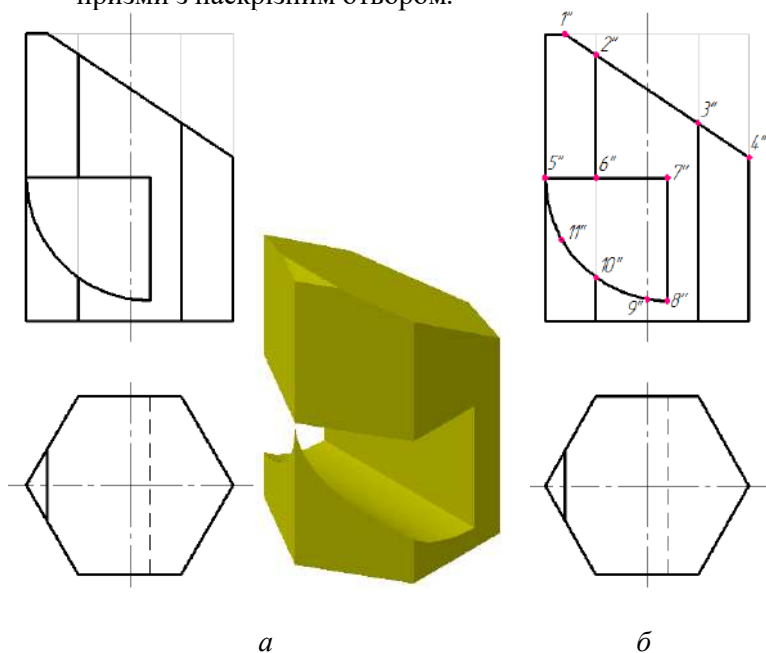


Рисунок 11.1 – Завдання до прикладу «Призма з отвором»

Побудову (рис. 11.1, б) починають з визначення точок на зрізі (точки 1'' – 4'') та на отворі (точки 5'' – 11''). Будують профільну проєкцію призми.

Точка I'' лежить на верхній основі призми (рис. 11.2), тому горизонтальну проекцію I' шукають за допомогою лінії зв'язку. Профільну проекцію I''' будують відкладанням координати y_I , яку вимірюють з горизонтальної проекції.

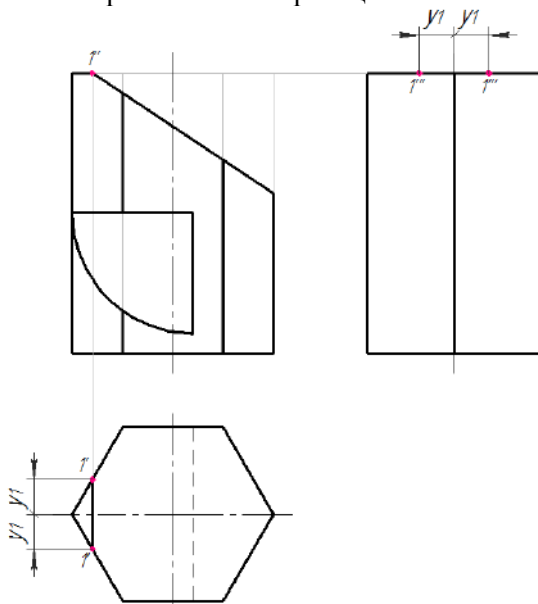


Рисунок 11.2 – Побудова проєкцій точки 1

Точки $2''$, $6''$, $10''$ (рис. 11.3) та точки 3 , 4 , 5 (рис. 11.4) лежать на ребрах призми, тому горизонтальні та профільні проєкції цих точок знаходять на горизонтальних та профільних проєкціях відповідних ребер призми.

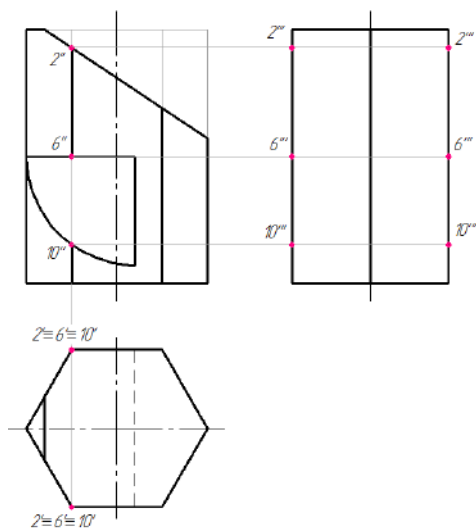


Рисунок 11.3 – Побудова проєкцій точок 2, 6, 10

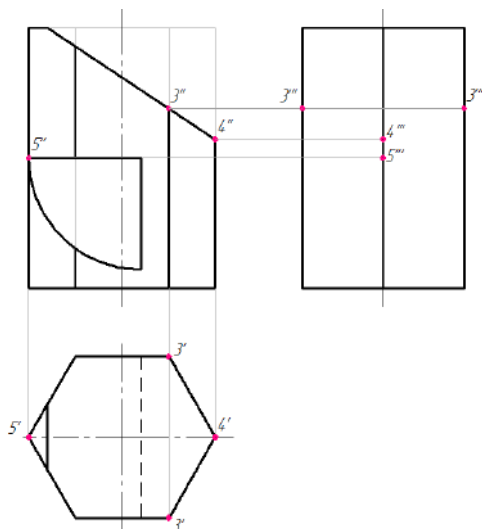


Рисунок 11.4 – Побудова проєкцій точок 3, 4, 5

Точки 7'', 8'' (рис 11.5) та точки 9'', 11'' (рис. 11.6) лежать на гранях призми, тому горизонтальні та профільні проєкції цих

точок знаходять на горизонтальних та профільних проєкціях граней.

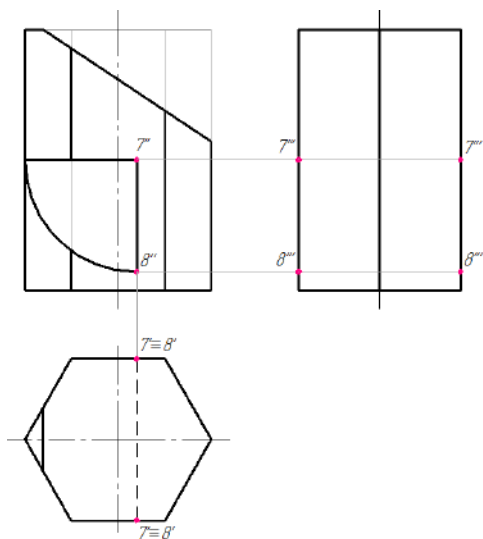


Рисунок 11.5 – Побудова проєкцій точок 7, 8

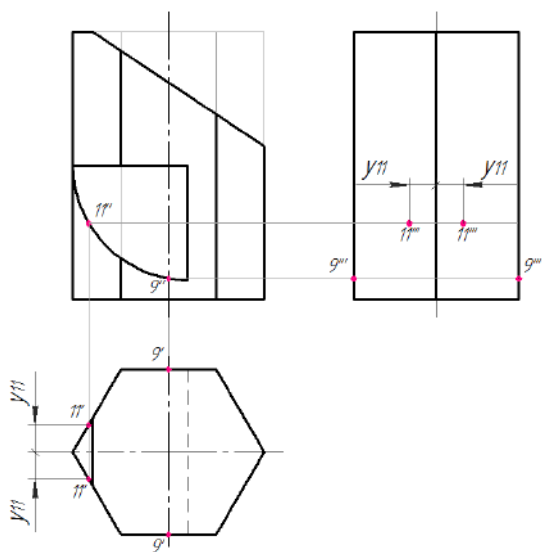


Рисунок 11.6 – Побудова проєкцій точок 9, 11

Профільну проєкцію зрізаної призми з отвором (рис 11.7) отримують послідовним з'єднанням профільних проєкцій всіх точок.

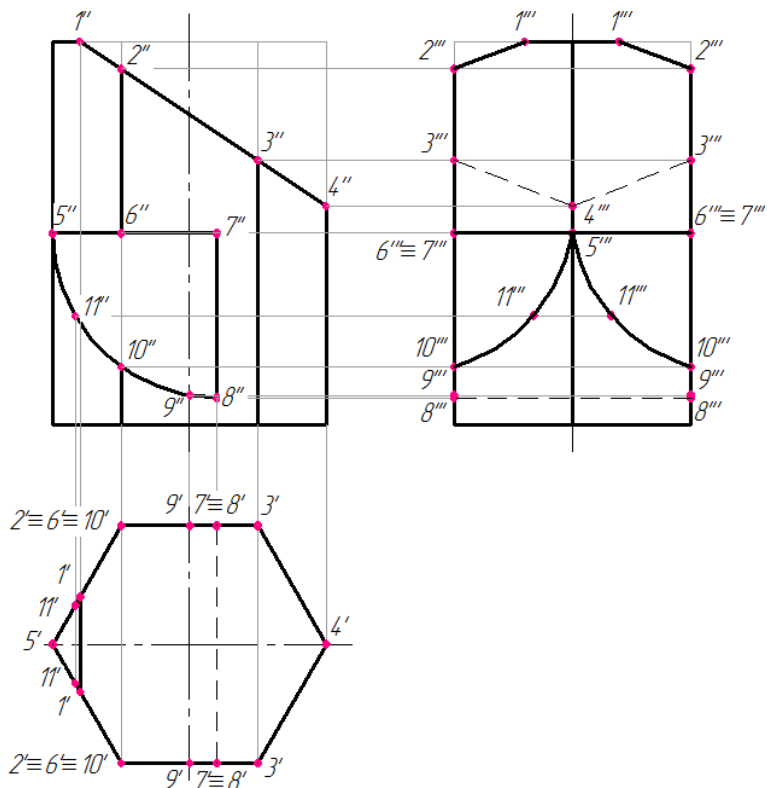


Рисунок 11.7 – Побудова профільної проєкції призми

Побудову перерізу *A-A* фронтально-проектувальною площиною (рис. 11.8, *a*) починають з визначення точок на лінії перерізу (рис. 11.8, *б*).

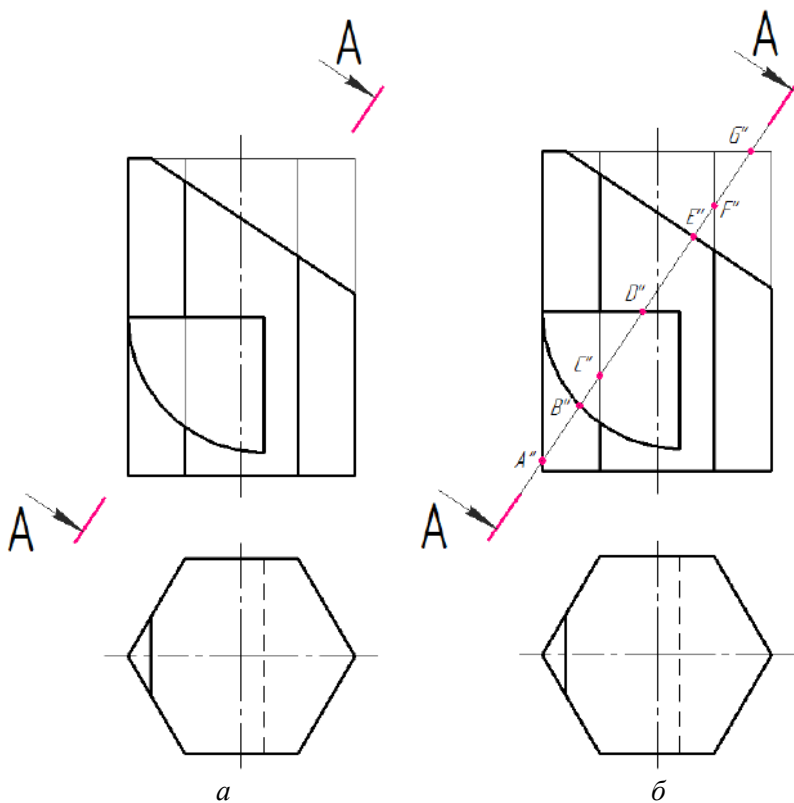


Рисунок 11.8 – Визначення точок на лінії перерізу призми

Спочатку визначаються горизонтальні проєкції зазначених точок (рис. 11.9, *a*), які визначають горизонтальну проєкцію фігури перерізу (рис. 11.9, *б*).

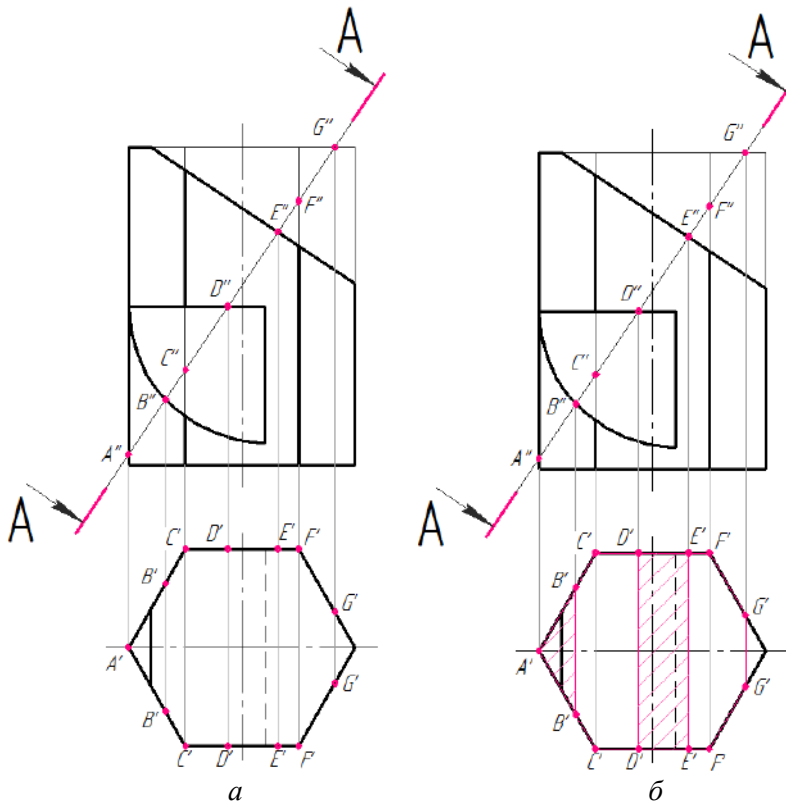


Рисунок 11.9 – Визначення горизонтальної проєкції фігури перерізу призми

Побудова дійсної величини фігури перерізу дана на рисунках 11.9, 11.10.

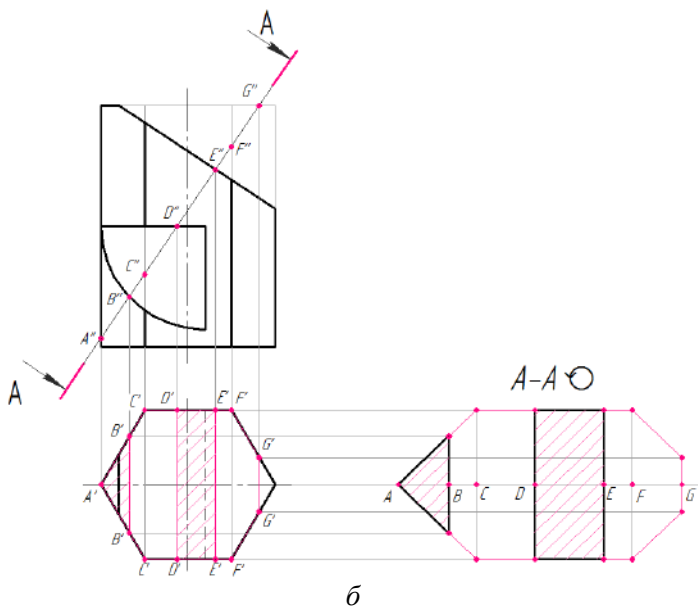
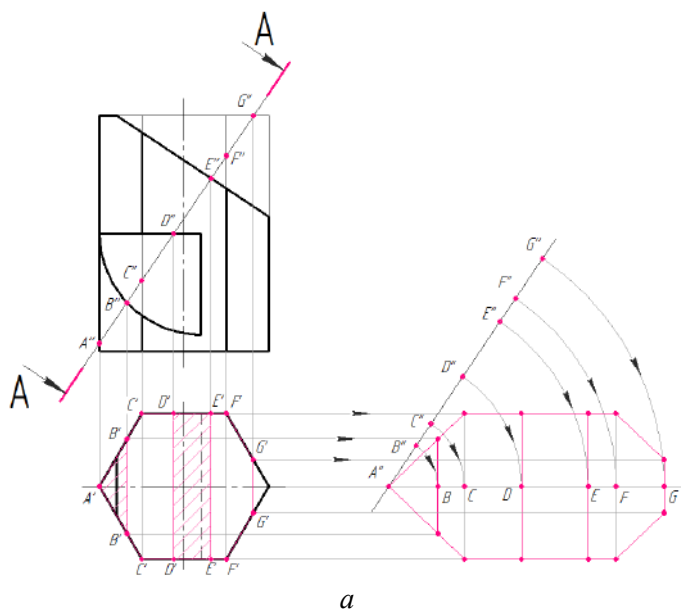


Рисунок 11.10 – Визначення дійсної фігури перерізу призми

Аналогічно виконують побудову перерізу **Б-Б** (рис. °11.11, °а, °б), горизонтально-проектувальною площиною. Визначають точки на лінії перерізу.

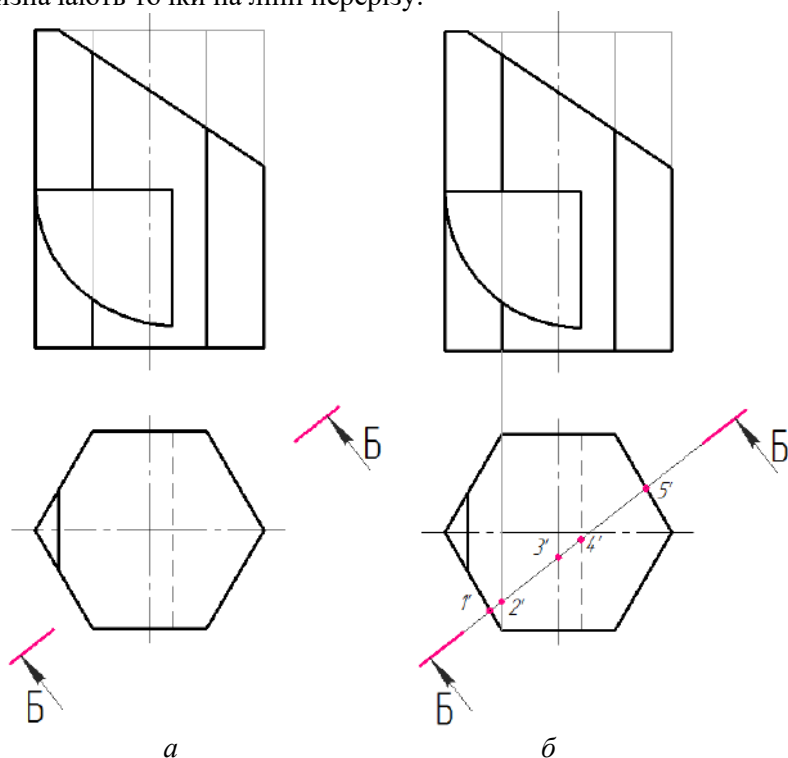


Рисунок 11.11 – Визначення точок лінії перерізу призми

Далі визначаються фронтальні проєкції зазначених точок (рис. 11.12, а), які визначають фронтальну проєкцію фігури перерізу (рис. 11.12, б).

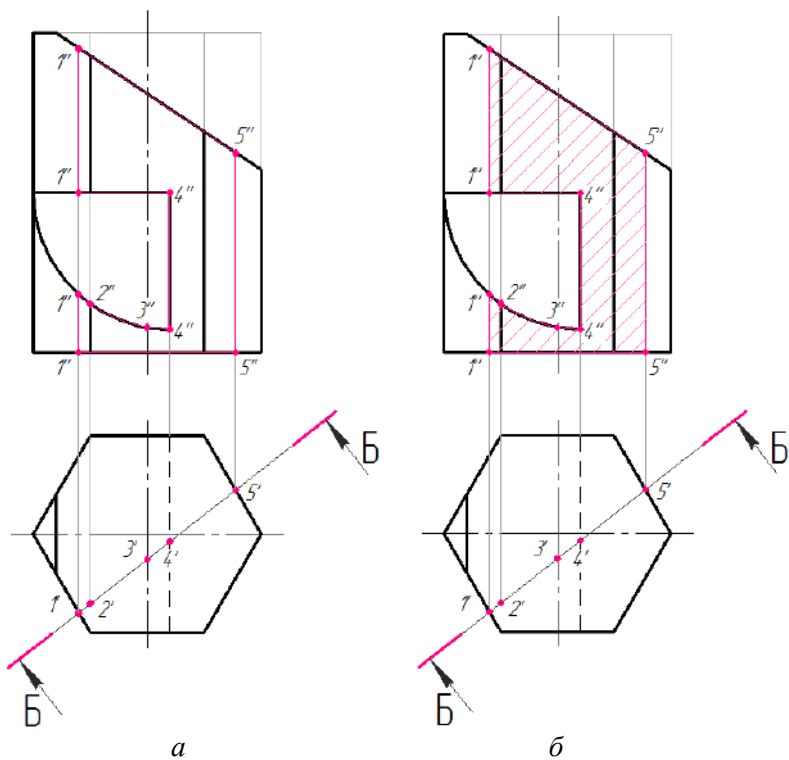


Рисунок 11.12 – Визначення фронтальної проєкції фігури перерізу призми

На рисунках 11.13 – 11.15 подана послідовність побудови дійсної фігури перерізу.

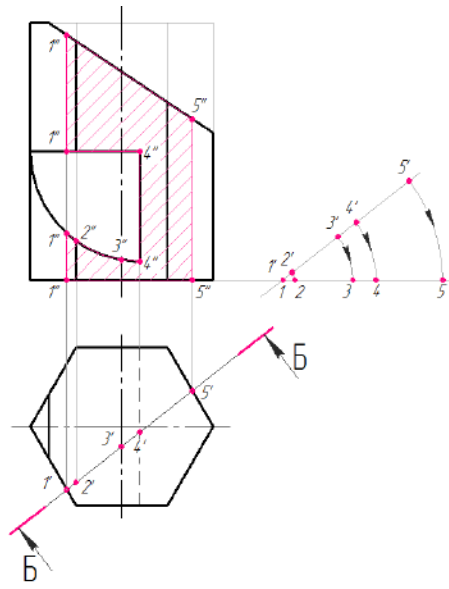


Рисунок 11.13 – Визначення дійсної фігури перерізу призми

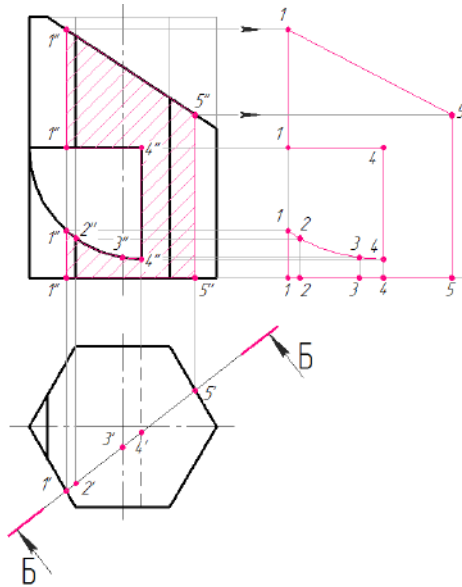


Рисунок 11.14 – Визначення дійсної фігури перерізу призми

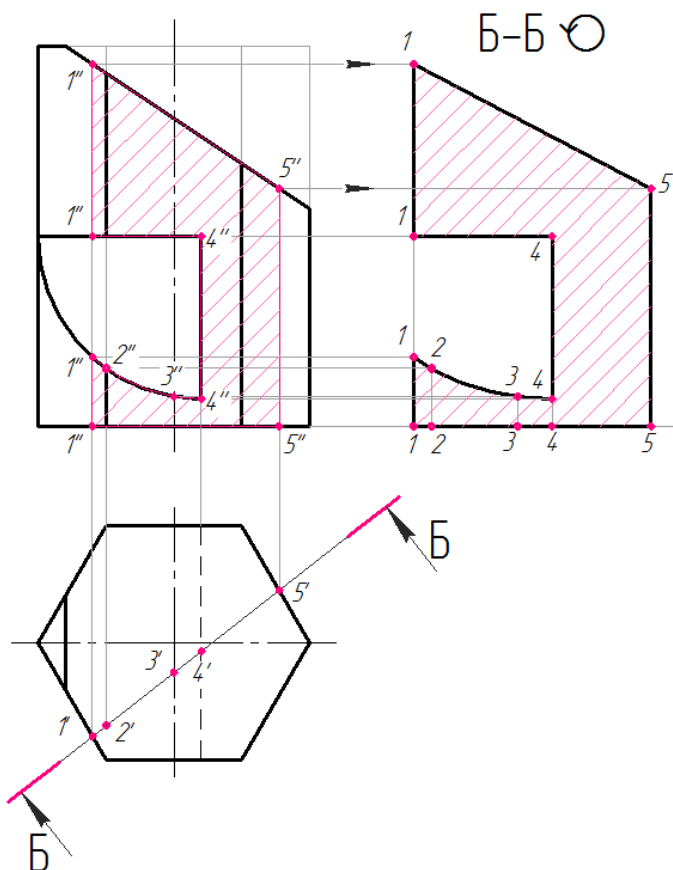


Рисунок 11.15 – Визначення дійсної фігури перерізу призми

Аксонетричне зображення призми будується у прямокутній ізометрії, аксонетричні осі якої утворюють між собою кут 120° (рис. 11.16).

Починають з побудови нижньої основи призми – шестикутника (рис. 11.17 – 11.21). Верхня основа призми будується підняттям вершин нижньої основи на висоту призми (рис. 11.22 – 11.23).

Побудову ізометрії точок виконують координатним методом (рис. 11.24 – 11.30).

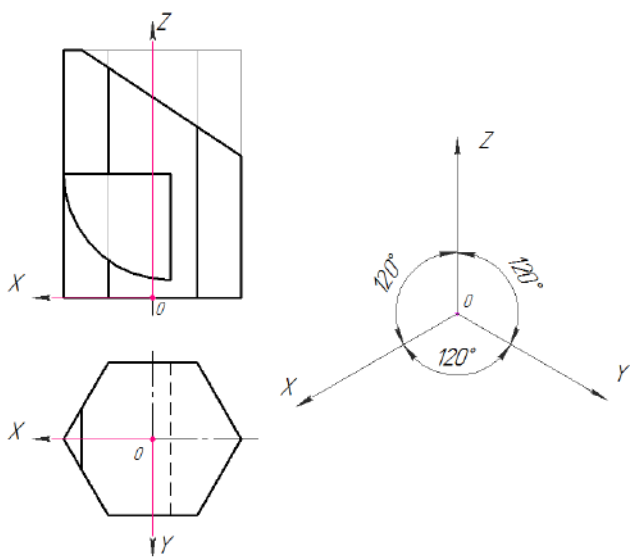


Рисунок 11.16 – Осі у прямокутній ізометрії

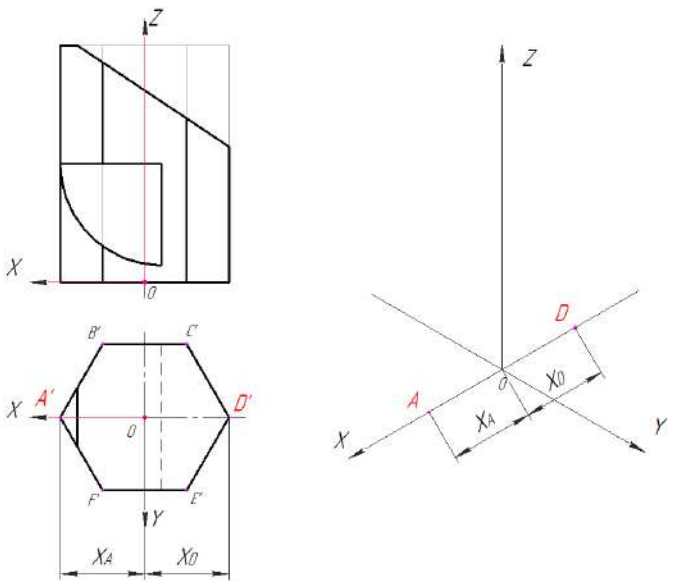


Рисунок 11.17 – Побудова нижньої основи призми – шестикутника

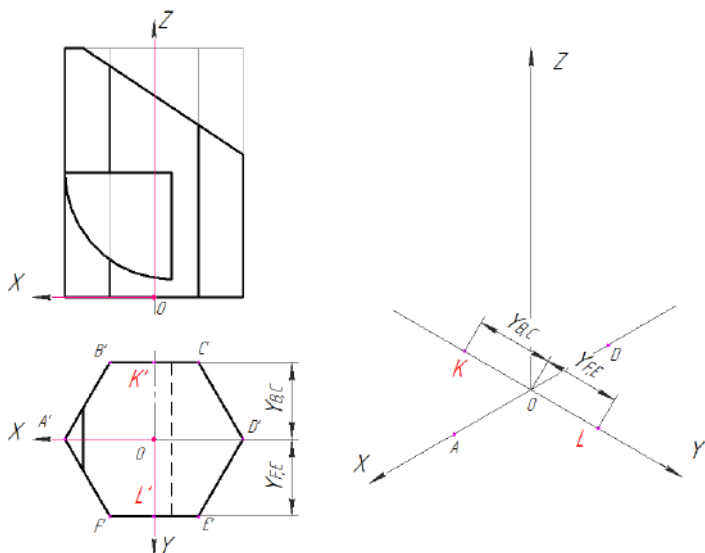


Рисунок 11.18 – Побудова нижньої основи призми – шестикутника

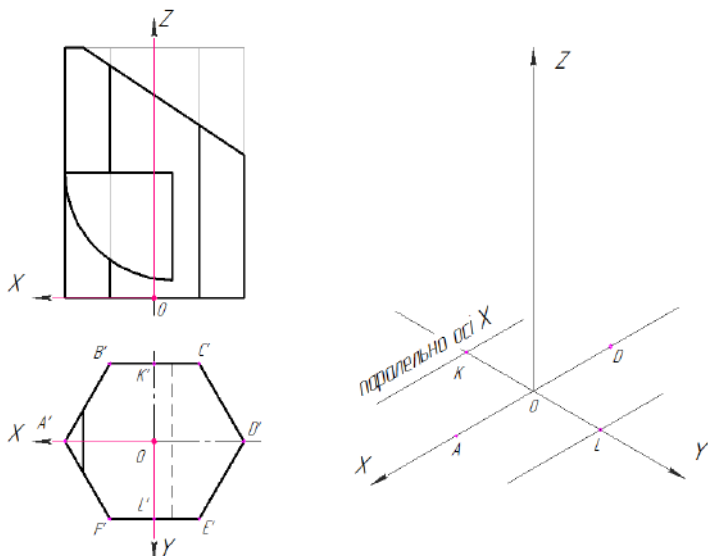


Рисунок 11.19 – Побудова нижньої основи призми – шестикутника

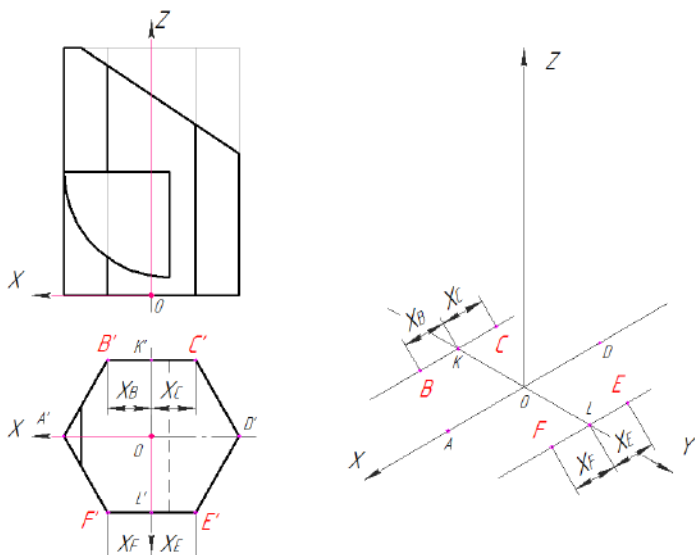


Рисунок 11.20 – Побудова нижньої основи призми – шестикутника

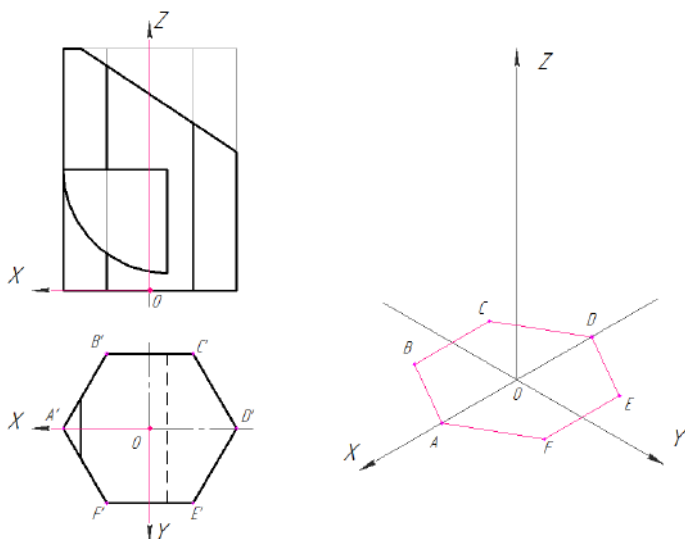


Рисунок 11.21 – Побудова нижньої основи призми – шестикутника

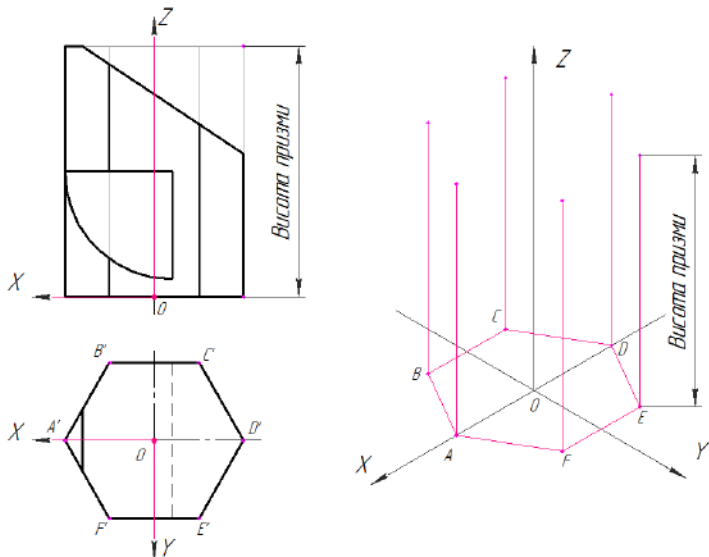


Рисунок 11.22 – Побудова верхньої основи призми

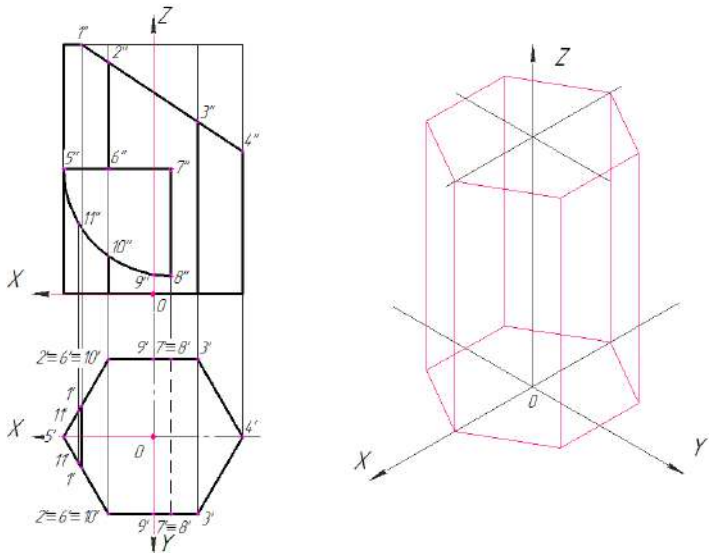


Рисунок 11.23 – Побудова верхньої основи призми

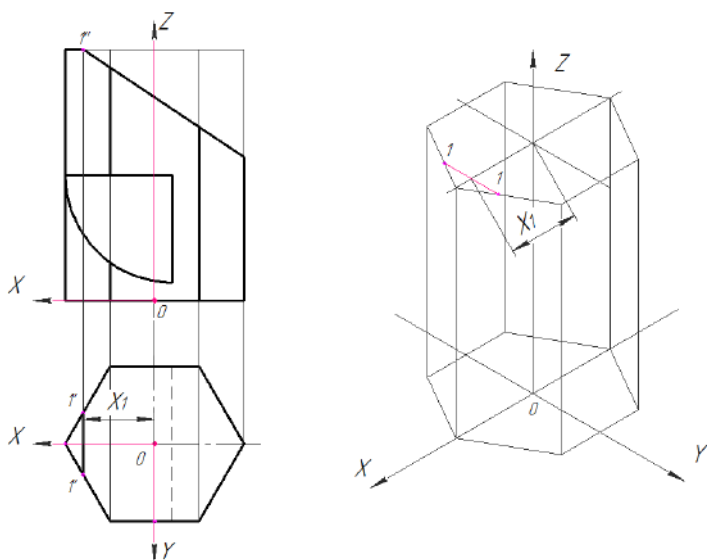


Рисунок 11.24 – Побудова ізометрії точок

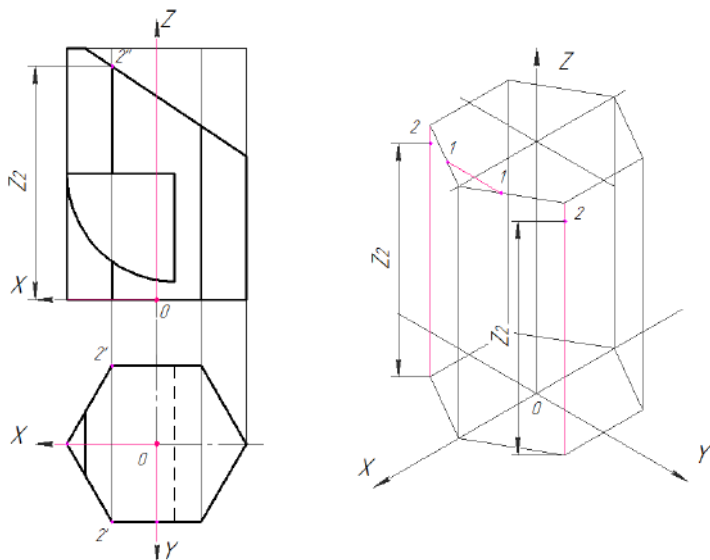


Рисунок 11.25 – Побудова ізометрії точок

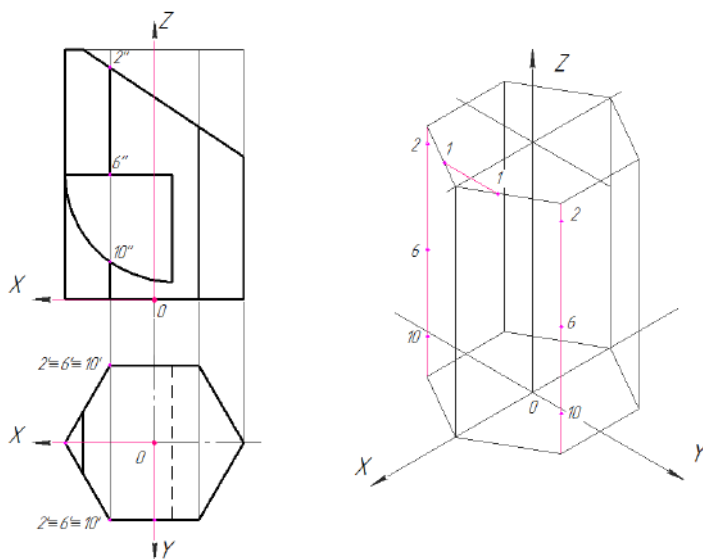


Рисунок 11.26 – Побудова ізометрії точок

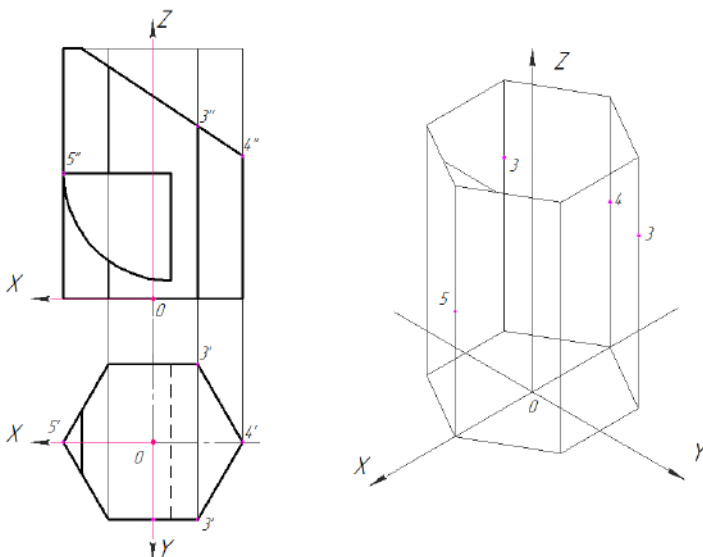


Рисунок 11.27 – Побудова ізометрії точок

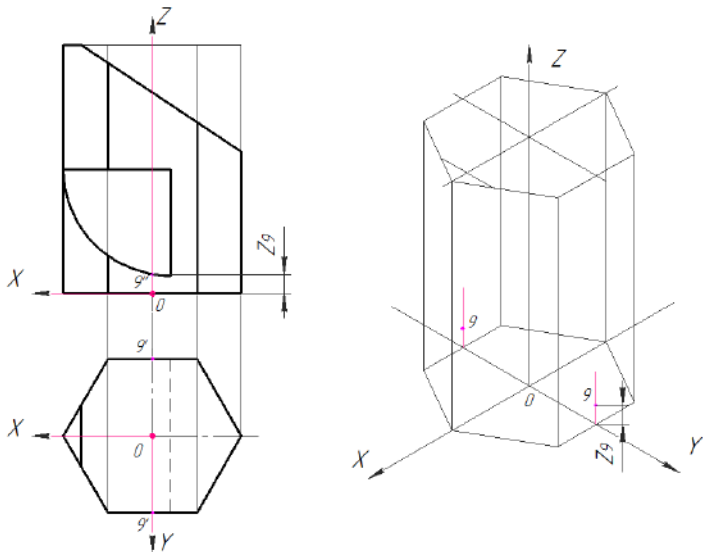


Рисунок 11.28 – Побудова ізометрії точок

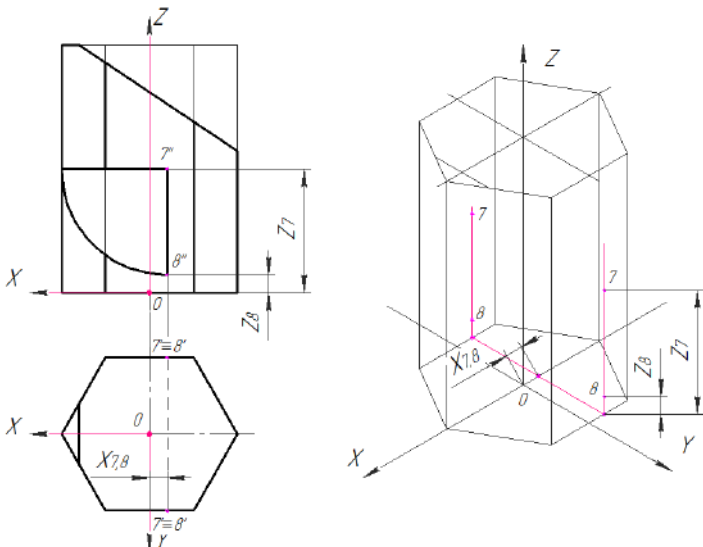


Рисунок 11.29 – Побудова ізометрії точок

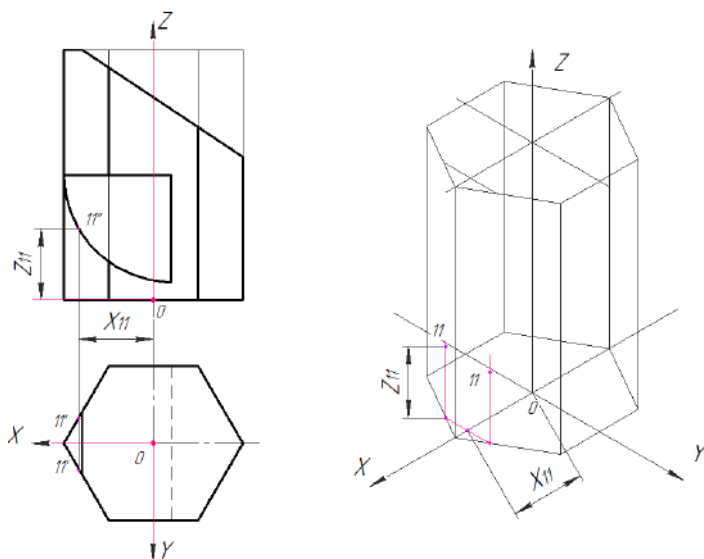


Рисунок 11.30 – Побудова ізометрії точок

Послідовно з'єднують всі отримані точки (рис. 11.31). Невидимі лінії отвору та ребра призми показують штриховою лінією (рис. 11.32).

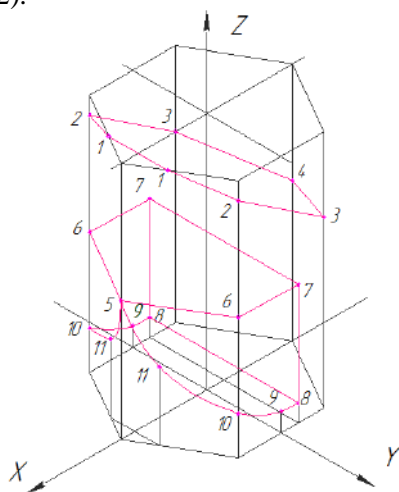


Рисунок 11.31 – Побудова ізометричної проєкції призми

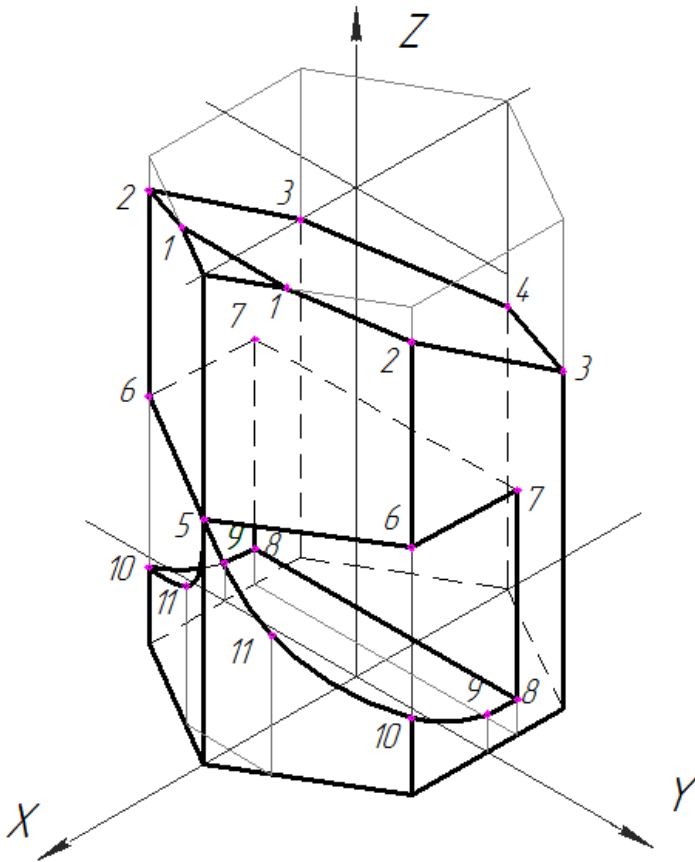


Рисунок 11.32 – Ізометрична проєкція призми

11.2 Конус з отвором

Завдання:

за двома заданими (фронтальною та горизонтальною) проєкціями конуса з наскрізним отвором побудувати профільну проєкцію (рис. 11.33, а);

- побудувати натуральну фігуру перерізу горизонтально-проєктувальною або фронтально-проєктувальною площиною;

- побудувати аксонометричне зображення конуса з наскрізним отвором.

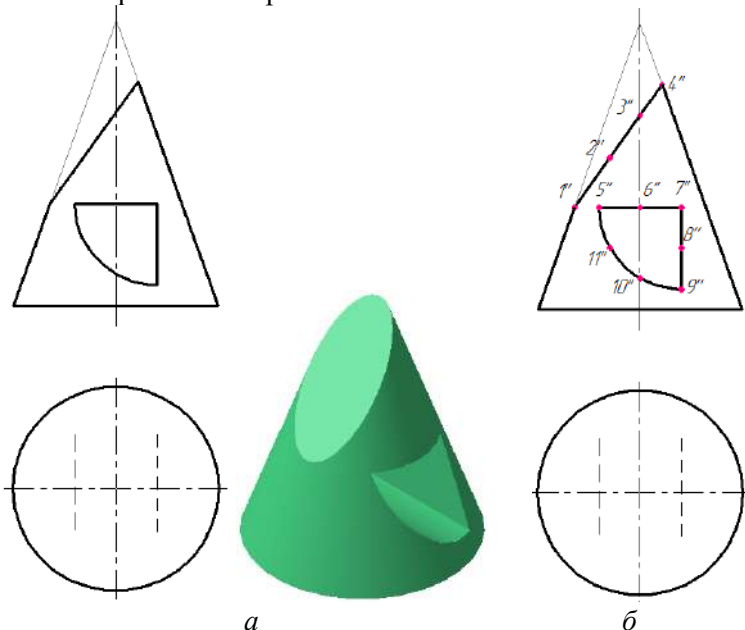


Рисунок 11.33 – Завдання до прикладу «Конус з отвором»

Побудову (рис. 11.33, б) починають з визначення точок на зрізі (точки $1'' - 4''$) та на отворі (точки $5'' - 10''$). Будують профільну проекцію конуса.

Точки $1''$ та $4''$ лежать на бічних твірних конуса (рис. 11.34), тому горизонтальні проекції $1'$ та $4'$ шукають на горизонтальній осьовій лінії проекції. Профільні проекції $1'''$ та $4'''$ – на вертикальній осьовій лінії проекції.

Проекції інших точок знаходять методом січних площин (рис. 11.35 – 11.39).

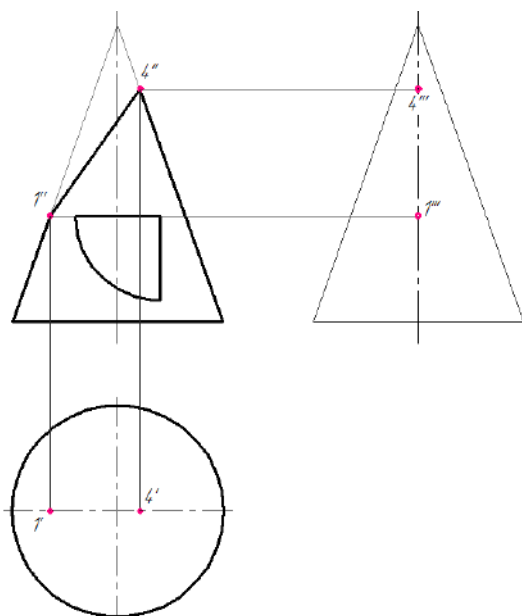


Рисунок 11.34 – Побудова проєкцій точок 1 та 4 конуса

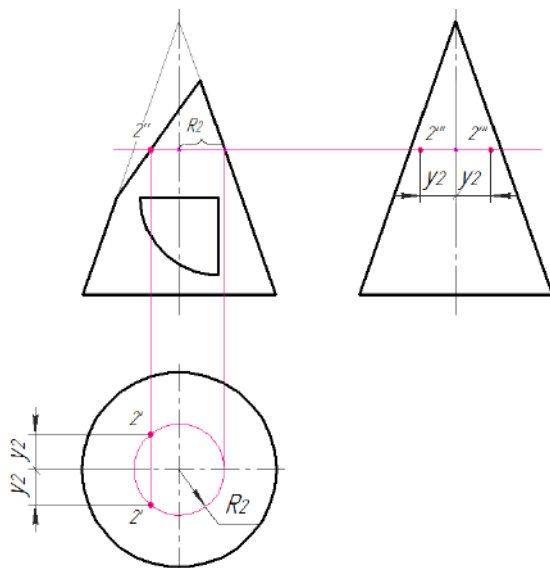


Рисунок 11.35 – Побудова проєкцій точок конуса

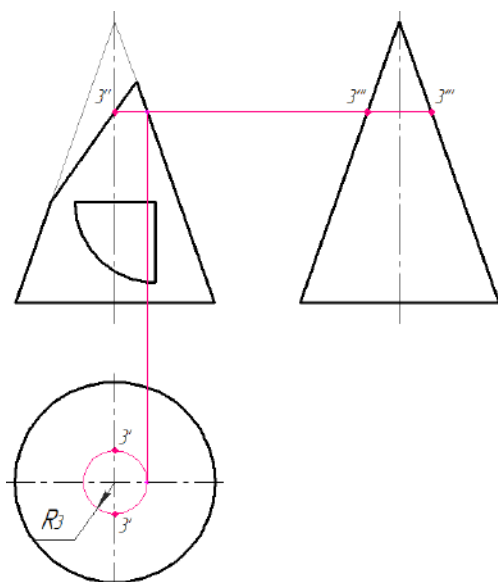


Рисунок 11.36 – Побудова проєкцій точок конуса

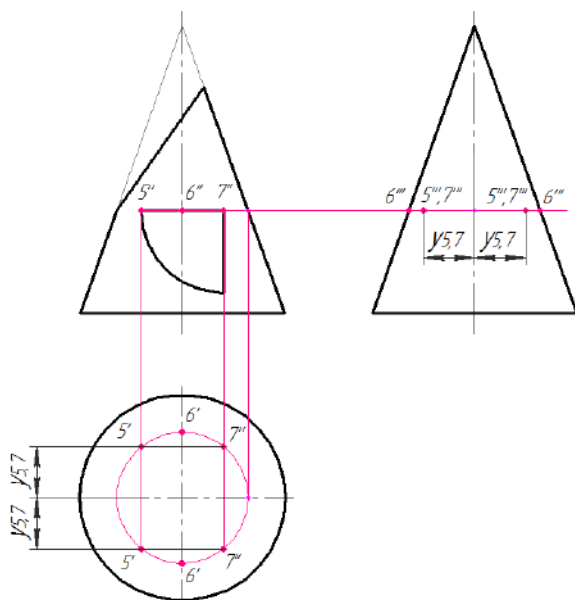


Рисунок 11.37 – Побудова проєкцій точок конуса

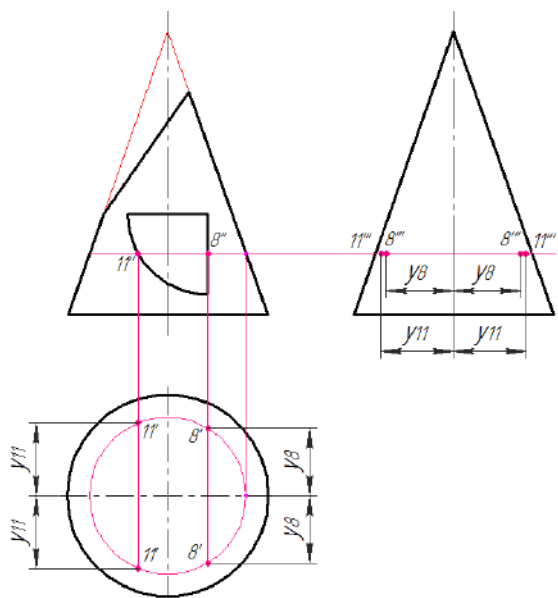


Рисунок 11.38 – Побудова проєкцій точок конуса

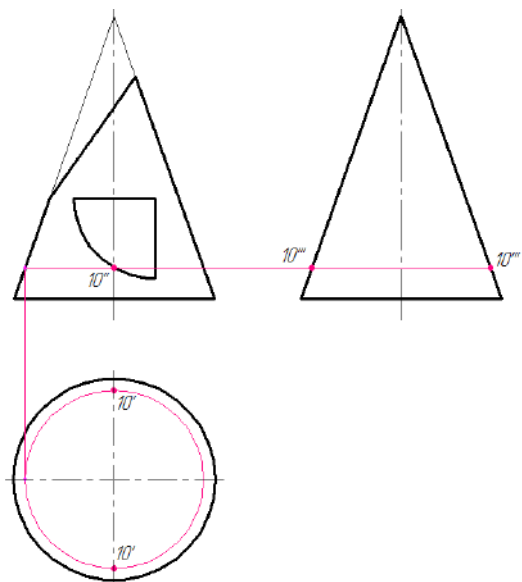


Рисунок 11.39 – Побудова проєкцій точок конуса

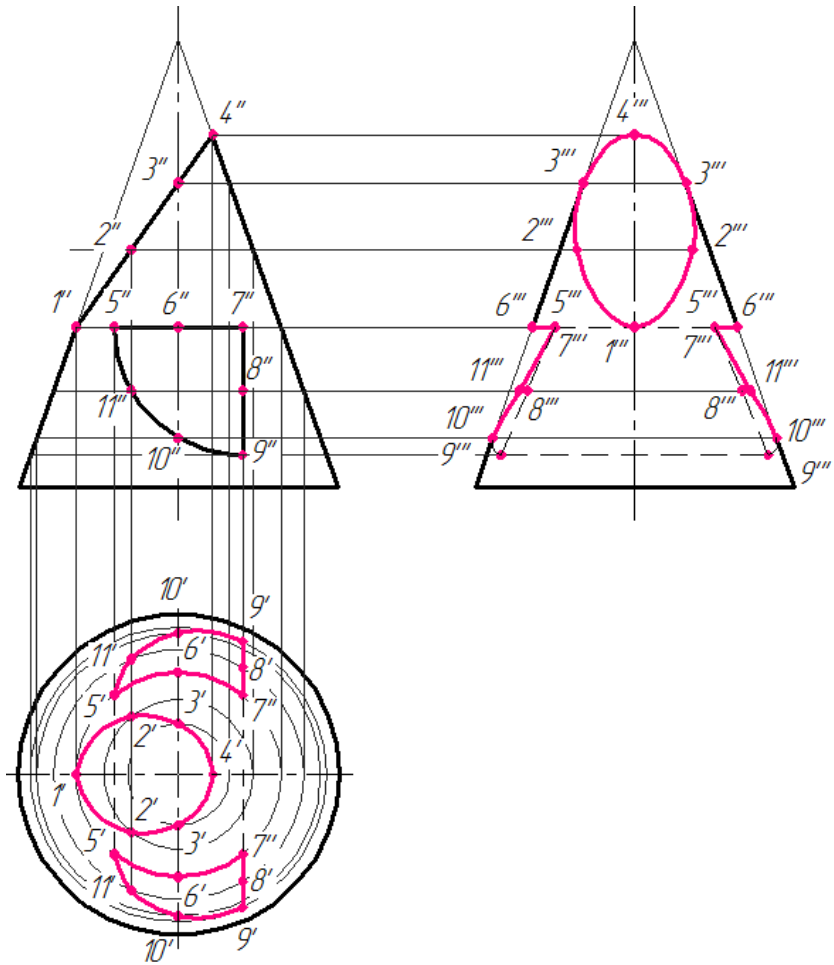


Рисунок 11.40 – Побудова профільної проєкції конуса

Профільну проєкцію зрізаного конуса з отвором (рис. 11.40) отримують послідовним з'єднанням профільних проєкцій всіх точок. Невидимі лінії отвору показують штриховою лінією.

