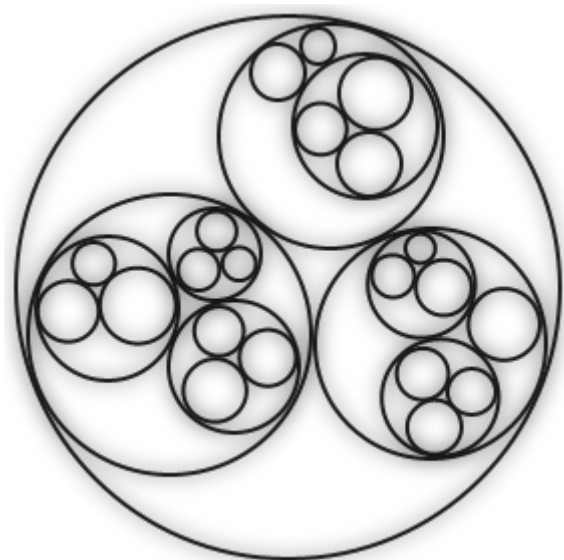


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**В. І. ЛУСЬ**

# **НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА МАШИННА ГРАФІКА**

Навчальний посібник



**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

УДК 514.18:744.4(075.8)

Л86

*Автор*

*Лусь Володимир Іванович*, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри основ архітектурного проектування Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

*Рецензент*

*Ю. М. Тормосов*, професор, доктор технічних наук, професор кафедри холодильної та торгівельної техніки і прикладної механіки Харківського державного університету харчування та торгівлі

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Харківського національного університету міського господарства  
імені О. М. Бекетова, протокол №7 від 29.01.2016.*

**Лусь В. І.**

Л86 Нарисна геометрія, інженерна та машинна графіка : навч. посібник / В. І. Лусь ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 223 с.

Посібник містить теоретичні основи побудови креслень геометричних фігур (елементи нарисної геометрії), а також практичні прийоми виконання і оформлення креслень виробів відповідно до ЄСКД. Призначено для студентів технічних спеціальностей: 192 – Будівництво та цивільна інженерія, 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології, 183 – Технології захисту навколишнього середовища, 185 – Нафтогазова інженерія та технології, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 263 – Цивільна безпека та інших, які вивчають курс «Інженерна графіка», 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології.

© В. І. Лусь, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>1 МЕТОД ПРОЕКЦІЙ. ТОЧКА</b> .....	<b>10</b>
1.1 Апарат і види проектування .....	10
1.2 Основні властивості паралельного проектування .....	11
1.3 Зворотність креслення. Координати точки. Комплексне креслення точки .....	12
1.4 Закони проєкційного зв'язку .....	13
1.5 Точки загального і особливого положення.....	13
1.6 Тест для поточного контролю по темі «Точка».....	14
1.7 Задачі .....	15
<b>2 ЛІНІЇ</b> .....	<b>17</b>
2.1 Пряма лінія .....	17
2.1.1 Завдання прямої лінії на кресленні. Визначник прямої .....	17
2.1.2 Положення прямої лінії у просторі.....	18
2.1.3 Точка на прямій .....	21
2.1.4 Взаємне положення прямих .....	21
2.2 Криві лінії.....	22
2.2.1 Плоскі криві .....	22
2.2.2 Просторові криві.....	23
2.3 Тест для поточного контролю по темі «Лінії».....	25
2.4 Задачі .....	26
<b>3 ПЛОЩИНА</b> .....	<b>29</b>
3.1 Способи завдання площини на комплексному кресленні .....	29
3.2 Положення площини відносно площин проєкцій.....	29
3.2.1 Площини окремого положення.....	30
3.3 Пряма і точка в площині.....	32
3.4 Паралельність і перпендикулярність прямої і площини .....	33
3.5 Паралельність і перпендикулярність двох площин .....	34
3.6 Тест для поточного контролю по темі «Площина» .....	35
3.7 Задачі .....	36
<b>4 ПОВЕРХНІ</b> .....	<b>39</b>
4.1 Способи утворення і завдання поверхонь.....	39
4.1.1 Нарис поверхні .....	40
4.2 Класифікація поверхонь .....	40
4.2.1 Лінійчаті поверхні .....	40
4.2.2 Поверхні обертання .....	42
4.2.3 Гвинтові поверхні.....	45
4.3 Тест для поточного контролю по темі «Поверхні» .....	46
4.4 Задачі .....	48
<b>5 СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ</b> .....	<b>51</b>
5.1 Основні положення.....	51
5.2 Спосіб заміни площин проєкцій.....	51
5.2.1 Розв'язання чотирьох основних задач перетворення комплексного креслення способом заміни площин проєкцій.....	52
5.3 Спосіб плоско-паралельного переміщення.....	56

5.3.1 Розв'язування першої і другої задач перетворення креслення способом плоско-паралельного переміщення.....	56
5.3.2 Розв'язання третьої і четвертої задач перетворення комплексного креслення способом плоско-паралельного переміщення .....	56
5.4 Спосіб обертання навколо проектуючої прямої. Розв'язання першої основної задачі перетворення комплексного креслення.....	57
5.5 Алгоритми розв'язання типових метричних задач нарисної геометрії способом заміни площин проекцій .....	57
5.5.1 Визначення відстаней .....	57
5.5.2 Визначення кутів.....	60
5.6 Тест для поточного контролю по темі «Способи перетворення комплексного креслення».....	61
5.7 Задачі.....	62
<b>6 ТЕОРІЯ ТА АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ НА ВЗАЄМНИЙ ПЕРЕТИН ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ .....</b>	<b>67</b>
6.1 Алгоритм розв'язання задач на перетин геометричних об'єктів, які займають проектує положення .....	67
6.2 Алгоритми розв'язання задач на перетин проектуючого геометричного об'єкта з геометричним об'єктом загального положення.....	67
6.2.1 Переріз поверхонь проектуючою площиною .....	68
6.2.2 Конічні перерізи .....	69
6.2.3 Перерізи циліндричної поверхні .....	70
6.2.4 Перерізи сферичної поверхні .....	71
6.2.5 Переріз многогранника проектуючою площиною .....	72
6.3 Тест для поточного контролю по темі «Перетин проектуючих геометричних об'єктів» .....	74
6.4 Задачі.....	76
6.5 Алгоритми розв'язання задач на перетин геометричних об'єктів за допомогою посередників.....	78
6.5.1 Алгоритм розв'язання першої позиційної задачі за допомогою посередників .....	79
6.5.2 Алгоритм розв'язання другої позиційної задачі способом січних площин .....	80
6.5.3 Алгоритм розв'язання другої позиційної задачі за допомогою січних сфер.....	83
6.6 Деякі особливі випадки взаємного перетину поверхонь другого порядку .....	84
6.7 Дотик, як особливий випадок перетину геометричних об'єктів .....	85
6.8 Тест для поточного контролю по темі «Перетин геометричних об'єктів загального положення».....	88
6.9 Задачі.....	90
<b>7 РОЗГОРТКА ПОВЕРХОНЬ .....</b>	<b>95</b>
7.1 Загальні поняття про розгортку поверхонь .....	95
7.1.1 Основні властивості розгортки поверхонь .....	95
7.2 Розгортки прямих кругових конусів і циліндрів .....	96
7.3 Способи побудови розгорток .....	96
7.3.1 Спосіб триангуляції .....	96
7.3.2 Спосіб нормального перерізу .....	97
7.4 Умовні розгортки нерозгортних поверхонь .....	98

7.5	Тест для поточного контролю по темі «Розгортка поверхонь» .....	100
7.6	Задачі .....	102
<b>8</b>	<b>ПРОЕКЦІЇ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ.....</b>	<b>104</b>
8.1	Проекції точки.....	104
8.2	Проекції прямої .....	104
8.2.1	Положення прямих у просторі .....	106
8.3	Проекції площини.....	107
8.4	Взаємне розташування двох площин, прямої і площини.....	108
8.5	Поверхні в проекціях з числовими позначками.....	109
8.6	Перетин топографічної поверхні з площиною.....	110
8.7	Тест для поточного контролю по темі «Проекції з числовими позначками».....	114
8.8	Задачі .....	116
<b>9</b>	<b>ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ КУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ.....</b>	<b>120</b>
9.1	Порядок вивчення курсу.....	120
9.2	Рекомендації по виконанню креслень.....	120
9.2.1	Види .....	122
9.2.2	Розрізи.....	124
9.2.3	Перерізи .....	126
9.3	Виносні елементи.....	127
9.4	Основні правила нанесення розмірів .....	128
9.5	Аксонетричні проекції. Загальні поняття .....	130
9.5.1	Стандартні аксонетричні проекції.....	132
9.6	Компоновка креслення .....	133
<b>10</b>	<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РГР.....</b>	<b>135</b>
10.1	Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 1 .....	135
10.2	Питання для самоперевірки .....	135
10.3	Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 2 .....	138
10.4	Питання для самоперевірки.....	138
10.5	Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 3 .....	143
10.6	Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 4.....	148
10.7	Опис предмету до графічної роботи № 4 .....	149
<b>11</b>	<b>МАШИННА ГРАФІКА. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТРИМІРНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОМПАС-3D ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ .....</b>	<b>152</b>
11.1	Загальні дані про КОМПАС-3D V10.....	152
11.1.1	Призначення КОМПАС-3D V10 .....	152
11.1.2	Основні елементи інтерфейсу КОМПАС-3D V10.....	155
11.1.3	Робота з текстовими файлами.....	162
11.1.4	Робота в режимі 2D проектування .....	163
11.1.5	Приклад створення креслення деталі.....	164
<b>12</b>	<b>ТРИВИМІРНЕ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ .....</b>	<b>177</b>
12.1	Основні принципи роботи в режимі «Деталь» .....	177
12.2	Побудова 3D-моделей простих геометричних тіл .....	181
12.2.1	Операція витискування .....	182
12.2.2	Операція обертання .....	183

12.2.3	Кінематична операція .....	184
12.2.4	Операція по перерізах .....	187
12.3	Переріз геометричного тіла площиною окремого положення .....	187
12.3.1	Побудова 3D-моделі .....	188
12.3.2	Створення асоціативних видів моделі .....	192
12.3.3	Перехід від 3D- моделі до креслення .....	192
12.3.4	Визначення натуральної величини перерізу .....	193
12.4	Перетин поверхонь .....	195
12.4.1	Побудова сфери .....	195
12.4.2	Побудова призми .....	195
12.4.3	Побудова креслення по 3D-моделі .....	197
<b>13</b>	<b>ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ .....</b>	<b>199</b>
13.1	Створення 3D-моделі .....	199
13.2	Перехід від 3D-моделі до креслення .....	205
13.3	Побудова необхідних розрізів .....	206
<b>14</b>	<b>ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ .....</b>	<b>209</b>
14.1	Практичне заняття 1. Виконання креслення деталі в трьох проекціях .....	209
14.2	Практичне заняття 2. Переріз геометричного тіла площиною .....	210
14.3	Практичне заняття 3. Перетин двох поверхонь .....	215
14.4	Практичне заняття 4. Проекційне креслення: види, розрізи, перерізи .....	219
	<b>СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>222</b>

## ВСТУП

У першому семестрі студенти вивчають теоретичні основи геометричного формування, побудови і взаємного перетину просторових моделей, необхідних у подальшому для виконання і читання креслень, розроблення конструкторської документації і практичного розв'язування задач різного призначення.

Цілі і задачі дисциплін «Нарисна геометрія» та «Інженерна графіка» для даного етапу навчання формулюються, зважаючи на вимоги стандартів нового покоління щодо формування основних компетенцій:

### 1) загальнокультурних:

- усвідомлення необхідності, потреба і здібність до навчання;
- здібність працювати самостійно;
- здібність до пізнавальної діяльності;
- здібність до абстрактного і критичного мислення;

### 2) професійних:

- здібність до розроблення і використання графічної інформації;
- участь в інженерних розробках у складі колективу.

**Інженерна графіка** – одна з дисциплін, які становлять основу підготовки фахівців з інженерно-технічних спеціальностей.

**Мета вивчення інженерної графіки** – отримати знання і навички виконання та читання зображень предметів на основі методу прямокутного проектування, виконаних відповідно до стандартів ЄСКД, навчитися користуватися стандартами і довідковими матеріалами, отримати навички техніки виконання креслень різних виробів.

Інженерна графіка є першим ступенем навчання студентів, на якій вивчаються початкові правила виконання й оформлення конструкторської документації.

Нині у зв'язку з розвитком нових комп'ютерних технологій все ширше використовуються методи тривимірного (**3D**) моделювання. Переваги такого моделювання порівняно з двомірними (**2D**) стають усе очевиднішими, оскільки **3D**-моделювання дозволяє створювати тривимірні моделі не тільки окремих деталей, але й різних вузлів, механізмів і агрегатів.

Уміння створювати **2D**-креслення і **3D**-моделі є необхідною умовою для здійснення будь-якого процесу проектування. Для цього є ефективні засоби графічного редактора **КОМПАС-3D v10** (надалі – **КОМПАС**), які дозволяють досить легко створювати складні тривимірні моделі. У процесі проектування конструктор має можливість виконувати розрізи і перерізи безпосередньо на **3D**-моделях, додавати або прибирати окремі конструктивні елементи. Особливо зручна можливість тимчасово вимикати відображення різних елементів під час створення тривимірних моделей складальних вузлів.

Після створення тривимірної моделі у конструктора є можливість отримання її плоского креслення засобами **2D**-проектування, що дає можливість скоротити час проектування і уникнути зайвої трудомісткості виконання креслення. Водночас потрібно внести необхідну кількість зображень моделі (деталі) у пам'ять комп'ютера, запам'ятати переріз в його дійсну (натуральну) величину, застосувати необхідні розрізи. Плоске креслення створюється автоматично за вказівки вибраних зображень. Для доопрацювання отриманого креслення застосовуються вбудовані в систему **КОМПАС** засоби **2D**-креслення,

такі як проставлення розмірів, позначення розрізів, перерізів, номерів позицій на складальному кресленні, заповнення граф специфікації і основного напису.

Асоціативний зв'язок тривимірних і плоских креслень **КОМПАС** дозволяє абсолютно точно відбити будь-яку зміну тривимірної моделі на усіх видах плоского креслення. Це дає змогу вносити зміни в проект і створювати інваріанти деталей і усього виробу в цілому. **КОМПАС** має можливість визначення фізичних характеристик моделей, а саме: об'єм, площа поверхні, масу при завданні матеріалу виробів і так далі. Вбудовані модулі системи **КОМПАС** дозволяють створювати ливарні форми, працювати з деталями з листового металу, проектувати трубопроводи і багато що інше.

**Метою** вивчення дисципліни є розвиток у студентів здібності абстрактного просторового мислення і формування умінь і навичок зображення просторових об'єктів на площині, а також розвиток здатності розробляти графічну документацію.

**Завдання дисципліни:**

- навчити студентів методам проектування, виробити в них навички та вміння використати їх при рішенні практичних завдань;
- навчити студентів зображенню різних об'єктів простору на двовимірних носіях, умінню визначати положення об'єктів в просторі і їх взаємне розташування;
- вивчити алгоритми побудови елементів взаємного перетину різних геометричних об'єктів;
- виробити вміння працювати з використанням систем автоматизованого проектування;
- навчити створювати **2D**-креслення і **3D**-моделі.

У результаті освоєння дисципліни студент повинен:

**а) мати уявлення:**

- про значення нарисної геометрії, інженерної та машинної графіки для майбутньої професійної діяльності;
- внесок вітчизняних учених у розвиток цих дисциплін;
- вибір раціональних способів вирішення просторових геометричних завдань на плоскому кресленні.

**б) знати:**

- метод проєкцій;
- способи утворення різних об'єктів простору та їхнього зображення на плоских носіях;
- алгоритми розв'язання позиційних задач;
- алгоритми розв'язання метричних задач.

**в) уміти:**

- зображувати геометричні об'єкти простору та різні поєднання геометричних форм на двовимірних носіях;
- визначати форму і положення об'єктів у просторі за їхніми проєкціями;
- розв'язувати позиційні і метричні задачі різними способами;
- розв'язувати задачі в проєкціях із числовими позначками;
- будувати машинні креслення з використанням сучасних **САПР**.

**Указівки із роботи з посібником**

Навчальний посібник є індивідуальним засобом навчання, тому студент повинен перед першим заняттям приготувати його для використання: придбати друкований



примірник і зробити копію готового видання або знайти і скопіювати електронний варіант з цифрової репозиторію сайту Університету, а потім роздрукувати його самостійно. Формат посібника – **A4**.

Записи під час лекції виконуються на вільному місці в кожному розділі ручкою, креслення-заготівлі доповнюються олівцем (**ТМ, НВ**). Задачі розв'язуються прямо на кресленні-заготівці тільки **олівцем**.

Для самоперевірки отриманих знань перед майбутнім практичним заняттям студентові необхідно самостійно відповісти на питання контрольних тестів, поданих після кожного лекційного розділу. Короткі відповіді записувати ручкою в спеціальну таблицю, подану наприкінці кожного тесту.

Для набуття умінь і навичок розв'язання задач із нарисної геометрії студентові необхідно виконати в кожному розділі обов'язковий набір завдань, кожне з яких оцінюється певною кількістю балів. Вартість завдань у балах зазначає викладач на початку кожного заняття і записує в спеціальні таблиці наприкінці розділу. Завдання із зірочкою (\*) є необов'язковими, додатковими, і за них нараховуються «призові» бали. Задачі розв'язуються самостійно тільки на практичних заняттях під контролем викладача. Викладач разом із студентами розбирає алгоритм розв'язання задачі і пояснює незрозумілі моменти, якщо такі є. Студент зобов'язаний ретельно готуватися до практичних занять за лекціями і за запропонованими літературними джерелами. На початку кожного заняття проводиться тестовий контроль або опитування. Упродовж семестру студент виконує графічні роботи на листах креслярського паперу, а також проводяться аудиторні рубіжні контрольні роботи із вивченого блоку тем (модулю).

Наприкінці семестру складається іспит (диференційований залік). Студенти, які набрали максимально-можливу кількість балів (90 – 100) звільняються від іспиту (заліку), а студенти, які набрали мало балів, виконують додаткові завдання.

# 1 МЕТОД ПРОЕКЦІЙ. ТОЧКА

Усі предмети, що оточують людину, характеризуються такими загальними ознаками як форма, розміри й положення у просторі. Простір та існуючі в ньому предмети – об'єкти – можна представити у вигляді безлічі елементарних геометричних образів: точок, ліній, що є деяким ключем графічної інформації про властивості об'єкта, для передачі якої потрібний спосіб так званого графічного спілкування. Сукупність засобів і дій для передачі графічної інформації утворюють апарат графічного спілкування. Для того щоб уявити такий апарат, спочатку необхідно ознайомитися з основними поняттями нарисної геометрії. Такими поняттями є: геометричний простір, геометричний образ (об'єкт), відображення.

**Геометричний простір** розглядається як безліч точок. Він може бути 0-мірним (точка), одновимірним (пряма), двовимірним (площина), тривимірним (об'ємна фігура),  $n$  – мірним. Із точок простору формуються геометричні образи: лінії, площини, поверхні.

**Геометричний образ (об'єкт)** – це безліч точок, виділених із простору і підлеглих певним умовам.

**Відображення** – це правило, яке встановлює принцип однозначної відповідності точок тривимірного простору і цілком певних точок двовимірного простору (площини).

Процес відображення геометричних об'єктів тривимірного простору на двовимірному носії – площині за допомогою проєктувальних променів називається проєктуванням. Отримане в результаті проєктування зображення геометричного об'єкта називають його **проєкцією**.

## 1.1 Апарат і види проєктування

Точку називають нуль-вимірним об'єктом. Відобразити точку, означає, побудувати її проєкції (рис. 1.1).

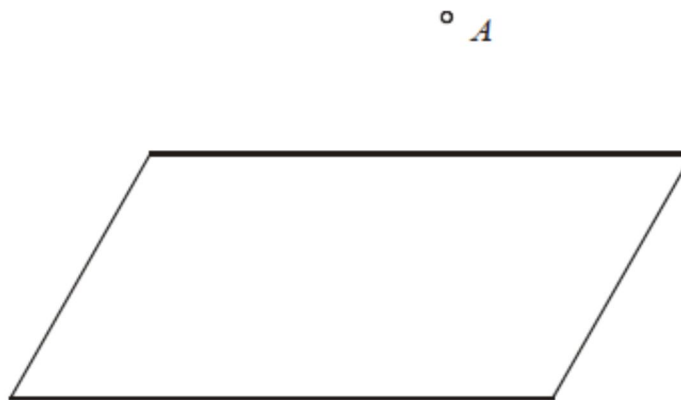


Рисунок 1.1

У апарат проєктування входять:

- об'єкт проєктування – (A);
- площина проєкцій – ( $\Pi_1$ );
- центр проєктування – (S);
- проєктувальний промінь (a);
- проєкція об'єкта – ( $A_1$ ).

Точки в нарисній геометрії позначаються прописними літерами латинського алфавіту: **A, B, C, D** і так далі.

Прямі – рядковими літерами: **a, b, c, d**.

Площини проєкцій позначаються грецькою буквою  $\Pi$  ( $\pi$ ) :  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \dots, \Pi_n$  (рис. 1.2, 1.3).

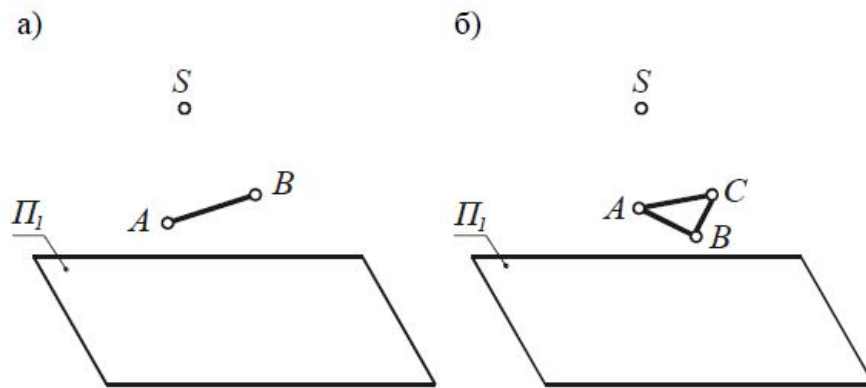


Рисунок 1.2

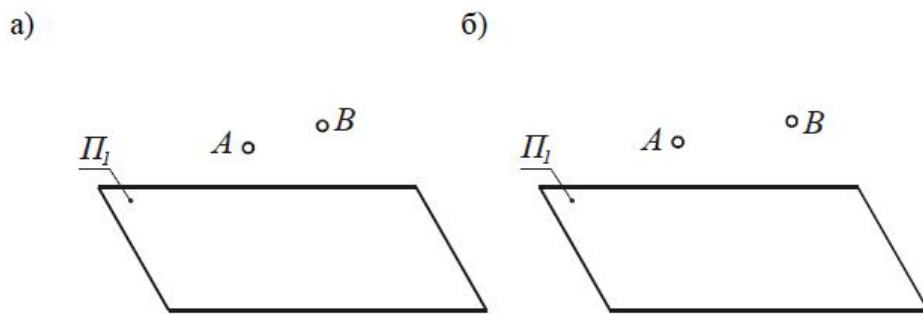


Рисунок 1.3

### 1.2 Основні властивості паралельного проєкування

- точка проєкується в точку, здебільшого – у пряму, плоска фігура – у плоску фігуру, об'ємні тіла – у плоскі фігури.
- проєкції паралельних прямих взаємно паралельні : якщо  $\mathbf{a} \parallel \mathbf{b}$ , то  $\mathbf{a}_1 \parallel \mathbf{b}_1$ .
- якщо точка лежить на прямій, то і проєкція цієї точки лежить на відповідній проєкції цієї прямої: якщо  $\mathbf{D} \in \mathbf{CK}$ , то  $\mathbf{D}_1 \in \mathbf{C}_1\mathbf{K}_1$ .
- відношення проєкцій відрізків прямої дорівнює відношенню відрізків прямою в просторі:  $\mathbf{C}_1\mathbf{D}_1 : \mathbf{D}_1\mathbf{K}_1 = \mathbf{CD} : \mathbf{DK}$  (рис. 1.4).

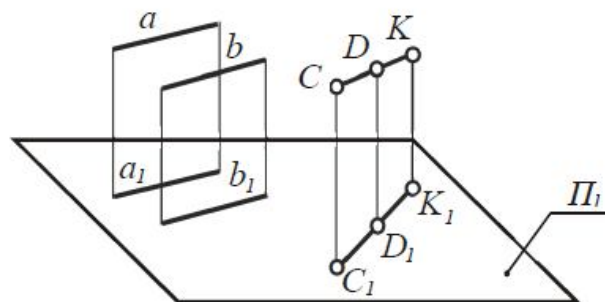


Рисунок 1.4

### 1.3 Зворотність креслення. Координати точки. Комплексне креслення точки

Зворотне креслення – це креслення, що дає змогу однозначно визначати форму, розміри і положення предмета в просторі (рис. 1.5).

$S$  



Рисунок 1.5

Площина  $\Pi_1$  називається горизонтальною площиною проєкцій, площина  $\Pi_2$  – фронтальною, площина  $\Pi_3$  – профільною (рис. 1.6). Лінії їхнього перетину називаються осями проєкцій:  $x = \Pi_1 \cap \Pi_2$ ;  $y = \Pi_1 \cap \Pi_3$ ;  $z = \Pi_2 \cap \Pi_3$ . Точка  $O$  – початок координат (рис. 1.6 і 1.7).

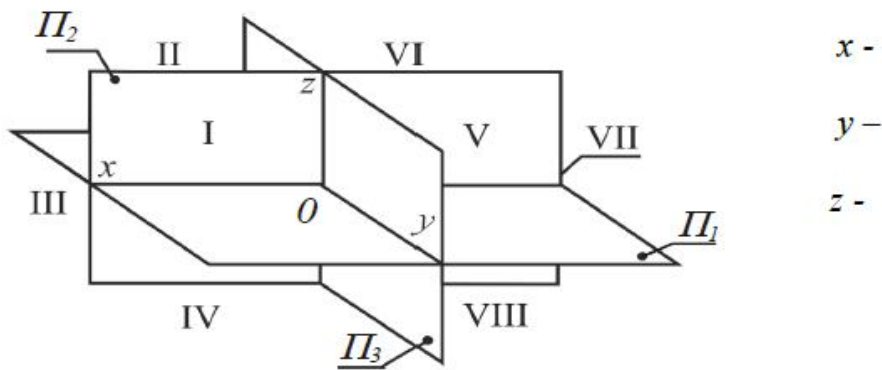


Рисунок 1.6

Координатою точки називається відстань від точки до площини проєкцій.

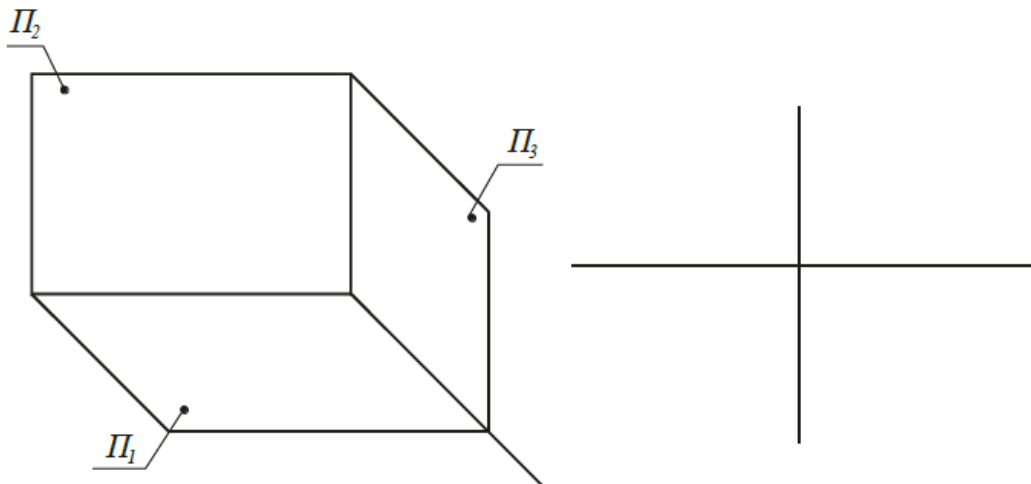


Рисунок 1.7

Лінія  $X_A Y_A Z_A$  називається координатною ламаною лінією. Лінії  $A_1A_2$ ,  $A_2A_3$  і  $A_1A_3$  називаються лініями проєкційного зв'язку.

#### 1.4 Закони проєкційного зв'язку

Горизонтальна і фронтальна проєкції точки  $A - A_1$  і  $A_2$  лежать на одній лінії проєкційного зв'язку, перпендикулярної осі  $x$ . Фронтальна і профільна проєкції точки  $A - A_2$  і  $A_3$  лежать на одній лінії проєкційного зв'язку, перпендикулярної до осі  $Z$ . Горизонтальна і профільна проєкції точки  $A - A_1$  і  $A_3$  лежать на одній лінії проєкційного зв'язку, перпендикулярній до осі  $Y$ .

Відстань від осі  $X$  до горизонтальної проєкції точки  $A - A_1$  дорівнює відстані від осі  $Z$  до профільної проєкції точки  $A - A_3$ .

Креслення, що складається з двох проєкцій об'єкта, називають *двохкартинним* (рис. 1.8).

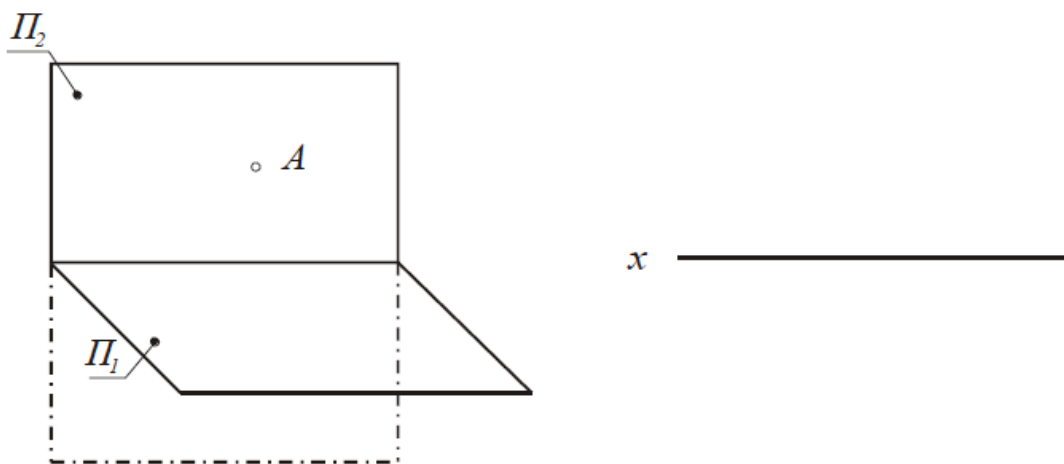


Рисунок 1.8

#### 1.5 Точки загального і окремого положення

Точка як об'єкт відображення може займати різне положення відносно площин проєкцій (рис. 1.9).

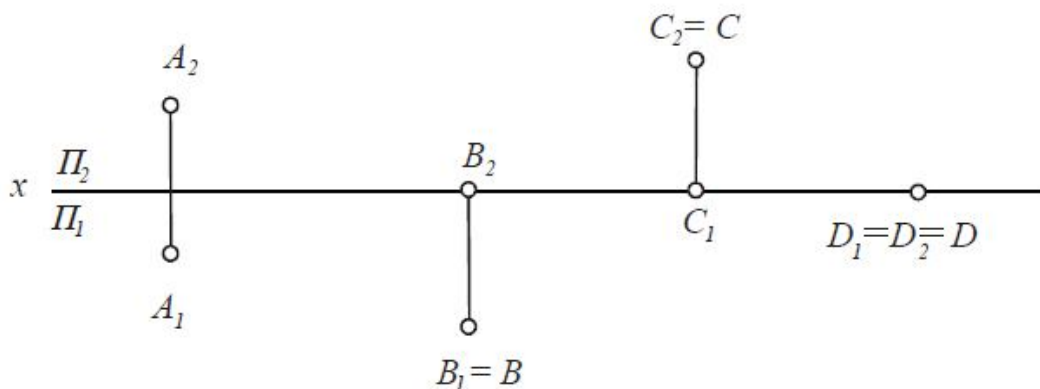


Рисунок 1.9

#### Висновки:

- відображення об'єктів тривимірного простору реалізується методом проєкцій;
- за основний вид проектування прийнятий прямокутний (ортогональний);
- положення точки визначається трьома координатами в просторі або двома проєкціями на кресленні, задати точку – означає, задати її проєкції;

- зображення точки на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій є зворотним кресленням.

### 1.6 Тест для поточного контролю за темою «Точка»

- А. Як називається площина проєкцій  $\Pi_2$ ?  
 Б. Як називається лінія  $A_1A_2$ ?

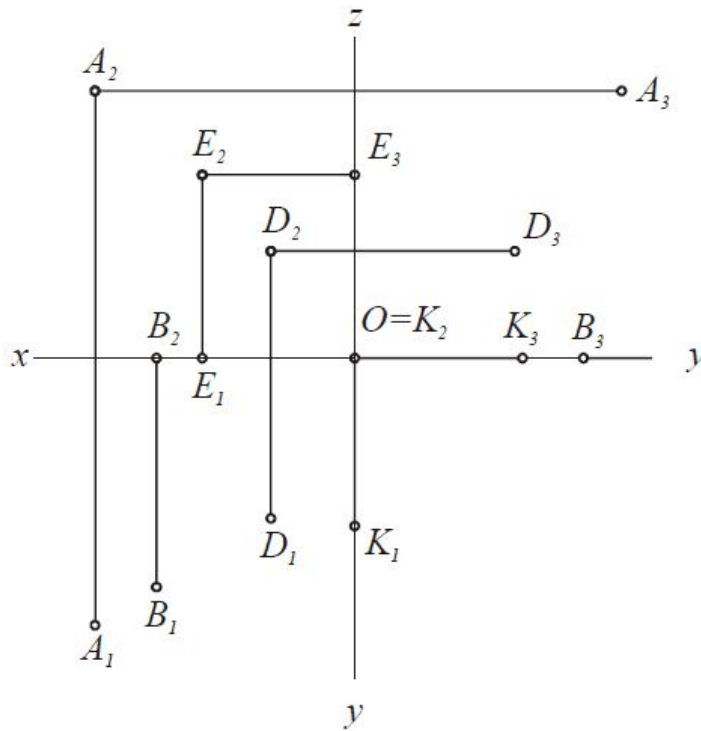


Рисунок 1.10

- В. Яка з точок лежить в горизонтальній площині проєкцій?  
 Г. Яка з точок найбільш віддалена від фронтальної площини проєкцій?  
 Д. Глибина якої точки дорівнює нулю?  
 Е. Які координати визначають точку, що лежить у профільній площині проєкцій:  $X$  і  $Y$ ;  $Y$  і  $Z$ ;  $X$  і  $Z$ ;  $X$ ,  $Y$  і  $Z$ ?  
 Ж. Яка з точок лежить на осі  $Y$ ?

Таблиця відповідей

Запитання	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Відповідь							

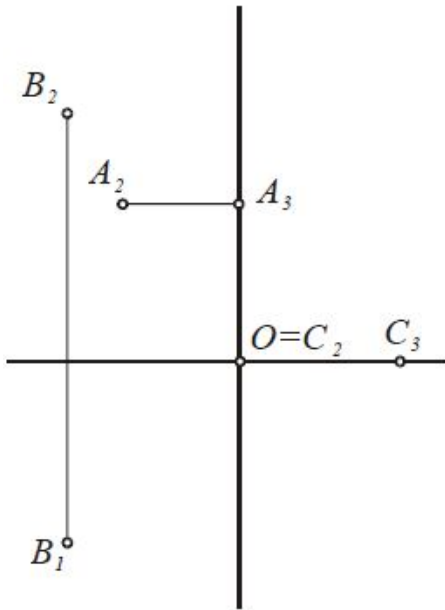


Рисунок 1.11

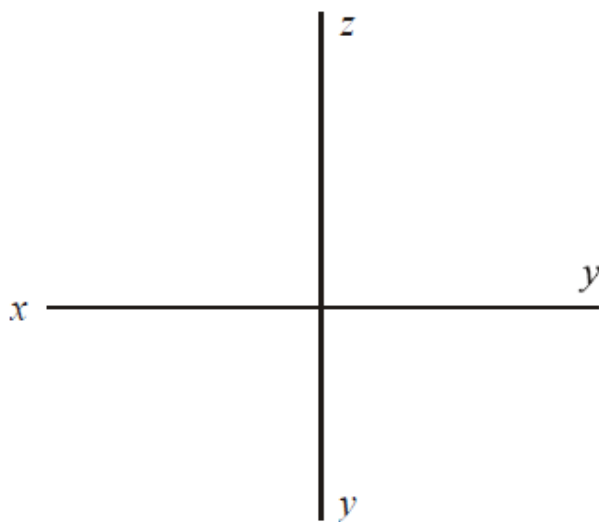


Рисунок 1.12

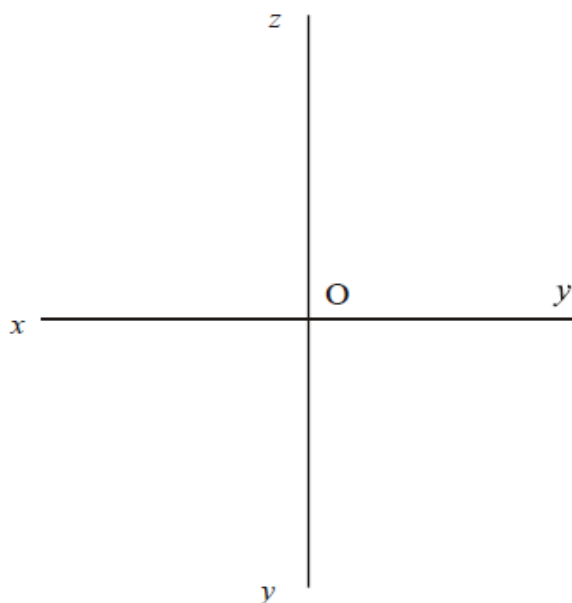


Рисунок 1.13

### 1.7 Задачі

1. На заданому комплексному кресленню точок (рис. 1.11), необхідно:

- позначити осі і площини проекцій;
- добудувати лінії зв'язку проекції заданих точок **A**, **B**, **C**;
- визначити положення точок у просторі відносно площин і осей проекцій.

A- \_\_\_\_\_

B- \_\_\_\_\_

C- \_\_\_\_\_

2. Записати координати точки **A**, віддаленої від **П1** на 30 мм, від **П2** – на 20 мм, від **П3** – на 15 мм. Побудувати комплексне креслення цієї точки (рис. 1.12). A (\_\_\_\_\_).

3. На рисунку 1.13 побудувати проекції:

- точок **A**, **B**, **C** за координатами: **A** (25, 15, 20); **B** (15, 0, 30); **C** (0, 20, 0);
- точки **D0**, розташованої вище точки **A** на 15 мм;
- точки **M**, розташованої на 5 мм далі від **П3**, ніж точка **B**.

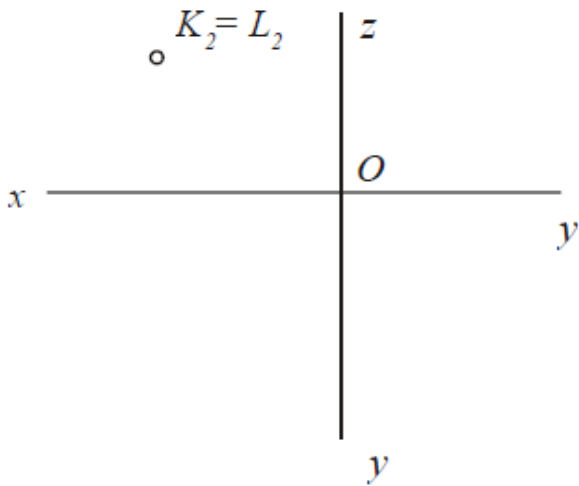


Рисунок 1.14

4. За заданим комплексним кресленням (рис. 1.14), побудувати горизонтальну і профільну проекції точки **K**, віддаленої від  $\Pi_2$  на **20** мм, і точки **L**, що лежить у площині  $\Pi_2$ .



Рисунок 1.15

5. Задані три проекції точки **A** (рис. 1.15). Побудувати осі проекцій, якщо **ZA = 25** мм.

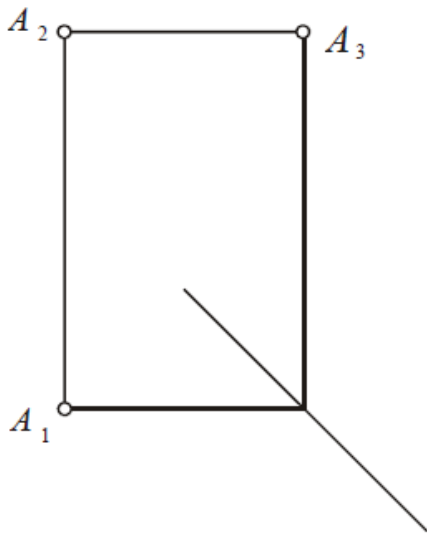


Рисунок 1.16

6. Дано три проекції точки **A** (рис. 1.16). Побудувати проекції точки, яка знаходиться перед точкою **A** на відстані від неї **5** мм, вище за точку **A** на **15** мм і далі від  $\Pi_3$ , ніж точка **A**, на **10** мм.

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
Бали							



## 2 ЛІНІЇ

*Лінія* – це безперервна безліч положень точки, що рухається у просторі. Лінія є одновимірним об'єктом. Форма лінії залежить від напрямку руху точки, що утворює її (рис. 2.1).

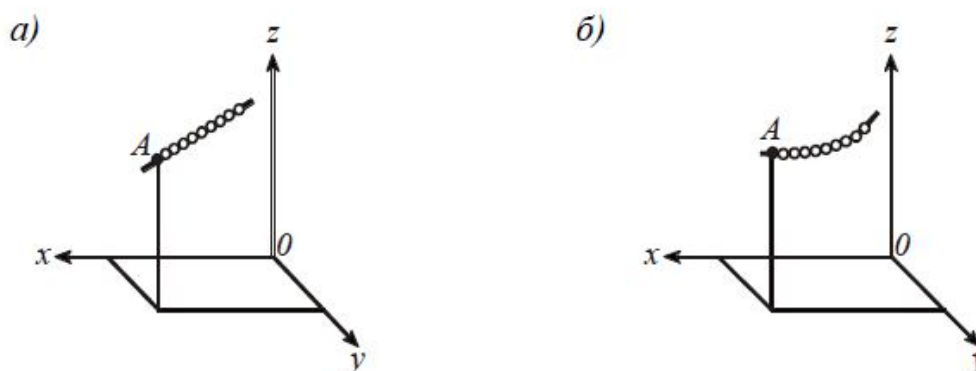


Рисунок 2.1

### 2.1 Пряма лінія

Найпростішою лінією є пряма, яка виходить під час руху точки без зміни напрямку її руху (рис. 2.1 а).

#### 2.1.1 Зображення прямої лінії на комплексному кресленні.

##### Визначник прямої

Пряма лінія може бути задана на комплексному кресленні по-різному:

- проєкціями двох точок, що належать прямій лінії;
- проєкціями її відрізка;
- проєкціями деякої її довільної частини, без вказівки кінцевих точок прямої;
- проєкціями деякої довільної частини прямої з позначенням проєкції її однією буквою, віднісши її до будь-якої точки прямої або до проєкції в цілому (рис. 2.2).

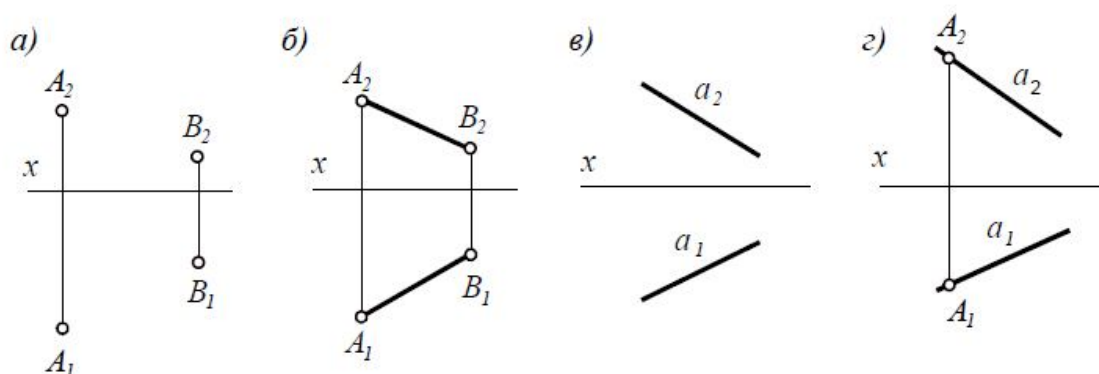


Рисунок 2.2

Сукупність елементів, необхідних для однозначного задання геометричного об'єкта на кресленні, називається його *визначником*.

## 2.1.2 Положення прямої лінії у просторі

Пряма лінія у просторі може займати загальне і окреме положення відносно площин проєкцій.

### 2.1.2.1 Прямі загального положення

Пряма, не паралельна і не перпендикулярна жодній з площин проєкцій, називається *прямою загального положення* (стану).

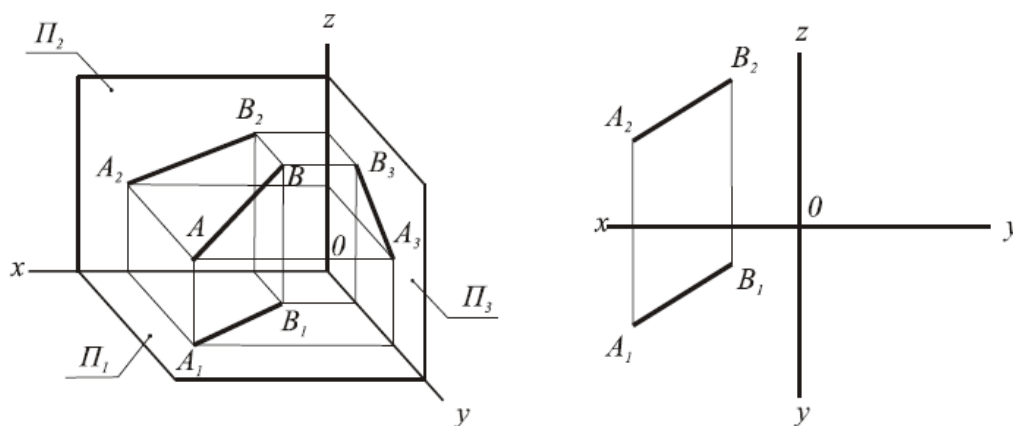


Рисунок 2.3

### 2.1.2.2 Прямі окремого положення

Прямі, паралельні або перпендикулярні одній з площин проєкцій, називаються *прямими окремого положення*.

#### 2.1.2.2.1 Прямі рівня

Прямі, паралельні одній з площин проєкцій, називаються *прямими рівня*.

Пряма, паралельна горизонтальній площині проєкцій, називається *горизонталлю*.

Пряма, паралельна фронтальній площині проєкцій, називається *фронталлю*.

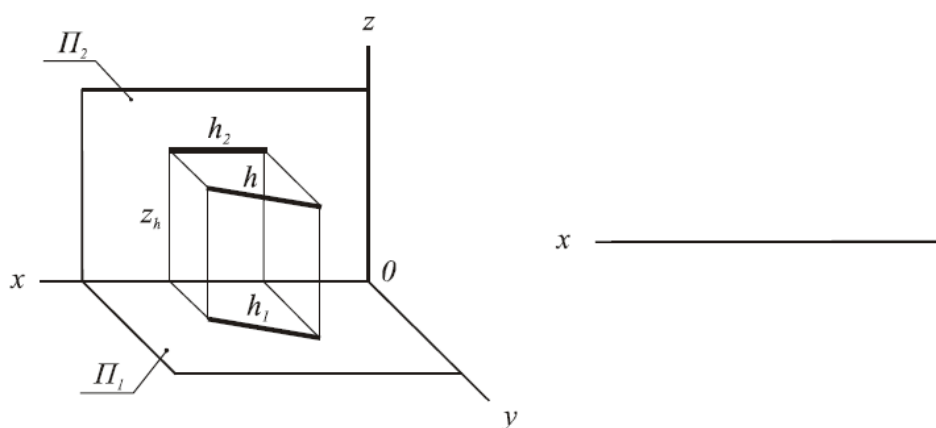


Рисунок 2.4

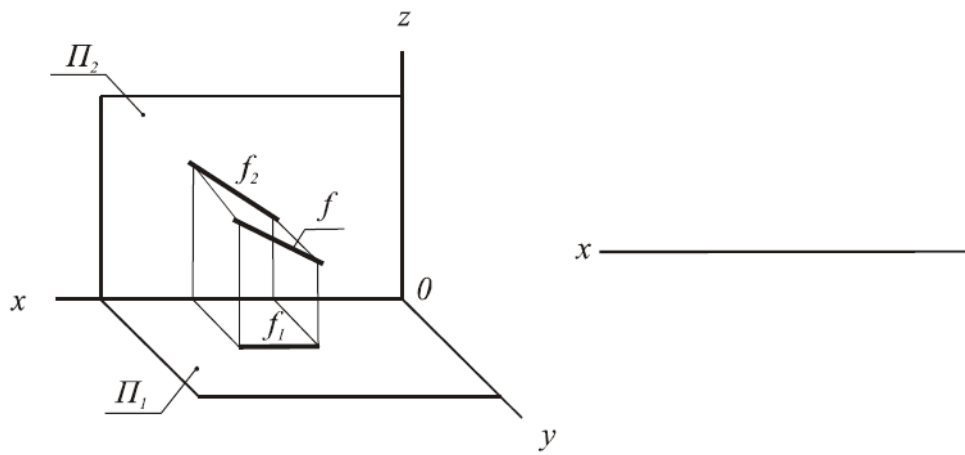


Рисунок 2.5

Пряма, паралельна профільній площині проєкцій, називається *профільною прямою*.

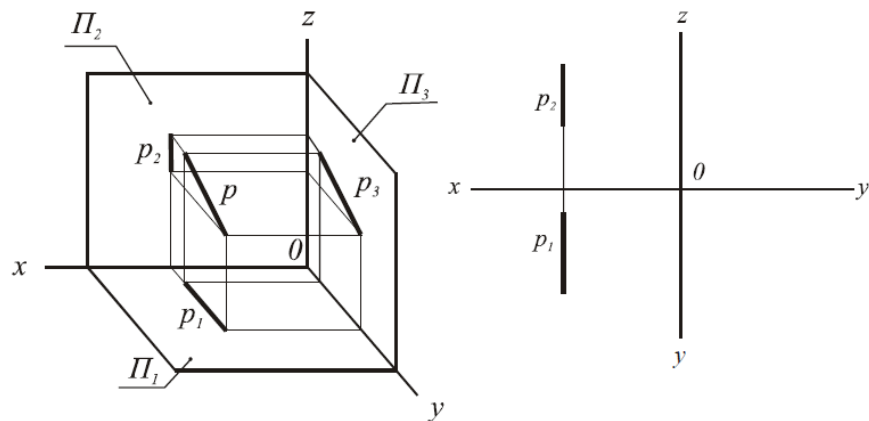


Рисунок 2.6

Лінії рівня, що лежать у площинах проєкцій, називаються нульовими лініями рівня: нульова горизонталь ( $\mathbf{h}^0 \in \Pi_1$ ), нульова фронталь ( $\mathbf{f}^0 \in \Pi_2$ ), нульова профільна пряма ( $\mathbf{p}^0 \in \Pi_3$ ).

#### 2.1.2.2.2 Проектуючі прямі

Прямі, перпендикулярні одній з площин проєкцій, називаються *проектувальними*:

1. *Горизонтально-проектувальна пряма* – це пряма перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій.

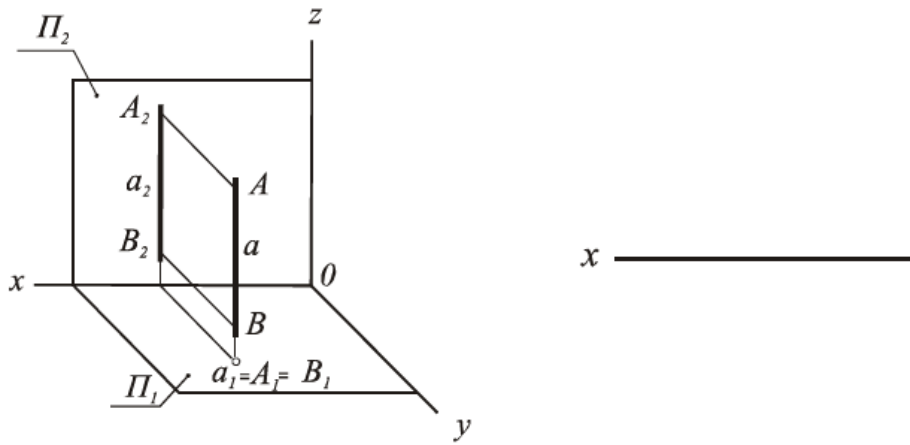


Рисунок 2.7

2. *Фронтально-проекувальна пряма* – це пряма перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій.

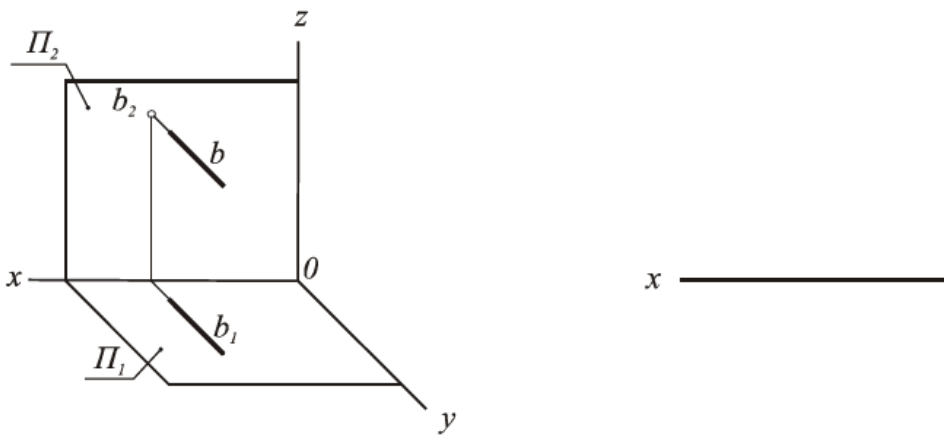


Рисунок 2.8

3. *Профільно-проекувальна пряма* – це пряма перпендикулярна до профільної площини проєкцій.

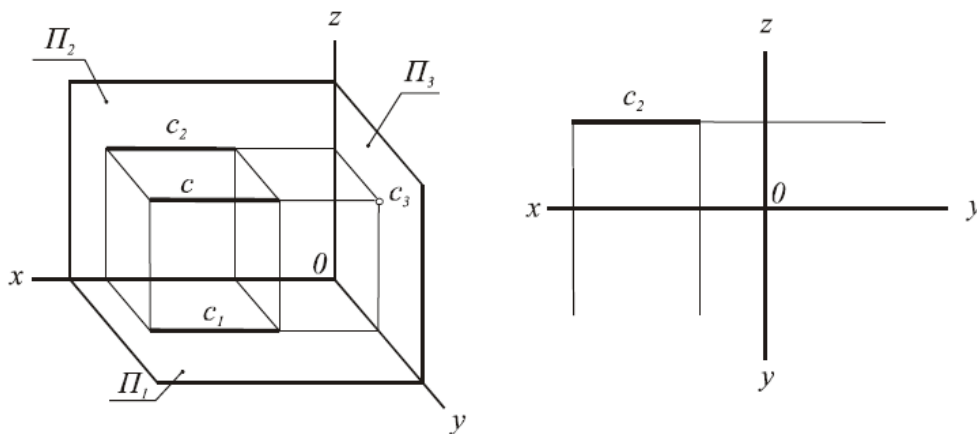


Рисунок 2.9

### 2.1.3 Точка на прямій

Якщо точка в просторі лежить на прямій, то її проєкції лежать на однойменних проєкціях цієї прямої.

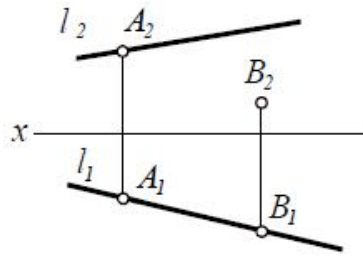


Рисунок 2.10

### 2.1.4 Взаємне розташування прямих

Прямі *паралельні*, якщо їх *однойменні проєкції паралельні*. Прямі *лінії перетинаються*, якщо мають спільну точку, проєкції якої лежать на одній лінії проєкційного зв'язку. Прямі, що *не перетинаються і не паралельні* між собою, називаються *мимобіжними*.

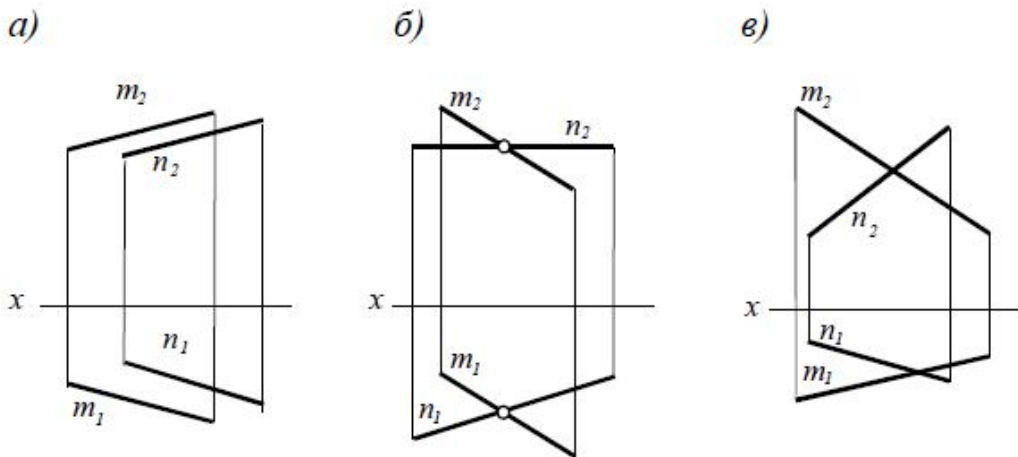


Рисунок 2.11

#### 2.1.4.1 Теорема про проєктування прямого кута

**Теорема.** Якщо одна сторона прямого кута паралельна площині проєкцій, а інша їй не перпендикулярна, то прямий кут проєкується на цю площину без спотворення.

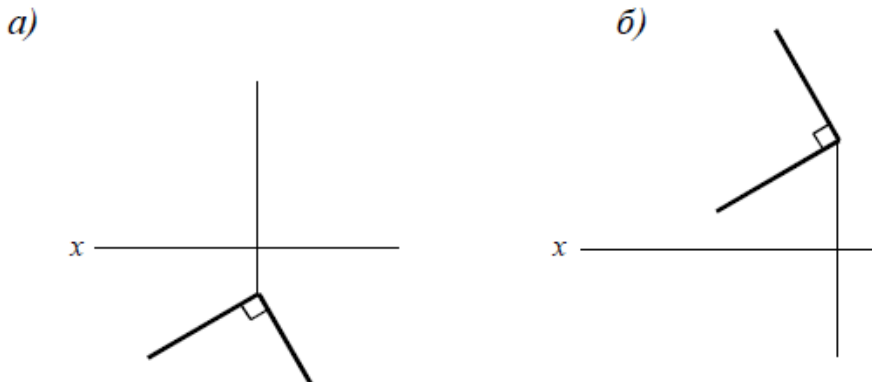


Рисунок 2.12

## 2.2 Криві лінії

Крива лінія виходить при русі точки зі зміною напрямку її руху. Закономірні криві – це лінії, закон утворення яких відомий, а *незакономірні криві* – це лінії, закон утворення яких не встановлений.

Криві лінії можуть бути *циркульними*, якщо кривизна їх постійна, і *лекальними*, якщо кривизна безперервно змінюється. Криві лінії можуть бути *плоскими* і *просторовими*.

### 2.2.1 Плоскі криві

Криві, усі точки яких належать одній площині, називаються *плоскими*.

Для побудови ортогональних проєкцій кривої необхідно побудувати проєкції ряду точок, що належать цій кривій, і з'єднати між собою однойменні проєкції у тій самій послідовності, у якій вони знаходилися на кривій.

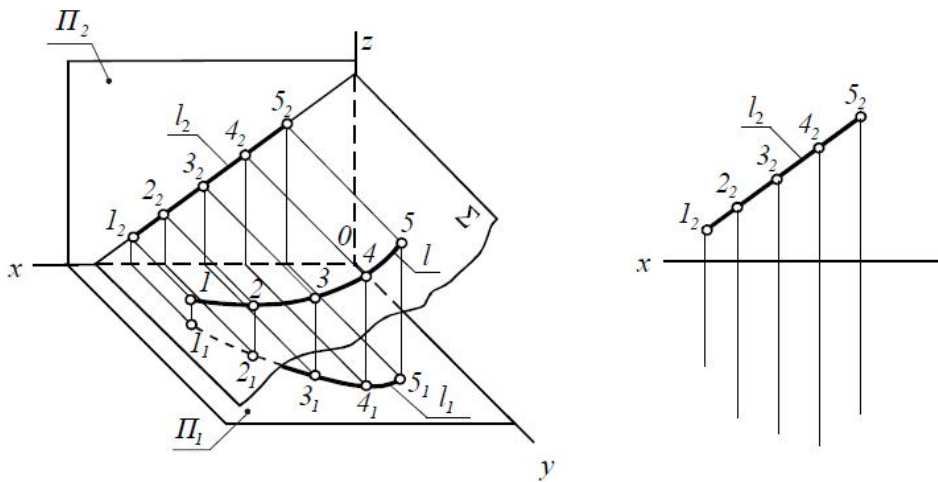


Рисунок 2.13

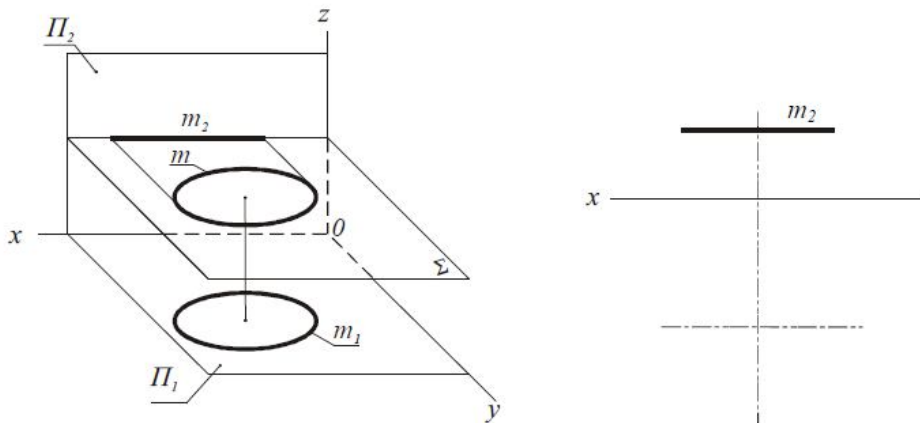


Рисунок 2.14

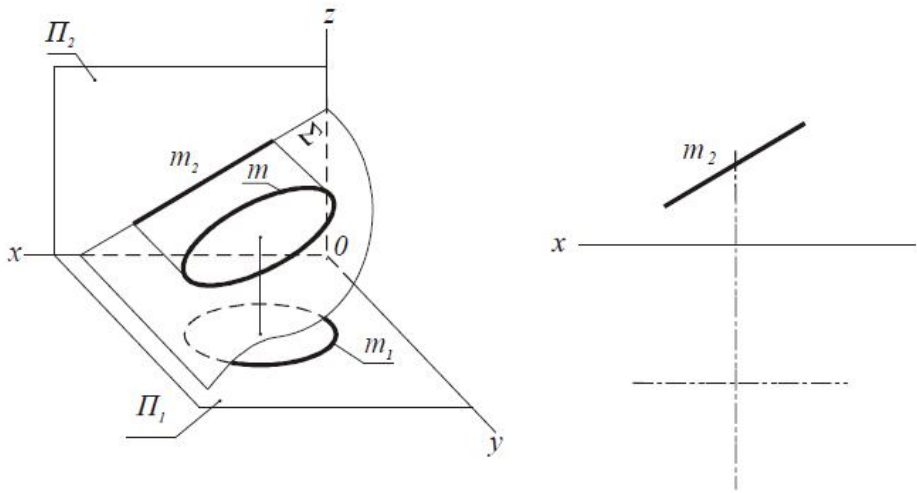


Рисунок 2.15

Великі осі еліпсів належать лініям рівня, відповідно горизонталі **h** і фронталі **f**, і за величиною дорівнюють діаметру кола. Малі осі перпендикулярні великим.

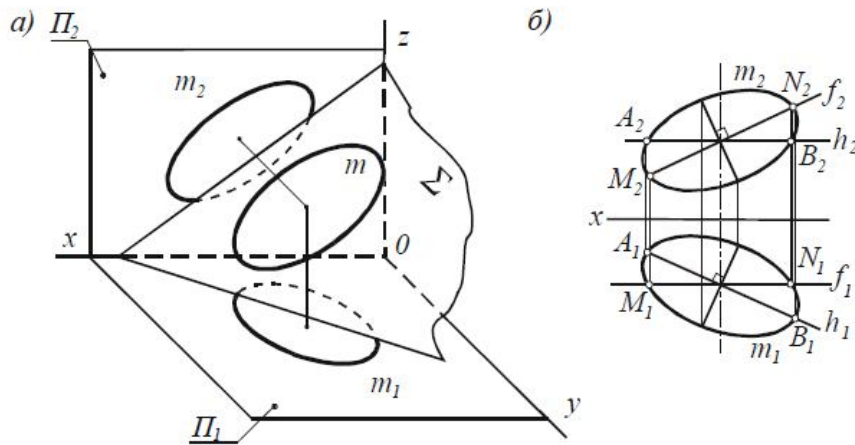


Рисунок 2.16

### 2.2.2 Просторові криві

Криві лінії, усі точки яких не належать одній площині, називаються *просторовими*.

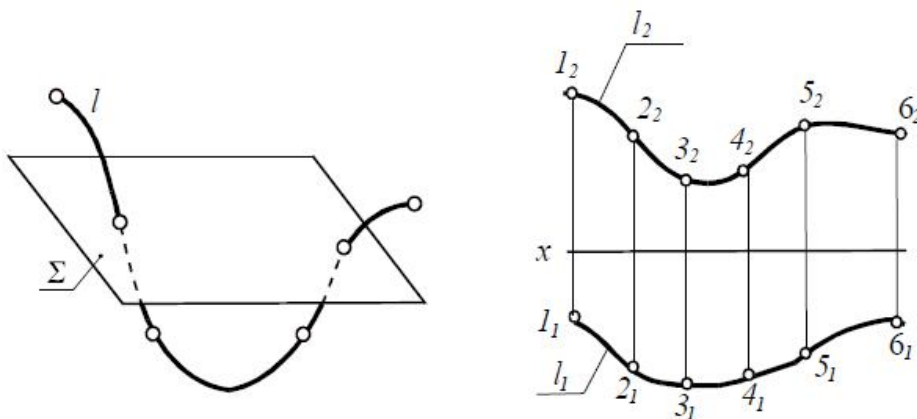


Рисунок 2.17

Гвинтова лінія є траєкторією руху точки, яка рівномірно обертається навколо осі, і одночасно переміщується з постійною швидкістю уздовж цієї ж осі.

Крок гвинтової лінії – це величина переміщення точки у напрямі осі, що відповідає одному обороту навколо цієї осі.

Циліндричну гвинтову лінію називають *гелісою*. На розгортці циліндричної поверхні гвинтова лінія зображується прямою, що є гіпотенузою прямокутного трикутника, у якого один катет дорівнює довжині кола основи циліндра ( $2\pi R$ ), інший дорівнює кроку гвинтової лінії ( $P$ ).

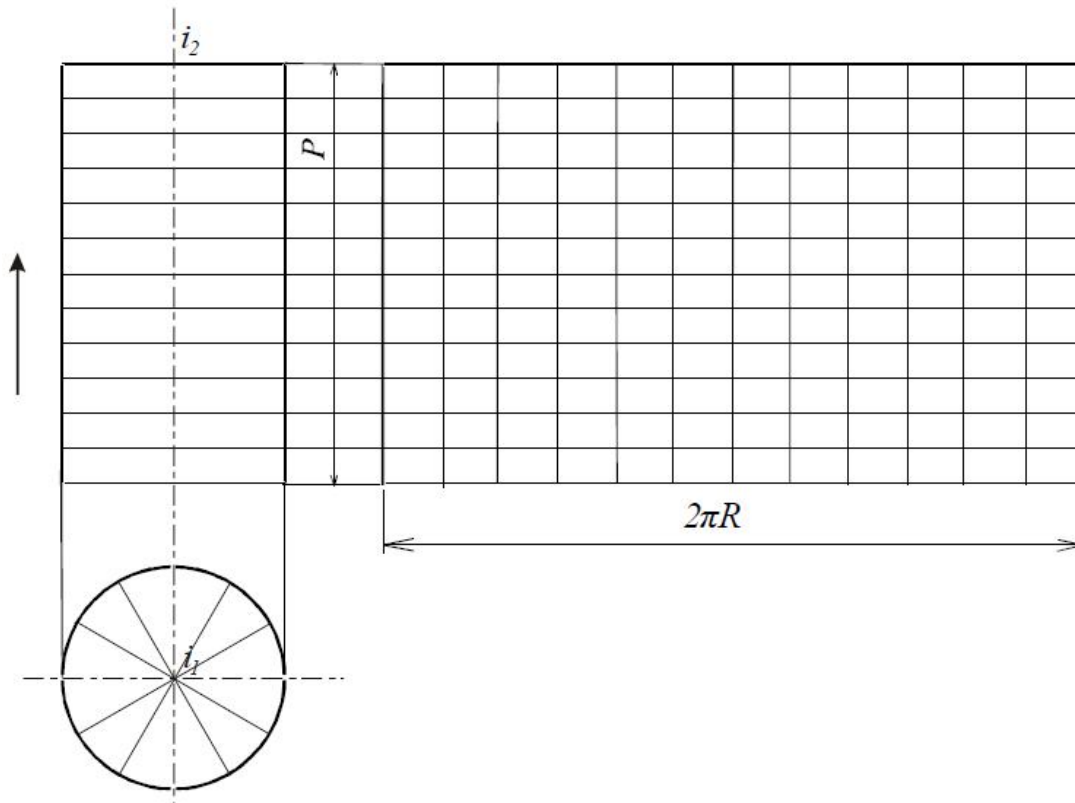


Рисунок 2.18

**Висновки:**

- із кінематичного погляду лінію необхідно розглядати як траєкторію точки, яка безперервно рухається в просторі;
- лінія на кресленні може бути задана двома її проекціями;
- за розташуванням двох проекцій лінії можна однозначно зробити висновки про її положення у просторі.



### 2.3 Тест для поточного контролю за темою «Лінія»

А. Указати номер комплексного креслення відрізка прямої загального положення.

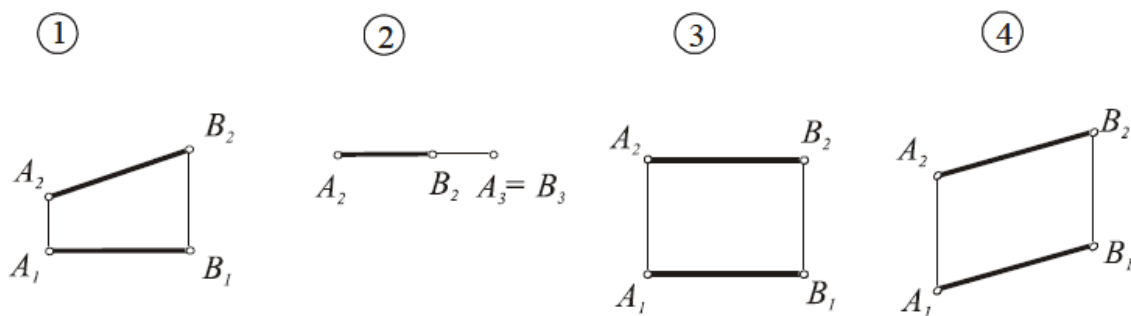


Рисунок 2.19.

Б. На якому кресленні зображені проєкції профільно-проєктувальної прямої?

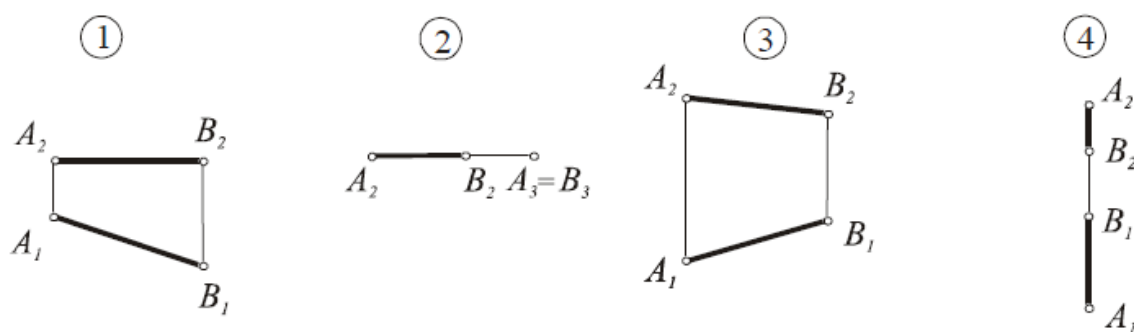


Рисунок 2.20

В. Як одна відносно другої розташовані прямі **a** і **b** ?

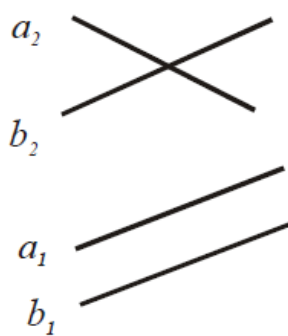


Рисунок 2.21

Г. На якому кресленні задані проєкції прямих, які перетинаються?

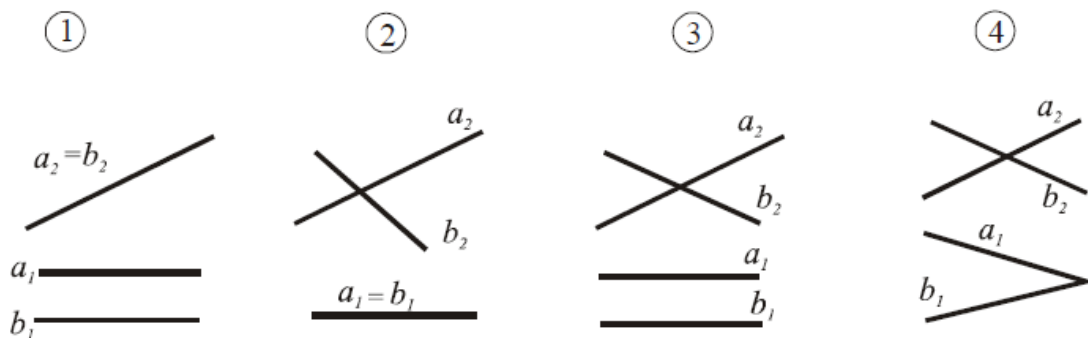


Рисунок 2.22

Д. На якому кресленні пряма  $a$  не перпендикулярна до прямої  $b$ ?

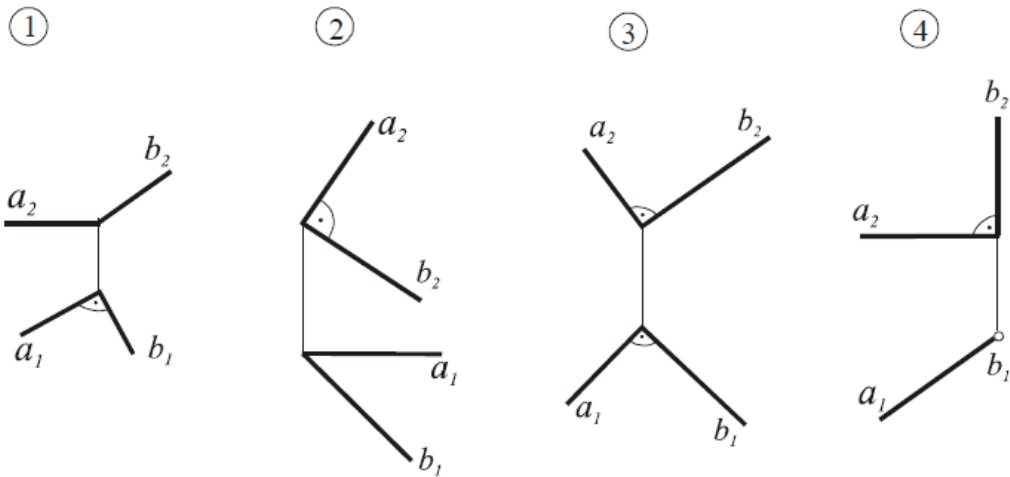


Рисунок 2.23

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д
Відповідь					

## 2.4 Задачі

1. Позначити проєкції вершин піраміди, зображеної на рисунку 2.24, і записати в таблиці назву прямих (ребер) за зразком.

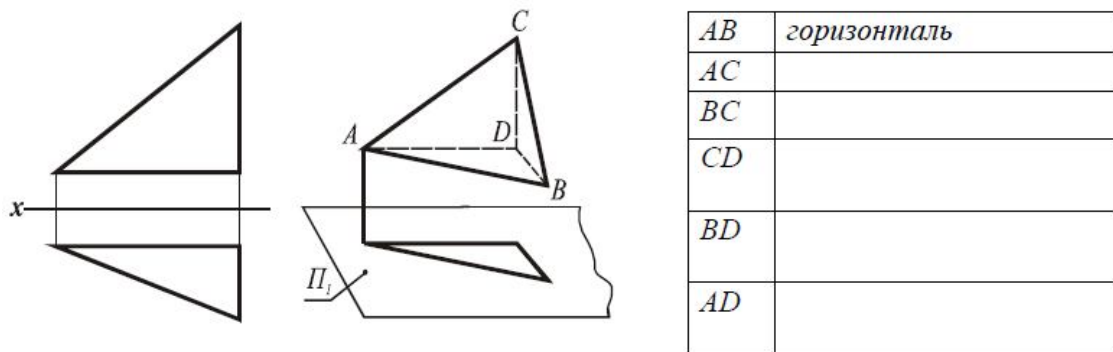


Рисунок 2.24

2. Визначити взаємне положення прямих у просторі за їхнім комплексним кресленням (записати символами) (рис. 2.25).

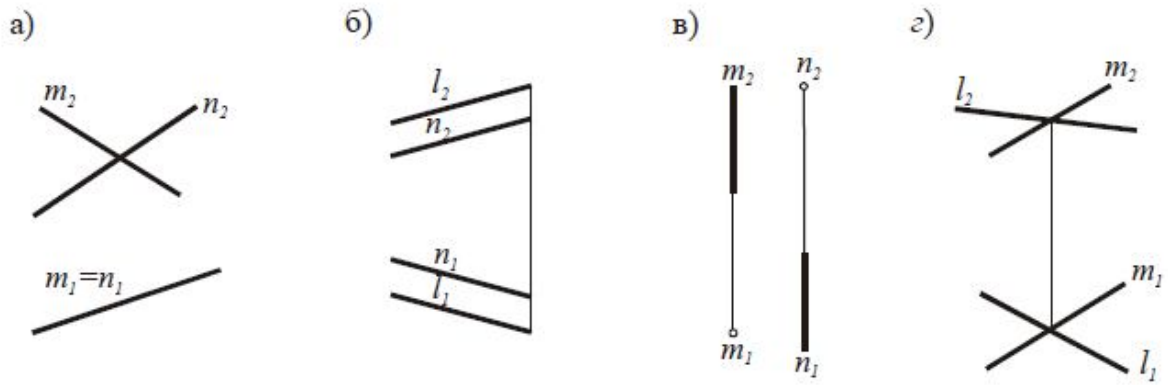


Рисунок 2.25

3. Через задану точку **A** ( $A_2$ ) провести горизонталь, а через точку **B** ( $B_1$ ) – фронталь, які повинні перетинати прямі **m** і **n**. Побудувати проєкції  $A_1$  і  $B_2$ , яких не вистачає (рис. 2.26).

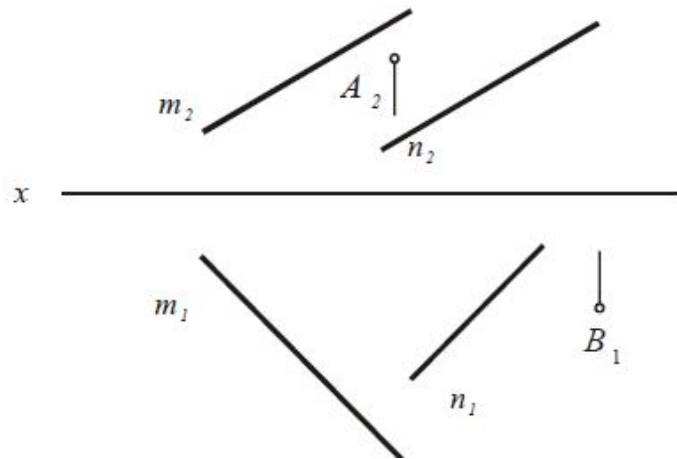


Рисунок 2.26

4. Побудувати проєкції рівнобедреного  $\Delta ABC$ , якщо **CN** є його висотою ( $CN \parallel \Pi_1$ ),  $A \in \Pi_1$ ,  $B \in \Pi_2$  (рис. 2.27).

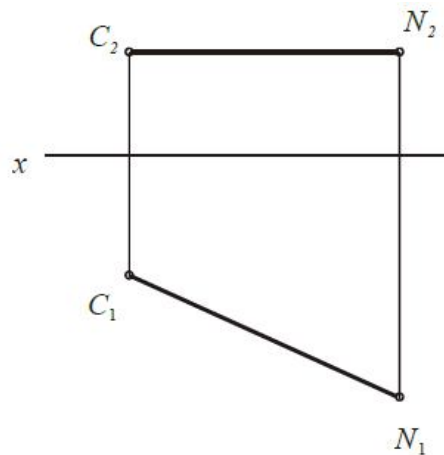


Рисунок 2.27

5. Побудувати проєкції ромба **ABCD**, якщо його діагональ **AC**  $\parallel \Pi_2$ ,  $B \in \Pi_1$ , а точка **D** рівновіддалена від  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  (рис. 2.28).

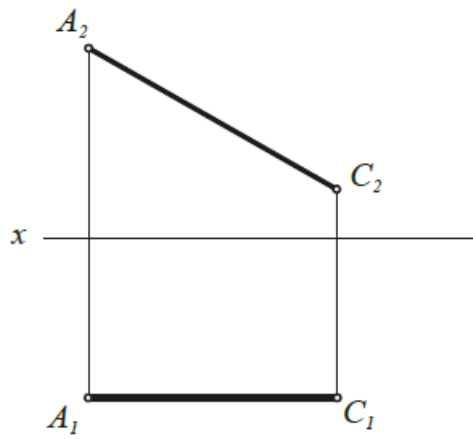


Рисунок 2.28

6. Добудувати задане на рисунку 2.29 комплексне креслення, показавши на ньому зображення другого дроту  $n \parallel m$  і обох, паралельних між собою, штанг тролейбуса ( $AB \parallel CD$ ).

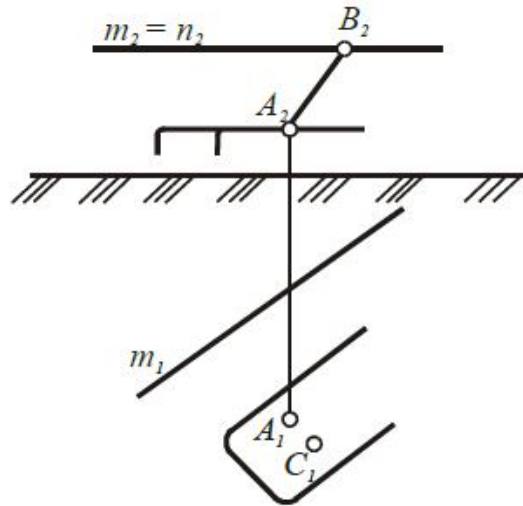


Рисунок 2.29

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
Бали							

### 3 ПЛОЩИНА

Площина однозначно визначається трьома різними точками, які не належать одній прямій. Сукупність елементів (точок, ліній), які задають площину в просторі, називається *визначником площини* (рис. 3.1, 3.2).

#### 3.1 Способи задання площини на комплексному кресленні

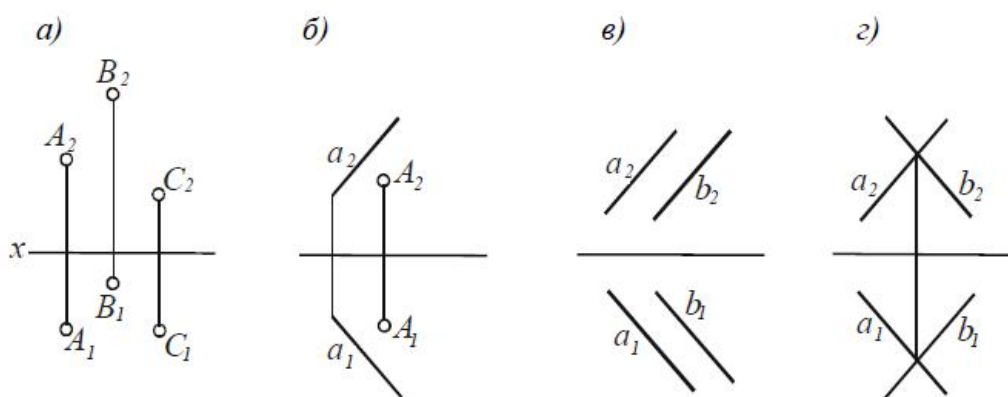


Рисунок 3.1

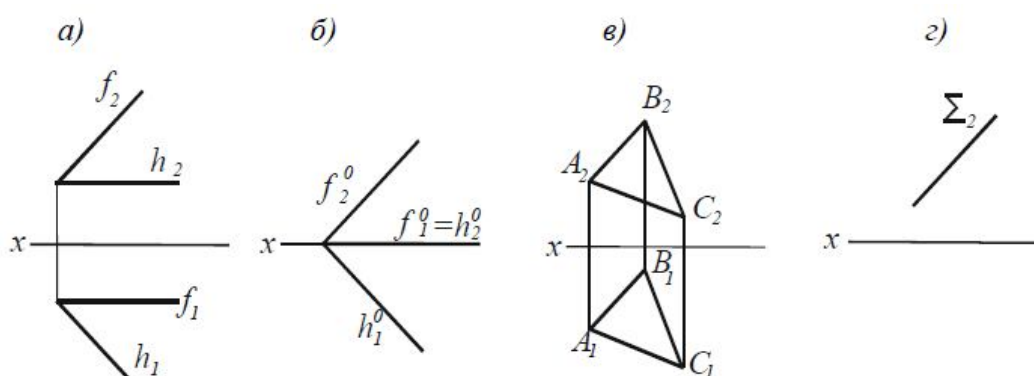


Рисунок 3.2

#### 3.2 Положення площини відносно площин проєкцій

Площина, *не паралельна і не перпендикулярна* жодній з площин проєкцій, називається *площиною загального положення* (рис. 3.3).

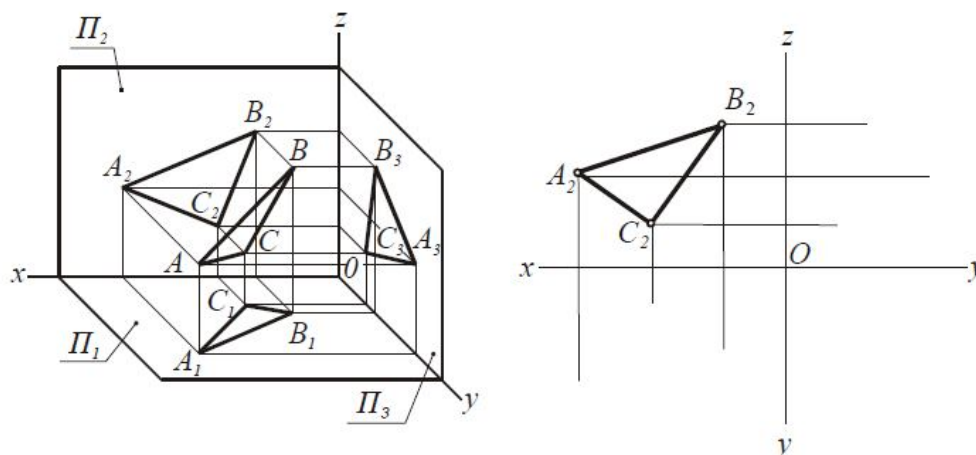


Рисунок 3.3

### 3.2.1 Площини окремого положення

Площина, *перпендикулярна* одній із площин проєкцій, називається *проєктувальною*.

Таких площин три:

- площина, перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій, називається *горизонтально-проєктувальною* (рис. 3.4);

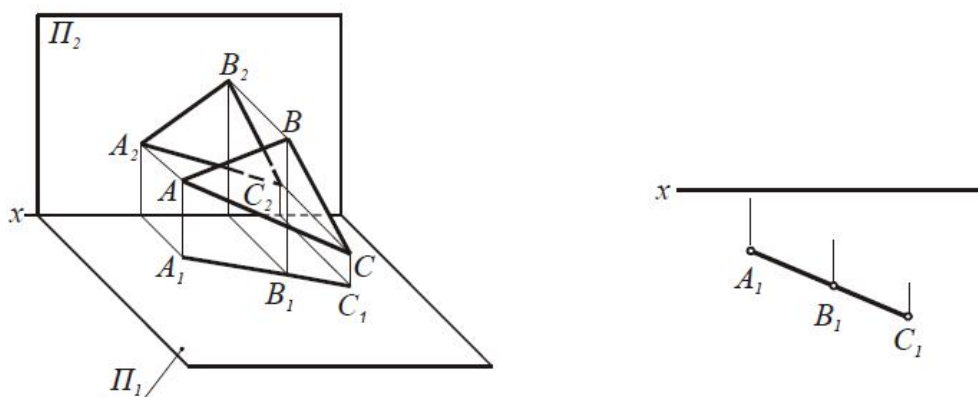


Рисунок 3.4

- площина, перпендикулярна фронтальній площині проєкцій, називається *фронтально-проєктувальною* (рис. 3.5);

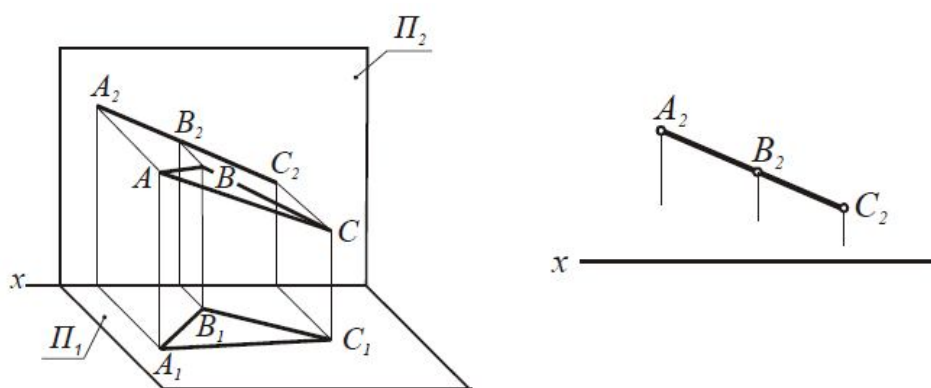


Рисунок 3.5

- площина, перпендикулярна профільній площині проєкцій, називається *профільно-проєктувальною* (рис. 3.6).

