

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія

**О. В. Жартовський,  
О. В. Кабацький,  
С. Л. Загребельний**

**НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ,  
ІНЖЕНЕРНА Й КОМП'ЮТЕРНА  
ГРАФІКА**

**Навчальний посібник  
до самостійної роботи  
студентів усіх форм навчання**

Затверджено  
на засіданні вченої ради  
Протокол № 11 від 24.04.19

Краматорськ  
ДДМА  
2019

УДК 744 + 004.92

Ж 36

**Рецензенти:**

*Кухтій Т. В.*, д-р техн. наук, професор, Донбаський інститут техніки та менеджменту «Міжнародного науково-технічного університету імені академіка Ю. Бугая»;

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

**Жартовський, О. В.**

Ж 36 Нарисна геометрія, інженерна й комп'ютерна графіка : навчальний посібник до самостійної роботи студентів усіх форм навчання / О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, С. Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 300 с.

ISBN 978-966-379-887-5

Призначено для студентів денної та заочної (дистанційної) форм навчання усіх спеціальностей у процесі засвоєння теоретичної частини курсу нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки. Наведено розділи курсу нарисної геометрії й інженерної графіки, приклади виконання креслень. Викладено основні принципи роботи в системі «Компас», надано рекомендації щодо застосування системи для створення конструкторської документації.

УДК 744 + 004.92

© О. В. Жартовський, О. В. Кабацький,  
С. Л. Загребельний, 2019

ISBN 978-966-379-887-5

© ДДМА, 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ</b> .....	7
1.1 Загальні принципи побудови зображення .....	7
1.1.1 Загальні принципи побудови зображення.....	7
1.1.2 Метод Монжа .....	10
1.1.3 Проекції точки на три взаємно перпендикулярні площини .....	11
1.1.4 Класифікація розташування точок простору .....	13
1.2 Проектування прямої.....	14
1.2.1 Точка на прямій. Сліди прямої.....	14
1.2.2 Положення прямих відносно площин проекцій .....	15
1.2.3 Взаємне положення прямих.....	21
1.2.4 Проекції прямого кута.....	24
1.3 Площина .....	26
1.3.1 Положення площини відносно площини проекцій.....	28
1.3.2 Пряма і точка в площині .....	31
1.3.3 Головні лінії площини.....	32
1.4 Перетин прямої і площини. Взаємний перетин двох площин .....	34
1.4.1 Перетин прямої загального положення з площиною загального положення .....	34
1.4.2 Паралельність та перпендикулярність прямої і площини, двох площин .....	36
1.5 Методи перетворення ортогональних проекцій. Метод заміни площин проекцій .....	41
1.5.1 Знаходження натуральної величини відрізка прямої за методом заміни площин проекцій .....	43
1.5.2 Знаходження натуральної величини плоскої фігури за методом заміни площин проекцій.....	45
1.6 Поверхні обертання. Точки і лінії на поверхнях. Переріз поверхонь площиною.....	47
1.6.1 Точки та лінії на поверхнях обертання .....	49
1.6.2 Переріз поверхонь обертання площиною .....	53
1.7 Зображення граней поверхонь. Точки і прямі на поверхні. Переріз граней поверхонь площиною .....	57
1.7.1 Точки і прямі на поверхні багатогранника .....	60
1.7.2 Переріз граней поверхонь площиною .....	61
1.7.3 Побудова точок перетину лінії з поверхнею .....	63
1.8 Побудова лінії взаємного перетину граней поверхонь .....	65
1.9 Побудова лінії взаємного перетину поверхонь обертання.....	69
1.10 Види, розрізи, перерізи .....	72
1.10.1 Види .....	72

1.10.2 Розрізи.....	75
1.10.3 Перерізи.....	79
1.10.4 Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів.....	80
1.11 Аксонометричні проєкції.....	82
1.12. Графічна робота «Види, розрізи, перерізи, аксонометрична проєкція» .....	91
1.13. Завдання для самостійної перевірки знань .....	95
<b>2 ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА .....</b>	<b>101</b>
2.1 Загальні положення єдиної системи конструкторської документації.....	101
2.1.1 Визначення та призначення.....	101
2.1.2 Область поширення стандартів ЄСКД.....	101
2.1.3 Формати .....	102
2.1.4 Лінії креслення.....	103
2.1.5 Масштаби .....	104
2.1.6 Штрихування.....	104
2.1.7 Оформлення креслення.....	105
2.2 Геометричні побудови .....	108
2.2.1 Сполучення.....	108
2.2.2 Поділ кола на рівні частини і побудова правильних вписаних багатокутників .....	118
2.2.3 Аксонометричні проєкції як зображення креслень .....	123
2.3 Нанесення розмірів на кресленнях .....	125
2.3.1 Короткі відомості про бази в машинобудуванні.....	125
2.3.2 Система нанесення розмірів.....	126
2.3.3 Методи проставляння розмірів .....	127
2.3.4 Основні правила нанесення розмірів на креслення .....	127
2.4 Види й комплектність конструкторських документів .....	150
2.4.1 Види конструкторських документів .....	150
2.4.2 Комплектність конструкторських документів .....	152
2.5 Види з'єднань, їхні зображення та позначення на кресленнях .....	153
2.5.1 Роз'ємні з'єднання .....	153
2.5.2 Нероз'ємні з'єднання. З'єднання зварюванням .....	170
2.6 Загальні відомості про ескізування .....	173
2.6.1 Вимоги до ескізу.....	173
2.6.2 Послідовність виконання ескізів.....	174
2.6.3 Загальні вимоги до нанесення розмірів на ескізі .....	175
2.6.4 Ескізування деталі типу «Вал».....	176
2.6.5 Ескізування деталі типу «Колесо зубчасте» .....	185
2.6.6 Ескізування деталі типу «Пружина» .....	189
2.6.7 Відомості про матеріали та їх позначення.....	194
2.7 Виконання креслення загального вигляду .....	198
2.8 Виконання складального креслення.....	199

2.8.1 Загальні вимоги до складального креслення .....	199
2.8.2 Виконання специфікації до складального креслення .....	206
2.8.3 Порядок виконання складального креслення .....	208
2.8.4 Читання і деталювання складального креслення .....	209
<b>3 КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА. ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У ГРАФІЧНОМУ ПАКЕТІ «КОМПАС» .....</b>	<b>217</b>
3.1 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Пластина».....	217
3.1.1 Порядок створення моделі.....	217
3.1.2 Створення креслення для моделі .....	221
3.2 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Кругові сектори» .....	224
3.2.1 Порядок створення моделі.....	226
3.2.2 Створення креслення для моделі .....	228
3.3 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Основа» .....	229
3.3.1 Порядок створення моделі.....	230
3.3.2 Створення креслення для моделі .....	236
3.4 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Опора» .....	241
3.4.1 Порядок створення моделі.....	241
3.4.2 Створення креслення для моделі .....	249
3.5 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Втулка».....	255
3.5.1 Порядок створення моделі.....	255
3.5.2 Створення креслення для моделі .....	259
3.6 Виконання моделі й двовимірного креслення деталі типу «Вал» .....	262
3.6. 1 Порядок створення моделі.....	262
3.6.2 Створення креслення для моделі .....	267
3.7 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Вісь».....	270
3.7.1 Порядок створення моделі.....	271
3.7.2 Створення креслення для моделі .....	280
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>283</b>
<b>Додаток А. Варіанти індивідуальних деталей для завдання «Основа» .....</b>	<b>285</b>
<b>Додаток Б. Варіанти індивідуальних деталей для завдання «Опора».....</b>	<b>287</b>
<b>Додаток В. Площі та периметри простих геометричних фігур .....</b>	<b>289</b>
<b>Додаток Г. Таблиця густини речовини.....</b>	<b>291</b>
<b>Додаток Д. Приклад обчислення об'єму та маси деталі.....</b>	<b>293</b>

## ВСТУП

Навчальний посібник адресований студентам технічних спеціальностей і призначений для самостійного поглибленого вивчення основ нарисної геометрії і інженерної графіки. У навчальному посібнику наведено приклади виконання креслень «в олівці» і на комп'ютері із застосуванням графічного пакету «Компас». Наводяться рекомендації по створенню конструкторської документації.

На сучасному промисловому підприємстві або в конструкторському бюро важко обійтися без знань основ курсу нарисної геометрії інженерної графіки, комп'ютерів і спеціальних програм, призначених для розробки конструкторської документації чи проектування різних виробів.

Перехід на машинне проектування дозволяє істотно скоротити терміни розробки і підвищити якість конструкторської та технологічної документації.

# 1 НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

## 1.1 Загальні принципи побудови зображення

### Умовні позначення

$A, B, C, D, \dots 1, 2, 3, 4, \dots$  – точки;  
 $a, b, c, d \dots$  – прямі та криві лінії;  
 $h$  – горизонталь;  
 $f$  – фронталь;  
 $p$  – профільна пряма;  
 $\theta, \Lambda, \Sigma, \Gamma, \Phi$  – поверхні (площини);  
 $\alpha, \beta, \gamma \dots$  – кути;  
 $\Pi_1$  – горизонтальна площина проєкцій;  
 $\Pi_2$  – фронтальна площина проєкцій;  
 $\Pi_3$  – профільна площина проєкцій;  
 $A \in \Phi$  – точка  $A$  належить фігурі  $\Phi$ ;  
 $A \notin \Phi$  – точка  $A$  не належить фігурі  $\Phi$ ;  
 $\Phi_k \equiv \Phi_i$  – фігури  $\Phi_k$  та  $\Phi_i$  збігаються;  
 $\Phi_k \cup \Phi_i$  – об'єднання фігур  $\Phi_k$  та  $\Phi_i$ ;  
 $\Phi_k \cap \Phi_i$  – перетин фігур  $\Phi_k$  та  $\Phi_i$ ;  
 $\supset$  – проходить через ...;  
 $\subset$  – лежить на ...;  
 $\Rightarrow$  – логічний наслідок;  
 $\parallel$  – паралельно;  
 $\perp$  – перпендикулярно;  
 $\sphericalangle$  – плоский або двогранний кут;  
 $x, y, z$  – осі проєкцій.

### 1.1.1 Загальні принципи побудови зображення

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

Кожний геометричний образ можна розглядати як сукупність точок. Для побудови зображення цього образу потрібно побудувати проєкції кожної з них та з'єднати їх між собою. У нарисній геометрії до кожної точки тривимірного простору ставиться у відповідність певна точка двовимірного простору – площини. Геометричними елементами відображення служать точки, лінії, поверхні простору. Геометричний об'єкт, що розгляда-

ється як точкова множина, відображається на площину за законом проектування. Результатом такого відображення є зображення об'єкта.

В основу будь-кого зображення покладена операція проектування, яка полягає в такому. У просторі вибирають довільну точку  $S$  (рис. 1.1) як центр проектування і площину  $\Pi_i$ , що не проходить через точку  $S$ , як площину проєкцій. Щоб спроектувати точку  $A$  на площину  $\Pi_i$ , через центр проектування  $S$  проводять у напрямку  $L$  промінь  $SA$  до його перетину з площиною  $\Pi_i$  у точці  $A_i$ . Точку  $A_i$  прийнято називати центральною проєкцією точки  $A$ , а промінь  $SA$  – проектувальним променем.

Описані побудови виражають сутність операції центрального проектування точок простору на площину. Із заданого центру проектування  $S$  може бути отримана незліченна кількість проєкцій точок на площину проєкцій  $\Pi_i$ . Точки, що знаходяться на одному промені, проектуються в одну точку (див. рис.1.1).

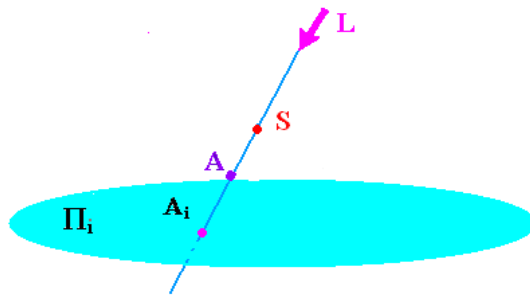


Рисунок 1.1

Центральне проектування є загальним випадком проектування геометричних об'єктів на площину.

Основними і незмінними його властивостями (інваріантами) є такі:

- 1) проєкція точки – точка;
- 2) проєкція прямої – пряма;
- 3) якщо точка належить прямій, то проєкція цієї точки належить проєкції прямої.

За принципом центрального проектування працюють фотоапарати і кінокамери. Спрощена схема роботи людського ока близька до цього виду проектування: роль центру проектування виконує оптичний центр кришталіка, роль проектувальних прямих – промені світла; площиною проєкцій служить сітківка ока. Тому зображення, побудовані за принципом центрального проектування, найбільш наочні і їх широко використовують у своїй роботі архітектори, дизайнери та інші фахівці.

Окремий випадок центрального проектування – паралельне проектування, якщо центр проектування віддалений в нескінченність, при цьому проектувальні промені можна розглядати як паралельні проектувальні прямі. Положення проектуючих прямих щодо площини проєкцій визнача-



ється напрямком проектування  $S$  (рис.1.2). У цьому випадку отримане зображення називають паралельною проекцією об'єкта. При паралельному проектуванні зберігаються властивості центрального і додаються такі:

- 1) проекції паралельних прямих паралельні між собою;
- 2) відношення відрізків прямої дорівнює відношенню їх проекцій;
- 3) відношення відрізків двох паралельних прямих дорівнює відношенню їх проекцій (див. рис.1.2).

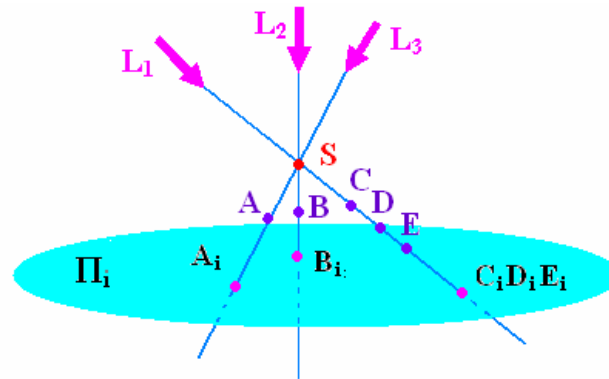


Рисунок 1.2

У свою чергу, паралельні проекції підрозділяються на прямокутні, якщо проектувальні прямі перпендикулярні площині проекцій, і косокутні, якщо напрямком проектування утворює з площиною проекцій кут, який не дорівнює  $90^\circ$ . Таким чином, ортогональне (прямокутне) проектування є окремим випадком паралельного, а отримана цим методом проекція об'єкта називається ортогональною.

Ортогональному проектуванню притаманні всі властивості паралельного і центрального проектування і, крім того, справедлива теорема про проектування прямого кута: якщо хоча б одна сторона прямого кута паралельна площині проекцій, а друга не перпендикулярна їй, то прямий кут на цю площину проектується в прямий кут.

До проекційних зображень у нарисній геометрії висуваються такі основні вимоги:

- 1) *оборотність* – відновлення оригіналу за його проекційними зображеннями (кресленням) – можливість визначати форму і розміри об'єкта, його положення і зв'язок з навколишнім середовищем;
- 2) *наочність* – креслення повинне створювати просторове уявлення про форму предмета;
- 3) *точність* – графічні операції, виконані на кресленні, повинні давати достатньо точні результати;
- 4) *простота* – зображення повинне бути простим за побудовою і повинне допускати однозначний опис об'єкта у вигляді послідовності графічних операцій.

### 1.1.2 Метод Монжа

Якщо інформацію про відстань точки до площини проєкції дати не за допомогою числової відмітки, а за допомогою другої проєкції точки, побудованої на другій площині проєкцій, то креслення називають комплексним. Основні принципи побудови таких креслень висловлені Г. Монжем. (Окремі правила і прийоми таких зображень, що поступово нагромадилися, були зведені в систему і розвинуті в праці Г. Монжа «Geometrie descriptive»). Г. Монжем запроваджений метод ортогонального проєкування, при якому використовують дві проєкції на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій із послідовним суміщенням цих площин (рис. 1.3) і який був і залишається основним методом складання технічних креслень.

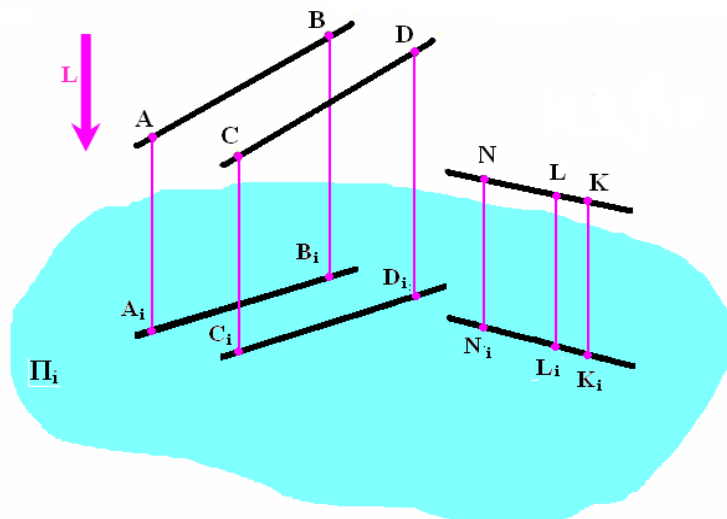


Рисунок 1.3

Повернувши площину  $\Pi_1$  навколо осі  $OX$  до суміщення з продовженням площини  $\Pi_2$ , одержимо зображення, яке називається епюром або комплексним. Дві проєкції однозначно визначають положення точки в просторі кресленням (рис. 1.4). Лінією зв'язку називається перпендикуляр до осі проєкцій, що проходить через дві проєкції точки.  $A_1$ ;  $A_2$  – горизонтальна та фронтальна проєкції точок.  $A_1A_2$  – лінія зв'язку.  $\Pi_1$  – горизонтальна площина проєкцій;  $\Pi_2$  – фронтальна площина проєкцій;  $OX$  – вісь проєкцій;  $OX = \Pi_1 \cap \Pi_2$ .

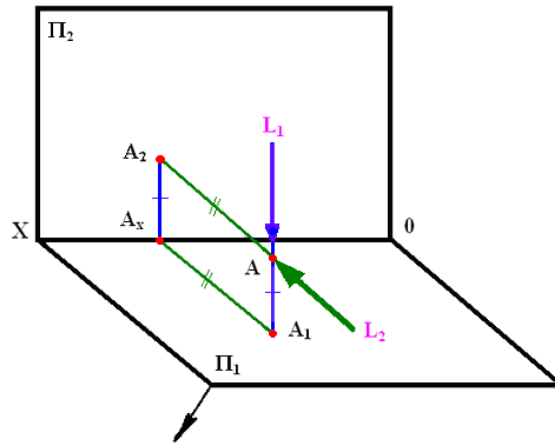


Рисунок 1.4

### 1.1.3 Проекції точки на три взаємно перпендикулярні площини

Для повного виявлення зовнішніх і внутрішніх форм складних деталей буває необхідно три і навіть більше зображення. Тому вводять три і більше площин проекцій.

Система площин  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  утворюється введенням у систему площин  $\Pi_1, \Pi_2$  ще однієї вертикальної площини проекцій, перпендикулярної фронтальній і горизонтальній площинам. Її називають профільною площиною проекцій і позначають  $\Pi_3$ . Лінії перетину профільної площини проекцій із фронтальною і горизонтальною позначають  $z$  і  $y$ . Точка  $O$  – перетин усіх трьох осей проекцій. Системою площин  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  простір розподіляється на октанти. Утворюються вісім октантів (рис. 1.5).

- $\Pi_1$  – горизонтальна площина проекцій;
- $\Pi_2$  – фронтальна площина проекцій;
- $\Pi_3$  – профільна площина проекцій;
- $ox, oy, oz$  – осі координат;

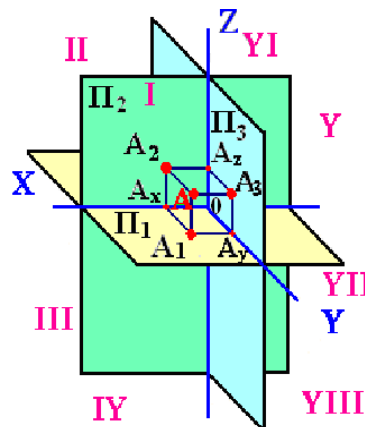


Рисунок 1.5

Координатою називається відстань від точки до площини проєкцій:  
 $AA_1$  – координата  $z_A$  (апліката), відстань від точки  $A$  до площини  $\Pi_1$ ;  
 $AA_3$  – координата  $x_A$  (абсциса), відстань від точки  $A$  до площини  $\Pi_3$ ;  
 $AA_2$  – координата  $y_A$  (ордината), відстань від точки  $A$  до площини

$\Pi_2$ .

Після суміщення площин проєкцій утворюється еюра (рис. 1.6).

Точки і проєкції точок визначаються координатами:  $A(x_A, y_A, z_A)$ ;  
 $A_1(x_A, y_A)$ ;  $A_2(x_A, z_A)$ ;  $A_3(y_A, z_A)$ .  $A_3$  – профільна проєкція точки  $A$ .

У тривимірному просторі, розподіленому площинами проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , утворено 8 октантів. У кожному з октантів у залежності від напрямку вісі утворюються різні сполучення знаків координат (табл. 1.1, рис. 1.7).

Таблиця 1.1 – Знаки координат у октантах тривимірного простору

Октанти	Знаки координат			Октанти	Знаки координат		
	X	Y	Z		X	Y	Z
I	+	+	+	V	-	+	+
II	+	-	+	VI	-	-	+
III	+	-	-	VII	-	-	-
IV	+	+	-	VIII	-	+	-

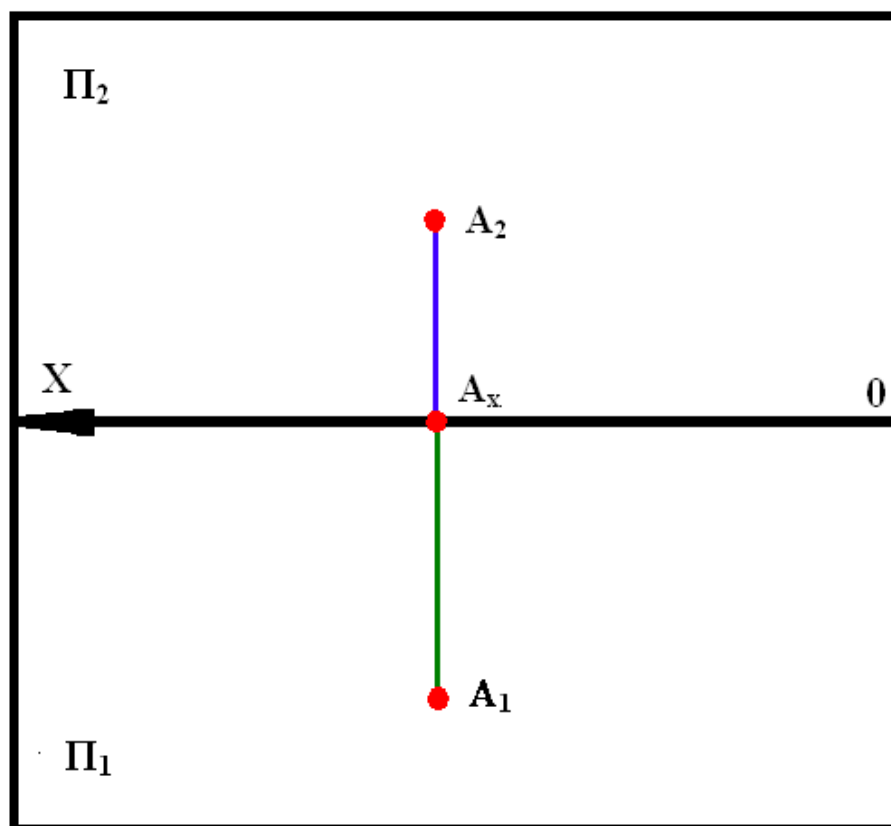


Рисунок 1.6

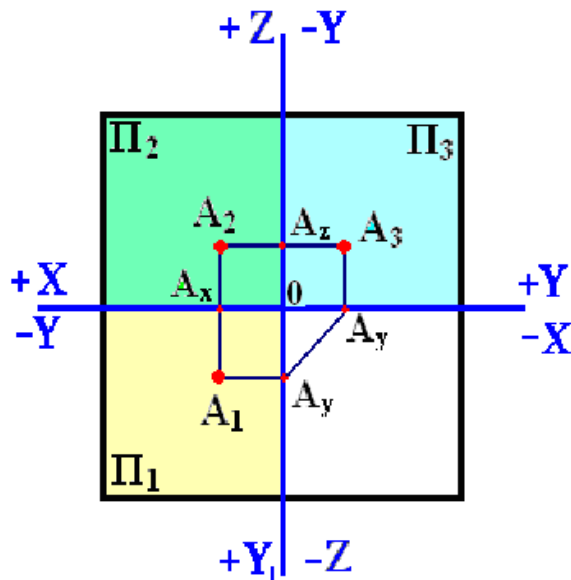


Рисунок 1.7

### 1.1.4 Класифікація розташування точок простору

Із усієї множини точок простору  $R$  можна виділити такі підмножини. Трипараметрична – точки, що мають три значущі координати (рис. 1.5).

$$A \subset R \Rightarrow \begin{cases} A_1 \subset \Pi_1 \\ A_2 \subset \Pi_2 \\ A_3 \subset \Pi_3 \end{cases}$$

Двопараметрична – точки, що лежать на площині і мають дві значущі координати.

$$A \subset \Pi_1 \Rightarrow \begin{cases} A_1 \equiv A \subset \Pi_1 \\ A_2 \subset OX \\ A_3 \subset OY \end{cases} \quad Z_A = 0 \quad A \subset \Pi_2 \Rightarrow \begin{cases} A_1 = OX \\ A_2 \equiv A \subset \Pi_2 \\ A_3 \subset OZ \end{cases} \quad Y_A = 0$$

$$A \subset \Pi_3 \Rightarrow \begin{cases} A_1 = OY \\ A_2 = OZ \\ A_3 \equiv A \subset \Pi_3 \end{cases} \quad X_A = 0$$

Однопараметрична – точки лежать на вісі проєкцій і мають одну значущу координату.

$$\begin{array}{l|l}
A \subset OX \Rightarrow & A_1 \equiv A_2 \equiv A \subset OX \\
Y_A = O & A_3 \equiv O \\
Z_A = O & \\
\hline
A \subset OY \Rightarrow & A_1 \equiv A_3 \equiv A \subset OY \\
X_A = O & A_2 \equiv O \\
Z_A = O & \\
\hline
A \subset OZ \Rightarrow & A_1 \equiv O \\
X_A = O & A_2 \equiv A_3 \equiv A = OZ \\
Y_A = O &
\end{array}$$

## 1.2 Проектування прямої

Пряма являє собою множину точок і в просторі безмежна.

Відрізком прямої називається множина, що складається з двох різних точок та усіх точок між ними.

Напрячний промінь складається з однієї точки і прямої, безграничної в одному напрямку.

### 1.2.1 Точка на прямій. Сліди прямої

Якщо в просторі точка належить прямій, то проєкції цієї точки лежать на однойменних проєкціях цієї прямої і на спільній лінії проєкційного зв'язку.

На рис. 1.8 зображена точка  $A$ , що належить прямій  $l$ , бо її проєкції  $A_1$  і  $A_2$  розташовані відповідно на горизонтальній  $l_1$  і фронтальній  $l_2$  проєкціях прямої.

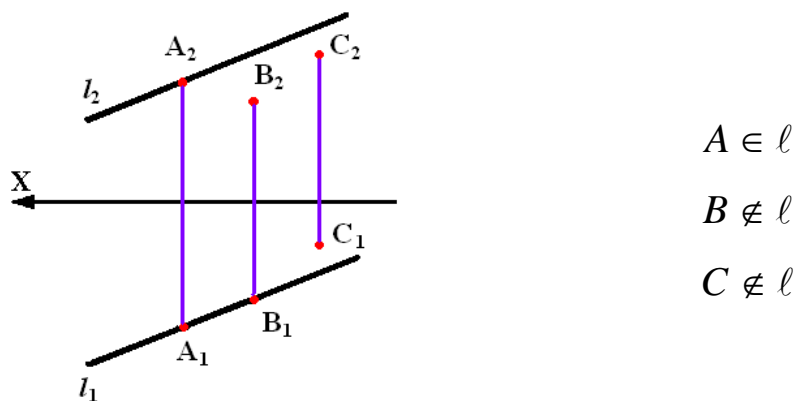


Рисунок 1.8

Точка не належить прямій лінії, якщо жодна з проєкцій точки, наприклад точка С, не належить відповідній проєкції прямої, або лише одна з проєкцій точки належить однойменній проєкції прямої лінії, наприклад точка В.

Точка перетину прямої з площиною проєкцій називається слідом прямої.

Точка М перетину прямої  $l$  із горизонтальною площиною проєкцій  $\Pi_1$  має назву горизонтального сліду; точка N перетину прямої  $l$  з фронтальною площиною проєкцій  $\Pi_2$  – фронтального сліду; точка Р перетину прямої  $l$  з профільною площиною проєкцій  $\Pi_3$  – профільного сліду.

На рис. 1.9 наведено приклад побудови для прямої  $l$  горизонтального і фронтального сліду. Для знаходження горизонтального сліду прямої необхідно продовжити фронтальну проєкцію  $l_2$  до перетину з віссю ОХ. Далі з точки перетину  $M_2$  – фронтальної проєкції горизонтального сліду – провести перпендикуляр до перетину з горизонтальною проєкцією прямої. Точка перетину  $M_1$  – горизонтальна проєкція горизонтального сліду, яка збігається з самим горизонтальним слідом М.

Для знаходження фронтального сліду прямої  $l$  необхідно продовжити горизонтальну проєкцію прямої  $l_1$  до перетину з віссю ОХ. Далі з точки перетину  $N_1$  – горизонтальної проєкції фронтального сліду – провести перпендикуляр до перетину з фронтальною проєкцією прямої. Точка перетину  $N_2$  – фронтальна проєкція фронтального сліду, яка збігається з самим фронтальним слідом N.

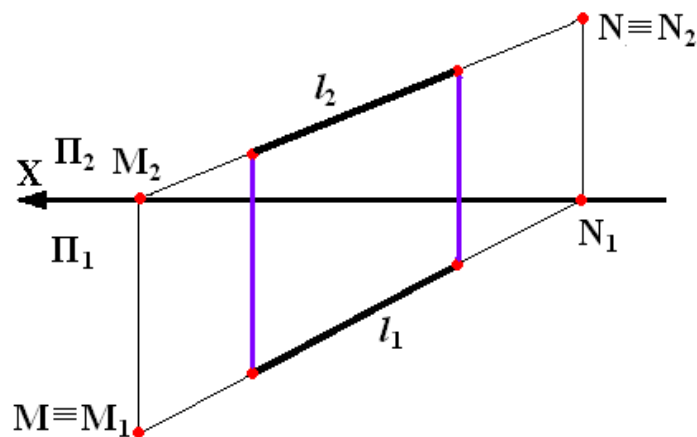


Рисунок 1.9

### 1.2.2 Положення прямих відносно площин проєкцій

#### Прямі загального положення

Прямими загального положення називаються прямі, не паралельні жодній із площин проєкцій (рис. 1.10).

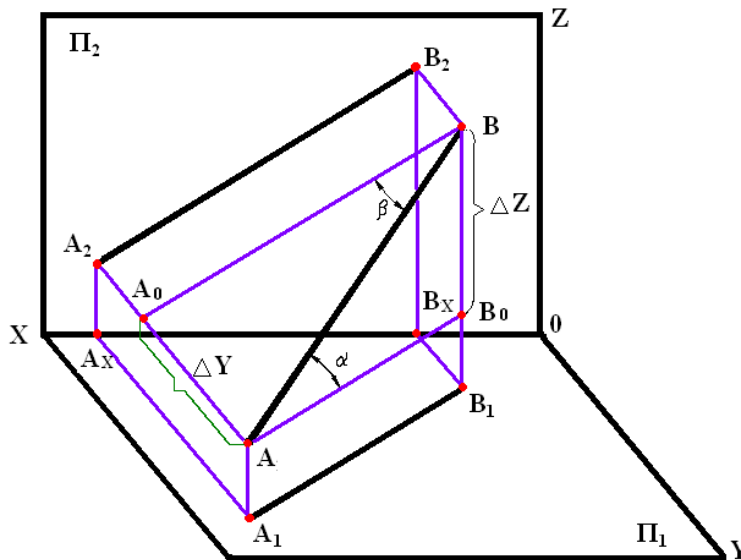


Рисунок 1.10

### Правило прямокутного трикутника

Для прямої загального положення виникає потреба у визначенні натуральної величини відрізка та кутів нахилу до площин проекцій. Розглянемо рис. 1.10, з якого випливає правило прямокутного трикутника.

Візьмемо відрізок  $AB$  і побудуємо його ортогональну проекцію на горизонтальну і фронтальну площини проекцій. Отримаємо два прямокутних трикутники  $\triangle AB_0V$  і  $\triangle AA_0V$ , у яких  $AB$  – гіпотенуза, є натуральною величиною,  $\alpha = \angle BAV_0$  – кут нахилу прямої до горизонтальної площини проекцій  $\Pi_1$ ,  $\beta = \angle ABA_0$  – кут нахилу прямої до фронтальної площини проекцій  $\Pi_2$ . Для трикутника  $\triangle AB_0V$  катет  $AB_0$  дорівнює величині горизонтальної проекції  $A_1B_1$  відрізка  $[AB]$ , другий катет  $VB_0$  дорівнює різниці відстаней від кінців відрізка (точки  $A$  і  $B$ ) до горизонтальної площини проекцій, тобто  $\Delta Z$ .

Аналогічні висновки випливають також із розгляду трикутника  $\triangle AA_0V$ .

Для визначення натуральної величини відрізка прямої та кута нахилу прямої до певної площини проекції потрібно на комплексному кресленні (рис. 1.11) побудувати прямокутний трикутник на тій площині проекцій, відносно якої визначається кут нахилу прямої, тоді натуральна величина відрізка прямої дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, одним катетом якого є проекція відрізка на тій площині проекцій, а другим катетом є різниця відстаней від кінців відрізків до тієї ж площини проекцій, а кут між відповідною проекцією цього відрізка та його гіпотенузою дорівнює куту нахилу прямої до цієї площини проекцій.

*Натуральна величина відрізка прямої і кут нахилу прямої до площини проекцій на епюрі можуть бути знайдені з прямокутного трикутника, у якому один катет дорівнює проекції відрізка на цій площині проекцій, дру-*



гий – різниці відстаней кінців відрізка від цієї площини проєкції (див. рис. 1.11).

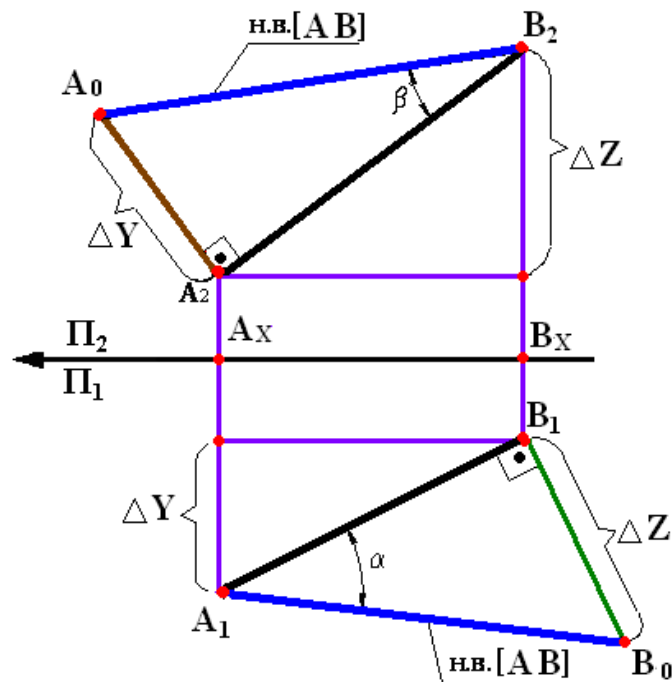


Рисунок 1.11

### Прямі особливого положення

Прямими особливого положення називаються прямі, паралельні одній або двом площинам проєкцій.

До прямих особливого положення відносяться прямі рівня та проєктувальні прямі.

### Прямі рівня

Прямі, паралельні одній площині проєкцій, називаються прямими рівня (горизонтальна, фронтальна, профільна прямі).

Прямі рівня на відповідну площину проєкцій проєктуються натуральною величиною.

Горизонтальна пряма  $h \parallel \Pi_1$  (рис. 1.12, 1.13).

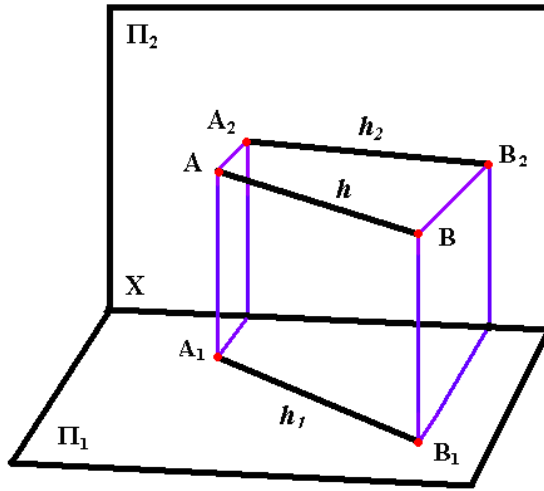
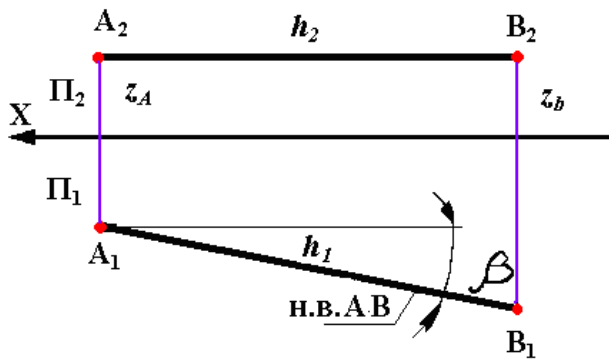


Рисунок 1.12



$$h \parallel \Pi_1 \Rightarrow \begin{cases} h_2 \parallel X, \\ z_A = z_B, \\ [A_1B_1] = |AB|. \end{cases}$$

Рисунок 1.13

Фронтальна пряма  $f \parallel \Pi_2$  (рис. 1.14, 1.15)

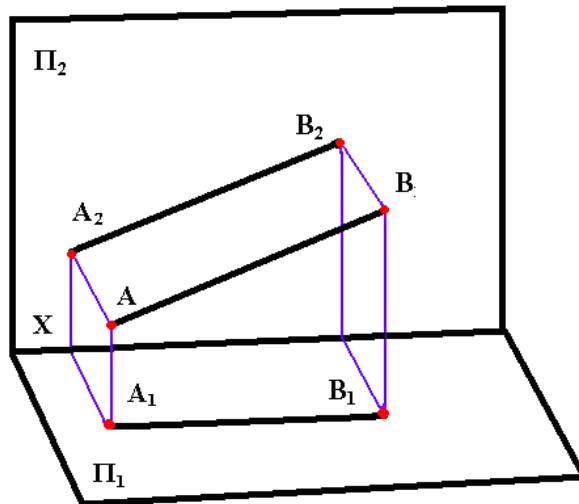


Рисунок 1.14

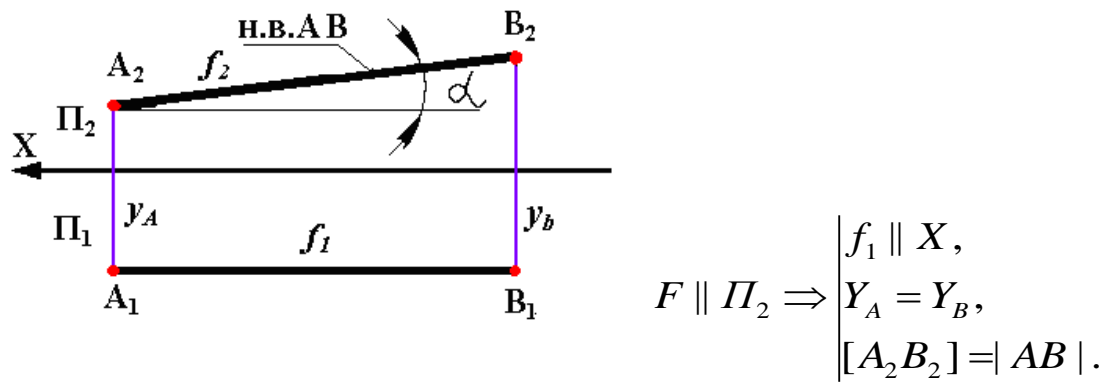


Рисунок 1.15

Профільна пряма  $P \parallel \Pi_3$  (рис. 1.16, 1.17).

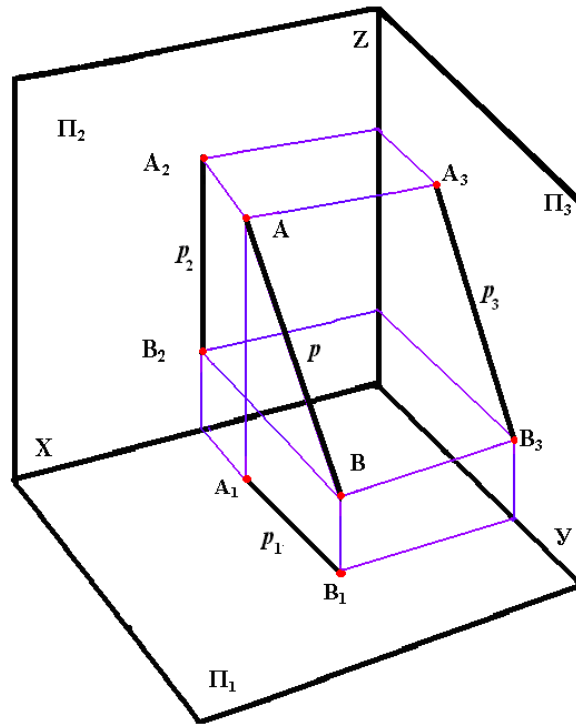


Рисунок 1.16

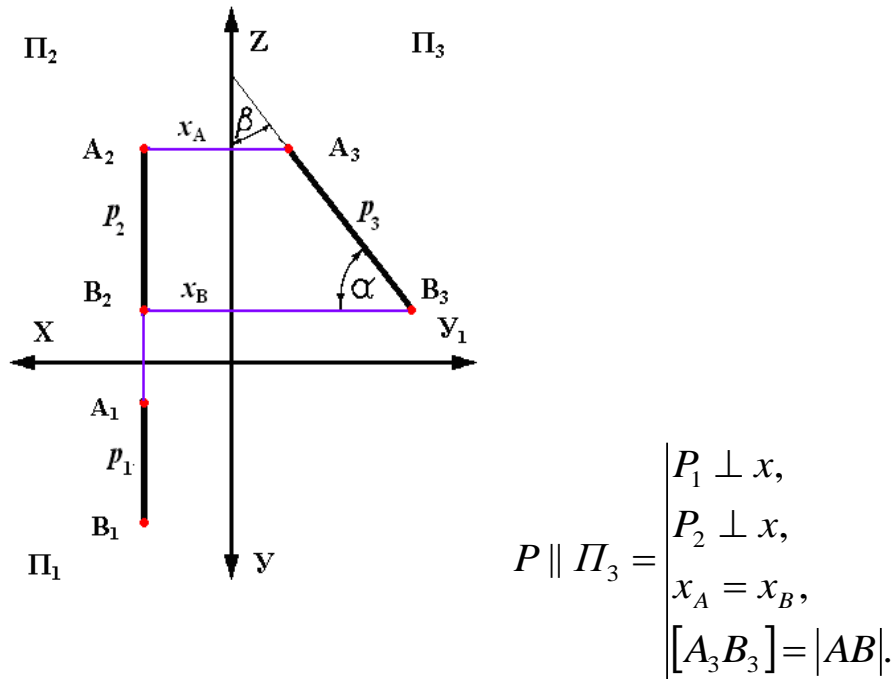


Рисунок 1.17

### Проектувальні прямі

Проектувальними прямими називаються прямі, паралельні двом площинам проєкцій, перпендикулярні до третьої (горизонтально проектувальні, фронтально проектувальні, профільні проектувальні).

Горизонтально проектувальна пряма зображена на рис. 1.18.

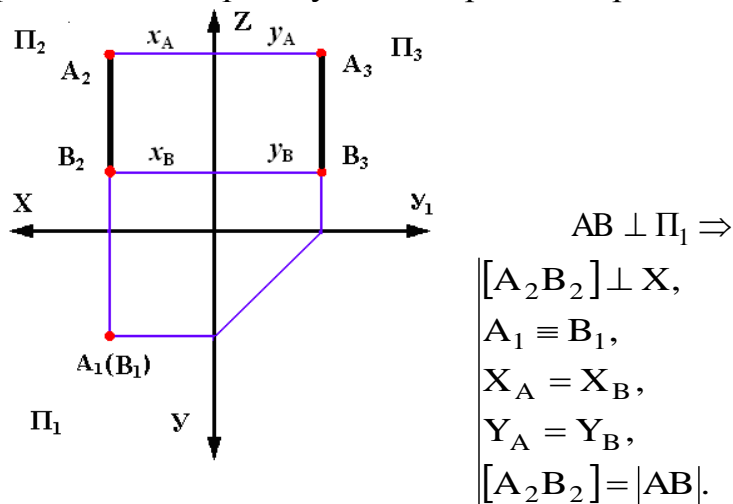


Рисунок 1.18

Фронтально проектувальна пряма зображена на рис. 1.19.

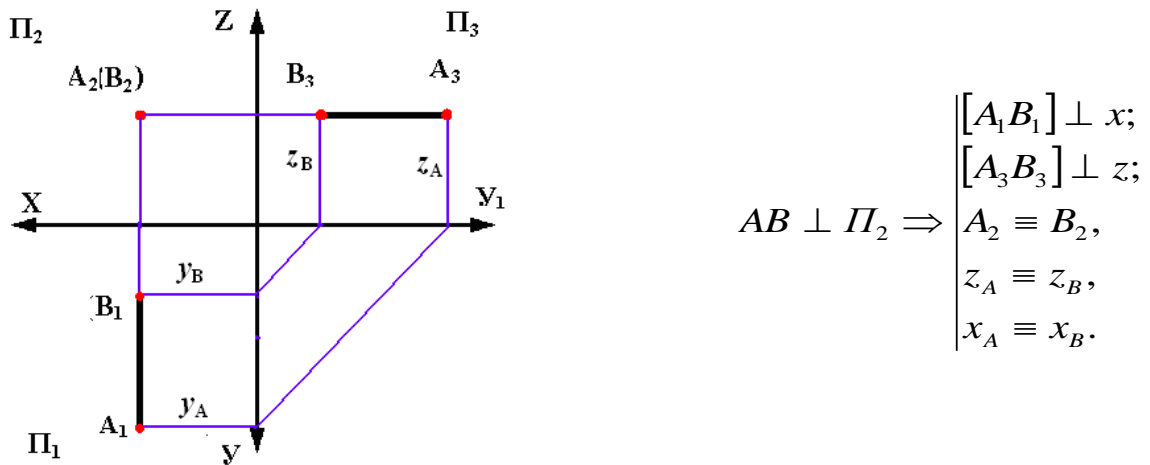


Рисунок 1.19

Профільно проектувальна пряма зображена на рис. 1.20.

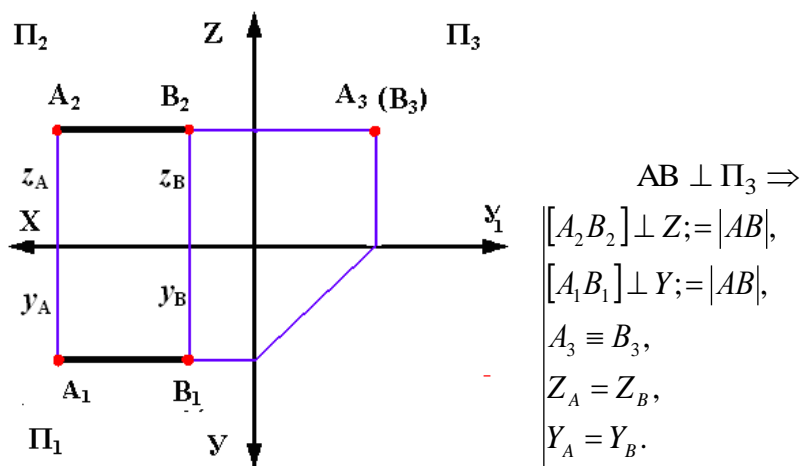


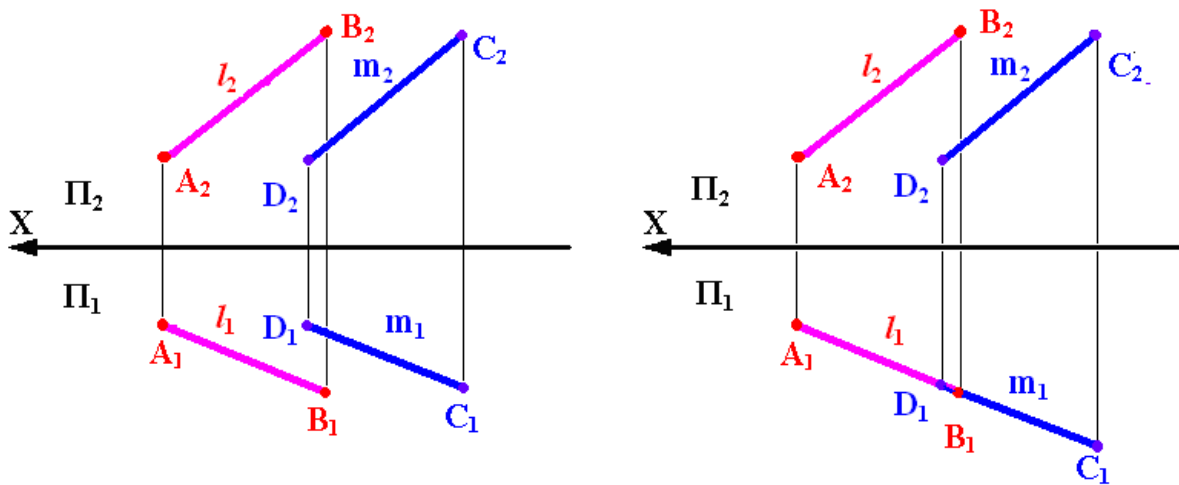
Рисунок 1.20

### 1.2.3 Взаємне положення прямих

Дві прямі в просторі можуть співпадати, бути паралельними, перетинатися, бути перехресними.

#### Паралельні прямі

Якщо прямі паралельні, то їх однойменні проекції паралельні (в окремому випадку – співпадають) (рис. 1.21).



$$\ell \parallel m \Rightarrow \begin{array}{|c|} \hline \ell_1 \parallel m_1 \\ \hline \ell_2 \parallel m_2 \\ \hline \end{array} \vee \begin{array}{|c|} \hline \ell_1 \equiv m_1 \\ \hline \ell_2 \parallel m_2 \\ \hline \end{array} \vee \begin{array}{|c|} \hline \ell_1 \parallel m_1 \\ \hline \ell_2 \equiv m_2 \\ \hline \end{array}$$

Рисунок 1.21

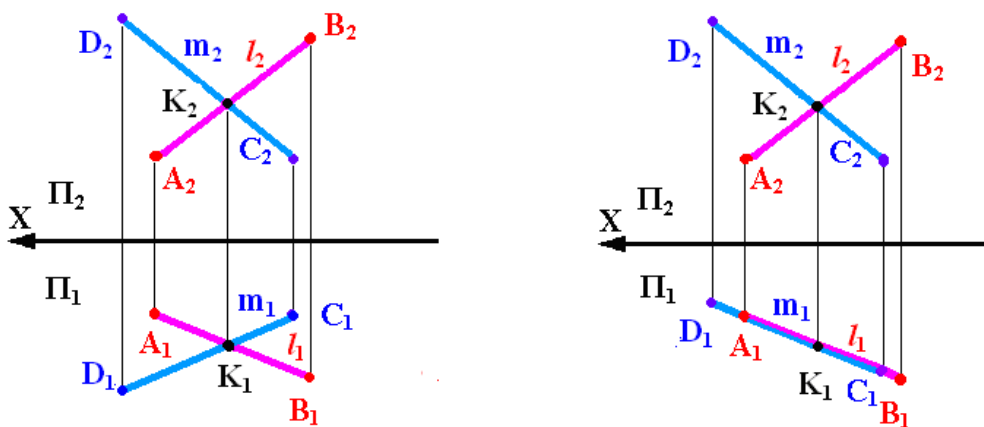
### Прямі, що перетинаються

Однорідні проєкції прямих, що перетинаються також перетинаються (в окремому випадку – співпадають) (рис. 1.22).

Точки перетину проєкцій прямих мають проєктувальний зв'язок, тобто є проєкціями спільних для цих прямих точок.

### Перехресні прямі

Перехресні прямі не перетинаються, не паралельні, спільних точок не мають (рис. 1.23).



$$\ell \cap m = k \Rightarrow \left| \begin{array}{l} \ell_1 \cap m_1 = k_1, \\ \ell_2 \cap m_2 = k_2, \end{array} \right| \vee \left| \begin{array}{l} \ell_1 \equiv m_1 \equiv k_1, \\ \ell_2 \cap m_2 \equiv k_2. \end{array} \right.$$

Рисунок 1.22

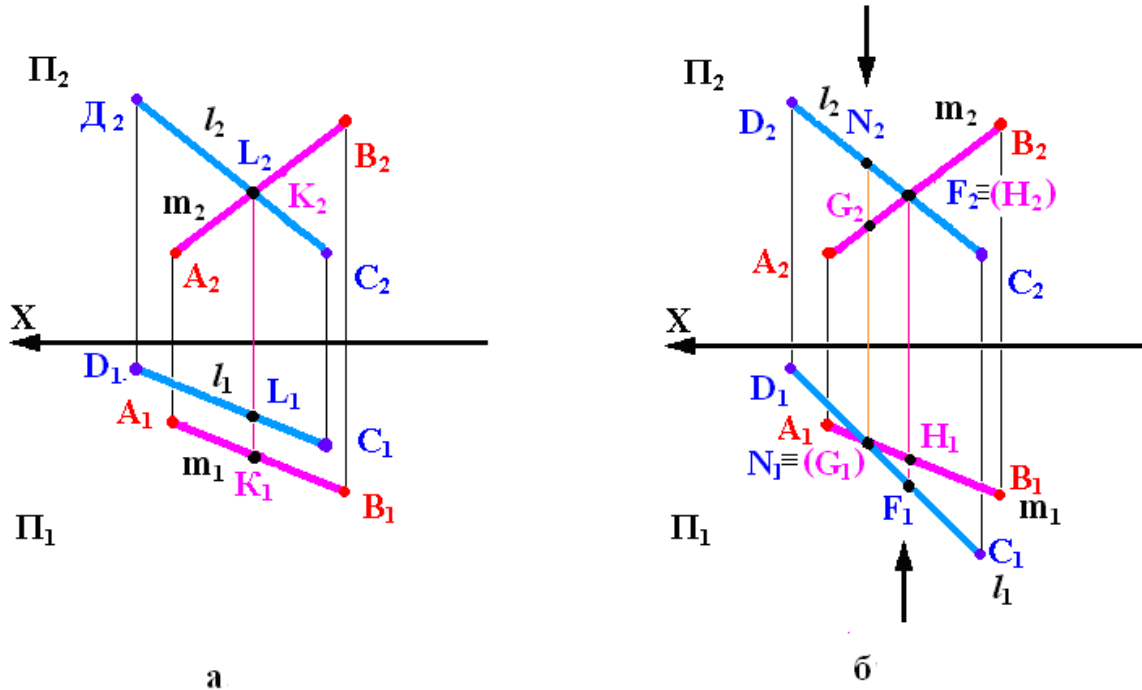


Рисунок 1.23

Точки, які належать одному проектувальному променю, але належать різним прямим, називаються конкуруючими.

Конкуруючі точки використовуються для визначення видимості елементів на кресленні. Видимими є точки, які розташовані далі від площини проєкцій (ближче до спостерігача).

На рис. 1.23, а зображено перехресні прямі АВ ( $m$ ) і CD ( $l$ ). Фронтальні проєкції їх перетинаються в точці  $K_2 \equiv L_2$ , а на горизонтальній площині проєкцій видно, що точка  $K_1$  належить  $A_1B_1$  ( $m_1$ ), а точка  $L_1$  належить  $C_1D_1$  ( $l_1$ ).

На рис. 1.23, б зображено дві перехресні прямі АВ ( $m$ ) і CD ( $l$ ). Фронтальні проєкції їх перетинаються в точці  $F_2 \equiv H_2$ , а горизонтальні – у точці  $N_1 \equiv G_1$ . Для визначення «перекривання» відрізків на проєкціях застосовують конкуруючі точки, які лежать на одному проектувальному промені, належать різним прямим і на одній площині проєкцій збігаються.

При цьому точки G і H належать відрізку АВ ( $m$ ), а точки N і F відрізку CD ( $l$ ). Оскільки точка N розміщена вище від точки G на полі  $\Pi_1$ , то відрізок CD ( $l$ ) «перекриває» відрізок АВ ( $m$ ), невидиму проєкцію точки  $G_1$  беруть у дужки.

Точка  $F_1$  лежить ближче до спостерігача, ніж точка  $H_1$ , тому на полі  $\Pi_2$  відрізок  $CD$  ( $l$ ) «перекриває» відрізок  $AB$  ( $m$ ), невидиму проекцію точки  $H_2$  беруть у дужки.

#### 1.2.4 Проекції прямого кута

Якщо хоча б одна зі сторін прямого кута паралельна площині проєкції, то кут проєкується на цю площину прямим кутом.

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

На рис. 1.24 зображено прямий кут  $ABC$ , у якого сторона  $AB$  паралельна площині  $\Pi_1$ . Проєкувальна площина  $Q$  перпендикулярна площині  $\Pi_1$ .  $AB \perp \Sigma$ , оскільки  $AB \perp BC$  та  $AB \perp BV$ , тому  $AB \perp V_1C_1$ . Оскільки  $AB \parallel A_1B_1$ , то  $A_1B_1 \perp V_1C_1$ .

На рис. 1.25 наведено приклад проєкуванні прямого кута, однією стороною якого є горизонтальна пряма рівня  $h$ , яка є паралельною до  $\Pi_1$ , тому на цю площину прямий кут проєкується як прямий.

На рис. 1.26 наведено приклад проєкуванні прямого кута, однією стороною якого є фронтальна пряма рівня  $f$ , яка є паралельною до  $\Pi_2$ , тому на цю площину прямий кут проєкується як прямий.