Побудову перерізу *A-A* фронтально-проєктувальною площиною (рис 11.41, *a*) починають з визначення точок на лінії перерізу (рис 11.41, *б*)

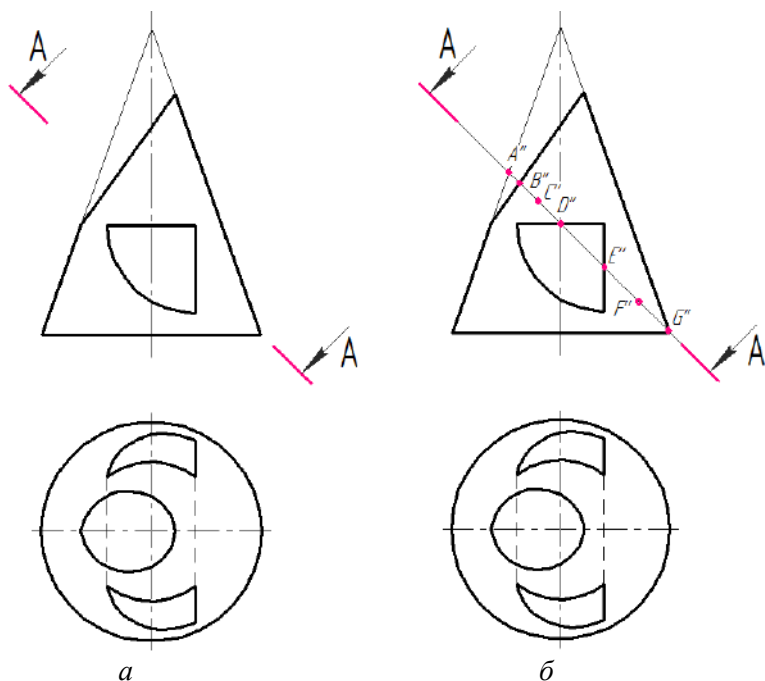


Рисунок 11.41 – Визначення точок на лінії перерізу конуса

Спочатку визначаються горизонтальні проекції зазначених точок (рис. 11.42, *а*), які визначають горизонтальну проекцію фігури перерізу (рис. 11.42, *б*).

Точка *A* лежить на бічній твірній конуса (рис. 11.42, *а*), тому горизонтальну проекцію *A'* шукають на горизонтальній осьвій лінії проекції.

Точка *G* лежить на основі конуса (рис. 11.42, *а*), тому горизонтальну проекцію *G'* шукають на горизонтальній проекції основи конуса – на колі.

Точки *B* та *D* лежать на зрізі та отворі (рис. 11.42, *а*), тому горизонтальні проекції цих точок *B'* та *D'* шукають на горизонтальній проекції відповідних поверхонь.

Горизонтальні проекції точок *C*, *E*, *F* знаходять методом січних площин (рис. 11.42, *б*).

Послідовним з'єднанням побудованих проекцій точок отримують горизонтальну проекцію фігури перерізу (рис. 11.43).

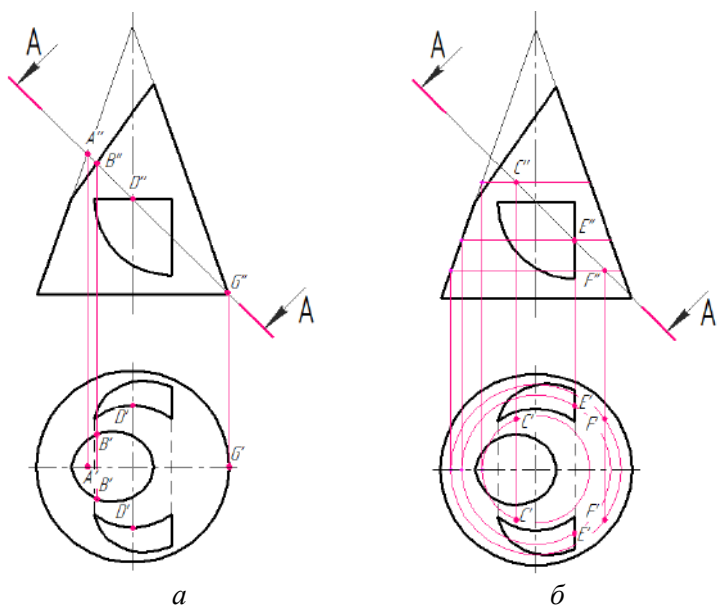


Рисунок 11.42 – Визначення точок на лінії перерізу конуса

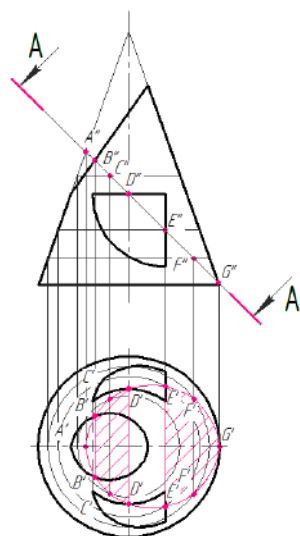


Рисунок 11.43 – Визначення горизонтальної проєкції фігури перерізу

Побудова дійсної величини фігури перерізу подана на
 рисунках 11.44 – 11.46.

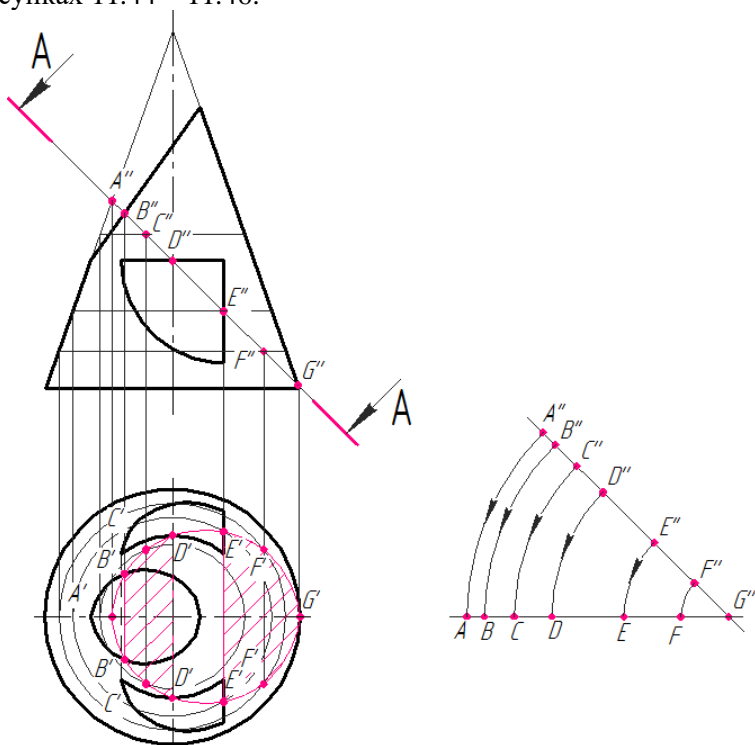


Рисунок 11.44 – Визначення дійсної фігури перерізу конуса

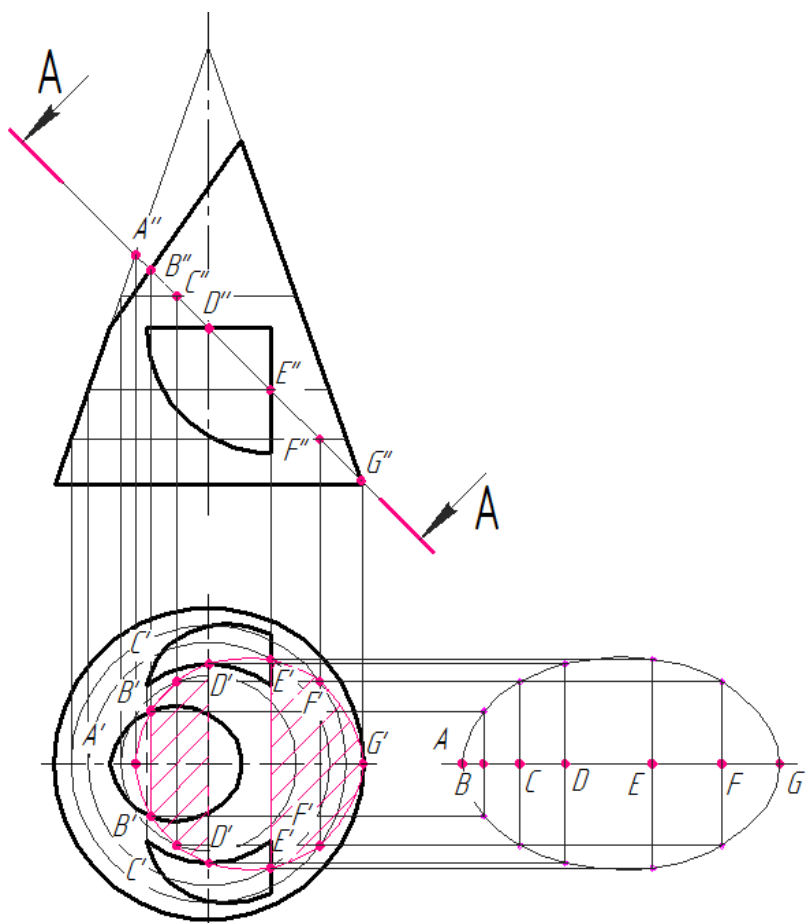


Рисунок 11.45 – Визначення дійсної фігури перерізу конуса

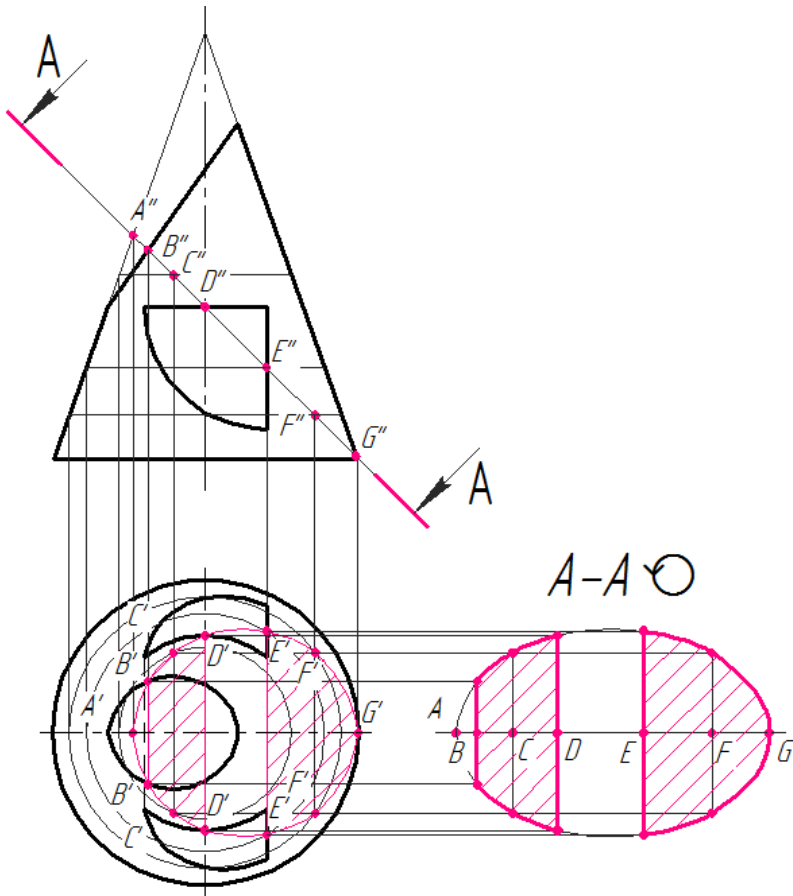


Рисунок 11.46 – Визначення дійсної фігури перерізу конуса

Аналогічно виконують побудову перерізу **Б-Б**, горизонтально-проектувальною площиною. Визначають точки на лінії перерізу (рис 11.47, *a*).

Далі визначаються фронтальні проєкції зазначених точок (рис 11.47, *б*; 11.48, *a*, *б*), які визначають фронтальну проєкцію фігури перерізу (рис 11.49).

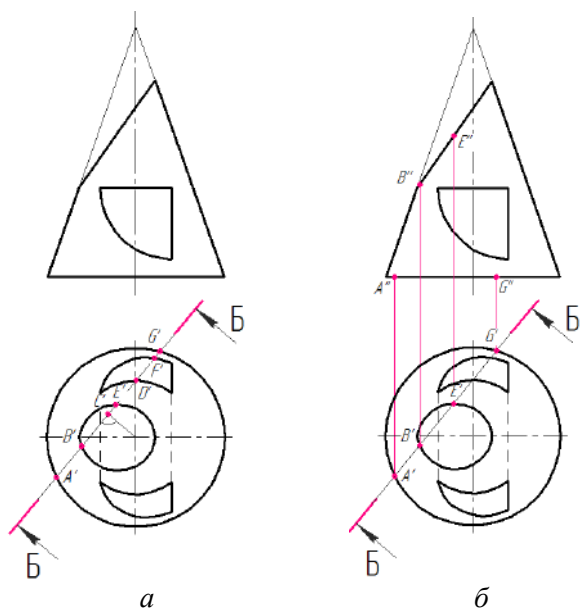


Рисунок 11.47 – Визначення точок на лінії перерізу конуса

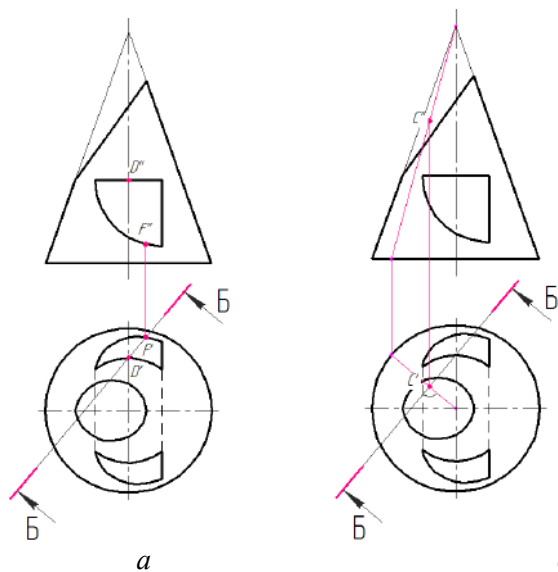


Рисунок 11.48 – Визначення точок на лінії перерізу конуса

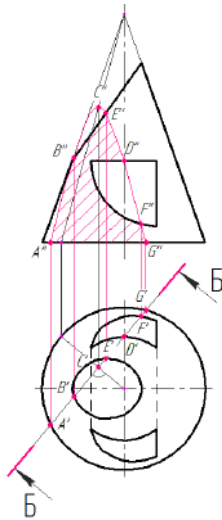


Рисунок 11.49 – Визначення фронтальної проєкції фігури перерізу

На рисунках 11.50, 11.51 подана послідовність побудови дійсної фігури перерізу.

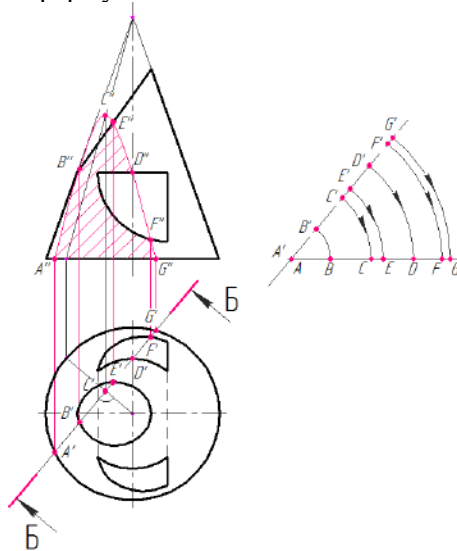


Рисунок 11.50 – Визначення дійсної фігури перерізу конуса

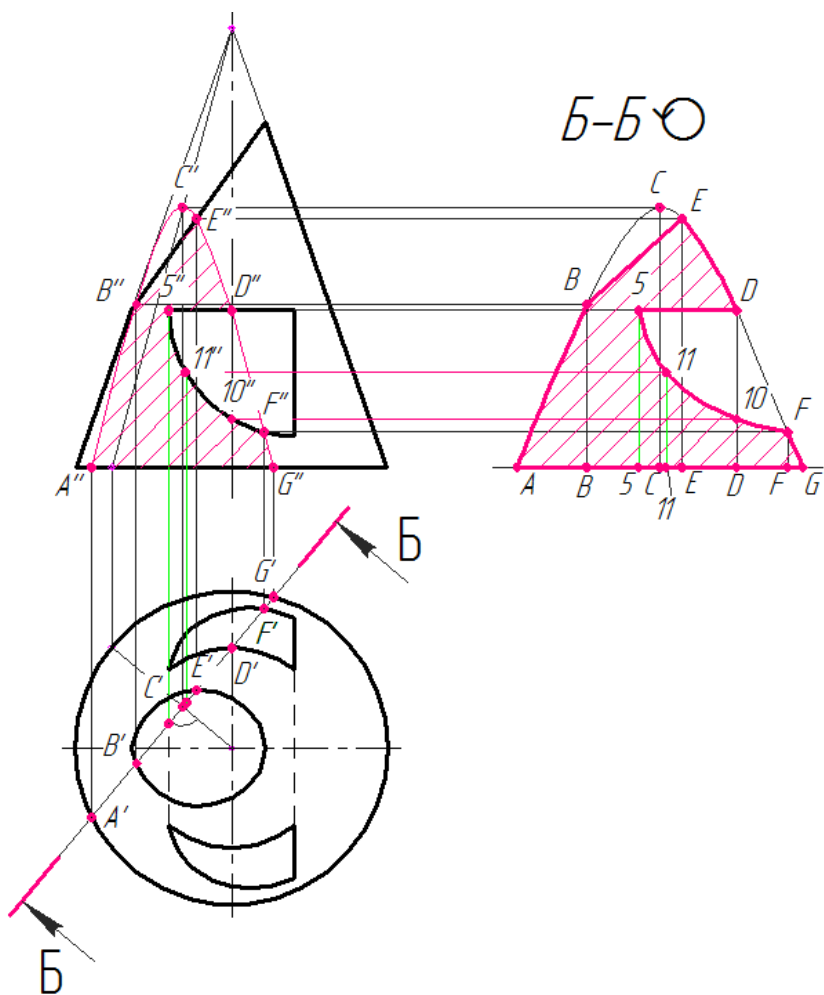


Рисунок 11.51 – Визначення дійсної фігури перерізу конуса

Аксонетричне зображення конуса будувється у прямокутній ізометрії, аксонетричні осі якої утворюють між собою кут 120° (рис 11.16).

Починають з побудови основи конуса. В ізометрії коло проєктується у вигляді еліпса. Послідовність побудови еліпса показана на рисунках 11.52, 11.53).

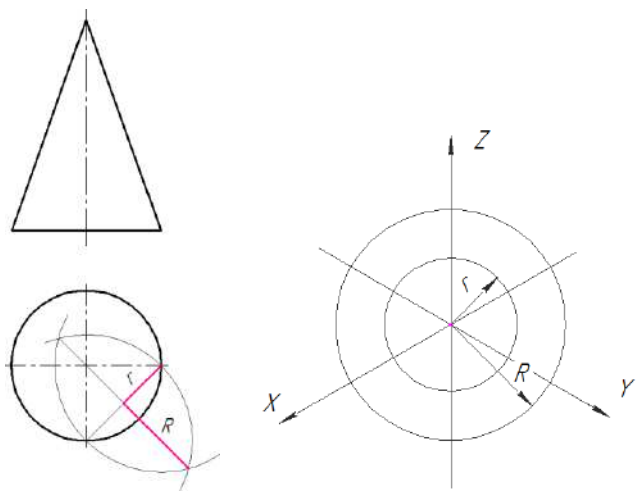


Рисунок 11.52 – Послідовність побудови еліпса

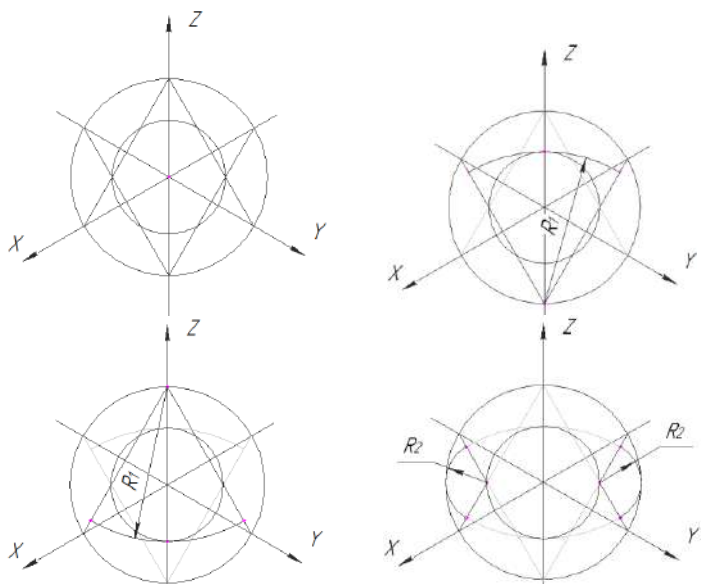


Рисунок 11.53 – Послідовність побудови еліпса

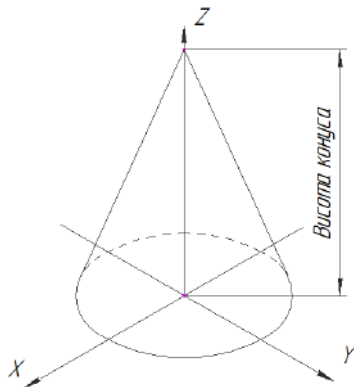


Рисунок 11.54 – Ізометрична проєкція конуса

З точки центру еліпса по осі Z відкладають висоту конуса та з отриманої вершини проводять дотичні лінії до основи конуса (рис 11.54).

Побудову ізометрії точок виконують координатним методом (рис 11.55 – 11.61).

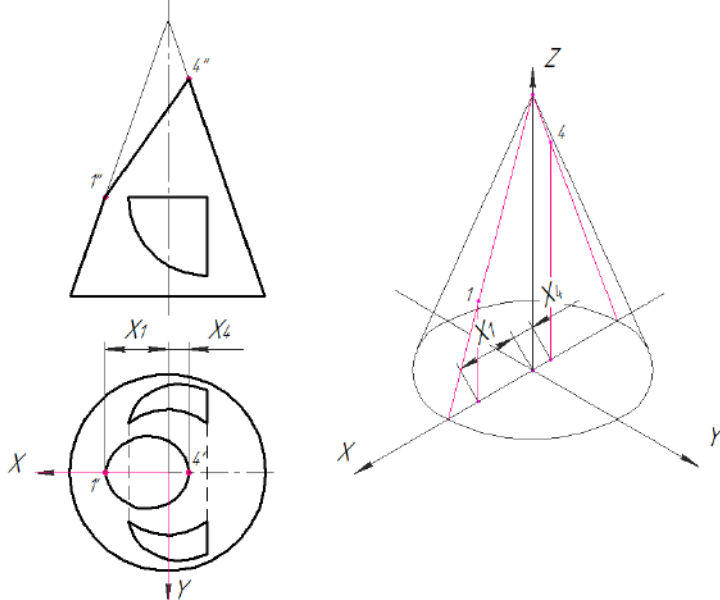


Рисунок 11.55 – Побудова ізометрії точок

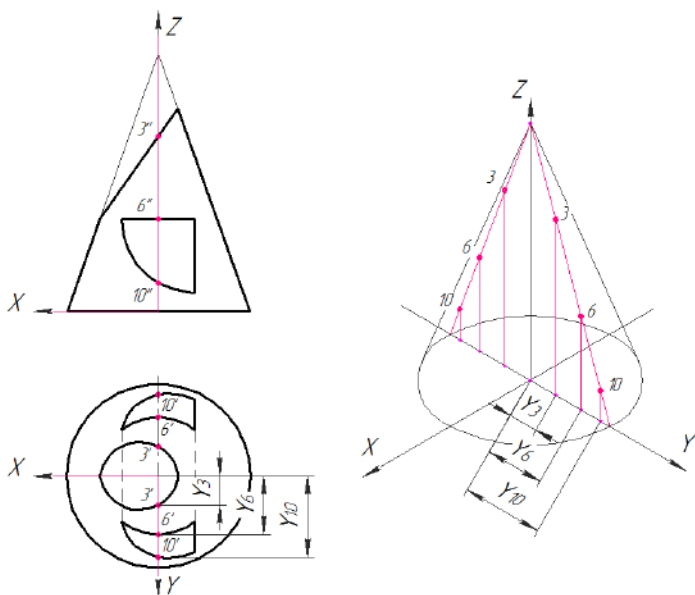


Рисунок 11.56 – Побудова ізометрії точок

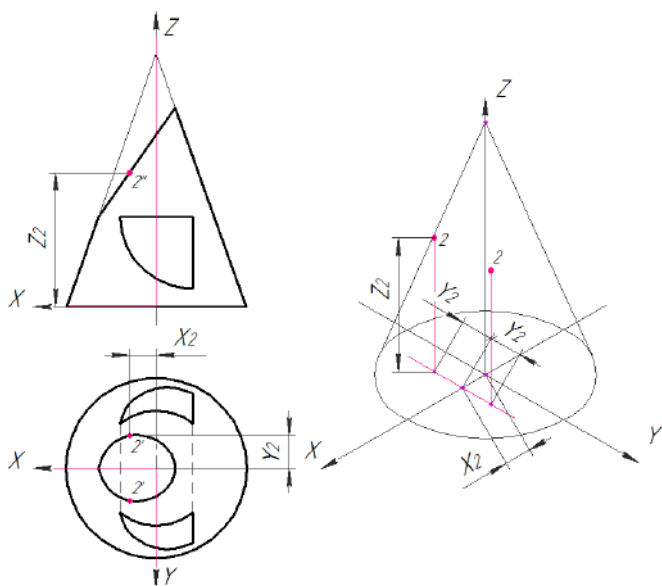


Рисунок 11.57 – Побудова ізометрії точок

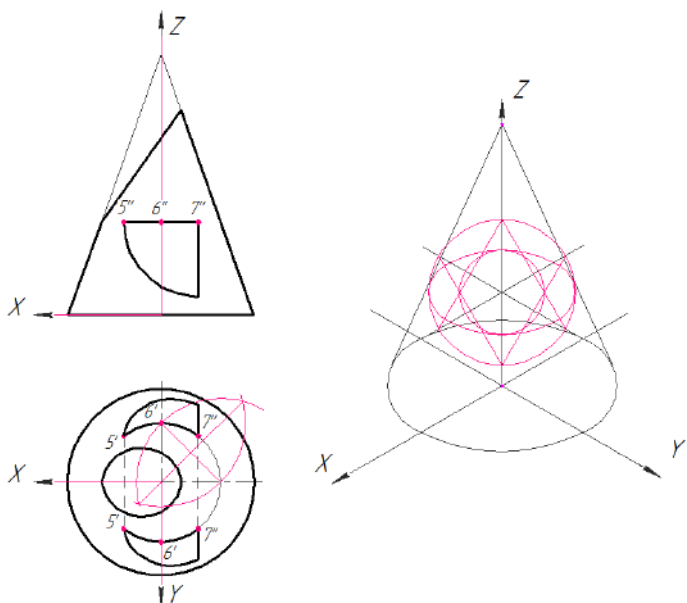


Рисунок 11.58 – Побудова ізометрії точок

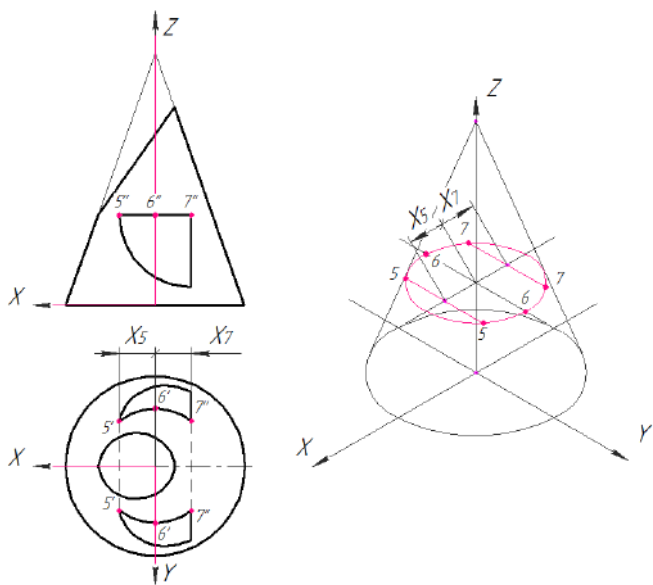


Рисунок 11.59 – Побудова ізометрії точок

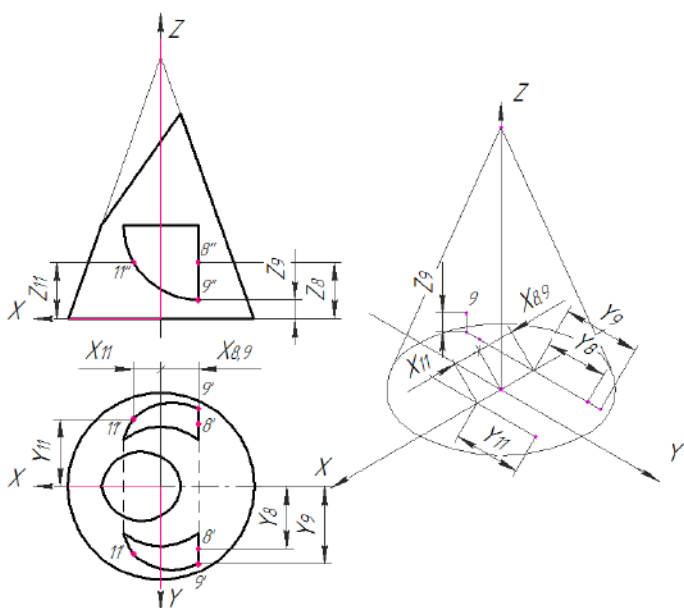


Рисунок 11.60 – Побудова ізометрії точок

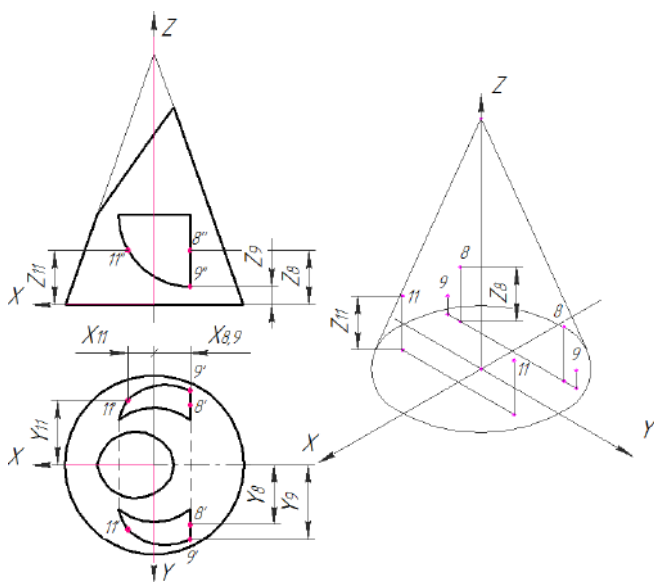


Рисунок 11.61 – Побудова ізометрії точок

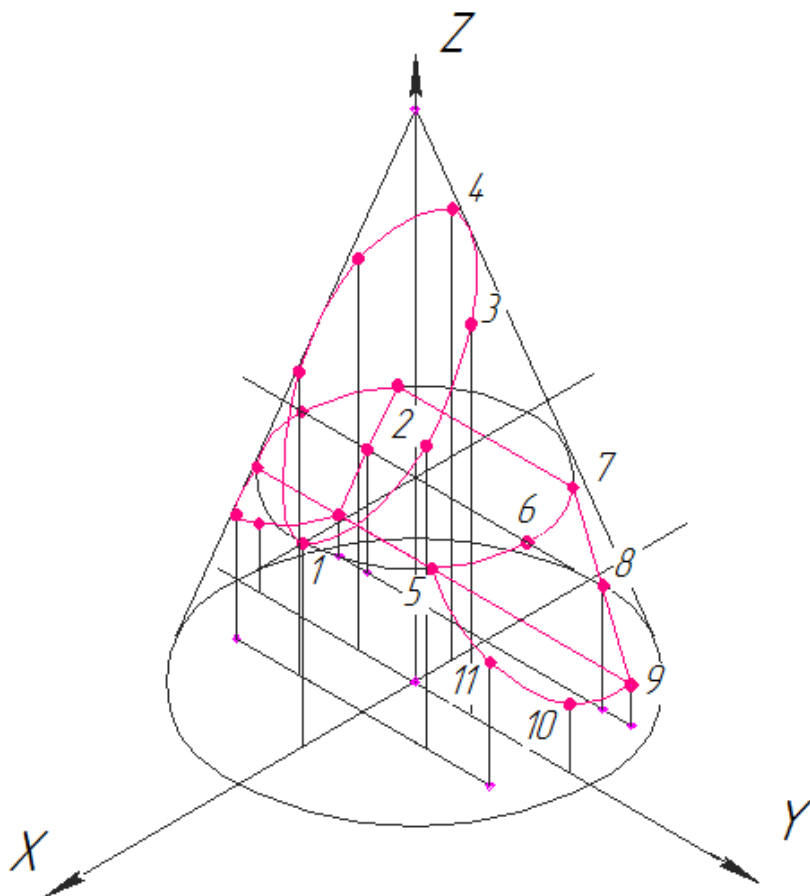


Рисунок 11.62 – Побудова ізометрії точок

Послідовно з'єднують всі отримані ізометричні проєкції точок (рис 11.62). Невидимі лінії отвору та основи конуса показують штриховою лінією (рис 11.63).

- побудувати аксонометричне зображення піраміди з наскрізним отвором.

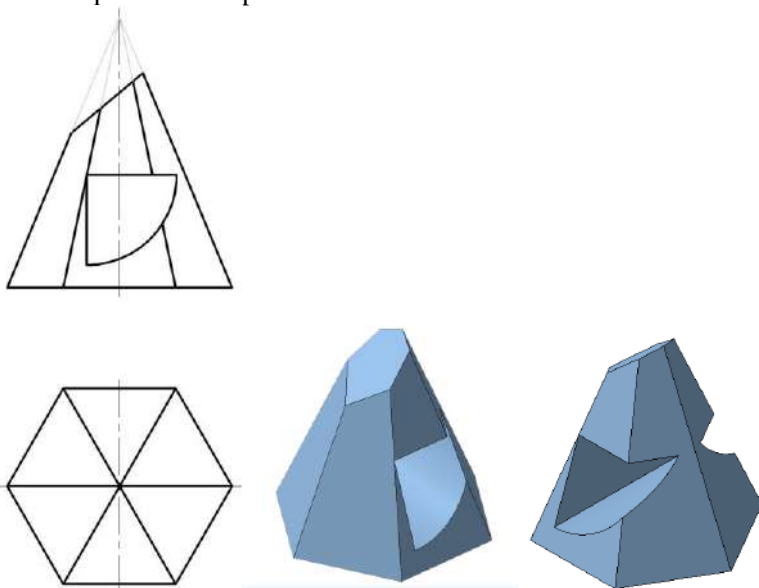


Рисунок 11.64 – Завдання до прикладу «Піраміда з отвором»

При аналізуванні складових площин отвору та їх фігур перерізу визначають необхідну кількість точок для побудови наскрізного отвору та зрізу, а саме:

- зріз (точки **1-4**) являє собою багатокутник, тому що січна площина нахилена до основи. Для його побудови обрані точки на ребрах піраміди, що є характерними точками;

- наскрізний отвір (точки **5-10**), утворений трьома площинами, для побудови якого позначені необхідні, а саме: характерні або опорні точки (до характерних відносяться крайні точки отвору); проміжні або допоміжні точки.

При визначенні характеру заданого отвору на головному вигляді геометричного тіла, обирають необхідну кількість точок:

- площина (точки **5-7**), яка розташована паралельно основі являє собою фігуру подібну основі. Для побудови обирають крайні точки -- **5,7** та точки, які належать бічним ребрам піраміди - **6**;

- площина (точки **7-10**) є фігура перерізу площин з геометричним тілом, яка проєкціюється у криву другого порядку (еліпс, гіперболу, параболу, коло). Для побудови якої обирають окрім крайніх точок - **7, 10**, точки перетину з ребрами піраміди - **8** та допоміжні точки - **9**;

- площина (точки **5-10**), розташована перпендикулярно до основи піраміди, яка являє собою багатокутник. Тому обирають крайні точки - **5, 10** (рис. 11.65).

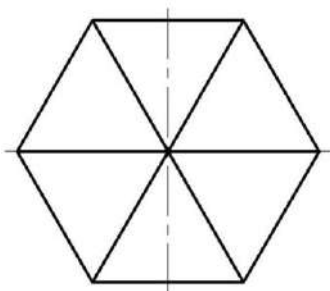
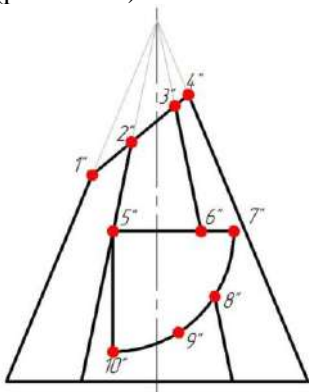


Рисунок 11.65 — Вибір необхідних точок

Точки **1, 2, 3, 4, 5, 6, 8** лежать на ребрах піраміди, тому горизонтальні та профільні проєкції точок знаходять на відповідних горизонтальних та профільних проєкціях ребер за допомогою ліній зв'язку (рис. 11.66).

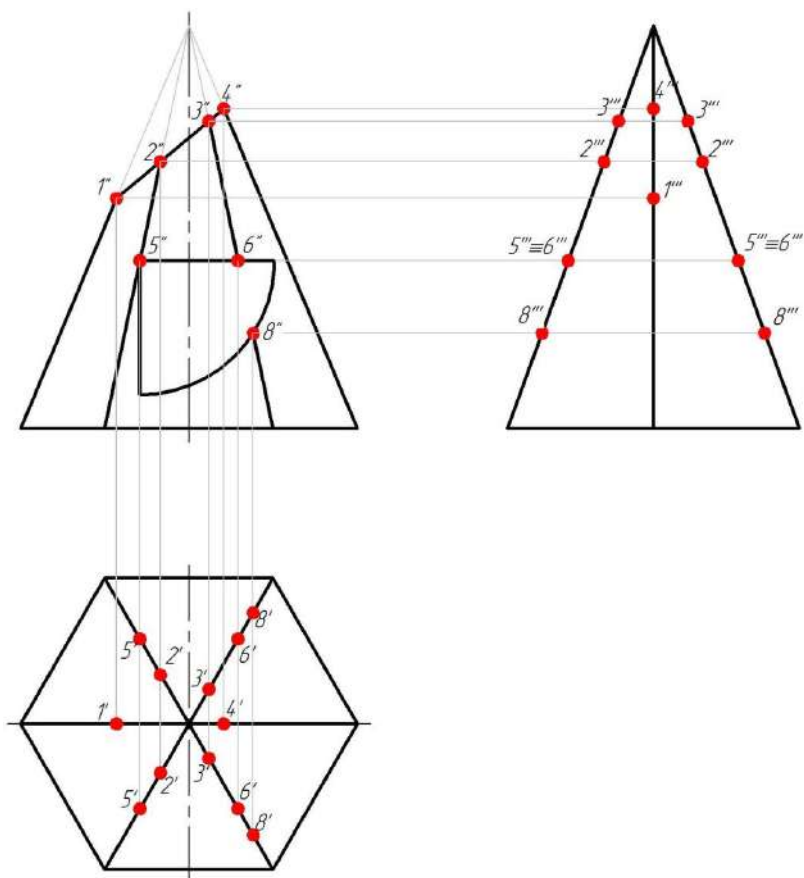


Рисунок 11.66 – Побудова проєкцій точок

Точки **7, 9, 10, 11** належать боковій поверхні піраміди. Для знаходження горизонтальних проєкцій точок використаний метод січних площин.

Побудова точок **7, 9, 10**.

Через фронтальні проєкції точок **7'', 9'', 10''** проводять січні площини, які розташовані паралельно основі піраміди. Горизонтальні проєкції цих площин являють собою шестикутники, подібні основі. Горизонтальні проєкції точки **7', 9', 10'** знаходяться в перетині вертикальних ліній зв'язку з даними шестикутниками. Інші точки будують аналогічно.

Для знаходження профільної проекції точки, на горизонтальній проекції вимірюють відстань від осі симетрії до точки в обидві сторони (y). Відстань відкладають на профільній проекції в обидві сторони від осі симетрії, за проекційним зв'язком (рис. 11.67).

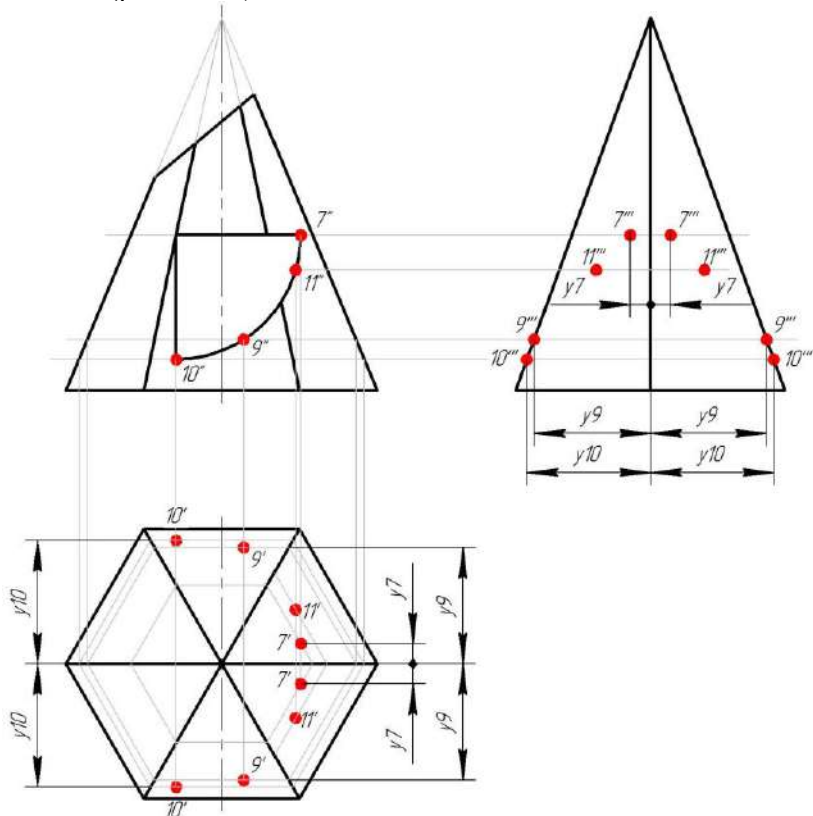


Рисунок 11.67 – Побудова проекцій точок

Послідовно з'єднують всі точки побудованої лінії перерізу у вигляді плавної кривої лінії або ламаної лінії з урахуванням видимості елементів: видимі лінії позначені суцільною основною лінією, невидимі – штриховою лінією (рис. 11.68).

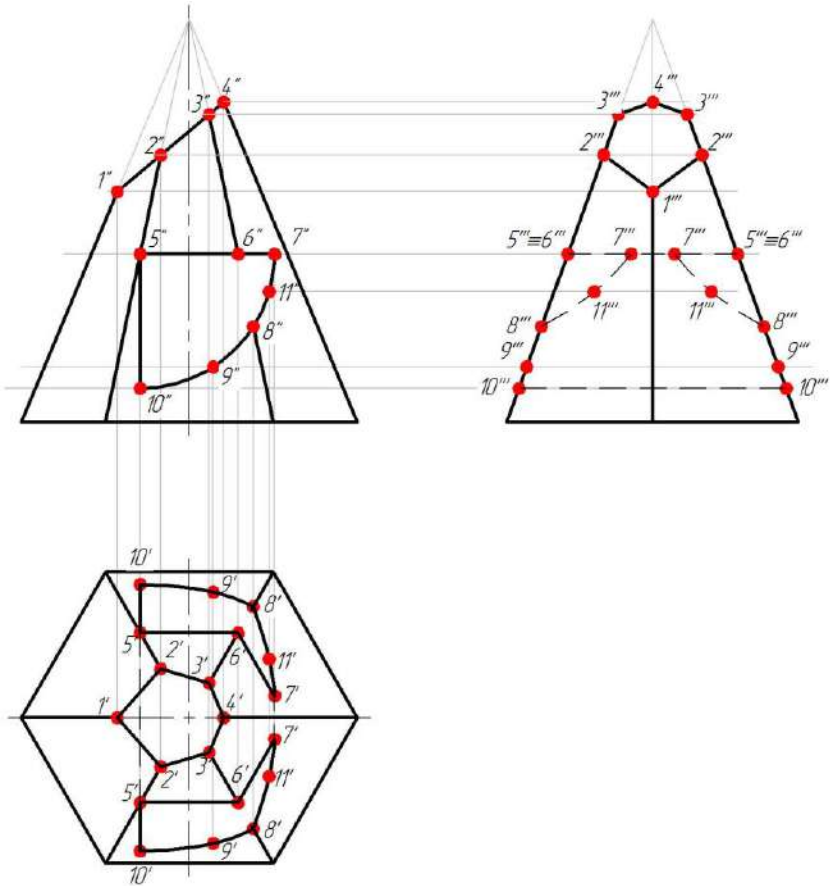


Рисунок 11.68 – Побудова профільної проєкції пірамід

Наступним кроком розглядають побудову фігури перерізу піраміди фронтально-проекціовальною площиною $A-A$.

Побудову перерізу починають з визначення точок на лінії перерізу. Ці точки позначаються літерами латинського алфавіту.

Переріз $A-A$ являє собою багатокутник, так як січна площина нахилена до основи. Відмічені характерні точки на елементах піраміди $A''-E''$.

Спочатку будують горизонтальні проєкції зазначених точок, які визначають горизонтальну проєкцію фігури перерізу.

Точки A , B лежать на ребрах піраміди, тому горизонтальні проєкції цих точок A' , B' , знайдені на відповідних горизонтальних проєкціях цих ребер за допомогою ліній зв'язку.

Точка A лежить на зрізі, тому горизонтальна проєкція цієї точки знаходиться на горизонтальній проєкції зрізу.

Точки C та D лежать на отворі, тому горизонтальні проєкції цих точок C' та D' знаходяться на горизонтальній проєкції відповідної поверхні.

Точка E лежить на основі піраміди, тому горизонтальну проєкцію E' знаходять на горизонтальній проєкції основи піраміди, на шестикутнику.

На горизонтальній проєкції, накладена фігура перерізу від площини $A-A$, виділена суцільною тонкою лінією і отримана фігура заштрихована під кутом 45° вважаючи, що геометричне тіло металеве.

Фігура перерізу має розрив в області отвору $C'' - D''$. В зв'язку з цим на горизонтальній проєкції фігури перерізу в цій області лінії штриховки не наносять.

Натуральна величина фігури перерізу $A-A$ побудована на рисунку 11.69. Побудову розташовують на вільному місці поля креслення з поворотом, позначивши це відповідно до ГОСТ².305-2008.

Слід січної площини $A-A$ переносять паралельно на місце побудови перерізу і застосовують метод обертання разом з характерними та проміжними точками, зберігаючи натуральні відстані з площини $A-A$. На перпендикулярах, проведених з цих точок, відкладають відстань від осі симетрії до точки в обидві сторони (y) (рис. 11.69).

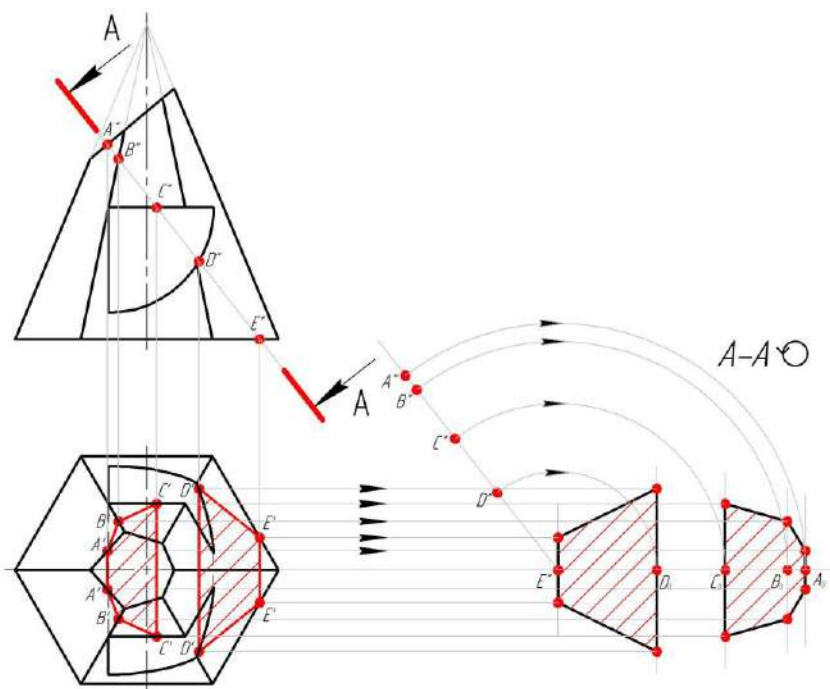


Рисунок 11.69 – Визначення дійсної фігури перерізу піраміди

Побудова фігури перерізу піраміди горизонтально-проєкціовальною площиною **Б-Б**.

Побудову перерізу **Б-Б** горизонтально-проєкціовальною площиною починають з визначення точок на лінії перерізу.

Переріз **Б-Б** являє собою багатокутник, так як січна площина перпендикулярна до основи.

Відмічають характерні точки на елементах піраміди **А'-Е'**.

Знаходять фронтальні проєкції позначених точок.

На фронтальній проєкції, накладена фігура перерізу від площини **Б-Б**, виділена суцільною тонкою лінією і отриману фігуру заштриховують під кутом 45° вважаючи, що геометричне тіло металеве.

Натуральна величина фігури перерізу **Б-Б** побудована на рисунку 11.70 на вільному місці поля креслення з поворотом, позначивши це відповідно до ГОСТ 2.305-2008.

Слід січної площини **Б-Б** переносять паралельно на місце побудови перерізу і застосовують метод обертання разом з характерними та проміжними точками, зберігаючи натуральні відстані з площини **Б-Б**. На перпендикулярах, проведених з цих точок, відкладають координати z (рис. 11.70).

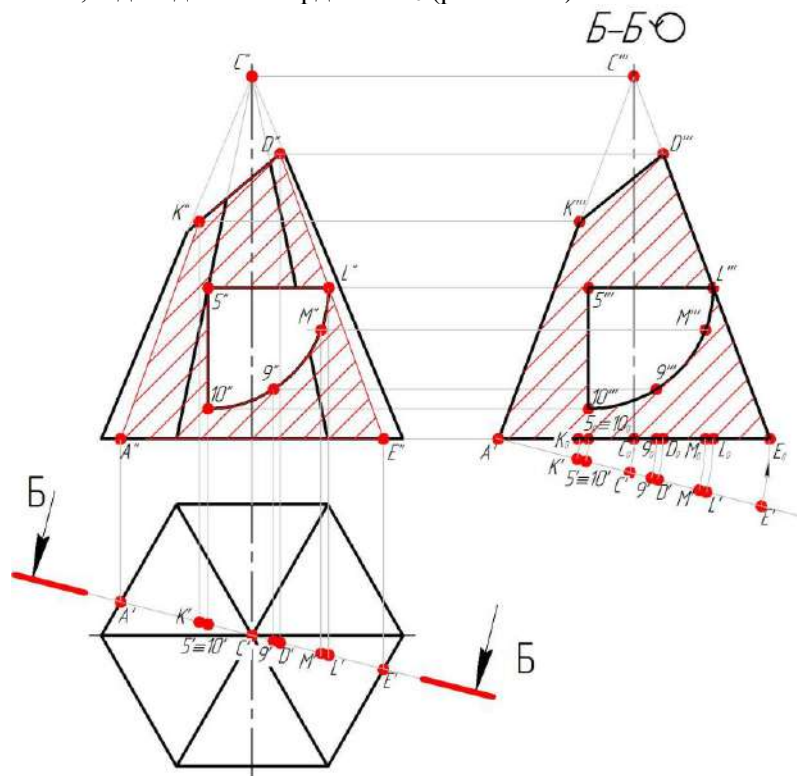


Рисунок 11.70 – Визначення дійсної фігури перерізу піраміди

АксонOMETричне зображення піраміди будують в прямокутній ізометрії відповідно ДСТУ ГОСТ 2.317:2014.

Побудова ізометричної проєкції шестикутника (основи піраміди) приведена на рисунках 11.19 - 11.21. Для побудови вершини піраміди з точки перетину ізометричних осей

відкладають висоту піраміди. Цю точку з'єднують з вершинами шестикутника.

Побудова ізометрії точок виконана координатним методом та розглянута на прикладі побудови ізометрії точок 5 і 7 (рис. °11.71).

Відповідні координати для побудови взяті з ортогональних проєкцій креслення. На осі **OX** відкладають координати x точок 5 і 7. Через отримані точки проводять прямі, паралельні осі **OY**. На цих прямих відкладають координати y точок 5, 7. Через отримані точки проводять прямі паралельні осі **OZ**, на яких відкладають координати z точок 5, 7 (рис. 11.71).