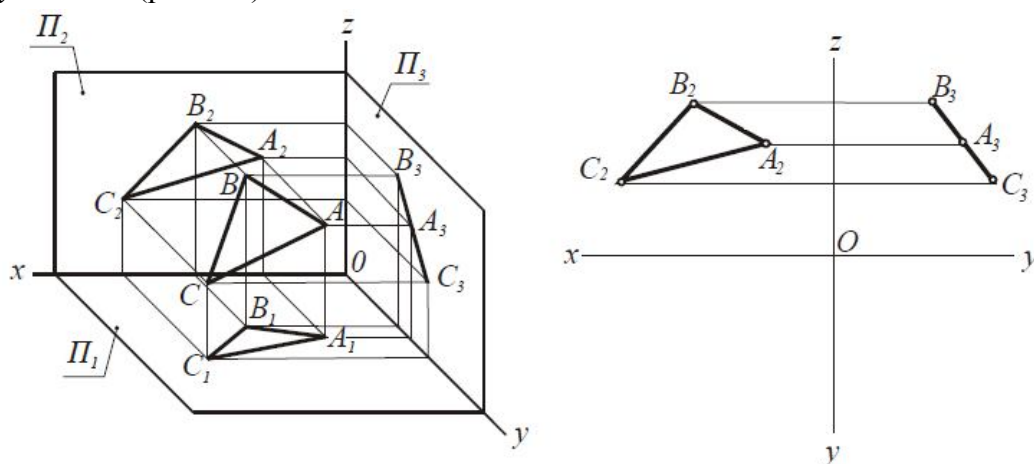


Рисунок 3.6

Площина, паралельна горизонтальній площині проєкцій, називається *горизонтальною площиною рівня* (рис. 3.7).

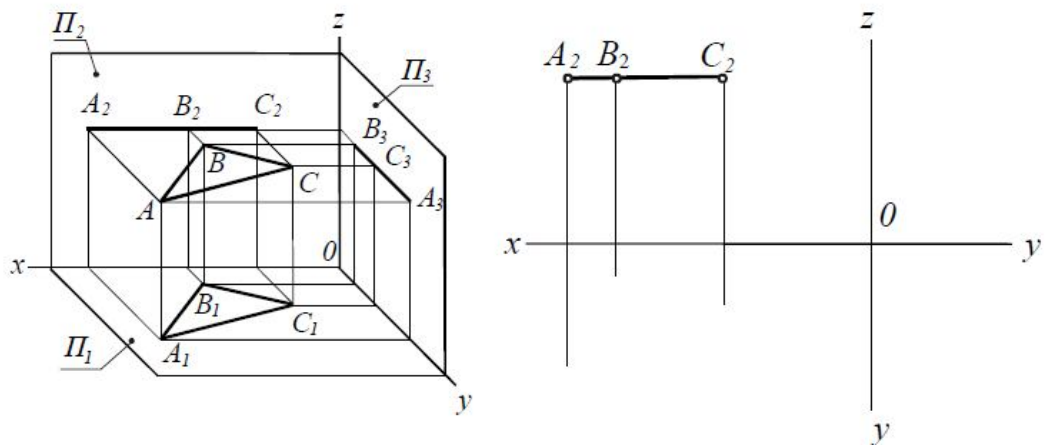


Рисунок 3.7

Площина, паралельна фронтальній площині проєкцій, називається *фронтальною площиною рівня* (рис. 3.8).

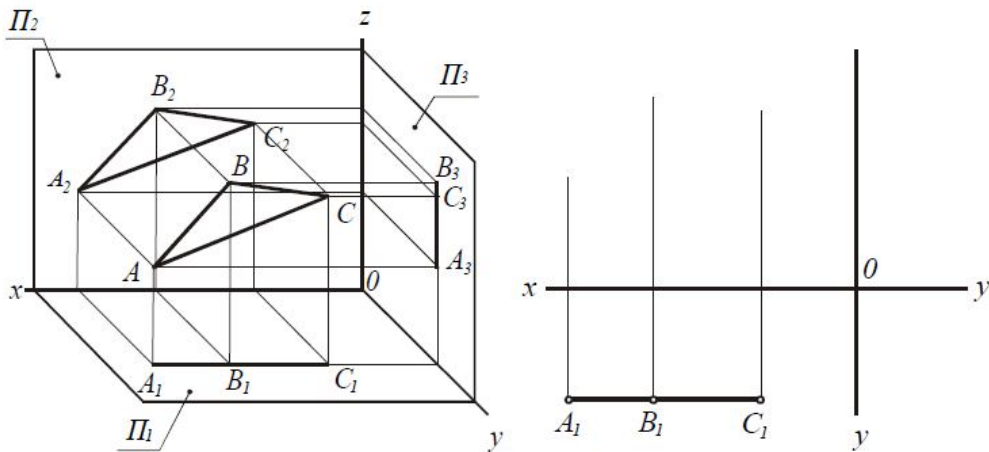


Рисунок 3.8

Площина, паралельна профільній площині проєкцій, називається *профільною площиною рівня* (рис. 3.9).

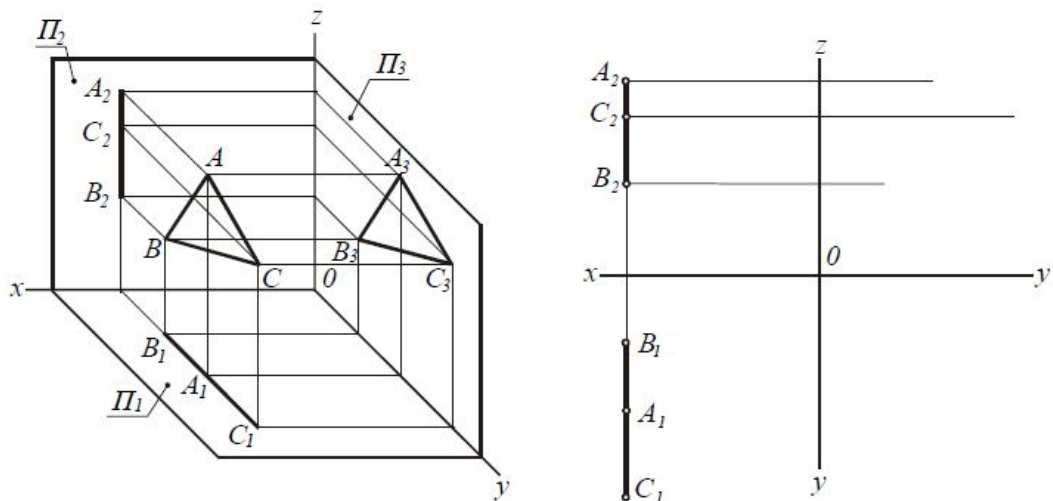


Рисунок 3.9

### 3.3 Пряма і точка в площині

Пряма *належить* площині, якщо вона проходить через *дві точки*, що *належать* цій площині, або проходить через *одну точку* площини і *паралельна* будь-якій *прямій*, що *лежить* у цій площині (рис. 3.10).

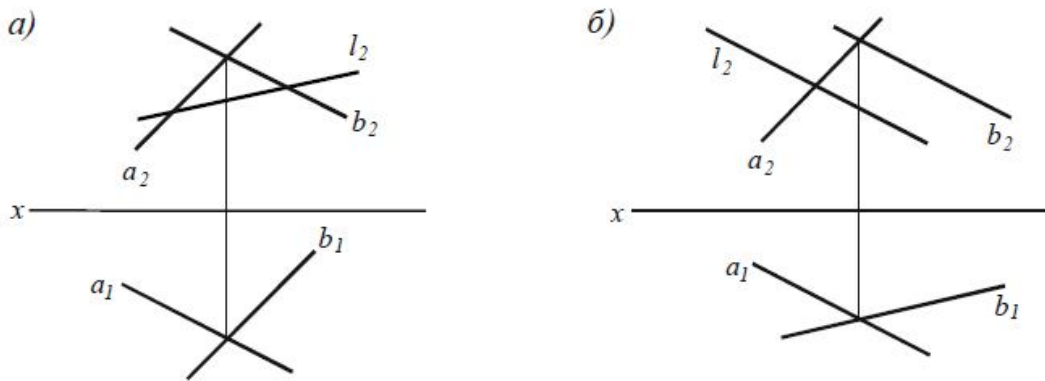


Рисунок 3.10

Точка *належить* площині, якщо вона *лежить* на будь-якій *прямій*, належній цій площині (рис. 3.11).

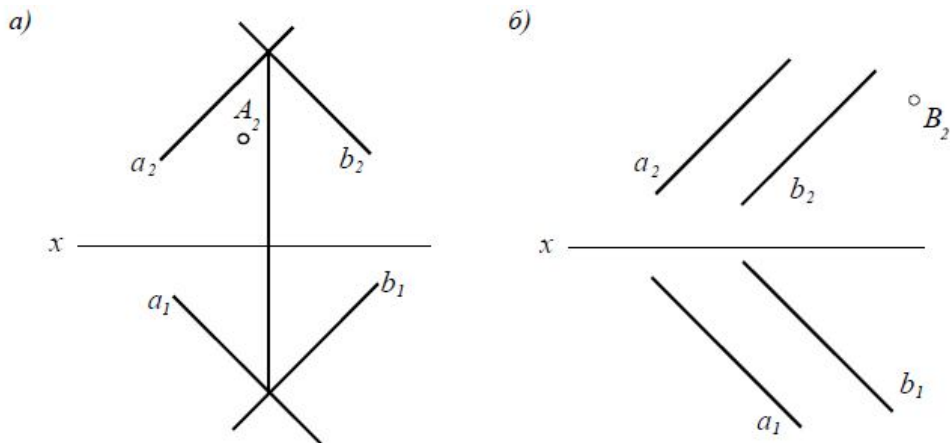


Рисунок 3.11

Крива лінія *належить* площині, якщо *усі її точки* *належать* цій площині (рис. 3.12).

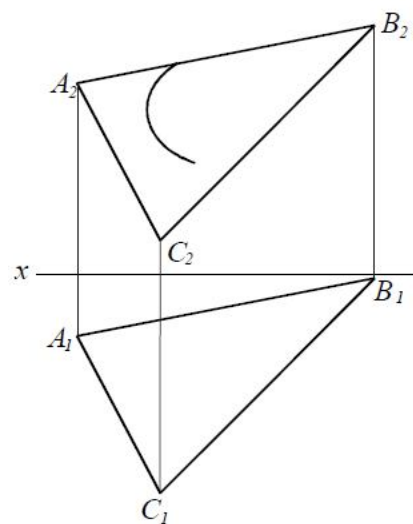


Рисунок 3.12



Прямі, що належать заданій площині та паралельні будь-якій площині проєкцій, а також прямі, перпендикулярні цим прямим, називаються *головними лініями площини* (рис. 3.13).

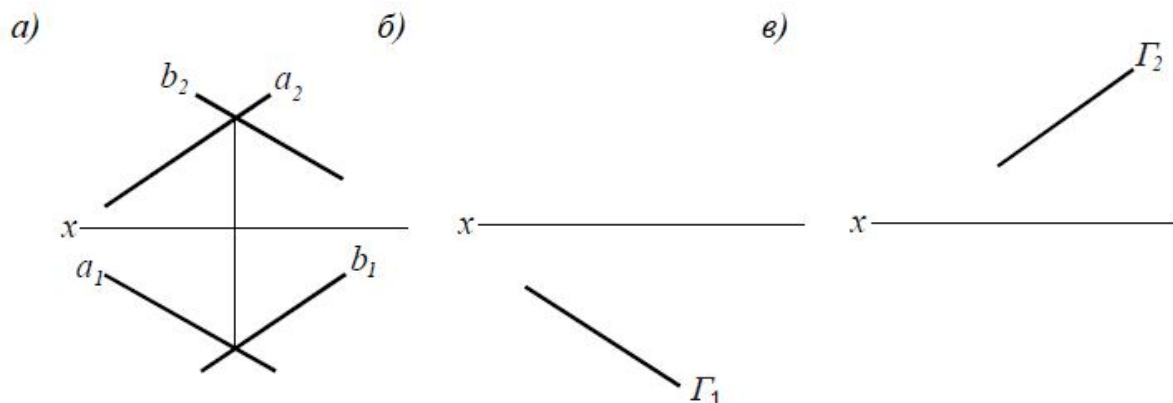


Рисунок 3.13

Прямі, що належать площині та перпендикулярні якій-небудь лінії рівня цієї площини, називаються *лініями найбільшого нахилу площини до площин проєкцій* (рис. 3.14).

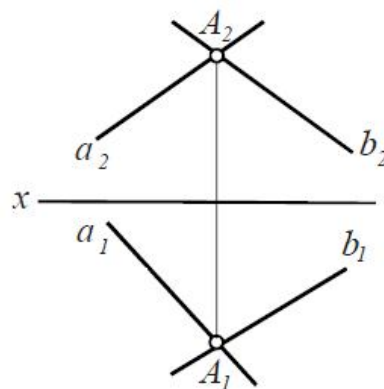


Рисунок 3.14

### 3.4 Паралельність і перпендикулярність прямої та площини

Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій, яка належить цій площині (рис. 3.15).

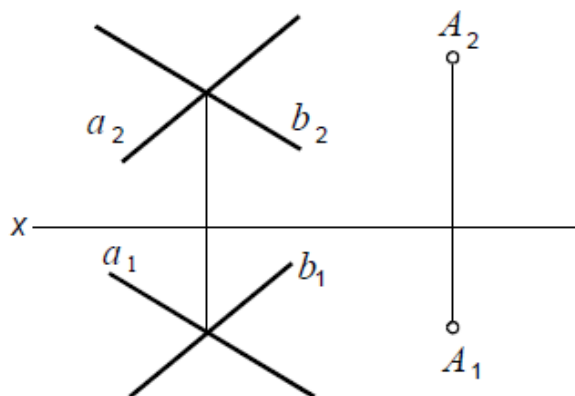


Рисунок 3.15

Пряма перпендикулярна площині, якщо вона перпендикулярна двом прямим, які перетинаються, цієї площини (рис. 3.16).

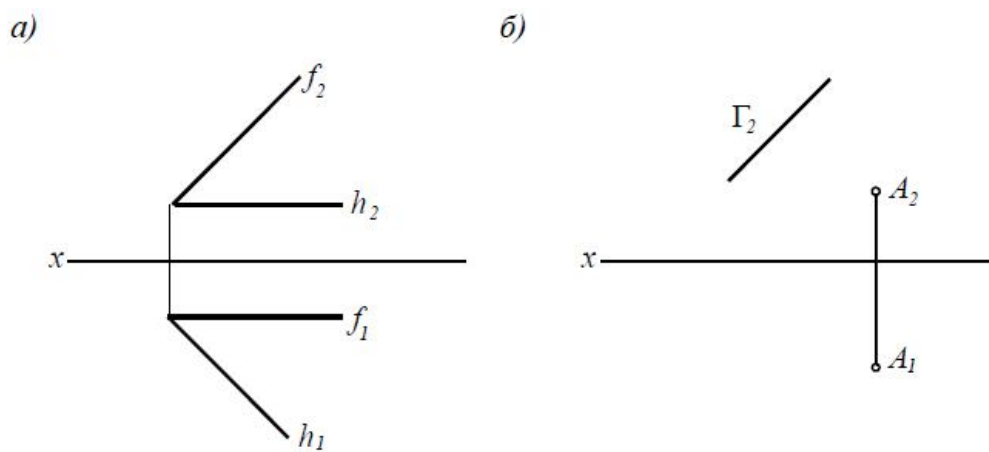


Рисунок 3.16

### 3.5 Паралельність і перпендикулярність двох площин

Дві площини взаємно *паралельні*, якщо дві прямі, які перетинаються, однієї площині відповідно *паралельні* двом прямим, які перетинаються, другої площині (рис. 3.17).

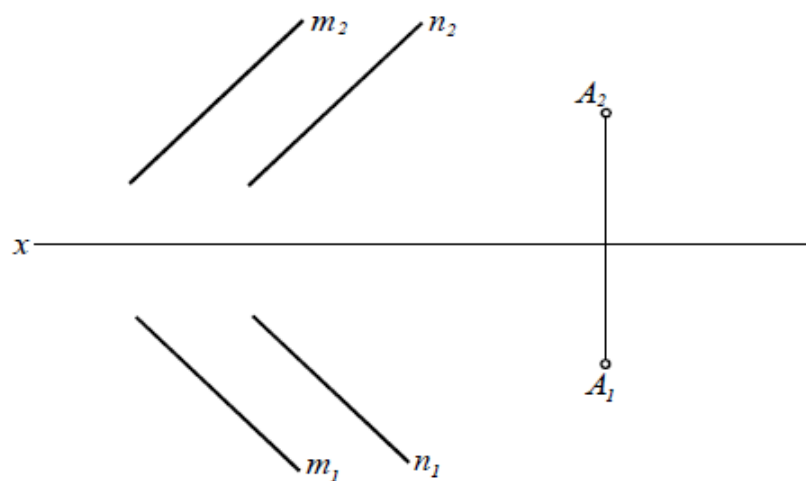


Рисунок 3.17

Дві площини взаємно *перпендикулярні*, якщо одна з них проходить через *перпендикуляр* до іншої площини (рис. 3.18).

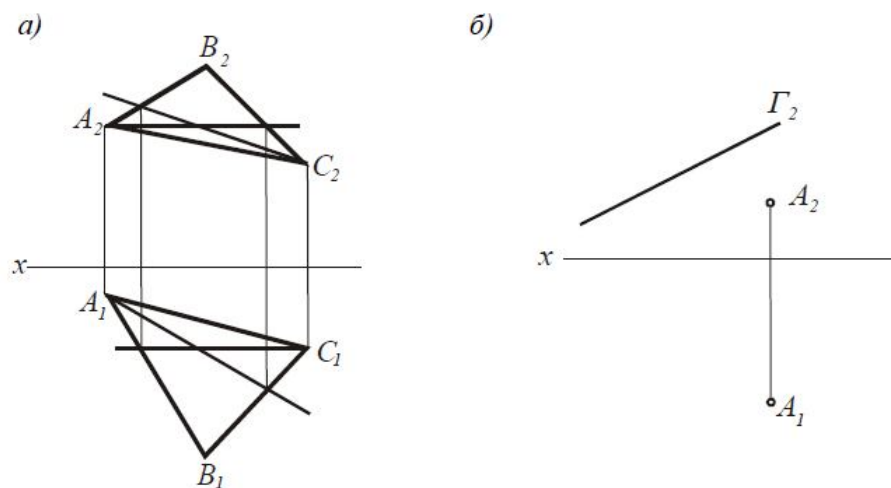


Рисунок 3.18

**Висновки:**

1) площина утворюється безперервним рухом прямої лінії по двох паралельних або пересічних прямих;

2) площина на кресленні задається проєкціями геометричних елементів, що визначають її в просторі;

3) за характером розташування проєкцій геометричних елементів, які задають площину, можна зробити висновок про положення її у просторі по відношенню як до площин проєкцій, так і до інших геометричних об'єктів, заданих на кресленні.

**3.6 Тест для поточного контролю за темою «Площина»**

**А.** На якому кресленні площина займає окреме положення?

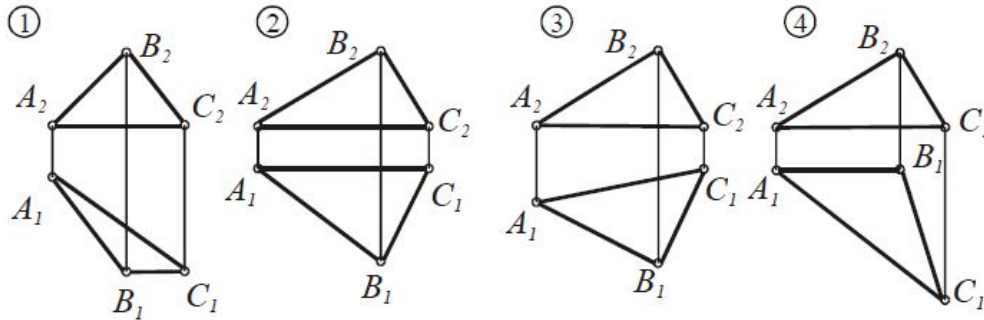


Рисунок 3.19

**Б.** На яких кресленнях задана фронтально-проєктувальна площина?

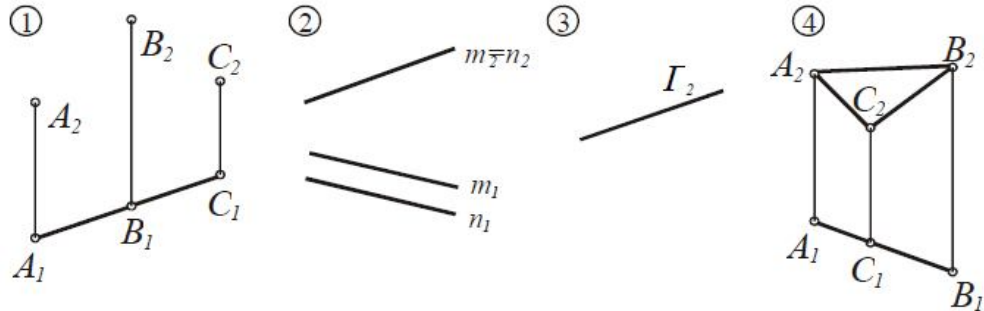
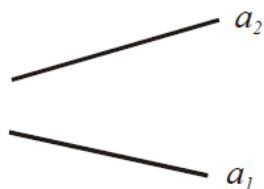


Рисунок 3.20

**В.** Яку площину неможливо провести через пряму **a**?



- 1 – загального положення
- 2 – проєктувальну
- 3 – рівня

Рисунок 3.21

Г. На яких кресленнях точка належить заданій площині?

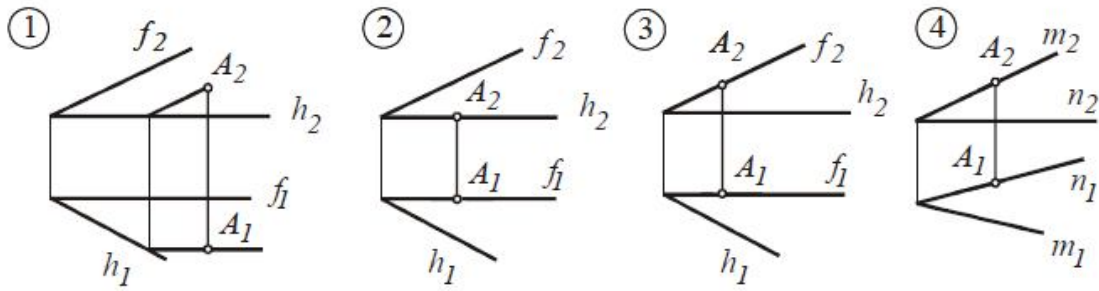


Рисунок 3.22

Д. Яка сторона трикутника ABC є фронталлю?

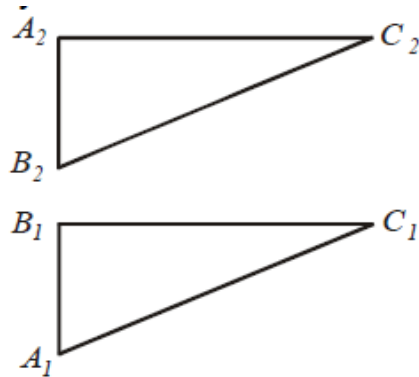


Рисунок 3.23

Е. На якому кресленні є зображення трикутника ABC у натуральну величину?

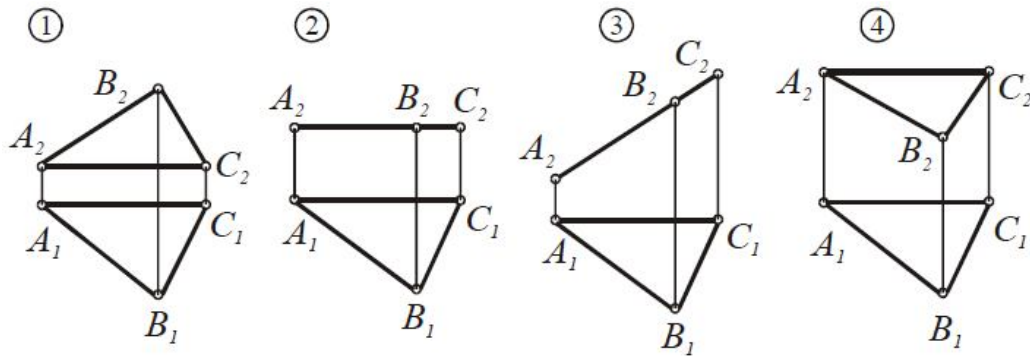


Рисунок 3.24

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д	Є
Відповідь						

### 3.7 Задачі

1. Записати символічно, якими елементами задана кожна з площин і їхнє положення у просторі (рис. 3.25).

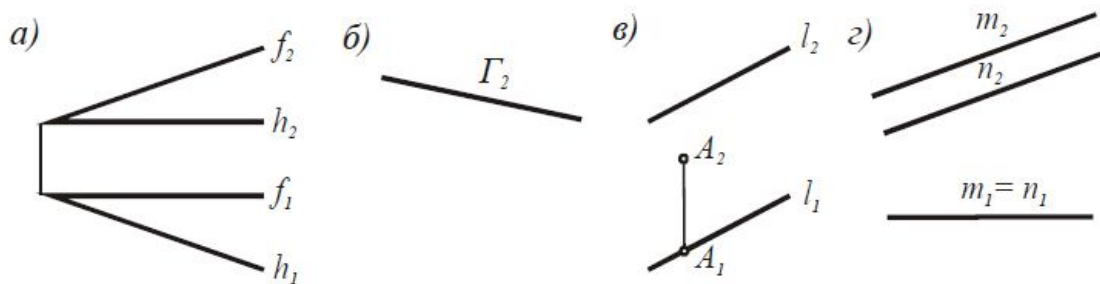


Рисунок 3.25

2. Через указані на рисунку 3.26 прямі задати площини: а) загального положення; б) горизонтально-проекувальну. Записати їхні визначники. На обох площинах задати горизонталь і фронталь.

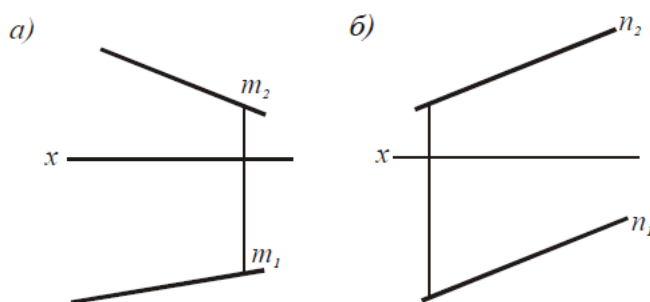


Рисунок 3.26

3. Побудувати проєкції відрізка **AB**, що належить площині  $\Sigma(m \cap n)$  (рис. 3.27).

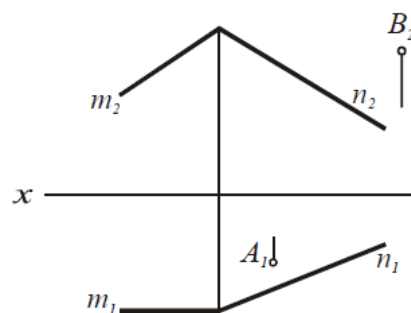


Рисунок 3.27

4. Добудувати фронтальну проєкцію прямої **b**, що проходить через точку **A** паралельно площині  $\Sigma(m//n)$  (рис. 3.28).

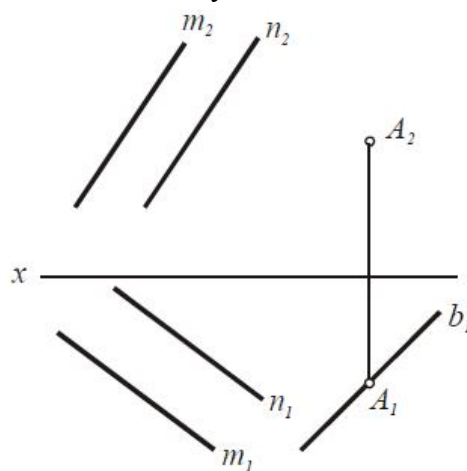


Рисунок 3.28

5. Побудувати горизонтальну проекцію  $\Delta ABC$  так, щоб його площина була паралельна заданій площині  $\Sigma(m/n)$  (рис. 3.29).

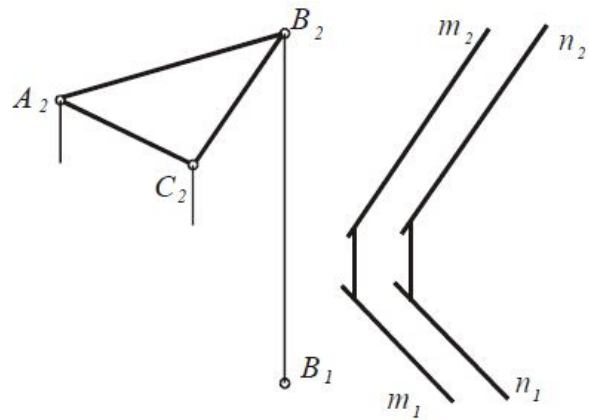


Рисунок 3.29

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5	$\Sigma$
Бали						

## 4 ПОВЕРХНІ

*Поверхня* – це сукупність усіх послідовних положень деякої лінії, що переміщується у просторі.

### 4.1 Способи утворення і завдання поверхні на комплексному кресленні

Спосіб утворення об'єктів відображення простору з позиції руху називають *кінематичним*, (кінета – рух) (рис. 4.1, 4.3). Рухому лінію в процесі утворення поверхні називають *твірною*, а лінію, по якій ковзає твірна, називають *напрямною*.

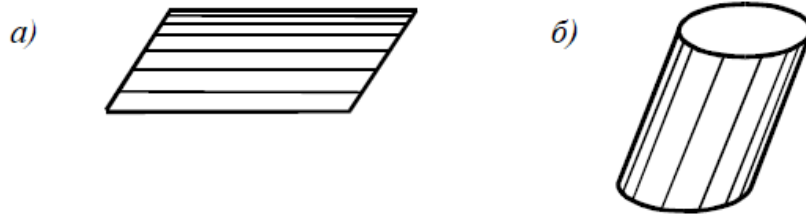


Рисунок 4.1

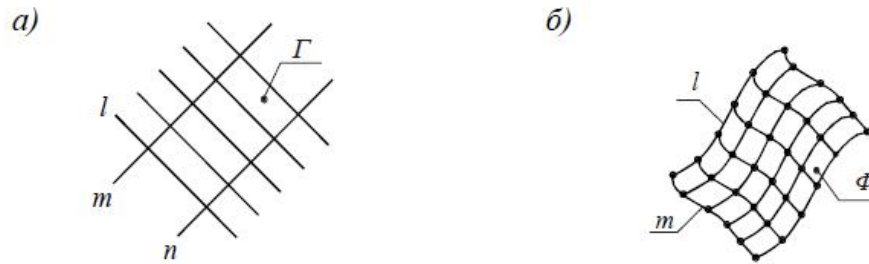


Рисунок 4.2

Одна і та ж поверхня може бути утворена по-різному.

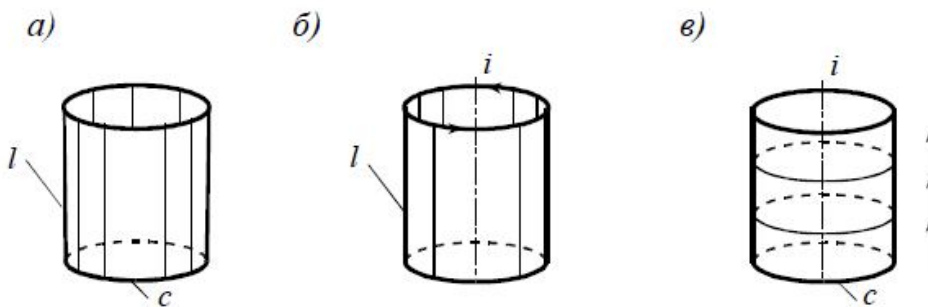


Рисунок 4.3

Сукупність незалежних умов, які однозначно задають поверхню, називається її *визначником* (рис. 4.4).

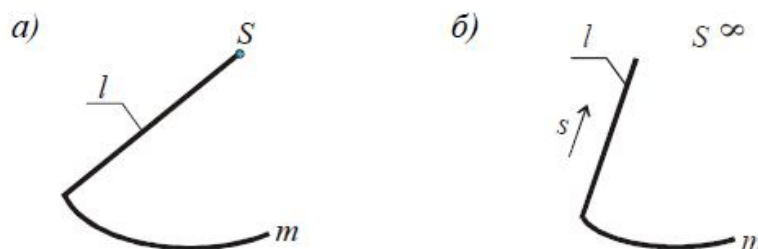


Рисунок 4.4

### 4.1.1 Нарис поверхні

*Нарис поверхні* – це лінія, що обмежує проекцію поверхні на площині проєкцій. Нарисами поверхні в ортогональних проєкціях є кордони її видимості на площині проєкцій (рис. 4.5).

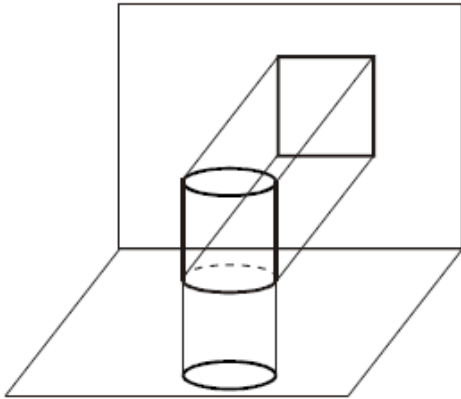


Рисунок 4.5

Поверхня вважається *однозначно заданою*, якщо по одній проєкції точки, що належить цій поверхні, можна побудувати другу її проєкцію. *Точка* належить поверхні, якщо вона лежить на будь-якій лінії цієї поверхні. Лінія для знаходження проєкції точки має бути графічно простою (прямою або колом).

*Лінія* належить поверхні, якщо всі її точки належать цій поверхні.

## 4.2 Класифікація поверхонь

За виглядом твірної всі *поверхні* можна розділити на *лінійчаті* і *нелінійчаті*. За законом руху *твірної* поверхні можна розділити на поверхні *обертання*, *гвинтові поверхні*, *поверхні переносу* та ін.

### 4.2.1 Лінійчаті поверхні

Через будь-яку точку такої поверхні можна провести проміжну прямолінійну твірну (рис. 4.6 - 4.12).

*Алгоритм* побудови відсутньої проєкції точки, належній лінійчатій поверхні (рис. 4.6).

1. Через задану проєкцію точки, яка лежить на поверхні, проводиться проєкція простої лінії, що належить цій поверхні, наприклад, проєкція твірної.
2. Будується друга проєкція цієї лінії за умови її належності цій поверхні.
3. По лінії проєкційного зв'язку на побудованій проєкції лінії знаходиться шукана проєкція заданої точки.



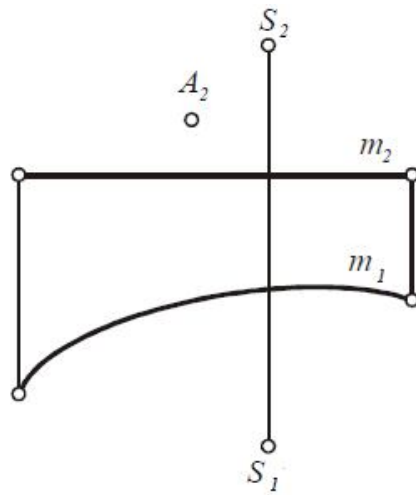


Рисунок 4.6

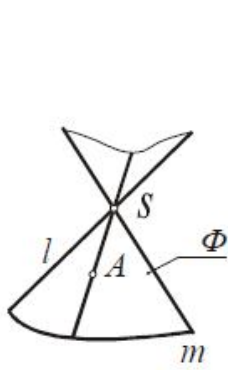


Рисунок 4.7

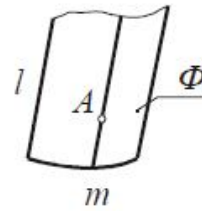
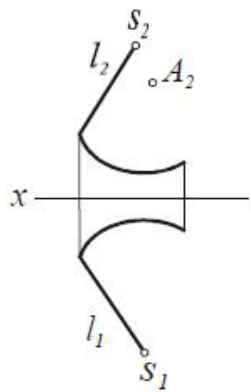


Рисунок 4.8

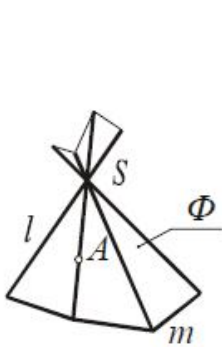
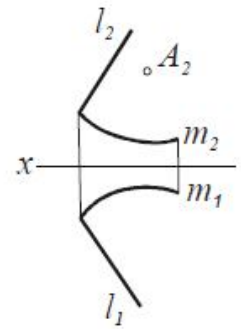


Рисунок 4.9

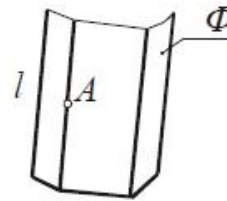
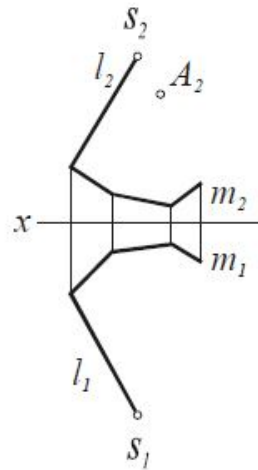
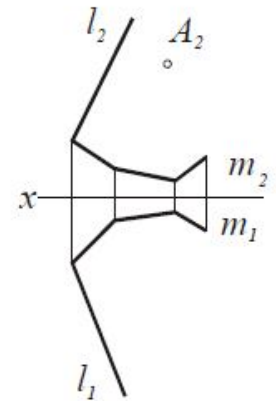


Рисунок 4.10



#### 4.2.1.1 Многогранники

**Многогранник** – замкнута просторова фігура, обмежена плоскими багатокутниками. Вершини і сторони багатокутників є вершинами і ребрами многогранників. Якщо всі вершини і ребра многогранника знаходяться по одну сторону площини будь-якої його грані, то многогранник називається **опуклим**.

**Піраміда** – це многогранник, одна грань якого – багатокутник, а інші – трикутники із загальною вершиною (рис. 4.11).

**Правильна піраміда** – це піраміда, у якої основа є правильним багатокутником, а висота проходить через центр цього багатокутника (рис. 4.11, б).

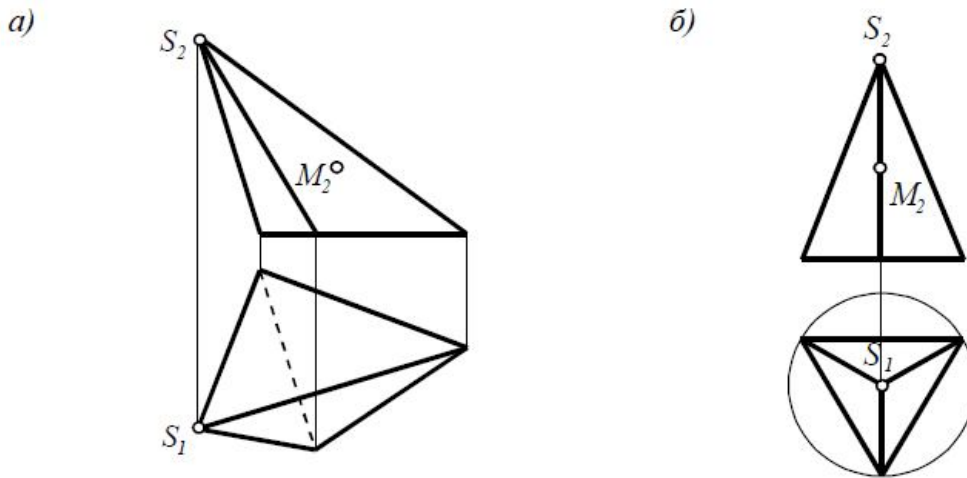


Рисунок 4.11

**Призма** – це многогранник, двома гранями якого є рівні багатокутники з взаємно паралельними сторонами, а всі інші грані – паралелограми (рис. 4.12).

**Пряма призма** – призма, ребра якої перпендикулярні до плоских основ. Якщо основою є прямокутник – це паралелепіпед (рис. 4.12, б).

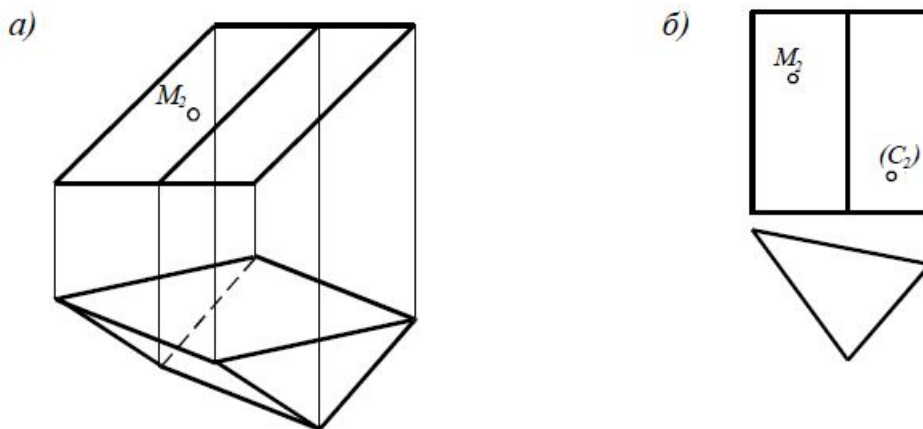


Рисунок 4.12

#### 4.2.2 Поверхні обертання

Поверхні обертання утворюються **обертанням** твірної лінії довкола нерухомої осі. Площина, перпендикулярна до осі обертання, перетинає поверхню по колах, які називаються **паралелями**. Найбільшу з паралелей називають **екватором**, найменшу – **горлом** поверхні. Площина, яка проходить через вісь поверхні обертання, називається **меридіональною**, а лінія перетину поверхні з цією площиною називається **меридіаном** поверхні. Якщо меридіональна площина паралельна фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ , то в перетині виходить меридіан, який називається **головним**.

**Алгоритм розв'язку задачі на приналежність точки поверхні обертання** (рис. 4.13–4.18).

1. Через задану проекцію точки проводять проекцію допоміжної паралелі.
2. Будують другу проекцію цієї паралелі, вимірюючи її радіус від осі обертання до нарису поверхні.
3. По лінії проекційного зв'язку на побудованій проекції паралелі знаходять відсутню проекцію точки із урахуванням її видимості.

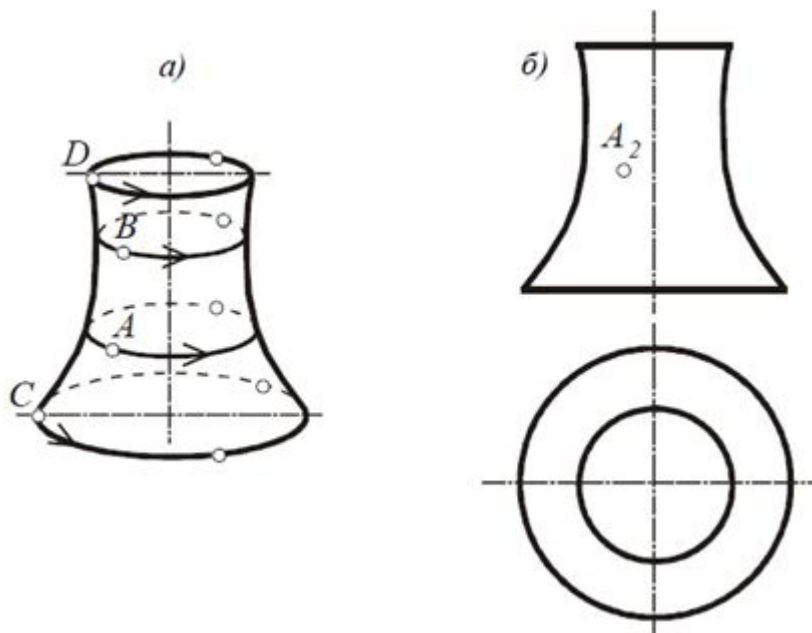


Рисунок 4.13

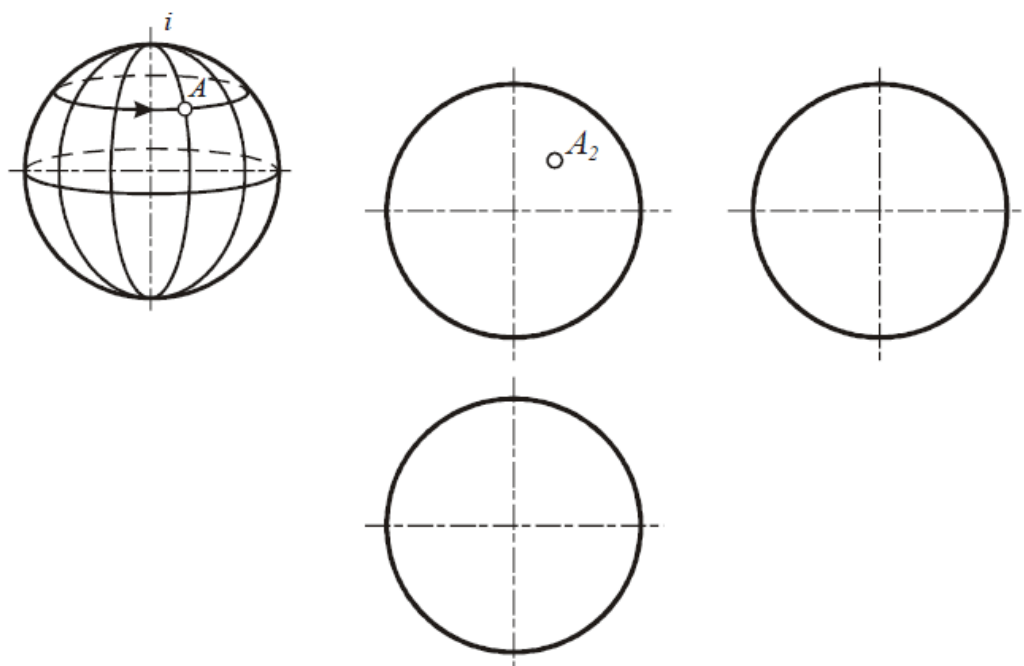


Рисунок 4.14

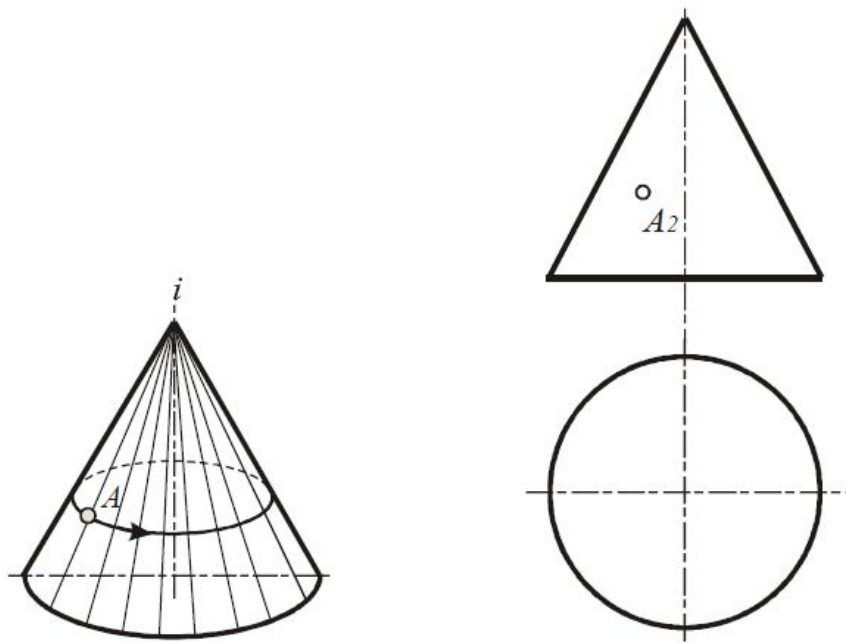


Рисунок 4.15

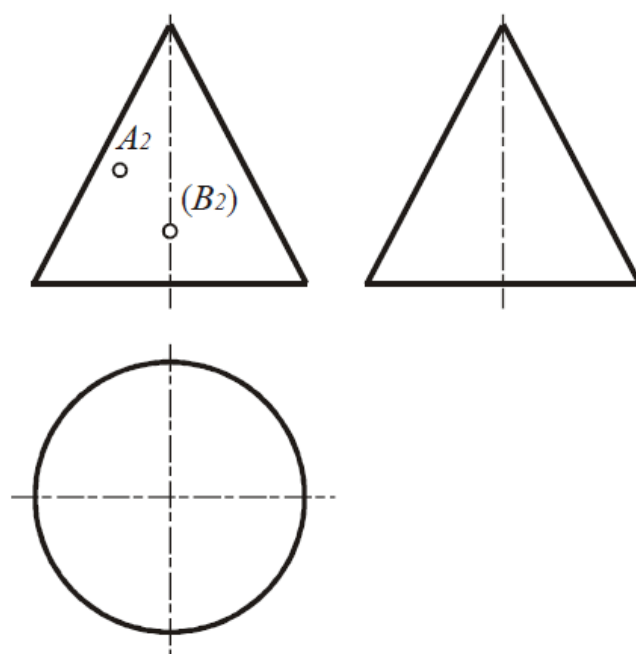


Рисунок 4.16

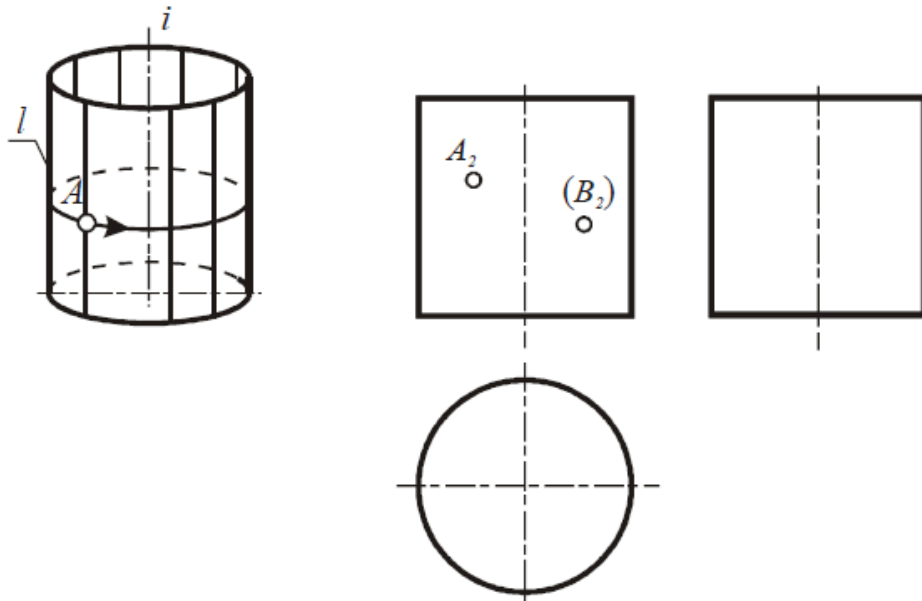


Рисунок 4.17

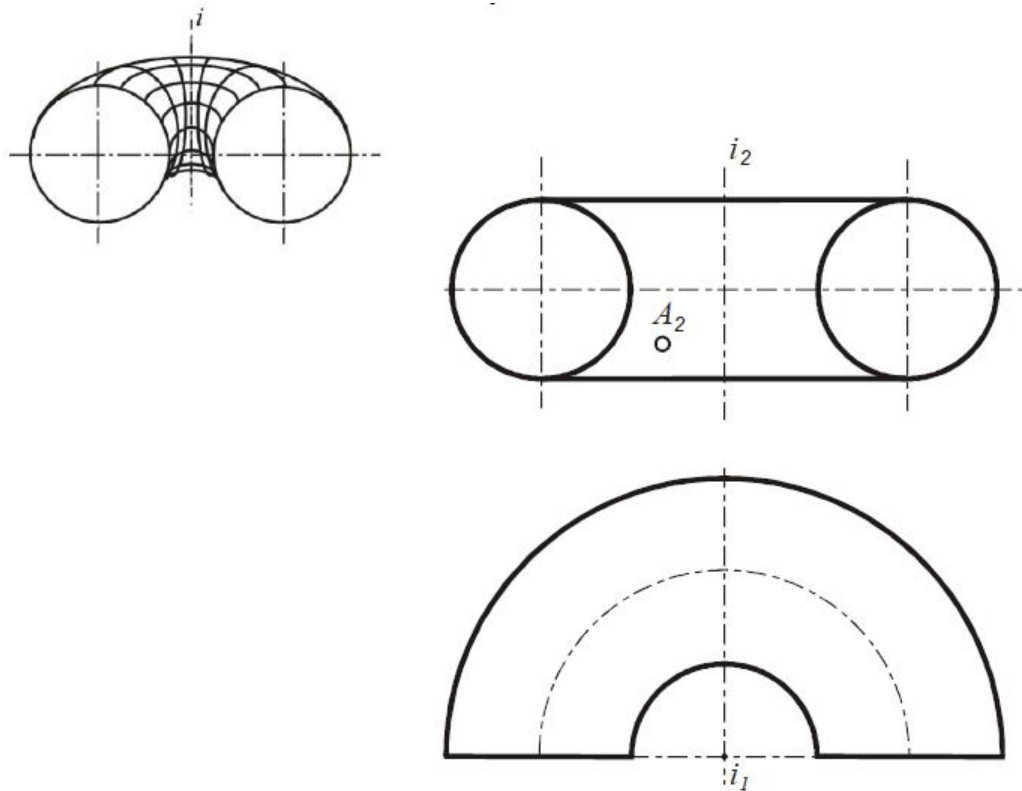


Рисунок 4.18

#### 4.2.3 Гвинтові поверхні

*Гвинтові поверхні* утворюються при гвинтовому русі деякої твірної лінії  $l$ . Її точки здійснюють гвинтові рухи, описуючи гвинтові лінії – **геліси**. У інженерній практиці особливого поширення набули гвинтові поверхні, звані **гелікоїдами**. Залежно від величини кута нахилу твірної до осі поверхні розрізняють **прямі** (кут =  $90^\circ$ ) і **похилі** (кут  $\neq 90^\circ$ ) гелікоїди (рис. 4.19).

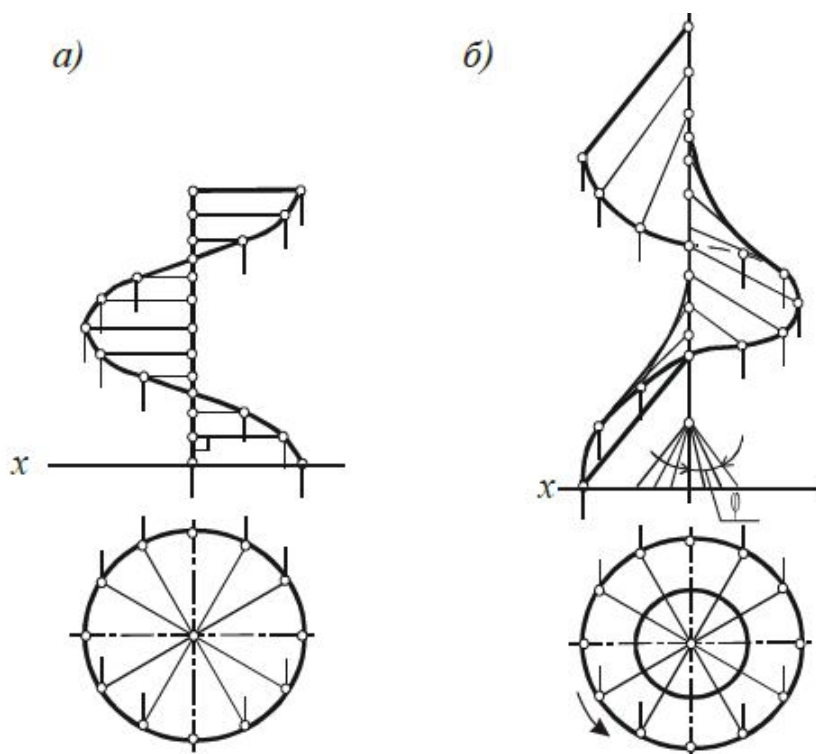


Рисунок 4.19

**Висновки:**

- поверхня може бути отримана обертанням деякої твірної довкола осі або рухом її по напрямній;
- поверхня може бути задана на кресленні проекціями елементів геометричної частини її визначника або для досягнення більшої наочності – нарисом;
- поверхні можуть бути систематизовані залежно від вигляду твірних і напрямних, а також від закону руху твірних;
- для знаходження відсутньої проекції точки, яка лежить на поверхні, користуються характерними для цієї поверхні простими лініями.

**4.3 Тест для поточного контролю за темою «Поверхні»**

А. На якому кресленні точка А належить конічній поверхні?

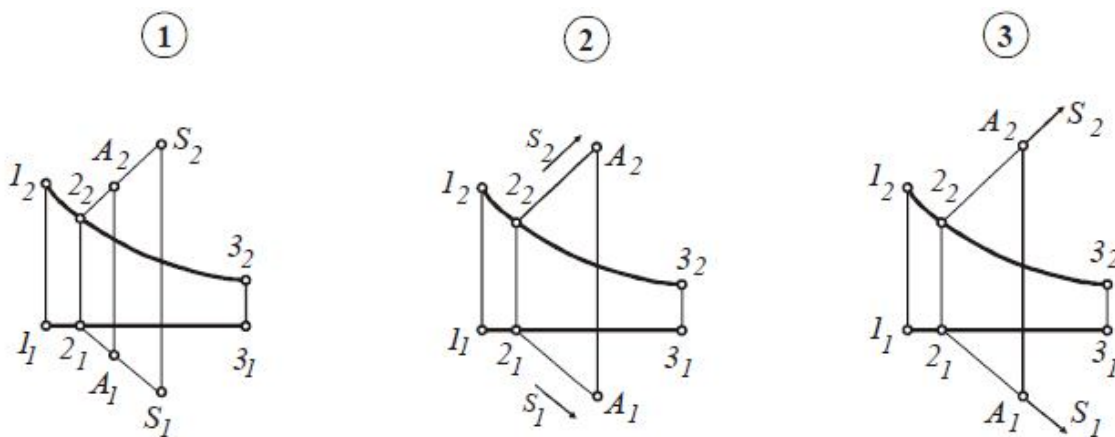
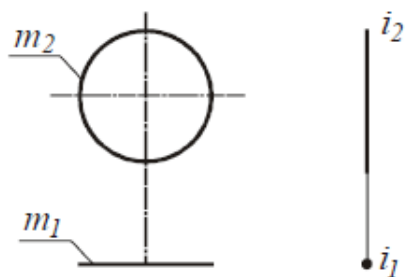


Рисунок 4.20

Б. Як називається поверхня обертання, визначник якої заданий на комплексному кресленні?



- 1 – сферична
- 2 – циліндрична
- 3 – конічна
- 4 – торова

Рисунок 4.21

В. На якому кресленні точка А належить поверхні сфери, заданої фронтальною і профільною проекціями?

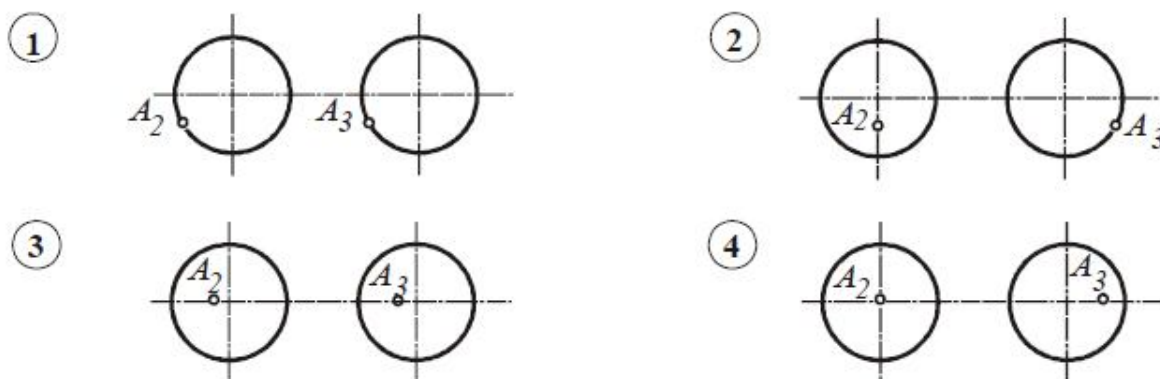


Рисунок 4.22

Г. Як зображується екватор поверхні обертання на фронтальній площині проєкцій, якщо вісь поверхні перпендикулярна  $\Pi_1$ ?

- 1) колом; 2) відрізком прямої; 3) еліпсом

Д. Які поверхні з поданого справа списку створюють нарис деталі? Розташувати номери вибраних поверхонь за порядком їх слідування зліва направо.



- 1 – призматична
- 2 – циліндрична
- 3 – конічна
- 4 – сферична
- 5 – пірамідальна

Рисунок 4.23

Е. Яка з ліній сфери, горизонтальна проекція якої задана, є її головним меридіаном?

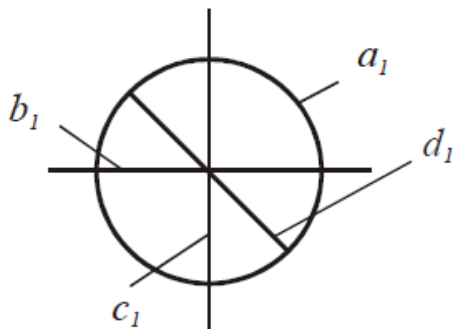


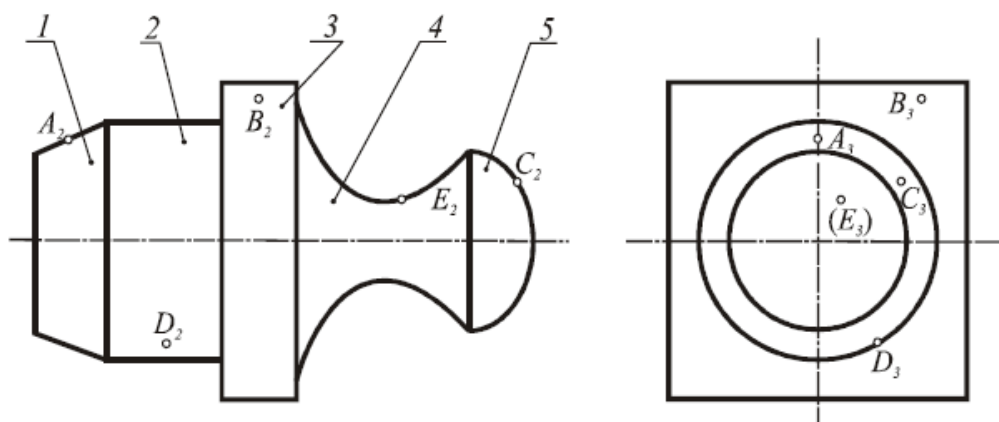
Рисунок 4.24

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д	Е
Відповідь						

#### 4.4 Задачі

1. Назвати поверхні, що формують деталь на рисунку 4.25. Записати нижче, які з точок **A, B, C, D, E** належать поверхні деталі?



- 1 – \_\_\_\_\_
- 2 – \_\_\_\_\_
- 3 – \_\_\_\_\_
- 4 – \_\_\_\_\_
- 5 – \_\_\_\_\_

Рисунок 4.25

2. Побудувати відсутні проекції точок, які належать поверхні тонкостінного трубопроводу (рис. 4.26).



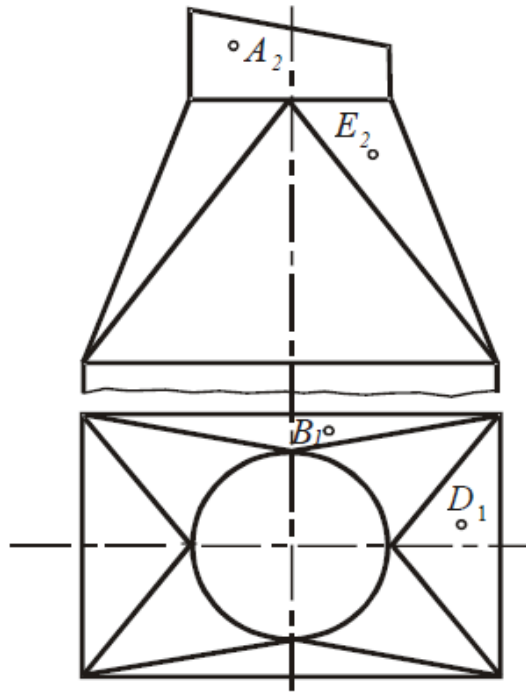


Рисунок 4.26

3. Побудувати відсутні проєкції ліній, які належать заданим поверхням (рис. 4.27).

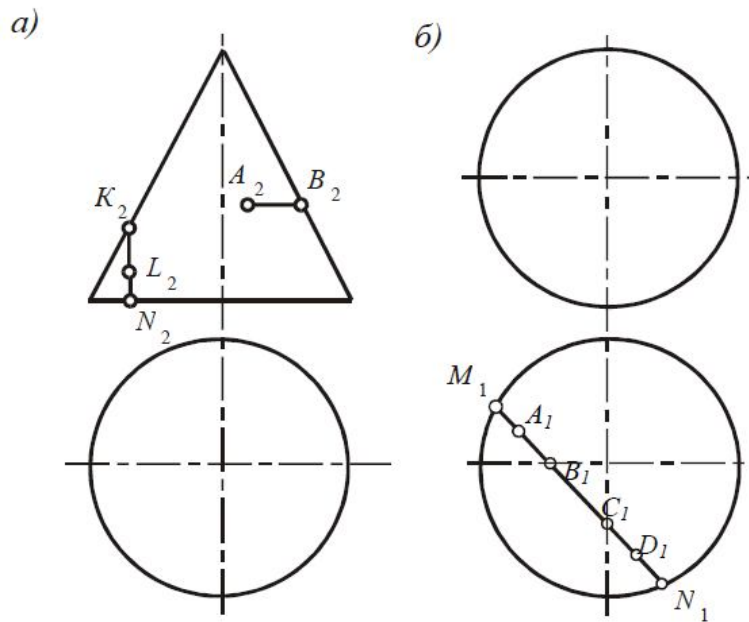


Рисунок 4.27

4. Побудувати фронтальну проєкцію лінії, яка належить поверхні тора (рис. 4.28).

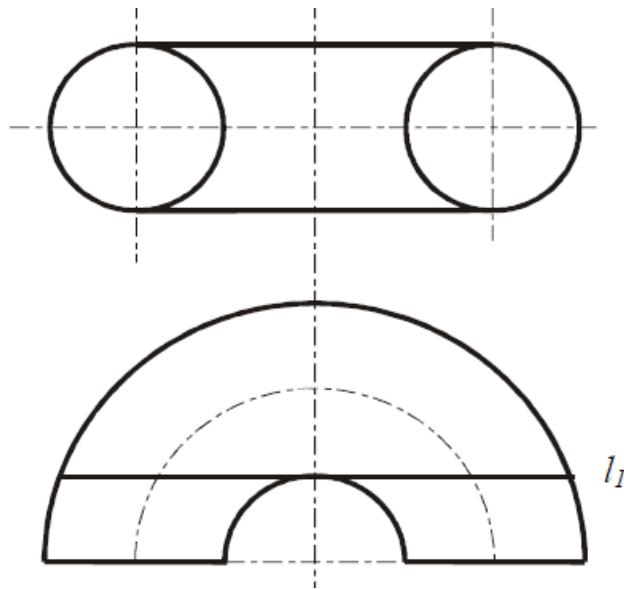


Рисунок 4.28

5.\* Побудувати горизонтальну проекцію точки, яка належить поверхні конуса обертання з вершиною в точці  $S$ , якщо точка  $A$  належить поверхні цього конуса (рис. 4.29).

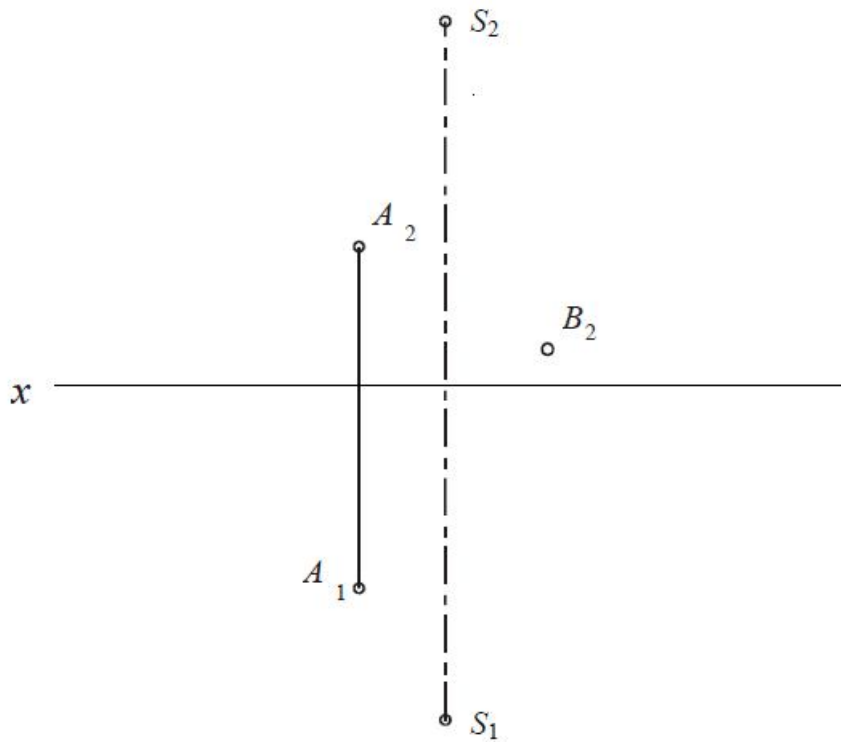


Рисунок 4.29

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5*	$\Sigma$
Бали						

## 5 СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРЕСЛЕННЯ

### 5.1 Основні положення

На кресленні орієнтиром розташування геометричного об'єкта у просторі є осі проєкцій (рис. 5.1).

Найбільш зручним положенням проєктованого геометричного об'єкта необхідно:

- положення, **паралельне** площині проєкцій;
- положення, **перпендикулярне** площині проєкцій.

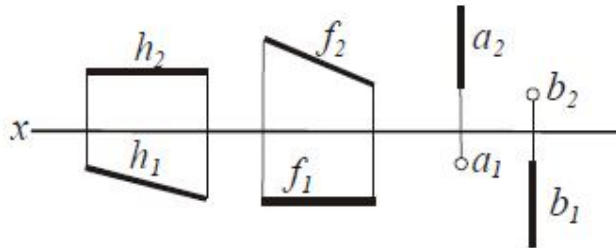


Рисунок 5.1

Під час ортогонального проєктування зручне положення геометричного об'єкта досягається двома шляхами:

1. **Переміщенням площини проєкцій у нове положення**, по відношенню до якого проєктований геометричний об'єкт виявиться в окремому положенні (об'єкт нерухомий);

2. **Переміщенням у просторі геометричного об'єкта** так, щоб він зайняв окреме положення відносно заданої площини проєкцій, які водночас не змінюють свого положення у просторі (об'єкт рухливий).

### 5.2 Спосіб заміни площин проєкцій

Додаткова площина вводиться перпендикулярно одній з основних площин проєкцій (рис. 5.2 - 5.4).

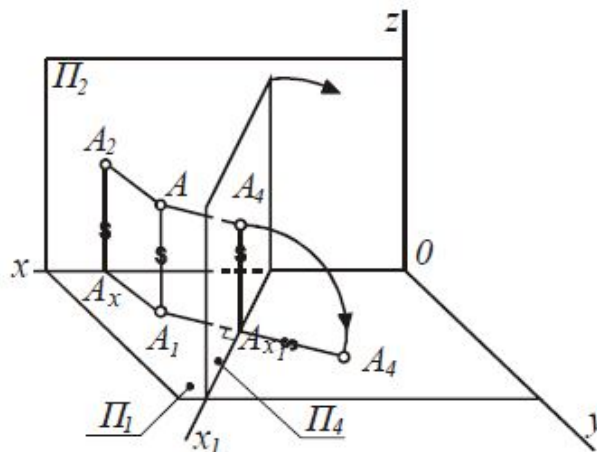


Рисунок 5.2

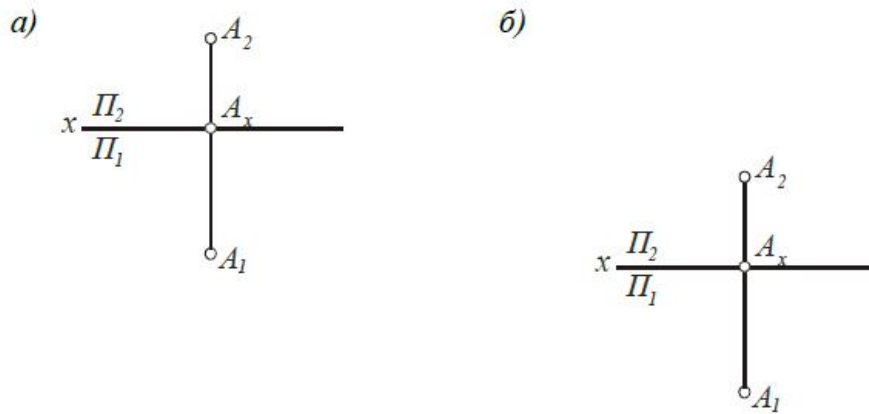


Рисунок 5.3

**Алгоритми розв'язування:**

1)  $\Pi_1\Pi_2 \rightarrow \Pi_1\Pi_4$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ; вісь  $X_1 = \Pi_1 \cap \Pi_4$ ;  $A_1A_4 \perp$  осі  $x_1$ ;  $|A_{x_1}A_4| = |Ax_1A_2| = Z_A$ .

2)  $\Pi_1\Pi_2 \rightarrow \Pi_2\Pi_4$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_2$ ; вісь  $X_1 = \Pi_2 \cap \Pi_4$ ;  $A_2A_4 \perp$  осі  $x_1$ ;  $|A_{x_1}A_4| = |Ax_1A_1| = Y_A$ .

Можна провести послідовно декілька перетворень креслення (рис. 5.4).

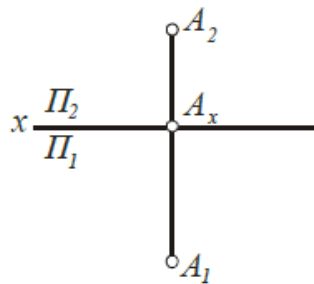


Рисунок 5.4

5.2.1 Розв'язування чотирьох основних задач перетворення комплексного креслення способом заміни площин проєкцій

**Задача 1.** Перетворити креслення так, щоб у новій системі площин проєкцій пряма загального положення зайняла положення прямої рівня (рис. 5.5, 5.6).

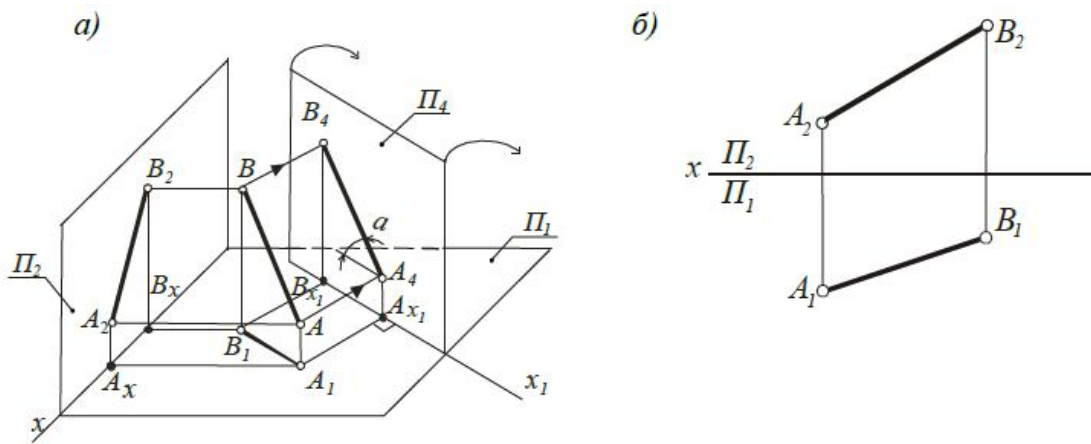


Рисунок 5.5

**Алгоритм розв'язування:**

$\Pi_1\Pi_2 \rightarrow \Pi_1\Pi_4$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ; вісь  $X_1 = \Pi_1 \cap \Pi_4$ ;  $A_1 A_4 \perp$  осі  $x_1$ ;  $|Ax_1 A_4| = |Ax A_2| = Z_A$ .

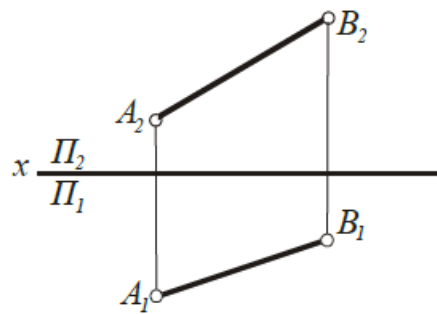


Рисунок 5.6

**Алгоритм розв'язування:**

$\Pi_1\Pi_2 \rightarrow \Pi_2\Pi_4$ ;  $\Pi_2 \perp \Pi_4$ ; вісь  $X_1 = \Pi_2 \cap \Pi_4$ ;  $A_2 A_4 \perp$  осі  $X_1$ ;  $|Ax_1 A_4| = |Ax A_1| = Y_A$ .

**Задача 2.** Перетворити креслення так, щоб у новій системі площин проєкцій пряма рівня зайняла положення проєктувальної прямої (рис. 5.7 і 5.8).

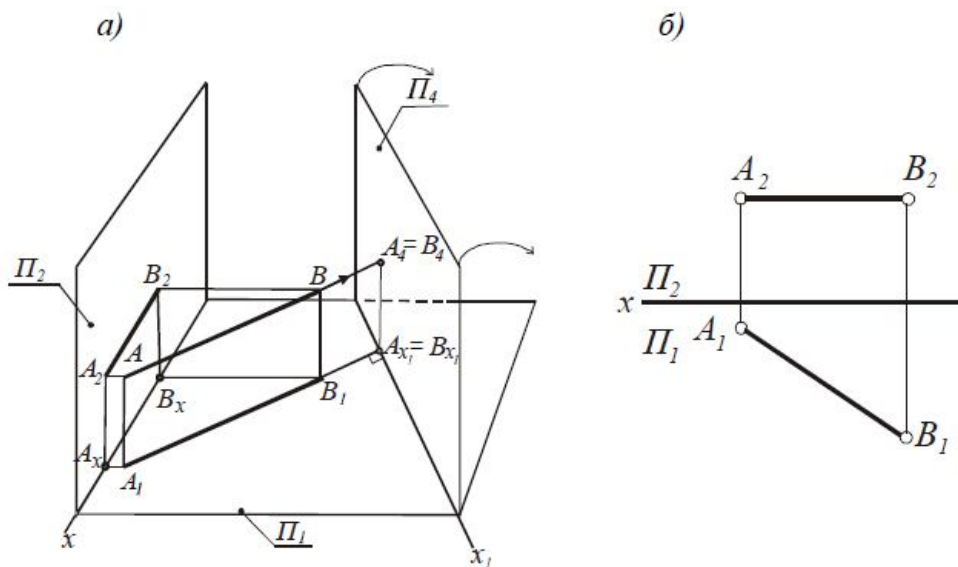


Рисунок 5.7

Для перетворення прямої загального положення в проєктуючі необхідно зробити дві заміни площин проєкцій послідовно (рис. 5.8).

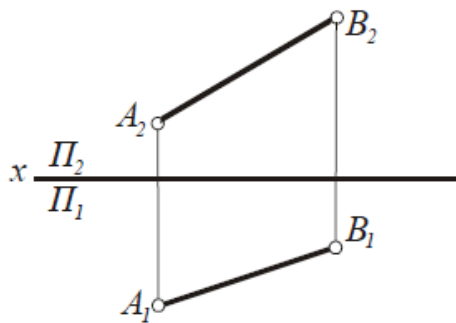


Рисунок 5.8

**Алгоритм розв'язування:**

**Задача 3.** Перетворити креслення так, щоб у новій системі площин проєкцій площина загального положення зайняла проєктувальне положення (рис. 5.9).

**Алгоритм розв'язування:**

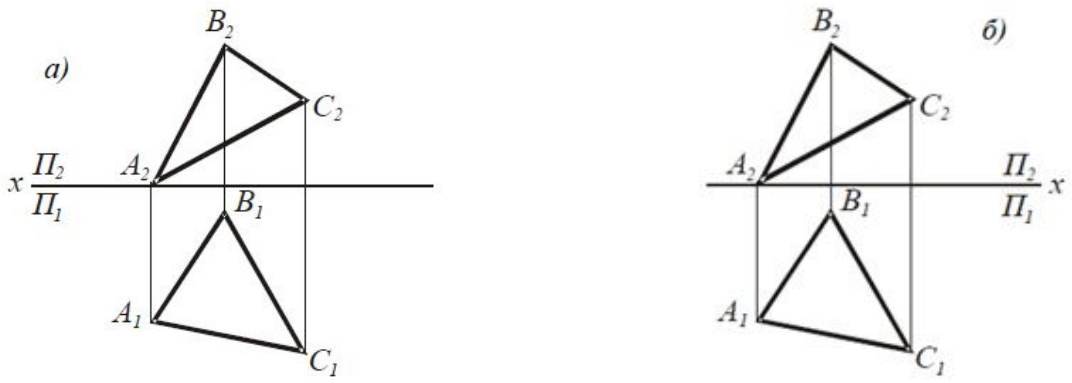


Рисунок 5.9

**Задача 4.** Перетворити креслення так, щоб у новій системі площин проекцій площина проектувальна зайняла положення площини рівня (рис. 5.10).

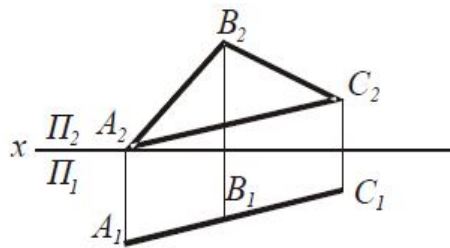


Рисунок 5.10

Для перетворення площини загального положення в площину рівня необхідно зробити дві заміни площин проекцій послідовно (рис. 5.11).

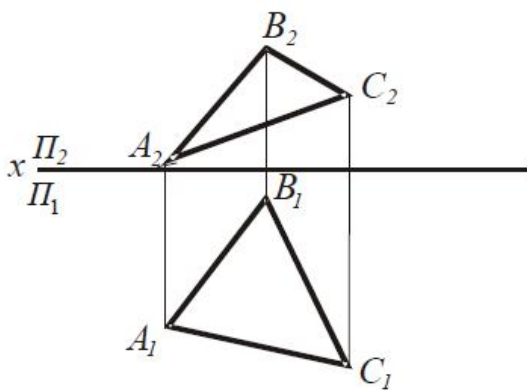


Рисунок 5.11

### 5.3 Спосіб плоско-паралельного переміщення

Під час паралельного перенесення будь-якої геометричної фігури відносно заданої площини проєкцій, проєкція фігури на цій площині хоча і змінює своє положення, але залишається сама водночас незмінною (рис 5.12).

#### 5.3.1 Розв'язування першої і другої задач перетворення креслення способом плоско-паралельного переміщення

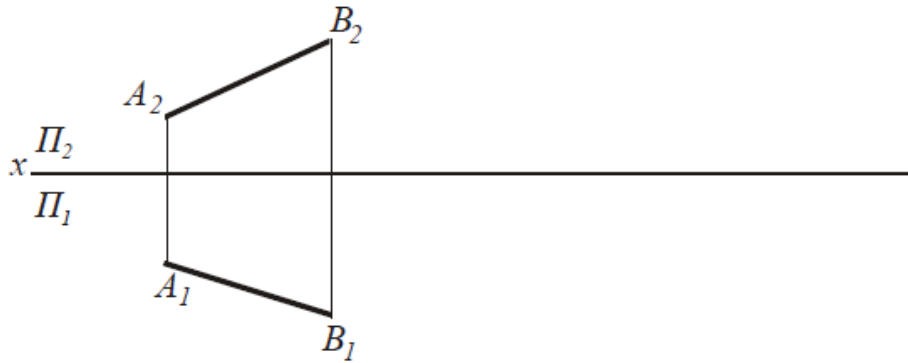


Рисунок 5.12

#### 5.3.2 Розв'язування третьої і четвертої задач перетворення креслення способом плоско-паралельного переміщення

У площині спочатку проводиться лінія рівня (рис. 5.13).

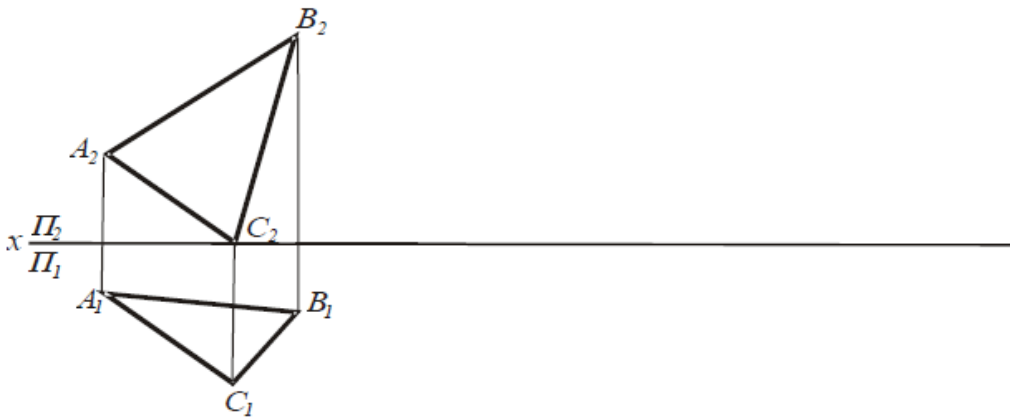


Рисунок 5.13



## 5.4 Спосіб обертання навколо проектувальної прямої. Розв'язування першої основної задачі перетворення креслення

Задається проектувальна вісь обертання (рис. 5.14).

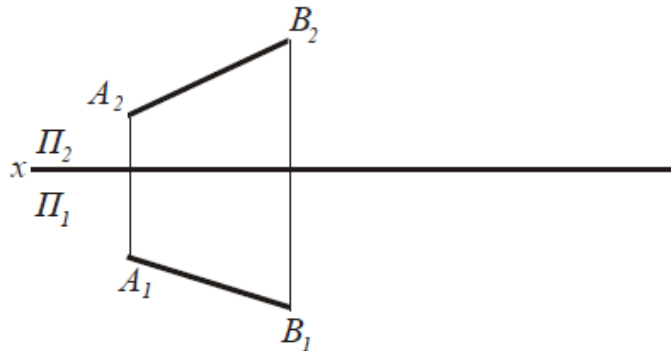


Рисунок 5.14

### Висновки:

- перетворенням креслення можна досягти положення геометричних об'єктів зручного для вирішення різноманітних графічних завдань;
- таке положення може бути досягнуте за допомогою заміни площин проєкцій або плоскопаралельного переміщення об'єктів;
- найуніверсальнішим способом перетворення креслення є спосіб заміни площин проєкцій.

## 5.5 Алгоритми розв'язання типових метричних задач нарисної геометрії способом заміни площин проєкцій

### 5.5.1 Визначення відстаней

1. Відстань між двома точками визначається відрізком який з'єднує ці точки (рис. 5.15).

Алгоритм розв'язування:

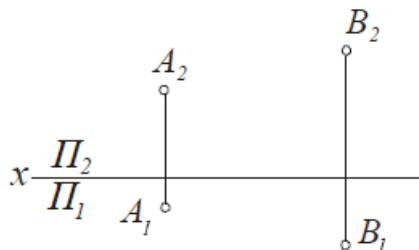


Рисунок 5.15

2. Відстань між точкою і заданою прямою визначається величиною відрізка перпендикуляра, опущеного з точки на пряму (рис. 5.16).

Алгоритм розв'язування:

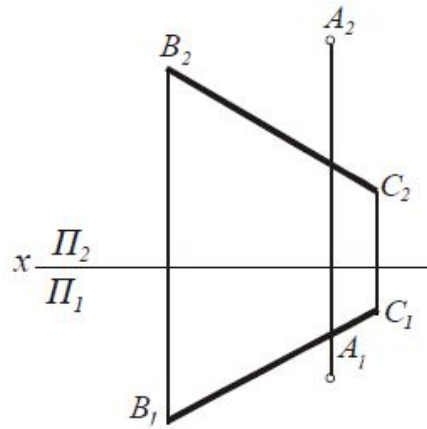


Рисунок 5.16

3. Відстань між двома паралельними прямими визначається величиною відрізка перпендикуляра, опущеного з точки, узятої на одній прямій, на іншу пряму (рис. 5.17).

**Алгоритм розв'язування:**

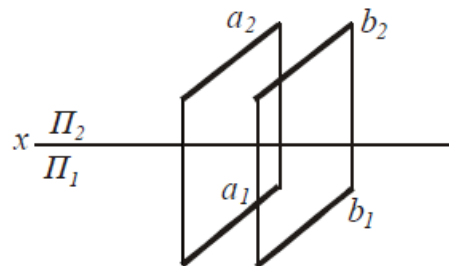


Рисунок 5.17

4. Відстань між двома мимобіжними прямими визначається величиною перпендикуляра, побудованого між паралельними площинами, яким належать мимобіжні прямі (рис. 5.18).

**Алгоритм розв'язування:**

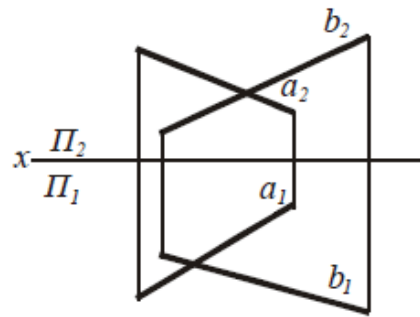


Рисунок 5.18

5. Відстань від точки до заданої площини визначається величиною відрізка перпендикуляра, опущеного з точки на площину (рис. 5.19).