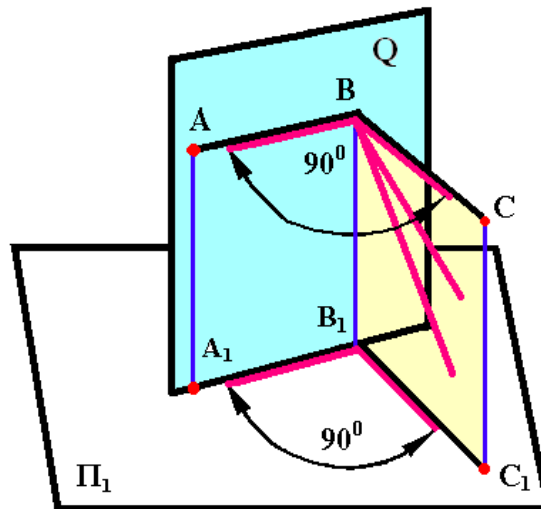
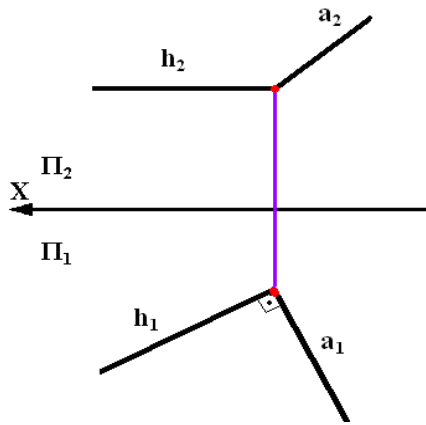


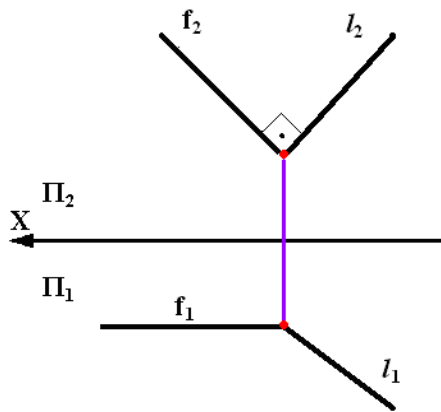
Рисунок 1.24





$h_2 \parallel OX$   
 $h_1 = \text{н.в.}$   
 $h \parallel \Pi_1$   
 $h \perp a$

Рисунок 1.25



$f_1 \parallel OX$   
 $f_2 = \text{н.в.}$   
 $f \parallel \Pi_2$   
 $f \perp l$

Рисунок 1.26

Правило проектування прямого кута використовується при розв'язанні задач зі знаходження відстані від точки до прямої особливо розташування. На рис. 1.27 наведено приклад зі знаходження відстані від точки С до горизонтальної прямої рівня  $h$ .

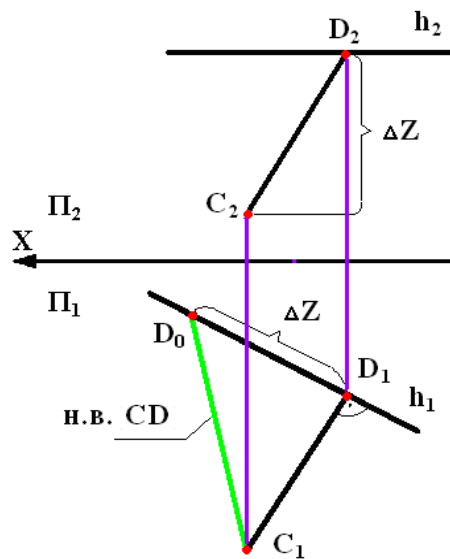


Рисунок 1.27

Із точки  $C$  необхідно опустити перпендикуляр на пряму  $A$ . Оскільки  $h \parallel \Pi_1$ , тому прямий кут проектується на  $\Pi_1$  без спотворень. Натуральну величину ( $CD$ ) знаходимо методом прямокутного трикутника.

### 1.3 Площина

Площиною називається нерозривна множина послідовних положень твірної прямої ( $m$ ), яка переміщується паралельно самій собі за напрямною прямою ( $l$ ) (рис. 1.28).

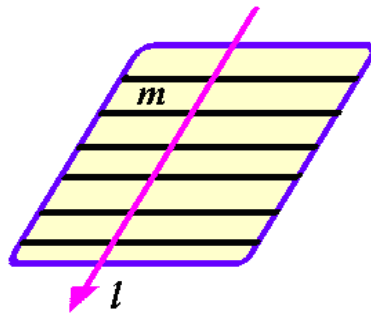


Рисунок 1.28

На епюрі площина може бути заданою:

- 1 Трьма точками, що не належать одній прямій (рис. 1.29).  
 $A, B, C \notin l \Rightarrow \text{пл.}(A, B, C)$

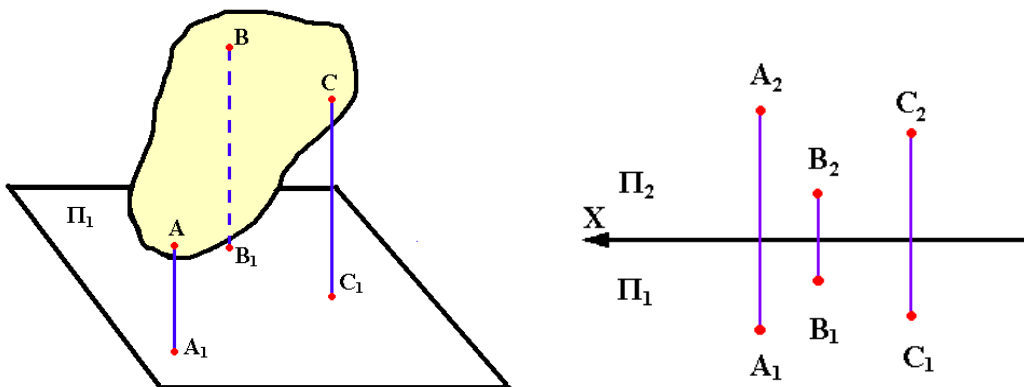


Рисунок 1.29

- 2 Прямую і точкою, що не належить цій прямій (рис. 1.30).  
 $l \not\ni A \Rightarrow \text{пл.}(l, A)$

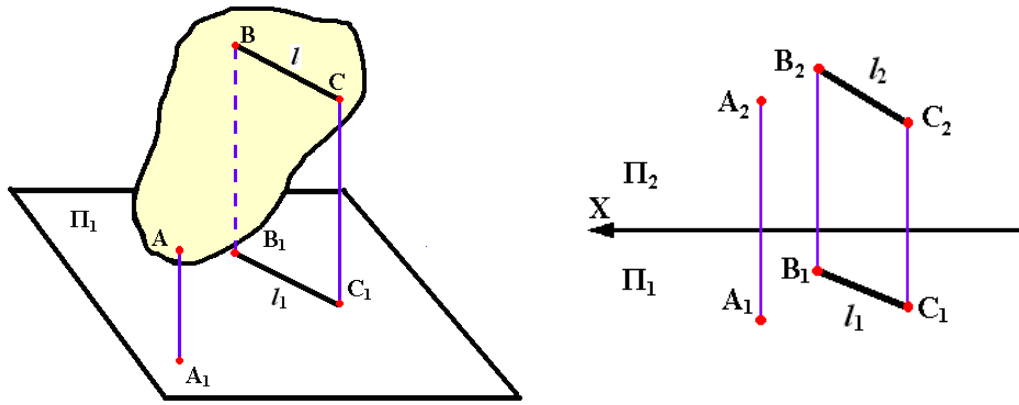


Рисунок 1.30

3 Паралельними прямими (рис. 1.31).  
пл. ( $\ell \parallel m$ )

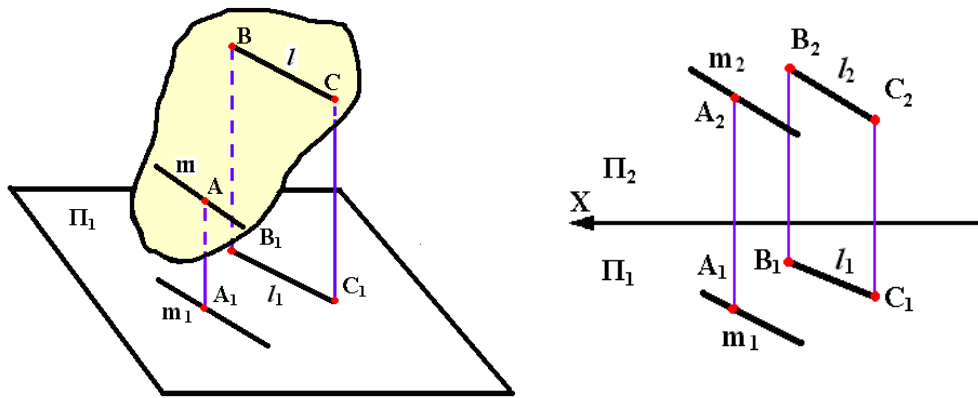
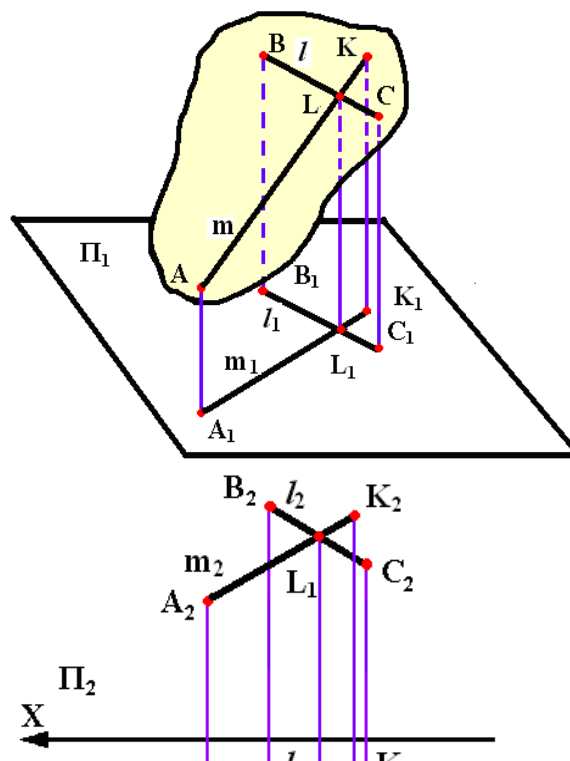


Рисунок 1.31

4 Прямими, що перетинаються (рис. 1.32).  
пл. ( $\ell \cap m$ )



5 Плоскою фігурою (трикутником) (рис 1.33).  
 $пл.(ABC)$

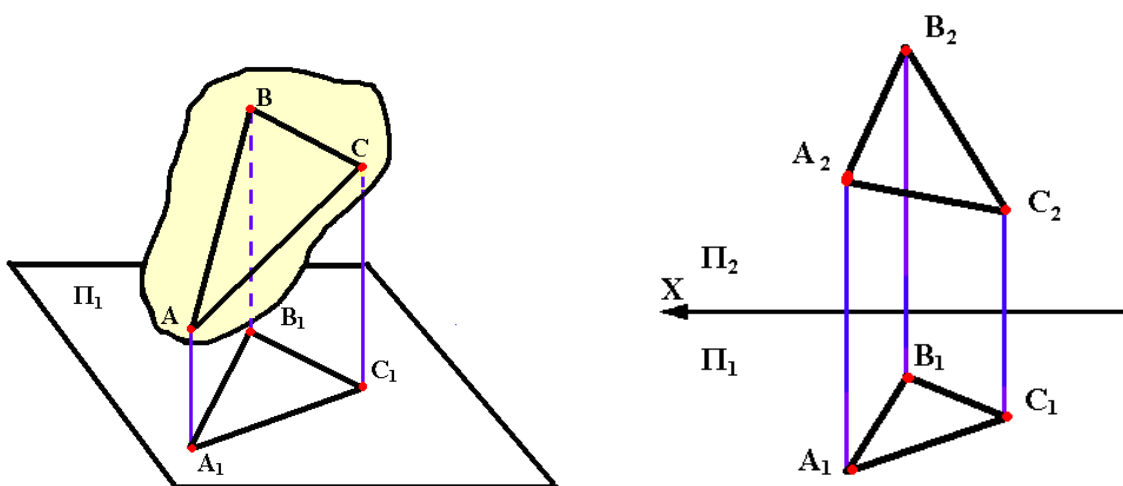


Рисунок 1.33

6. Слідами площин (рис. 1.34).

Слідами площин називають лінії перетину площин з площинами проєкцій.

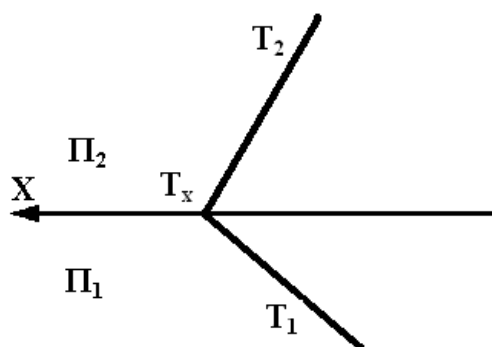


Рисунок 1.34

### 1.3.1 Положення площини відносно площин проєкцій

#### 1.3.1.1 Площина загального положення

Площиною загального (довільного) положення називають площину, не перпендикулярну жодній із площин проєкцій.

### 1.3.1.2 Площини особливого положення

Площини особливого положення поділяються на площини проєктувальні і площини рівня.

Проєктувальною площиною називають площину, перпендикулярну до однієї з площин проєкцій:

- горизонтально проєктувальна площина ( $\Gamma \perp \Pi_1$ ) (рис. 1.35);
- фронтально проєктувальна площина ( $\Phi \perp \Pi_2$ ) (рис. 1.36);
- профільно проєктувальна площина ( $E \perp \Pi_3$ ). (рис. 1.37).

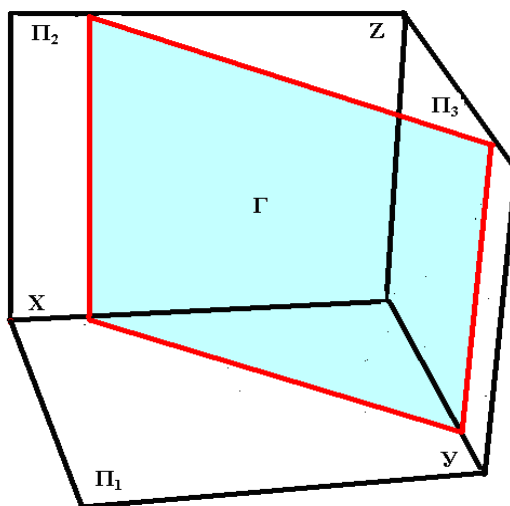


Рисунок 1.35

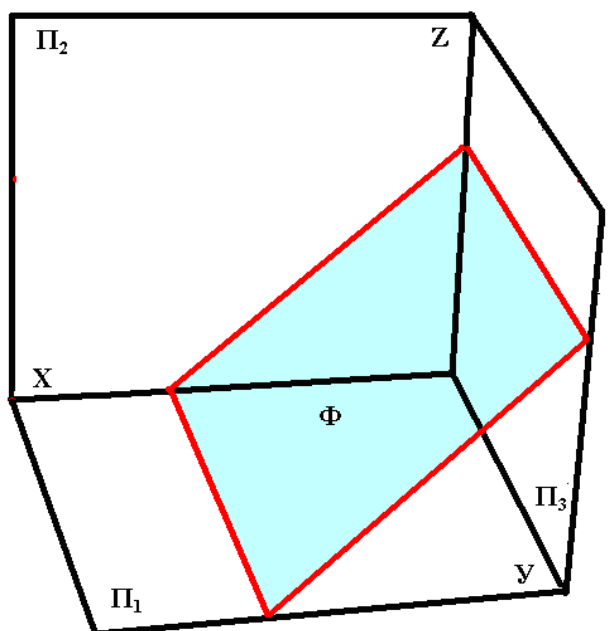


Рисунок 1.36

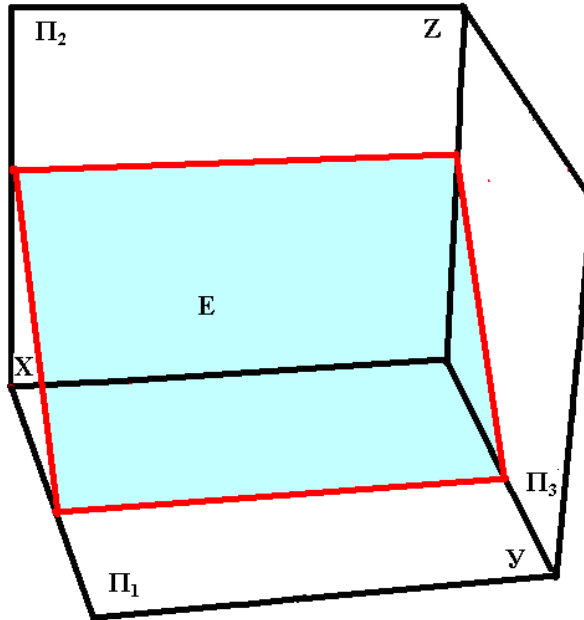


Рисунок 1.37

Проектувальні площини часто використовуються як допоміжні площини при розв'язанні задач.

Проектувальні площини мають збірну властивість, яка полягає в тому, що всі елементи проектувальної площини проектуються в одну лінію на площині проєкцій, до якої вона перпендикулярна (рис. 1.38). Ця лінія зветься головною проєкцією або слідом площини.

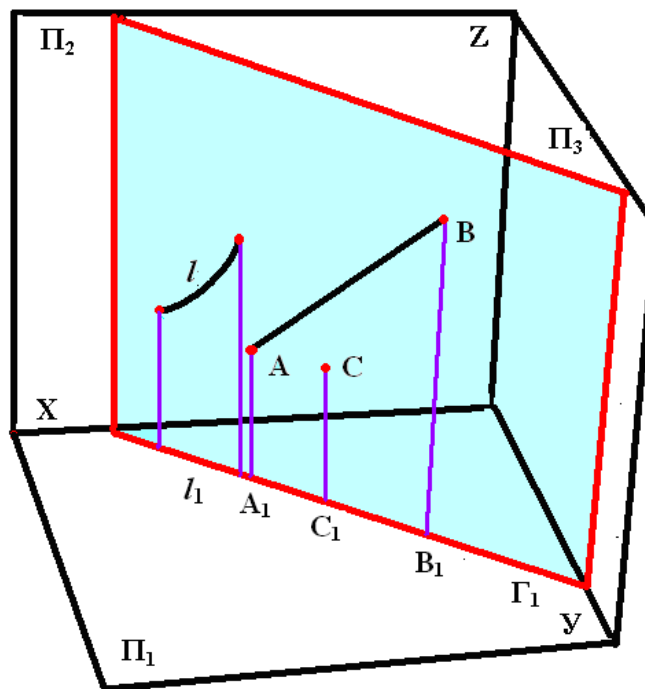


Рисунок 1.38

Площиною рівня називають площину, паралельну до однієї з площин проєкцій і, відповідно, перпендикулярну до двох інших (рис. 1.39):

- горизонтальна площина рівня ( $\Gamma$ );
- фронтальна площина рівня ( $\Phi$ );
- профільна площина рівня ( $E$ ).

Фігури, розташовані у площині рівня, проєктуються до однієї з площин проєкцій у натуральну величину.

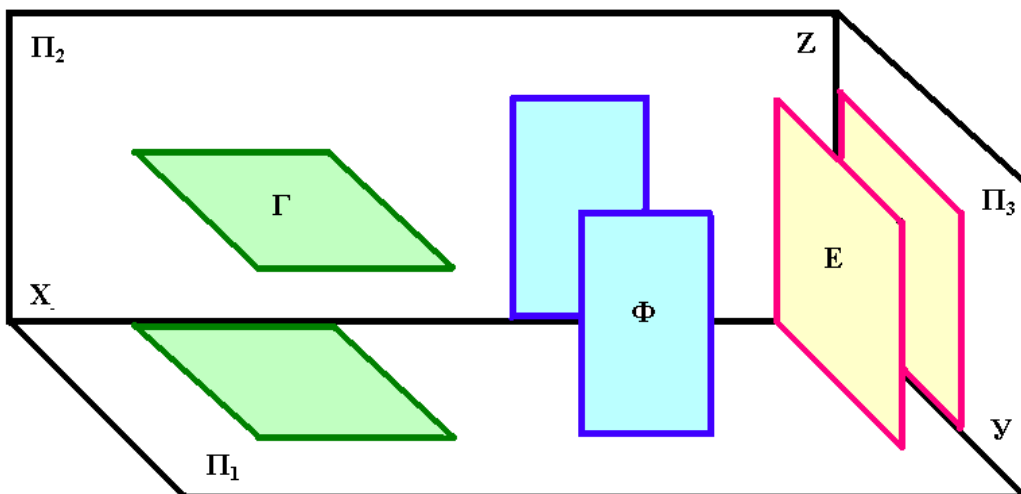
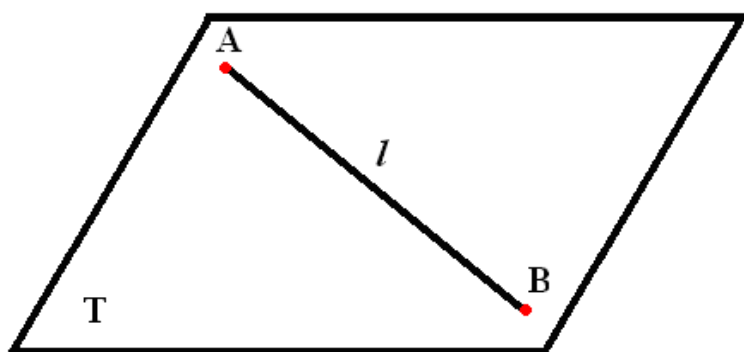


Рисунок 1.39

### 1.3.2 Пряма і точка в площині

В основі належності прямої площині є дві ознаки:

- 1) якщо проходить через дві точки цієї площини (рис. 1.40);
- 2) якщо пряма проходить через точку, що належить площині і паралельна будь-якій прямій цієї площини (рис. 1.41).



$$\begin{aligned} \ell \supset A; A \subset T \\ \ell \supset B; B \subset T \end{aligned} \Rightarrow \ell \subset T$$

Рисунок 1.40

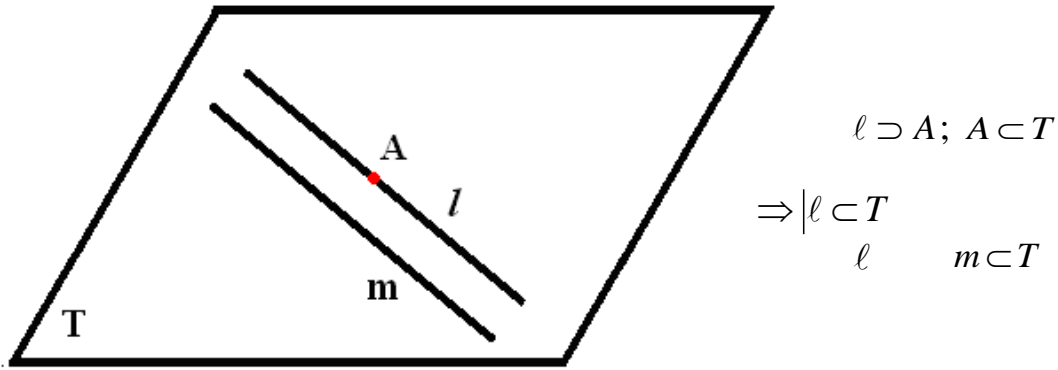


Рисунок 1.41

### 1.3.3 Головні лінії площини

Головні лінії – це лінії, що належать площині і одночасно паралельні будь-якій площині проєкцій.

За розташуванням відносно площин проєкцій головні лінії розподіляються на горизонтальні, фронтальні та профільні прямі.

Горизонталь –  $h$ ;  $h \parallel \Pi_1$ ;  $h_2 \parallel OX$  (рис. 1.42).

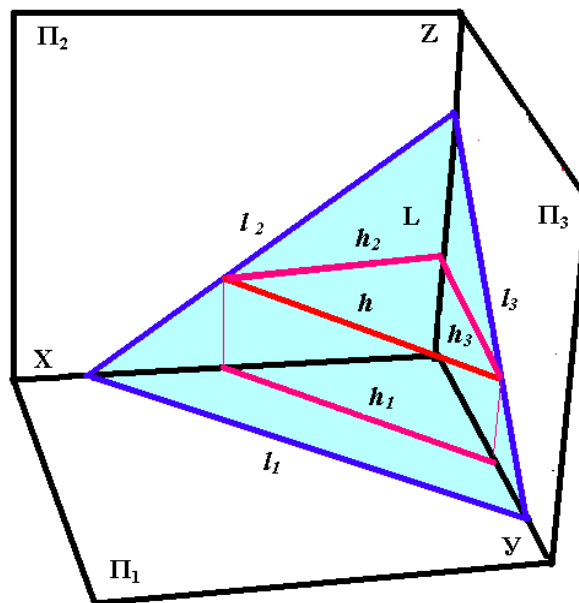


Рисунок 1.42

Горизонталь на епюрі завжди починають будувати з фронтальної проєкції, бо вона завжди паралельна осі  $OX$ .

Фронталь –  $f$ ;  $f \parallel \Pi_2$ ;  $f_1 \parallel OX$  (рис. 1.43).



Фронталь на епюрі завжди починають будувати з її горизонтальної проекції, бо вона завжди паралельна осі  $OX$ .  
 Профільна пряма –  $p$ ;  $p \parallel \Pi_3$ (рис. 1.44).

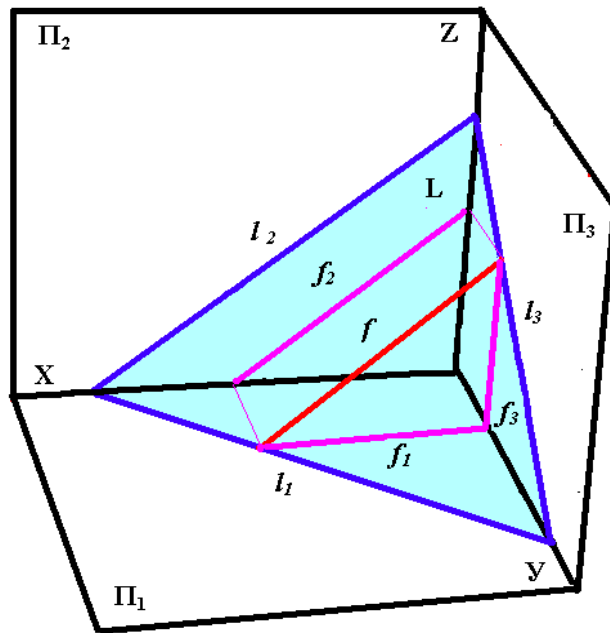


Рисунок 1.43

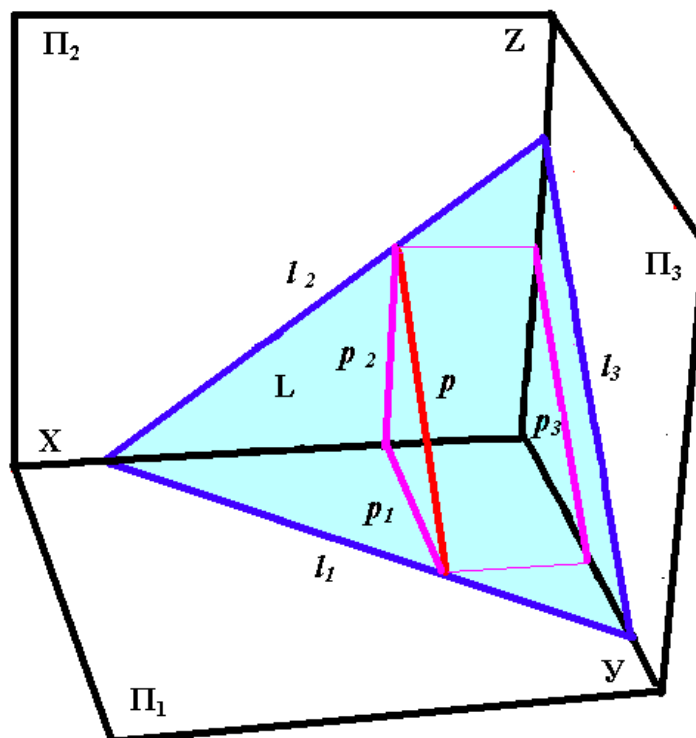


Рисунок 1.44

## 1.4 Перетин прямої і площини. Взаємний перетин двох площин

Спільним елементом прямої і площини, що перетинаються, є точка.

### 1.4.1 Перетин прямої загального положення з площиною загального положення

Для побудови точки перетину (точки зустрічі) прямої загального положення  $\ell$  з площиною загального положення  $Q$  (рис. 1.45) необхідно виконати побудови:

1 Через пряму  $\ell$  проводимо допоміжну січну проектувальну площину  $T$ .

$$\ell \subset T; T \perp Q$$

2 Будуємо лінію перетину заданої площини  $Q$  з допоміжною  $T$ .

$$AB = Q \cap T$$

3 Знаходимо спільну точку заданої прямої  $\ell$  із лінією перетину площин  $AB$ .

$$K = (\ell \cap AB)$$

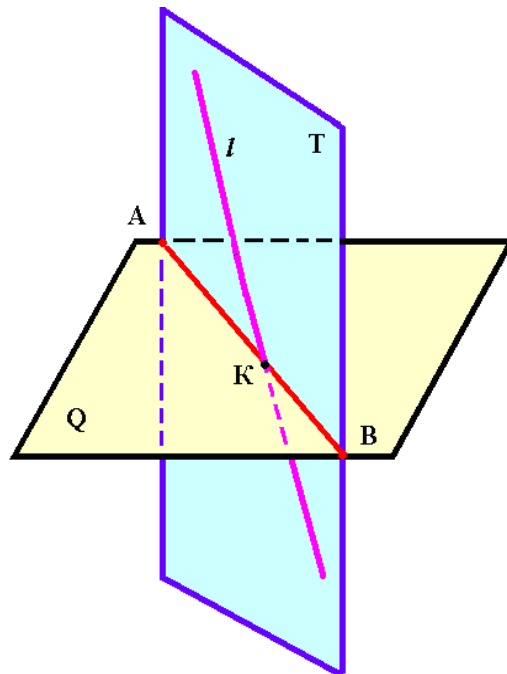


Рисунок 1.45

1.4.1.1 Побудова точки зустрічі прямої з площиною загального положення

Дано: пл.  $\triangle ABC$  – площина загального положення;  
 $\ell$  – пряма загального положення (рис. 1.46).  
 Знайти:  $K = \text{пл. } \triangle ABC \cap \ell$ .

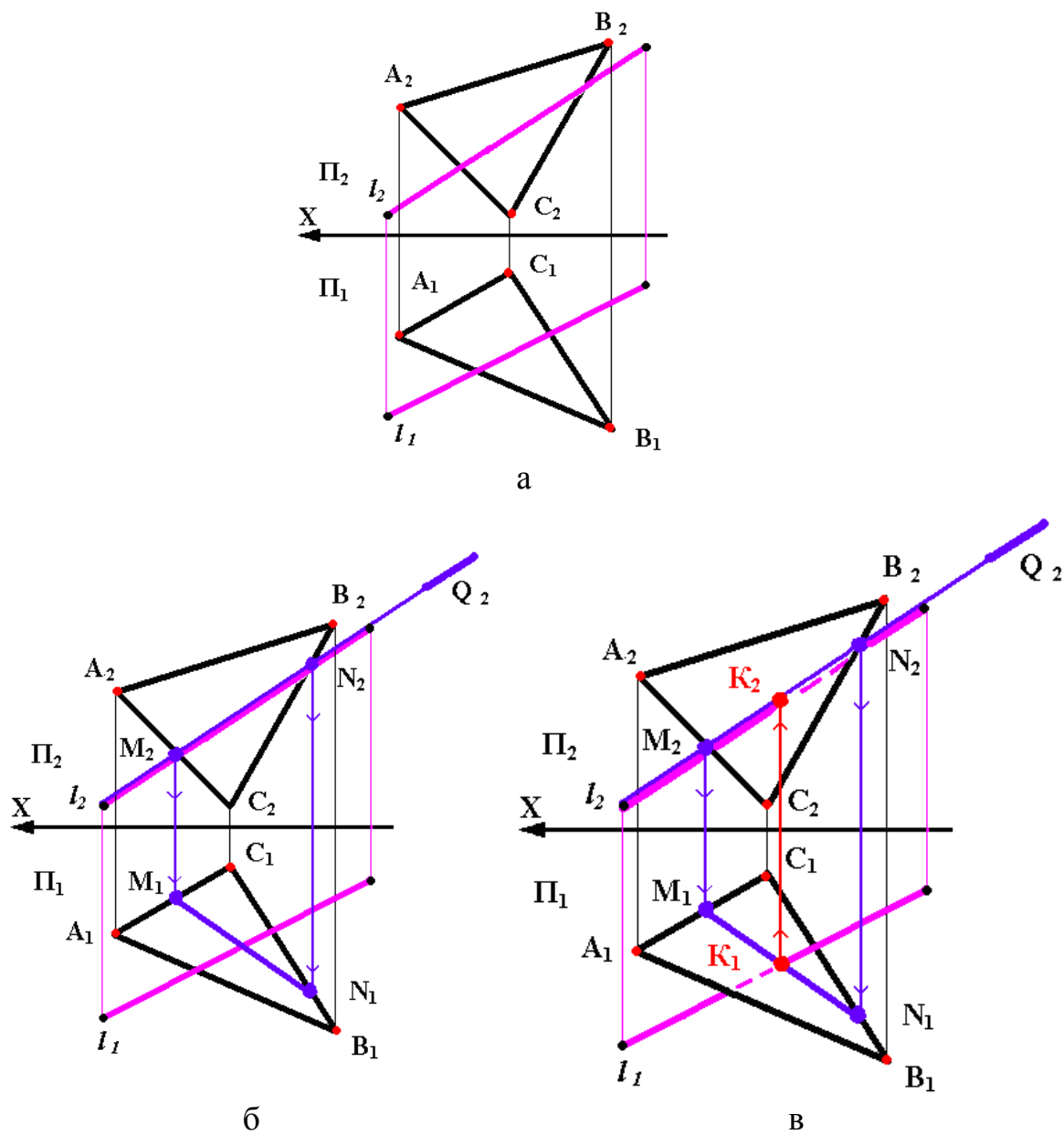


Рисунок 1.46

### *Алгоритм побудови*

При розв'язанні таких задач користуються проектувальними допоміжними площинами, тому що їх головні проекції (сліди) мають збиральні властивості.

1 Проводимо пл.  $Q$ ;  $Q \perp P_2$  так, щоб  $Q \supset \ell$ .

2 Знаходимо лінію перетину заданої і допоміжної площин:

$MN = \text{пл. } \triangle ABC \cap Q$ .

3 Знаходимо точку зустрічі прямої  $\ell$  з лінією перетину  $MN$ :  $K = \ell \cap MN$ .

Видимість прямої  $\ell$  відносно площини  $\triangle ABC$  визначається за допомогою конкуруючих точок.

#### *1.4.1.2 Побудова лінії перетину площин загального положення*

На рис. 1.47 дана побудова лінії перетину двох трикутників з визначенням видимих та невидимих ділянок цих трикутників.

Побудова зводиться до визначення точок  $M$  та  $N$ , у яких сторони  $DF$  та  $EF$  трикутника  $DEF$  перетинають трикутник  $ABC$ . При цьому через сторони  $DF$  та  $EF$  проводяться допоміжні фронтально проектувальні площини  $Q$  та  $S$ , що перетинають трикутник  $ABC$  по прямим 1-2 та 3-4. У перетині проекції прямою  $1_1-2_1$  з проекцією сторони  $D_1F_1$  одержана проекція точки  $M_1$ .  $M_1 \rightarrow M_2 \subset D_2F_2$ . Далі  $N_1 = 3_1-4_1 \cap E_1F_1$ ;  $N_1 \rightarrow N_2 \subset E_2F_2$ . Видимість ділянок трикутників визначається при допомозі конкуруючих точок.

### *1.4.2 Паралельність та перпендикулярність прямої і площини, двох площин*

#### *1.4.2.1 Паралельність прямої і площини*

Пряма і площина взаємно паралельні, якщо в площині існує пряма, паралельна даній прямій. Задача побудови прямої, паралельної заданій площині, досить проста (рис. 1.48).

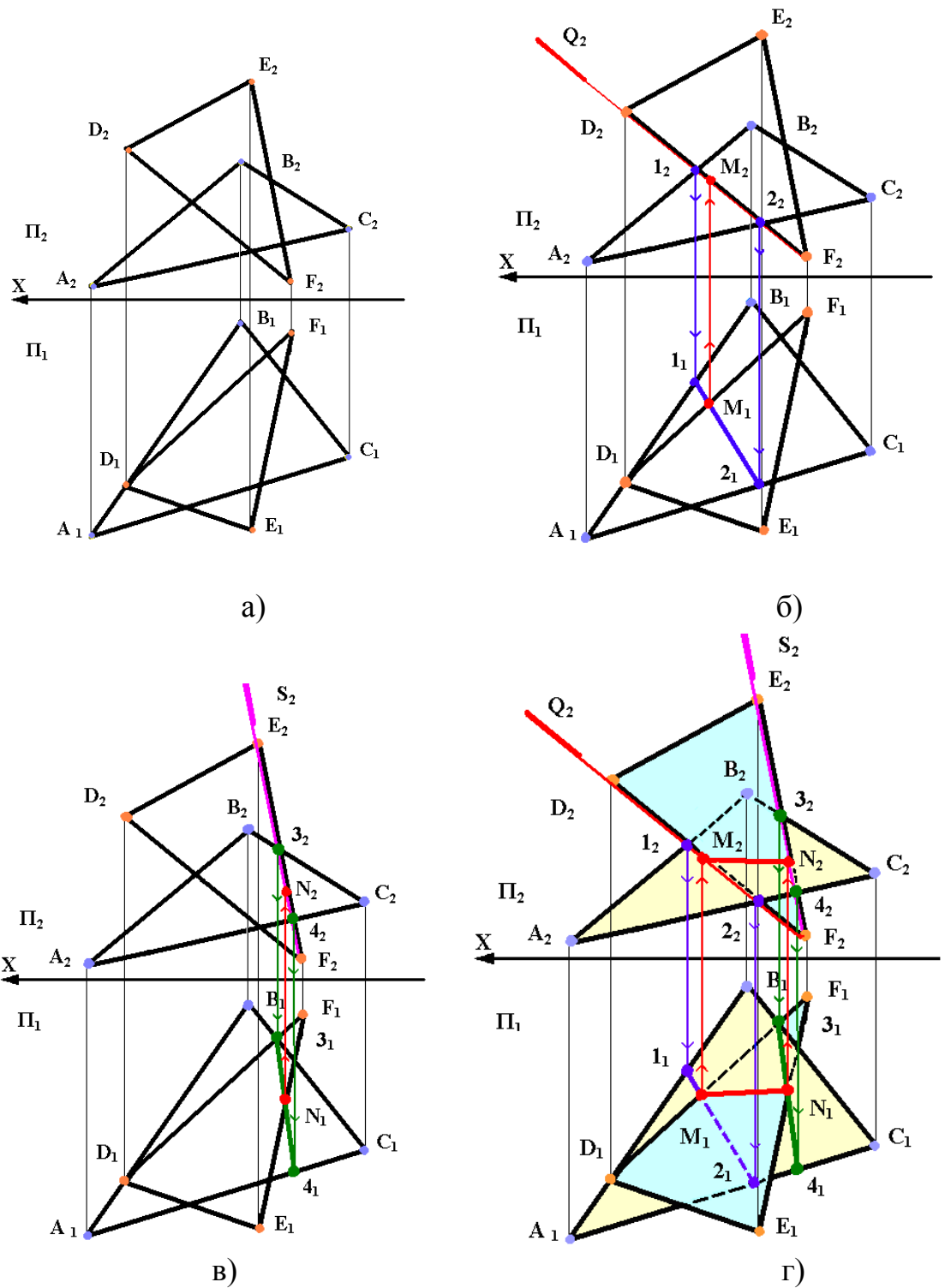


Рисунок 1.47

Нехай треба побудувати пряму, паралельну площині  $\Delta ABC$ . Можна провести прямі, паралельні одній зі сторін  $ABC$ , на рис. 1.48  $l \parallel BC$ , або побудувати в площині допоміжну пряму  $i$  і паралельно їй провести пряму  $f' \parallel f$ .

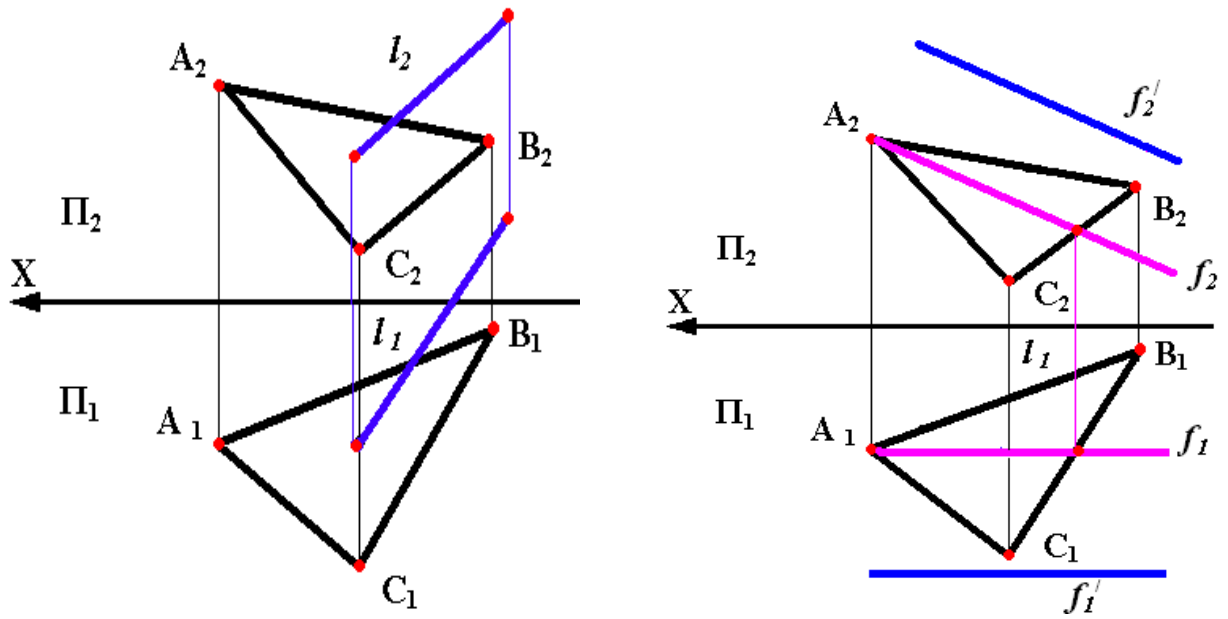


Рисунок 1.48

#### 1.4.2.2 Паралельність двох площин

Відомо, що дві площини взаємно паралельні, якщо дві прямі, що паралельні, в одній площині відповідно паралельні двом прямим, що паралельні в другій площині; якщо дві прямі, що перетинаються, в одній площині відповідно паралельні двом прямим, що перетинаються, в другій площині.

Такими лініями можуть бути прямі загального положення (рис. 1.49), головні лінії площин (рис. 1.50) або сліди площин (рис. 1.51).

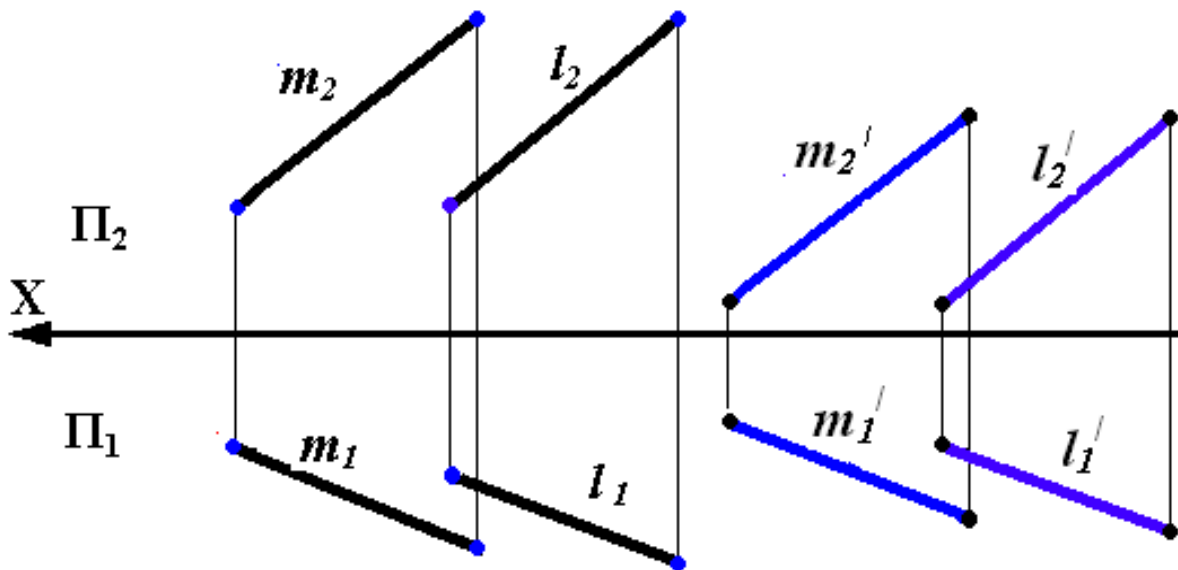


Рисунок 1.49

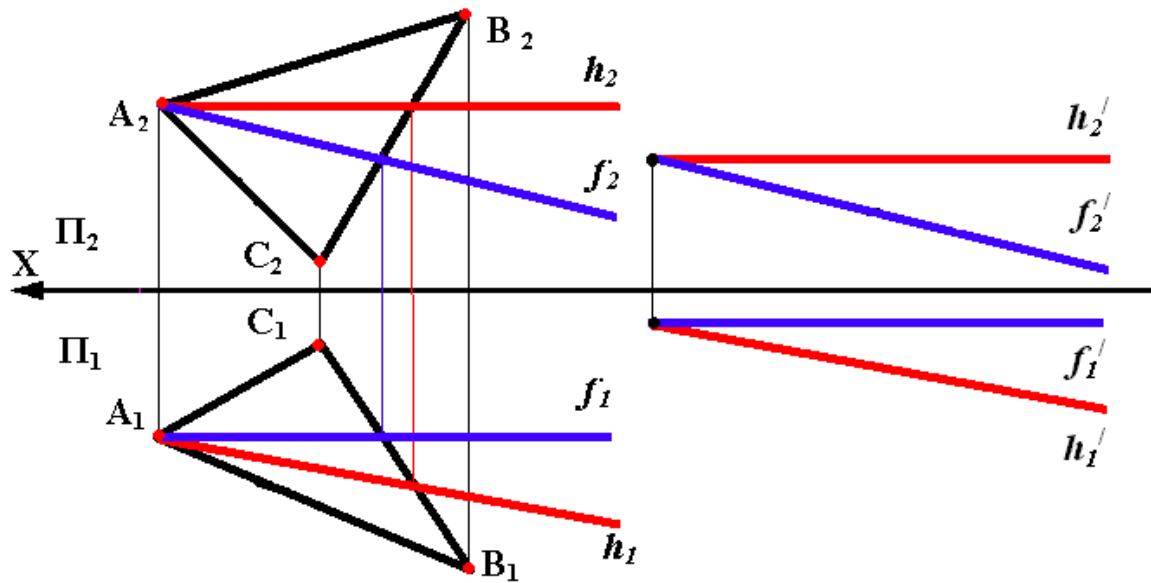


Рисунок 1.50

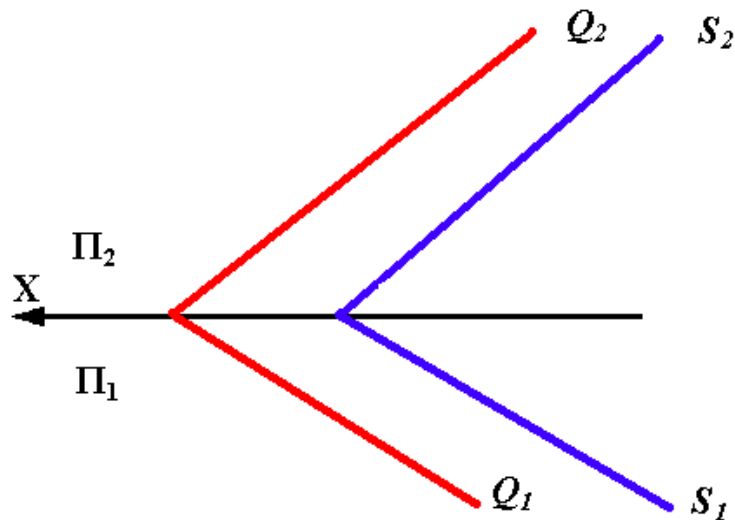


Рисунок 1.51

#### 1.4.2.3 Побудова перпендикуляра до площин загального положення

Перпендикуляр до площини перпендикулярний до будь-якої прямої, проведеної у цій площині. Але, щоб на епюрі проекція перпендикуляра до площини загального положення була перпендикулярною до однойменної проекції будь-якої прямої цієї площини, пряма повинна бути або горизонталлю або фронталлю, або профільною прямою площини. Тому для побудови перпендикуляра  $\ell$  до площини беруться, у загальному випадку, дві такі прямі, як, наприклад, горизонталь і фронталь (рис. 1.52).

На рис. 1.53 маємо епюру побудови перпендикуляра  $m$  із точки  $M$  до площини, заданої  $\triangle ABC$ .

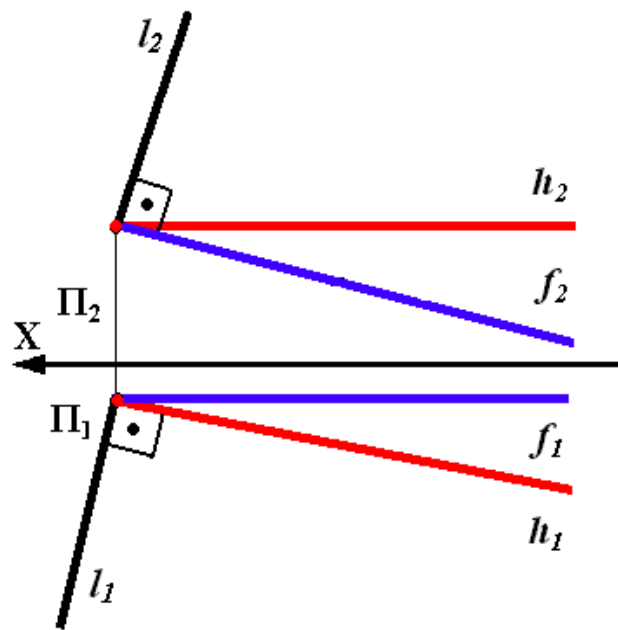


Рисунок 1.52

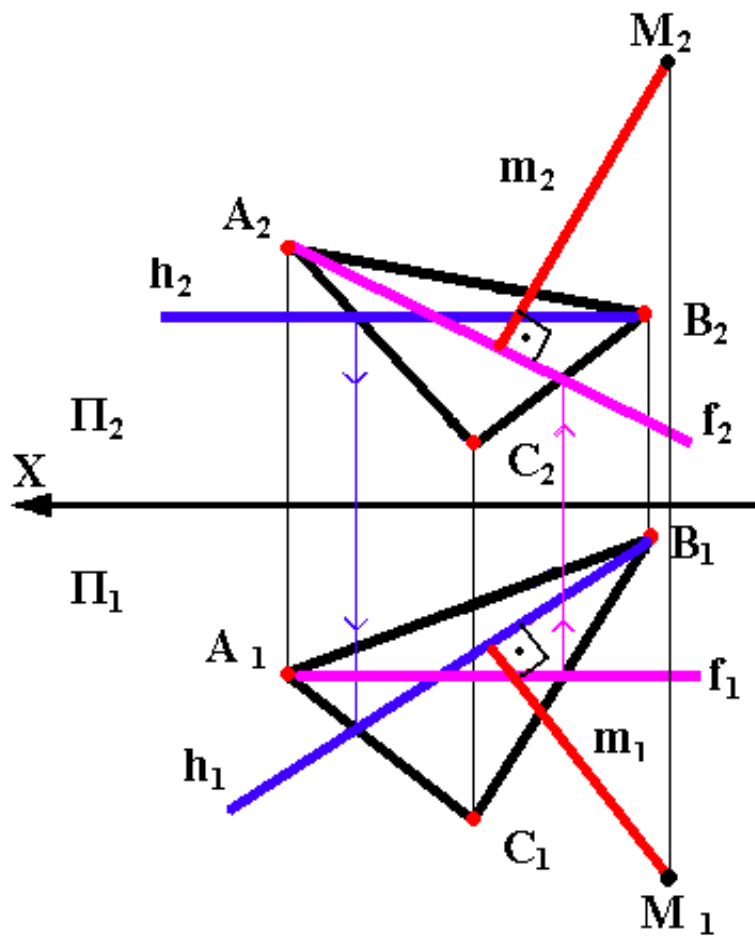


Рисунок 1.53



## 1.5 Методи перетворення ортогональних проєкцій. Метод заміни площин проєкцій

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

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

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

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

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

Суть методу полягає в тому, що самі геометричні фігури не змінюють свого положення, а в системі площин проєкцій  $\Pi_2$  та  $\Pi_1$  послідовно заміняють одну, дві або більше площин проєкцій. При цьому нова площина проєкцій має бути перпендикулярною до тієї площини проєкцій, яка залишається незмінною, а відносно плоских геометричних фігур вона повинна бути паралельною або перпендикулярною.

Розглянемо суть способу на прикладі проєктування точки (рис. 1.54).

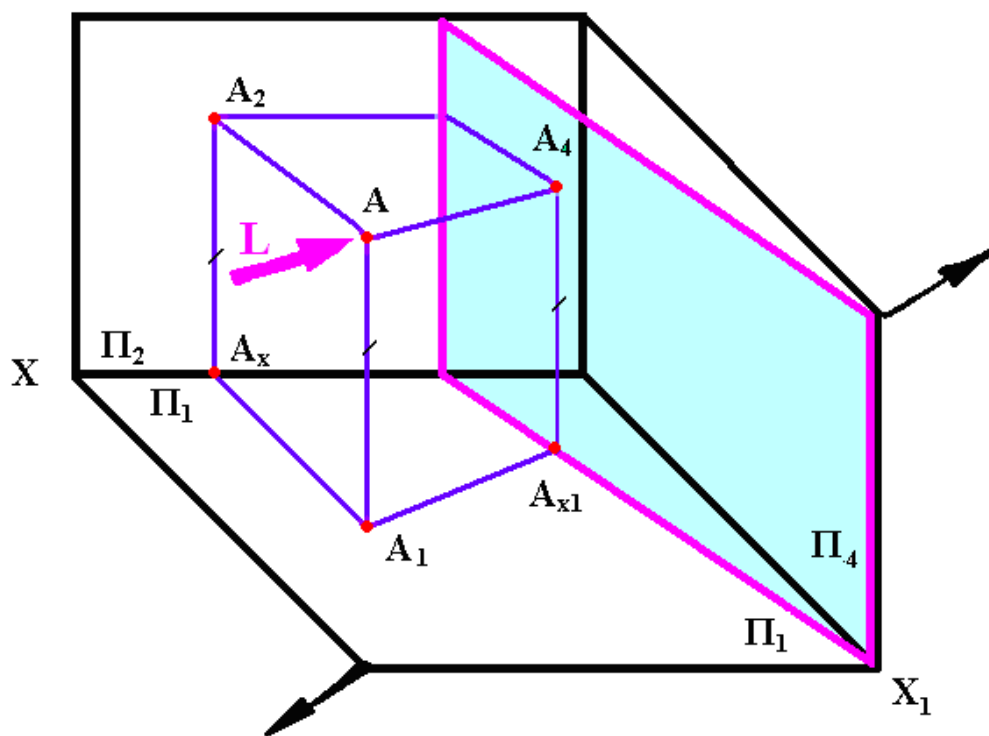


Рисунок 1.54

Маємо точку  $A$ , координатні площини  $\Pi_1, \Pi_2$ . Точка  $A$  задана проєкціями  $A_1$  та  $A_2$  у системі площин проєкцій  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ . Треба побудувати проєкцію  $A_4$  на додаткову площину  $\Pi_4$ .

Проведемо додаткову площину проєкцій  $\Pi_4$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ , яка замінить площину проєкцій  $\Pi_2$ .

Точку  $A$  проєктуємо на взаємно перпендикулярні площини проєкцій. У просторі утворюються паралелограми, у яких протилежні сторони рівні:

$$[A_2A_x] = [AA_1] = [A_4A_{x1}].$$

Координата на додатковій площині проєкцій дорівнює координаті на заміненій площині:

$$[A_4A_{x1}] = [A_2A_x].$$

Після суміщення трьох площин проєкцій із однією площиною утворюється еюра (рис. 1.55).

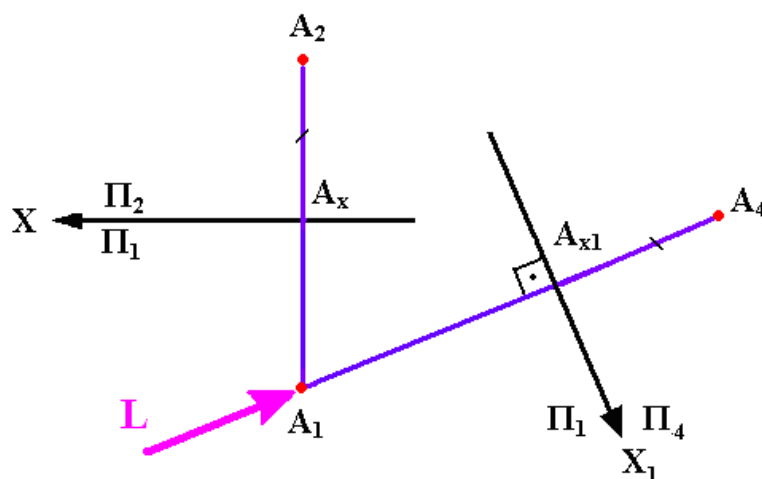


Рисунок 1.55

#### Алгоритм побудови

- 1 Перейдемо від системи  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$  до  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ . Проведемо вісь  $x_1 \perp S$ .
- 2 З точки  $A_1$  проведемо лінію зв'язку перпендикулярно до осі  $x_1$ , відмітимо точку  $A_{x1}$ .
- 3 На продовженні лінії зв'язку відкладаємо відрізок  $A_4A_{x1} = A_2A_x$ . Точка  $A_4$  – проєкція точки на додатковій площині.