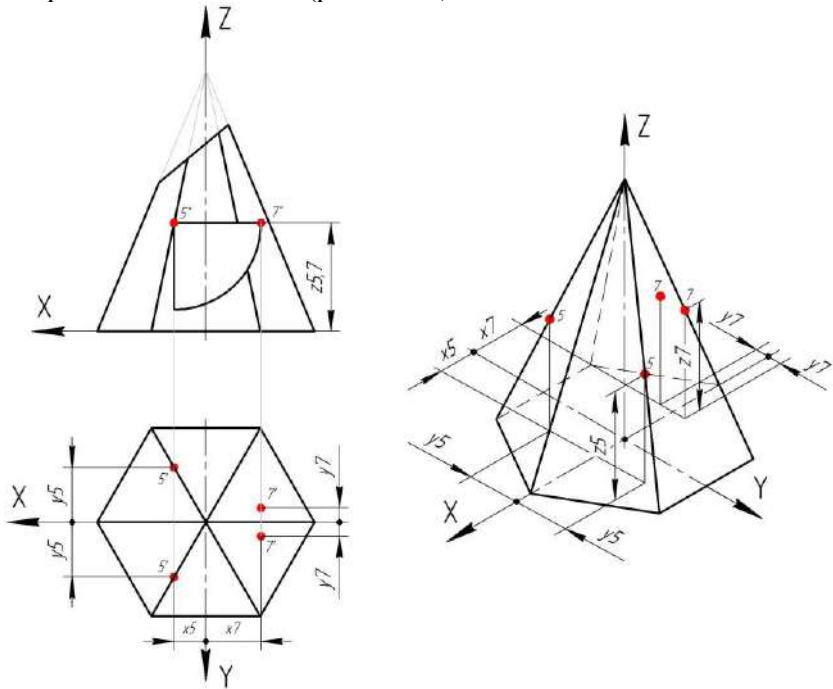


Рисунок 11.71 – Побудова ізометрії точок

Всі інші точки знаходять аналогічно.

Послідовно з'єднують всі отримані ізометричні проєкції точок. Невидимі лінії отвору та елементів піраміди показані штриховою лінією (рис. 11.72).

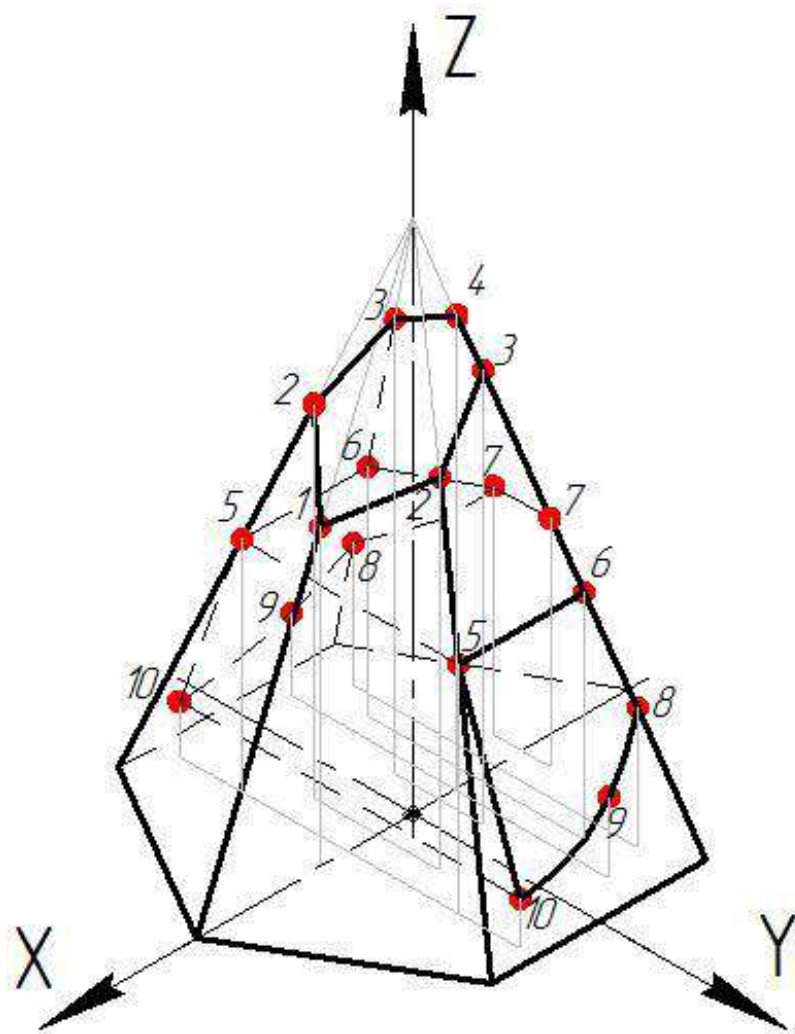


Рисунок 11.72 – Ізометрична проєкція піраміди

11.4 Циліндр з отвором

Завдання:

- за двома заданими (фронтальною та горизонтальною) проєкціями циліндра з наскрізним отвором побудувати профільну проєкцію циліндра (рис. 11.73)
- побудувати натуральну фігуру перерізу горизонтально-проєкціовальною або фронтально - проєкціовальною площиною;
- побудувати аксонометричне зображення циліндра з наскрізним отвором.

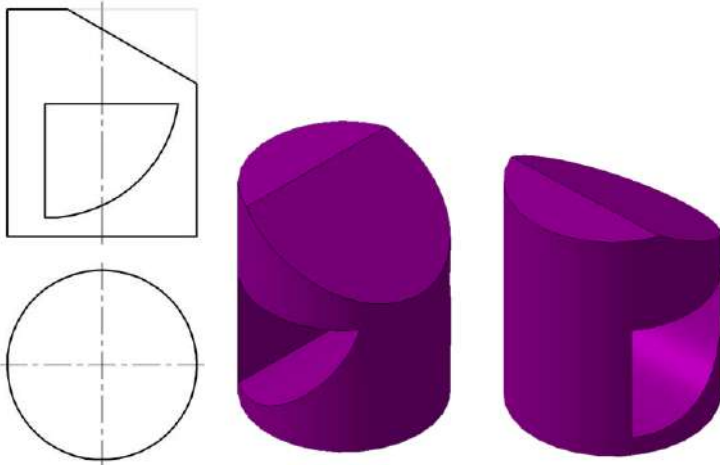


Рисунок 11.73 – Завдання до прикладу 4

При аналізуванні складових площин отвору та їх фігур перерізу визначають необхідну кількість точок для побудови наскрізного отвору та зрізу (рис. 11.74).

Зріз (точки **1-4**) являє собою еліпс, так як січна площина нахилена до осі. Тому для побудови обирають такі точки:

- характерні (крайні точки отвору) точки - **1** та **4**;
- точки що лежать на твірної циліндра, точка - **2**;
- проміжні, точка - **3**

Наскрізний отвір (точки **5-10**), утворений трьома площинами, для побудови якого, позначають необхідні, а саме: характерні або опорні точки, проміжні або допоміжні точки.

Визначають характер заданого отвору на головному вигляді геометричного тіла:

- площина (точки **5-7**), яка розташована перпендикулярна до осі є коло. Для побудови обирають крайні точки - **5, 7** та точка, що лежить на твірній - **6**;

- площина (точки **7-10**) є фігура перерізу площин з геометричним тілом яка проєкціюється у криву другого порядку. Для побудови обирають окрім крайніх точок - **7, 10**, точку, що лежить на твірній циліндра - **9** і допоміжну точку - **8**;

- площина (точки **5-10**), розташована паралельно до осі циліндра, являє собою прямокутник. Для побудови обирають крайні точки - **5, 10** (рис. 11.74).

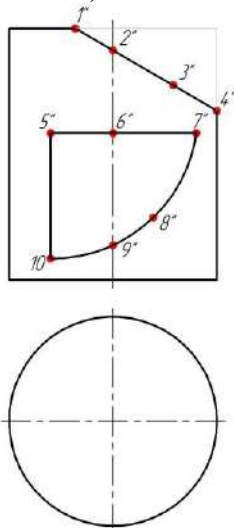


Рисунок 11.74 — Вибір необхідних точок

Бокова поверхня циліндра являє собою горизонтально-проєкціювальну поверхню. Отже, горизонтальні проєкції точок співпадають з горизонтальною проєкцією бічної поверхні циліндра (з колом). Тому всі проєкції точок (**1-10**), обрані на поверхні циліндра будують за допомогою лінії зв'язку.

Для знаходження профільних проєкцій точок, на горизонтальній проєкції циліндра вимірюють відстані від осі симетрії до горизонтальних проєкцій точок в обидві сторони (y).

Ці відстані відкладають на профільній проєкції в обидві сторони від осі симетрії, за проєкційним зв'язком.

Для побудови відмічають на зрізі та отворі крайні точки – точки перетину складових отвору (*1, 4, 5, 7, 10*).

Знаходять горизонтальні проєкції точок на вигляді зверху. Для цього з фронтальних проєкцій точок (*1'', 4'', 5'', 7'', 10''*) проводять вертикальні проєкційні лінії зв'язку до перетину з колом (горизонтальною проєкцією бічної поверхні циліндра) і отримують горизонтальні проєкції точок (*1', 4', 5', 7', 10'*). Профільні проєкції (*1''', 4''', 5''', 7''', 10'''*) побудовані за допомогою горизонтальних ліній зв'язку проведених з фронтальних проєкцій точок і координатного метода (рис. 11.75).

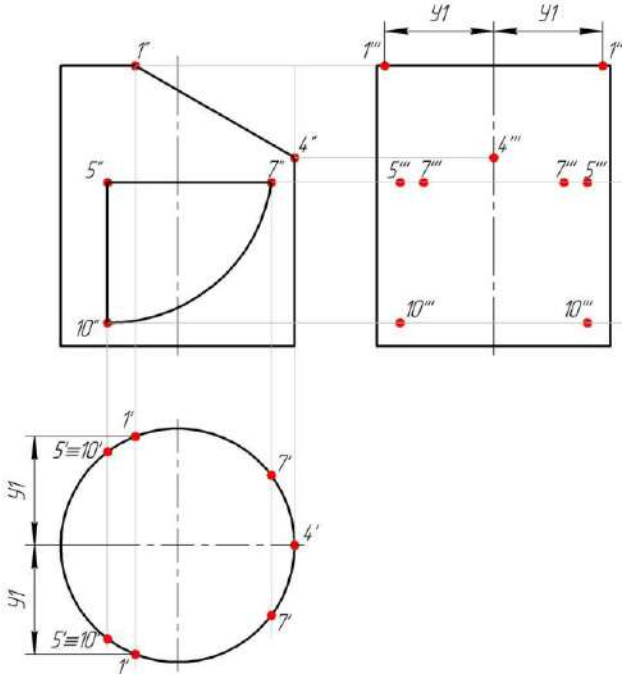


Рисунок 11.75 – Побудова проєкцій точок

Другим етапом позначають обов'язкові точки, що належать твірним контуру (*2, 6, 9*), так як циліндр відноситься до тіл обертання.

Горизонтальні проєкції точок ($2'$, $6'$, $9'$) знайдені за допомогою ліній зв'язку.

Профільні проєкції точок ($2'''$, $6'''$, $9'''$) отримують на перетині горизонтальних ліній зв'язку, проведених з фронтальних проєкцій точок ($2''$, $6''$, $9''$), з бічною поверхнею циліндра (рис. 11.76)

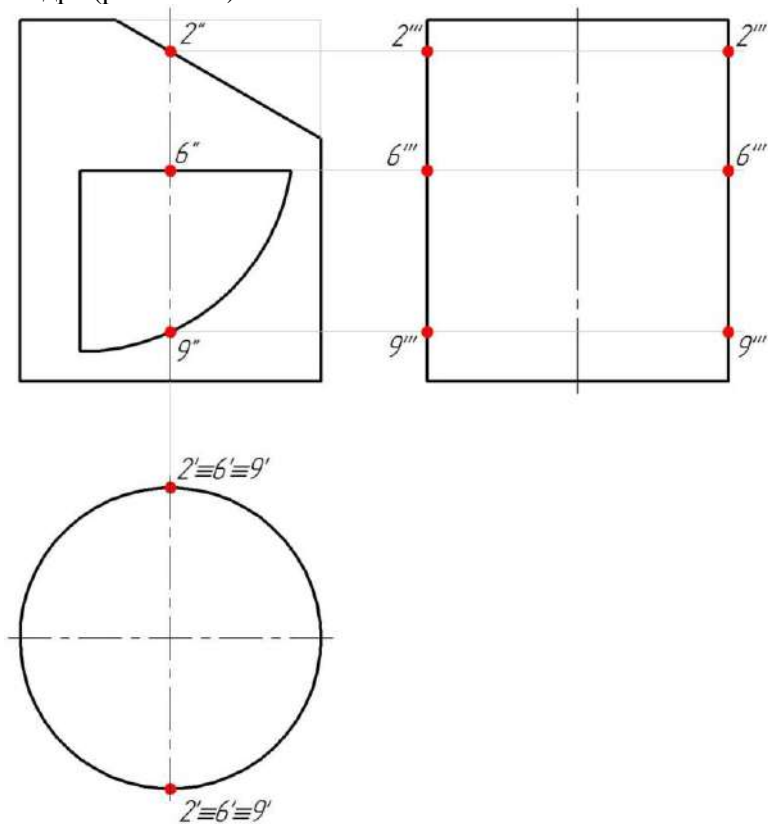


Рисунок 11.76 – Побудова проєкцій точок

На останньому етапі відмічають допоміжні точки (3, 8).

З фронтальних проєкцій точок (3'', 8'') проводять вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією циліндра (коло) та отримують горизонтальні проєкції точок (3', 8'). Профільні проєкції (3''', 8''') побудовані за допомогою горизонтальних ліній зв'язку проведених з фронтальних проєкцій точок і координатного метода (рис. 11.77).

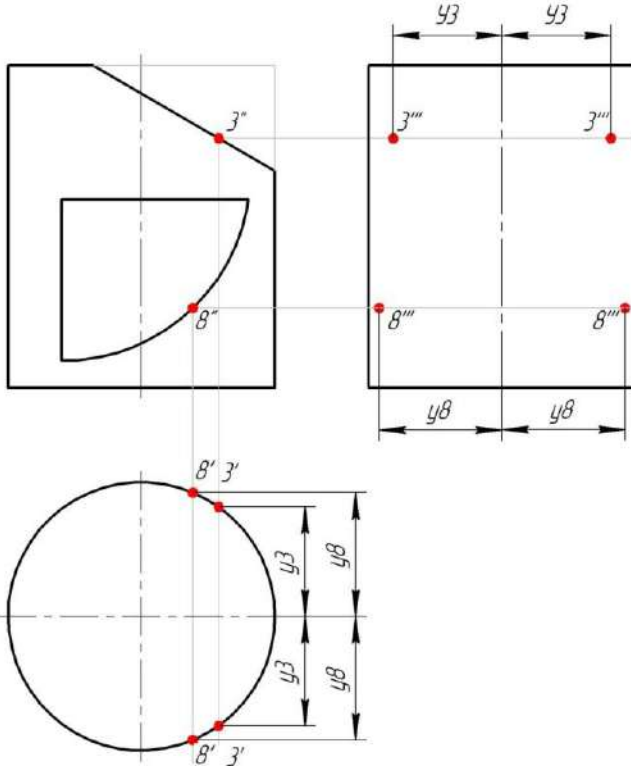


Рисунок 11.77 – Побудова проєкцій точок

Послідовно з'єднують всі точки побудованої лінії перерізу у вигляді плавної кривої лінії з врахуванням видимості елементів: видимі лінії позначають суцільною основною лінією, невидимі – штриховою лінією (рис. 11.78).

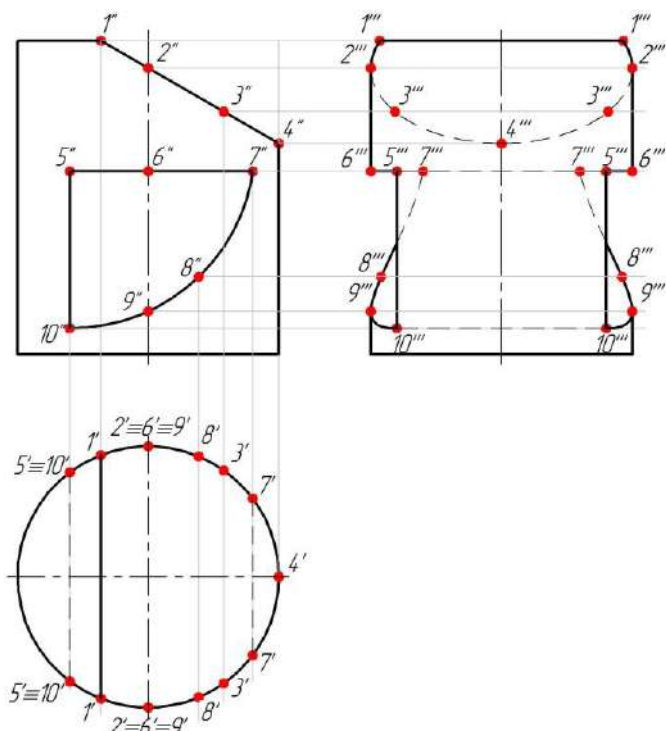


Рисунок 11.78 – Побудова профільної проєкції циліндра

Побудову перерізу $A-A$ фронтально-проєкціуювальною площиною починають з визначення точок на лінії перерізу. Ці точки позначені літерами латинського алфавіту (рис. 11.79).

Переріз $A-A$ являє собою еліпс, так як січна площина нахилена до осі. Тому відмічають необхідні точки на поверхні циліндра ($A-E$).

Спочатку будують горизонтальні проєкції зазначених точок, які створюють горизонтальну проєкцію фігури перерізу. Точки $A-E$ лежать на бічній поверхні циліндра, тому горизонтальні проєкції точок знаходяться на горизонтальній проєкції бічної поверхні циліндра (колі).

Проведуть вертикальні лінії зв'язку до перетину з колом і отримують горизонтальні проєкції точок $A'-E'$.

На горизонтальній проєкції, накладена фігура перерізу від площини $A-A$, виділена суцільною тонкою лінією і отримана фігура заштрихована під кутом 45° вважаючи, що геометричне тіло металеве.

Фігура перерізу має розрив в області отвору ($B''-C''$). В зв'язку з цим на горизонтальній проєкції фігури перерізу в цій області лінії штриховки не наносять.

На рисунку 11.79 побудована натуральна величина фігури перерізу $A-A$ на вільному місці поля креслення з поворотом, позначивши це відповідно до ГОСТ 2.305-2008.

Слід січної площини $A-A$ переносять паралельно на місце побудови перерізу і застосовують метод обертання разом з характерними та проміжними точками, зберігаючи натуральні відстані з площини $A-A$. На перпендикулярах, проведених з цих точок, відкладають відстань від осі симетрії до точки в обидві сторони (y) (рис. 11.79).

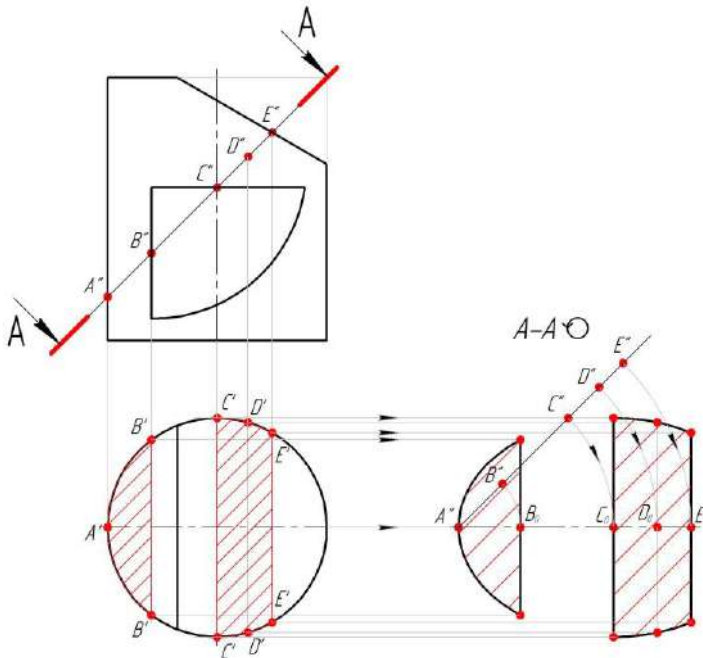


Рисунок 11.79 – Визначення дійсної фігури перерізу циліндра

Побудову перерізу **Б-Б** горизонтально-проекціовальною площиною починають з визначення точок на лінії перерізу.

Переріз **Б-Б** являє собою прямокутник, так як січна площина перпендикулярна до основи. Відмічають характерні точки на елементах циліндра (**А-Г**). Знаходять фронтальні проєкції позначених точок. На фронтальній проєкції циліндра, накладена фігура перерізу від площини **Б-Б**, виділена суцільною тонкою лінією і отримана фігура заштрихована під кутом 45° .

На рисунку 11.80 побудована натуральна величина фігури перерізу **Б-Б** на вільному місці поля креслення з поворотом, позначивши це відповідно до ГОСТ 2.305-2008.

Слід січної площини **Б-Б** переносять паралельно на місце побудови перерізу і застосовують метод обертання разом з характерними та проміжними точками, зберігаючи натуральні відстані з площини **Б-Б**. На перпендикулярах, проведених з цих точок, відкладають відстань від осі симетрії до точки в обидві сторони (y) (рис. 11.80).

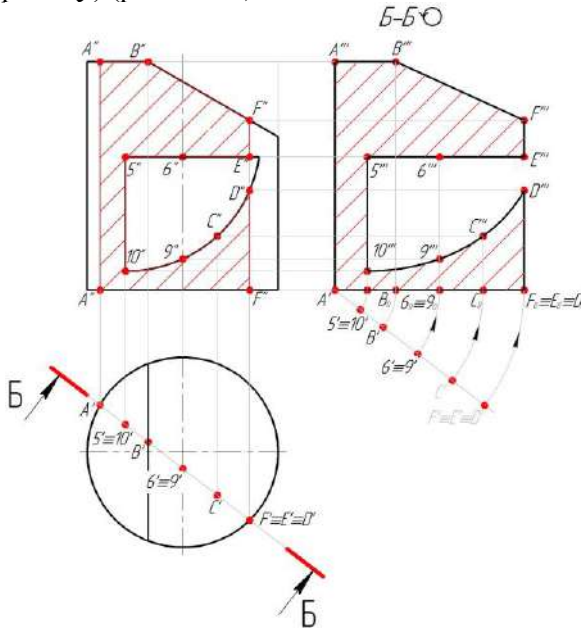


Рисунок 11.80 – Визначення дійсної фігури перерізу циліндра

АксонOMETричне зображення циліндра будують в прямокутній ізометрії відповідно ДСТУ ГОСТ 2.317:2014.

На ізометричних осях будують нижню основу циліндра (еліпс). Побудова ізометричної проєкції кола (еліпс) приведена на рисунках 11.52, 11.53. З точки перетину ізометричних осей нижньої основи відкладають висоту циліндра та будують верхню основу.

Побудову ізометрії точок виконують координатним методом та розглядають на прикладі побудови точки *I*.

Відповідні координати для побудови обирають з ортогональних проєкцій креслення. Потім на осі *OX* відкладають координату *x* точки *I*. Через цю точку проводять пряму, паралельну осі *OY* до перетину з основою циліндра (еліпс). Через отримані точки проводять прямі паралельні осі *OZ*, на яких відкладають висоту *z*-координату *z* точки *I* (рис 11.81).

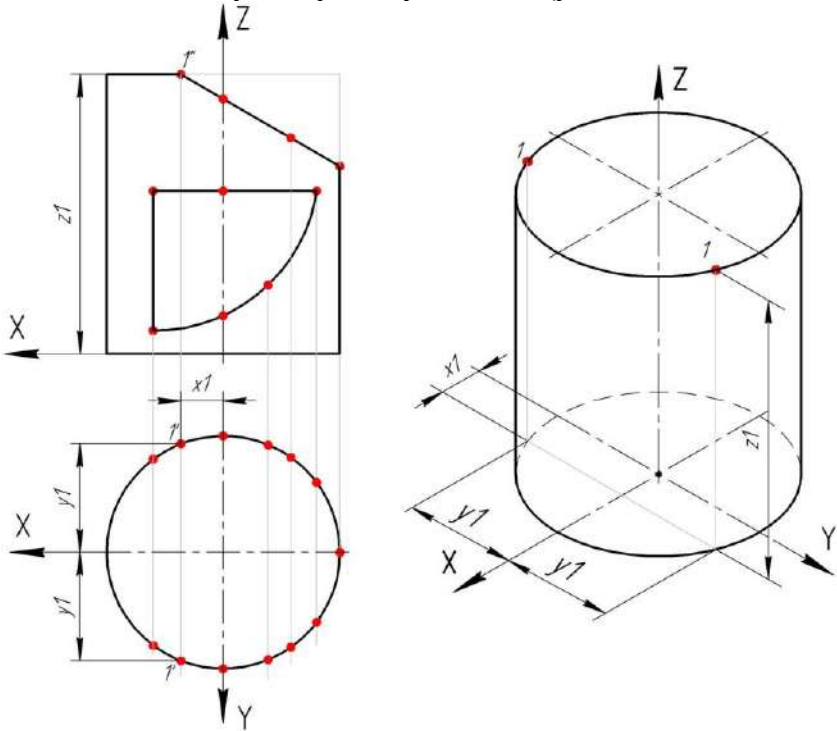


Рисунок 11.81 – Побудова ізометрії точок

Всі інші точки знаходять аналогічно.

Послідовно з'єднують всі отримані ізометричні проєкції точок.

Невидимі лінії отвору циліндра показують штриховою лінією (рис. 11.82).

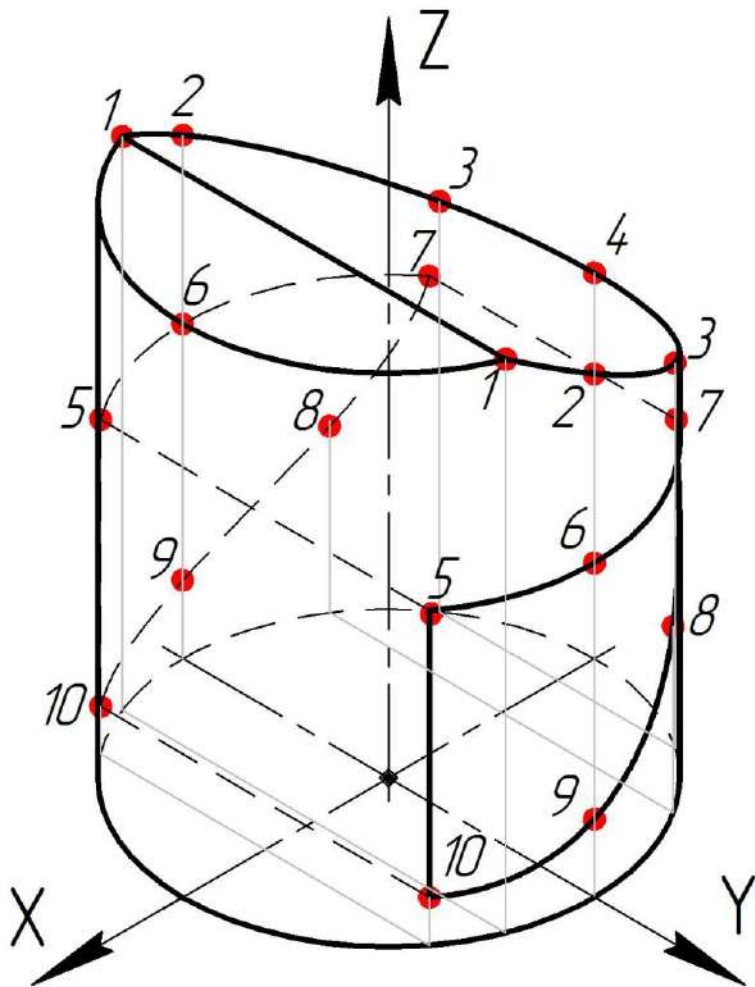


Рисунок 11.82 – Ізометрична проєкція циліндра

11.5 Сфера з отвором

Завдання:

- за двома заданими (фронтальною та горизонтальною) проєкціями сфери з наскрізним отвором побудувати профільну проєкцію сфери (рис. 11.83);
- побудувати натуральну фігуру перерізу горизонтально-проєкціовальною або фронтально - проєкціовальною площиною;
- побудувати аксонометричне зображення сфери з наскрізним отвором.

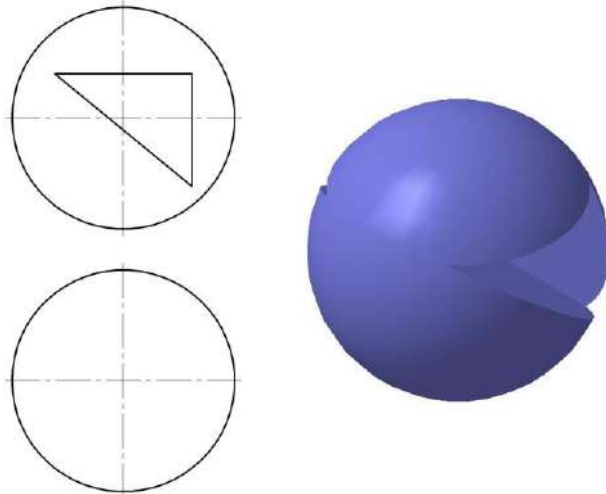


Рисунок 11.83 – Завдання до прикладу 5

При аналізуванні складових площин отвору та їх фігур перерізу визначають необхідну кількість точок для побудови наскрізного отвору.

При перерізі сфери будь якою площиною утворюється коло.

Наскрізний отвір (точки **1-9**), утворений трьома площинами, для побудови якого позначають необхідні, а саме: характерні або опорні точки, проміжні або допоміжні точки (рис. 11.85).

Визначають характер заданого отвору на головному вигляді геометричного тіла.

Площина (точки $1-2$), яка розташована паралельно горизонтальній площині проєкцій проєкціюється в дійсну величину. В перерізі утворюється коло з радіусом, отриманим в цьому перерізі від осі сфери до обрису, а в профільній проєкції цей переріз проєкціюється у вигляді прямої лінії. Для побудови обирають крайні точки - $1, 2$, та точку, що лежить на твірній - 4 .

Через фронтальні проєкції точок $1'', 4'', 2''$ проведена січна площина, яка розташована паралельно горизонтальній площині проєкцій. Горизонтальна проєкція цієї площини являє собою коло. Горизонтальні проєкції точки $1', 4', 2'$ знаходять на перетині вертикальних ліній зв'язку з даним колом.

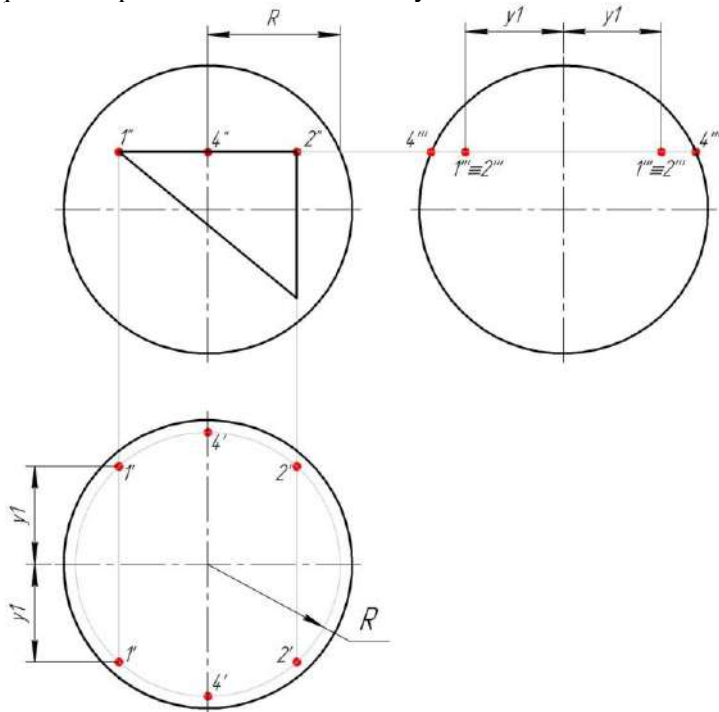


Рисунок 11.84 – Побудова проєкцій точок

Для знаходження профільних проєкцій точок, на горизонтальній проєкції виміряють відстані від горизонтальної осі симетрії до точок в обидві сторони (y). Ці відстані

відкладають на профільній проєкції в обидві сторони від вертикальної осі симетрії, за проєкційним зв'язком (рис. 11.84).

Площина (точки 1-3) є фігура перерізу площин з геометричним тілом, яка проєкціюється у криву другого порядку (еліпс), так як вона нахилена відносно фронтальної площини проєкцій. Для побудови обирають (окрім крайніх точок 1 і 3) точки, що лежать на твірній сфери (точки 6, 7) і допоміжні (точки 8, 9) (рис. 11.85).

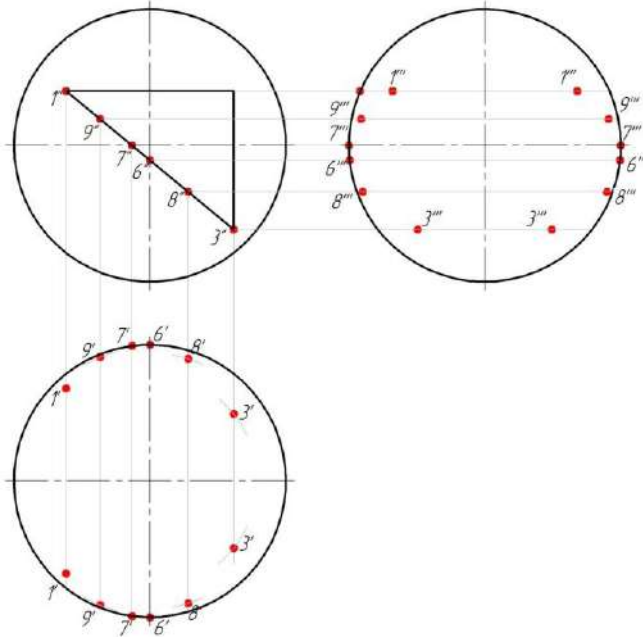


Рисунок 11.85 – Побудова проєкцій точок

Площина (точки 2-3), розташована перпендикулярно горизонтальній площині проєкцій. В горизонтальній проєкції переріз проєкціюється у вигляді прямої лінії, а в профільній — у вигляді кола з радіусом, отриманим в цьому перерізі від осі сфери до обрису. Тому були обрані крайні точки - 2, 3, та точка що лежить на твірній – 5 (рис. 11.86).

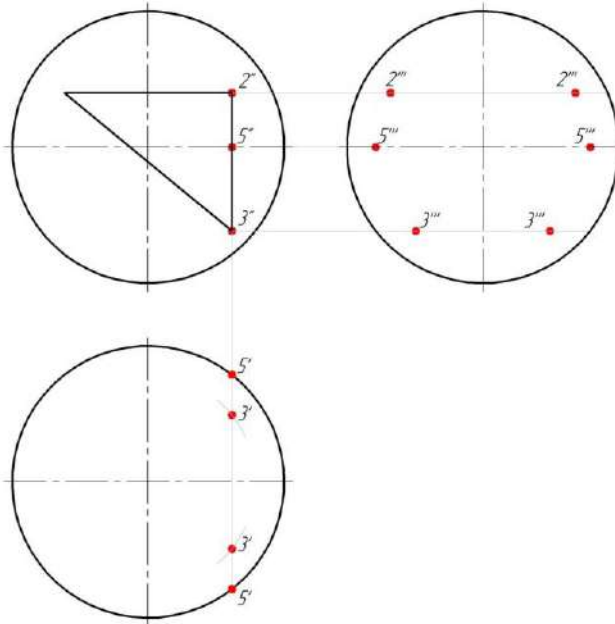


Рисунок 11.86 – Побудова проєкцій точок

Всі точки отвору належать боковій поверхні сфери. Для знаходження горизонтальних проєкцій точок використовують метод січних площин.

Для знаходження профільних проєкцій точок, на горизонтальній проєкції сфери виміряють відстані від горизонтальної осі симетрії до горизонтальних проєкцій точок в обидві сторони (y), та відкладають їх на профільній проєкції в обидві сторони від вертикальної осі симетрії, за проєкційним зв'язком.

Послідовно з'єднані всі точки побудованої лінії перерізу у вигляді плавної кривої лінії (за допомогою лекал), з врахуванням видимості елементів: видимі лінії позначені суцільною основною лінією, невидимі – штриховою лінією (рис. 11.87).

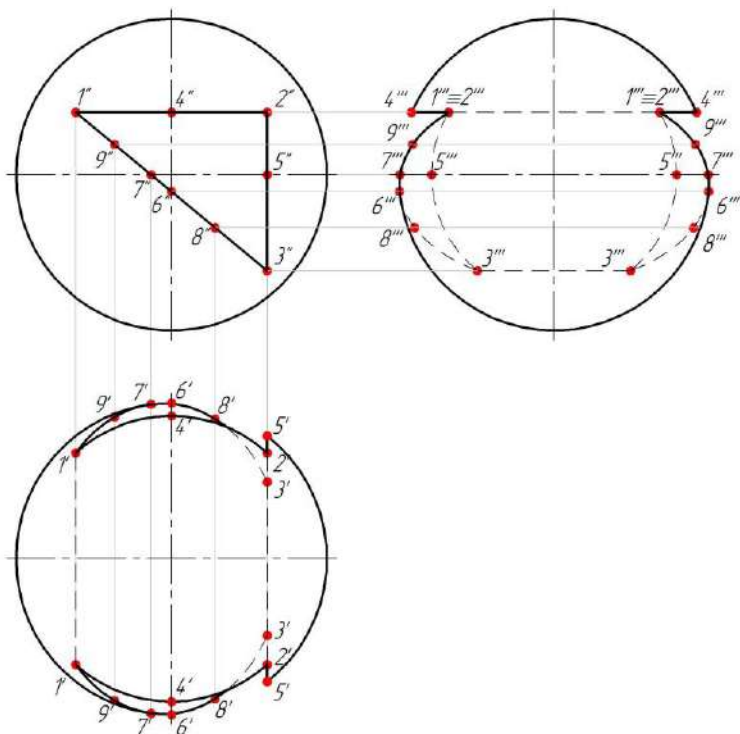


Рисунок 11.87 – Побудова профільної проєкції сфери

Наступним кроком розглянута побудова фігури перерізу сфери горизонтально-проєкціуючою площиною $A-A$, яка почата з визначення точок на лінії перерізу.

Переріз $A-A$ являє собою еліпс. Відмічені характерні точки на елементах сфери ($K'-F'$).

Знайдені фронтальні проєкції позначених точок ($K''-F''$), які створюють фронтальну проєкцію фігури перерізу, методом січних площин.

На фронтальній проєкції, накладена фігура перерізу від площини $A-A$, виділена суцільною тонкою лінією і отримана фігура заштрихована під кутом 45° , виключая контур отвору.

На рисунку 11.88 побудована натуральна величина фігури перерізу $A-A$ на вільному місці поля креслення з поворотом, позначивши це відповідно до ГОСТ 2.305-2008.

Слід січної площини $A-A$ перенесений паралельно на місце побудови перерізу і застосований метод обертання разом з характерними та проміжними точками, зберігаючи натуральні відстані з площини $A-A$. На перпендикулярах, проведених з цих точок, відкладена висота, яка береться з фронтальної проєкції сфери (рис. 11.88).

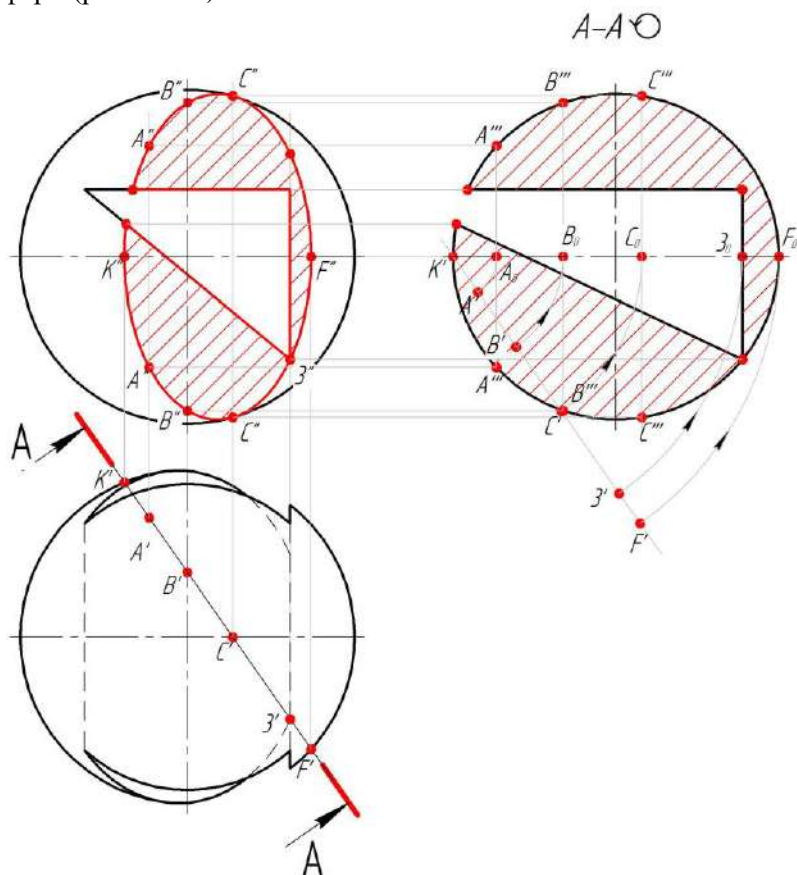


Рисунок 11.88 – Визначення дійсної фігури перерізу сфери

АксонOMETричне зображення сфери побудовано в прямокутній ізометрії відповідно ДСТУ ГОСТ 2.317:2014.

Сфера в прямокутній ізометрії зображується колом, діаметр якого дорівнює $1,22$ істинного діаметра сфери.

Побудова ізометрії точок виконана координатним методом.

Розглянута побудова ізометрії точки I .

Відповідні координати для побудови обрані з ортогональних проєкцій креслення. На осі OX відкладені координати x точки I . Через отриману точку проведена пряма, паралельна осі OY . На цій прямій відкладена координата y точки I . Через отриману точку проведена пряма паралельна осі OZ , на якій відкладена висота (zI).

Всі інші точки знайдені аналогічно, враховуючи знаки координат z (рис. 11.89).

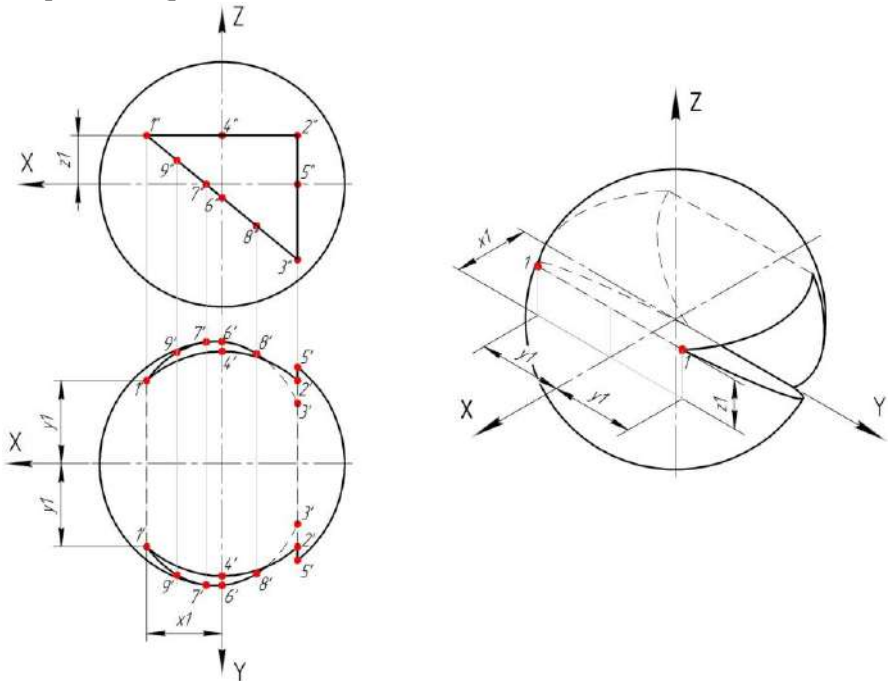


Рисунок 11.89 – Побудова ізометрії точок

Послідовно з'єднані всі отримані ізометричні проєкції точок. Невидимі лінії отвору циліндра показані штриховою лінією (рис 11.90).

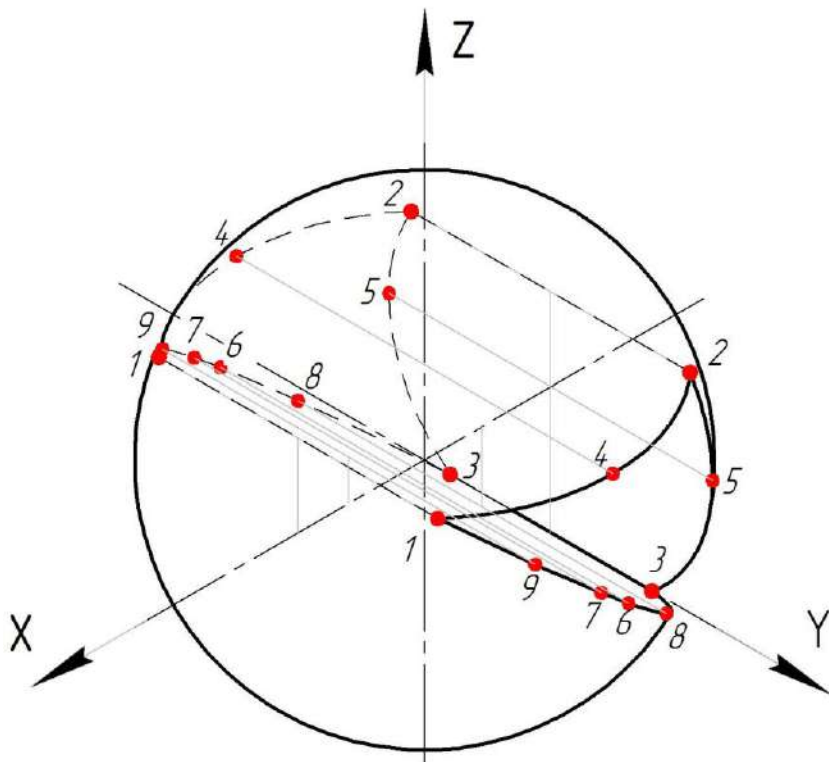


Рисунок 11.90 – Ізометрична проєкція сфери

12 ПРОЄКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

12.1 Основні види

Правила зображення предметів на креслениках всіх галузей промисловості встановлюються ГОСТ 2.305-68.

Зображення предметів виконується за способом прямокутного проєкціювання (ГОСТ 2.305-68 або ДСТУ ISO 128-30:2005; ДСТУ ISO 128-34:2005; ДСТУ ISO 128-40:2005; ДСТУ ISO 128-44:2005; ДСТУ ISO 128- 50:2005).

Основні види отримуються при проєкціюванні предмета на основні площини (рис. 12.1).

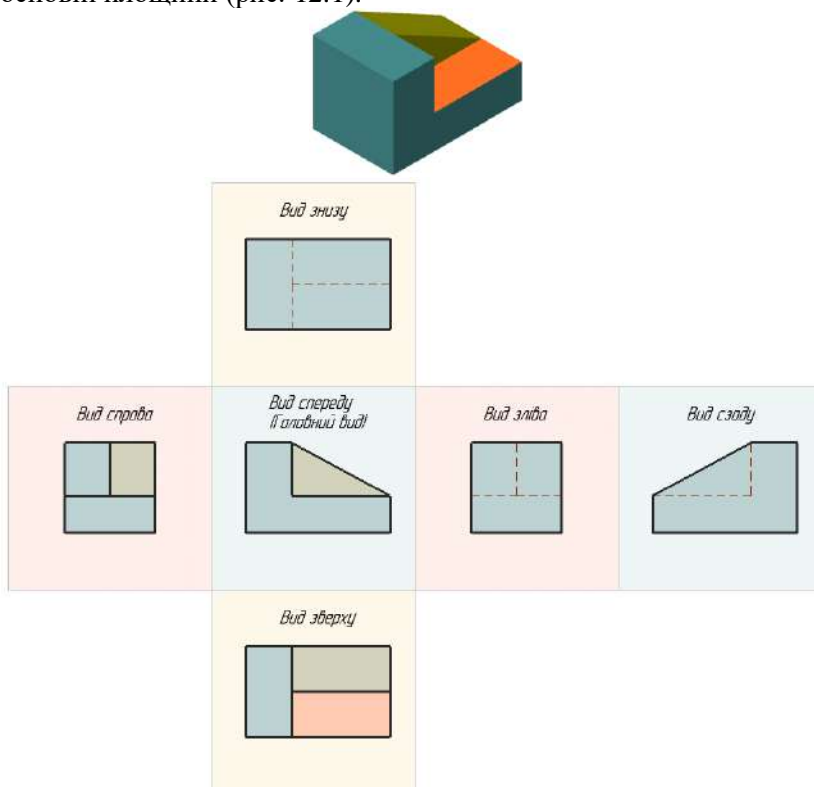


Рисунок 12.1 – Розташування виглядів

Зображуваний предмет розташовують між площиною проєкцій і спостерігачем. За площини проєкцій приймають шість граней куба, всередині якого умовно розміщують предмет та отримують шість основних видів.

Вид – зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета (рис. 12.2 - 12.4).

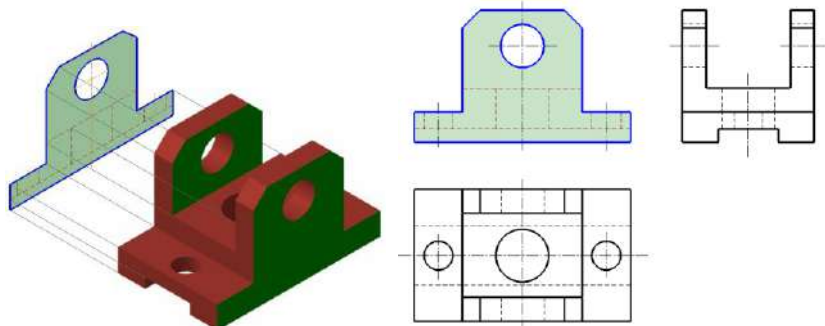


Рисунок 12.2 – Утворення головного виду

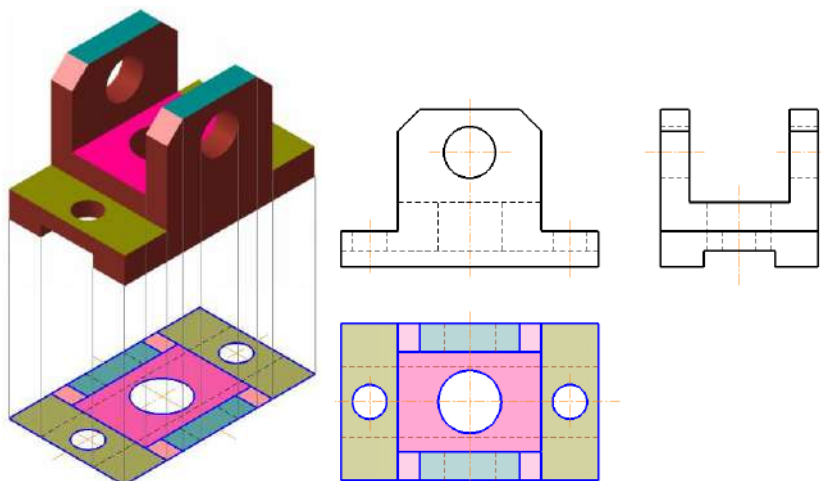


Рисунок 12.3 – Утворення виду зверху

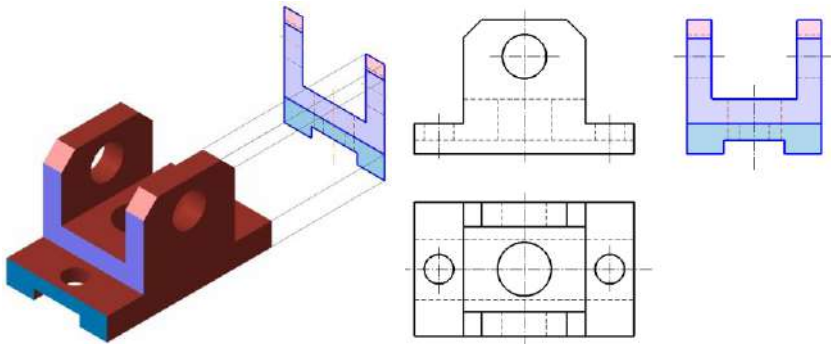


Рисунок 12.4 – Утворення виду зліва

Кількість видів, розрізів, перерізів має бути достатнім для повного уявлення про зображуваний предмет. З метою зменшення кількості зображень допускається показувати на видах і невидимі частини предмета за допомогою штрихових ліній.

Назва видів на креслениках не підписується, якщо вони розташовані у проекційному зв'язку (рис. 12.5).

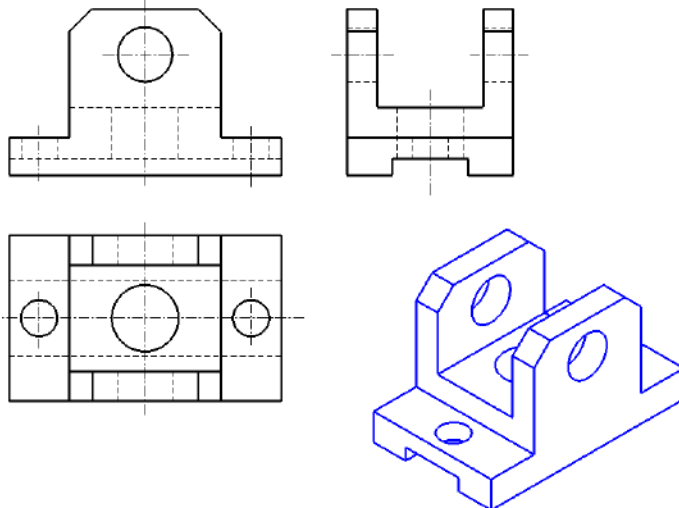


Рисунок 12.5 – Розташування видів на кресленіку

На машинобудівних кресленнях не проводяться лінії зв'язку проєкцій. Для дотримання проєкційної зв'язку між окремими видами використовуються осьові, центрові лінії та осі симетрії.

12.2 Додаткові і місцеві види

Якщо будь-яку частину предмета неможливо показати без спотворення форми і розмірів на основних видах, то застосовують додаткові види, одержувані на площинах, які не паралельні основних площинах проєкцій (рис. 12.6, *а*, *б*, *в*).

Якщо додатковий вид розташовують у проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, то вид додатково не позначають (рис. 12.6, *а*).

Додатковий вид повинен бути відзначений написом (рис. 12.6, *б*, *в*), а біля зображення предмета, пов'язаного з додатковим видом, повинна бути поставлена стрілка, що вказує напрям погляду, з відповідною літерою.

Додатковий вид допускається повертати, при цьому до позначення додається знак «повернуто» (рис. 12.6, *в*).

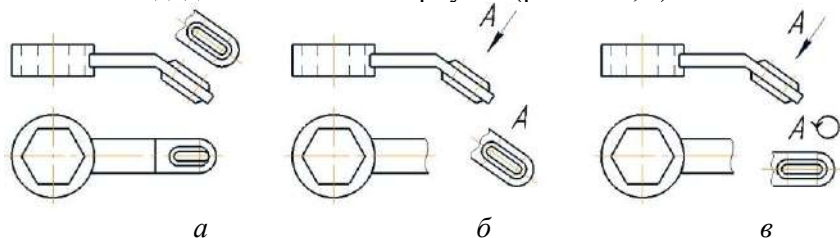


Рисунок 12.6 – Додатковий вид

Зображення окремо обмеженого місця поверхні предмета називається місцевим видом (рис. 12.7).

Місцевий вид повинен бути відзначений на кресленнику подібно додатковому виду.

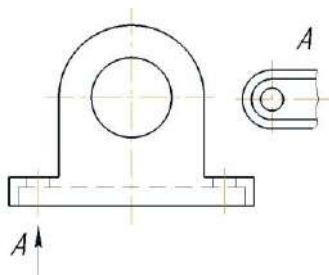


Рисунок 12.7 – Місцевий вид

12.3 Перерізи

Для виявлення внутрішньої (невидимої) конфігурації предмету застосовують зображення – перерізи і розрізи.

Переріз – це зображення, що отримують при уявному розтині предмету однією або декількома площинами. У перерізі показують тільки те, що входить безпосередньо до січної площини (рис. 12.8).

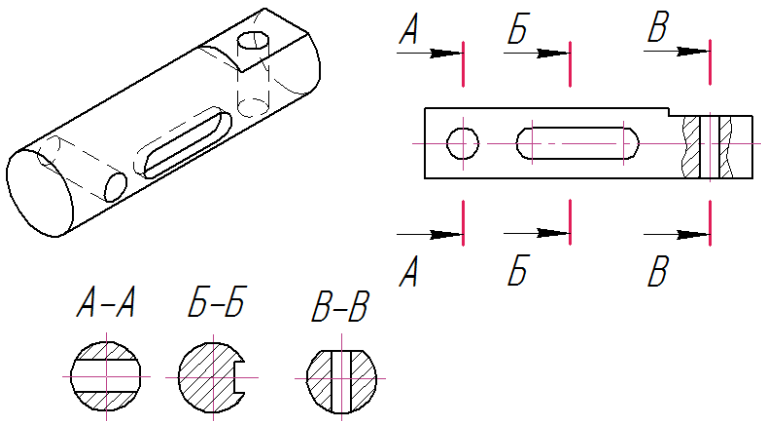


Рисунок 12.8 – Перерізи

Перерізи діляться: на винесені (рис. 12.8) і накладені (рис. 12.9).