**Алгоритм розв'язування:**

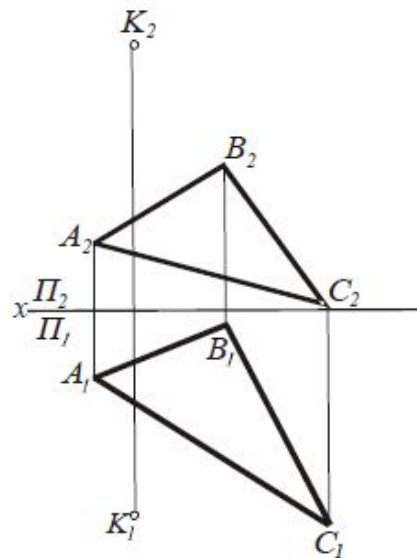


Рисунок 5.19

6. Відстань між двома паралельними площинами вимірюється величиною відрізка перпендикуляра, опущеного з точки, узятої на одній площині, на другу площину (рис. 5.20).

**Алгоритм розв'язування:**

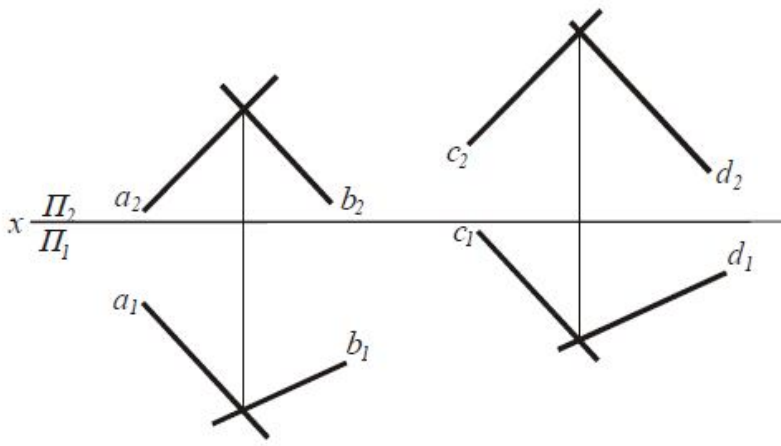


Рисунок 5.20

### 5.5.2 Визначення кутів

*Кутом* називається фігура, що складається з двох різних променів зі спільним початком і обмеженої ними частини площини. За величину кута приймають величину меншого з кутів, утворених цими променями. Такий кут проектується у натуральну величину на паралельну йому площину.

*Кут між кривими* вимірюється кутом між їх дотичними. Кут між мимобіжними прямими вимірюється плоским кутом, утвореним пересічними прямими, проведеними з довільної точки паралельно цим мимобіжним прямим.

*Кут між прямою і площиною* вимірюється гострим кутом між цією прямою і її проекцією на цю площину.

*Кут між двома площинами* (двогранний кут) вимірюється величиною свого лінійного кута, площина якого перпендикулярна ребру двогранного кута (рис. 5.21).

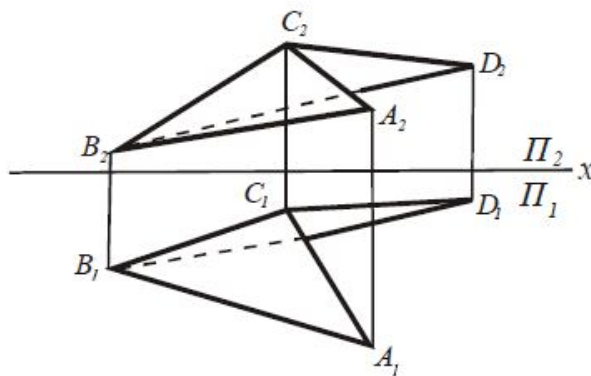


Рисунок 5.21

**Висновки:**

- для розв'язання низки метричних завдань зручно, щоб геометричні фігури займали окреме положення відносно площин проєкцій, чого можна домогтися за допомогою способів перетворення креслення;
- визначення відстаней між геометричними об'єктами зводиться до вимірювання відстані між їхніми найближчими точками;
- визначення кута між геометричними об'єктами зводиться до вимірювання кута між двома прямими.

**5.6 Тест для поточного контролю по темі «Способи перетворення комплексного креслення»**

А. Як треба розташувати нову площину проєкцій  $\Pi_4$ , щоб пряма  $h$  зайняла в новій системі проєкцій проєктувальне положення?

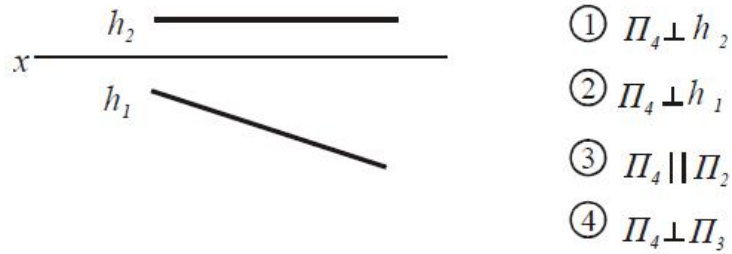


Рисунок 5.22

Б. Яка з основних площин проєкцій замінюється на  $\Pi_4$ , щоб  $\triangle ABC$  проєктувався у вигляді відрізка прямої лінії?

В. Як вибраний напрям нової осі проєкцій  $X_1$  під час побудови  $A_4C_4B_4$ ?

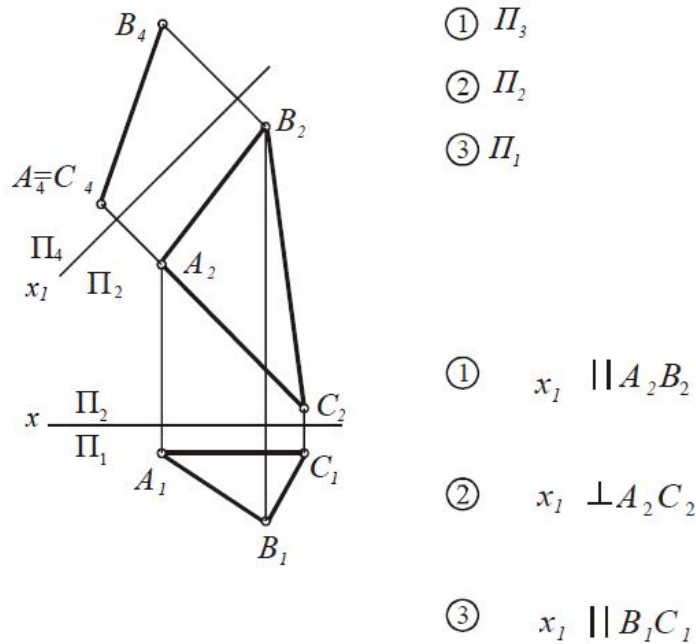


Рисунок 5.23

Г. На якому кресленні відстань від точки **A** до прямої зображується в натуральну величину на площині  $\Pi_2$ ?

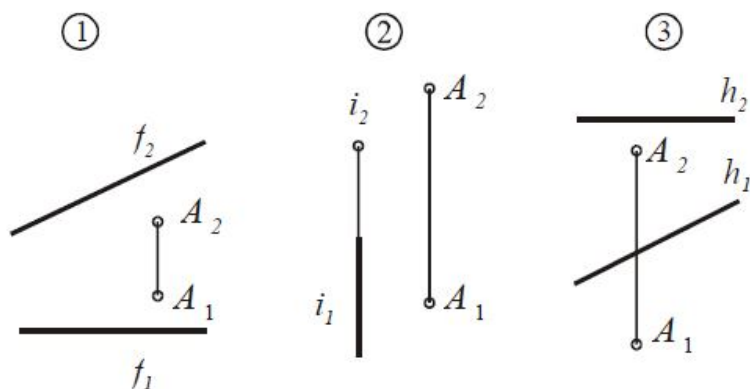


Рисунок 5.24

Д. На якій площині проєкції можна визначити дійсну величину двогранного кута між площинами  $\Delta ABC$  і  $\Delta ABD$ ?

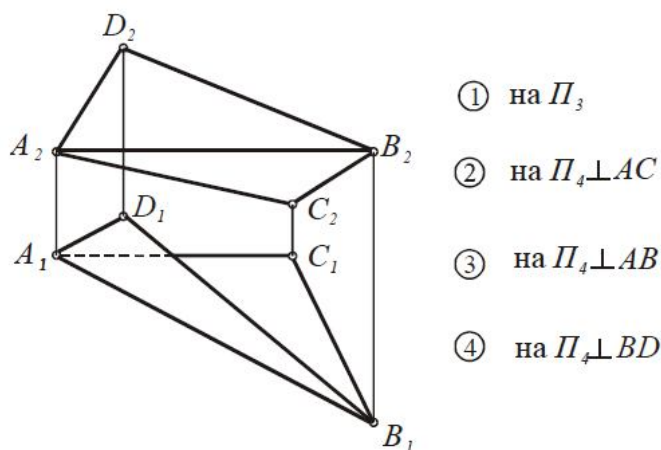


Рисунок 5.25

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д
Відповідь					

### 5.7 Задачі

1. На прямій **AB** побудувати точку, рівновіддалену від кінців відрізка **EF** (рис. 5.26).

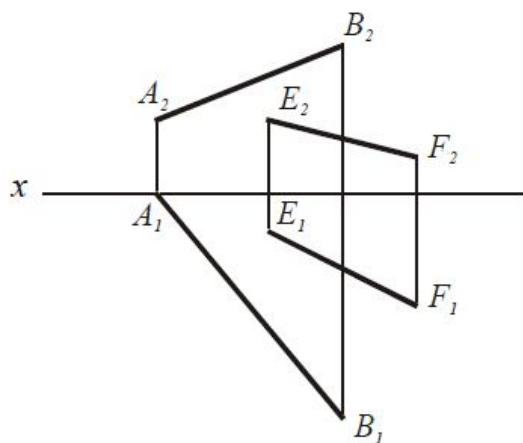


Рисунок 5.26

2. Побудувати фронтальну проекцію точки **A**, віддалену від відрізка **MN** на **20** мм (рис. 5.27).

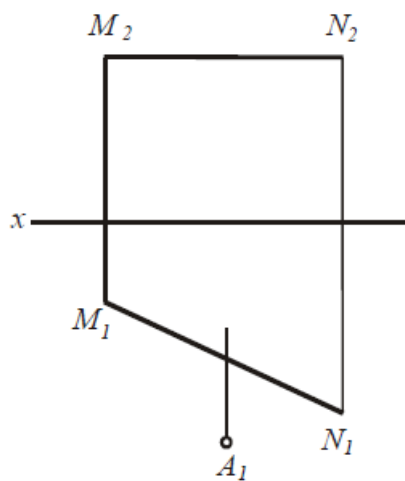


Рисунок 5.27

3. Визначити відстань між двома заданими прямими **AB** і **CD** (рис. 5.28).

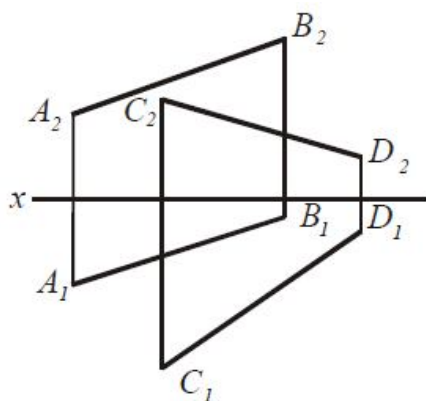


Рисунок 5.28

4. Побудувати проекцію прямокутника  $ABCD$  з вершиною  $C$  на прямій  $MN$  (рис. 5.29).

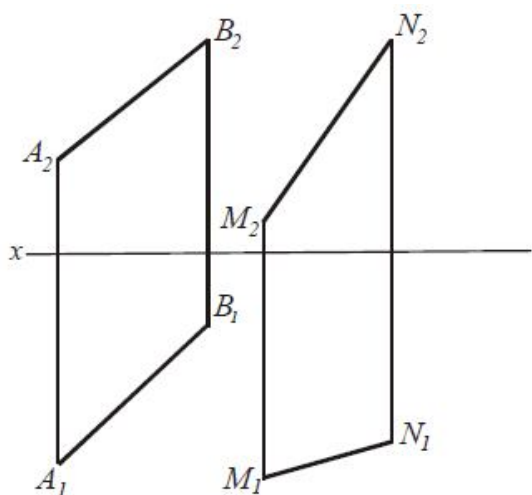


Рисунок 5.29

5. Побудувати точку  $K$ , симетричну точці  $A$  відносно площини  $\Sigma(B, m)$  (рис. 5.30).

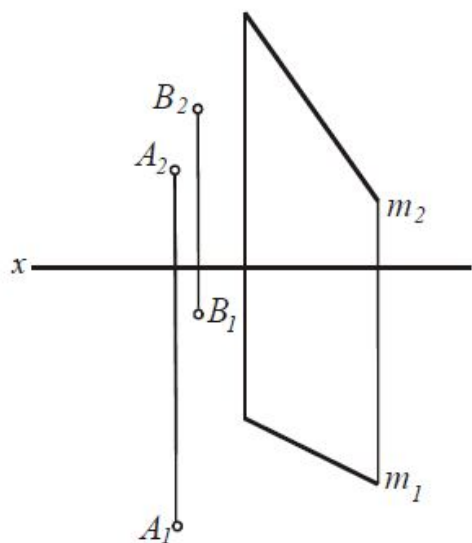


Рисунок 5.30



6. Добудувати двогранний кут при ребрі  $AC$ , якщо лінійний кут, який його визначає, дорівнює  $30^\circ$  (рис. 5.31).

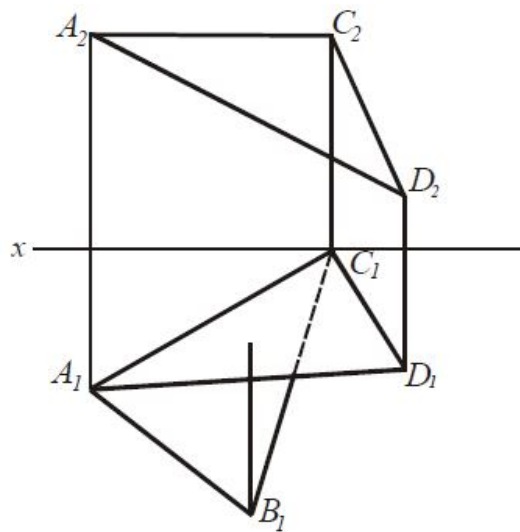


Рисунок 5.31

7. На прямій  $AB$  знайти точку, віддалену від площини  $\Gamma$  ( $m/n$ ) на  $15$  мм (рис. 5.32).

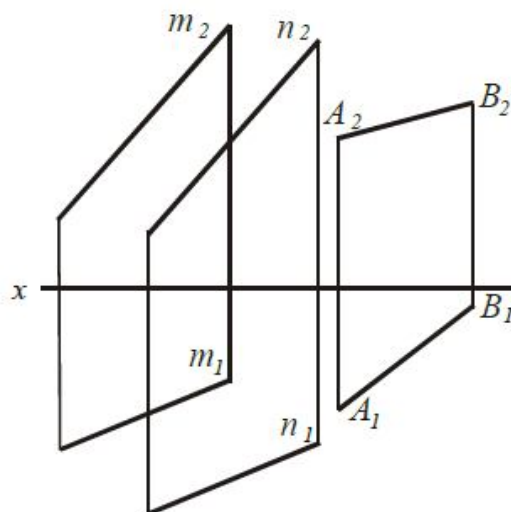


Рисунок 5.32

8. У площині  $\Gamma$  ( $ABC$ ) знайти точку, рівновіддалену від вершин трикутника  $ABC$  (рис. 5.33).

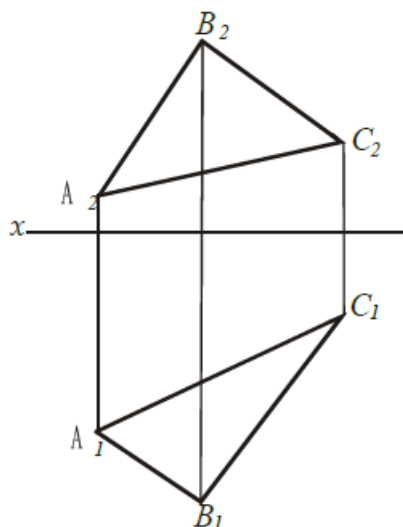


Рисунок 5.33

9\*. Побудувати фронтальну проекцію  $CD//AB$ , якщо відстань між ними дорівнює 20 мм (рис. 5.34).

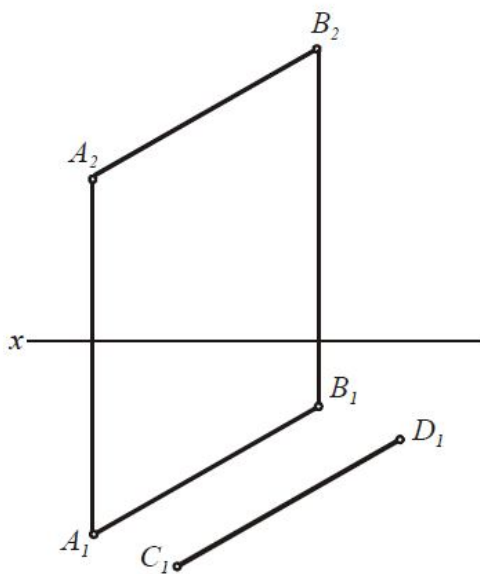


Рисунок 5.34

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5	6	7	8	9*	$\Sigma$
Бали										

## 6 ТЕОРІЯ Й АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ НА ВЗАЄМНИЙ ПЕРЕТИН ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Задачі, у яких визначається розташування об'єктів один відносно одного, називають **позиційними** (рис. 6.1). Задачу побудови точок перетину якої-небудь заданої лінії з поверхнею називають **першою основною позиційною задачею**, задачу побудови ліній перетину двох заданих поверхонь називають **другою основною позиційною задачею**.

### 6.1 Алгоритм розв'язування задач на перетин геометричних об'єктів, які займають проектувальне положення

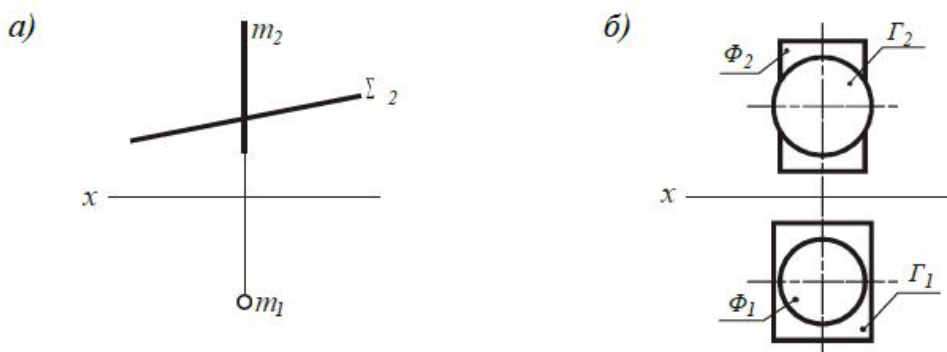


Рисунок 6.1

#### Алгоритм:

1. Шуканий загальний елемент вже заданий на кресленні.
2. Його проєкції частково або повністю співпадають із заданими проєкціями-носіями проектувальних геометричних об'єктів, які перетинаються.
3. Розв'язання задачі зводиться до позначення проєкцій шуканого загального елемента.
4. Третя проєкція елемента перетину знаходиться за законами проєкційного зв'язку.

### 6.2 Алгоритми розв'язування задач на перетин проектувального геометричного об'єкта з геометричним об'єктом загального положення

Якщо з двох геометричних об'єктів, які перетинаються між собою, тільки один займає проектувальне положення, то і збиральну властивість матиме тільки одна проєкція цього об'єкта, отже, лише одна проєкція шуканого загального елемента буде знайдена без побудов (рис. 6.2, 6.3).

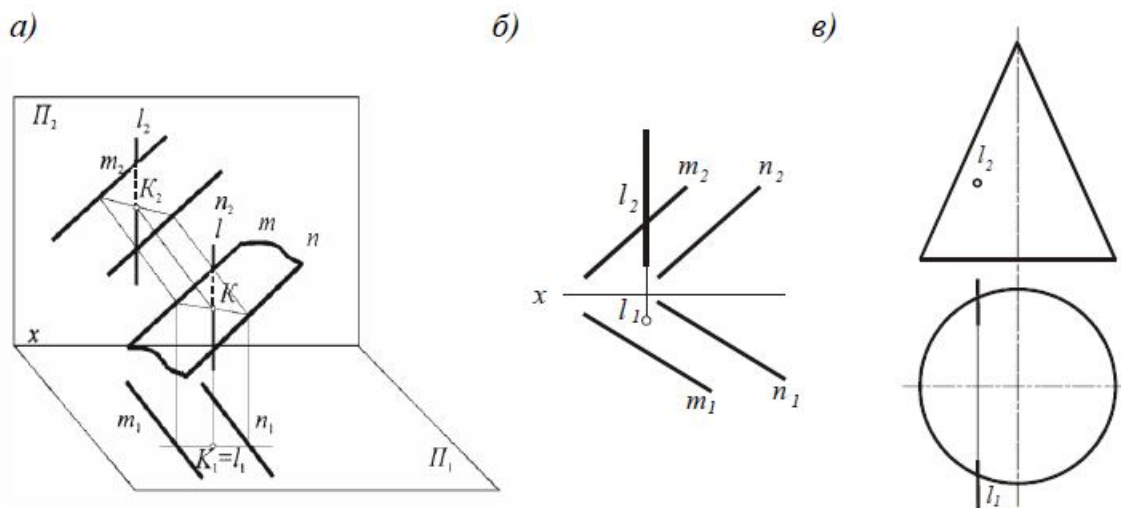


Рисунок 6.2

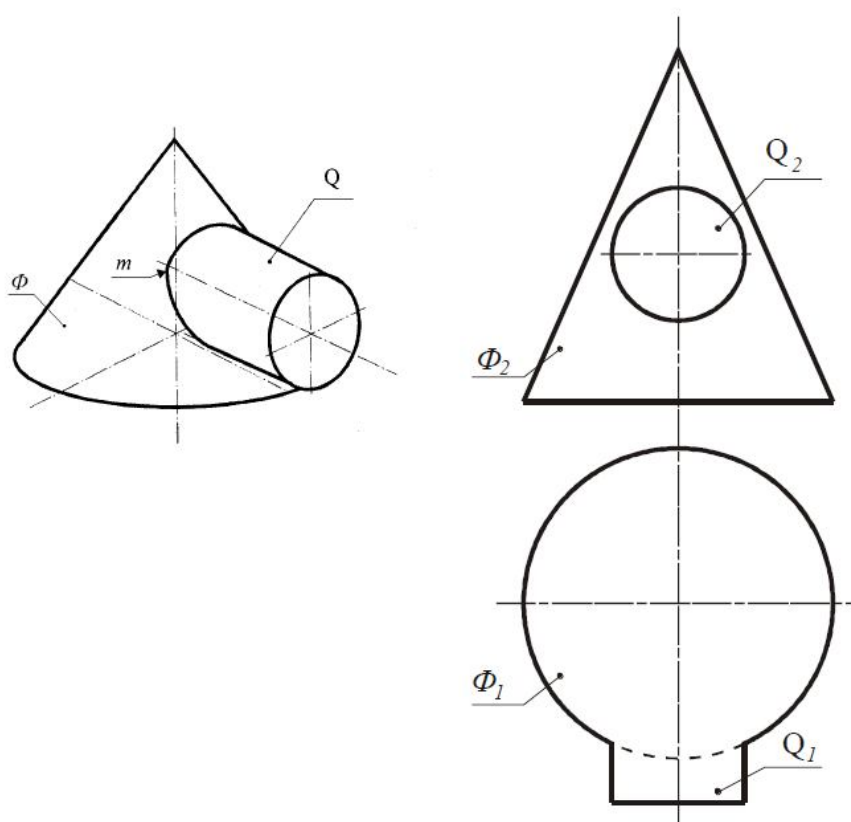


Рисунок 6.3

**Алгоритм:**

1. Одна проекція шуканого загального елемента вже задана на кресленні.
2. Вона частково або повністю співпадає із заданою проекцією – носієм проєктувального геометричного об'єкта.
3. Друга проекція шуканого загального елемента знаходиться за умови належності його геометричному об'єкту загального положення.
4. Третя проекція елемента перетину будується за законами проєкційного зв'язку.

6.2.1 Переріз поверхонь проєктувальною площиною

У техніці особливий інтерес мають такі види перерізів поверхні площиною:

- конічні перерізи;
- перерізи циліндричних поверхонь;
- перерізи сферичних поверхонь;
- перерізи многогранників.

### 6.2.2 Конічні перерізи

Поверхня прямого кругового конуса є носієм декількох кривих другого порядку: **кола, еліпса, параболи і гіперболи.**

Зазначені криві виходять у результаті перерізу конічної поверхні площиною. Ці криві називають «**коніками**» (рис. 6.4 – 6.6).

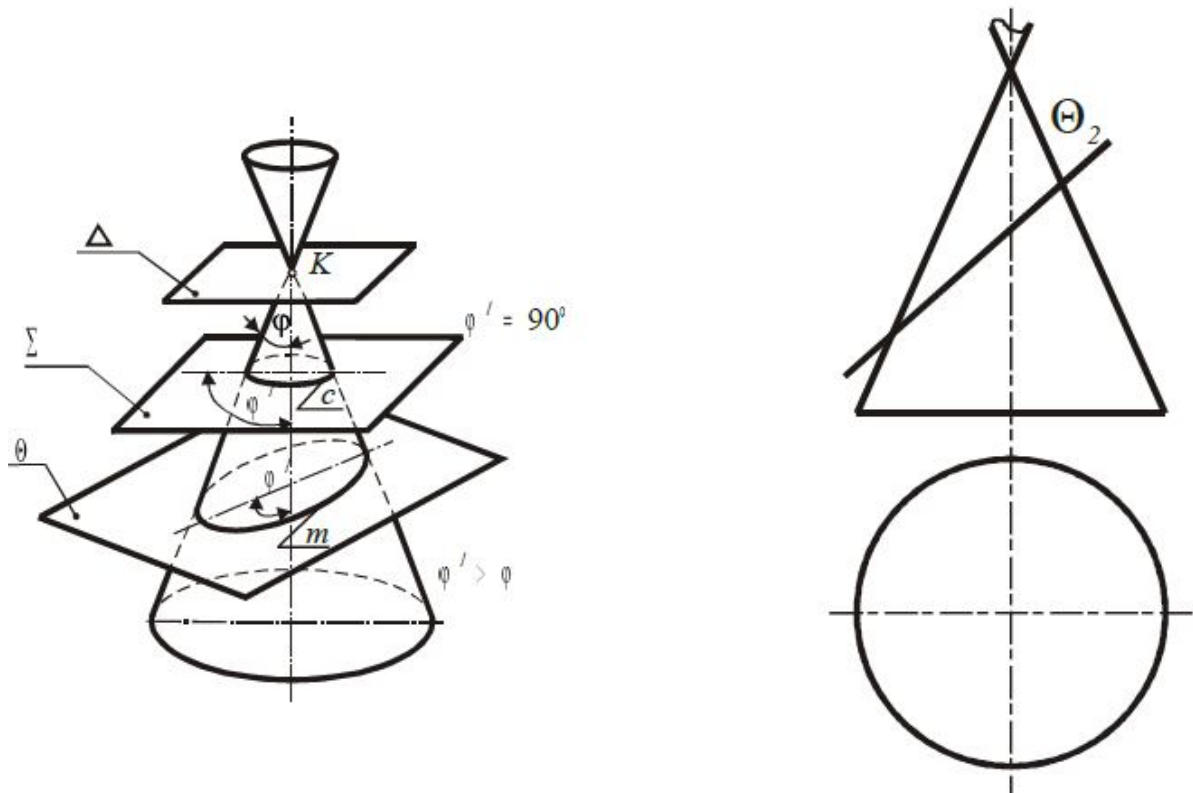


Рисунок 6.4

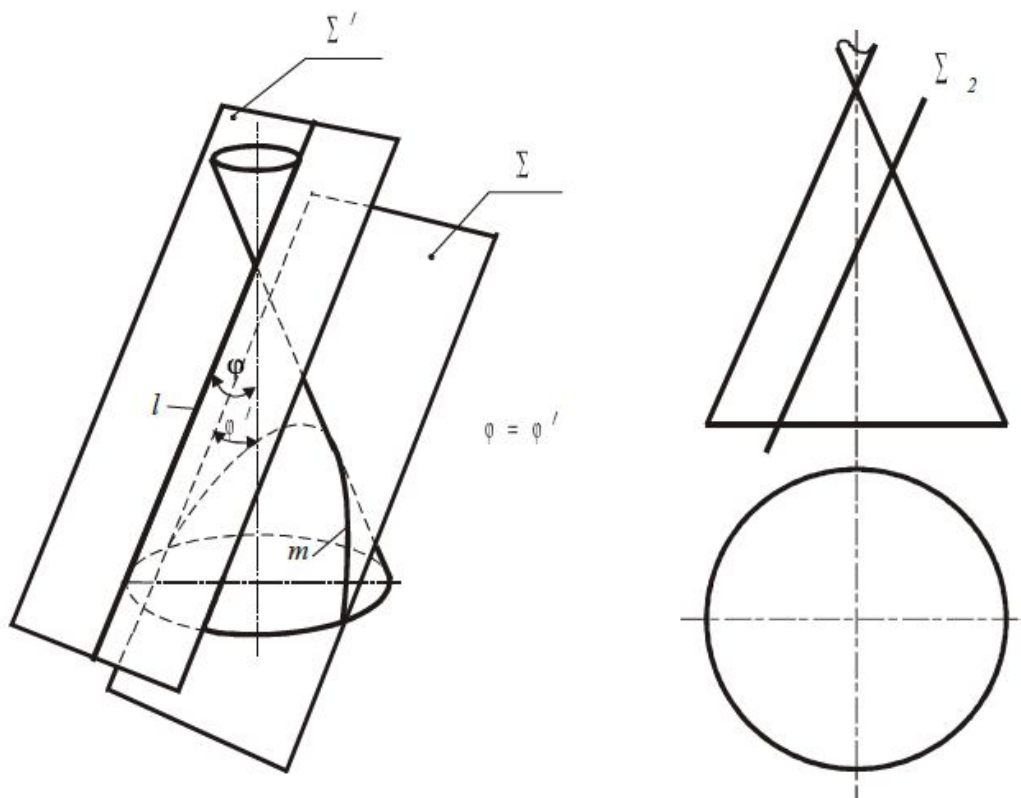


Рисунок 6.5

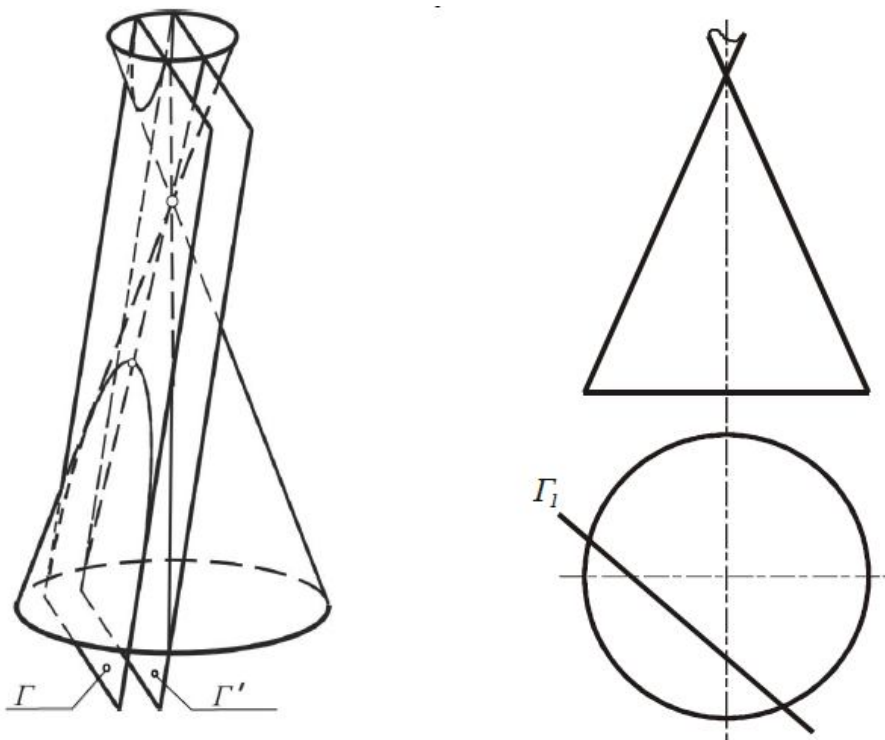


Рисунок 6.6

### 6.2.3 Перерізи циліндричної поверхні

Залежно від положення січної площини відносно осі обертання в перерізі поверхні прямого кругового циліндра можуть виходити такі лінії: **дві прямі**, **коло**, **еліпс** (рис. 6.7, 6.8).

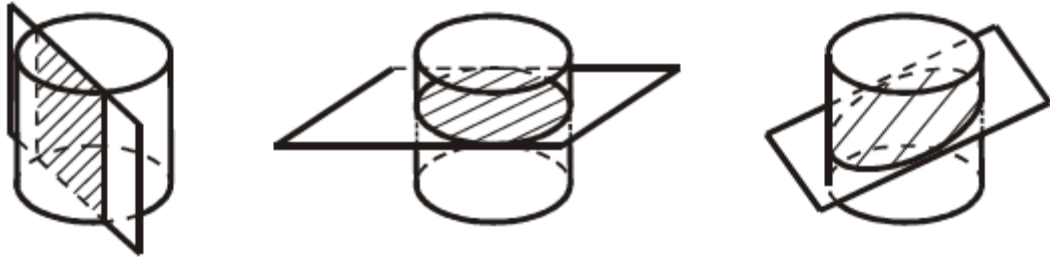


Рисунок 6.7

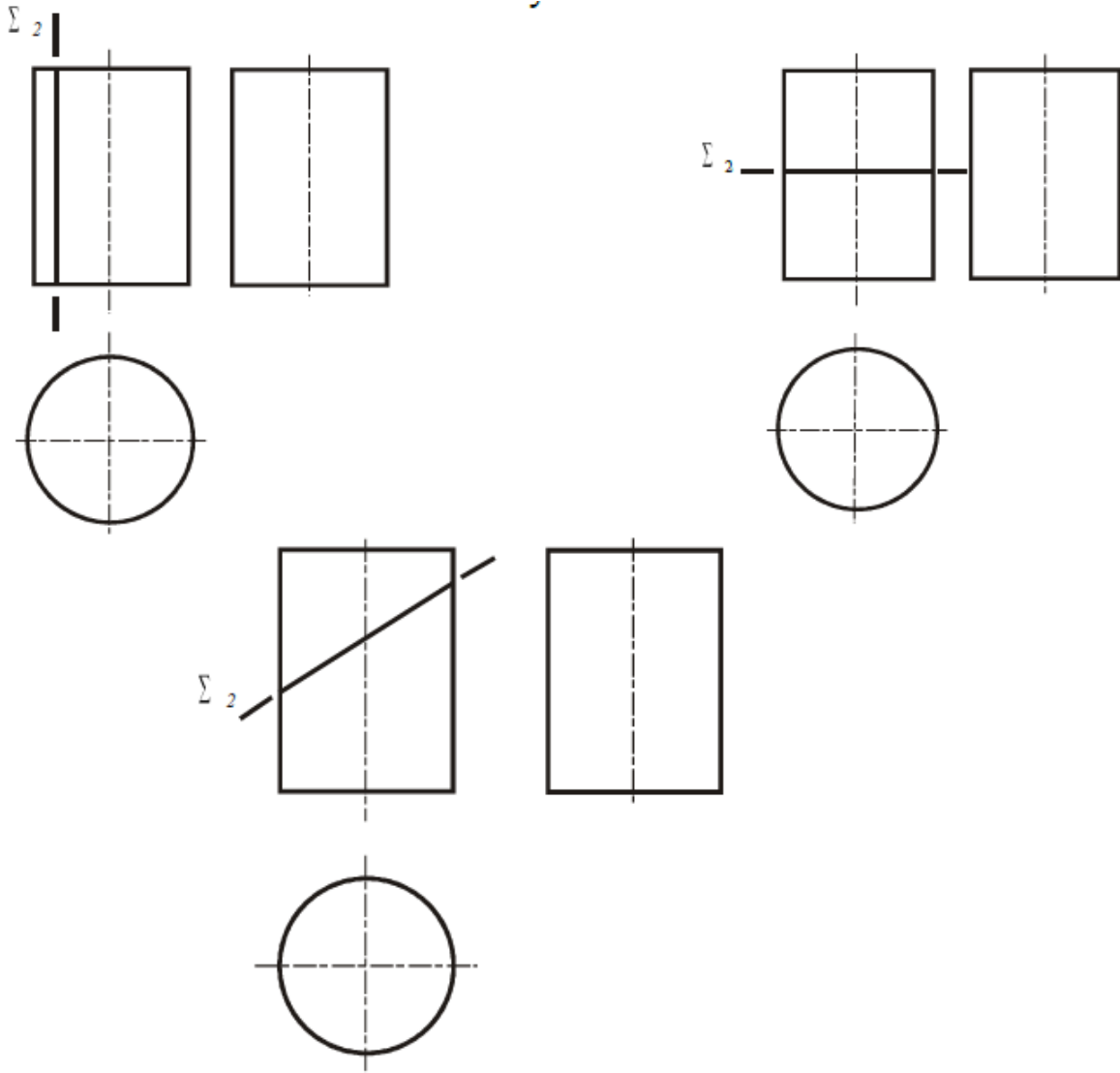


Рисунок 6.8

#### 6.2.4 Перерізи сферичної поверхні

Під час перетину поверхні сфери площиною завжди виходить **коло** (рис. 6.9).

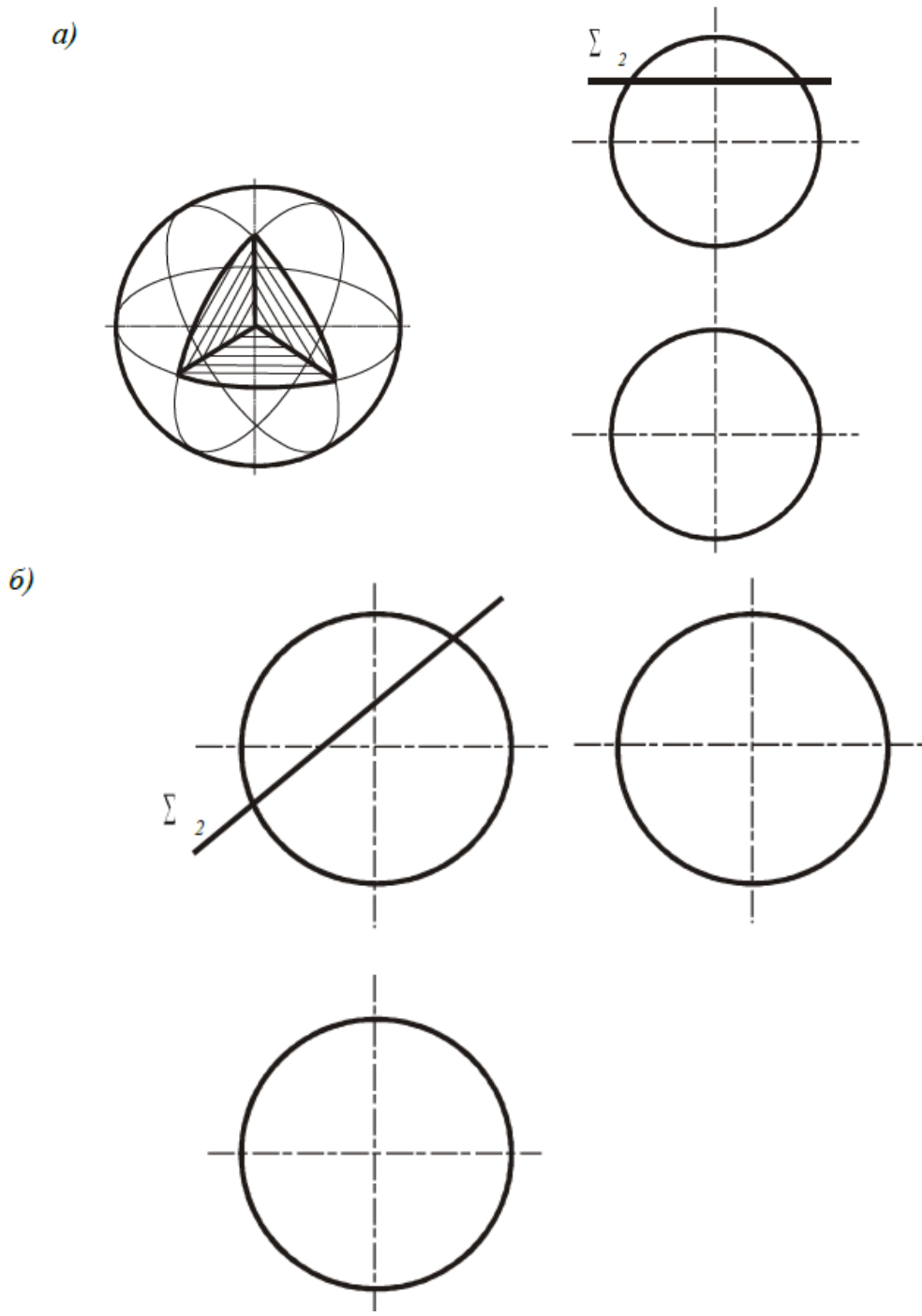


Рисунок 6.9

### 6.2.5 Перерізи многогранників проєктуючою площиною

У перерізі багатогранної поверхні завжди виходить **плоский багатокутник** (рис. 6.10, 6.11).



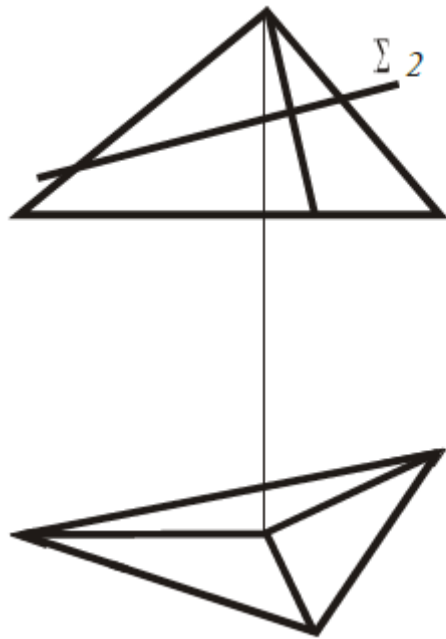


Рисунок 6.10

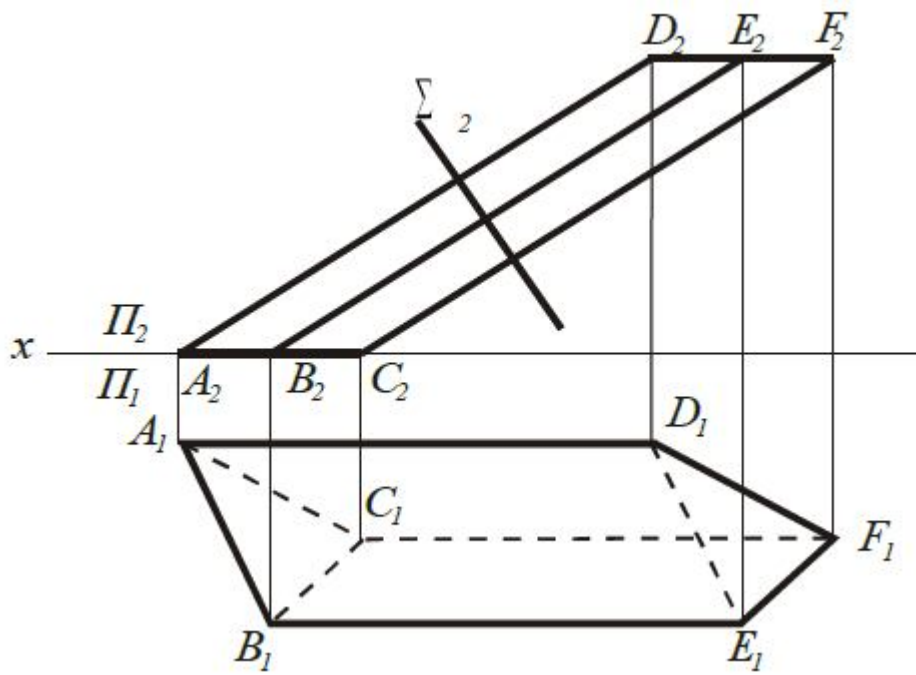


Рисунок 6.11

### 6.3 Тест для поточного контролю за темою «Перетин проектувальних геометричних об'єктів»

А. На якому кресленні в перерізі циліндра площиною вийде еліпс?

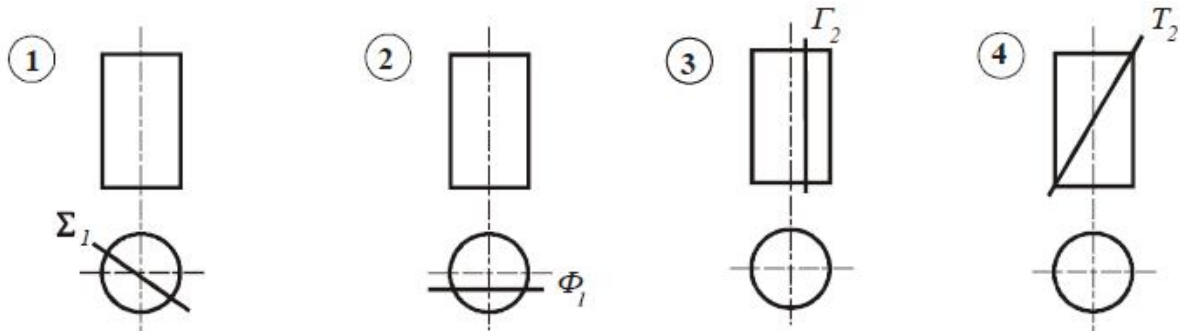


Рисунок 6.12

Б. На якому кресленні правильно виконана профільна проекція сфери з вирізом?

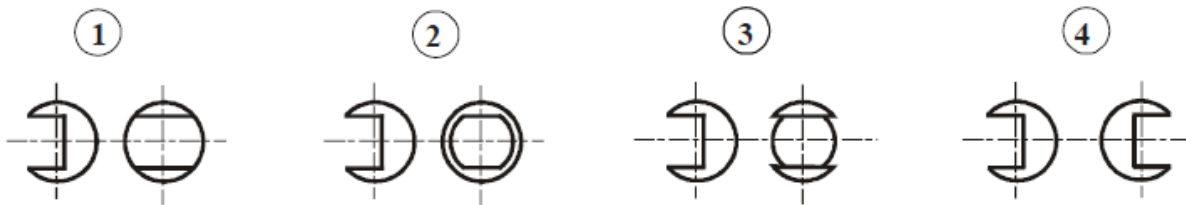


Рисунок 6.13

В. На якому кресленні правильно побудована точка перетину **К** прямої **l** з площиною **Г** (**ABC**) і показана видимість прямої?

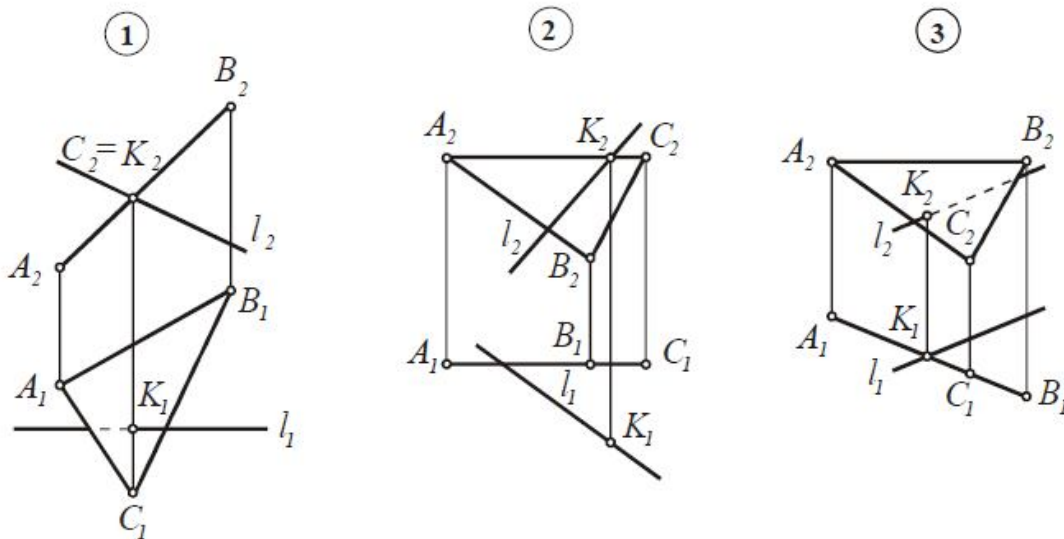
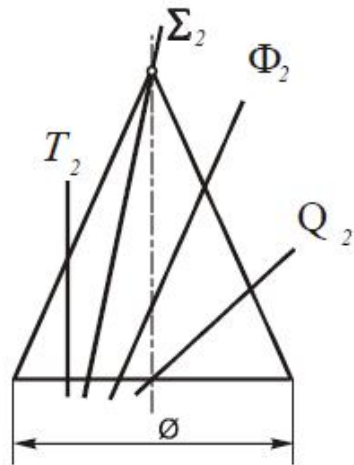


Рисунок 6.14

Г. У перерізі якою площиною конуса обертання виходить парабола? Вибрати номер правильної відповіді.



- ①  $\Sigma$
- ②  $\Phi$
- ③  $T$
- ④  $Q$

Рисунок 6.15

Д. На яких кресленнях правильно знайдені точки перетину прямої  $l$  із заданими поверхнями?

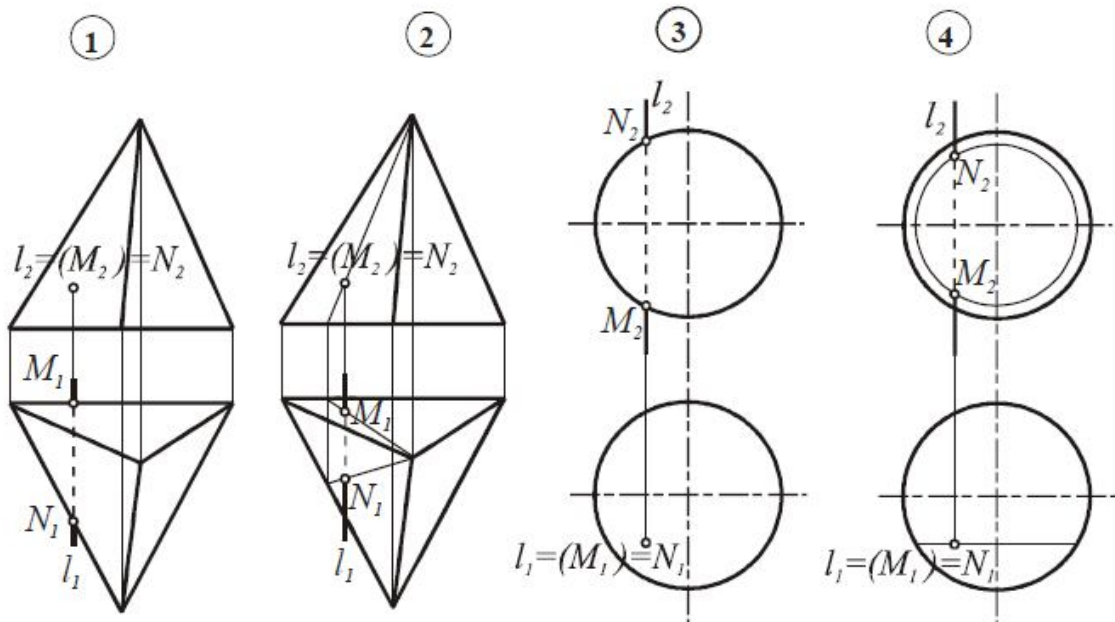


Рисунок 6.16

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д
Відповідь					

## 6.4 Задачі

1. Записати, які лінії виходять у разі перетину заданих поверхонь вказаними площинами (рис. 6.17).

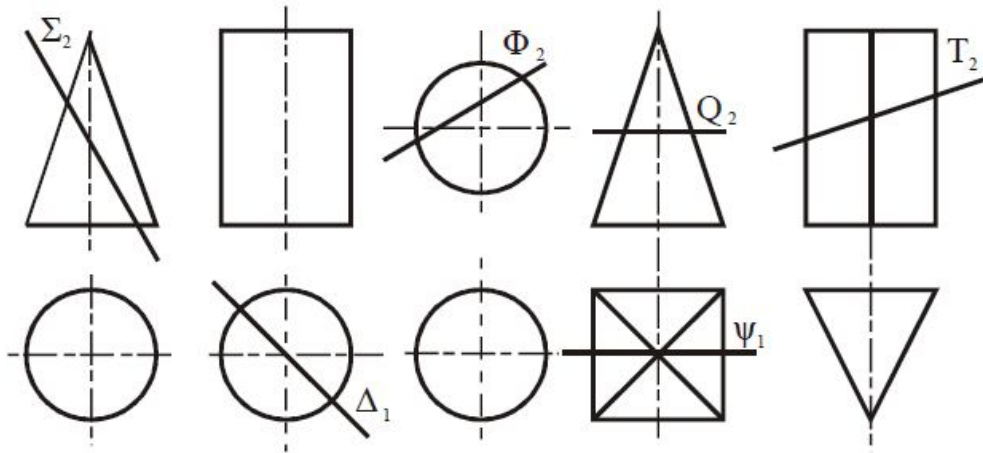


Рисунок 6.17

2. Побудувати точки перетину прямої  $l$  з поверхнею сфери визначити її видимість (рис. 6.18)

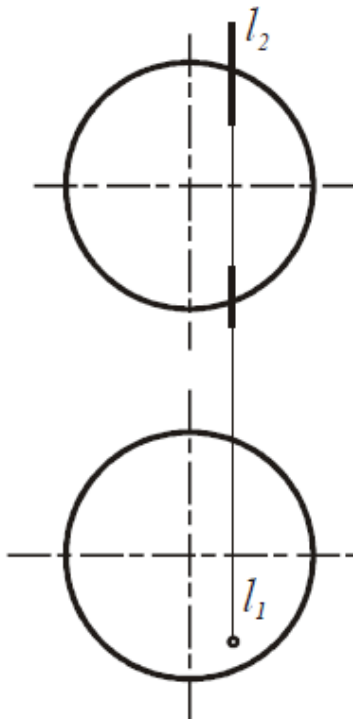


Рисунок 6.18

3. Побудувати лінію перерізу поверхні проектувальними площинами (рис. 6.19).

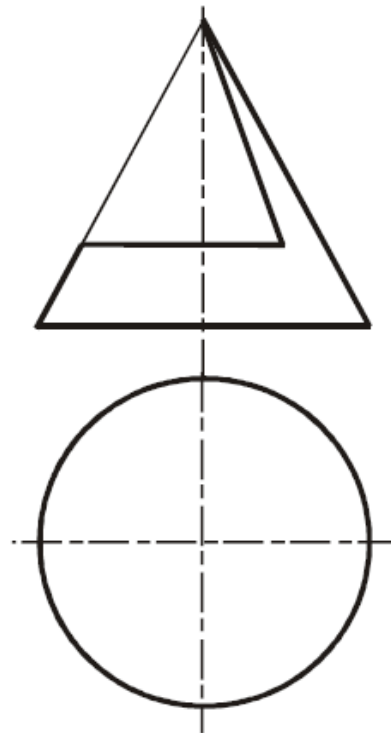


Рисунок 6.19

4. На якій глибині при вертикальному бурінні з точки D на поверхні землі бур зустріне пласт, площина якого визначається точками A, B, C (рис. 6.20)?

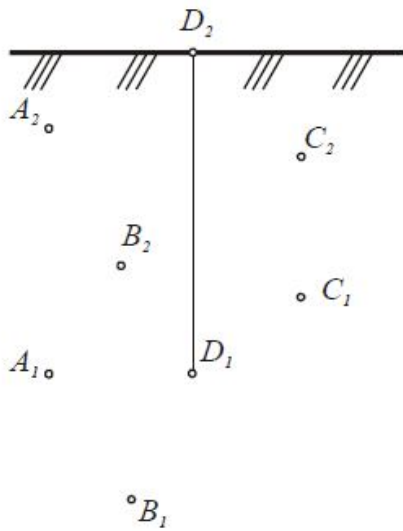


Рисунок 6.20

5. Вказати лінію пропилу на площині ABCD, якщо деталі рухаються за вказаними напрямками S і S' (рис. 6.21)

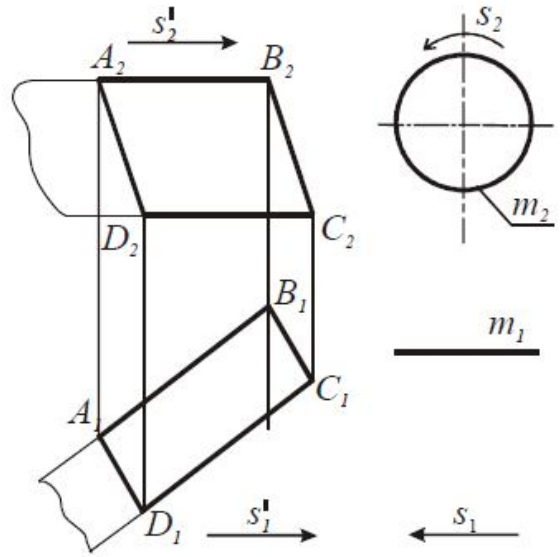


Рисунок 6.21

6. Побудувати проєкції ліній перетину поверхонь (рис. 6.22).

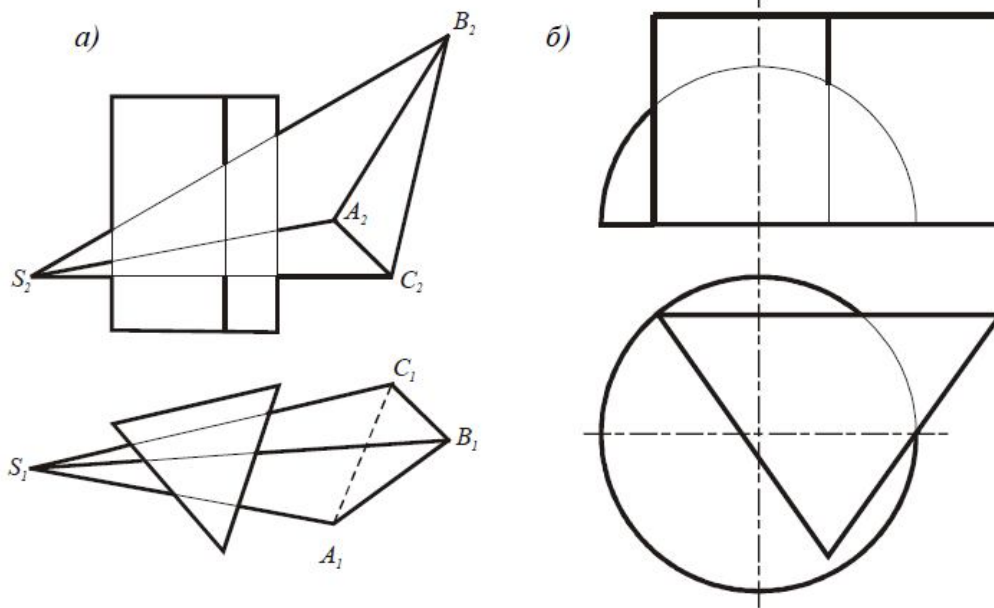


Рисунок 6.22

7. Побудувати три проекції поверхонь з лінією їх взаємного перетину (рис. 6.23).

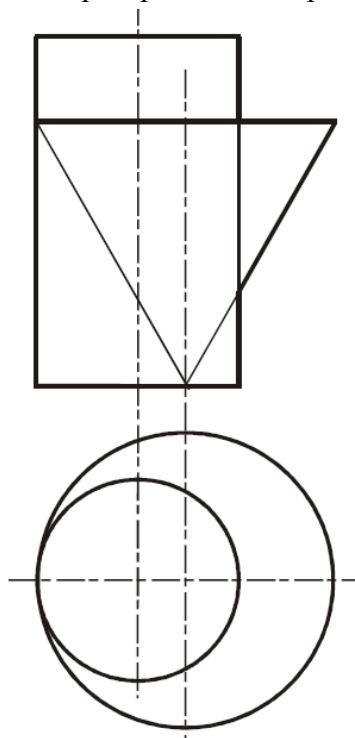


Рисунок 6.23

Таблиця рейтингу

Номер задач	1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma$
Бали								

### 6.5 Алгоритми розв'язування задач на перетин геометричних об'єктів за допомогою посередників

Будь-яку точку в просторі можна визначити:

- трьома координатами;
- перетином двох ліній;
- перетином трьох поверхонь.

Вибір посередників повинен здійснюватися з урахуванням таких правил:

1. Посередник повинен містити у своєму каркасі такі лінії, які були б властиві і каркасам заданих поверхонь, які перетинаються.
2. Лінії перетину допоміжної поверхні-посередника із заданими поверхнями мають бути простими (прямі, кола, прямокутники і т. і.) (рис. 6.24).

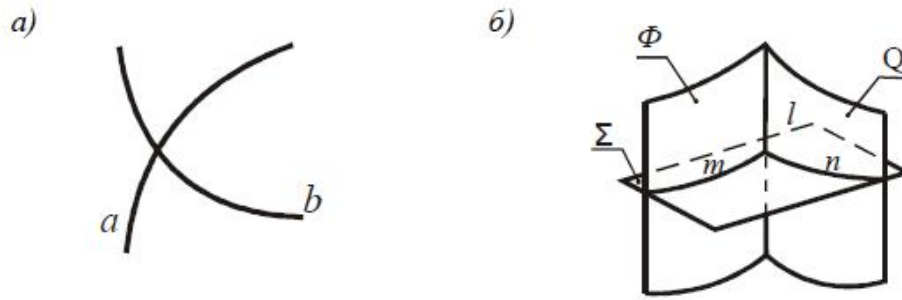


Рисунок 6.24

### 6.5.1 Алгоритм розв'язування першої позиційної задачі за допомогою посередників

1. Лінія заключається в поверхню-посередник (рис. 6.25).
2. Будується лінія перетину поверхні-посередника із заданою поверхнею.
3. Знаходиться точка перетину побудованої лінії перетину і заданої лінії.
4. Визначається видимість заданої лінії.

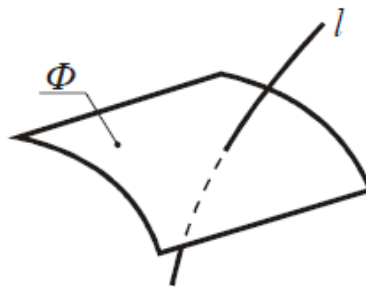


Рисунок 6.25

#### **Алгоритм:**

1. Ця пряма полягає в проектувальну площину-посередник (рис. 6.26, 6.27).
2. Будується лінія перетину площини-посередника із заданою поверхнею.
3. У перетині побудованої лінії перетину і заданої прямої знаходиться шукана точка (шукані точки).
4. Визначається видимість заданої прямої.

**Задача 1.**

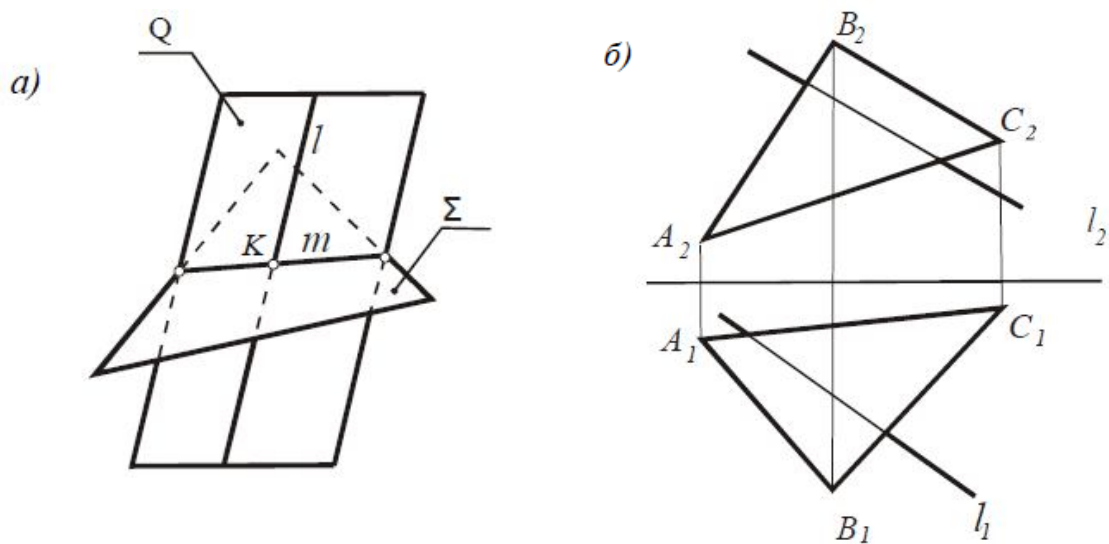


Рисунок 6.26

**Задача 2.**

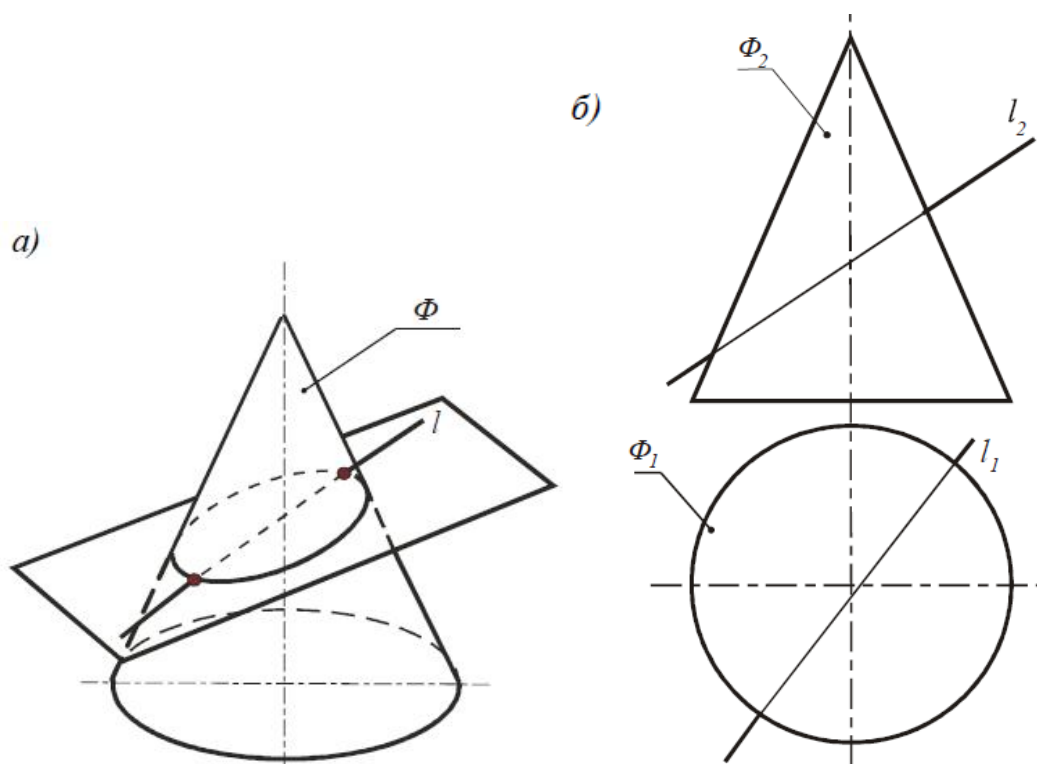


Рисунок 6.27

**6.5.2 Алгоритм розв'язування другої позиційної задачі за допомогою січних площин посередників**

Алгоритм розв'язування задачі на перетин двох площин:

1. Задані площини *розтинаються* першою проєктувальною площиною-посередником (рис. 6.28).
2. Будуються *дві лінії перерізу* допоміжної площини із заданими площинами.



3. Знаходиться *спільна точка* для трьох площин на перетині побудованих ліній перерізу.
4. Для побудови другої точки *вводиться ще одна площина-посередник* і пункти 2 і 3 повторюються.
5. Через отримані точки проводиться *пряма лінія*, яка і є лінією перетину цих площин.

### Задача 3.

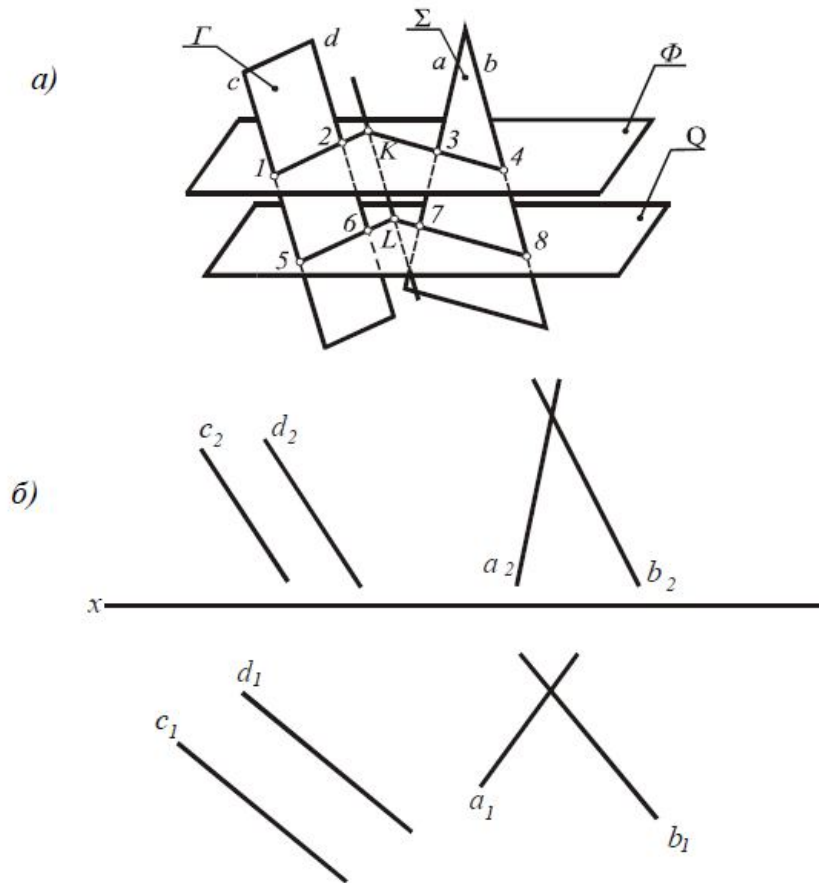


Рисунок 6.28

Алгоритм розв'язання задачі на перетин поверхонь обертання:

1. *Визначаються опорні точки* (рис. 6.29, 6.30).
2. Між опорними точками *проводиться площина-посередник*.
3. *Будуються лінії перерізу* проведеної площини-посередника з поверхнями – кола (паралелі).
4. *Визначаються точки перетину* побудованих паралелей.
5. *Проводиться ще ряд площин-посередників* між опорними точками, і усі побудови повторюються.
6. Побудовані *точки з'єднуються* плавною кривою з урахуванням їхньої видимості.

Задача 4.

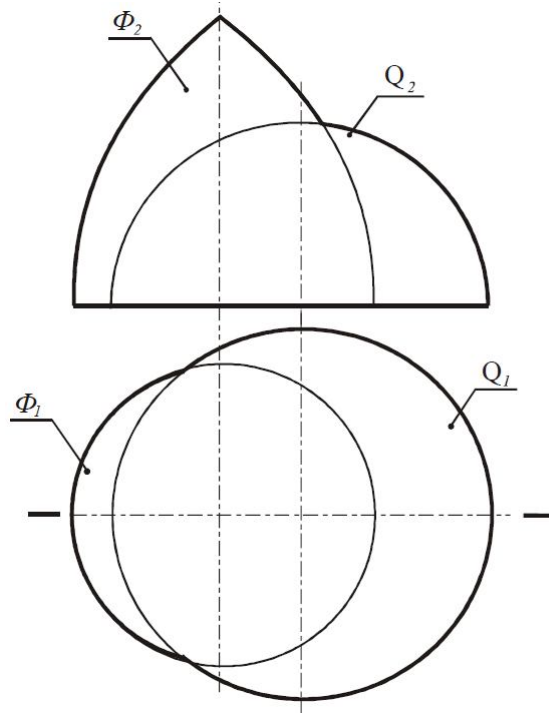


Рисунок 6.29

Задача 5.

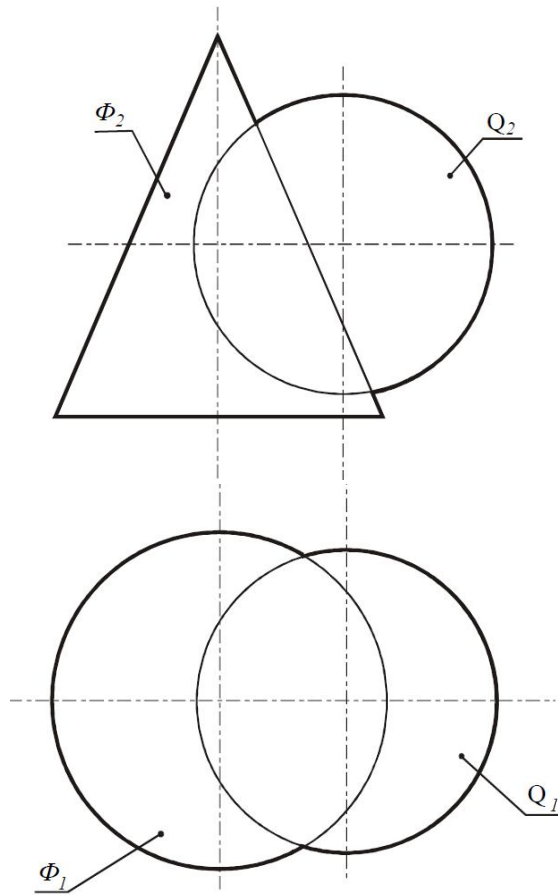


Рисунок 6.30

### 6.5.3 Алгоритм розв'язування другої позиційної задачі за допомогою методу січних сфер

Дві будь-які *соосні поверхні обертання* перетинаються по колах (паралелям), що проходять через точки перетину меридіанів поверхонь (рис. 6.31).

Площині кіл перетину *перпендикулярні осі* поверхні обертання, а центри кіл належать цій осі.

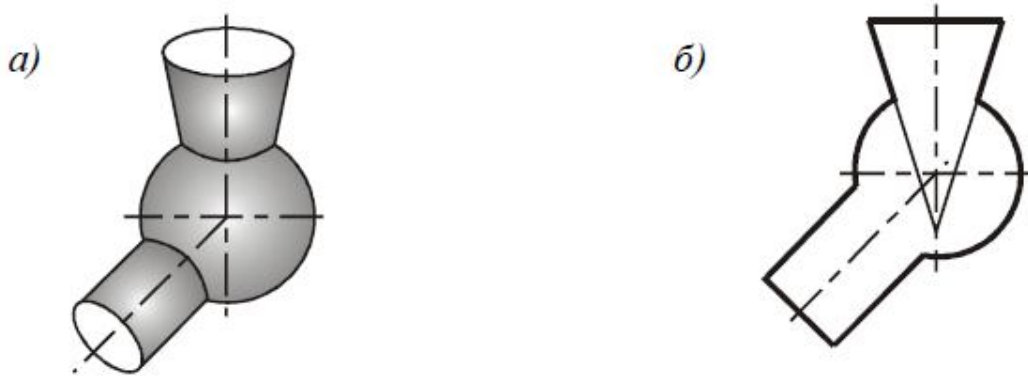


Рисунок 6.31

Якщо *осі поверхонь обертання паралельні* площині проєкції, то на цю площину кола перетину проєктуються у відрізки прямих, перпендикулярних проєкціям осей обертання.

Якщо *осі поверхонь перетинаються*, то для визначення лінії перетину поверхонь використовують сімейство *концентричних сфер*.

Якщо *осі не перетинаються*, застосовують *ексцентричні сфери*.

#### 6.5.3.1 Спосіб концентричних сфер

Розв'язування задач для визначення лінії перерізу двох поверхонь обертання способом концентричних сфер можливий лише у тому випадку, якщо ці поверхні мають спільну площину симетрії, а їх осі перетинаються.

Площина симетрії має бути **площиною рівня**.

Алгоритм розв'язування:

1. Позначається **площина симетрії** (рис. 6.32, 6.33).
2. Визначається **центр** допоміжних січних сфер. Він знаходиться в точці перетину осей цих поверхонь.
3. Визначаються радіуси мінімальної і максимальної допоміжних сфер. За  $R_{\min}$  береться величина більшої нормалі.  $R_{\max}$  дорівнює відстані від центру сфер до найбільш віддаленої від нього опорної точки.
4. Проводиться сфера мінімального радіусу. Вона торкатиметься до однієї поверхні по колу і водночас перетинатиме другу поверхню теж по колу. Точки перетину цих кіл будуть точками шуканої лінії перетину.
5. Для визначення проміжних точок лінії перетину з центру проводиться сімейство січних сфер, величини радіусів яких змінюються в межах від  $R_{\min}$  до  $R_{\max}$  ( $R_{\min} < R < R_{\max}$ ).
6. Однойменні проєкції точок з'єднуються плавною кривою лінією.
7. Визначається видимість ліній.

Задача 6.

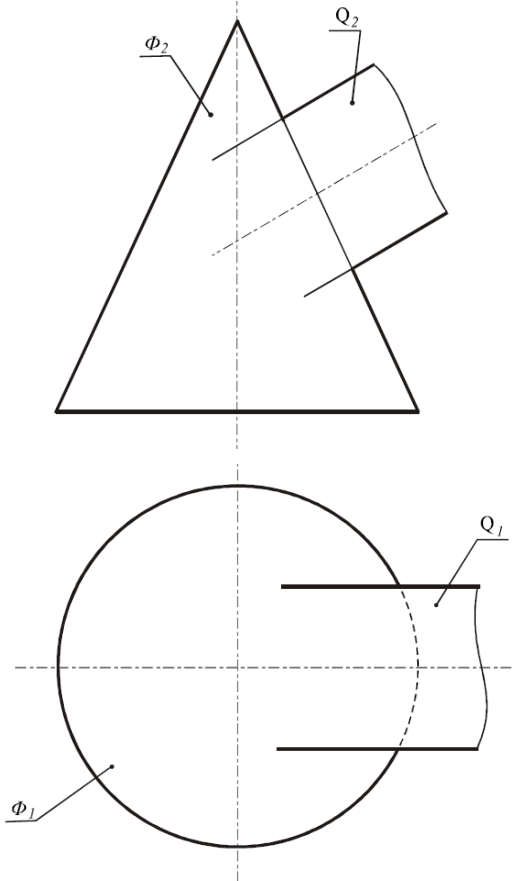


Рисунок 6.32

Задача 7.

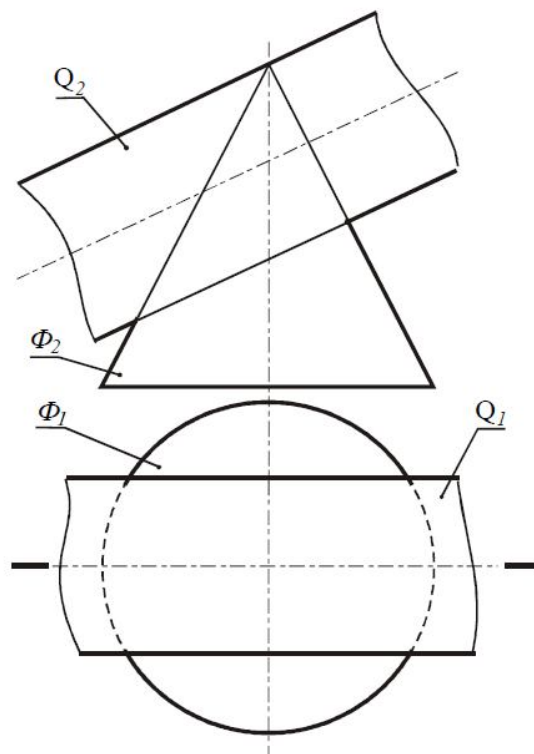


Рисунок 6.33

### 6.6 Деякі окремі випадки взаємного перетину поверхонь другого порядку

#### Теорема Монжа.

Якщо дві поверхні другого порядку описані навколо третьої поверхні другого порядку або вписані в неї, то вони перетинаються по двох плоских кривих другого порядку, площини яких проходять через пряму, що сполучає точки перетину ліній дотику (рис. 6.34).



Рисунок 6.34

**Задача 8.**

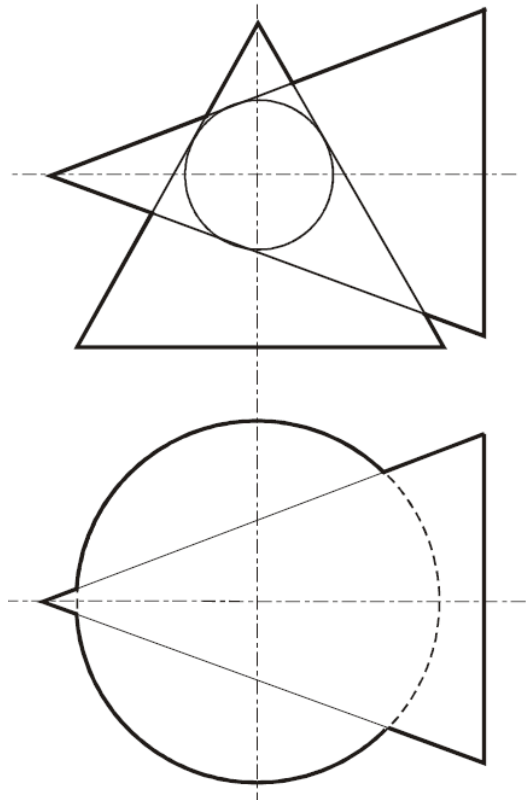


Рисунок 6.35

При перетині двох лінійчатих поверхонь можуть вийти і прямі лінії – спільні твірні цих поверхонь (рис. 6.36).

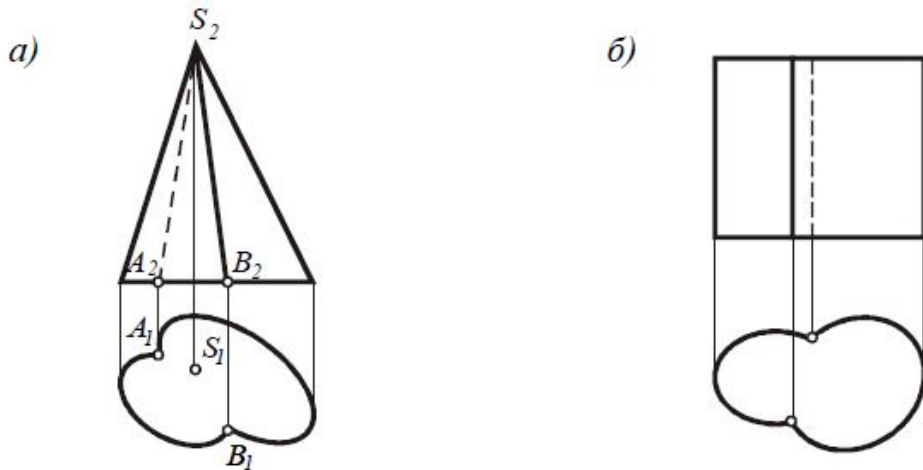


Рисунок 6.36

**6.7 Дотик як окремий випадок перетину геометричних об'єктів**

Дотик є граничним (окремим) випадком перетину об'єктів.

*Побудова дотичної до кривої, що проходить через точку, що не належить кривій.*

Дотична до кривої – це така січна лінія (хорда), яка перетинає криву в двох точках, що співпали (рис. 6.37).

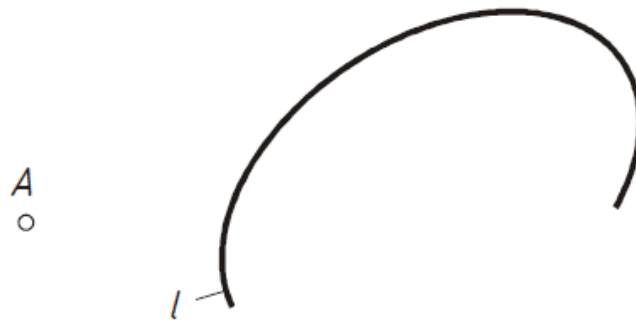


Рисунок 6.37

*Побудова дотичної до кривої, яка паралельна заданому напрямку S.*

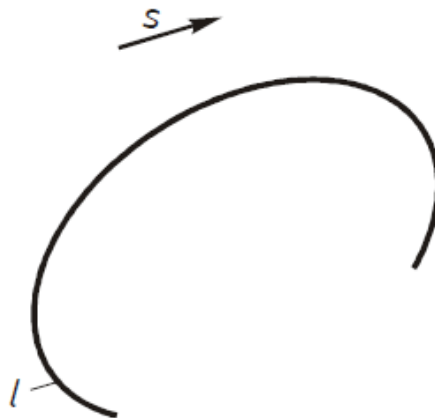


Рисунок 6.38

*Побудова прямої, дотичній до поверхні.*

Лінія дотична до поверхні в заданій точці, якщо вона торкається в цій точці будь-якої лінії, яка належна цієї поверхні (рис. 6.39).

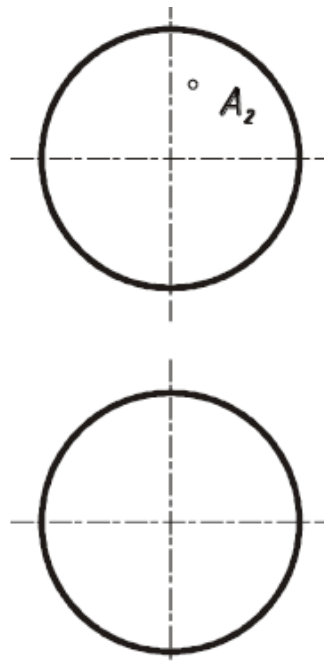


Рисунок 6.39

*Побудова площини, дотичній до поверхні.*

Площиною, **дотичною до поверхні** в деякій її точці називають площину, утворену дотичними, проведеними до будь-яких кривих, які належать поверхні і проходять через ту ж точку (рис. 6.40).

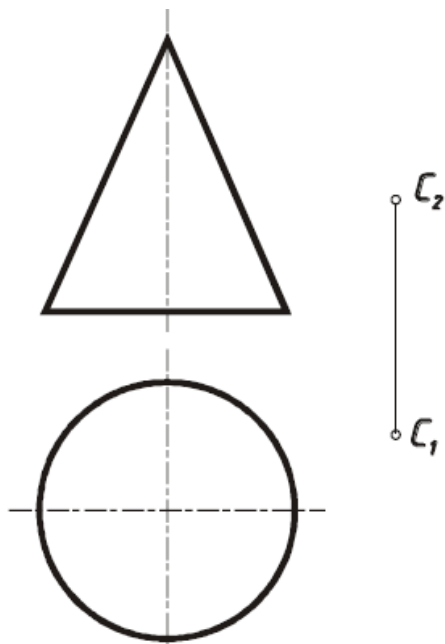


Рисунок 6.40

### 6.8 Тест для поточного контролю за темою «Перетин геометричних об'єктів загального положення»

А. На якому кресленні доцільно застосовувати січні горизонтальні площини рівня для побудови лінії перетину поверхонь?

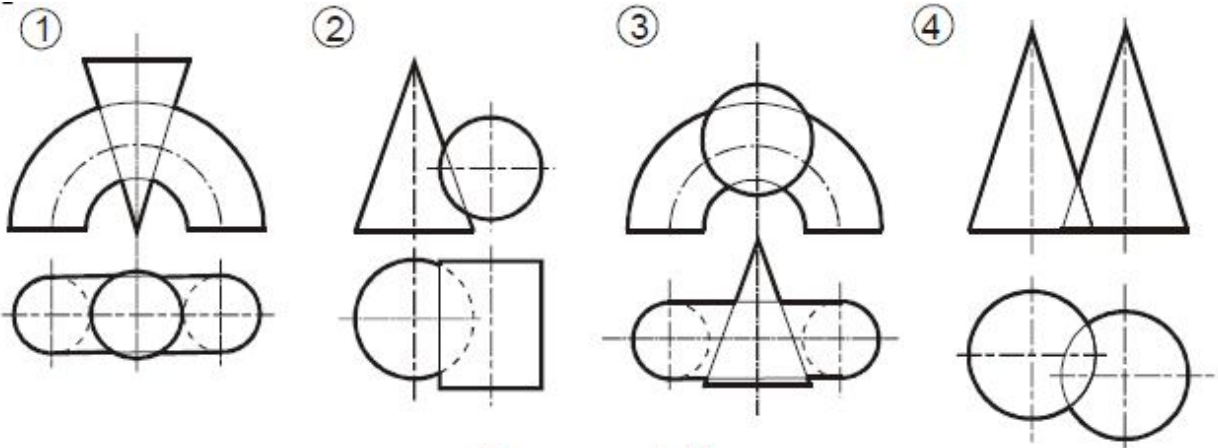


Рисунок 6.41

Б. На якому кресленні можна побудувати лінію перетину поверхонь тільки способом концентричних сфер?

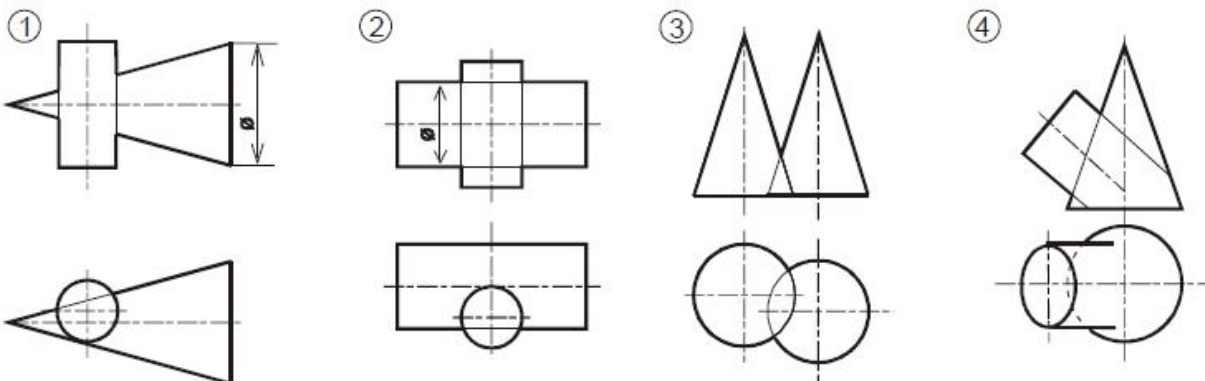


Рисунок 6.42

В. Яка лінія вийде у разі перетину цих поверхонь?