Розв'язання всіх задач методом заміни площин проєкцій зводиться до розв'язання чотирьох основних задач (табл. 1.2). Розглянемо застосування цих методів.

*Таблиця 1.2 – Використання способу заміни площин проєкцій для розв'язання графічних задач*

Графічні побудови	Кількість додаткових площин проєкцій
1 Перетворення прямої загального положення: а) у пряму рівня (знаходження дійсної величини відрізка прямої і кутів її нахилу до площини проєкцій); б) у проєктувальну пряму (знаходження відстані між двома прямими паралельними або перехресними: двогранного кута, утвореного двома площинами, що перетинаються)	Одна  Дві
2 Перетворення площини загального положення: а) у площини рівня (знаходження дійсної величини плоскої фігури); б) у проєктувальну площину (знаходження кутів нахилу площини до площин проєкцій, відстань від точки до площини)	Дві  Одна

### ***1.5.1 Знаходження натуральної величини відрізка прямої за методом заміни площин проєкцій***

Для знаходження дійсної величини відрізка прямої додаткову площину проєкцій розташовують паралельно відрізку (рис. 1.56).

Під час перетворення прямої рівня в проєктувальну пряму додаткова площина проєкцій розташовується перпендикулярно прямій рівня.

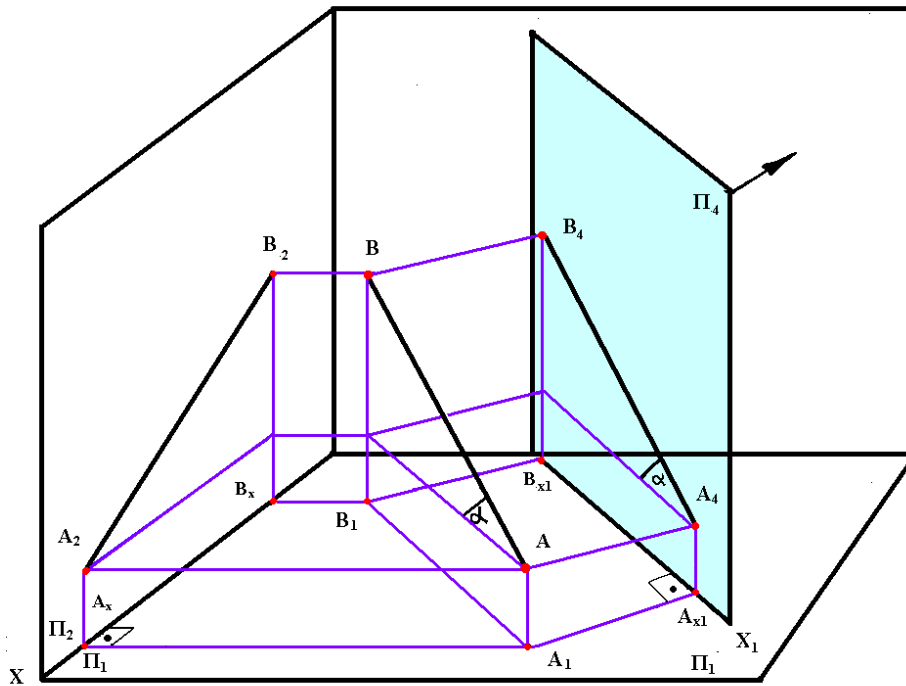


Рисунок 1.56

*Алгоритм побудови*

*1-й етап*

- 1 Замінімо  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ , де  $\Pi_4 \parallel [AB]$ ;  $x_1 \parallel [A_1B_1]$ .
- 2 Проведемо лінії зв'язку  $[A_1A_{x1}] \perp x_1$ ;  $[B_1B_{x1}] \perp x_1$ .
- 3 Відкладемо  $[A_4A_{x1}] = [A_2A_x]$ ;  $[B_4B_{x1}] = [B_2B_x]$ .
- 4 Отримаємо:  $[A_4B_4] = |AB|$  – дійсну величину відрізка.

Якщо потрібно отримати пряму АВ у якості проекцію вальної, потрібно перейти до другого етапу (рис. 1.57).

*2-й етап*

- 1 Замінімо  $\frac{\Pi_1}{\Pi_4} \rightarrow \frac{\Pi_5}{\Pi_4}$ , де  $\Pi_5 \perp [AB]$ ;  $x_2 \perp [A_4B_4]$ .
- 2 Проведемо лінії зв'язку  $[A_4A_{x2}] \perp x_2$ .
- 3 Відкладемо  $[A_5A_{x2}] = [A_1A_{x1}]$ .
- 4 Отримаємо  $A_5B_5 \perp \Pi_5$ ; проектувальну пряму АВ у системі  $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ .

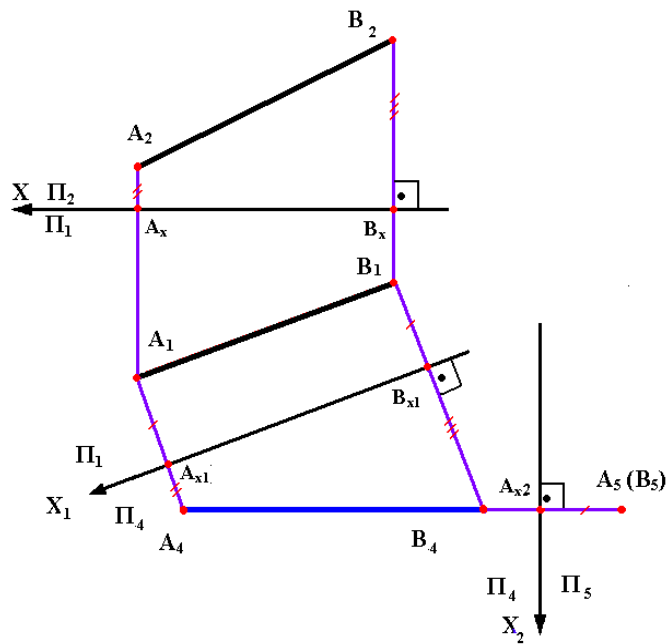


Рисунок 1.57

### 1.5.2 Знаходження натуральної величини плоскої фігури за методом заміни площин проєкцій

Дійсна величина плоскої фігури, що займає загальне положення, знаходимо шляхом введення двох додаткових площин, проєкцій.

При введенні першої додаткової площини проєкцій площину загального положення перетворюємо у проєктувальну. При введенні другої додаткової площини задана площина перетворюється у площину рівня. Для того, щоб площина загального положення стала проєктувальною, вісь нової системи проєкцій повинна бути перпендикулярною до горизонтальної проєкції горизонталі або перпендикулярною до фронтальної проєкції фронталі.

Дано: пл. (ABC) загального положення.

Побудувати: дійсну величину пл. (ABC).

#### Алгоритм побудови

1-й етап (рис. 1.58)

- 1 Проводимо  $h_2 \parallel oX$ ;  $h_2 \rightarrow h_1$ .
- 2 Замінюємо  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ ;  $\Pi_4 \perp$  пл. (ABC)  $\Pi_4 \perp h$ ;  $x_1 \perp h_1$ .
- 3 Проводимо лінії зв'язку  $[B_1B_{x1}]$ ;  $[A_1A_{x1}] \perp x_1$ ;  $[C_1C_{x1}] \perp x_1$ .
- 4 Відкладаємо  $B_{x1}B_4 = B_2B_x$ ;  $A_{x1}A_4 = A_2A_x$ ;  $C_{x1}C_4 = C_2C_x$ .
- 5 Отримуємо  $C_4A_4B_4$  – проєкцію проєктувальної площини.

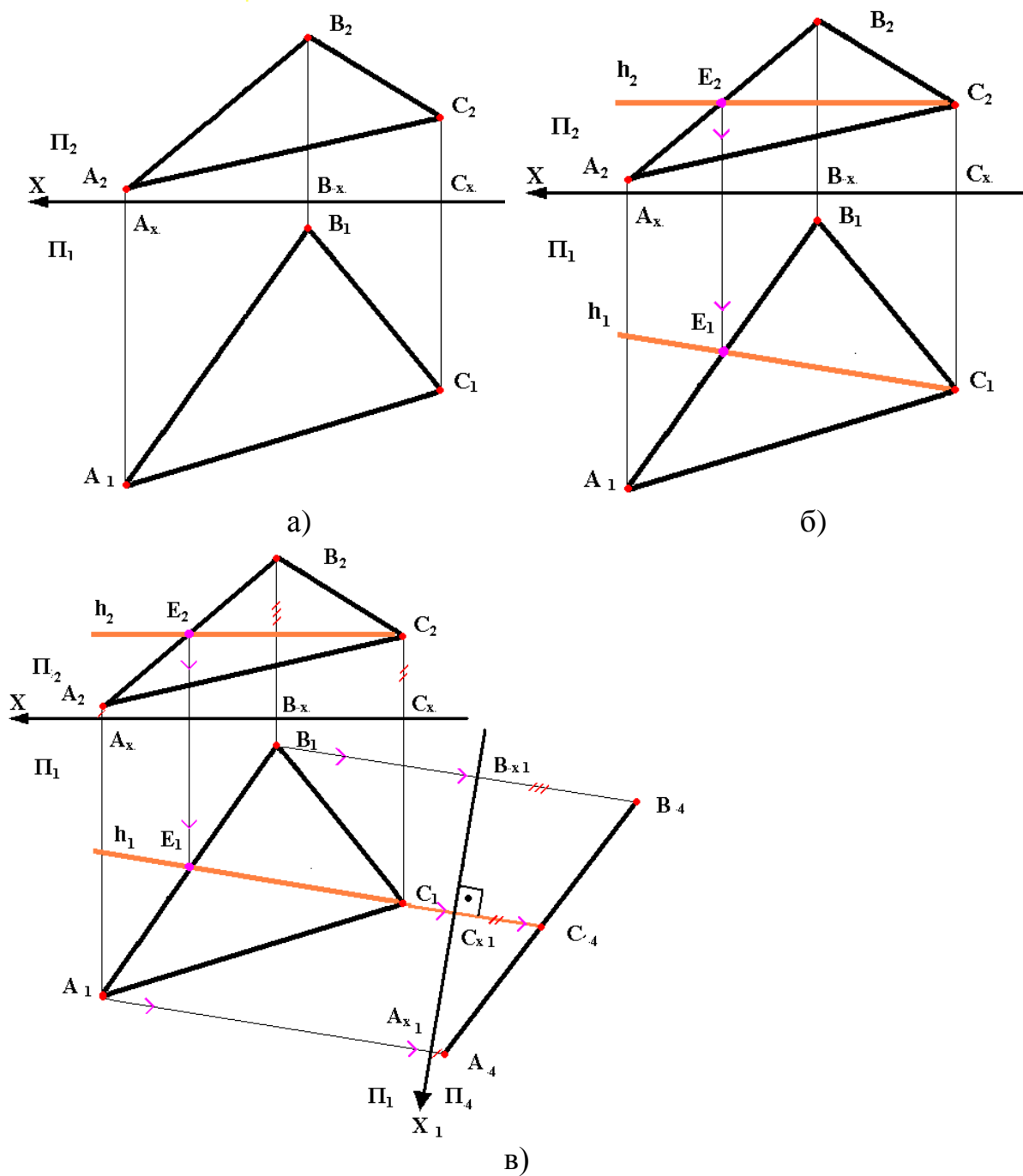


Рисунок 1.58

2-й етап (рис. 1.59)

1 Замінюємо  $\frac{\Pi_1}{\Pi_4} \rightarrow \frac{\Pi_5}{\Pi_4}$ ;  $\Pi_5 \parallel \text{пл. } (ABC)$ ;  $x_2 \parallel (C_4A_4B_4)$ .

2 Проводимо лінії зв'язку  $[B_4B_{x2}] \perp x_2$ ;  $[A_4A_{x2}] \perp x_2$ ;  $[C_4C_{x2}] \perp x_2$ .

3 Відкладаємо  $B_{x2}B_5 = B_1B_{x1}$ ;  $A_{x2}A_5 = A_1A_{x1}$ ;  $C_{x2}C_5 = C_1C_{x1}$ .

4 Отримуємо  $A_5B_5C_5$  – проекцію площини рівня, паралельну додатковій площині.

$A_5B_5C_5 = |ABC|$  – натуральна величина трикутника.

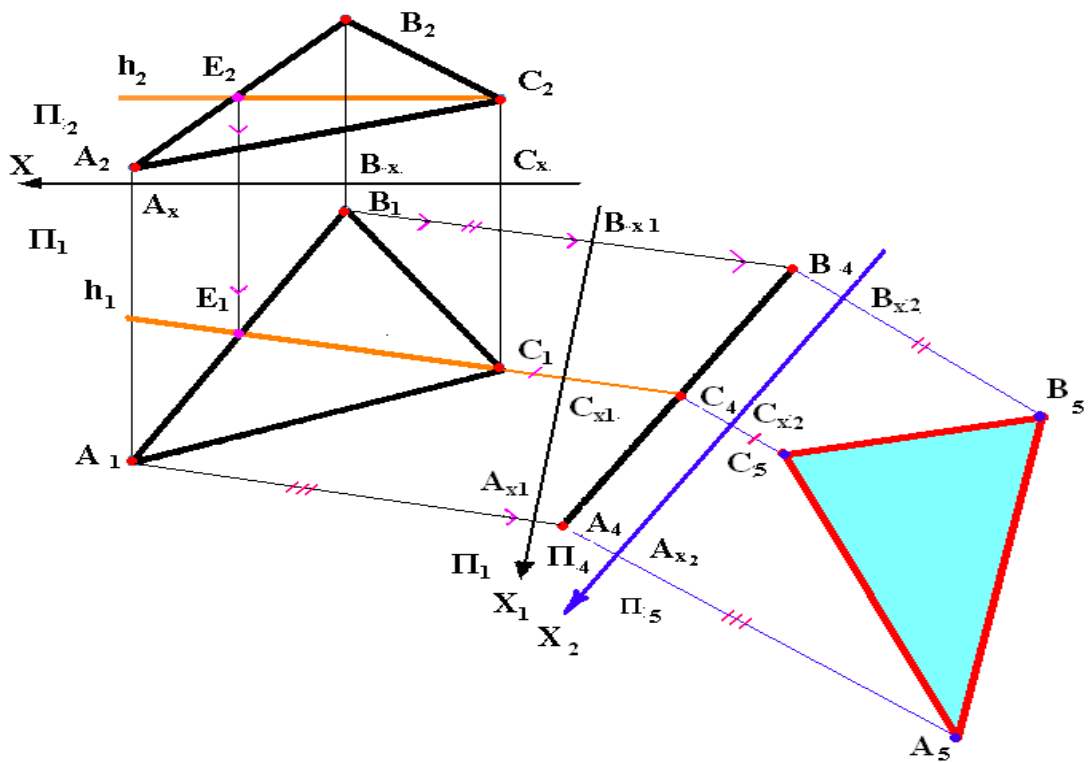


Рисунок 1.59

## 1.6 Поверхні обертання. Точки і лінії на поверхнях. Переріз поверхонь площиною

Поверхнею обертання називають поверхню, утворену обертанням будь якої твірної навколо нерухомої осі. Твірною можуть бути пряма, крива, ламана і комбінована, плоска, просторова, замкнута і розімкнута лінії. Кола, по яких переміщуються всі точки твірної в процесі обертання навколо осі, називають паралелями поверхні.

Проведені через вісь поверхні обертання площини, які в перерізі з поверхнями обертання утворюють лінії – меридіани, називають меридіональними.

Обертанням прямої навколо осі утворюється поверхня обертання другого порядку. На рис. 1.60 зображено циліндричну поверхню обертання, на рис. 1.61 – конічну, а на рис. 1.62 – поверхню однопорожнинного гіперболоїда обертання ( $t$  – прямолінійна твірна,  $i$  – вісь обертання).

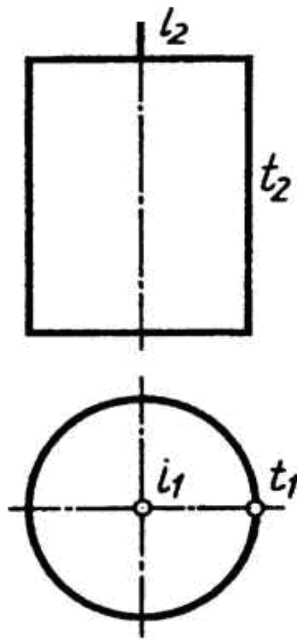


Рисунок 1.60

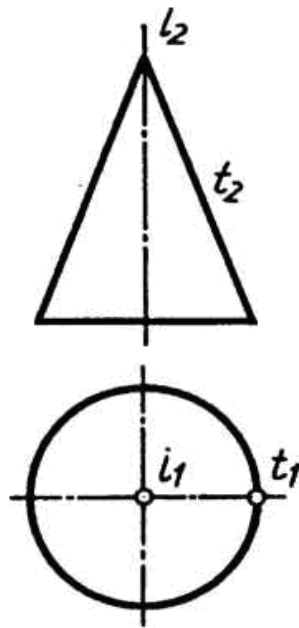


Рисунок 1.61

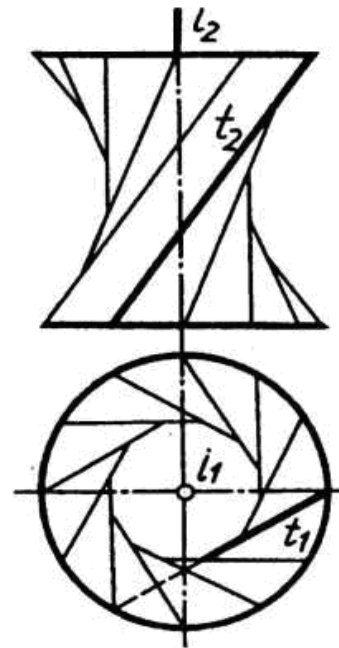


Рисунок 1.62

Утворяться поверхні: обертаня (рис. 1.63) еліпсоїд обертаня (рис. 1.64), параболоїд та гіперболоїди обертаня – однопорожнинний (рис. 1.65) і двохпорожнинний (рис. 1.66).

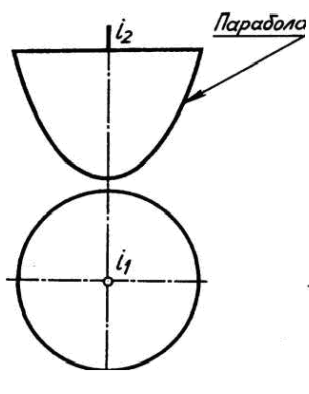


Рисунок 1.63

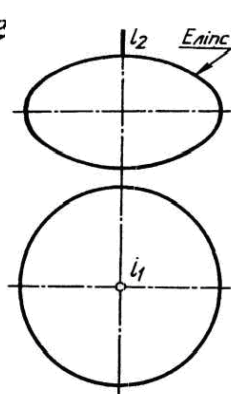


Рисунок 1.64

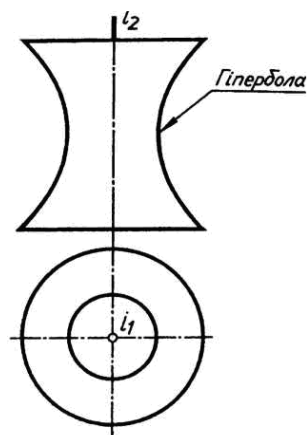


Рисунок 1.65

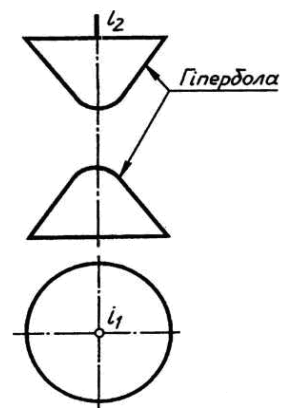


Рисунок 1.66

При обертанні кола навколо осі, яка не проходить через його центр, утворюється поверхня – тор. На рис. 1.67 зображено відкритий тор (коло не перетинає вісь обертання), на рис. 1.68 – закритий тор (коло перетинає вісь обертання).



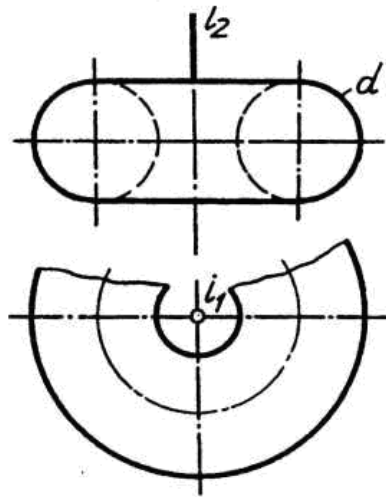


Рисунок 1.67

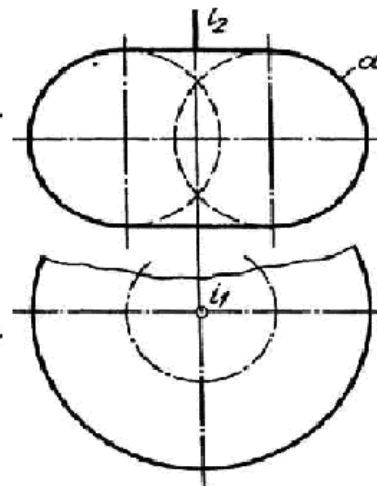


Рисунок 1.68

### 1.6.1 Точки та лінії на поверхнях обертання

Лінію можна розглядати як сукупність розташованих по поверхні точок.

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

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

На рис. 1.69 наведено приклад побудови відсутніх проєкцій лінії  $l$  по заданій фронтальній проєкції лінії  $l'$ , яка належить поверхні прямого кругового конуса.

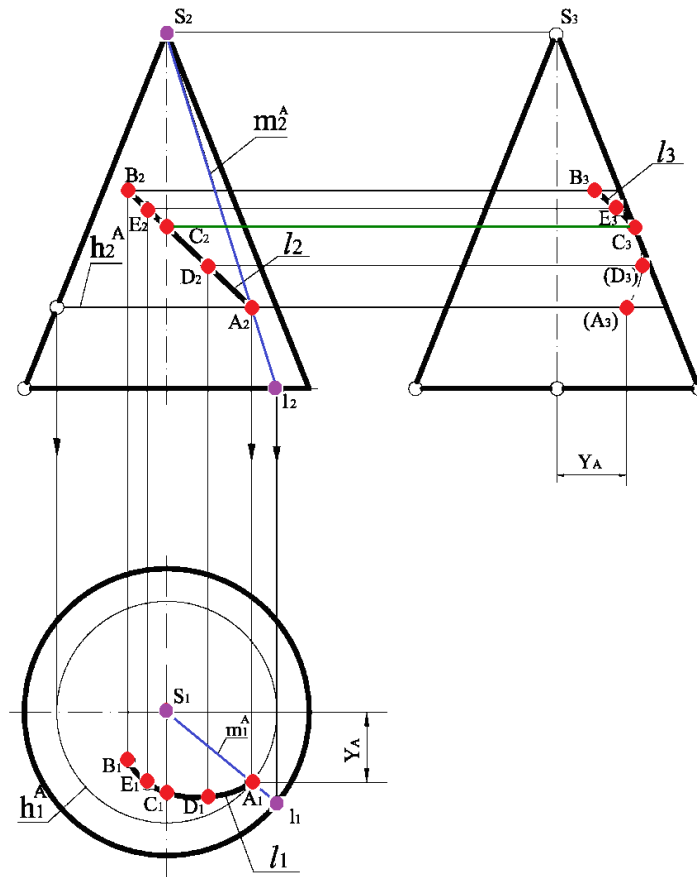


Рисунок 1.69

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

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

Якщо конус розглядати як поверхню обертання, то через задану точку, наприклад  $A$ , проводимо паралель  $h^A$ . Її фронтальна проекція  $h_2^A$  є прямою, яка проходить через  $A_2$  і перпендикулярно осі конуса, а горизонтальна проекція  $h_1^A$  – коло радіуса  $h_2^A/2$ .

Фронтальною межею видимості для конуса є лінія його головного меридіана, а профільною межею видимості є лінія профільного меридіана.

Використовуючи властивість належності точки лінії, а також враховуючи видимість фронтальної проекції  $A_2$  точки  $A$ , знаходимо горизонтальну проекцію  $A_1$  точки  $A$ .

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

Якщо конус розглядати як лінійчату поверхню, то через точку  $A$  проводимо твірну  $m^A$ . Фронтальна проекція  $m_2^A$  проходить через фронтальну проекцію  $A_2$  точки  $A$  і в точці  $l_2$  перетинає фронтальну проекцію основи конуса. Потім будуємо горизонтальну проекцію  $l_1$  точки  $l$ . Оскільки

точка  $A_2$  за умовою видима, то видимою буде і твірна  $m^A_2$ , яка проходить через неї. Тому горизонтальна проекція  $l_1$  точки  $l$  буде належати нижній половині горизонтальної проекції кола основи конуса.

З'єднуємо прямою точки  $l_1$  і  $S_1$  і отримуємо горизонтальну проекцію  $m^A_1$  твірної  $m^A$ . Використовуючи властивість належності точки лінії, отримуємо горизонтальну проекцію  $A_1$  точки  $A$ . Аналогічно знаходять горизонтальні проекції всіх вибраних точок  $i$ , з'єднавши їх плавною кривою, отримаємо горизонтальну проекцію  $l_1$  лінії  $l$ .

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

На рис. 1.70 наведено приклад побудови відсутніх проєкцій лінії  $l$  по заданій фронтальній проєкції лінії  $l_2$ , яка належить поверхні прямого колового циліндра. У якості опорних точок приймаємо точки  $A$  і  $B$  – начало і кінець лінії  $l$ , а також точку  $C$ , точку перетину лінії  $l$  з профільним меридіаном, а для точності побудови вибираємо ще дві допоміжні точки  $E$  і  $D$ .

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

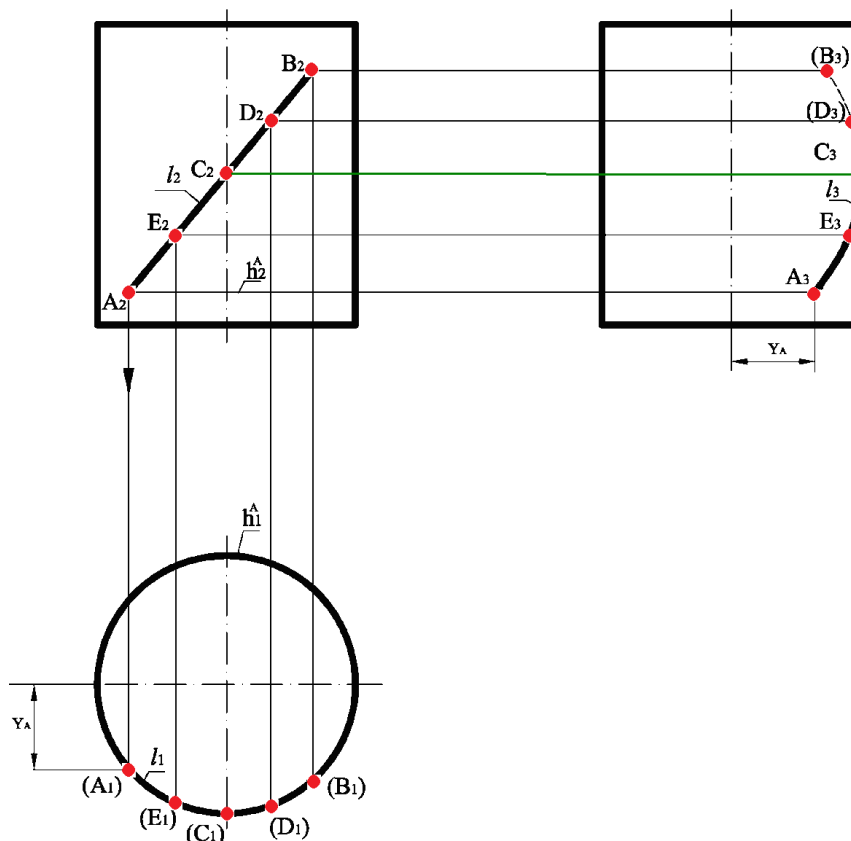


Рисунок 1.70

Тому горизонтальні проекції точок знаходять по вертикальній відповідності на горизонтальному обрисі циліндра. Горизонтальною межею видимості є лінія верхньої основи, тому вся горизонтальна проекція є  $l_1$  лінії  $l$  буде невидимою.

Для побудови профільної проекції  $A_3$  точки  $A$  через точку  $A_2$  проводимо горизонтальну лінію зв'язку і відкладаємо  $Y_A$  на ній від осі вправо. Частина профільної проекції  $A_3E_3C_3$  буде видимою, а частина  $C_3D_3B_3$  – невидимою.

На рис. 1.71 наведено приклад побудови проекцій, яких не вистачає, лінії  $l$ , яка належить сфері, по заданій фронтальній проекції  $l_2$ .

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

Фронтальна проекція точки  $D$  належить фронтальній проекції екватора, тому її горизонтальна проекція належить горизонтальній проекції екватора. Існують дві точки, які задовольняють цій умові: одна на верхній половині обрисового кола, друга – на нижній.

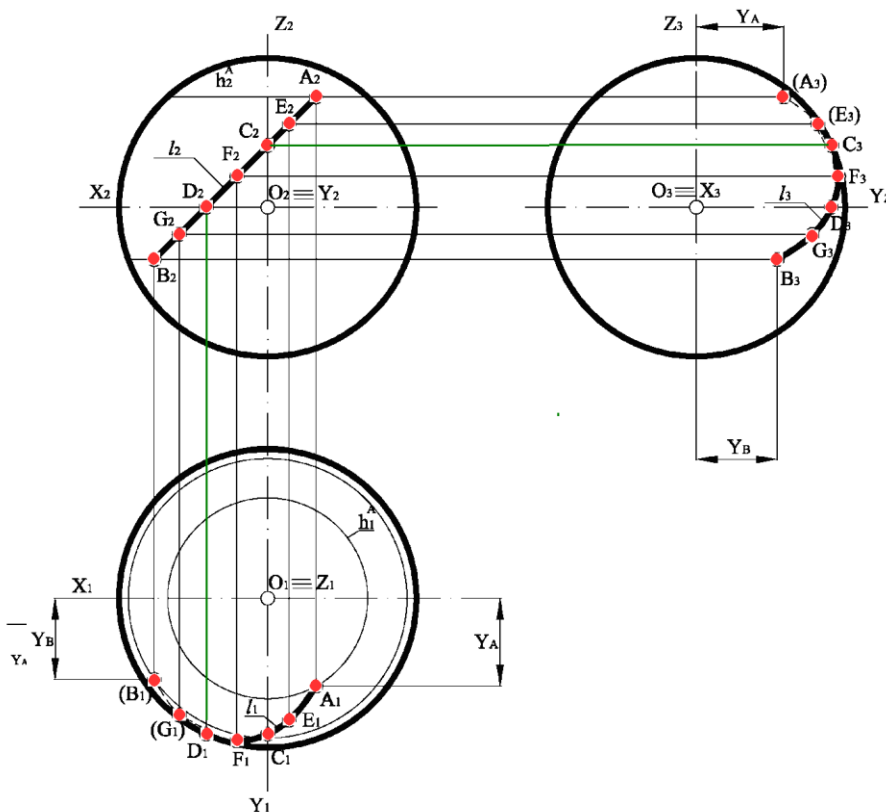


Рисунок 1.71

Для правильного знаходження положення точки використовуємо дані про її видимість на фронтальній площині проекцій, де вона є видимою. Фронтальною межею видимості для сфери є горизонтальна проекція го-

ловного меридіана, тому горизонтальна проекція  $D_1$  належить нижній половині обрисового кола сфери.

Порядок знаходження горизонтальних проекцій інших точок однаковий. Розглянемо знаходження горизонтальної проекції  $A_1$  точки  $A$ . Через точку  $A$  проводимо паралель. Її фронтальна проекція  $h^A_2$  є прямою, яка перпендикулярна до фронтальної проекції осі сфери, а горизонтальна проекція  $h^A_1$  – коло радіуса  $h^A_2/2$  з центром, який збігається з горизонтальною проекцією осі сфери.

Горизонтальною межею видимості для поверхні сфери є екватор. Фронтальна проекція  $A_2$  лежить вище екватора і є видимою, тому на  $\Pi_1$  горизонтальна проекція  $A_1$  є видимою і буде знаходитися на нижній половині кола  $h^A_1$ , тому що фронтальною межею видимості для сфери є головний меридіан. Аналогічно знаходимо положення і видимість горизонтальних проекцій інших точок.

Потім з'єднуємо отримані точки плавною кривою з урахуванням видимості. Частина горизонтальної проекції лінії  $\ell_1$  буде видимою:  $A_1E_1C_1F_1D_1$ , а частина  $D_1G_1B_1$  – невидимою. Для побудови профільної проекції  $A_3$  точки  $A$  через  $A_2$  проводимо горизонтальну лінію зв'язку і відкладаємо на ній від  $Z_3$  вправо величину, що дорівнює  $Y_A$ . Аналогічно будуємо профільні проекції інших точок. Для побудови профільної проекції  $C_3$  точки  $C$  достатньо провести горизонтальну лінію зв'язку із  $C_2$  до перетину з профільною проекцією профільного меридіану.

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

### ***1.6.2 Переріз поверхонь обертання площиною***

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

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

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

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

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

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

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

При перерізі прямого колового циліндра площиною можливі такі випадки:

Якщо січна площина не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, то вона перетинає циліндр по еліпсу.

Якщо січна площина перпендикулярна осі циліндра, то отримаємо коло.

Якщо січна площина паралельна осі циліндра, то отримаємо прямокутник.

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

На рис. 1.72 наведено приклад побудови перерізу поверхні циліндра фронтально проектувальною площиною  $T$ .

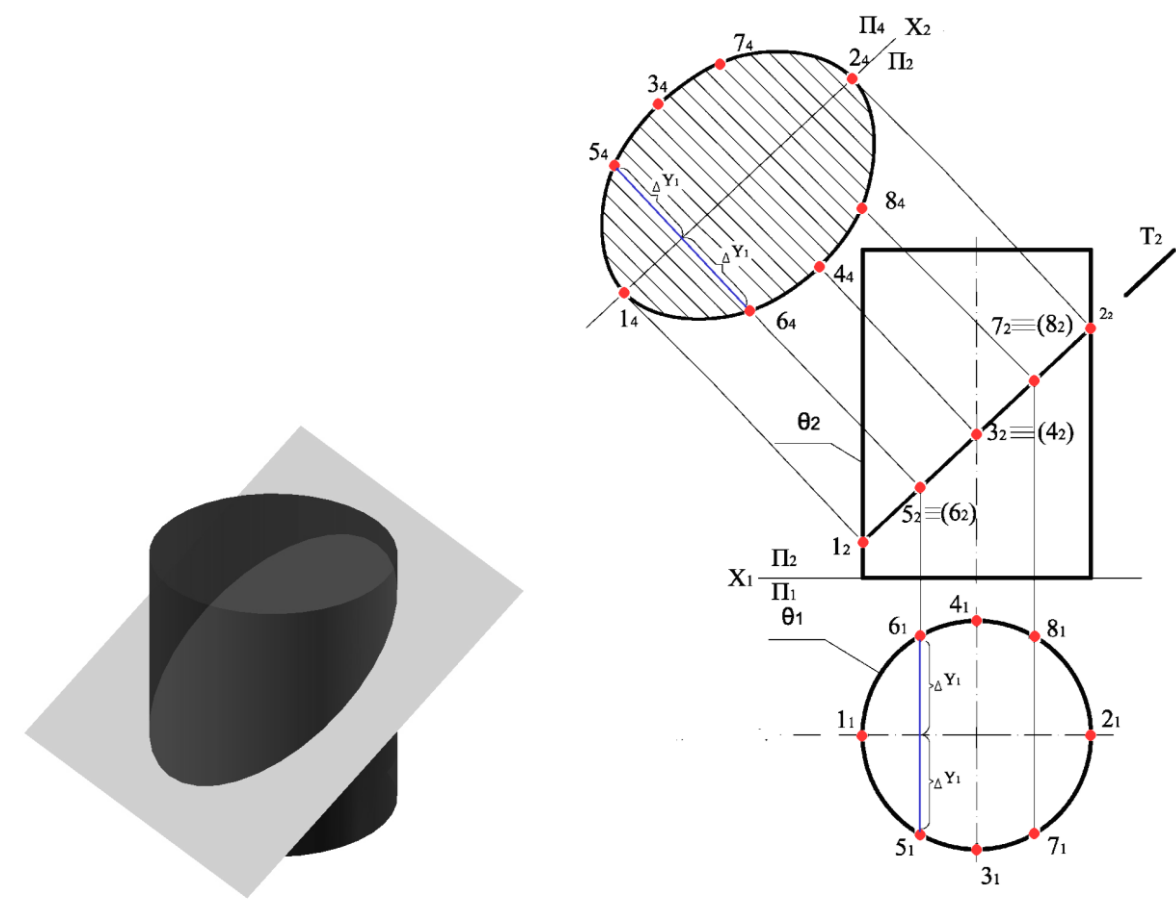


Рисунок 1.72

Завдяки збиральним властивостям проєктувальних площин на  $\Pi_2$  маємо готову проєкцію лінії перерізу, яка збігається зі слідом площини  $\Gamma$  ( $\Gamma_2$ ). Січна площина  $\Gamma$  не перпендикулярна і не паралельна осі циліндра, вона перетинає циліндр по еліпсу. Велика вісь еліпсу належить площині головного меридіана циліндра  $\theta$  і дорівнює відстані між точками  $1_2$  і  $2_2$ , а мала вісь еліпсу належить площині профільного меридіана і дорівнює відстані між точками  $3_1$  і  $4_1$ .

Для точності побудови еліпсу вибираємо ще допоміжні проєкції точок  $5_2$  і  $6_2$ , а також  $7_2$  і  $8_2$ . Далі для побудови натуральної величини перерізу циліндра нахиленою площиною  $\Gamma$  використовуємо метод заміни площини проєкцій. Вісь нової системи проєкцій  $X_2$  будемо паралельно  $T_2$ . Координати точок еліпсу заміряємо з горизонтальної площини проєкцій і переносимо на  $\Pi_4$ . Завдяки тому, що еліпс є симетричною фігурою, координати точок краще заміряти від осі  $1_1-2_1$ .

При перетині конуса січною площиною утворюються криві другого порядку.

На рис. 1.73 наведені всі можливі випадки розташування січної площини відносно визначника конічної поверхні.

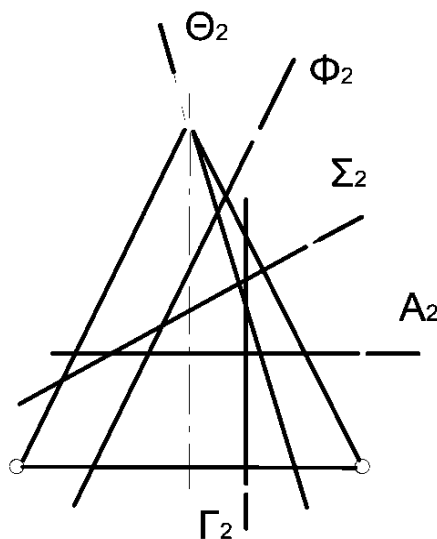


Рисунок 1.73

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

На рис. 1.74 наведено приклад побудови перерізу конуса фронтально проєктувальною площиною  $\Sigma \equiv \Sigma_2$ .

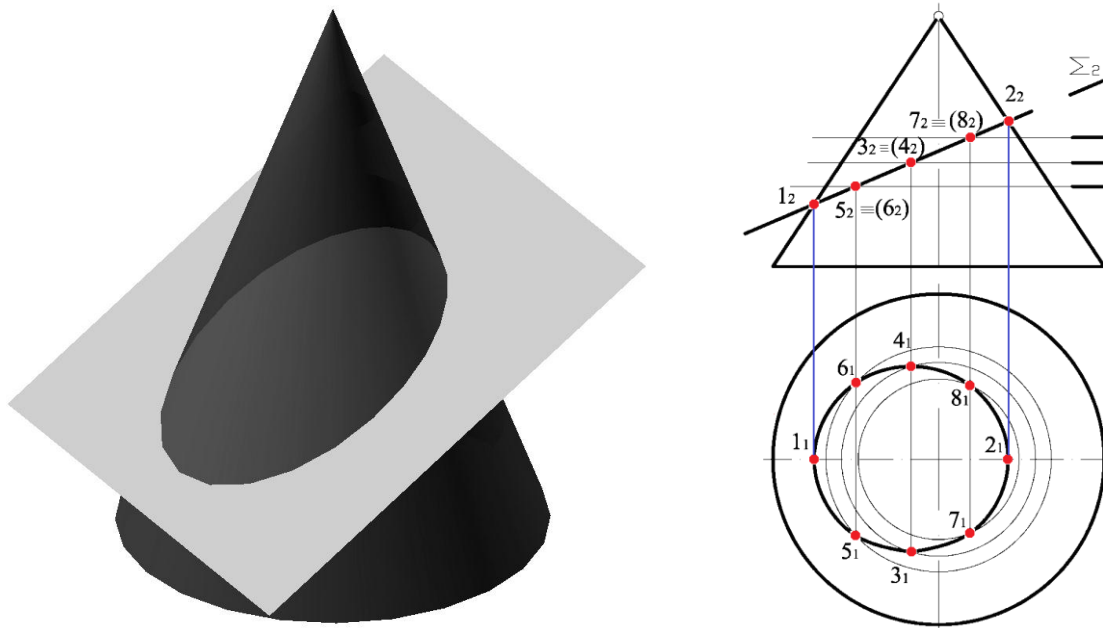


Рисунок 1.74

Площина  $\Sigma$  має на  $\Pi_2$  збиральні властивості, тому фронтальна проекція еліпса є відрізком прямої  $1_2 2_2$ .

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

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

Для знаходження фронтальної проекції осі ділимо велику вісь  $1_2 2_2$  на дві рівних частини і отримуємо точку  $3_2 \equiv (4_2)$ , яка є фронтальною проекцією малої осі еліпса. Довільно вибираємо ще допоміжні точки  $5_2 \equiv (6_2)$ , а також  $7_2 \equiv (8_2)$ . Через задані точки проводимо допоміжні січні площини – це горизонтальні площини рівня, які перетинають конус по колу, будуюмо ці кола на  $\Pi_1$  і, використовуючи вертикальну відповідальність, знаходимо горизонтальні проекції точок, через які будуюмо плавну криву лінію – це горизонтальна проекція еліпса. Мала вісь еліпса дорівнює відстані між точками  $3_1$  і  $4_1$ .



## 1.7 Зображення граней поверхонь. Точки і прямі на поверхні. Переріз граней поверхонь площиною

Багатогранною називається поверхня, утворена частинами площин, що перетинаються.

Декілька площин (але не менше трьох), які перетинаються в якійсь точці, утворюють пірамідальну поверхню (рис. 1.75, а та рис. 1.76). Ця точка (на рис. 1.75 – точка  $S$ ) є вершиною, в якій перетинаються всі ребра піраміди (на рис. 1.76 – ребра  $a, b, c, d$ ).

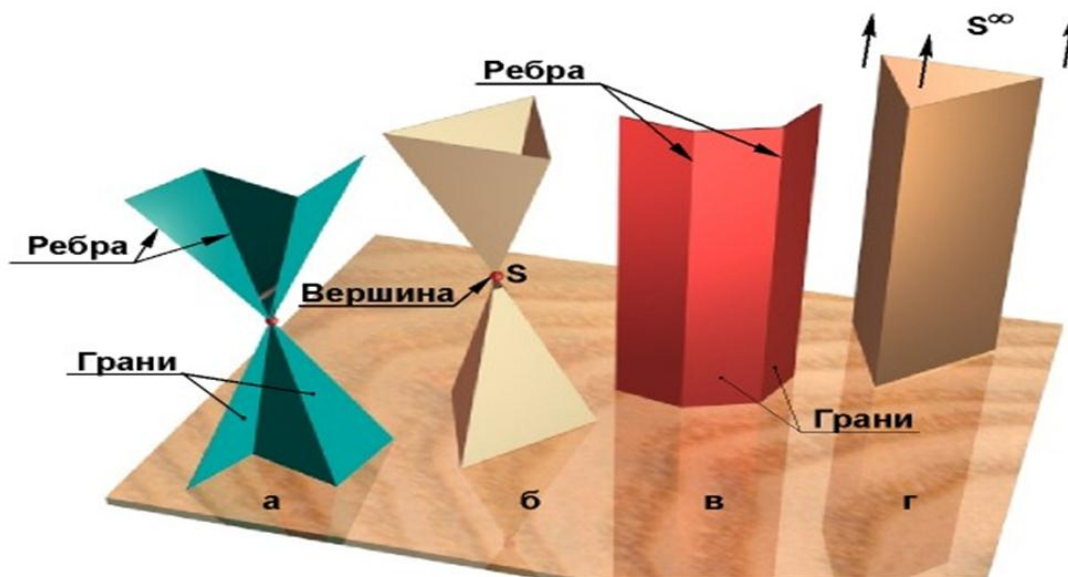


Рисунок 1.75

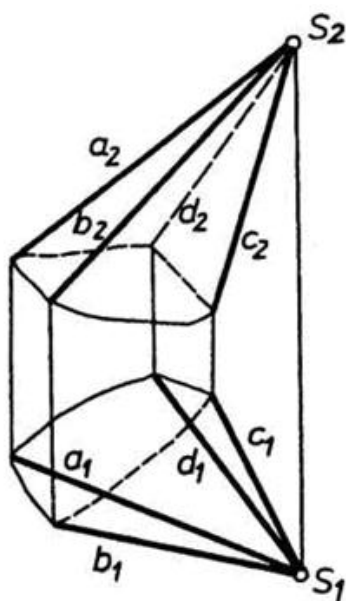


Рисунок 1.76

Призматична поверхня є окремим випадком пірамідальної з невласною вершиною. Всі ребра такої поверхні взаємно паралельні (рис. 1.75, в та рис. 1.77).

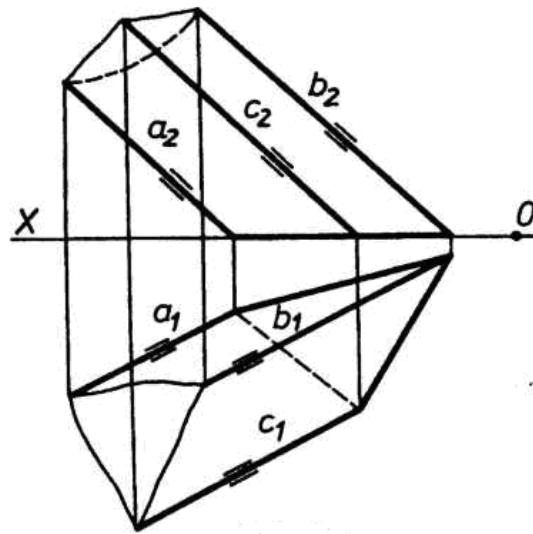


Рисунок 1.77

### Багатогранники

Багатогранником називається тіло, обмежене багатогранною поверхнею.

Сукупність усіх ребер і вершин багатогранника є його сіткою.

Якщо багатогранник розташований з одного боку площини будь-якої його грані, то він називається випуклим.

Для отримання проєкцій багатогранника будують проєкції його сітки (рис. 1.78).

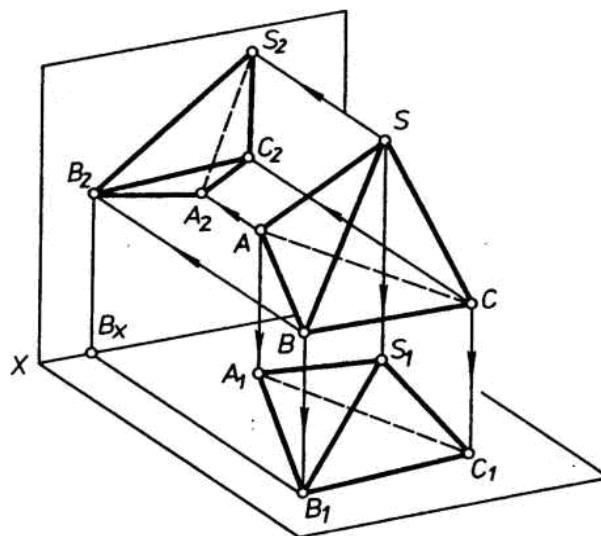


Рисунок 1.78

Пірамідою називають багатогранник, усі грані якого, крім однієї, мають спільну вершину; її називають вершиною піраміди (рис. 1.79). Якщо висота піраміди проходить через центр основи піраміди, то піраміда вважається прямою. Пряму піраміду називають правильною, якщо її основа – правильний багатокутник.

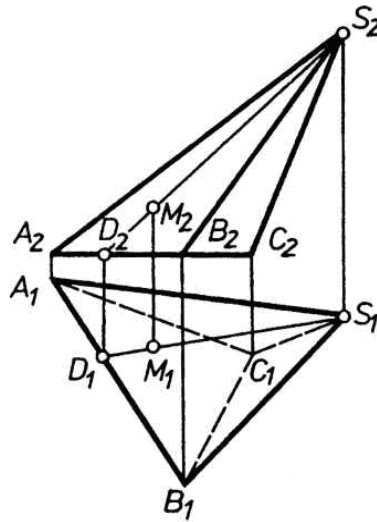


Рисунок 1.79

Призма – це багатогранник, обмежений призматичною поверхнею і двома площинами, паралельними між собою, але не паралельними ребрам призми (рис. 1.75, г та рис. 1.80). Ці дві грані (рівні багатокутники) називаються основами призми. Якщо основи не паралельні між собою, призма є зрізаною (рис. 1.81).

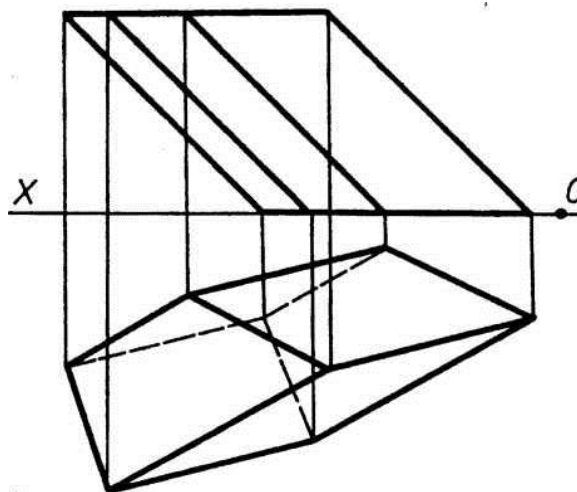


Рисунок 1.80

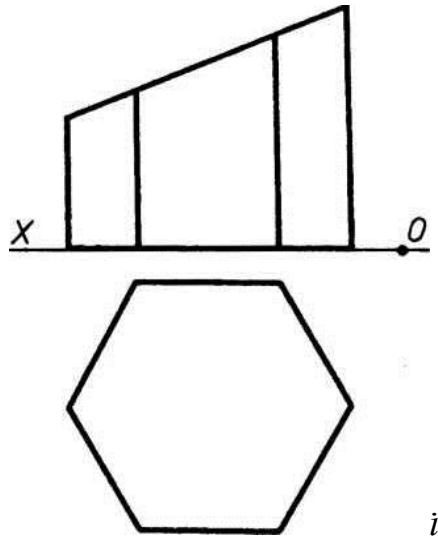


Рисунок 1.81

Багатогранники, в яких усі ребра, грані, плоскі, двогранні та просторові кути рівні між собою, називаються правильними випуклими багатогранниками (тілами Платона).

П'ять таких тіл: тетраедр (чотиригранник), гранями якого є чотири рівносторонні трикутники; ікосаедр (двадцятигранник), утворений з двадцяти рівносторонніх трикутників; гексаедр (шестигранник), або куб, гранями якого є шість квадратів; додекаедр (дванадцятигранник), утворений з дванадцяти правильних п'ятикутників.

Навколо всіх правильних багатогранників можна описати сферу.

### ***1.7.1 Точки і прямі на поверхні багатогранника***

Щоб побудувати точку або пряму на поверхні багатогранника, необхідна така побудова на відповідній грані багатогранника, яка виконується при розв'язуванні подібних задач на площині, заданій плоскою фігурою.

На рис. 1.82 побудовані проекції  $M_1$  і  $M_2$  точки  $M$ , що лежить на прямій  $SD$ , яка належить площині грані  $SAB$ .

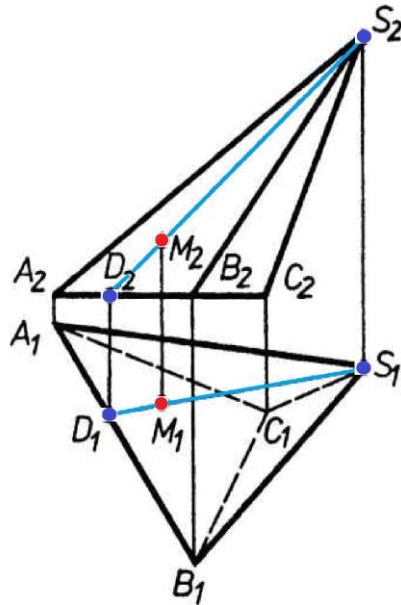


Рисунок 1.82

### 1.7.2 Переріз граней поверхонь площиною

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

Побудова перерізу спрощується, якщо січна площина  $\Sigma$  є проектувальною (рис. 1.83). У цьому випадку фронтальна проекція перерізу 12345 вже відома, оскільки вона збігається з фронтальним слідом січної фронтально проектувальної площини  $\Sigma$ . Горизонтальну проекцію перерізу будемо за законом належності точки ребру і по вертикальній відповідності. Далі методом заміни площин проекцій перетворюємо площину перерізу, яка є проектувальною в системі  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ , у площину рівня. Для цього побудуємо вісь нової системи площин  $x_2 \parallel \Sigma_2$ . Координати точок перерізу заміряємо на  $\Pi_1$  від осі  $x_1$  і переносимо відповідно на  $\Pi_4$ . Проекція площини перерізу на  $\Pi_4$  є натуральною величиною.

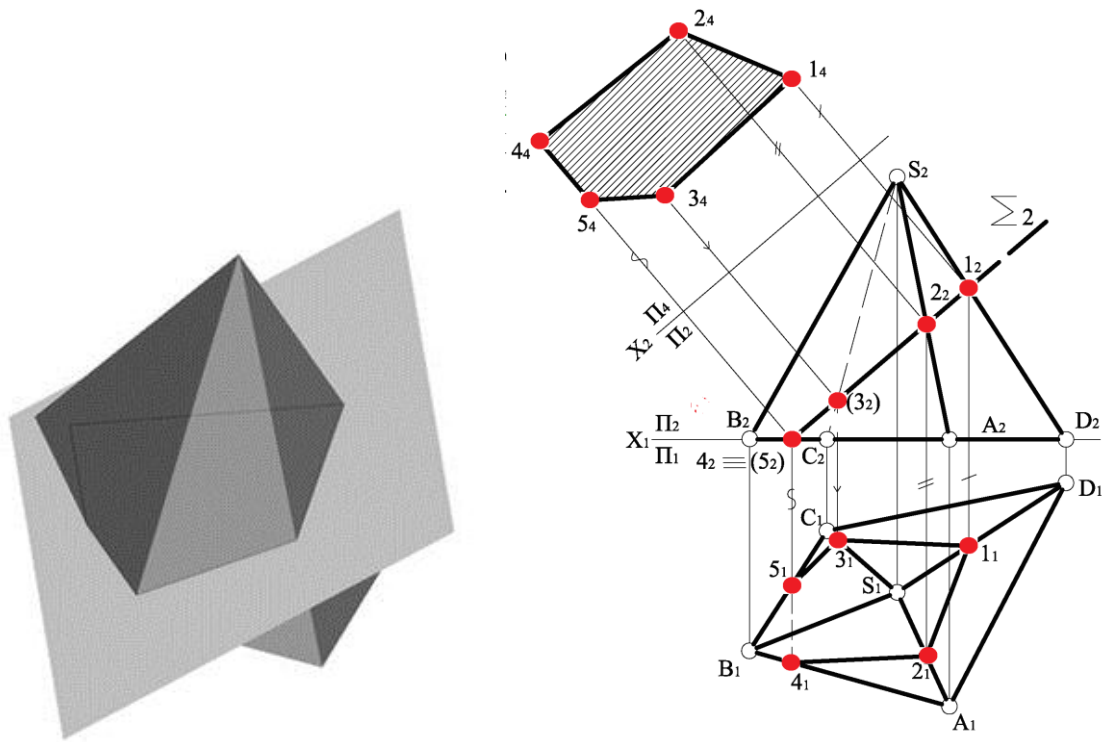


Рисунок 1.83

На рис. 1.84 наведено приклад побудови перерізу похилої трикутної призми, яка перетинається фронтально проектувальною площиною  $\Sigma$ .

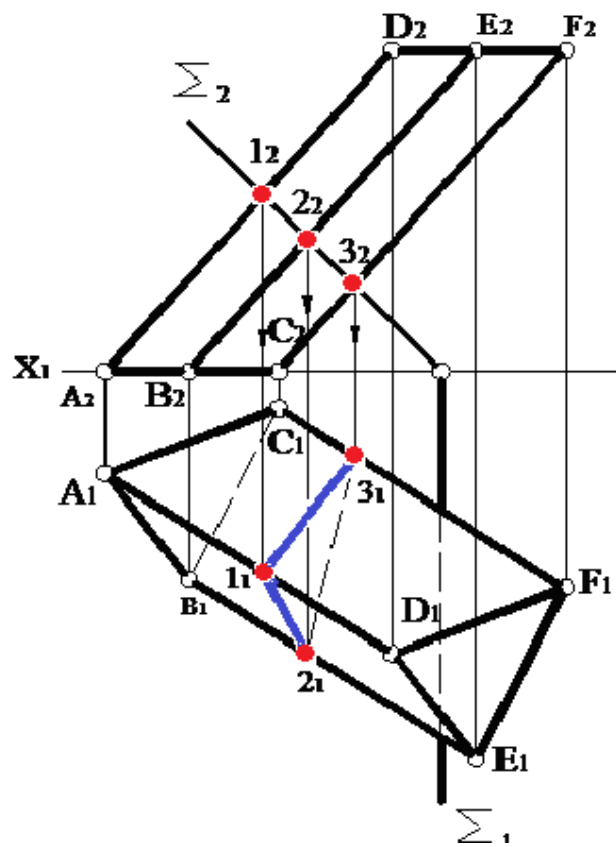


Рисунок 1.84

### 1.7.3 Побудова точок перетину лінії з поверхнею

Багатогранну опуклу поверхню пряма лінія перетинає у двох точках. Точки перетину прямої з поверхнею багатогранника називаються точками зустрічі.

*При перетині багатогранників прямою лінією можливі такі випадки:*

- 1 Грані багатогранника займають проектувальне положення.
- 2 Грані багатогранника займають загальне положення.