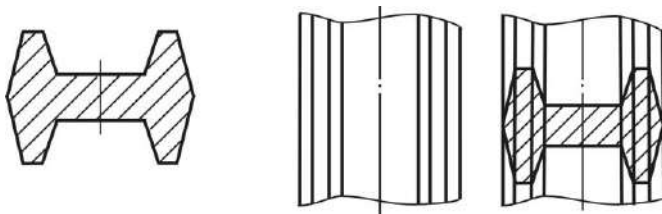


Рисунок 12.9 – Переріз накладений

Для позначення лінії перерізу використовують розімкнену лінію з показом стрілкою напрямку погляду та позначають її однаковими великими літерами, сам переріз позначають написом типу *A-A* двома літерами через тире.

12.4 Розрізи

Розрізом називається зображення предмета, який уявно перерізаний однією або декількома площинами

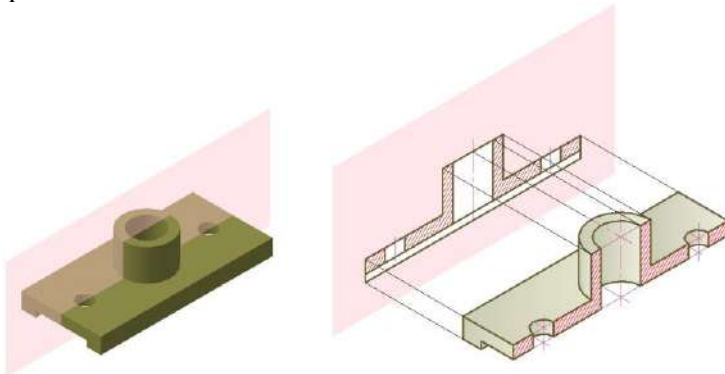


Рисунок 12.9 – Наочне зображення деталі та розріз її однією січною площиною

На розрізі показують те, що утворюється в січній площині і те, що розташовано за нею. Таким чином, розріз складається з перерізу і виду частини предмета, що розташована за січною площиною (рис. 12.9).

Те, що знаходиться в січній площині (переріз) виділяють штриховкою.

Розріз, утворений однією січною площиною, називається *простим* (рис. 12.10).

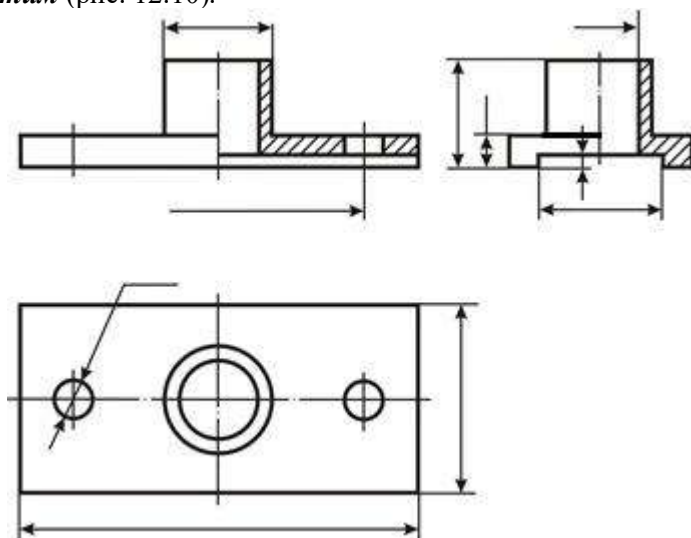


Рисунок 12.10 – Прості розрізи

Похилим називається розріз при січній площині, що становить із горизонтальною площиною проєкції кут, відмінний від прямого (рис. 12.11).

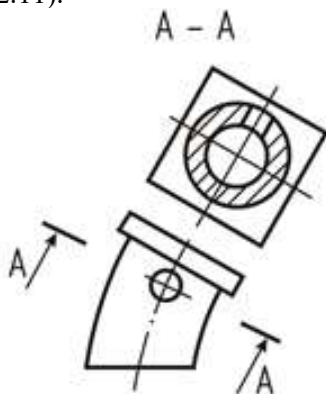


Рисунок 12.11 – Похилий розріз

Розріз, утворений двома і більше січними площинами, називається *складним* (рис. 12.12, а, б).

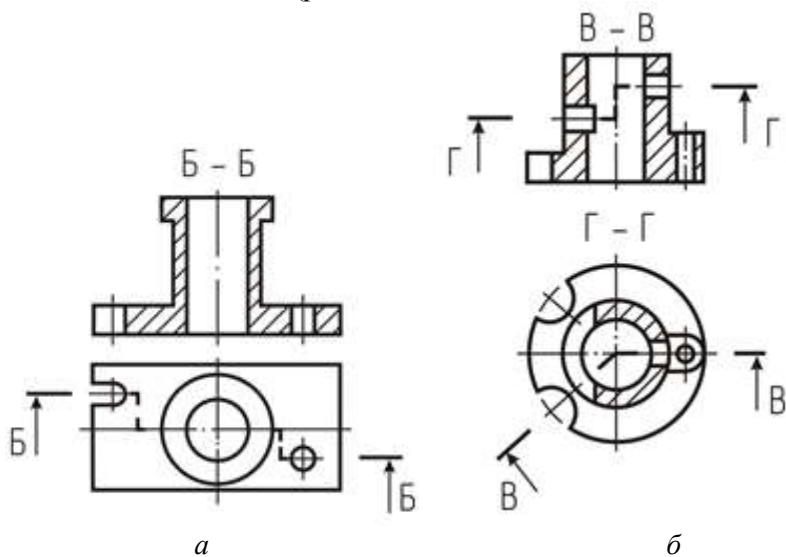


Рисунок 12.12 – Складні розрізи

Положення січної площини показують лінією перерізу. Напрямок стрілки показує напрямок погляду (рис. 12.13).

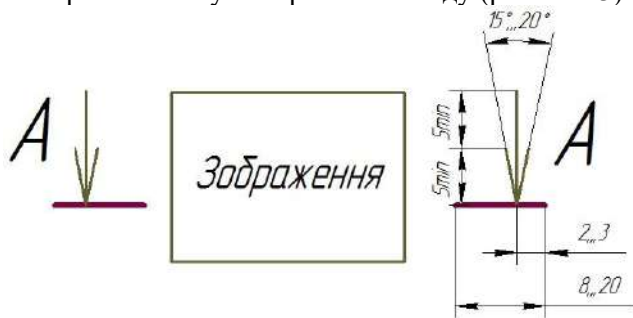


Рисунок 12.13 – Структура позначення положення січної площини

Розріз треба позначати написом типу *А-А* двома буквами через тире.

Розмір шрифту буквених позначень повинен бути більше розміру цифр розмірних чисел у два рази.

Розріз, який служить для виявлення побудови предмета в окремому місці називається *місцевим* (рис. 12.14, а, б).

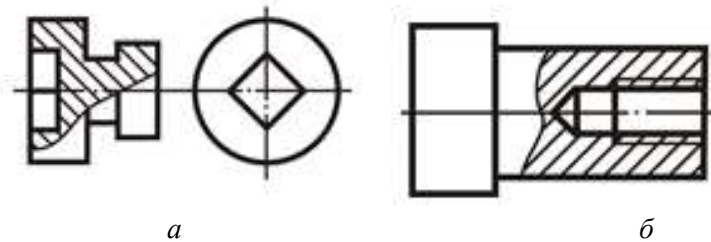


Рисунок 12.14 – Місцеві розрізи

Горизонтальні (рис. 12.15), фронтальні (рис. 12.16) і профільні (рис. 12.17) розрізи розташовують на місці основних видів.

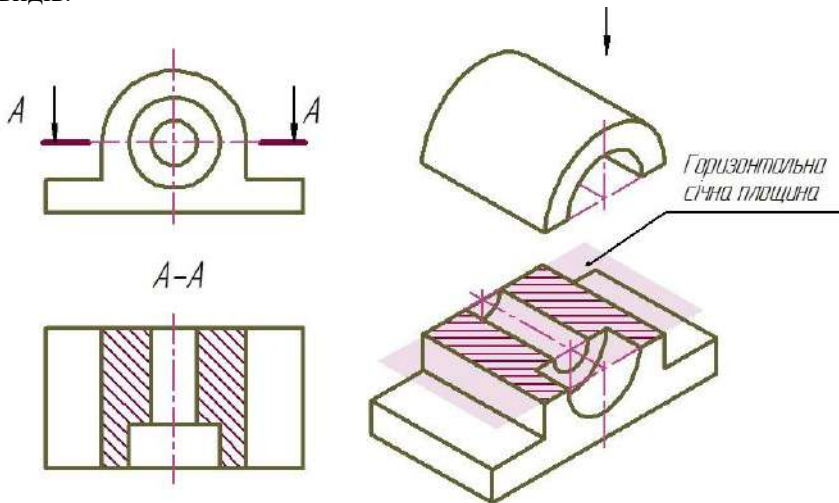


Рисунок 12.15 – Утворення горизонтального розрізу

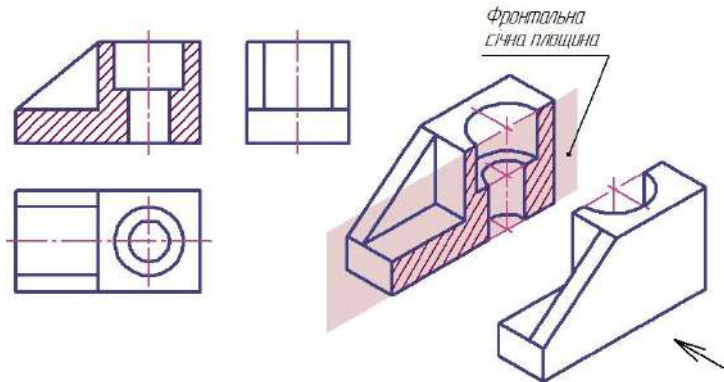


Рисунок 12.16 – Утворення фронтального розрізу

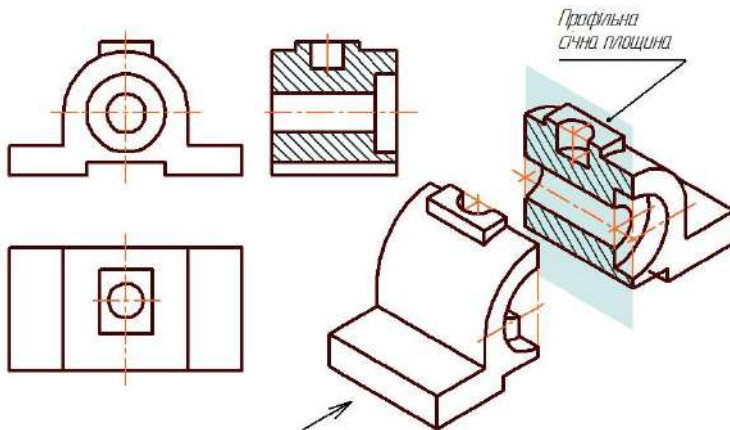


Рисунок 12.17 – Утворення профільного розрізу

У випадках, коли вид і розріз симетричні щодо однієї і тієї ж осі, слід зображати з одного боку від осі вид, а з іншого боку (рис. 12.10) - розріз.

При вертикальній осі симетрії вид слід розташовувати ліворуч від осі, а розріз - праворуч; при горизонтальній осі симетрії вид слід розташовувати зверху, а розріз - знизу від осі симетрії.

В загальному випадку лінією поділу половини виду і половину розрізу є осьова лінія (рис. 12.18).

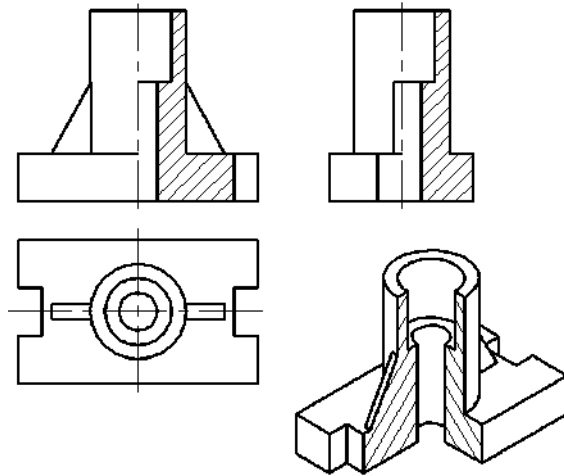


Рисунок 12.18 – Поєднання виду і розрізу

У випадках, коли вісь збігається з ребром, яке необхідно показати, частини виду і розрізу розділяють не осьовою, а тонкої хвилястою лінією; при цьому, якщо ребро знаходиться на внутрішній поверхні, хвилясту лінію проводять з боку виду, збільшуючи тим самим частину розрізу деталі (рис. 12.19, *a*). І навпаки, якщо ребро, розташоване на зовнішній поверхні, хвилясту лінію проводять на половині розрізу, збільшуючи тим самим частину виду деталі (рис. 12.19, *б*).

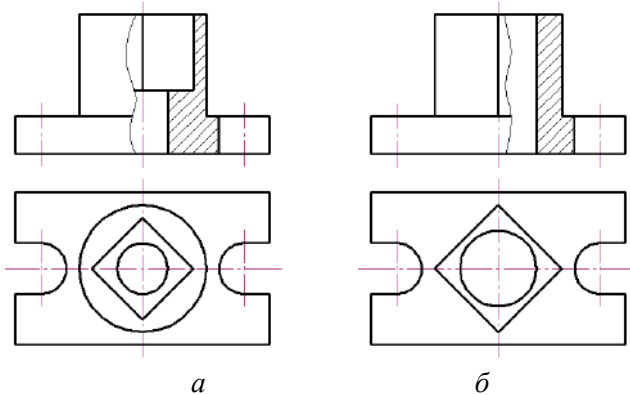


Рисунок 12.19 – Суміщення симетричних вигляду і розрізу

13 ПОБУДОВА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Зображення предметів на проєкційних поверхнях, побудоване за методом центрального проєктування з урахуванням закономірностей і особливостей зорового сприйняття людиною навколишнього простору, називається *перспективою*.

Перспектива, як наука, є однією з найбільш наочних проєкційно-зображальних систем.

Розрізняють геометричну, повітряну, аналітичну та інші види перспективи.

До геометричної перспективи належать лінійна, панорамна і сферична перспектива залежно від форм поверхні, на якій будується зображення.

Лінійна перспектива вивчає способи побудови перспективних зображень ліній контуру предметів на поверхні проєкцій – площині. При цьому площину проєкцій здебільшого вибирають вертикально.

Для побудови перспективного зображення користуються апаратом проєктування – системою площин, ліній і точок (рис. °13.1).

Основними елементами апарата проєктування є:

- π_1 – предметна площина, на якій розташований зображуваний предмет;

- K – картинна площина (картина) – вертикальна площина основних проєкцій, що міститься між глядачем і об'єктом зображення перпендикулярно до предметної площини π_1 ;

- N – нейтральна площина (площина глядача), яка проходить через точку S паралельно картинній площині;

- G – площина горизонту – площина, проведена через точку S паралельно предметній площині.

Площини K і N поділяють весь простір на три частини: предметний – за картиною, нейтральний (або проміжний) – між картиною і нейтральною площиною та уявний – за глядачем (перед нейтральною площиною).

14 ПЕРСПЕКТИВА ТОЧКИ

Перспективою точки (центральною проекцією точки на картинну площину) називають точку перетину з картинною площиною K проєкційного променя, спрямованого з центра проєкцій S до точки. Однак ця проєкція не визначає положення точки у просторі, тому що усі точки, які лежать на проєкційному промені, будуть спроєктовані в одну точку. Тому, крім перспективи заданої точки, треба побудувати на картині ще й перспективу її основи (рис. 14.1).

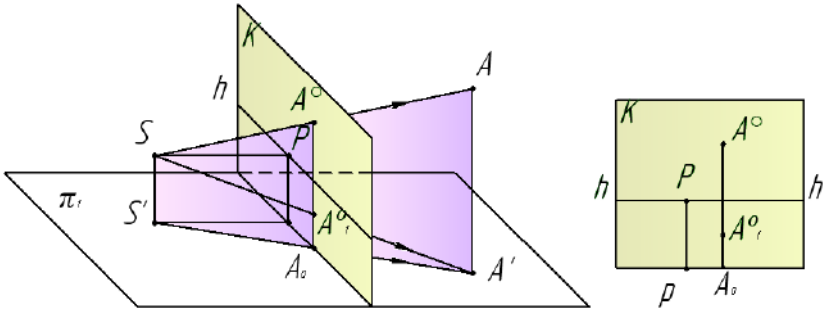


Рисунок 14.1 – Перспектива точки, що лежить у предметному просторі

Позначення:

A – точка в просторі;

A^o – перспектива точки A ;

A' – основа (горизонтальна проєкція) точки A ;

A_0^o – перспектива основи точки A , або вторинна проєкція точки A в перспективі.

Під час центрального проєктування точка може займати такі положення:

- загальне, якщо вона міститься у предметному просторі (точка A рис. 14.1.);

- окреме, якщо вона лежить на предметній (точка B рис. 14.2) або картинній площині (точка D рис. 14.3).

Положення точки в просторі проєкційного апарата визначається на картині розташуванням перспективи точки і перспективи її основи (рис. 14.3).

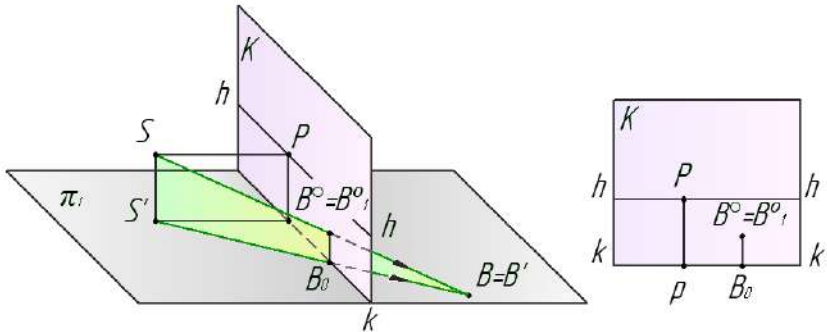


Рисунок 14.2 – Перспектива точки, що лежить на предметній площині

Якщо точка міститься у предметному просторі нижче від площини горизонту, то перспектива цієї точки та її основи лежить на лінії зв'язку між лінією горизонту й основою картини і не збігаються (точка A рис. 14.3) Точка B (рис. 14.3) розташована у предметному просторі вище площини горизонту;

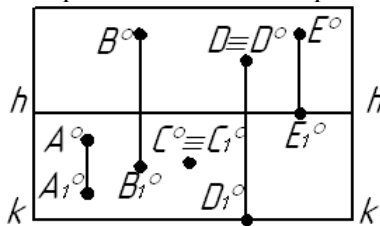


Рисунок 14.3 – Визначення положення точки в просторі проєкційного апарата

Якщо точка лежить на предметній площині, то перспективи точки та її основи збігаються (точка C рис. 14.3);

Якщо точка лежить на картинній площині, то перспектива точки збігається з точкою, а перспектива її основи лежить на основі картини (точка D рис. 14.3);

Якщо точка міститься у нескінченності, то перспектива основи точки лежить на лінії горизонту (точка E рис. 14.3).

Перспективні зображення точки можуть бути показані в координатній системі проєкційного апарата, в якій вісь абсцис x збігається з основою картини kk , вісь ординат y – з відрізком $S'p$ і

вісь аплікат z – з відрізком Pp , а за початок аксонометричних осей править точка p – основа головної точки картини.

Приклад 1. Побудувати перспективу точки A , що лежить на предметній площині. Перенести зображення перспективи точки A з картинної площини апарата на картину (рис. 14.4, *a*).

Побудову виконуємо у такій послідовності:

- з точки зору S проводять промінь SA (рис. 14.4, *б*), а з основи точки зору S' – промінь в точку A' і отримують точку A_0 – перетин променя $S'A'$ з лінією основи картини kk . З точки A_0 проводять вертикальну лінію, паралельну SS' , до перетину з променями SA і SA' . На перетині знаходять точку A^0 , яка є перспективою точки A та точку A_I^0 – перспективу точки A' (рис. 14.4, *в*).

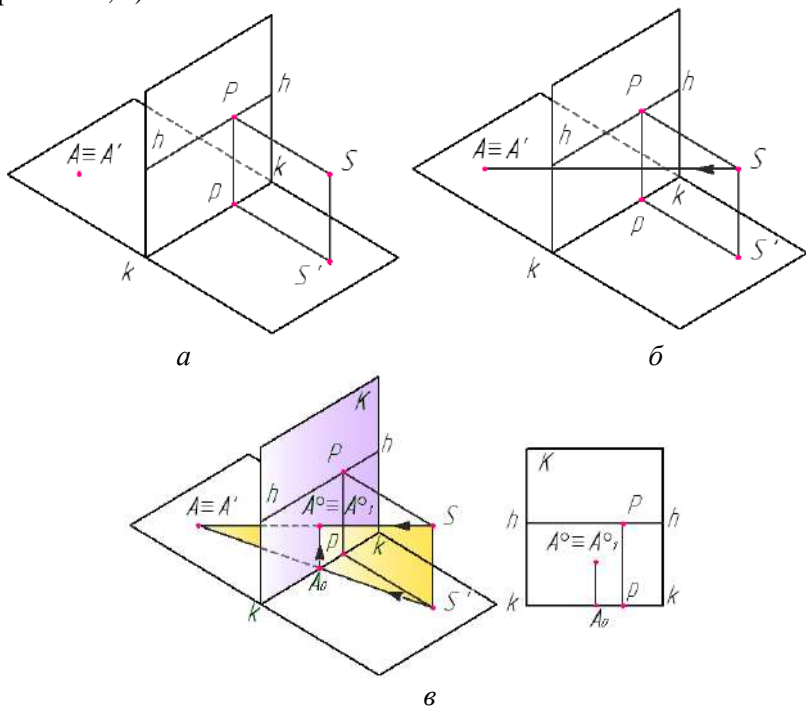


Рисунок 14.4 – Розв'язання прикладу 1

Приклад 2. На картині (рис. 14.5) задано точку $A^{\circ}A_I^{\circ}$. Побудувати точку A у просторі проєкційного апарата.

Розв'язання. Беручи до уваги те, що точка A° лежить над лінією горизонту, а точка A_I° – під лінією горизонту праворуч від лінії головного вертикала, доходимо висновку, що точка A розташована в предметному просторі над площиною горизонту на правій половині картини.

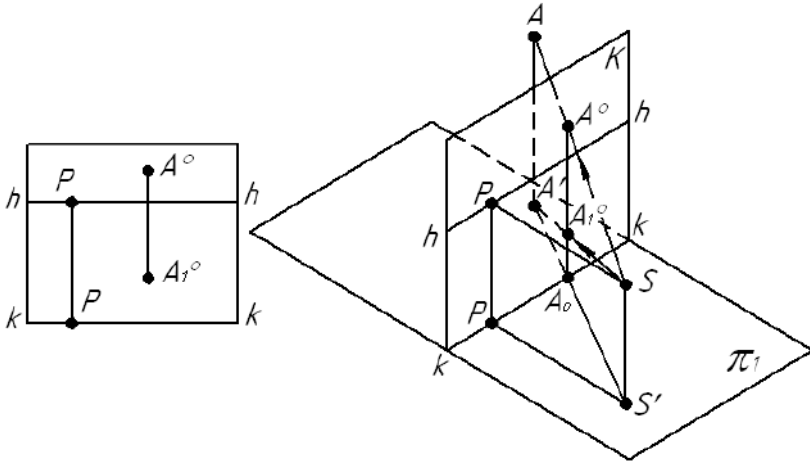


Рисунок 14.5 – Розв'язання прикладу 2

Побудову виконуємо у такій послідовності.

1. Переносимо на картинну площину проєкційного апарата точки A° і A_I° із заданої картини, зберігаючи відповідні відстані цих точок від ліній горизонту і головного вертикала.

2. Спрямувавши з точки S проєкційні промені до точок A° і A_I° , відомим способом будуюмо точки A і A_I , що визначають положення точки A у просторі проєкційного апарата.

Приклад 3. За заданим положенням точки A у предметному просторі проєкційного апарата (рис. 14.6, а) побудувати перспективу точки A і перенести зображення на картину.

Послідовність побудови:

з точки зору S проводять промені SA і SA' (рис. 14.6, б, в), а з основи точки зору S' – промінь в точку A' і отримують точку A_0 , з якої проводять лінію, паралельну SS' , до перетину з променями

SA і SA' . На перетині знаходять точку A° , яка є перспективою точки A та точку A_1° – перспективу точки A' .

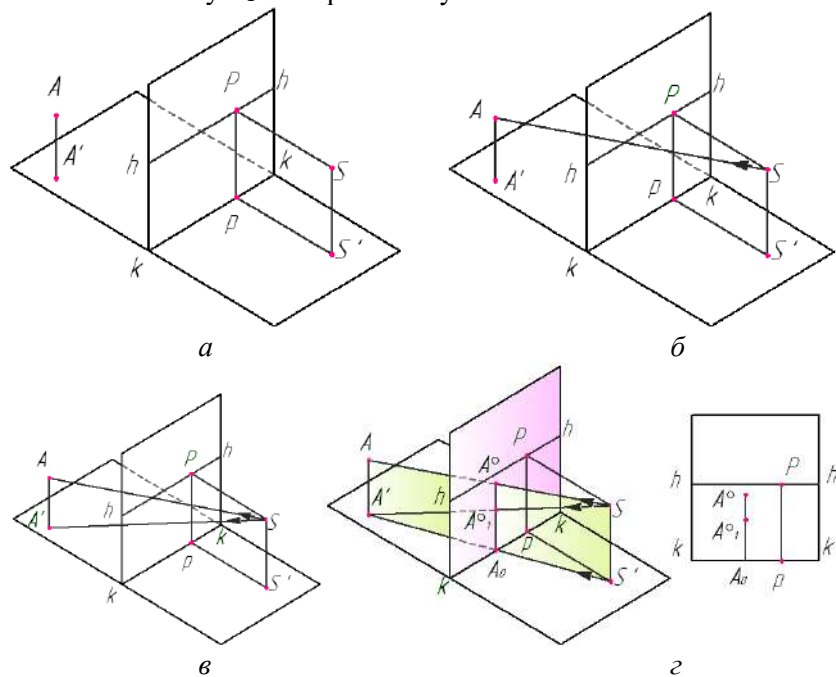


Рисунок 14.13 – Розв’язання прикладу 3

15 ПЕРСПЕКТИВА ПРЯМОЇ ЛІНІЇ

Побудова *перспективи відрізка* прямої лінії зводиться до побудови перспективи двох його точок, які сполучають прямою лінією (рис. 15.1).

Перспектива радіальної прямої. *Радіальна пряма* – це пряма, що розташована у предметній площині і проходить через точку стояння S' (основу точки зору). Перспектива радіальної прямої виглядає вертикальним відрізком I_0-R_0 (рис. 14.2, а), де I_0 – точка перетину радіальної прямої R_∞ з основою картини, а R_0 – зображення (перспективна проєкція) нескінченно віддаленої точки радіальної прямої R_∞ .

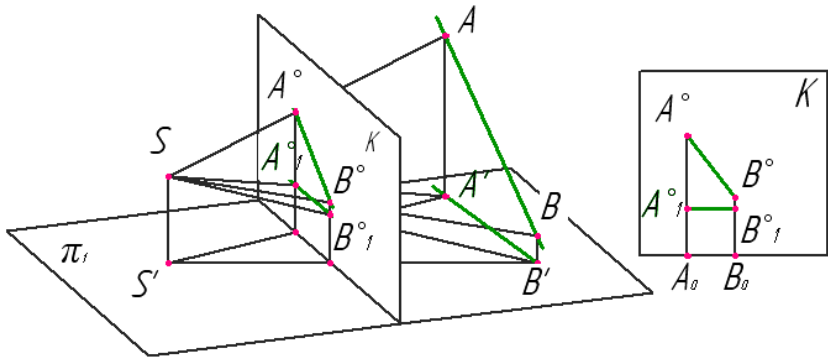


Рисунок 15.1 – Побудова перспективи відрізка прямої лінії

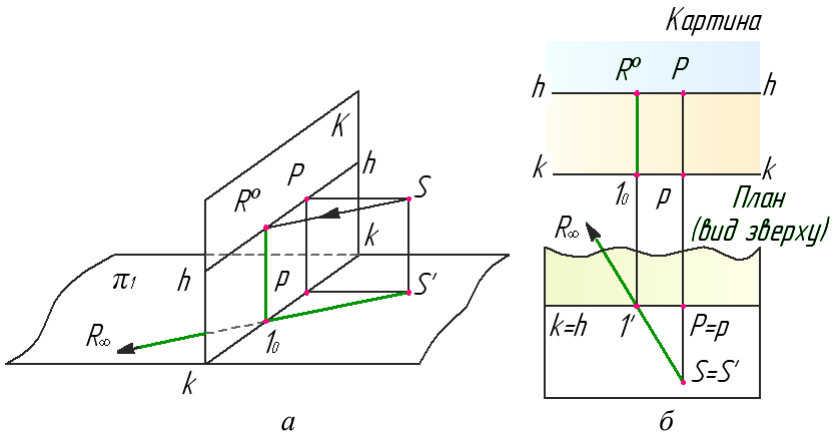


Рисунок 15.2 – Перспектива радіальної прямої

На рисунку 15.2, б показана картина, доповнена планом (видом зверху), які знаходяться у проєкційному зв'язку. Перспектива радіальної прямої $S' - I' - R_{\infty}$ показана на картинній площині потовщенням вертикальним відрізком $I_0 - R_0$.

Перспектива горизонтальних прямих. Горизонтальна пряма – це пряма, що паралельна предметній площині, або лежить на цій площині.

Кінцем перспективи нескінченно продовженої горизонтальної прямої, яка лежить у предметній площині (рис.°15.3), як і будь-якої горизонтальної прямої предметного

простору (рис. 15.4), є гранична точка F (точка збігу), що лежить на лінії горизонту картини hh . Точка N_k перетину прямої з картиною називається *картинним слідом* прямої (рис. 15.3).

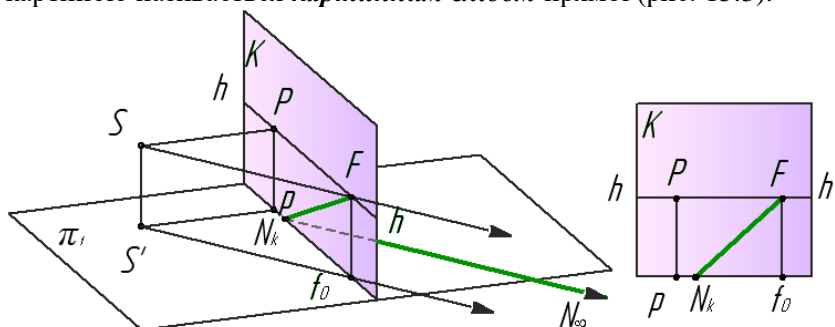


Рисунок 15.3 – Перспектива прямої, що лежить на площині π_1

Лінія горизонту – гранична пряма предметної площини. Лінія горизонту проходить на картині на висоті центра проєкцій S (рівня очей) паралельно основі картини. Її можна розглядати також як границю перспективи продовженої до нескінченності предметної площини предметного простору.

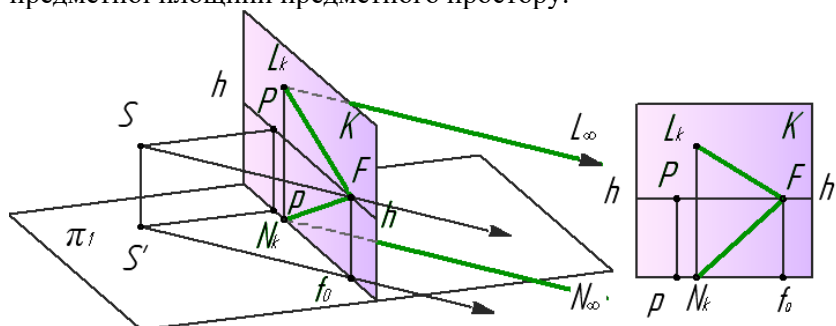


Рисунок 15.4 – Перспектива горизонтальної прямої предметного простору

При визначенні граничних точок сходу пучка паралельних прямих слід пам'ятати, що:

1. Точка P є граничною точкою (точкою сходу) для всіх прямих, перпендикулярних картині (рис. 15.5).

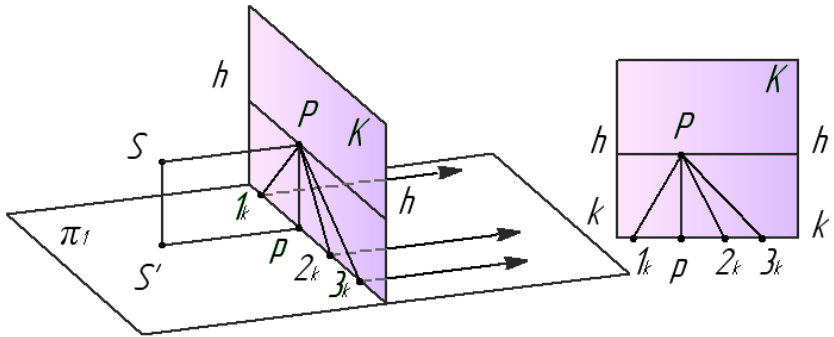


Рисунок 15.5 – Перспектива прямих, перпендикулярних картині

2. Точки D_1 і D_2 – граничні точки для прямих, направлених до картини під кутом 45° (рис. 15.6).

3. Точки F_1, F_2, \dots – граничні точки для прямих довільного напрямку (рис. 15.3, 15.4).

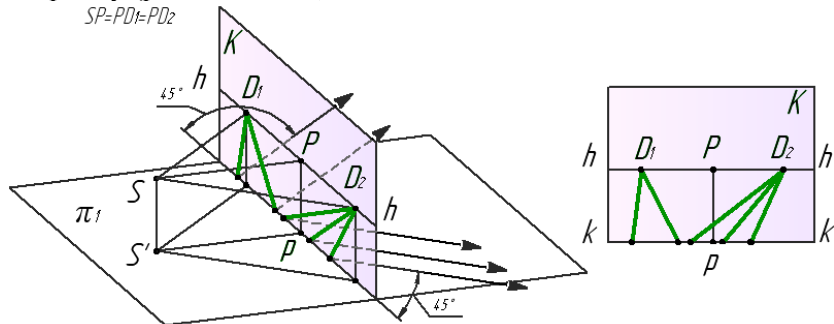


Рисунок 15.6 – Перспектива прямих, направлених до картини під кутом 45°

Перспектива прямих загального положення. Прямі у предметному просторі можуть бути розташовані відносно предметної та картинної площин по-різному. Загальним вважається положення, якщо пряма розташована під довільним кутом до цих площин.

Розрізняють висхідні та низхідні прямі загального положення.

Висхідними називають прямі предметного простору, спрямовані знизу вгору з одночасним віддаленням їх точок від картинної та предметної площин (рис. 15.7).

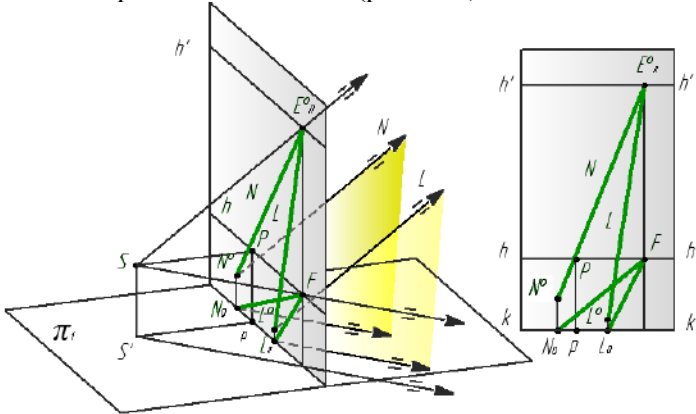


Рисунок 15.7 – Перспектива висхідних прямих

Для побудови перспективи прямої досить побудувати перспективи точок, розташованих на цій прямій, наприклад, точки початку прямої і нескінченно віддаленої точки. Точка початку прямої буде точкою зустрічі прямої з картиною.

На рисунку 15.8 дані висхідна пряма AB , точка зору S , картина K і предметна площина π .

Пристаюючи до побудови перспективи $A'B^{\circ}$ прямої AB , необхідно продовжити пряму до перетину з картиною в точці N . Перспектива N° початку прямої N збігається з самою точкою. Потім будується перспектива E_n° безконечно віддаленої точки E_{∞} прямої AB . Точка E_n° – точка сходу перспективи $A'B^{\circ}$ прямої AB та прямих, паралельних їй. З'єднавши перспективи N° і E_n° (точки початку прямої безконечно віддаленої точки), одержують перспективу напрямку прямої. Слід підкреслити, що точка сходу E_n° перспективи будь-якої прямої визначається точкою перетину проєкційного променя, що йде з точки S паралельно даній прямій, з картиною. проєкційного променя, що йде з точки S паралельно даній прямій, з картиною.

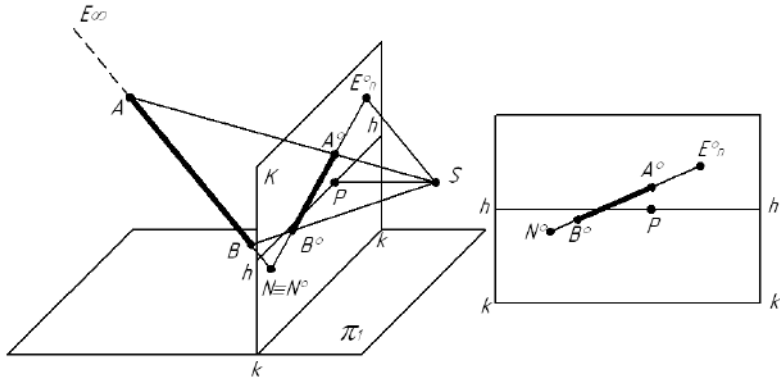


Рисунок 15.8 – Побудова перспективи висхідної прямої

Перспективи паралельних прямих завжди будуть спрямовані із своїх початкових точок в точку сходу E_n° , яка для всіх них буде спільною, тому що промінь зору, що визначає точку сходу, буде, очевидно, паралельний для всіх них. Точка сходу висхідних прямих буде лежати вище горизонту, вона називається небесною точкою сходу і позначається E_n° .

Низхідні прямі спрямовані зверху вниз (рис. 15.9), їх точки наближаються до предметної площини, віддаляючись від картини.

Перспектива низхідної прямої загального положення на картині обмежена граничною точкою, яка розташована над горизонтом і лежить на лінії зв'язку, що проходить через граничну точку проєкції заданої прямої.

Перспектива прямих окремого положення. Прямі окремого положення – це прямі, які паралельні чи перпендикулярні до предметної або картинної площини. Радіальні прямі (рис. 15.2) та горизонтальні прямі розташовані до картини під кутом 45° (рис. 15.6) також належать до прямих окремого положення.

Точка сходу будь-яких горизонтальних прямих, тобто паралельних предметній площині, розташовується на лінії горизонту, незалежно від висоти горизонтальної прямої (рис. 15.4). До горизонтальних прямих належать прямі, що перпендикулярні до картини, паралельні їй, та прямі, розташовані під певним кутом до картини.

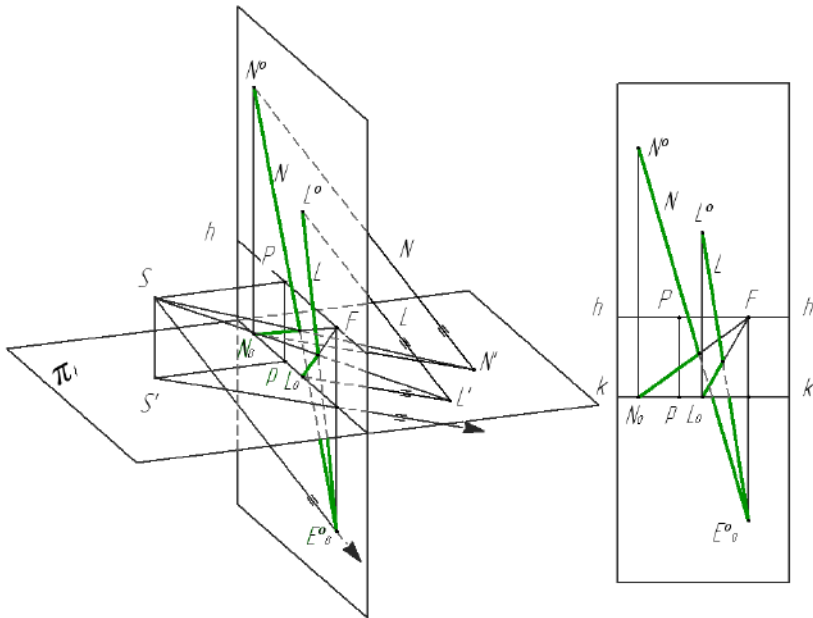


Рисунок 15.9 – Перспектива низхідних прямих

Горизонтальна пряма, паралельна площинам π_1 і K показана на рисунку 15.10. Через точки A' і B' проводять з точки S проєкційні промені або проєкційну площину. Лінія перетину $A'B^0$ цієї площини з картиною буде перспективою шуканої прямої $A'B'$. Перспектива горизонтальних прямих, паралельних основі картини, розташовується завжди паралельно горизонту і не має з ним точки сходу.

Серед прямих, паралельних картинній площині, розрізняють вертикальні, горизонтальні та фронтальні прямі залежно від розташування цих прямих відносно предметної площини.

На картині вертикальні прямі зображуються вертикальними (рис. 15.11). Перспективу такої прямої можна розглядати як лінію перетину картини з проєкційною площиною, що проходить через точку зору S і пряму AA' . Через те, що проєкційна площина, яка проходить через вертикальну пряму, перпендикулярна π_1 , то й лінія перетину $A'A_1^0$, що є перспективою вертикальної прямої AA' завжди буде перпендикулярна горизонту.

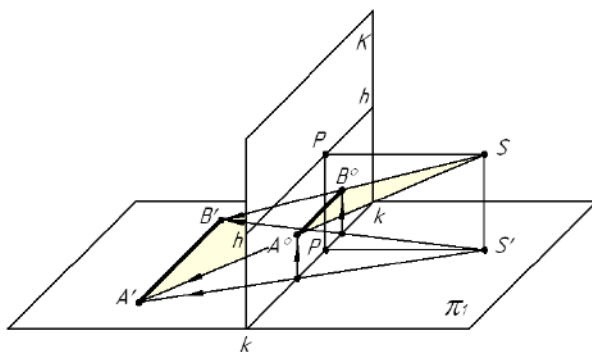


Рисунок 15.10 – Перспектива горизонтальної прямої паралельної до площин π_1 і K

Перспективу фронтальних прямих будують подібно до перспективи вертикальних прямих: вони не мають точок збігу, їх перспективи паралельні між собою, а перспективи основ паралельні лініям горизонту й основі картини. Кути нахилу до основи картини і до лінії горизонту дорівнюють кутам нахилу прямих до предметної площини.

Слідами прямої лінії називають точки її перетину з предметною і картинною площинами. Відповідно ці точки називають предметним і картинним слідами. Прямі загального положення мають у загальному випадку два сліди, а прямі окремого положення здебільшого один слід.

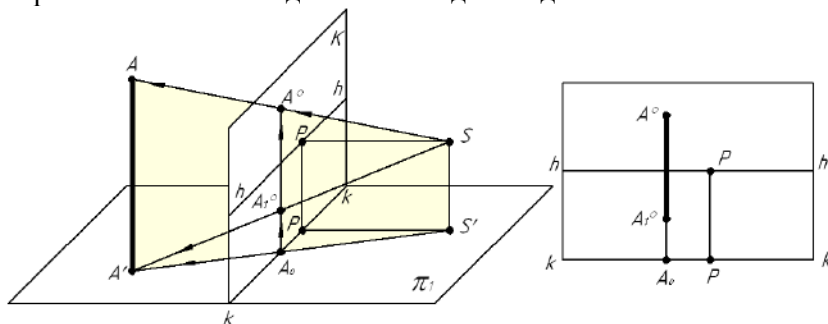


Рисунок 15.11 – Перспектива вертикальної прямої

Наочне зображення прямих ліній відносно предметної та картинної площин показано на рисунку 15.12:

- 1 головні l – перпендикулярні до картини;
- 2 вертикальні 2 – перпендикулярні до предметної площини;
- 3 горизонтальні 3 – паралельні основі картинної площини;
- 4 фронтальні 4 – паралельні K і довільно нахилені до P .
- 5 висхідні 5 і низхідні 6 – не паралельні ні до одної з площин, при цьому перші відхилені від глядача.
- 6 нахилені 7 – паралельні предметній площині, що утворюють з картинною площиною кут 45° .
- 7 Прямі 8 – паралельні π_1 , довільно розташовані по відношенню до площини K .

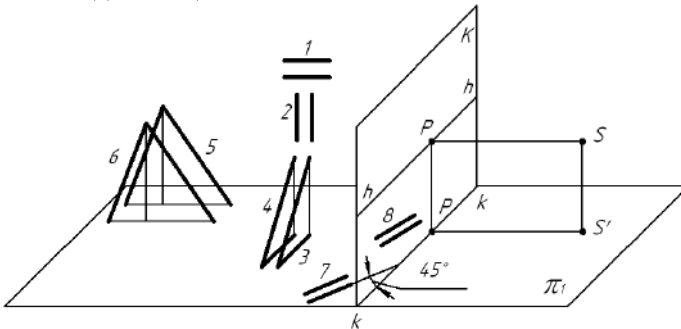


Рисунок 15.12 – Наочне зображення різних прямих ліній

16 ПЕРСПЕКТИВА КУТІВ

Побудова перспективи кутів відбувається за правилами побудови перспективи прямих. Перспективу прямої будують по двох точках: картинному сліду та граничною точкою прямої (рис. 16.1).

Перспективні проєкції кутів та інших плоских фігур будують на суміщених з картиною площинах. Наочність поєднання площин в одну площину розглянемо на проєкційному апараті (рис. 16.2).

Предметна площина повертається вниз навколо основи картини kk на кут 90° до суміщення її з площиною картини. Суміщену предметну площину позначимо π_1^k .

Перспектива точки $A = A'$ визначиться на перетині променя $S_k A_k = A_k'$ з прямою $A_k O P$. Таким чином можна побудувати на картині перспективу будь-якої точки, розташованої в суміщеній предметній площині π_1^k , а також перспективу прямої, кута (рис. 16.4, а, б), плоскої фігури та інше.

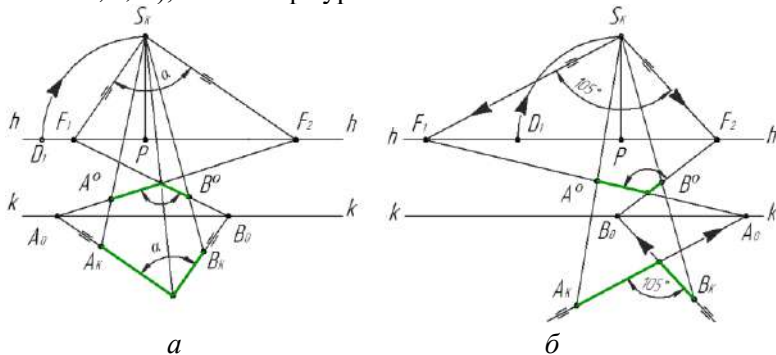


Рисунок 16.4 – Побудова перспективи кута

Побудова перспективи кута (рис. 16.4, а) ведеться у наступній послідовності:

- визначити картинні сліди сторін кута – точки A_0 і B_0 ;
- визначити граничні точки прямих – сторін заданого кута.

Для цього з заданої точки S_k провести дві прямі, що паралельні сторонам заданого кута до перетину з лінією горизонту hh . Точки F_1 та F_2 – є граничними точками сторін кута.

- з'єднати картинні сліди та граничні точки відповідних прямих (F_1 і B_0 ; F_2 і A_0) отримаємо перспективу заданого кута.

17 ПЕРСПЕКТИВНІ МАСШТАБИ

Для зображення на площині або який-небудь іншій поверхні реальних предметів (об'єктів) недостатньо знати тільки способи побудови їх об'ємних форм та їх взаємного просторового положення. Важливо також передати метричні дані предметів, тобто їх загальні розміри і розміри окремих частин, відстань між ними та їх взаємозв'язок.

Положення ліній у просторі різноманітне і можуть мати вертикальні, горизонтальні і похилі розташування. Чим далі ці

лінії розташовані від картинної площини, тим менше їх розміри на картині, але напрями їх зберігаються.

У перспективі однакові за розмірами предмети з віддаленням їх від спостерігача стають менше. В натуральну величину зображуються тільки ті елементи предмета (ребра, грані), які безпосередньо лежать в картинній площині. Співвідношення між натуральними і перспективними розмірами предметів називається **перспективним масштабом**. Натуральний розмір відрізка відкладають на основі картини.

Об'ємну форму предмета визначають за трьома головними напрямками – ширині, висоті і глибині. У відповідності з цим, при побудові перспективи застосовують перспективні масштаби – широт, висот і глибин.

Масштаб глибини. Масштаб, побудований на прямій, перпендикулярній картині, називається масштабом глибини (рис. 17.1). Граничною точкою глибинних масштабних прямих є точка **P**.

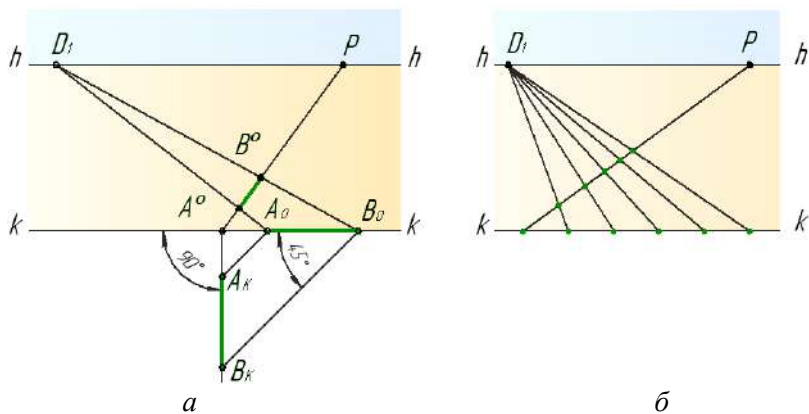


Рисунок 17.1 – Масштаб глибини

Геометрична основа побудови масштабу глибини полягає в тому, що заданий відрізок $A_{\kappa}B_{\kappa}$ треба перенести з перпендикулярної прямої на основу картини kk . Для цього проводять паралельні прямі через його кінці під кутом 45° отримують відрізок A_0B_0 (рис. 17.1, а). Відрізок A_0B_0 дорівнює заданому $A_{\kappa}B_{\kappa}$, так як утворився рівносторонній прямокутний

трикутник, у якого катети рівні, оскільки гіпотенуза спрямована під кутом 45° . Граничною точкою прямих, розташованих під кутом 90° до картини (глибинних прямих) – є точка P , а прямих направлених до картини під кутом 45° – дистанційні точки D_1 або D_2 , залежно від напрямку. Тому, з точок A_0 і B_0 направлять прямі в точку D_1 і на перетині з глибинною прямою отримують перспективу A^0B^0 заданого відрізка A_KB_K .

Відомо, що при завданні елементів картини дистанційні точки, як правило, знаходяться за межами її рамки. Це пов'язано з тим, що дистанційна відстань $SP = PD_1$ задається рівною 1,5–2 діаметрам поля ясного зору (на практиці – це 1,5–2 діагоналі картини). Крім того, в деяких випадках на глибинну пряму треба перенести дуже великі розміри, які на основі картини відкласти не можливо, оскільки вони значно перевершують ширину аркуша. Все це ускладнює застосування масштабу глибин.

Тому для побудови масштабу глибин застосовують дробову дистанційну точку. Наприклад: На картині задана глибинна пряма A_0P (рис. 17.2).

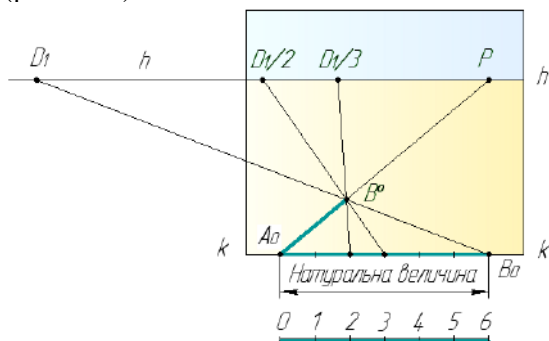


Рисунок 17.2 – Застосування дробових дистанційних точок

Потім на основі картини у відповідності з її масштабом відкладають відрізок A_0B_0 , що дорівнює 6 м, і переносять його на глибинну пряму A_0B^0 . Цей же відрізок у перспективі можна побудувати, з'єднавши середину натурального масштабу (3 м) з дробовою дистанційною точкою $D_1/2$. Той же результат виходить при розподілі натурального масштабу на три частини (2 м) та з'єднанні його з дистанційною точкою $D_1/3$.

Отже, при розташуванні дистанційної точки за межами картини або при наявності великих натуральних розмірів для перенесення їх на глибинну пряму застосовують дробову дистанційну точку. У цьому випадку, поставивши, наприклад, $D/4$ (або $D/2$) частину дистанційної відстані, в чотири (або в два) рази зменшують і натуральний розмір відрізка на основі картини.

Масштаб ширини. Масштаб широт будують на прямих, розташованих паралельно основі картинної площини (рис. 17.3, a).

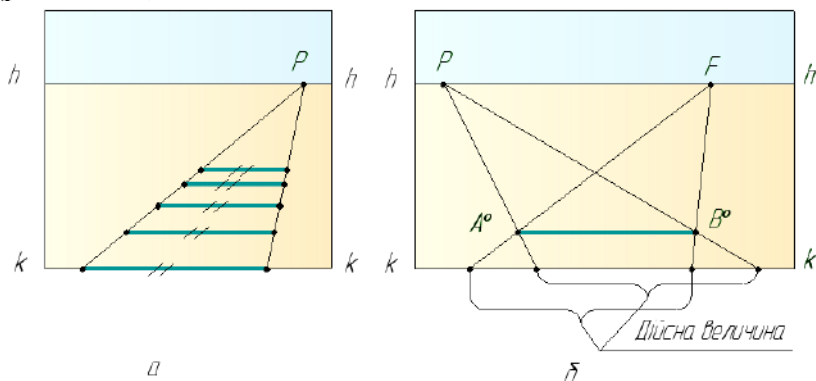


Рисунок 17.3 – Масштаб ширини

Для побудови перспективного масштабу широт натуральні відрізки з основи картини переносять на задану пряму з допомогою ліній перенесення, для яких на горизонті вибирається будь-яка точка сходу, в тому числі і головна.

Для визначення дійсної величини відрізка A^0B^0 , паралельного основі картини (рис. 17.3, b), на лінії горизонту hh беруть головну точку картини P , або будь-яку точку сходу F ліній переносу. Через неї та кінці заданого на картині відрізка проводять лінії переносу до перетину з основою картини та визначають дійсну величину відрізка.

Масштаб висоти. Масштаб, побудований на прямій, перпендикулярній до предметної площини, називають масштабом висоти (рис. 17.4, a). Будь-який відрізок, проведений паралельно відрізку A^0B_0 між паралельними прямими A^0P та B_0P , дорівнює відрізку A^0B_0 .

Масштаб не зміниться, якщо замість головної точки P взяти будь-яку іншу точку на лінії горизонту, наприклад точку F (рис. 17.4, б).

На рисунку 17.5 дана схема побудови перспективних масштабів, за допомогою якої зручно будувати перспективу різних предметів та проводити порівняння розмірів предметів.