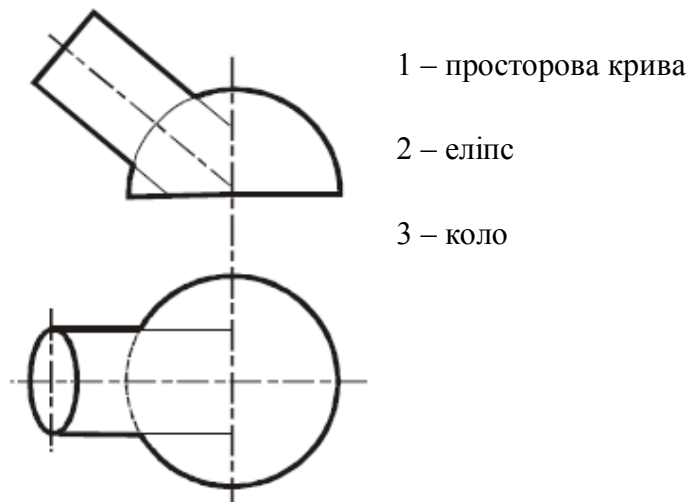
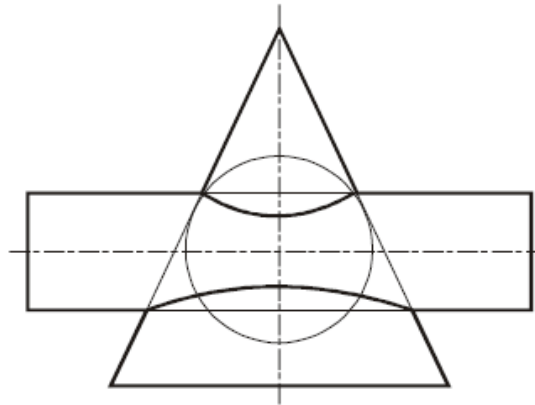


Рисунок 6.43

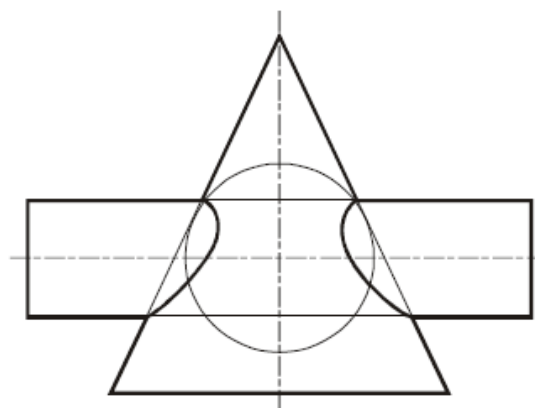


Г. На якому кресленні правильно відображений характер лінії перетину циліндра і конуса обертання, якщо їхні осі розташовані в одній фронтальній площині рівня?

①



②



③

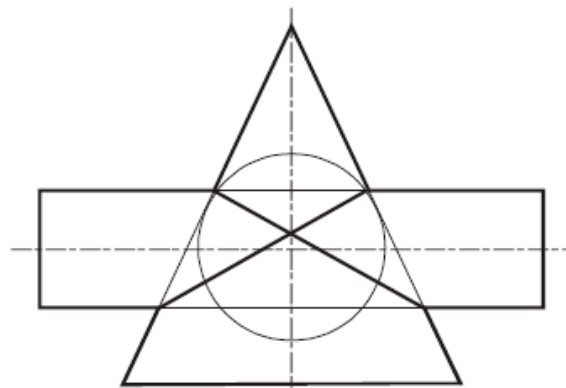


Рисунок 6.44

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г
Відповідь				

## 6.9 Задачі

1. Указати, у якому із завдань на рисунку 6.45 під час побудови ліній перетину можна використати як посередники січні площини. Визначити опорні точки ліній припинення поверхонь.

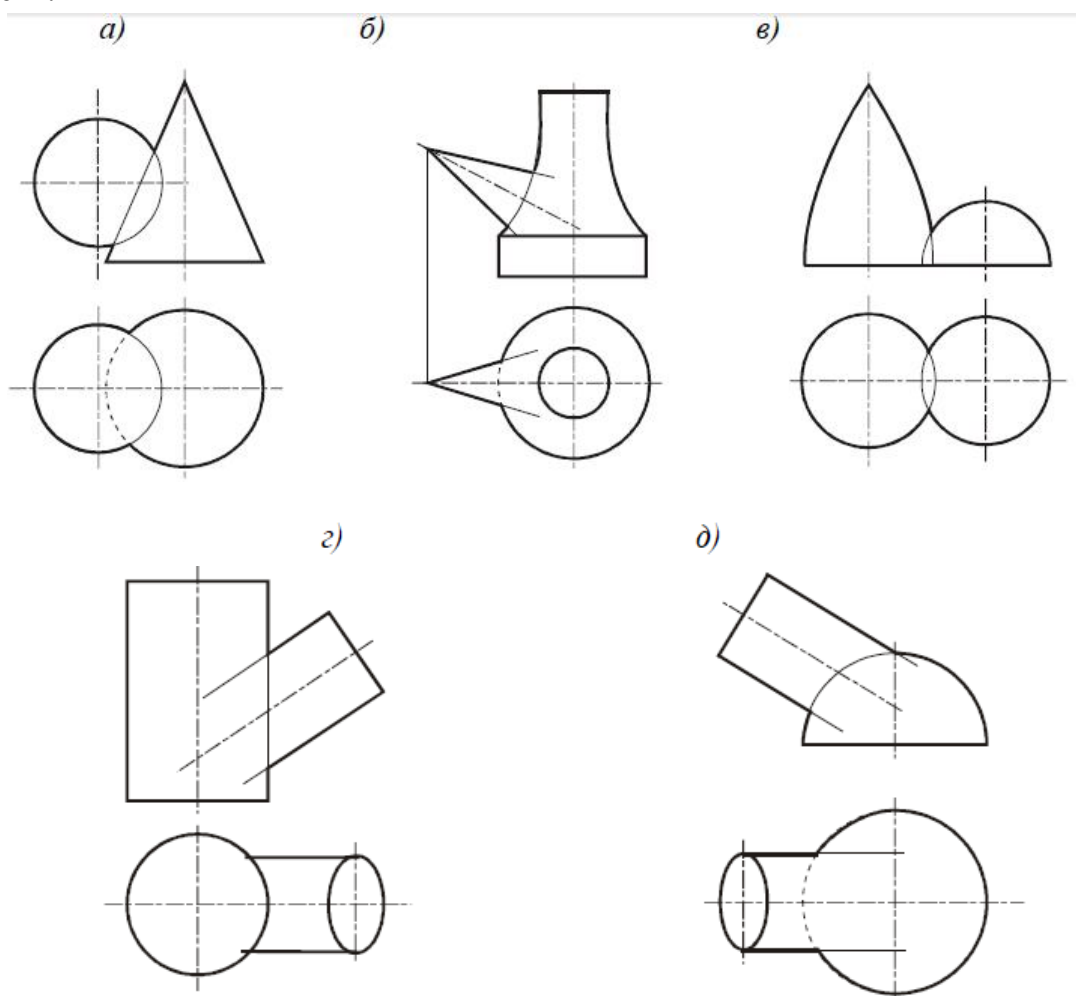
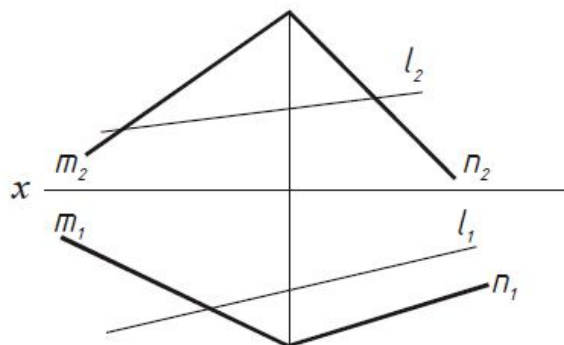


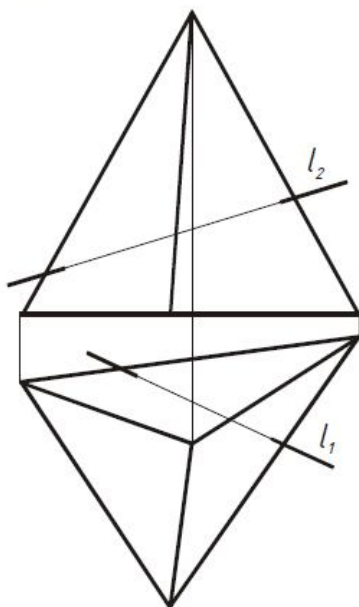
Рисунок 6.45

2. Побудувати проєкції точок перетину прямої  $l$  із заданими поверхнями (рис. 6.46 а, б, в).

а)



б)



в)

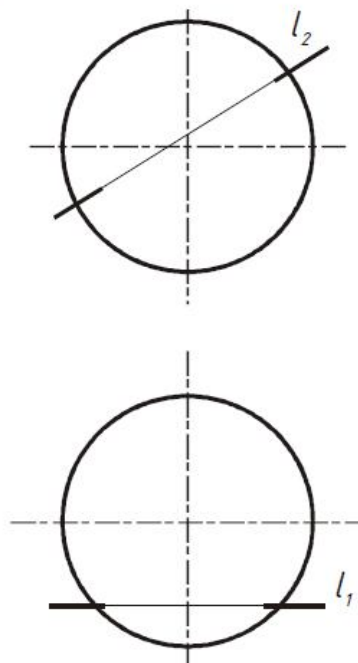
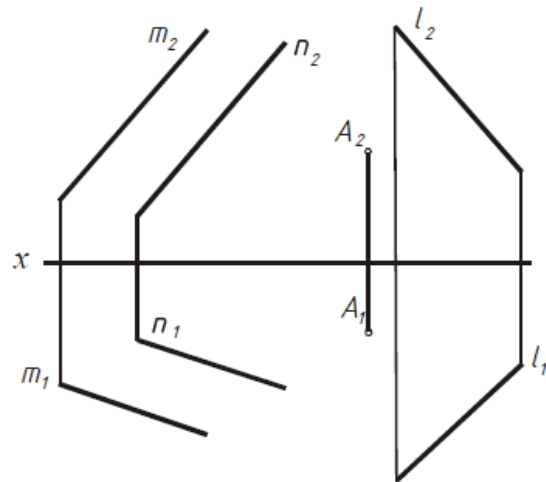


Рисунок 6.46

3. Побудувати проєкції ліній перетину площин (рис. 6.47, а) і поверхонь (рис. 6.47, б).

а)



б)

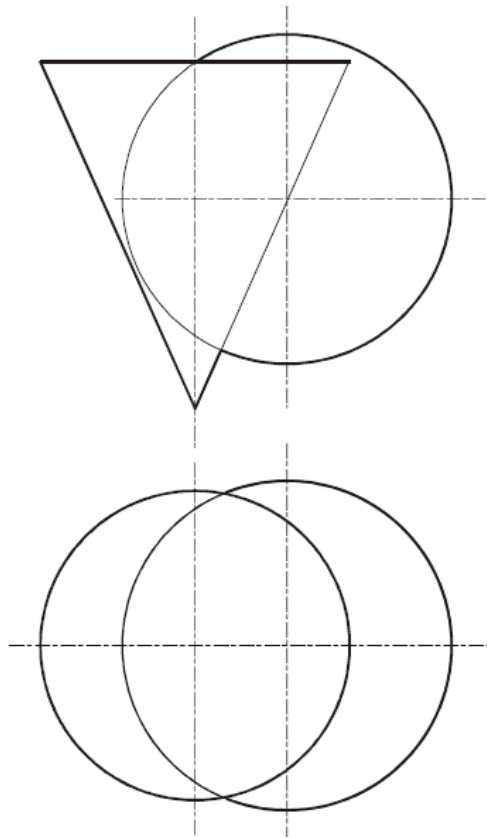


Рисунок 6.47

4. Побудувати проекції лінії перетину конічних поверхонь (рис. 6.48).

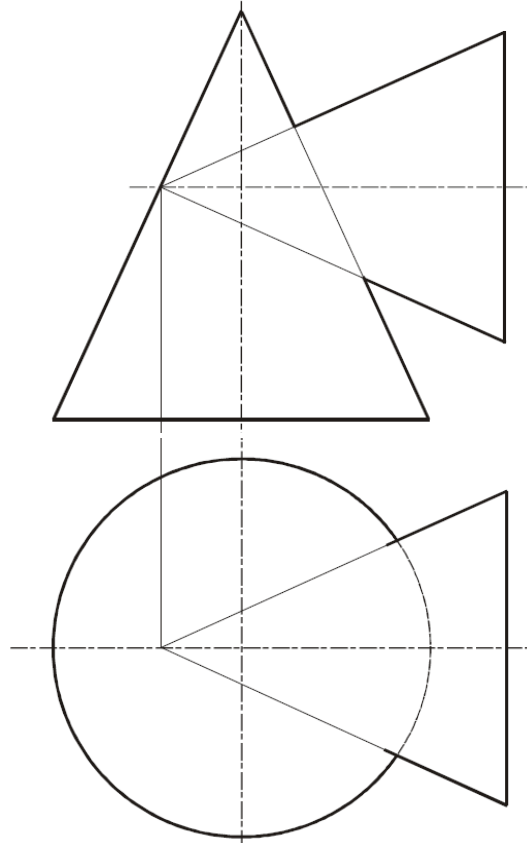


Рисунок 6.48

5. Побудувати проекції лінії перетину поверхонь обертання (рис. 6.49).

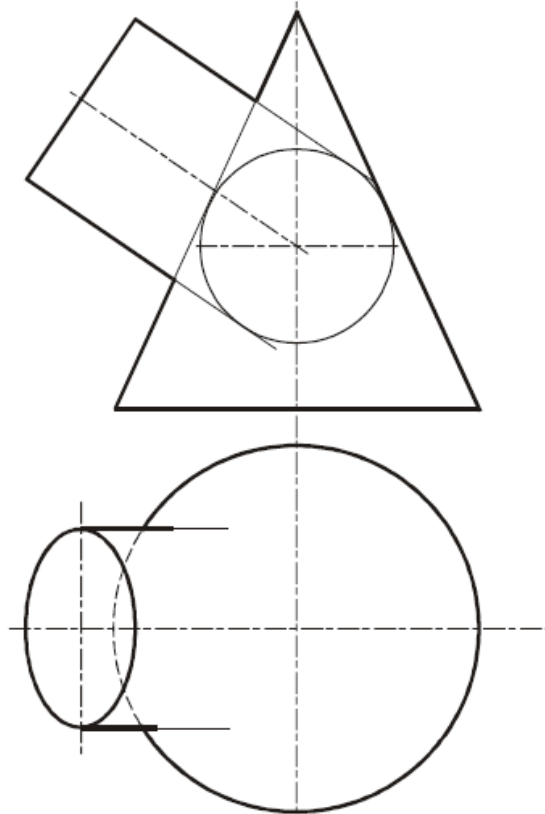


Рисунок 6.49

6\*. Побудувати проекції лінії перетину поверхонь обертання (рис. 6.50).

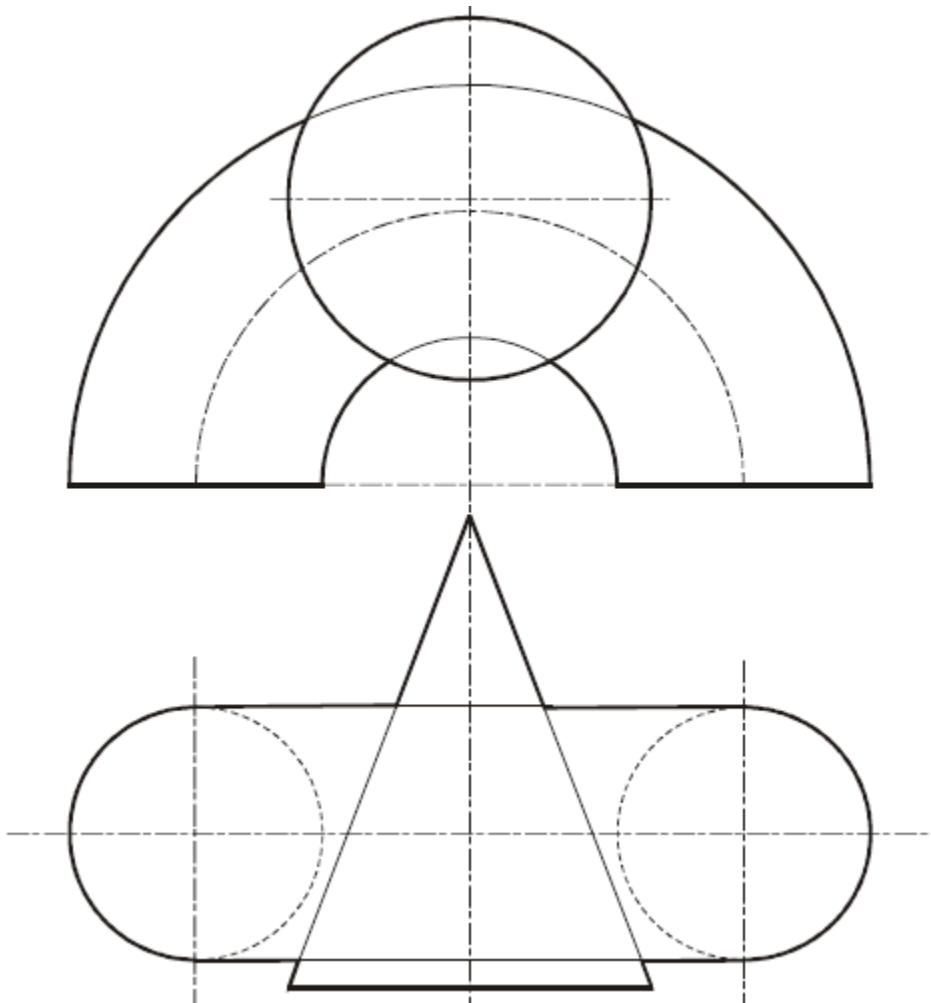


Рисунок 6.50

Таблиця рейтингу

Номер задачі	1	2	3	4	5	6*	Σ
Бали							

## 7 РОЗГОРТКА ПОВЕРХОНЬ

### 7.1 Загальні поняття про розгортку поверхонь

**Розгорткою** поверхні називають плоску фігуру, отриману при поєднанні розгортаної поверхні з площиною. Поверхню розглядають як гнучку, нерозтяжну плівку.

Поверхня  $\Phi$  називається розгорнутою на площину  $\Phi_0$ , якщо між точками поверхні та розгорткою можна встановити взаємно-однозначну відповідність, при якій зберігаються довжини ліній розташованих на поверхні, величини кутів між лініями і площі фігур, обмежених цими лініями.

#### 7.1.1 Основні властивості розгортки поверхонь

1) Кожній точці поверхні відповідає єдина точка на її розгортці і навпаки ( $M - M_0$ ) (рис. 7.1).

2) Кожній лінії на поверхні відповідає лінія на розгортці поверхні, крім того довжини ліній на поверхні та розгортці дорівнюють одна одній ( $CD = C_0D_0$ ;  $AB = A_0B_0$ ). Якщо лінії, що з'єднує дві точки на поверхні найкоротшим шляхом, відповідає пряма лінія на розгортці, то така пряма називається **геодезичною**.

3) Паралельним лініям на поверхні відповідають паралельні лінії на розгортці ( $m // n - m_0 // n_0$ ).

4) Замкнута лінія на поверхні і лінія, що відповідає їй, на розгортці обмежують однакові площі. Із цього виходить, що площа розгортки дорівнює площі самої поверхні ( $F = F_0$ ).

5) Кут між лініями (кут між дотичними до кривих ліній у точці їхнього перетину) на поверхні дорівнює куту між тими, що відповідають лініями на розгортці ( $\alpha = \alpha_0$ ).

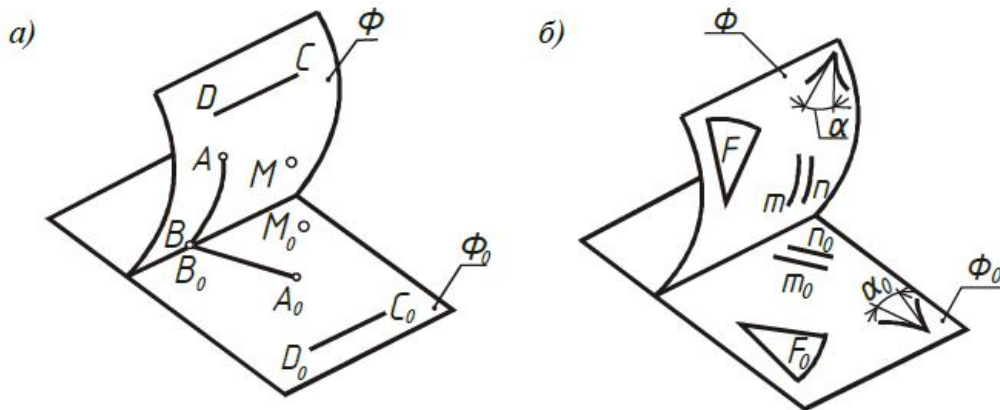


Рисунок 7.1

## 7.2 Розгортки прямих кругових конусів і циліндрів

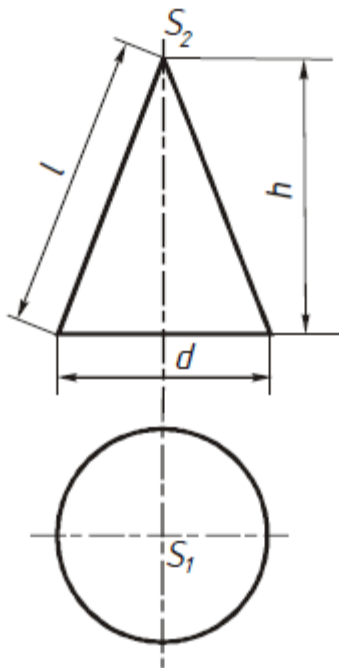


Рисунок 7.2

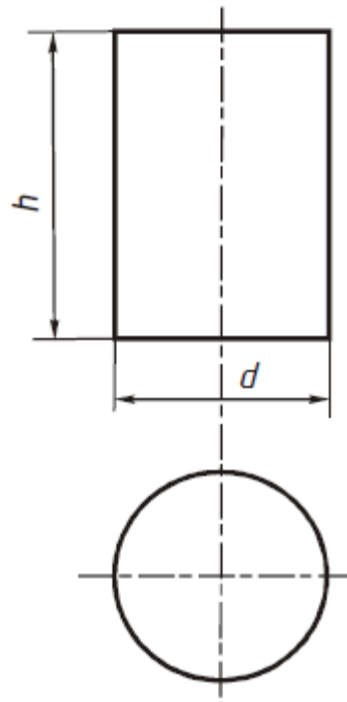


Рисунок 7.3

## 7.3 Способи побудови розгорток

### 7.3.1 Спосіб триангуляції

Назва способу пішла від лат. «**triangulum**» – трикутник. Алгоритм розв'язування задачі на побудову розгортки конічної поверхні способом триангуляції містить етап апроксимації конічної поверхні пірамідальною і полягає в такому.

1. У цю поверхню вписується пірамідальна поверхня.
2. Визначаються натуральні величини усіх ребер пірамідальної поверхні.
3. На вільному полі креслення за допомогою циркуля будуються трикутники, що примикають один до одного, із загальною вершиною  $S_0$ , сторони яких є ребрами вписаної піраміди у натуральну величину.
4. Точки з'єднуються плавною кривою (рис. 7.4).



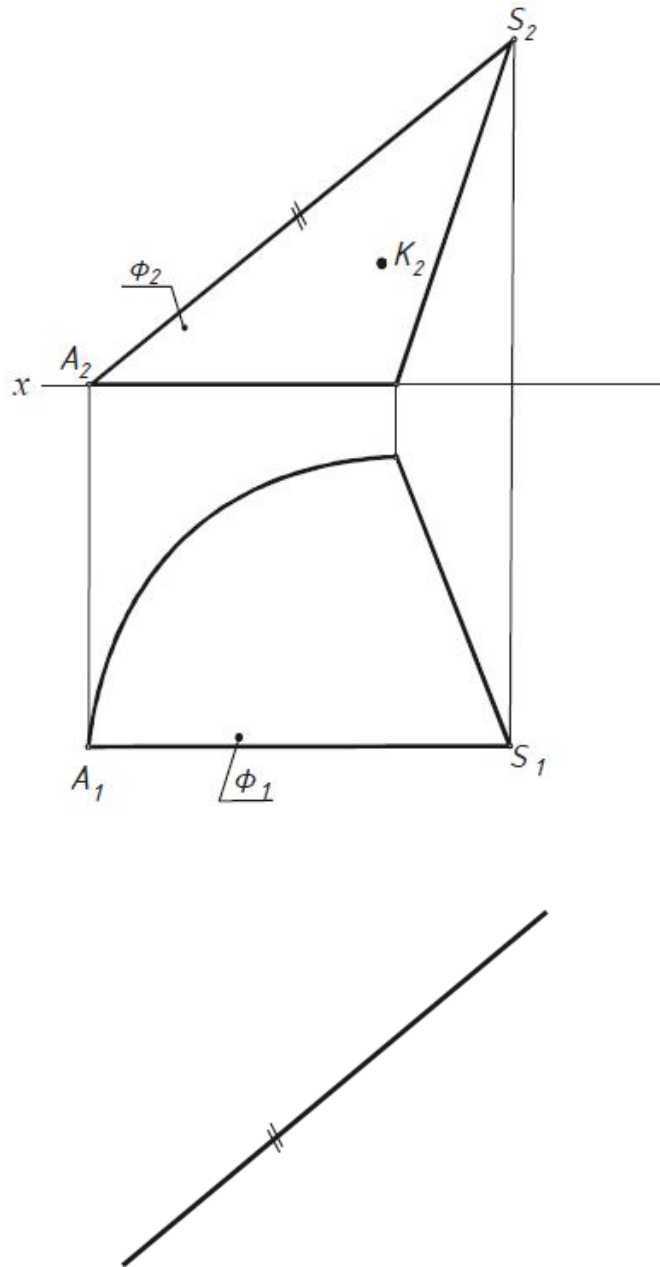


Рисунок 7.4

### 7.3.2 Спосіб нормального перерізу

Алгоритм розв'язування задачі на побудову розгортки призматичної поверхні способом нормального перерізу полягає в такому:

1. Задається січна площина  $\Sigma$  ( $\Sigma_2$ ), перпендикулярна твірним (ребрам) призматичній поверхні  $\Phi$  (рис. 7.5).
2. Будується фігура перерізу.
3. Визначається натуральна величина фігури, отриманої в перерізі будь-яким способом перетворення.
4. Натуральна величина лінії нормального перерізу розгортається на вільному полі креслення в пряму лінію.

5. Будуються твірні (ребра) поверхні у натуральну величину перпендикулярно до розгорнутої лінії нормального перерізу .

6. Кінці твірних з'єднуються відрізками прямих.

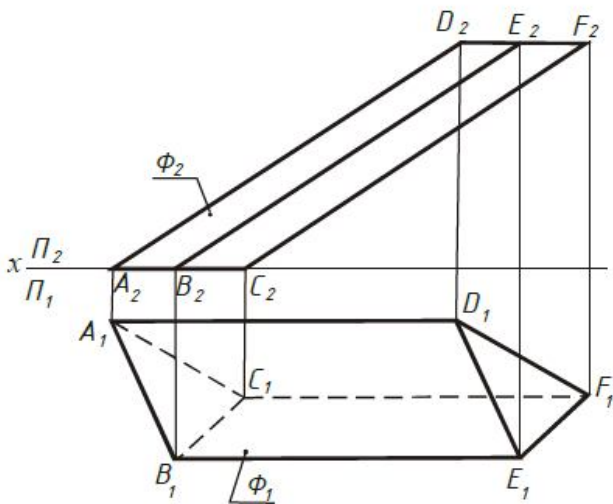


Рисунок 7.5

#### 7.4 Умовні розгортки нерозгортних поверхонь

Побудову умовних розгорток виконують в такій послідовності:

1) Виходячи з необхідної точності розгортки, цю поверхню  $\Phi$  розрізають на декілька рівних або приблизно рівних відсіків –  $\Phi_i$  (рис. 7.6);

2) Виконують наближені розгортки відсіків поверхонь  $\Phi_i$  апроксимуючи їх відсіками розгортних поверхонь (рис. 7.7, 7.8).



Рисунок 7.6

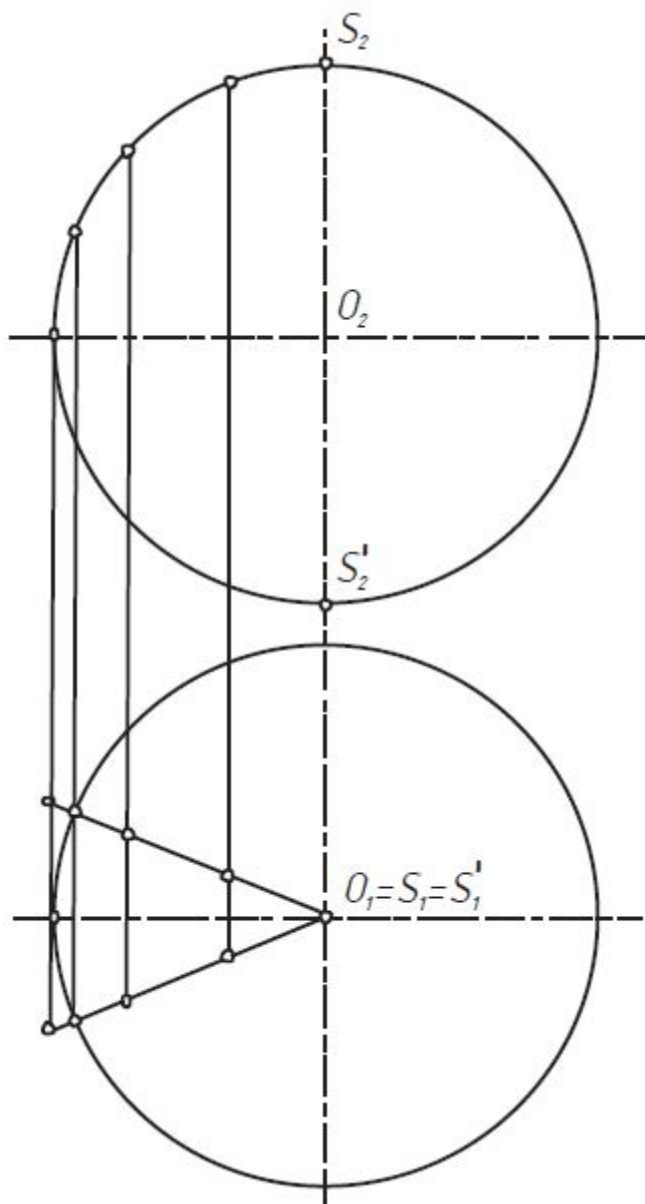


Рисунок 7.7

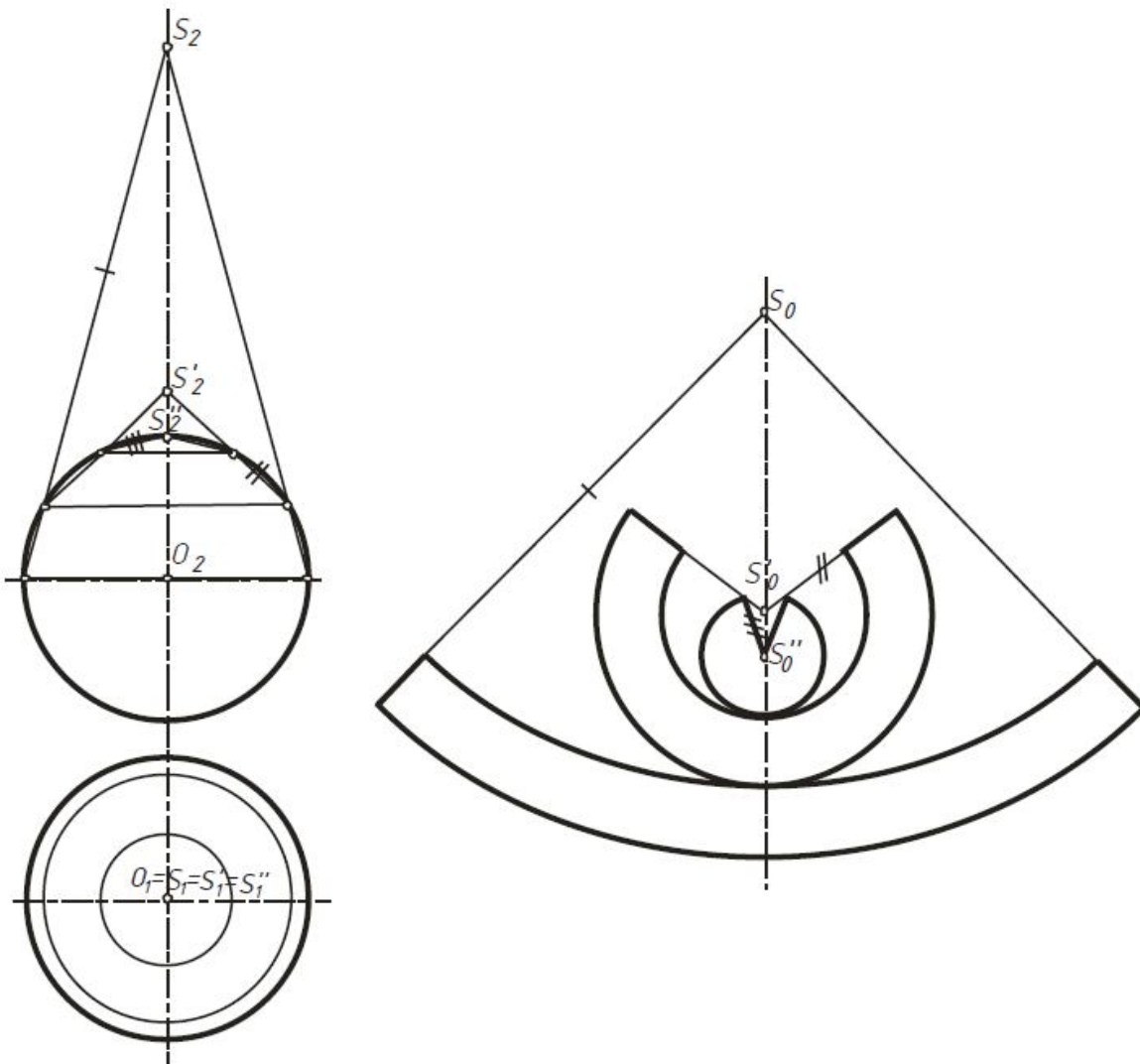


Рисунок 7.8

**Висновки:**

- між точками поверхні та розгортки існує взаємно-однозначна відповідність;
- розгортки можуть бути точними, наближеними і умовними.

**7.5 Тест для поточного контролю за темою «Розгортка поверхонь»**

А. На яких кресленнях зображені розгортні поверхні?

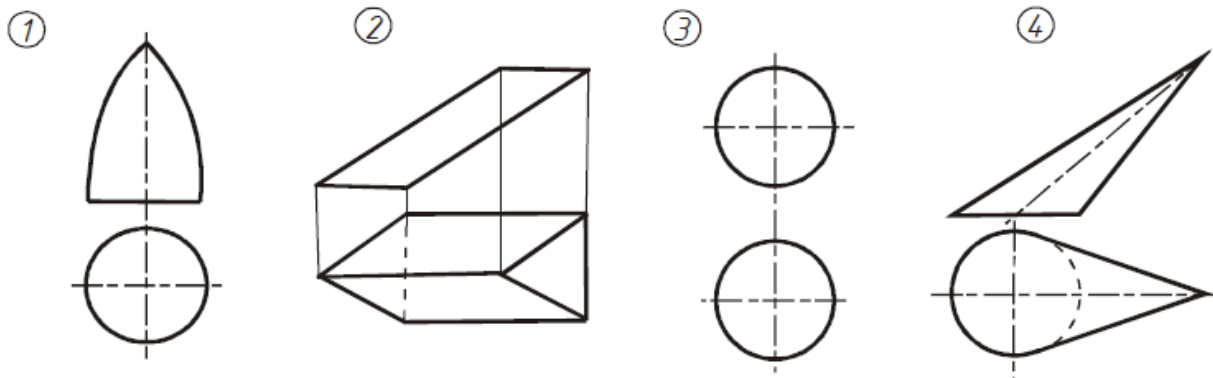


Рисунок 7.9

Б. На якому кресленні правильно побудована розгортка піраміди **ABCS**?

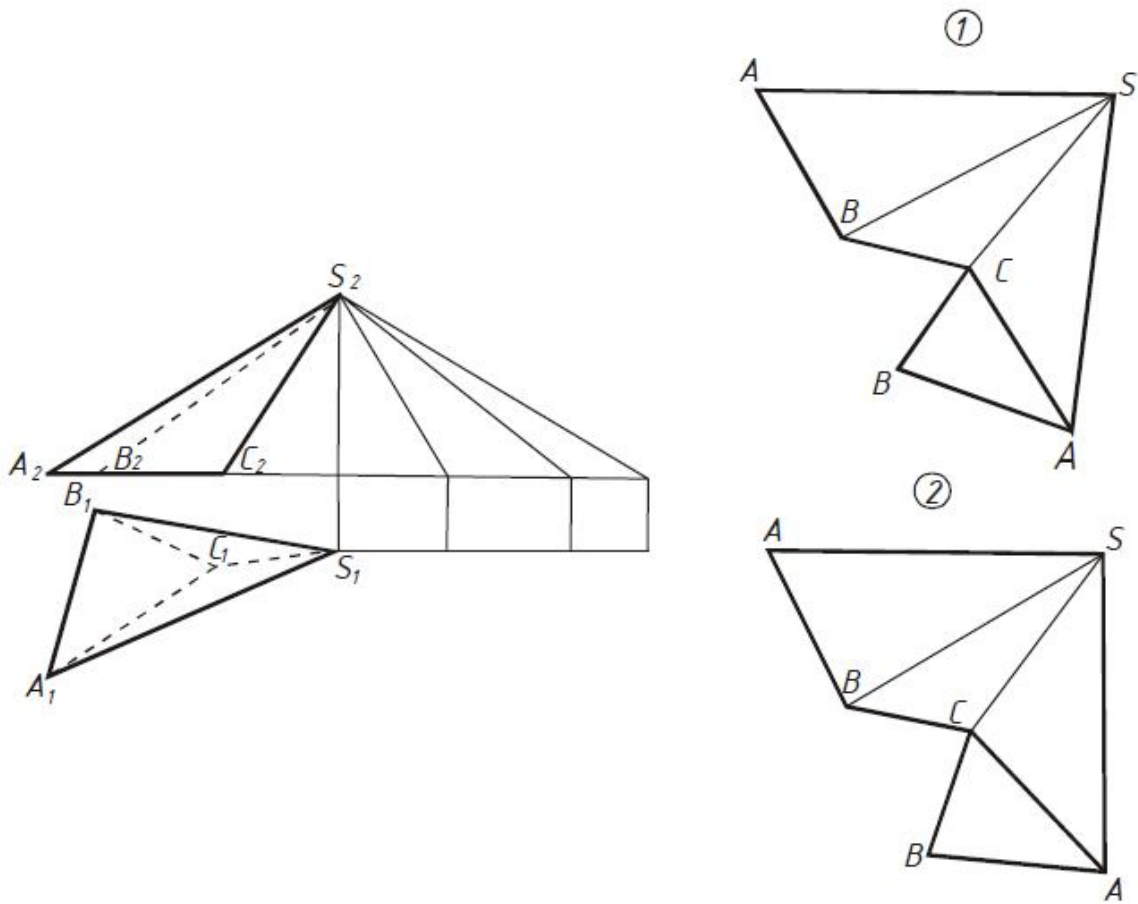


Рисунок 7.10

В. Для яких поверхонь під час побудови розгортки доцільно застосувати спосіб нормального перерізу?

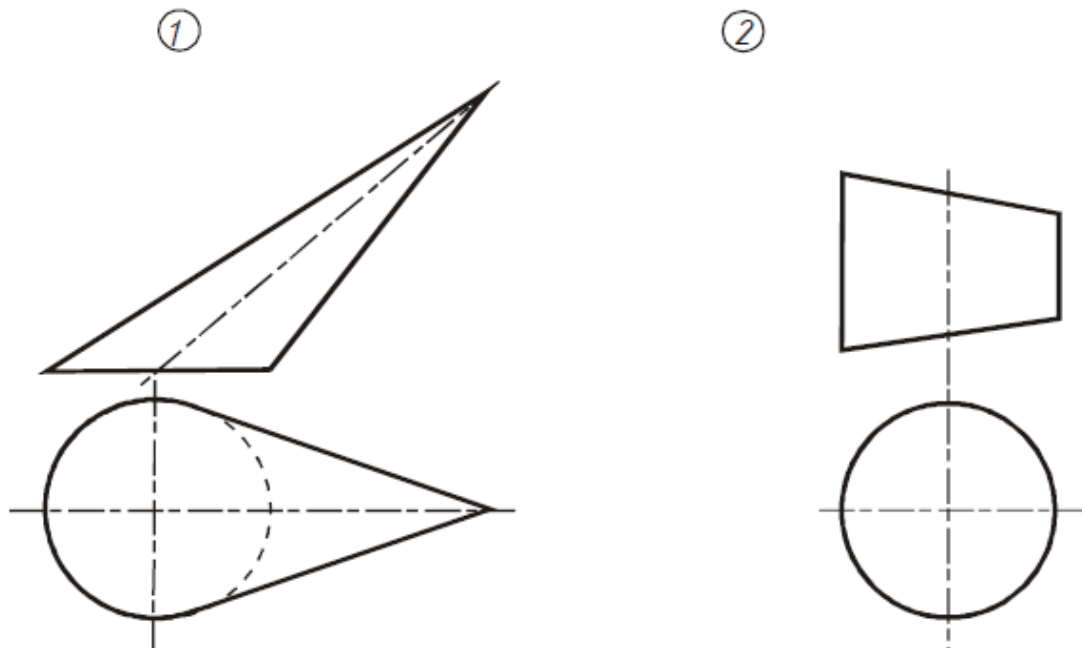
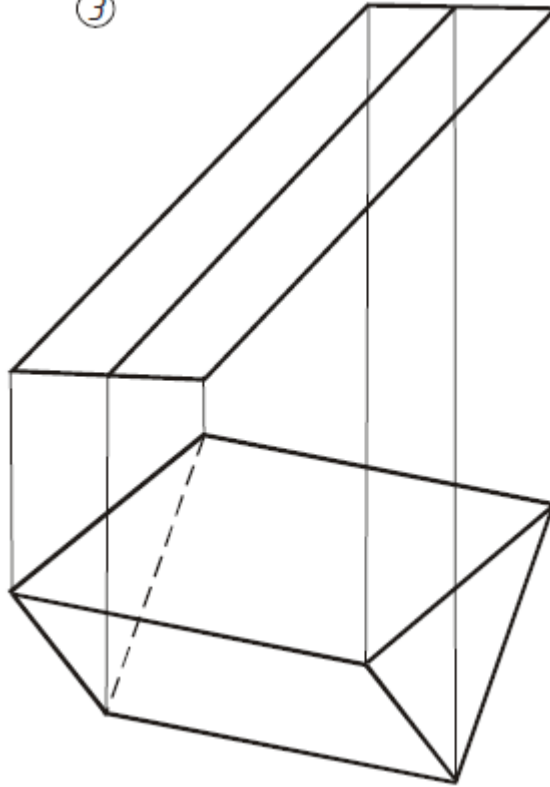


Рисунок 7.11

3



Продовження рисунку 7.11

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В
Відповідь			

### 7.6 Задачі

1. Визначити найкоротшу відстань по поверхні між точками А і В, які належать поверхні (рис. 7.12).

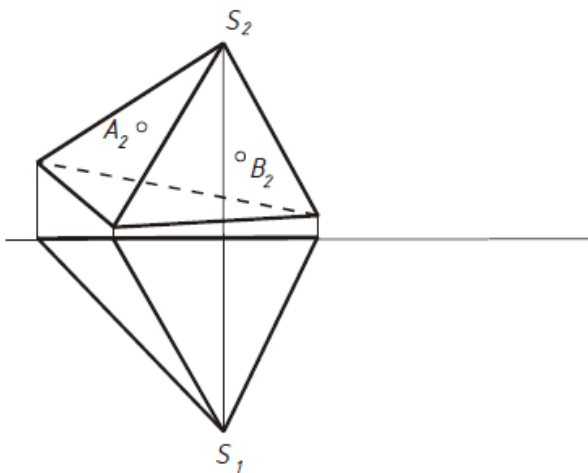


Рисунок 7.12

2. Побудувати розгортку циліндричної поверхні, зображеної на рисунку 7.13.

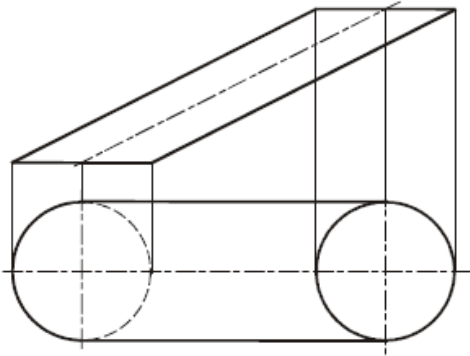


Рисунок 7.13

Таблица рейтингу

Номери задач	<b>1</b>	<b>2</b>	<b><math>\Sigma</math></b>
Бали			

## 8 ПРОЕКЦІЇ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ

Сутність методу проєкцій з числовими відмітками полягає в тому, що усі точки предмета проєктують під прямим кутом (ортогонально) на одну горизонтально розташовану площину проєкцій – **площина нульового рівня ( $\Pi_0$ )**.

Під **відміткою** розуміють **число одиниць висоти**, які визначають відстань від точки до площини нульового рівня (рис. 8.1).

### 8.1 Проєкції точки

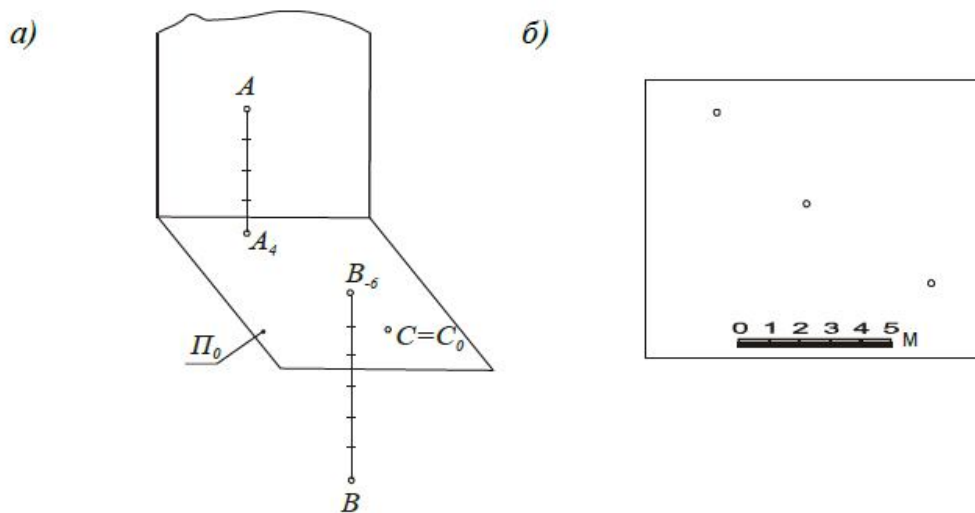


Рисунок 8.1

### 8.2 Проєкції прямої

Довжина горизонтальної проєкції відрізка **AB** (**L**) називається **закладенням прямої** (рис. 8.2).

**Кутом нахилу** прямої називається гострий кут ( **$\alpha$** ) між прямою та її проєкцією на площину нульового рівня.

Різниця відміток кінців відрізка  **$\Delta h = (h_B - h_A)$**  називається **перевищенням відрізка** прямої **AB**.

Відношення перевищення прямої до її закладення називається **ухилом** прямої ( **$i$** ).

$$i = \frac{h_B - h_A}{L}$$

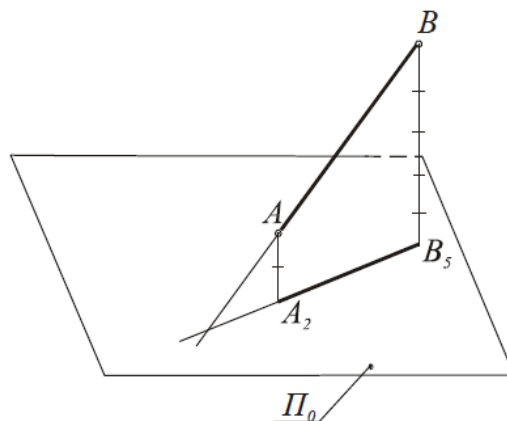


Рисунок 8.2



Якщо  $h_B - h_C = 1$ , то закладення називається **інтервалом прямої (I)**, тобто інтервал – довжина закладення, що доводиться на одиницю перевищення (рис. 8.3).

$$l = \frac{L}{h_B - h_C}$$

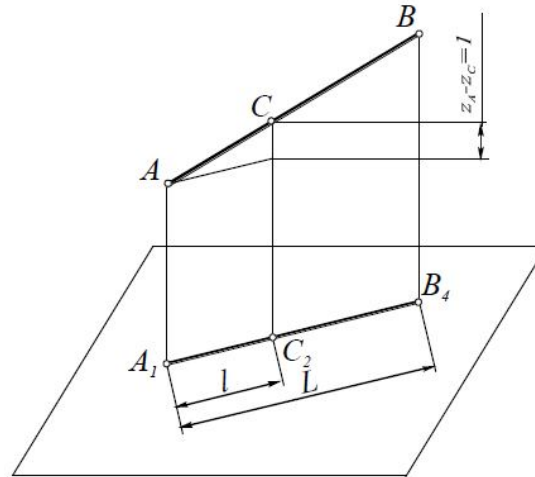


Рисунок 8.3

Пряма задається (рис. 8.4):

1. Проекціями двох точок із числовими позначками;
2. Проекцією прямої, позначкою однієї з її точок, напрямом і ухилом прямої.

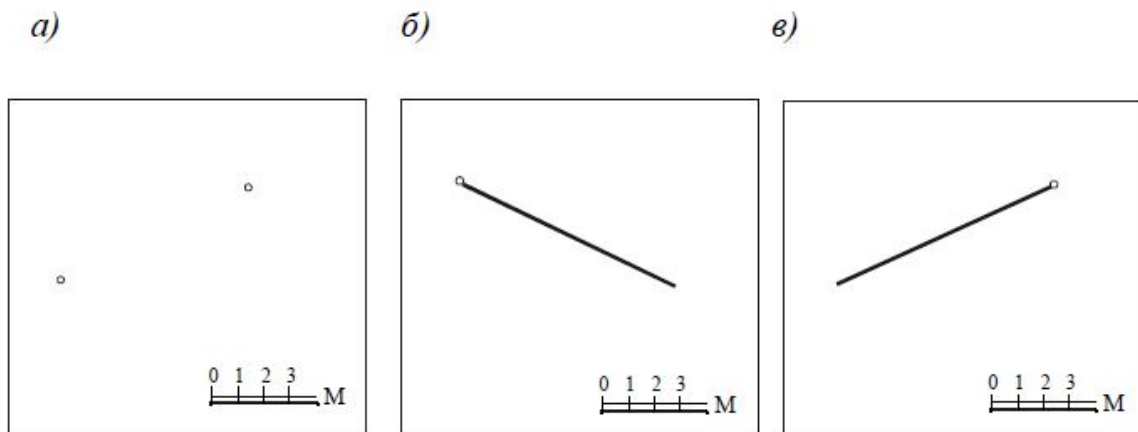


Рисунок 8.4

**Градуванням прямої** називається визначення на її горизонтальній проекції точок із цілими числовими позначками, різниця між якими дорівнює одиниці.

**1 варіант (з цілими відмітками)** (рис. 8.5).

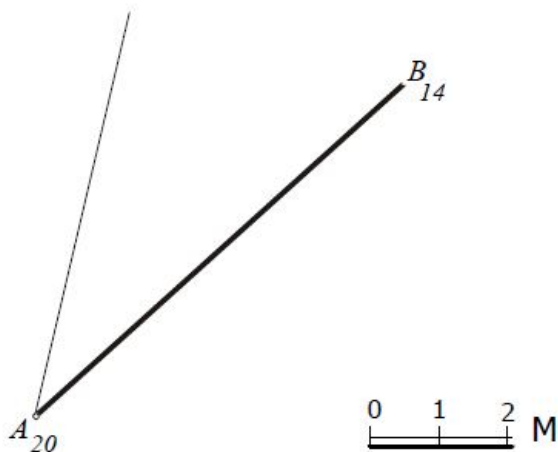


Рисунок 8.5

**2 варіант (із дробовими відмітками) (рис. 8.6).**

Спочатку визначають **натуральну величину відрізка**.

1. Із точок  $A_{1,8}$  і  $B_{5,6}$  проводять **перпендикуляри** до проекції прямої.
2. На перпендикулярах відкладають відрізки, що дорівнюють відповідно **1,8** і **5,6** одиницям довжини.
3. Отриманий відрізок **AB** і відповідатиме **натуральній величині** заданого відрізка.

**Алгоритм:**

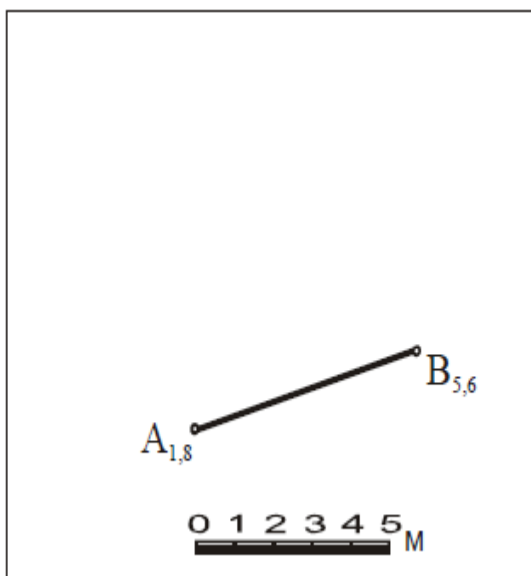


Рисунок 8.6

### 8.2.1 Положення прямих у просторі

Пряма, не перпендикулярна і не паралельна площині проекцій називається **похилою** прямою.

Якщо пряма паралельна площині  $\Pi_0$ , то вона називається **горизонталлю**, якщо пряма перпендикулярна  $\Pi_0$ , то вона називається **вертикальною** (рис. 8.7).

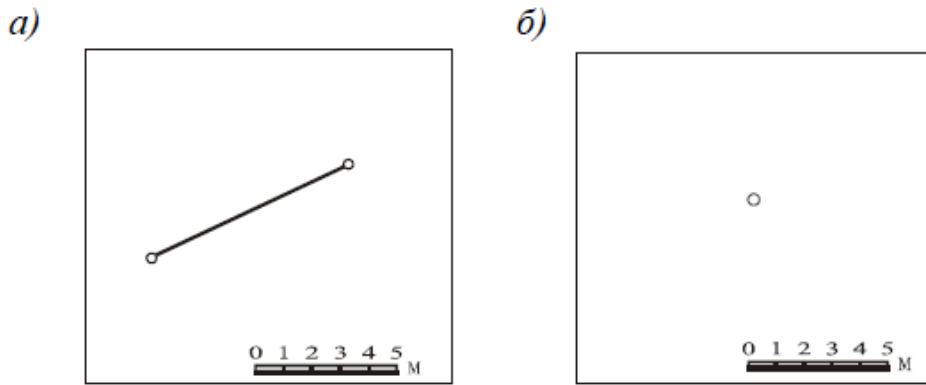


Рисунок 8.7

Якщо дві прямі паралельні одна одній, то їх **проекції паралельні, інтервали** прямих **рівні**, і відмітки зростають **в одному напрямку** (рис. 8.8, а).

Якщо прямі мимобіжні, то їхні проекції можуть перетинатися, але точки на прямих у місці перетину їх проекцій мають **різні позначки** (рис. 8.8, б). Проекції мимобіжних прямих можуть бути паралельні, але **інтервали і кути падіння у них не рівні**, а якщо інтервали рівні, то напрями падіння не співпадають.

Якщо прямі перетинаються, то їхні проекції **перетинаються**, а точка перетину має **одну і ту ж саме позначку** як на одній, так і на іншій прямій (рис. 8.8, в).

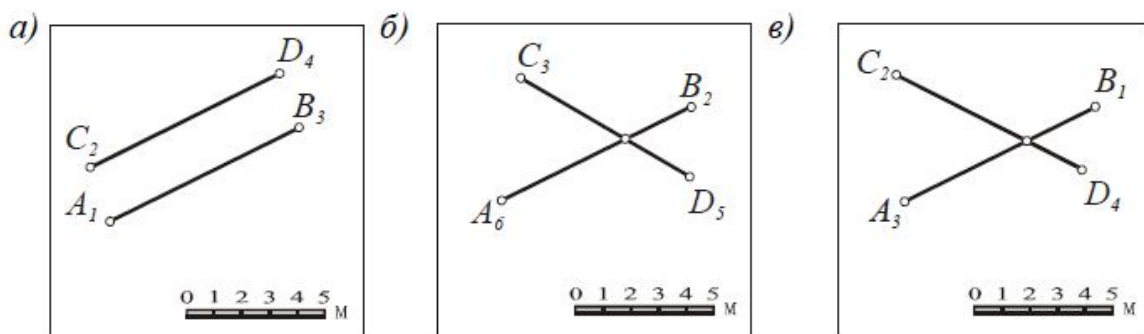


Рисунок 8.8

### 8.3 Проекції площини

Існують різні способи завдання площини (рис. 8.9).

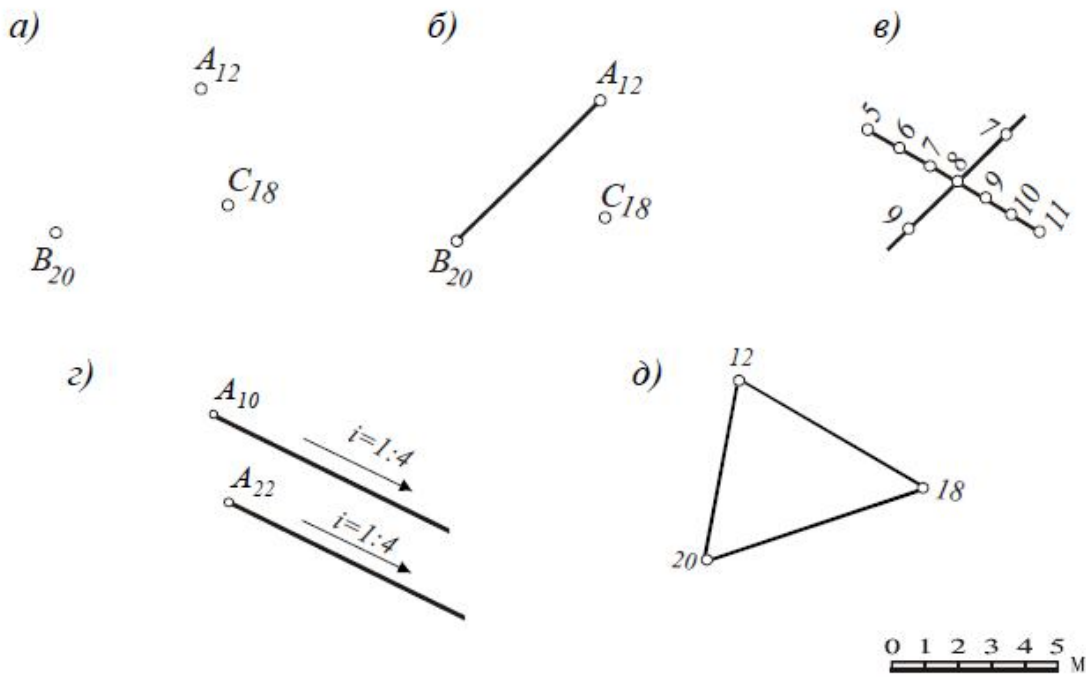


Рисунок 8.9

**Масштабом ухилу** (падіння) площини називається проекція лінії найбільшого нахилу (скату) площини, на якій показуються відмітки точок (рис. 8.10).

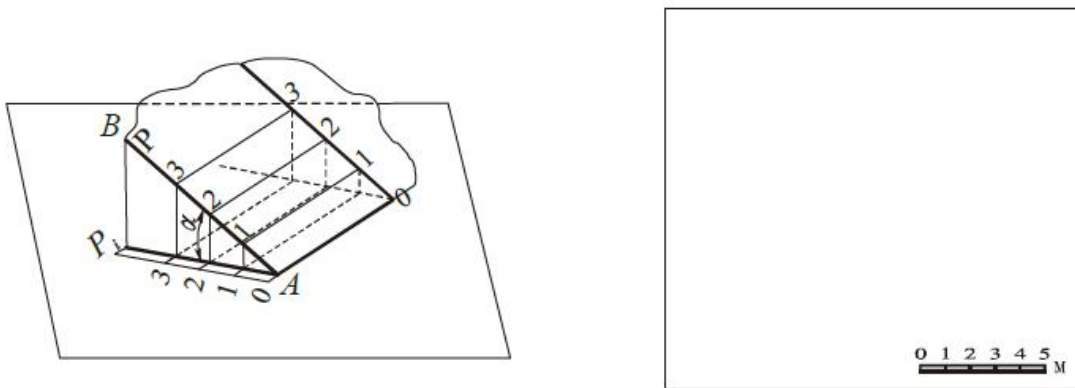


Рисунок 8.10

#### 8.4 Взаємне розташування двох площин, прямої і площини

Якщо площини паралельні то:

- а) масштаби їх ухилів паралельні;
- б) інтервали рівні між собою;
- в) відмітки цих площин зростають в один бік.

#### Задачі на перетин:

- площин (рис. 8.11);
- прямої і площини (рис. 8.12).

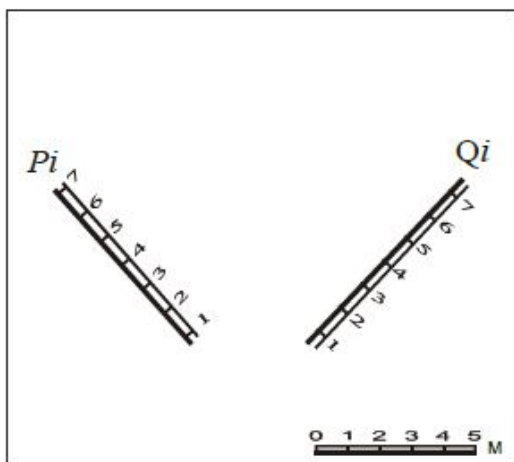


Рисунок 8.11

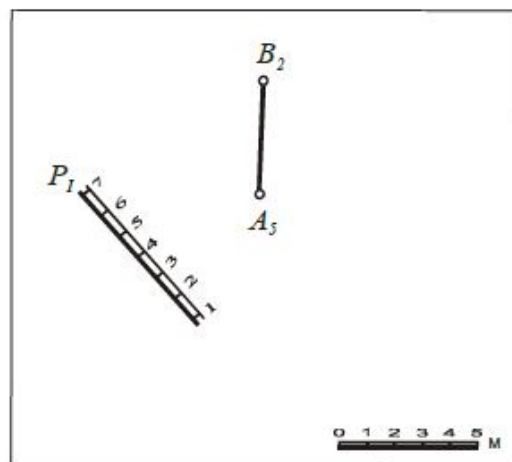


Рисунок 8.12

**Алгоритм:**

### 8.5 Поверхні в проєкціях із числовими позначками

Поверхні задаються характерним лінійним каркасом і числовими позначками основних її точок. Лініями каркаса є горизонталі поверхні – лінії перерізу поверхні горизонтальними площинами з цілими або дробними позначками (рис. 8.13 – 8.16).

Багатогранна поверхня зображується вершинами з указівкою числових позначок, градуйованими проєкціями ребер і горизонталіями граней (рис. 8.13).

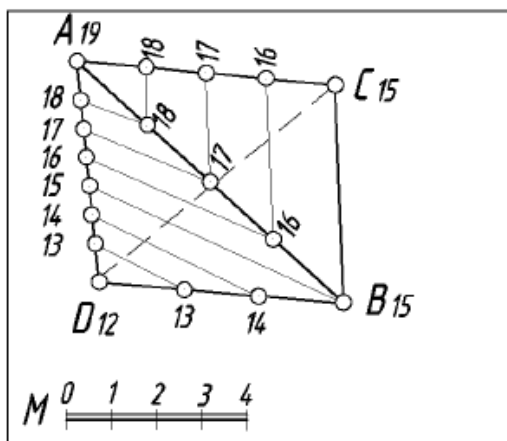


Рисунок 8.13

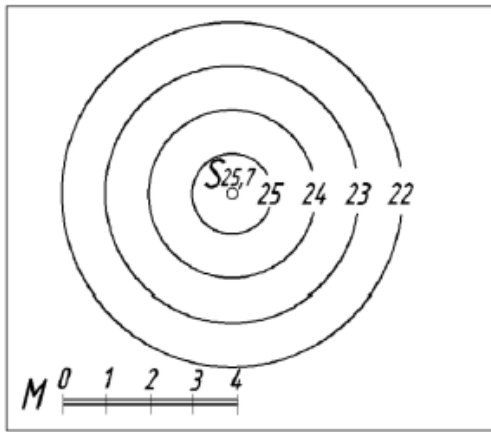


Рисунок 8.14

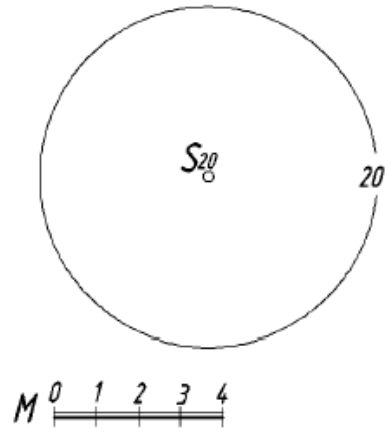


Рисунок 8.15

Земна поверхня називається **топографічною**.

На кресленнях топографічну поверхню зображують сукупністю розташованих на ній ліній – **горизонталей**, по яких вона перетинається горизонтальними площинами.

Відстань між площинами, які перетинають топографічну поверхню, називається **висотою перерізу горизонталей**.

Відмітки горизонталей наносяться уздовж рамки креслення місцевості біля відповідної горизонталі, або в розриві горизонталі (рис. 8.16).

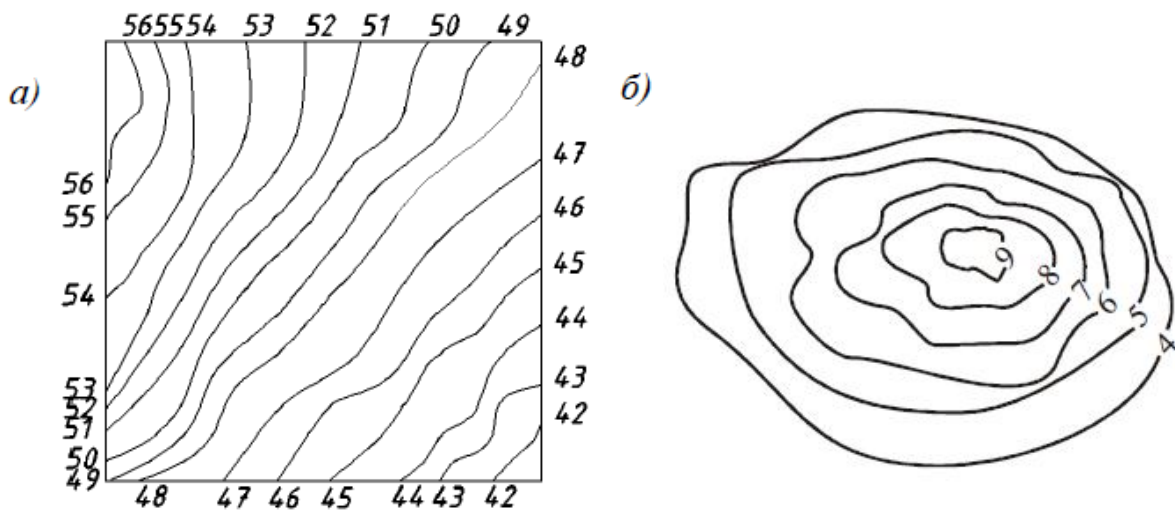


Рисунок 8.16

### 8.6 Перетин топографічної поверхні з площиною

*Алгоритм побудови перетину площини укосу з поверхнею землі*

1. Через точки з цілими відмітками на масштабі ухилу  $P_i$ , яким задана площина укосу, проводять проєкції горизонталей площини під кутом  $90^\circ$  до нього (рис. 8.17).
2. Знаходять точки перетину побудованих проєкцій горизонталей площини з однойменними проєкціями горизонталей поверхні, якими вона задана.
3. Сполучають отримані точки плавною кривою, яка і буде шуканою проєкцією лінії перетину площини укосу і топографічної поверхні.

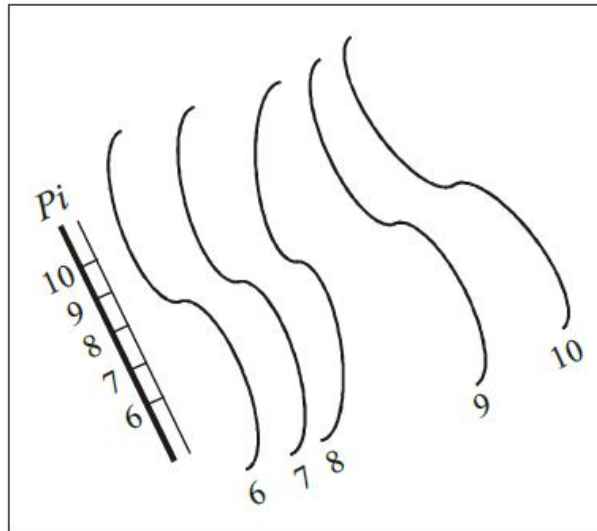


Рисунок 8.17

*Алгоритм побудови профілю місцевості*

1. На лінії **AB** відмічають точки перетину проекції вертикальної площини з горизонталями поверхні (рис. 8.18).
2. Переносять ці точки на горизонтальну пряму **MN**, позначку якої приймають умовно рівній найменшій позначці профілю або округлюють до ще меншої позначки.
3. На перпендикулярах до **MN** відкладають величини перевищень відмічених точок горизонталей над лінією умовного горизонту.
4. Отримані точки з'єднують плавною кривою, яка і буде шуканим профілем цієї поверхні.

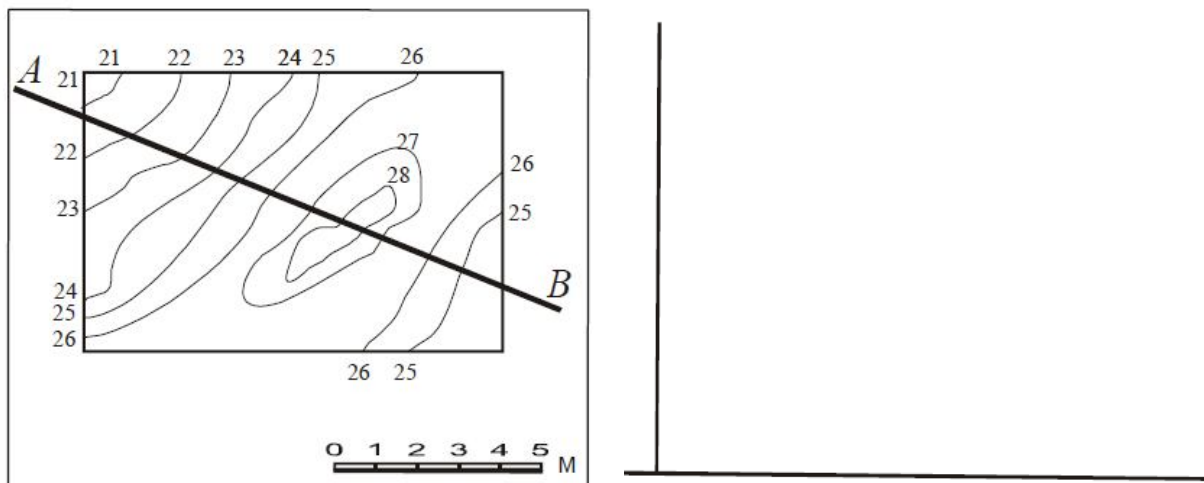


Рисунок 8.18

*Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика*

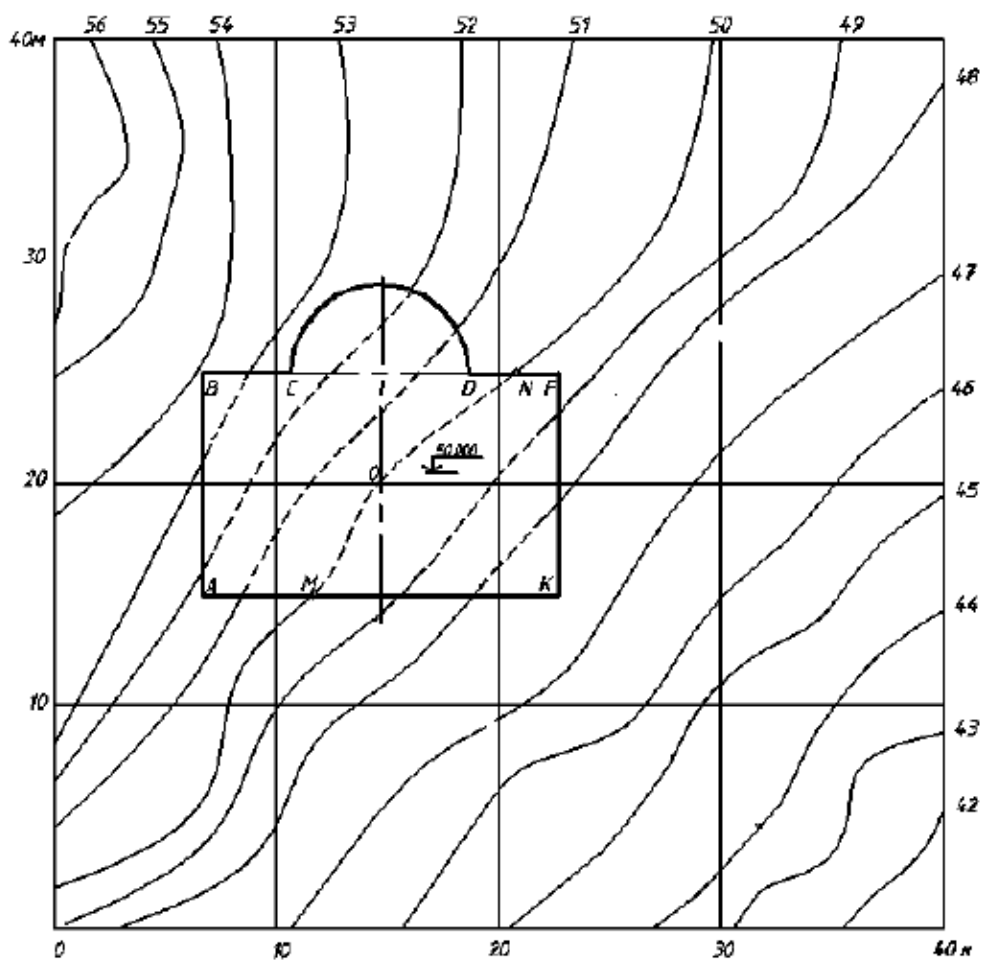


Рисунок 8.19

**Алгоритм:**

**Побудова профілю проєктованої інженерної споруди і топографічної поверхні**





Рисунок 8.20

**Алгоритм:**

Для зручності визначення характеру топографічної поверхні та певних форм рельєфу користуються *бергштрихами*, які проставляють перпендикулярно горизонталі і спрямовують від неї у бік спуску поверхні.

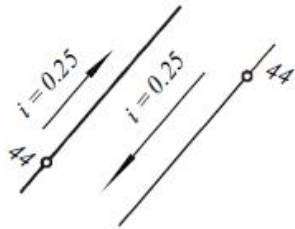
**Висновки:**

- проєкції з числовими позначками є основою топографічних креслень;
- метод проєкцій із числовими позначками є ортогональним проєктуванням просторових об'єктів тільки на одну горизонтальну площину, фронтальну проєкцію цих об'єктів замінюють числовими позначками їх характерних ліній і точок.

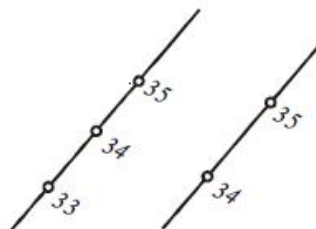
**8.7 Тест для поточного контролю за темою  
«Проекції з числовими позначками»**

**А.** На якому кресленні зображені паралельні прямі?

①



②



③

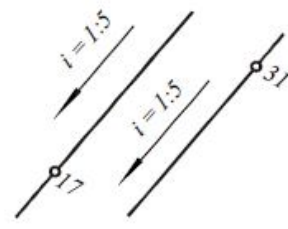
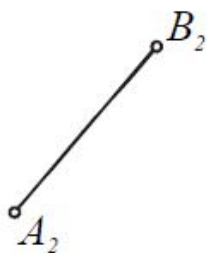


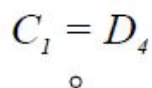
Рисунок 8.21

**Б.** На якому кресленні зображена горизонтальна пряма?

①



②



③

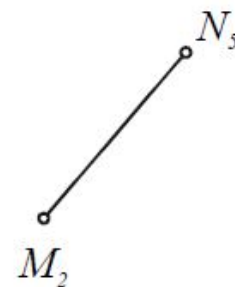
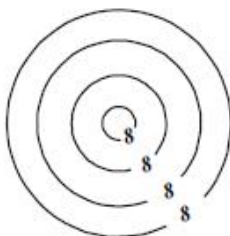


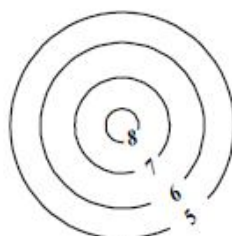
Рисунок 8.22

**В.** На яких кресленнях зображена конічна поверхня?

①



②



③

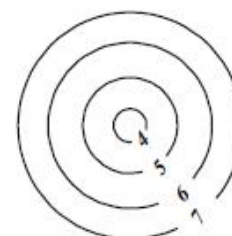


Рисунок 8.23

**Г.** На якому кресленні показано градуювання прямої?

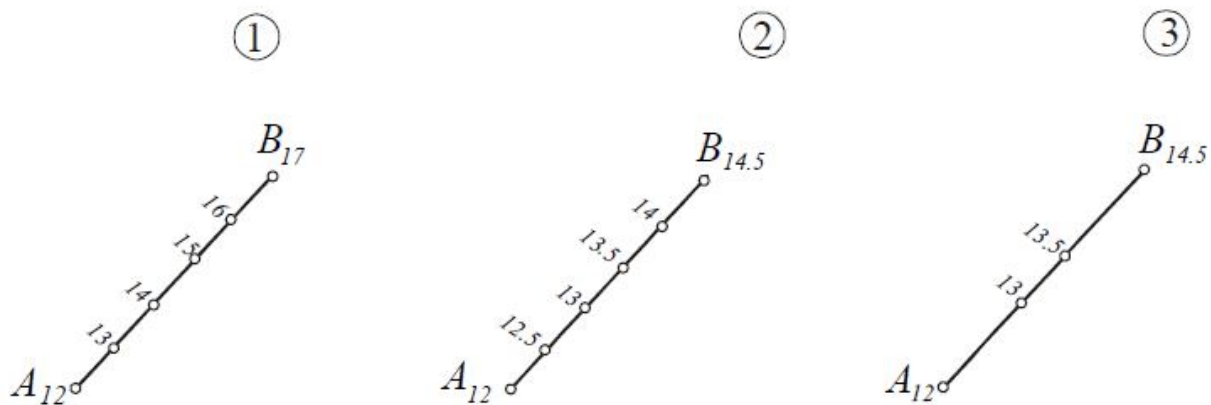


Рисунок 8.24

Д. На якому кресленні зображена площина?

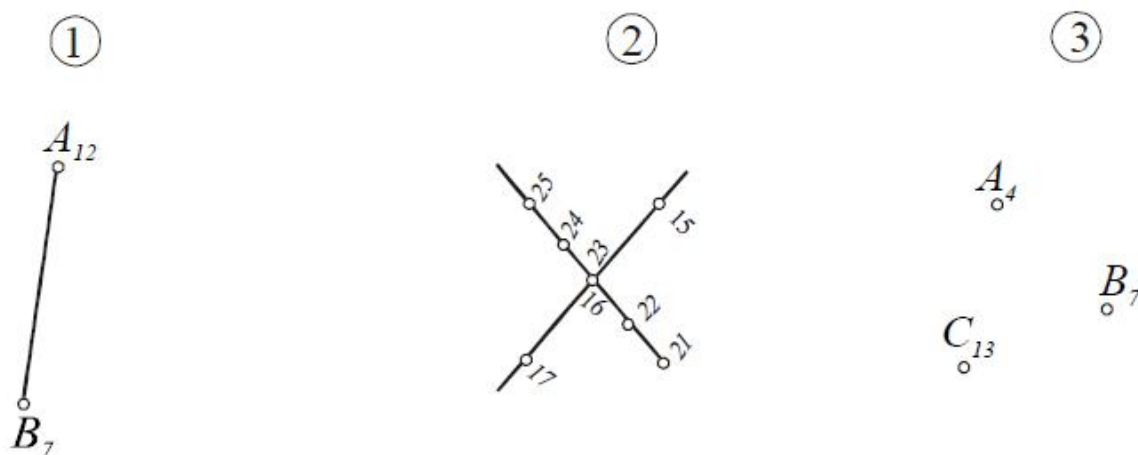


Рисунок 8.25

Е. Яку величину приймають за одиницю виміру в проекціях із числовими позначками?

- 1 – 1 мм
- 2 – 1 м
- 3 – 1 см
- 4 – 1 дм

Таблиця відповідей

Питання	А	Б	В	Г	Д	Е
Відповідь						

### 8.8 Задачі

1. Визначити відстань між точками **A** і **B** і кут нахилу відрізка **AB** до горизонту (рис. 8.26).

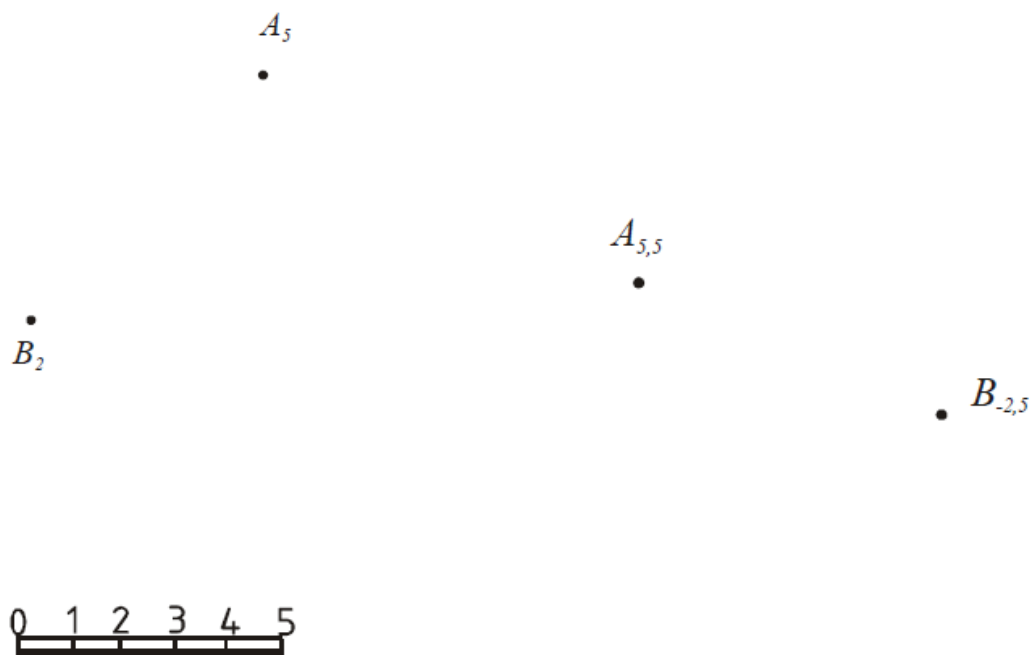


Рисунок 8.26

2. Побудувати точку **A**, що лежить на прямій, із числовою позначкою **7** (рис. 8.27).

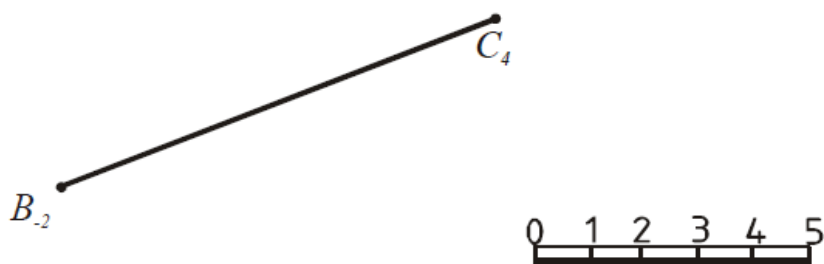


Рисунок 8.27

3. Визначити, чи перетинаються задані прямі **AB** і **CD** (рис. 8.28).

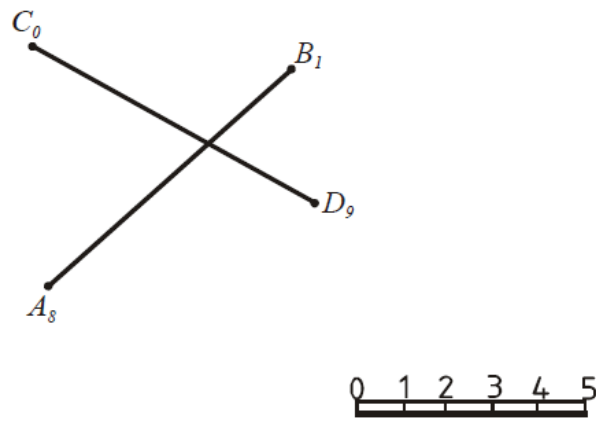


Рисунок 8.28

4. Побудувати лінію перетину площини  $P$  із заданою топографічною поверхнею (рис. 8.29).

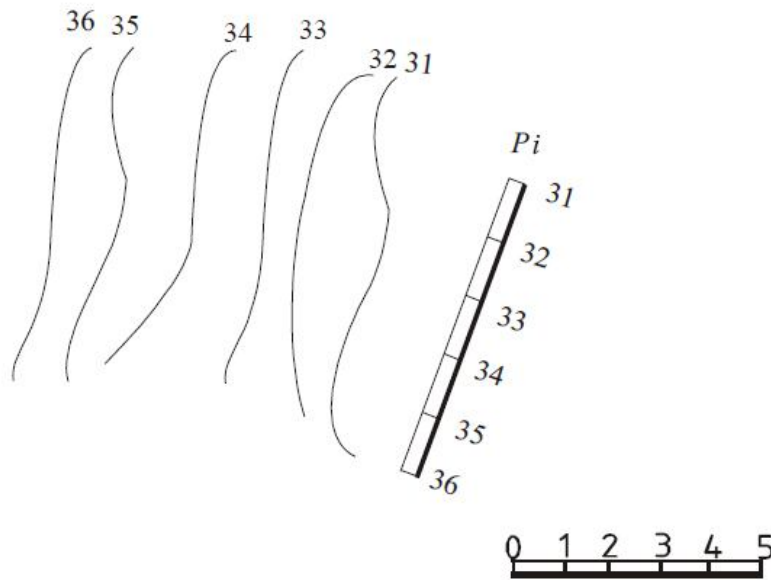


Рисунок 8.29

5. Побудувати межі земляних робіт для майданчика (рис. 8.30).  
 **$M$  1: 200,  $i_b=1 : 1$ ,  $i_n=1 : 1,5$ .**

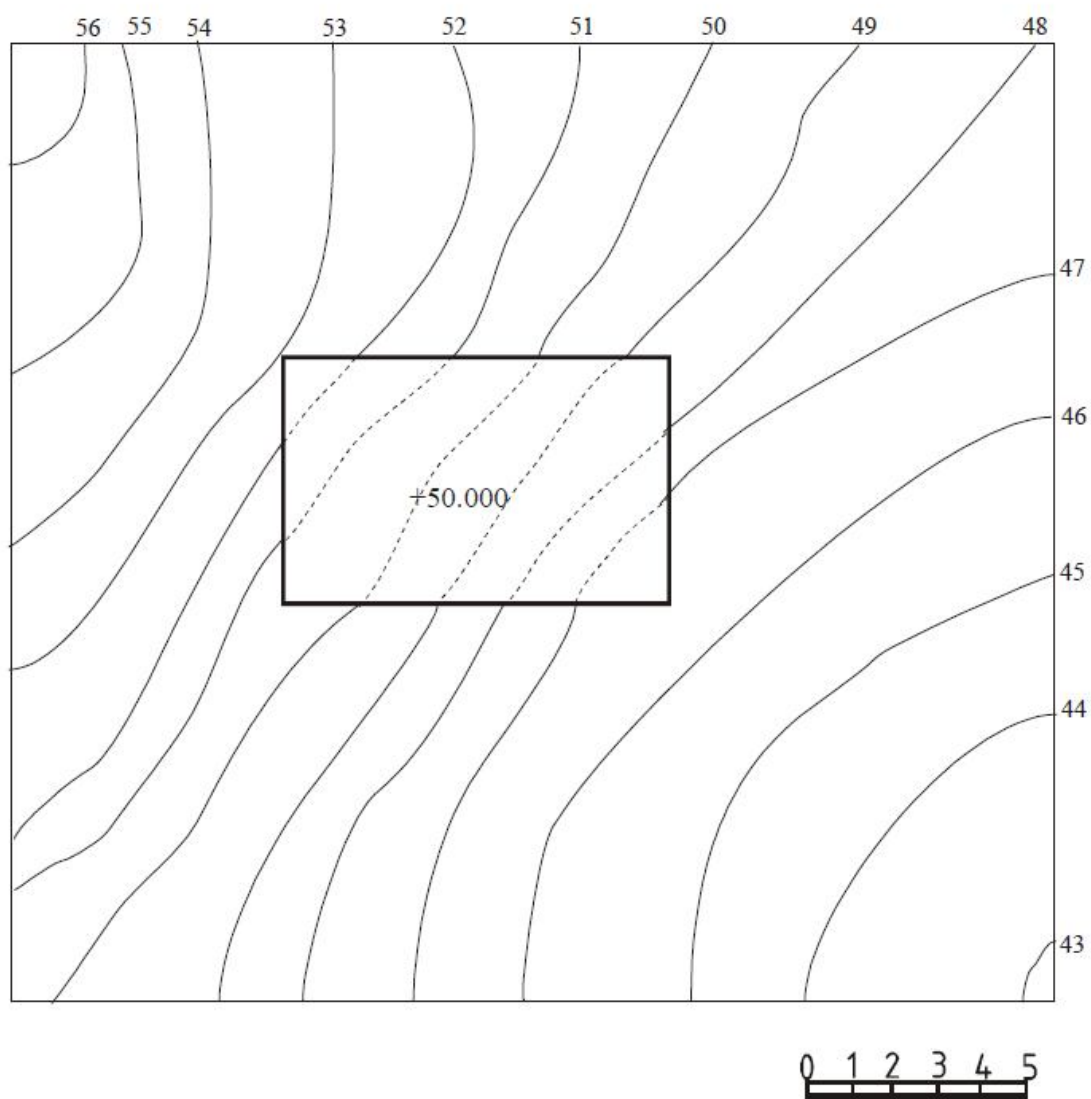


Рисунок 8.30

6\*. Побудувати точку перетину лінії **CD** і площини  $P_i$ , і визначити її числову позначку (рис. 8.31).