У першому випадку точки перетину прямої з гранями відразу визначають на одній із проєкцій, до якої грані займають проектувальне положення. У другому випадку пряму заточують у якусь площину, частіше – у проектувальну, будують лінію перетину цієї площини з багатогранною поверхнею, а потім визначають точки перетину отриманої лінії (багатокутника) і прямої. На рис. 1.85 наведено приклад побудови точок перетину прямої загального положення  $\ell$  з прямою трикутною призмою ABC.

Бічні грані призми ABC займають горизонтально проектувальне положення, тому горизонтальна проєкція прямої трикутної призми виглядає як трикутник  $A_1B_1C_1$ . Завдяки збиральним властивостям проектувальних площин точки перетину  $K$  і  $L$  прямої  $\ell$  з гранями визначаємо безпосередньо на горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ . Фронтальні проєкції точок  $K$  і  $L$  визначають за вертикальною відповідністю. Відрізок між точками входу та виходу невидимий на обох проєкціях.

На рис. 1.86 наведено приклад побудови точок входу і виходу прямої загального положення  $\ell$  з поверхнею піраміди SABCD.

Через пряму  $\ell$  проводимо фронтально проектувальну площину  $\Sigma$ . На  $\Pi_2$  визначаємо точки перетину ребер піраміди зі слідом площини  $\Sigma_2$ .

Потім будуємо горизонтальну проєкцію перерізу  $1_12_13_14_1$  за законом належності та за допомогою ліній проєкційного зв'язку. Перетин горизонтальної проєкції  $\ell_1$  прямої  $\ell$  із побудованою горизонтальною проєкцією перерізу  $1_12_13_14_1$  дає точки  $K_1$  і  $L_1$  – горизонтальні проєкції точок входу і виходу. Фронтальні проєкції  $K_2$  і  $L_2$  визначаємо за законом належності та за вертикальною відповідністю.

Іноді зручніше одержувати розв'язання задачі за допомогою площини загального положення (рис. 1.87).

Допоміжну площину задаємо прямою ED і вершиною піраміди S. З'єднуємо вершину піраміди S з точками E і D. Далі знаходимо сліди для цих прямих  $M$  і  $M'$ , через які проходить горизонтальний слід  $M_1^1M_1$  допоміжної площини. Цей слід перетинає основу піраміди в точках F і G, через які проходять прямі SF і SG, що є лініями перетину допоміжної площини з поверхнею піраміди. Пряма ED належить допоміжній площині і вона перетинає прямі SF і SG в точках K і L, які є точками входу і виходу.

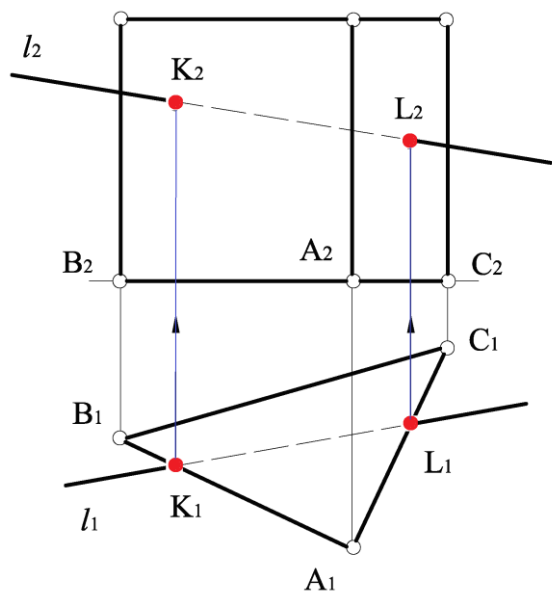


Рисунок 1.85

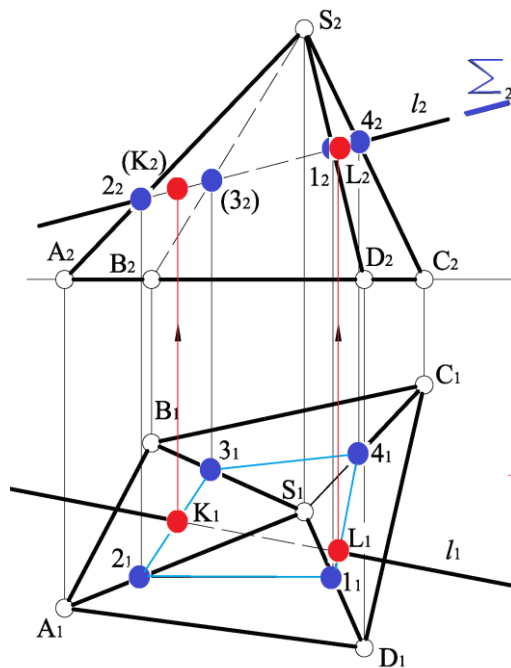


Рисунок 1.86

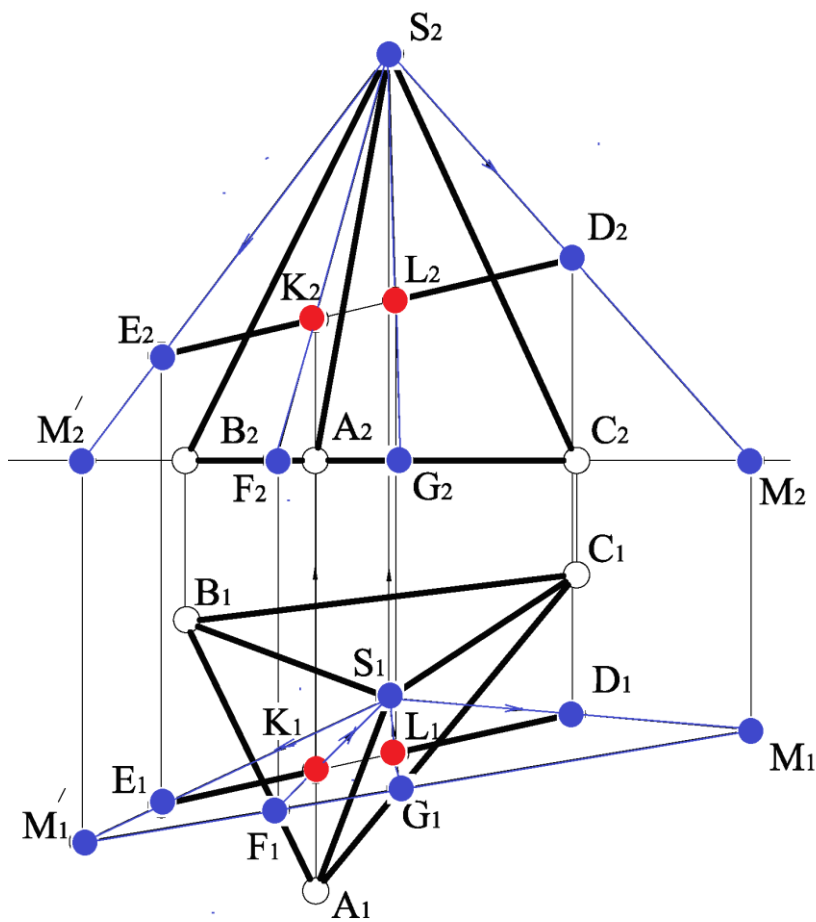


Рисунок 1.87



## 1.8 Побудова лінії взаємного перетину граней поверхонь

Лінія перетину – це загальна лінія для двох поверхонь, які перетинаються. Для побудови лінії перетину двох багатогранників використовують два способи:

- 1 Спосіб ребер.
- 2 Спосіб граней.

Спосіб ребер дозволяє визначити лінію перетину багатогранників за точками перетину ребер одного багатогранника з гранями другого. Розв'язання задачі зводиться до побудови точки перетину прямої з площиною.

Спосіб граней дозволяє визначити лінію перетину багатогранників як пряму, по якій перетинаються певні грані багатогранників. Розв'язання задачі зводиться до побудови лінії перетину двох площин.

Лініями перетину двох багатогранників є просторові замкнені багатокутники. Якщо один багатогранник частково перетинає поверхню другого, то матимемо тільки одну замкнену ламану лінію їх взаємного перетину, це називається неповним проникненням або врізанням.

Якщо один багатогранник повністю перетинає другий, то отримаємо дві лінії перетину – лінію входу і лінію виходу, це називається *повним проникненням*.

Просторова лінія перетину багатогранників складається з відрізків прямих ліній, по яких перетинаються їх грані, при цьому вершини багатогранників є точками перетину ребер одного багатогранника з гранями другого.

На рис. 1.88 наведено приклад побудови ліній перетину піраміди  $SABC$  і чотиригранної призми  $DEFG$ .

Тригранна піраміда своєю основою розташована на горизонтальній площині проєкцій. Дві бічні грані призми  $DEE'D'$  і  $GFF'G'$  – горизонтальні площини рівня, а дві інші  $DGG'D'$  і  $EFF'E'$  – фронтально проєктувальні площини, тому їх фронтальні проєкції перетворюються в прямі лінії, які мають збиральні властивості, а бічні ребра призми проєктуються в точки. Тому фронтальна проєкція лінії перетину цих фігур відома. Оскільки призма повністю перетинає піраміду, то отримуємо дві лінії перетину – лінію входу і лінію виходу. Для побудови горизонтальної проєкції лінії перетину проводимо через грані  $DEE'D'$  і  $GFF'G'$  горизонтальні площини рівня  $\alpha(\alpha_2)$  і  $\Sigma(\Sigma_2)$ , які паралельні основі піраміди і, таким чином, лінії перетину з бічною поверхнею піраміди дадуть фігури, подібні основі. Фронтальна проєкція горизонтальної площини рівня  $\alpha_2$  перетинає ребро піраміди  $S_2B_2$  у точці  $T_2$ . Далі за законом належності та за допомогою лінії проєкційного зв'язку будуємо її горизонтальну проєкцію  $T_1$ . Потім проводимо через  $T_1$  пряму паралельну  $B_1A_1$  і здобуваємо точки  $1_1$  і  $3_1$ . Через точку  $3_1$  проводимо пряму, паралельну  $A_1C_1$ , і здобуваємо точку  $4_1$ . Потім через  $T_1$  проводимо пряму, паралельну  $B_1C_1$ , і здобуваємо точки  $2_1$  і  $5_1$ .

Аналогічно, завдяки горизонтальній площині рівня  $\Sigma(\Sigma_2)$ , яку перетинає ребро піраміди  $SB$  у точці  $K$ , будуємо трикутник перетину бічної поверхні піраміди подібний основі і на ньому знаходимо точки  $9_1, 8_1, 6_1, 7_1, 10_1$ . Послідовність відповідних точок очевидна з креслення з урахуванням видимості елементів.

На горизонтальній площині проєкцій усі грані піраміди  $SABC$  видимі, а з граней призми невидима тільки одна  $GG'F'F$ . Тому на горизонтальній площині проєкцій невидимі тільки відрізки  $10_17_1, 9_18_1$  і  $8_16_1$ , які належать грані  $GG'F'F$ .

На рис. 1.89 наведено приклад побудови лінії перетину піраміди  $SABC$  і піраміди  $HEDF$ . Тригранна піраміда  $SABC$  своєю основою розташована на горизонтальній площині проєкцій. Тригранна піраміда  $HEDF$  займає загальне положення.

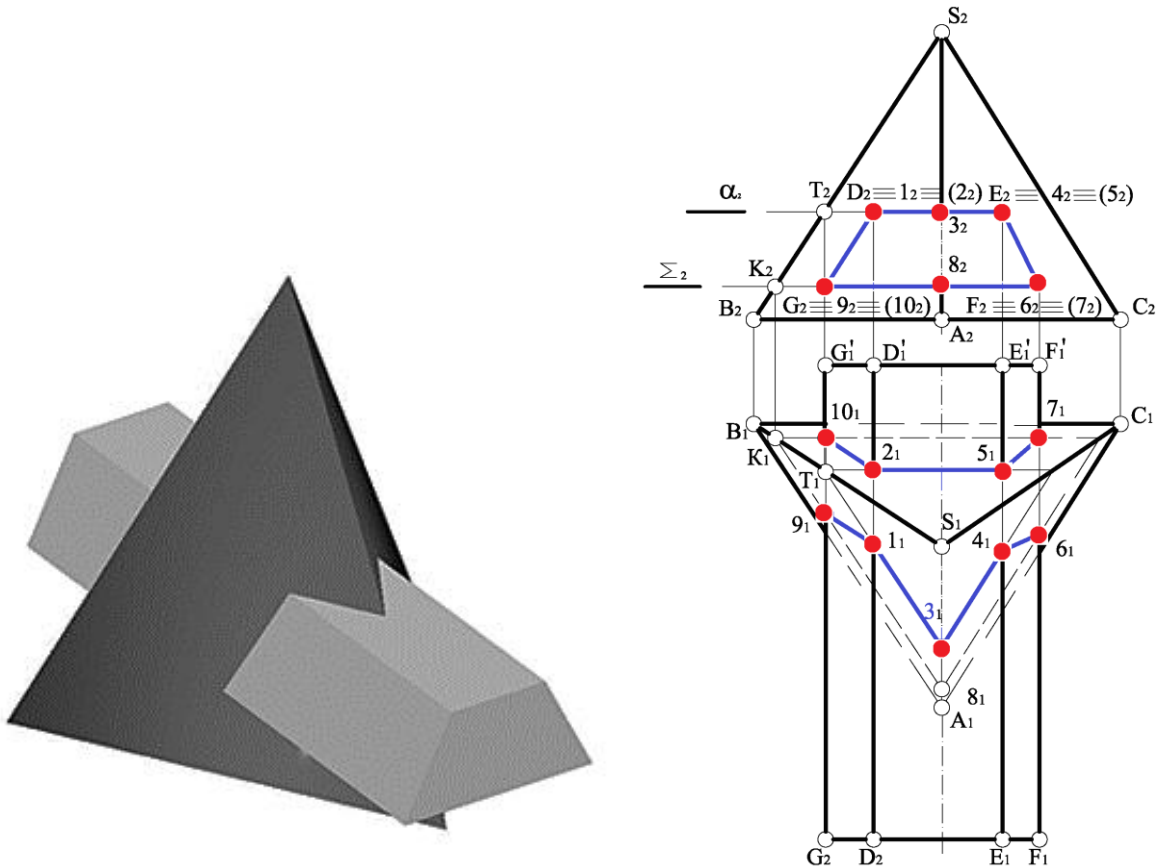


Рисунок 1.88

Тому для побудови лінії перетину двох пірамід використовуємо спосіб ребер, який зводиться до побудови точки перетину прямої з площиною. Для цього через ребра піраміди  $HEDF$  проводимо фронтально проєктувальні площини  $\Sigma(\Sigma_2), \Sigma'(\Sigma'_2), \Sigma''(\Sigma''_2)$ . Кожна з цих площин перетинає піраміду  $SABC$  по трикутнику і точки лінії перетину знаходяться на перетині цього трикутника з ребром піраміди  $HEDF$ . Наприклад, фронтально проєктувальна площина  $\Sigma$  перетинає піраміду  $SABC$  по трикутнику  $123$ . Тоді горизонтальні проєкції  $K_1$  і  $K'_1$  точок перетину  $K$  і  $K'$  піраміди  $SABC$  з ребром  $NF$  піраміди  $HEDF$  знаходимо на перетині горизонтальної проєкції  $1_12_13_1$

трикутника  $123$  з горизонтальною проекцією  $H_1F_1$ , а фронтальні проекції  $K_2$  і  $K'_2$  цих точок знаходимо по вертикальній відповідності, використовуючи властивість належності. Аналогічно визначаємо точки  $L, L', M, M'$  лінії перетину двох пірамід.

Потім з'єднуємо отримані точки прямими і знаходимо дві лінії перетину: лінію входу  $K'L'M'$  і лінію виходу  $KLM$ , це називається повним проникненням.

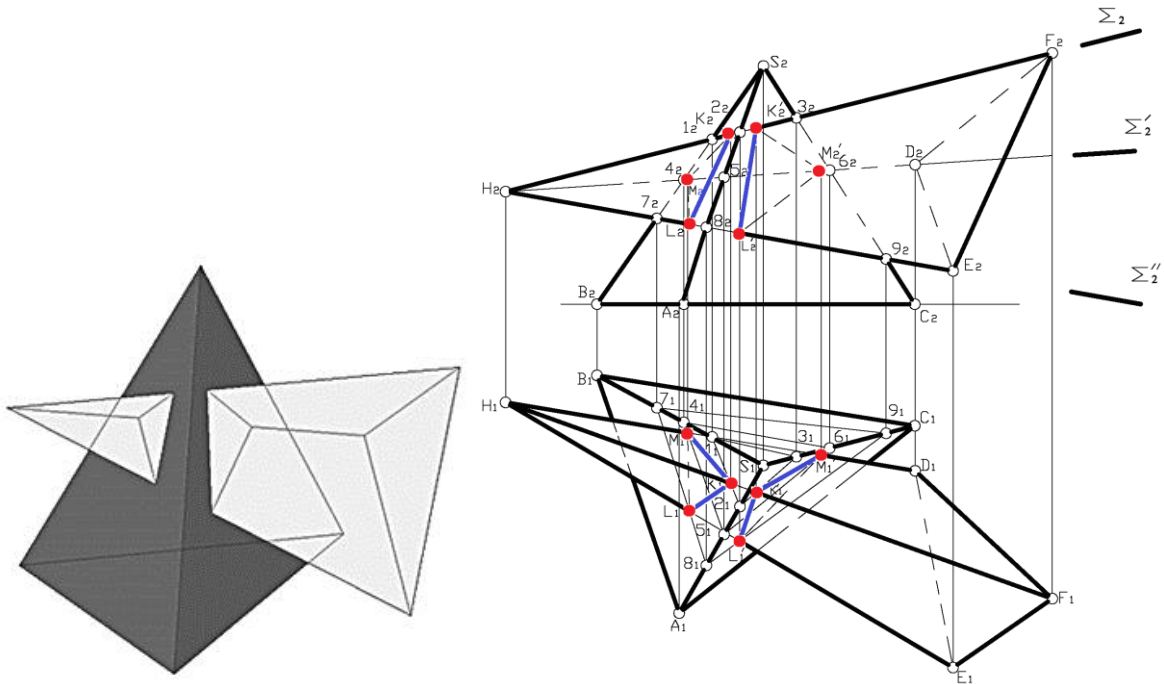


Рисунок 1.89

Видимість лінії перетину визначається видимістю граней, на яких знаходиться ця лінія. На горизонтальній площині проекцій усі грані піраміди  $SABC$  видимі, а із граней піраміди  $HEDF$  невидима тільки одна –  $HDE$ . Тому на горизонтальній площині проекцій невидимі тільки відрізки  $M_1L_1$  і  $M'_1L'_1$ , які належать лінії перетину.

На фронтальній площині проекцій видимими є дві грані піраміди  $SABC$  –  $SBA$  і  $SAC$ , а також грань піраміди  $HEDF$  –  $HEF$ . Тому видимими є відрізки  $KL$  і  $K'L'$ , які належать грані  $HEF$ .

Задача на побудову лінії перетину граней поверхонь значно спрощується, коли одна з фігур займає проектувальне положення. На рис. 1.90 наведено приклад побудови лінії перетину прямої тригранної призми з тригранною пірамідою.

Грані призми займають горизонтально проектувальне положення і на горизонтальній площині проекцій проектуються в прямі лінії. Горизонтальні проекції  $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1$  точок перетину ребер піраміди з гранями призми знаходимо на перетині горизонтальних проекцій відповідних граней призми і ребер піраміди, а фронтальні проекції  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 6_2$

знаходимо по вертикальній відповідності з використанням властивості належності.

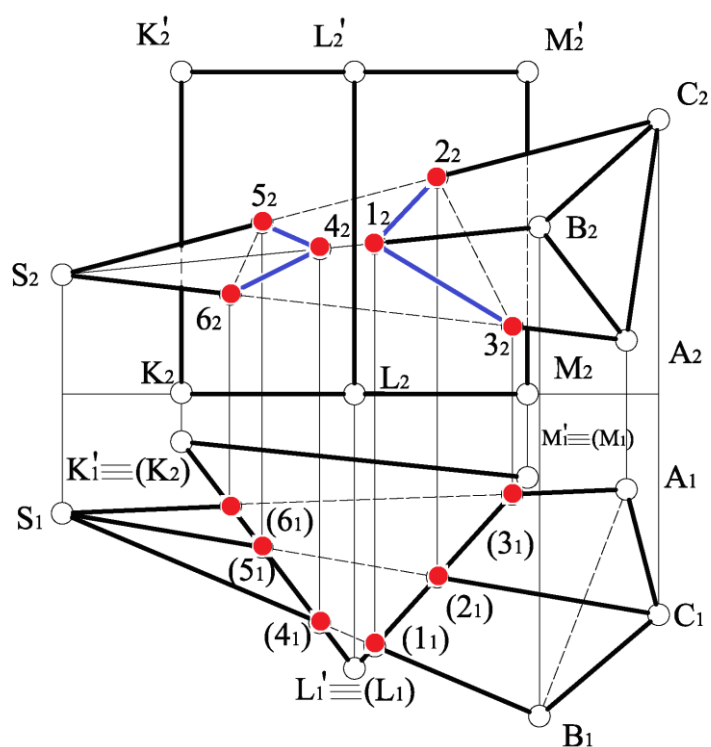
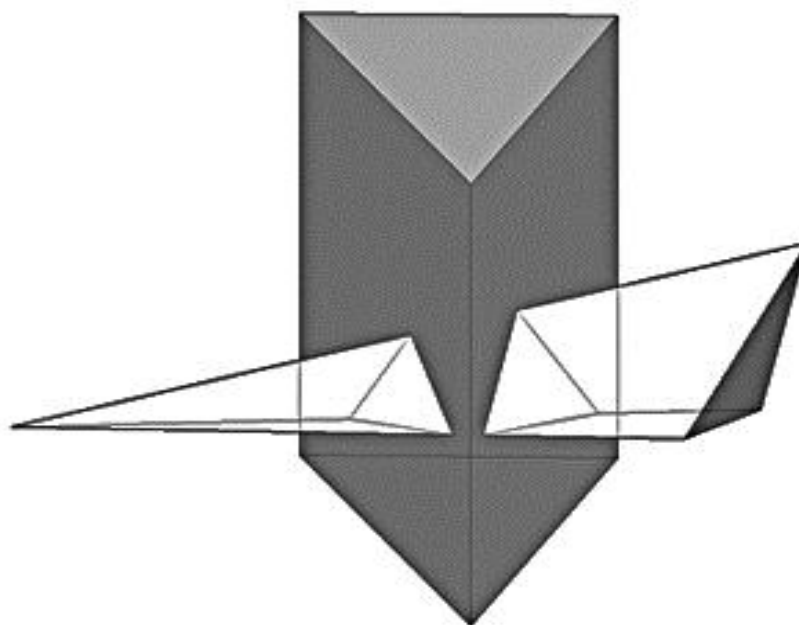


Рисунок 1.90

Видимість лінії перетину визначаємо відповідно видимості граней, на яких знаходиться ця лінія. На фронтальній площині проєкцій призма має дві видимі грані  $KK'L'L$ ,  $LL'M'M$  і одну невидиму  $KK'M'M$ , а з граней піраміди видимими є грані  $SBC$ ,  $SBA$ , а невидимою – грань  $SAC$ . Тому видимими на фронтальній площині проєкцій є відрізки  $1_22_2$ ,  $1_23_2$ , а також  $4_25_2$ ,  $4_26_2$ , які лежать на видимих гранях.

## 1.9 Побудова лінії взаємного перетину поверхонь обертання

Лінія перетину поверхонь обертання складається з множини спільних точок двох поверхонь, які перетинаються. Якщо одна з поверхонь є проектувальною, то одна з проекцій лінії перетину є відомою, завдяки збиральним властивостям проектувальна поверхня збігається з відповідною їй проекцією. Другу проекцію лінії перетину знаходять за законом про належність. Якщо поверхні, які перетинаються, займають довільне положення відносно площин проекцій, доцільно виконати перетворення комплексного креслення з метою перевести поверхню в окреме положення.

Спільні точки лінії взаємного перетину поверхонь можна визначити при перетині якоїсь лінії однієї поверхні з лінією другої, при цьому доцільно використати третю поверхню. Січна поверхня при перетині з першою та другою поверхнями повинна давати пряму лінію або коло. Найчастіше такими січними поверхнями є площина або сфера.

Проекції лінії перетину двох поверхонь повинні бути розташованими в межах перетину однойменних проекцій. Лінія взаємного перетину може бути плоскою або просторовою, а перетин поверхонь – повним або частковим.

При побудові проекцій лінії перетину двох поверхонь спочатку будують очевидні точки, для знаходження яких не потрібні додаткові побудови, потім визначають опорні точки, точки перетину і, в останню чергу, визначають допоміжні точки. Після цього визначають видимість окремих ділянок лінії взаємного перетину. Ділянка лінії взаємного перетину буде видимою лише при перетині обох видимих ділянок поверхонь. Якщо один із цих елементів є невидимим, то і точка лінії перетину буде невидимою.

На рис. 1.91 приклад побудови лінії перетину на комплексному кресленні циліндра і конуса. Тут маємо наскрізне проникнення, коли лінія взаємного перетину розпадається на дві – лінію входу та лінію виходу. Циліндрична поверхня є проектувальною відносно фронтальної площини проекцій.

Фронтальна проекція лінії взаємного перетину збігається з фронтальною проекцією циліндра. Горизонтальну проекцію лінії взаємного перетину конуса і циліндра визначаємо за точками, які знаходимо за допомогою горизонтальних допоміжних січних площин, які перетинають конус по колу відповідного радіуса, а циліндр – по твірних.

З'єднуючи знайдені точки плавною кривою, з урахуванням видимості точок, будуємо горизонтальну проекцію лінії взаємного перетину конуса і циліндра.

На рис. 1.92 розглянуто приклад побудови лінії перетину сфери і прямого колового конуса.

У цьому прикладі маємо урізання, коли є тільки одна лінія взаємного перетину.

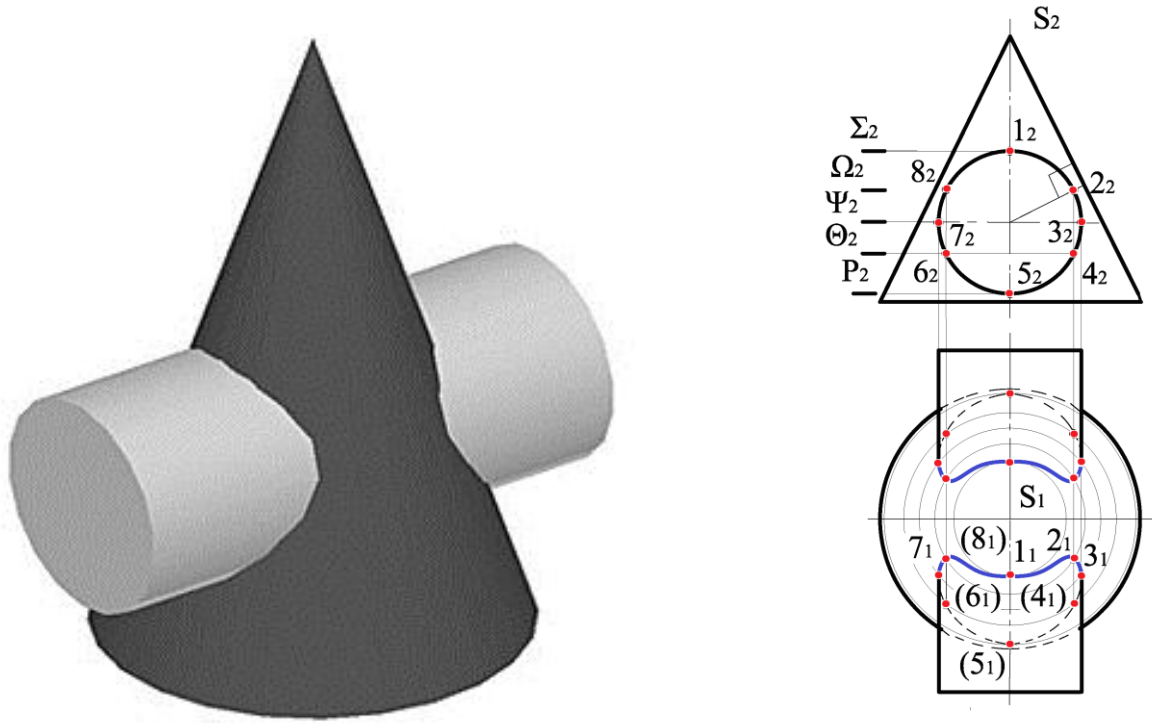


Рисунок 1.91

Якщо поверхню обертання перерізати площиною, яка перпендикулярна осі обертання, то у перерізі виникає коло.

Перерізом сфери будь-якою площиною є **коло**.

У цій задачі найбільш доцільно в якості допоміжних січних площин використати горизонтальні площини рівня, які перетинають обидві поверхні по колам, на перетині яких і визначаємо спільні точки лінії взаємного перетину.

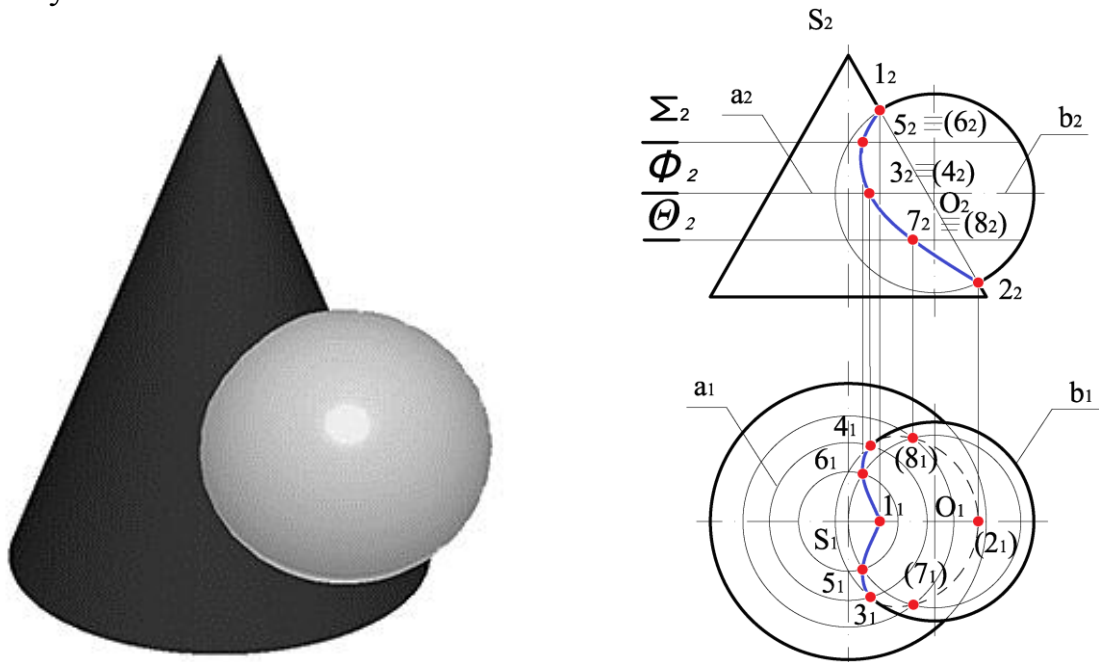


Рисунок 1.92

Оскільки обидві поверхні мають спільну площину симетрії, яка паралельна фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ , то їх головні меридіани перетинаються в точці 1, яка є найвищою точкою лінії перетину поверхонь, а також у точці 2, яка є найнижчою точкою лінії перетину поверхонь.

Фронтальні проєкції  $1_2, 2_2$  знаходимо на перетині фронтальних обрисів конуса і сфери, а горизонтальні проєкції  $1_1$  і  $2_1$  знаходимо на горизонтальній проєкції спільної площини симетрії.

Горизонтальною межею видимості лінії взаємного перетину є екватор сфери. Для знаходження точок на межі видимості перетинаємо обидві поверхні допоміжною січною площиною  $\Phi$ , яка проходить через екватор сфери і перетинає обидві поверхні по паралелям  $a$  і  $b$ , які перетинаються в точках 3 і 4. Причому спочатку визначаємо горизонтальні проєкції  $3_1$  і  $4_1$  цих точок, як результат перетину горизонтальних проєкцій  $a_1$  і  $b_1$ , а потім знаходимо їх фронтальні проєкції  $3_2$  і  $4_2$ . Аналогічно визначаємо додаткові точки 5 і 6, а також 7 і 8.

Потім з'єднуємо отримані точки з урахуванням їх видимості плавною кривою і отримуємо лінію взаємного перетину конуса і сфери.

Для визначення лінії взаємного перетину кривих поверхонь обертання використовують спосіб січних концентричних та ексцентричних сфер.

На рис. 1.93 розглянуто приклад побудови лінії взаємного перетину прямого колового конуса і колового циліндра з використанням способу концентричних сфер.

У цьому прикладі маємо наскрізне проникнення, тобто лінія взаємного перетину розпадається на дві – лінію входу та лінію виходу.

Спосіб концентричних сфер використовують, якщо виконуються дві умови:

- 1) осі поверхонь обертання мають перетинатися;
- 2) дві поверхні обертання мають спільну площину симетрії, яка паралельна одній із площин проєкцій.

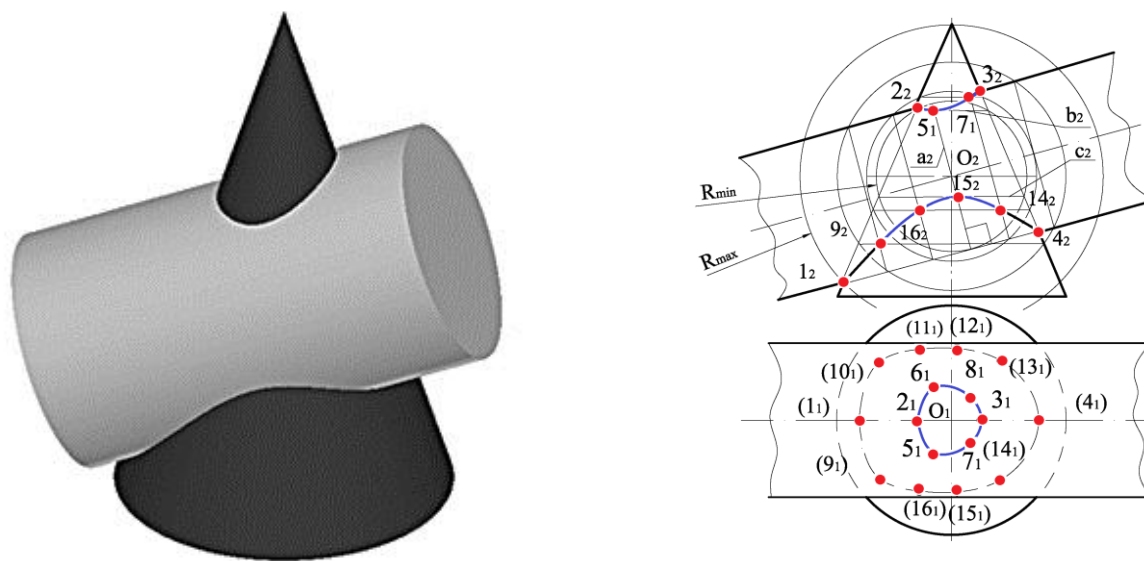


Рисунок 1.93

У наведеному прикладі умови виконуються: осі перетинаються, площина симетрії паралельна фронтальній площині проєкцій.

Фронтальні обриси конуса і циліндра перетинаються в точках 1, 2, 3, 4, які є опорними. Для визначення додаткових точок використовуємо в якості поверхонь-посередників січні сфери, центром яких є точка  $O$  перетину осей заданих поверхонь конуса і циліндра.

У якості мінімального радіуса січних сфер приймаємо перпендикуляр, який опускаємо з центра січних сфер на обрис циліндра. У якості максимального радіуса січних сфер приймаємо відстань від центра  $O_2$  до точки  $1_2$  перетину фронтальних обрисів конуса і циліндра.

Сфера мінімального радіуса з внутрішньої сторони дотикається до циліндра по колу  $a$ , фронтальною проєкцією якого є відрізок  $a_2$ . Січна сфера одночасно перетинає і конус по колам  $b$  і  $c$ , фронтальною проєкцією яких є відрізки  $b_2$  і  $c_2$ . Оскільки всі ці кола  $a$ ,  $b$ ,  $c$  належать одній і тій же сфері мінімального радіуса, то вони перетинаються в точках, які визначають лінію їх взаємного перетину. Фронтальні проєкції точок знаходимо на перетині фронтальних проєкцій  $b_2$  і  $c_2$  кіл  $b$  і  $c$  із фронтальною проєкцією  $a_2$  кола  $a$ .

На рис. 1.93 зображено ще дві сфери, які перетинають конус по горизонтальних колах, а циліндр – по нахилених колах. У результаті їх перетину отримаємо ще вісім точок. Для більшої візуалізації лінії перетину на фронтальній проєкції не позначені невидимі точки.

Потім з'єднуємо отримані точки плавною кривою з урахуванням видимості і отримуємо лінію взаємного перетину конуса і циліндра.

Фронтальною межею видимості лінії перетину є спільна площина симетрії, а горизонтальною – лінія перетину циліндра фронтально проєктувальною площиною, яка проходить через вісь циліндра.

Оскільки всі точки лінії взаємного перетину належать одночасно і поверхні конуса, і поверхні циліндра, то горизонтальну проєкцію лінії перетину можна отримати з умови належності цієї лінії поверхні конуса.

## **1.10 Види, розрізи, перерізи**

### **1.10.1 Види**

Усі предмети виробництва на машинобудівних підприємствах виготовляють за кресленнями, а зображення на цих кресленнях виконують методом прямокутного проєктування. При цьому предмет розміщують між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій.

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



*Видом* називається зображення повернених до спостерігача видимих частин поверхні предмета.

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

*Основними* називають види, що утворені проектуванням предмета на шість граней куба. Кожний з них має назву залежно від того, на яку із граней куба спроектовано предмет. В зв'язку з цим встановлені такі назви видів (рис. 1.94).

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

2. Вид зверху – зображення на горизонтальній площині проєкцій.

3. Вид зліва – зображення на профільній площині проєкцій.

4. Вид справа – зображення на профільній площині проєкцій.

5. Вид знизу – зображення на горизонтальній площині проєкцій.

6. Вид ззаду – зображення на фронтальній площині проєкцій.

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

При такому розміщенні назви видів не підписують і не показують лінії зв'язку між зображеннями. У випадку, коли, які-небудь види розташовані не в проєкційному зв'язку їх позначають великими літерами українського алфавіту, а напрями поглядів показують стрілками з тими ж літерами (рис. 1.95).

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

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



Рисунок 1.94

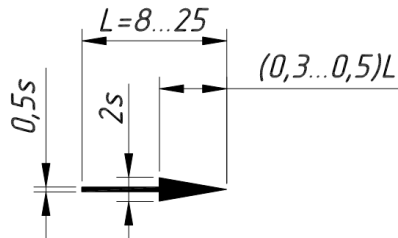


Рисунок 1.95

Головний вид повинен давати найбільш повне уявлення про форму, розміри та службове призначення предмета. Виконуючи креслення, предмет треба так розміщувати відносно фронтальної площини проєкцій, щоб головний вид давав найповніше і найвиразніше уявлення про форму і розміри предмета.

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

*Додатковий вид* – зображення, утворене внаслідок проєктування частини предмета на додаткову площину, не паралельну основним площинам проєкцій. Додаткову площину розміщують паралельно до нахиленої частини предмета, яка проєкується на додаткову площину в натуральному величину (див. рис. 1.96, а).

Для зручності розгляду креслення додатковий вид дозволяється повертати, але із збереженням, як правило, розташування, прийнятого для цього предмета на головному виді; при цьому до напису додається умовне позначення викреслене у формі кола діаметром  $10...12$  мм із стрілкою (див. рис. 1.96, б), що означає вид *Б* повернуто.

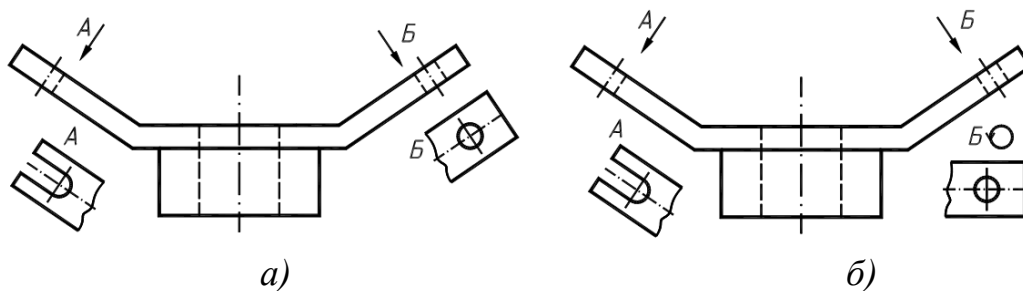


Рисунок 1.96

Додаткові види на кресленні позначаються літерами і стрілками (див. рис. 1.96). Літери, які позначають погляд повинні бути на порядок більші від розмірних чисел.

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

Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву (рис. 1.97, вид *А*) чи не обмежений (рис. 1.97, вид *Б*).

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

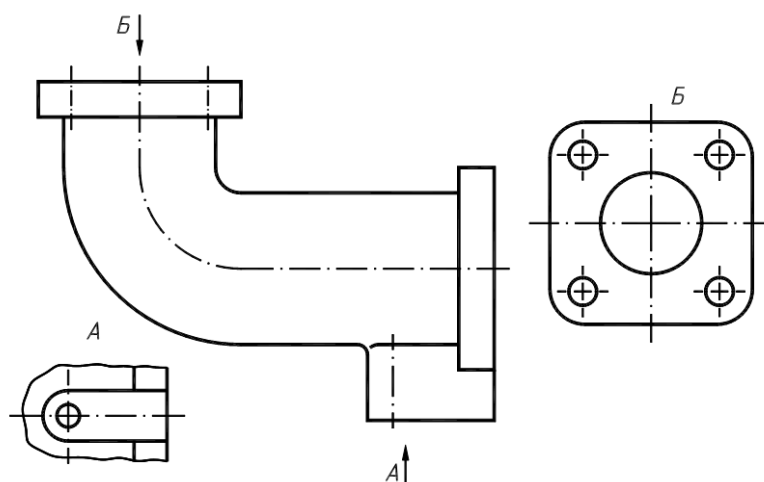


Рисунок 1.97

### 1.10.2 Розрізи

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

*Розріз* – зображення предмета, утвореного умовним розрізом його однією або декількома січними площинами. На кресленні в розрізі показують зображення предмета, яке розміщене у відповідних січних площинах і за ними. Розріз є умовним зображенням, бо при його виконанні тільки умовно проводять січні площини та уявно показують окремі частини предмета, які розміщені між спостерігачем і даними січними площинами. На кресленні внутрішні конфігурації частини предмета в розрізі показують суцільними лініями, як і видимий контур предмета. При цьому те, що знаходиться в січній площині, за винятком порожнин, штрихують тонкою суцільною лінією (рис. 1.98).

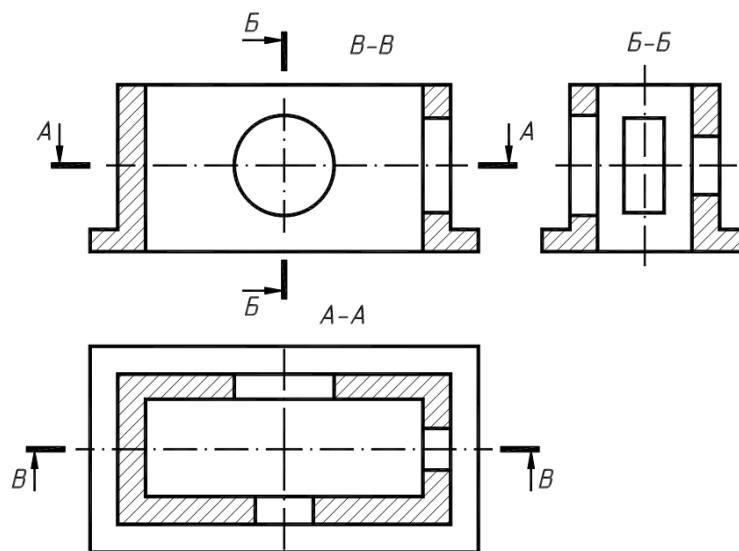


Рисунок 1.98

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

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

В залежності від положення січних площин відносно площин проекцій розрізи поділяються на горизонтальні, фронтальні, профільні та похилі.

Характеристики та визначення розрізів:

*Простий розріз – утворюється однією січною площиною*

1. Горизонтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до горизонтальної площини проекцій (рис. 1.98, розріз A-A).

2. Фронтальний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до фронтальної площини проекцій (рис. 1.98, розріз B-B).

3. Профільний розріз – утворюється січною площиною, паралельною до профільної площини проекцій (рис. 1.98, розріз B-B),

4. Похилий розріз – утворюється січною площиною яка нахилена до горизонтальної площини проекцій під гострим кутом (рис 1.99, розріз A-A).

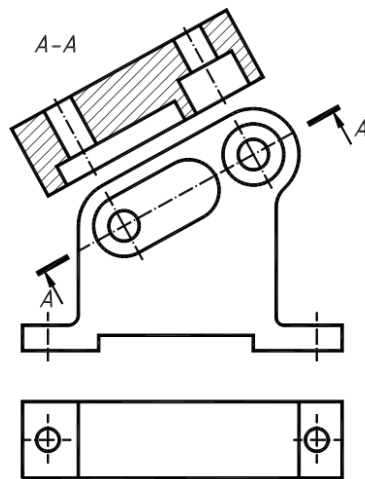


Рисунок 1.99

5. Повздовжній розріз – утворюється січною площиною, яка проходить вздовж довжини або висоти предмета (див. рис. 1.98. розріз *Б-Б*, *В-В* та рис. 1.100, а розріз *Б.Б*, *В-В*). Якщо фігура симетрична дозволяється поєднувати вид і розріз як показано нижче, а позначення розрізів *Б-Б*, *В-В* не показувати (див. рис. 1.100, б). Якщо на внутрішній поверхні предмета знаходиться контурна лінія, яка співпадає з віссю симетрії, для прикладу – ребро чотирикутної призми, тоді розріз виконують дещо більшим половини зображення підкреслюючи його суцільною тонкою лінією, як це зображено на фронтальній проекції фігури (див. рис. 1.100, в). У випадку наявності контурної лінії на зовнішній поверхні розріз виконують дещо меншим половини зображення. А якщо зовнішня і внутрішня контурні лінії співпадають з віссю симетрії тоді суцільна тонка лінія що розділяє вид – розріз робиться хвилястою (див. рис. 1.100, в, профільна проекція).

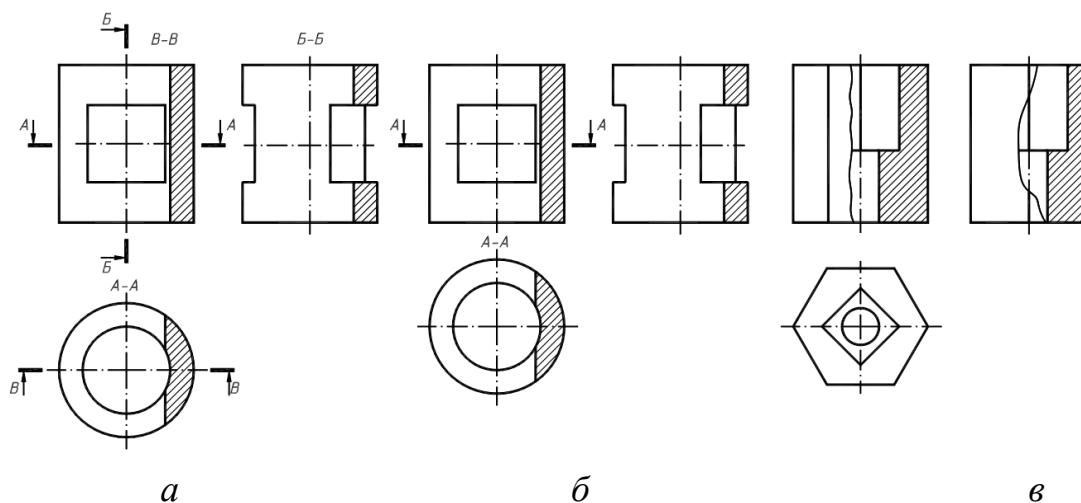
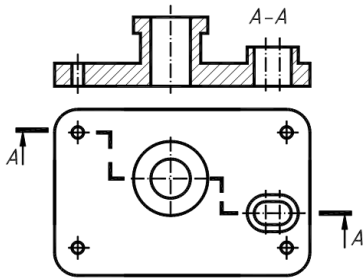


Рисунок 1.100

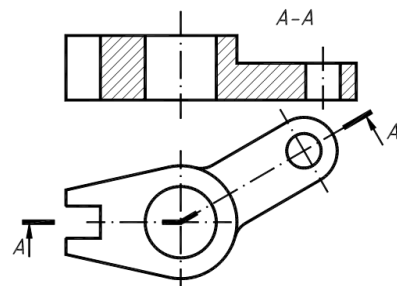
6. Поперечний розріз – утворюється січною площиною, яка проходить перпендикулярно до довжини або висоти предмета. (див. рис. 1.98 розріз *A-A* і рис. 1.100 розріз *A-A*).

*Складний розріз – утворюється двома або декількома січними площинами.*

7. Ступінчастим називається складний розріз, утворений паралельними січними площинами (рис. 1.101).



*Рисунок 1.101*

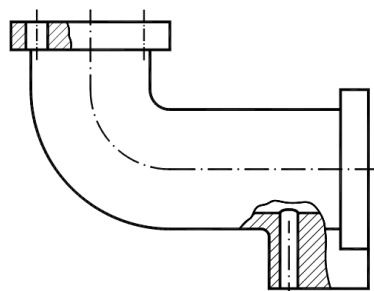


*Рисунок 1.102*

8. Ламаним називається складний розріз утворений паралельними січними площинами, причому одна із них або декілька похилі до горизонтальної площини проєкцій (рис. 1.102).

9. Повний розріз – зображення, утворене при повному (наскрізному) перетині несиметричного предмета січною площиною (див. рис. 1.98; *B-B*. 1.101; *A-A* і 1.102; *A-A*).

10. Місцевий розріз (вири́в) – зображення що розкриває конструктивні особливості предмета лише в окремому, обмеженому місці (рис. 1.103).



*Рисунок 1.103*

Місцевий розріз виділяють на виді тонкою суцільною хвилястою лінією, яка не повинна співпадати з будь-яким зображенням. На рис. 1.104 за допомогою місцевих розрізів показані отвір під стопорний гвинт, паз для сегментної шпонки, та центровий отвір.

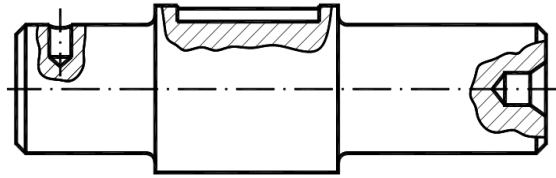


Рисунок 1.104

### 1.10.3 Перерізи

Перерізи – зображення предмета, утвореного тільки умовним перетином його однією або декількома січними площинами. На кресленні в перерізі показують зображення предмета яке розміщене тільки у відповідних січних площинах. Фігуру перерізу на кресленні штрихують тонкими лініями під кутом  $45^{\circ}$ . Частину предмета, розташованого за січною площиною, в перерізі не показують. Переріз є частковим випадком розрізу. Тобто розріз включає переріз. На рис. 1.105, а зображено переріз, а на рис. 1.105, б – розріз.

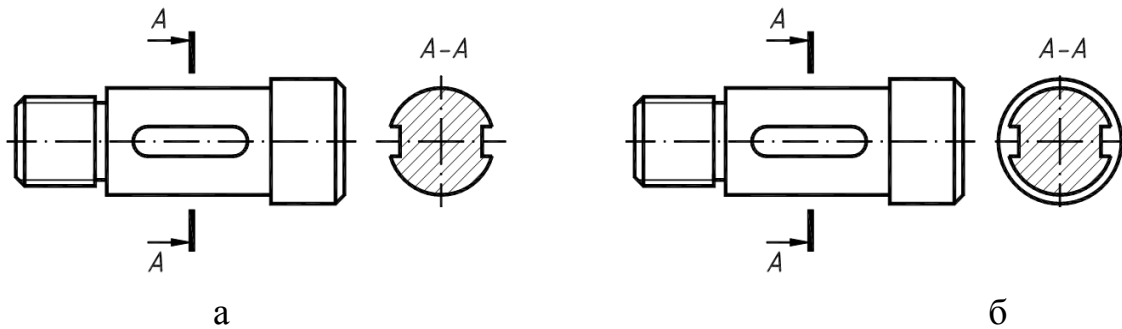


Рисунок 1.105

Залежно від розміщення на кресленні розрізняють *винесені* й *накладні* перерізи. Винесені перерізи розташовують поза контуром зображення деталі (рис. 1.106) на будь-якому місці поля креслення, накладні – безпосередньо на видах (рис. 1.107).

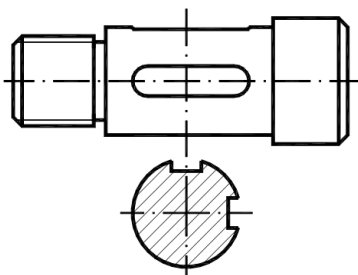


Рисунок 1.106

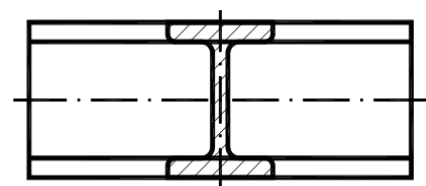
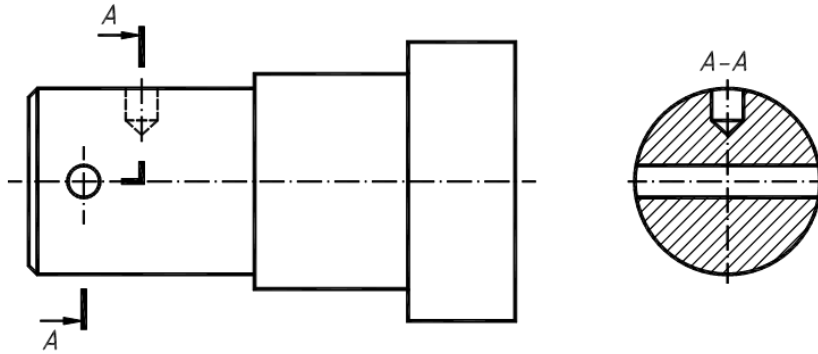


Рисунок 1.107

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

Перерізи, як і розрізи, можуть бути складними, зокрема ламаними й ступінчастими (див. рис. 1.108. ступінчастий переріз *A-A*).

За формою перерізи поділяють на симетричні (рис. 1.105, а, 1.107, 1.108) і несиметричні (рис. 1.106).



*Рисунок 1.108*

#### ***1.10.4 Вимоги щодо зображення та позначення розрізів і перерізів***

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

Для позначення на кресленні січних площин у розрізі і перерізах використовують розімкнену лінію – потовщені штрихи. Перпендикулярно до крайніх штрихів (початкового і кінцевого) наносять стрілки, що вказують напрям погляду, і розташовують їх як показано на рис. 1.109.

Згідно з вимогами стандарту щодо оформлення креслень, крайні штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення їх необхідно позначити великими літерами українського алфавіту. Для позначення розрізів і перерізів застосовують стрілки і літери таких же розмірів, що й для позначення видів, а самі літери на кресленні проставляють у відповідність до розташування основного напису із зовнішнього боку стрілок, незалежно від їх напрямку. Вибирають літери в алфавітному порядку та слідкують за тим, щоб вони не повторювались на одному кресленні (див. рис. 1.98).



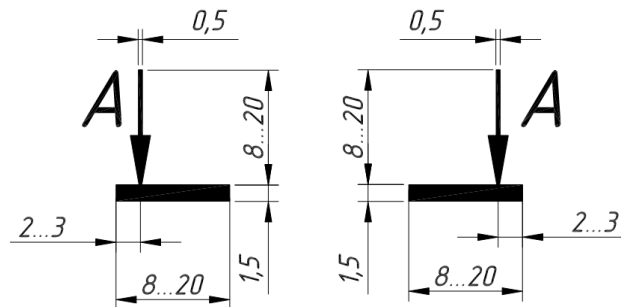


Рисунок 1.109

Розрізи та перерізи супроводжуються написом *A-A*, *B-B* і т. д.

Підкреслимо деякі умовності виконання розрізів та перерізів.

1. Для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не позначається, а самі розрізи написом не супроводжуються, якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета і ці розрізи розташовані в проекційному зв'язку та не розділені будь-якими зображеннями (див. рис. 1.100, в). Необхідно зазначити, що на рис. 1.98 фронтальний розріз *B-B* та профільний *B-B* можна було б не позначати.

2. Похилі і складні розрізи та перерізи, позначають завжди. (рис. 1.99, рис. 1.102, 1.105, а та рис 1.108).

3. Похилі розрізи та перерізи, що розташовані не в проекційному зв'язку та повернені відносно січної площини, супроводжуються написом з умовною позначкою (“повернено”) (див. рис. 1.96, б).

4. Місцеві розрізи виділяють на видах тонкою хвилястою суцільною лінією, яка не повинна збігатись з будь-якими іншими лініями зображення. Їх не позначають і не підписують (див. рис. 1.103 та 1.104).

5. Для ступінчастих розрізів, крім початкового і кінцевого штрихів, у місцях переходу однієї січної площини в іншу ставлять штрихи без літер. Літери проставляються лише на крайніх штрихах розімкненої лінії Зміна ліній напрямку січних площин на зображення не впливає (див. рис. 1.101).

6. Для симетричних фігур дозволяється поєднувати в одному зображенні вид з розрізом. (половину виду з половинного відповідного розрізу). Лінією розділення виду та розрізу є штрихпунктирна лінія, що збігається з віссю симетрії фігури (див. рис. 1.100, а). При цьому невидимий контур предмета на виді штриховими лініями не показують, якщо симетричний йому показаний у розрізі.

7. У випадках, коли контурна лінія зображення збігається з віссю симетрії предмета, межею між видом і розрізом є хвиляста лінія обриву (див. рис. 1.100, б).

8. Оскільки вважається, що читання креслення здійснюється зліва направо й зверху вниз і вид має перевагу над розрізом та на головному ви-

ді та на виді зліва розріз розміщують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на виді зверху – праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі.

### 1.11 Аксонометричні проекції

Аксонометричною проекцією називається зображення предмета на одній площині проекцій разом із системою прямокутних осей координат, до яких відноситься предмет.

На рис. 1.110 точка  $A$  разом із прямокутною системою координат спроектована в напрямку  $S$  на аксонометричну площину проекцій  $P$ .