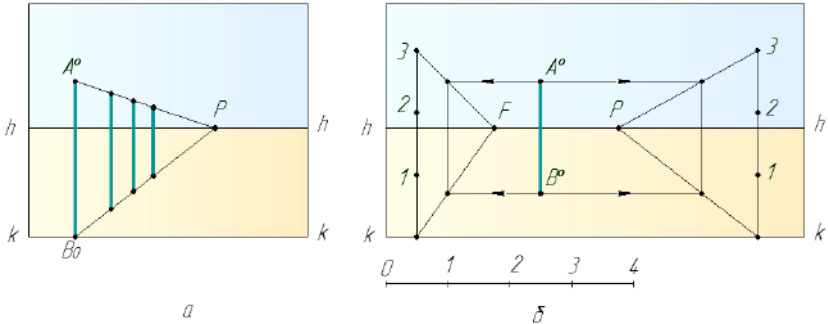


Рисунок 17.4 – Масштаб висоти

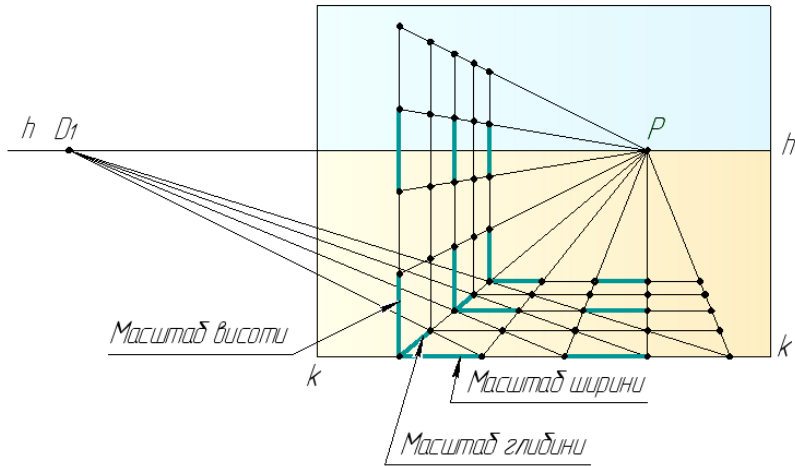


Рисунок 17.5 – Схема перспективних масштабів

Перспективний ділильний масштаб для прямих, розташованих довільно до картини. Для визначення натуральних розмірів відрізків, розташованих на прямих довільного напрямку,

основи картини – є натуральною величиною заданого на картині відрізка.

18 ПЕРСПЕКТИВА ПЛОСКИХ ФІГУР

Для побудови перспективи плоских фігур необхідно вміти будувати перспективу відрізка та кута за заданими розмірами.

На рисунках 18.1 та 18.2 розглянуті приклади побудови плоских фігур, що задані на суміщеній предметній площині π^k . На рисунку 18.1, а заданий прямокутник $A^k B^k C^k D^k$, дві сторони якого перпендикулярні до основи картини kk . На картині задані точки P і D_1 . Для побудови перспективи прямокутника визначають суміщену точку зору S_k . Сторони A^k-D^k і B^k-C^k подовжують до перетину з картиною в точках I_0 і 2_0 . Перспектива сторін A^k-D^k і B^k-C^k розташується на паралельних прямих перпендикулярних до картини $I_0 P$ і $2_0 P$. З точки S_k проводять промені у кожную вершину заданого прямокутника. Перспективу прямокутника знаходять на перетині паралельних прямих $I_0 P$ і $2_0 P$ з променями, спрямованими з точки S_k в точки A^k, B^k, C^k, D^k .

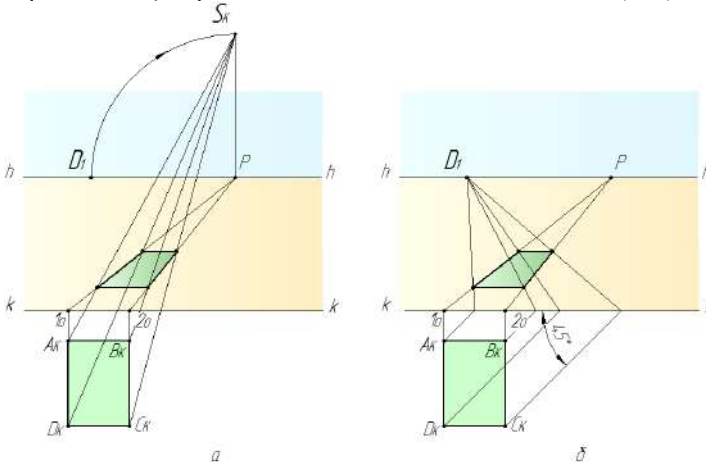


Рисунок 18.1 – Побудова перспективи прямокутника

Цю задачу можна вирішити із застосуванням прямих направлених до картини під кутом 45° , точкою сходу яких є точка D_1 (рис. 18.1, б).

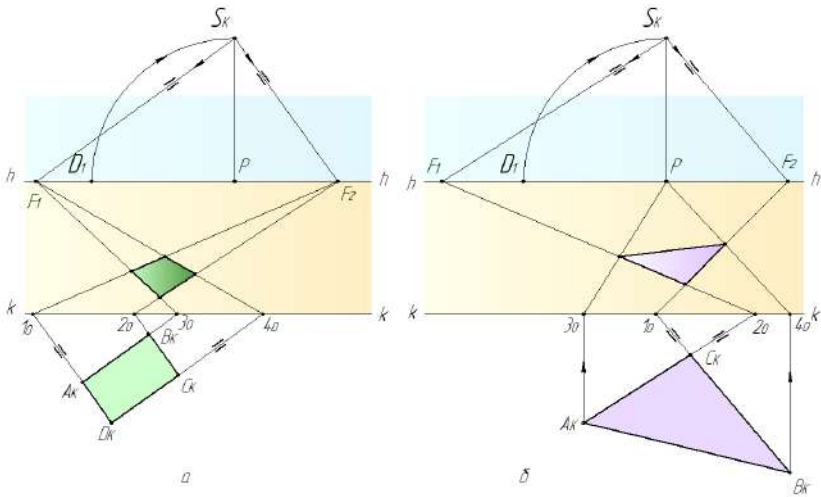


Рисунок 18.2 – Побудова перспективи плоских фігур

На рисунку 18.2, *a* заданий прямокутник $A^k B^k C^k D^k$ на суміщеній предметній площині π_1^k та розташований під довільним кутом до основи картини kk . На картині задані точки P і D_1 .

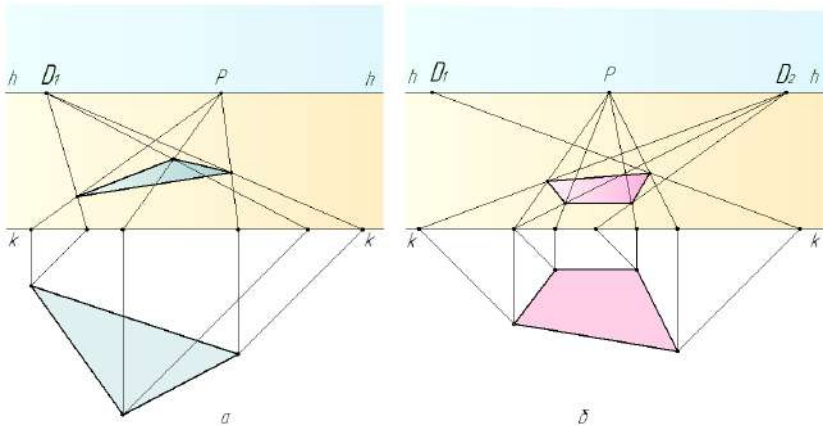


Рисунок 18.3 – Побудова перспективи плоских фігур

Перспективу прямокутника будують за допомогою картинних слідів $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ і граничних точок F_1 і F_2 . Для визначення

положення точок F_1 і F_2 будують суміщену точку зору S_k з якої проводять промені $S_k F_1$ і $S_k F_2$ паралельно сторонам заданого прямокутника A^k-B^k і B^k-C^k до лінії горизонту hh . Потім з'єднують прямими картинні сліди 3_0 і 4_0 з точкою F_1 ; а точки 1_0 і 2_0 з точкою F_2 . Перспективу прямокутника знаходять на перетині прямих $1_0 F_2$ і $2_0 F_2$ з прямими $3_0 F_1$ і $4_0 F_1$.

На рисунку 18.2, б перспективу трикутника знаходять за допомогою прямих перпендикулярних до основи картини проведених через вершини заданого трикутника.

На рисунках 18.3, 18.4 наведено ще декілька прикладів побудови плоских фігур.

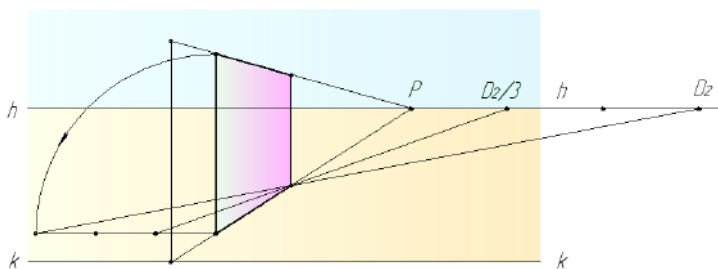


Рисунок 18.4 – Побудова перспективи плоских фігур

Побудова перспективи кола.

Побудові перспективи окружності передують створення перспективи квадрата. Якщо дві сторони квадрата паралельні основі картини, використовують дистанційну точку D_1 (рис. 18.5).

Існує кілька способів побудови перспективи кола, найбільш простий з них – побудова восьми точок кола, вписаного в квадрат (рис. 18.5).

Після побудови перспективи квадрата визначають центр перетину його діагоналей і проводять осі, одна з яких на кресленні паралельна горизонту, а інша має своєю точкою сходу точку P на лінії горизонту.

Через точки 2_k-8_k та 4_k-6_k проводять лінії перпендикулярні до основи картини (рис. 18.5, а). На картині точкою сходу цих прямих є точка P . Перспективу точок $2_k, 4_k, 6_k, 8_k$ на картині шукають на перетині діагоналей квадрата з перспективою

побудованих прямих. Далі плавно з'єднують всі вісім точок. Перспективою кола – є еліпс.

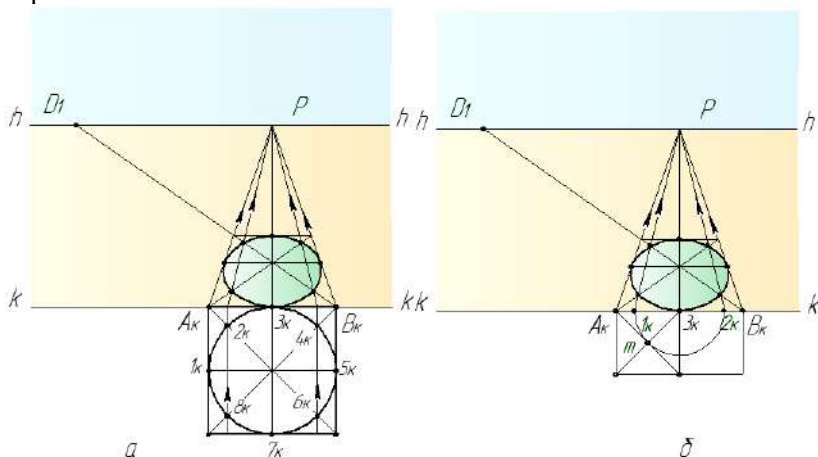


Рисунок 18.5 – Побудова перспективи кола

На рисунку 18.5, б показаний другий спосіб знаходження восьми точок: з точок A_{κ} і 3_{κ} проводять прямі під кутом 45° до сторони квадрата $A_{\kappa}B_{\kappa}$, які перетинаються в точці m . З точки 3_{κ} , як з центру, креслять півколо радіусом $3_{\kappa}m$, яке перетинає сторону квадрата $A_{\kappa}B_{\kappa}$ в точках 1_{κ} і 2_{κ} . Далі побудова повторюється, як на рисунку 18.5, а.

Для побудови перспективи кола можна використати половину кола, вписаного в половину квадрата (рис. 18.6). Побудова виконується аналогічними способами.

Якщо окружність розташована багато лівіше або правіше точки P (рис. 18.6, а), перспектива окружності буде мати значні спотворення. Тому перш ніж будувати перспективу кола, необхідно вибрати точку P так, щоб вона розташовувалася в межах діаметра окружності. На рисунку 18.6, б показана побудова перспективи кіл в різних площинах.

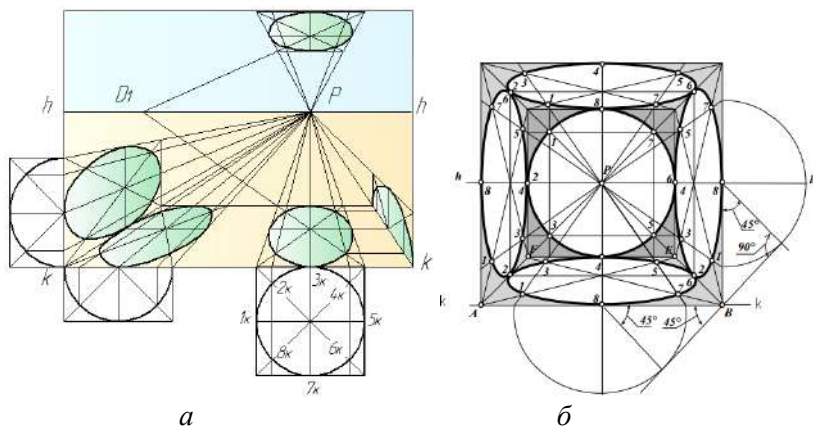


Рисунок 18.6 – Побудова перспективи кіл

19 ПОБУДОВА ПЕРСПЕКТИВИ ПАРКЕТІВ

При виконанні побудов перспектив паркетів застосовують способи поділу і збільшення відрізків в перспективі.

На рисунку 19.1, *a* розглянутий приклад розділення перспективи відрізка A^0B^0 на три рівні частини.

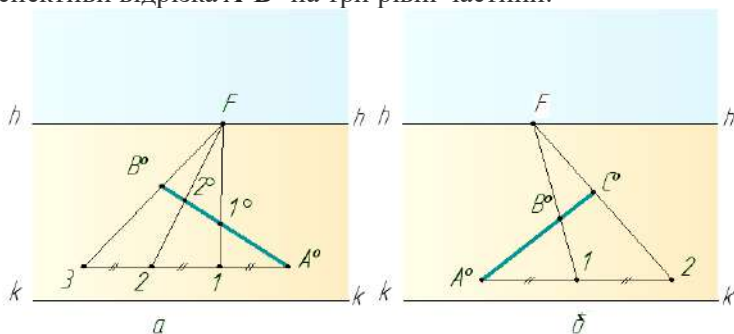


Рисунок 19.1 – Розділення перспективи відрізка рівні частини

Через точку A^0 проводять горизонтальну пряму і відкладають на ній від точки A^0 три довільних, але рівних між собою відрізків A^0-1 , $1-2$, $2-3$. Далі через точку 3 і B^0 проводять пряму до лінії горизонту в точці F . Точку F ділильного масштабу з'єднують прямими з точками 1 і 2. Прямі $1-F$, $2-F$, проведені з точок

основи масштабу в точку F , визначають на відрізку A^0B^0 точки I^0 і 2^0 . Отримані перспективи відрізків A^0-I^0 , I^0-2^0 і 2^0-B^0 будуть між собою рівні.

Аналогічним чином можна виконати і збільшення відрізка A^0B^0 (рис. 19.1, б), наприклад, в два рази. Через точку A^0 проводять пряму, паралельну основи картини. На лінії горизонту беруть довільну точку F і з'єднують її з точкою B^0 . Пряму FB^0 продовжують до перетину з горизонтальною прямою в точці I . Від точки I вправо відкладають на прямій відрізок $I-2$, рівний відрізку $A-I$. Точку 2 з'єднують прямою з точкою F . Перспективу відрізка A^0B^0 подовжують до прямої $F-2$ у точці C^0 . Перспектива відрізка A^0C^0 буде вдвічі більше перспективи відрізка A^0B^0 .

Способи поділу перспективи відрізка на рівні частини, а також і збільшення перспективи відрізка широко застосовуються при зображенні паркету.

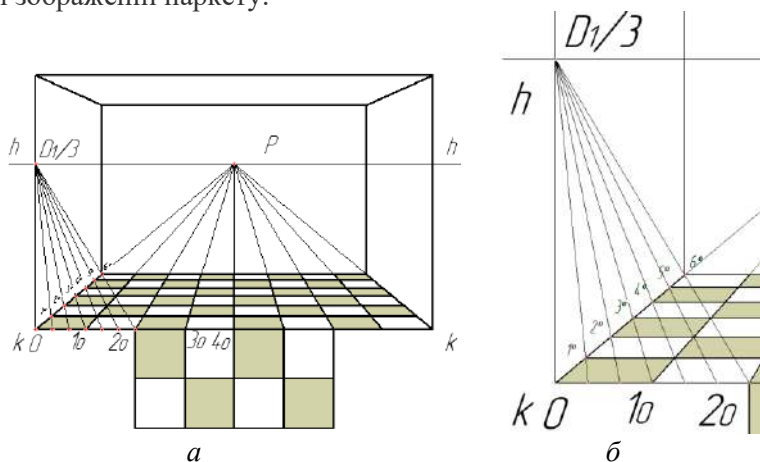


Рисунок 19.2 – Побудова перспективи паркету

На лінії горизонту на бажаній висоті визначають центральну точку сходу і відстань від глядача до картини ($D_1/3$), яке зменшено заради зручності побудови в три рази (рис 19.2, а). На основі картини відкладають бажану ширину квадратів паркету і з'єднують точки 1_0 , 2_0 і 3_0 та інші з центральною точкою сходу P . Для визначення глибини кожної плитки в перспективі розділяють відкладену на основі картини ширину плитки паркету на три

частини, що відповідає прийнятому зменшенню відстані PD_1 в три рази. Поєднавши кожен з отриманих точок з точкою $D_1/3$, на напрямку $0-P$ визначають точки $1^0, 2^0, 3^0, 4^0$ (рис 19.2, б) глибини зображення квадратів в перспективі. Через отримані точки треба провести горизонтальні прями.

При зображенні іншого варіанту паркету (рис 19.3) з плитками під кутом 45° до картинної площини, треба провести діагоналі кожної плитки і, орієнтуючись на них, повторити попередні побудови.

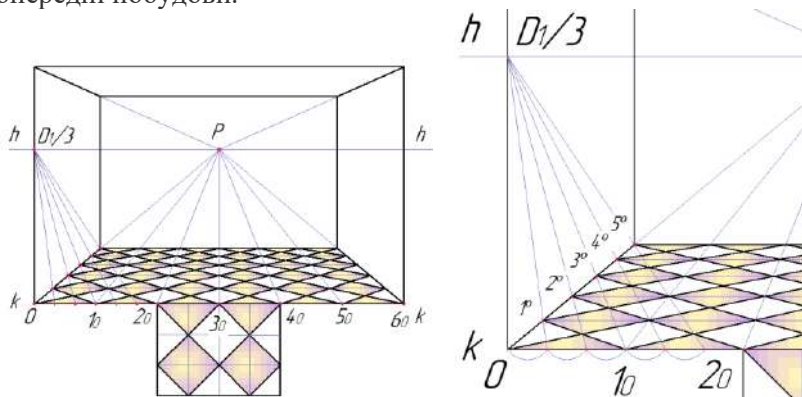


Рисунок 19.3 – Побудова перспективи паркету

Відмінність полягає в тому, що на основі картини треба відкладати не сторони квадратів, а їх діагоналі. Подальша побудова ясна з креслення.

На рисунках 19.4 та 19.5 наведено ще декілька прикладів побудови перспективи паркетів.

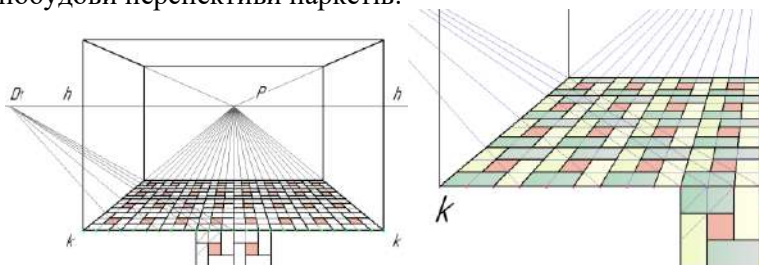


Рисунок 19.4 – Побудова перспективи паркету

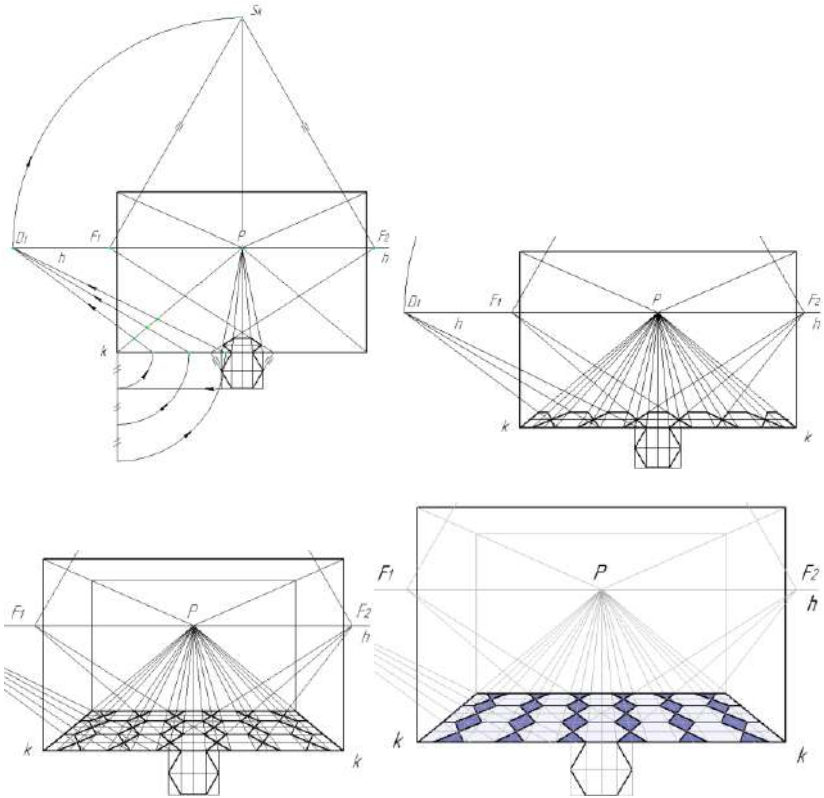


Рисунок 19.5 – Побудова перспективи паркету

20 ПЕРСПЕКТИВА ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

До найбільш простих форм належать геометричні тіла, такі, як куб, паралелепіпед, призма, піраміда, циліндр, конус, куля, тор.

Побудови перспективи геометричних тіл ґрунтуються на вмінні будувати перспективу плоских фігур з застосуванням перспективних масштабів.

На рисунку 20.1 побудований куб, сторона якого дорівнює 50мм, що стоїть на предметній площині та віддалений від основи картини на 15мм. Дві грані куба паралельні картині, дві інші грані будуть перпендикулярні до картини і спрямовані в точку P .

Спочатку будують горизонтальну основу куба $A_1^0 B_1^0 C_1^0 D_1^0$, застосувавши масштаби ширини та глибини. Від точки O на основі картини відкладають 50мм – розмір сторони куба – отримують точку I_0 . Точки O та I_0 з'єднують з точкою P . Від точки O відкладають 15мм – відстань віддалення куба від картини – отримують точку 2_0 . Далі відкладають від точки 2_0 розмір сторони куба 50мм – отримують точку 3_0 . Точки 2_0 та 3_0 з'єднують з точкою D_1 та отримують на глибинній прямій $O-P$ вершини куба A_1^0, B_1^0 , а на прямій I_0-P вершини D_1^0 та C_1^0 . З отриманих точок $A_1^0, B_1^0, C_1^0, D_1^0$ проводять перпендикуляри і з допомогою масштабу висоти побудують перспективу вертикальних ребер куба.

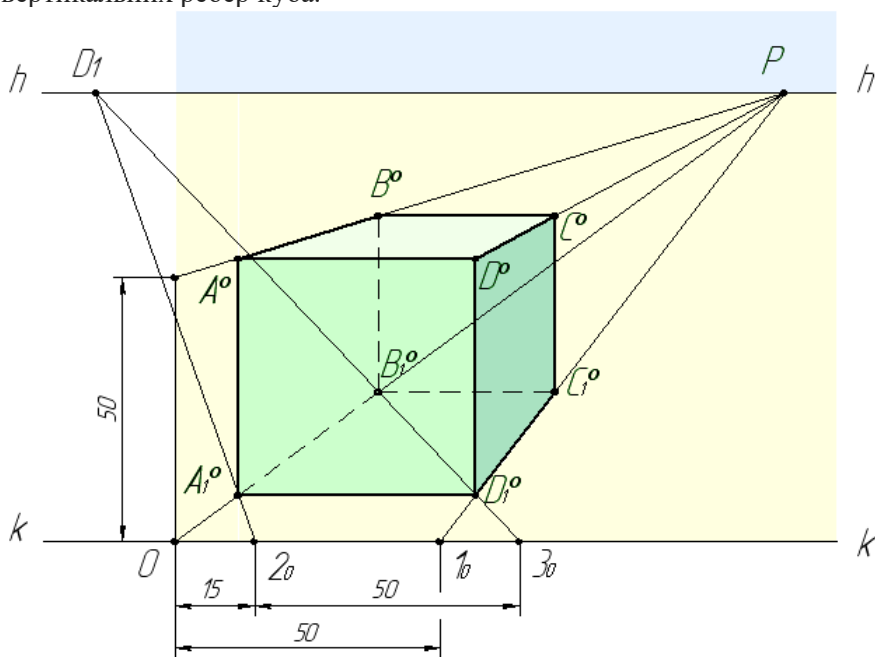


Рисунок 20.1 – Побудова перспективи куба

На рисунку 20.2 розглянута побудова перспективи паралелепіпеда, який має наступні розміри: довжина 50мм , ширина 40мм , висота 35мм . Паралелепіпед розташований під довільним кутом до картини і нижче лінії горизонту та на

довільній відстані від картини. Задані головна точка картини P та дистанційна точка D_1 .

На картині задають перспективу прямої довільного напрямку I_0-F_2 (рис. 20.2). На прямій I_0-F_2 беруть довільну точку A_1^0 , яку приймають за одну з вершин паралелепіпеда.

Спочатку визначають суміщену точку S_k і креслять кут $F_2S_kF_1$ рівний 90° . З точки A_1^0 проводять пряму в точку F_1 . Щоб побудувати перспективу відрізка $A_1^0-B_1^0$, рівного 50 мм, визначимо масштабну точку N_1 (з точки F_2 , як із центра проводять дугу F_2S_k до перетину з лінією горизонту hh). Через точки N_1 і A_1^0 проводять пряму до перетину з основою картини kk в точці 2_0 . Від точки 2_0 на основі картини відкладемо відрізок 2_03_0 , рівний 50 мм. З точки 3_0 проводять пряму 3_0N_1 , яка в перетині з прямою I_0-F_2 визначить точку B_1^0 . З отриманої точки B_1^0 проводять пряму в точку F_1 . Для побудови перспективи ребра $A_1^0-D_1^0$ визначають масштабну точку N_2 . (з точки F_1 , як із центра проводять дугу F_1S_k до перетину з лінією горизонту hh). Точки N_2 і A_1^0 з'єднують прямою і продовжують її до перетину з основою картини kk в точці 4_0 . Від точки 4_0 на основі картини відкладають відрізок 4_05_0 , рівний 40 мм. Через точку 5_0 проводять пряму в точку N_2 . Пряма 5_0N_2 перетинає пряму $A_1^0-F_1$ в точці D_1^0 . Точку D_1^0 з'єднують з точкою F_2 . Точка C_1^0 знаходиться на перетині прямої $D_1^0-F_2$ з прямою $B_1^0-F_1$. Далі з кожної знайденої точки проводять перпендикуляри і за масштабом висоти визначають перспективу ребер паралелепіпеда.

Побудова перспективи піраміди зводиться до побудови перспективи плоскої фігури – основи піраміди та визначення вершини піраміди. На рисунку 20.4 побудована перспектива правильної чотирикутної піраміди, що стоїть на предметній площині, основою якої є квадрат. Сторона $A_1^0 - B_1^0$ розташована паралельно картині і віддалена від неї на 10 мм. Розмір сторони квадрата 50 мм, висота 60 мм.

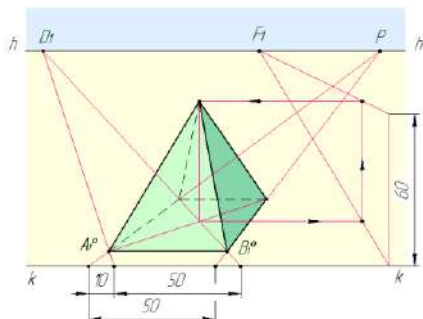


Рисунок 20.4 – Побудова перспективи піраміди

Побудова перспективи прямого кругового конуса (рис. 20.5), що стоїть на горизонтальній площині, зводиться до побудови перспективи квадрата, в який вписують еліпс — основу конуса. Далі з середини основи конуса проводять перпендикуляр вгору, на якому за масштабом висоти визначають вершину конуса. З вершини конуса — точки проводять дві дотичні до основи конуса.

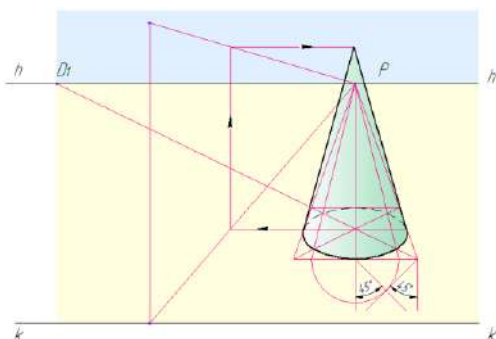


Рисунок 20.5 – Побудова перспективи прямого кругового конуса

Побудову перспективи прямого кругового циліндра, що стоїть на горизонтальній площині, починають з його нижньої основи, потім побудують верхню. Обидві основи циліндра будуються по восьми точках. Побудову перспективи верхньої основи виконують за допомогою масштабу висоти (рис. 20.6).

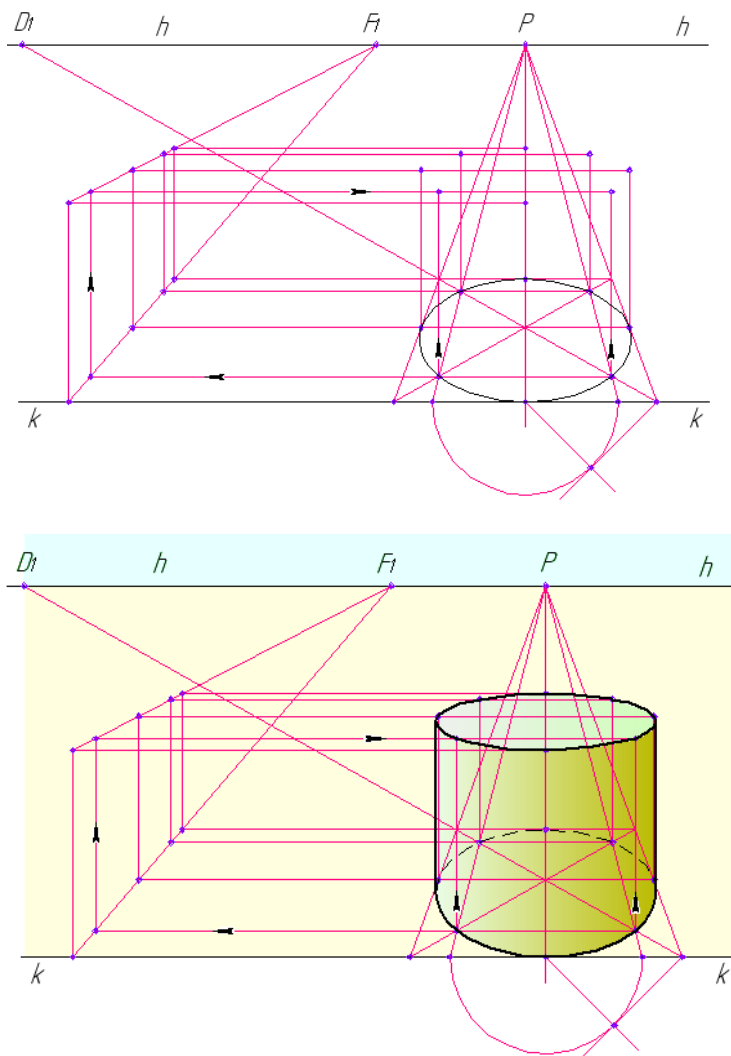


Рисунок 20.6 – Перспектива прямого кругового циліндра

З кожної знайденої перспективи точки, що належить еліпсу нижньої основи, проводять перпендикуляр вгору і за масштабом висоти визначають висоту кожної з восьми точок за якими креслять верхню основу циліндра — еліпс.

На рисунку 20.7 дана послідовність побудови перспективи нескладної моделі, основою якої є куб. Модель задана двома проєкціями. Перспективу моделі будують за збільшеними в два рази розмірами.

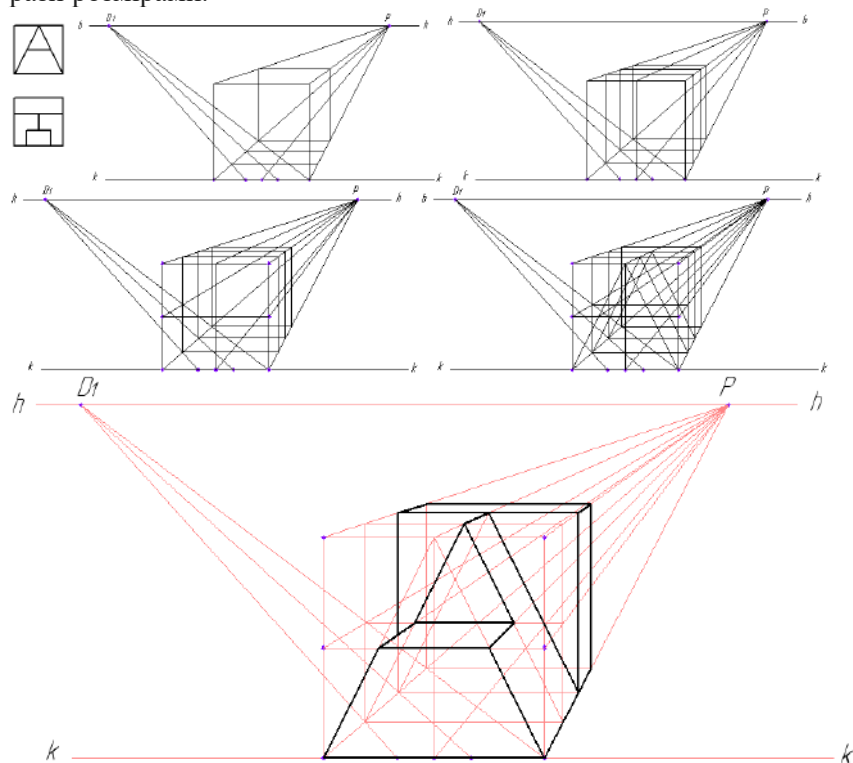


Рисунок 20.7 – Послідовність побудови перспективи моделі

На рисунках 20.8–20.11 наведено ще декілька прикладів побудови перспективи групи геометричних тіл за їх прямокутними проєкціями.

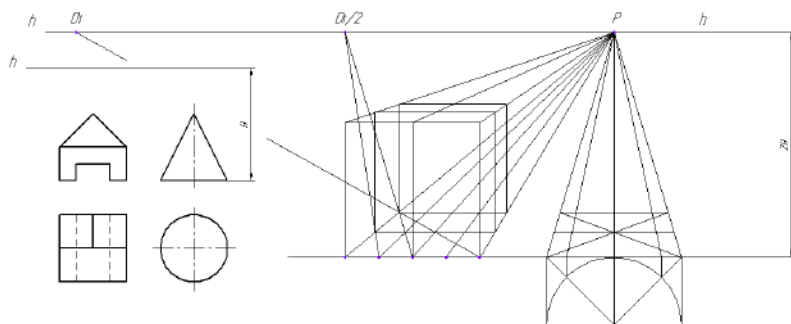


Рисунок 20.8 – Послідовність побудови перспективи групи геометричних тіл

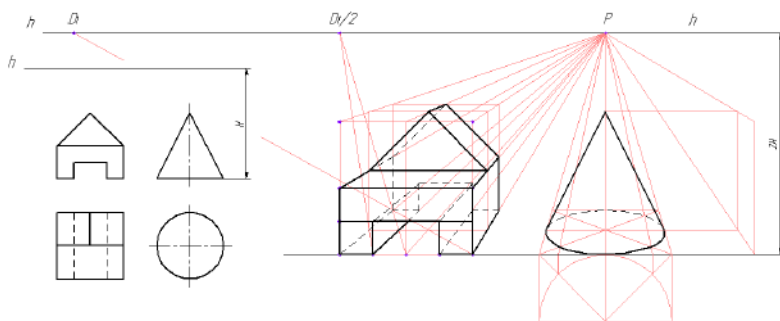


Рисунок 20.9 – Послідовність побудови перспективи групи геометричних тіл

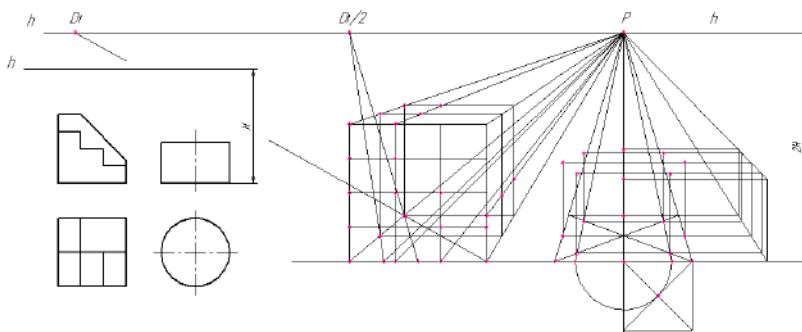


Рисунок 20.10 – Послідовність побудови перспективи групи геометричних тіл

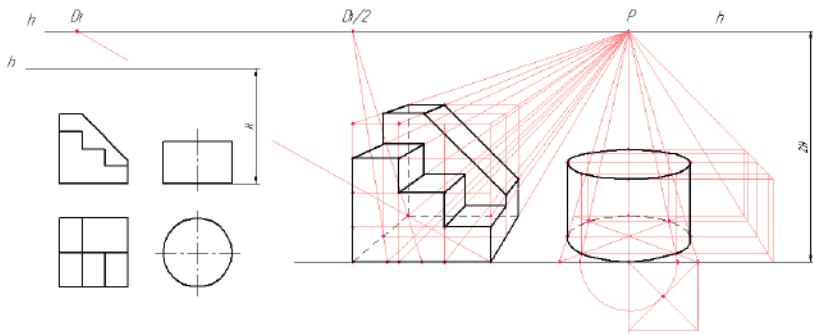


Рисунок 20.11 – Послідовність побудови перспективи групи геометричних тіл

21 ВИБІР ТОЧКИ ЗОРУ І ПОЛОЖЕННЯ КАРТИННИЙ ПЛОЩИНИ

Для вибору точки зору і положення картинній площині рекомендується керуватися наступними правилами:

- положення точки зору повинно забезпечувати повний огляд предмета. Його складові частини не повинні загороджувати один одного.

- кут зору φ – кут між проєкційними променями, що направлені у крайні точки (A і C) плану предмета (рис. 21.1), можна брати в межах від 18° до 53° . Для побудови зображень окремих предметів і композицій на відкритому повітрі прийнято призначати кут в межах $28...37^\circ$, а для побудови перспектив інтер'єрів — до 53° .

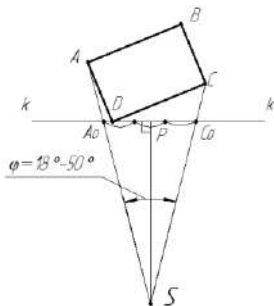


Рисунок 21.1 – Вибір точки зору і положення картинній площини

- картинну площину орієнтують так, щоб головна точка P виявилася в межах середньої третини ширини картини A_0C_0 .
- доцільно картинну площину поєднати з одним з ребер предмета, яке на перспективній проєкції буде зображено в натуральну величину.
- висоту горизонту зазвичай приймають на рівні очей людини, що стоїть на землі, тобто $h = 1,5 - 1,7$ м.

22 МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Є різні способи побудови перспективи предметів за їх прямокутними проєкціями: радіальний (спосіб Дюрера), архітекторів, перспективних координат, опущеного плану, перспективної сітки, малої картини тощо.

Метод архітекторів.

Суть способу архітекторів (методу точок сходження) полягає у побудові перспектив ліній, площин, плоских і об'ємних фігур за допомогою точок сходження, що ґрунтується на властивості паралельних прямих збігатися в одну точку. Здебільшого цей метод застосовують у побудові перспективи архітектурних об'єктів, користуючись кресленнями їх планів, фасадів, тобто прямокутних проєкцій об'єктів.

Спочатку визначають основні елементи картини.

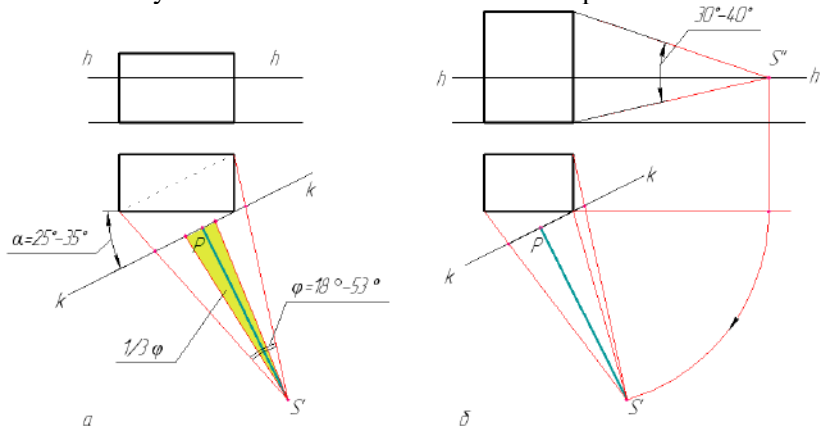


Рисунок 22.1 – Вибір елементів картини

Вибір картинної площини здійснюється наступним чином. Картинну площину (рис. 22.1, *a*) проводять через ребро горизонтальної проєкції під кутом $\alpha = 25...35^\circ$ до площини фасаду, або розташовують паралельно одній з діагоналей, проведених на плані будівлі.

Відстань від точки зору до площини картини (відстань SP) має бути не менше одного і не більше трьох найбільших габаритних розмірів споруди.

Точка зору вибирається таким чином, щоб з неї проглядалася найбільш повно форма предмета. Для цього кут зору між крайніми променями на плані повинен дорівнювати $18...53^\circ$. Якщо об'єкт високий, необхідно, щоб цей кут не виходив за ці межі у вертикальній площині (рис 22.1, *б*). Оптимальне значення $30...40^\circ$.

Головний промінь картини не повинен виходити за межі $1/3$ кута φ , як показано на рис 22.1, *б*.

На рисунках 22.3-22.6 наведені приклад побудови перспективного зображення предмета способом архітекторів за його прямокутними проєкціями.

На плані (рис. 22.2) вибирають потрібний напрям основи kk картини і місце точки стояння $S = S'$ глядача, які б забезпечили можливість отримати найвиразніше зображення предмета. Для цього пряму kk проводимо через передній кут D' предмета під кутом $25...35^\circ$ до напрямку його головного вигляду, а точку стояння беремо на перпендикулярі до середньої третини ширини картини I_0-2_0 на такій відстані від неї, щоб забезпечити кут зору $30-40^\circ$ і якнайкраще показати головний та бічний види предмета.

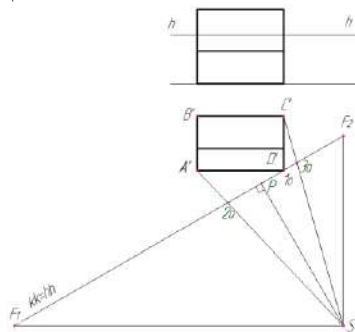
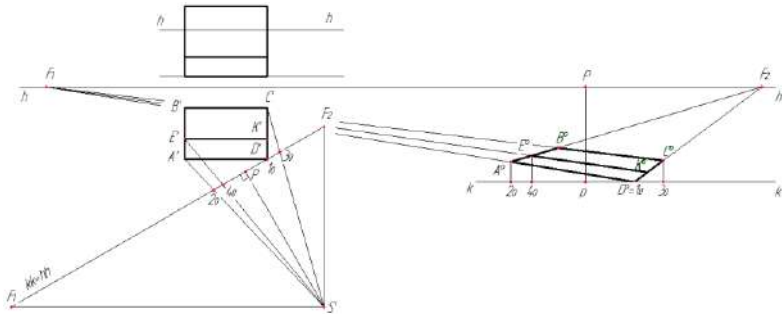


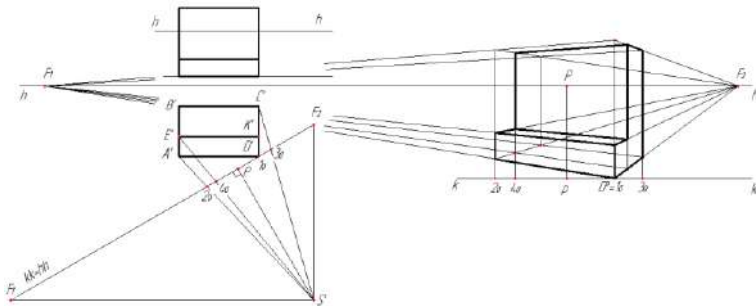
Рисунок 22.2 – Вибір елементів картини

Через точку S' проводять дві прямі, паралельні сторонам прямого кута $A'D'C'$. Одна пряма перетнется з картиною kk в точці F_1 , а друга перетнется в точці F_2 . Точка F_1 на картині буде точкою сходження для прямих, паралельних прямим $A'-D'$ і $B'-C'$, а точка F_2 – для прямих, паралельних прямим $A'-B'$ і $C'-D'$.

Для більшої наочності перспективу будують із збільшенням у два рази. Збільшення перспективи можна робити і в три і більше разів.



a

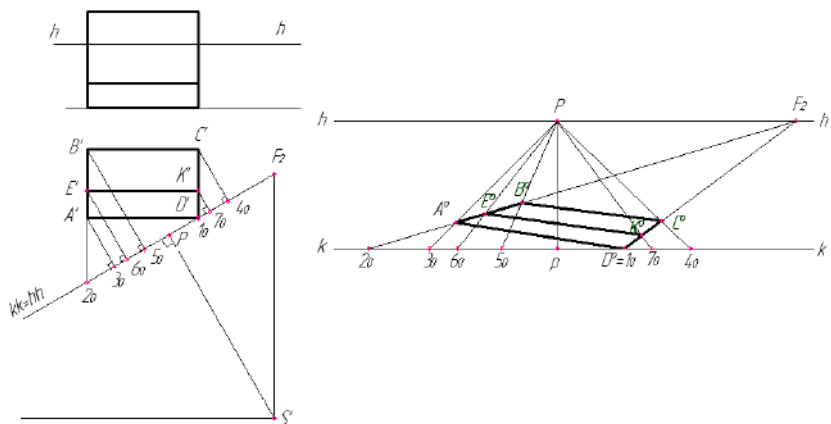


б

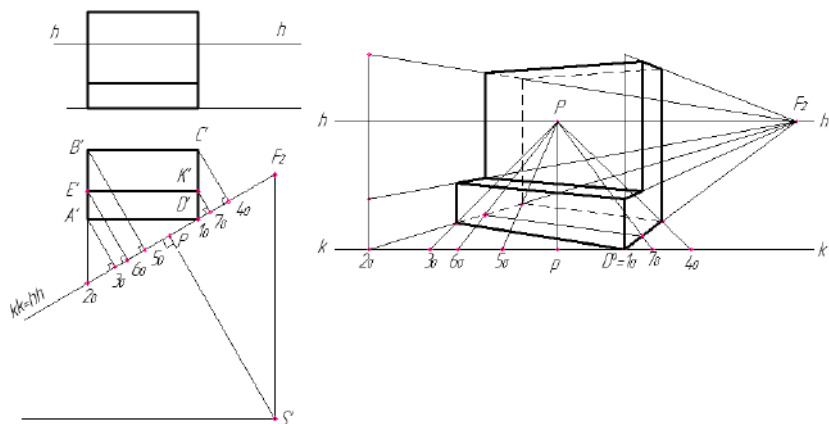
Рисунок 22.3 – Спосіб архітекторів. Послідовність побудови

Побудову перспективи предмета (рис. 22.3, *a*) починають з проведення основи kk картини і лінії горизонту hh . На прямій kk намічають положення проєкції p головної точки картини P і проводимо головну лінію картини Pp . Переносять з прямої $hh=kk$ (на плані) точки F_1, F_2 (на лінію горизонту hh) ліворуч і праворуч

від точки P . Далі на основу картини kk з плану переносять: точку $I_0=D^0$ (на рисунку праворуч від точки p), з якої проводять лінії в точки сходження F_1 і F_2 ; та точки $2_0, 3_0, 4_0$ з яких проводять вертикальні прямі – картинні сліди пучка променевих площин, та знаходять перспективи точок – вершин основи предмету. Далі застосовують масштаб висоти (рис. 22.3, б) для підняття кожної точки на відповідну висоту. Масштаб висоти будують в точці I_0 .



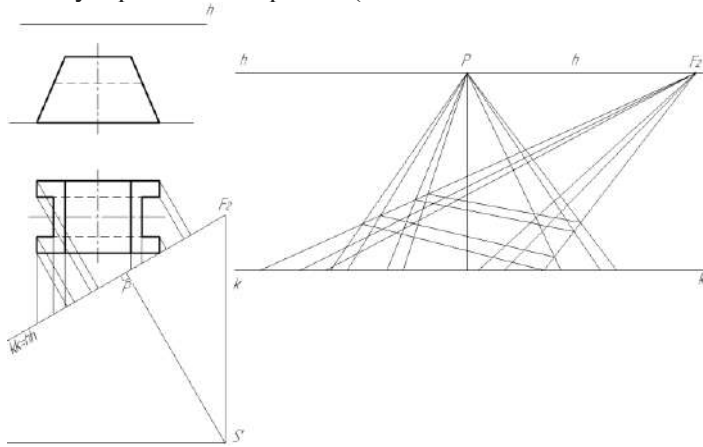
a



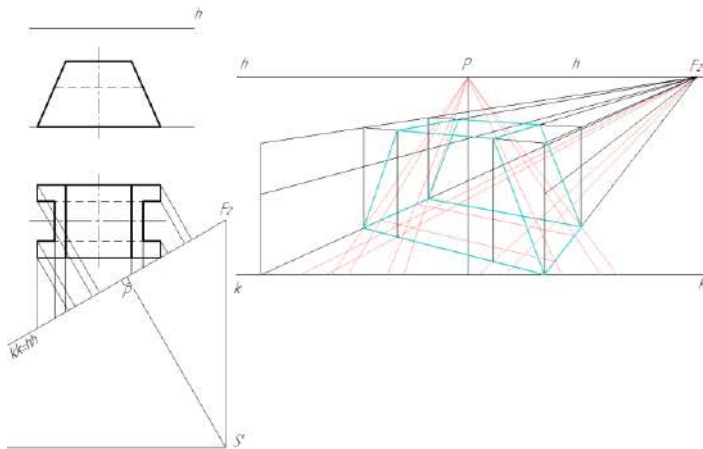
б

Рисунок 22.4 – Спосіб архітекторів. Послідовність побудови

Перспективу предмету способом архітекторів можна будувати і з однією точкою сходження прямих (рис. 22.4, а, б). В цьому випадку перспективу характерних точок, наприклад точку A_0 , знаходять на перетині прямих, паралельних A^0-B^0 і C^0-D^0 (точкою сходження таких прямих є точка F_2) з прямими перпендикулярними до картини (точкою сходження – є точка P).



a



б

Рисунок 22.5 – Послідовність побудови перспективи предмету способом архітекторів

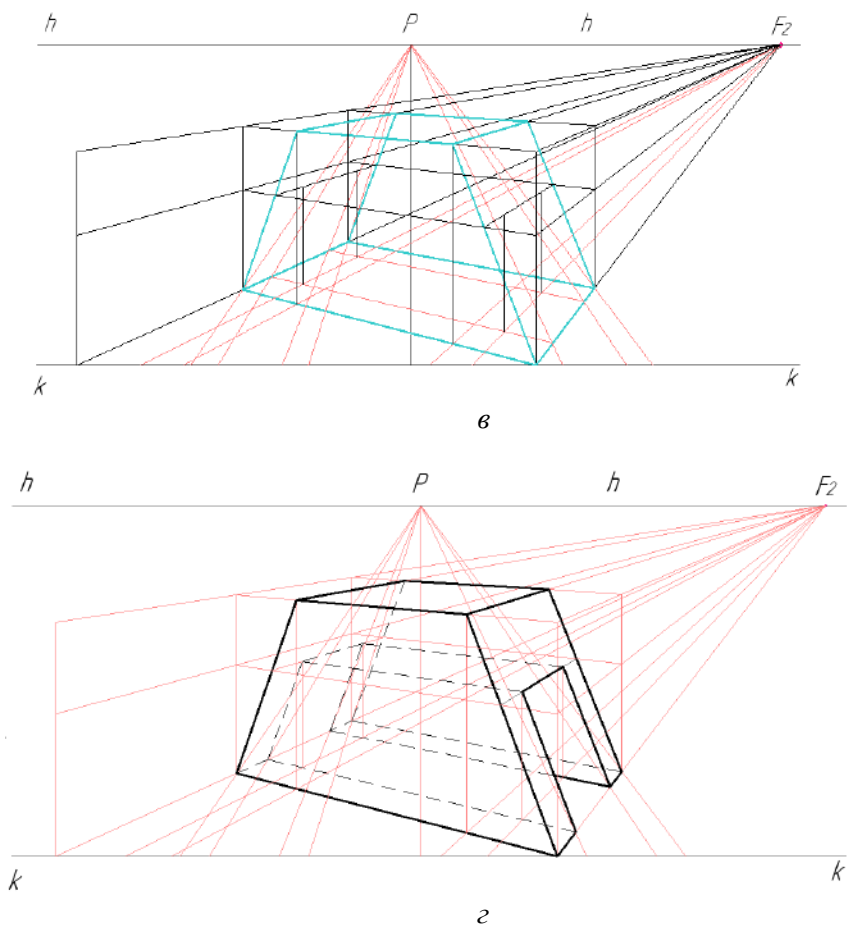


Рисунок 22.5 – аркуш 2

Радіальний метод.

Сутність методу полягає в тому, що перспективи окремих точок об'єкта будуються як точки перетину проєкційних променів з площиною картини. Тому цей метод часто називають методом сліду променя. Перспективне зображення заданого об'єкта можна отримати на фронтальній площині проєкції (рис. 22.7) або на профільній (рис. 22.8). Ці площини використовуються як картини.

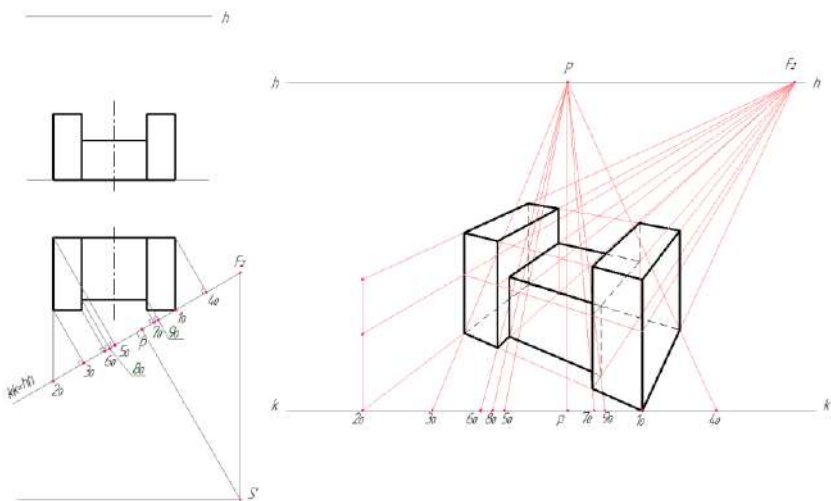


Рисунок 22.6 – Побудова перспективи предмету способом архітекторів

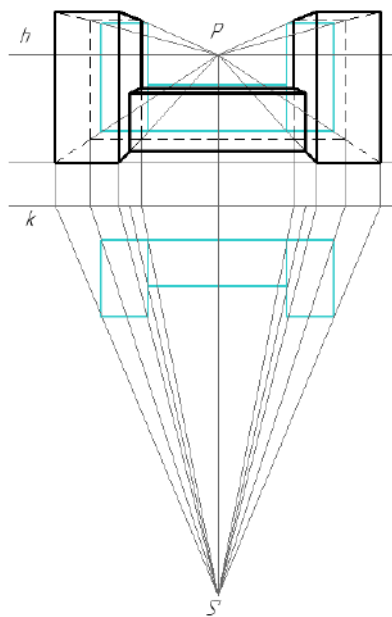


Рисунок 22.7 – Побудова перспективи об'єкта радіальним методом

На рисунку 22.8 показаний приклад побудови перспективи предмета по заданим його прямокутними проєкціями. За картинну площину прийнята профільна площина проєкцій. Площину картини розташовують перпендикулярно фронтальній і горизонтальній площинах проєкцій. На фронтальній проєкції предмета проводять лінію горизонту, та визначають на ній положення фронтальної проєкції точки зору S'' . На горизонтальній проєкції предмета визначають горизонтальну проєкція точки S' . З точок S' та S'' проводять проєкційні промені зору через ребра предмета на картину.