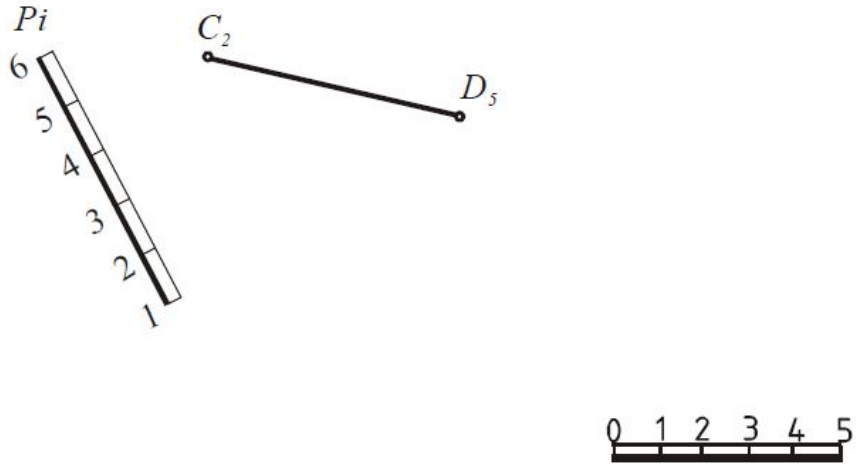


Рисунок 8.31

**Алгоритм:**

Таблиця рейтингу

№№ задач	1	2	3	4	5	6*	$\Sigma$
Бали							

## 9 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ КУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

### 9.1 Порядок вивчення курсу

Вивчення курсу інженерної графіки рекомендується вести в такому порядку:

1. Ознайомитися з темою за програмою і методичними вказівками до виконання завдання.
2. Вивчити стандарти, необхідні для виконання графічної роботи за цією темою.
3. Вивчити рекомендовану літературу за цією темою. Бажано занотувати в конспекті основні положення і виконати окремі креслення.
4. Відповісти на питання для самоперевірки до кожної теми програми.
5. У випадку ускладнень необхідно звертатися за консультацією на кафедрі.
6. Виконати графічну роботу за темою у порядку, указаному в методичних вказівках до теми.
7. Креслення, розміщені в методичних вказівках, є прикладами розташування матеріалу на аркуші та характеризують об'єм і зміст теми.

### 9.2 Рекомендації до виконання креслень

Усі креслення мають бути виконані відповідно до ГОСТів ЄСКД і відрізнятися чітким і акуратним виконанням. Креслення виконують на аркушах креслярського паперу формату, вказаного за кожною темою в програмі (про формати див. ГОСТ 2.301-68). Після викреслювання рамки креслення в правому нижньому куті намічають габаритні розміри основного напису креслення, єдиного для усіх форматів.

Форма основного напису відповідно до ГОСТ 2.104-68 і приклад заповнення основного напису подані на рис. 9.1.

Обводити креслення необхідно, приймаючи за товщину основних суцільних ліній 0,5 – 1,4 мм, а товщину інших ліній – згідно з ГОСТ 2.303-68.

Основний напис викреслюється лініями двох типів. Приклади заповнення основного напису подано в зразку виконання кожної графічної роботи.

*Вид креслення (робоче креслення)*

*Номер аркуша в альбомі завдань*

*Номер варіанту*

*Номер завдання*

*Назва дисципліни*

*Назва навч. закладу*

					<b>НУМГ.ІГ.ХХ.ХХ.ХХРК</b>			
						<i>Лист</i>	<i>Масштаб</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Взм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<b>Проекційне креслення</b>	<i>Н</i>		<i>1:1</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Петров М.І</i>			<i>15.12.07</i>		<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	
<i>Пров.</i>	<i>Іванов М.Ю</i>							
<i>Т.контр.</i>								
<i>Н.контр.</i>					<b>Сталь 20 ГОСТ</b>	<b>РВВР2015-1</b>		
<i>Утв.</i>								

Рисунок 9.1



Відповідно до ГОСТ 2.305 – 68 зображень предметів, виробів або їхніх складових частин виконують за методом прямокутного проектування. Зображуваний предмет розташовують між спостерігачем і площиною проєкцій.

Під час виконання креслень за основні площини проєкцій приймають шість граней порожнистого куба : фронтальної – 1, горизонтальної – 2, профільної – 3 та їм паралельні 4, 5 і 6, які розгортають, як подано на рис. 9.2 і рис. 9.3, поєднуючи з фронтальною площиною проєкцій.

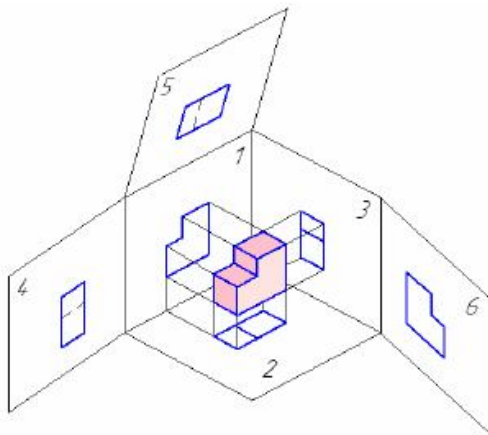


Рисунок 9.2

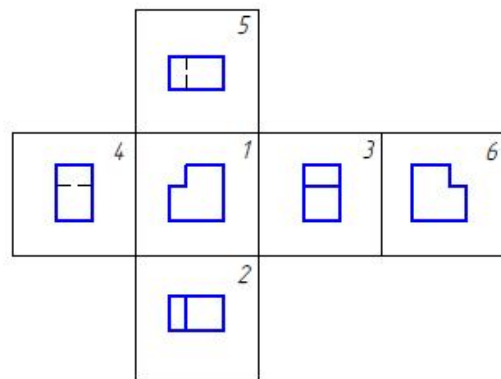


Рисунок 9.3

Предмет розташовують відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб зображення на ній давало якнайповніше **уявлення** про його **форму** і **розміри**. Це зображення приймається як **головне**.

Зображення на кресленні залежно від їхнього змісту, розділяються на **види**, **розрізи**, **перерізи**. Класифікація зображень подана на рис. 9.4. Кількість зображень на кресленні має бути **мінімальною**, але **достатньою** для отримання вичерпного уявлення про зображуваний предмет.

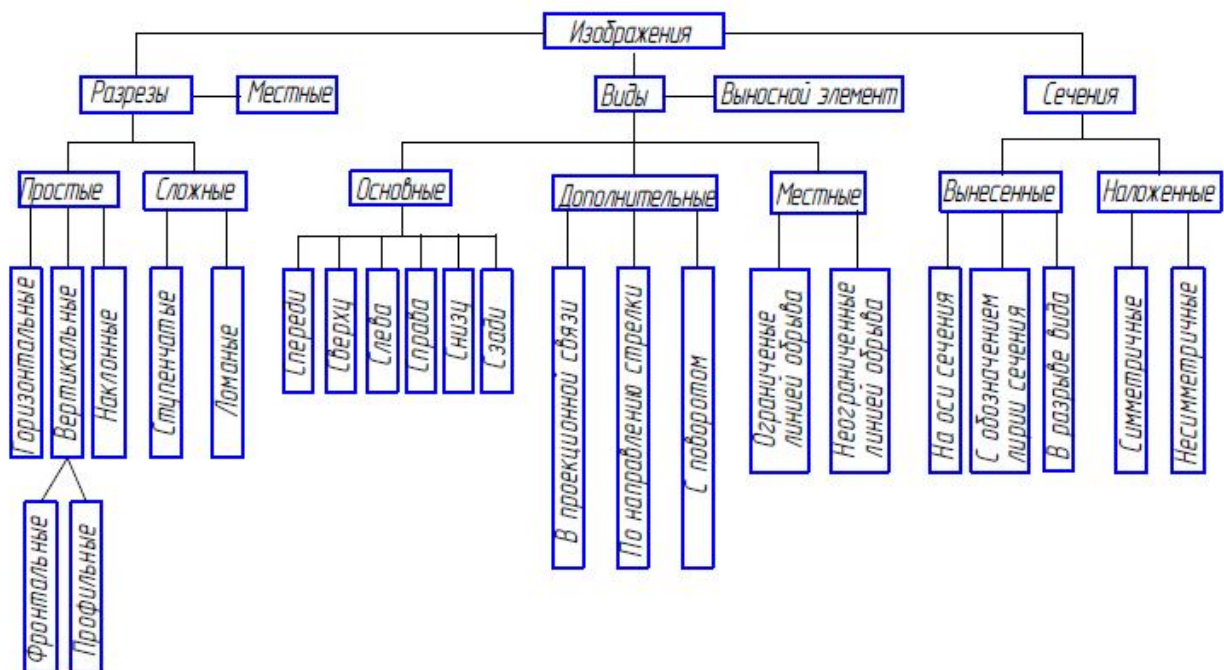


Рисунок 9.4

## 9.2.1 Види

**Видом** називається зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні предмета за допомогою штрихових ліній.

Види підрозділяють на **основні**, **додаткові** та **місцеві**. **Основні види** виходять під час проектування предмета на основні площини проєкцій (рис. 9.2 і 9.3). Встановлені такі назви основних видів: **1 – вид спереду** (головний вид); **2 – вид зверху**; **3 – вид ліворуч**; **4 – вид справа**; **5 – вид знизу**; **6 – вид ззаду**.

На машинобудівних кресленнях не проводять осі координат і лінії зв'язки проєкцій. Назви видів на кресленнях не підписують, якщо вони розташовані в проєкційному зв'язку, як подано на рисунку 9.2. Якщо один з видів розташований не в проєкційному зв'язку з головним зображенням, то й напрям проектування має бути вказаний стрілкою біля відповідного виду. Показуючи вид повністю, над стрілкою і над отриманим видом необхідно нанести одну і ту саме прописну букву українського алфавіту (рис. 9.5 а), а можна показати тільки частина виду (рис. 9.5 б).

Якщо будь-яку частину предмета неможливо показати на основних видах без спотворення форми і розмірів, то застосовують **додаткові види**, які одержують на площинах, не паралельних основним площинам проєкцій.

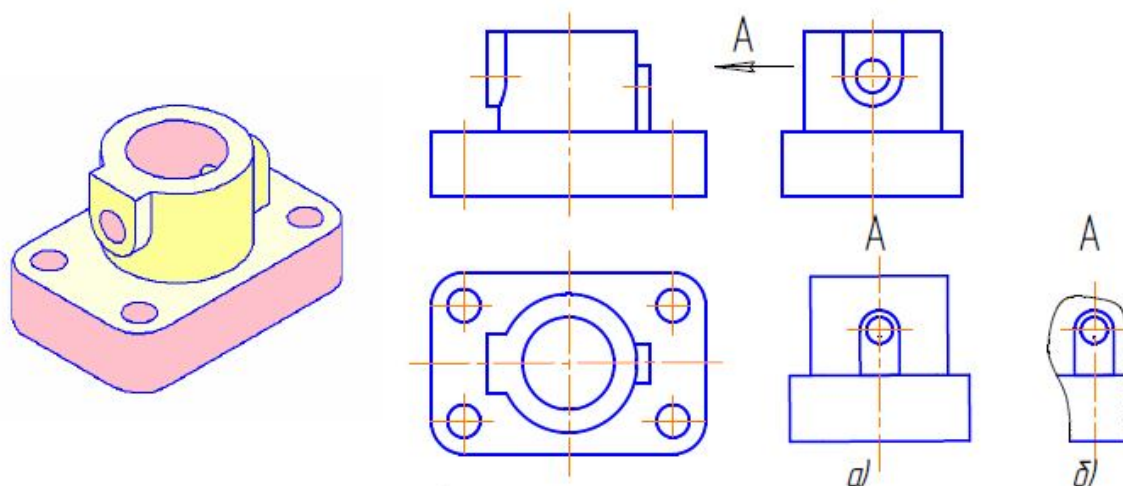


Рисунок 9.5

Співвідношення розмірів стрілки подано на рисунку 9.6.

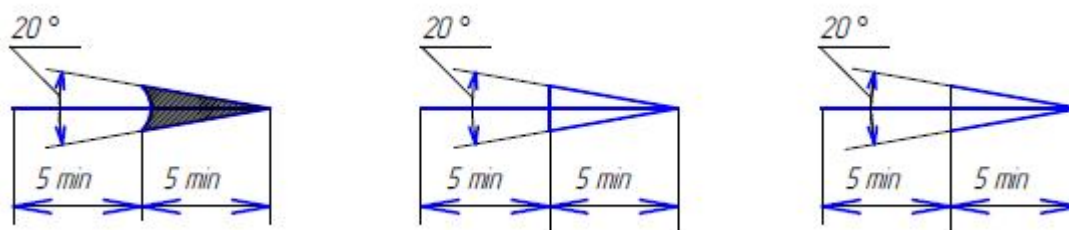


Рисунок 9.6

Додатковий вид може бути зображений не повністю, а з обривом тієї частини, яка на основних видах проєктується без спотворення (рис. 9.7).

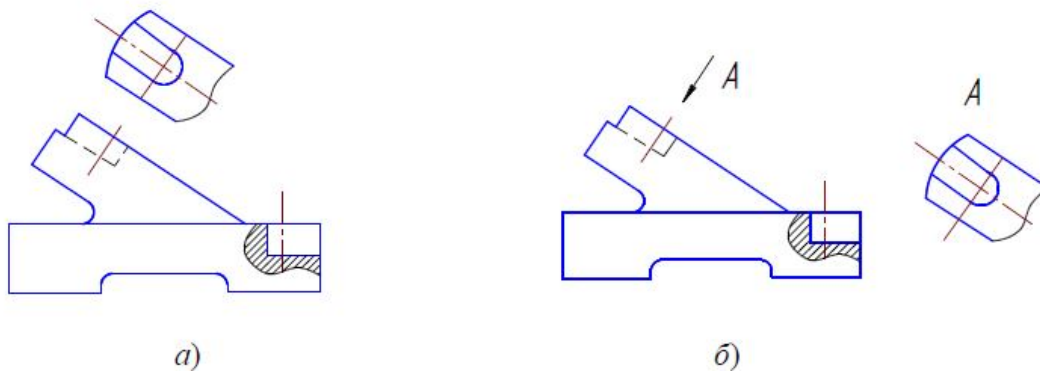


Рисунок 9.7

Додаткові види, розташовані у безпосередньому проекційному зв'язку, на кресленні не позначаються (рис 9.7, а). Якщо додатковий вид розташований не в проекційному зв'язку, то він супроводжується написом типу «А», а у зв'язаного з ним зображення, ставиться стрілка, що вказує напрям погляду і відповідна прописна буква українського алфавіту (рис. 9.7, б).

Додатковий вид допускається повертати для полегшення читання креслення до положення, прийнятого для цього предмета на головному зображенні. Водночас напис має бути доповнений умовним графічним зображенням (рис. 9.8, а). Умовний графічний знак, що замінює слово «повернуте», наведений на рисунку 9.8, б.

Зображення окремого обмеженого місця поверхні предмета називається **місцевим видом**. Місцевий вид відмічають на кресленні подібно до додаткового виду. Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву або не обмежений (рис. 9.9). У тому випадку, коли вид має вісь симетрії, допускається приміняти вид з обривом або половину виду. У першому випадку межею зображення є хвиляста лінія, у другому випадку – вісь симетрії. Місцевий вид може бути частиною основного або додаткового виду (рис. 9.5, б, рис. 9.7).

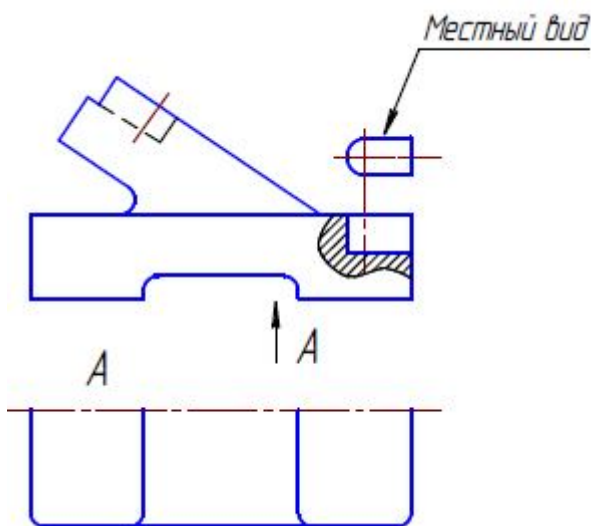


Рисунок 9.8

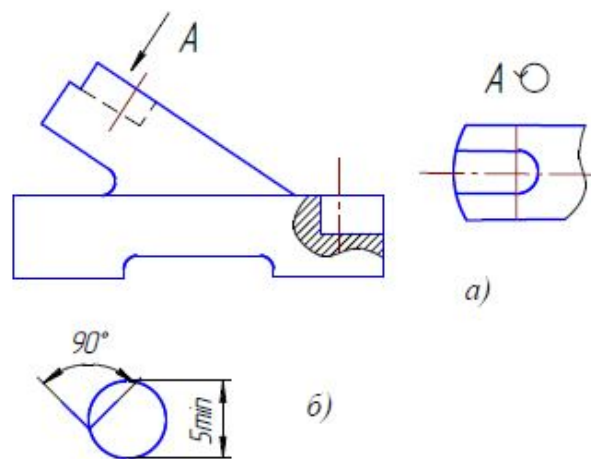


Рисунок 9.9

## 9.2.2 Розрізи

*Розріз* – зображення предмета, розітнутого однією або декількома площинами. Водночас уявний розтин предмета належить тільки до цього розрізу і не спричиняє за собою зміну інших зображень того саме предмета.

На розрізі показується те, що розташовано в січній площині, і те що розташоване за нею. Різноманіття розрізів, які вживаються під час виконання креслень, може бути зараховано до декількох типів.

1. Залежно від кількості січних площин розрізи поділяються на:

- *прості* – одна січна площина (рис. 9.10 і 9.11);

- *складні* – дві і більше січних площин. Складні розрізи називають *ступінчастими*, якщо січні площини паралельні, (рис. 9.12) і *ламаними*, якщо січні площини перетинаються (рис. 9.13).

2. Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проекції розрізи розділяються на:

- *горизонтальні* – січна площина паралельна горизонтальній площині проекцій;

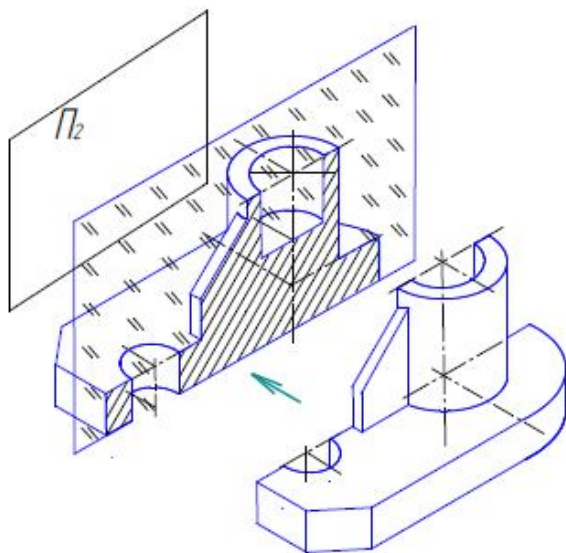


Рисунок 9.10

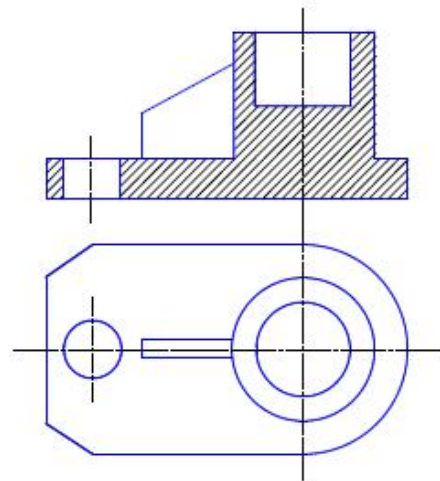


Рисунок 9.11

- *вертикальні* – січна площина перпендикулярна до горизонтальної площини проекції (рис. 9.11). Вертикальні розрізи називаються *фронтальними* (рис. 9.11), якщо січна площина паралельна фронтальній площині проекцій, і *профільними*, якщо січна площина паралельна до профільної площини проекцій;

- *похилі розрізи* – січна площина складає з горизонтальною площиною кут, відмінний від прямого кута.

3. Залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета розрізняють розрізи:

- *подовжні* – січна площина спрямована уздовж довжини або висоти предмета;

- *поперечні* – січна площина перпендикулярна до довжини або висоти предмета.

4. Залежно від повноти зображення розрізи бувають:

- *повні* – січна площина перетинає увесь предмет і зображення (рис. 9.11).

*Ступінчастий розріз* внутрішньої його будови показують по усьому перерізу (рис. 9.12);

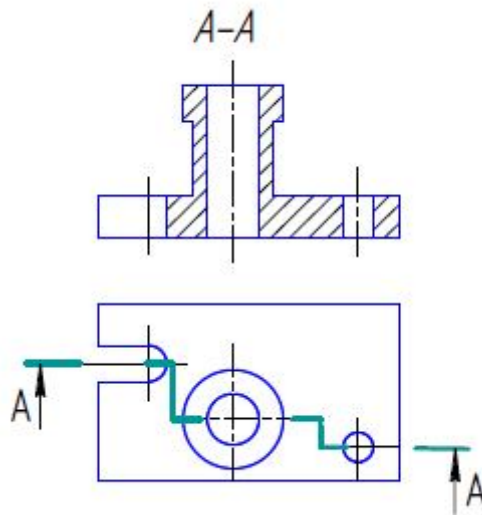


Рисунок 9.12

- місцеві – січна площина «розкриває» тільки ту частину предмета, у якій вимагається показати його внутрішню форму. Межі місцевого розрізу показують суцільною хвилястою лінією (рис. 9.9).

Розрізи вертикальні та горизонтальні розміщують на місці відповідних видів, тобто фронтальний – на місці вигляду спереду (рис. 9.11), горизонтальний – на місці вигляду зверху, профільний – на місці виду ліворуч або суміщають із відповідним видом (рис. 9.14).

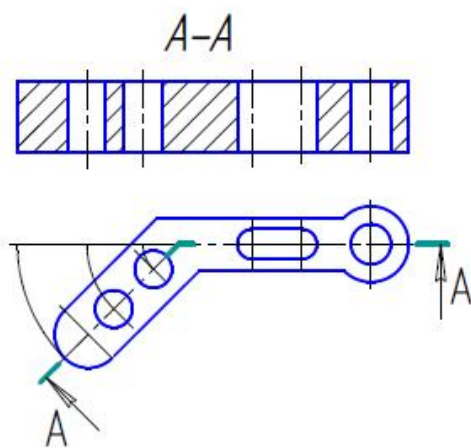


Рисунок 9.13

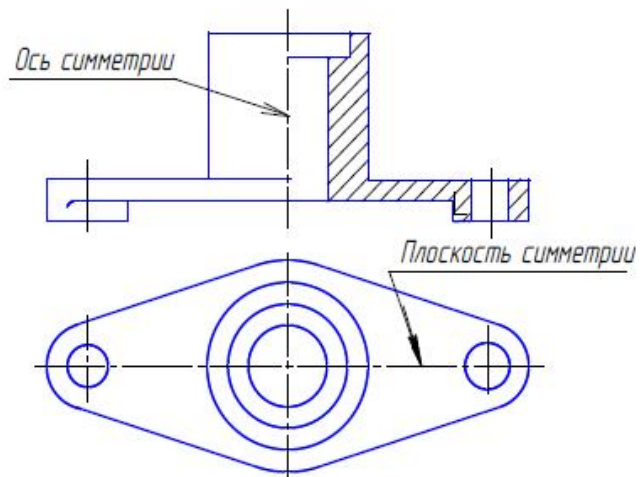


Рисунок 9.14

Якщо січна площина співпадає з площиною симетрії предмета, а відповідні зображення розташовані на одному і тому самі аркуші в проекційному зв'язку, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не вказують і розріз написом не супроводжують (рис. 9.14).

Розрізи похилі повинні будуватися і розташовуватись відповідно до напрямку, вказаного стрілками. Такі розрізи розташовуються на вільному полі креслення. Похилий розріз можна повернути, додавши до напису умовне графічне зображення.

На одному зображенні допускається сполучати частину виду і частину розрізу.

Лінії невидимого контуру зазвичай не показуються на з'єднаних частинах виду і розрізу.



Якщо вид і розріз є симетричними фігурами, то можна з'єднати половину виду і половину розрізу, розділяючи їх штрих пунктирною тонкою лінією, що є віссю симетрії (рис. 9.15).

Якщо з віссю симетрії співпадає проекція якої-небудь лінії, то вид від розрізу відділяється суцільною хвилястою лінією, що проводиться лівіше або правіше осі симетрії (рис. 9.16).

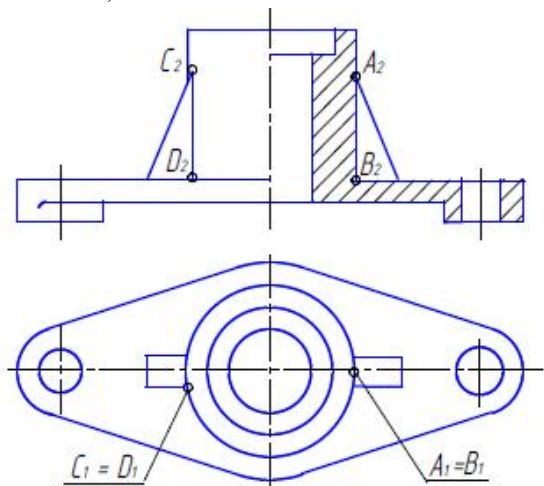


Рисунок 9.15

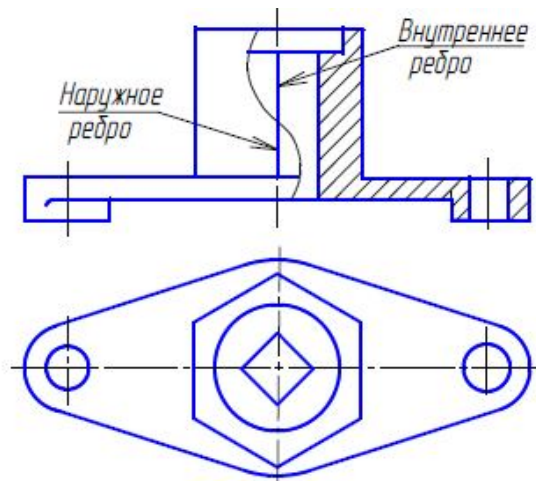


Рисунок 9.16

*Ребра жорсткості та тонкі стінки* в подовжньому розрізі виділяються з розрізу і не штрихуються. Межа між виділеним елементом і розрізом частини, що залишилася вибирається так, щоб не порушити форму предмета в місці примикання (тут по нарисній твірній циліндра **AB**). Для порівняння показане ребро **CD** на половині виду (рис. 9.15).

*Графічні позначення матеріалів у перерізах за ГОСТ 2.306-68* подана на рис. 9.17.



Загальне графічне позначення незалежно від виду матеріалу

Метали, тверді сплави

Неметалеві матеріали

Деревина

Рисунок 9.17

### 9.2.3 Перерізи

*Перерізом* називається зображення, отримане під час уявного перетину предмета однією або декількома площинами.

Січні площини вибираються так, щоб виходили нормальні поперечні перерізи. *На перерізі показують тільки те, що розташовано в січній площині.*

Залежно від форми фігури, що отримують під час розтинання предмета, перерізи можна розділити на *симетричні* (рис. 9.18, а) і *несиметричні* (рис. 9.18, б і 9.18, в).

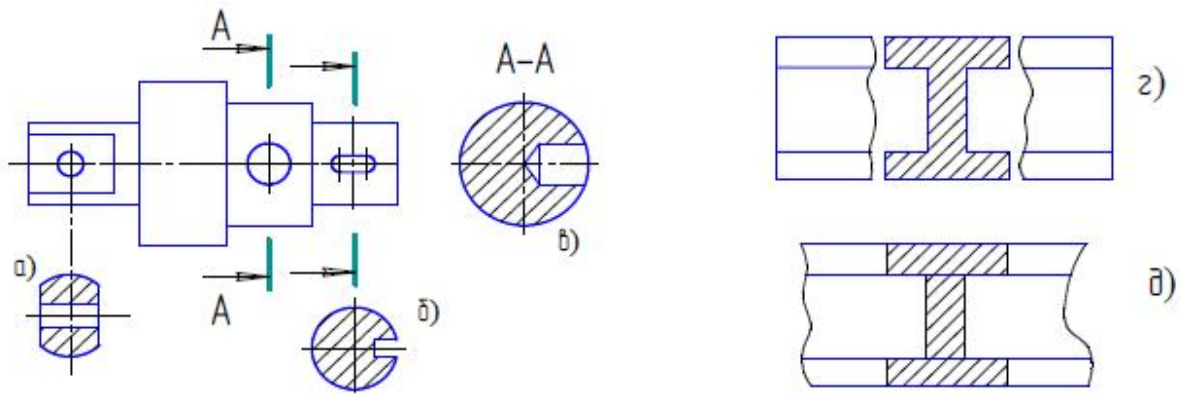


Рисунок 9.18

Залежно від розташування на кресленні перерізи можна розділити на *винесені* і *накладені*.

Винесені перерізи можуть розташовуватися на вільному полі креслення (рис. 9.18, а, б, в) або в розриві зображення предмета (рис. 9.18, г). *Контур* винесеного перерізу і перерізу в розриві зображуються *суцільними основними лініями* (рис. 9.18, г).

*Накладені перерізи* зображуються безпосередньо на зображенні предмета (рис. 9.18, д). *Контур* накладеного перерізу виконується *суцільними тонкими лініями*, крім того, контур зображення предмета в місці розташування перерізу не уривається.

Під час викреслювання винесених симетричних перерізів, виконаних відповідно до рисунку 9.18, а і накладених симетричних перерізів положення січної площини не вказується і переріз не позначається.

Для несиметричних винесених перерізів (рис. 9.18, б) або несиметричних накладених перерізів під час побудови перерізу в проєкційному зв'язку положення січної площини вказується лінією перерізу з вказівкою стрілками напрямку погляду, але літерами не позначається.

В усіх інших випадках виконання перерізів положення січної площини має бути вказано лінією перерізу з вказівкою стрілками напрямку погляду літерами, а над самим перерізом виконується напис тими ж літерами (рис. 9.18, в). **ГОСТ 2.305-68** дозволяє зображувати перерізи, що складаються з окремих частин, у подібних випадках переріз виконується за типом розрізу (рис. 9.18, а).

Для раціонального використання поля креслення фігуру перерізу можна повертати. У цьому випадку до напису, що означає переріз, додають знак «повернено» (рис. 9.8, б).

### 9.3 Виносні елементи

Якщо яка-небудь частина предмета вимагає графічного пояснення форми, зважаючи на дрібне її зображення, то застосовують додаткове її зображення, виконане у більшому масштабі, яке називається *виносним елементом*.

Під час виконання виносного елемента відповідне місце зображення виділяють колом, проведеним тонкою лінією, і позначають, як зазначено на рисунку 9.19.

Виносний елемент може містити подробиці, не вказані на відповідному зображенні та відрізнятися від цього зображення за змістом. Наприклад, зображення може бути видом, а виносний елемент розрізом.

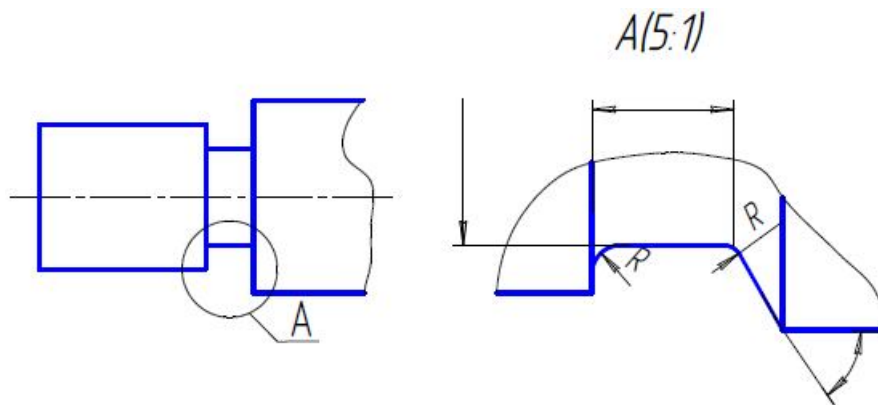


Рисунок 9.19

#### 9.4 Основні правила нанесення розмірів

*Розміри* на кресленнях наносять відповідно до **ГОСТ 2.307-68**. Величина зображеного на кресленні виробу та його елементів визначається розмірними числами, нанесеними на кресленні.

Загальна кількість розмірів на кресленні має бути мінімальною, але достатнього для виготовлення і контролю виробу.

Не допускається повторювати розміри одного і того саме елементу на різних зображеннях (на будівельних кресленнях розміри допускається повторювати).

Лінійні розміри – довжину, висоту, ширину, радіус, діаметр кола на кресленнях вказують у міліметрах без позначення одиниці виміру.

Кутові розміри вказують у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниці виміру, наприклад:  $6^\circ$ ,  $6^\circ 45'$ ,  $6^\circ 45' 30''$ . Прості дроби для розмірних чисел застосовувати не допускається (за виключенням розмірів у дюймах).

Розміри на кресленнях вказують розмірними числами і розмірними лініями. Розмірні лінії обмежують стрілками, розміри яких наведені на рисунку 9.20.

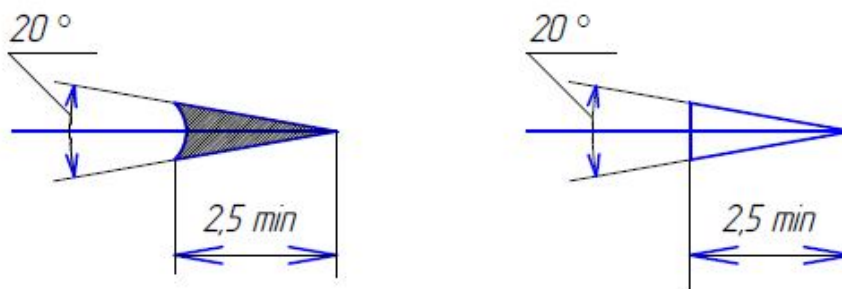


Рисунок 9.20

Розміри на кресленнях не допускається наносити у вигляді замкнутого ланцюга.

Якщо ланцюг замкнутий, то один із розмірів є довідковим і позначається \* (рис. 9.21, а). Розміри на кресленнях показують розмірними числами і розмірними лініями (рис. 9.21, б).



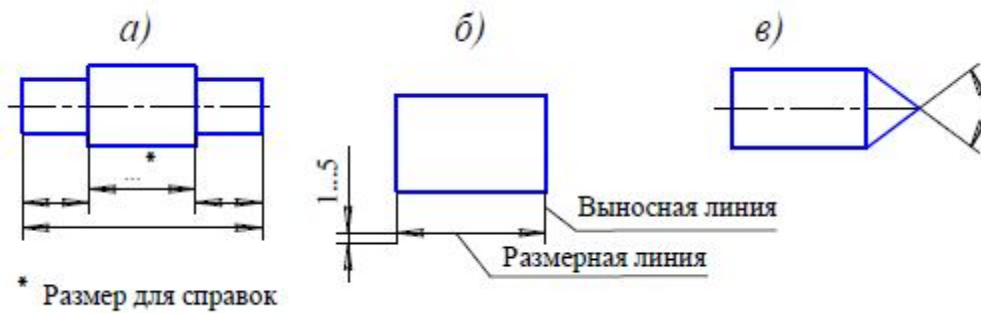


Рисунок 9.21

Під час нанесення *розміру кута* розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром в його вершині, а виносні лінії – *радіально* (рис. 9.21, в).

Під час нанесення *розміру прямолінійного відрізка* розмірну лінію проводять *паралельно* цьому відрізку, а *виносні лінії* – *перпендикулярно* розмірним. Мінімальні відстані між розмірною лінією і лінією контуру має бути **10** мм, а між паралельними розмірними – **7** мм.

Розмірні лінії між собою не мають перетинатися. Виносні лінії повинні виходити за розмірні на **1,5** мм. *Розмірні і виносні лінії виконуються тонкою суцільною лінією*. Розмірні числа наносять над розмірною лінією, паралельно їй і якомога ближче до її середини. У межах одного креслення розмірні числа виконуються цифрами одного розміру шрифту. Розмірні числа, знаки діаметру, радіусу, квадрата та ін. можна виконати шрифтом **5** (можна **3,5**). Діаметри отворів, показаних у розрізі, наносять на розрізі (рис. 9.22).

В усіх випадках вказівки діаметру перед розмірним числом ставиться знак  $\phi$  (рис. 9.22). Перед розмірним числом, що визначає величину радіусу, ставиться прописна літера **R** (рис. 9.22). Розміри квадрата наносять, як подано на рисунку 9.23, г, д.

На зображеннях, що сполучають половину виду з половиною розрізу (чи частина виду з частиною розрізу), розміри, що належать до внутрішніх контурів, бажано розташовувати з боку розрізу, а розміри зовнішніх елементів – з боку виду.

Під час визначення розміру діаметру розмірна лінія може проводитися з обривом, який виконується далі за центр кола або за осьюовою лінією (рис. 9.23, а, б). Якщо для написання розмірного числа над розмірною лінією для простановки стрілок недостатньо місця, то розміри наносять, як подано на рисунку 9.24.

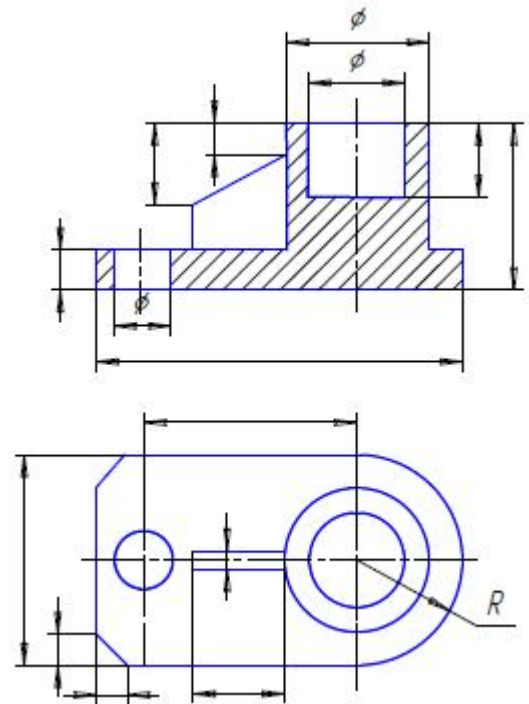


Рисунок 9.22

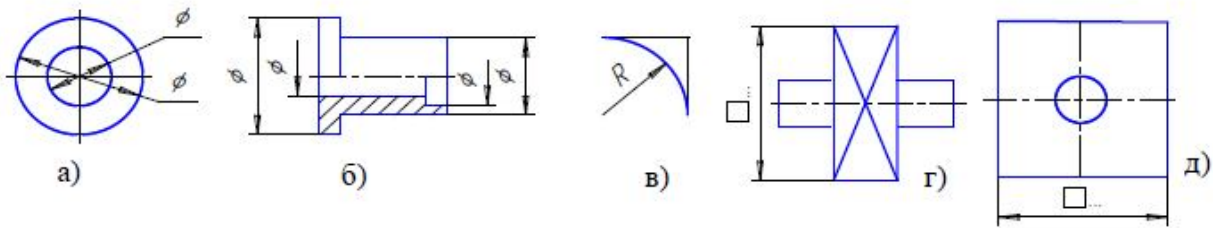


Рисунок 9.23

Під час нанесення декількох паралельних або концентричних розмірних ліній розмірні числа рекомендується розташовувати в шаховому порядку (рис. 9.25, а, б).

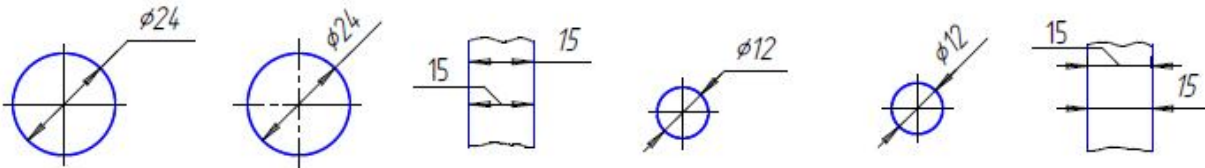


Рисунок 9.24

Розмірні числа не допускається розділяти або перетинати якими-небудь лініями креслення (осьовими, центровими, лініями штрихування). Не допускається переривати контурну лінію для нанесення розмірного числа і допускається розривати її у разі нестачі місця для нанесення стрілки (рис. 9.25, в, г). Осьові центрові лінії та лінії штрихування в місці нанесення розмірного числа допускається переривати (рис. 9.25, д).

У разі зображення предмета з розривом розмірні лінії не перериваються.

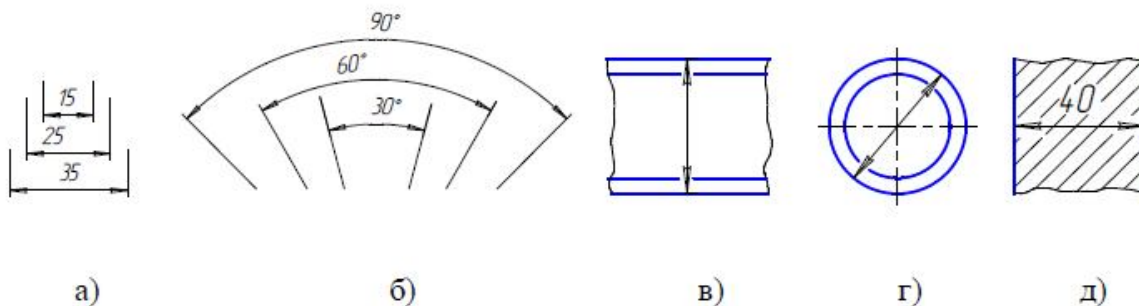


Рисунок 9.25

### 9.5 Аксонометричні проекції. Загальні поняття

У багатьох випадках під час виконання технічних креслень разом із ортогональними зображеннями необхідно мати наочні зображення. Для побудови таких зображень застосовують аксонометричні проекції, або аксонометрію. Назва аксонометрія утворена із слів старогрецької мови: аксон- вісь і метрео- вимірюю, отже, аксонометрія означає вимір по осях.

Спосіб аксонометричного проектування полягає в тому, що ця фігура (на прикладі точка А) разом із осями прямокутних координат, до яких вона віднесена у просторі, паралельно проектується на деяку площину, що називається площиною аксонометричних проекцій або картинною площиною (площина П' на рисунку 9.26). Отже, аксонометрія – це проекція тільки на одну площину.

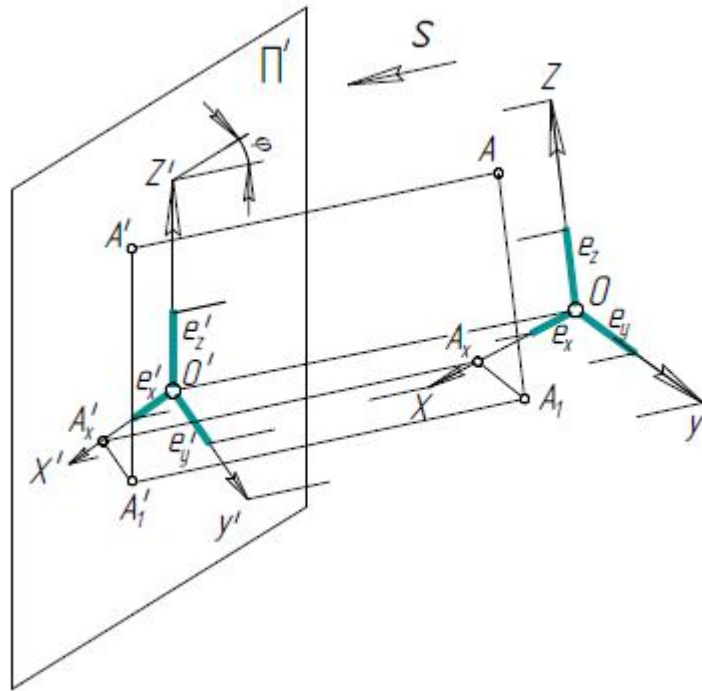


Рисунок 9.26

$Oxyz$  – осі координат в просторі.

Точка  $A$  зв'язується з системою координат  $Oxyz$  за допомогою натуральної координатної ламаною  $AA_1A_xO$ , де  $[Oax] = x_A$ ;  $[Oay] = y_A$ ;  $[OAz] = z_A$  – координати точки  $A$ , виміряні натуральним одиничним (масштабним) відрізком  $e$ .

$S$  – напрям проектування.

Проекція  $A'$  точки  $A$  на  $\Pi'$  називається аксонометричною проекцією проекція  $A_1^1$  точки  $A_1$  – вторинною проекцією, проекція  $O'x'y'z'$  – аксонометричною системою координат.

$A_1^1 A_1^1 A_x^1 O^1$  – аксонометрична координатна ламана;

$e_x^1, e_y^1, e_z^1$  – аксонометричні одиничні (масштабні) відрізки.

Спотворення по аксонометричних осях визначаються коефіцієнтами спотворення, які дорівнюють відношенню аксонометричних одиничних відрізків до натуральним:

$$\frac{e_x^1}{e} = u, \quad \frac{e_y^1}{e} = v, \quad \frac{e_z^1}{e} = w$$

де  $u, v, w$  – коефіцієнти спотворення по аксонометричних осях.

Якщо напрям проектування  $S$  перпендикулярний  $\Pi'$ , то аксонометричні проекції називають *прямокутними*, якщо не перпендикулярний, то проекції називають *косокутними*.

Залежно від порівняльної величини коефіцієнтів спотворення по осях розрізняють три види аксонометрії:

- *ізометрія* – усі три коефіцієнти спотворення дорівнюють один одному:  $u = v = w$ ;
- *диметрія* – два коефіцієнти спотворення дорівнюють один одному і відрізняються від третього:  $u = v \neq w$ ;  $v = w \neq u$ ;  $u = w \neq v$ ;
- *триметрія* – усі три коефіцієнти спотворення не дорівнюють один одному:  $u \neq v \neq w$ .

В аксонометрії існує теорема, яка свідчить, що *сума квадратів коефіцієнтів спотворення по осях дорівнює 2*.

### 9.5.1 Стандартні аксонометричні проєкції

ГОСТ 2.317-69 передбачає застосування в інженерній графіці двох прямокутних аксонометрій: *прямокутної ізометрії* і *прямокутної диметрії* (рис. 9.27, а, б); *косокутної фронтальної ізометрії* і *косокутної фронтальної диметрії* (рис. 9.27, в, г).

Для прямокутної ізометрії  $u^2 + v^2 + w^2 = 2$ ;  $u = v = w$ ;  $3u^2 = 2$ ;  $u = \sqrt{2/3} \approx 0,82$ , де 0,82 – дійсний коефіцієнт спотворення по координатних осях в ізометрії. У інженерній практиці застосовують *приведений коефіцієнт*, що дорівнює **1**, тому зображення отримують збільшеним у  $1/0,82 = 1,22$  рази.

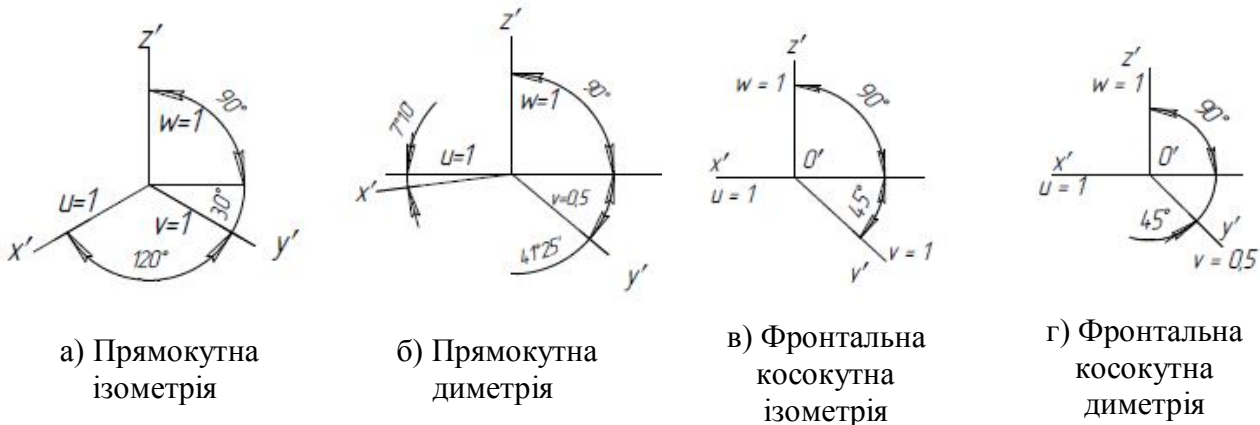


Рисунок 9.27

В ізометричній проєкції *кола* зображуються у вигляді *еліпсів*. В інженерній практиці *еліпси* в аксонометрії замінюють чотири центровими *овалами*. Один із способів побудови овалу в ізометрії подано на рисунку 9.28.

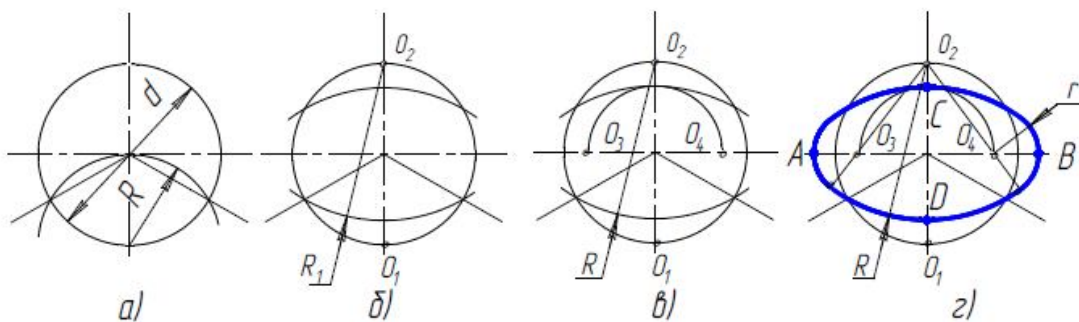


Рисунок 9.28

*Велика вісь еліпсів* розташована завжди *перпендикулярно* відповідним аксонометричним осям (рис. 9.29).

*Напрямок штрихування* в ізометрії вибирають *паралельно діагоналям* квадратів, побудованих на площинах  $x'o'y'$ ,  $x'o'z'$ ,  $y'o'z'$  (рис. 9.30).

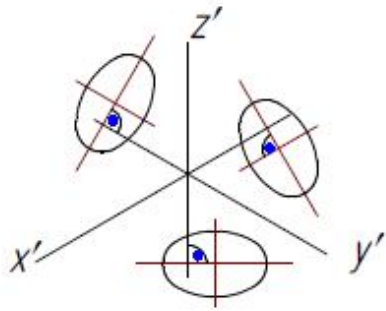


Рисунок 9.29

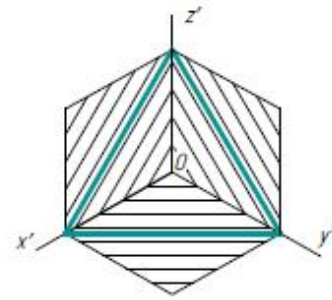


Рисунок 9.30

Побудова плоскої фігури і шестигранника в ізометрії наведена на рисунку 9.31. Аксонометричні проєкції паралельних прямих паралельні між собою.

Якщо в прямокутних проєкціях відрізок паралельний осі координат, то в аксонометрії він залишається паралельним цій саме.

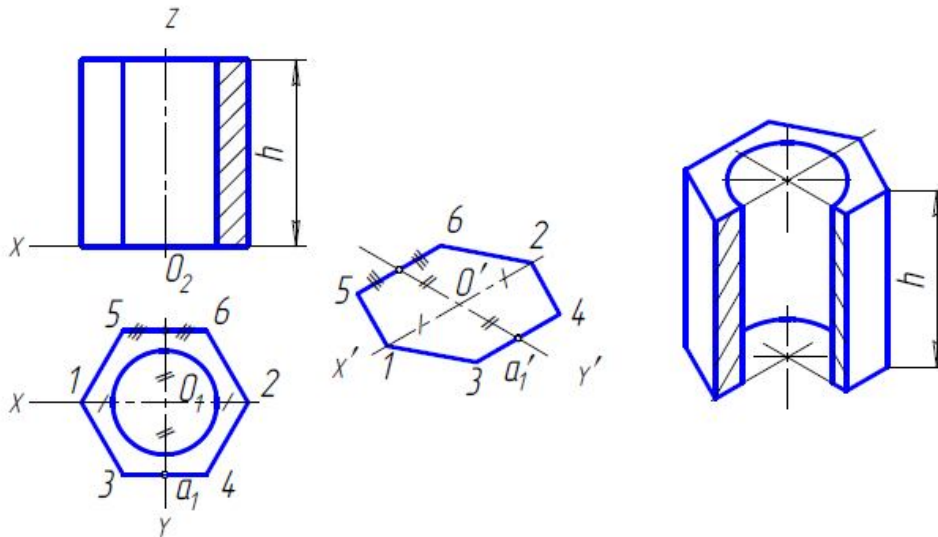


Рисунок 9.31

### 9.6 Компонівка креслення

Зображення на кресленні мають бути розташовані так, щоб була можливість правильно нанести розміри і виконати необхідні написи. Ця частина роботи називається **компонуванням креслення**. Відстані між зображеннями визначаються за формулами відповідно до рисунка 9.32.

$$(l_1 - (a \ c))/3=m; (l_2 - (b \ c))/3=n,$$

де **a, b, c** – габаритні розміри деталі;

**m, n** – відстані від зображення до рамки креслення і між зображеннями по горизонталі та вертикалі.

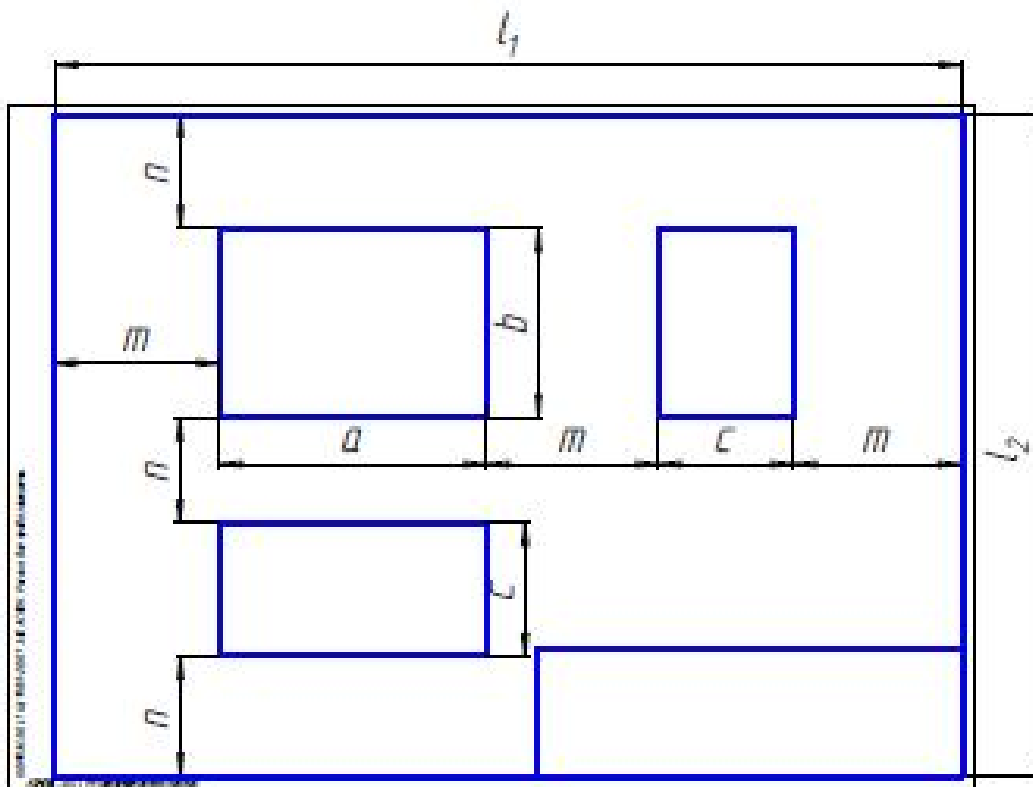


Рисунок 9.32



## 10 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РГР №1

### 10.1 Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 1

*Завдання.* Побудувати три види моделі (головний вид, вид зверху і вид зліва) за її наочним зображенням. Робота виконується на форматі **A3**. Масштаб креслення **1:1**. Варіант індивідуального завдання вибрати на рисунку 10.1 за номером залікової книжки (останні цифри). Усього варіантів **30**. Якщо номер залікової книжки **31**, то варіант буде **31 – 30 = 1**. Приклад виконання завдання подано на рисунку 10.2.

*Послідовність виконання креслення:*

1. Визначити геометричні тіла, з яких складається модель, і головний вид моделі.
2. Виконати компоунування креслення, провівши осі координат. Креслення повинне займати приблизно 75 % поля формату.
3. У тонких лініях побудувати зображення. Зберегти побудову проєкцій точок, які належать лініям перетину поверхонь, позначивши ці точки.
4. Нанести розміри.
5. Виконати обведення креслення.
6. Заповнити основний напис.

### 10.2 Питання для самоперевірки

1. Перерахувати назви шести основних видів і вказати, як їх розташовують на кресленні?
2. Що називається головним видом?
3. Коли на кресленні роблять написи назв основних видів?
4. Який вид називається додатковим? Коли він позначається на кресленні?
5. Який вид називається місцевим?

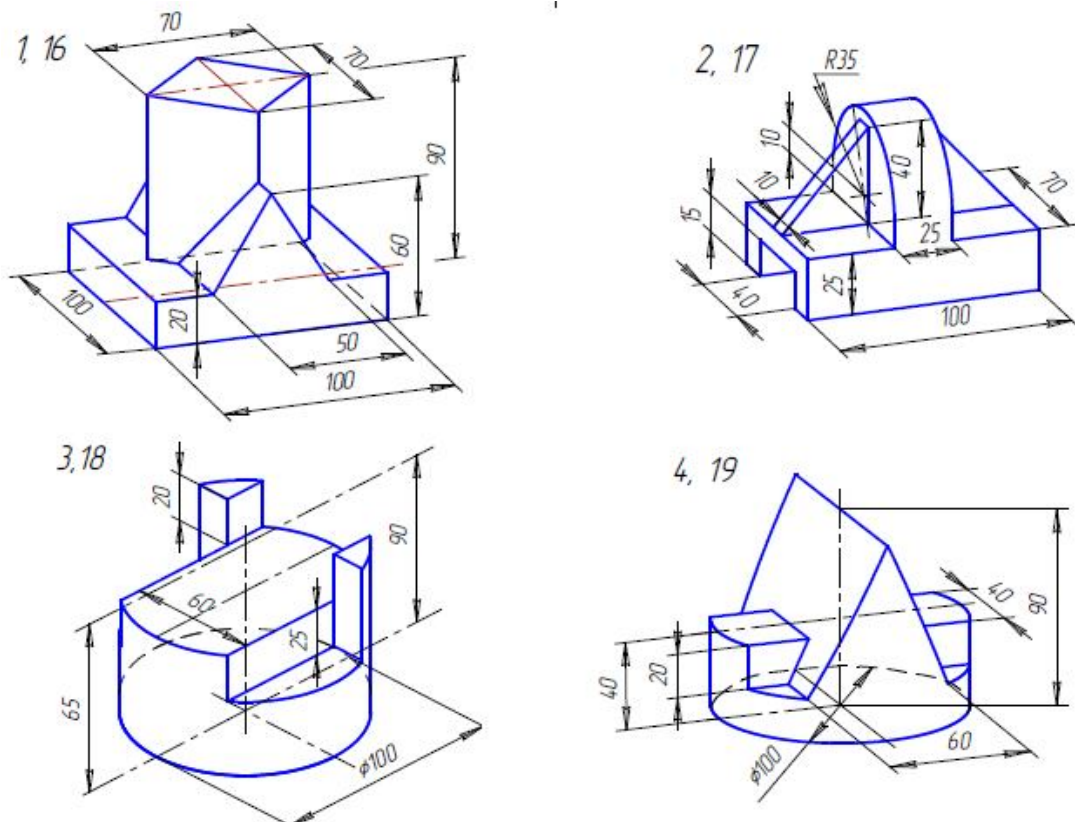
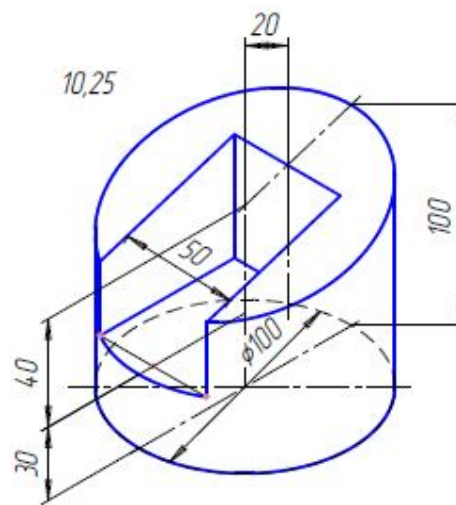
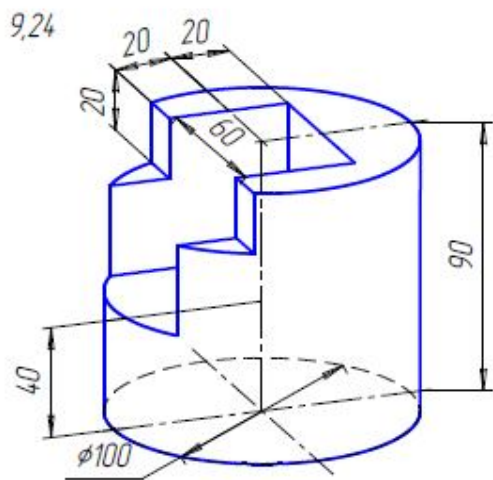
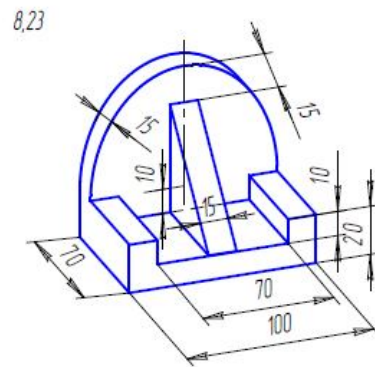
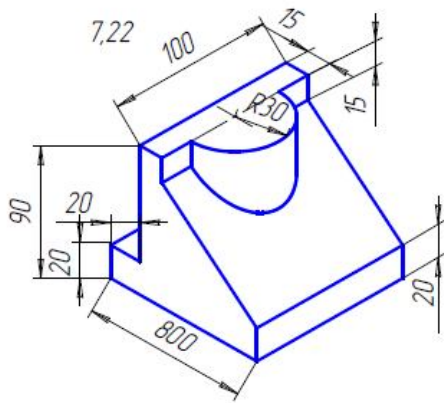
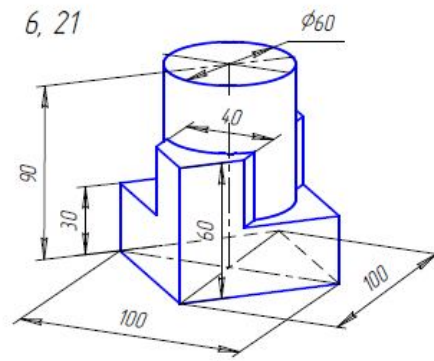
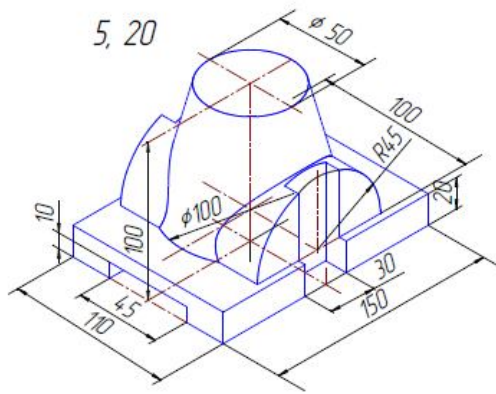
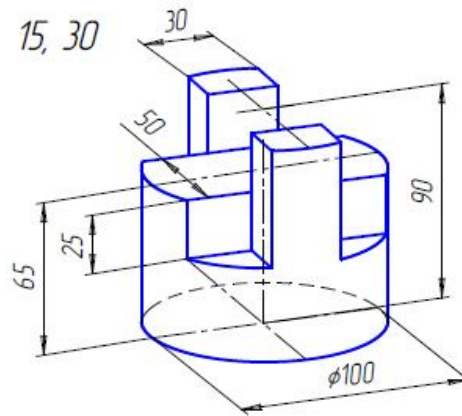
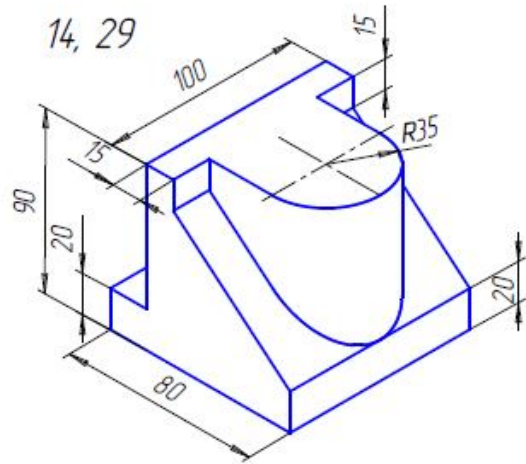
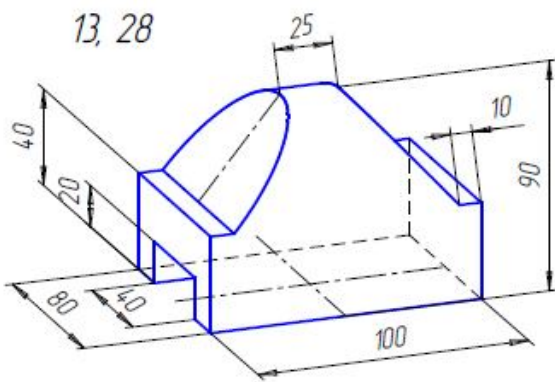
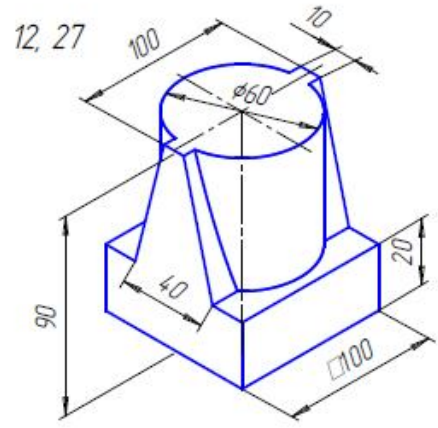
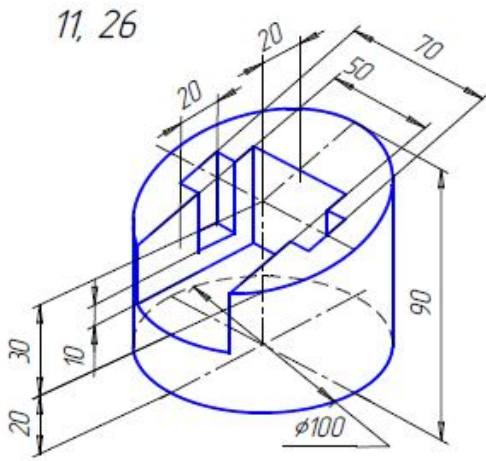


Рисунок 10.1



Продовження рисунку 10.1





Закінчення рисунку 10.1

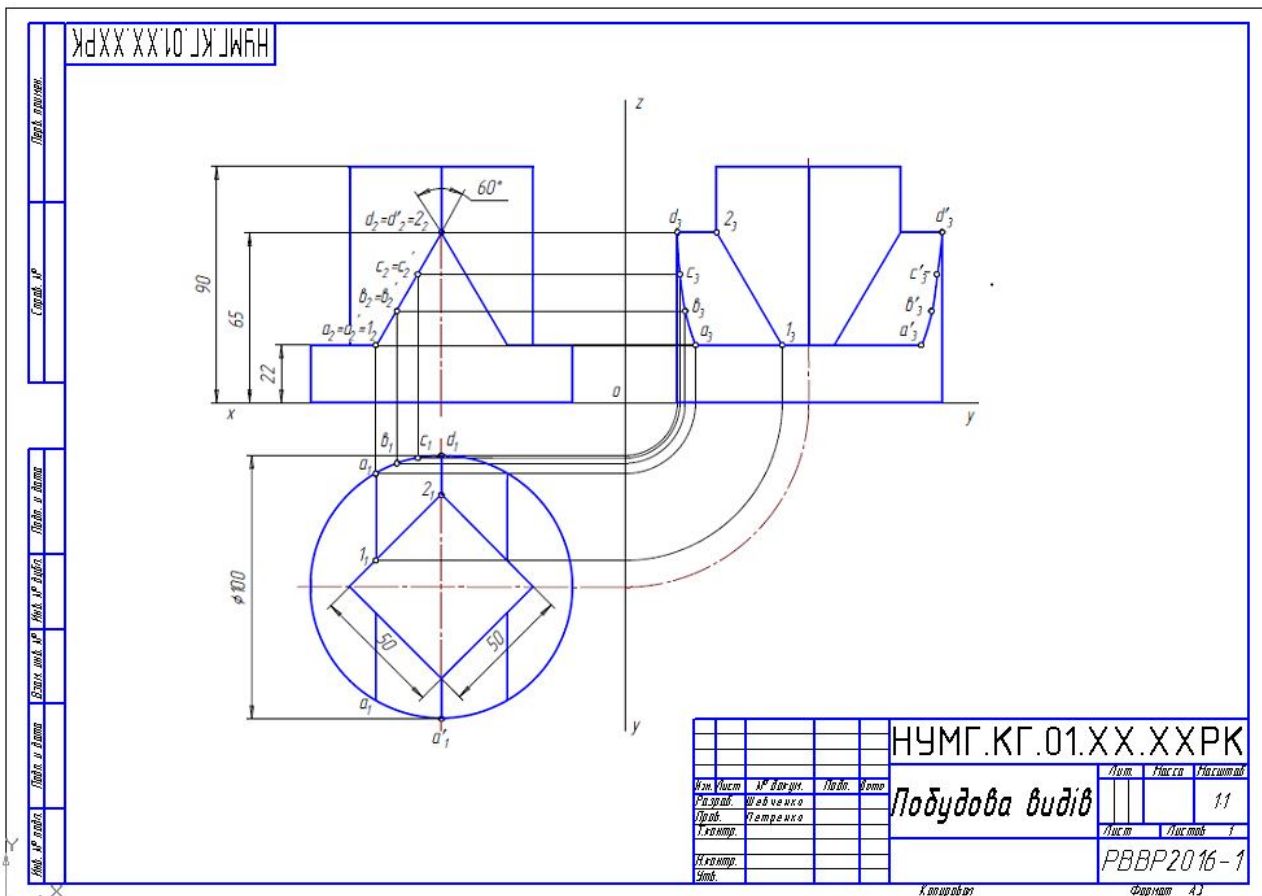


Рисунок 10.2

### 10.3 Методичні вказівки для виконання графічної роботи № 2

**Завдання.** По двох заданих видах виконати три зображення (головний вид із фронтальним розрізом, вид зверху, вид ліворуч із профільним розрізом) та ізометричну проекцію.

Варіант індивідуального завдання вибрати на рисунку 10.3. Креслення виконуються на форматі **A3** в масштабі **1:1**. Приклад виконання показаний на рисунку 10.4.

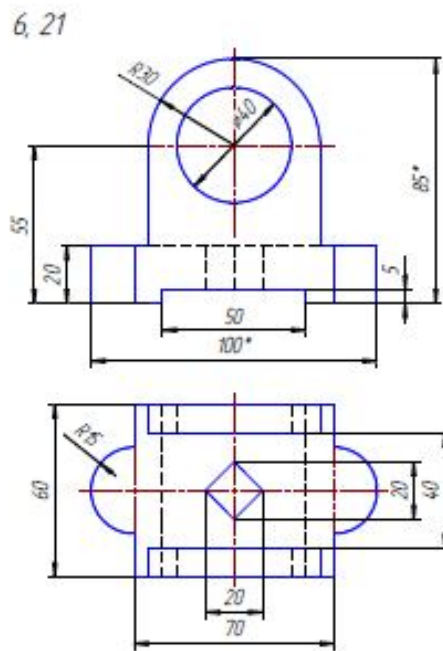
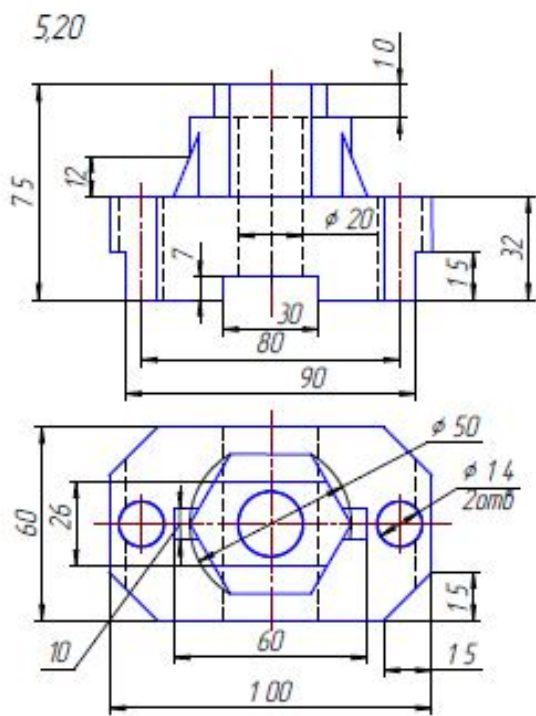
#### Послідовність виконання креслення:

1. Виконати компоновання креслення. Осі координат на цьому кресленні і усіх подальших не проводяться.
2. Побудувати зображення.
3. Заштрихувати розрізи, кут нахилу ліній штрихування дорівнює **45°** до рамки креслення (**ГОСТ 2.306-68**). Відстань між лініями штрихування **3.5** мм. Штрихування виконувати суцільною тонкою лінією.
4. Нанести розміри, розмістивши їх з урахуванням виду ліворуч.
5. Накреслити ізометрію моделі з вирізом однієї чверті.
6. Заповнити основний напис.

### 10.4 Питання для самоперевірки

1. Що таке розріз?
2. Для якої мети застосовують розрізи?

3. Що таке повний розріз, простий і складний розрізи?
4. Який розріз називається горизонтальним? Вертикальним? Похилим?
5. Які бувають вертикальні розрізи?
6. Де можуть бути розташовані горизонтальний, фронтальний і профільний розрізи?
7. У якому випадку можна з'єднати половину виду з половиною розрізу?
8. У разі з'єднання половини виду і половини розрізу як необхідно виявляти зовнішнє або внутрішнє ребро, що співпало з віссю симетрії?
9. Як позначаються прості розрізи?
10. Якими є співвідношення розмірів стрілки, що вказує напрям погляду під час виконання перерізу і розрізу?
11. Коли простий розріз можна не позначати?
12. Як проводять січні площини у разі утворення розрізів на аксонометричних зображеннях?
13. Як спрямовуються лінії штрихування перерізів на аксонометричних зображеннях?



\* Размеры для справок

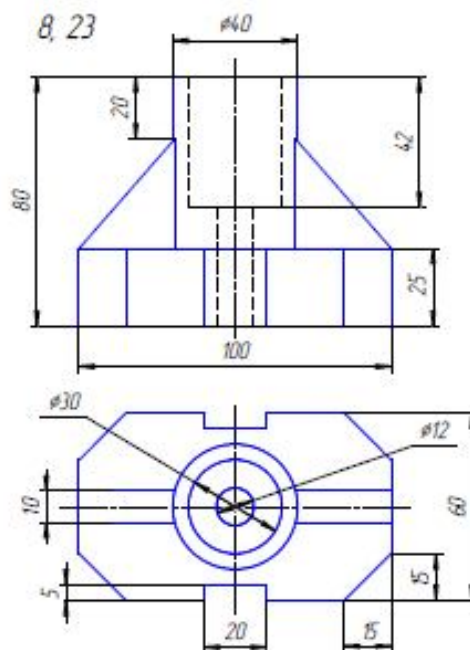
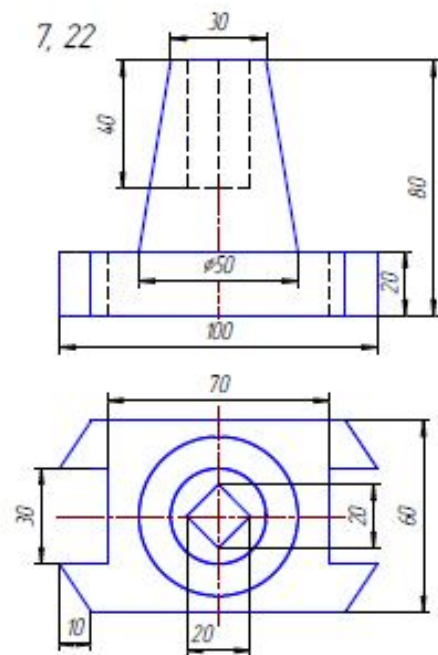
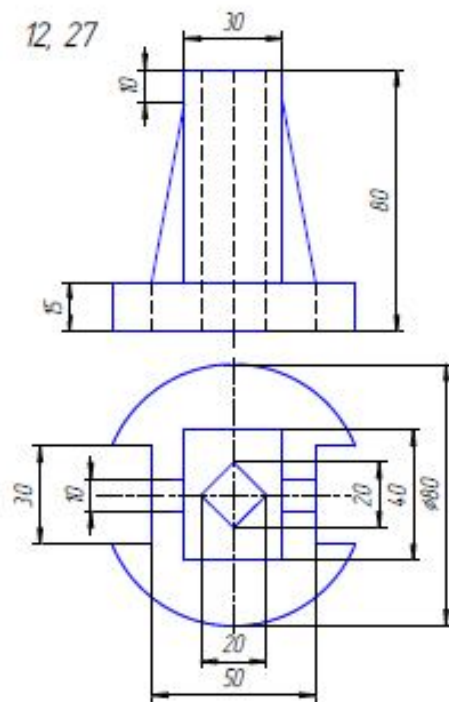
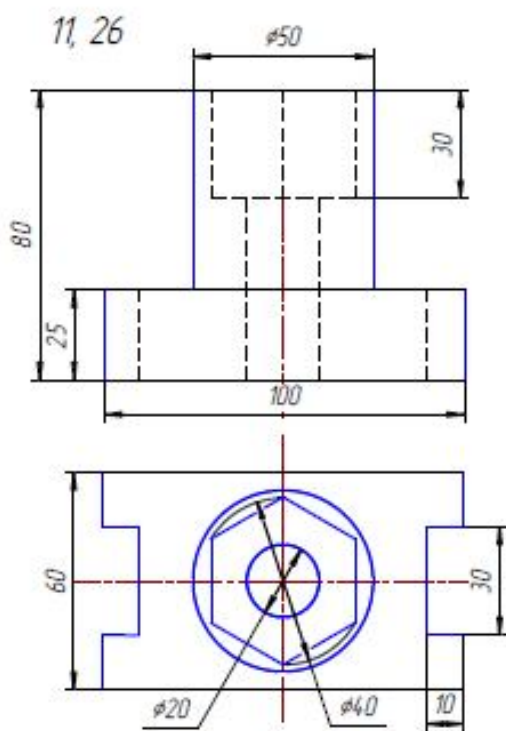
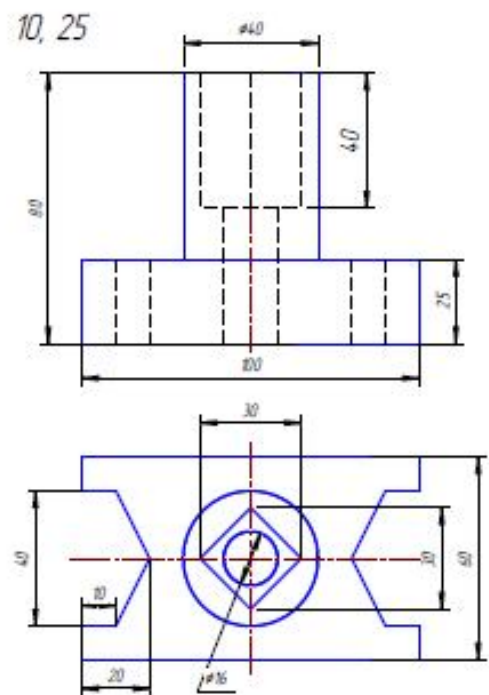
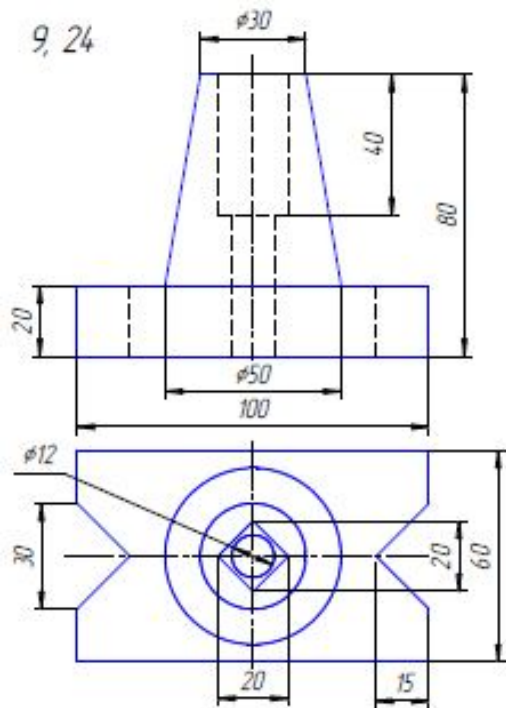
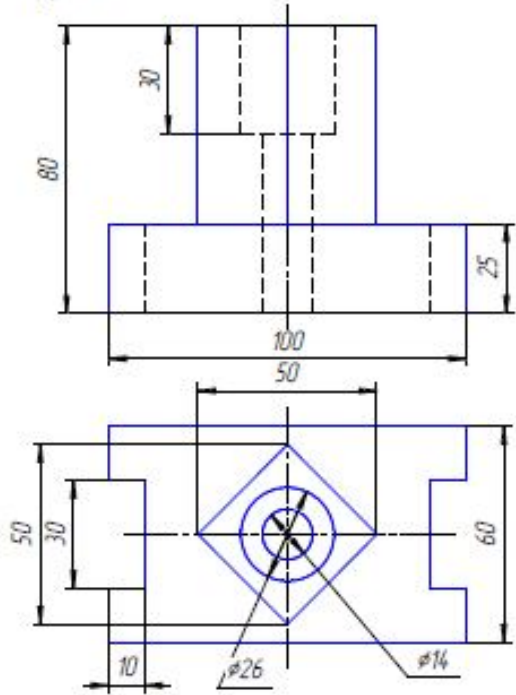


Рисунок 10.3

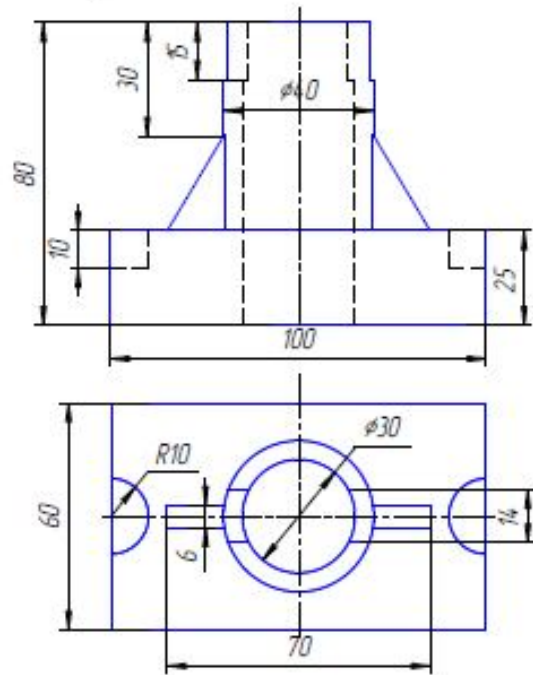


Продовження рисунку 10.3

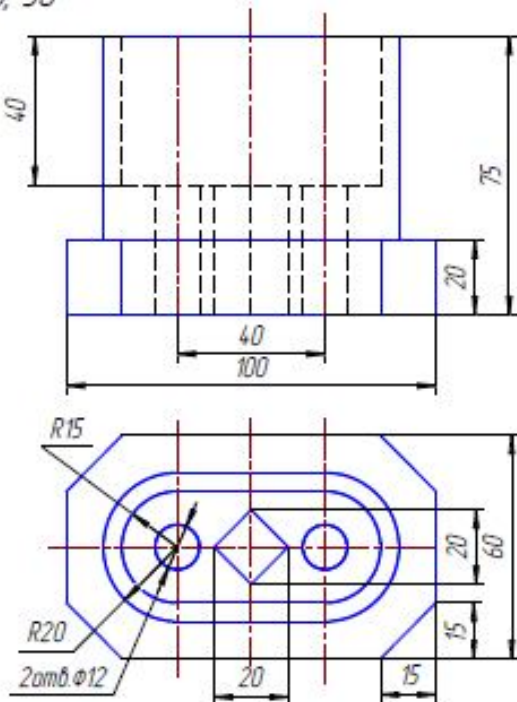
13, 28



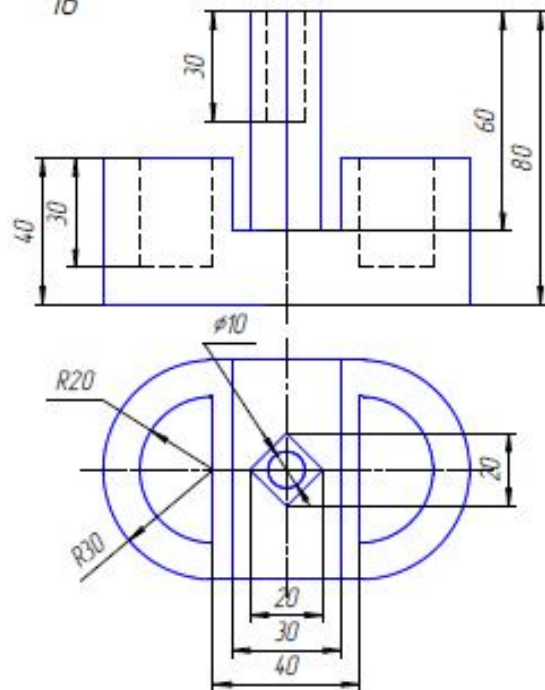
14, 29



15, 30



16



Закінчення рисунку 10.3



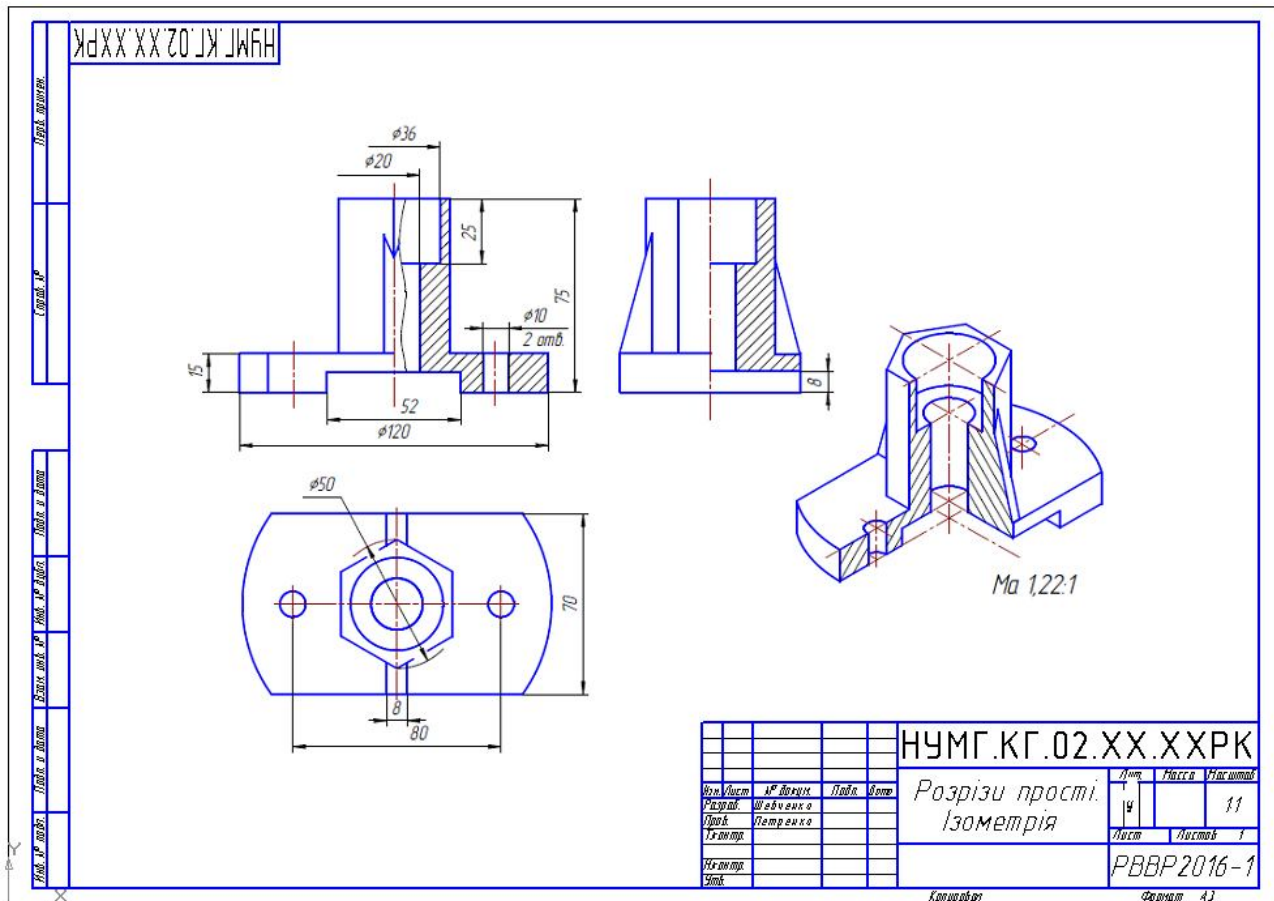


Рисунок 10.4

### 10.5 Методичні вказівки до виконання графічної роботи № 3

**Завдання.** По двох заданих видах виконати три зображення (замість головного виду – складний розріз, вид зверху і вид ліворуч). Варіант індивідуального завдання вибрати на рисунку 10.5. Приклад виконання подано на рисунку 10.6.