Значення  $l_{x_0}, l_{y_0}, l_{z_0}$  залежать від розташування площини  $P$  у відношенні до просторової системи координат і напрямку проектування.

Коефіцієнтом або показником спотворення називається відношення аксонометричної проекції відрізка, паралельного осі координат, до його дійсної величини.

У залежності від напрямку проектування проекції розділяються на:

- 1) прямокутні, якщо  $S \perp P$ ;
- 2) косокутні, якщо  $S$  не перпендикулярна  $P$ .

У залежності від відношення коефіцієнтів спотворення аксонометричні проекції розділяються на:

- 1) ізометричні, якщо  $k = m = n$ ;
- 2) диметричні, якщо  $k = m \neq n$ ;
- 3) триметричні, якщо  $k \neq m \neq n$ .

На рисунку 1.110  $P$  – площина аксонометричних проекцій;  
 $Ox, Oy, Oz$  – осі прямокутної системи координат;  
 $S$  – напрям проєкціювання;  $Ox_0, Oy_0, Oz_0$  – аксонометричні осі;  
 $A$  – точка в просторі, віднесена до системи прямокутних осей координат;

$A_0$  – аксонометрична проекція точки  $A$ ;  
 $OA_xA_1A$  – просторова координатна ламана лінія;  
 $OA_{x_0}A_{10}A_0$  – плоска ламана лінія;  
 $l$  – натуральна величина відрізка;  
 $l_{x_0}, l_{y_0}, l_{z_0}$  – аксонометричні проекції відрізка

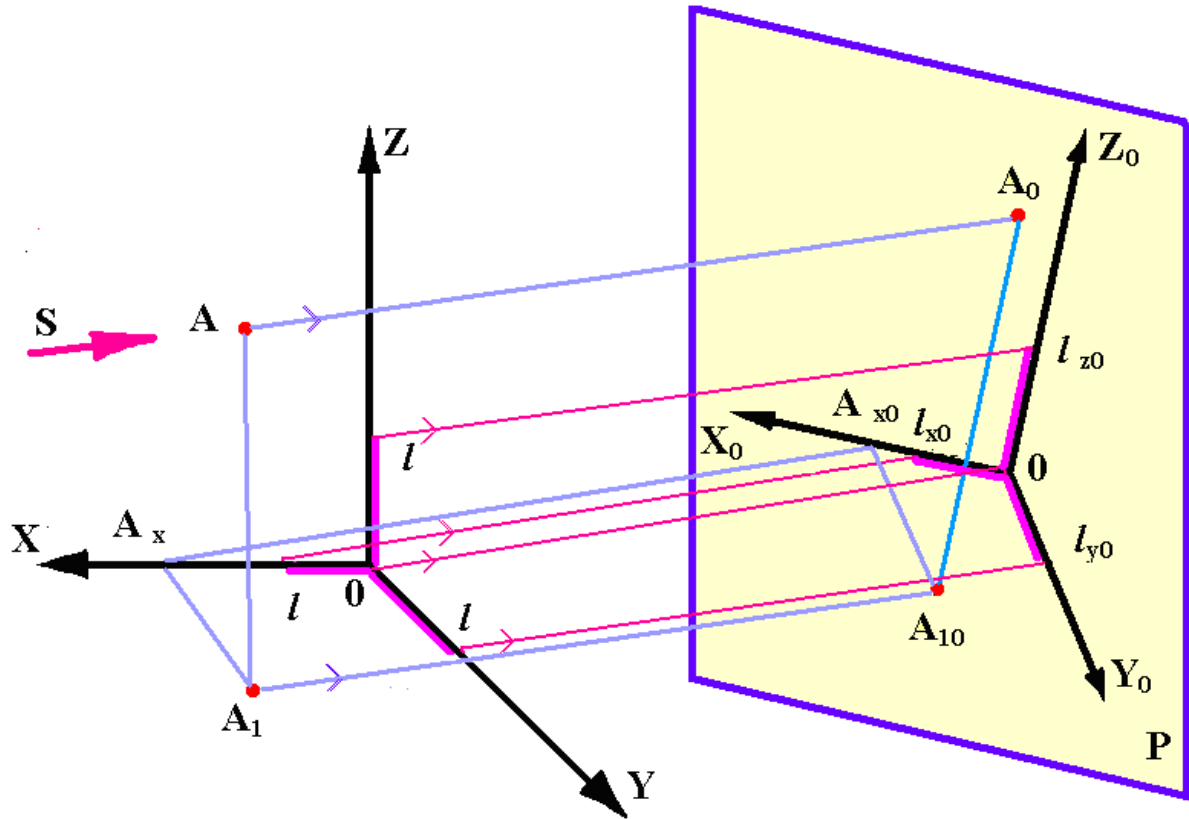


Рисунок 1.110

Прямокутна ізометрія

Відношення коефіцієнтів спотворення:

$$k = m = n.$$

Розрахункові коефіцієнти спотворення:

$$k_2 + m_2 + n_2 = 2;$$

$$3k^2 = 2;$$

$$k = \sqrt{\frac{2}{3}};$$

$$k = m = n = 0,82.$$

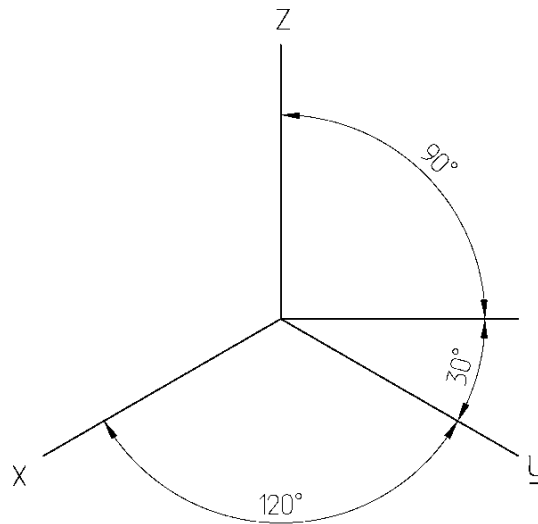
Для спрощення побудови відповідно до ГОСТ 2317-69 розрахункові коефіцієнти спотворення замінюються зведеними:

$$k = m = n = 1.$$

При цьому аксонометричне зображення предмета виходить збільшеним у 1,22 рази:

$$\frac{1}{0,82} = 1,22.$$

Аксонометричні осі в прямокутній ізометрії спрямовані одна до одної під кутом  $120^\circ$  (рис. 1.111).



*Рисунок 1.111*

Для визначення напрямку штрихування в ізометрії на аксонометричних осях потрібно побудувати трикутник, для цього уздовж аксонометричних осей відкладаються рівні відрізки довільної довжини.

Аксонометрія кривої лінії будується за точками.

*Приклад.* Побудувати прямокутну ізометричну проекцію кривої лінії за її ортогональним кресленням (рис. 1.112).

Кожна точка кривої лінії знаходиться на кінці ламаної лінії. Кожна ланка ламаної лінії дорівнює відповідній координаті точки.

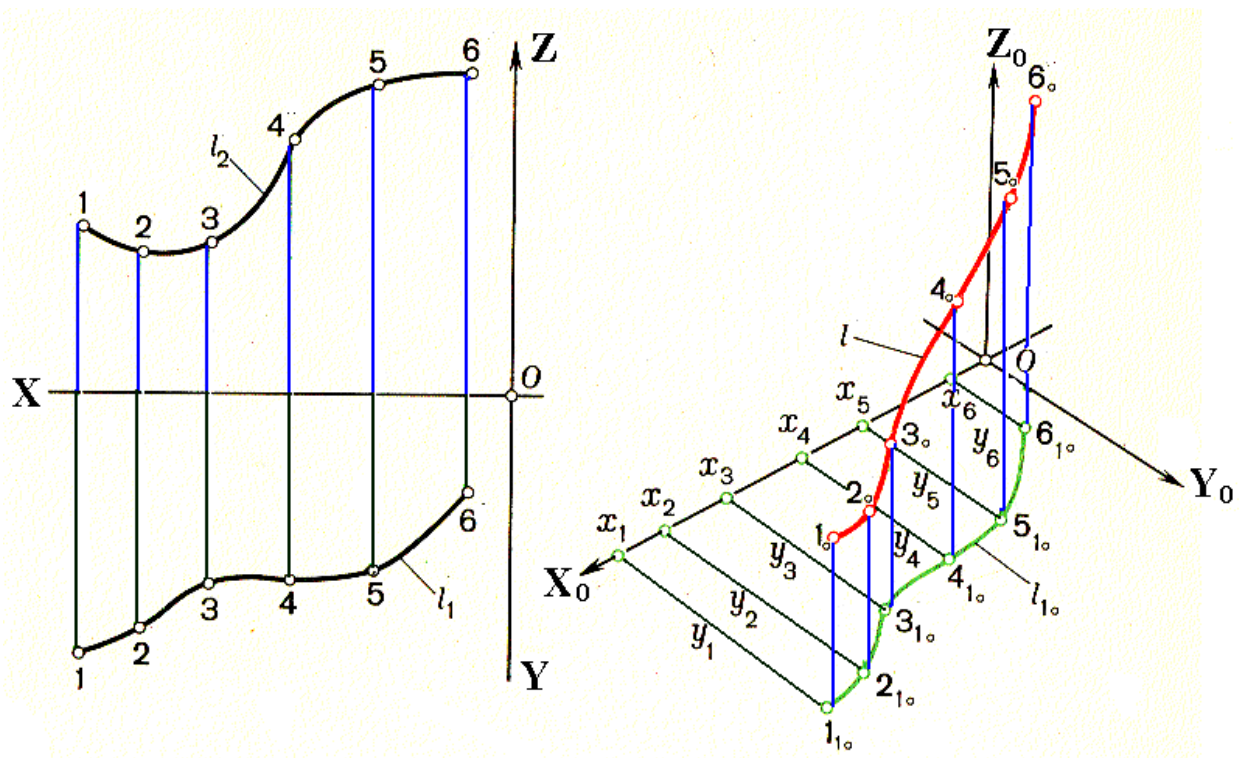


Рисунок 1.112

Аксонетричні проєкції кіл, які лежать на площинах проєкцій або на площинах, паралельних площинам проєкцій, зображуються еліпсами, які набувають значення осей:

велика вісь –  $AB = 1,22d$ ;

мала вісь –  $CD = 0,7d$ .

Напрямок малої осі збігається з напрямком аксонетричної осі, перпендикулярної до площини проєкцій, напрямок великої осі перпендикулярно малій осі.

*Приклад.* Побудувати прямокутну ізометрію трьох кіл, розташованих на горизонтальній, фронтальній та профільній площинах проєкцій, з  $d = 30$  мм (рис. 1.113).

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

Мала вісь еліпса  $CD = 0,7d = 0,7 \times 30 = 21$  мм.

На напрямках, паралельних аксонетричним осям, відкладаються  $EF = d = 30$  мм.

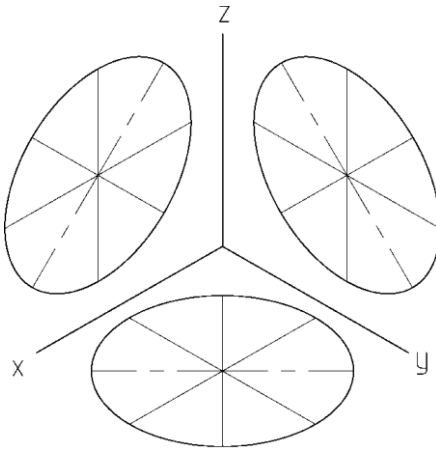


Рисунок 1.113

Прямокутна диметрія

Розрахункові коефіцієнти спотворення :

$$k = n = 0,94;$$

$$m = \frac{k}{2} = \frac{0,94}{2} = 0,47.$$

Зведені коефіцієнти спотворення:

$$k = n = 1; m = \frac{k}{2} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

При використанні зведених коефіцієнтів спотворення зображення предмета одержується збільшеним у 1,06 рази ( $\frac{1}{0,94} = 1,06$ ).

АксонOMETричні осі в прямокутній диметрії розташовані під кутами  $7^{\circ}10'$  і  $41^{\circ}25'$  до горизонталі (рис. 1.114).

АксонOMETричні проекції кіл (рис. 1.115), розташованих на площинах проекцій або на площинах, паралельних площинам проекцій, зображуються еліпсами, які набувають значення осей:

велика вісь  $AB = 1,06d$  – для всіх площин проекцій;

мала вісь  $CD = 0,35d$  – для горизонтальної і профільної площин проекцій;

мала вісь  $C_1D_1 = 0,94d$  – для фронтальної площини проекцій.

На напрямках паралельних аксонOMETричним осям, відкладаються  $EF \parallel ox_0$  і  $EF \parallel OZ_0$  і  $EF = d$ ;  $E_1F_1 \parallel oy_0 = 0,5d$ .

Побудова аксонометричної проекції повинна починатись із вибору виду аксонометрії, який можливо використовувати для даного геометричного тіла, а також із визначення розташування елементів системи координат, пов'язаної з тілом (рис. 1.116). Зазвичай початок координат – точку  $O$  – розміщують на елементах симетрії основи тіла (в центрі симетрії або на осі симетрії). У наведеному прикладі точка  $O$  розташована посередині відрізка, який є віссю симетрії трикутника основи.

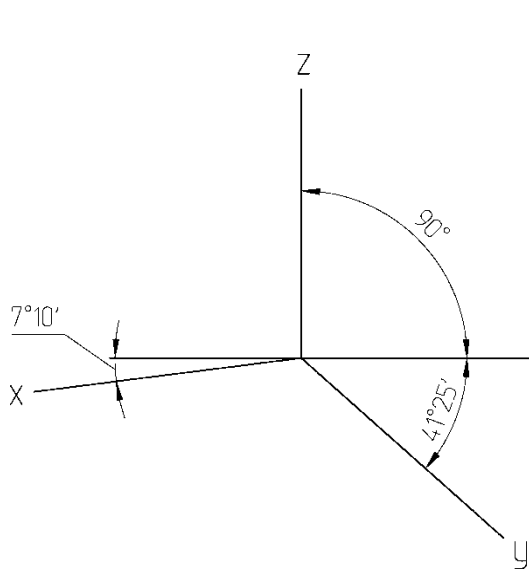


Рисунок 1.114

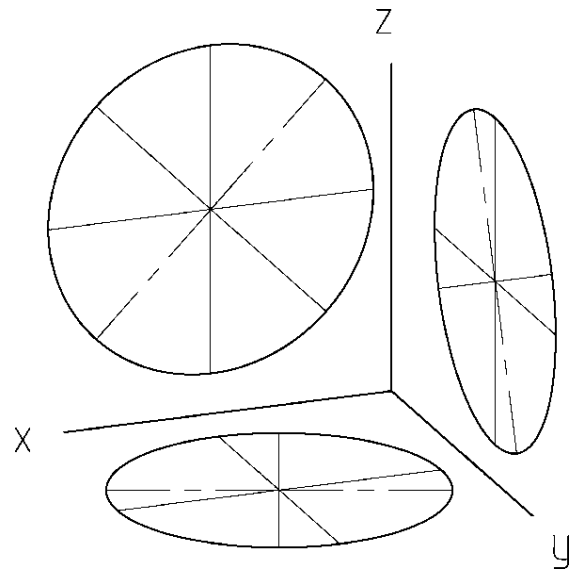


Рисунок 1.115

Наступним етапом виконується побудова основи геометричного тіла. Спочатку визначимо точки, що лежать на координатних осях (у наведеному прикладі це точка 1, рис. 1.117, а), далі знайдемо інші вершини, що мають обидві ненульові координати  $X$  та  $Y$  (точки 2 та 3, рис. 1.117, б).

Після побудови нижньої основи треба побудувати верхню основу (для призми) або вершину (для піраміди). Для цього здійснюють відкладення координати  $Z$  уздовж осі  $Z$  від точок нижньої основи (рис. 1.117 в) (або від точки  $O$  – для піраміди). Далі необхідно побудувати крайні точки ліній перетину площин, що утворюють виріз у тілі. Ці точки лежать у площинах граней тіла і можуть мати всі три ненульові координати. Їх знаходження здійснюється при побудові координатних ламаних за значеннями, що беруться з видів креслення (див. точку  $A$  на рис. 1.118).

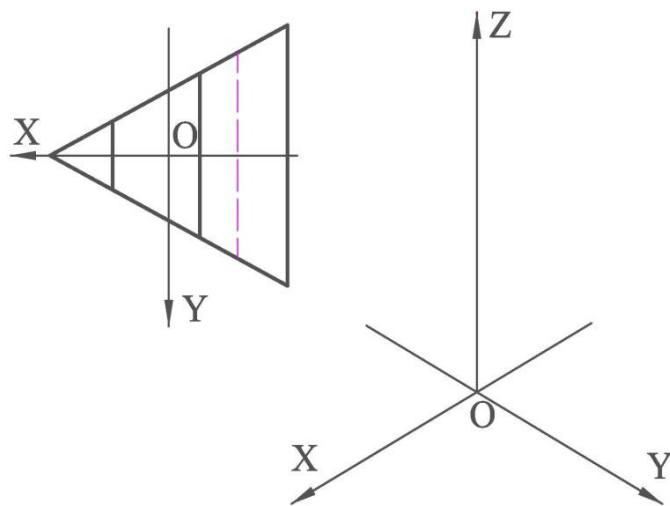
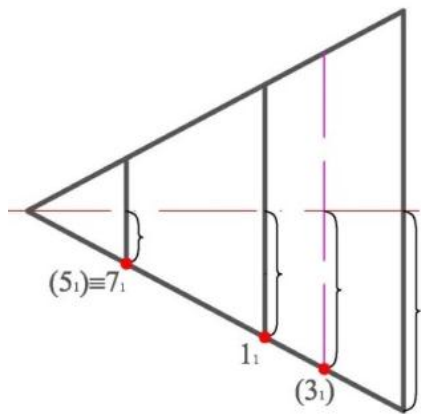
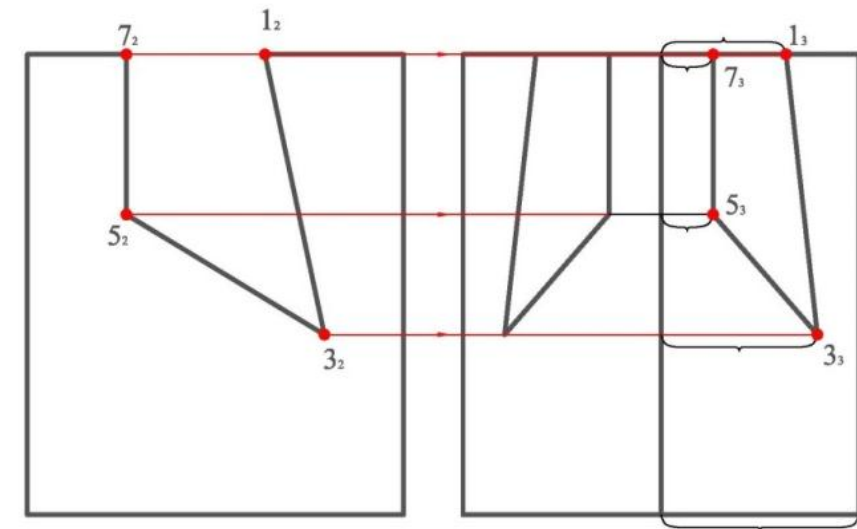
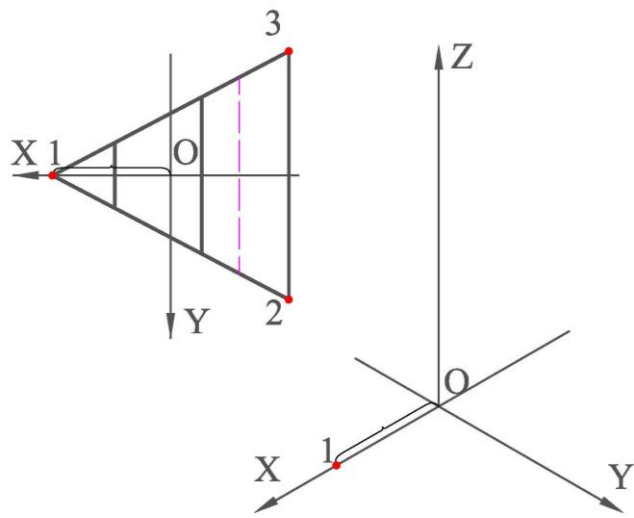
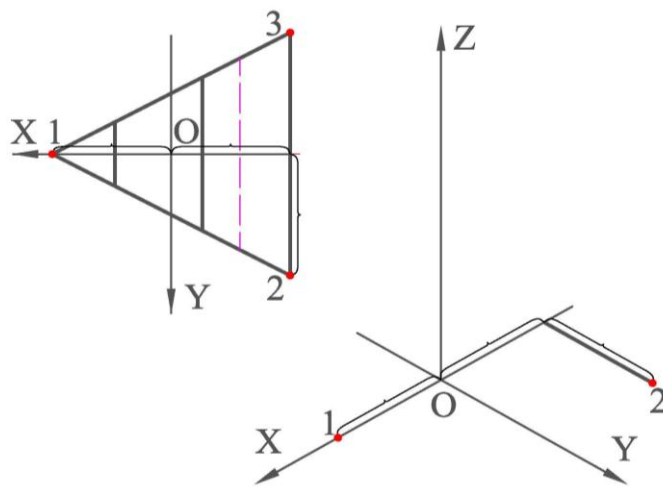


Рисунок 1.116

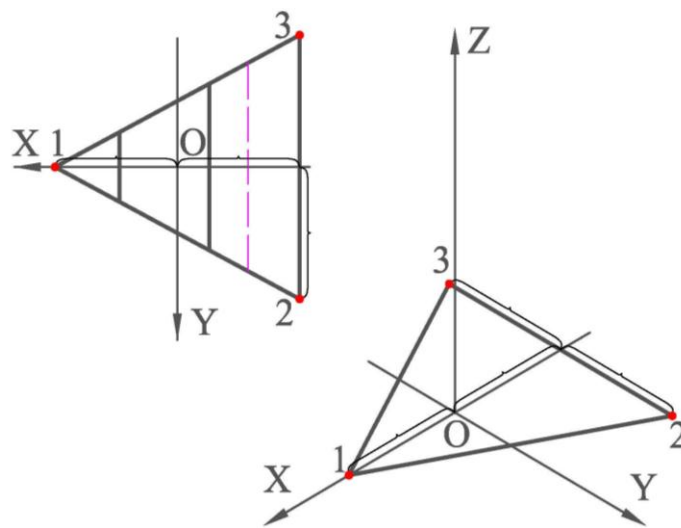




a)



б)



в)

Рисунок 1.117

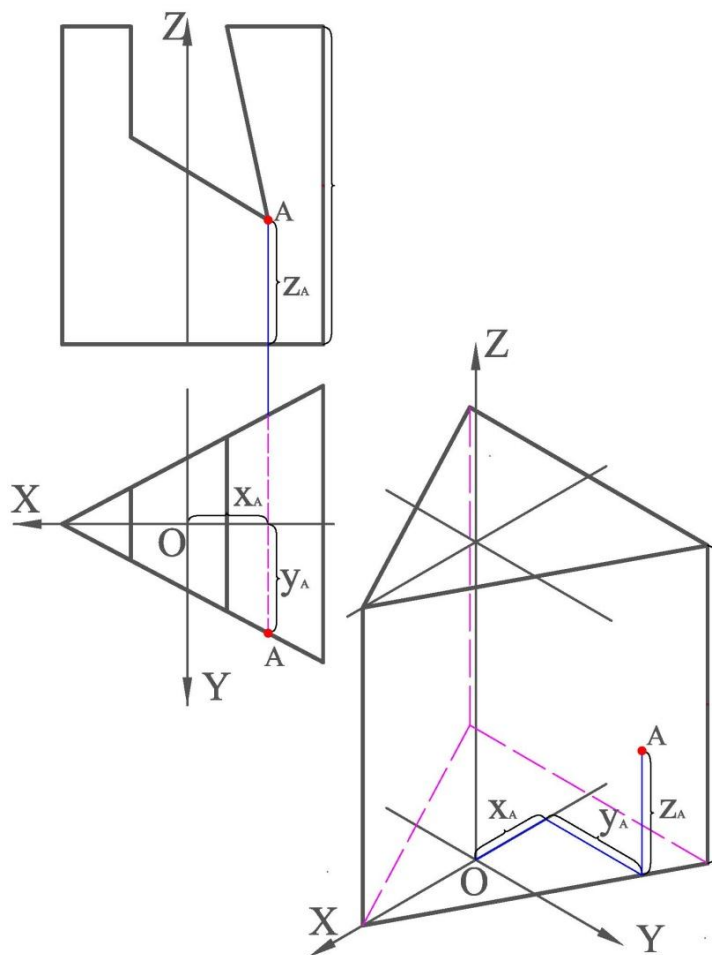


Рисунок 1.118

Останнім етапом є видалення невидимих ліній та побудова четвертного вирізу тіла. Для цього знаходять точки на основах та на лініях перетину січних площин із гранями й між собою, які належать площинам вирізу (у заданих варіантах це площини  $XZ$  та  $YZ$ ). Після послідовного з'єднання цих точок та видалення елементів, що попадають у виріз, буде отримано кінцевий вигляд аксонометричної проекції (рис. 1.119).

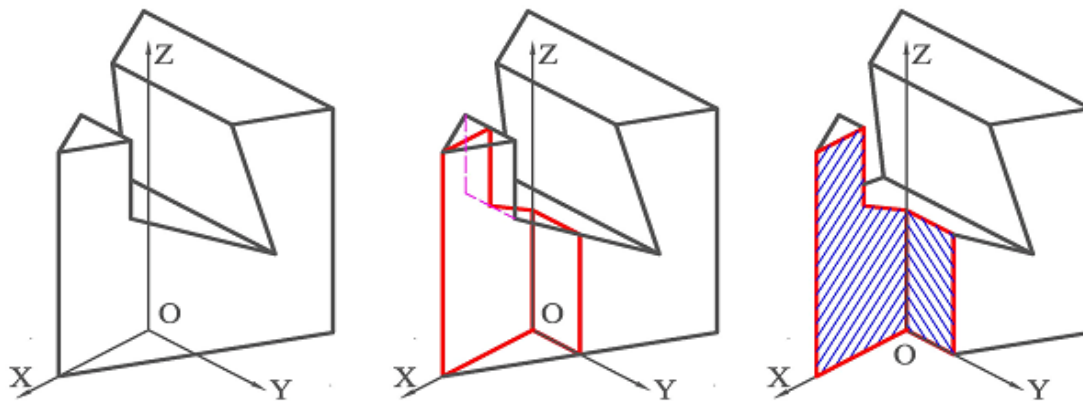


Рисунок 1.119

## 1.12 Графічна робота «Види, розрізи, перерізи, аксонометрична проекція»

Виконання роботи починається з побудови проекцій моделі (рис. 1.120). Для більшості варіантів перший необхідно будувати вигляд зверху з метою визначення положення ребер гранованої поверхні на виді спереду.

Суміщення головного виду з фронтальним розрізом здійснюється згідно з ГОСТ 2.305-2008. Необхідність надавати визначення для виконаного розрізу полягає в тому, що площина розрізу не збігається з площиною симетрії моделі.

Наступною дією є визначення ділянки деталі, що потрапляє у січну площину розрізу, а також елементів, що будуть видимими на розрізі, але знаходяться поза січною площиною. Для цього необхідно знайти положення ліній, які утворюються при перетині площини із зовнішньою та внутрішньою поверхнями моделі. Після знаходження та побудови всіх ліній контуру його слід заштрихувати (рис. 1.121).

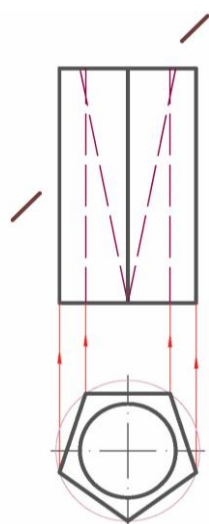


Рисунок 1.120

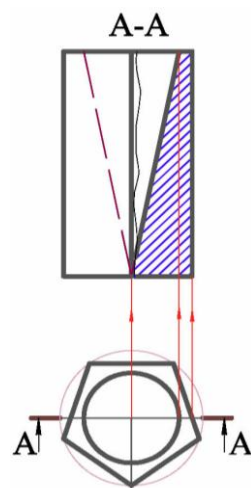


Рисунок 1.121

При виконанні суміщення зображень слід звертати увагу на правильність розділення виду й розрізу. Якщо з'єднуються половина виду й половина розрізу, кожний із яких є фігурою симетричною, то розділювальною лінією буде вісь симетрії. В інших випадках вид та розріз розділяють хвилястою лінією. При збігу з віссю симетрії ребра границю між видом і розрізом указують хвилястою лінією, яку проводять так, щоб зберегти зображення ребра (див. рис. 1.122, а). Для моделі, що розглядається як приклад, необхідним є розташування хвилястої лінії справа від ребра з метою збільшення частини зображення, що показує зовнішню поверхню, і відображення ребра як видимого.

В основі побудови перерізу лежить принцип виконання заміни площин проєкцій. Послідовність побудови буде такою:

1 Знайти проєкції опорних точок (вершин осей еліпсів, точки перетину з ребрами та сторонами основи) на головному виді та на виді зверху. Для лінії перетину з конічною та пірамідальною поверхнями необхідно при цьому застосувати метод січних площин.

2 Встановити розташування осей, що визначатимуть знаходження відповідних точок на перерізі, спрямувавши вісь нової системи площин паралельно до сліду січної площини. Для надання осі  $X_1$  положення осі симетрії перерізу задамо положення осі  $X$  таким, що співпадає з віссю симетрії цих ліній (рис. 1.122, а).

3 Виконати побудову опорних та проміжних точок на перерізі та з'єднати їх. Положення точок уздовж  $X_1$  задається проведенням ліній зв'язку з проєкцій цих точок на  $\Pi_2$ . Відступ від осі  $X_1$  за цими лініями повинен бути взятий із замінюваної площини, тобто з  $\Pi_1$ ; його треба вимірювати за лініями зв'язку від осі  $X$  до проєкцій точок на  $\Pi_1$  (рис.1.122, а). Кінцевий вигляд отриманого перерізу наведено на рис. 1.122, б.

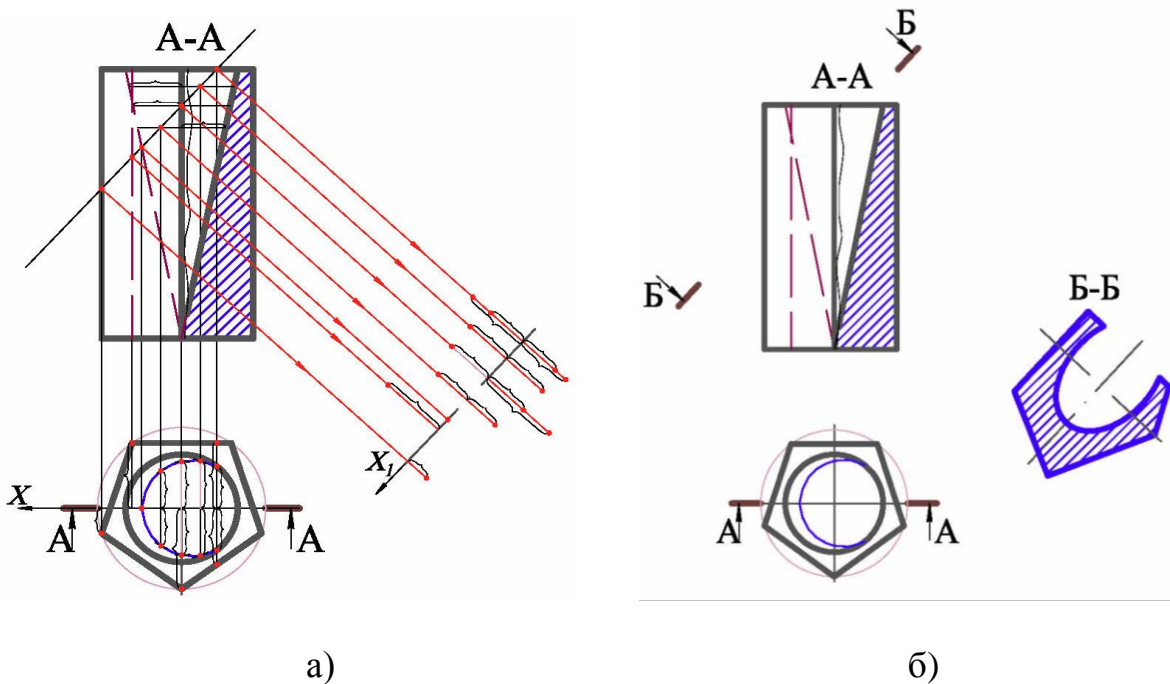


Рисунок 1.122

Аксонетричне зображення цього геометричного тіла з отвором буде мати достатню наочність, якщо скористатися прямокутною ізометрією. Побудова ізометричного зображення контуру призми зводиться до побудови вершин п'ятикутників верхньої й нижньої основ піраміди за координатами. Координати вершин вимірюються за комплексним кресленням (рис. 1.123, а, б, в, г). Контур внутрішньої порожнини геометричного тіла зображений на рис. 1.124. Окружність отвору у верхній основі призми відображається як еліпс, велика вісь якого перпендикулярна осі  $OZ$ .

Для побудови четвертного вирізу знаходять точки на основах та на лініях перетину січних площин із гранями й між собою, які належать площинам вирізу (у заданих варіантах це площини  $XZ$  та  $YZ$ ).

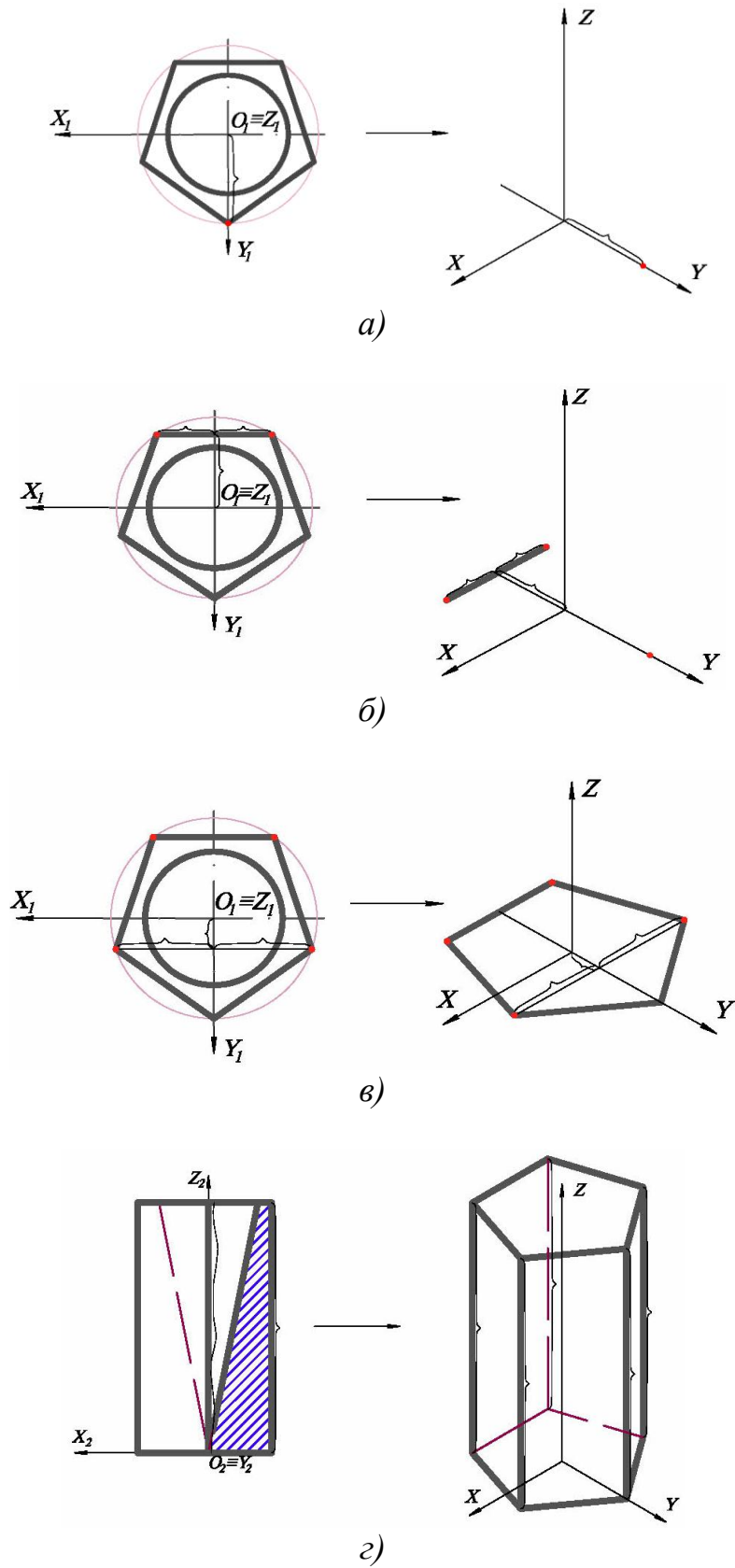


Рисунок 1.123

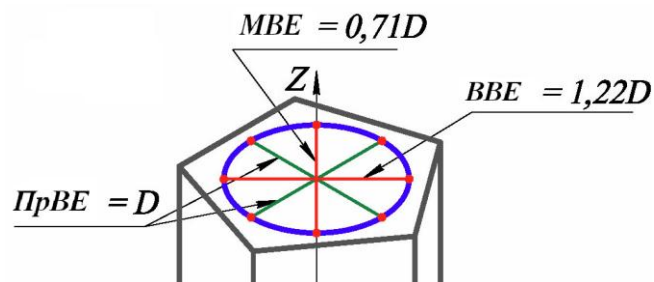


Рисунок 1.124

Після послідовного з'єднання цих точок та видалення елементів, що потрапляють у виріз, буде отримано остаточний вид аксонометричної проєкції. Останнім етапом є видалення інших невидимих ліній. Приклад повністю виконаної роботи наведено на рис. 1.125.

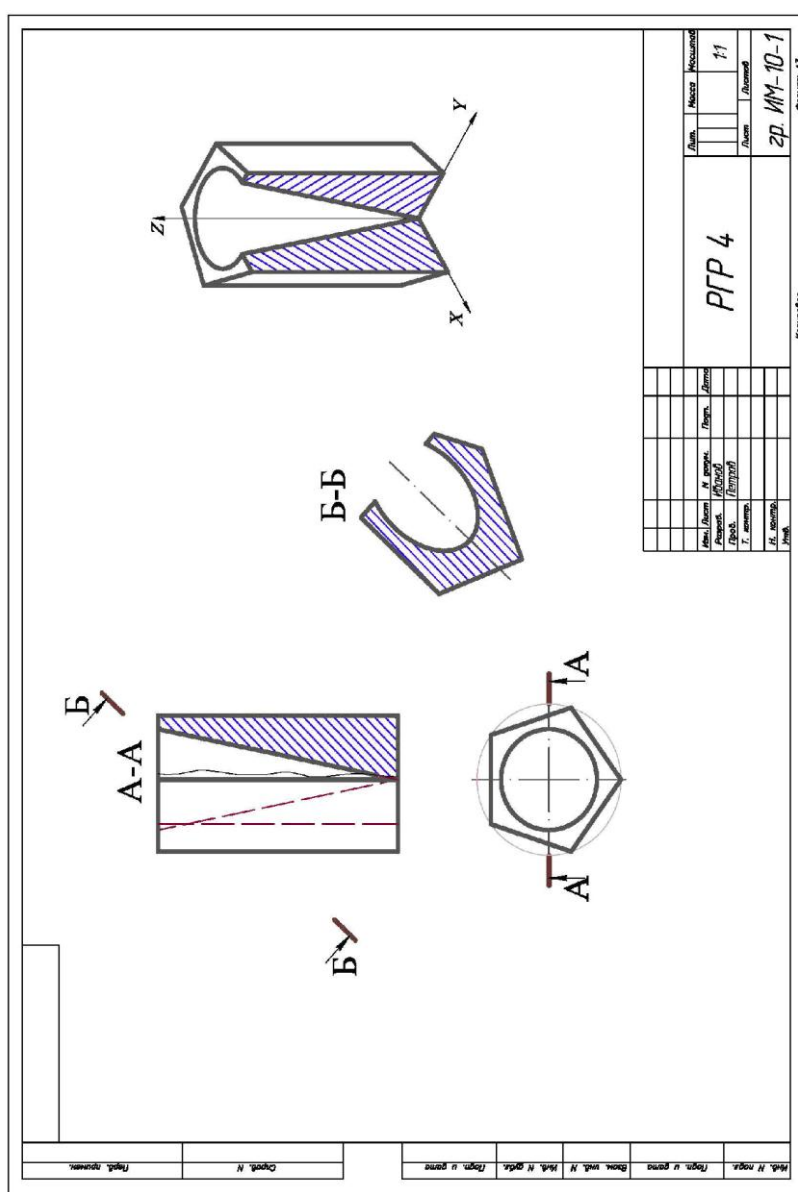


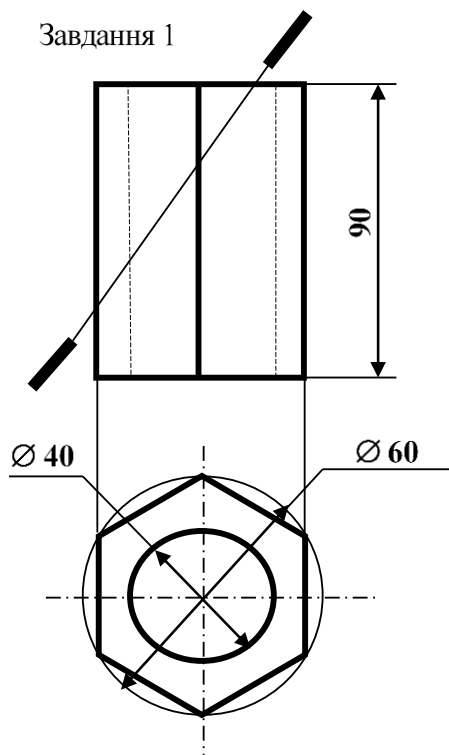
Рисунок 1.125

### 1.13 Завдання для самостійної перевірки знань

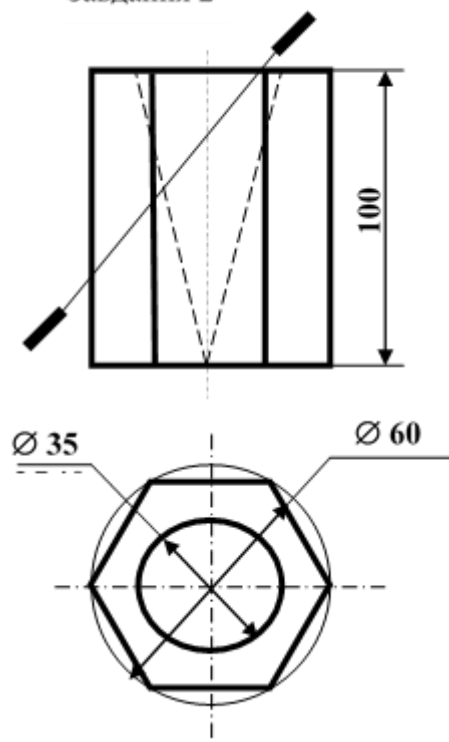
За наведеними розмірами:

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

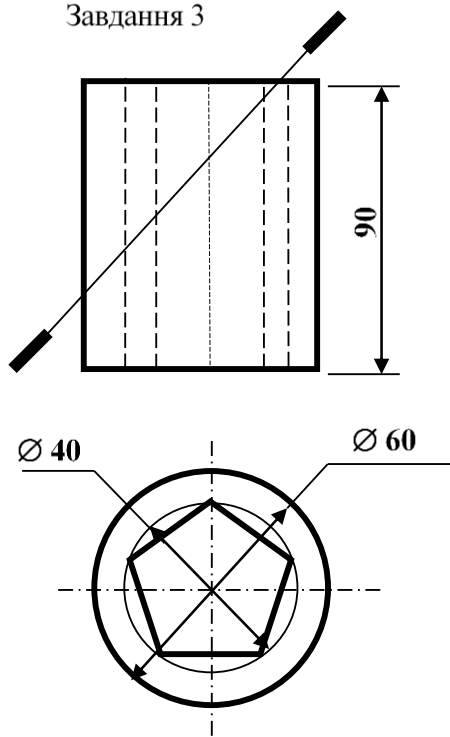
Завдання 1



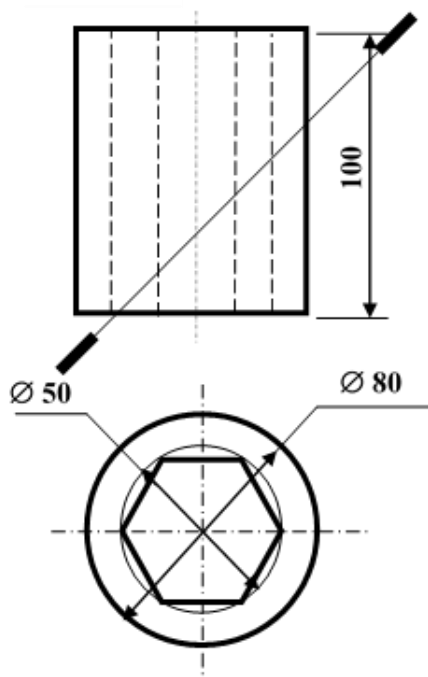
Завдання 2



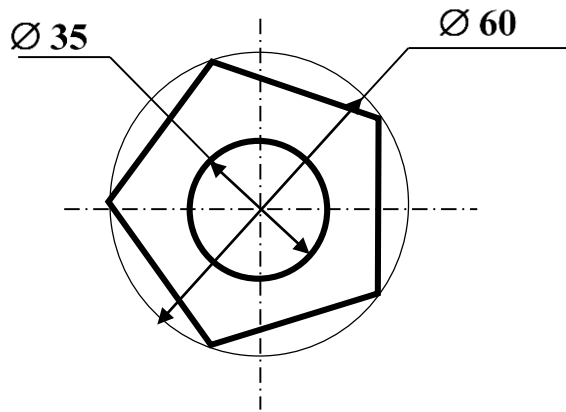
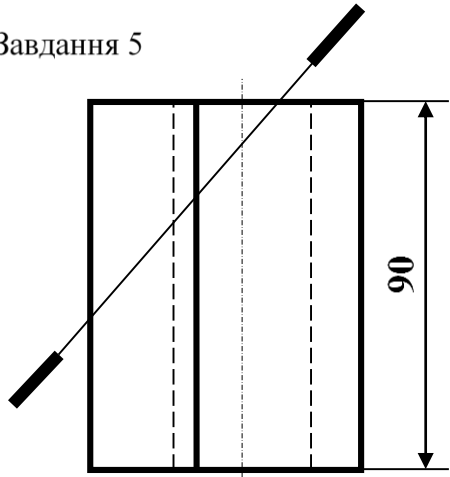
Завдання 3



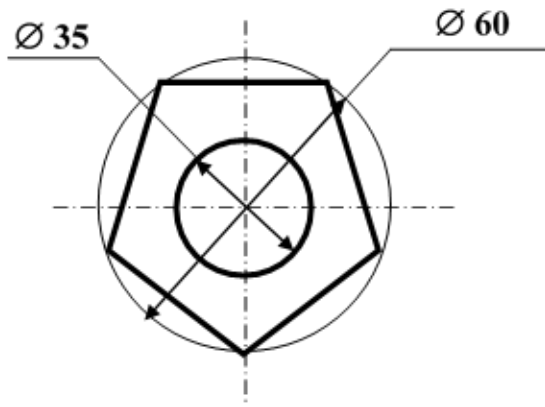
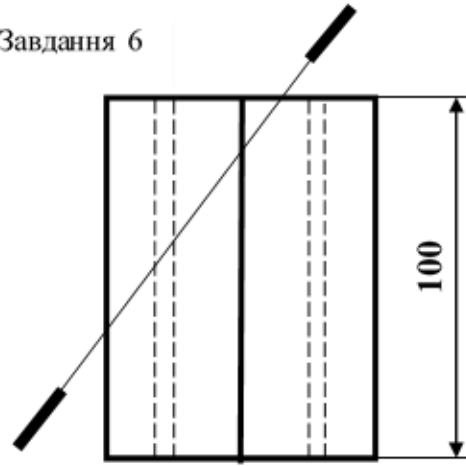
Завдання 4



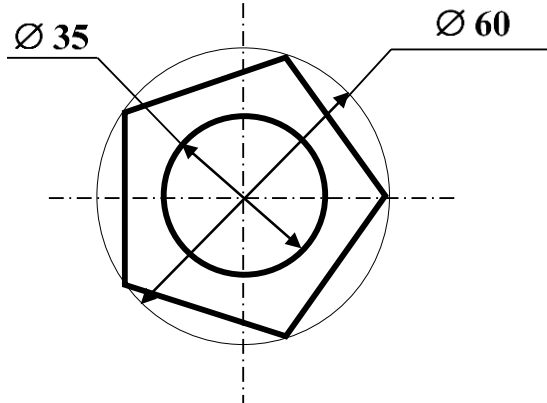
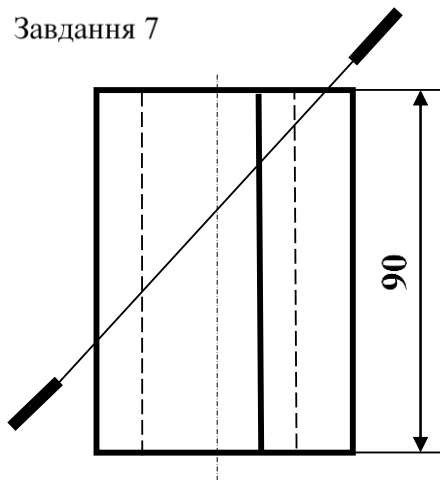
Завдання 5



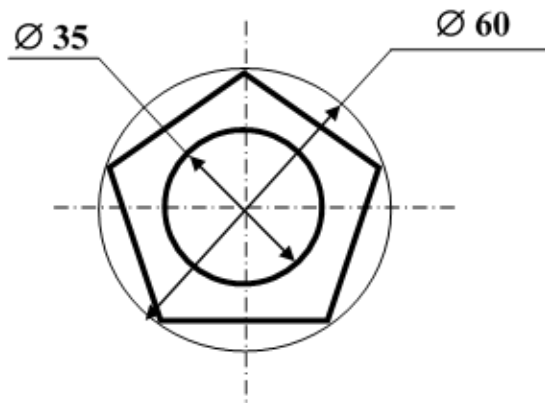
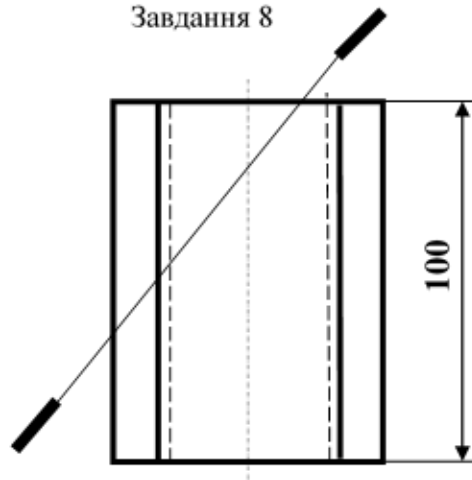
Завдання 6



Завдання 7

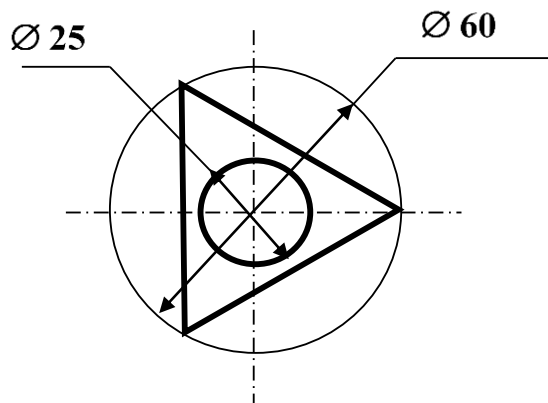
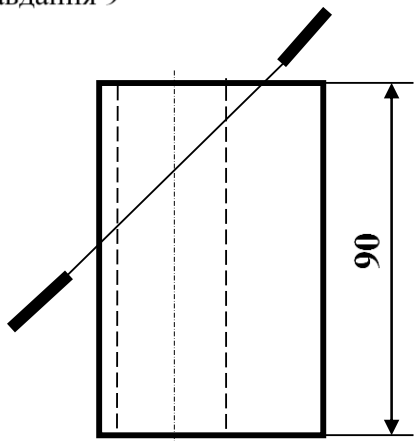


Завдання 8

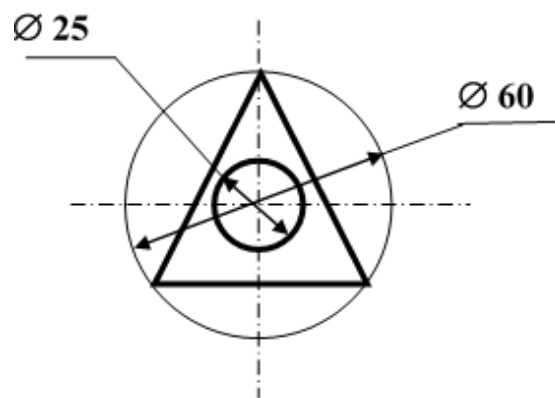
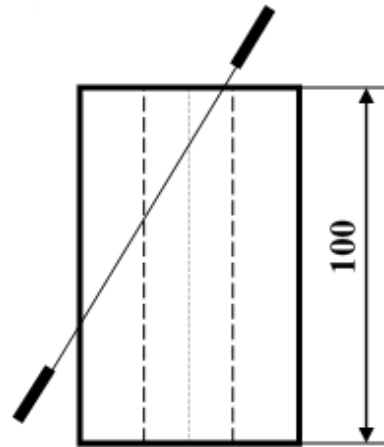




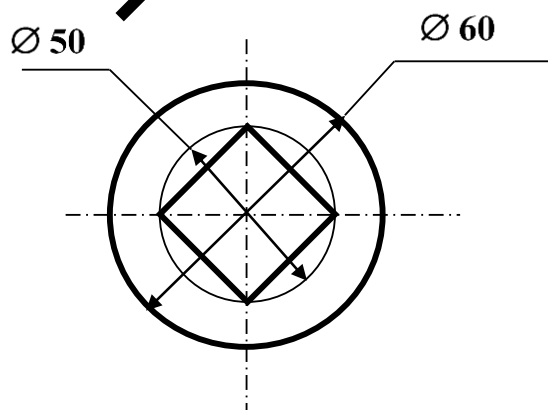
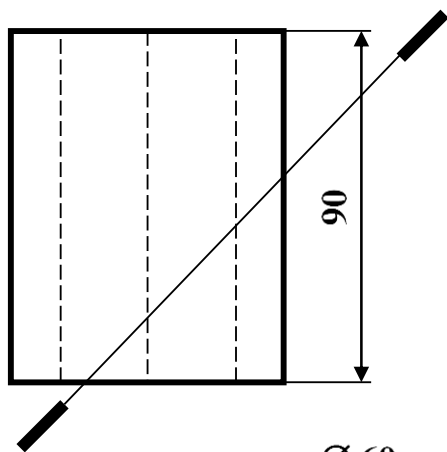
Завдання 9



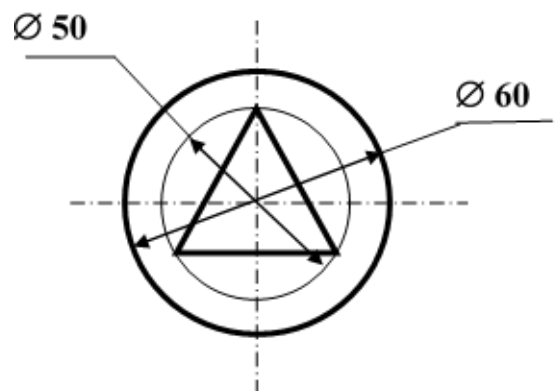
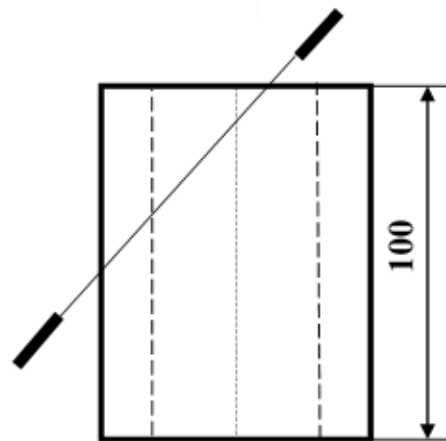
Завдання 10



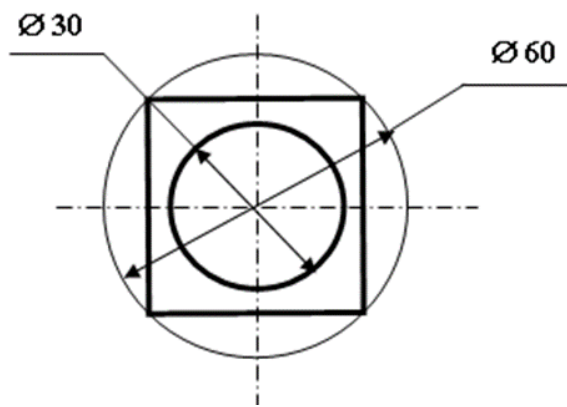
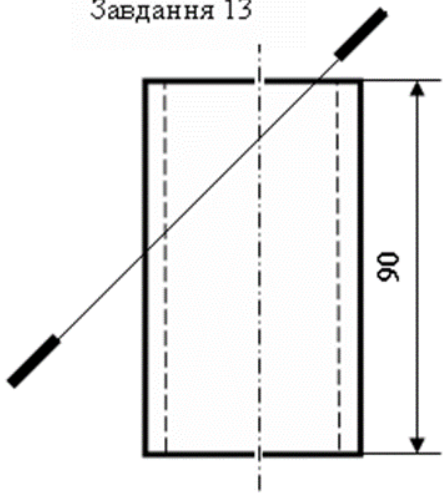
Завдання 11