Розташування проєкцій предмета вибирають з урахуванням задуманої композиції так, щоб вона вийшла більш виразною. При виборі положення предмета на плані слід враховувати видимість поверхонь предмета.

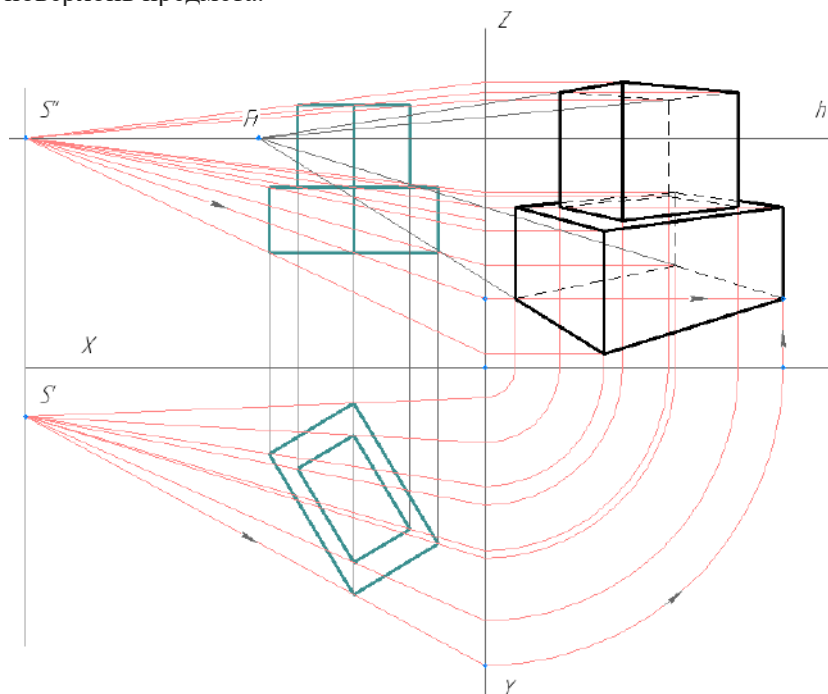


Рисунок 22.8 – Побудова перспективи об'єкта радіальним методом

Спосіб перспективної сітки

Спосіб перспективної сітки запропонував у XV в. італійський зодчий Альберті. Спосіб перспективної сітки застосовують при побудові перспектив архітектурних об'єктів зі складним планом; ділянок місцевостей, кварталу або району міста; для зображення перспектив складних кривих чи візерунків.

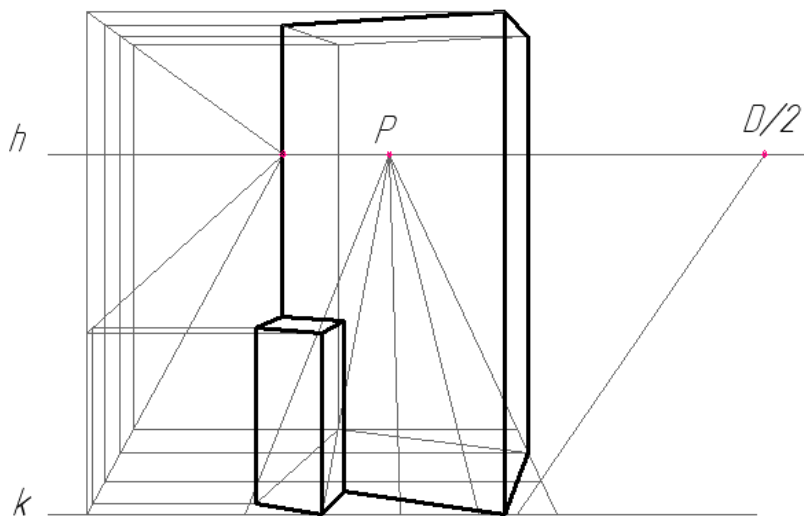
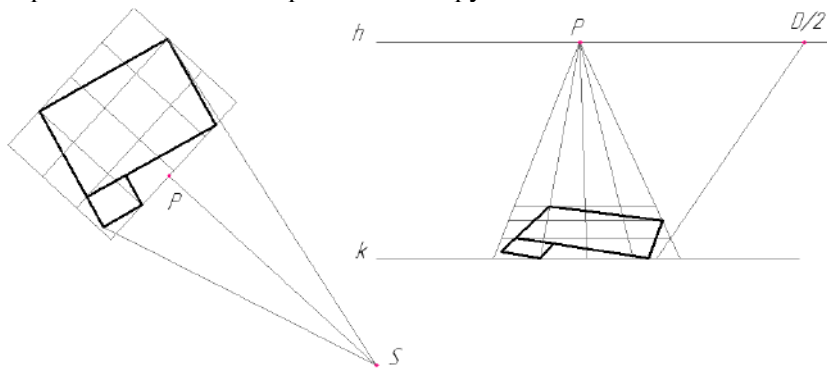


Рисунок 22.9 – Побудова методом перспективної сітки

Сутність способу полягає в побудові на картині за допомогою масштабів широт, висот і глибин перспективної сітки квадратів (або прямокутників), розташованих у найпростішому положенні: дві його сторони паралельні, а дві інші перпендикулярні основи картини. На ортогональний план об'єкта наносять квадратну сітку з ланками довільного розміру, потім викреслюють цю сітку в перспективі (рис. 22.9).

На перспективній сітці відзначають кутові точки плану об'єкта. Якщо точка потрапила в кут ланки, то вона легко переноситься на перспективу. Точка плану, що займає випадкове положення усередині клітинки, переноситься на перспективу приблизно.

23 ПЕРСПЕКТИВА ІНТЕР'ЄРУ

Інтер'єром називається внутрішній вигляд приміщення в цілому або окремих його частин. При побудові зображення інтер'єру використовують як фронтальну, так і кутову перспективу.

Фронтальна перспектива інтер'єру.

Перспективне зображення інтер'єру, у якого одна із стін розташована паралельно картині, а інші перпендикулярно, називається фронтальною перспективою. Фронтальна перспектива відрізняється простотою побудови і широко застосовується при побудові інтер'єрів.

При побудові композиції інтер'єру головну точку картини можна розташовувати на лінії горизонту по-різному.

Якщо точка ***P*** знаходиться в центрі картини на її головній лінії ***Pp***, то зображення на кресленні називається центральною фронтальною перспективою (рис. 23.1, *а*). Коли головна точка картини ***P*** зміщується від головної лінії ***Pp*** вправо (рис. 23.1, *б*), або вліво (рис. 23.1, *в*), перспективне зображення на картині називається бічною фронтальною перспективою.

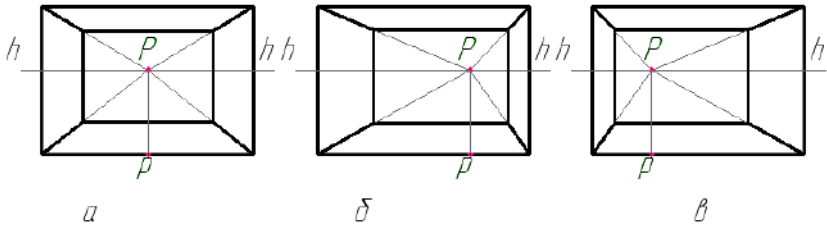


Рисунок 23.1 – Фронтальна перспектива інтер'єру

На рисунку 23.2 побудовано центральну фронтальну перспективу кімнати по заданим її розмірами. Площа кімнати $4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$, її висота 3 м . Двері знаходяться на фронтальній стіні на відстані 1 м від лівої стіни. Розміри дверей: ширина 1 м , висота дверей 2 м . Вікно розташоване на правій стіні і віддалене від фронтальної стіни на 1 м . Висота $1,8 \text{ м}$, ширина 2 м , відстань від вікна до підлоги $0,75 \text{ м}$.

Побудову ведуть у наступній послідовності:

- проводять горизонтальну пряму kk , яку приймають за основу картини. Нижче основи картини креслять лінійний масштаб, поділ якого умовно дорівнює 1 м .

- будують рамку картини: від точки O вправо відкладають чотири відрізки лінійного масштабу, що дорівнює разом 4 м ; вгору відкладають три відрізки довжиною висоти кімнати 3 м .

- проводять лінію горизонту hh на висоті $1,5 \text{ м}$ від основи картини, так як цей розмір приблизно відповідає рівню очей людини середнього зросту. Точка P буде розташовуватися в центрі картини.

- визначають допустимий кут зору, для чого беруть на лінії горизонту точку $D_1/2$, віддалену від точки P приблизно на $1/2$ діагоналі картини.

- за допомогою перспективних масштабів будують перспективу кімнати.

- заповнюють приміщення кімнати предметами меблів (рис. 23.3).

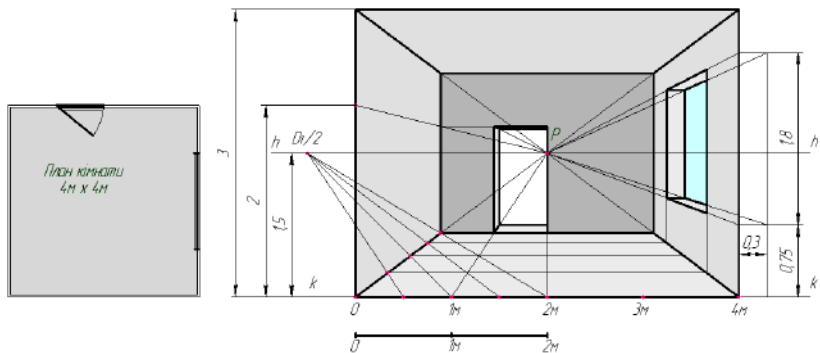


Рисунок 23.2 – Фронтальна перспектива кімнати

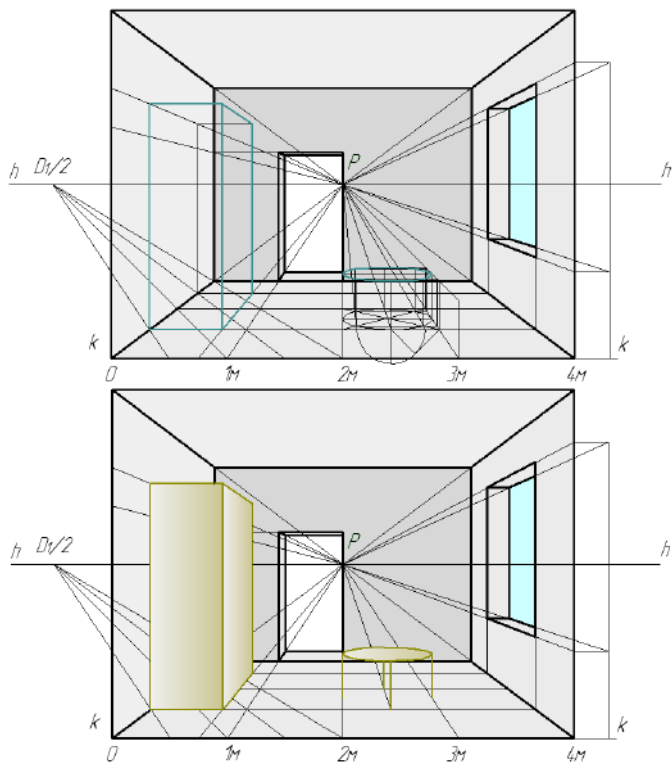


Рисунок 23.3 – Фронтальна перспектива інтер'єру кімнати

Перспектива кута кімнати.

Перспектива кута кімнати будується за допомогою перспективних масштабів і масштабних точок N_1 і N_2 . На рисунку^{23.4} дана послідовність побудови перспективи кута кімнати таких розмірів: висота лінії горизонту $1,7$ м, висота стелі 3 м. Права стіна буде трохи більше 4 м, а ліва трохи більше 3 м. Головну точку картини — точку P розташовують трохи правіше середини картини. Відстань від глядача до картини беруть трохи більше діагоналі картини. Ця відстань визначає місце розташування на картині точок Sk та D_1 .

Проводять лінію горизонту і визначають на картині положення точки P . Оскільки права стіна повинна бути трохи більше лівої, то лінію перетину стін (вертикальну пряму) проводять лівіше середини картини і точки P . Проводять будь-яку пряму — основу лівої стіни (плінтус). Ця пряма перетнеться з вертикальною прямою і з лінією горизонту в точці F_2 .

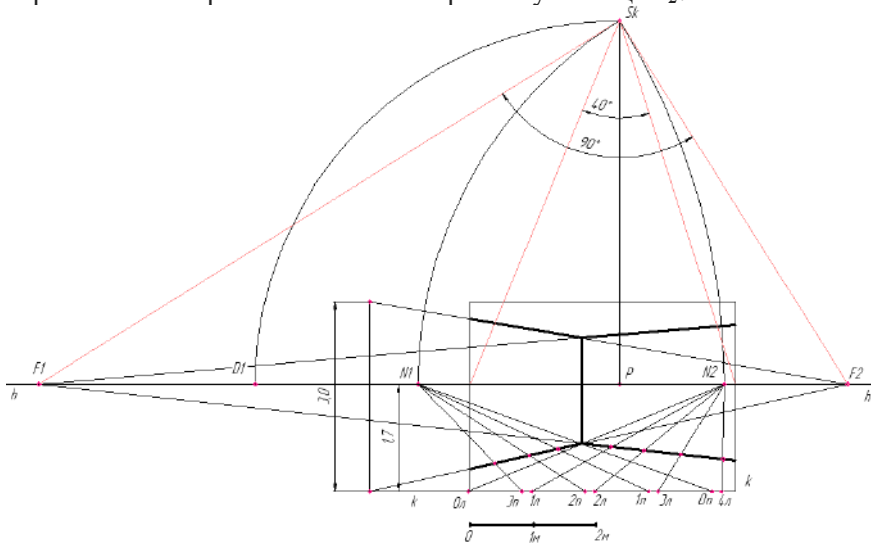


Рисунок 23.4 – Перспектива кута кімнати

Визначають точку сходження F_1 : при точці Sk побудують прямий кут F_1SkF_2 . Точка F_1 буде точкою сходження основи для правої стіни. Висоту стелі визначають за масштабом висот. Для цього на основі картини відкладають відрізок, який дорівнює

беруть довільну точку, яку з'єднують з центром еліпса – отримують основу напіввідчинених дверей. Цю пряму продовжують до лінії горизонту в точці F_3 .

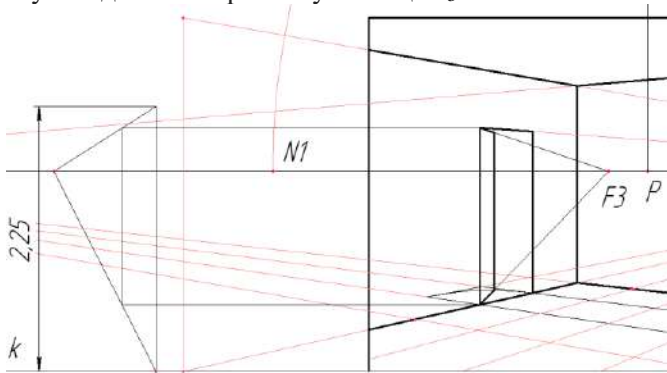


Рисунок 23.6 – Перспектива дверей

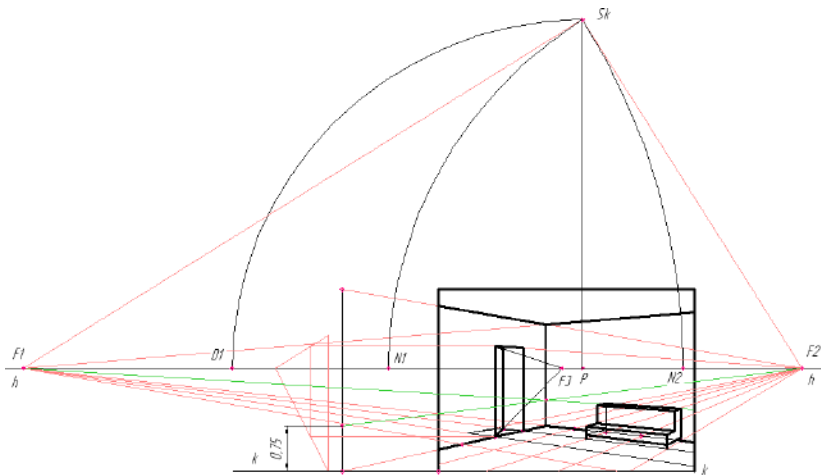


Рисунок 23.7 – Перспектива тахти

За зображеною на підлозі сіткою квадратів визначають положення тахти в кімнаті, яку розташовують вздовж правої стіни на відстані 2 м від лівої стіни кімнати. Довжина тахти 2 м.

Висоту тахти (0,75 м) визначають за масштабом висот. Інше побудова не вимагає пояснень (рис. 23.7).

24 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

24.1 Піраміда. Натуральна величина ребра SB

Умова: За заданими координатами точок $ABCS$ побудувати три проєкції піраміди.

Визначити натуральну величину ребра SB способом прямокутного трикутника.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.7. Початкові дані координат точок $ABCS$ беруть згідно свого варіанту з таблиці А.1 (Додаток А).

Роботу починають з побудови трьох проєкцій заданих точок (рис.24.1)

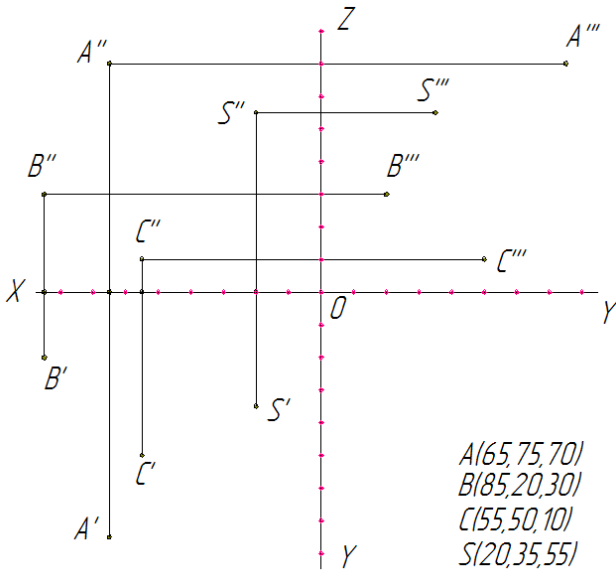


Рисунок 24.1 – Побудова проєкцій точок

Далі з'єднують проєкції точок та отримують проєкції піраміди (рис.24.2).

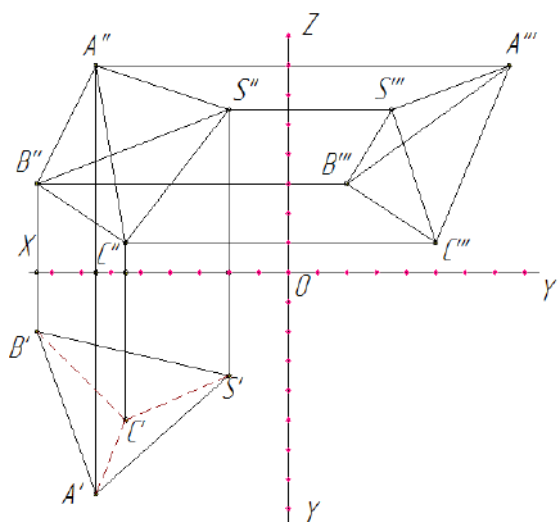


Рисунок 24.2 – Побудова проєкцій ребер піраміди

Визначення невидимості ребер піраміди показано на рисунках 24.3 - 24.5.

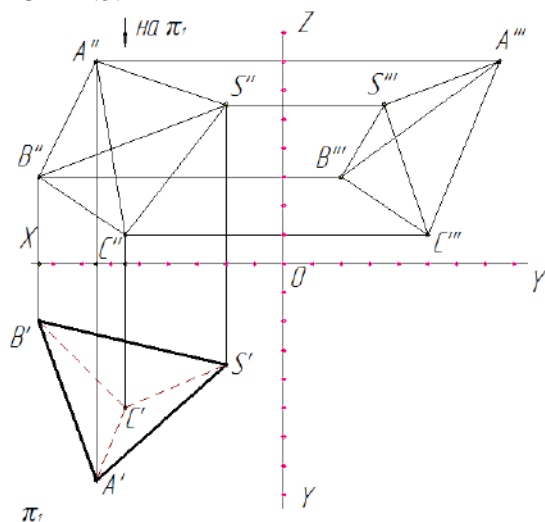


Рисунок 24.3 – Визначення невидимості ребер на горизонтальній проєкції

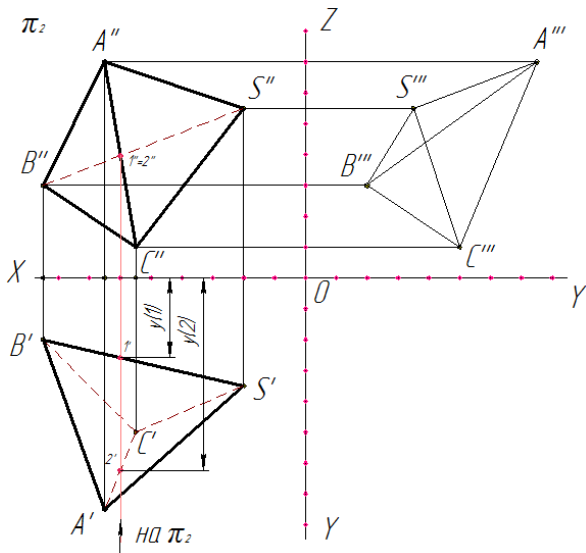


Рисунок 24.4 – Визначення невидимості ребер на фронтальній проєкції

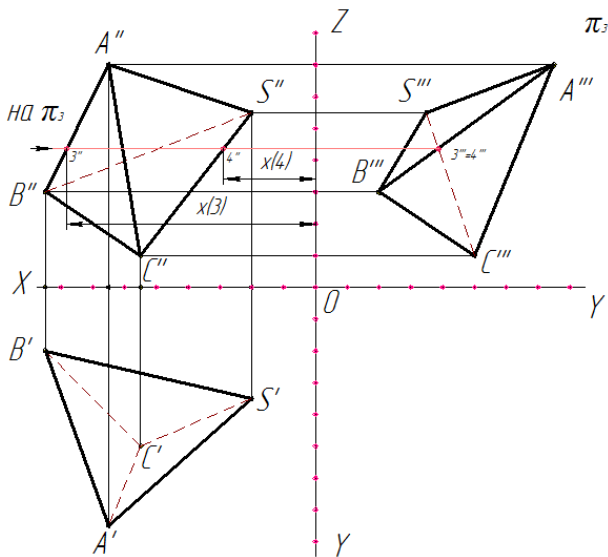


Рисунок 24.5 – Визначення невидимості ребер на профільній проєкції

Далі визначають натуральну величину ребра способом прямокутного трикутника (рис. 24.6).

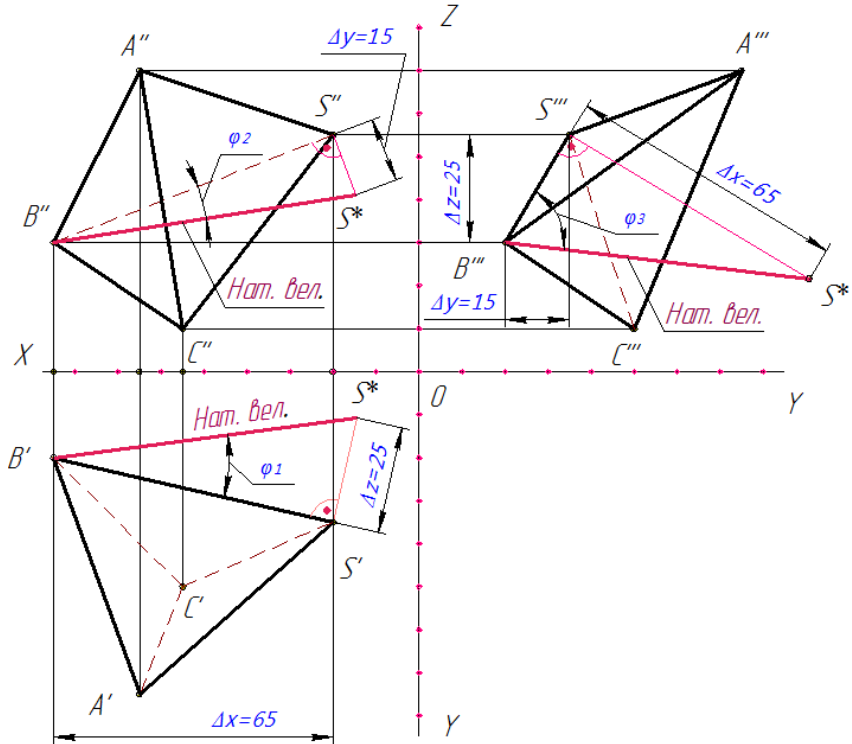


Рисунок 24.6 – Визначення натуральної величини ребра SB

Приклад побудови проєкцій піраміди за заданими координатами точок розглянуто в пункті 3.3 даного навчального посібника (приклад 3.1, 3.2).

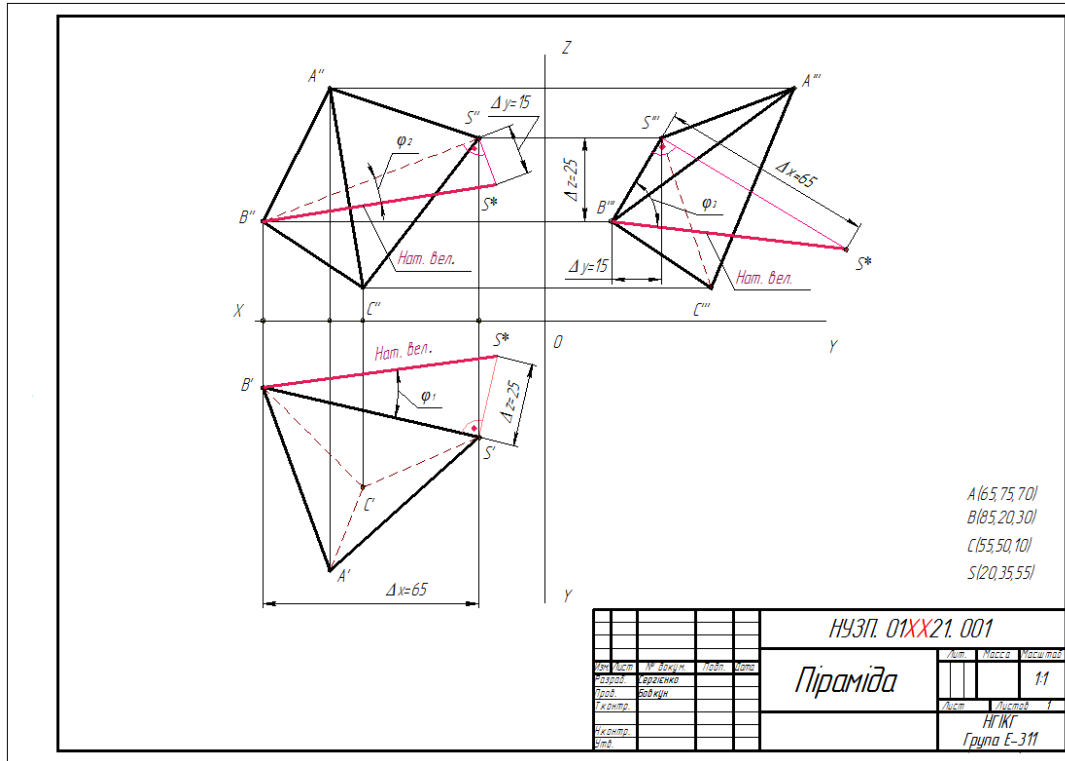


Рисунок 24.7 – Приклад практичного завдання «Піраміда»

24.2 Відстань від точки до площини

Умова: Визначити відстань від точки S до площини загального положення, заданої трикутником ABC .

Початковими даними є координати чотирьох точок $ACBS$ з таблиці А.1 (Додаток А).

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.8.

Поетапне рішення завдання представлено у пункті 5.8 даного навчального посібника.

24.3 Геометричне тіло з отвором

Умова: За двома заданими (фронтальною та горизонтальною) проєкціями геометричного тіла з наскрізним отвором побудувати профільну проєкцію. Побудувати натуральну фігуру перерізу горизонтально-проєктувальною або фронтально-проєктувальною січною площиною. Побудувати аксонометричне зображення геометричного тіла з наскрізним отвором.

Приклади виконання практичного завдання розглянуті докладно у пунктах 11.1-11.5 даного навчального посібника.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.9.

Варіанти завдання беруть згідно свого варіанту з таблиці Б.1 (Додаток Б)

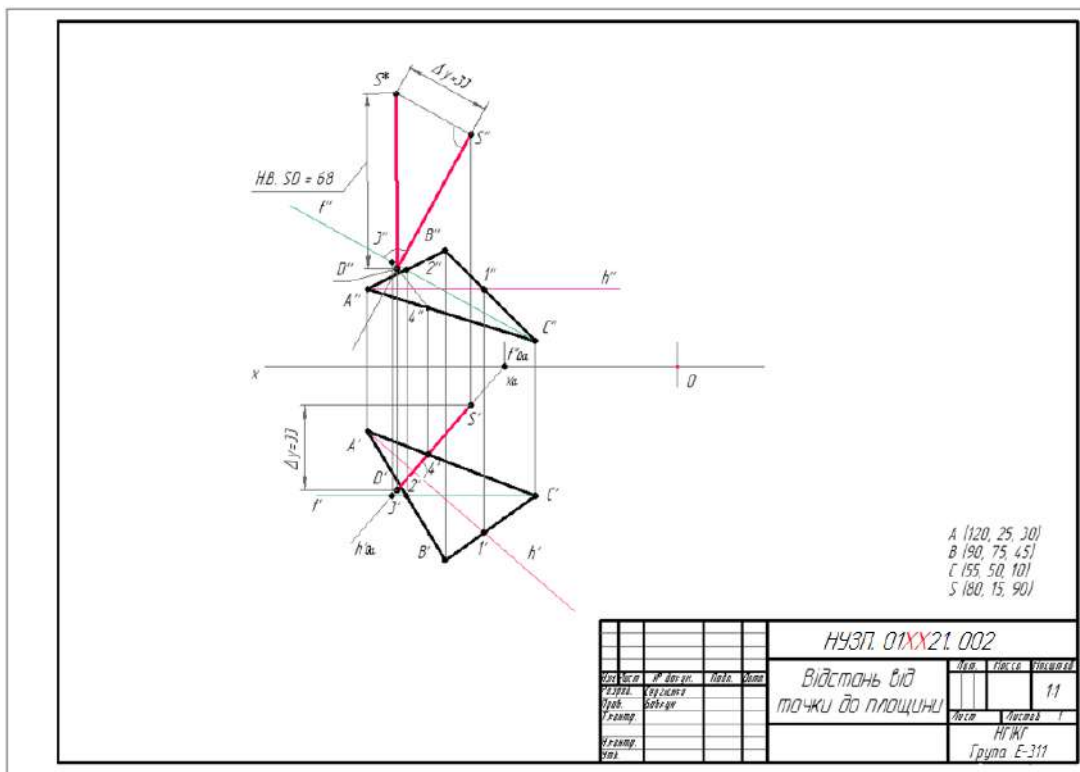


Рисунок 24.8 – Приклад практичного завдання «Відстань від точки до площини»

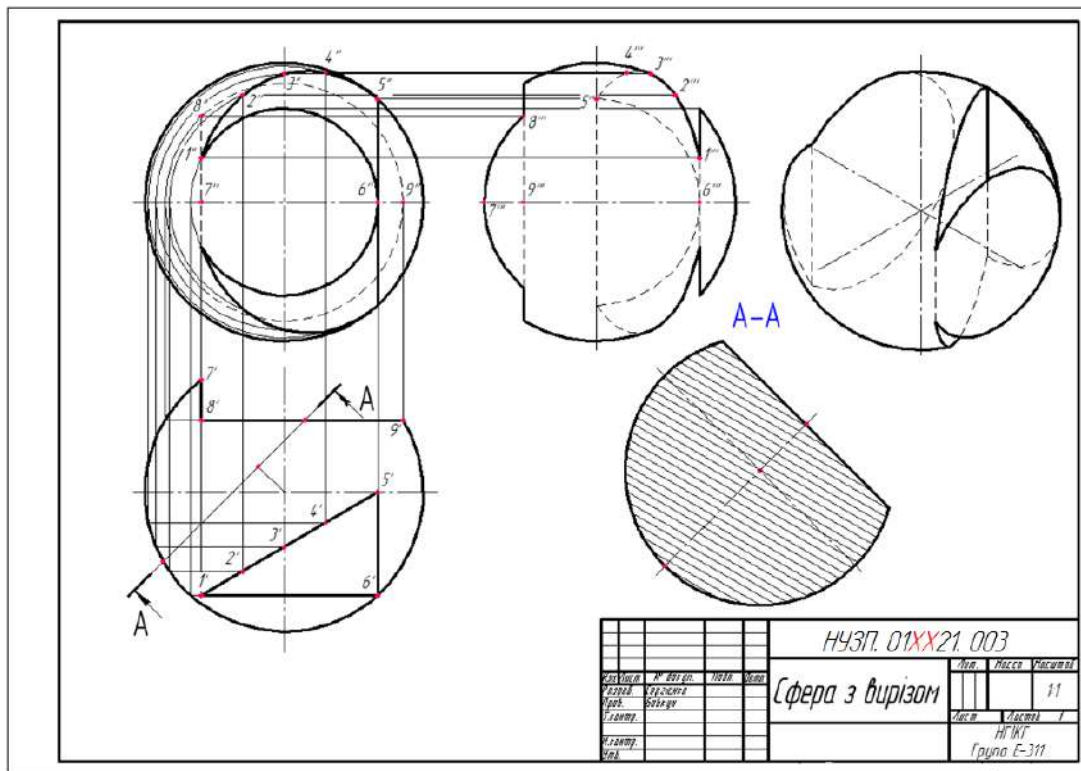


Рисунок 24.9 – Приклад практичного завдання «Геометричне тіло з отвором»

Наносять тонкими лініями зовнішній контур трьох виглядів моделі (рис. 24.12).

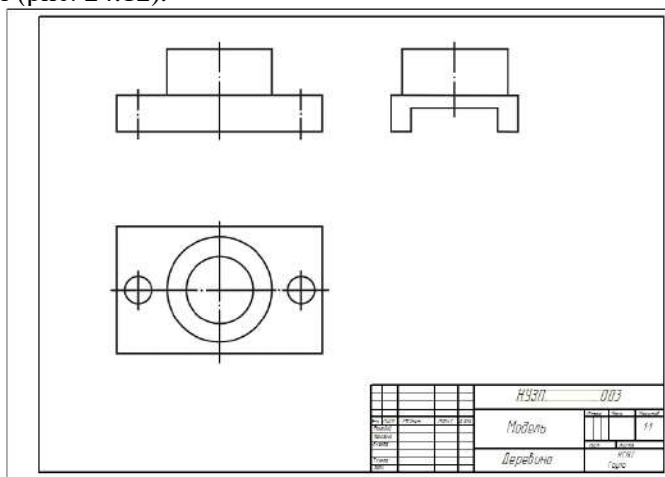


Рисунок 24.12 – Зовнішній контур моделі

Нанести внутрішні елементи моделі (лінії невидимого контуру) (рис. 24.13).

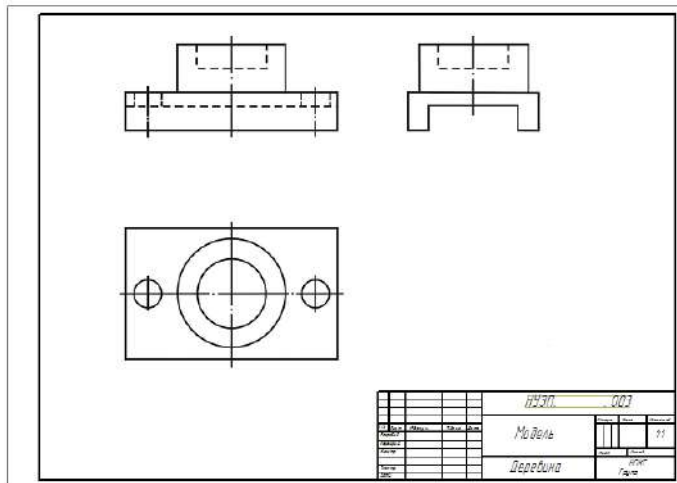


Рисунок 24.13 – Додавання внутрішніх елементів моделі

Виконують необхідні розрізи (рис. 24.14).

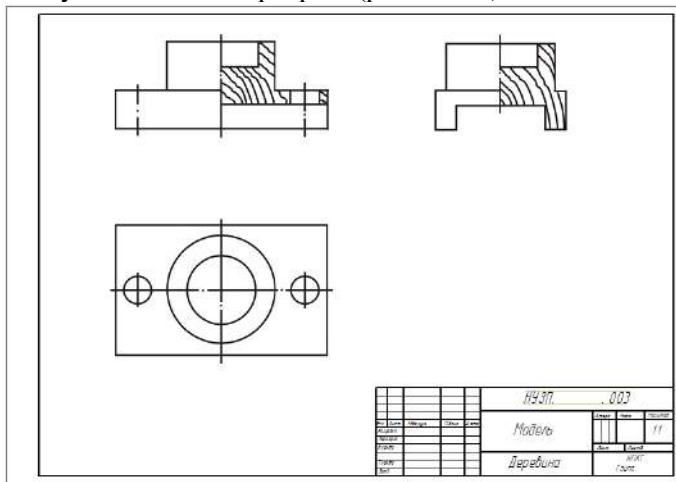


Рисунок 24.14 – Прості розрізи моделі

Проставляють розміри (рис. 24.15).

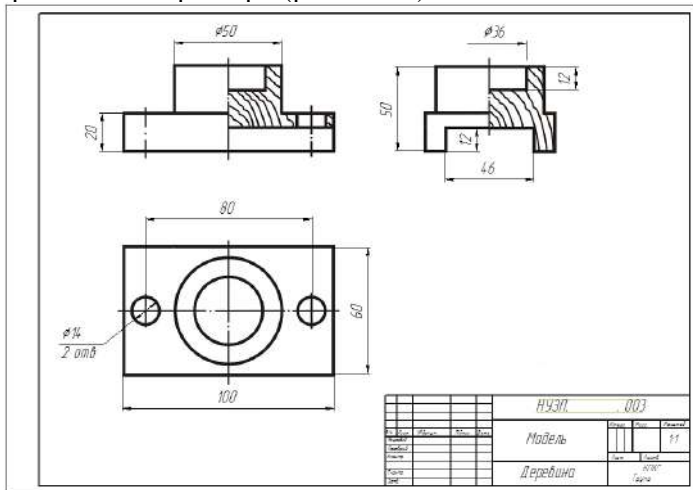


Рисунок 24.15 – Нанесення розмірів

24.5 Перспектива відрізка

Умова: за заданим положенням відрізка AB у предметному просторі проєкційного апарата (рис. 24.16) побудувати перспективу відрізка AB і перенести зображення на картину.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.17. Дані до завдання взяти з таблиці Г.1 (Додаток Г).

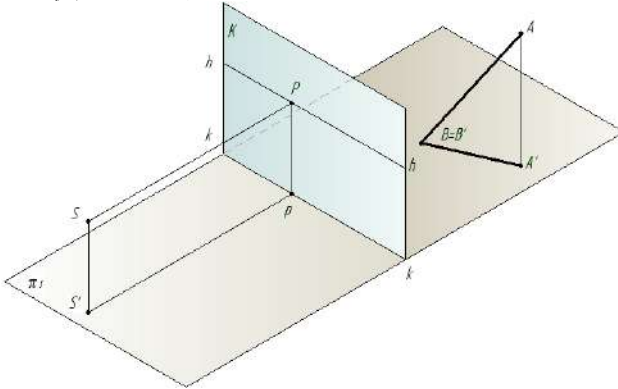


Рисунок 24.16 – Приклад завдання «Перспектива відрізка»

Як відомо, щоб отримати перспективу відрізка прямої необхідно побудувати перспективи двох точок відрізка.

Для побудови перспективи точки B , яка лежить на предметній площині, спочатку проводять проєкційні промені SB і $S'B'$. Промінь $S'B'$ перетинає основу картини kk в точці B_o , з якої проводять лінію, паралельну SS' , до перетину з променем SB і знаходять точку B^o – перспективу точки B .

В предметному просторі задана точка A та її вторинна (горизонтальна) проєкція A' на предметну площину. Щоб отримати перспективу даної точки, проводять з точки зору S промені SA і SA' , а з основи точки зору S' – промінь в точку A' і отримують точку A_o , з якої проводять лінію, паралельну SS' , до перетину з променями SA і SA' . На перетині знаходять точку A^o , яка є перспективою точки A та точку A_1^o – перспективу точки A' .

Перспективу відрізка прямої AB (рис. 24.17) отримують з'єднанням відповідних точок A^o і B^o .

24.6 Перспектива плоскої фігури

Умова: Побудувати перспективу плоскої фігури, розташованої на суміщеній предметній площині π_1^k (рис. 24.18).

Побудова перспективи плоских фігур основана на вмінні виконувати перспективу відрізка прямої, кута, а також користуватися перспективними масштабами: глибини, ширини і висоти.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.21. Дані до завдання взяти з таблиці Д.1 (Додаток Д).

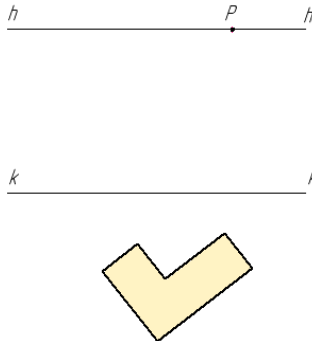


Рисунок 24.18– Приклад завдання «Перспектива плоскої фігури»

24.7 Перспектива паркету

Умова: Побудувати перспективу паркету по заданій формі плитки, розташованої на суміщеній предметній площині π_1^k (рис. 24.19).

Побудова перспективи паркетів виконують на основі знань та умінь будувати перспективу прямої і кута, що лежать на суміщеній предметній площині π_1^k . При побудові паркету форма плитки може бути різною, але принцип побудови перспективи фігури залишається однаковим.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.22. Дані до завдання взяти з таблиці Е.1 (Додаток Е).

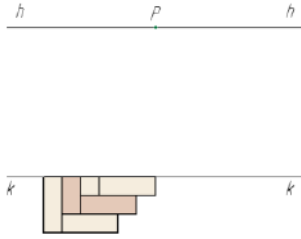


Рисунок 24.19 – Приклад завдання «Перспектива паркету»

24.8 Перспектива групи тіл

Умова: побудувати перспективу групи тіл за заданими їх ортогональними проекціями (рис. 24.20).

Перш ніж будувати перспективу групи тіл, необхідно спочатку прочитати креслення, тобто зрозуміти форму кожного предмета і їх взаємне розташування по відношенню один до одного. Потім перекреслити задані проєкції на стандартний аркуш так, щоб на ньому помістилася перспектива цих тел. На фронтальній проєкції групи тіл треба провести лінію горизонту так, щоб вона була розташована вище проєкцій цих тел. Перспективу групи тіл необхідно креслити із збільшенням розмірів в два рази. У такому відношенні повинна бути збільшена на картині висота лінії горизонту. При виконанні завдання треба використовувати дробову дистанційну точку. На перспективному зображенні групи тіл розміри проставляти не слід.

Завдання виконують на форматі А3. Приклад виконання та оформлення подано на рисунку 24.23. Дані до завдання взяті з табл. Ж.1 (Додаток Ж).

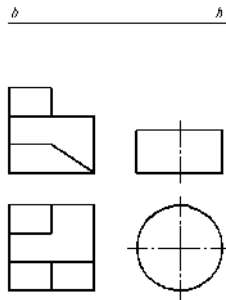


Рисунок 24.20 – Приклад завдання «Перспектива групи тіл»

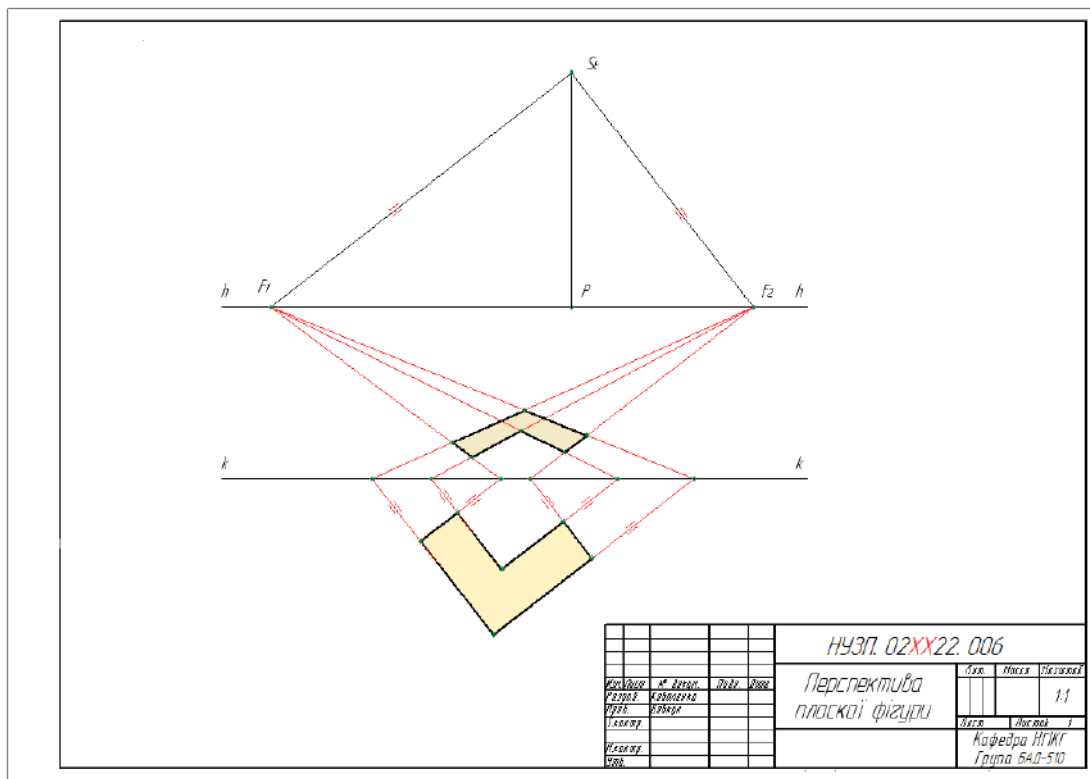


Рисунок 24.21 – Приклад виконання завдання «Перспектива плоскої фігури»

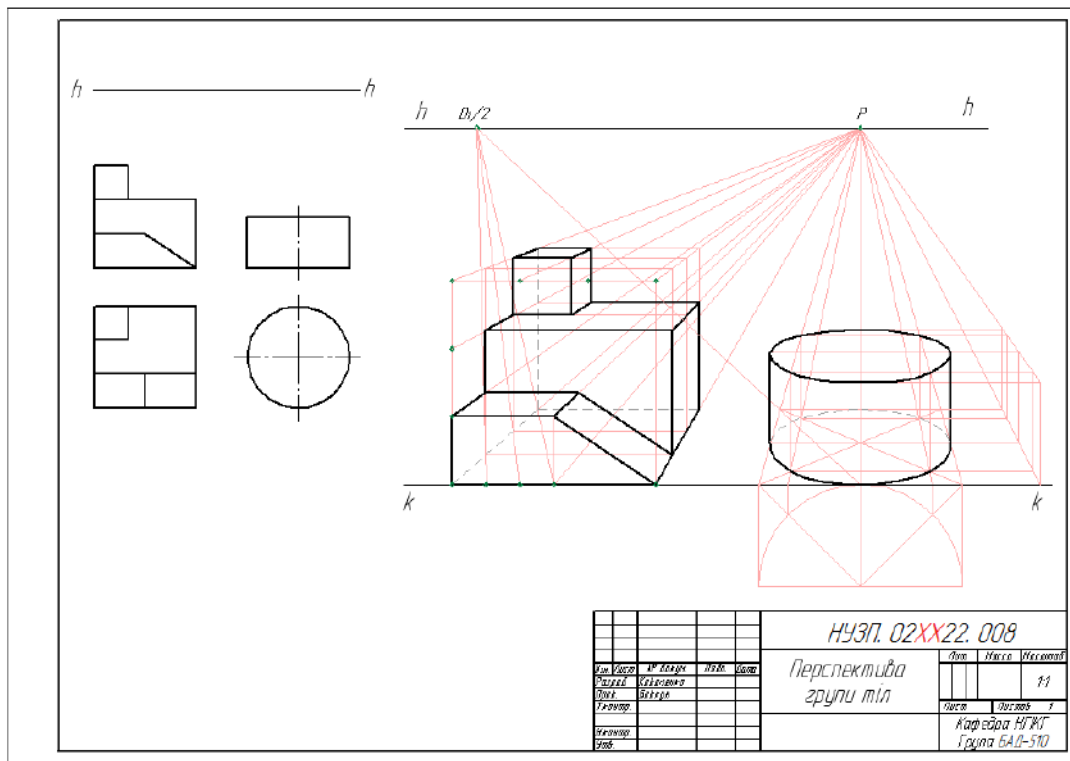


Рисунок 24.23 – Приклад виконання завдання «Перспектива групи тіл»

24.9 Перспектива моделі способом архітекторів

Умова: побудувати перспективу моделі способом архітекторів за заданими його прямокутними проєкціями (рис. °24.24). Перспективу будують із збільшенням в два рази.

h _____ h

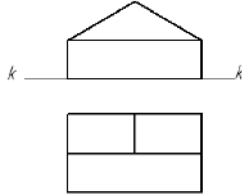


Рисунок 24.24 – Приклад завдання «Перспектива моделі способом архітекторів»

Завдання виконують на форматі А3. Приблизну компоновку розташування на листі креслення завдання та основних елементів картини подано на рисунку 24.25. Дані до завдання беруть з таблиці 3.1 (додаток 3).

Приклад виконання подано на рисунку 24.26. Побудову ведуть у такому порядку.

1 На фасаді вибирають висоту лінії горизонту **hh**.

2 На плані об'єкта креслять під деяким кутом пряму через вершину $E' \equiv A_0$ – слід картинної площини **kk**.

3 Вибирають положення точки зору на заданий об'єкт. Положення головного променя зору **SP** при симетричній композиції рекомендується проводити через середину об'єкта. Головний промінь **SP** треба направити у ту частину композиції об'єкта, яка має більший просторовий розвиток. Розмір головного променя **SP** зору повинен бути на плані у півтора-два рази більше самого найбільшого розміру об'єкта, взятого з плану або фасаду. Розмір кута зору залежить від вибору відстані глядача від картини, і повинен дорівнювати приблизно 30° . Головний промінь розташовується на перпендикулярі до картини.

4 Будують кут зору. Для цього на плані проводять промені у кути проєкції моделі A' і C' , які перетнуть картинку у двох точках

20 і 60. Проекція головного променя повинна бути розташована приблизно в середній третині відрізка 20-60.

5 З точки $S \equiv S'$ проводять дві проєкції променів паралельно сторонам прямого кута плану моделі, які перетнуться з картиною $hh=kk$ в точках F_1 і F_2 , які є точками сходу прямих, паралельних прямим SF_1 і SF_2 відповідно.

6 Намічають розташування основи картини kk .

7 Для більшої наочності перспективне зображення побудують із збільшенням у два рази. Тобто, при перенесенні розмірів з плану і фасаду на картину, всі розміри збільшують у два рази.

8 Креслять на картині лінію горизонту hh , піднявши її від основи kk картини у двічі вище, ніж вона задана на фасаді.

9 Визначають положення головної лінії PP на картині.

10 На лінії горизонту hh визначають розташування точок сходу F_1 і F_2 , подвоївши відрізки PF_1 і PF_2 .

11 Переносять на картину розташування точки 4_0 (вершини E^0).

12 З'єднують точку 4_0 з точками сходу F_1 і F_2 .

13 Для визначення вершини A^0 переносять на картину точку 1_0 , яку з'єднують з точкою F_2 . На перетині променів 1_0F_2 і 4_0F_1 отримують вершину A^0 .

14 Для визначення вершини C^0 переносять на картину точку 6_0 , з якої проводять перпендикуляр до основи картини. В точці перетину перпендикуляра з променем 4_0F_2 отримують вершину C^0 .

15 Зображення вертикальних ребер починають з вершини E^0 . Розмір висоти ребра E^0 (збільшений у два рази) переносимо з креслення головного вигляду.

16 Перспективи точок L^0 і M^0 знаходять за допомогою додаткової точки 3_0 . Відмічають точку 3_0 на основі картини і проводять перпендикуляр, на якому відкладають подвоєну повну висоту моделі – отримують точку 3^0 . З точок L_1^0 і M_1^0 проводять перпендикуляри до перетину з променем 3^0F_2 .

На рисунку 24.27 подано рішення завдання з однією точкою сходу.

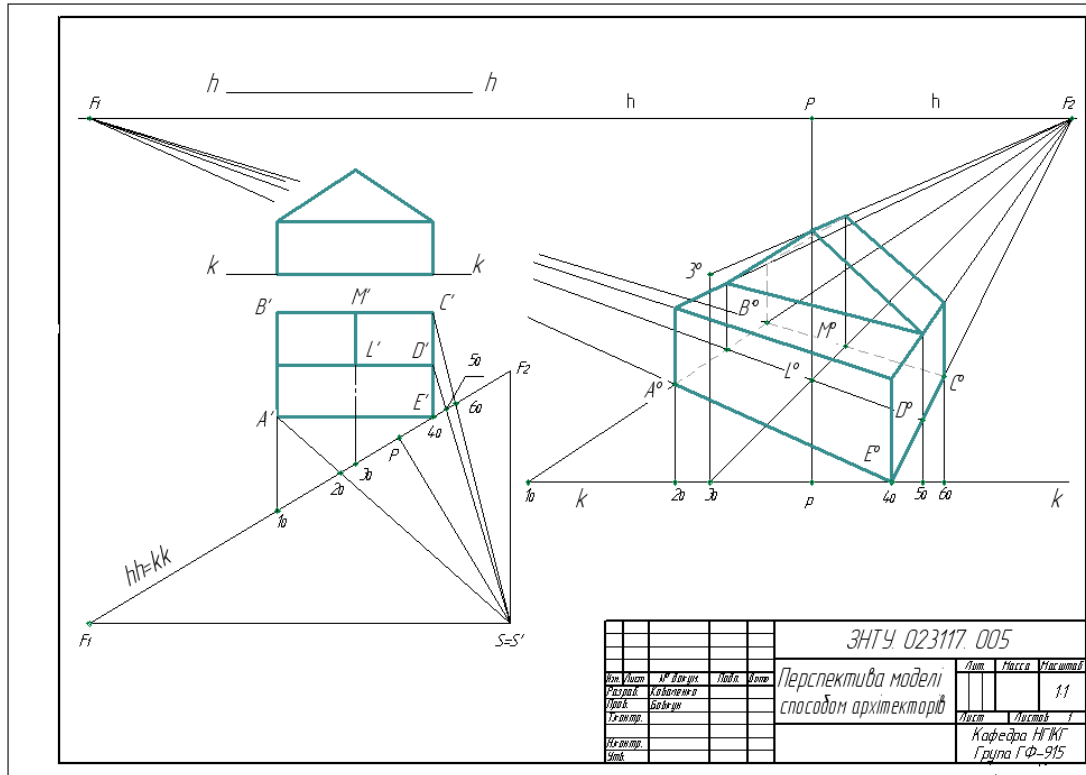


Рисунок 24.26 – Приклад виконання завдання «Перспектива моделі способом архітекторів»

24.10 Перспектива інтер'єру

Умова: Побудувати фронтальну перспективу кімнати площею 30 м^2 . Ширина кімнати 5 м , глибина 6 м , висота 3 м . Точку **P** розташувати в середині фронтальної стіни, лінію горизонту — на висоті $1,7 \text{ м}$. Побудувати лінійний масштаб, на якому за 1 м прийняти 50 мм . На фронтальній стіні показати напіввідчинені всередину кімнати двері шириною 1 м і висотою $2,2 \text{ м}$. На лівій стіни накреслити вікно шириною 2 м і висотою $1,5 \text{ м}$. Відстань від підлоги до підвіконня $0,75 \text{ м}$. Підлогу кімнати розбити на сітку квадратів і за своїм розсудом розставити кілька предметів меблів: стіл, стілець, шафа, тахту, книжкову полицю і т. д. При побудові перспективи меблів слід враховувати її габаритні розміри. Спочатку будують перспективи цих предметів у вигляді паралелепіпедів, а потім вже перспективу з уточненням конкретної форми кожного предмета.

Завдання виконують на форматі А3. Послідовність виконання подано на рисунках 24.28 – 24.32.