Креслення виконується на форматі **A3** у масштабі **1:1**.

*Послідовність виконання креслення:*

1. Вивчити геометричну форму предмета, його внутрішню будову.
2. Продумати зміст зображень.
3. Зробити компоновання креслення.
4. Накреслити зображення.
5. Нанести розміри.
6. Заповнити основний напис.

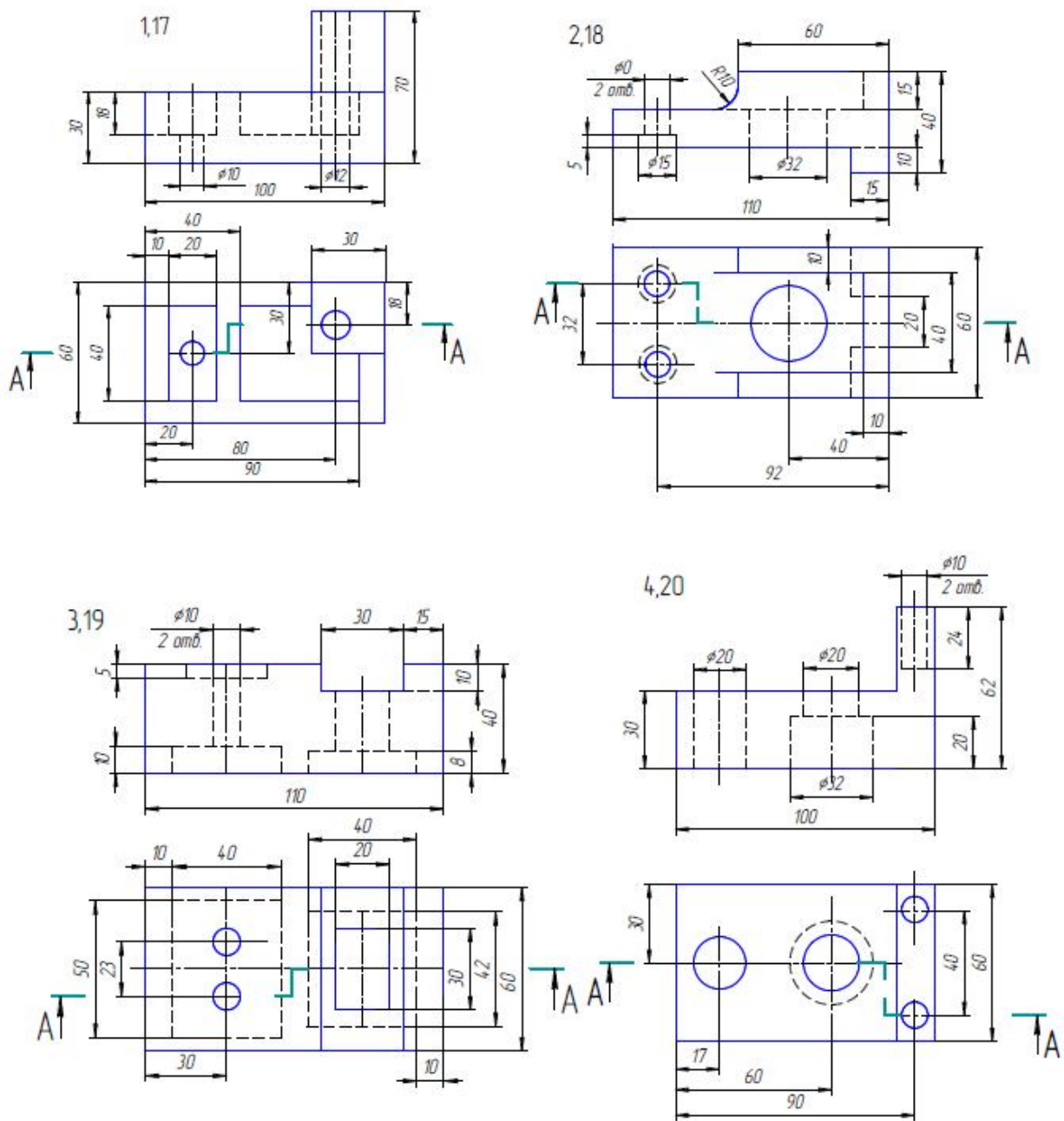
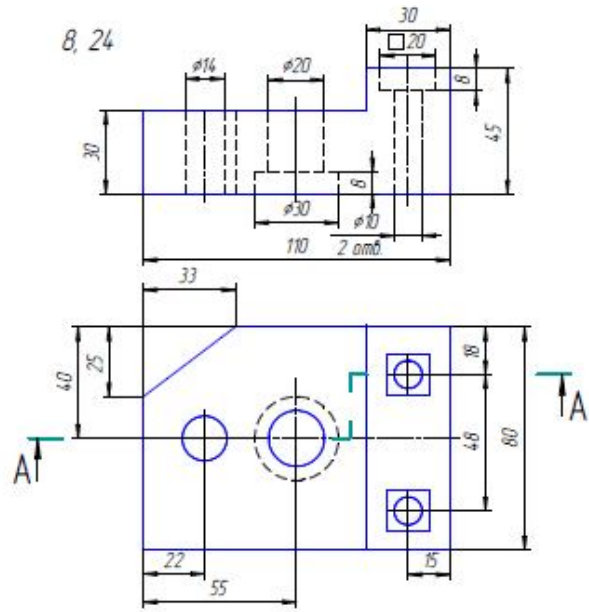
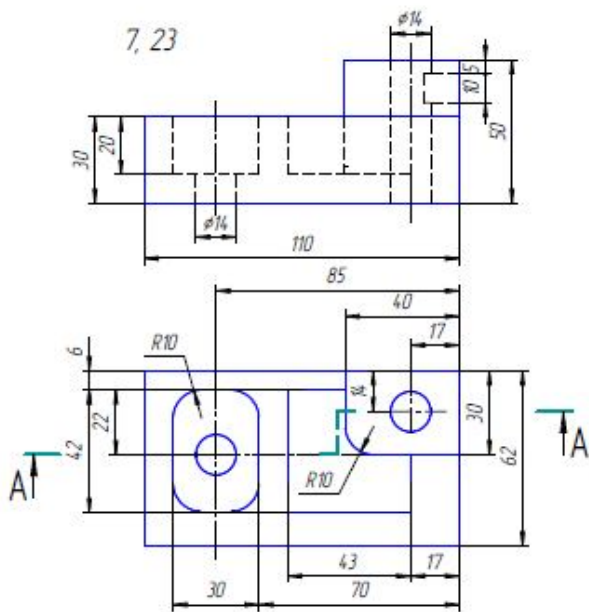
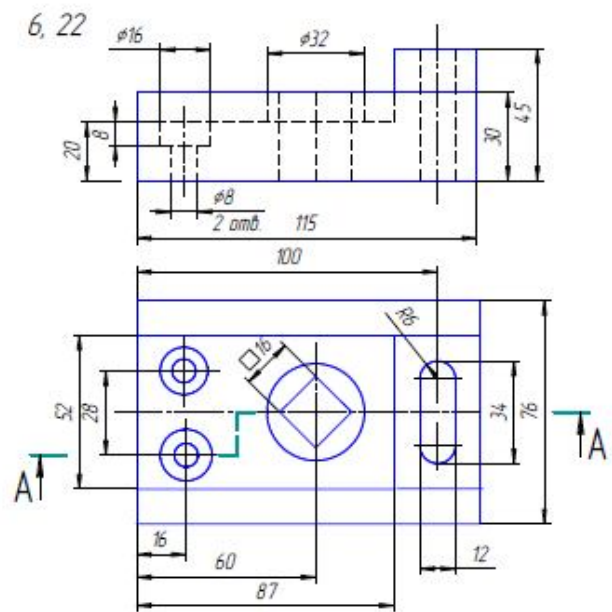
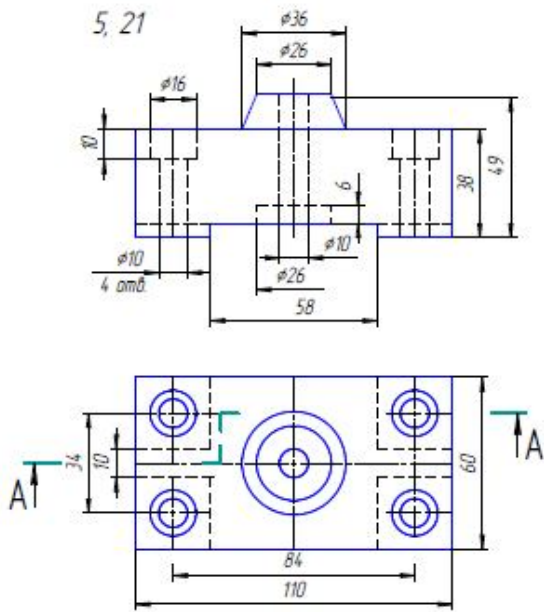
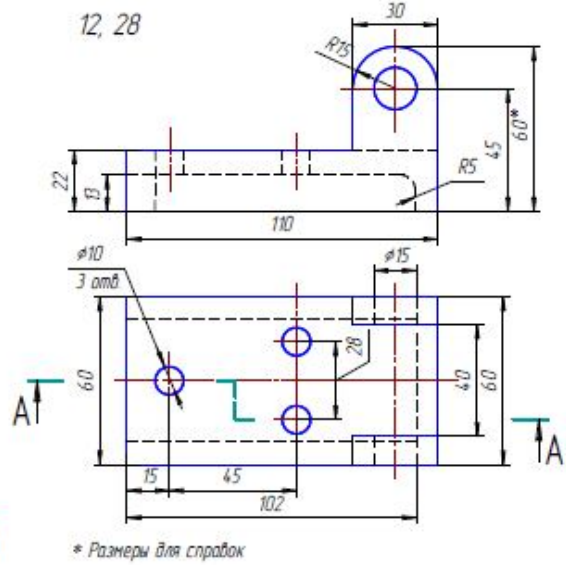
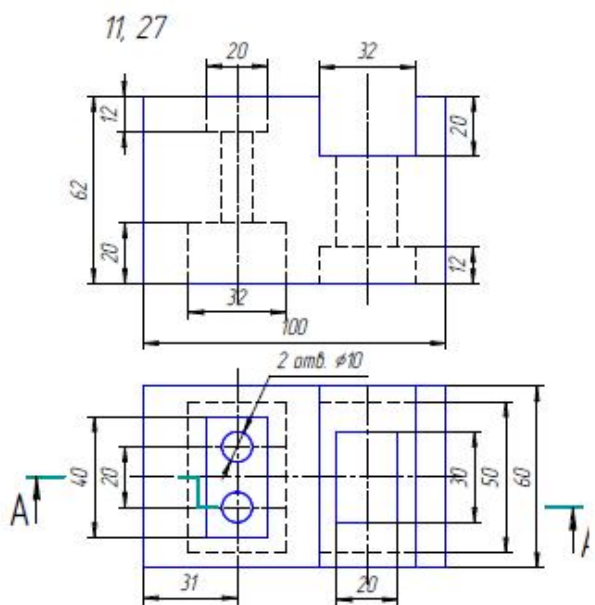
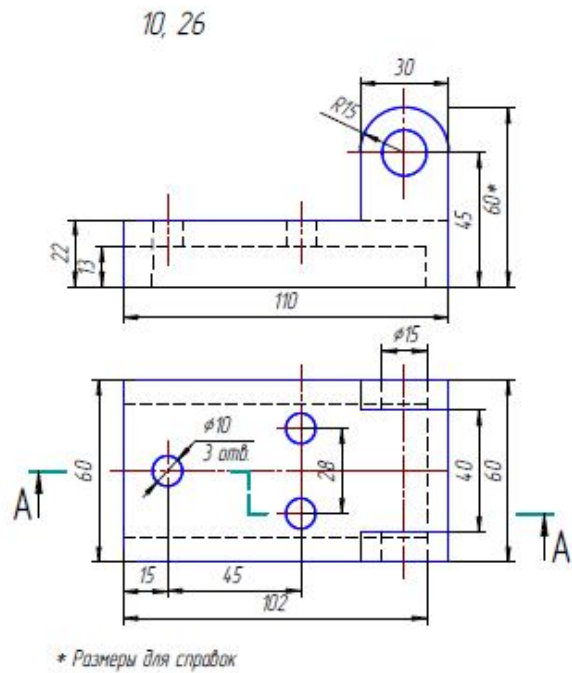
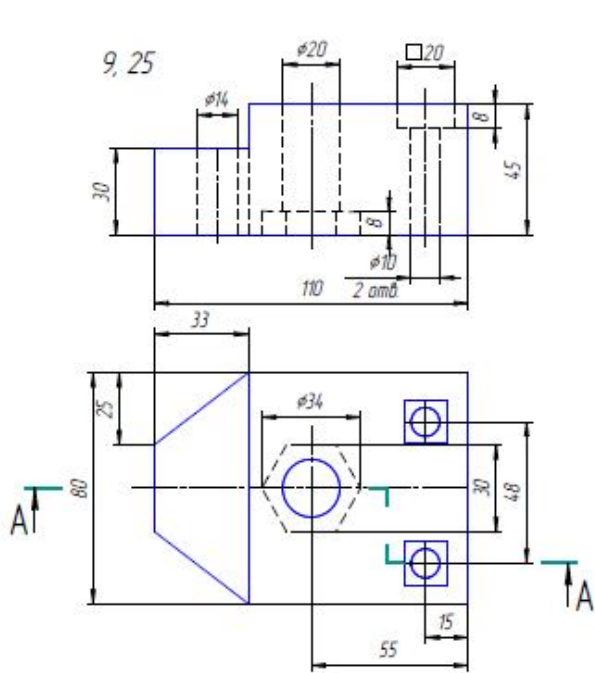


Рисунок 10.5

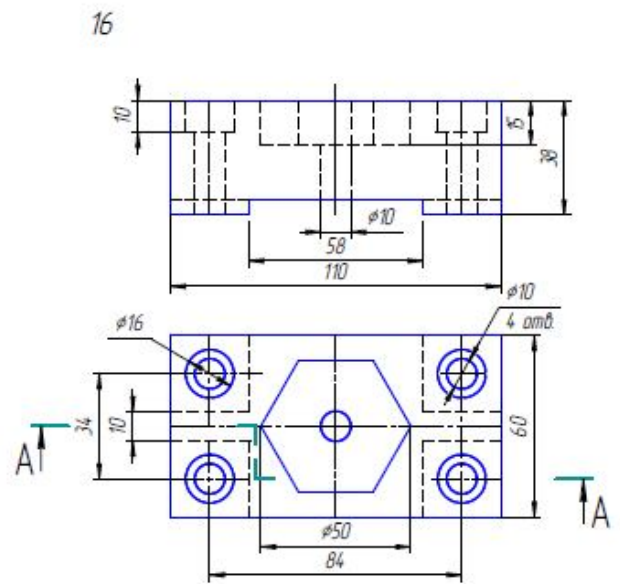
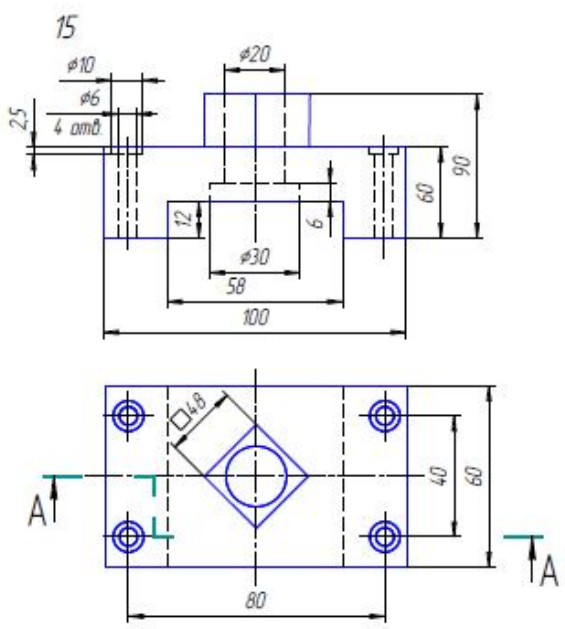
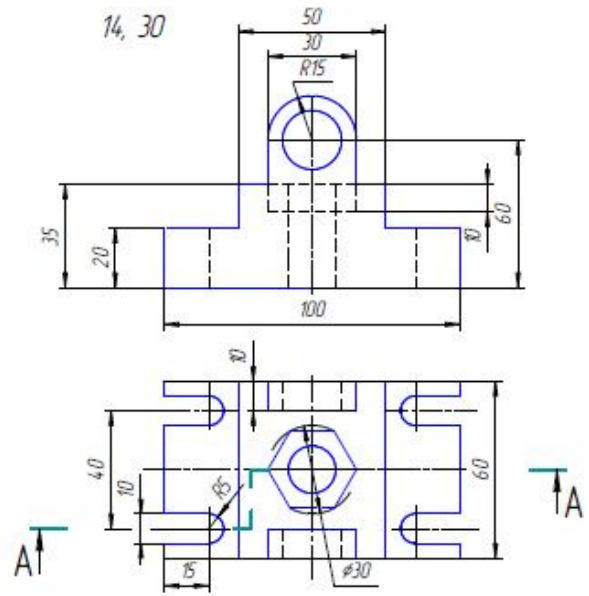
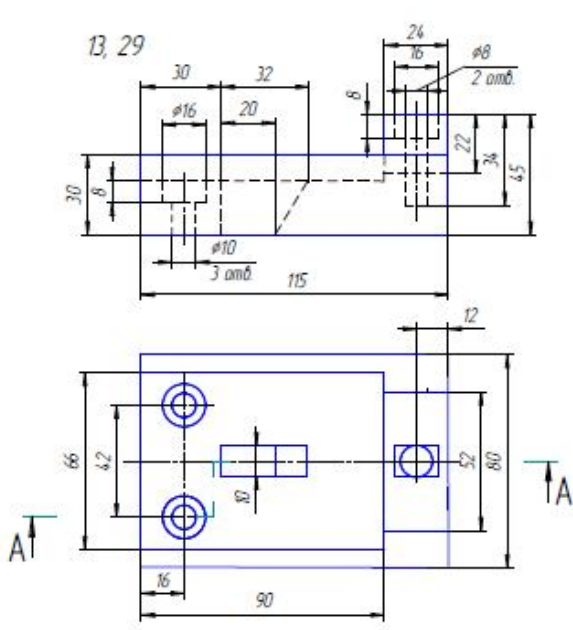




Продовження рисунку 10.5



Продовження рисунку 10.5



Закінчення рисунку 10.5

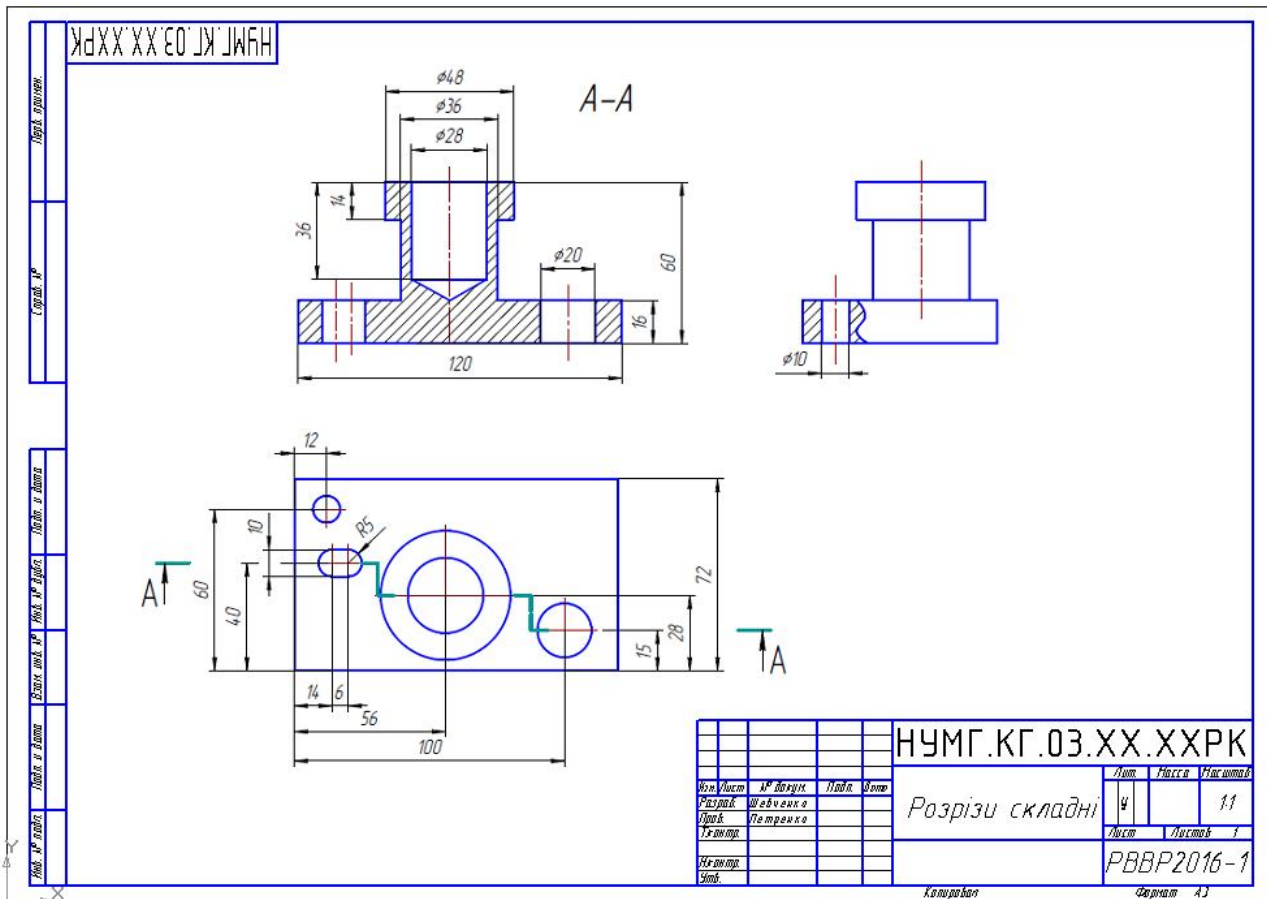


Рисунок 10.6

## 10.6 Методичні вказівки для виконання графічної роботи № 4

**Завдання.** За заданим описом предмета побудувати три зображення предмета (вигляд спереду з фронтальним розрізом, вид ліворуч із профільним розрізом і вид зверху).

Предмет є призмою з різною кількістю граней або циліндр із двома наскрізними отворами – призматичним і циліндричним.

Варіанти завдань подано в таблиці 10.1 і таблиці 10.2. Приклад виконання креслення наведено на рисунку 10.7.

Циліндричний отвір для усіх варіантів однаковий – наскрізний вертикальний діаметром **30 мм**, вісь отвору проходить через центр кола описаного навколо основи призми або через центр кола основи циліндра. Призматичний отвір вибрати відповідно до варіанту за таблицею 10.2.

*Послідовність виконання креслення:*

1. За номером варіанту з таблиці 10.1 і таблиці 10.2 визначити зовнішню форму предмета і форму отворів.

2. Побудувати три види зовнішньої форми предмета, виконати зображення призматичного отвору на головному виді за формою і розмірам, поданими в таблиці 10.2.

3. Побудувати проекції цього отвору на виді зверху, застосовуючи штрихові лінії, і на виді ліворуч. Після цього побудувати зображення циліндричного отвору, розпочавши побудову з виду зверху.

4. Після побудови трьох видів необхідно виконати фронтальний розріз, поєднуючи його з видом спереду, і профільний розріз, поєднуючи його з видом ліворуч. Під час

побудови профільного розрізу побудувати лінії перетину циліндричного і призматичного отворів.

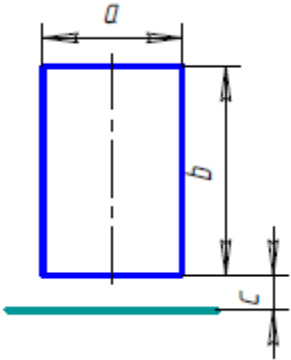
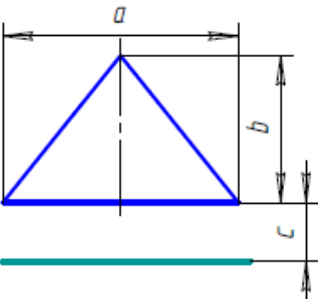
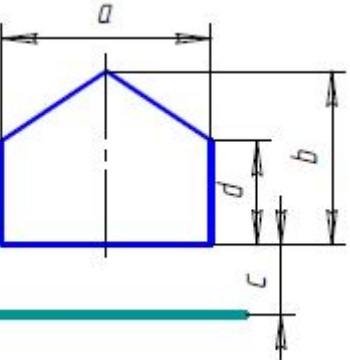
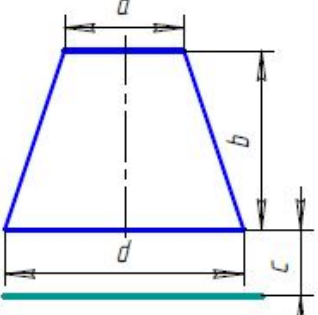
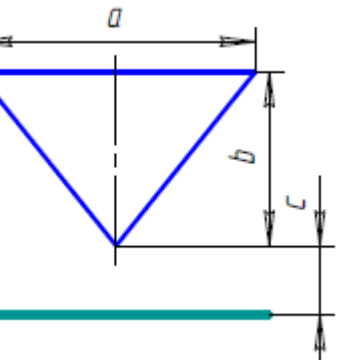
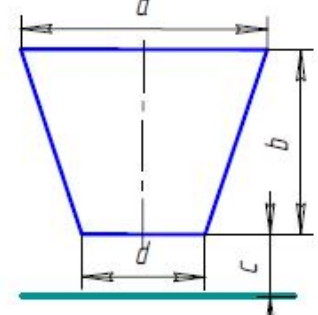
6. Нанести розміри.
7. Заповнити основний нарис.

### 10.7 Опис предмету до графічної роботи № 4

Таблиця 10.1

Варіанти	Зовнішня форма предмета
1, 11, 21	Пряма правильна тригранна призма. Задня грань паралельна площині $\Pi_2$ . Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> .
2, 12, 22	Пряма правильна чотиригранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Діагоналі основи паралельні осям <b>X і Y</b>
3, 13, 23	Пряма правильна п'ятигранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Задня грань паралельна площині $\Pi_2$ .
4, 14, 24	Пряма правильна шестигранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Дві грані паралельні площині $\Pi_2$ .
5, 15, 25	Пряма правильна шестигранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Дві грані паралельні площині $\Pi_3$ .
6, 16, 26	Прямий круговий циліндр. Висота циліндра <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> .
7, 17, 27	Пряма правильна тригранна призма. Задня грань паралельна площині $\Pi_2$ . Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> .
8, 18, 28	Пряма правильна чотиригранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Діагоналі основи паралельні осям <b>X і Y</b> .
9, 19, 29	Пряма правильна п'ятигранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Задня грань паралельна площині $\Pi_2$ .
10, 20, 30	Пряма правильна шестигранна призма. Висота призми <b>100 мм</b> , діаметр кола, описаного навколо основи, <b>80 мм</b> . Дві грані паралельні площині $\Pi_2$ .

Таблиця 10.2

Номер варіанта	Форма отвору	Розміри в мм	Номер варіанта	Форма отвору	Розміри в мм
1, 7, 13, 19, 25		$a = 15$ $b = 45$ $c = 30$	4, 10, 16, 22, 28		$a = 60$ $b = 45$ $c = 30$
2, 8, 14, 20, 26		$a = 60$ $b = 45$ $c = 30$ $d = 20$	5, 11, 17, 23, 29		$a = 15$ $b = 45$ $c = 30$ $d = 60$
3, 9, 15, 21, 27		$a = 60$ $b = 45$ $c = 30$	6, 12, 18, 24, 30		$a = 60$ $b = 45$ $c = 30$ $d = 15$

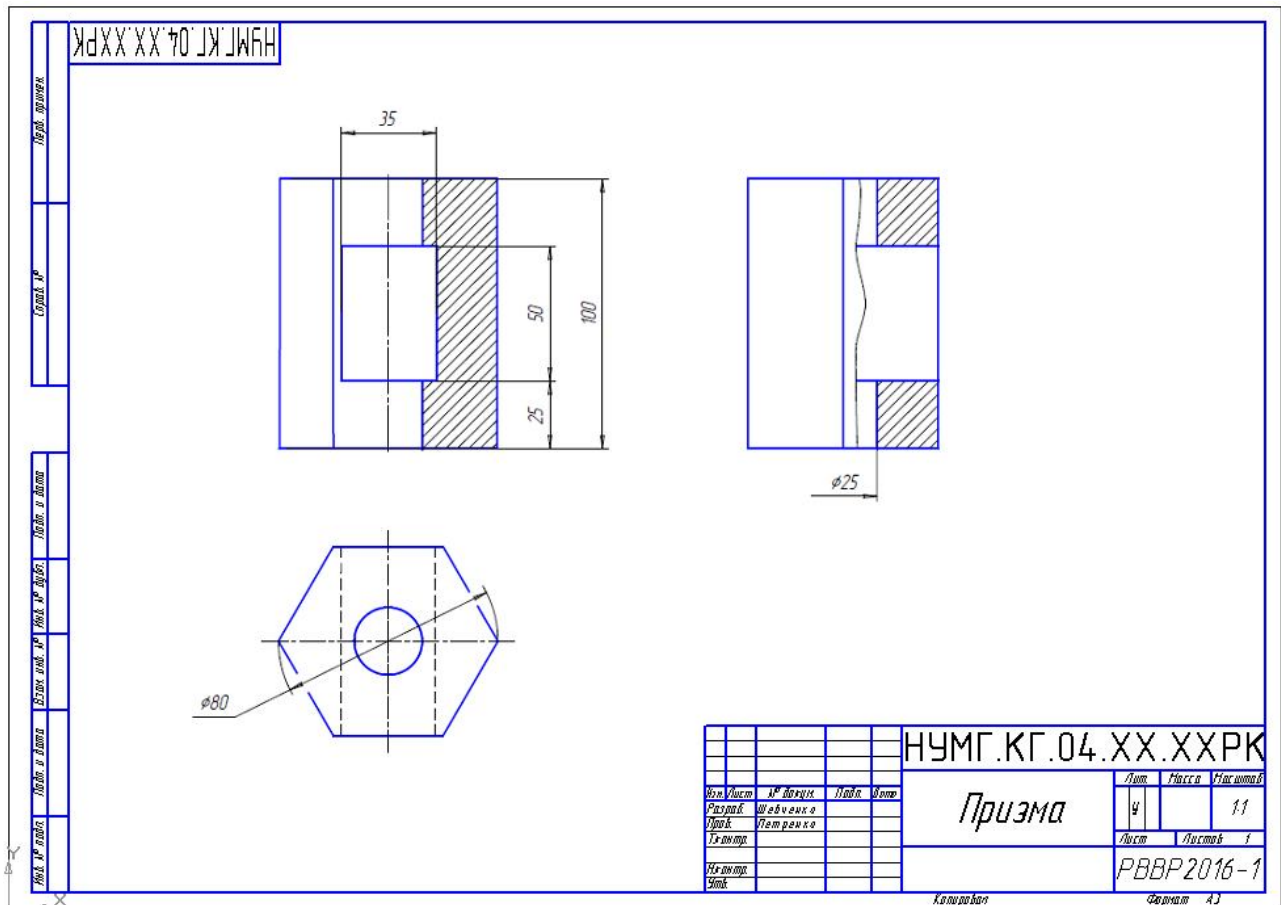


Рисунок 10.7



## **11. МАШИННА ГРАФІКА. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТРИМІРНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОМПАС-3D ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІЗ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**

### **11.1 Загальні дані про КОМПАС-3D V10**

#### **11.1.1 Призначення КОМПАС-3D V10**

КОМПАС-3d V10 призначений для автоматизації проектно-конструкторських робіт у різних галузях діяльності і створення тривимірних параметричних моделей деталей, вузлів, механізмів із можливістю напівавтоматичного розроблення їхніх робочих креслень. Такі креслення містять необхідну кількість зображень, представлені вибраними видами, розрізами або перерізами. Створений прототип тривимірної моделі є підставою для отримання типових деталей.

*Загальні характеристики системи:*

- експорт документів у формати DXF, DWG, IGES, KSF, ParaSolid, STL, ACIS, STEP, VRML;
- експорт документів у растрові формати BMP, TIFF, GIF, JPEG, PNG, TGA;
- експорт документів у формат eDrawing;
- імпорт документів із форматів IGES, KSF, Vectory, ParaSolid, STEP, ACIS, TXT, RTF;
- робота з декількома документами одночасно.

*Підтримувані типи документів:*

- текстово-графічні документи (тип файлу \*.KDW);
- специфікації (тип файлу \*.SPW).

*Текстовий редактор:*

- формування, заповнення і редагування таблиць будь-якої конфігурації, можливість створення таблиці за її графічним поданням (перетворення фрагмента в таблицю);
- збереження часто вживаних фраз, виразів, позначень тощо у файлі текстових шаблонів; вставка текстових шаблонів у будь-який текстовий об'єкт або об'єкт, що містить текстову частину;
- призначені для користувача меню, які викликаються подвійним клацанням лівої кнопки миші під час заповнення основного напису і введення написів, що входять до складу об'єктів оформлення;
- перевірка правопису.

*Налаштування:*

- налаштування фільтрів виведення на друк;
- налаштування розбиття аркушу на зони;
- налаштування відрисовування стрілок і зарубок;
- налаштування відрисовування осьових ліній.

*Сервісні можливості:*

- створення призначених для користувача стилів ліній (зокрема ліній, що містять не лише штрихи, але і «картинки»), штрихувань і текстів;



- створення призначених для користувача основних написів, користувацьких оформлень і стилів специфікацій;
- створення початкової і дзеркальної копій під час резервного копіювання;
- можливість подання графічним об'єктам і документам атрибутів неграфічної інформації, число, рядок або таблицю;
- вибір одиниць виміру довжини в документі (міліметри, сантиметри чи метри);
- швидке перемикання на шар вказаного об'єкта;
- відрисовування фонових заливок кольором і зачорнених стрілок;
- керування порядком відрисовування графічних об'єктів;
- переривання штрихувань і ліній у разі перетину їх із розмірними стрілками, розмірними написами і позначеннями;
- використання *Менеджера бібліотек* – системи для керування бібліотеками;
- можливість створення, редагування і підключення бібліотек фрагментів (\*.LFR) і моделей (\*.L3D);
- підключення прикладних бібліотек, розроблених для користування в професійній версії системи КОМПАС-3D;
- робота з кодами і найменуваннями документів (вибір коду і найменування під час заповнення основного напису, автоматична передача позначення і найменування виробу – без передачі коду і найменування документу – між пов'язаними документами та ін.);
- візуалізація обмежень, накладених на графічні об'єкти, і наявних у них ступенів свободи.

*Додаткові можливості, що надаються професійною версією системи КОМПАС-3D під час роботи з кресленнями:*

- створення декількох листів креслення в одному файлі;
- формування таблиці змін креслення;
- формування видів із розривом;
- створення таких асоціативних видів: довільний вид, проекційний вид, вид по стрілці, місцевий вид, виносний елемент, місцевий розріз;
- автоматичне присвоєння кресленню атрибутів з інформацією про масу і матеріал моделі, зображеної в асоціативному виді цього креслення;
- синхронізація даних, що містяться у файлах моделей, зображених в асоціативних видах креслення, з основним написом цього креслення; синхронізуються маса, позначення, найменування і матеріал (для деталей);
- створення посилань між текстовими об'єктами;
- можливість автоматичного впорядкування букв у позначеннях об'єктів оформлення.

Під час роботи з кресленнями і фрагментами професійна версія системи КОМПАС-3D надає такі додаткові можливості.

*Побудова графічних об'єктів:*

- команда «*Все точки пересечения кривой*»
- команда «*Точка на кривой на заданном от другой точки расстоянии*»
- команда «*Окружность с центром на кривой*»
- команда «*Дуга, касательная к кривой*»
- команда «*Дуга по двум точкам*»
- команда «*Дуга по двум точкам и углу раствора*»
- команда «*Эллипс по центру и углу описанного прямоугольника*»

- команда «Эллипс по центру, середине стороны и углу описанного параллелограмма»
- команда «Эллипс по центру и трем углам описанного параллелограмма»
- команда «Эллипс по центру и трем точкам»
- команда «Эллипс, касательный к двум кривым»
- команда «Собрать контур»
- побудова дотичної дуги за допомогою команди «Непрерывный ввод»
- команда «Осевая линия по двум точкам»
- команда «Автоосевая»
- команда «Линия»

#### *Простановка розмірів:*

- команда «Размер дуги окружности»
- команда «Авторазмер» призначена для швидкого створення позначень розмірів різних типів, водночас тип розміру визначається системою автоматично залежно від того, які об'єкти вказані.

#### *Редагування:*

- команда «Преобразовать кривую в NURBS»
- команда «Объединение объектов в именованные группы»
- можливість вставки існуючих фрагментів в інший документ; підтримується три способи вставки: «розсіпом», «тілом» чи посиланням на файл-джерело;
- можливість вставки растрових об'єктів, OLE-об'єктів і об'єктів з буфера обміну Windows;
- вказівка і виділення одного з близько розташованих (зокрема накладених) об'єктів.

#### *Параметризація:*

- уведення асоціативних (пов'язаних із базовими об'єктами) розмірів, штрихувань, позначень центру, позначень жорсткості баз, допусків тощо; під час редагування базових об'єктів автоматично перебудовуються й асоційовані з ними об'єкти оформлення (зокрема змінюються значення розмірів);
- команди, призначені для накладення на графічні об'єкти зв'язків і обмежень (паралельність, перпендикулярність, симетрія, дотик, вирівнювання по вертикалі і горизонталі, рівність довжин або радіусів тощо); під час редагування об'єкту, який параметризується, інші об'єкти перебудовуються автоматично відповідно до заданого зв'язку;
- можливість включення параметричного режиму, у якому зв'язки і обмеження накладаються на об'єкти автоматично у процесі їхньої побудови і редагування;
- можливість надання розміру імені змінної і завдання аналітичних залежностей (рівнянь і нерівностей) між перемінними; під час редагування окремих об'єктів зображення автоматично перебудовується відповідно до заданих залежностей;
- вставка в графічний документ параметричного фрагмента і зміна параметрів об'єктів у цьому фрагменті шляхом завдання значень керівних змінних.

*Завдання параметрів під час виконання команд:*

- активізація параметрів, необхідних для виконання команди, яка дозволяє вказувати їх у довільному (відмінному від заданого за умовчанням) порядку, завдяки чому збільшується кількість способів побудови одного і того саме об'єкта;
- задання кута повороту і масштабу об'єктів під час виконання команд копіювання і вставки з буфера.

*Вимірювання:*

Розрахунок масо-центричних (масо-інерційних) характеристик фігур, тіл обертання і тіл витискування (зокрема фігур і тіл з отворами); до цих характеристик належать: об'єм, координати центру тяжіння, осьові моменти інерції в заданій системі координат, відцентрові моменти інерції в заданій системі координат, осьові моменти інерції в центральній системі координат, відцентрові моменти інерції в центральній системі координат, площинні моменти інерції.

*Додаткові можливості, які надаються професійною версією системи КОМПАС під час роботи з деталями:*


- моделювання деталей, що отримуються з листового матеріалу за допомогою операції гнуття;
- імпорт поверхонь з файлів формату **IGES** за допомогою команди «*Импортированная поверхность*»;
- створення поверхонь витискуванням, обертанням, по перерізах, кінематично; поверхні-латочки;
- операції над поверхнями: «*Сшивание*» і «*Удаление граней*»;
- створення умовного зображення різьби;
- введення виразів, що зв'язують :
- змінні, які належать різним ескізам, між собою;
- параметри операцій між собою і зі змінними, які належать ескізам;
- створення округлень зі змінним радіусом;
- об'єднання різних об'єктів деталі (ескізів, формотвірних, конструктивних і допоміжних елементів) у макроелементи.

### 11.1.2 Основні елементи інтерфейсу КОМПАС-3D V10

КОМПАС-3D V10 – це складна, розгалужена за своєю структурою система, призначена для розроблення двомірних плоских креслень і для моделювання складних просторових конструкцій у найрізноманітніших галузях науки і техніки.

Запуск системи КОМПАС здійснюється у такий спосіб: *Пуск* → *Програми* → *АСКОН* → *КОМПАС-3D V10*.

Збереження файлу в КОМПАС-3D V10:

- натисніть кнопку «*Сохранить документ*» () на Панелі управління;
- в діалоговому вікні «*Укажите имя файла для записи*»;
- в полі «*Имя файла*» набрати найменування файлу;
- кнопкою «*Сохранить*» записати надане ім'я на жорсткий диск;
- заповнити інформаційну картку на креслення;
- зберегти файл на диску.

У системі КОМПАС-3D можливе створення таких документів:



Чертеж

**Чертеж** – основний тип графічного документу, який містить графічне зображення виробу, основний напис, рамку. Файл креслення має розширення **cdw**.



Фрагмент

**Фрагмент** – допоміжний тип графічного документу в КОМПАС-3D. Фрагмент відрізняється від креслення відсутністю рамки, основного напису та інших об'єктів оформлення конструкторського документу. Файл фрагмента має розширення **frw**.



Специфика.

**Спецификация** – документ, що містить інформацію про склад збірного креслення, поданий у вигляді таблиці. Файл специфікації має розширення **spw**.



Текстовый документ

**Текстовый документ** – текстовий документ, оформлений рамкою і основним написом. Файл текстового документу має розширення **kdw**.



Деталь

**Деталь** – модель виробу без застосування складальних операцій. Файл деталі має розширення **m3d**.



Сборка

**Сборка** – модель виробу, що складається з декількох деталей із заданим взаємним положенням. Файл складання має розширення **a3d**.

## Налаштування інтерфейсу системи

Структура екранної форми інтерфейсу КОМПАС-3D подана на рис. 11.1.

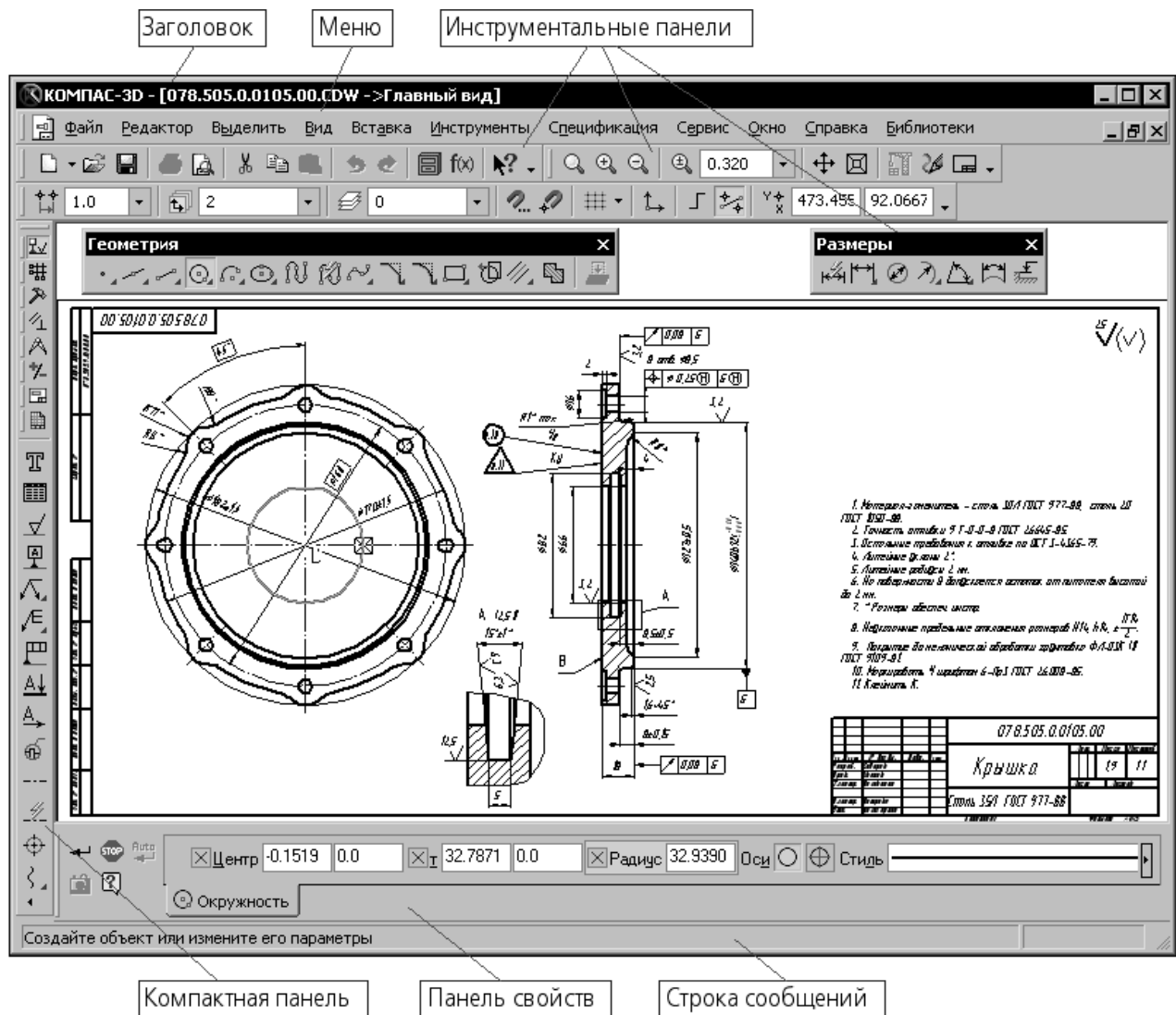


Рисунок 11.1

Таблица 11.1 – Описание элементов интерфейса КОМПАС-3D

Назва	Описание
<b>Заголовок</b>	Містить назву, номер версії системи, ім'я поточного документа 1, кнопку системного меню, а також кнопки управління вікном системи
<b>Главное меню</b>	Використовується для виклику команд системи. Містить назви сторінок меню. Склад головного меню залежить від типу поточного документа і режиму роботи системи
<b>Инструментальные панели</b>	Містять кнопки виклику команд системи
<b>Компактная панель</b>	Містить декілька інструментальних панелей і кнопки перемикання між ними. Склад компактної панелі залежить від типу активного документа
<b>Окно работы</b>	У графічних документах використовується для роботи зі змінними і

<b>с переменными</b>	рівняннями, у документах-моделях – для роботи зі змінними і виразами
<b>Менеджер библиотек</b>	Використовується для роботи з КОМПАС-бібліотеками.
<b>Панель свойств</b>	Використовується для налаштування об'єкта під час його створення або редагування
<b>Строка сообщений</b>	Містить повідомлення системи, що належать до поточної команди або елементу робочого вікна, на який вказує курсор
<b>Дерево документа</b>	Відбиває порядок створення моделі (креслення) і зв'язку між її елементами і компонентами. Може розташовуватися тільки усередині вікна документа

Інструментальні панелі: *«Выделить»*, *«Вид»*, *«Вставка»*, *«Инструменты»*, *«Сервис»*, *«Окно»* і *«Справка»*. Кожна група – це сукупність команд, що виконують функціонально близькі дії. Два нижні рядки інтерфейсу займають *«Панель свойств»* і *«Строка сообщений»*.

Склад панелі властивостей залежить від режиму роботи і налаштування системи. Більшість команд у цій панелі продубльована в *«Главном меню»*. Це зроблено з метою скорочення часу виконання команд. Нижче головного меню знаходиться блок інструментальних панелей. Ці панелі містять кнопки виклику потрібних команд.

Інструментальні панелі можуть бути об'єднані в компактні панелі, складом яких і розміщенням на екрані користувач може керувати, а також створювати власні інструментальні панелі.

У лівій вертикальній частині екранної форми інтерфейсу знаходиться *«Компактная панель»*, яка використовується для створення креслярсько-конструкторської документації. Вона складається з восьми окремих блоків, кожен із яких містить у собі комплект команд, необхідних для геометричних побудов креслення, проставлення розмірів і позначень, редагування, параметризації, виміру, виділення, і асоціативні види.

*«Панель свойств»* необхідна для керування процесом виконання команди, з її допомогою задаються усі геометричні параметри.

*«Панель свойств»* може знаходитися в «плаваючому» або «закріпленому» стані. «Закріплення» панелі можливе тільки до правої, лівої або нижньої межі вікна створюваного документа. Щоб «закріпити» панель, «перетягніть» її за заголовок до потрібної межі вікна. Для повернення в «плаваючий» стан виконайте зворотну дію. Панель властивостей містить одну або декілька вкладок. Ці вкладки містять елементи керування різного виду: поля вводу, списки, що розкриваються, лічильники, опції і групи перемикачів.

Оформлення *«Панели свойств»* за необхідності можна настроїти.

Останній рядок вікна інтерфейсу займає *«Строка сообщений»*. У ній може відбиватися така інформація: запит системи про дані, що вводяться, на цей момент, інформація про ділянку екрану, до якого підведений курсор, інформація про поточні дії системи. Рядок повідомлень дозволяє адекватно реагувати на запити і повідомлення системи й уникати помилок. Вікно документа є робочим полем креслення.

У системі КОМПАС використовується метрична система заходів. За налаштуванням одиниця виміру довжини – міліметр, проте під час роботи з графічними документами можна вибрати іншу одиницю виміру – сантиметр, дециметр або метр. У будь-якому разі користувач має справу тільки з реальними розмірами геометричних об'єктів у масштабі **1:1**,

а їхнє розміщення на кресленні потрібного формату виконується шляхом вибору відповідного масштабу виду. Під час роботи в системі КОМПАС використовується Декартова система координат а також тривимірна система координат, яка відображається на екрані у вигляді трьох ортогональних стрілок. Площини зображуються на екрані умовно у вигляді прямокутників, які лежать у цих площинах.

На кожному графічному документі система координат відображується у вигляді двох ортогональних стрілок, розташованих у лівій нижній точці габаритної рамки креслення. Під час використання фрагмента (креслення без рамок) система координат розташована в центрі екрану.

«Главное меню», яке за налаштуванням розташовується у верхній частині вікна, використовується для виклику команд. Під час вибору закладки меню розкривається перелік команд, що містяться у цій закладці. Деякі команди мають власні підменю. Головне меню має дев'ять закладок: *Файл, Редактор, Выделить, Вид, Вставка, Инструменты, Сервис, Окно, Справка.*

#### 11.1.2.2 Налаштування параметрів креслення, 3D-моделі і збірного креслення

Систему налаштовано відповідно до чинних норм ЄСКД. Рекомендується встановлювати тільки параметри формату креслення і поля 3D-моделей. Щоб відновити настройку за налаштуванням (рис. 11.2), необхідно увійти до меню **Сервис** → **Профили** → **Профиль по умолчанию (default)**, потім натиснути кнопку **[Применить]**.

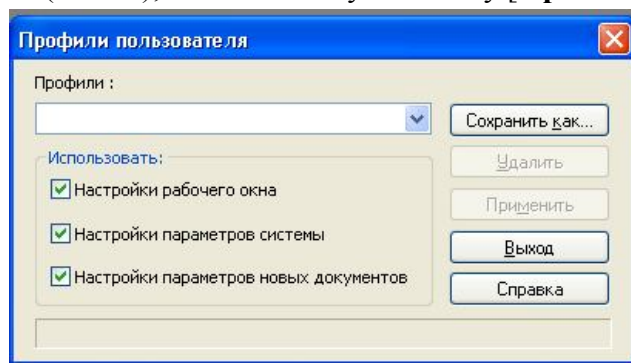


Рисунок 11.2

Перш ніж вибрати тип створюваного документа (деталь, креслення і так далі) рекомендується настроїти інтерфейс програми. Для цього необхідно вибрати в меню **Сервис** → **Параметры**. У вікні, що з'явилося (рис. 11.3), є закладки **Система** і **Новые документы**.

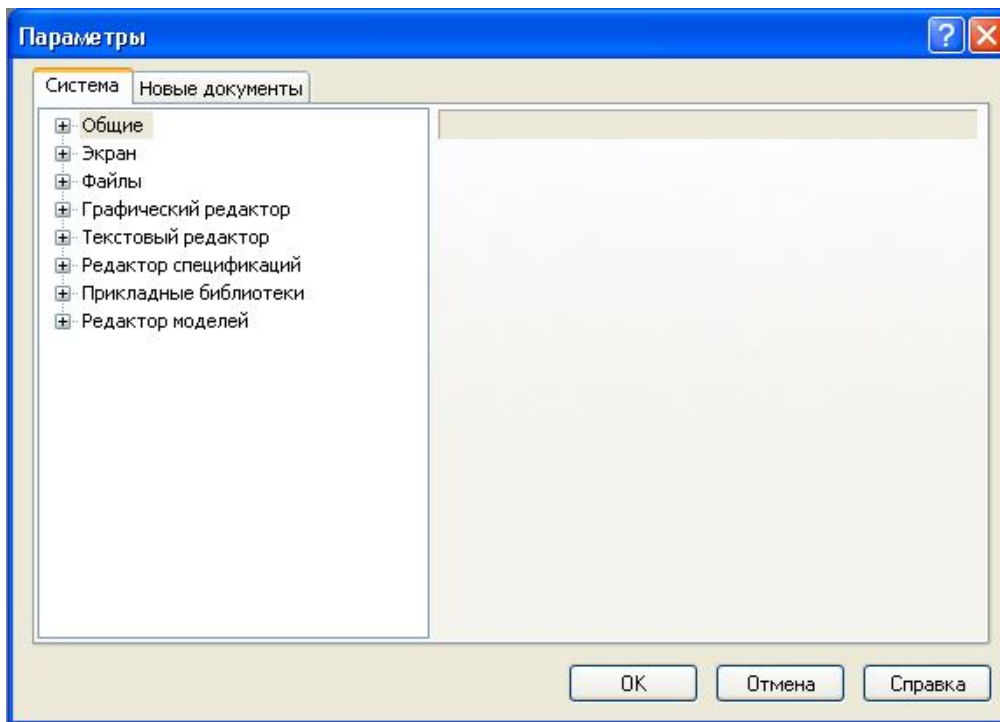


Рисунок 11.3

У закладці **Новые документы** необхідно знайти **Графический документ** і розкрити його меню. За допомогою меню, що з'явилося, можна налаштувати властивості ліній, що відображаються, розмірів, тексту на кресленні і так далі. У нижній частині вікна необхідно знайти **Параметры первого листа** → **Формат** і встановити горизонтальний формат **A3** (рис. 11.4).

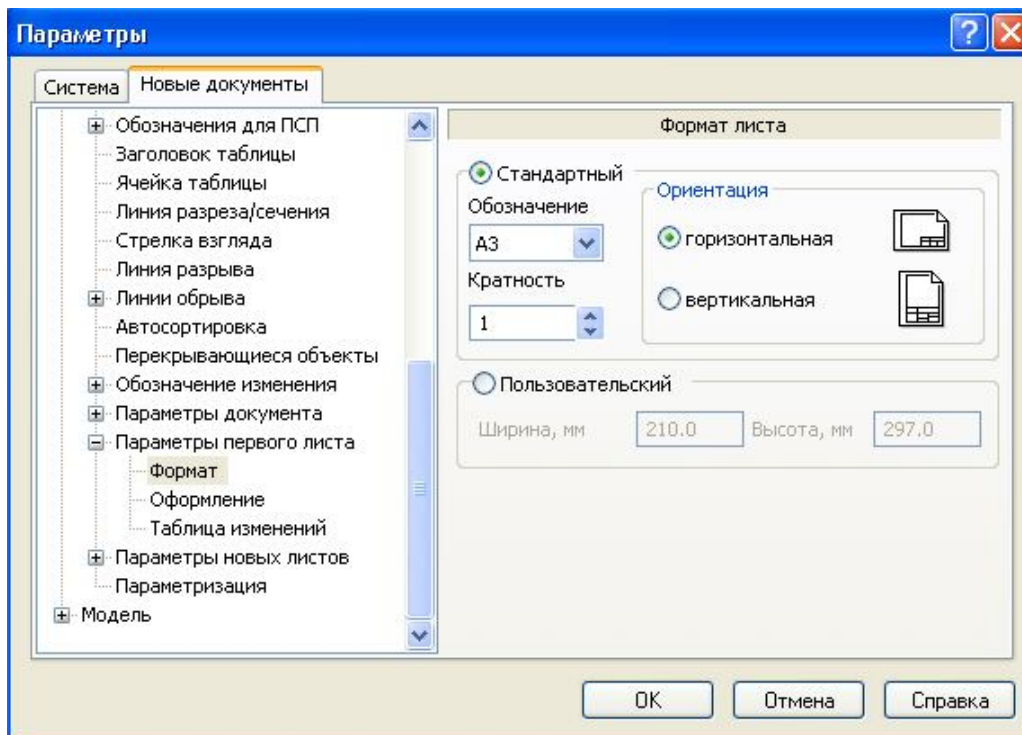


Рисунок 11.4



### 11.1.2.3 Попередній перегляд і друк документа

У режимі попереднього перегляду документа неможливо його редагування. Після входу в режим попереднього перегляду для друку склад рядка Головного меню зміниться. На екрані буде представлено умовне поле виведення («листи аркушів»). На цьому полі в реальному виді відображається та частина документа, яка була подана у вікні перед входом у режим попереднього перегляду (рис. 11.5).

У лівій частині діалогового вікна розташована «Панель свойств». Панель свойств містить елементи управління параметрами поточного документа. На цій панелі відображається значення масштабу, з яким поточний документ буде виведений на друк. Є можливість змінити масштаб документа, набравши вручну потрібне значення. Щоб поле введення стало доступним, необхідно підвести до нього курсор і клацнути лівою кнопкою «миші» (ЛКМ). Можна також вибрати значення кроку з пропонованого списку. Щоб відкрити список, необхідно клацнути ЛКМ по клавіші із стрілкою поряд із полем введення. За допомогою полів «Панели свойств» можна змінювати координати положення документа. У цих полях відображаються значення координат X і Y базової точки поточного документа (лівої нижньої точки його габаритної прямокутної рамки). Тут можна змінити значення координати (перемістити документ) набравши вручну потрібне число.

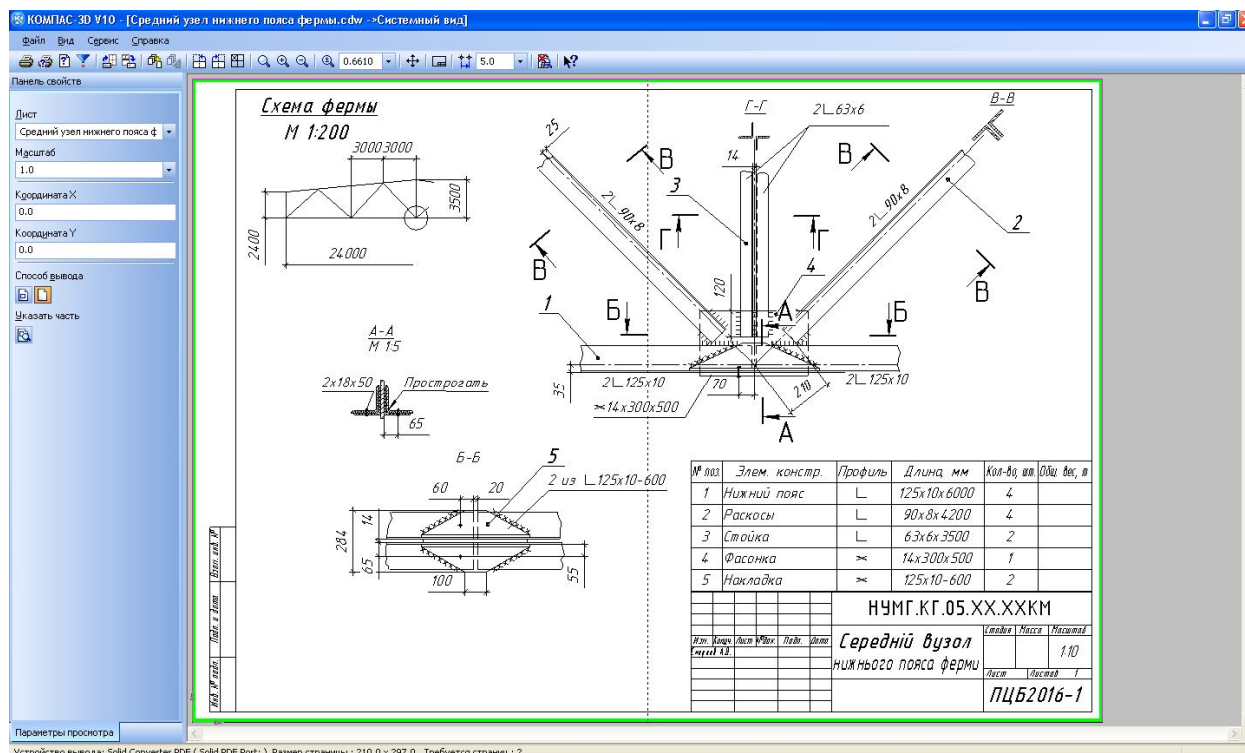


Рисунок 11.5

Щоб поле введення стало доступним, необхідно підвести до нього курсор і клацнути ЛКМ. Перемикачі групи «Способ вывода» дозволяють вибрати режим друку документа. Щоб вивести на друк документ цілком, необхідно активізувати перемикач «Вывести текущий документ полностью».

Для того щоб вивести на друк область документа, обмежену прямокутною рамкою, необхідно активізувати перемикач «Вывести часть текущего документа». Перемикач «Указать часть» на «Панели свойств» дозволяє вказати, яку частину поточного документа необхідно вивести. Після активізації цього перемикача на екрані з'явиться діалогове вікно, у якому можна задати розміри прямокутної області документа (рамки), яка буде надрукована.

Розмір рамки настроюється вручну установкою величини відступу вказаного на полях у лівій частині діалогового вікна.

#### 11.1.2.4 Використовувані одиниці виміру і системи координат

У КОМПАСі використовується метрична система мір. Під час роботи в КОМПАС використовується Декартова права система координат.

Початок абсолютної системи координат завжди знаходиться в лівій нижній точці габаритної рамки формату і представлене спеціальним системним символом початку координат.

Відстані між точками на площині в графічних документах і між точками в просторі обчислюються і відображаються в міліметрах. Водночас користувач завжди працює з реальними розмірами (у масштабі 1:1). Під час розрахунку масомоментних характеристик деталей користувач може керувати представленням результатів, призначаючи потрібні одиниці вимірів (кілограми або грами – для маси; міліметри, сантиметри, дециметри або метри – для довжини).

Числові параметри текстів (висота шрифту, крок рядків, значення табуляції і тому подібне) задаються і відображаються в міліметрах.

#### 11.1.3 Робота з текстовими файлами

Створити текстовий документ. Увійти до меню *Сервис* → *Параметры*. У графі «*Параметры листа*» встановити формат **A3** горизонтальний. У графі «*Оформление*» вибрати параметри рамки першого листа без основного напису (рис. 11.6).

У Компактній панелі можна вибирати можливі варіанти вставки попереднього тексту або спецсимволів, у *Панели свойств* можна настроїти висоту і тип шрифту. Зразок титульного листа подано на рисунку 11.7.

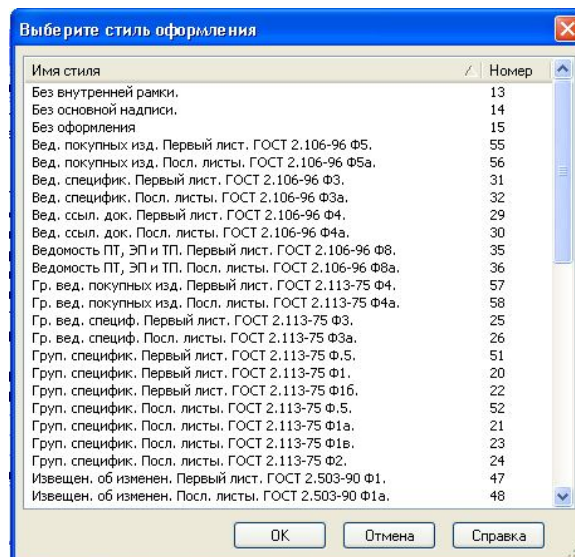
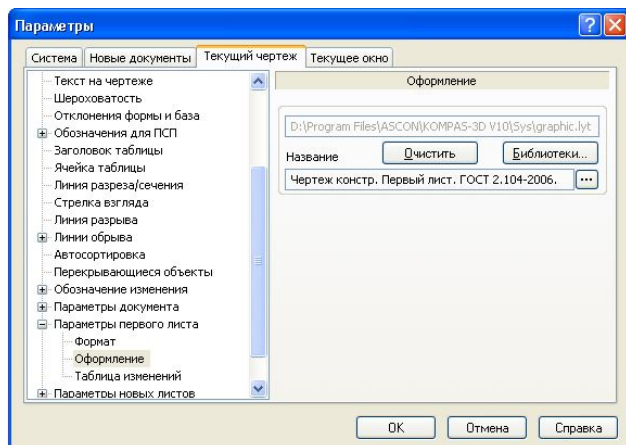


Рисунок 11.6

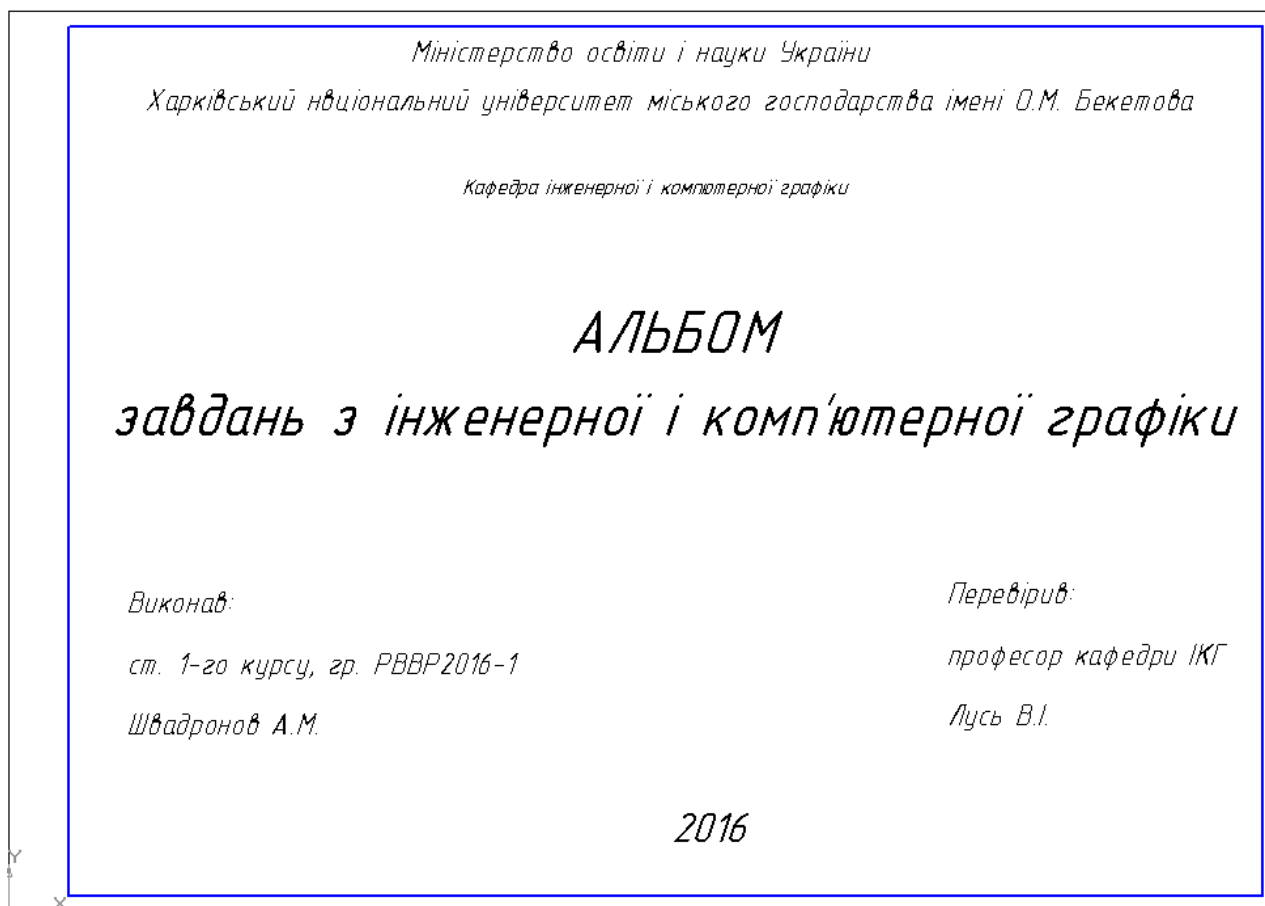


Рисунок 11.7

#### 11.1.4 Робота в режимі 2D проектування

У Головному меню вибрати *Сервис* → *Параметры* → *Текущий чертеж*. У вікні, що з'явилося, можна налаштувати поточний проект під необхідні умови. Для вибору необхідного формату відкрити рядок *Параметры первого листа* → *Формат*. У вікні справа можна встановити формат від **A0** до **A5** і вибрати горизонтальне або вертикальне розташування аркушу (листа) (рис. 11.8).

У наступному рядку *Оформление* можна задати тип аркушу і варіанти основного напису.

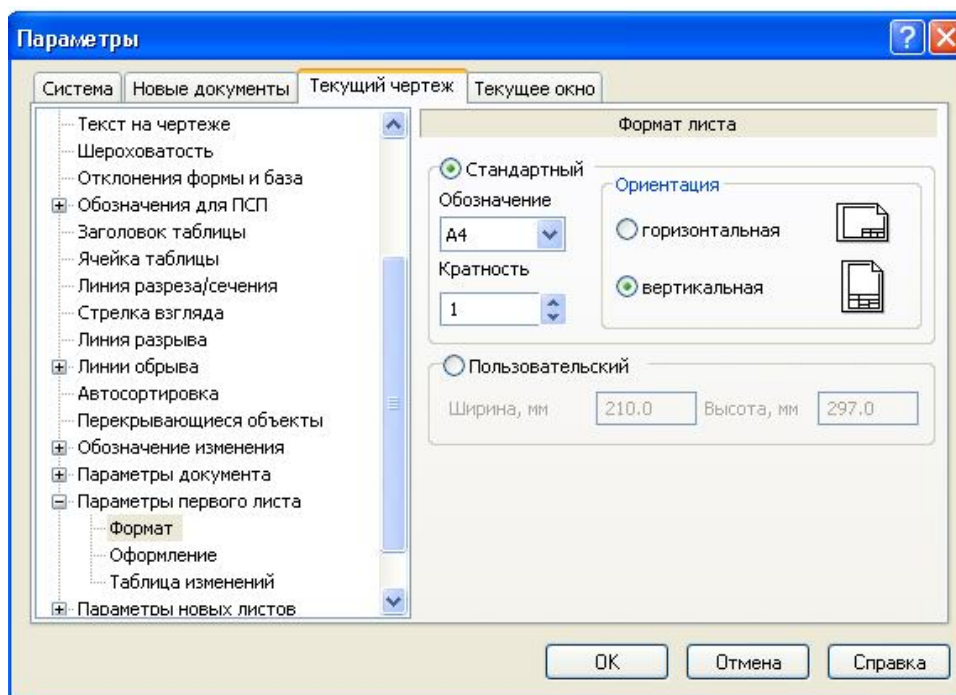



Рисунок 11.8


### 11.1.5 Приклад створення креслення деталі

Розглянемо приклад створення креслення деталі, поданого на рисунку 11.9.

Вимагається створити поле для креслення і вибрати формат **A4**. Потрібно врахувати, що аркуш (лист) формату **A4** згідно з **ГОСТ 2.301-68** можна розташувати тільки **вертикально!**

#### 11.1.5.1 Додаткові побудови

Розпочнемо побудову креслення деталі із завдання локальної системи координат (*ЛСК*). У цьому випадку *ЛСК* зручно розмістити в точці перетину осей симетрії на виді зверху. Для цього необхідно звернутися до Головного меню: *Вставка* → *Локальная СК* або піктограмі , розташованої в рядку поточного стану. Точку центру *ЛСК* вибираємо так, щоб на кресленні залишалось місце для подальшої побудови головного виду (виду спереду).

*ЛСК* фіксується на кресленні двома натисненнями лівої кнопки миші. Першим натисненням «закріплюється» центр *ЛСК*, а другим – напрям осей в просторі (їхній кут із віссю **X** має складати нуль градусів). Після побудови необхідно перервати операцію одноразовим натисненням лівої кнопки миші на кнопку  на *Панели свойств*.

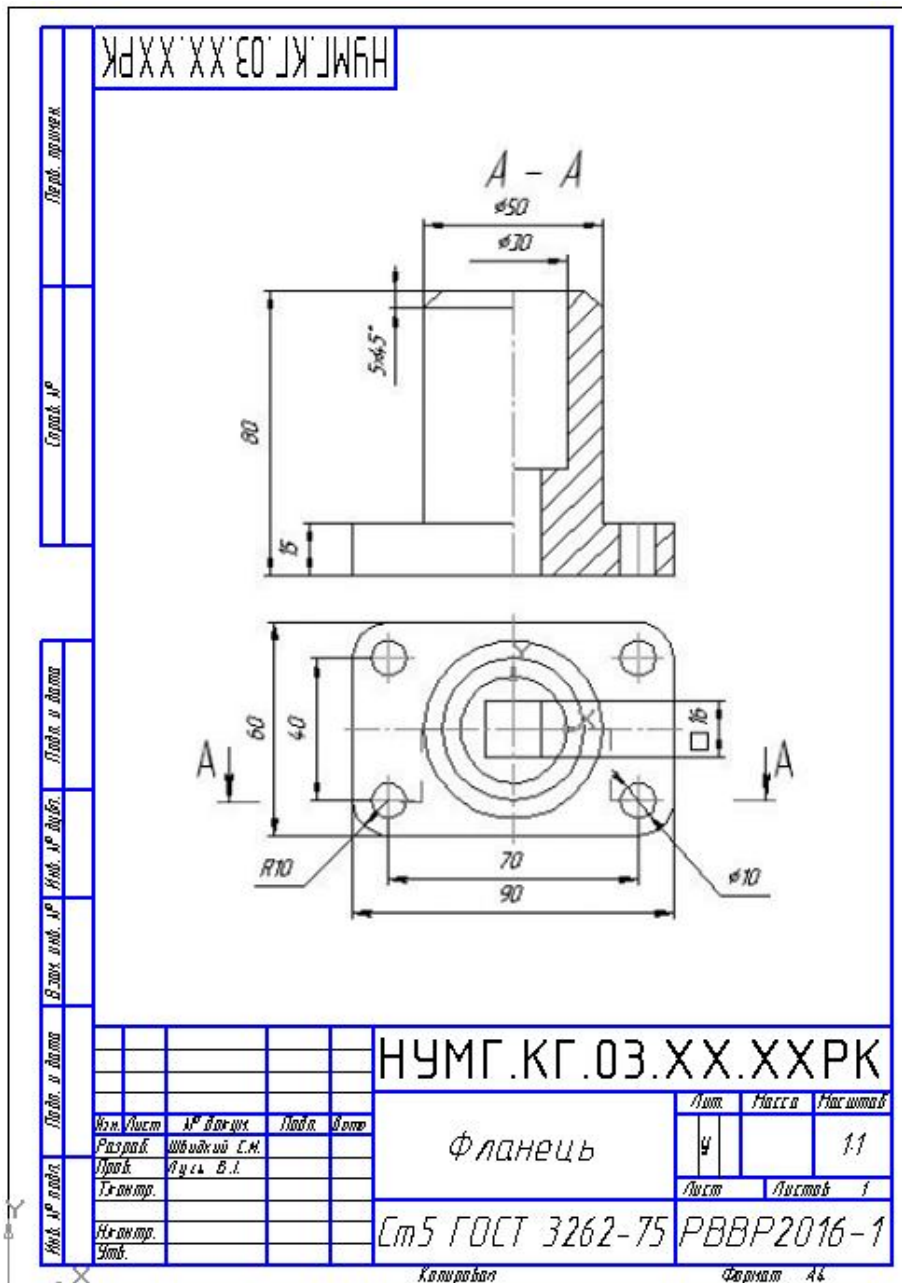


Рисунок 11.9

У КОМПАСі для полегшення побудов існує команда *Вспомогательная прямая*. За допомогою цієї команди дуже зручно створювати допоміжну сітку, через вузли якої потім будуються основні лінії креслення. Ці лінії містяться в меню *Геометрия* Компактної панелі, яка розташована в лівій частині діалогового вікна (рис. 11.10).





Рисунок 11.10

Піктограма для побудови допоміжних ліній містить вкладене меню. Щоб увійти до вкладеного меню, потрібно підвести курсор миші до відповідної піктограми, натиснути ЛКМ і утримувати її в натиснутому стані, одночасно на екрані буде відкрито вкладене меню, за яким можна переміщатися за допомогою «миші». Остання вибрана команда (точніше, її піктограма) залишається на Компактній панелі, і до неї можна звертатися в подальшому без відкривання вкладеного меню.

Для того щоб проводити тільки горизонтальні або вертикальні прямі, варто скористатися кнопкою «*Ортогональное черчение*» на Панелі управління або клавішею [F8] на клавіатурі.

Побудуємо такі допоміжні лінії (рис. 11.11):

- вертикальну, яка проходить через точку початку ЛСК;
- горизонтальну, яка проходить через точку початку ЛСК;
- дві лінії, паралельні горизонтальній, на відстані **30 мм**;
- дві лінії, паралельні вертикальній, на відстані **45 мм**.

Для того щоб побудувати тільки одну паралельну лінію, необхідно або вибрати відповідний режим , або після вибору потрібного способу побудови лінії натиснути на кнопку  на Панелі властивостей системи, або клавішу [Esc] на клавіатурі.

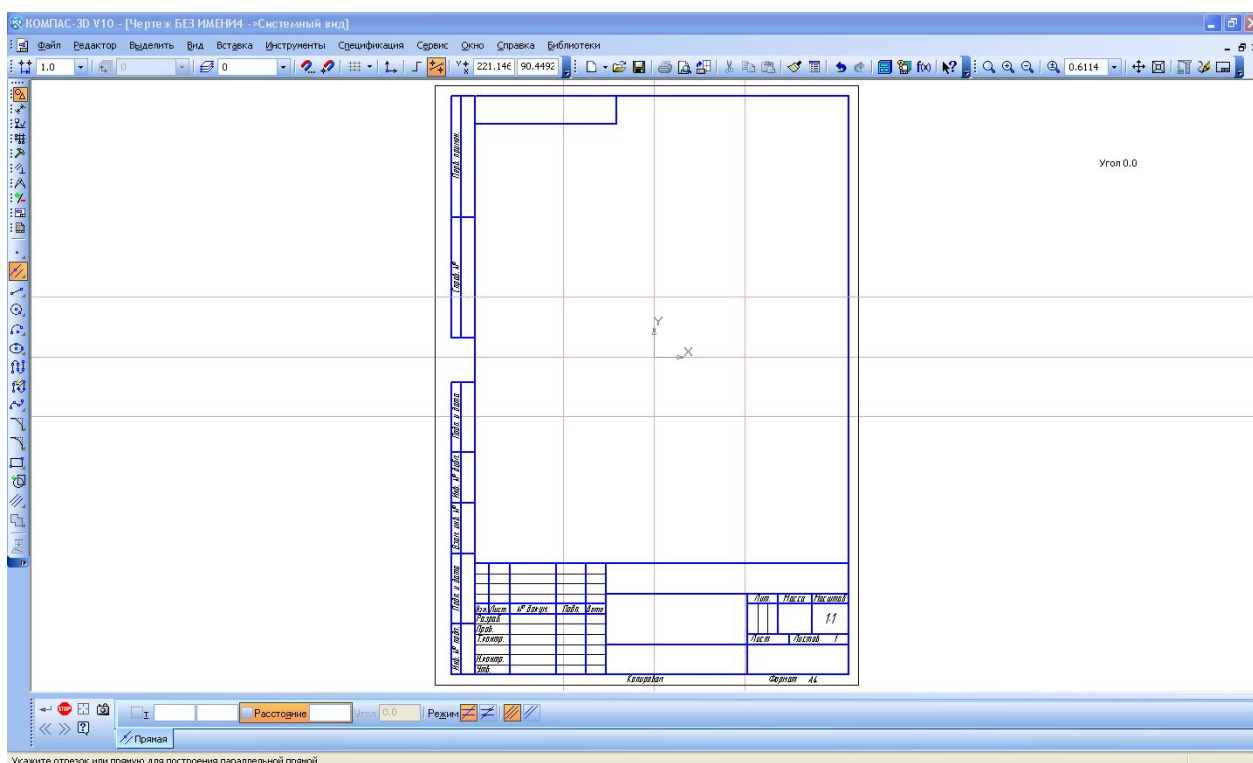


Рисунок 11.11

### 11.1.5.2 Прив'язки

У процесі роботи з графічним документом постійно виникає необхідність точно встановити курсор у деяку точку (початок координат, центр кола, кінець відрізка і тому подібне), іншими словами, виконати прив'язку до вже існуючих точок або об'єктів. **Без такої прив'язки неможливо створити точне креслення.**

КОМПАС надає можливості прив'язок до характерних точок (точок перетину, граничних точок, центру тощо) і об'єктів (по нормалі, по напрямках осей координат).



Передбачені два різновиди прив'язки – *глобальна* (діюча за налаштуванням) і *локальна* (одноразова) (рис. 11.12).

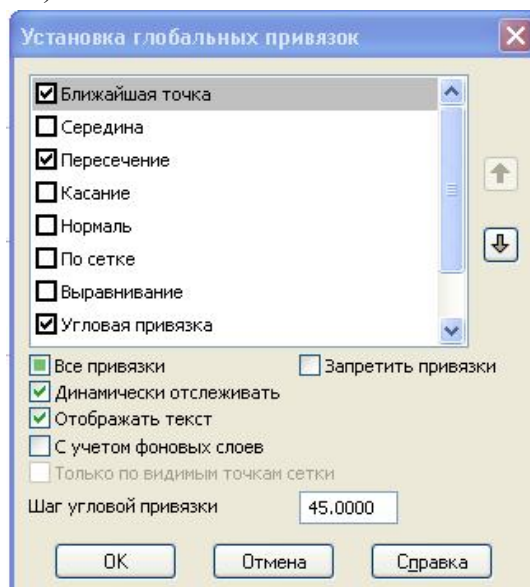




Рисунок 11.12

*Глобальна прив'язка* (якщо вона встановлена) постійно діє під час уведення і редагування об'єктів. Наприклад, якщо включена глобальна прив'язка до перетинів, то під час уведення кожної точки система автоматично виконуватиме пошук найближчого перетину в межах «ловушки» курсору. Установити глобальну прив'язку можна натиснувши на кнопку  у рядку поточного стану і вибравши у вікні, що відкрилося, потрібну прив'язку.

*Локальну прив'язку* необхідно кожного разу викликати заново. Після того як був використаний один із варіантів прив'язки, система не «запам'ятовує», який саме це був варіант. Отже, коли необхідно виконати до іншої точки таку ж прив'язку, її треба викликати знову. Це незручно у тому випадку, якщо вимагається виконати декілька однотипних прив'язок підряд. Локальна прив'язка є пріоритетнішою, ніж глобальна, тобто при виклику будь-якої команди локальної прив'язки вона пригнічує встановлені глобальні на час своєї дії (до введення точки або відмови від уведення). Локальну прив'язку найзручніше викликати з контекстного меню.

### 11.1.5.3. Побудова видів деталі

Основа деталі є чотирикутною призмою із закругленими ребрами (рис. 11.13). Для побудови виду зверху основи деталі використовуватимемо команду *Прямоугольник* () , яку можна викликати з меню *Геометрия* Компактної панелі або з Головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Прямоугольники*. Як точки побудови, використаємо точки перетину допоміжних прямих. Для прив'язки до цих точок використовується глобальна прив'язка-перетин.

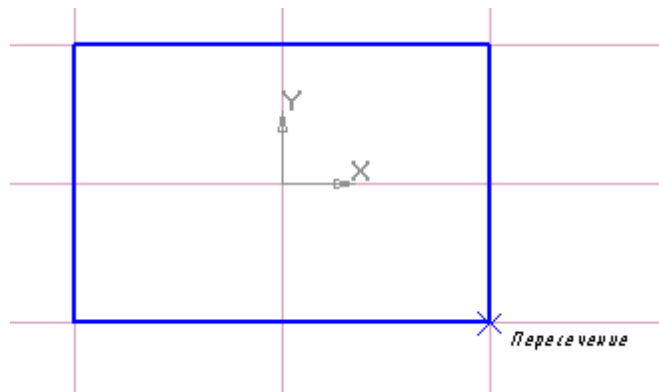


Рисунок 11.13


Для закруглення кутів побудованого прямокутника використовуємо команду *Скругление на углах объекта* () , яку можна викликати з меню Геометрия Компактної панелі або з головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Скругления*. У панелі властивостей системи задаємо величину радіусу закруглення, рівну 10 мм, і режим виконання «на усіх кутах контуру» (рис. 11.14). Після установки усіх параметрів вибираємо як об'єкт побудований прямокутник.



Рисунок 11.14

У центрі на виді зверху розташовані проєкції циліндра і вирізу, який складається з чотирикутної призми (основа – квадрат) і циліндра. Для побудови кіл (проєкції підстав циліндрів) застосовується команда *Окружность*, яку можна викликати з меню Геометрия Компактної панелі або з Головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Окружности*. Під час побудови необхідно вказати центр (точка початку ЛСК) і радіус, що дорівнює 15 мм для кожного з кіл (зміна радіусу можна відстежити в динамічному режимі на екрані або задати в рядку запиту команди у відповідній графі).

Квадратну основу призми (проєкцію) побудуємо за допомогою команди *Многоугольник*, яку можна викликати з меню Геометрия Компактної панелі або з Головного меню: *Инструмент* → *Геометрия* → *Многоугольник*. На Панелі властивостей потрібно задати кількість сторін (4), варіант побудови (по вписаному колу) і радіусу вписаного кола (розмір сторони квадратного отвору (рис. 11.9) ділити на два, тобто радіус дорівнює 8 мм (рис. 11.15).



Рисунок 11.15

На виді зверху залишилося побудувати проєкції циліндричних отворів, виконаних в основі деталі. Таких отворів чотири і вони абсолютно однакові, тому можна побудувати тільки один отвір, а інші скопіювати. Для того щоб побудувати проєкцію основи циліндричного вирізу (коло), необхідно спочатку знайти точку центру цього кола. Для цього побудуємо дві допоміжні прямі: одну паралельно горизонтальній допоміжній лінії,



проведеної через центр ЛСК на відстані 20 мм, і іншу паралельно вертикальній допоміжній лінії, проведеної через центр ЛСК на відстані 35 мм. Побудуємо коло з центром у точці перетину отриманих прямих і радіусом, що дорівнює 5 мм.

Для створення копій отриманих кіл будемо використовувати команду *Копія*, яка міститься в Головному меню *Редактор* варіант виконання команди *По сетке* (рис. 11.16). Але спочатку побудуємо осьові лінії кола.

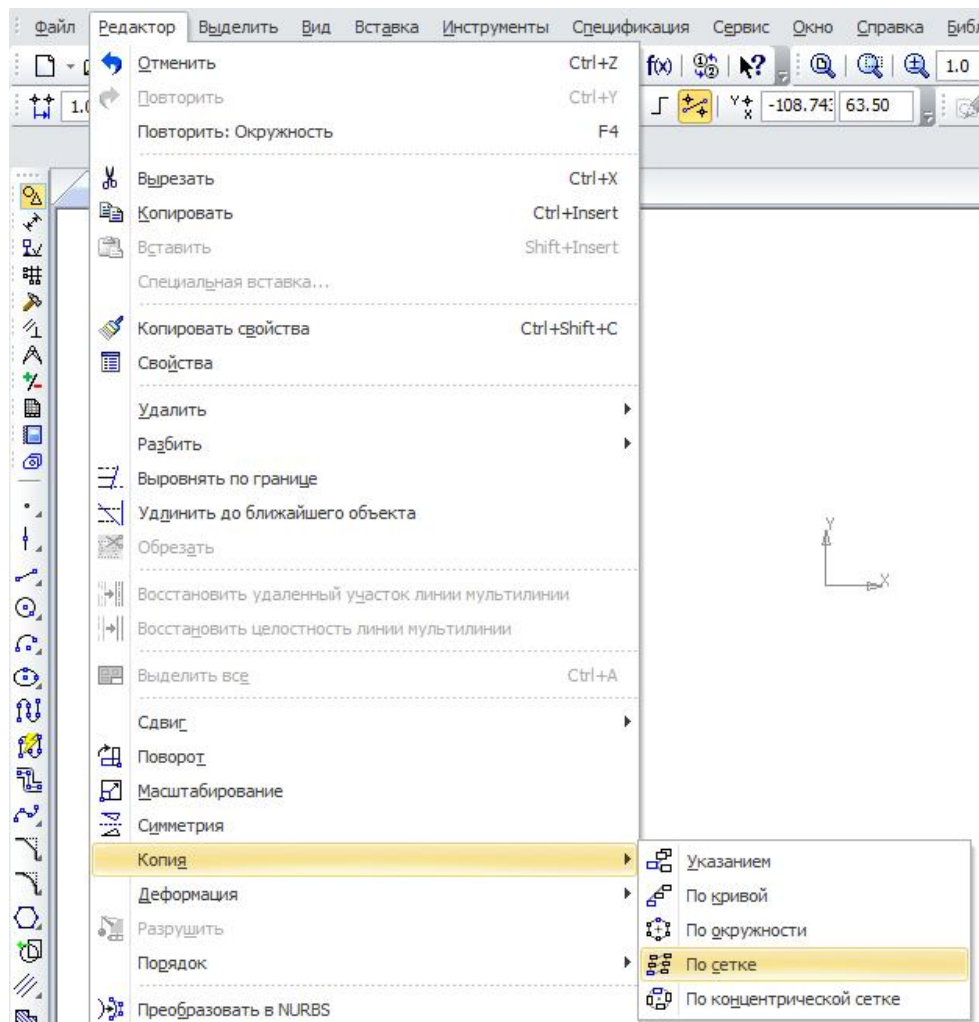


Рисунок 11.16

Це можна було зробити під час виконання команди побудови кола. Для цього потрібно було в рядку запиту команди вибрати варіант побудови з *осьами*. Можна це зробити і після побудови кола. У цьому випадку потрібно вибрати коло за допомогою курсору «миші», потім натиснути праву кнопку миші (ПКМ) для виклику контекстного меню, у якому вибрати пункт *Редактировать*. Результатом звернення до цього пункту меню стане поява в нижній частині екрану рядка запиту команди *Окружность*, у яку необхідно внести відповідні зміни і потім натиснути на кнопку *Создать объект*. Тепер є зображення кола з осьовими лініями. Щоб створити копії цього кола, необхідно вибрати за допомогою курсору «миші» коло і осі. Для цього зручно використати діалогове вікно: курсор «миші» необхідно помістити на порожнє місце креслення (курсор не повинен попадати ні на один з накреслених об'єктів), за допомогою ЛКМ «розтягнути» вікно так, щоб у нього потрапили цілком коло і осі, зафіксувати ЛКМ другий кут вікна (рис. 11.17).