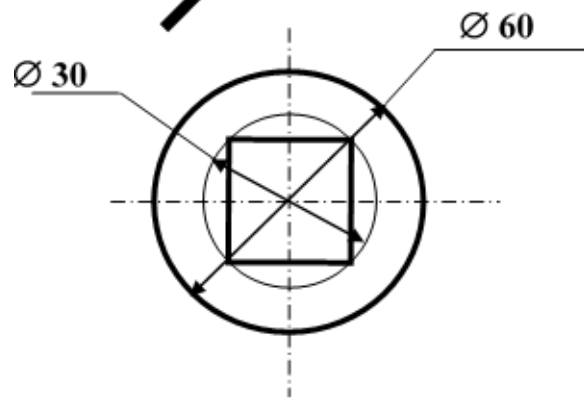
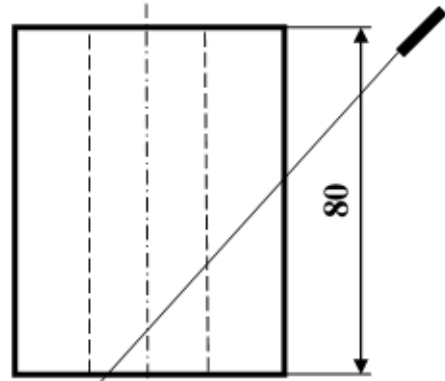
Завдання 12



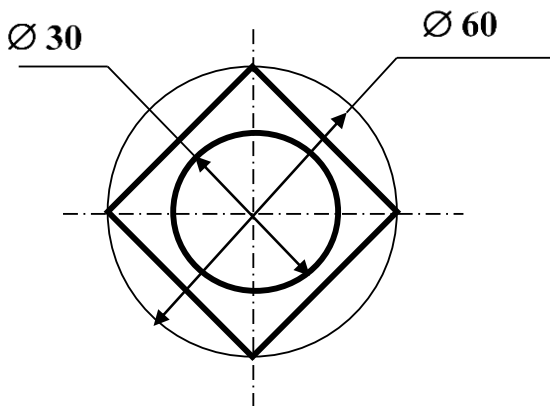
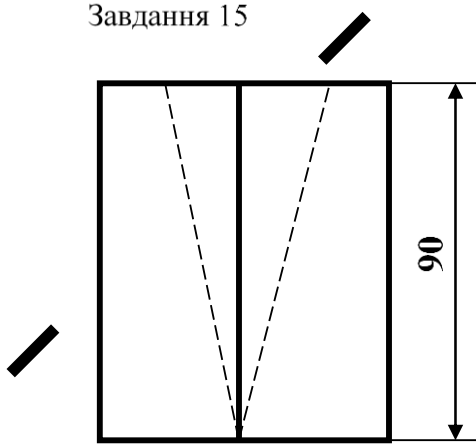
Завдання 13



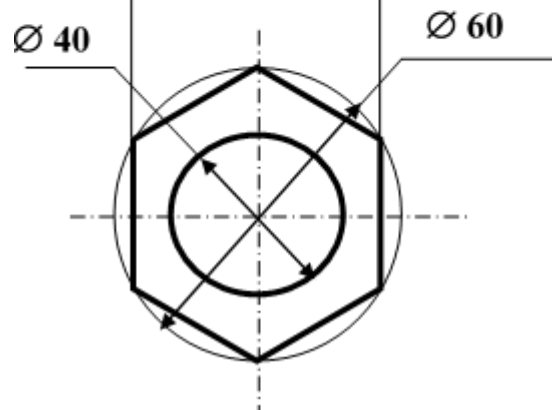
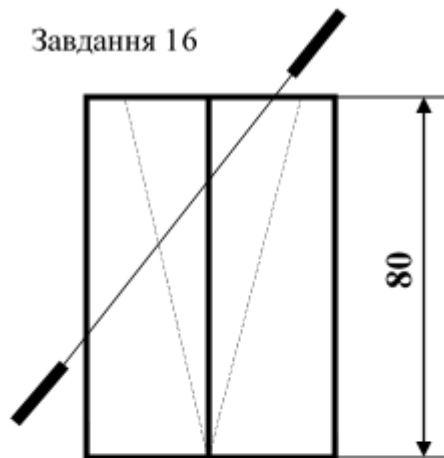
Завдання 14



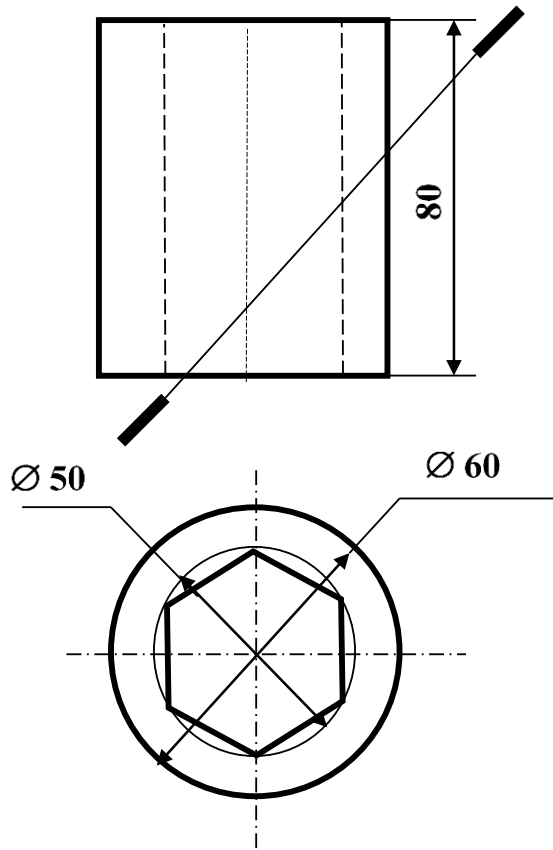
Завдання 15



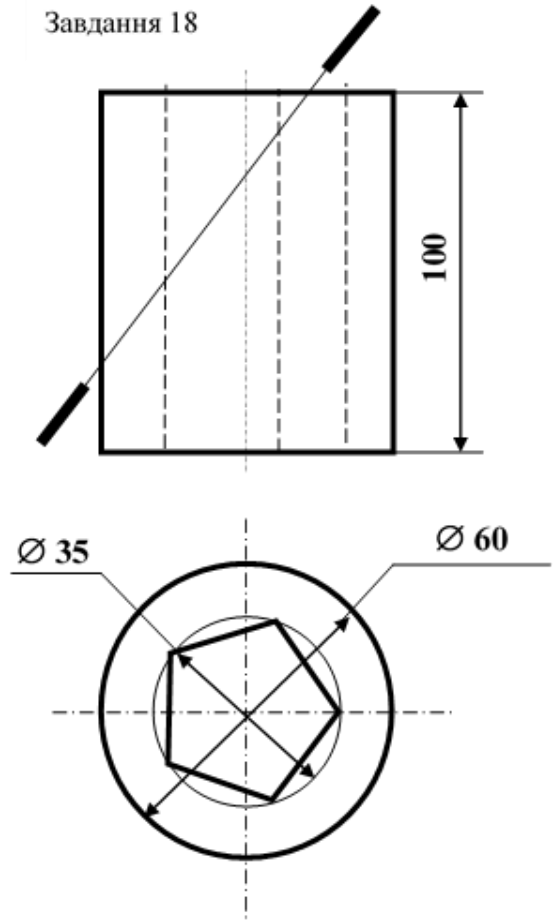
Завдання 16



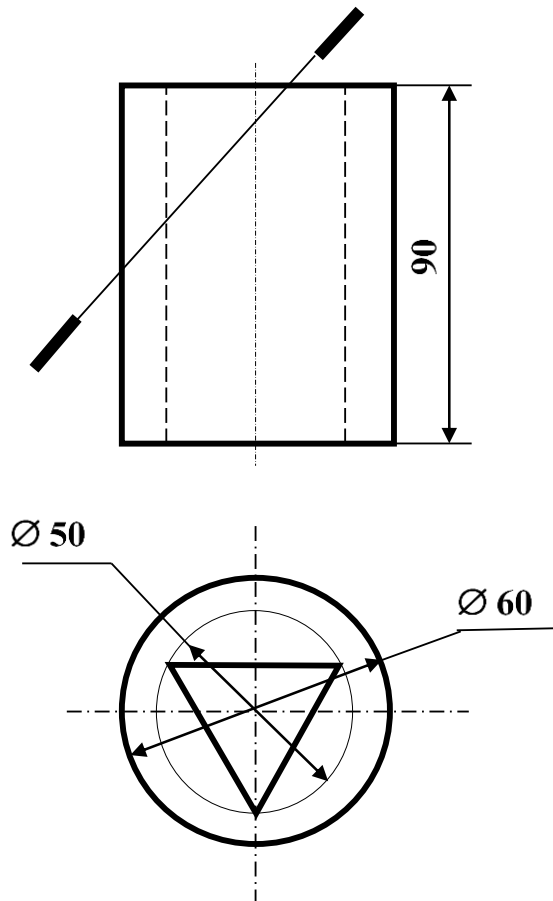
Завдання 17



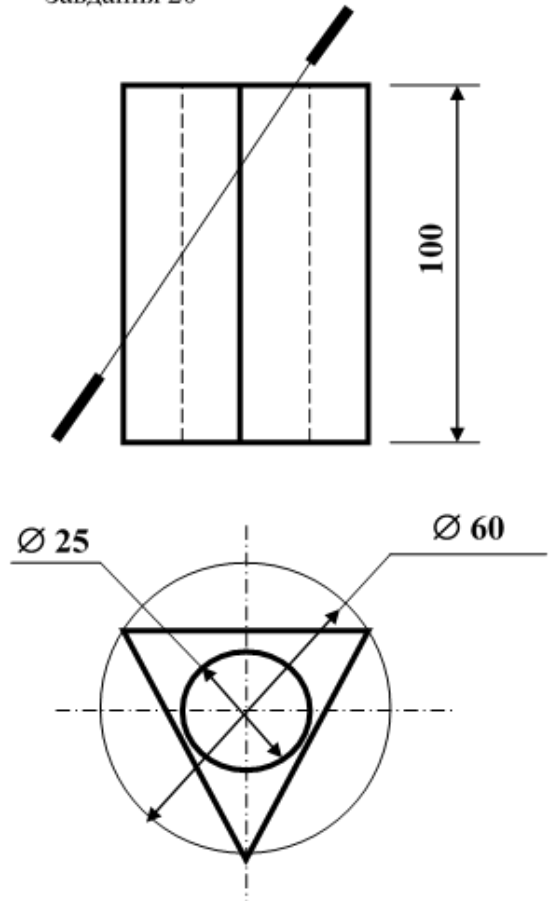
Завдання 18



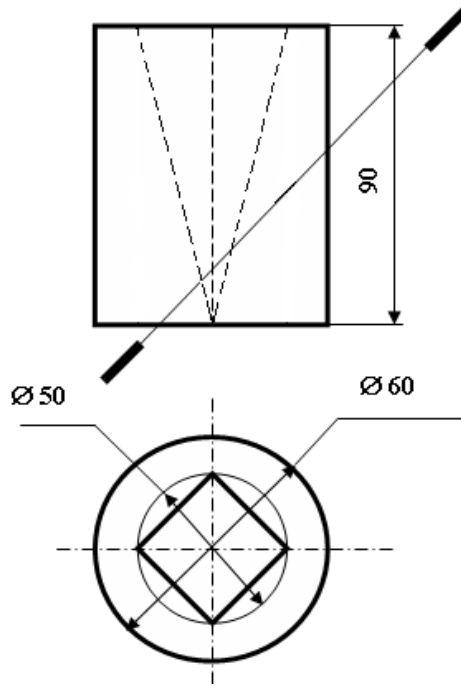
Завдання 19



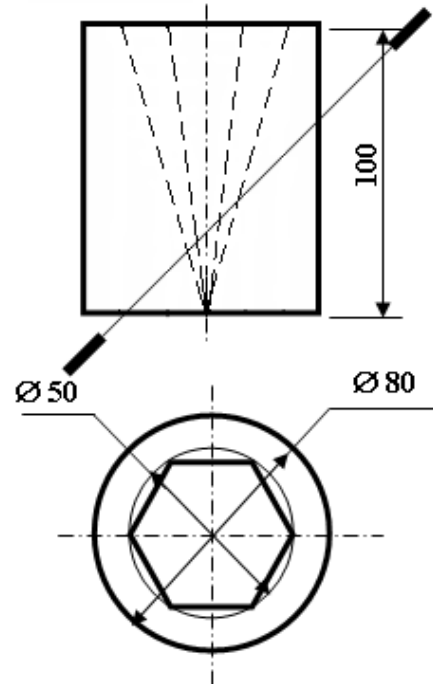
Завдання 20



Завдання 21



Завдання 22



## 2 ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

### 2.1 Загальні положення єдиної системи конструкторської документації

ДСТУ 3321:2003 та ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 встановлюють загальні положення за цільовим призначенням, області поширення, класифікації і позначення стандартів, що входять в комплекс Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

#### 2.1.1 Визначення та призначення

Єдина система конструкторської документації – комплекс державних стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила і положення по порядку розробки, оформлення та обігу конструкторської документації, що розробляється і застосовується організаціями та підприємствами. Основне призначення стандартів ЄСКД – встановлення в організаціях і на підприємствах єдиних правил виконання, оформлення та обігу конструкторської документації, які повинні забезпечувати:

- можливість взаємообміну конструкторськими документами між організаціями і підприємствами без їх переоформлення;
- стабілізацію комплектності, яка виключає дублювання і розробку не потрібних виробництву документів;
- можливість розширення уніфікації при конструкторській розробці проектів промислових виробів;
- спрощення форм конструкторських документів графічних зображень, що знижує трудомісткість проектно-конструкторських розробок промислових виробів;
- механізацію та автоматизацію обробки технічних документів і інформації, що в них міститься;
- поліпшення умов технічної підготовки виробництва;
- поліпшення умов експлуатації промислових виробів;
- оперативну підготовку документації для швидкого переналагодження діючого виробництва.

#### 2.1.2 Область поширення стандартів ЄСКД

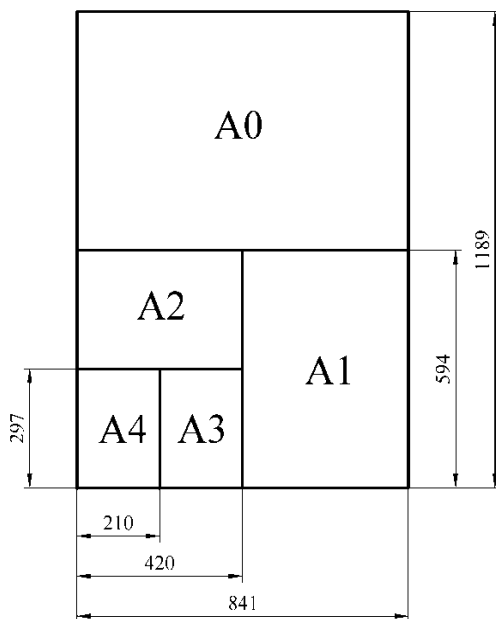
Встановлені стандартами ЄСКД правила і положення по розробці, оформленню та обігу документації поширюються:

- на всі види конструкторських документів;
- на обліково-реєстраційну документацію та документацію щодо внесення змін до конструкторських документів;
- на нормативно-технічну і технологічну документацію, а також науково-технічну та навчальну літературу в тій частині, в якій вони можуть бути застосовані і не регламентуються спеціальними стандартами і нормативами, що встановлюють правила виконання цієї документації та літератури, наприклад форматів і шрифтів для друкованих видань і т. п.

### 2.1.3 Формати

При виконанні креслень користуються форматами, встановленими ГОСТ 2.301-68. Формати листів визначаються розмірами зовнішньої рамки (виконаної тонкою лінією) оригіналів, дублікатів, копій.

Основні формати утворюються шляхом послідовного ділення на дві однакові частини паралельно до меншої сторони формату площею  $1 \text{ м}^2$  з розмірами сторін  $1189 \times 841 \text{ мм}$  (рис. 2.1). Позначення і розміри сторін основних форматів повинні відповідати зазначеним на рис. 2.1. При необхідності допускається застосовувати формат А5 з розмірами сторін  $148 \times 210 \text{ мм}$ .



НОМЕР ФОРМАТУ	РОЗМІР ФОРМАТУ
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297
A5	148 × 210

Рисунок 2.1




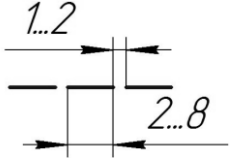
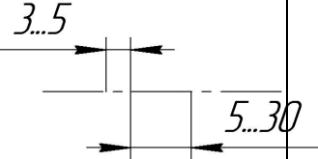
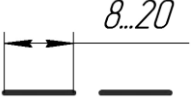

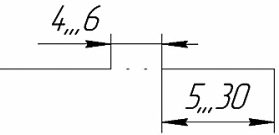
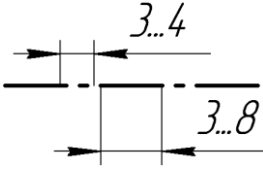
Допускається застосування додаткових форматів, утворених збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, кратну їхнім розмірам.

Граничні відхилення сторін формату до 150 мм –  $\pm 1,5 \text{ мм}$ , понад 150 до 600 –  $\pm 2 \text{ мм}$ , понад 600 –  $\pm 3 \text{ мм}$ .

### 2.1.4 Лінії креслення

Для зображення предметів на кресленнях ГОСТ 2.303-68 встановлює накреслення і основні призначення ліній (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Типи ліній, їх накреслення і призначення

Найменування	Накреслення	Товщина	Основне призначення
Суцільна товста основна		S (0,5...1,4 мм)	Лінії видимого контуру. Лінії переходу видимі. Лінії контуру перерізів
Суцільна тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії контуру накладення. Лінії розмірні та лінії штрихові. Лінії-винесення. Полиці і підкреслення. Лінії уявні. Лінії зображення суміжних деталей
Суцільна хвиляста			Лінія обриву. Лінії розмежування вигляду і розрізу
Штрихова		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії невидимі. Лінії переходу невидимі
Штрихпунктирна тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії осеві, перерізів, що є осями симетрії для накладених і виносних перерізів
Розімкнута		S...1,5 S	Лінія перерізів
Суцільна тонка зі зламом		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву
Штрихпунктирна з двома точками тонка		$\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	Лінії згину на розгортці. Лінії для зображення виробу в крайніх проміжних положеннях
Штрихпунктирна потовщена		$\frac{S}{2} \dots \frac{2}{3} S$	Позначення поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю. Зображення елементів, розташованих перед січною площиною

### **2.1.5 Масштаби**

Креслення, на яких зображення виконані в дійсну величину, дають правильне уявлення про дійсні розміри предмету.

Проте при дуже малих розмірах предмету або, навпаки, при дуже великих, його зображення доводиться збільшувати або зменшувати, тобто викреслювати в масштабі.

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення предмету до його дійсних розмірів. Масштаби встановлені ГОСТ 2.302-68 і бувають наступними:

- масштаби зменшення – 1: 2; 1: 2,5; 1: 4; 1: 5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1: 100; 1: 200; 1: 400; 1: 500; 1: 800; 1: 1000,
- натуральна величина – 1: 1,
- масштаби збільшення 2: 1; 2,5: 1; 4: 1; 5: 1; 10: 1; 20: 1; 40: 1; 50: 1; 100: 1.

На кресленнях при будь-якому масштабі вказують дійсні розміри об'єктів.

### **2.1.6 Штрихування**

На кресленні ділянки перетину уявними площинами виділяють штрихуванням. Вигляд її залежить від графічного позначення матеріалу деталі і повинен відповідати ГОСТ 2.306-68.

Метали і тверді сплави в перетинах позначають похилими паралельними лініями штрихування, проведеними під кутом  $45^{\circ}$  до лінії контуру зображення або до його осі, або до ліній рамки креслення.

Якщо лінії штрихування, проведені до ліній рамки креслення під кутом  $45^{\circ}$ , збігаються по напрямку з лініями контуру або осьовими лініями, то замість кута  $45^{\circ}$  слід брати кут  $30^{\circ}$  або  $60^{\circ}$ .

Лінії штрихування повинні наноситися з нахилом вліво або вправо, але, як правило, в одну і ту ж сторону на всіх зображеннях, що відносяться до однієї і тієї ж деталі, незалежно від кількості листів, на яких ці перетини розташовані.

Відстань між паралельними прямими лініями штрихування (частота) повинна бути, як правило, однаковою для всіх виконуваних в одному і тому ж масштабі зображень даної деталі. Вказана відстань має бути від 1 до 10 мм залежно від площі штрихування і необхідності урізноманітнення штрихування суміжних перетинів.



Вузькі і довгі ділянки перетинів (наприклад, штампованих деталей), ширина якого на кресленні від 2 до 4 мм, рекомендується штрихувати повністю тільки на кінцях і по контурах отворів, а решту площі перетину – невеликими ділянками в декількох місцях.

Вузькі ділянки перетинів, ширина яких на кресленні менш 2 мм, допускається показувати зачерненими з залишенням прошарків між суміжними перетинами не менше 0,8 мм.

Для суміжних перерізів двох деталей слід брати нахил ліній штрихування для одного перетину вправо, для другого – вліво (зустрічне штрихування).

При штрихуванні «в клітку» для суміжних перетинів двох деталей відстань між лініями штрихування в кожному перетині має бути різною.

У суміжних перетинах із штрихуванням однакового нахилу і напрямку слід змінювати відстань між лініями штрихування або зрушувати ці лінії в одному перерізі по відношенню до другого, не змінюючи кута їх нахилу.

Приклади графічного позначення матеріалів з урахуванням виду матеріалу наведені на рис. 2.2. Штрихування виконують суцільною тонкою лінією товщиною  $S/3 \dots S/2$ .

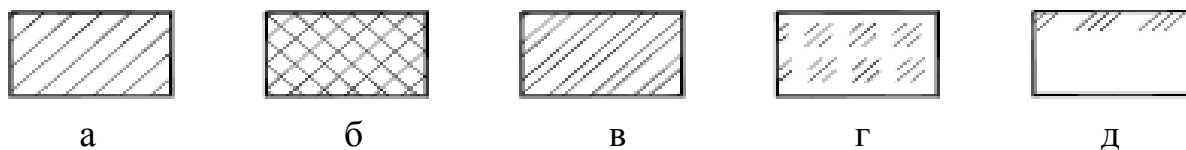


Рисунок 2.2

- а – метали та тверді сплави,
- б – неметалічні матеріали, за виключенням таких, що мають особисте позначення, наприклад, такі як
- в – кераміка,
- г – скло та інші світло прозорі матеріали,
- д – ґрунт.

### 2.1.7 Оформлення креслення

При виконанні креслень користуються форматами, встановленими ГОСТ 2.301-68.

На аркуші викреслюється рамка як показано на рисунку 2.3.

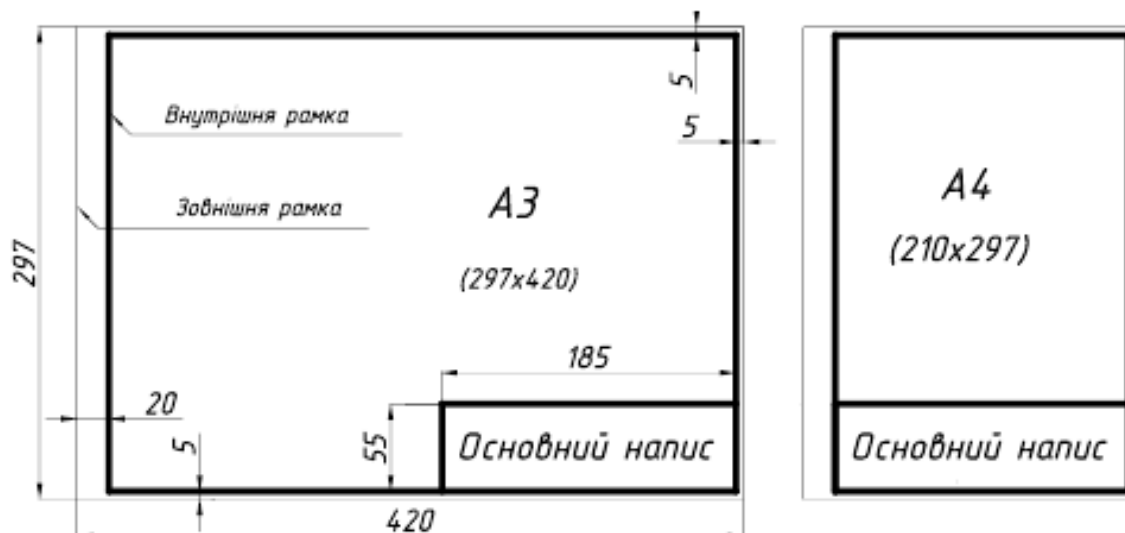


Рисунок 2.3

Основний напис для креслень і схем має вигляд, показаний на рис. 2.4, для текстових документів – на рис. 2.5 та 2.6.



Рисунок 2.4

У графах основного напису вказують:

- у графі 1 – назву виробу, починаючи з іменника згідно з вимогами ГОСТ 2.106-96;
- у графі 2 – позначення документа відповідно до ГОСТ 2.202-80;
- у графі 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише на кресленнях деталі);
- у графі 4 – літеру, яка присвоєна цьому документу (на вище названих кресленнях – «Н»);
- у графі 5 – масу виробу відповідно до ГОСТ 2.109-73; на навчальних кресленнях графу не заповнюють;
- у графі 6 – масштаб згідно ГОСТ 2.302-68;

- у графі 7 – порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- у графі 8 – загальну кількість аркушів (графу заповнюють лише на першому аркуші);
- у графі 9 – назву начального закладу, факультету та номер групи;
- у графі 10 – розробив, переварив, т. контроль, н. контроль та затвердив;
- у графах 11, 12, 13 – прізвища осіб, їх підписи та дату, коли документ підписаний;
- графи 14 – 18 на навчальних кресленнях не заповнюють.

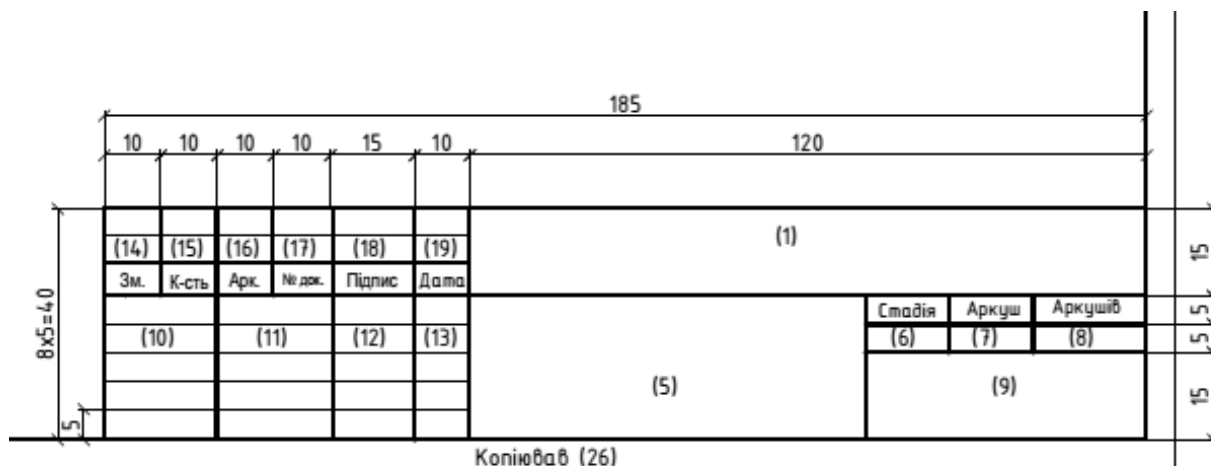


Рисунок 2.5 – Основний напис для текстових конструкторських документів (перша сторінка).

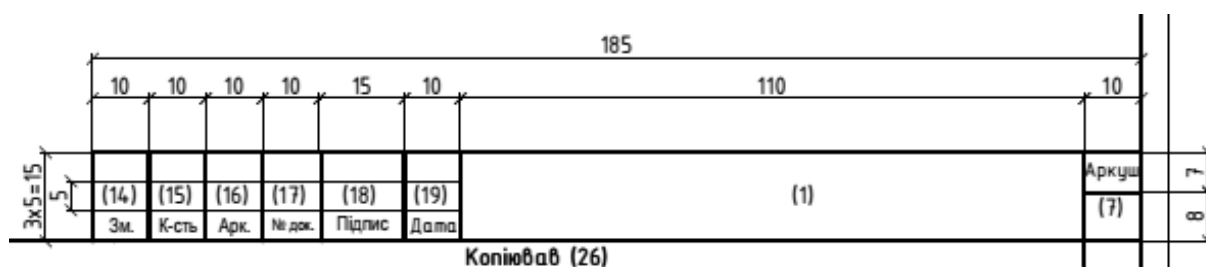


Рисунок 2.6 – Основний напис для текстових конструкторських документів (наступні сторінки).

## 2.2 Геометричні побудови

### 2.2.1 Сполучення

Сполучення – плавний перехід однієї лінії в другу, що виконується за допомогою додаткової лінії, найчастіше кола. Додаткове коло при цьому задається, як правило, радіусом, а центр та кінцеві точки дуги визначають побудовою.

#### 2.2.1.1 Побудова прямої, дотичної до кола

Пряма, дотична до кола, складає кут  $90^\circ$  з радіусом, проведеним в точку дотику. Таким чином, для побудови прямої, що торкається окружності в заданій точці  $K$ , треба провести шукану пряму перпендикулярно до радіуса  $OK$  (рис. 2.7). Для проведення дотичної до кола паралельно даній прямій  $MN$  треба з центру  $O$  опустити перпендикуляр  $OD$  на пряму  $MN$ , перетин його з колом визначить точку дотику  $K$ .

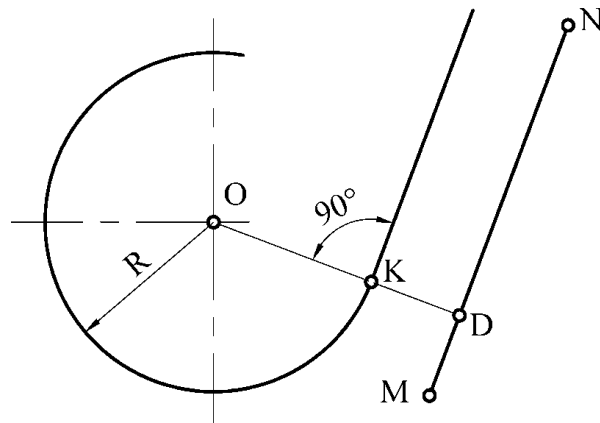


Рисунок 2.7

#### 2.2.1.2 Проведення кола, дотичного до заданої прямої

Геометричним місцем центрів кіл, дотичних до даної прямої, є пряма, паралельна даній прямій і віддалена від неї на величину радіуса кола. Будь-яка точка цієї прямої може розглядатися як шуканий центр дотичного кола. Для знаходження точки дотику досить з наміченого центру опустити перпендикуляр на пряму (рис. 2.8).

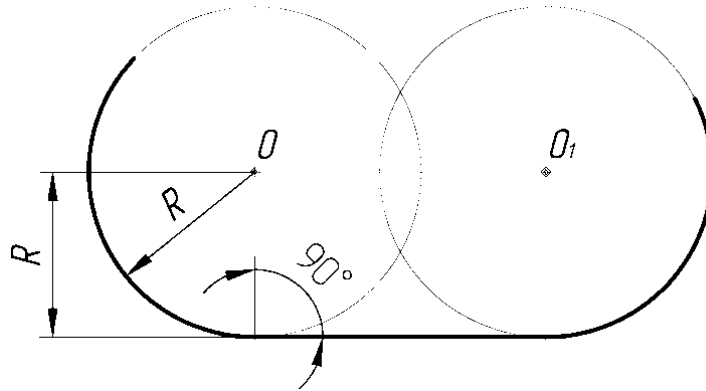


Рисунок 2.8

### 2.2.1.3 Дотик двох кіл

При зовнішньому торканні кіл відстань між їх центрами дорівнює сумі радіусів кіл і точка дотику лежить на прямій, що з'єднує їх центри. Якщо радіуси кіл  $R$ ,  $R_1$  і центри  $O$  і  $O_1$ , то  $OO_1 = R + R_1$ , (рис. 2.9).

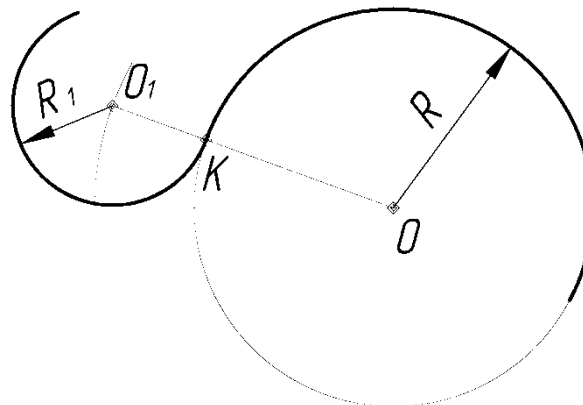


Рисунок 2.9

Якщо дана окружність радіуса  $R_1$  з центром  $O$  і до неї потрібно провести дотичну окружність радіусом  $R_1$ , то з центру  $O$  даної окружності проводять дугу допоміжної окружності радіусом  $R + R_1$ . Будь-яка точка цієї дуги може бути прийнята за центр шуканого кола радіуса  $R_1$ . Якщо точка дотику  $K$  задана, то, провівши пряму  $OK$  до перетину з дугою допоміжної окружності, знаходять центр шуканої окружності  $O_1$ .

При внутрішньому торканні кіл відстань між їх центрами  $OO_1$  дорівнює різниці їх радіусів,  $OO_1 = R - R_1$  (рис. 2.10). В цьому випадку допоміжна окружність проводиться радіусом  $R - R_1$ ; точка дотику кіл  $K$  лежатиме на продовженні прямої  $OO_1$ .

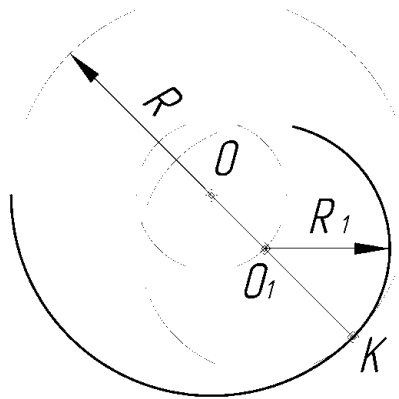


Рисунок 2.10

#### 2.2.1.4 Сполучення прямих, що перетинаються, дугою кола заданого радіуса

Побудова зводиться до проведення кола, що торкається обох даних прямих (рис. 2.1). Для знаходження центру цього кола проводять допоміжні прямі, паралельні даним, на відстані, що дорівнює радіусу  $R$ ; точка перетину цих прямих і буде центром  $O$  дуги сполучення. Перпендикуляри, опущені з центру  $O$  на ці прямі, визначають точки дотику  $K$  і  $K_1$  (рис. 2.11, а, б).

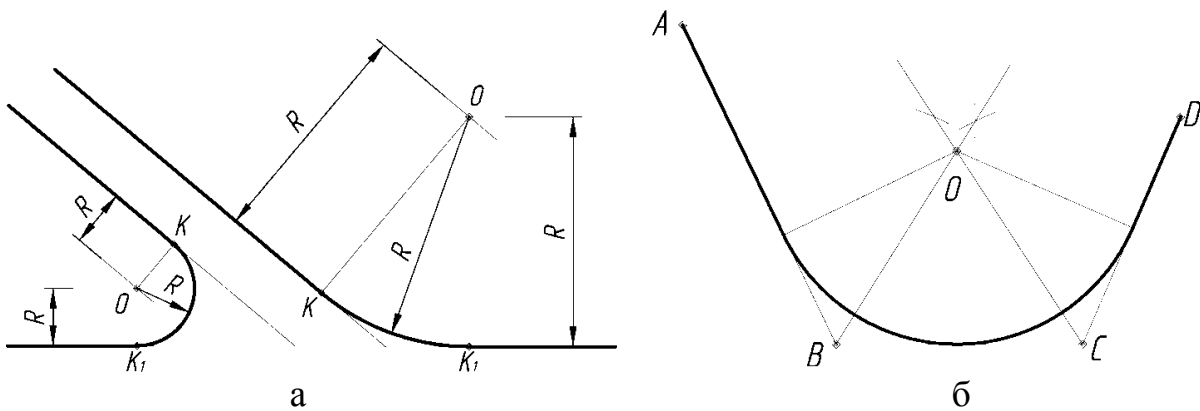


Рисунок 2.11

Цими точками і обмежується дуга сполучення. Якщо одна з точок дотику, наприклад  $K$ , є заданою, а радіус закруглення не вказаний, то шуканий центр  $O$  знаходиться на перетині перпендикуляра, проведеного з точки  $K$ , і бісектриси кута, що утворюється даними прямими.

Якщо необхідно провести коло так, щоб вона торкалася трьох цих прямих  $AB$ ,  $BC$  і  $CD$ , то в цьому випадку радіус не може бути заданий наперед. Центр  $O$  шуканого кола знаходиться в точці перетину бісектрис кутів  $B$  і  $C$ . Радіусом її є перпендикуляр, опущений на будь-яку з трьох даних прямих (рис. 2.11, б).

### 2.2.1.5 Сполучення кола і прямої дугою заданого радіуса

При зовнішньому торканні (рис. 2.12) з центру  $O$  цього кола радіусом  $R$  проводиться дуга допоміжного кола радіусом  $R + R_1$ , а на відстані  $R$  – пряма, паралельна заданій. Точка перетину проведеної прямої і дуги допоміжного кола визначає положення центру дуги сполучення  $O_1$ . Сполучаючи знайдений центр  $O_1$  з центром  $O$  заданого кола і опускаючи з  $O_1$  перпендикуляр на пряму, знаходять точки дотику  $K$  і  $K_1$ , між якими утворюється дуга сполучення. У разі внутрішнього торкання дуга допоміжного кола проводиться радіусом  $R - R_1$  (рис. 2.13).

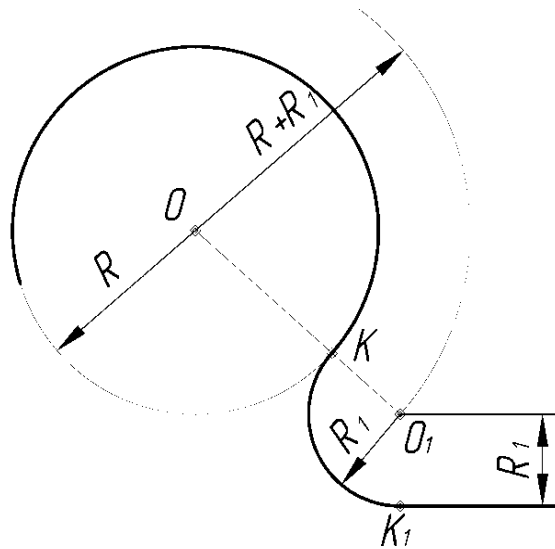


Рисунок 2.12

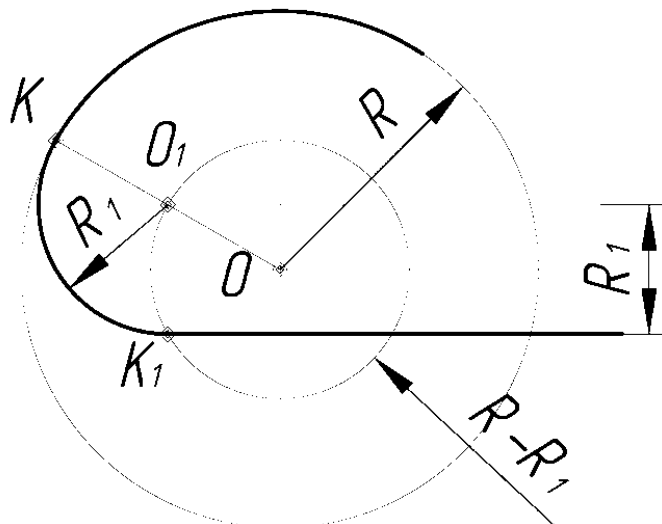


Рисунок 2.13

### 2.2.1.6 Сполучення двох кіл дугою заданого радіуса

При зовнішньому торканні (рис. 2.14) з центру  $O_1$  кола радіусом  $R_1$  описується дуга допоміжного кола радіусом  $R_1 + R_3$  і з центру  $O_2$  кола радіусом  $R_2 + R_3$  – дуга радіусом  $R_2 + R_3$ . Точка  $O_3$  перетину цих дуг є центром шуканої дуги кола радіусом  $R_3$ . Сполучаючи центри  $O_3$  і  $O_1$ , а також  $O_3$  і  $O_2$ , визначають точки дотику  $K_1$  і  $K_2$ .

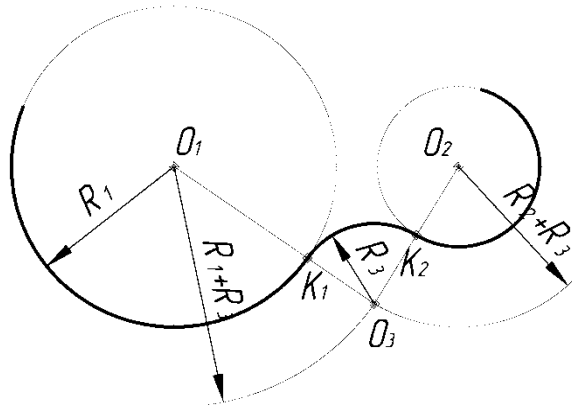


Рисунок 2.14

При внутрішньому торканні (рис. 2.15, а) допоміжні дуги проводяться радіусами  $R_3 - R_1$ , і  $R_3 - R_2$ .

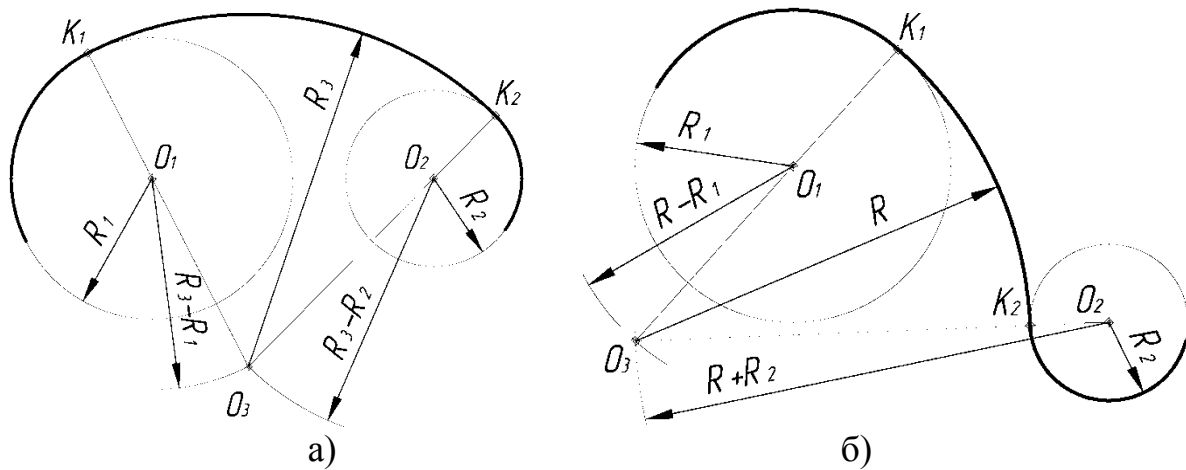


Рисунок 2.15

Дані кола радіусами  $R_1$  і  $R_2$  з центрами  $O_1$  і  $O_2$  (рис. 2.15, б). Необхідно провести коло цього радіусу  $R$  так, щоб вона мала з одним з цих кіл внутрішнє торкання, а з іншої – зовнішнє. Центр шуканої дуги знаходиться в точці перетину двох дуг, описаних з центру  $O_1$  радіусом  $R - R_1$  з центру  $O_2$  – радіусом  $R + R_2$  до точки дотику  $K_1$ .



### 2.2.1.7 Проведення дотичної до кола через задану точку, що лежить поза колом

Задану точку  $A$  сполучають з центром кола  $O$  і з точки  $A$  через центр  $O$  обкреслюють допоміжне коло. В точках перетину допоміжного і даного кіл отримують точки дотику  $K$  і  $K_1$ ; точку  $A$  з'єднаймо з цими точками (рис. 2.16).

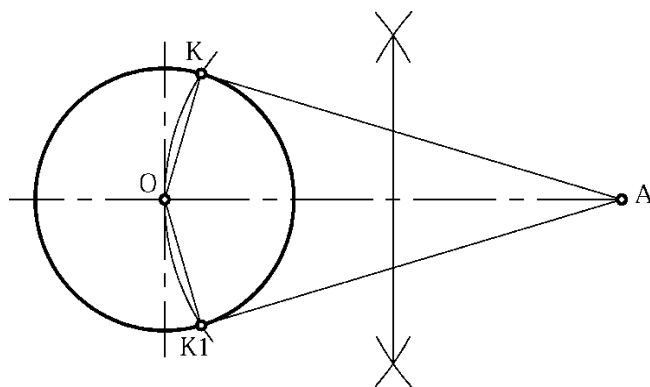


Рисунок 2.16

### 2.2.1.8 Побудова дотичної до двох кіл заданих радіусів

З середньої точки прямої  $OO_1$  через центр  $O_1$  будується допоміжне коло. З центру великого кола радіусу  $R$  проводиться друге допоміжне коло радіусом  $R - R_1$ . Точка перетину цих кіл  $B$  визначає напрям радіусу  $O_1K_1$ , що йде в точку дотику. Для отримання точки дотику  $K_2$  на другому колі досить провести з центру  $O_1$  радіус  $O_1K_1$  паралельно радіусу  $OK$ , залишається з'єднати знайдені точки дотику прямою лінією (рис.2.17).

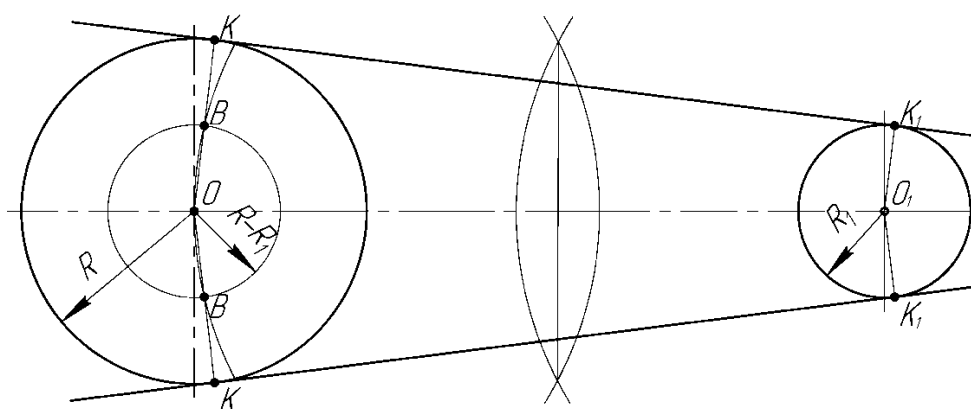


Рисунок 2.17

Дотичні до цих кіл можна провести і так, як показано на рис. 2.18. В цьому випадку з центру великого кола проводять допоміжне коло радіусом рівним сумі радіусів цих кіл, т. е.  $R + R_1$ .

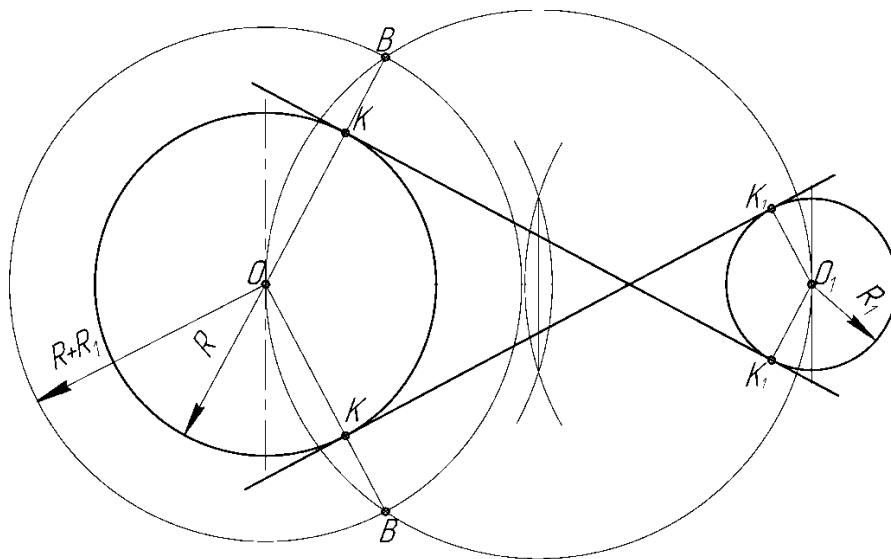


Рисунок 2.18

### 2.2.1.9 Побудова кола, що проходить через точку і торкається кола в заданій точці

Через середину прямої АВ проводять перпендикуляр, в точці перетину якого з лінією ОВ отримують центр О шуканого кола; радіус його дорівнює  $O_1B$  або  $O_1A$  (рис. 2.19 и 2.20).

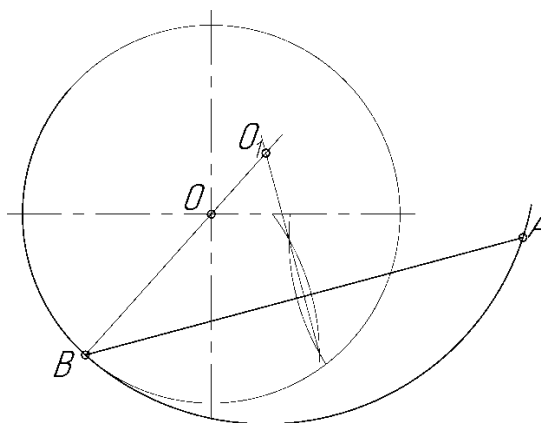


Рисунок 2.19

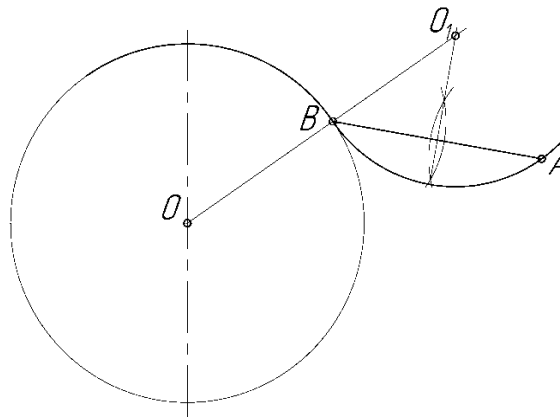


Рисунок 2.20

2.2.1.10 Сполучення кола і прямої за умови, що дуга сполучення повинна проходити через точку на прямій

З цієї точки А (рис. 2.21) на прямій LM відновлюється перпендикуляр до прямої LM; на його продовженні відкладається відрізок АВ, рівний радіусу R кола ( $AB = R$ ).

Отримана таким чином точка В з'єднується з центром O. З точки А проводиться пряма АК, паралельна лінії BO; перетин її з колом визначить точку дотику К шуканої дуги сполучення з колом. Залишається продовжити відрізки ОК і АВ до їх перетину, щоб знайти центр  $O_1$  дуги сполучення, а отже, і її радіус. Якщо перетин прямої ОК і АВ виходить під дуже гострим кутом, то центр  $O_1$  можна знайти перетином будь-якої з них з перпендикуляром, проведеним через середину лінії OB (оскільки трикутник  $OBO_1$  – рівнобедрений).

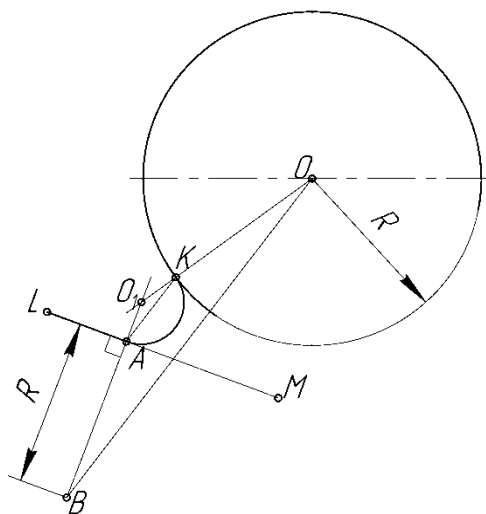


Рисунок 2.21

2.2.1.11 Сполучення кола і прямої за умови, що дуга сполучення повинна проходити через задану точку на колі

Через точку  $A$  на колі проводиться до останньої дотична  $AB$ ; кут, що утворюється цією дотичною і прямою  $LM$ , ділиться навпіл. Перетин бісектриси кута  $ABM$  з продовженням радіуса  $OA$  визначає центр  $O_1$  і радіус  $O_1A$  шуканої дуги сполучення. Точкою сполучення є точка  $K$  (рис. 2.22, 2.23).

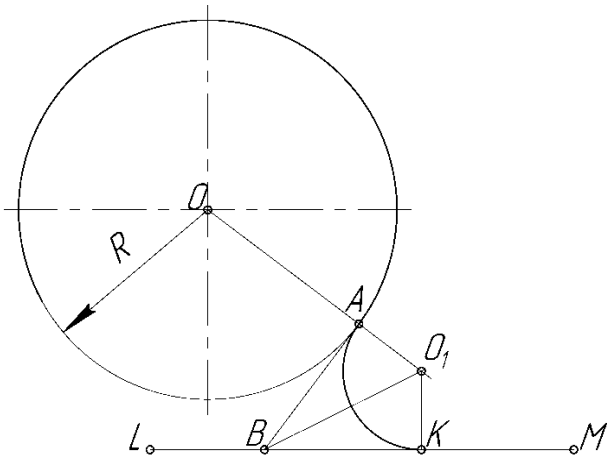


Рисунок 2.22

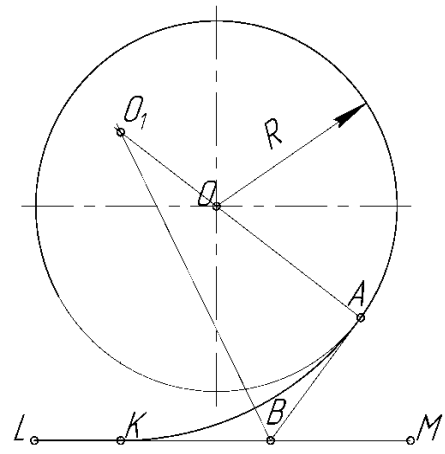


Рисунок 2.23

2.2.1.12 Сполучення двох неконцентричних дуг кіл дугою заданого радіуса

Задано дві дуги, описані з центрів  $O$  і  $O_1$  радіусами  $R$  і  $R_1$ . Для сполучення їх дугою заданого радіуса  $R_2$  проводять з тих же центрів дві допоміжні дуги радіусами  $R_1 - R_2$  і  $R + R_2$ . Перетин цих дуг визначає шуканий центр  $O$ . Точки дотику  $K$  і  $K_1$  знаходяться на лініях центрів  $OO_2$  і  $O_1O_2$  (рис. 2.24).

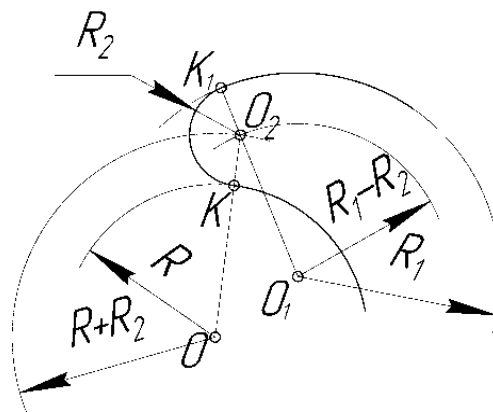


Рисунок 2.24

### 2.2.1.13 Побудова лекальної кривої підбором дуг

Будь-яка лекальна крива може бути викреслена циркулем шляхом підбору центрів, з яких описуються дуги, співпадаючі з окремими ділянками кривої. Для того, щоб описувані дуги плавно переходили одна в одну, необхідно, щоб точки їх сполучення (торкання) лежали на прямих, що з'єднують центри. Побудову ведуть в наступному порядку: підбравши центр 1 для якої-небудь ділянки кривої  $ab$ , підбирають центр 2 для наступної ділянки  $bc$  на продовженні радіусу, що проходить через точки  $b$  і 1; для ділянки  $cd$  підбирають центр 3 на продовженні радіусу, що проходить через точки  $c$  і 2, і т. д. Таким чином можна обвести усю криву, не міняючи лекала (рис. 2.25).

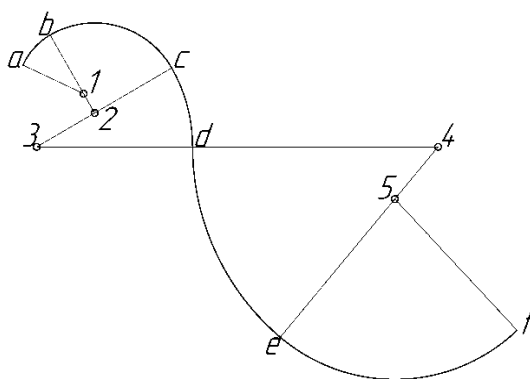


Рисунок 2.25

### 2.2.1.14 Сполучення двох паралельних прямих двома дугами

Задані на прямих точки  $A$  і  $B$  з'єднуються відрізком  $AB$ , на якому відмічають довільну точку  $M$ . В середині відрізків  $AM$  і  $BM$  проводять до них перпендикуляри; у точках  $A$  і  $B$  також відновлюють перпендикуляри до цих прямих. На перетині відповідних перпендикулярів знаходяться центри  $O_1$  і  $O_2$ . Радіуси закруглення:  $R_1 = O_1A$ ;  $R_2 = O_2B$ . Торкання дуг відбувається в точці  $M$ , що знаходиться на лінії центрів  $O_1O_2$ . Якщо точку  $M$  вибрати на середині лінії  $AB$ , то  $R_1 = R_2$  (рис. 2.26).

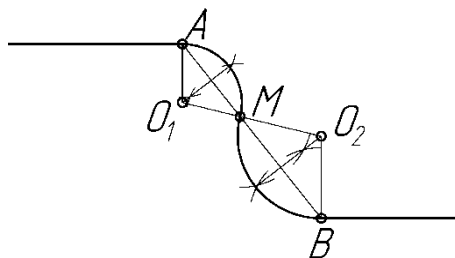


Рисунок 2.26

## 2.2.2 Поділ кола на рівні частини і побудова правильних вписаних багатокутників

### 2.2.2.1 Поділ кола на чотири рівні частини і побудова правильного вписаного чотирикутника

Поділ кола на чотири рівні частини і побудова правильного вписаного чотирикутника можна виконати циркулем і лінійкою. Дві взаємно перпендикулярні центрові лінії поділяють коло на чотири рівні частини (рис.2.27). З'єднавши точки перетину цих ліній з колом прямими, отримують правильний вписаний чотирикутник.