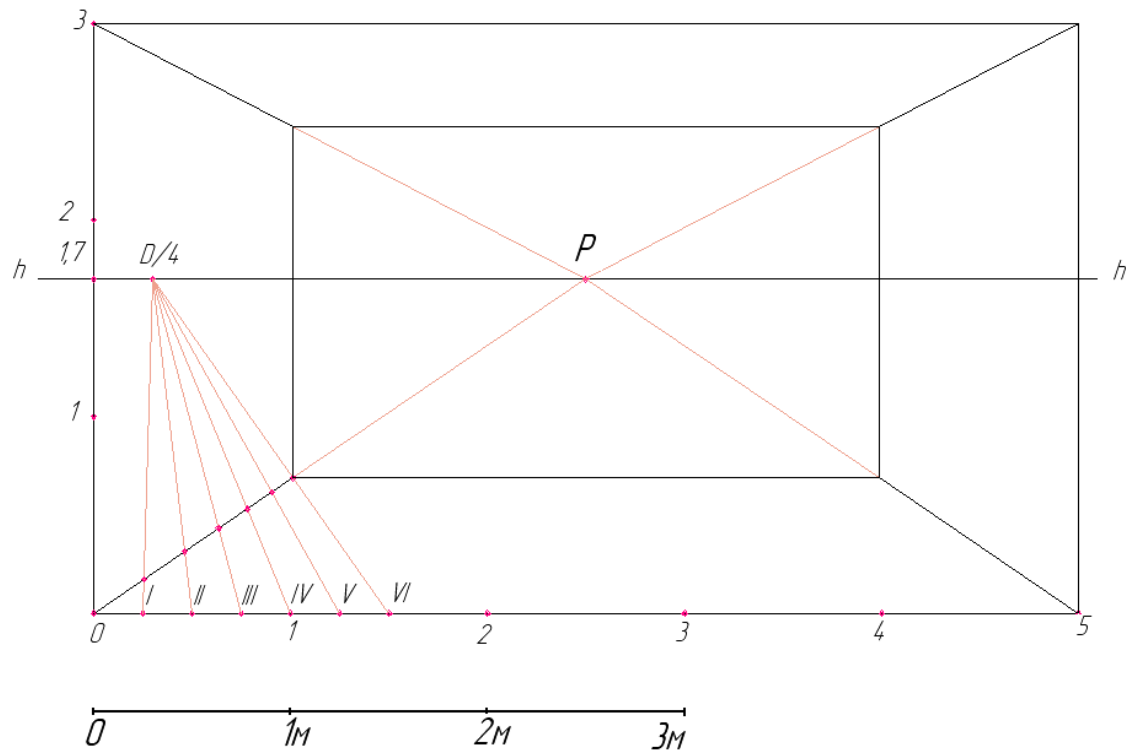


Рисунок 24.28 – Послідовність виконання завдання «Перспектива інтер'єру»

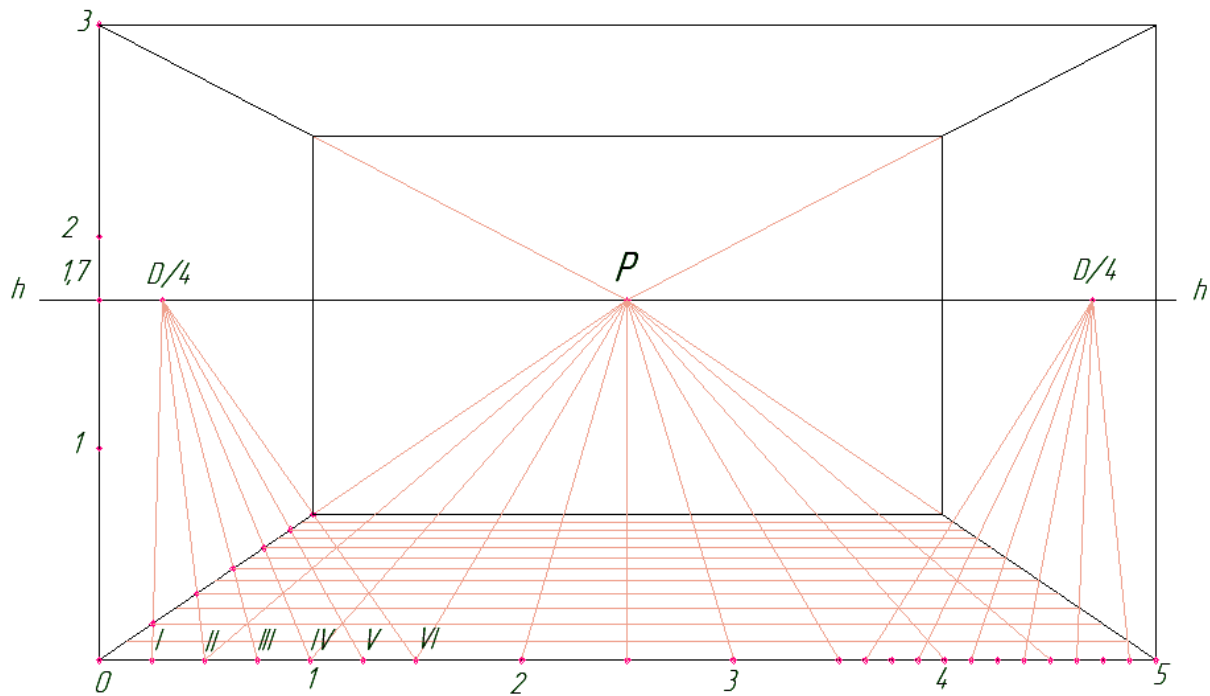


Рисунок 24.29 – Послідовність виконання завдання «Перспектива інтер'єру»

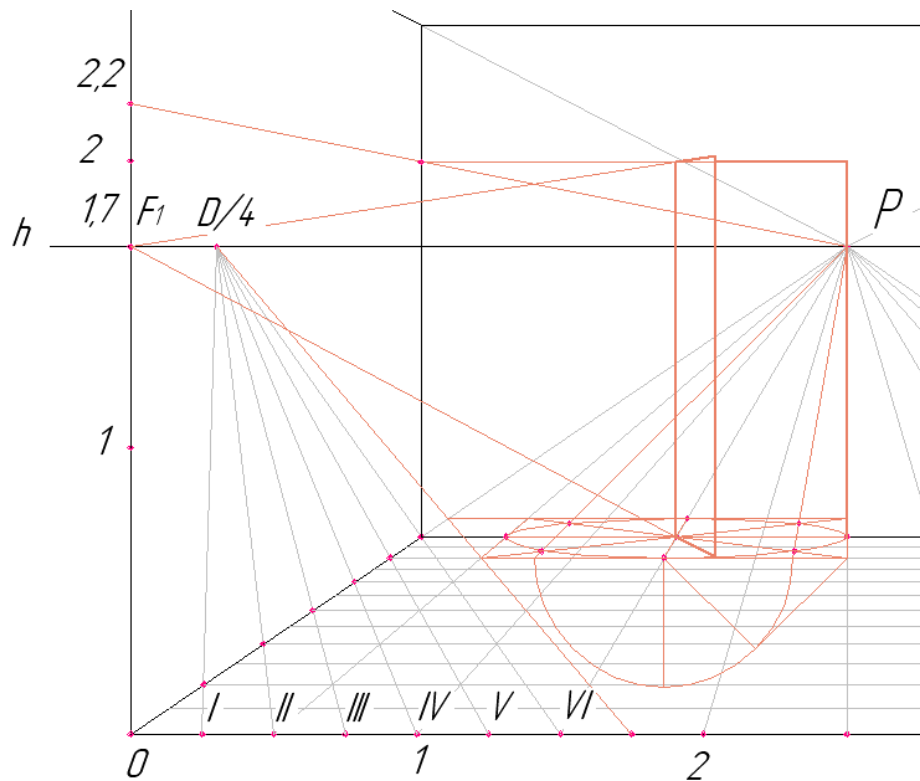


Рисунок 24.30 – Послідовність виконання завдання «Перспектива інтер'єру»

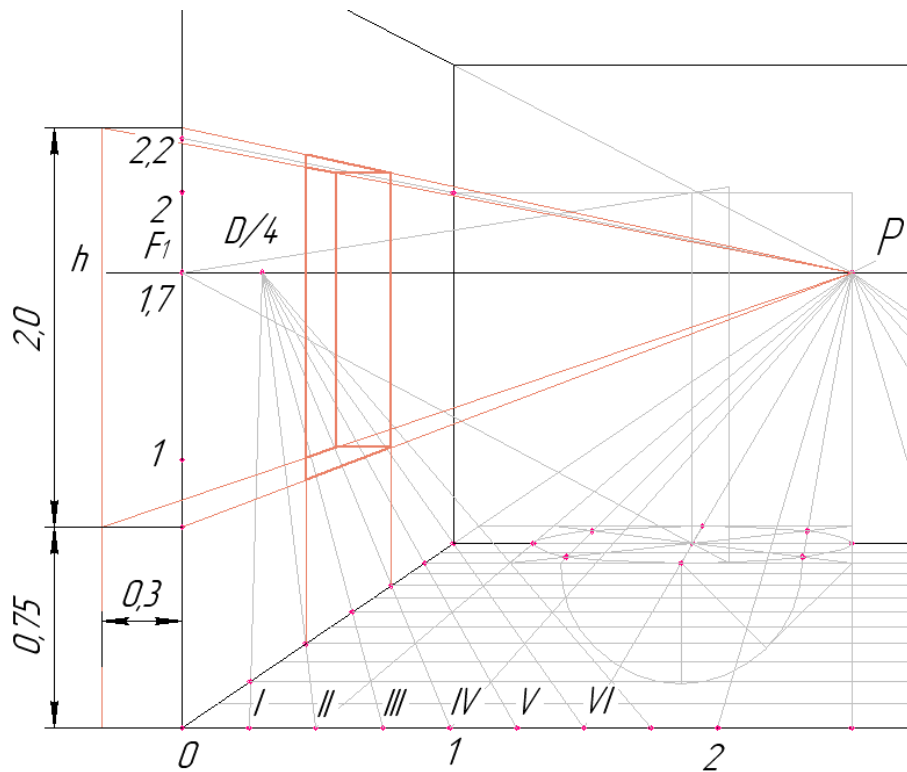


Рисунок 24.31 – Послідовність виконання завдання «Перспектива інтер'єру»

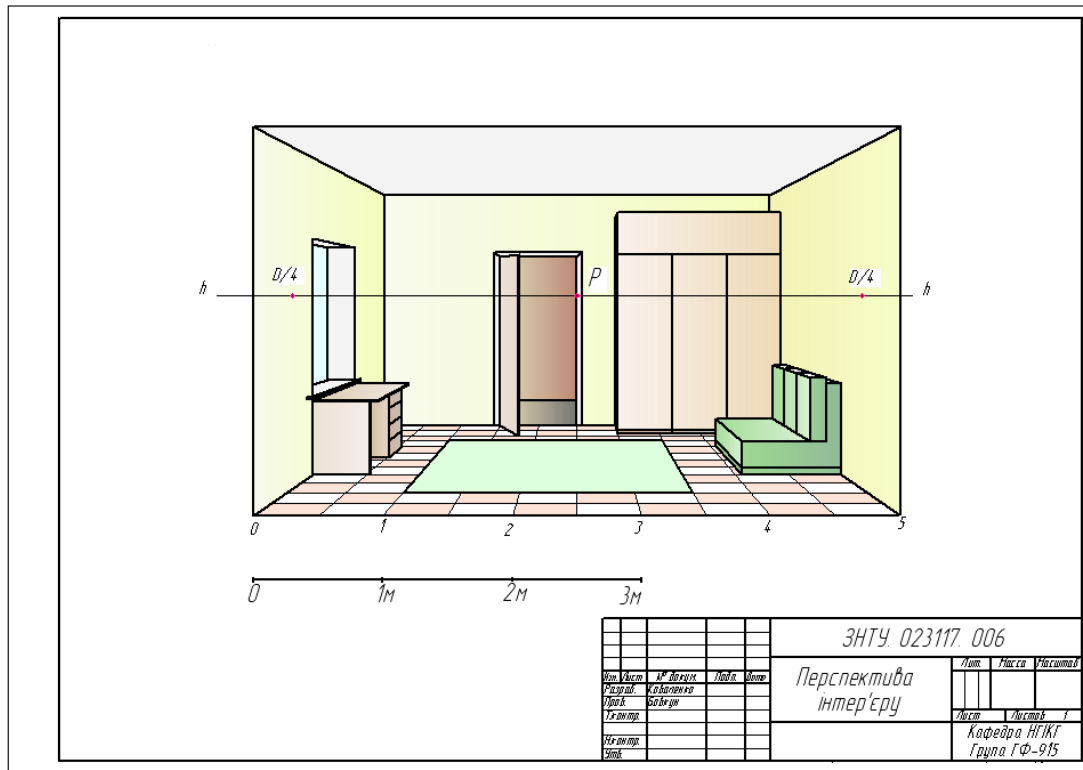


Рисунок 24.32 – Приклад виконання завдання «Перспектива інтер'єру»

ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Чермних І.О., Нестеренко В.І., Краєвська О.О, Адашевська І.Ю., Сілічев А.В. Основи інженерної графіки з елементами професійного конструювання: підручник. Київ: Кондор, 2020. 240°с.
2. Бовкун С.А., Скоробогата М.В., Корнієнко О.Б. Нарисна геометрія. Поверхні: навч. посіб. Запоріжжя, 2020. 134 с.
3. Лютова О.В., Скоробогата М.В., Бовкун С.А. Вплив технологічних особливостей виготовлення деталей на методику нанесення розмірів: навч. посіб. Запоріжжя, 2018. – 88 с.
4. Бажміна Е.А., Шаломєєв В. А. Практичні роботи з нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки. Частина 1: навч. посіб. Запоріжжя, 2016. 66 с.
5. Гавров Є.В. Елементи нарисної геометрії: курс лекцій. Запоріжжя, 2004. 181 с.
6. Антонович Є.А., Василюшин Я.В., Фольта О.В. Нарисна геометрія. Практикум: навч. посібник. / під заг. ред. Є.А. Антонович. Львів: Світ, 2004. 528 с.
7. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна та комп'ютерна графіка: підручник / під заг. ред. В.Є. Михайленко. Київ: Каравела, 2010. 360 с.
8. Михайленко В.Є., Євстіфєєв М.Ф., Ковальов С.М., Кащенко О.В. Нарисна геометрія: підручник / під заг. ред. В.Є. Михайленко. Київ: Видавничий дом «Слово», 2013. 304 с.
9. Хаскін А.М. Креслення: підручник. Київ: Вища школа, 1976. 436 с.
10. ДСТУ ISO 128-30:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види. Київ, 2006. 8с.
11. ДСТУ ISO 128-34:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 34. Види на машинобудівних креслениках. Київ, 2007. 17 с.
12. ДСТУ ISO 128-40:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи. Київ, 2007. 11 с.

13. ДСТУ ISO 128-44:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних креслениках. Київ, 2006. 13 с.

14. ДСТУ ISO 128-50:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів. Київ, 2006. 10 с.

15. ДСТУ ISO 129 – 1:2007 «Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи». Київ, 2010. 29 с.

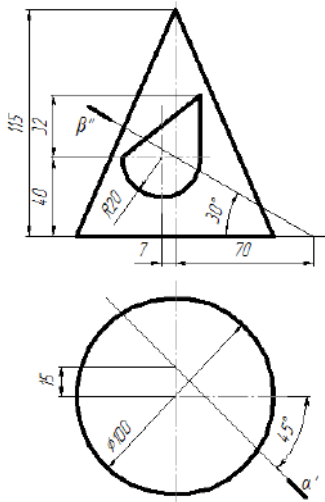
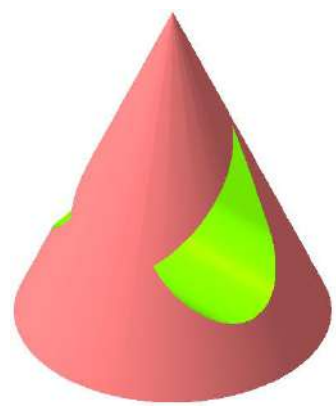
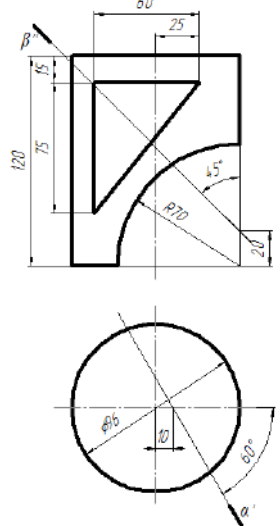
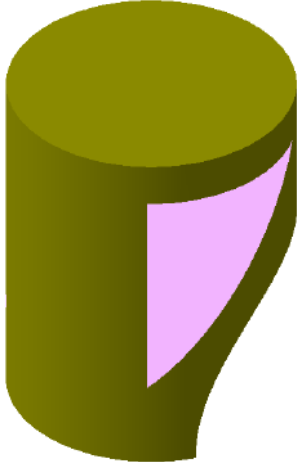
Додаток А

Таблиця А.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Піраміда. Натуральна величина ребра SB»

Ва- ріант	точка А			точка В			точка С			точка S		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	220	15	55	150	30	75	195	100	80	165	80	15
2	200	25	110	240	40	65	150	85	30	180	110	95
3	150	45	40	170	85	90	225	30	65	200	100	20
4	200	30	70	125	50	15	160	60	90	185	100	30
5	165	20	55	240	30	35	225	75	80	185	100	20
6	200	80	35	160	100	75	125	30	65	180	40	115
7	230	10	30	190	90	15	140	45	55	175	55	100
8	110	25	20	170	75	25	80	90	80	175	10	120
9	150	100	120	155	60	30	250	20	90	100	10	90
10	170	50	20	100	50	40	115	20	80	140	90	110
11	190	30	35	135	90	20	115	5	85	175	75	80
12	220	40	0	140	20	80	200	80	90	155	100	40
13	75	50	30	135	100	15	150	30	70	115	60	100
14	240	20	70	150	45	50	205	95	30	170	90	95
15	190	70	75	210	10	120	250	30	40	160	40	45
16	170	30	40	100	50	80	115	90	20	145	100	90
17	190	50	90	210	100	15	250	20	20	160	35	45
18	190	95	85	250	65	15	170	45	40	205	15	90
19	230	90	40	150	15	10	210	25	80	165	60	100
20	100	80	90	160	90	20	180	20	40	115	40	10
21	250	60	10	170	30	20	150	100	45	185	20	75
22	140	10	20	170	85	90	220	90	40	185	15	60
23	165	30	100	180	70	30	100	20	40	140	90	60
24	230	30	0	165	60	10	210	90	100	140	0	30
25	165	90	15	110	45	45	200	10	25	140	50	90
26	175	90	45	185	20	90	200	60	20	125	10	40
27	185	75	80	145	90	20	200	30	35	125	20	55
28	110	20	80	125	75	20	190	40	40	170	80	120
29	235	60	70	185	80	100	210	90	20	150	25	50
30	200	90	20	155	80	95	230	30	70	135	40	40
31	140	45	65	230	20	30	170	90	70	200	5	110
32	190	90	80	220	20	30	165	75	10	150	40	65

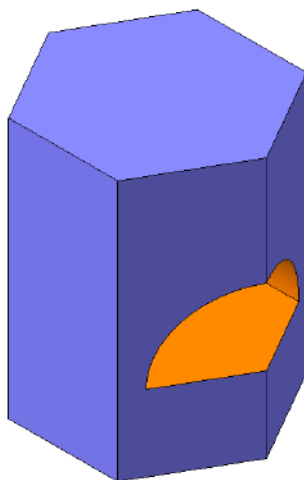
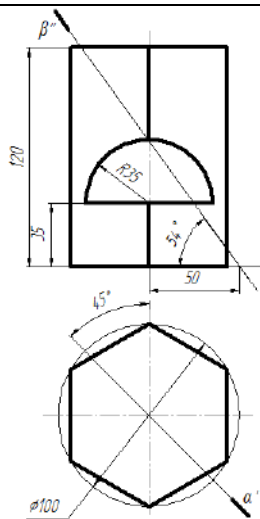
Додаток Б

Таблиця Б.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Геометричне тіло з отвором»

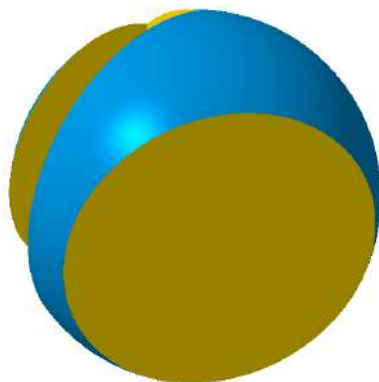
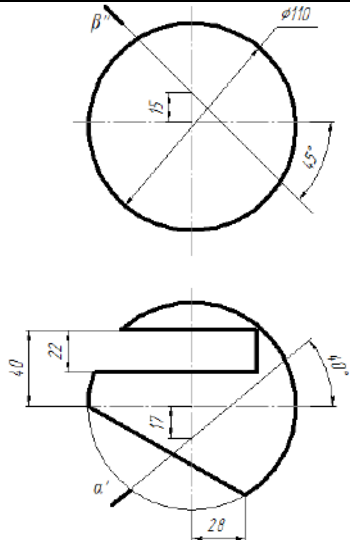
Варіант 1	
	
Варіант 2	
	

Продовження табл. Б.1

Варіант 3

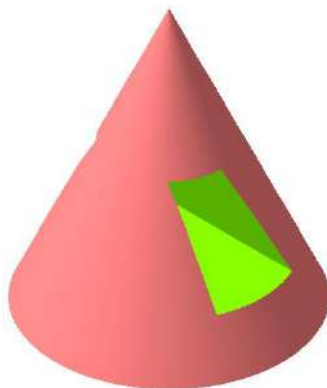
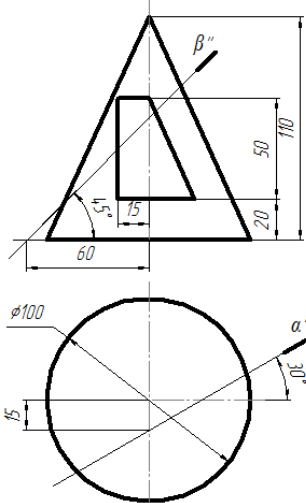


Варіант 4

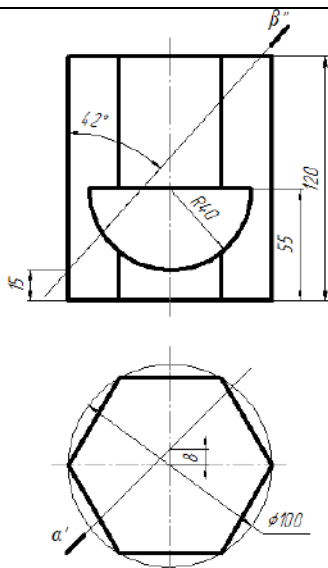


Продовження табл. Б.1

Варіант 5

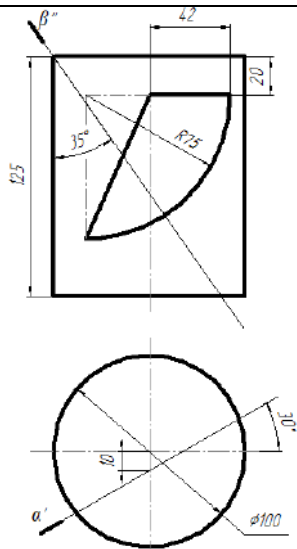


Варіант 6

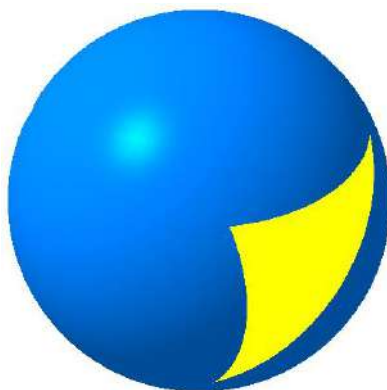
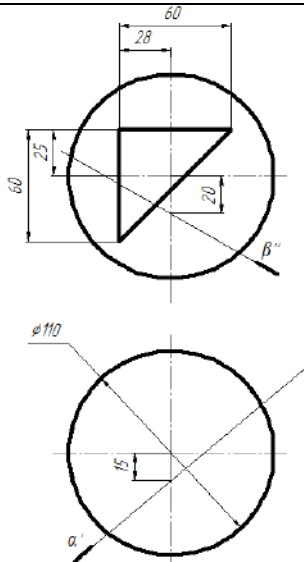


Продовження табл. Б.1

Варіант 7

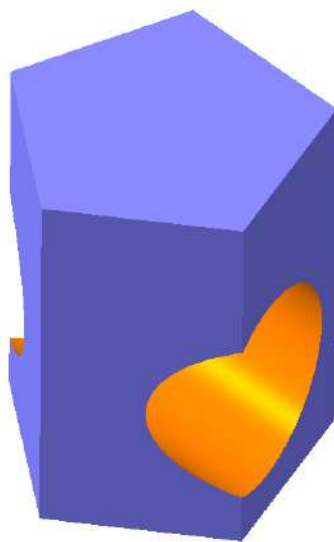
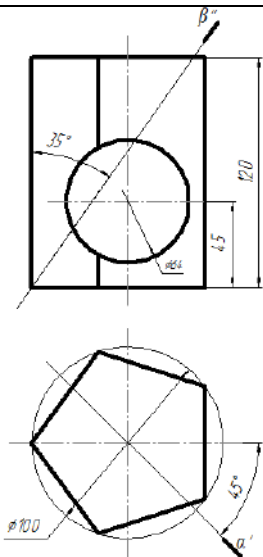


Варіант 8

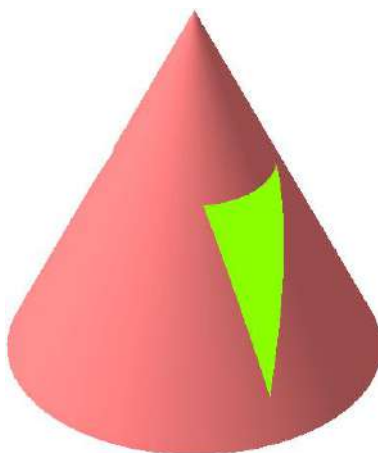
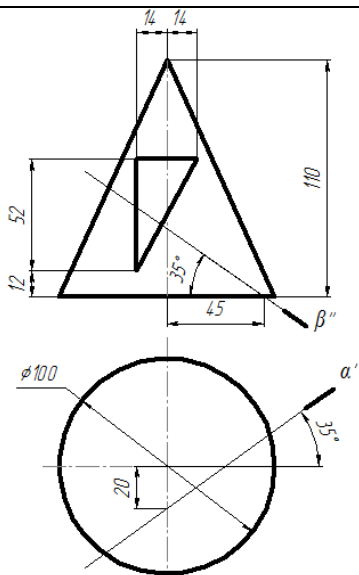


Продовження табл. Б.1

Варіант 9

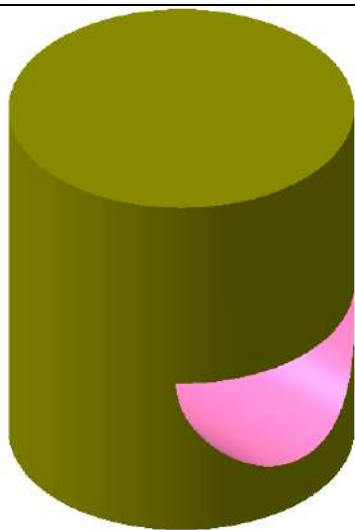
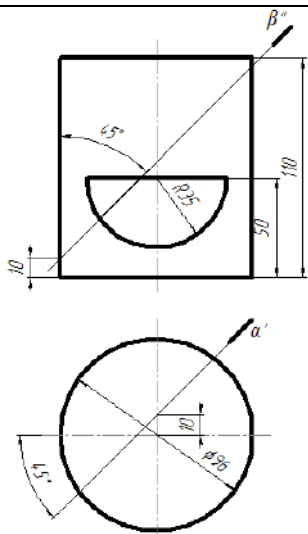


Варіант 10

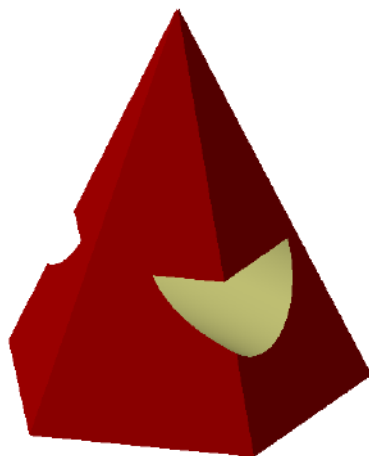
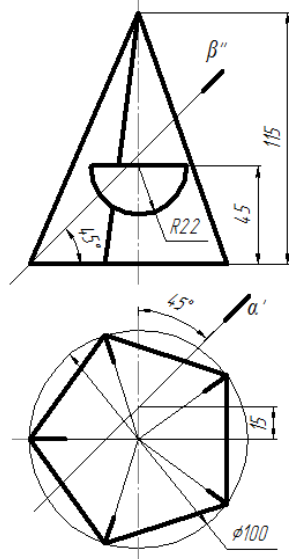


Продовження табл. Б.1

Варіант 11

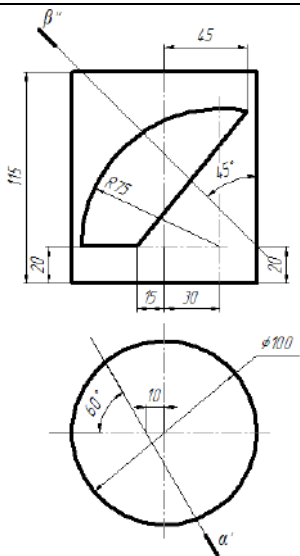


Варіант 12

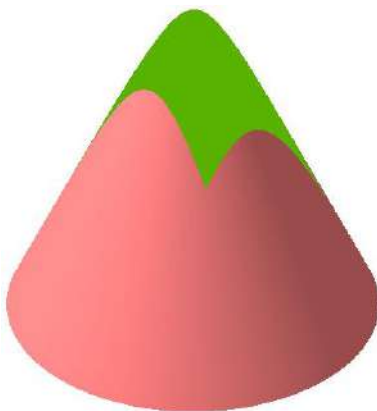
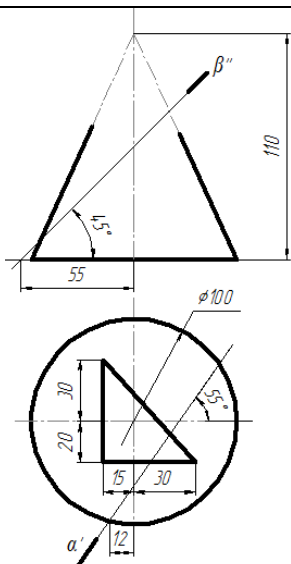


Продовження табл. Б.1

Варіант 13

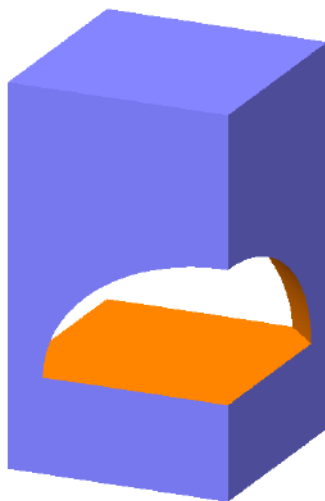
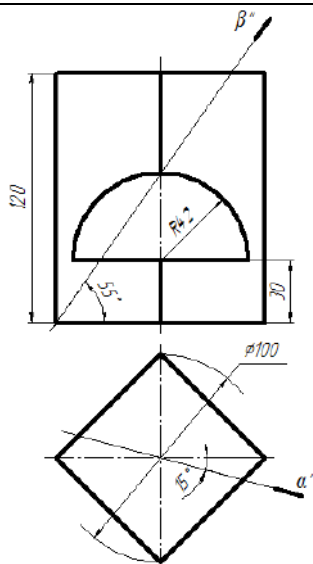


Варіант 14

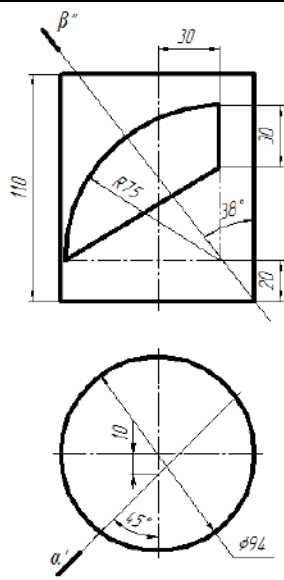


Продовження табл. Б.1

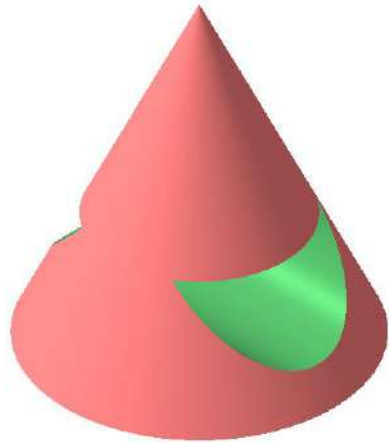
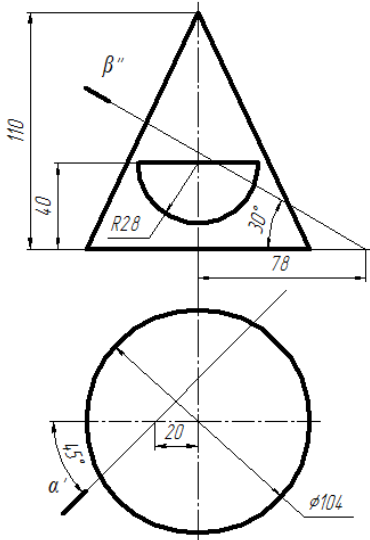
Варіант 15



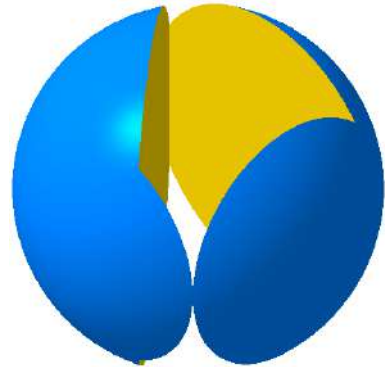
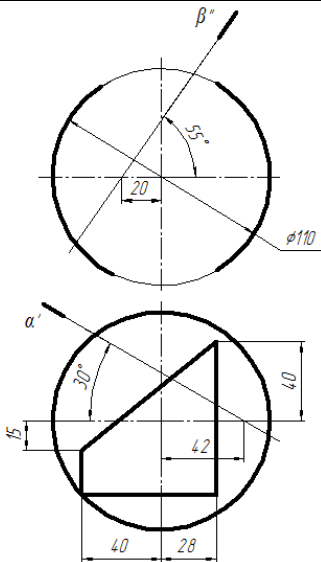
Варіант 16



Варіант 17

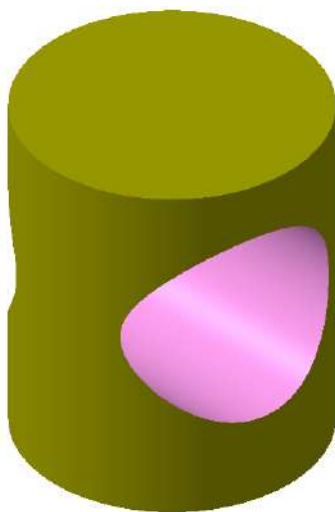
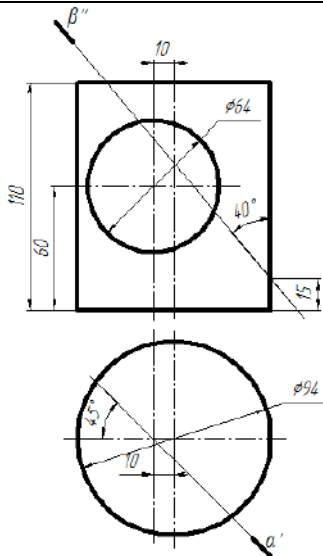


Варіант 18

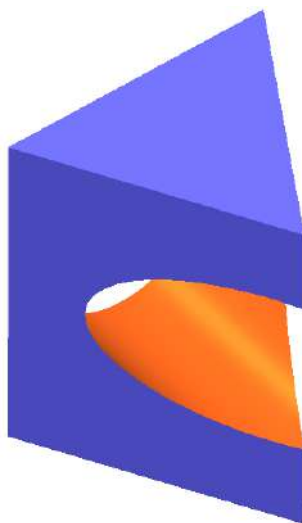
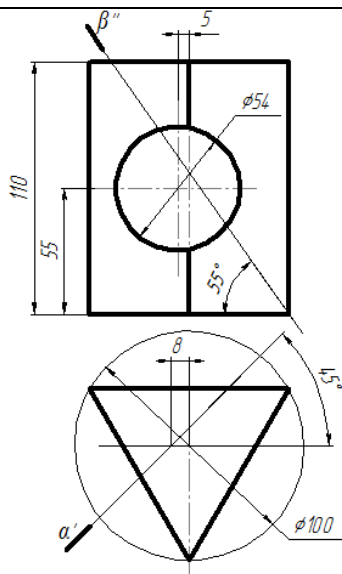


Продовження табл. Б.1

Варіант 19

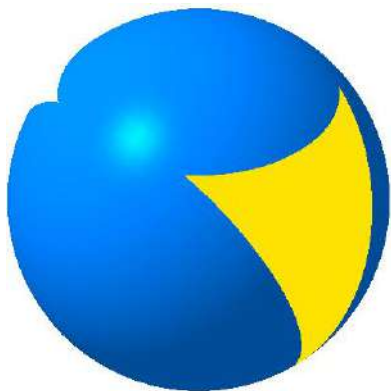
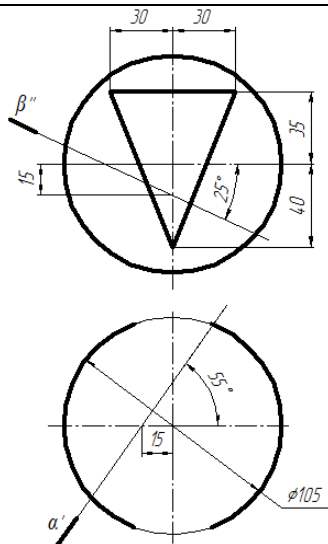


Варіант 20

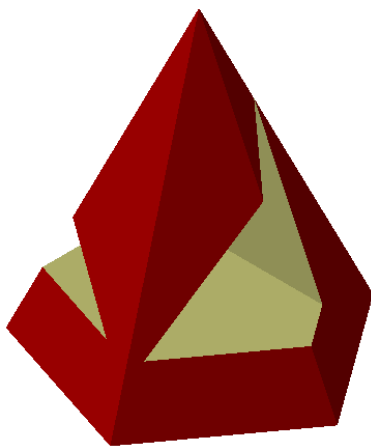
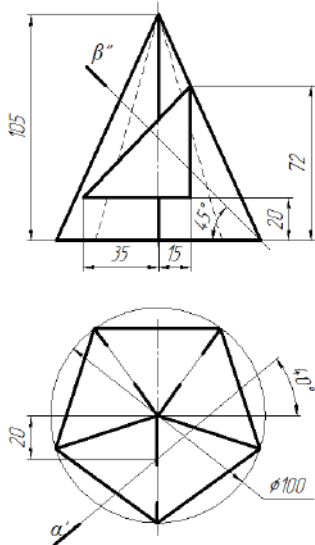


Продовження табл. Б.1

Варіант 21

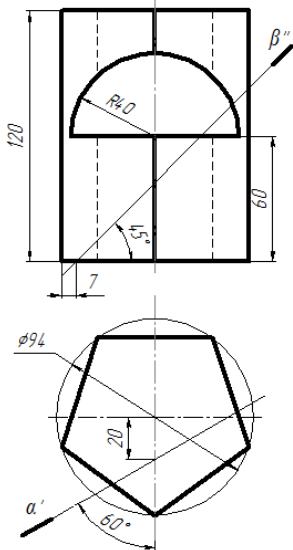


Варіант 22

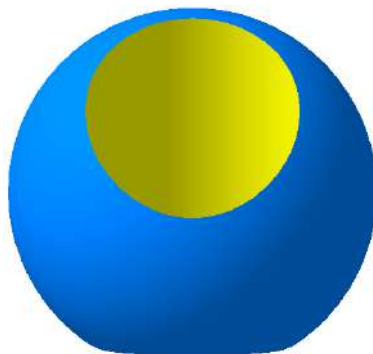
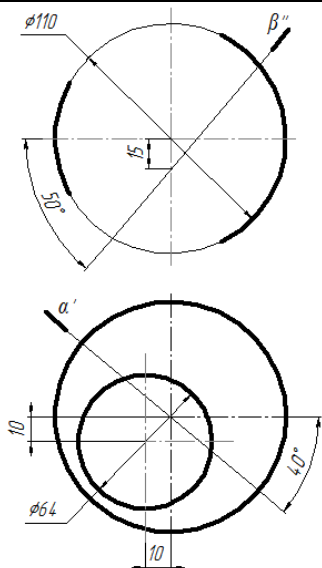


Продовження табл. Б.1

Варіант 23

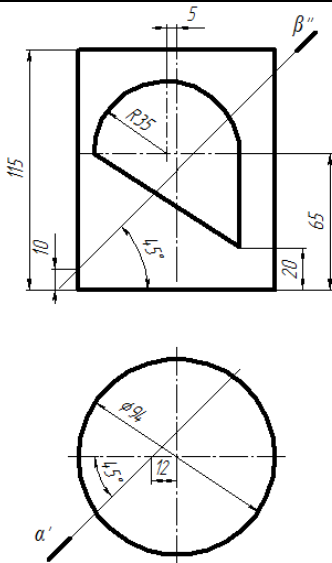


Варіант 24

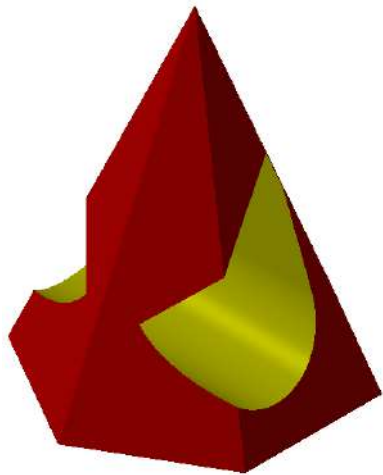
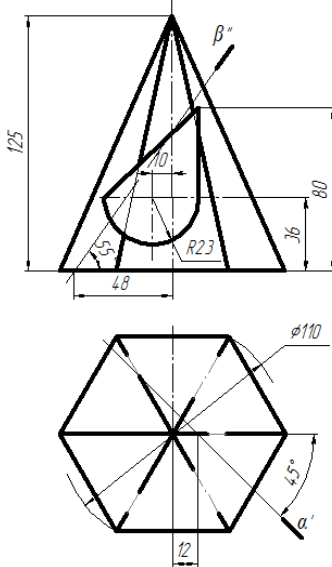


Продовження табл. Б.1

Варіант 25

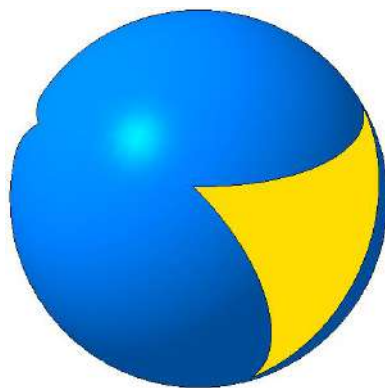
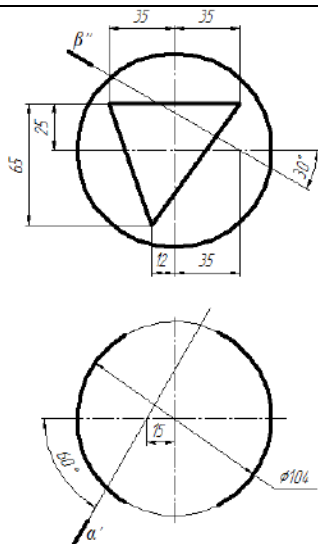


Варіант 26

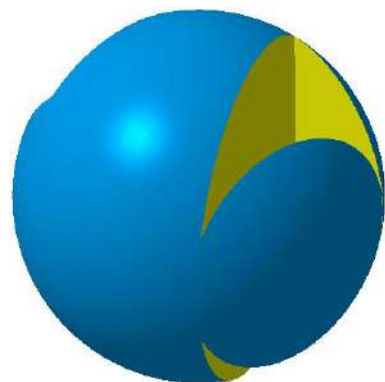
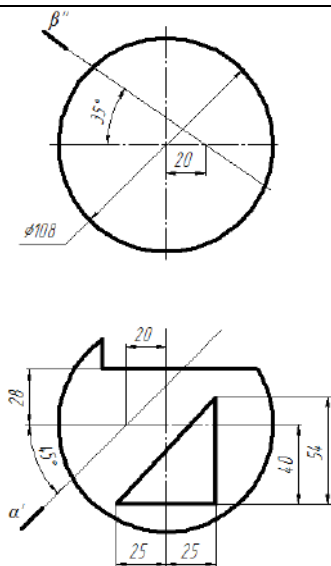


Продовження табл. Б.1

Варіант 27



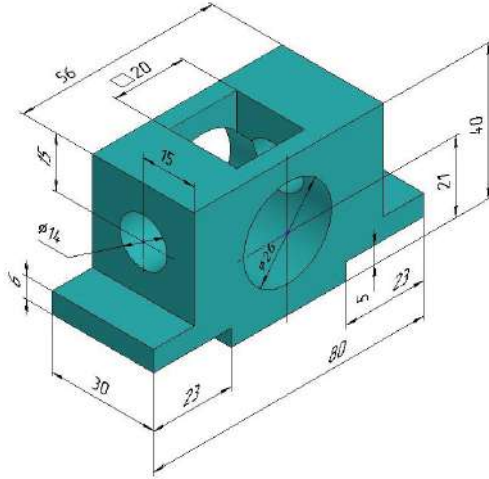
Варіант 28



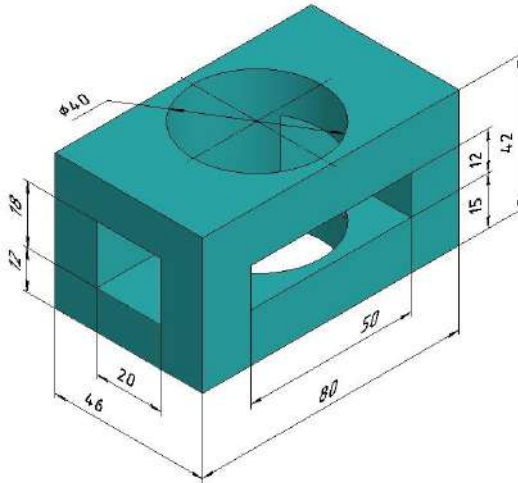
Додаток В

Таблиця В.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Прості розрізи. Проекції моделі»

Варіант 1

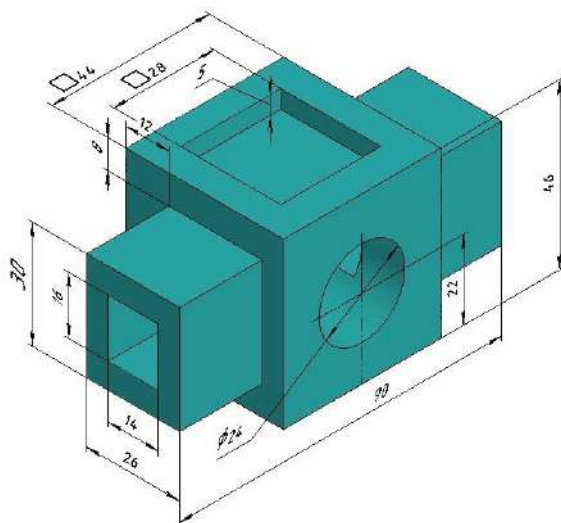


Варіант 2

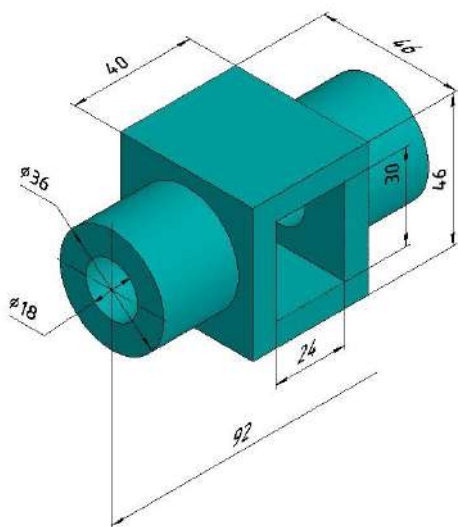


Продовження табл. В.1

Варіант 3

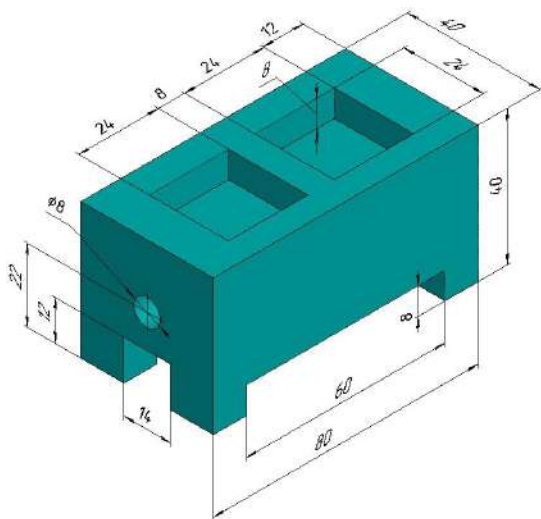


Варіант 4

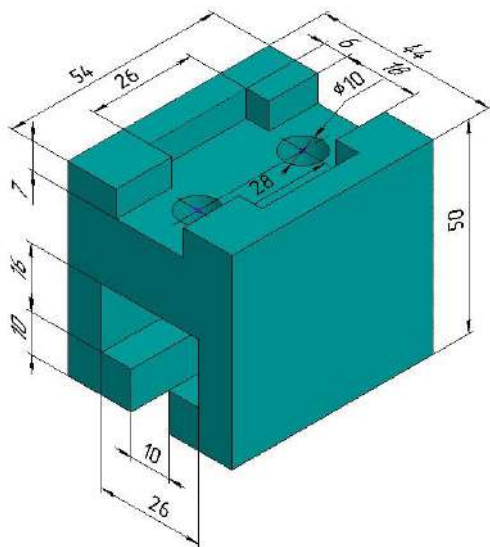


Продовження табл. В.1

Варіант 5

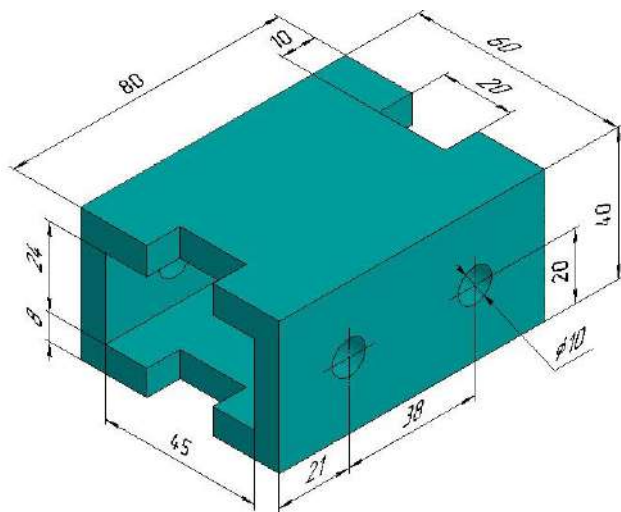


Варіант 6

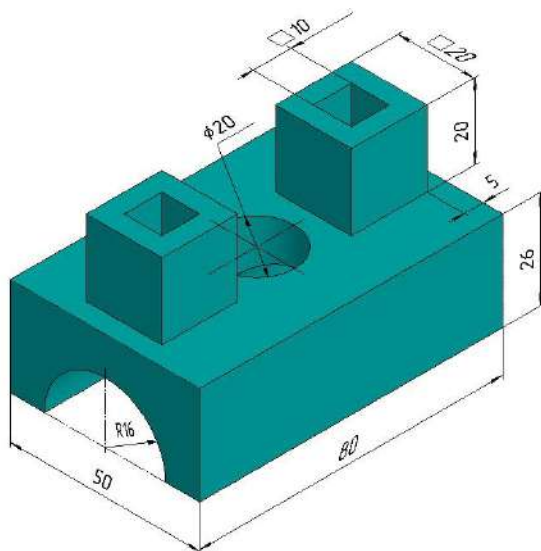


Продовження табл. В.1

Варіант 7

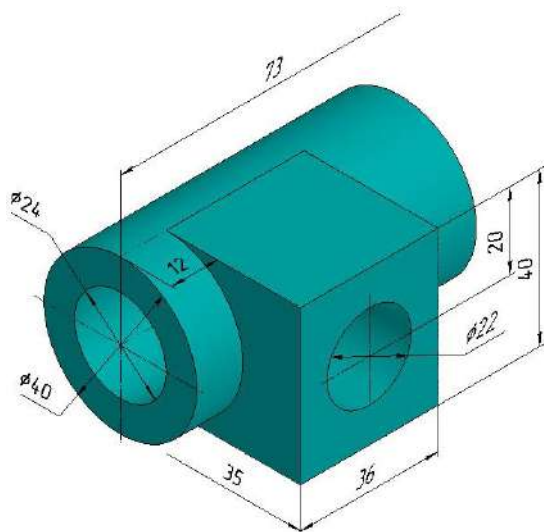


Варіант 8

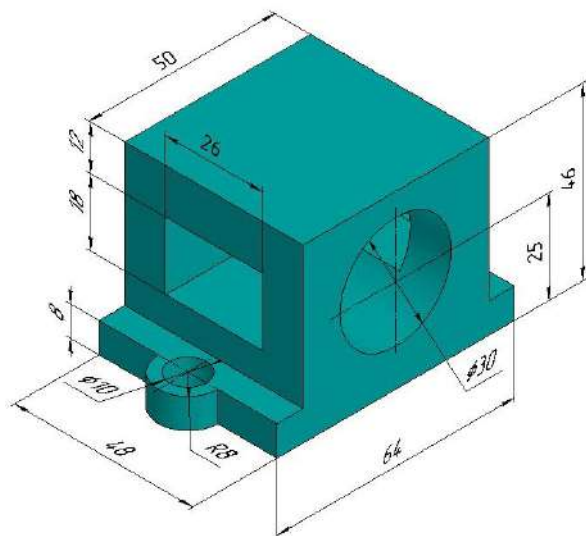


Продовження табл. В.1

Варіант 9

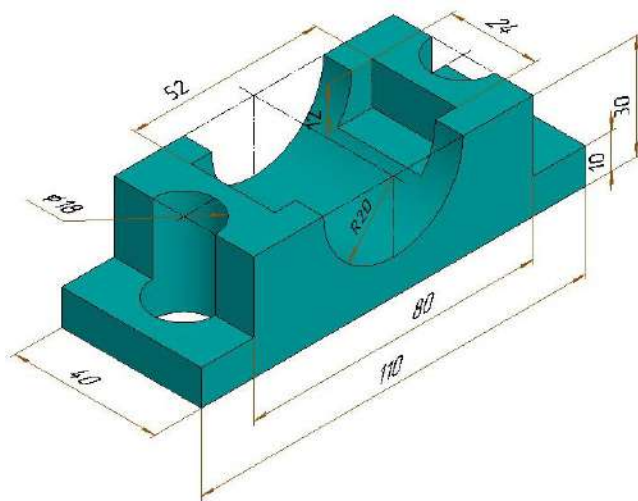


Варіант 10

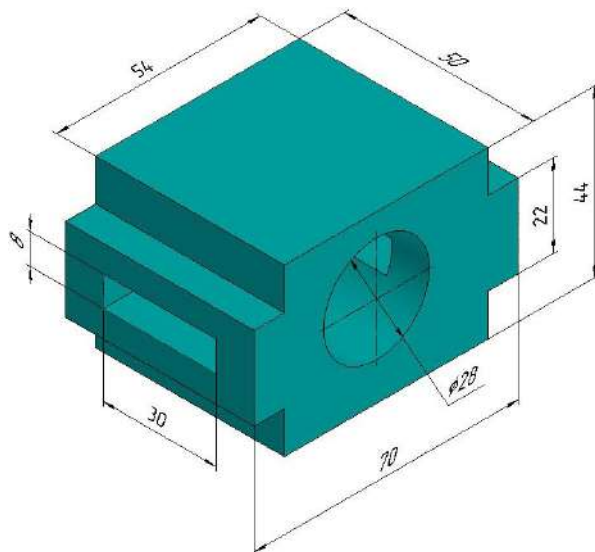


Продовження табл. В.1

Варіант 11

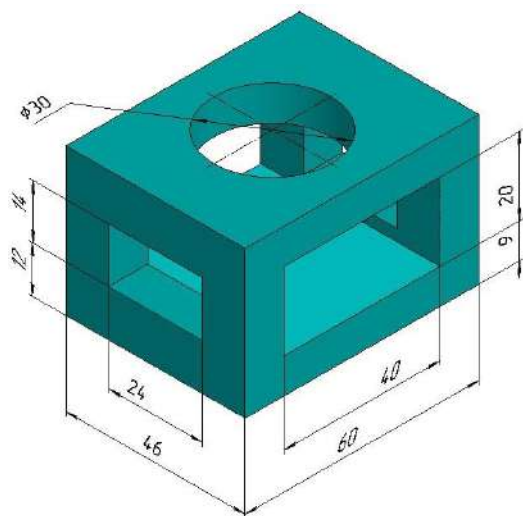


Варіант 12

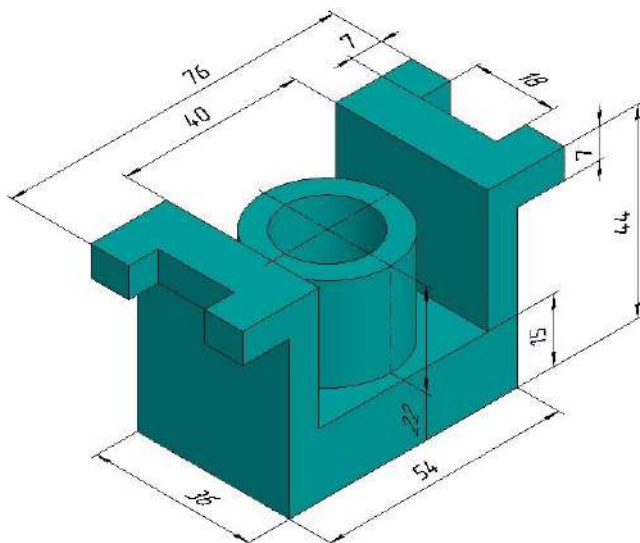


Продовження табл. В.1

Варіант 13

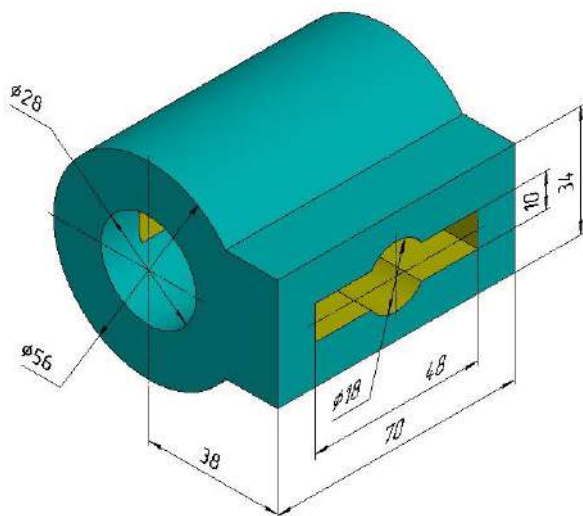


Варіант 14

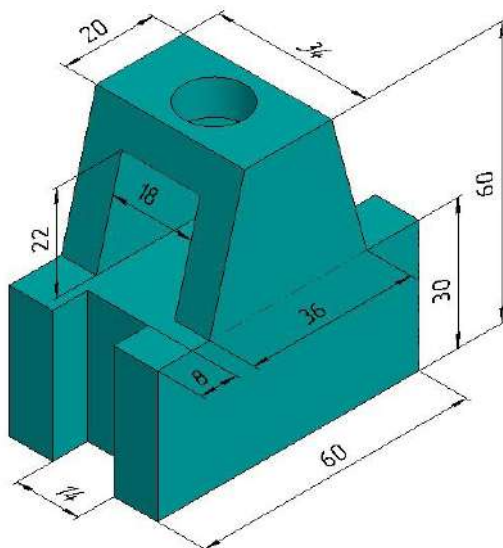


Продовження табл. В.1

Варіант 15

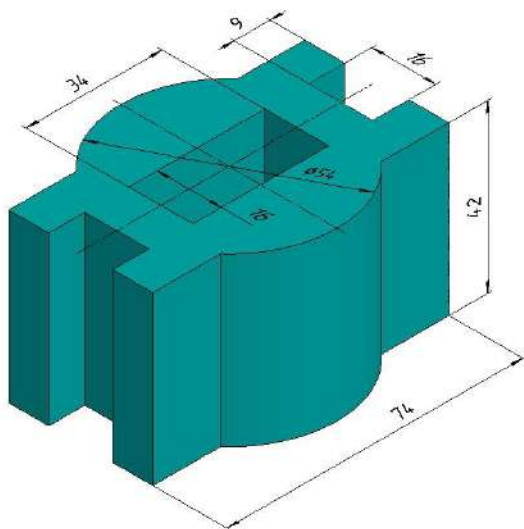


Варіант 16

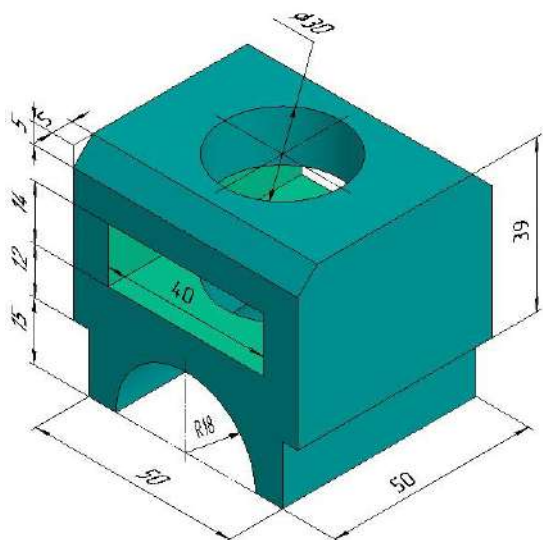


Продовження табл. В.1

Варіант 17

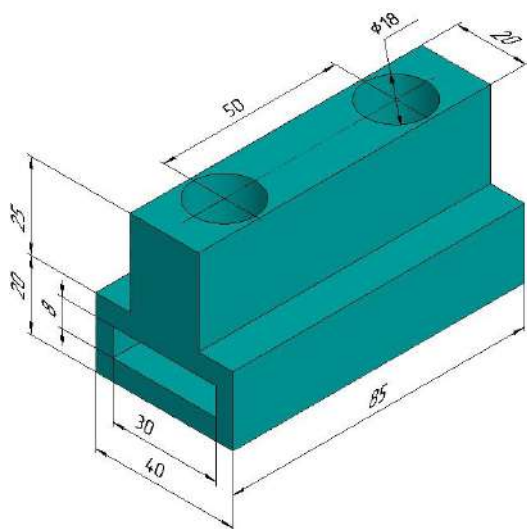


Варіант 18

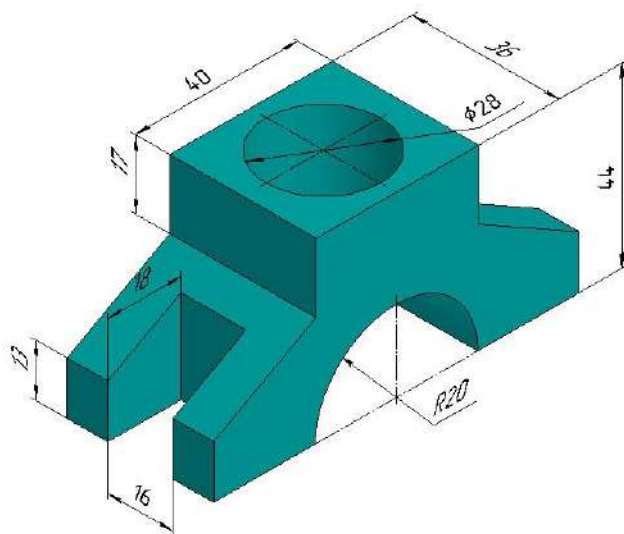


Продовження табл. В.1

Варіант 19



Варіант 20



Додаток Г

Таблиця Г.1 – Варіанти завдань до практичного завдання «Перспектива відрізка»