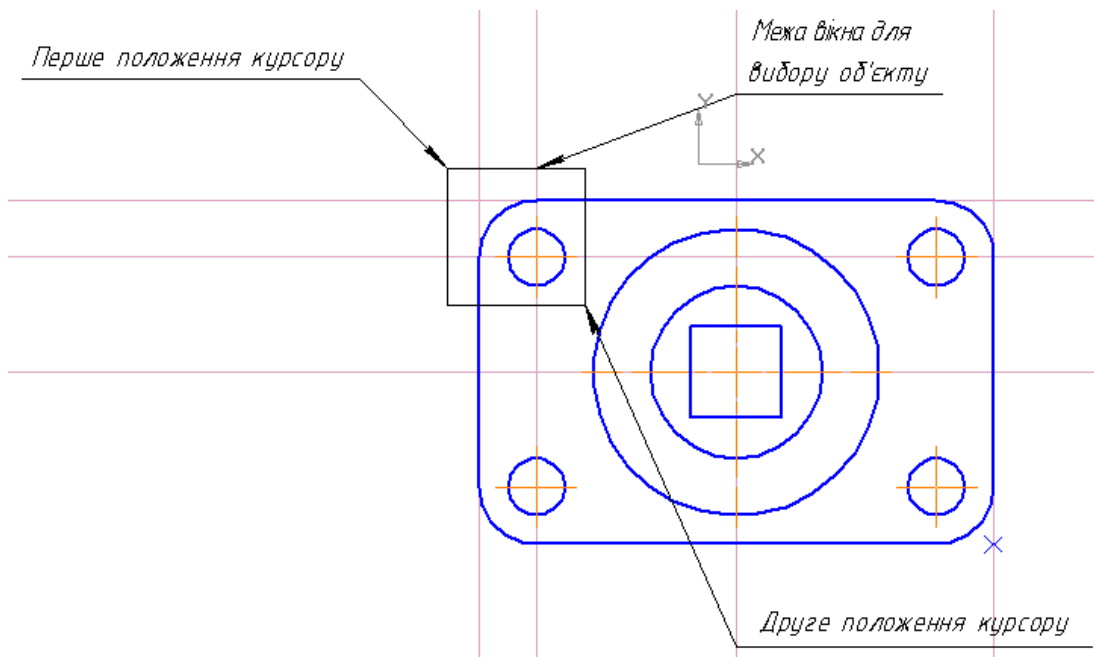


Рисунок 11.17

Після вибору об'єктів звертаємося до команди *Копія по сетке*.

Рядок запиту цієї команди складається з декількох закладок. Кожна закладка має свій заголовок. Для створення копій в цьому прикладі необхідно встановити такі параметри:

- закладка *Копія*: установити режим *Оставляют исходные объекты* (Режим
- закладка *Параметры*: задати *Шаг 1 = 70 мм*, *Угол раствора = -90° (або 270°)*, *Шаг 2 = 40 мм* (рис. 11.18).



Рисунок 11.18

Після установки необхідних параметрів вказуємо на робочому полі креслення базову точку (будь-яка точка на кресленні), після цього на екрані з'являється динамічне зображення копій, за допомогою «миші» їх необхідно розмістити в потрібному положення (поєднати верхнє ліве коло із вже побудованим), зафіксувати його за допомогою ЛКМ і потім натиснути на кнопку *Создать объект* на Панелі властивостей. Після цього треба перервати операцію за допомогою кнопки *Прервать команду* або клавіші [Esc] на клавіатурі.

Для завершення побудови горизонтальної проекції (виду зверху) деталі необхідно провести осі симетрії. Це можна зробити точно так, як і було зроблено для маленького кола (отвору), тільки як об'єкт для редагування вибирається прямокутник.

Результат побудови виду зверху виглядає так, як подано на рисунку 11.19. Допоміжні прямі будуть видалені тільки після створення головного виду (фронтальній проекції), тому що вони будуть ще використовуватись у ході побудов.

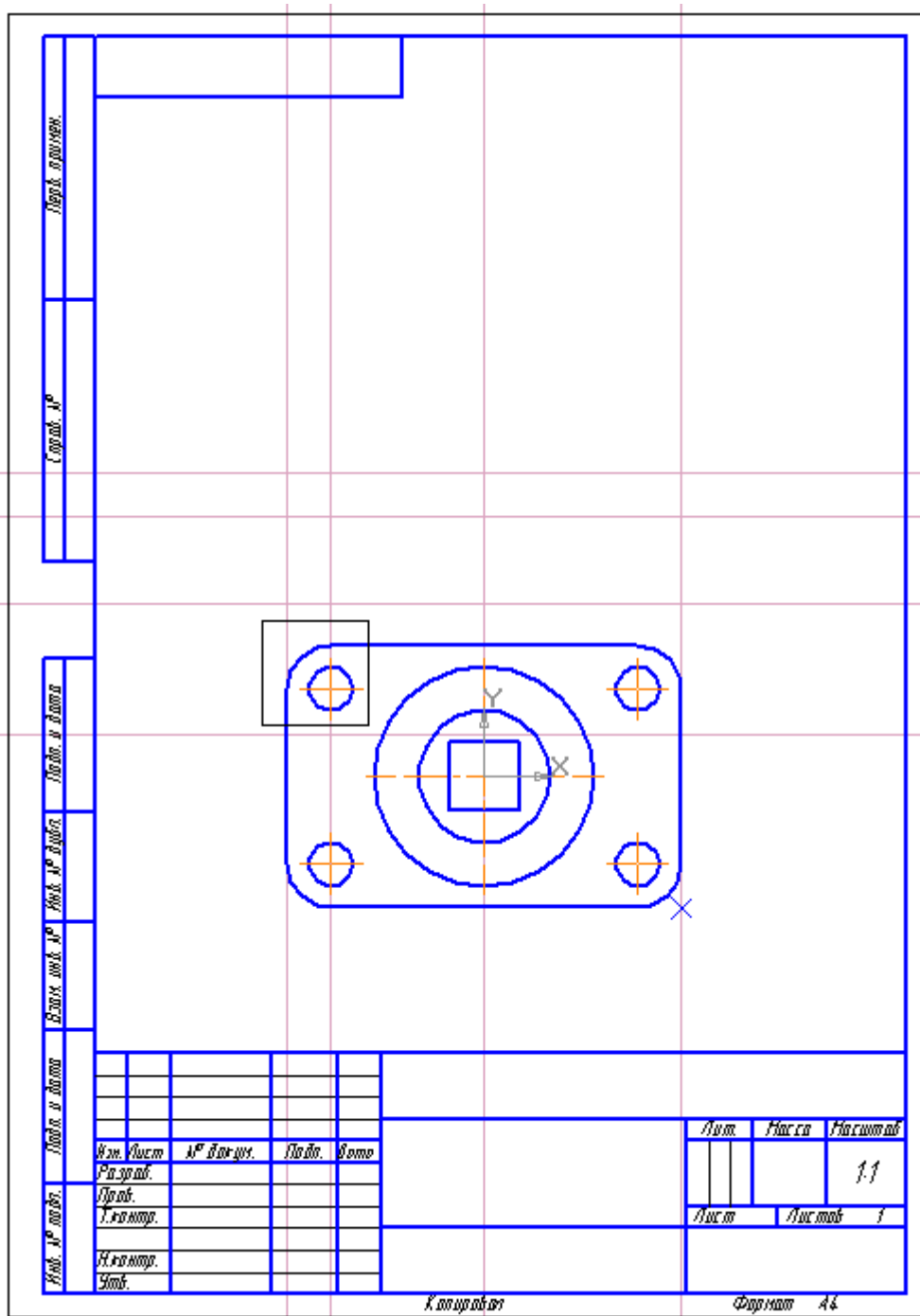


Рисунок 11.19

Головний вид деталі повинен розташовуватися в проекційному зв'язку із уже побудованим виглядом зверху. Щоб дотриматися проекційного зв'язку, необхідно провести лінії зв'язку. У програмі КОМПАС лінії зв'язку проводяться за допомогою допоміжних прямих. У цьому прикладі головний вид деталі (зовнішній контур) симетричний відносно вертикальної осі симетрії, тому для полегшення роботи побудуємо тільки половину зовнішнього контуру головного виду, а потім побудуємо дзеркальне відображення одержаного виду. У зв'язку з цим необхідно провести лінії зв'язку тільки для лівої (чи правої) частини зображення. Проводимо допоміжні лінії через усі опорні точки креслення (рис. 11.20). Так само проводимо горизонтальні допоміжні лінії, які обмежують деталь і її елементи (висоту основи, глибину отвору) по висоті.

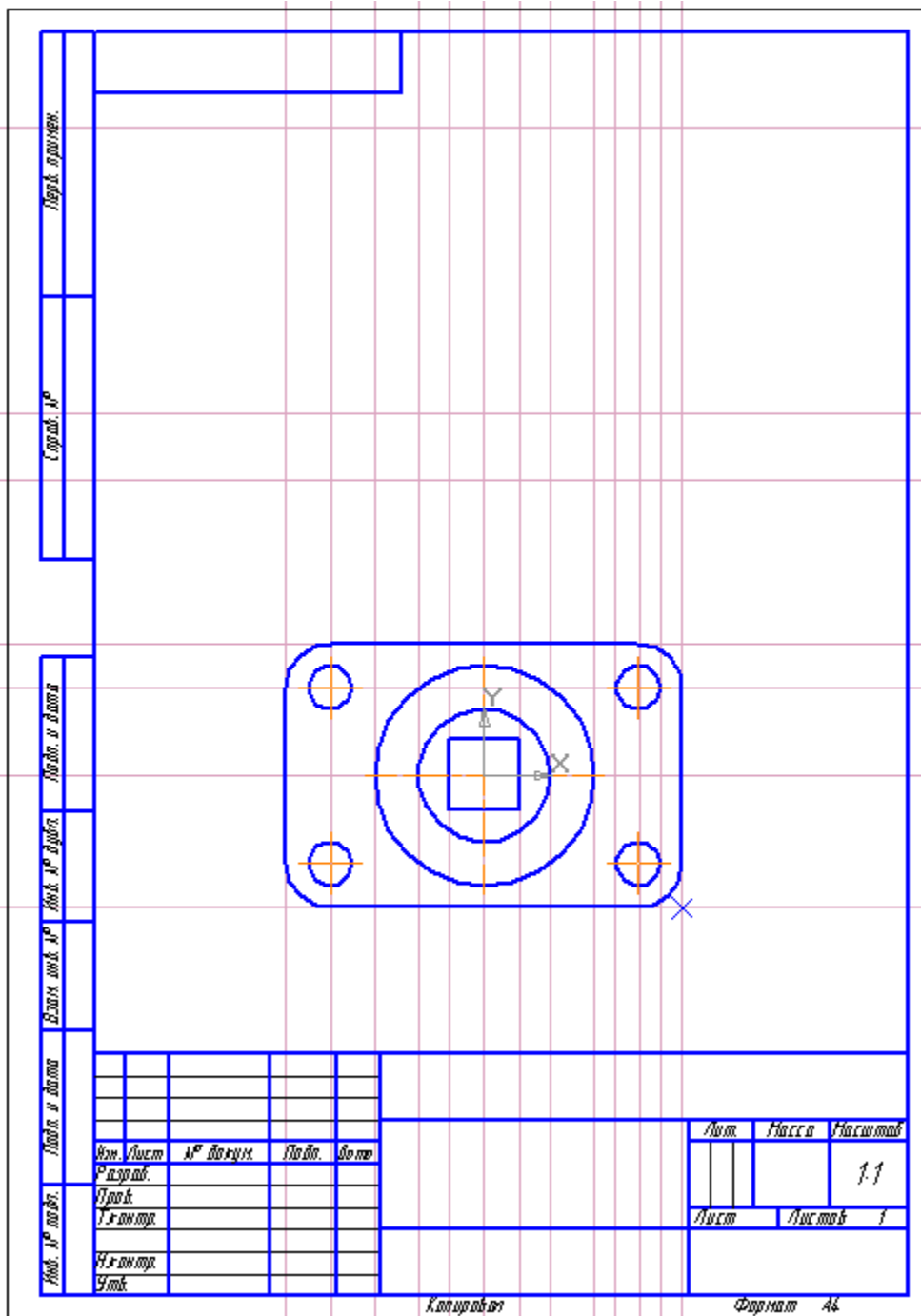


Рисунок 11.20

Наступним етапом побудови головного виду є проведення осьової лінії – осі симетрії. Ця лінія будується за допомогою команди *Отрезок*, яку можна викликати з меню *Геометрия* на Компактній панелі або з Головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Отрезки*. Перш ніж указати точки початку і кінця відрізка, у Панелі властивостей необхідно встановити стиль лінії *Осевая* (рис. 11.21).

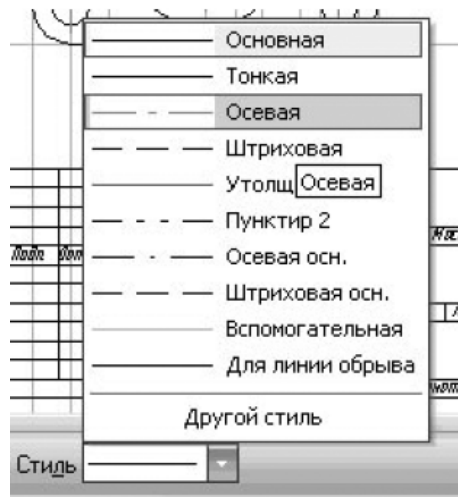




Рисунок 11.21

Тепер можна побудувати половину зображення зовнішнього контуру головного виду. Заздалегідь необхідно змінити стиль лінії *Основна*. Зовнішній контур головного виду складається з відрізків, з'єднаних між собою кінцевими точками. Можна звичайно ж побудувати контур за допомогою окремих відрізків, але коректніше використати для цього команду *Ломаная* , яку можна викликати з меню *Геометрия* Компактної панелі або з Головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Ломаная*. Після задання точок, через які проходить ламана, потрібно натиснути на кнопку *Создать объект*. Результат поданий на рисунку 11.22.

У великого циліндра, що стоїть на чотирикутній призматичній основі (рис. 11.9), знята фаска. Довжина фаски складає 5 мм, фаска знята під кутом 45°. Для побудови фаски будемо використовувати спеціальну команду *Фаска* на кутах об'єкта () , яку можна викликати з меню *Геометрия* Компактної панелі або з Головного меню: *Инструменты* → *Геометрия* → *Фаски*. На Панелі властивостей необхідно встановити такі параметри: тип – *Фаска по длине и углу*; довжина – 5 мм; кут – 45°; режим – *На указанном угле*. Після установки параметрів необхідно вибрати на кресленні кут, на якому має бути знята фаска (верхній лівий кут, рис. 11.22).

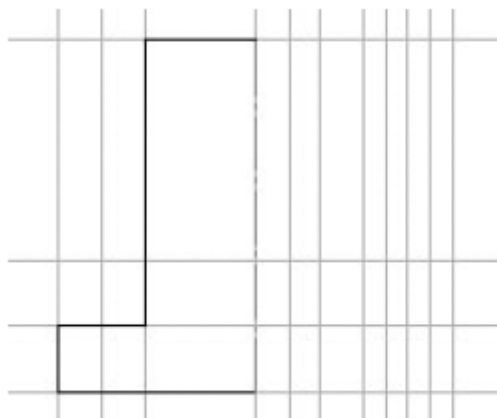


Рисунок 11.22


Тепер можна створити дзеркальну копію отриманого контуру. Для цього необхідно звернутися до команди *Симметрия*, яка міститься в Головному меню *Редактор*. Перш ніж звернутись до команди, необхідно вибрати об'єкт (побудований контур). У цьому прикладі

зручно вибирати об'єкт, вказавши «прицілом» миші на фаску. Якщо ж у «приціл» потрапляє відразу декілька об'єктів, то за допомогою клавіші [Пробел] на клавіатурі можна перебирати об'єкти, які виділяються. Після звернення до команди *Симметрия* необхідно задати вісь симетрії, для цього вказуємо за допомогою «миші» точки, що обмежують вісь симетрії. Після задання точок, через які проходить вісь симетрії, необхідно натиснути на кнопку *Создать объект*.

Для завершення створення зображення головного виду деталі необхідно побудувати ті лінії, що залишилися, на головному виді, і проекцію фаски на виді зверху.

На завершення створення зображення двох видів деталі необхідно видалити допоміжні прямі. Для цього потрібно вибрати в Головному меню: *Редактор* → *Удалить* → *Вспомогательные кривые и точки* → *В текущем виде...*

#### 11.1.5.4. Штриховка

Наступний етап оформлення креслення – нанесення штрихування. Штрихування різних деталей має різні параметри (кут нахилу штрихів і/або відстань між штрихами). Одна і та ж деталь на різних видах повинна мати однаковий зовнішній вигляд. Щоб нанести штрихування, на Інструментальній панелі вибираємо *Геометрия* → *Штриховка* () і вказуємо *Замкнутый контур*, який необхідно заштрихувати. Вибір контуру здійснюється указанням точки всередині контуру. За допомогою Панелі властивостей можна змінювати тип і напрям штрихування. Для цього прикладу встановимо крок – 5 мм і кут – 45°. Після вибору контуру необхідно натиснути на кнопку *Создать объект* (рис. 11.23).

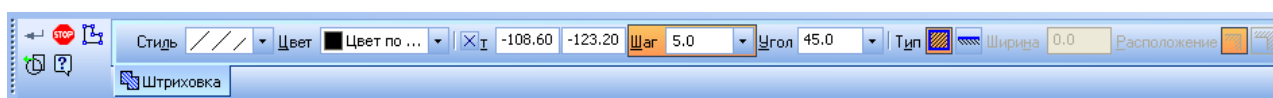




Рисунок 11.23








#### 11.1.5.5. Нанесення розмірів

Розміри й осьові лінії так само, як і контури для розрізів, проставляються на активному виді. Для простановки розмірів виберемо в меню *Размеры* () на Компактній панелі: *Инструментальная панель* → *Размеры* (). Для вклучення відображення панелі *Размеры* на екрані є команда *Вид* → *Панели инструментов* → *Размеры* або кнопка *Размеры* на Компактній інструментальній панелі.

Деякі кнопки згруповані за типами команд, які вони викликають, наприклад група кнопок для побудови лінійних розмірів. На панелі відображається тільки одна кнопка з групи. Щоб побачити інші кнопки групи і вибрати одну з них, треба натиснути на видиму кнопку групи і не відпускати ліву кнопку миші. Через секунду поряд із курсором з'явиться панель, яка містить інші кнопки для виклику команд вибраного типу (розширена панель команд). Як і раніше не відпускаючи ліву кнопку миші, перемістимо курсор на кнопку виклику потрібної команди. Відпустимо кнопку миші. Одночасно вибрана кнопка з'явиться на Інструментальній панелі, а команда, що відповідає їй, буде активізована. Кнопки, що дозволяють викликати розширену панель команд, відмічені маленьким чорним трикутником у правому нижньому куту.

КОМПАС надає користувачеві різноманітні можливості проставлення розмірів: декілька типів лінійних, кутових, радіальних, а також діаметральний, розмір висоти і розмір дуги.

Кнопки виклику команд проставлення розмірів знаходяться на Інструментальній панелі *Размеры*. На Панелі властивостей можна налаштувати характеристики розмірів, що проставляються на кресленні:


-  – лінійний розмір;
-  – вертикальний;
-  – горизонтальний;
-  – діаметральний розмір;
-  – радіальний розмір;
-  – кутовий розмір;
-  – авторозмір.

Проставимо розміри відповідно до завдання (рис. 11.9).


#### 11.1.5.6 Налаштування осьової лінії


Діалогове вікно налаштування осьової лінії з'являється на екрані після виклику команд налаштування в графічних документах як нових, так і поточних. Наприклад, *Сервис* → *Параметры* → *Новые документы* → *Графический документ* → *Линии* → *Осевая линия*.

Це діалогове вікно дозволяє налаштувати зовнішній вигляд осьових ліній, які створюються за допомогою команд *Осевая линия по двум точкам*, *Автоосевая* и *Обозначение центра*.

Осьова лінія по двох точках () дозволяє побудувати довільно розташовану осьову лінію, вказавши її початкову і кінцеву точки. Для виклику цієї команди натиснемо кнопку *Осевая линия по двум точкам* на Інструментальній панелі *Обозначения*.

Укажемо першу і другу точки осьової лінії (наприклад, точки її перетину з контуром деталі). У документі буде створена осьова лінія, яка виступає за вказані точки.

*Автоосевая по двум точкам* () створити осьову лінію можна, вказавши курсором дві довільні точки на кресленні (у цьому випадку лінія будуватиметься так само, як і при виклику команди *Осевая линия по двум точкам*). Для вказівки точок рекомендується використати прив'язки. При побудові автоосьової по двом точкам стан перемикачів групи *Способ* не має значення.

*Автоосевая, обозначение центра* () як об'єкт для побудови автоосьової можна виділити: коло, еліпс, дугу кола або еліпса. У цьому випадку буде автоматично створено позначення центру для об'єкта, утворене двома перпендикулярними осьовими лініями. Під час побудови позначення центру стан перемикачів групи *Способ* не має значення.

Зауваження 1. У цьому випадку неможливо змінити тип позначення, на відміну від використання команди *Обозначение центра*.

Зауваження 2. Правильні багатокутники під час побудови автоосьової розглядаються як сукупності відрізків, тому багатокутник неможливо вибрати як об'єкт для побудови позначення центру.

Для заповнення основного напису виклинемо команду *Вставка* → *Основная надпись* або активуємо заповнення основного напису подвійним клацанням *ЛКМ*.

Зауваження 3. Редагування деяких осередків (наприклад, *Разработал*, *Проверил*, *Подпись*, *Дата* та ін.) неможливе. Їх вміст задано під час створення таблиць, що входять до складу оформлення.

Для заповнення основного напису доступні усі можливості текстового редактора КОМПАС-3D. У деяких осередках, наприклад *Литера* або *Масштаб*, доступні також призначені для користувача меню. Є можливість автоматичної вставки коду і найменування із спеціального діалогового вікна. Завершивши заповнення таблиці основному напису, виклинемо з контекстного меню команду *Создать объект* або натиснемо комбінацію клавіш *[Ctrl] + [Enter]*.

#### 11.1.5.7 Заповнення основного напису

Клацнемо в рамці основного напису *ЛКМ* двічі. Підведемо курсор до чарунки, яка нас цікавить і надрукуємо напис. Розмір шрифту вибираємо не більше № 7, лише графа 2 основного напису заповнюється шрифтом типу В № 10 прямий.

У панелі *Свойства* можна редагувати напис або вставляти символи.

Заповнимо ідентифікатор креслення: НУМГ – індекс університету ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, КГ – найменування дисципліни, 03 – номер завдання, ХХ – номер варіанту, ХХ – номер аркуша в альбомі, РК – вид креслення (робоче креслення).

Укажемо назву роботи, ПІБ розробника і викладача групи. Натиснемо в панелі властивостей *Создать объект*.

За налаштуванням у системі КОМПАС-3D використовується креслярський шрифт згідно з *ГОСТ 2.304-81* (рис. 11.24).

				НУМГ.КГ.03.ХХ.ХХРК		
				Фланець		
				Ст5 ГОСТ 3262-75 РВВР2016-1		
№ п/п	Лист	№ докум.	Полн.	Вопл.	Лист	Листов
Разработ.	Шибанов С.М.				4	11
Провер.	Луца В.И.				Лист	Листов
Группа						1
Наименов.						
Знак						

Рисунок 11.24



## 12 ТРИВИМІРНЕ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

Загальноприйнятим порядком моделювання твердого тіла є послідовне виконання Булевих операцій (об'єднання, віднімання і перетини) над об'ємними елементами (сферами, призмами, циліндрами, конусами, пірамідами тощо). Приклад виконання таких операцій наведено на рисунку 12.1 (а – циліндр; б – об'єднання циліндра і призми; в – віднімання призми; г – віднімання циліндра).

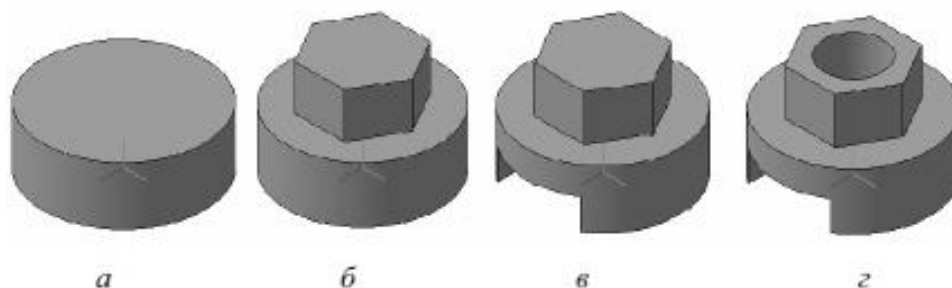


Рисунок 12.1

### 12.1 Основні принципи роботи в режимі *Деталь*

Для побудови 3D-моделей в КОМПАС використовується тип документу *Деталь*. У кожному файлі моделі (зокрема в новому, тільки що створеному) існує система координат і визначувані нею проєкційні площини. Назва цих об'єктів відображається зверху *Дерева побудови* (рис. 12.2).

Зображення системи координат моделі розміщується посередині вікна у вигляді трьох ортогональних відрізків червоного, синього і зеленого кольорів. Загальний початок відрізків це є початок координат моделі точка з координатами (0; 0; 0).

Щоб побачити зображення проєкційних площин, треба виділити їх у *Дереві побудови* (площина XY, площина ZX, площина ZY).

Площини показуються на екрані умовно – у вигляді прямокутників, які лежать в цих площинах. За налаштуванням прямокутники розташовані так, що їхні центри поєднані з початком координат – таке відображення дозволяє користувачеві побачити розміщення площин у просторі. Іноді для розуміння розташування площини вимагається, щоб прямокутник, що її символізує, був більше (менше) чи знаходився в іншому місці площини. Можна змінити розмір і положення цього прямокутника, перетягуючи «мишею» його характерні точки (вони з'являються, коли площина виділена).

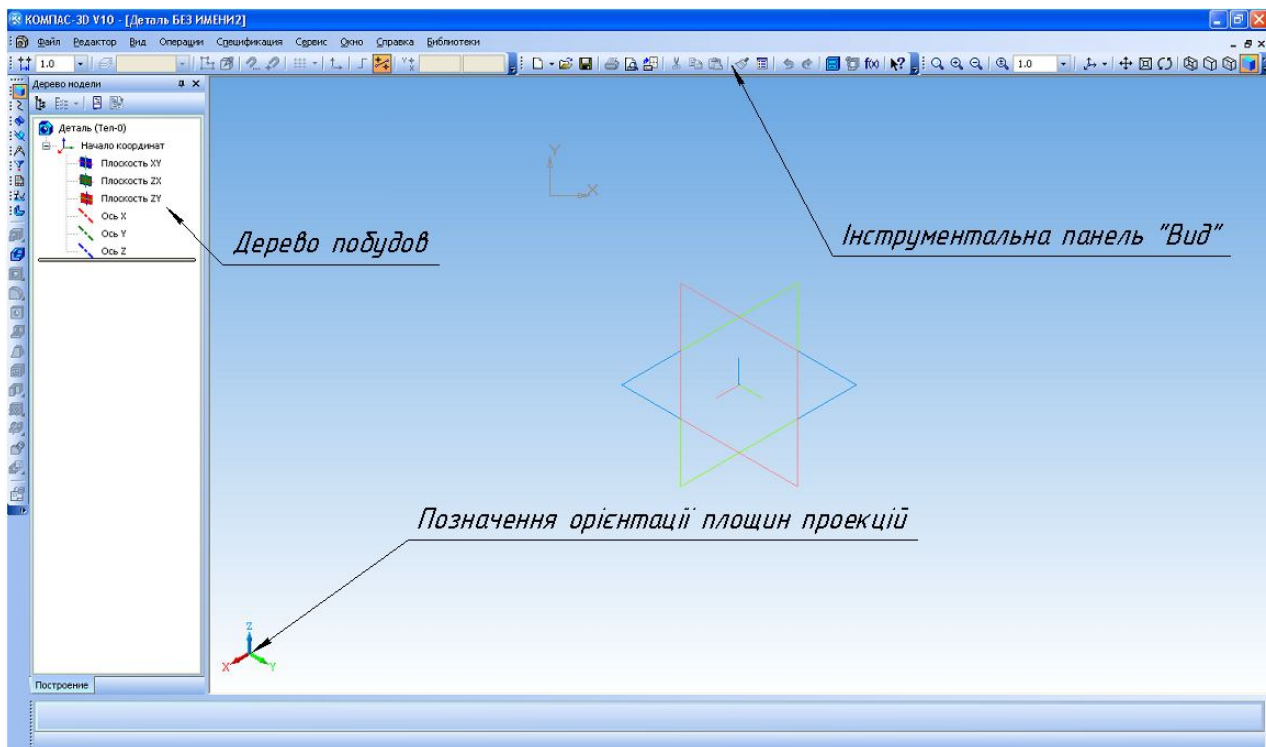


Рисунок 12.2


Площини проєкцій і систему координат неможливо видалити з файлу моделі. Їх можна перейменувати, а також відключити їх показ у вікні побудови моделі.

У лівому нижньому кутку вікна побудови моделі відображається ще один символ системи координат. Він складається з трьох об'ємних стрілок червоного, зеленого і синього кольорів, які вказують плюсові напрями осей  $OX$ ;  $OY$ ;  $OZ$  відповідно. Під час повороту моделі він обертається, як і значок, розташований у початку координат, але, на відміну від останнього, не зрушується у разі переміщення моделі і не може бути відключений.

Будь-який об'ємний елемент у КОМПАСі будується на основі ескізу. Ескіз може розташовуватися в одній із ортогональних площин координат, на плоскій грані існуючого тіла або в допоміжній площині, положення якої задане користувачем.

Ескіз зображується на площині стандартними засобами креслярсько-графічного редактора КОМПАС. Водночас доступні всі команди побудови і редагування зображення, команди параметризації і сервісні можливості. Виключенням є неможливість уведення деяких технологічних позначень, об'єктів оформлення і таблиць. Ескіз може містити текст. Після виходу з ескізу всі тексти в ньому перетворюються в один або декілька контурів, що складаються з кривих *NURBS*. У ескіз можна перенести зображення з раніше підготовленого в КОМПАСі креслення або фрагмента. Це дає змогу під час створення тривимірної моделі спиратися на існуючу креслярсько-конструкторську документацію.

Перед створенням ескізу необхідно вибрати в *Дереві побудови* деталі площину, на якій він буде розташований. Для цього клацнути ЛКМ на її назві. *Піктограма* площини в *Дереві побудови* буде виділена зеленим кольором, а у вікні побудови деталі буде підсвічуватись умовне позначення площини (квадрат із характерними точками).

Щоб створити ескіз у виділеній площині, необхідно викликати з контекстного меню команду *Ескіз* або натиснути кнопку *Ескіз* () на Панелі поточного стану.

Кнопка *Ескиз* залишиться натиснутою. Це свідчить про те, що система знаходиться у режимі редагування ескізу.

Після переходу в режим редагування ескізу змінюється набір кнопок Компактної панелі і склад Головного меню.

За налаштуванням у створюваному ескізі включений параметричний режим. Щоб налаштувати параметричний режим у поточному ескізі, необхідно викликати команду *Сервіс* → *Параметри...* → *Текущий эскиз* → *Параметризация*. У правій частині діалогового вікна, що з'явилося, провести необхідні налаштування.

Для налаштування параметричного режиму ескізів в усіх заново створюваних деталях необхідно користуватися командою *Сервіс* → *Параметри...* → *Новые документы* → *Модель* → *Эскиз* → *Параметризация*.

Рідше ескіз є траєкторією переміщення іншого ескізу – перерізу. Для створення об'ємного елемента підходить не будь-яке зображення в ескізі, воно має підкорятися деяким правилам.

Загальні вимоги до ескізів:

- контури в ескізі не перетинаються і не мають спільних точок;
- контур в ескізі зображується стилем лінії **Основна**.

Коли створення ескізу закінчено, необхідно перейти в режим тривимірних побудов. Необхідно вийти з останньої команди, яка використовувалась у режимі ескізу команди. Для цього натиснути кнопку *Прервать команду* на Панелі спеціального управління або клавішу [Esc]. Потім викликати з контекстного меню команду *Эскиз* або «віджати» кнопку *Эскиз* на Панелі поточного стану. Система повернеться в режим тривимірних побудов.

Ескіз, побудова якого тільки що закінчена, буде підсвічений у вікні побудови деталі і виділений у Дереві побудови.

Після цього необхідно вказати, яким способом потрібно переміщувати ескіз у просторі для отримання основи потрібного типу, тобто вибрати вид формотворної операції.

Під час побудови 3D-моделі необхідно вміти керувати «орієнтацією» моделі в просторі. Для зміни орієнтації моделі в КОМПАСі можна скористатися командою *Сервіс* → *Повернуть*.

Для швидкого переходу до обертання моделі навколо центру габаритного паралелепіпеда (без виклику спеціальної команди) можна скористатися комбінаціями клавіш [Ctrl] + [Shift] + [стрілка].

За використання комбінацій [Ctrl] + [Shift] + [стрілка вгору] і [Ctrl] + [Shift] + [стрілка вниз] модель обертається у вертикальній площині, перпендикулярній площині екрану.

За використання комбінацій [Ctrl] + [Shift] + [стрілка вправо] і [Ctrl] + [Shift] + [стрілка вліво] модель обертається в горизонтальній площині.

Якщо необхідно обертати модель у площині екрану, використовують клавіатурні комбінації [Alt] + [стрілка вправо] і [Alt] + [стрілка вліво].

Кут повороту моделі за одноразового використання вказаної клавіатурної комбінації називається *кроком кута* повороту деталі. Щоб настроїти його величину, необхідно викликати команду *Сервіс* → *Параметри* → *Система* → *Редактор моделей* → *Параметри управления изображением*. Увести в поле «Шаг угла поворота детали» потрібне значення кроку або вибрати його зі списку. Вийти з діалогового вікна натиснувши кнопку [Ok]. Після цього поворот моделі при допомозі клавіатурних комбінацій здійснюватиметься з указаним кроком.

Іноді необхідно повернути модель рівно на 90 градусів. Для виконання такого повороту у вертикальній площині, перпендикулярній площині екрану, використовують клавіатурні комбінації [Пробіл] + [стрілка вгору] і [Пробіл] + [стрілка вниз], у горизонтальній площині – комбінації [Пробіл] + [стрілка вправо] і [Пробіл] + [стрілка влево], а в площині екрану – комбінації [Alt] + [стрілка вгору] і [Alt] + [стрілка вниз].

Можна також скористатися кнопкою *Орієнтація*, яка розташована на панелі *Вид* (рис. 12.3). Натисненням на стрілку поряд із цією кнопкою викликається меню з переліком стандартних назв орієнтацій: «Сверху», «Снизу», «Слева», «Справа», «Спереди», «Сзади», «Изометрия XYZ», «Изометрия YZX», «Изометрия ZXY», «Диметрия» (кожне з них відповідає напрямку погляду спостерігача на модель). Необхідно вибрати з цього меню команду відповідно до потрібної орієнтації. Модель обернеться так, щоб напрям погляду відповідав указаному.

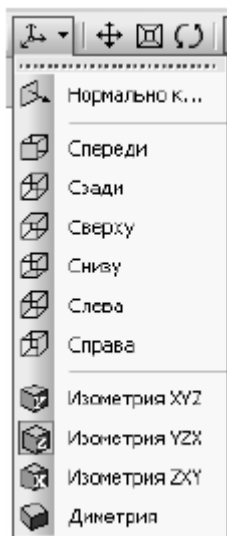


Рисунок 12.3

Іноді необхідно, щоб паралельною площині екрану опинилась не проекційна площина, а допоміжна площина або плоска грань деталі. Щоб встановити таку орієнтацію, необхідно виділити потрібний плоский об'єкт і викликати з контекстного меню *Орієнтація* команду *Нормально к...* Модель обернеться так, щоб напрям погляду був перпендикулярно вибраному об'єкту.

Часто потрібна така орієнтація, за якої одна з площин проєкцій паралельна площині екрану (у цьому випадку зображення моделі відповідає її зображенню на кресленні в стандартній проєкції, наприклад на виді зверху або ліворуч). Таку орієнтацію важко отримати, повертаючи модель за допомогою миші. У цьому випадку для зміни орієнтації можна користуватися передбаченим системою КОМПАС списком назв орієнтацій.

Можна не лише використати стандартні назви орієнтацій, але і запам'ятовувати поточну орієнтацію під яким-небудь ім'ям, а потім повертатися до неї у будь-який момент, вибравши це ім'я зі списку.

Згодом, коли орієнтація моделі зміниться, можна вибрати створену орієнтацію з меню *Орієнтація*, і модель повернеться так, щоб її орієнтація відповідала указаній назві.

У діалоговому вікні вибору орієнтації, що з'являється на екрані при натисненні на кнопку *Орієнтація*, можна не лише створити нову орієнтацію, але і вибрати існуючу, а також видалити зі списку створену користувачем назву орієнтації.

Під час роботи в КОМПАСі доступні такі типи відображення моделі:

- каркас;
- без невидимих ліній;
- із тонкими невидимими лініями;
- півтонове;
- півтонове з каркасом;
- перспектива.

Щоб вибрати тип відображення, необхідно викликати команду *Вид* → *Отображение* і вказати потрібний варіант. Можна також використати кнопки на панелі *Вид* (рис. 12.4).

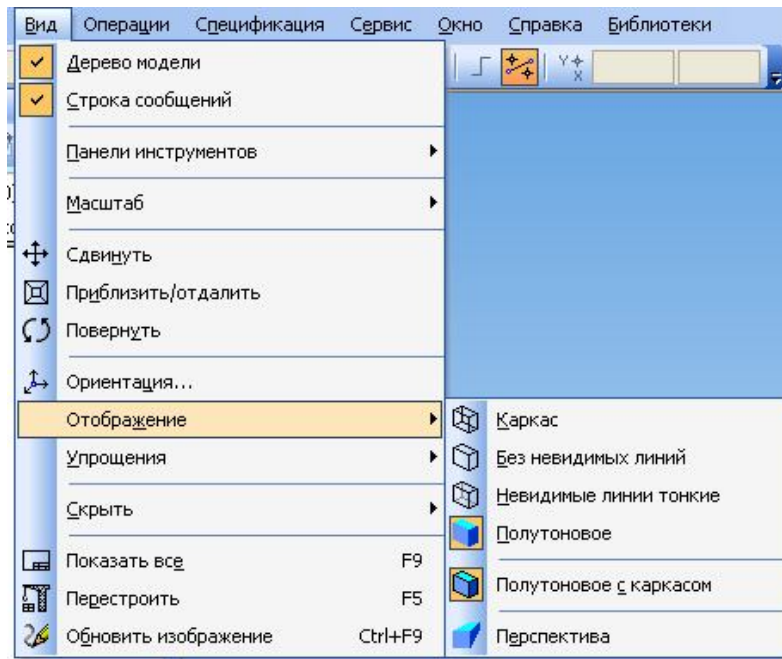


Рисунок 12.4

Який би тип відображення не був вибраний, він не впливає на властивості моделі. Наприклад, при виборі каркасного відображення модель залишається суцільною і твердотілою (а не перетворюється в набір «дротяних» ребер), просто її поверхня і матеріал не показуються на екрані.

## 12.2 Побудова 3D-моделей простих геометричних тіл

У КОМПАС-3D для завдання форми об'ємних елементів виконується таке переміщення плоскої фігури у просторі, слід від якого визначає форму елемента (наприклад, поворот дуги кола навколо осі утворює сферу або тор, зміщення багатокутника – призму тощо).

Плоска фігура, на основі якої утворюється елемент, називається *ескізом*, а формотворне переміщення ескізу – операцією.

Побудова тіла розпочинається зі створення формотворного елемента одного з таких типів:

- елемент витискування;
- елемент обертання;
- кінематичний елемент;
- елемент по перерізах.

На початку створення моделі завжди встає питання про те, у якому порядку проводити побудову і з якого елемента розпочинати. Для відповіді на нього потрібно хоч би приблизно уявляти конструкцію майбутньої деталі. Для побудови базової поверхні використовуються певні операції.

### 12.2.1 Операція витискування

Побудова призми, усіченої піраміди, а також циліндра в КОМПАСі здійснюється за допомогою команди *Выдавливание* (рис. 12.5). Витискування ескізу здійснюється в напрямі, перпендикулярному до площини ескізу.

Вимоги до ескізу елемента витискування:


- в ескізі може бути один або декілька контурів;
- якщо контур один, то він може бути *розімкненим* або *замкнутим*;
- якщо контурів декілька, усі вони мають бути *замкнуті*;
- якщо контурів декілька, один із них має бути зовнішнім, а інші – вкладеними в нього;
- допускається один рівень вкладеності контурів.

Розглянемо детальніше операцію витискування на прикладі призми, піраміди і циліндра:


– запустити програму КОМПАС, у вікні вибору типу створюваного документа вибрати *деталь*;

– у панелі управління вибрати *Ориентация* → *Изометрия YXZ* – це найбільш звичне розташування осей в ізометрії;

- у вікні *Дерево построения* відображається хід виконання усіх операцій, у ньому також можна редагувати конкретний крок операції;


- у вікні *Дерево построения* вибрати *Плоскость XY*, а потім у контекстному меню вибрати *Эскиз* ();

- на робочому полі креслення з'явиться площина *XY*, у центрі якої буде показана орієнтація осей;

- від точки початку координат накреслити необхідний багатокутник для створення призми і усіченої піраміди і коло для створення циліндра, використовуючи панель *Геометрия* () на Компактній панелі інструментів;

- натиснути *ПКМ* на порожньому місці екрану і знову вибрати *Эскиз*;

Ви знову повернетесь до орієнтації осей *Изометрия YXZ*, вибраних раніше, але вже з накресленим ескізом в площині *XY*;

- у Дереві побудови виберіть *Эскиз*, потім у Головному меню вибрати *Операции* → *Операция* → *Выдавливание* ();

- у Панелі властивостей можна задати товщину стінки або її відсутність, напрям витискування, звуження або розширення відносно центру фігури і висоту (відстань витискування) (рис. 12.5);

- у Панелі властивостей також можна змінювати колір деталі або окремих її стінок, прозорість, видимість ліній.

Для того щоб побудувати *усічену піраміду*, необхідно вказати у Панелі властивостей звуження і задати кут звуження (який не дорівнює нулю).

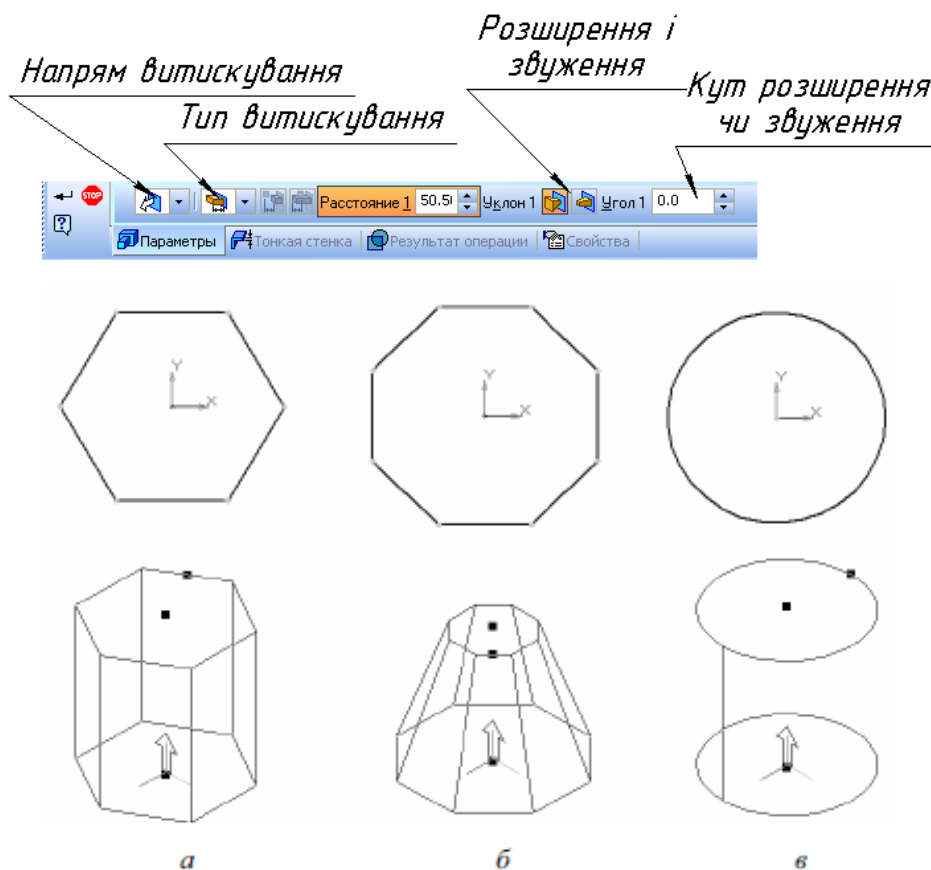


Рисунок 12.5: а – побудова призми; б – побудова усіченої піраміди; в – побудова циліндра

### 12.2.2. Операція обертання

Циліндрична і конічна поверхні – поверхні обертання, проте їх можна задавати операціями двох типів:

- операцією *витискування* аналогічно створенню призми, тільки як об'єкт для витискування використовуватиметься коло;
- операцією *обертання*.

Розглянемо детальніше операцію обертання. Як і для будь-якої іншої 3D-операції, спочатку необхідно створити *ескіз*. Вимоги, які висуваються до ескізу елемента обертання:

- вісь обертання має бути зображена в ескізі відрізком із стилем лінії «*Осевая*»;
- вісь обертання має бути одна;
- в ескізі може бути один або декілька контурів;
- якщо контур один, то він може бути *розімкненим* або *замкнутим*;
- якщо контурів декілька, усі вони мають бути замкнуті;
- якщо контурів декілька, один із них має бути зовнішнім, а інші – вкладеними в нього;
- допускається один рівень вкладеності контурів;
- жоден із контурів не повинен перетинати вісь обертання (відрізок зі стилем лінії *Осевая*) або її продовження.

Розглянемо приклад побудови *циліндра*, *конуса*, *кулі* і тора за допомогою операції обертання. Аналогічно створенню призми увійдемо у вікно побудови деталі і виберемо створення ескізу в площині *XY* (рис. 12.6).

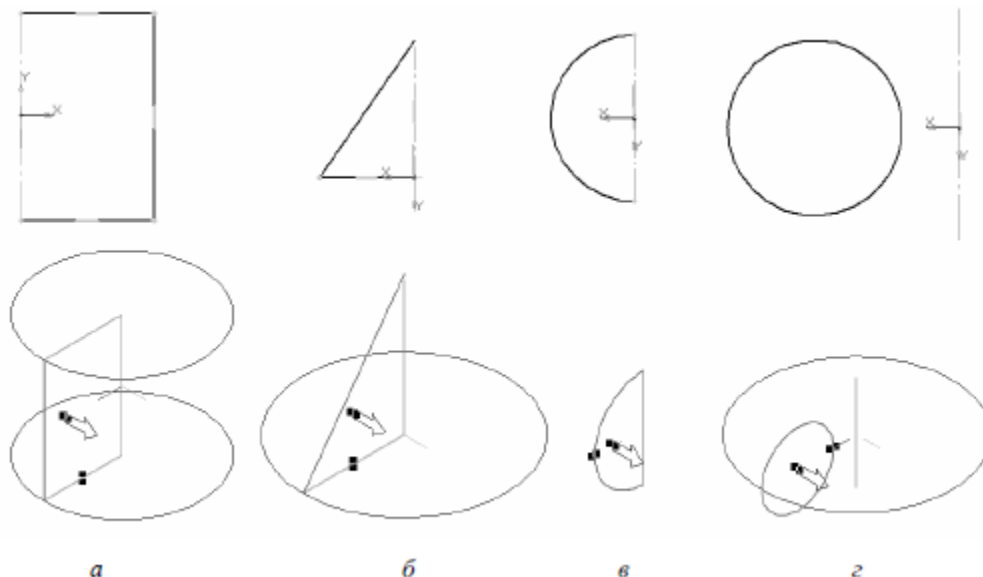


Рисунок 12.6: а – побудова циліндра, б - побудова конуса,  
в - побудова кулі, г - побудова тора

Елементом обертання в ескізі для створення циліндра є прямокутник, одна із сторін якого має стиль лінії *Осевая* і є віссю обертання. Під час створення конуса елементом обертання в ескізі є прямокутний трикутник, один із катетів якого виділений стилем лінії *Осевая*. А у разі усіченого конуса – чотирикутник. Для кулі – дуга, кінці якої сполучені відрізком, стиль лінії якого – *Осевая*. Для тора ескіз є колом і відрізком, відміченим осьовим стилем і віддалений від кола на необхідну для його побудови відстань.

Далі необхідно виконати такі дії:

- вийти з вікна створення ескізу;
- увійти до меню *Операции* → *Операция* → *Вращение*.

У Панелі властивостей задати:

- спосіб побудови: тороїд або сфероїд;
- напрям: пряме, зворотне, у два напрями, середня площина;
- кут обертання: від 0 до 360°;
- наявність тонкої стінки та її товщину (рис. 12.7).

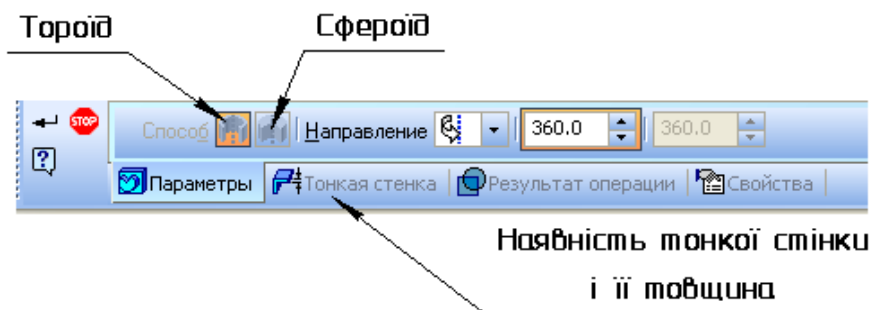


Рисунок 12.7

### 12.2.3 Кінематична операція

*Кінематична операція* – переміщення ескізу уздовж вказаної напрямної. Операції витискування і обертання є окремими випадками кінематичної операції. Зрозуміло, що під



час витискування траєкторія переміщення ескізу-перерізу становить відрізок прямої лінії, а під час обертання – дугу кола (чи повне коло).

При виконанні кінематичної операції використовуються як мінімум два ескізи; на одному з них зображений переріз кінематичного елемента (кінематичної поверхні), на інших – траєкторія руху перерізу.

Для створення кінематичної операції необхідно виконати такі умови.

#### *Ескіз-переріз*

У ескізі-перерізі може бути тільки один контур.

Контур може бути розімкненим або замкнутим.

#### *Ескіз-траєкторія*

Якщо траєкторія складається з одного ескізу, мають бути виконані такі умови:

- в ескізі-траєкторії може бути тільки один контур;
- контур може бути розімкненим або замкнутим;
- якщо контур розімкнений, його початок має лежати в площині ескізу-перерізу;
- якщо контур замкнутий, він має перетинати площину ескізу перерізу.

Якщо траєкторія складається з декількох ескізів, мають бути виконані такі умови:

- в кожному ескізі-траєкторії може бути тільки *один контур*;
- контур має бути *розімкненим*;
- контури в ескізах повинні з'єднуватися один із одним послідовно (початкова точка одного співпадає з кінцевою точкою іншого).

Якщо ескізи утворюють замкнуту траєкторію, то вона повинна перетинати площину ескізу-перерізу.

Якщо ескізи утворюють незамкнуту траєкторію, то її початок повинен лежати в площині ескізу-перерізу.

Спочатку треба побудувати ескіз-траєкторію. Для цього необхідно вибрати в Дереві побудов площину  $XU$  і в Головному меню здійснити *Операции* → *Пространственные кривые* → *Цилиндрическая спираль*.

У Панелі властивостей можна вказати спосіб побудови, кількість витків, крок або висоту пружини, напрям побудови і напрям навивання, діаметр спіралі (рис. 12.8).

Ескіз-переріз будується в іншій площині. У Дереві побудов вибрати площину  $ZX$ , перейти в *Эскиз* і створити на кінці спіралі коло (рис. 12.9).

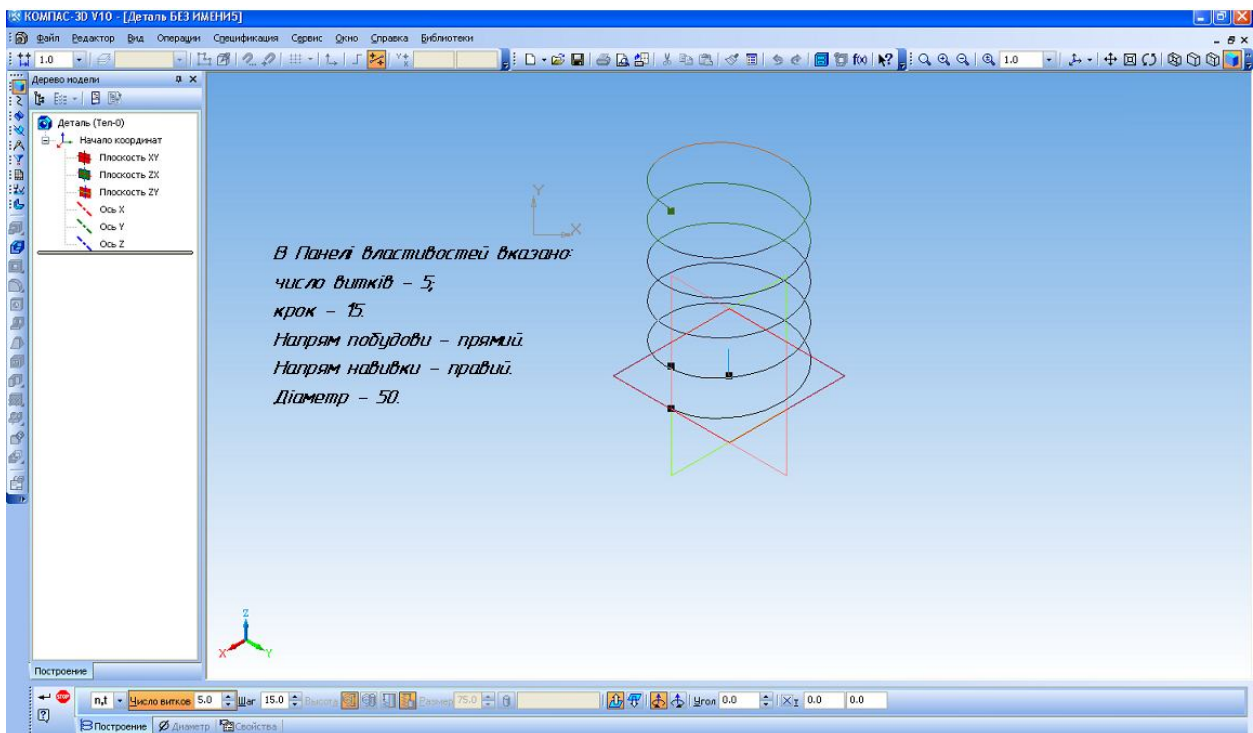


Рисунок 12.8

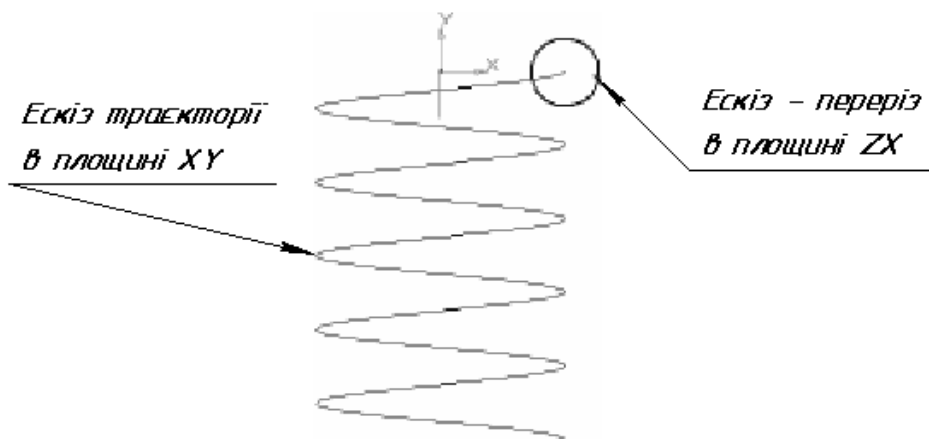


Рисунок 12.9

Вийти з режиму *Эскиз* і вибрати *Операции* → *Операция* → *Кинематическая*. У Дереві побудов вибрати *Цилиндрическую спираль* і натиснути на кнопку *Создать объект*. На рисунку 12.10 подано підсумкове зображення пружини.

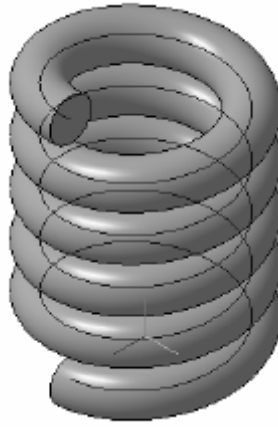


Рисунок 12.10

#### 12.2.4 Операція по перерізах

Побудова тіла по декількох перерізах-ескізах подано на рис. 12.11.

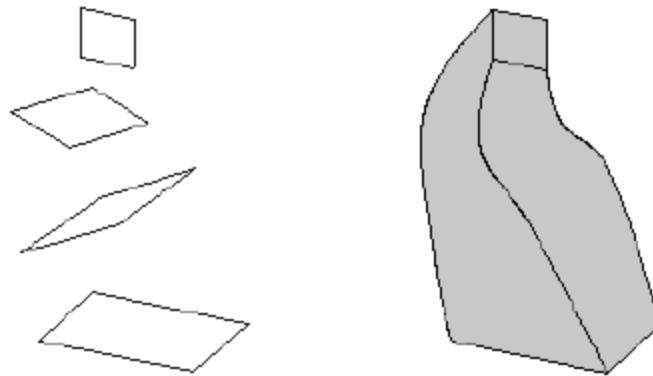


Рисунок 12.11

Для виконання операції по перерізах необхідно виконати такі умови.

*Ескіз - переріз:*

- ескізи можуть бути розташовані в довільно орієнтованих площинах;
- ескіз початкового (кінцевого) перерізу може містити контур чи точку;
- ескіз проміжного перерізу може містити тільки контур;
- контур в ескізі може бути тільки один;
- контури в ескізах мають бути або усі замкнуті, або усі розімкнуті.

*Ескіз – осьова лінія:*

- в ескізі може бути тільки один контур;
- контур може бути розімкненим або замкнутим;
- контур повинен перетинати площини усіх ескізів;
- ескіз повинен лежати в площині, не паралельній площинам ескізів перерізів.

Для коректного формування елемента по перерізах рекомендується починати побудову осьової лінії в площині першого перерізу, а закінчувати – у площині останнього.

#### 12.3 Переріз геометричного тіла площиною окремого положення

Розглянемо спосіб побудови перерізу тіла площиною окремого положення на прикладі (рис. 12.12).

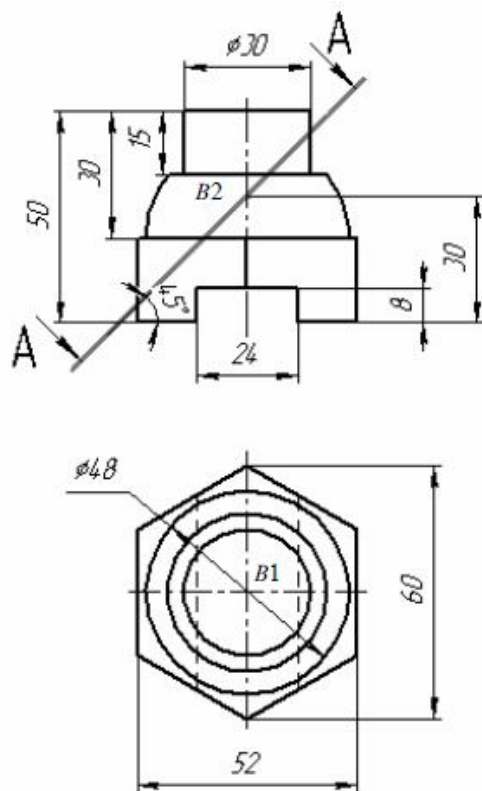


Рисунок 12.12

Завдання:

1. За двома проекціями заданого тіла створити 3D-модель. Побудувати переріз тіла площиною А-А.

2. На 3D-моделі тіла вибрати головний вид.

3. На форматі А3 побудувати головний вид, вид ліворуч і вид зверху.

Отримати натуральну величину перерізу А-А.

Перед початком роботи необхідно проаналізувати подану модель. Після аналізу отримуємо такі дані, що потрібні для побудови 3D-моделі:


- в основі моделі розташована шестигранна пряма призма;
- на верхній основі призми розташована усічена півсфера;
- на усіченій частині півсфери знаходиться прямий циліндр;
- у призматичній основі виконаний призматичний чотирикутний виріз, вісь симетрії якого розташована перпендикулярно осі симетрії усієї моделі.

На підставі цих даних здійснюватимемо побудову 3D-моделі.

### 12.3.1 Побудова 3D-моделі

Побудову розпочинаємо з шестигранної призми, оскільки вона лежить в основі усієї деталі. Для цього виконаємо такі дії.

1. Запустимо програму КОМПАС, у вікні вибору типу креслення виберемо *Деталь*.

2. На Панелі управління виберемо  *Ориєнтація* → *Ізометрія YZX* – це найбільш звичне розташування осей в ізометрії.

3. Перейдемо в режим побудови ескізу.

4. Від точки з координатами (0; 0) накреслимо шестикутник, вид якого подано на рисунку 12.13, за допомогою Інструментальної панелі: *Прямоугольник* → *Многоугольник* (в Панелі властивостей задамо параметри – 6 вершин, радіус описаного кола – 30 мм).

5. Повернемося в режим 3D-моделювання.

6. Виберемо в рядку меню *Операции* → *Операция* → *Выдавливание*. У панелі властивостей задамо такі параметри призми: «*выдавить в прямом направлении*», «*на расстояние 20 мм*», «*угол уклона равен нулю*».

7. У панелі *Вид* виберемо тип зображення: «*полутонное, полутонное с каркасом*».

8. Створимо об'єкт (↵) (рис. 12.14).



Рисунок 12.13

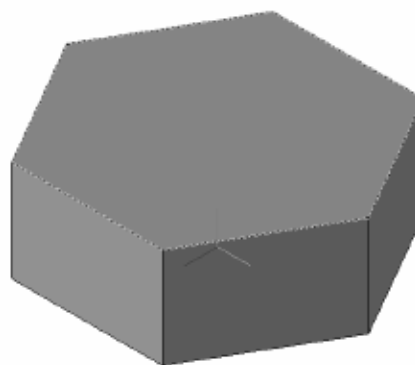


Рисунок 12.14

Наступним етапом створення моделі є побудова усіченої півсфери на верхній основі 6-гранної призми.

Для цього виконаємо такі дії.

1. Курсором виділимо верхню основу 6-гранної призми (рис. 12.13).

2. Натиснемо кнопку *Эскиз*. Зображення розвернеться до площини екрану виділеною гранню, у центрі якої знаходиться перетин осей *X* і *Y*.

Побудуємо ескіз для створення півсфери (рис. 12.15): задамо *Дугу* радіусом 24 мм від центру координат і з'єднаємо кінці дуги *Відрізком*, що проходить через центр системи координат, із заданим стилем лінії *Осевая*.

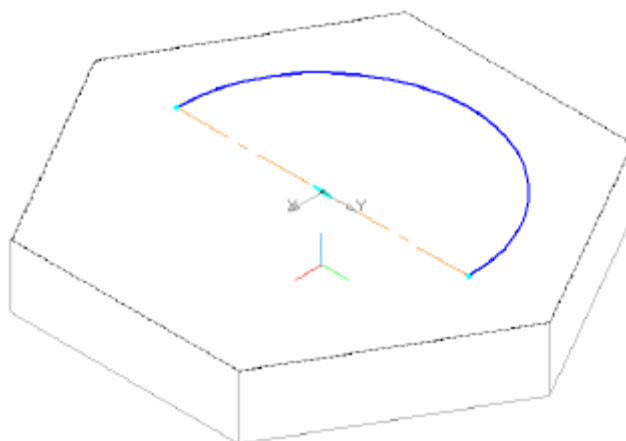


Рисунок 12.15

4. Повернемося в режим 3D-моделювання натиснувши кнопку *Эскиз*.
  5. Виберемо *Операции*→*Операция*→*Вращение*, а в Панелі властивостей встановимо такі параметри:
    - «*Способ*» – сфероїд
    - «*Направление*» – пряме;
    - «*Угол*» – 180 градусів;
    - У закладці *Тонкая стенка* – виберемо «Ні».
  6. Натиснемо кнопку *Создать объект*.
- Результат побудови подано на рисунку 12.16.

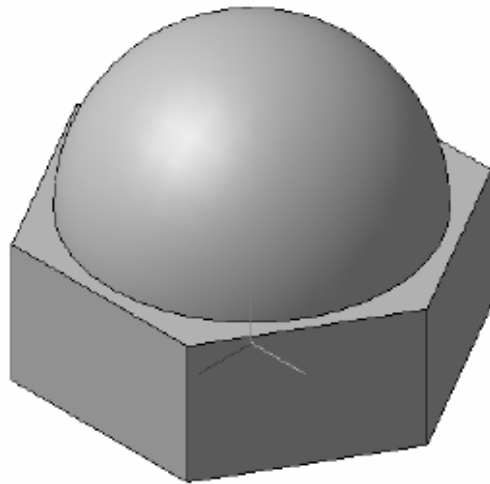


Рисунок 12.16

У моделі, що будується, півсфера – усічена площиною, паралельна площині *XU*. Для того, щоб усікти півсферу, виконаємо такі дії.

1. Виділимо верхню основу призми і виберемо *Операции* → *Плоскость* → *Смещенная*, у Панелі властивостей вкажемо *Расстояние* – 15, *Направление смещения* – пряме, натиснемо на кнопку *Создать объект* (↵), а потім – на клавішу [*Esc*].

2. Виділимо курсором у Дереві побудови створену зміщену площину і перейдемо в режим «*Эскиз*».

3. Використовуючи команду *Прямоугольник по центру и вершине* створимо прямокутну область розміром більшим, ніж діаметр сфери (рис. 12.17).

4. Виберемо *Стиль линий* → *Основная*.

5. Вийдемо з режиму *Эскиз* і виберемо *Операции* → *Вырезать* → *Выдавливанием*.

Укажемо в Панелі властивостей *Обратное направление* і спосіб побудови – *Через всё*. Натиснемо кнопку *Создать объект*.

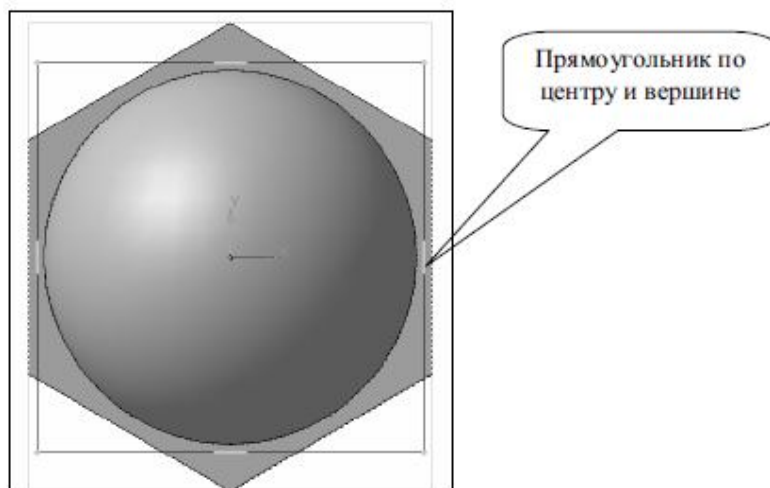


Рисунок 12.17

На усіченій основі півсфери знаходиться циліндр. Побудова циліндра здійснюється у такий спосіб.

1. Виділимо курсором верхню основу усіченої півсфери і перейдемо в режим *Эскиз*.
2. Задамо коло з центром у середині системи координат і радіусом, що дорівнює 15 мм.
3. Вийдемо з режиму *Эскиз*. Використовуючи операцію *Выдавливание*, створимо циліндр заввишки 15 мм.

У шестигранній призмі є наскрізний прямокутний призматичний виріз. Побудуємо його в такому порядку.

1. Створимо орієнтацію осей – *Изометрия YZX*, виберемо в Дереві побудов – *Плоскость ZX* і перейдемо в режим *Эскиз*.
2. Створимо *Прямоугольник по центру и вершине*, центр якого співпадає з центром системи координат, а також заввишки 16 мм, і шириною, що дорівнює 24 мм. Приклад зображення наведений на рисунку 12.18.

Вийдемо з режиму *Эскиз*. За допомогою операції *Вырезать выдавливанием* задамо параметри *Два направления* і спосіб вирізування – *Через все* (у обох напрямках).

Повернемося до орієнтації осей *Изометрия YZX*, зображення деталі має відповідати рисунку 12.19.

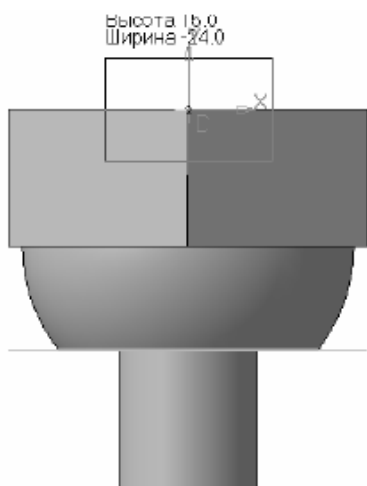


Рисунок 12.18

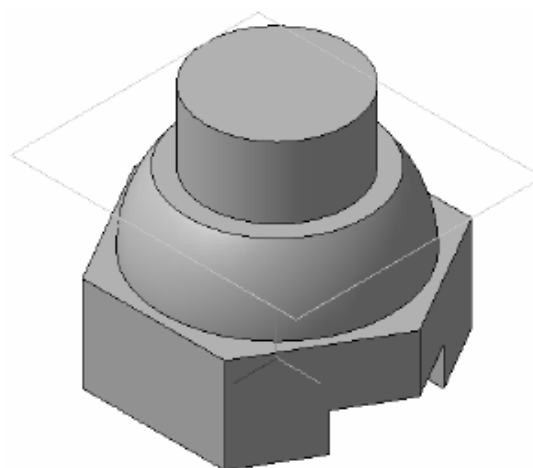



Рисунок 12.19

### 12.3.2 Створення асоціативних видів моделі

Після створення 3D-моделі будується її робоче креслення. Асоціативні види знаходяться у зв'язку з тривимірною моделлю.

1. Для того, щоб побудувати три види деталі, необхідно у відповідно до рисунка 11.9 послідовно вибрати і зберегти види: спереду, згори і ліворуч.

2. Встановимо в панелі *Орієнтація* () *Вид сверху* і далі утримуючи натиснутою комбінацію клавіш [Alt] + [стрілки] чи [Shift] + [Ctrl] + [стрілки], виберемо вид спереду відповідно до рисунка 12.20. Збережемо його вибравши *Вид* → *Орієнтація* → *Добавить* (укажемо ім'я потрібної проекції, у цьому випадку це *фронтальная проекция*) (рис. 12.20 і 12.21). Натиснемо кнопку [OK].

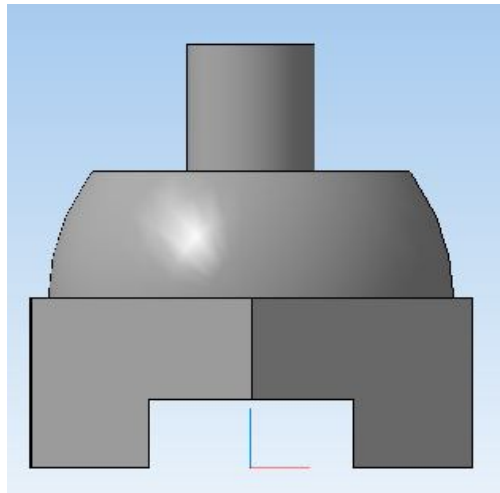


Рисунок 12.20

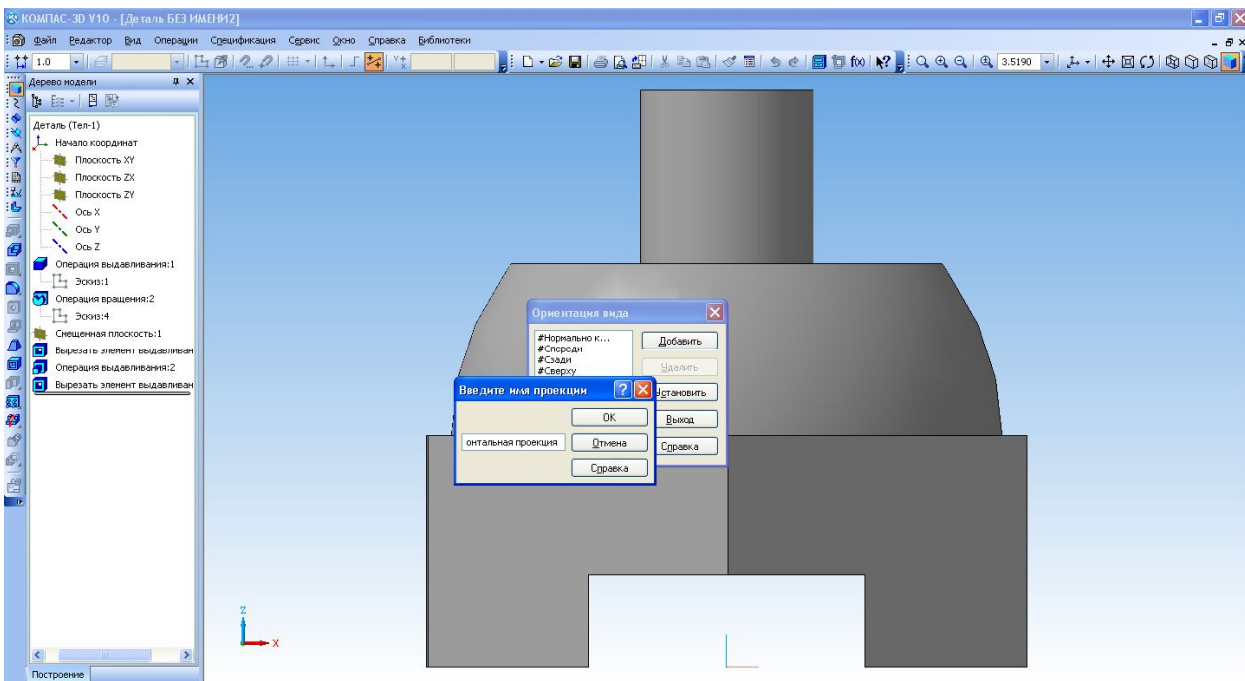


Рисунок 12.21

### 12.3.3 Перехід від 3D-моделі до креслення

Для переходу від 3D-моделі до плоского креслення виконаємо такі дії:



1. Відкриємо новий проект – *Чертеж*.
2. Задамо формат *A3* (орієнтація – *Горизонтальный*).
3. Використовуємо команду *Вставка* → *Вид с модели* → *Стандартный*. У Панелі властивостей виберемо в рядку *Ориентация главного вида* той вид, який зберегли, наприклад *Фронтальная проекция*.

Відносно головного виду формуються в проекційному зв'язку інші два (три квадратики поряд із курсором) (рис. 12.22).

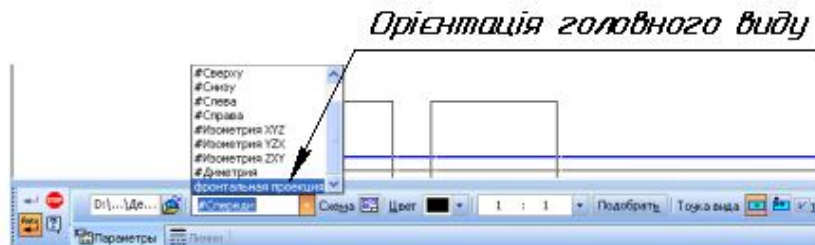




Рисунок 12.22

4. Клацанням *ЛКМ* матимемо в розпорядженні три види на кресленні, переміщаючи курсор (три квадратики). Тепер види знаходяться в проекційному зв'язку.
5. Креслення допрацьовується побудовою осей симетрії, нанесенням розмірів і заповненням основного напису.

#### 12.3.4 Визначення натуральної величини перерізу

За завданням січна площина проходить через точку  $B_2$  (рис. 12.23).

1. На фронтальній проекції за допомогою *Вспомогательной прямой* і *Параллельной прямой* проведемо фронтально-проектуючу площину (рис. 12.23).
2. Далі в Інструментальній панелі натиснемо на кнопку *Обозначения* () і виберемо *Линию разреза* (). Позначимо січну площину на кресленні, вказавши її початкову і кінцеву точки (рис. 12.24).
3. У Панелі властивостей можна задати розріз/переріз, розірвати проекційний зв'язок із видом, змінити стиль штрихування і позначення розрізу/перерізу (рис. 12.25).

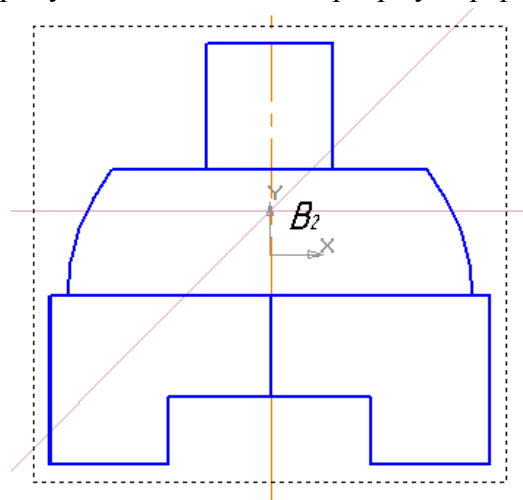


Рисунок 12.23

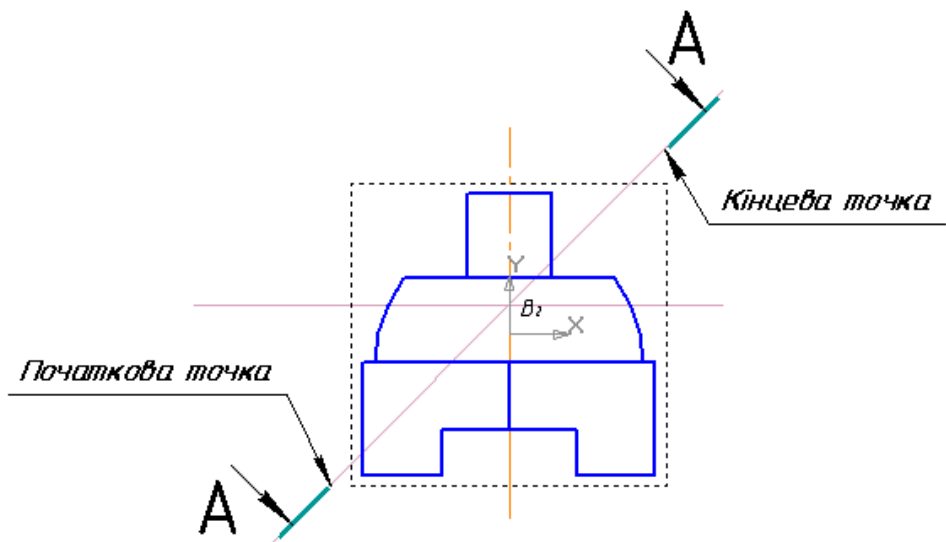


Рисунок 12.24

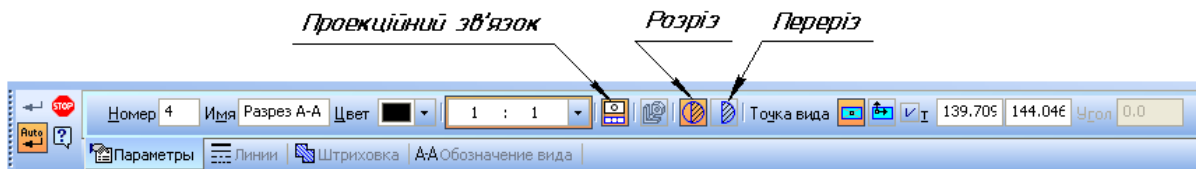


Рисунок 11.25

Натиснемо на кнопки *Сечение* і *Проекционная связь*, після цього розташуємо переріз на кресленні в зручному місці.

4. Проставимо необхідні розміри.
5. Заповнимо основний напис креслення.

Підсумковий вид креслення подано на рисунку 12.26.

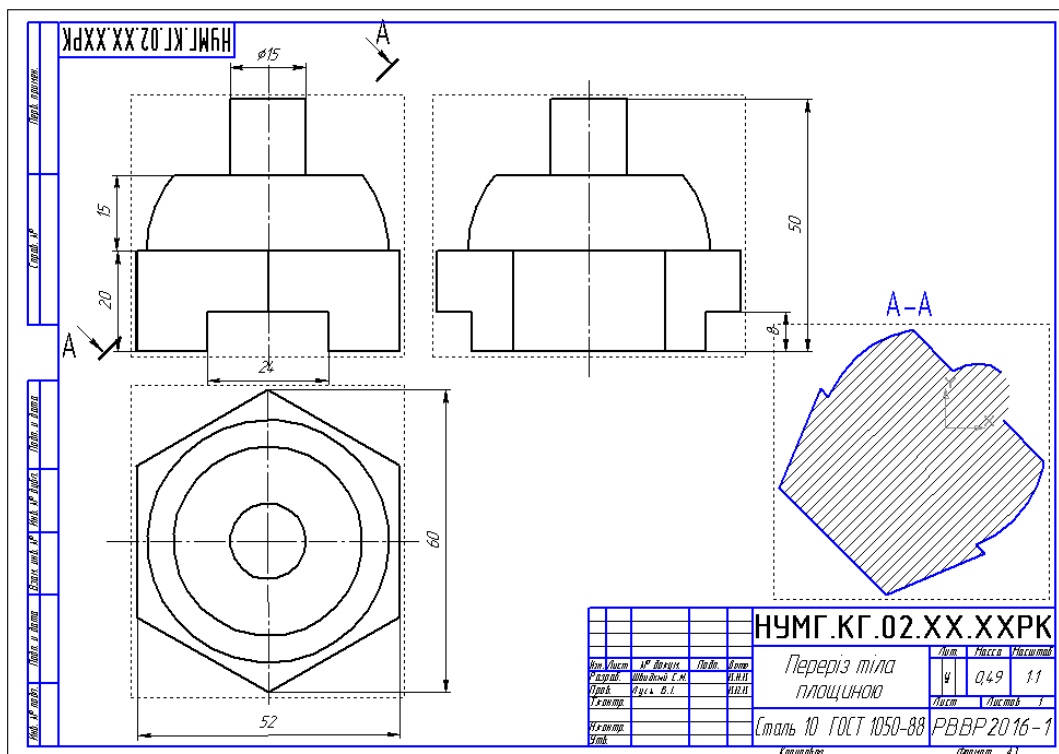


Рисунок 12.26

## 12.4 Перетин поверхонь

Перетин тіл у КОМПАСі створюється в проекті *Деталь* і пов'язаний з об'єднанням, перетином декількох 3D-моделей, виконаних за допомогою операцій обертання, витискування, кінематичної операції та інше в одному файлі.

### 12.4.1 Побудова сфери

1. Обрати створення проекту *Деталь*.
2. Установити орієнтацію *Изометрия YZX*.
3. У Дереві побудов вибрати площину *XY*, створити ескіз сфери з радіусом 50 мм, як показано на рисунку 12.27, за допомогою *Дуги* і *Отрезка* (стиль ліній відрізок – *Осевая*).

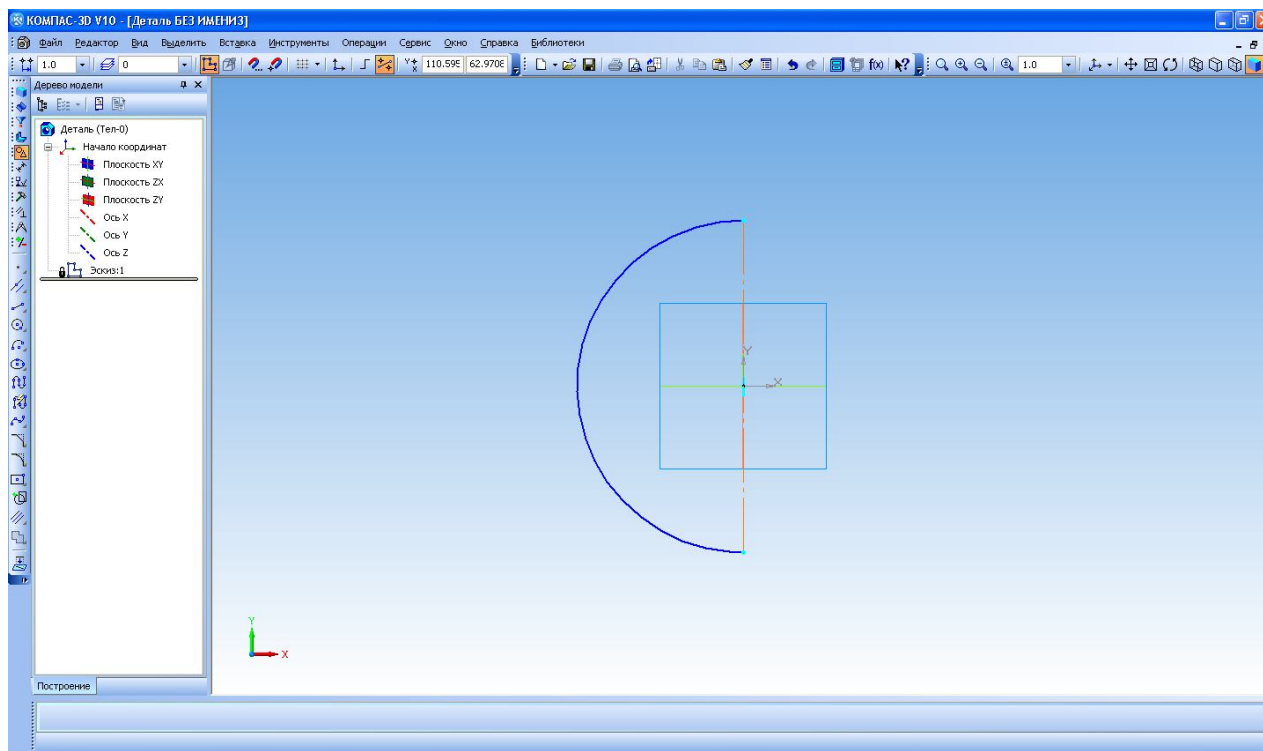


Рисунок 12.27

4. Вийти з режиму *Эскиз* і за допомогою *Операции* → *Вращение* створити сферу. У Панелі властивостей вказати спосіб побудови – *Сфероид*, на вкладці *Параметры* встановити для способу побудови тонкої стінки – *Нет*. Задати кут –  $360^\circ$ . Натиснути кнопку *Создать объект*.

### 12.4.2 Побудова призми

Щоб створити призму, яка перетинає сферу, необхідно створити ескіз трикутника в площині, паралельній площині *XY* (чи будь-якій іншій площині залежно від умови завдання). Для цього необхідно виконати такі дії:

- увійти до меню *Операции* → *Плоскость* → *Смещенная* і вказати базову площину, у Дереві побудови – площина *XY*;
- потім у Панелі властивостей вказати напрям зміщення – *прямий* і відстань зміщення – 65 мм;

- в Дереві побудови вибрати зміщену площину і створити у ній ескіз трикутника, зміщеного відносно початку координат і одній з вершин і дотичну до сфери, як показано на рисунку 12.28. Довжина сторін трикутника довільна;
- за допомогою *Операции* → *Выдавливание* створити призму висотою 130 мм.

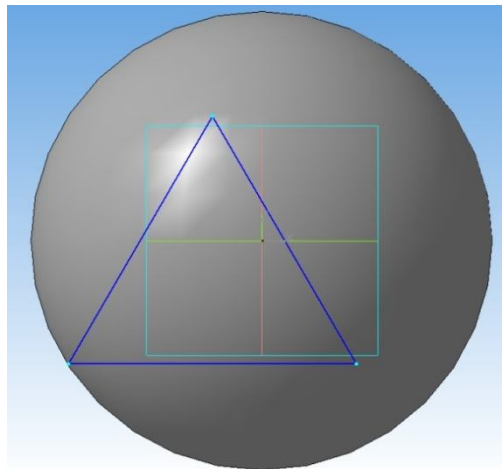


Рисунок 12.28

Після створення тривимірної моделі перетину поверхонь необхідно зберегти вид, вказаний на рисунку 12.29.