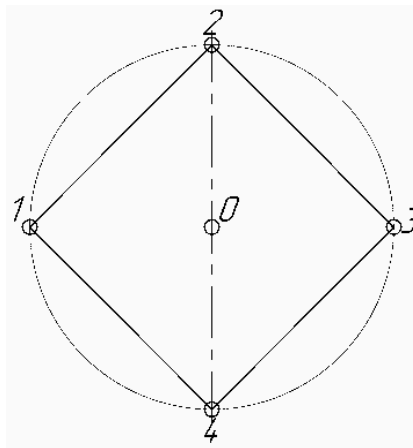


Рисунок 2.27

### 2.2.2.2 Поділ кола на вісім рівних частин і побудова правильного вписаного восьмикутника

Дві взаємно перпендикулярні лінії, проведені під кутом  $45^\circ$  до центрових ліній за допомогою косинця з кутами  $45, 45$  і  $90^\circ$  (рис. 2.28), разом з центровими лініями розподіляють коло на вісім рівних частин.

Ділення кола на вісім рівних частин можна виконати циркулем. Для цього з точок 1 і 3 (точки перетину центрових ліній з колом) довільним радіусом роблять зарубки до взаємного перетину, тим же радіусом роблять дві зарубки з точок 3 і 5 (рис. 2.28). Через точки перетину зарубок і центр кола проводять прямі лінії до перетину з колом в точках 2, 4, 6, 8.

Якщо отримані вісім точок з'єднати послідовно прямими лініями, то вийде правильний вписаний восьмикутник (рис. 2.28).

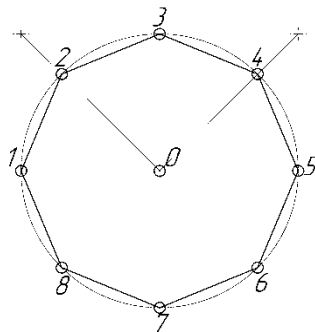


Рисунок 2.28

### 2.2.2.3 Поділ кола на три рівні частини і побудова правильного вписаного трикутника

Поділ кола на три рівні частини і побудова правильного вписаного трикутника виконують за допомогою циркуля.

При поділі кола циркулем на три рівні частини з будь-якої точки кола, наприклад з точки А перетину центрових ліній з колом (рис. 2.29, а), проводять дугу радіусом  $R$ , рівним радіусу цього кола, отримують точки 1 і 2. Третя точка поділу (точка 3) знаходиться на протилежному кінці діаметру, що проходить через точку А. Послідовно з'єднавши точки 1, 2 і 3, отримують правильний вписаний трикутник. При побудові правильного вписаного трикутника, якщо задана одна з його вершин, наприклад точка 1, знаходять точку А. Для цього через задану точку 1 проводять діаметр (рис. 2.29, б, в). Точка А знаходиться на протилежному кінці цього діаметру. Потім проводять дугу радіусом  $R$ , рівним радіусу цього кола, отримують точки 2 і 3. При поділі кола на три рівні частини за допомогою косинця і рейсшини через точку 1 під кутом  $60^\circ$  проводять дві прямі лінії до перетину з колом в точках 2 і 3 (рис. 2.29, а, б), точки 2 і 3 сполучають і отримують правильний вписаний трикутник (рис. 2.29 в).

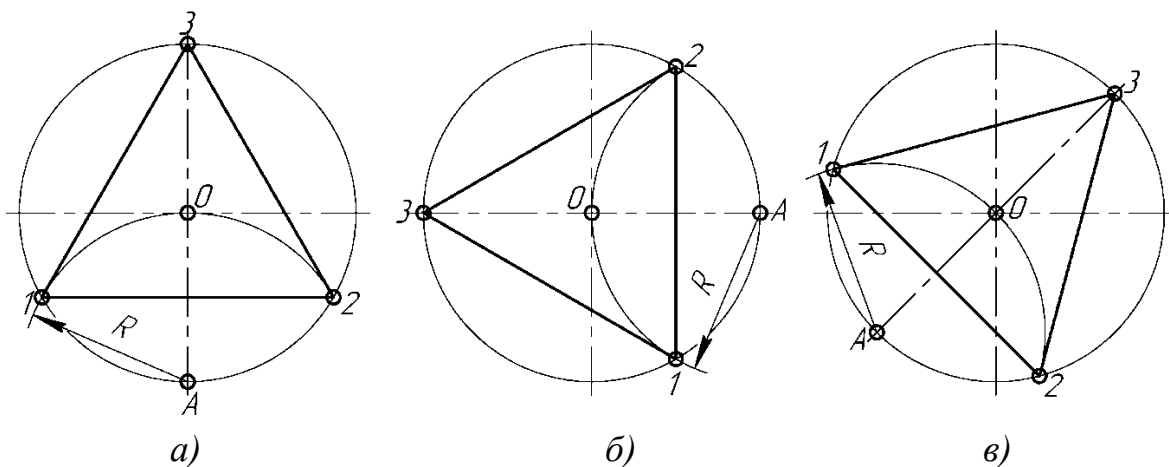


Рисунок 2.29

2.2.2.4 Поділ кола на шість рівних частин і побудова правильного вписаного шестикутника

Поділ кола на шість рівних частин і побудову правильного вписаного шестикутника виконують за допомогою косинця з кутами  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  і  $90^\circ$  і (чи) циркуля. При поділі кола на шість рівних частин циркулем з двох кінців одного діаметру радіусом, рівним радіусу цього кола, проводять дуги до перетину з колом в точках 2, 6 і 3, 5 (рис. 2.30). Послідовно з'єднавши отримані точки, отримують правильний вписаний шестикутник.

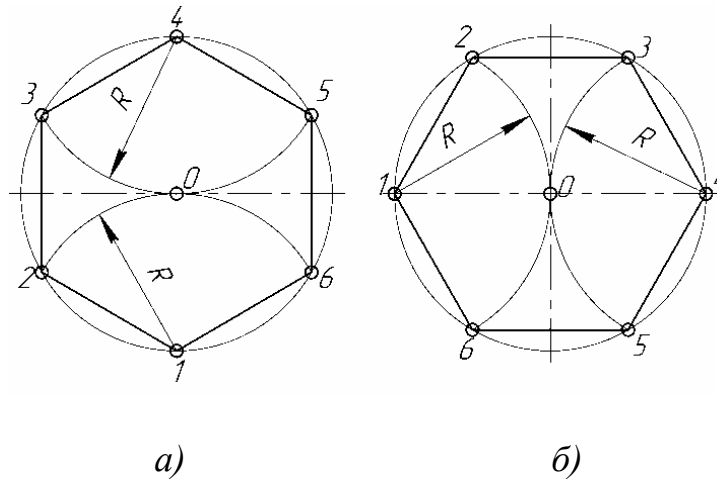


Рисунок 2.30

При поділі кола циркулем з чотирьох кінців двох взаємно перпендикулярних діаметрів кола проводять радіусом, рівним радіусу цього кола, дуги до перетину з колом (рис. 2.31). З'єднавши отримані крапки, отримують дванадцятикутник.

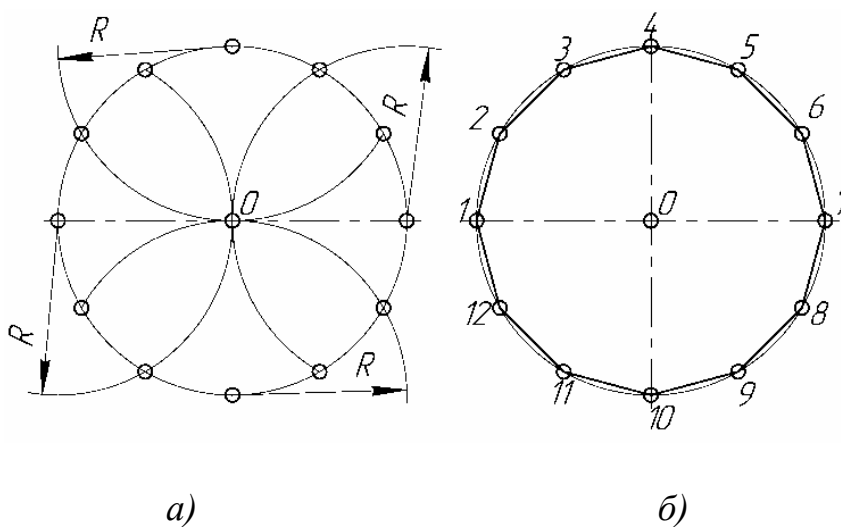


Рисунок 2.31



### 2.2.2.5 Поділ кола на п'ять і десять рівних частин і побудова правильного вписаного п'ятикутника і десятикутника

Поділ кола на п'ять і десять рівних частин і побудова правильного вписаного п'ятикутника і десятикутника показані на рис. 2.32.

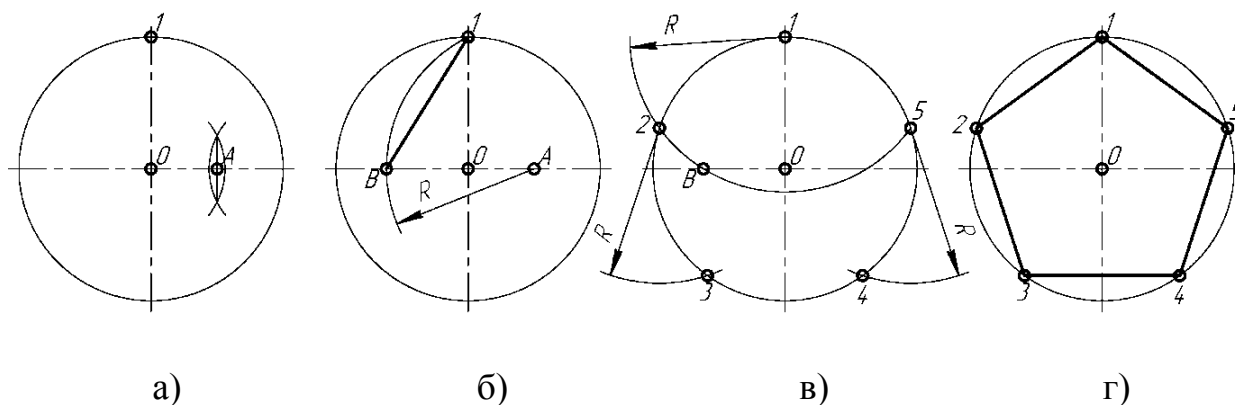


Рисунок 2.32

Половину будь-якого діаметру (радіус) ділять навпіл (рис. 2.32 а), отримують точку А. З точки А, як з центру, проводять дугу радіусом, рівним відстані від точки А до точки 1 до перетину з другою половиною цього діаметру, в точці В (рис. 2.32, б). Відрізок 1В дорівнює хорді, що стягує дугу, довжина якої дорівнює  $1/5$  довжин кола. Роблячи зарубки на колі (рис. 2.32, в) радіусом, рівним відрізку 1В, ділять коло на п'ять рівних частин. Початкову точку 1 вибирають залежно від розташування п'ятикутника. З точки 1 будують точки 2 і 5 (рис. 2.32, в), потім з точки 2 будують точку 3, а з точки 5 будують точку 4. Відстань від точки 3 до точки 4 перевіряють циркулем. Якщо відстань між точками 3 і 4 дорівнює відрізку 1В, то побудови були виконані точно. Не можна виконувати зарубки послідовно, в один бік, оскільки відбувається складання погрешностей, і остання сторона п'ятикутника виходить перекошеною. Послідовно з'єднавши знайдені точки, отримують п'ятикутник (рис. 2.32, г).

Поділ кола на десять рівних частин виконують аналогічно розподілу кола на п'ять рівних частин (рис. 2.32), але спочатку ділять коло на п'ять частин, починаючи побудову з точки 1, а потім з точки 6, що знаходиться на протилежному кінці діаметру (рис. 2.33, а). З'єднавши послідовно усі точки, отримують правильний вписаний десятикутник (рис. 2.33, б).

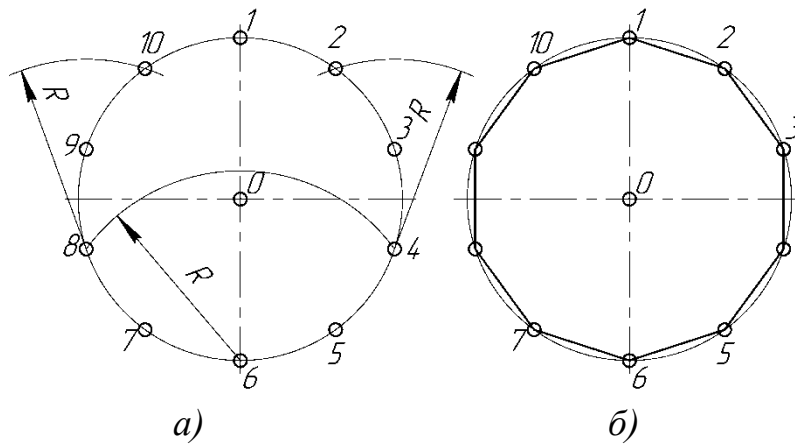


Рисунок 2.33

2.2.2.6 Поділ кола на сім і чотирнадцять рівних частин і побудова правильного вписаного семикутника і чотирнадцятикутника

Поділ кола на сім і чотирнадцять рівних частин і побудова правильного вписаного семикутника і чотирнадцятикутника показані на рис. 2.34 і 2.35.

З будь-якої точки кола, наприклад точки А, радіусом заданої окружності проводять дугу (рис. 2.34, а) до перетину з колом в точках В і D. З'єднаємо точки В і D прямою. Половина отриманого відрізка (в даному випадку відрізок ВС) буде дорівнює хорді, яка стягує дугу, що становить  $1/7$  довжини окружності. Радіусом, рівним відрізку ВС, роблять зарубки на колі в послідовності, показаній на рис. 2.34, б. Поеднавши послідовно всі точки, отримують правильний вписаний семикутник (рис. 2.34, в).

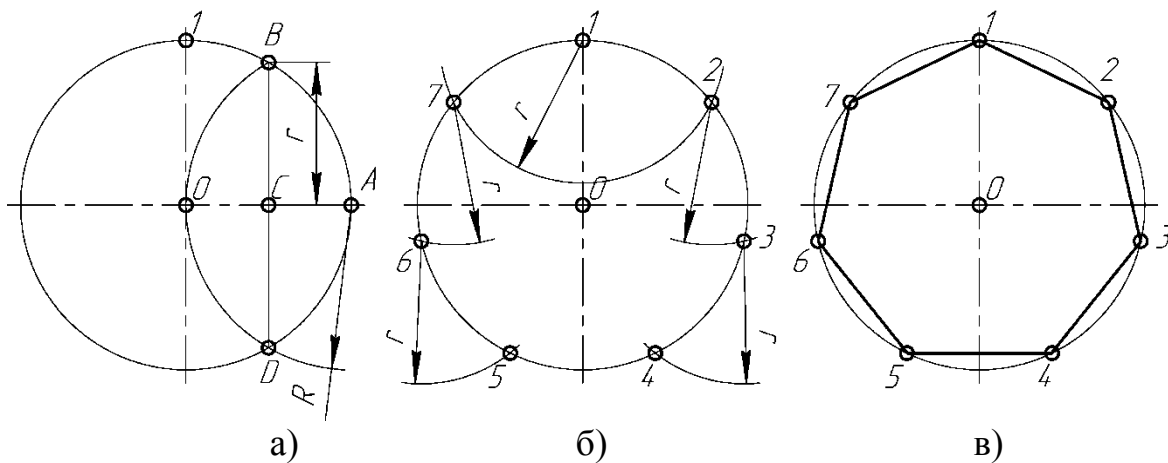


Рисунок 2.34

Поділ кола на чотирнадцять рівних частин виконується поділом кола на сім рівних частин два рази від двох точок (рис. 2.35, а).

Спочатку коло ділиться на сім рівних частин від точки 1, потім та ж побудова виконується від точки 8. Побудовані точки з'єднують послідовно прямими лініями і отримують правильний вписаний чотирнадцятикутник (рис. 2.35, б).

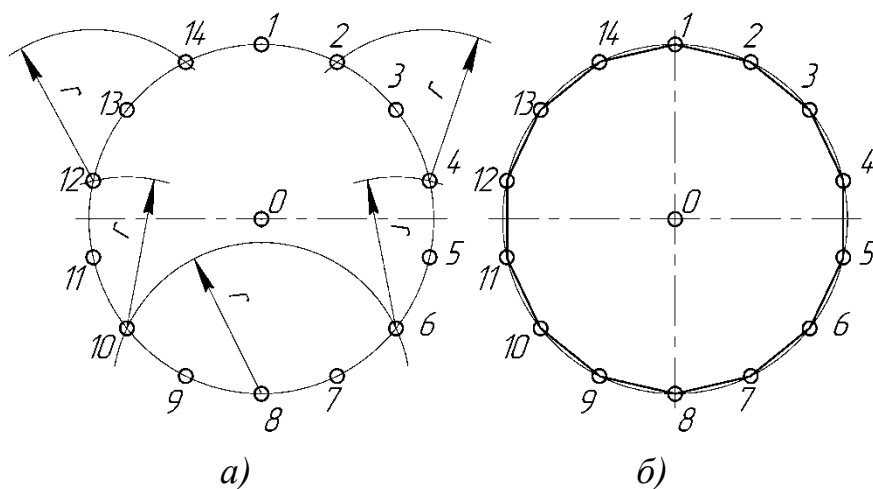


Рисунок 2.35

### 2.2.3 Аксонометричні проєкції як зображення креслень

В даний час аксонометричні зображення (проєкції), володіючи наочністю зображень в поєднанні з вимірювальними властивостями, дають можливість досить точно визначити зображуваний оригінал, завдяки чому знаходять дуже велике застосування в науці, техніці і промисловості. Для наочного зображення предметів (виробів або їх складових частин) слід застосовувати аксонометричні проєкції, вибираючи в кожному окремому випадку найбільш підходящі з них. Для єдиного правила виконання аксонометричних зображень розроблений ДСТУ ГОСТ 2.317:2014.

До числа стандартних прямокутних аксонометричних проєкцій відносяться прямокутна ізометрична проєкція та прямокутна диметрична проєкція. Детальніше особливості та побудову аксонометричних проєкцій розглянуто в п. 1.11.

Надалі розглянуто побудову аксонометричної проєкції з чвертним вирізом для деталі типу «Кришка». Послідовність побудови є наступною.

1. Початок координат (точка  $O$ ) береться в центрі нижньої основи. Розміри наведено на рис. 2.36.

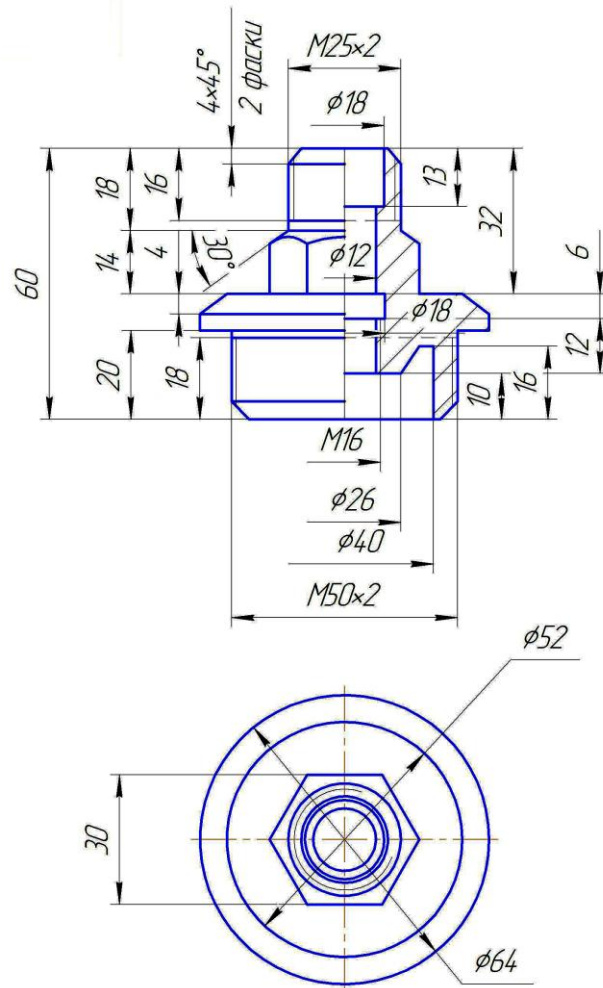


Рисунок 2.36

Спочатку проводять осі необхідної аксонометричної проєкції, визначають центри кіл верхньої і нижньої основ кришки, а також кіл, що обмежують виріз. На цих центрах викреслюють еліпси (рис. 2.37 а, 2.37 б).

2. Потім проводять лінії, паралельні координатним осям, які обмежують зовнішні поверхні і виріз (рис. 2.37, в, 2.37, г).

3. Паралельність елементів проєктованого предмета при цьому повинна зберігатися. Таким чином, процес побудови зводиться в основному до вимірювань по осях (рис. 2.37, д, 2.37, е).

4. Потім видаляються допоміжні лінії і обводиться зображення з урахуванням видимості (рис. 2.37, ж) після цього проводять штриховку (рис. 2.37, з).

5. Для передачі внутрішніх форм аксонометрію слід виконувати з вирізом передньої 1/4 частини предмета. Фігура перерізу, що входить в розріз, повинна бути штрихована (рис. 2.37, з). Послідовність штрихування наведена (рис. 2.37 и, 2.37 к, 2.37 л, 2.37 м).

6. Побудова диметрії виконується в тій же послідовності.

Розміри координатних відрізків беруться з робочого креслення, при цьому розміри по осі Y скорочуються в два рази.

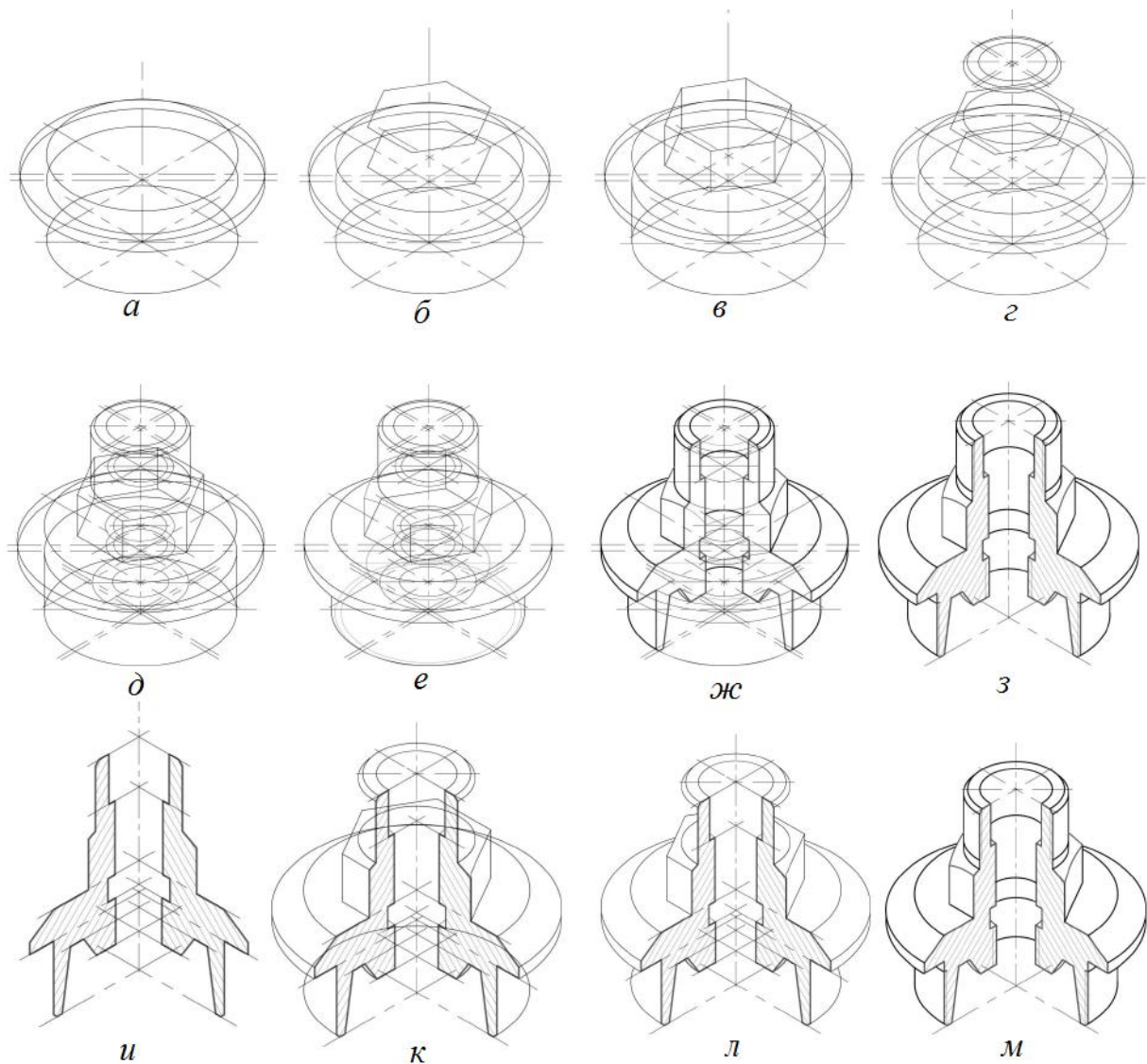


Рисунок 2.37

## 2.3 Нанесення розмірів на кресленнях

### 2.3.1 Короткі відомості про бази в машинобудуванні

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

Все різноманіття поверхонь зводиться до наступних чотирьох:

- основні поверхні, якими визначається положення деталі у виробі;
- допоміжні поверхні, які визначають положення деталі, що приєднується, приєднується щодо даної;
- виконавчі поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє функціональне призначення;

– вільні поверхні, що не мають зіткнення з поверхнями інших деталей.

Залежно від призначення розрізняють наступні бази:

– конструкторські – бази, що використовуються для визначення положення елементів:

а) деталі в деталі;

б) деталі в складальній одиниці;

в) складальної одиниці у виробі;

– технологічні – бази, що використовуються для визначення положення заготовки або виробу при виготовленні або ремонті;

– вимірювальні – бази, що використовуються для визначення відносного положення заготовки або виробу і засобів вимірів.

### **2.3.2 Система нанесення розмірів**

Вибір системи нанесення розмірів відноситься до одного з найскладніших етапів роботи виконавця. Пояснюється це наявністю великого числа спільно вирішуваних конструкторських і технологічних завдань. Основна умова, яка має бути виконаною при цьому, – найбільша простота процесу виготовлення деталі при найменшій вартості її виготовлення.

Системи нанесення розмірів від різних баз мають свої особливості. Система нанесення розмірів від конструкторських баз відрізняється тим, що всі розміри на кресленні проставляються від поверхонь, які визначають положення деталі в зібраному і працюючому механізмі. В цьому випадку не пов'язують нанесення розмірів з питаннями виготовлення деталі.

Переваги нанесення розмірів від конструкторських баз:

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

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

в) підвищення терміну придатності креслення, оскільки в нім не відбиті вимоги технології, яку часто змінюють.

Недоліки нанесення розмірів від конструкторських баз:

а) необхідність додатково готувати технологічну документацію для обробки деталі, оскільки креслення не відображає вимог технології;

б) зростання числа контрольних-вимірювальних операцій, оскільки замовник приймає виготовлену деталь не за технологічним, а за конструкторським кресленням.

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

Переваги нанесення розмірів від технологічних баз:

а) у нанесенні розмірів відбиті виробничі вимоги, що полегшує виготовлення деталі;

б) не потрібний перелік розмірів і допусків, тобто відпадає необхідність в спеціальній технологічній документації;

в) спрощується конструкція ріжучого і вимірювального інструменту;

г) виготовлення деталі і контрольно-вимірювальні операції здійснюються за одним і тим же кресленням.

Недоліки нанесення розмірів від технологічних баз:

а) деяка ускладненість в перевірці і ув'язці розмірів в деталі і у виробі;

б) скорочення терміну придатності креслення, оскільки необхідне його коректування при зміні технології;

в) слабке віддзеркалення на кресленні конструктивних особливостей виробу.

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

Зазвичай прагнуть до того, щоб конструкторські бази були використані як технологічні. Може бути застосована комбінована система нанесення розмірів: одна частина розмірів проставляється від конструкторських баз, інша – від технологічних. Нанесення розмірів від конструкторських баз обмежують. Найбільш повно задовольняє вимоги виробництва нанесення розмірів від технологічних баз.

### ***2.3.3 Методи проставлення розмірів***

Ланцюговий метод: розміри наносять по одній лінії, ланцюжком, один за одним. Метод характеризується поступовим накопиченням сумарної похибки при виготовленні окремих елементів деталі. Значна сумарна похибка може призвести до непридатності виготовленої деталі.

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

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

### ***2.3.4 Основні правила нанесення розмірів на креслення***

Правила нанесення розмірів на креслення встановлює ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу. Кожен розмір вказується на кресленні

тільки один раз. Відстань від першої контурної лінії до розмірної не менше 10 мм, між розмірними лініями не менше 7 мм. При постановці великого числа розмірів необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній.

Розміри поділяються на лінійні і кутові. Розміри включають в себе виносні лінії, розмірні лінії, розмірні числа (рис. 2.38). Виносні і розмірні лінії зображуються тонкими суцільними лініями стандартним шрифтом розміром 3,5 або 5. Розмірні числа наносять над розмірними лініями на відстані 1 ... 1,5 мм. Лінійні розміри на кресленнях вказують у міліметрах без вказівки одиниць виміру. Кутові розміри на кресленнях вказують у градусах, хвилинах, секундах.

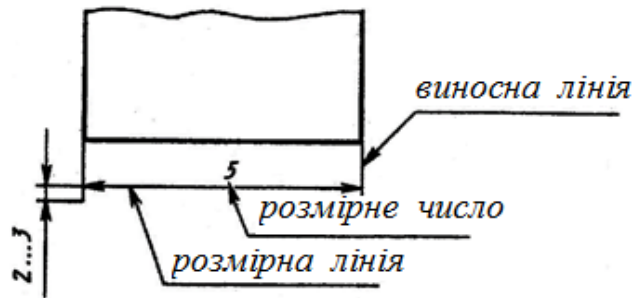


Рисунок 2.38

Підставою для визначення величини зображеного виробу і його елементів служать розмірні числа, нанесені на кресленні. Виняток становлять випадки, передбачені в ГОСТ 2.414-75; ГОСТ 2.417-91; ГОСТ 2.419-68, коли величину виробу або його елементів визначають по зображеннях, виконаних з достатнім ступенем точності.

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

Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення і контролю виробу.

Розміри, що не підлягають виконанню за даним кресленням і вказуються для більшої зручності користування кресленням, називаються довідковими. Довідкові розміри на кресленні позначають знаком «\*», а в технічних вимогах записують: «\* Розміри для довідок». Якщо всі розміри на кресленні довідкові, їх знаком "\*" не відзначають, а в технічних вимогах записують: «Розміри для довідок».

На будівельних кресленнях довідкові розміри відзначають і обумовлюють тільки у випадках, передбачених у відповідних документах, затверджених в установленому порядку.

До довідкових відносять такі розміри:

а) один з розмірів замкнутого розмірного ланцюга. Граничні відхилення таких розмірів на кресленні не вказують (рис. 2.39);

б) розміри, перенесені з креслень виробів-заготовок (рис. 2.40);



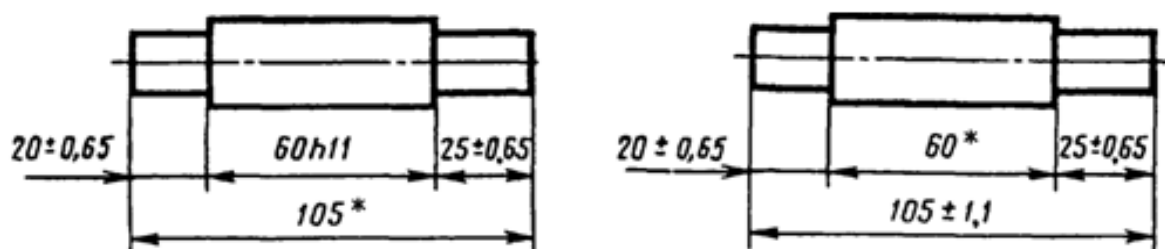
в) розміри, що визначають положення елементів деталі, що підлягають обробці за іншою деталлю (рис. 2.41);

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

д) розміри на складальному кресленні, перенесені з креслень деталей і використовуються в якості встановлювальних і приєднувальних;

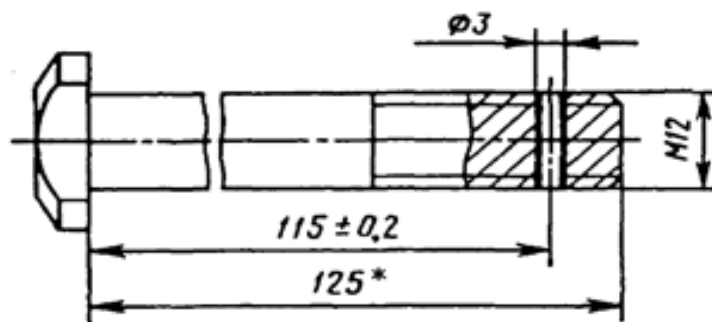
е) габаритні розміри на складальному кресленні, що перенесені з креслень деталей або є сумою розмірів декількох деталей;

ж) розміри деталей (елементів) з сортового, фасонного, листового і іншого прокату, якщо вони повністю визначаються позначеннями матеріалу, наведеними в графі 3 основного напису.



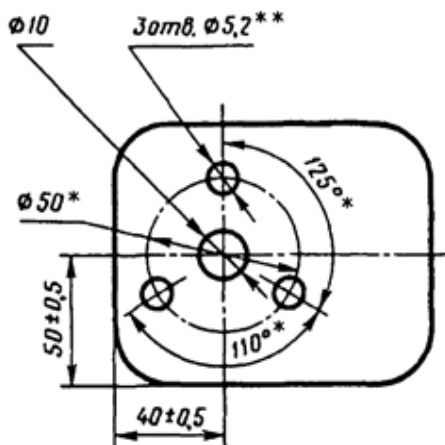
\* розміри для довідок

Рисунок 2.39



\* розміри для довідок

Рисунок 2.40



\* розміри для довідок  
 \*\* обробити по суміжній деталі

Рисунок 2.41

Примітки:

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

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

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

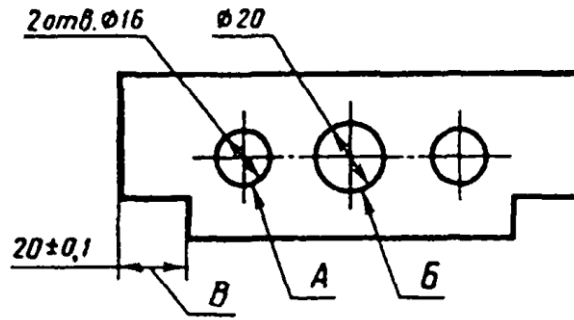
4. На кресленнях виробів у розмірів, контроль яких технічно затруднений, наносять знак «\*», а в технічних вимогах поміщають напис «Розміри забезпеч. інстр. ».

Примітка. Зазначена напис означає, що виконання заданого кресленням розміру з граничним відхиленням повинно гарантуватися розміром інструменту або відповідним технологічним процесом.

При цьому розміри інструменту або технологічний процес перевіряються періодично в процесі виготовлення виробів. Періодичність контролю інструменту або технологічного процесу встановлюється підприємством-виробником спільно з представником замовника.

Не допускається повторювати розміри одного і того ж елемента на різних зображеннях, в технічних вимогах, основного напису і специфікації. Виняток становлять довідкові розміри, наведені в підпунктах б і ж.

Якщо в технічних вимогах необхідно дати посилання на розмір, зазначений на зображенні, то цей розмір або відповідний елемент позначають буквою, а в технічних вимогах поміщають запис, аналогічний наведеному на рис. 2.42.



*Допуск паралельності осей отв. А і Б – 0,05 мм  
Різниця розмірів В в обидва боки – більш 0,1 мм*

*Рисунок 2.42*

На будівельних кресленнях розміри допускається повторювати.

Лінійні розміри і їх граничні відхилення на кресленнях і в специфікаціях вказують в міліметрах, без позначення одиниці виміру.

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

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

На будівельних кресленнях одиниці виміру в цих випадках допускається не вказувати, якщо вони обумовлені у відповідних документах, затверджених в установленому порядку.

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

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

Розміри, що визначають розташування сполучених поверхонь, проставляють, як правило, від конструктивних баз з урахуванням можливостей виконання і контролю цих розмірів.

При розташуванні елементів предмета (отворів, пазів, зубців і т. п.) на одній осі або на одному колі розміри, що визначають їх взаємне розташування, наносять наступними способами:

- від загальної бази (поверхні, осі) – за рис. 2.43, а і б;
- завданням розмірів декількох груп елементів від декількох загальних баз – за рис. 2.43 в;
- завданням розмірів між суміжними елементами (ланцюжком) – за рис. 2.44.

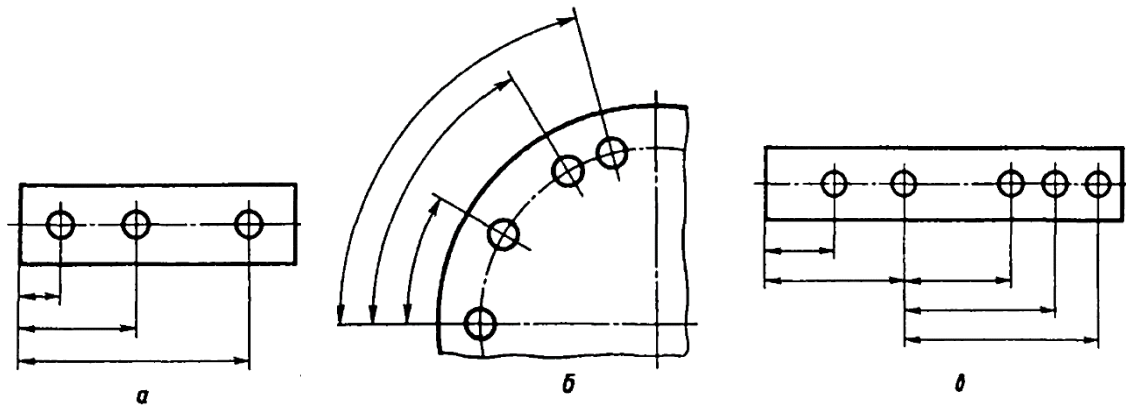


Рисунок 2.43

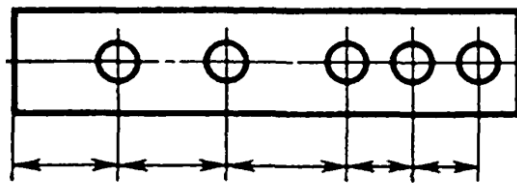


Рисунок 2.44

Розміри на кресленнях не допускається наносити у вигляді замкненого ланцюгу, за винятком випадків, коли один з розмірів зазначений як довідковий.

На будівельних кресленнях розміри наносять у вигляді замкненого ланцюгу, крім випадків, передбачених у відповідних документах, затверджених в установленому порядку.

Розміри, що визначають положення симетрично розташованих поверхонь у симетричних виробів, наносять, як показано на рис. 2.45 и 2.46.

Для всіх розмірів, нанесених на робочих кресленнях, вказують граничні відхилення.

Допускається не вказувати граничні відхилення:

а) для розмірів, що визначають зони різної шорсткості однієї і тієї ж поверхні, зони термообробки, покриття, обробки, накатки, насічки, а також діаметри торованих і насічених поверхонь. У цих випадках безпосередньо у таких розмірів наносять знак приблизно;

б) для розмірів деталей виробів одиничного виробництва, що задаються за припуском на пригін.

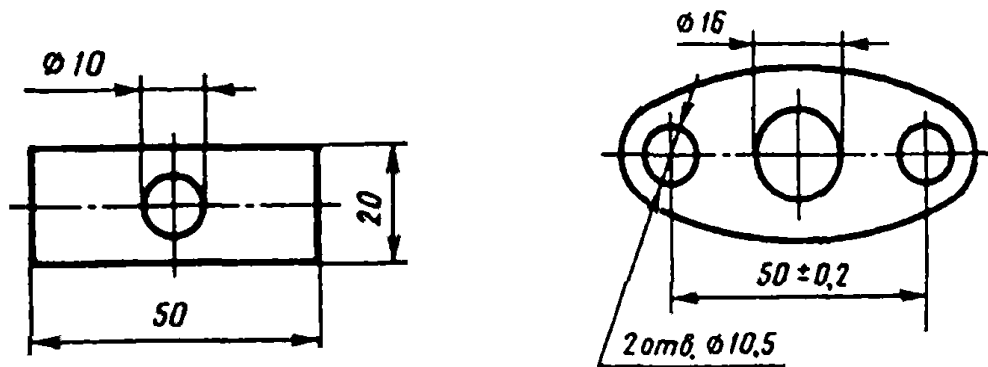
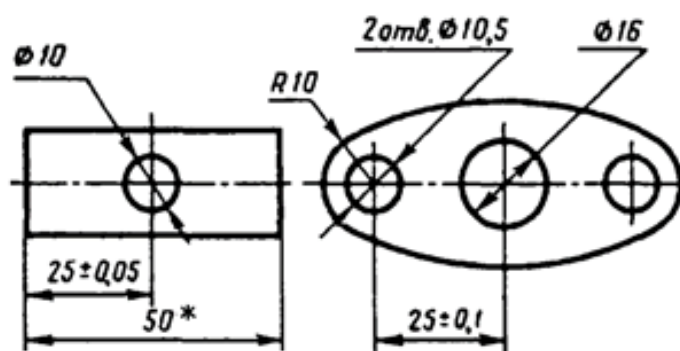


Рисунок 2.45



\* розміри для довідок

Рисунок 2.46

На таких кресленнях в безпосередній близькості від зазначених розмірів наносять знак «\*», а в технічних вимогах вказують:

- «\*Розміри з припуском на пригін за дет. ...»;
- «\*Розміри з припуском на пригін за рис. ...»;
- «\*Розміри з припуском на пригін за сполучуваною деталлю».

На будівельних кресленнях граничні відхилення розмірів вказують тільки у випадках, передбачених у відповідних документах, затверджених в установленому порядку.

При виконанні робочих креслень деталей, виготовлених відливкою, штампуванням, куванням або прокаткою з наступною механічною обробкою частини поверхні деталі, вказують не більше одного розміру по кожному координатного напрямку, який зв'язує механічно оброблювані поверхні з поверхнями, що не що піддаються механічній обробці (рис. 2.47, 2.48).

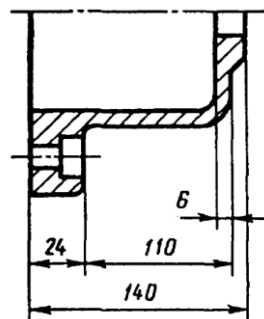


Рисунок 2.47

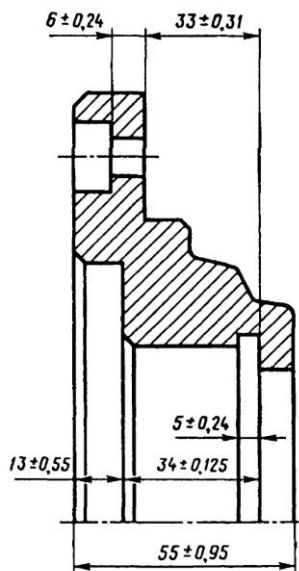


Рисунок 2.48

Якщо елемент зображений з відступом від масштабу зображення, то розмірне число слід підкреслити (рис. 2.49).

Розміри на кресленнях вказують розмірними числами і розмірними лініями.

При нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні лінії – перпендикулярно розмірним (рис. 2.50).

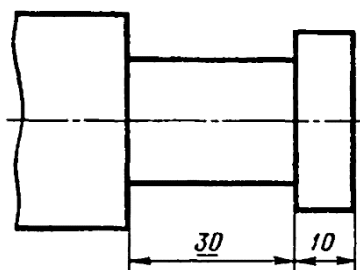


Рисунок 2.49

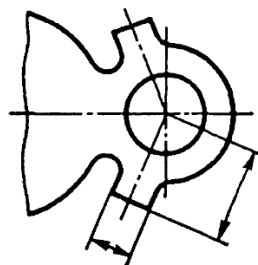


Рисунок 2.50

При нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у його вершині, а виносні лінії – радіально (рис. 2.51).

При нанесенні розміру дуги кола розмірну лінію проводять концентрично до дуги, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута, і над розмірним числом наносять знак «дуга» (рис. 2.52).

Допускається розташовувати виносні лінії розміру дуги радіально, і, якщо є ще концентричні дуги, необхідно вказувати, до якої дуги відноситься розмір (рис. 2.53).

При нанесенні розмірів деталей, подібних зображеної на рис. 2.53, розмірні лінії слід проводити в радіальному напрямку, а виносні – по дугам кіл (рис. 2.54).

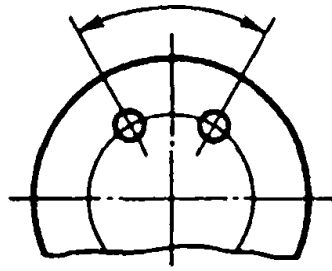


Рисунок 2.51

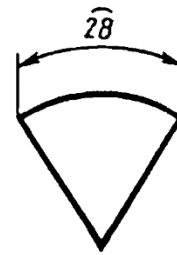


Рисунок 2.52

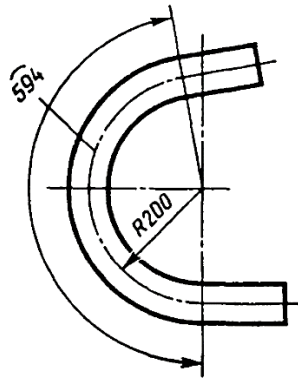


Рисунок 2.53



Рисунок 2.54

Розмірну лінію з обох кінців обмежують стрілками, що впираються в відповідні лінії, крім випадків, наведених у пп. 2.16, 2.17, 2.20 і 2.21 ДСТУ ГОСТ 2.307:2013, і при нанесенні лінії радіуса, обмеженої стрілкою з боку дуги або заокруглення, що визначається.

На будівельних кресленнях замість стрілок допускається застосовувати засічки на перетині розмірних і виносних ліній, при цьому розмірні лінії повинні виступати за крайні виносні лінії на 1...3 мм.

У випадках, показаних на рис. 2.55, розмірну і виносні лінії проводять так, щоб вони разом з вимірюваним відрізком утворили паралелограм.

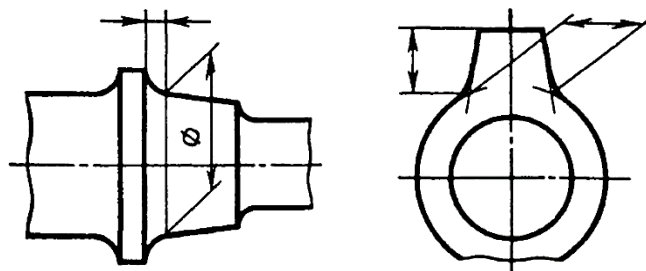


Рисунок 2.55

Допускається проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осьових, центрових і інших ліній (рис. 2.56 і 2.57).

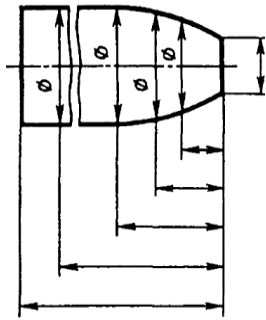


Рисунок 2.56

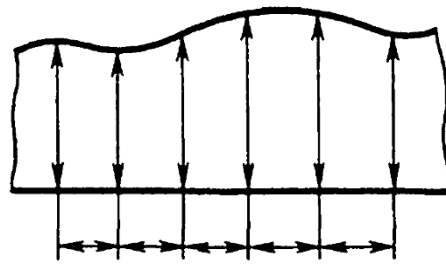


Рисунок 2.57

Розмірні лінії слід переважно наносити поза контуром зображення.

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

Мінімальні відстані між паралельними розмірними лініями повинні бути 7 мм, а між розмірною і лінією контуру – 10 мм і обрані в залежності від розмірів зображення і насиченості креслення.

Необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній (див. рис. 2.56).

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

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

Розміри контуру криволінійного профілю наносять, як показано на рис. 2.56 і 2.57.

Якщо треба показати координати вершини кута, що округляється, або центру дуги скруглення, то виносні лінії проводять від точки перетину сторін кута, що округляється, або центру дуги скруглення (рис. 2.58).

Якщо вид чи форму симетричного предмета або окремих симетрично розташованих елементів зображують тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, що відносяться до цих елементів, проводять з обривом, і обрив розмірної лінії роблять далі від осі чи лінії обриву предмета (рис. 2.59).

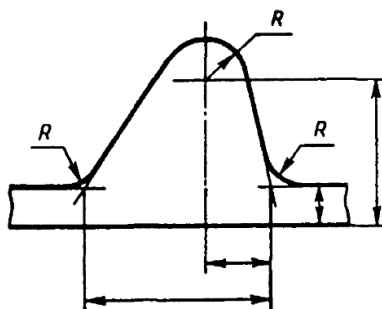


Рисунок 2.58

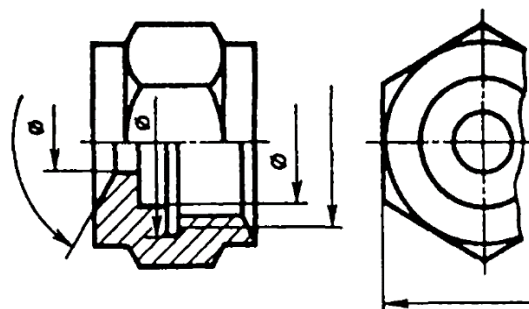


Рисунок 2.59



На будівельних кресленнях в подібних випадках всі розміри допускається вказувати тільки до осі симетрії, а розмірні лінії на перетині з віссю симетрії обмежувати хрестиком з засічок.

Розмірні лінії допускається проводити з обривом в наступних випадках:

а) при вказуванні розміру діаметра окружності незалежно від того, зображена окружність повністю або частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі ніж центр кола (рис. 2.60);

б) при нанесенні розмірів від бази, що не зображена на даному кресленні (рис. 2.61).

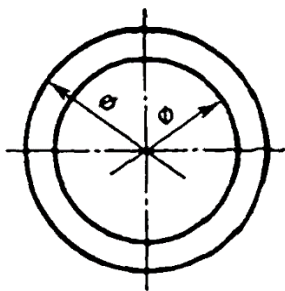


Рисунок 2.60

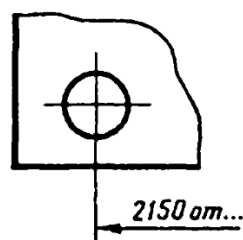


Рисунок 2.61

При зображенні виробу з розривом розмірну лінію не переривають (рис. 2.62).

Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або відповідно за контурні, осьові, центрові і т. д.) і стрілки наносять, як показано на рис. 2.63.

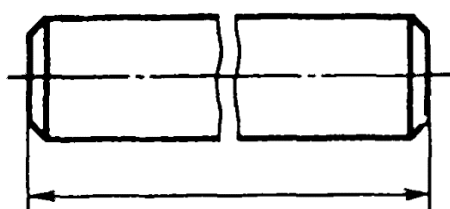


Рисунок 2.62

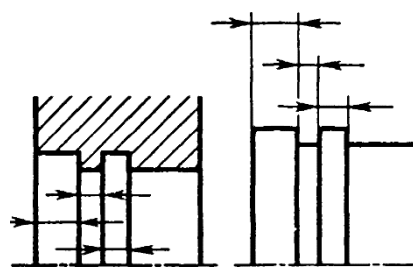


Рисунок 2.63

При нестачі місця для стрілок на розмірних лініях, розташованих ланцюжком, стрілки допускається замінити засічками, що наносяться під кутом  $45^\circ$  до розмірних ліній (рис. 2.64), або чітко наносяться точками (рис. 2.65).

При нестачі місця для стрілки через близько розташовану контурну або виносну лінію останні допускається переривати (рис. 2.66).

Розмірні числа наносять над розмірною лінією якомога ближче до її середини (рис. 2.67).

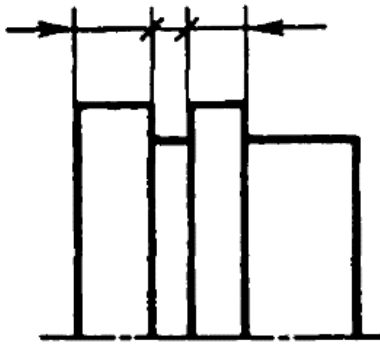


Рисунок 2.64

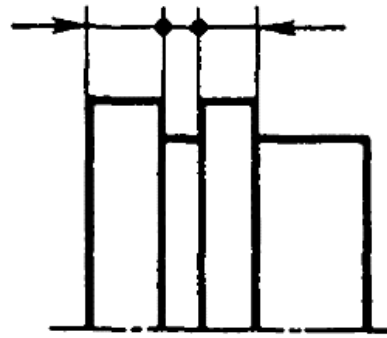


Рисунок 2.65

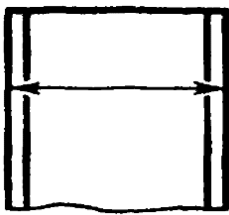


Рисунок 2.66

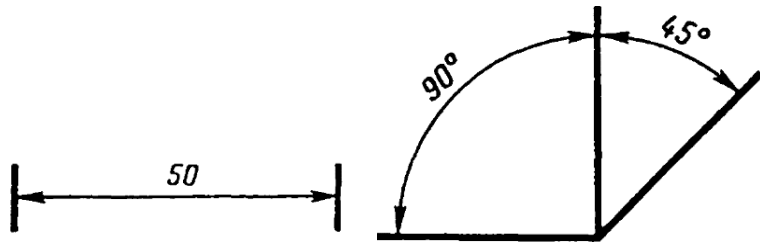


Рисунок 2.67

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

При нанесенні декількох паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної розмірні числа над ними рекомендується розташовувати в шаховому порядку (рис. 2.68).

Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розташовують, як показано на рис. 2.69.

Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, відповідне розмірне число наносять на полиці лінії-виноски (рис. 2.70).

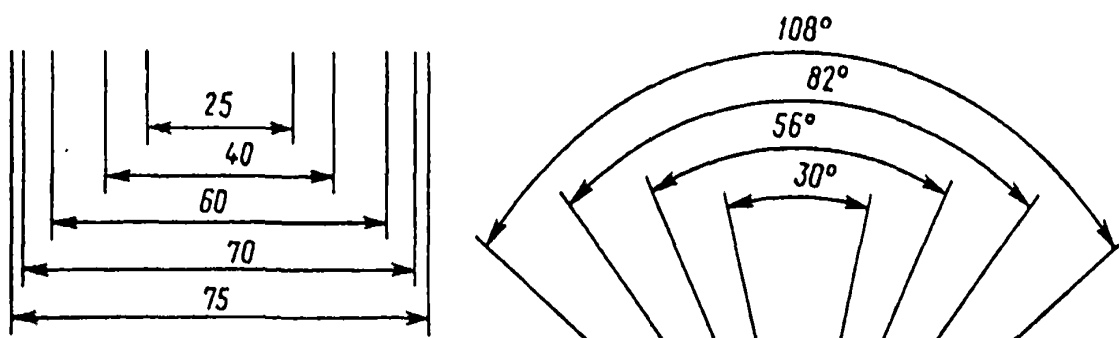


Рисунок 2.68

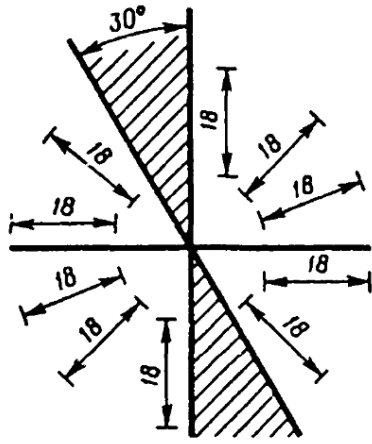


Рисунок 2.69

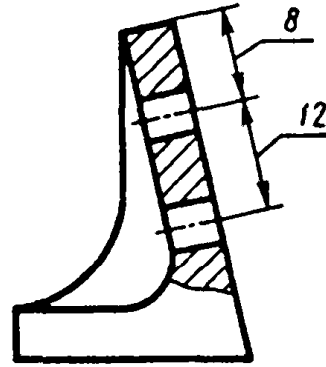


Рисунок 2.70

Кутові розміри наносять так, як показано на рис. 2.71. У зоні, розташованій вище горизонтальної осьової лінії, розмірні числа поміщають над розмірними лініями з боку їх опуклості; в зоні, розташованій нижче горизонтальної осьової лінії – з боку угнутості розмірних ліній. У заштрихованій зоні наносити розмірні числа не рекомендується. В цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтально нанесених поличках.

Для кутів малих розмірів при нестачі місця розмірні числа поміщають на поличках ліній-виносок в будь-якій зоні (рис. 2.72).

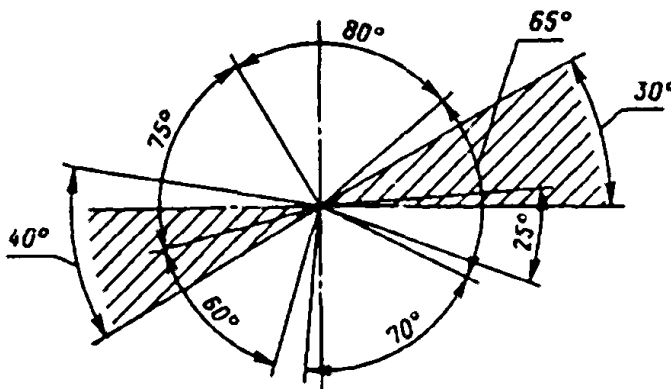


Рисунок 2.71

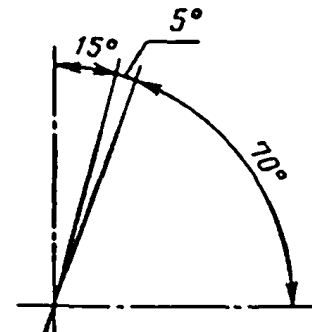


Рисунок 2.72

На будівельних кресленнях допускається лінійні і кутові розмірні числа і написи наносити без поличок ліній-виносок.

Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри наносять, як показано на рис. 2.73; якщо недостатньо місця для нанесення стрілок, то їх наносять, як показано на рис. 2.74.