2	
4	
1	
3	

Продовження табл. Г.1

6	
8	
5	
7	

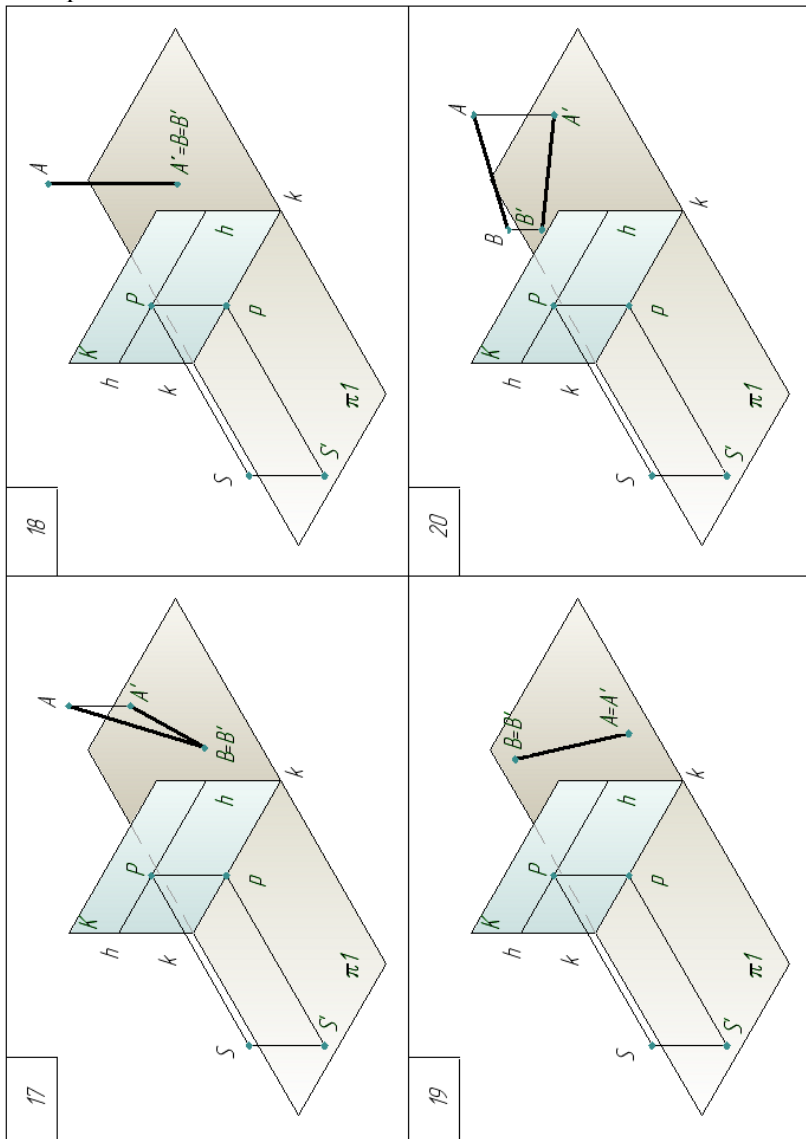
Продовження табл. Г.1

10	
9	
12	
11	

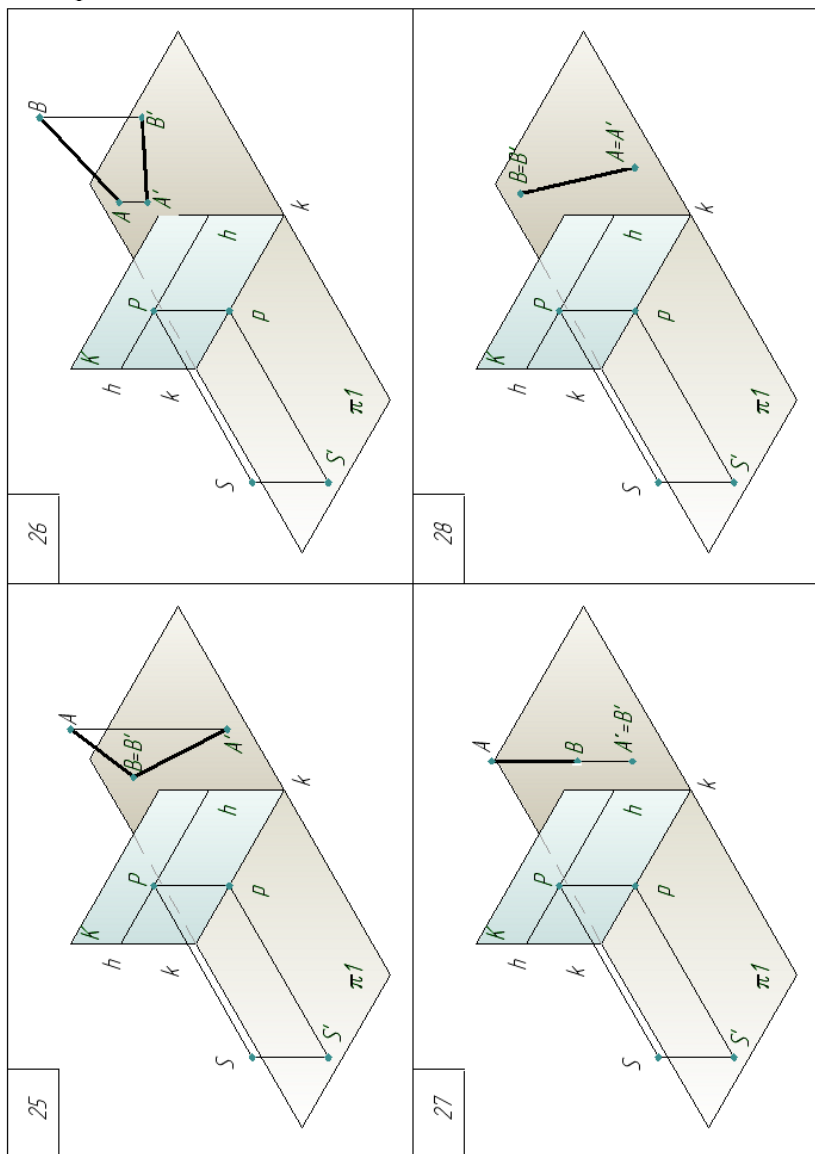
Продовження табл. Г.1

14	
16	
13	
15	

Продовження табл. Г.1



Продовження табл. Г.1


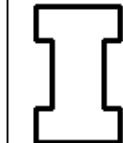
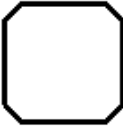



Додаток Д


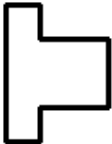


Таблиця Д.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Перспектива плоскої фігури»

<p>2</p>	
<p>1</p>	
<p>4</p>	
<p>3</p>	



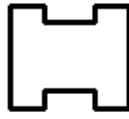
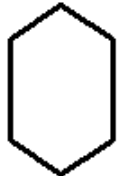
Продовження табл. Д.1

13	<p>h p h</p>  <p>k k</p>	14	<p>h p h</p>  <p>k k</p>
15	<p>h p h</p>  <p>k k</p>	16	<p>h p h</p>  <p>k k</p>



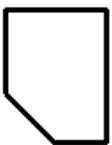

Продовження табл. Д.1

<p>17</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>	<p>18</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>
<p>19</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>	<p>20</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>

Продовження табл. Д.1


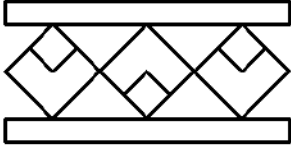

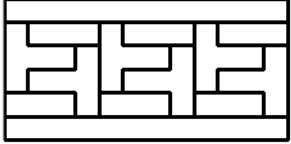
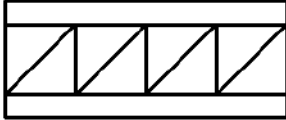
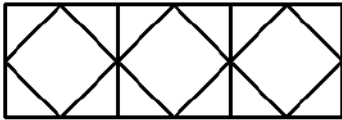
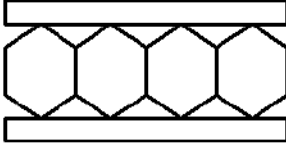
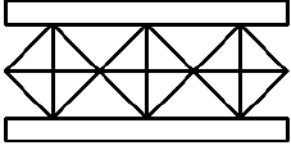
22	<p>h p h</p>  <p>k k</p>
21	<p>h p h</p>  <p>k k</p>
24	<p>h p h</p>  <p>k k</p>
23	<p>h p h</p>  <p>k k</p>

Продовження табл. Д.1

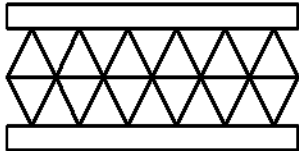
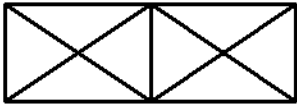

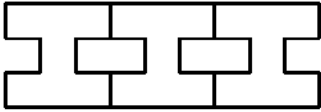
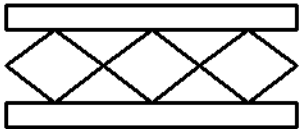

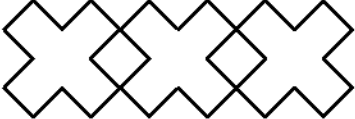
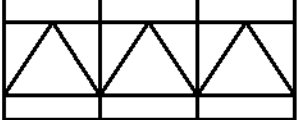
<p>25</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>	<p>26</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>
<p>27</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>	<p>28</p> <p>h p h</p>  <p>k k</p>

Додаток Е

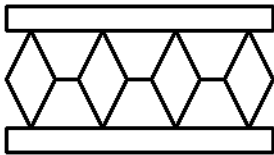
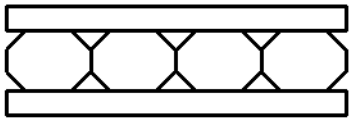
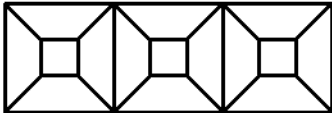
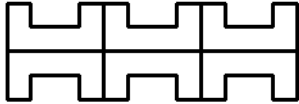
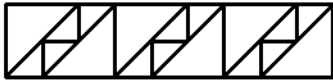
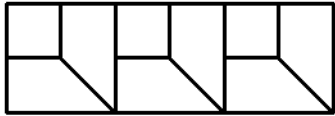
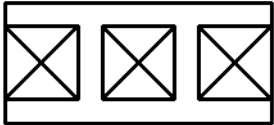
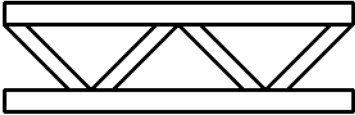
Таблиця Е.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Перспектива паркету»

<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>7</p> 	<p>8</p> 

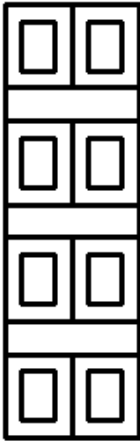
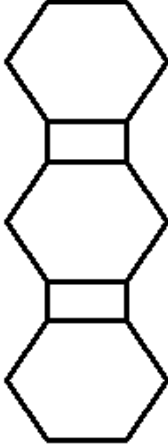
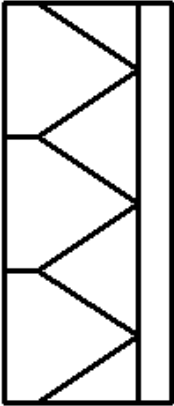
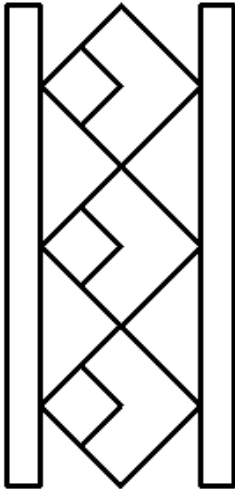
Продовження табл. Е.1

<p>9</p> 	<p>10</p> 
<p>11</p> 	<p>12</p> 
<p>13</p> 	<p>14</p> 
<p>15</p> 	<p>16</p> 

Продовження табл. Е.1

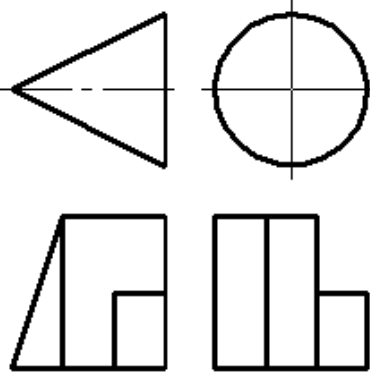
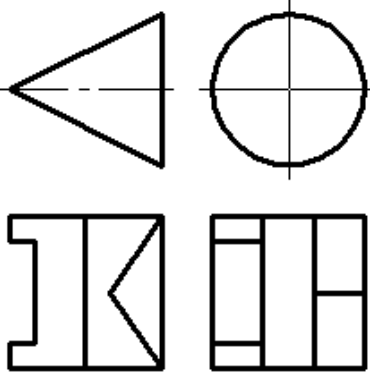
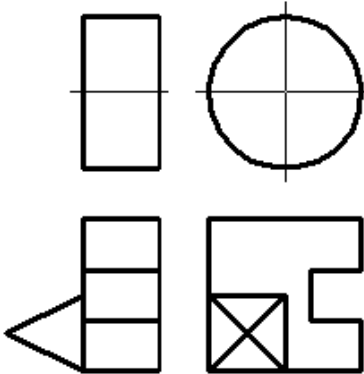
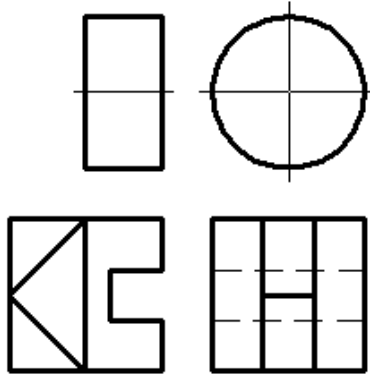
<p>17</p> 	<p>18</p> 
<p>19</p> 	<p>20</p> 
<p>21</p> 	<p>22</p> 
<p>23</p> 	<p>24</p> 

Продовження табл. Е.1

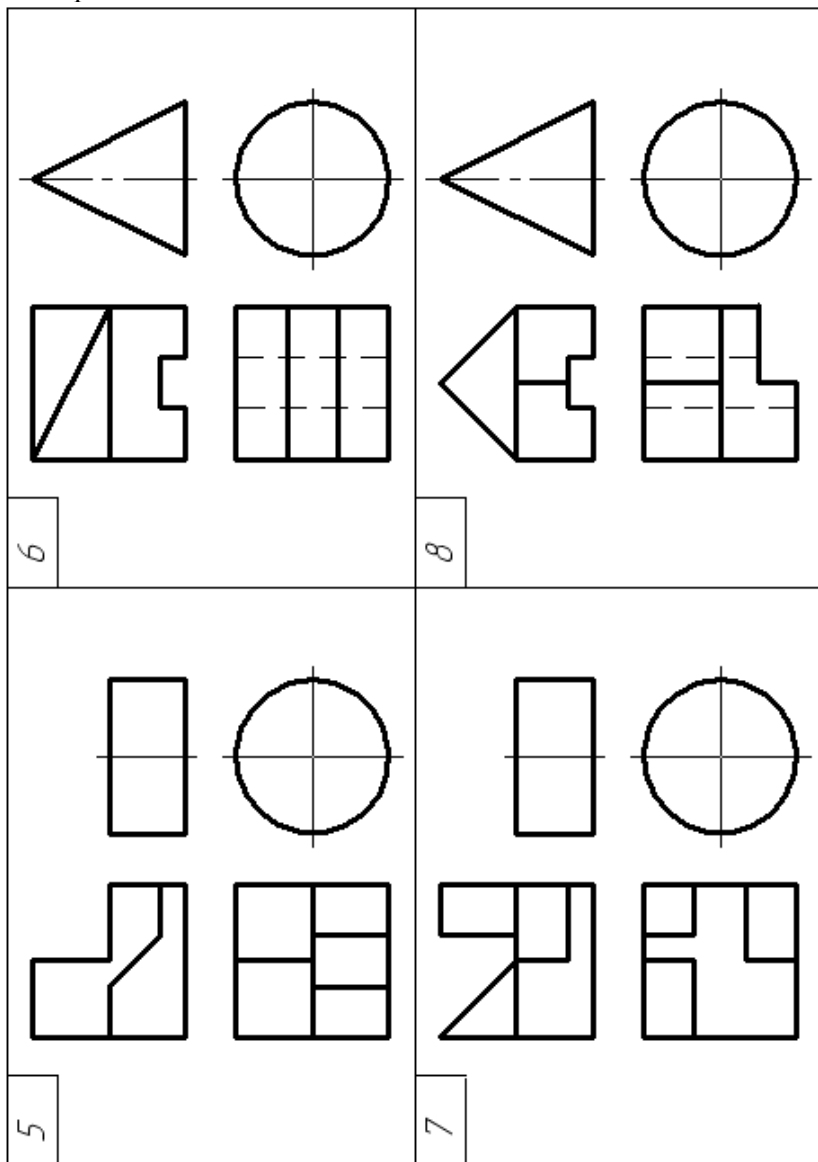
26		28	
25		27	

Додаток Ж

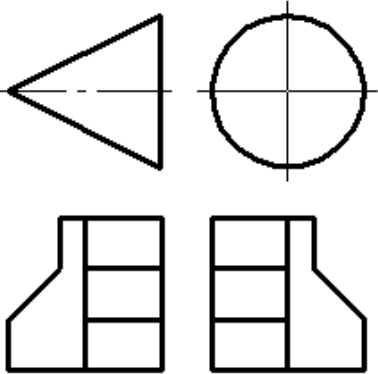
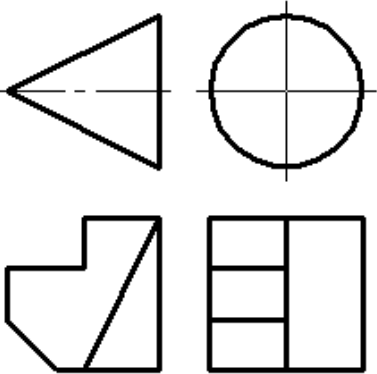
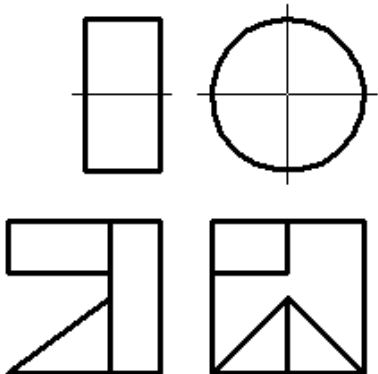
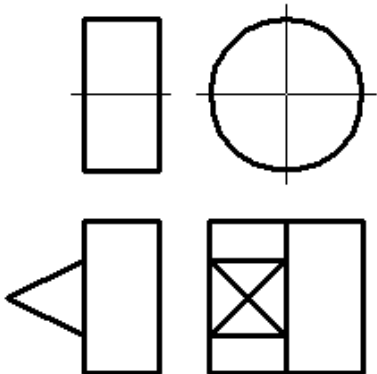
Таблиця Ж.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Перспектива групи тіл»

 <p>2</p>	 <p>4</p>
 <p>1</p>	 <p>3</p>

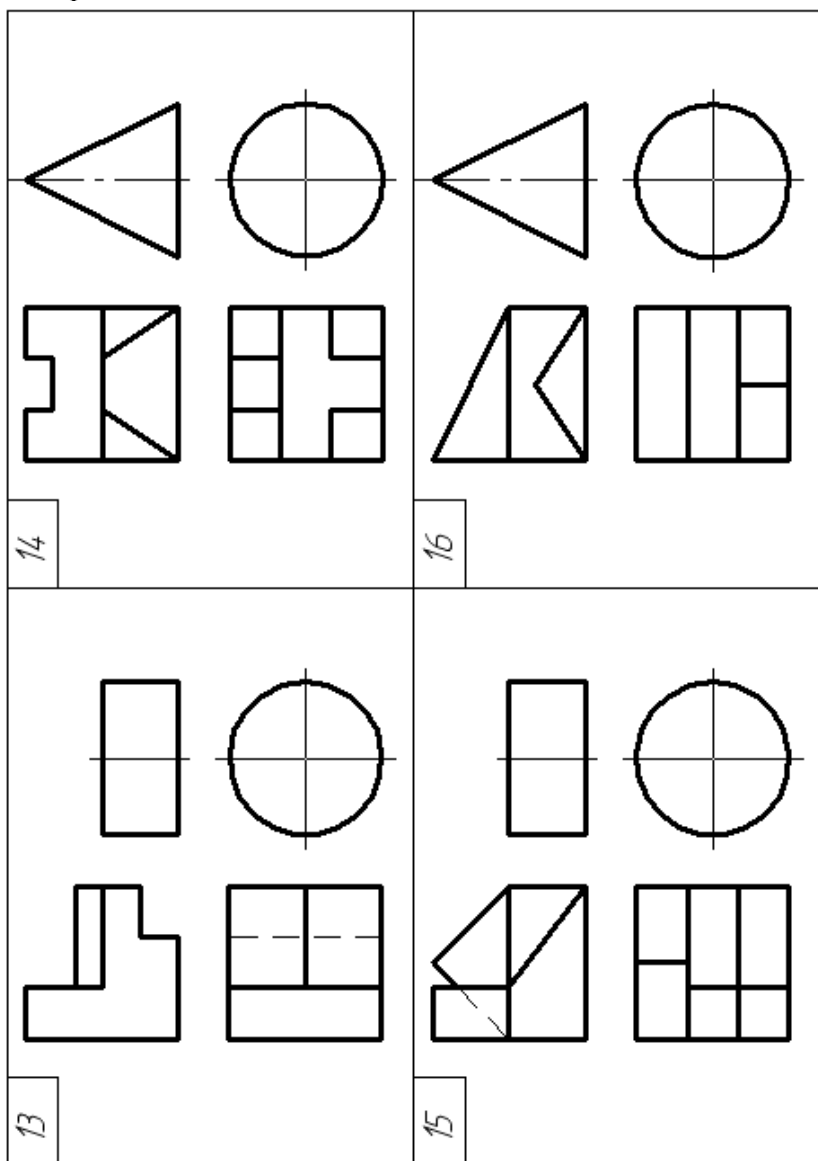
Продовження табл. Ж.1



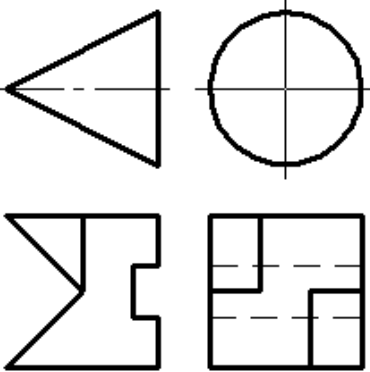
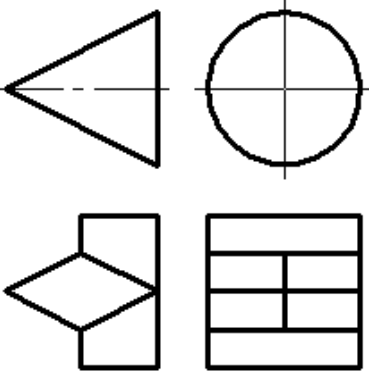
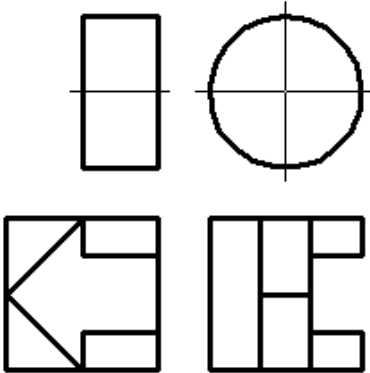
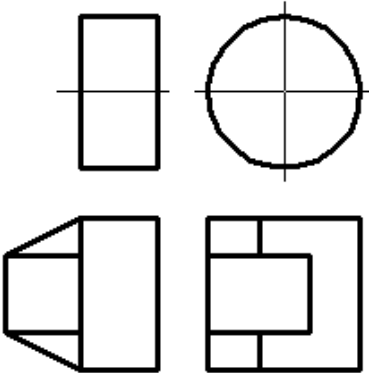
Продовження табл. Ж. 1

 <p>10</p>	 <p>12</p>
 <p>9</p>	 <p>11</p>

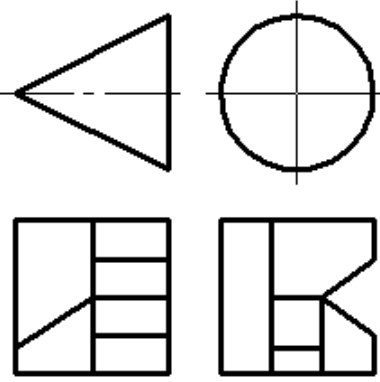
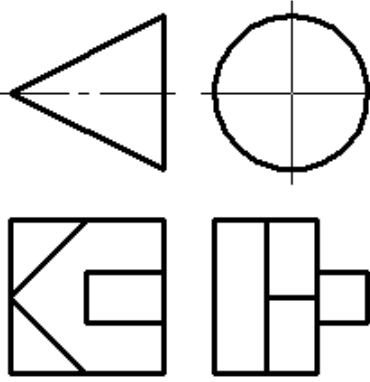
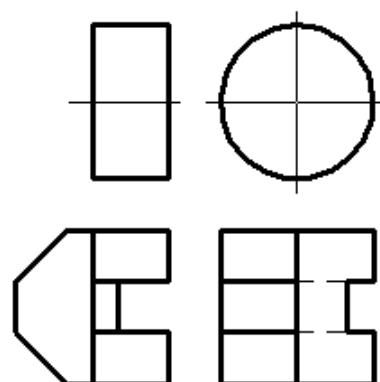
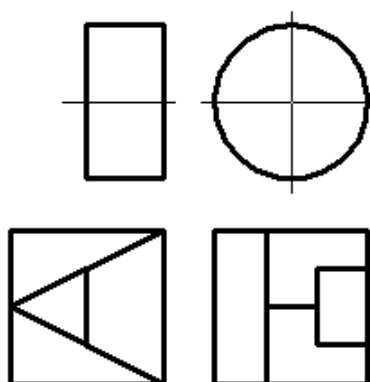
Продовження табл. Ж.1



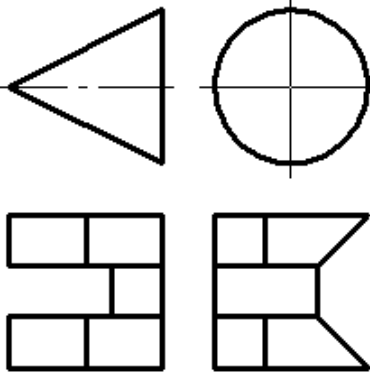
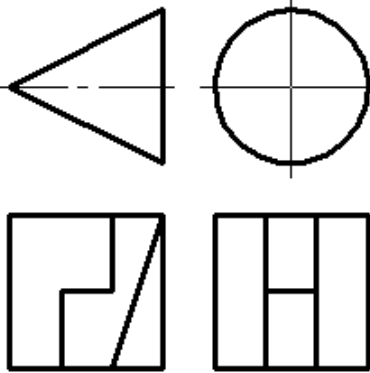
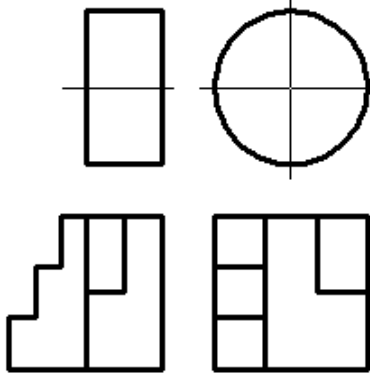
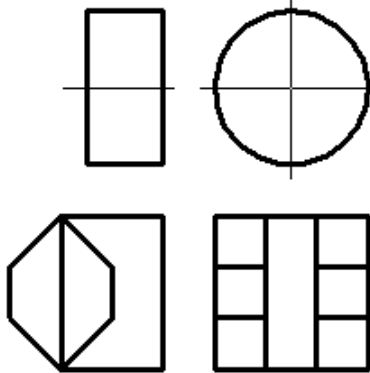
Продовження табл. Ж.1

 <p>18</p>	 <p>20</p>
 <p>17</p>	 <p>19</p>

Продовження табл. Ж.1

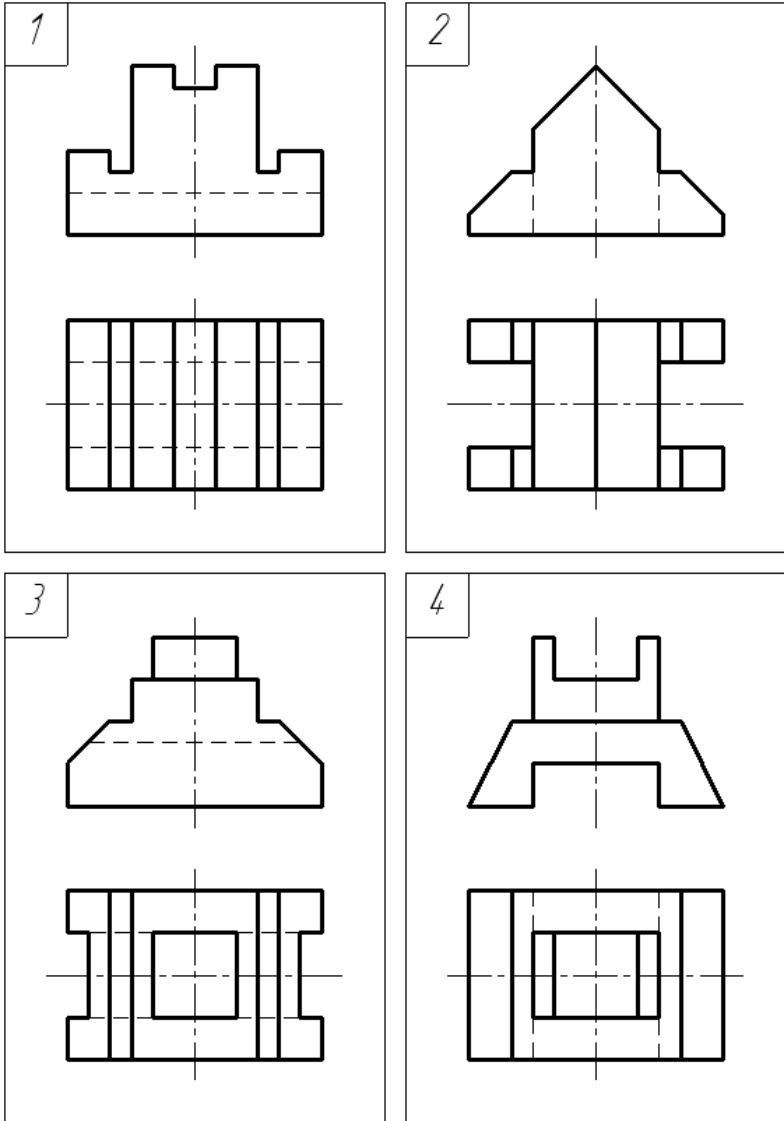
 <p>22</p>	 <p>24</p>
 <p>21</p>	 <p>23</p>

Продовження табл. Ж.1

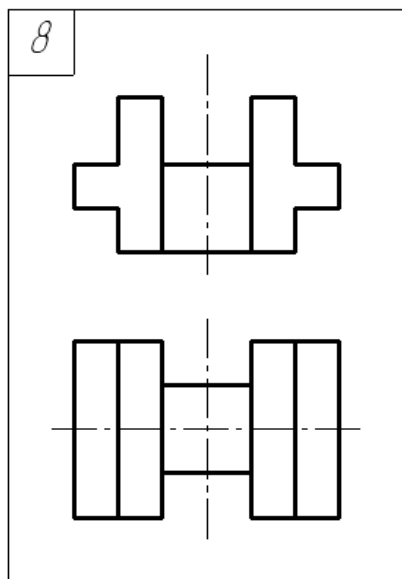
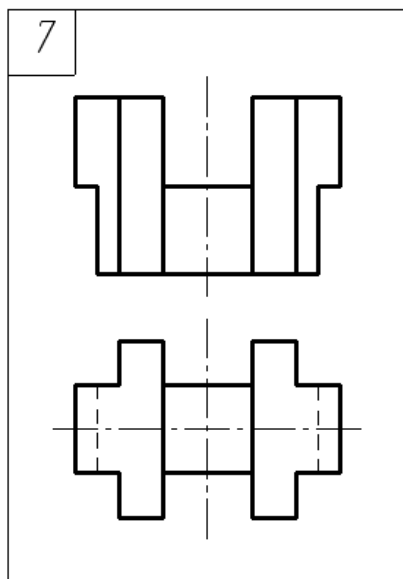
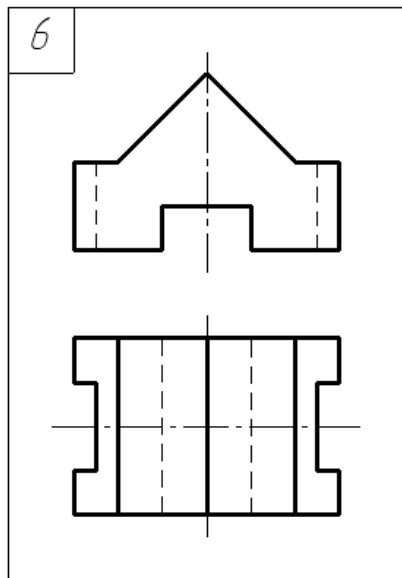
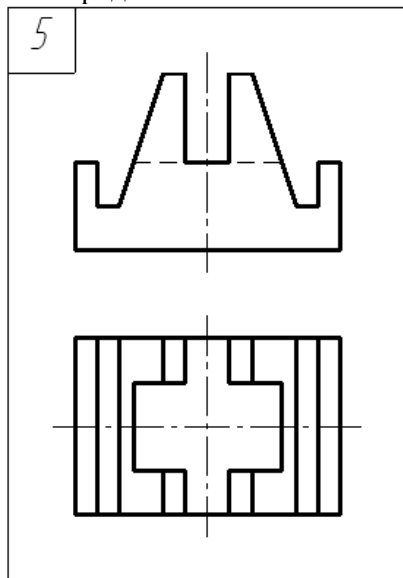
 <p>26</p>	 <p>28</p>
 <p>25</p>	 <p>27</p>

Додаток 3

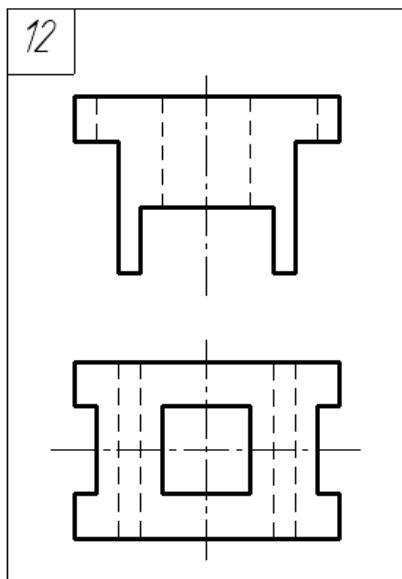
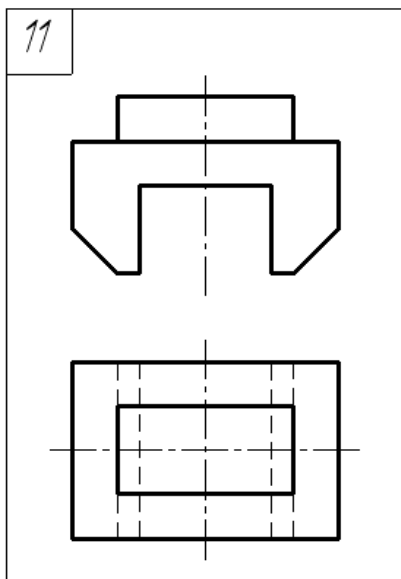
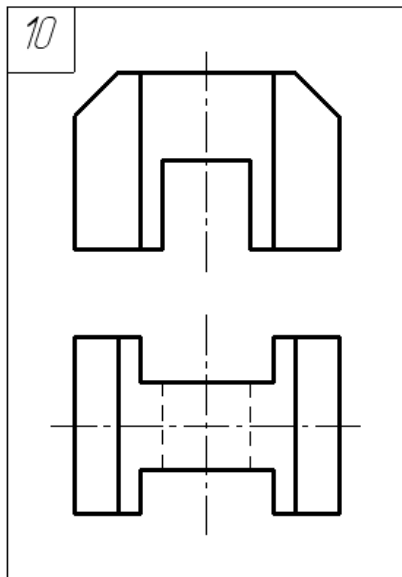
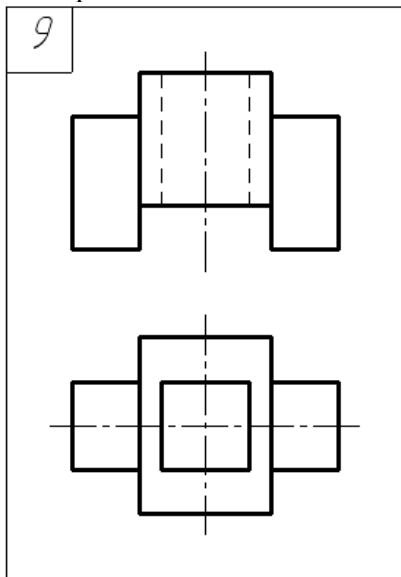
Таблиця 3.1 – Варіанти завдань до практичного завдання
«Перспектива моделі способом архітекторів»



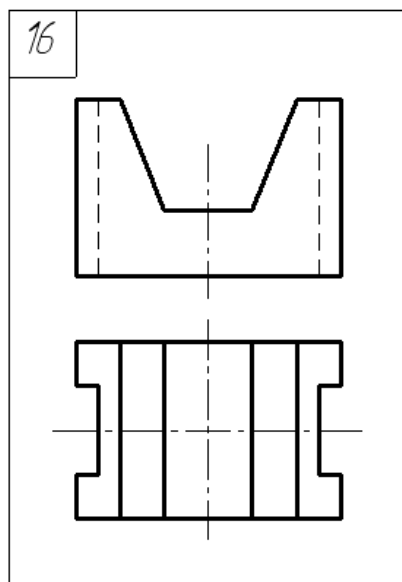
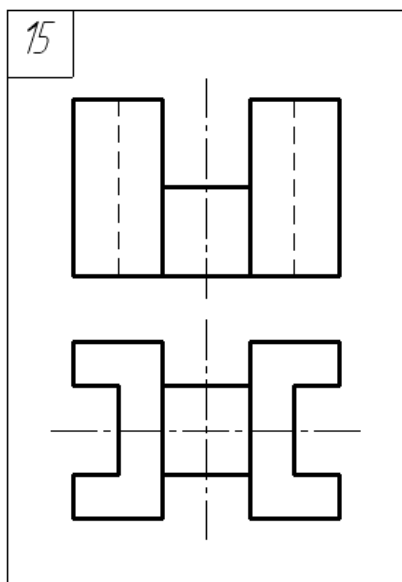
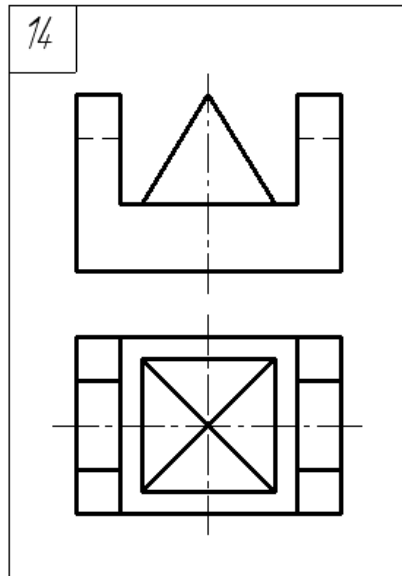
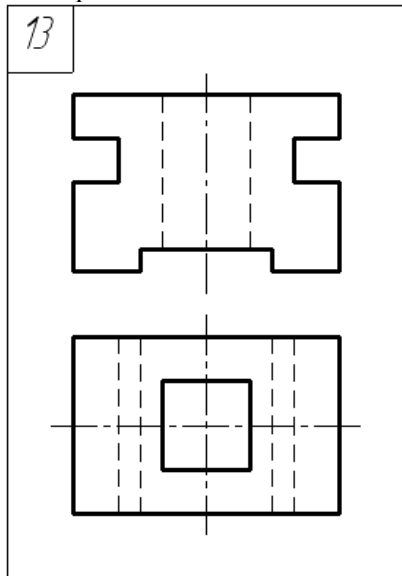
Продовження табл.3.1



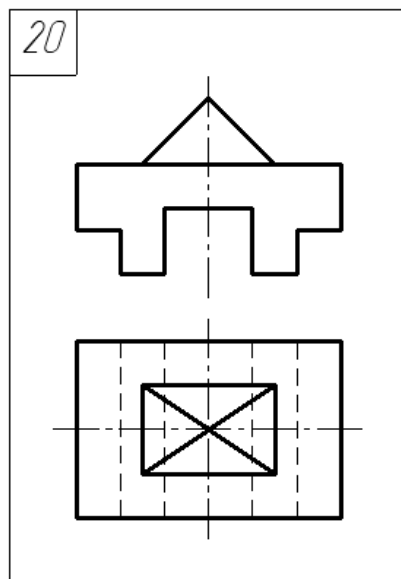
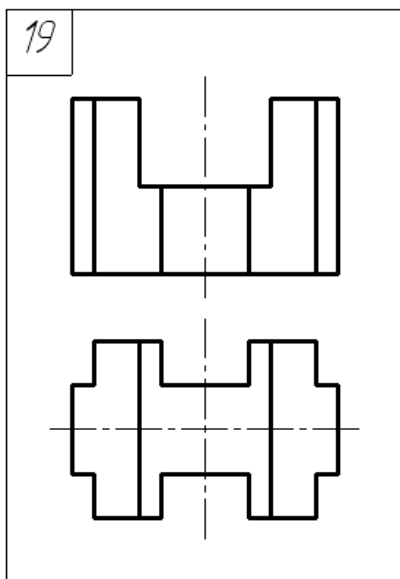
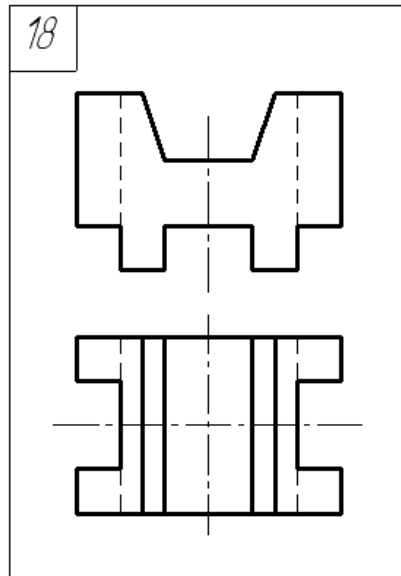
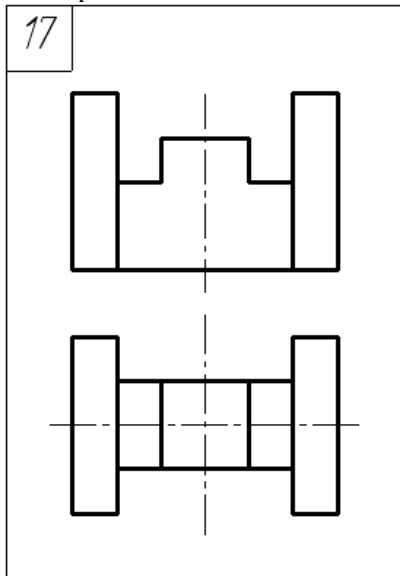
Продовження табл.3.1



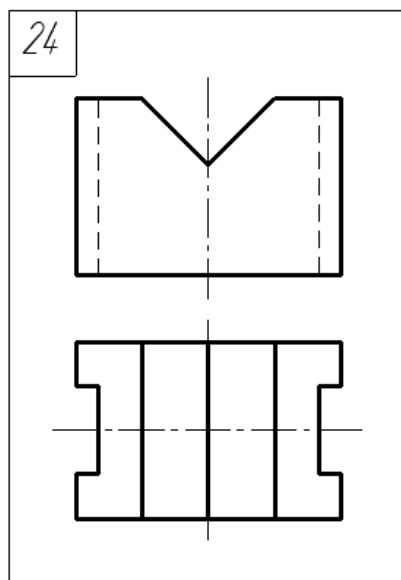
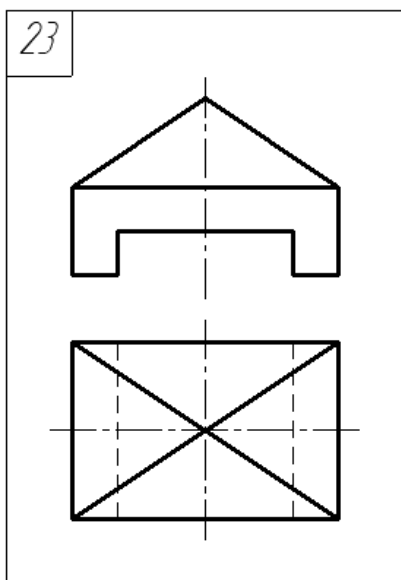
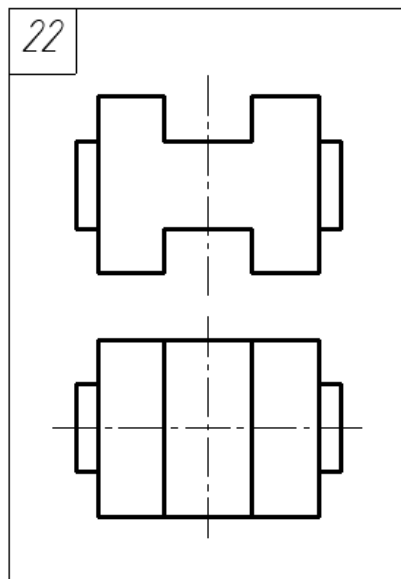
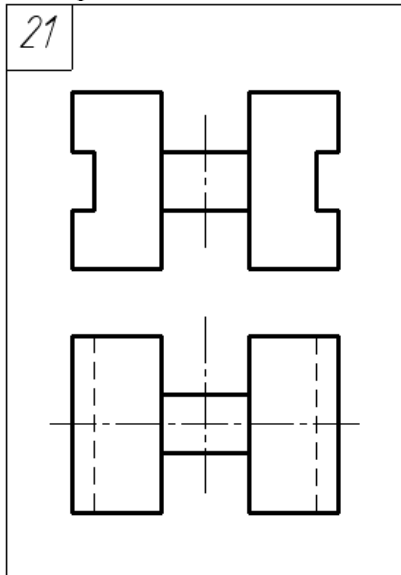
Продовження табл.3.1



Продовження табл.3.1

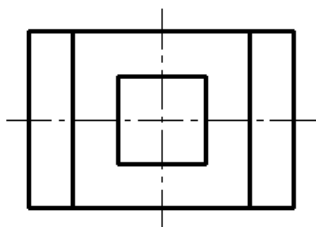
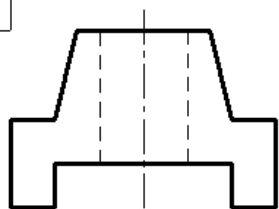


Продовження табл.3.1

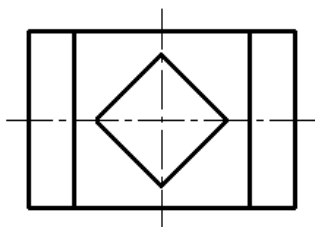
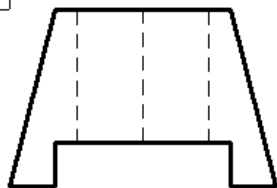


Продовження табл.31

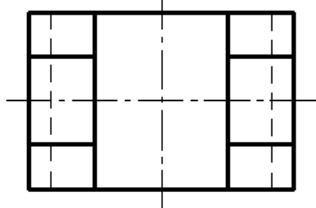
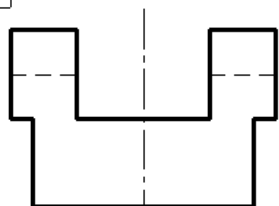
25



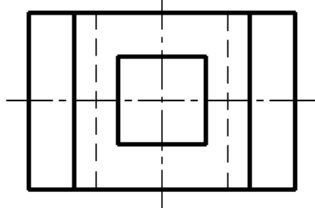
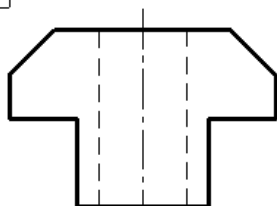
26



27



28



Навчальне видання

Шаломєєв В.А., Бовкун С.А.,
Скоробогата М.В., Корнієнко О.Б.

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОВЕРХОНЬ В МАШИНОБУДУВАННІ

Навчальний посібник

В авторській редакції

Формат 60x84/16. Ум.-друк. арк. 18,02.
Папір офсетний, 80 г/м. кв. Друк цифровий.
Тираж 100 прим.

Видавець і виготівник ПП «Євро-Волинь»
м. Житомир вул. Крошенська, буд. 45, кв. 34
Свідоцтво серія ДК № 7208 від 07.12.2020