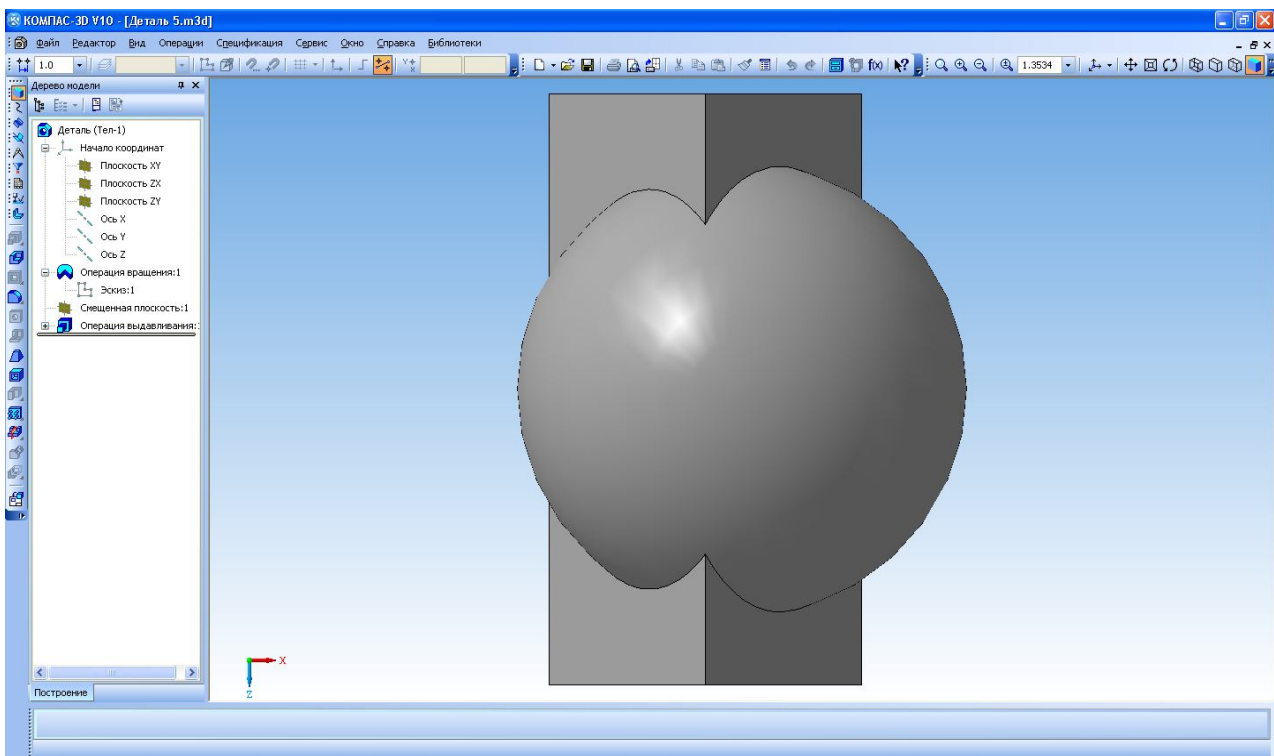


Рисунок 12.29

За 3D-моделлю створити креслення відповідно до рекомендацій, наданих у підрозділі 12.3.3.

### 12.4.3 Побудова креслення по 3D-моделі

1. Щоб отримати на кресленні вид *Изометрия*, необхідно в Головному меню вибрати *Вставка* → *Вид с модели* → *Стандартные*.

2. У Панелі властивостей вибрати *Схему видов* і клацанням ЛКМ по *Виду слева* і *Виду сверху* залиште тільки вигляд спереду – *Главный вид* (рис. 12.30) (для версії LT).

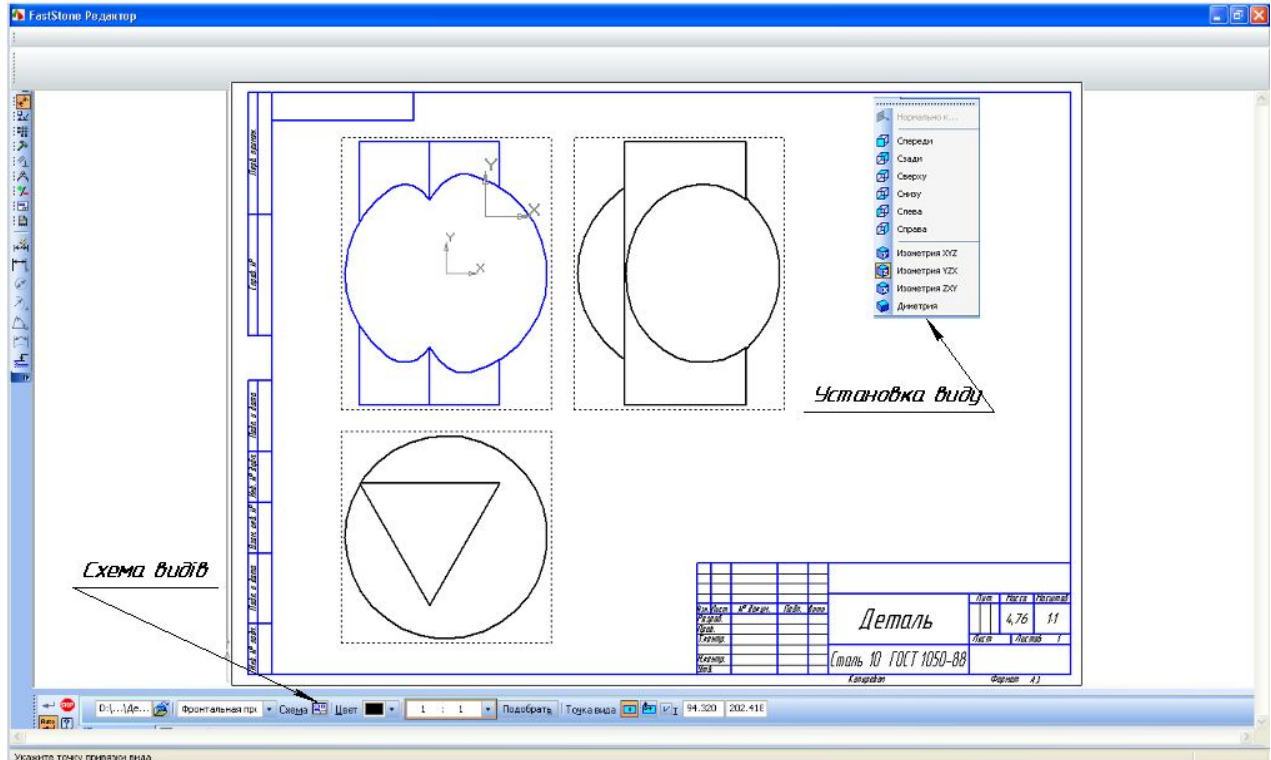


Рисунок 12.30

Для повної версії КОМПАС-3D достатньо вказати *Вид с модели* → *Произвольный* і в Панелі властивостей вибрати *Ориентация вида* – *Изометрия YZX*. Після цього в рядку *Ориентация главного вида* вибрати *Изометрия YZX* і вставити у будь-яке місце на кресленні. У Панелі властивостей можна вказати відображення невидимих ліній, змінити масштаб виду та інше (рис. 12.31). Для цього необхідно виділити ЛКМ рамку виду, натиснути ПКМ і вибрати *Параметры вида*. Використовуючи закладки *Линии* і *Параметры*, можна налаштувати зображення.

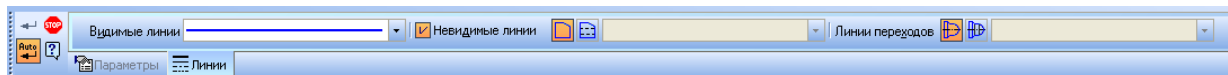


Рисунок 12.31

На рисунку 12.32 подано остаточний варіант виконання креслення.

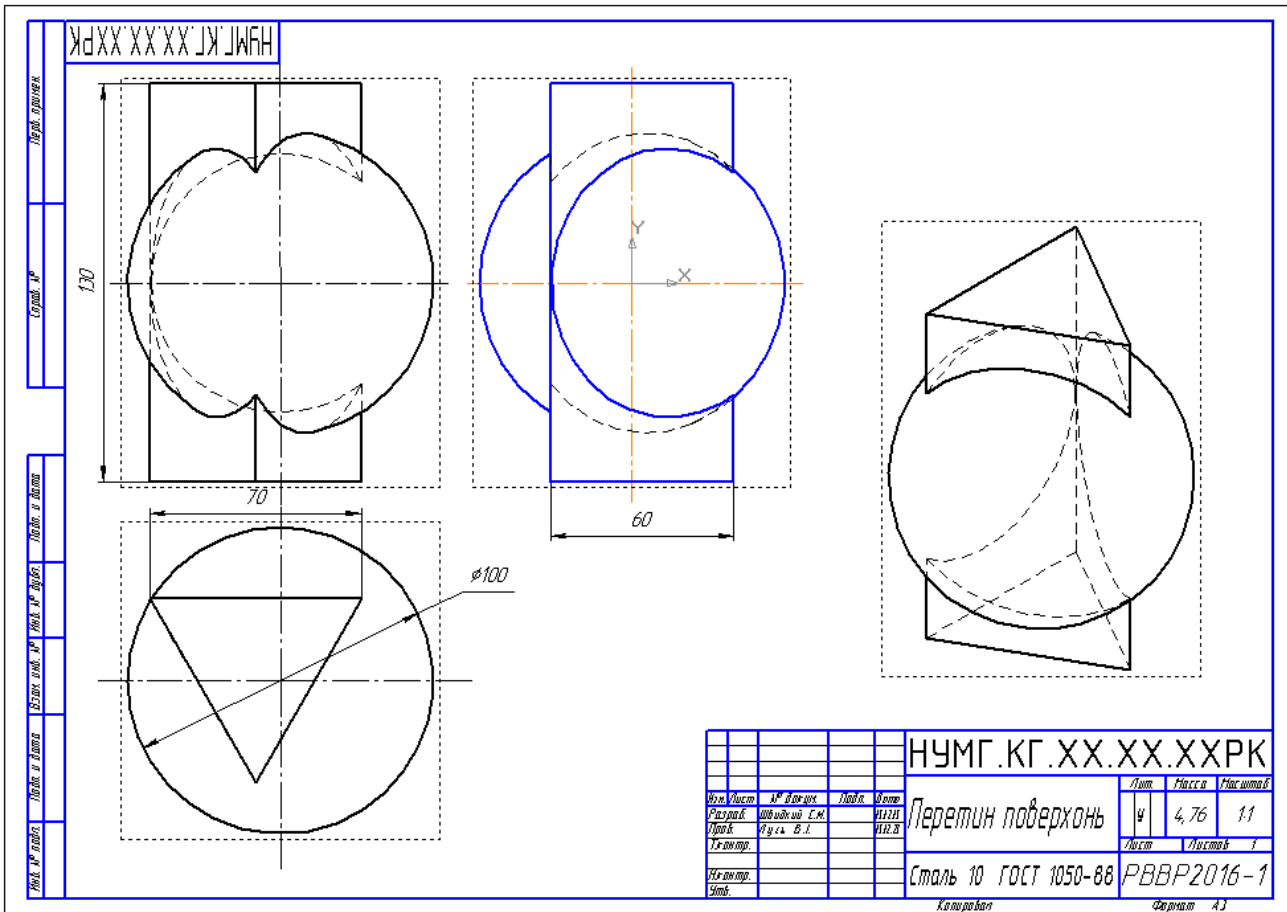


Рисунок 12.32

### 13 ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

Перед початком роботи відновити настройку системи за режимом за налаштуванням, як описано в розділі 1. Створити проект *Деталь*. Початкові дані для побудови моделі наведені на рисунку 13.1. У режимі 3D-моделювання встановити орієнтацію виду *Ізометрія YZX*.

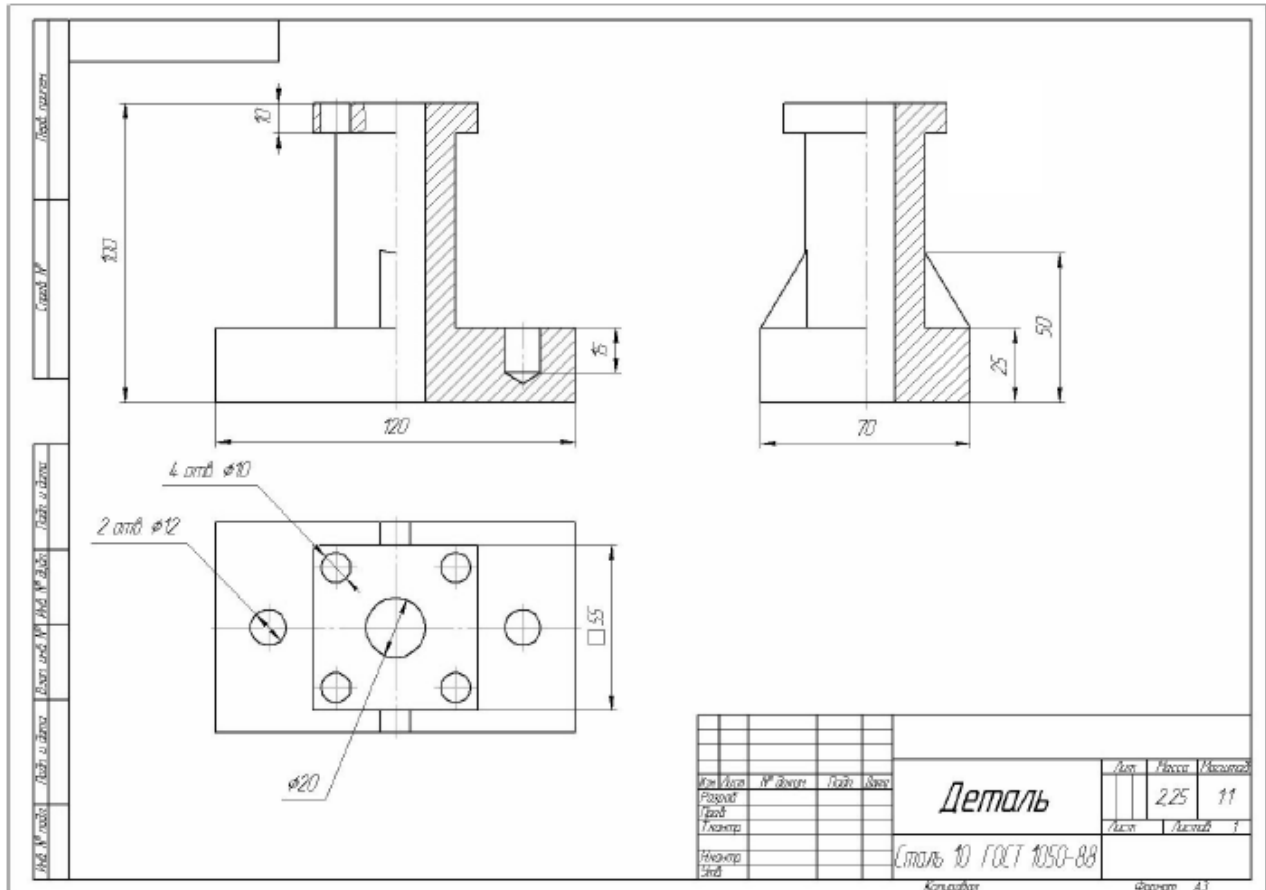


Рисунок 13.1

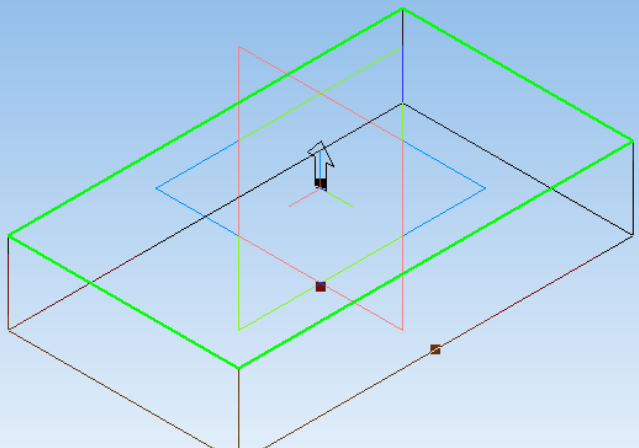
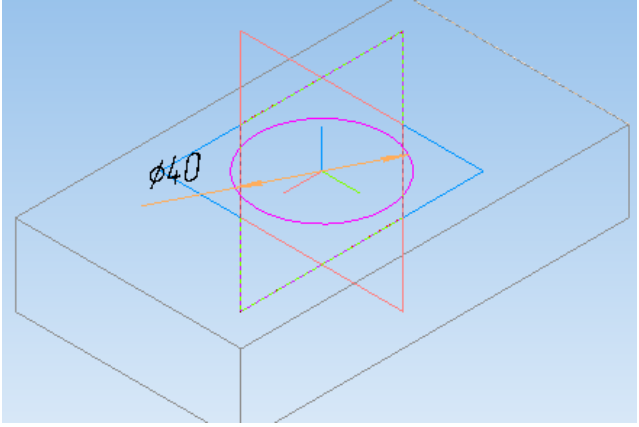
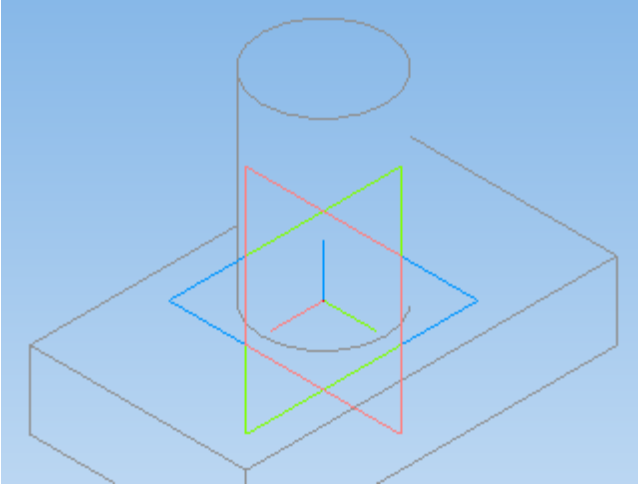
#### 13.1 Створення 3D-моделі

Опис етапів створення моделі наведені в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

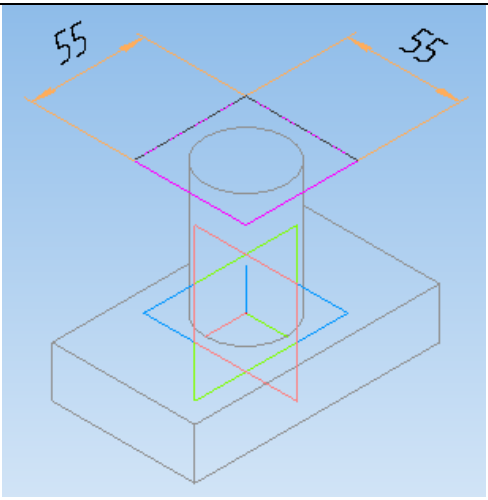
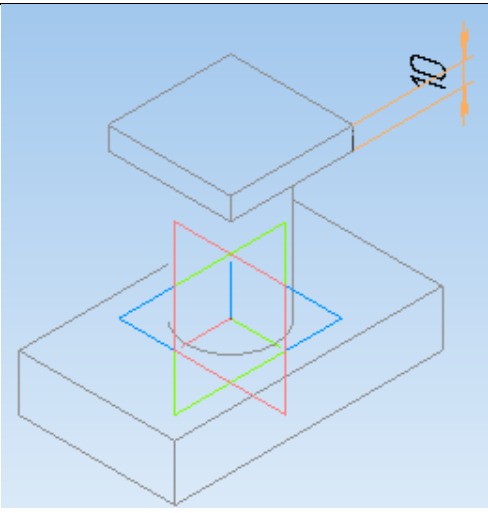
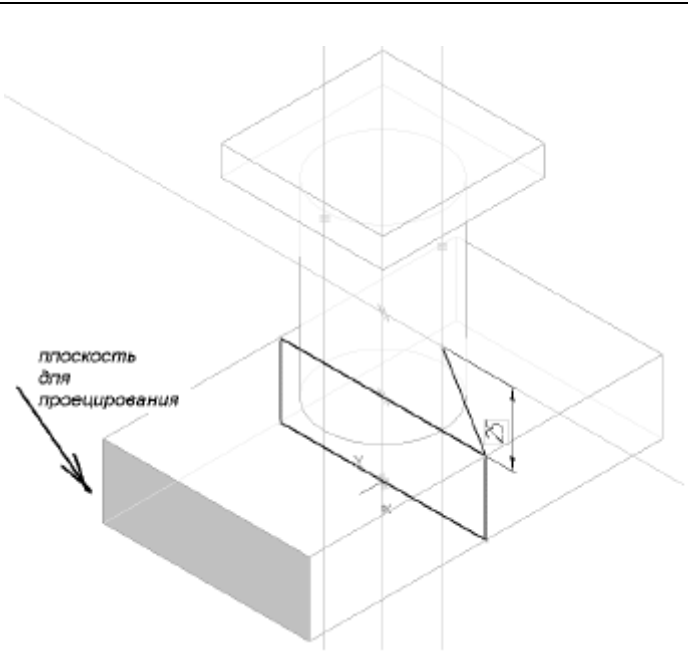
Опис дії	Результат виконання дії
1	2
У площині XY створити ескіз прямокутника	

Продовження таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

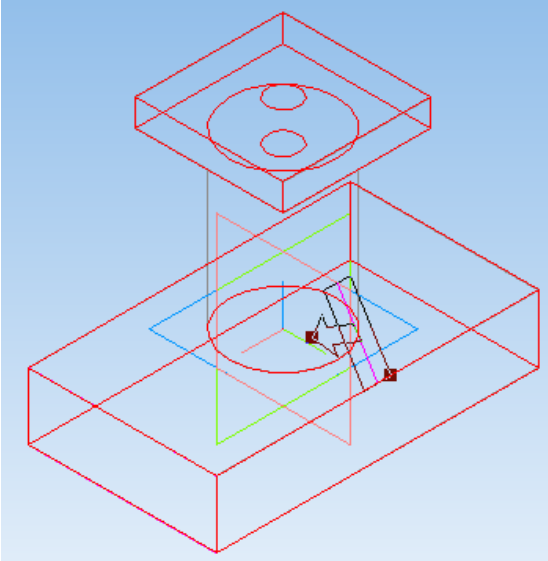
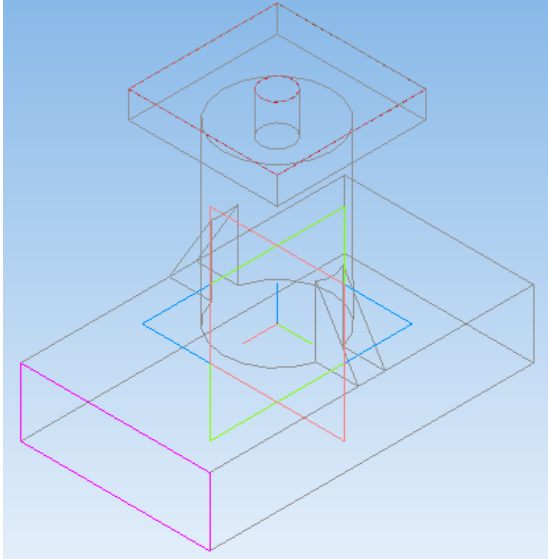
1	2
<p>Витиснути ескіз прямокутника на висоту 25 мм</p>	
<p>У верхній площині отриманої призми накреслити коло діаметром 40 мм</p>	
<p>Витиснути ескіз на висоту 65 мм</p>	



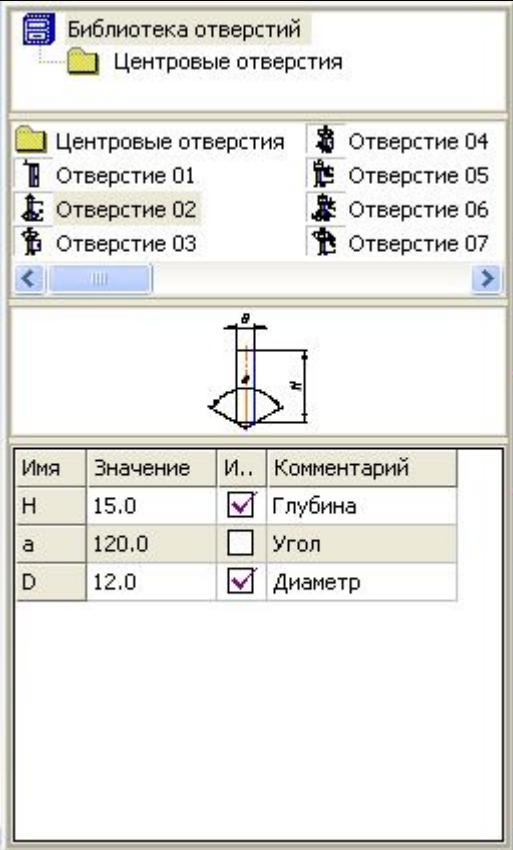
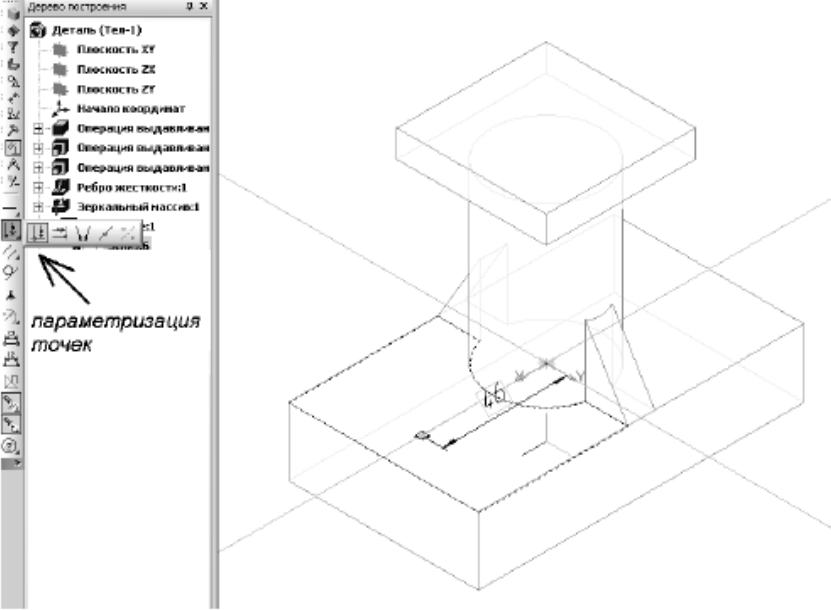
Продовження таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

1	2
<p>У верхній площині отриманого циліндра накреслити квадрат із стороною <b>55</b> мм</p>	
<p>Витиснути Ескіз квадрата на висоту <b>10</b> мм</p>	
<p>У площині створити ескіз ребра жорсткості. У меню <i>Операції</i> вибрати <i>Спроецировать объект</i> і вказати бокову площину основи, паралельну площині <i>ZY</i>. Змінити стиль лінії отриманого прямокутника на <i>Тонкая</i>. Потім використовуючи допоміжні прямі побудувати відрізок за заданими розмірами</p>	

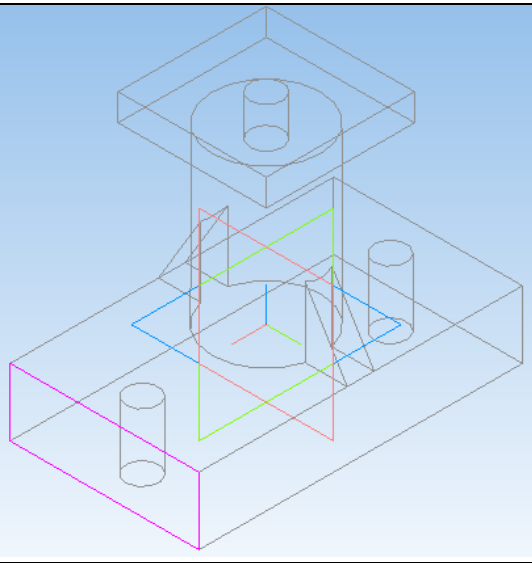
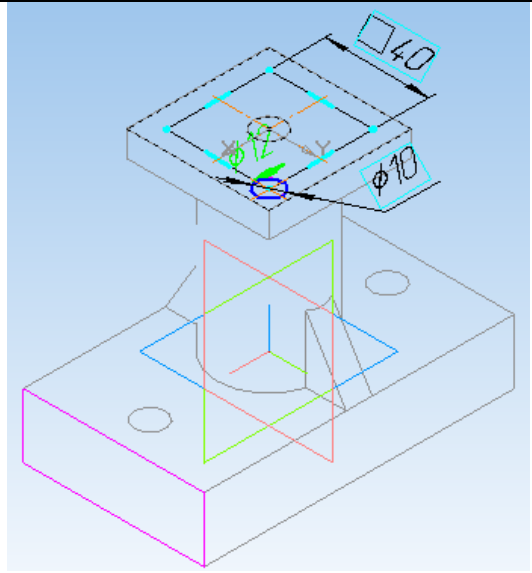
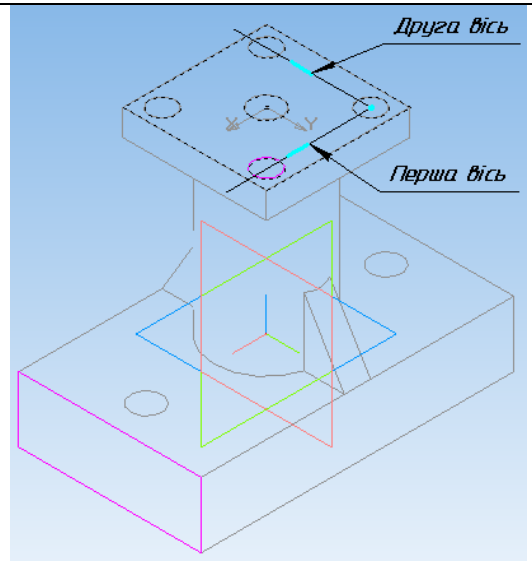
Продовження таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

1	2
<p>У меню <i>Операции</i> вибрати <i>Ребро жорсткості</i> і налаштувати геометричні параметри ребра згідно з початковими даними. Ширина ребра <b>10 мм</b>, положення ребра – <i>В плоскости эскиза</i></p>	
<p>У меню <i>Операции</i> вибрати <i>Зеркальний масив</i> і вказати ребро жорсткості з Деревя побудов і площину відносно якої необхідно будувати дзеркальне тіло (площина ZX)</p>	

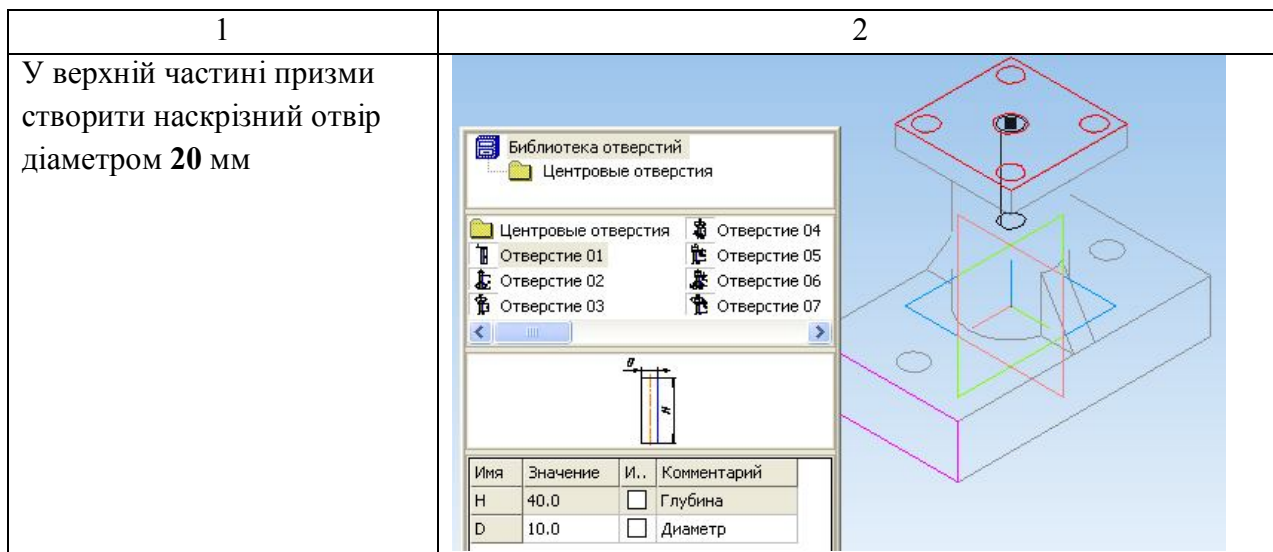
Продовження таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

1	2																
<p>Вибрати верхню площину основи. З меню <i>Операции</i> вибрати <i>Отверстие</i>. У Панелі властивостей налаштувати параметри отвору. Діаметр отвору – 12 мм, кут <math>\alpha = 120^\circ</math>, глибина отвору – 15 мм, тип отвору № 2. Координати центру – довільні</p>	 <table border="1" data-bbox="790 705 1284 862"> <thead> <tr> <th>Имя</th> <th>Значение</th> <th>И..</th> <th>Комментарий</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>15.0</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Глубина</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>120.0</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Угол</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>12.0</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Диаметр</td> </tr> </tbody> </table>	Имя	Значение	И..	Комментарий	H	15.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Глубина	a	120.0	<input type="checkbox"/>	Угол	D	12.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Диаметр
Имя	Значение	И..	Комментарий														
H	15.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Глубина														
a	120.0	<input type="checkbox"/>	Угол														
D	12.0	<input checked="" type="checkbox"/>	Диаметр														
<p>З Древа побудов вибрати ПКМ побудований отвір і перейти в режим редагування ескізу. Перемістити точку центру отвору, як показано на рисунку справа (перемістити центр отвору на 46 мм від центру). За допомогою меню <i>Параметризация</i> Компактної панелі можна накласти взаємозв'язки на окремі об'єкти. У цьому випадку доцільно буде вказати, що точка центру і початок координат мають лежати на одній горизонталі</p>																	

Продовження таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі

1	2
<p>Створити дзеркальний масив отвору аналогічно ребру жорсткості. Як площину симетрії вказати площину <math>ZY</math></p>	
<p>Як показано на рисунку справа, побудувати ескіз отвору на верхній площині чотиригранної призми. Далі вирізати ескіз на відстань <b>10...12 мм</b></p>	
<p>З меню <i>Операції</i> виберіть <i>Масив елементов</i> → <i>По сетке</i>. Як елемент масиву вказати отвір. За першу вісь необхідно прийняти одно з ребер призми, за другу вісь – перпендикулярне йому ребро. Указати кількість екземплярів в обох напрямках рівним <b>2</b>. Крок між сусідніми екземплярами <b>40 мм</b></p>	

### Закінчення таблиці 13.1 – Етапи побудови 3D-моделі



Після створення 3D-моделі призначте *вид спереду* (головний вид) і зберегти її.

### 13.2 Перехід від 3D-моделі до креслення

Створити проект *Чертеж*. Відновити настроювання за налаштуванням. Установити формат *A3* горизонтальний. Із меню *Вставка* виберіть *Вид с модели* → *Стандартные*. Вибрати зі списку файлів цю модель і встановити в Панелі властивостей вид спереду, призначений при побудові 3D-моделі. Скомпонувати рівномірно види на полі креслення (рис. 13.2).

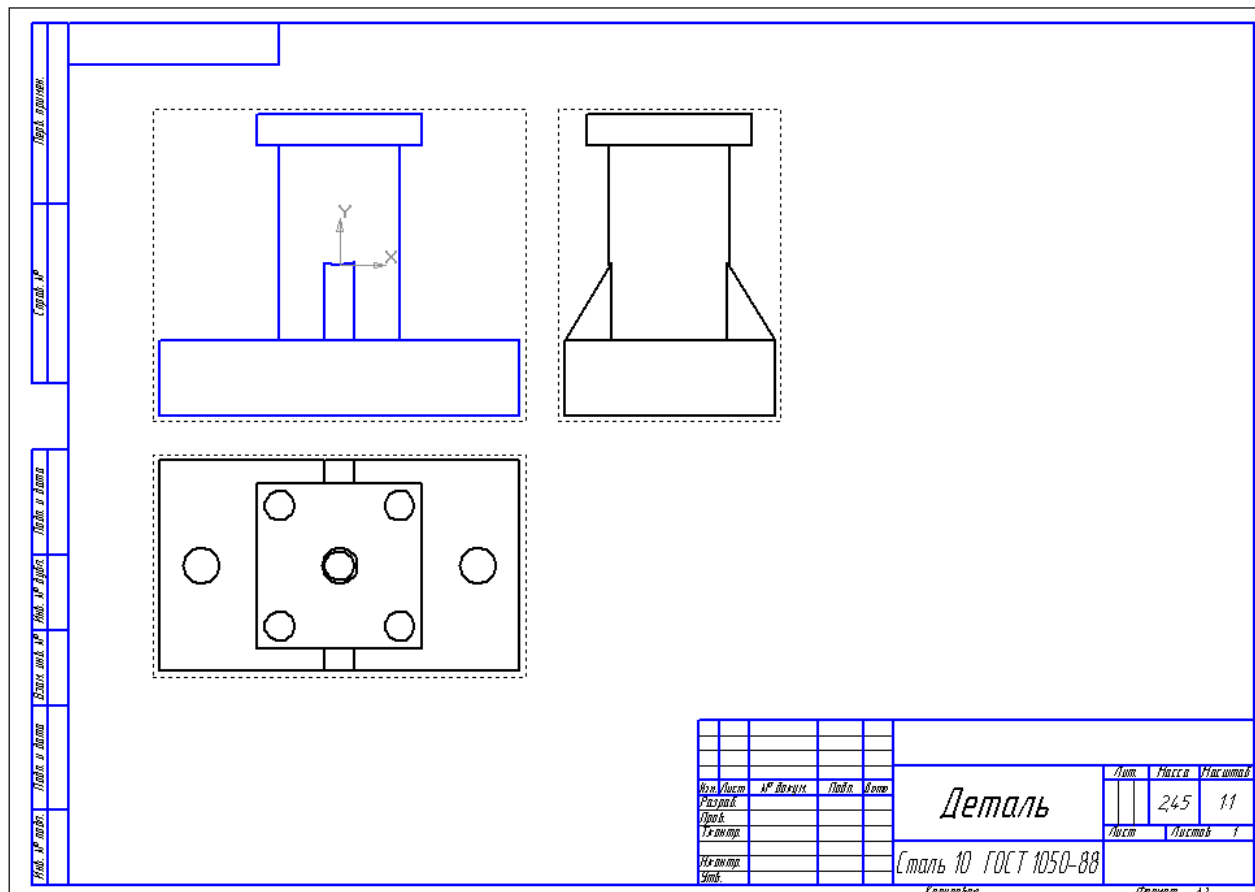


Рисунок 13.2


### 13.3 Побудова необхідних розрізів

В Інструментальній панелі знайти *Панель текущего состояния* (рис. 13.3).



Рисунок 13.3


За допомогою цієї панелі можна здійснювати перехід між активними видами і шарами, а також встановлювати прив'язки, сітку й ортогональне креслення.

Діалогове вікно налаштування видів . Це діалогове вікно з'являється на екрані після виклику команди *Сервис* → *Параметры* → *Система* → *Графический редактор* → *Виды*, а також після натиснення кнопки *Настройка видов* у діалоговому вікні *Менеджер документа*. Це вікно також дозволяє встановити параметри відрисовування на екрані елементів видів креслення.

Опис елементів управління:

- *Відобразити імена видів* – щоб у полі *Текущий вид* на панелі поточного стану відображалися імена і номери видів, необхідно увімкнути цю опцію; якщо опція вимкнена у вказаному полі відображаються тільки номери видів;
- *Фонові види, Рамки вимкнених видів, Рамки асоціативних видів*. Вибрати варіант об'єкта, який налаштовується;
- *Показувати* – щоб увімкнути відображення рамок вимкнених або асоціативних видів, необхідно увімкнути цю опцію;
- *Товщина* – встановити бажану товщину (у пікселях) для стилю ліній *Сплошная*;
- *Колір* – щоб викликати діалогове вікно зміни кольору об'єкта, натиснути кнопку *Цвет*.

Зовнішній вигляд об'єктів, які налаштовуються, показується у відповідних вікнах перегляду. Це дозволяє оцінити зроблені зміни. Після завершення налаштування параметрів відрисовування видів натиснути кнопку [OK]. Для виходу з діалогового вікна без збереження змін необхідно натиснути кнопку [Отмена].

Діалогове вікно налаштування шарів у видах . Це діалогове вікно з'являється на екрані після виклику команди *Сервис* → *Параметры* → *Система* → *Графический редактор* → *Слои*, а також після натиснення кнопки *Настройка слоев* у діалоговому вікні *Менеджер документа*. Це вікно також дозволяє встановити параметри відрисовування на екрані елементів шарів креслення.

Опис елементів управління:

- *Відобразити імена шарів* – щоб у полі «*Текущий слой*» на Панелі поточного стану відображалися імена і номери шарів необхідно увімкнути цю опцію; якщо опція вимкнена у вказаному полі відображаються тільки номери шарів;
- *Фонові шари* – зовнішній вигляд об'єкта, який налаштовується, показується в цьому вікні перегляду, що дозволяє оцінити зроблені зміни;
- *Товщина* – встановити бажану товщину (у пікселях) для зображення об'єкта на екрані; налаштування доступне для стилю ліній *Сплошная*;
- *Колір* – щоб викликати діалогове вікно зміни кольору об'єкта, необхідно натиснути кнопку *Цвет*;
- *Лінія* – вибрати потрібний стиль ліній (суцільна, штрихами чи точками) для зображення об'єкту на екрані.

Зовнішній вигляд об'єктів, що налаштовуються, показується у відповідних вікнах перегляду. Це дозволяє оцінити зроблені зміни.

Після завершення налаштування параметрів відрисовування шарів необхідно натиснути кнопку [OK]. Для виходу з діалогового вікна без збереження змін необхідно натиснути кнопку [Отмена].

У видах спереду і ліворуч створимо новий погашений шар для «зайвих» об'єктів (рис. 13.4).

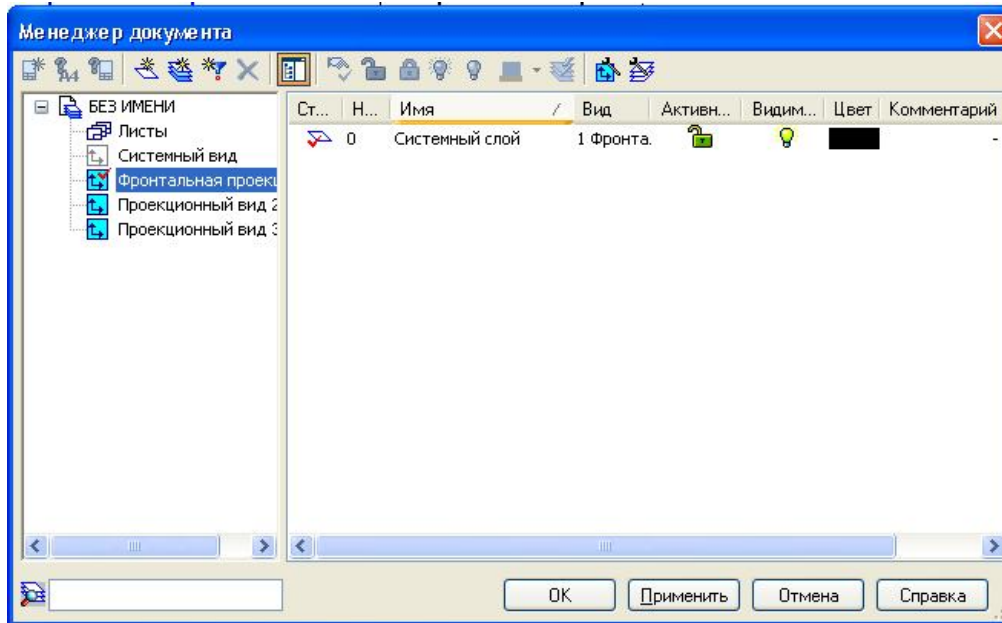


Рисунок 13.4

**Увага!** Будь-які побудови необхідно виконувати тільки на *активному виді*. Необхідно зробити активним вид спереду і побудувати на ньому замкнутий контур для розрізу, як показано на рисунку 13.5.

**Увага!** Як контур для розрізу можна вибирати коло, еліпс, замкнутий сплайн і багатокутники. Побудова контуру розрізу окремими елементами типу «відрізок» або «дуга» неможлива.

У меню *Вставка* вибрати *Вспомогательный вид* → *Местный разрез*. Указати контур для розрізу і січну площину на виді згори. У цьому випадку січна площина є фронтальною і проходить через вісь симетрії (рис. 13.6).

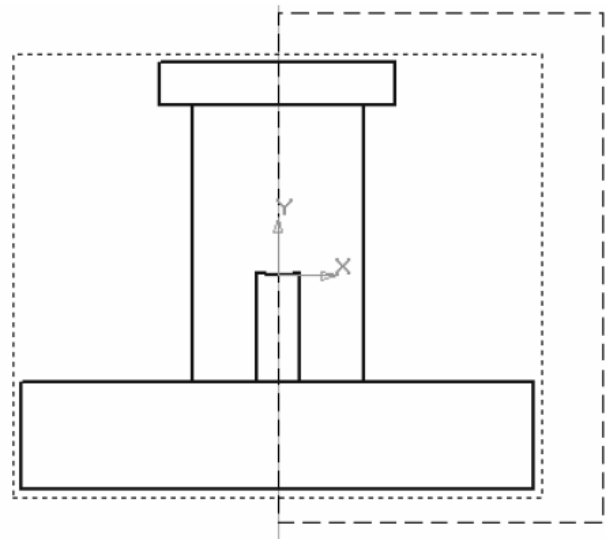


Рисунок 13.5

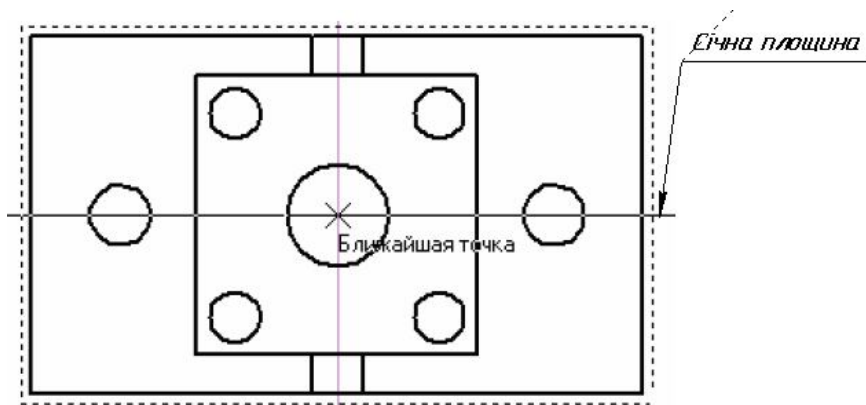


Рисунок 13.6

Аналогічно необхідно побудувати розріз на виді ліворуч профільною січною площиною.

Після побудови розрізу на виді ліворуч виявляється заштрихованим ребро жорсткості. Виправити це можна у такий спосіб:

- вибрати штрихування *ПКМ*;
- у контекстному меню вибрати *Изменить слой*;
- указати створений раніше або знову створити погашений шар і натиснути кнопку [OK];
- «вручну» необхідно докреслити відріzkами контур ребра жорсткості і знову нанести штрихування (рис. 13.7).

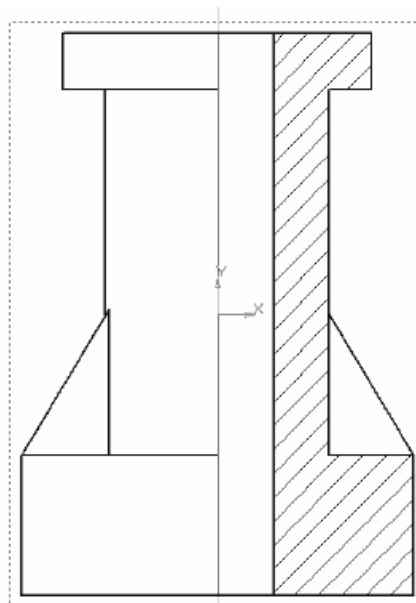


Рисунок 13.7

На виді спереду необхідно побудувати місцевий розріз, щоб показати отвір. Як контур вибирати криву Безье (сплайн), у Панелі властивостей вказати тип сплайну – *Замкнутый* (рис. 13.8).

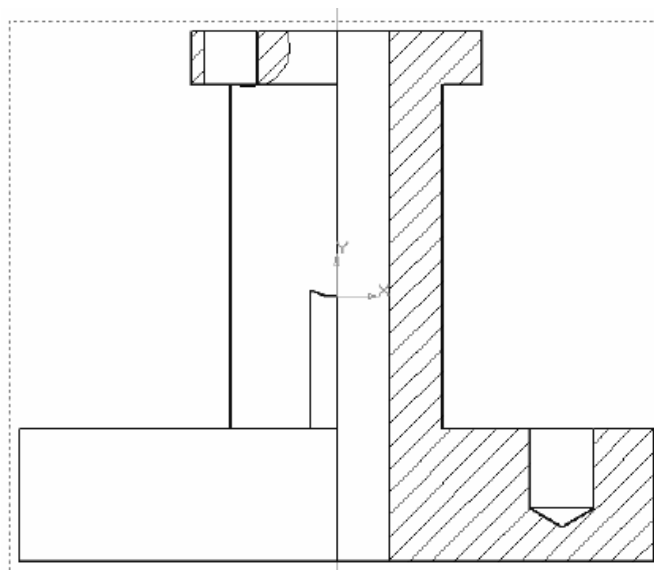


Рисунок 13.8



## 14 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

### 14.1 Практичне заняття 1

#### Виконання креслення деталі в трьох проекціях

Побудувати креслення деталі за поданими на рисунку 14.1 і в таблиці 14.1 вихідними даними.

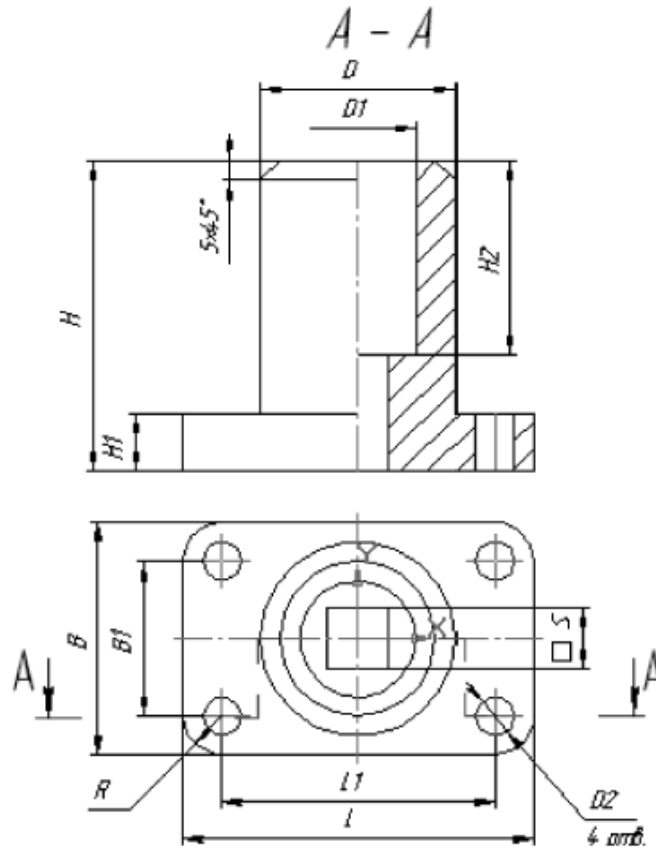


Рисунок 14.1

Таблиця 14.1 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанту						
	1	2	3	4	5	6	7
D	56	64	52	70	74	50	72
D1	30	40	26	46	64	26	60
D2	7	10	12	8	12	9	8
R	7	9	10	12	15	13	8
S	14	20	10	40	50	12	46
L	86	90	96	116	110	100	94
L1	68	72	70	92	80	74	78
B	70	80	110	96	90	86	100
B1	54	60	86	70	60	56	80
H	74	70	60	68	56	76	66
H1	20	10	15	8	14	16	12
H2	25	40	35	20	16	42	30

## 14.2 Практичне заняття 2

### Переріз геометричного тіла площиною

Згідно з поданими на рисунках 14.2–14.6 і в таблицях 14.2–14.6 вихідними даними побудувати 3D-моделі і виконати їх плоскі креслення в трьох проекціях, вказавши на кресленні натуральну величину перерізу.

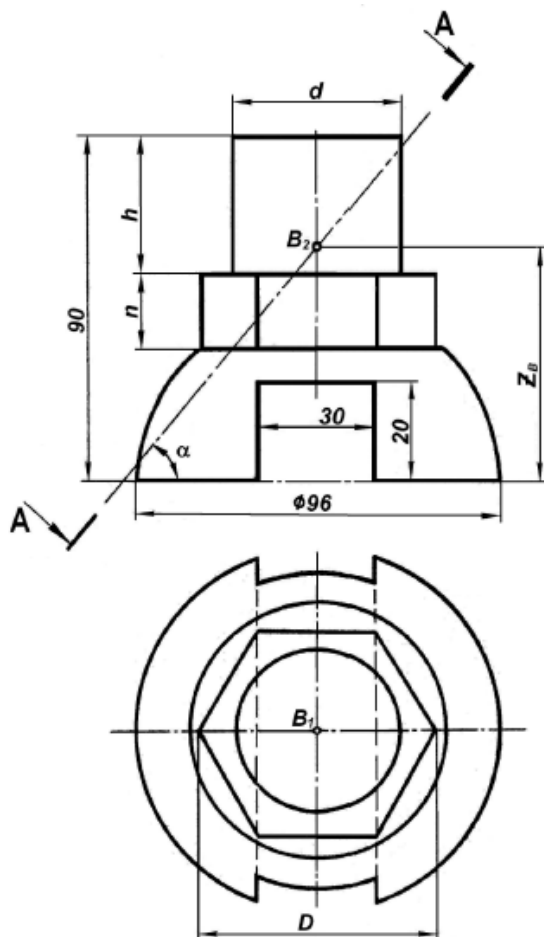


Рисунок 14.2

Таблиця 14.2 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта					
	1	6	11	16	21	26
h	35	40	30	35	40	35
n	20	15	25	20	15	20
d	40	30	50	40	30	50
D	60	42	84	60	42	84
Z <sub>B</sub>	60	55	75	70	60	55
α, град.	50	50	55	60	60	55

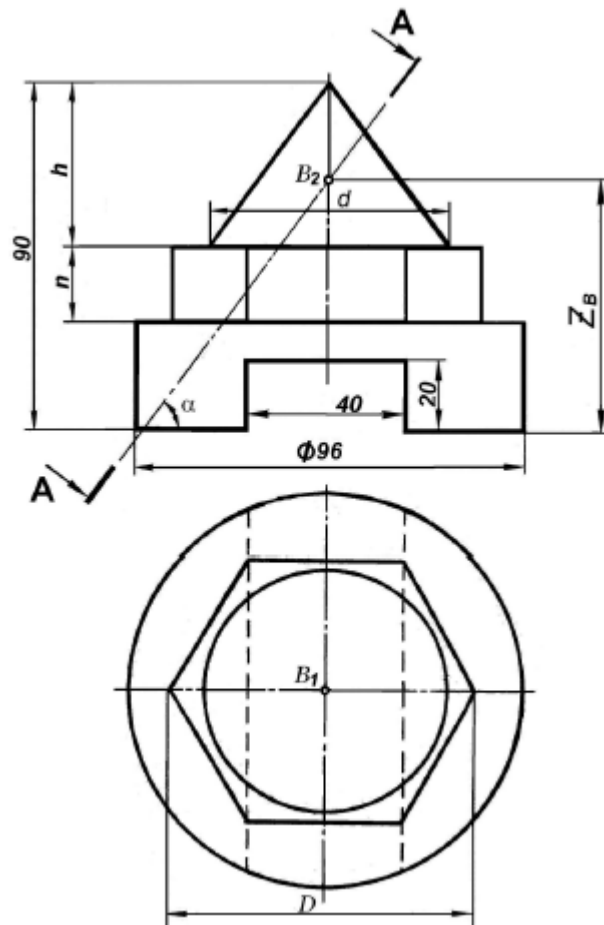


Рисунок 14.3

Таблиця 14.3 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта					
	2	7	12	17	22	27
h	45	30	45	45	30	45
n	20	30	20	20	30	20
d	60	40	80	60	40	80
D	80	70	65	80	70	65
Z <sub>B</sub>	65	65	55	55	70	65
α, град.	57	50	45	45	57	60

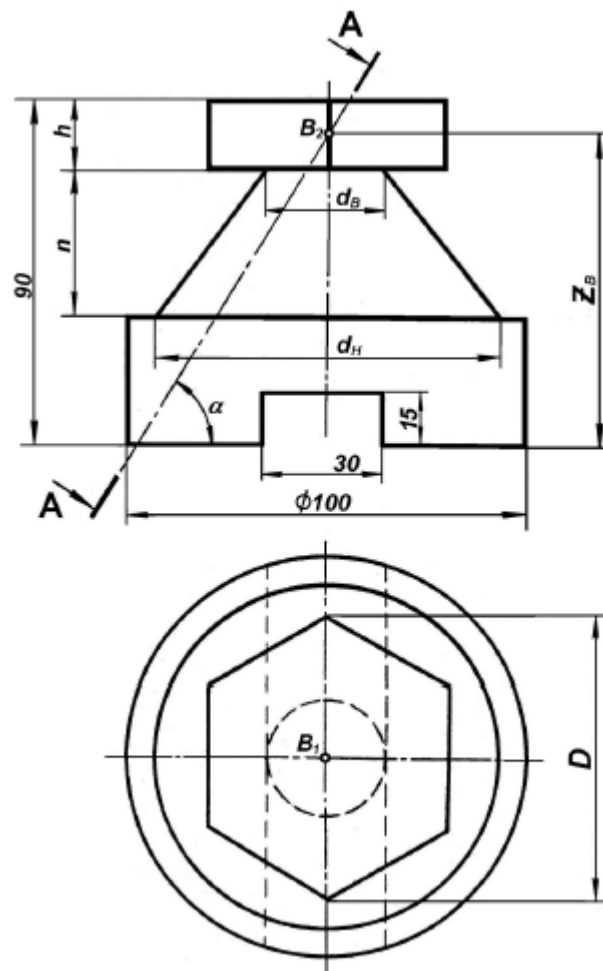


Рисунок 14.4

Таблиця 14.4 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта					
	3	8	13	18	23	28
h	25	35	20	25	35	20
n	40	35	40	40	35	40
d <sub>B</sub>	50	45	30	50	45	30
d <sub>H</sub>	86	86	80	86	86	80
D	80	40	70	80	40	70
Z <sub>B</sub>	75	80	85	80	70	86
α, град.	50	60	60	60	50	55

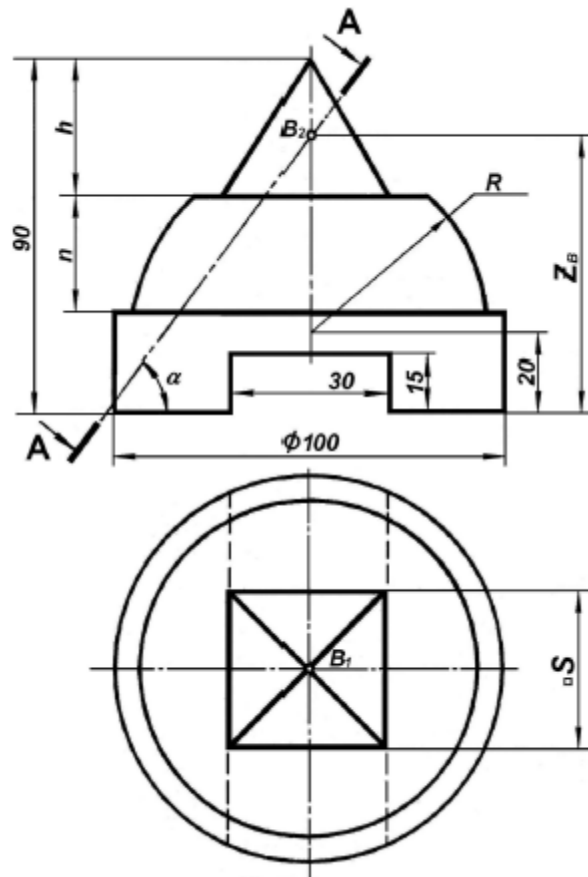


Рисунок 14.5

Таблиця 14.5 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта					
	4	9	14	19	24	29
h	35	40	40	35	40	40
n	30	30	25	30	30	25
R	45	40	35	45	40	35
S	40	60	50	40	60	50
Z <sub>B</sub>	70	60	60	65	70	65
α, град.	55	50	50	60	55	55

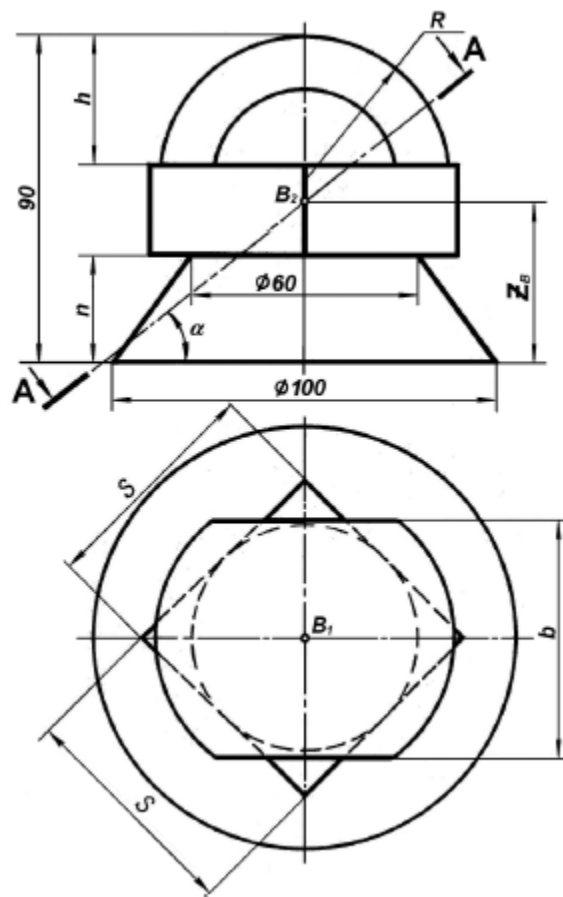


Рисунок 14.6

Таблиця 14.6 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта					
	5	10	15	20	25	30
h	30	35	35	30	35	35
n	35	30	30	35	30	35
R	40	40	40	40	40	35
b	60	65	60	60	65	55
S	35	55	75	36	55	55
Z <sub>B</sub>	52	45	50	50	50	55
α, град.	45	40	50	50	50	60

### 14.3 Практичне заняття 3

#### Перетин двох поверхонь

Згідно з поданими на рисунках 14.7–14.10 і в таблицях 14.7–14.10 вихідними даними побудувати 3D-моделі, які складаються з двох поверхонь та перетинаються, і виконати їх плоскі креслення в трьох проекціях.

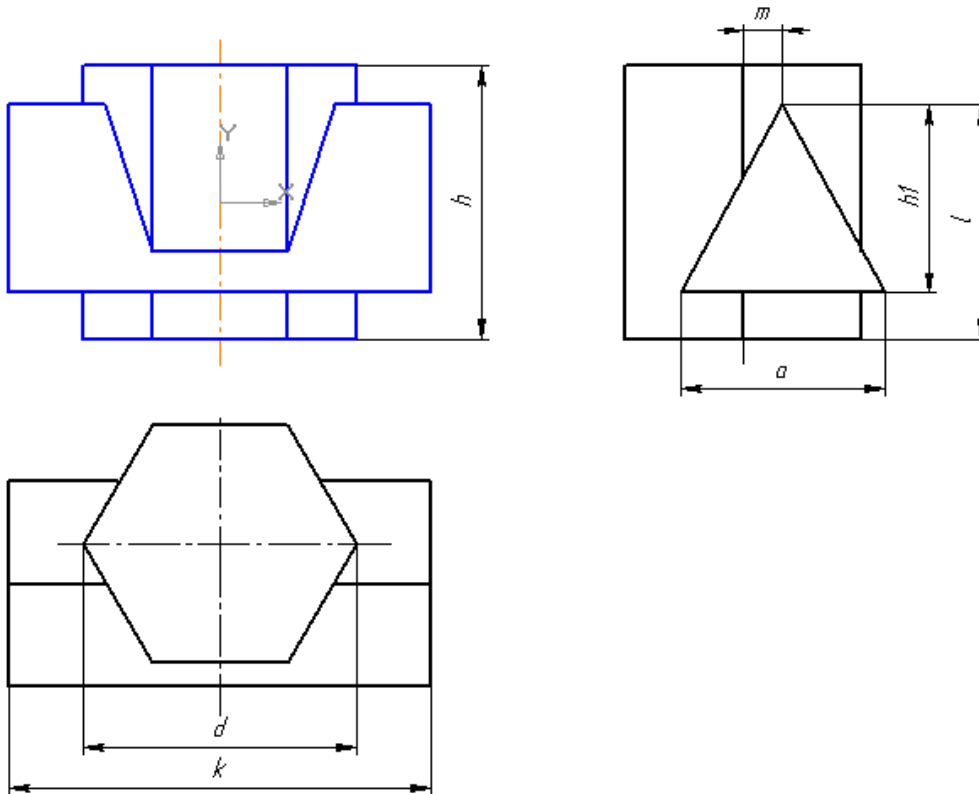


Рисунок 14.7

Таблиця 14.7 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта						
	1	5	9	13	17	21	25
d	55	54	70	56	55	54	70
h	65	82	85	68	64	72	88
m	10	8	16	16	10	8	14
l	55	72	75	60	56	72	76
h1	38	45	48	40	38	45	47
a	44	45	52	40	44	45	50
k	74	84	108	70	74	85	70

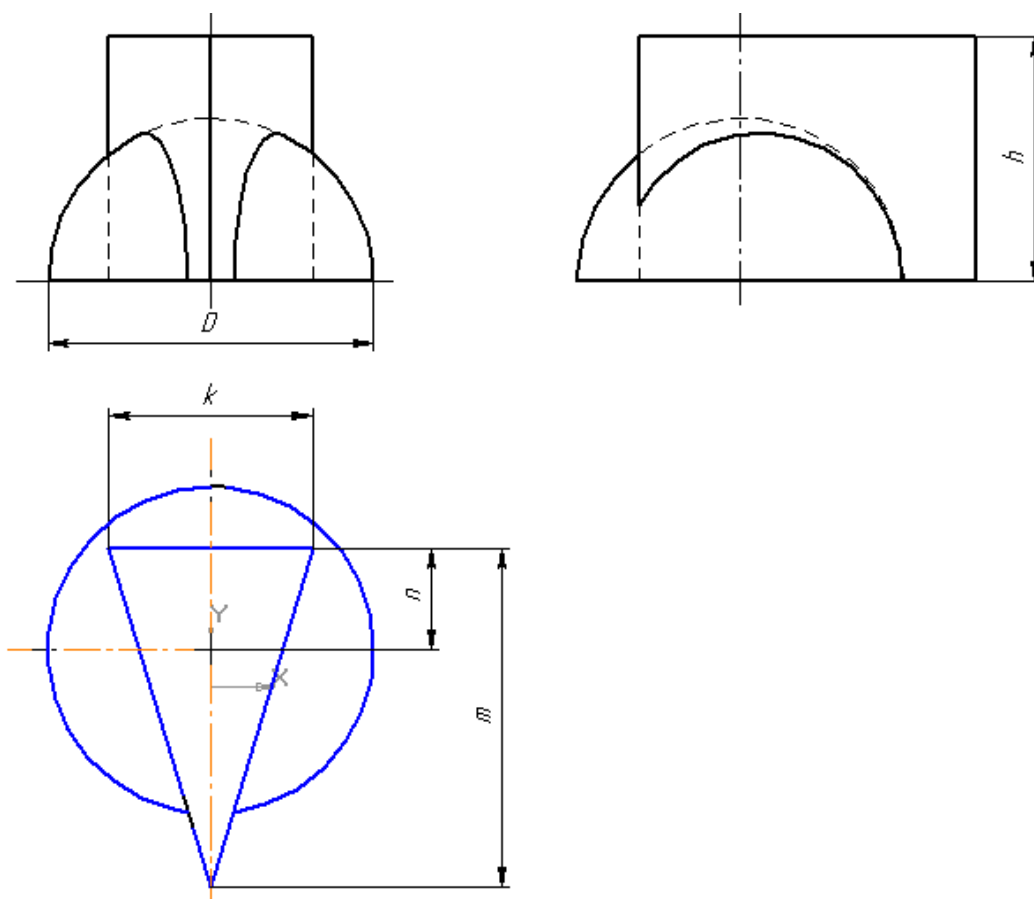


Рисунок 14.8

Таблиця 14.8 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта						
	2	6	10	14	20	24	28
D	80	90	95	85	92	88	86
n	30	45	35	30	50	28	30
m	70	85	90	88	46	80	80
k	60	70	50	60	100	70	60
h	60	65	70	65	60	60	60



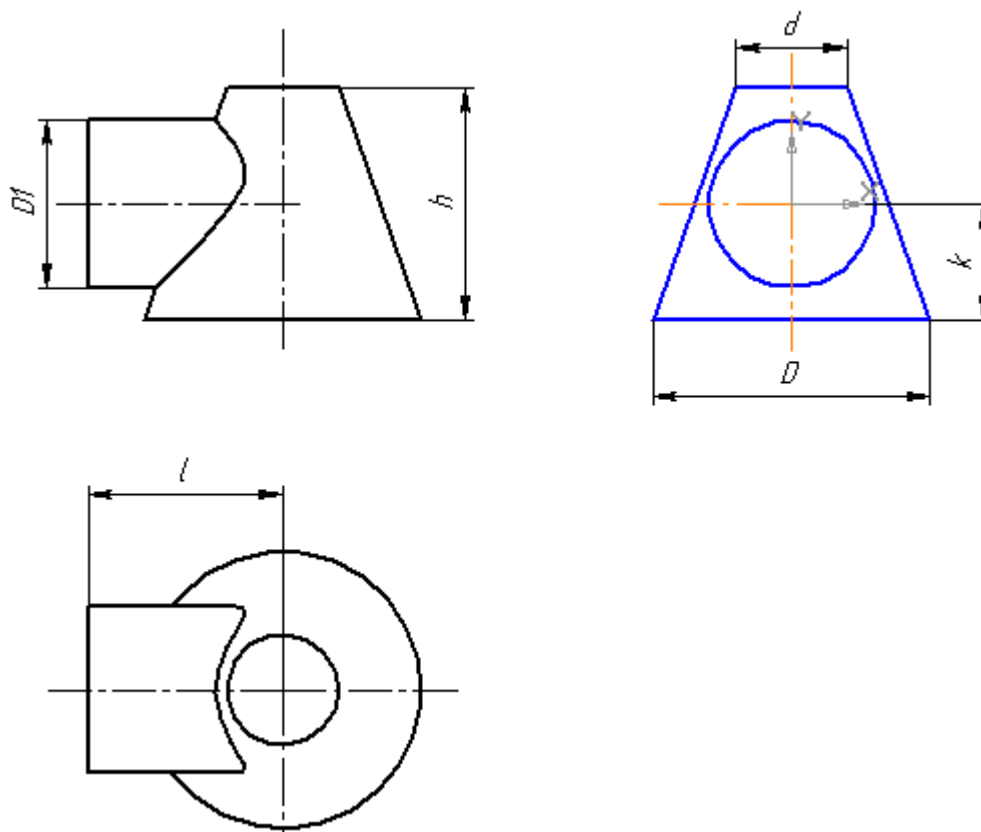


Рисунок 14.9

Таблиця 14.9 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта						
	3	7	11	15	19	23	27
D	60	70	70	62	70	70	60
d	24	20	22	24	20	22	24
h	50	45	46	50	45	46	52
k	25	23	22	24	23	21	25
L	42	40	45	40	40	44	40
D1	36	32	38	35	32	38	36

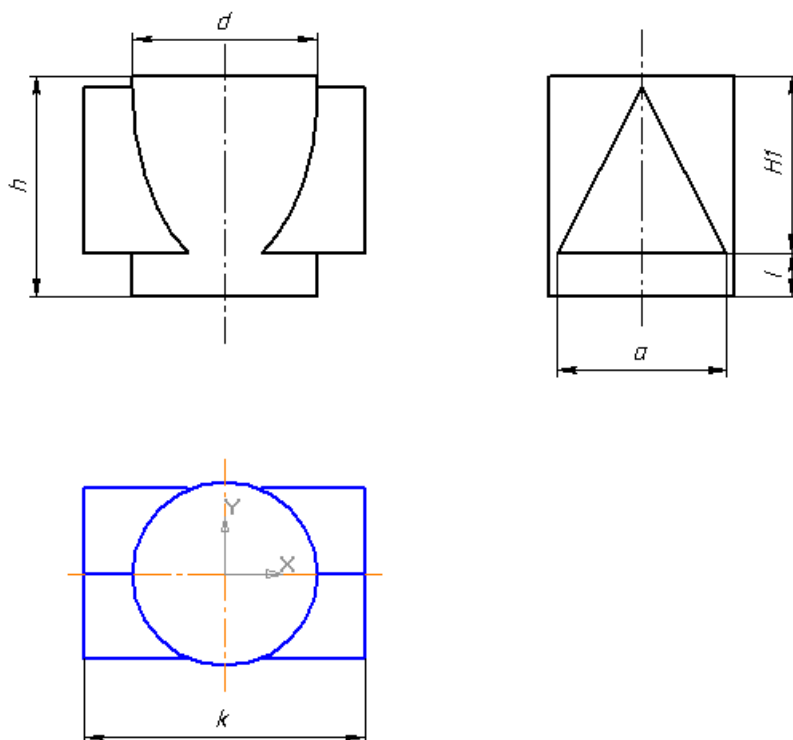


Рисунок 14.10

Таблиця 14.10 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта						
	4	8	12	16	20	24	28
d	50	55	54	52	55	54	56
h	60	65	70	70	60	60	62
H1	45	53	50	56	50	50	52
l	12	12	15	14	20	18	20
a	46	52	64	60	55	64	52
k	75	74	76	70	70	72	72

### 14.4 Практичне заняття 4.

#### Проекційне креслення: види, розрізи, перерізи

Згідно з поданими на рисунках 14.11-14.13 і в таблицях 14.11-14.13 вихідними даними побудувати 3D-модель і виконати креслення деталі з необхідними розрізами. Розмір не указаних фасок –  $2 \times 45^\circ$ , радіусів – 10 мм.

Таблиця 14.11 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	10	12	14	8	6	8	10	10	8	12
D	50	56	54	48	52	54	50	52	50	48
h1	10	8	12	6	10	8	12	6	8	8
h	5	6	8	4	5	6	8	4	5	4
d1	20	22	18	16	20	14	16	18	20	18
d2	18	20	16	14	18	12	14	16	18	16
s	6	8	6	4	6	6	6	6	6	4

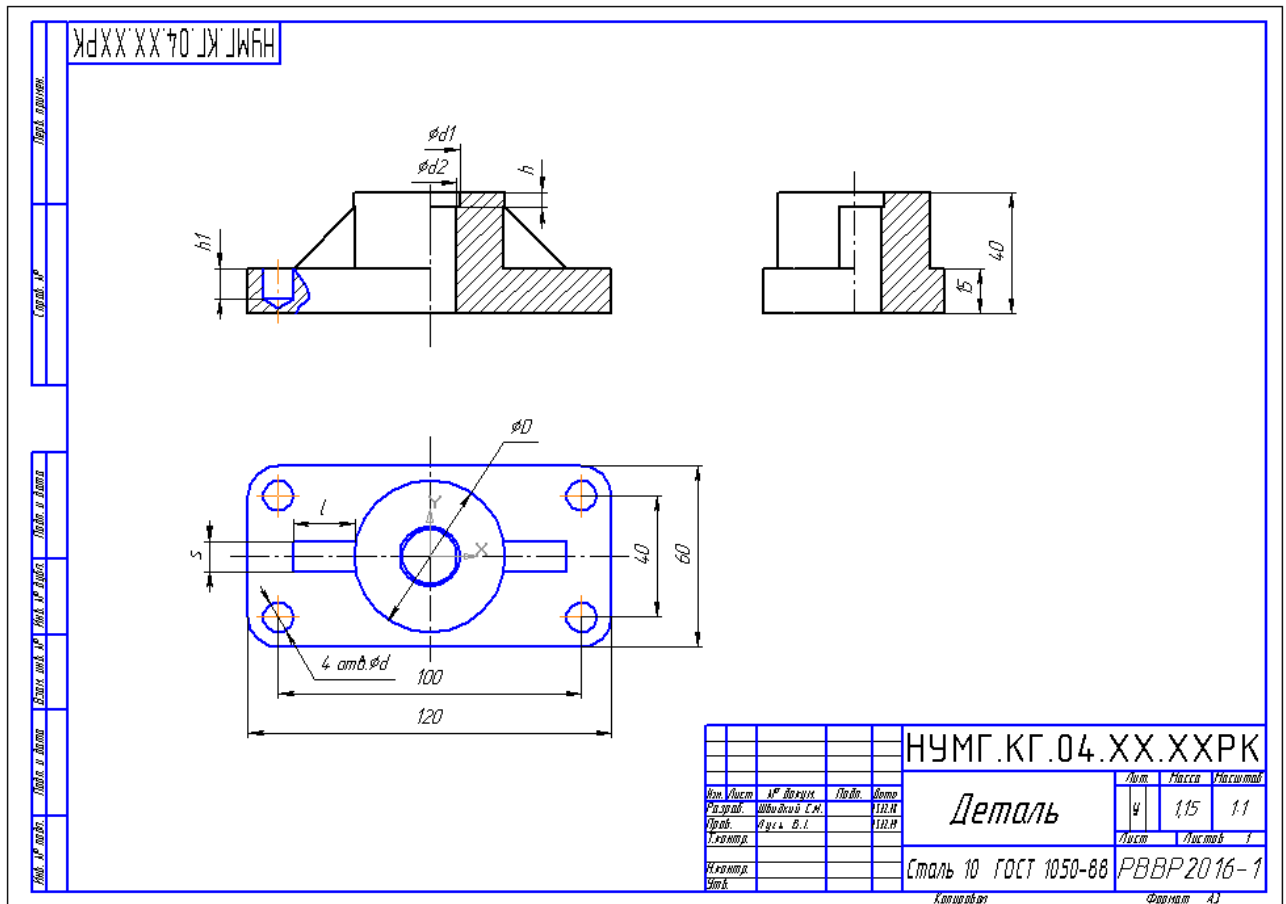


Рисунок 14.11

Таблиця 14.12 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d	10	12	14	8	6	8	10	10	8	12
D	50	48	46	52	46	50	48	46	52	48
d1	8	10	12	6	4	6	8	8	6	10
d3	14	12	16	12	14	12	16	12	14	16
h	20	22	24	24	20	22	24	18	16	20
l	10	18	16	12	14	10	18	16	12	14
s	8	6	4	6	4	8	6	4	6	6

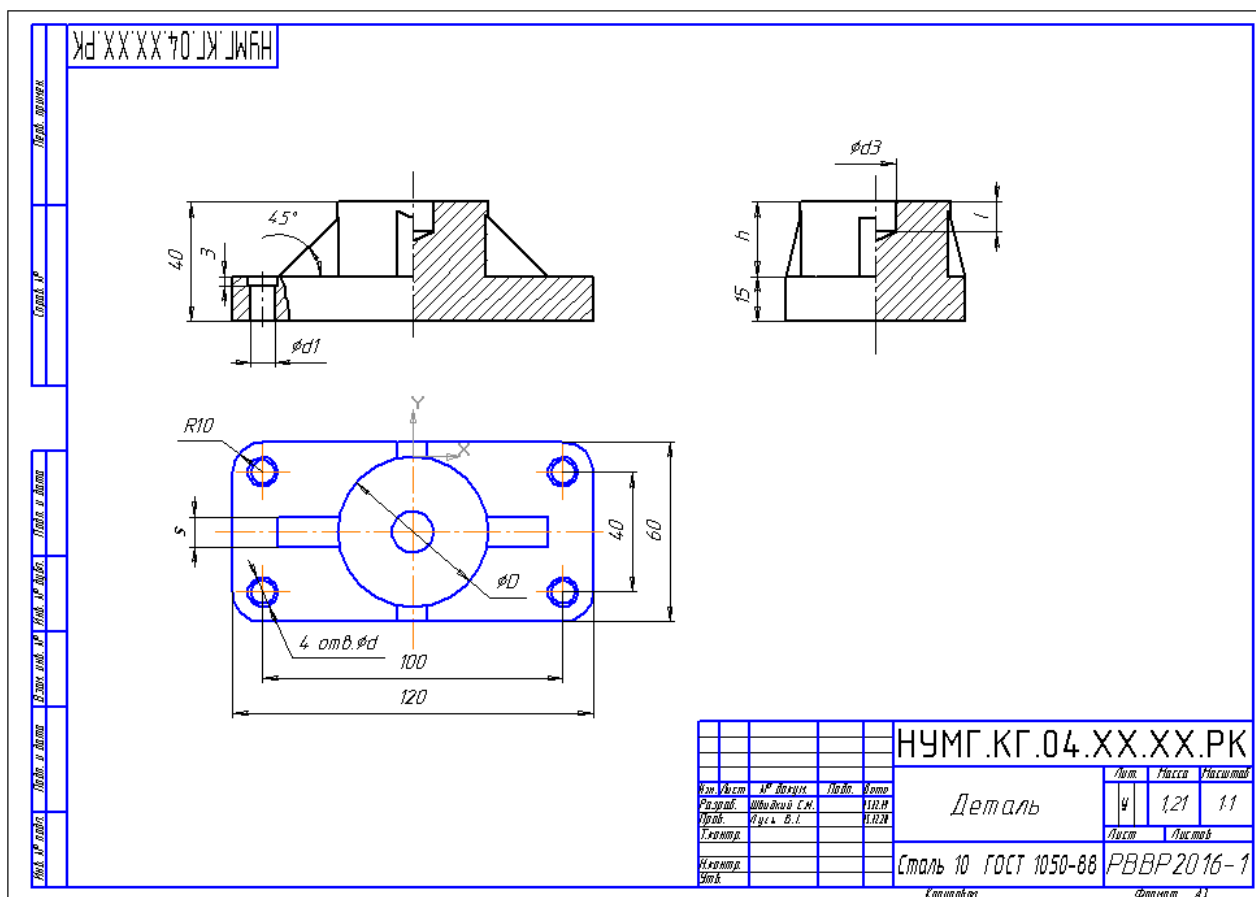


Рисунок 14.12

Таблиця 14.13 – Розміри елементів деталі

Розміри елементів	Номер варіанта									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d	10	12	14	8	6	8	10	10	8	12
D	50	48	46	52	46	50	48	46	52	48
d1	8	10	12	6	4	6	8	8	6	10
d3	14	16	16	12	14	12	16	12	14	16
h1	5	4	6	3	4	5	4	6	3	4
l	10	18	16	12	14	10	18	16	12	14
s	8	6	4	8	4	8	6	4	8	6

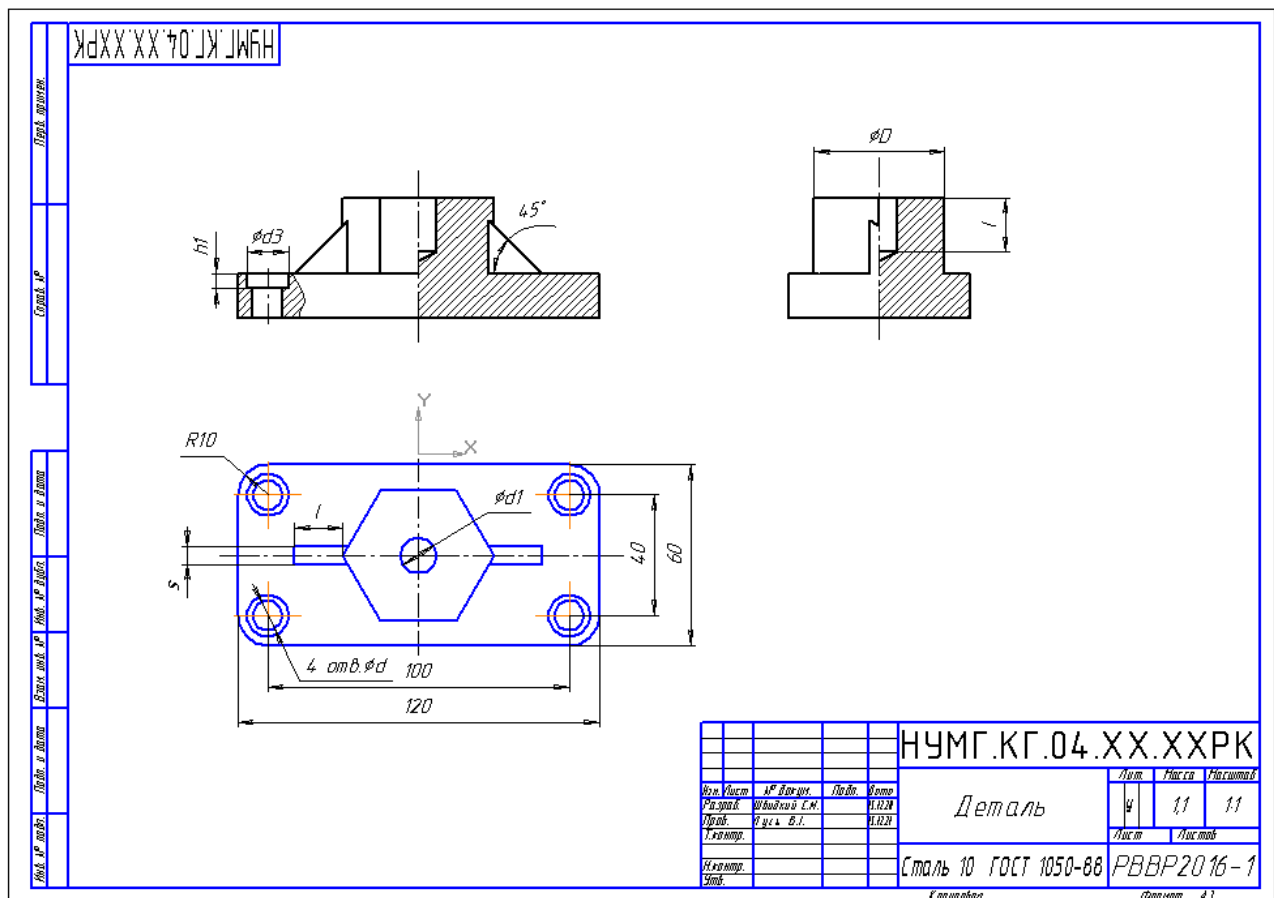


Рисунок 14.13

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

### *Основна література*

1. Арустамов Х. А. Сборник по начертательной геометрии : учеб. для вузов / Х. А. Арустамов. – М. : Машиностроение, 1978. – 445 с.
2. Бубенников А. В. Начертательная геометрия : учеб. для вузов / А. В. Бубенников. – М. : Высшая школа, 1985. – 288 с.
3. Виноградов В. К. Элементы начертательной геометрии : учеб. для вузов / В. К. Виноградов, И. А. Ройтман. – М. : Просвещение, 1978. – 175 с.
4. Вяткин Г. П. Машиностроительное черчение. – М. : Машиностроение, 2000. – 432 с.
5. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии : учеб. для вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенов-Огиевский. – М. : Наука, 1977. – 368 с.
6. Иванов Г. С. Начертательная геометрия : учеб. для вузов / Г. С. Иванов. – М. : Машиностроение, 1999. – 334 с.
7. Короев Ю. И. Начертательная геометрия : учеб. для вузов / Ю. И. Короев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Архитектура, 2004. – 424 с.
8. Практикум з нарисної геометрії : навч. посібник / [В. І. Лусь, Т. Є. Киркач, О. Є. Мандріченко, А. О. Радченко] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. – 118 с.
9. Миронов Б. Г. Сборник задач по инженерной графике с примерами выполнения заданий на компьютере : учеб. пособие – М. : Высшая школа, 2004. – 355 с.
10. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник / [В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов] ; за ред. В. Є. Михайленка. – Київ : Каравела, 2014. – 360 с.
11. Начертательная геометрия : учебн. пособие : в 3-х содержательных модулях / В. И. Лусь; Харьков. нац. ун-т. гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ, 2014. – Содержательный модуль No1. Точка, линия, плоскость. – 2014. – 65 с.
12. Потемкин А. Е. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. – СПб. : БХВ – Петербург, 2004. – 512 с.: ил.
13. Чекмарев А. А. Инженерная графика : учеб. для не маш. спец. вузов. – М. : Высш. шк., 2000. – 335 с.
14. Шпур Г. Автоматизированное проектирование в машиностроении : пер. с нем. / Г. Шпур, Ф.-Л. Краузе. – М. : Машиностроение, 1988. – 875 с. : ил.

### *Додаткова література*

1. Крылов Н. Н. Начертательная геометрия : учебник для вузов. – 9-е изд. / Н. Н. Крылов. – М. : Высшая школа, 2006. – 224 с.
2. Кудрявцев Е. М. Практикум по КОМПАС-3D : Машиностроительные библиотеки. / Е. М. Кудрявцев. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 440 с. ил.
3. Локтев О. В. Задачник по начертательной геометрии : учеб. для вузов / О. В. Локтев, П. А. Числов. – М. : Высшая школа, 1984. – 200 с.
4. Локтев О. В. Краткий курс начертательной геометрии : учеб. для вузов / О. В. Локтев. – М. : Высшая школа, 1985. – 240 с.
5. Сорокин Н. П. Инженерная графика : учеб. для вузов / под ред. Н. П. Сорокина – 2-е изд., стер. – СПб. : «Лань», 2008. – 400 с.
6. Фролов С. А. Начертательная геометрия : учеб. для маш. спец. средних специальных учебных заведений / С. А. Фролов. – М. : Машиностроение, 1978. – 239 с.

*Довідкова і нормативна література*

1. ГОСТ 2.301-68\*. Форматы. – Взамен ГОСТ 3451-59; введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – с. 3-4. – (Единая система конструкторской документации).
2. ГОСТ 2.303-68\*. Линии. – Взамен ГОСТ 3456-59; введ. 01.01.1971. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – с. 12-39. – (Единая система конструкторской документации).
3. ГОСТ 2.304-81. Шрифты чертежные. – Взамен ГОСТ 2.304-68; введ. 01.01.1982. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – с. 6-11. – (Единая система конструкторской документации).
4. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М. : ГОССТАНДАРТ, 1991. – 236 с.
5. ГОСТ 2.307-68. Нанесение размеров и предельных отклонений. – М. : ГОССТАНДАРТ, 1991. – 236 с.
6. Инженерная графика. Справочные материалы для практических занятий (для студентов 1 курса дневной и заочной форм обучения бакалавров по направлениям 6.050701 – «Электротехника и электротехнологии», 6.050702 - «Электромеханика», 6.060101 – «Строительство»). / Харьков. нац. акад. гор. хоз-ва; сост.: В.И. Лусь, С.Н. Швыдкий. – Харьков : ХНАГХ, 2010. – 130 с.
7. КОМПАС-3D V10. Руководство пользователя. Том 1. – 375 с., том 2. – 344 с., том 3. – 424 с.

*Навчальне видання*

**ЛУСЬ** Володимир Іванович

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА МАШИННА ГРАФІКА**  
**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

Відповідальний за випуск *М. А. Любченко*

Редактор *О. В. Михаленко*  
Комп'ютерний набір і верстання *С. М. Швидкий*

Підп. до друку 11.04.2017. Формат 60×90/8  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 5  
Тираж 50 пр. Зам №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.