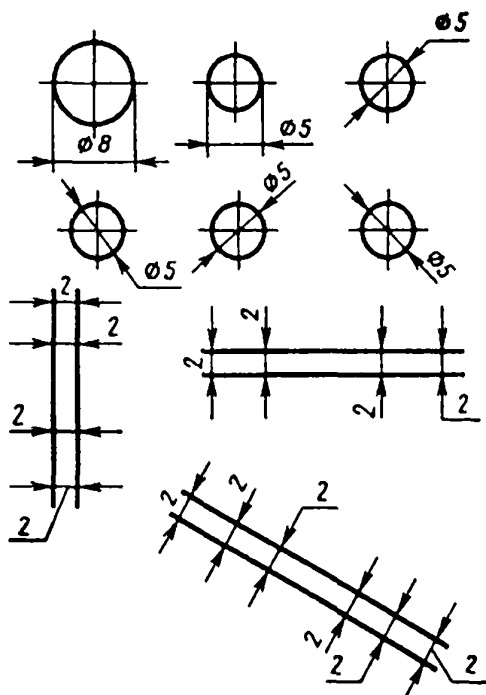


Рисунок 2.73

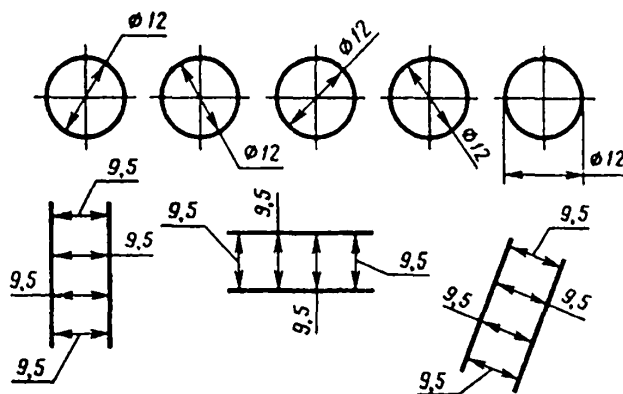


Рисунок 2.74

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

Розмірні числа і граничні відхилення не допускається розділяти або перетинати якими б то не було лініями креслення. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа та наносити розмірні числа в місцях перетину розмірних, осьових або центрових ліній. У місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії та лінії штрихування переривають (рис. 2.75, 2.76).

Розміри, що відносяться до одного і того ж конструктивному елементу (пазу, виступу, отвору і т. п.), рекомендується групувати в одному місці, маючи в своєму розпорядженні їх на тому зображенні, на якому геометрична форма даного елемента показана найбільш повно (рис. 2.77).

При нанесенні розміру радіуса перед розмірним числом поміщають велику літеру R.

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

При великій величині радіуса центр допускається наближати до дуги, в цьому випадку розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом  $90^\circ$  (рис. 2.78).

Якщо не потрібно вказувати розміри, що визначають положення центра дуги окружності, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центру і зміщувати її відносно центру (рис. 2.79).

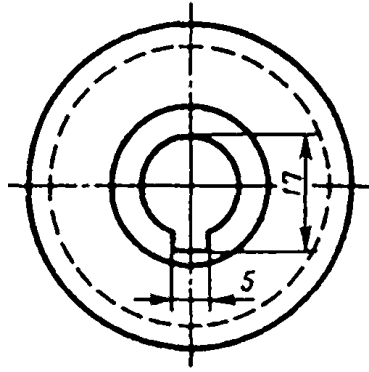


Рисунок 2.75

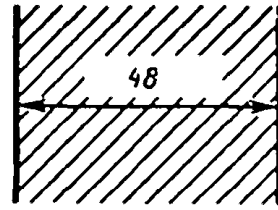


Рисунок 2.76

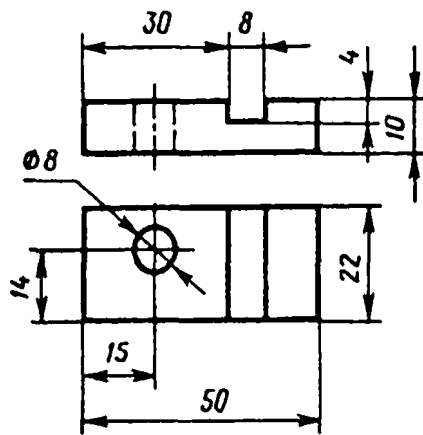


Рисунок 2.77

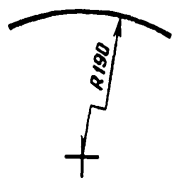


Рисунок 2.78

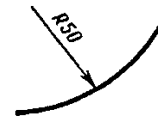


Рисунок 2.79

При проведенні декількох радіусів з одного центру розмірні лінії будь-яких двох радіусів не мають бути на одній прямій (рис. 2.80).

При збігу центрів декількох радіусів їх розмірні лінії допускається не доводити до центру, крім крайніх (рис. 2.81).

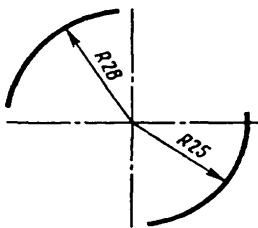


Рисунок 2.80

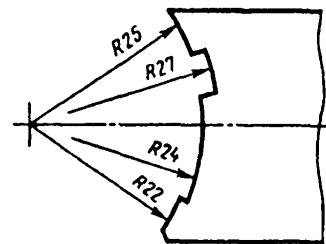


Рисунок 2.81

Розміри радіусів зовнішніх заокруглень наносять, як показано на рис. 2.82, внутрішніх заокруглень – на рис. 2.83.

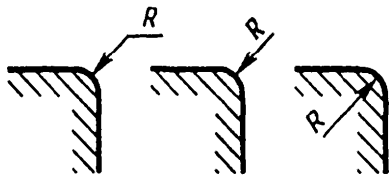


Рисунок 2.82

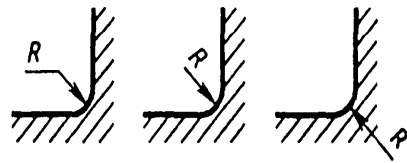


Рисунок 2.83

Радіуси заокруглень, розмір яких в масштабі креслення 1 мм і менше, на кресленні не зображують і розміри їх наносять, як показано на рис. 2.84.

Спосіб нанесення розмірних чисел при різних положеннях розмірних ліній (стрілок) на кресленні визначається найбільшим зручністю читання. Розміри однакових радіусів допускається вказувати на загальній полиці, як показано на рис. 2.85.

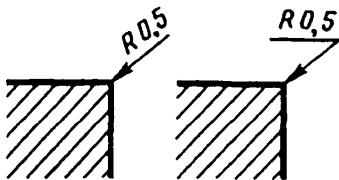


Рисунок 2.84

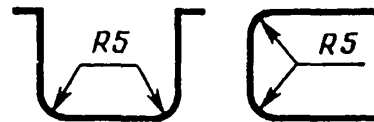


Рисунок 2.85

Якщо радіуси заокруглень, згинів і т. п. на всьому кресленні однакові або будь-якої радіус є переважаючим, то замість нанесення розмірів цих радіусів безпосередньо на зображенні рекомендується в технічних вимогах робити запис типу: «Радіуси заокруглень 4 мм»; «Внутрішні радіуси згинів 10 мм»; «Не зазначені радіуси 8 мм» і т. п. При вказуванні розміру діаметра (у всіх випадках) перед розмірним числом наносять знак діаметра.

Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також наносять знак діаметра (радіуса) без напису «Сфера» (рис. 2.86). Якщо на кресленні важко відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається наносити слово «Сфера» або знак  $O$ , наприклад: «Сфера  $\varnothing 18$ ,  $O R12$ ». Діаметр значка сфери дорівнює розміру розмірних чисел на кресленні.

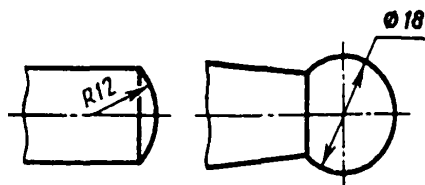


Рисунок 2.86

Розміри квадрата наносять, як показано на рис. 2.87, 2.88 и 2.89.

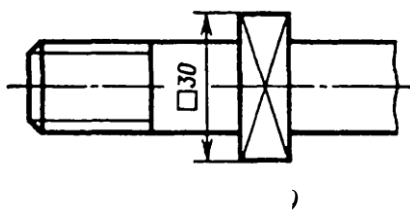


Рисунок 2.87

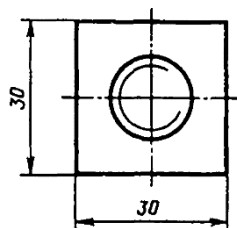


Рисунок 2.88

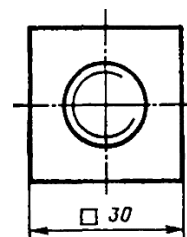


Рисунок 2.89

Висота знаку □ повинна бути дорівнює висоті розмірних чисел на кресленні.

Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак "◁", гострий кут якого повинен бути направлений в сторону вершини конуса (рис. 2.90).

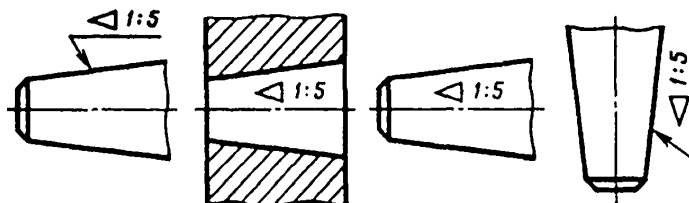


Рисунок 2.90

Знак конуса і конусність у вигляді співвідношення слід наносити над осью лінією або на полиці лінії-виноски.

Ухил поверхні слід вказувати безпосередньо біля зображення поверхні ухилу або на полиці лінії-виноски у вигляді співвідношення (рис. 2.91, а), у відсотках (рис. 2.91, б) або в проміле (рис. 2.91, в). Перед розмірним числом, що визначає ухил, наносять знак «≥», гострий кут якого повинен бути направлений в сторону ухилу.

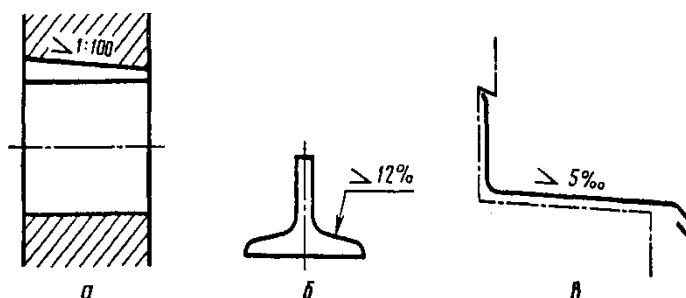


Рисунок 2.91

Розміри фасок під кутом  $45^\circ$  наносять, як показано на рис. 2.92.

Допускається вказувати розміри не зображеної на кресленні фаски під кутом  $45^\circ$ , розмір якої в масштабі креслення 1 мм і менше, на полиці лінії-виноски, проведеної від межі (рис. 2.93).

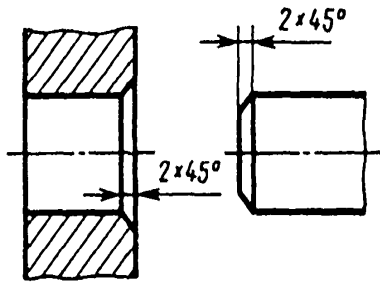


Рисунок 2.92

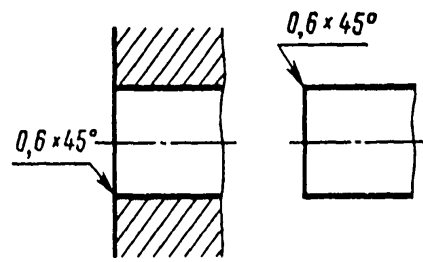


Рисунок 2.93

Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами: лінійними та кутовими розмірами (рис. 2.94, а, б) або двома лінійними розмірами (рис. 2.94, в).

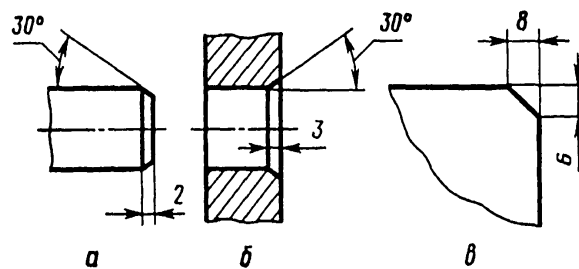


Рисунок 2.94

Розміри кількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз із зазначенням на полиці лінії-виноски кількості цих елементів (рис. 2.95, а). Допускається вказувати кількість елементів, як показано на рис. 2.95, б.

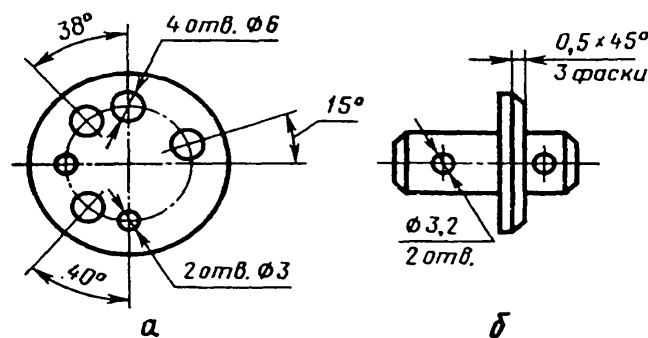


Рисунок 2.95

При нанесенні розмірів елементів, рівномірно розташованих по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, що визначають взаємне розташування елементів, вказують тільки їх кількість (рис. 2.96 – 2.98).



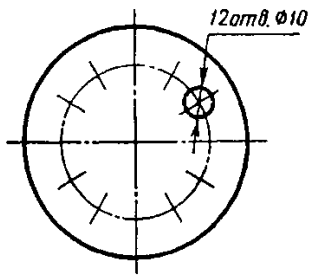


Рисунок 2.96

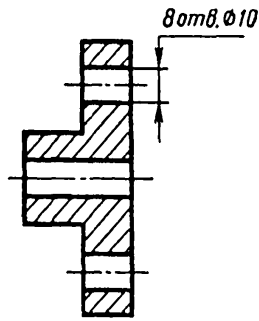


Рисунок 2.97

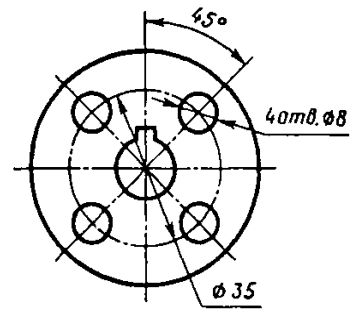


Рисунок 2.98

Розміри двох симетрично розташованих елементів виробу (крім отворів) наносять один раз без зазначення їх кількості, групуючи, як правило, в одному місці всі розміри (рис. 2.99, 2.100).

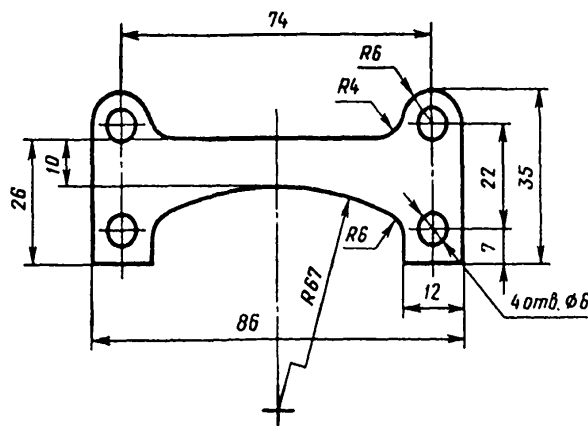
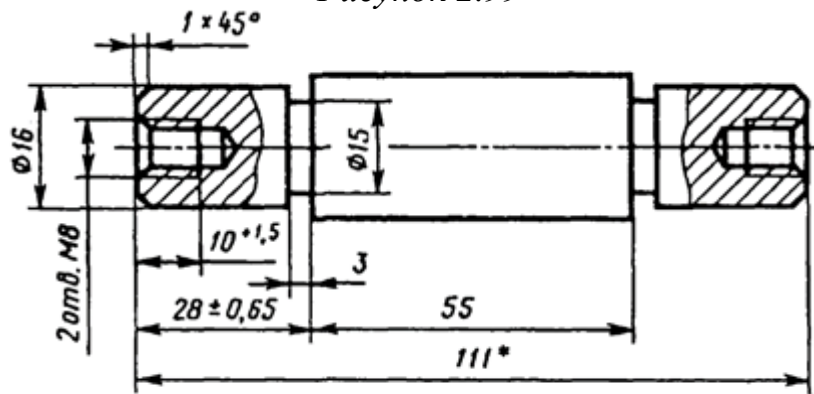


Рисунок 2.99



\* розміри для довідок

Рисунок 2.100

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

При нанесенні розмірів, що визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розмір між сусідніми

елементами і розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 2.101).

Допускається не наносити на кресленні розміри радіуса дуги окружностей, які сполучаються паралельними лініями (рис. 2.102).

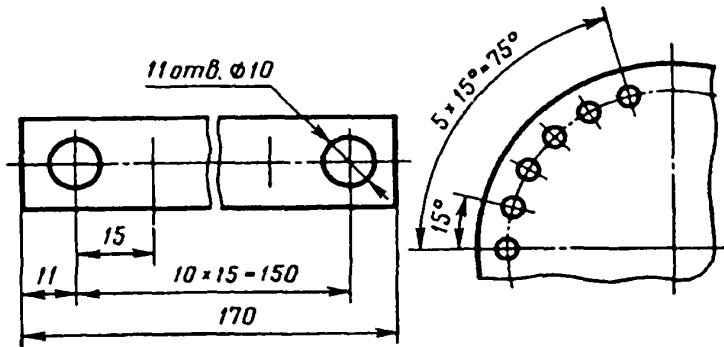


Рисунок 2.101

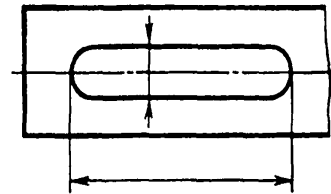


Рисунок 2.102

При великій кількості розмірів, нанесених від загальної бази, допускається наносити лінійні і кутові розміри, як показано на рис. 2.103 і рис. 2.104, при цьому проводять загальну розмірну лінію від позначки «0» і розмірні числа наносять в напрямку виносних ліній у їхніх кінцях.

Розміри діаметрів циліндричного виробу складної конфігурації допускається наносити, як показано на рис. 2.105.

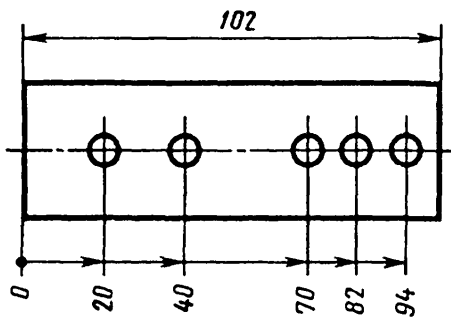


Рисунок 2.103

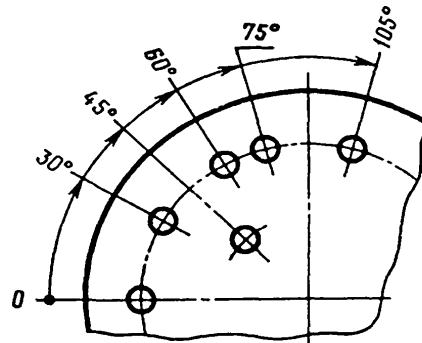


Рисунок 2.104

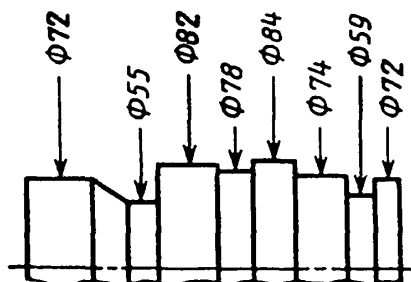


Рисунок 2.105

При великій кількості однотипних елементів виробу, нерівномірно розташованих на поверхні, допускається вказувати їх розміри в зведеній таблиці, при цьому застосовується координатний спосіб нанесення отворів з позначенням їх арабськими цифрами (рис. 2.106) або позначення однотипних елементів прописними буквами (рис. 2.107).

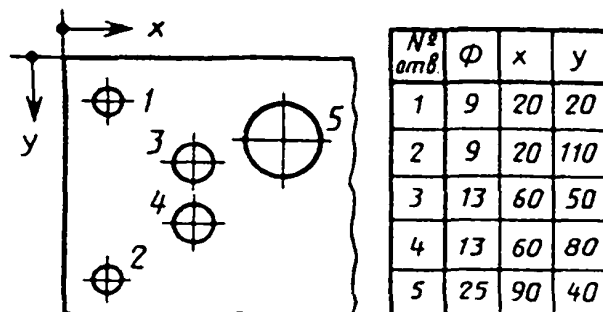


Рисунок 2.106

Позначення отворів	Кіл-сть	Розмір, мм
А	2	3
Б	4	6,5

Рисунок 2.107

Однакові елементи, розташовані в різних частинах виробу (наприклад, отвори), розглядають як один елемент, якщо між ними немає проміжку (рис. 2.108, а) або якщо ці елементи з'єднані тонкими суцільними лініями (рис. 2.108, б).

При відсутності цих умов вказують повну кількість елементів (рис. 2.108, в).

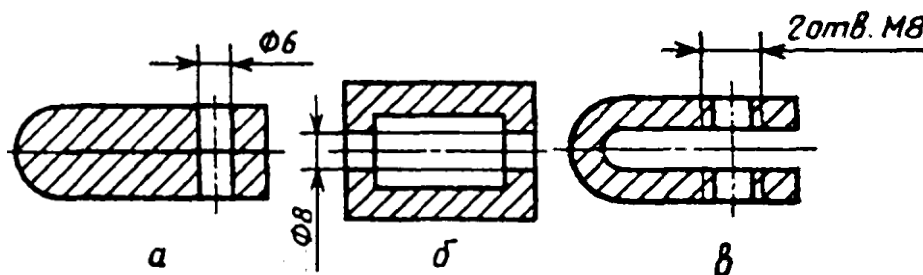


Рисунок 2.108

Якщо однакові елементи виробу (наприклад, отвори) розташовані на різних поверхнях і показані на різних зображеннях, то кількість цих елементів записують окремо для кожної поверхні (рис. 2.109).

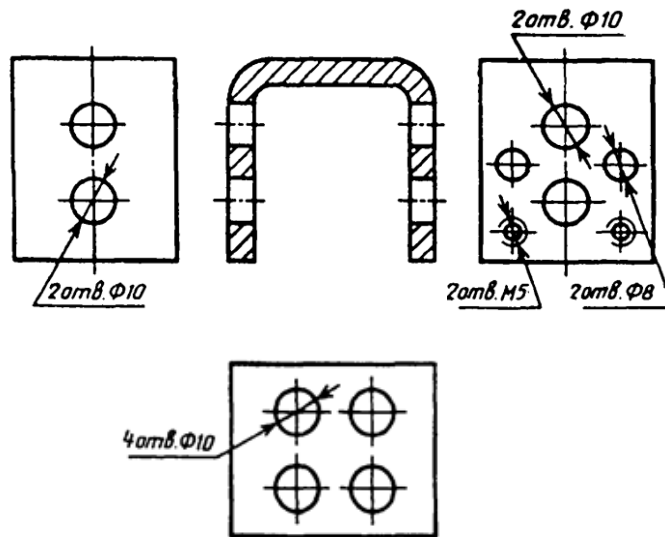


Рисунок 2.109

Допускається повторювати розміри однакових елементів виробу або їх груп (в тому числі отворів), що лежать на одній поверхні, тільки в тому випадку, коли вони значно віддалені один від одного і не пов'язані між собою розмірами (рис. 2.110, 2.111).

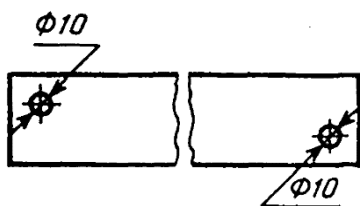


Рисунок 2.110

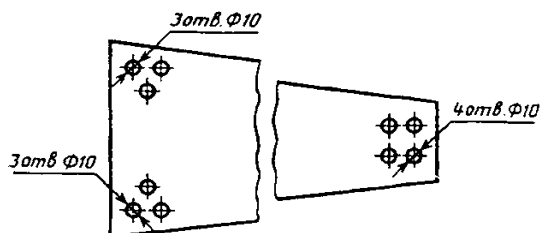


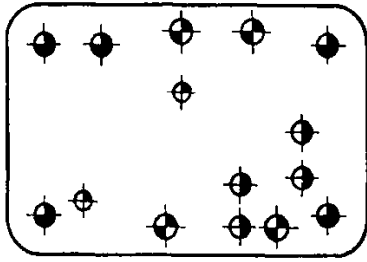
Рисунок 2.111

Якщо на кресленні показано кілька груп близьких за розмірами отворів, то рекомендується відзначати однакові отвори одним з умовних знаків, наведених на рис. 2.112, 2.113.

Допускається застосовувати і інші умовні знаки.

Отвори позначають умовними знаками на тому зображенні, на якому вказані розміри, що визначають положення цих отворів.

На будівельних кресленнях допускається однакові групи отворів обводити суцільною тонкою лінією із написом.



Обозначение	Количество	Размеры	Шероховатость поверхности
	2	$\Phi 5H7$	3,2 $\sqrt$
	4	$\Phi 6H12$	12,5 $\sqrt$
	5	$\Phi 6,5$	12,5 $\sqrt$
	4	$\Phi 7$	12,5 $\sqrt$

Рисунок 2.112



Рисунок 2.113

При позначенні однакових отворів умовними знаками кількість отворів і їх розміри допускається вказувати в таблиці (див. рис. 2.112).

При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини або довжини наносять, як показано на рис. 2.114.

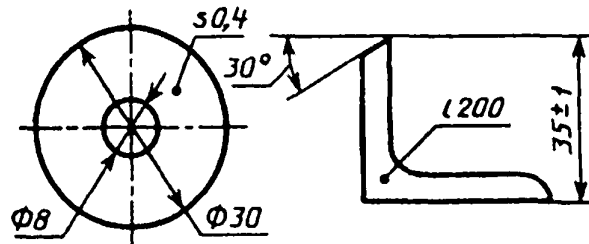


Рисунок 2.114

Розміри деталі або отвори прямокутного перетину можуть бути вказані на полиці лінії-виноски розмірами сторін через знак множення. При цьому на першому місці має бути вказаний розмір тієї сторони прямокутника, від якої проводиться лінія-виноска (рис. 2.115).

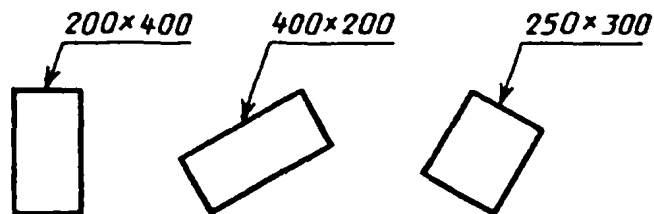


Рисунок 2.115

## 2.4 Види й комплектність конструкторських документів

### 2.4.1 Види конструкторських документів

Види і комплектність конструкторських документів встановлює ГОСТ 2.102-68.

До конструкторських документів (іменованих надалі «документи») відносять графічні і текстові документи, які окремо або в сукупності визначають склад і пристрій виробу і містять необхідні дані для його розробки або виготовлення, приймання, експлуатації і ремонту.

Креслення деталі – документ, що містить зображення деталі та інші дані, необхідні для її виготовлення і контролю.

Складальне креслення – документ, що містить зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) та контролю. До складальних креслень також відносять креслення, за якими виконують гідромонтаж і пневмомонтаж.

Креслення загального виду – документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу.

Теоретичне креслення – документ, що визначає геометричну форму (обводи) виробу і координати розташування складових частин.

Габаритне креслення – документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, установчими і приєднувальними розмірами.

Електромонтажне креслення – документ, що містить дані, необхідні для виконання електричного монтажу виробу.

Монтажне креслення – документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, необхідні для його встановлювання (монтажу) на місці застосування. До монтажних креслень також відносять креслення фундаментів, спеціально розроблених для встановлювання виробу.

Пакувальне креслення – документ, що містить дані, необхідні для пакування виробу.

Схема – документ, на якому показані у вигляді умовних зображень і позначень складові частини виробу і зв'язки між ними.

Специфікація – документ, що визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту.

Відомість специфікацій – документ, що містить перелік усіх специфікацій складових частин виробу із зазначенням їх кількості та входимості.

Відомість документів посилання – документ, що містить перелік документів, на які є посилання в конструкторських документах виробу.

Відомість покупних виробів, – документ, що містить перелік покупних виробів, які застосовувались в розроблюваному виробі.

Відомість дозволу застосування покупних виробів – документ, що містить перелік покупних виробів, дозволених до застосування у відповідності з ГОСТ 2.124-85.

Відомість власників оригіналів – документ, що містить перелік підприємств (організацій), на яких зберігають оригінали документів, розроблених і (або) застосованих для даного виробу.

Відомість технічної пропозиції – документ, що містить перелік документів, що входять в технічну пропозицію.

Відомість ескізного проекту – документ, що містить перелік документів, що входять в ескізний проект.

Відомість технічного проекту – документ, що містить перелік документів, що входять в технічний проект.

Пояснювальна записка – документ, що містить опис пристрою і принципу дії розроблюваного виробу, а також обґрунтування прийнятих при його розробці технічних і техніко-економічних рішень.

Технічна умова – документ, що містить вимоги (сукупність всіх показників, норм, правил і положень) до виробу, його виготовлення, контролю, приймання та постачання, які недоцільно вказувати в інших конструкторських документах.

Програма і методика випробувань – документ, що містить технічні дані, що підлягають перевірці при випробуваннях виробу, а також порядок і методи їх контролю.

Таблиця – документ, що містить в залежності від його призначення відповідні дані, зведені в таблицю.

Розрахунок – документ, що містить розрахунки параметрів і величин, наприклад, розрахунок розмірних ланцюгів, розрахунок на міцність і ін.

Експлуатаційні документи – документи, призначені для використання при експлуатації, обслуговуванні та ремонті виробу в процесі експлуатації.

Ремонтні документи – документи, що містять дані для проведення ремонтних робіт на спеціалізованих підприємствах.

Інструкція – документ, що містить вказівки і правила, використовувани при виготовленні виробу (складанні, регулюванні, контролі, прийманні та т. п.).

Документи в залежності від стадії розробки поділяються на проектні (технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект) і робочі (робоча документація).

Найменування конструкторських документів в залежності від способу їх виконання та характеру використання наведені далі.

Оригінали – документи, виконані на будь-якому матеріалі і призначені для виконання по ним оригіналів.

Справжні документи – документи, оформлені справжніми встановленими підписами і виконані на будь-якому матеріалі, що дозволяє багаторазове відтворення з них копій. Допускається як справжні документи використовувати оригінал, репрографічну копію або екземпляр документа,

виданого друкарським способом, завізованого справжніми підписами осіб, які розробили даний документ і відповідальних за нормоконтроль.

Дублікати – копії оригіналів, що забезпечують ідентичність відтворення першотвору, виконані на будь-якому матеріалі, що дозволяє зняття з них копій.

Копії – документи, виконані способом, що забезпечує їх ідентичність з оригіналом (дублікатом) і призначені для безпосереднього використання при розробці, у виробництві, експлуатації та ремонті виробів. Копіями є також мікрофільми-копії, отримані з мікрофільмів дубліката.

Документи, призначені для разового використання у виробництві (документи макета, стендів для лабораторних випробувань і ін.) допускається виконувати у вигляді ескізних конструкторських документів.

#### ***2.4.2 Комплектність конструкторських документів***

При визначенні комплектності конструкторських документів на виробі слід розрізняти:

- основний конструкторський документ;
- основний комплект конструкторських документів;
- повний комплект конструкторських документів.

Основний конструкторський документ виробу окремо або в сукупності з іншими записаними в ньому конструкторськими документами повністю і однозначно визначають даний виріб і його склад.

За основні конструкторські документи приймають:

- для деталей – креслення деталі;
- для складальних одиниць, комплексів і комплектів – специфікацію

Виріб, застосований по конструкторським документам, виконаний відповідно до стандарту Єдиної системи конструкторської документації, записують в документи інших виробів, в яких його застосовано, за позначенням свого основного конструкторського документа. Вважається, що такий виріб застосовано за своїм основним конструкторським документом.

Основний комплект конструкторських документів виробу об'єднує конструкторські документи, що відносяться до всього виробу (складені на весь даний виріб в цілому), наприклад: складальне креслення, принципова електрична схема, технічні умови, експлуатаційні документи. Конструкторські документи складових частин в основний комплект документів виробу не входять.

Повний комплект конструкторських документів виробу складають (в загальному випадку) з наступних документів:

1) основного комплекту конструкторських документів на даний виріб;



2) основних комплектів конструкторських документів на всі складові частини даного виробу, застосовані за своїми основними конструкторськими документами.

## 2.5 Види з'єднань, їхні зображення та позначення на кресленнях

Всі з'єднання деталей машин ділять на роз'ємні і нероз'ємні. Роз'ємні можна розібрати, не руйнуючи форми, чого не можна зробити при нероз'ємному з'єднанні. До числа роз'ємних з'єднань відносять з'єднання за допомогою різьб, шпонкові, шліцьові і ін., до нероз'ємних – з'єднання зварюванням, пайкою, склеюванням, пресові з'єднання за допомогою заклепок, тощо.

### 2.5.1 Роз'ємні з'єднання

#### 2.5.1.1. Основні параметри й види різьб

Елементом роз'ємних кріпильних виробів є різьба. Різьба – це гвинтова поверхня, утворена на тілах обертання. Різьба на циліндричних поверхнях називається циліндричною, а на конічних поверхнях – конічною. Різьба може бути зовнішня, якщо вона нарізана на стержні. Внутрішня, якщо вона нарізана в отворі. За числом заходів різьби поділяють на однозахідні та багатозахідні.

Різьба може бути як правою, так і лівою.

Профіль різьби (рис. 2.116) – контур перерізу різьби в площині, яка проходить через її вісь. Форма профілю різьби обумовлює її назву. Основні параметри профілю різьби встановлені ДСТУ 2497-94. Розрізняють вершини, западини, бічні сторони.

До основних параметрів різьби згідно ДСТУ ISO 5408:2006 належать: зовнішній діаметр різьби  $d$ , внутрішній діаметр  $d_1$ , середній діаметр  $d_2$ , крок різі  $P$ , хід  $t$ , кут профілю різьби  $\alpha$ , довжина різьби  $l$ , довжина різьби повного профілю  $l_1$ , збіг різьби  $l_2$ .

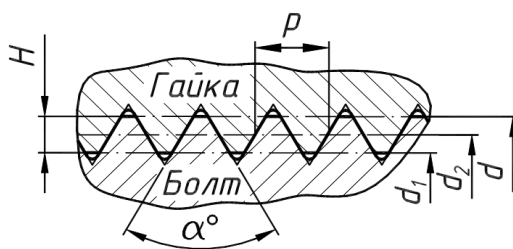


Рисунок 2.116 – Основні параметри різьби

Кроком різьби  $P$  називається відстань між відповідними точками двох сусідніх витків або відстань між сусідніми однойменними боковими сторонами профілю в напрямку паралельному осі різьби. Хід різьби  $t$  – це відстань між найближчими боковими сторонами профілю, які належать одній і тій самій гвинтовій поверхні, в напрямку паралельному до осі різьби; крок різьби є величина відносного осевого переміщення різьби за один оберт. В однозахідних різьбах хід дорівнює кроку  $t=P$ ; у багатозахідних – добутку кількості заходів на крок  $t=n \cdot P$ .

До конструктивних та технологічних елементів різьби належать проточка, фаски, збіги і недорізи.

Проточка – кільцева канавка на стрижні або кільцева виточка в отворі, необхідна для виходу різьботвірного інструмента. Розміри проточок стандартизовані ГОСТ 10549-80. Форму проточок для зовнішньої й внутрішньої метричної різьби показано на рис. 2.117. Величину радіуса  $R$  округлень приймають рівною приблизно половині кроку різьби.

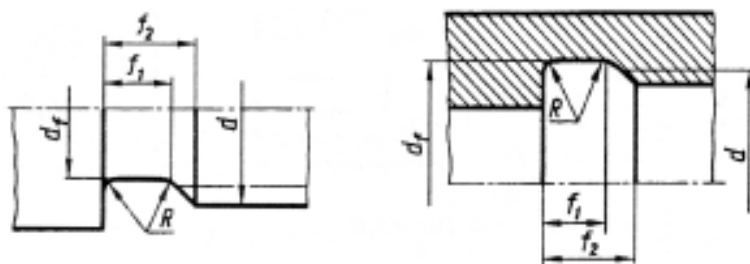


Рисунок 2.117 – Форми проточок для метричної різьби

Для зовнішньої різьби висоту фаски умовно приймають рівною кроку різьби  $P$ , кут нахилу твірної фаски до осі різьби –  $45^\circ$ . Кут фаски для внутрішньої різьби складає близько  $120^\circ$ . Максимальні значення величини збігу різьби залежно від кроку різьби приймають рівними: нормальний збіг – близько  $2,5 P$ ; короткий збіг –  $1,25 P$ . Максимальні значення величини недорізу різьби приймають рівними: нормальний – близько  $3 P$ ; короткий –  $2 P$ ; довгий –  $4 P$ . Розміри збігів, недорізів і проточок для зовнішньої і внутрішньої метричної різьби повинні відповідати ДСТУ ГОСТ 27148:2008.

### Типи різьби

Різьби поділяють на:

а) кріпильні:

*Метрична різьба* (ДСТУ ISO 261:2005 – загальні положення, ДСТУ ISO 68-1:2005 – основний профіль, ДСТУ ISO 724:2005 – основні розміри, ДСТУ ISO 965-2:2005 – граничні розміри зовнішніх і внутрішніх різьб), яка має профіль рівностороннього трикутника (рис. 2.118) з кутом при вершині  $\alpha=60^\circ$ . Розміри елементів метричної різьби задають в міліметрах. Для метричної різьби встановлені наступні значення кроку, мм:

0,075; 0,08; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,225; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2 і далі до 6 через 0,5 мм. Для метричної різьби загального призначення стандартом встановлені діаметри в діапазоні від 0,25 до 600 мм.

Метрична різьба буває з великим (для діаметрів від 1 до 68 мм) і дрібним (для діаметрів від 1 до 600 мм) кроком. Всі стандартні діаметри різьби розділені на 1, 2 і 3-й ряди. Кожен із них має різьби з великим і дрібним кроками. При цьому кожному діаметру різьби відповідає тільки один ряд.

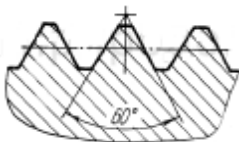


Рисунок 2.118 – Профіль метричної різьби

Стандарт рекомендує при виборі різьби надавати перевагу першому ряду перед другим, другому перед третім. В умовне позначення метричної різьби входять: літера М, номінальний діаметр, мм, значення кроку (для різьби з малим кроком), літери LH для лівої різьби. Наприклад, М24 – різьба номінального діаметра 24 мм з великим кроком; М24×1,5 – різьба номінального діаметра 24 мм з малим кроком 1,5 мм; М24×1,5LH – різьба номінального діаметра 24 мм з малим кроком 1,5 мм, ліва. Для умовного позначення метричної багатозахідної різьби додають значення ходу, а в дужках літера Р із значенням кроку. Наприклад, М24×3(Р1) – метрична тризахідна різьба номінального діаметра 24 мм з ходом 3 мм і малим кроком 1,5 мм.

Трубна циліндрична різьба ГОСТ 6357-81 /СТ СЭВ 1157-78/, яка має профіль рівнобедреного трикутника (рис. 2.119) з кутом при вершині  $\alpha=55^\circ$ . Вершини і западини різьби зрізані округлені, а в з'єднанні між вершинами і западинами зовнішньої та внутрішньої різьби відсутні зазори. Трубна різьба розроблена в дюймовій системі (1 дюйм = 25,4 мм) і має дрібні кроки. Крок трубної різьби задають непрямым способом – вказують кількість ниток різьби, що вкладаються на 1". Це кількість ниток стандартизована в межах від 28 до 11.

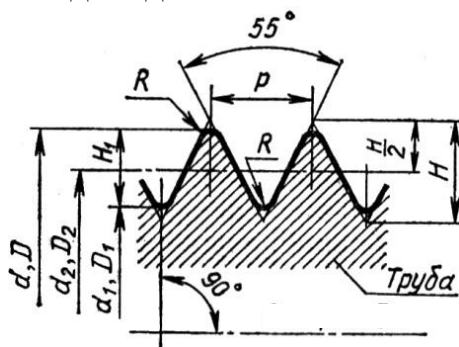


Рисунок 2.119 – Профіль трубної циліндричної різьби

Номинальним розміром трубної різьби є умовний прохід  $D_y$ . Оскільки, діаметр умовного проходу, який наближено дорівнює внутрішньому діаметру труби, не збігається із зовнішнім діаметром різьби, позначення трубної циліндричної різьби наносять на полочку лінії-виноски.

Умовне позначення трубної циліндричної різьби складається з літери G, розміру різьби в дюймах і класу точності середнього діаметра. Для лівої різьби позначення доповнюються літерами LH. Наприклад: G1 1/2 – A – трубна циліндрична різьба діаметром 1 1/2" класу точності A; G1 3/4 LH – B – трубна циліндрична різьба діаметром 1 3/4" ліва, класу точності B.

*Трубна конічна різьба* ГОСТ 6211-81, яка має профіль рівнобедреного трикутника з кутом при вершині  $\alpha=55^\circ$ , виконана на конічній поверхні конусністю 1:16. Вершини і впадини різі зрізані. Трубну конічну різьбу використовують для з'єднань, що вимагають підвищеної герметичності або працюють під великим тиском. Умовне позначення різьби складається з літери R (конічної зовнішньої різьби)  $R_C$  (для конічної внутрішньої різьби) та позначення розміру різьби. Для лівої різьби позначення доповнюються літерами LH. Наприклад: R1 1/4 – зовнішня трубна конічна різьба діаметром 1 1/4";  $R_C$  1 1/4 – внутрішня трубна конічна різьба діаметром 1 1/4".

*Конічна дюймова різьба* ГОСТ 6111-52\*, яка має профіль рівнобедреного трикутника з кутом при вершині  $\alpha=60^\circ$ . Її використовують у з'єднаннях паливних, масляних, водяних і повітряних трубопроводів різних машин і технологічного обладнання.

Умовне позначення конічної дюймової різьби складається з літери K і позначення розміру нарізи в дюймах. Наприклад: K 3/8" ГОСТ 6111-52\*.

б) ходові:

*Різьба трапецеїдальна* ГОСТ 9484-81, яка має профіль правильної рівнобічної трапеції з кутом  $\alpha=30^\circ$  (рис. 2.120). Може бути однозахідною і багатозахідною. Трапецеїдальну однозахідну використовують у діапазоні діаметрів 8...640 мм, кроками від 2 до 48 мм. Для кожного діаметру стандарт передбачає три різних кроки.

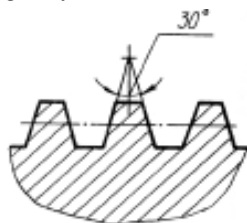
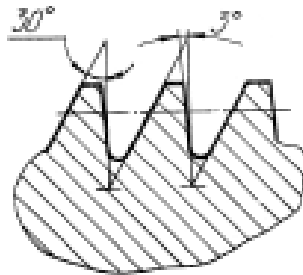


Рисунок 2.120 – Профіль трапецеїдальної різьби

Умовне позначення однозахідної трапецеїдальної різьби складається з літер Tr, номінального діаметра, кроку різьби та позначення поля до-

пуску середнього діаметра (цифри, яка означає ступінь точності, і літери, що означає основне відхилення). Наприклад: Tr50×8-7e – трапецеїдальна однозахідна зовнішня різьба діаметром 50 мм і кроком 8 мм; Tr50×8-7H – трапецеїдальна одно західна внутрішня різьба діаметром 50 мм і кроком 8 мм. Умовне позначення багатозахідної трапецеїдальної різьби складається з літер Tr, номінального діаметра, значення ходу, в дужках літера P зі значенням кроку різьби, літер LH для лівої різьби. Наприклад: Tr20×8(P4) – трапецеїдальна двозахідна різьба номінальним діаметром 20 мм, ходом 8 мм і кроком 4 мм; Tr24×4(P2)LH – трапецеїдальна двозахідна різьба номінальним діаметром 24 мм, ходом 4 мм, кроком 2 мм, ліва; Tr32×12(P6)-100 – трапецеїдальна двозахідна різьба номінальним діаметром 32 мм, ходом 12 мм, кроком 4 мм, довжиною згвинчування 100 мм.

*Різьба упорна* ГОСТ 10177-89, яка має профіль нерівнобічної трапеції, одна сторона якої нахилена під кутом 3°, а друга – під кутом 30° (рис. 2.121). Використовується у гвинтах з односторонньою дією навантаження (гвинтові преси, домкрати). Стандартизований ряд різьби діаметрів 10...640 мм і кроками від 2 до 24 мм. Може бути однозахідною та багатозахідною. Для лівої різьби позначення доповнюються літерами LH.



*Рисунок 2.121 – Профіль упорної різьби*

Умовне позначення однозахідної упорної різьби складається з літери S, номінального діаметра і значення кроку. Наприклад: S50×8 – однозахідна упорна різьба номінальним діаметром 50 мм і кроком 8 мм. Для умовного позначення багатозахідної упорної різьби додаються значення ходу і в дужках літера P, значення кроку. Наприклад: S50×16(P8) – багатозахідна упорна різьба номінального діаметру 50 мм, ходом 16 мм, кроком 8 мм. Крім вказаних різьб використовуються нестандартні і спеціальні різьби.

### *2.5.1.2 Болтове з'єднання*

Кріпильні деталі: болт, гайка і шайба, взяті разом, називають болтовим комплектом. У цей комплект може входити ще шплінт.

У більшості випадків (коли не потрібно дотримуватися точних розмірів, при малих габаритах) болтової комплект викреслюють спрощено за

відносними розмірами (рис. 2.122). Гайку і шайбу умовно показують нерозсіченими.

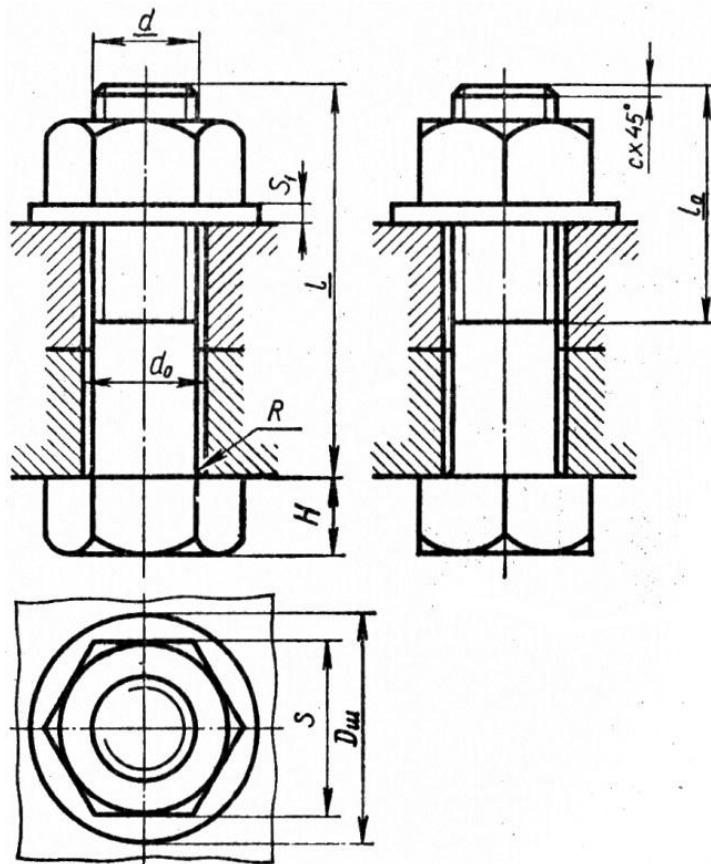


Рисунок 2.122 – Болтове з'єднання

Наведені нижче відносні розміри виражені через зовнішній діаметр різьби болта  $d$ :

$d_0 = 1,1d$  – отвір, через яке проходить болт. Цей отвір не має різьблення, воно свердлиться з таким розрахунком, щоб між болтом і стінками отвору залишався невеликий зазор;

$D_{ш} = 2,2d$  – діаметр шайби;

$S_1 = 0,15d$  – товщина шайби;

$c = 0,15d$  – висота фаски;

$\ell_0 = 2d + 6$  мм – довжина різьби болта;

$R = 0,5 \dots 1$  мм (радіус заокруглення стержня болта при переході його в голівку).

Розглянемо кожну деталь з болтового комплекту окремо.

Болт – циліндричний стрижень з голівкою. На кінці болта є різьба. Форми головок болтів в залежності від їх призначення дуже різноманітні: шестигранні (нормальні), квадратні, напівкруглі і ін. (рис. 2.123, а).

Стандарт встановлює розміри головки, довжину  $\ell_0$  різьби болта і ін. в залежності від зовнішнього його діаметра. Довжина ( $\ell$ ) болта не залежить від його діаметра, а тільки від товщини деталей, що скріплюються, висоти гайки і товщини шайби (рис. 2.123, б).

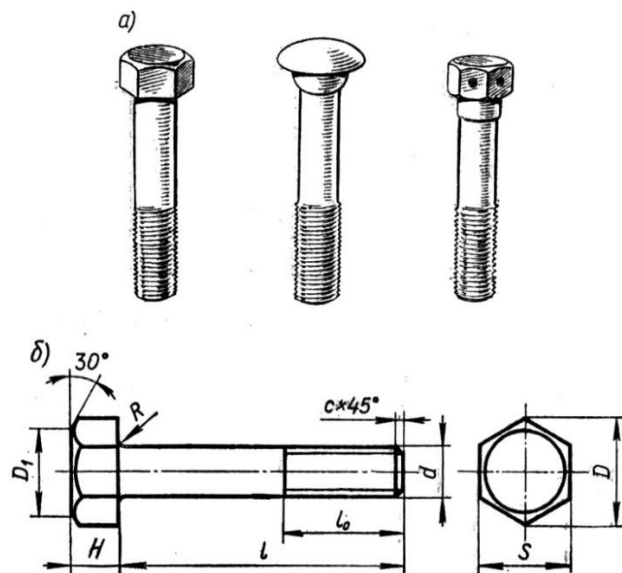


Рисунок 2.123 – Види і зображення болта

Умовне позначення, наприклад:

Болт М20 × 120.58 ДСТУ ГОСТ 7798:2008, т. е. болт діаметра різьби (d) 20 мм, довжиною (l) 120 мм, класу міцності 5.8, виконання 1 з великим кроком, без покриття.

Виконання 1, великий крок і відсутність покриття (00) прийнято записом не вказувати.

Гайки (рис. 2.124), так само як і болти, за формою поділяються на кілька видів: квадратні, шестигранні (нормальні і корончаті, з одного фаскою і двома фасками), гайки-баранчики і ін.

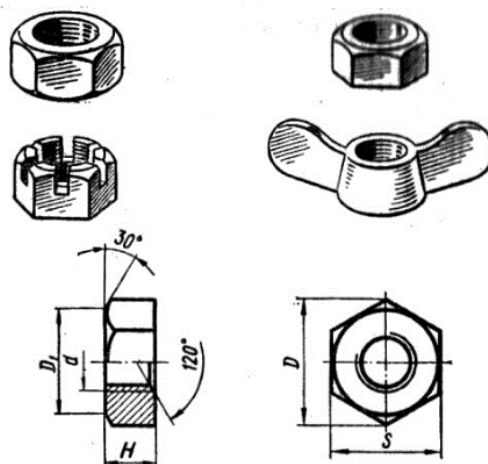


Рисунок 2.124 – Види і зображення гайки

Умовне позначення, наприклад:

Гайка М18.5 ДСТУ ГОСТ 5915:2008, т. е. гайка з діаметром різьби (d) 18 мм, класу міцності 5, виконання 1 з великим кроком, без покриття. Те ж, виконання 2: гайка 2М18.5 ДСТУ ГОСТ 5915:2008.

Шестигранні гайки і головки болтів спрощено викреслюють за такими відносними розмірами:

$d$  – зовнішній діаметр різьби болта;

$H = 0,8d$  – нормальна висота гайки;

$H = 0,7d$  – нормальна висота головки болта;

$D_1 = 0,95S$  – діаметр усіченого конуса;

$D = 2d$ ;  $R_1 = d$ ,  $R$  і  $r$  – з побудови.

Для запобігання опорних поверхонь від пошкоджень і для зручності складання на основах гайки і головки болта зрізають фаску з нахилом приблизно в  $30^\circ$ . У перетині фаски з площинами граней призми виходять дуги гіпербол, які при кресленні замінюють дугами кіл (рис. 2.125).

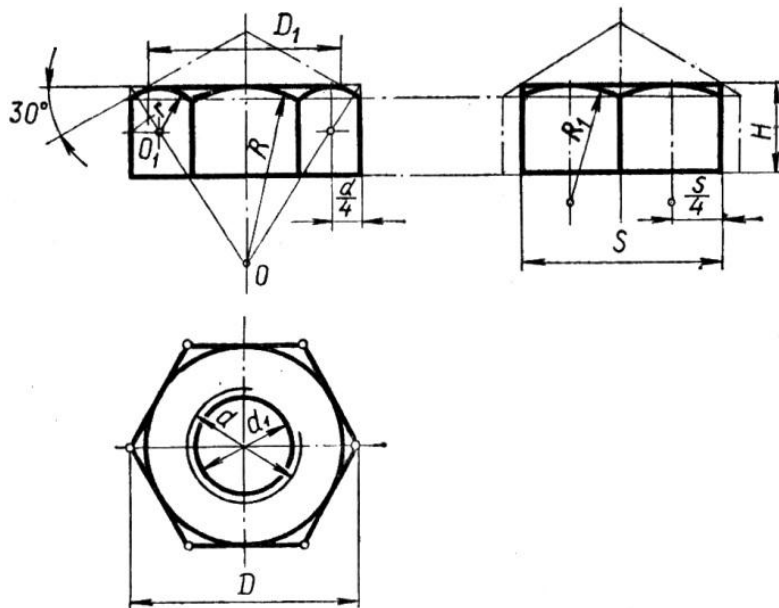


Рисунок 2.125 – Зображення гайки

Розміри гайок і головок болтів обумовлюють розміри гайкових ключів.

Для побудови гайки спочатку креслять вид зверху – шестикутник зі стороною, що дорівнює діаметру ( $d$ ) болта.  $S$  – розмір зіву (отвору) ключа визначають побудовою, але він має для кожного значення встановлену величину, тому слід прийняти для нього найближчий стандартний розмір. Потім на вигляді спереду креслять прямокутники (проекції граней) з висотою  $H = 0,8d$ , перетинають крайні прямокутники діагоналями і продовжують одну з них до зустрічі з осовою лінією.  $O$  – центр дуги радіуса  $R$  і  $O_x$  – центр дуги радіуса  $r$ .

Деякі гайки і головки гвинтів мають циліндричну форму.

Для того щоб при закручуванні пальці не ковзали, на їх поверхні наносять рифлення. Пряме рифлення зображують тонкими лініями, паралельними твірними поверхні, а сітчасту – під  $\angle 30^\circ$  до твірних (рис. 2.126).

Умовне позначення і параметри рифлення відповідають ГОСТ 21474-75.



Шайба служить для більш рівномірної передачі тиску від гайки на деталі, що з'єднуються. Крім того, вона охороняє гайку і деталь від пошкоджень при закручуванні (рис. 2.127).

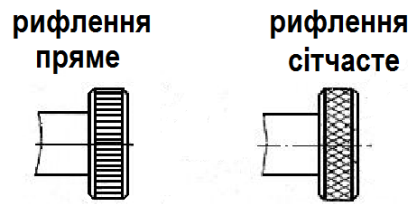


Рисунок 2.126 – Зображення рифлення на кресленні

Умовне позначення, наприклад: Шайба12 01 05 ГОСТ 11371–78 – шайба виконання 1 для болта діаметром різьблення ( $d$ ) 12 мм, встановленої товщини, з матеріалу підгрупи 01 з покриттям 05.

Для запобігання різьбових з'єднань від саморозгвинчування при поштовхах працюючих машин застосовують пружинні шайби, шплінти та інші способи стопоріння.

Пружинна шайба (рис. 2.128) являє собою один розрізаний виток пружини квадратного перетину лівої навивки. Гострі краї шайби впираються в торець деталі і гайки, затримуючи, таким чином, зворотне обертання гайки.

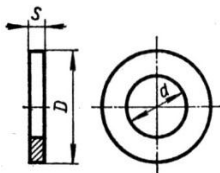


Рисунок 2.127 – Шайба

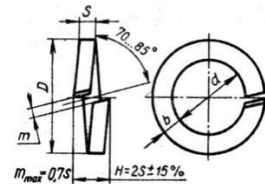


Рисунок 2.128 – Шайба пружинна

Умовне позначення, наприклад: Шайба 12 65Г029 ГОСТ 6402-70 – шайба пружинна нормальна для болта, гвинта, шпильки з діаметром різьби ( $d$ ) 12 мм, зі сталі марки 65 Г з кадмієвих покриттям товщиною 9 мкм.

Шплінт виготовляють з м'якої сталевого дроту напівкруглого перетину (рис. 2.129). Він вставляється в отвір на кінці болта, гвинта або шпильки. Умовне позначення, наприклад: Шплінт 5×8000 1 ГОСТ 397-79 – шплінт з умовним діаметром отвору 5 мм, довжиною ( $l$ ) 80 мм, з матеріалу підгрупи 00, з покриттям 1.

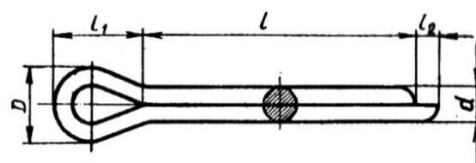


Рисунок 2.129 – Шплінт

### 2.5.1.3. З'єднання шпилькою

Воно застосовується, головним чином, в тих випадках, коли конструкція деталі не дає можливості утворити на ній опорні майданчики для головок болтів.

Шпилька відрізняється від болта тим, що має різьбу на обох кінцях. Одним кінцем вона щільно загвинчується, наприклад, в станину, в якій є спеціальне гніздо з різьбою, а на інший кінець накрутається гайка, стягуюча деталі, що скріплюються (рис. 2.130, а). Гніздо для загвинчування шпильки спочатку висвердлюють (діаметр свердла дорівнює приблизно внутрішньому діаметру різьби на шпильці), а потім за допомогою мітчика нарізують різьбу (рис. 2.130, б). Глибина гнізда  $l_2$  більше довжини нижнього кінця шпильки (рис. 2.130, в) приблизно на  $0,5d$ ,  $l_2 \approx l_1 + 0,5d$ . Це пояснюється тим, що мітчиком можна на всю глибину гнізда нарізати різьбу повного профілю (нижня частина мітчика має конусність). Для забезпечення надійності з'єднання, різьба в гнізді нарізають на глибину  $l_p \approx l_1 + 0,25d$ .

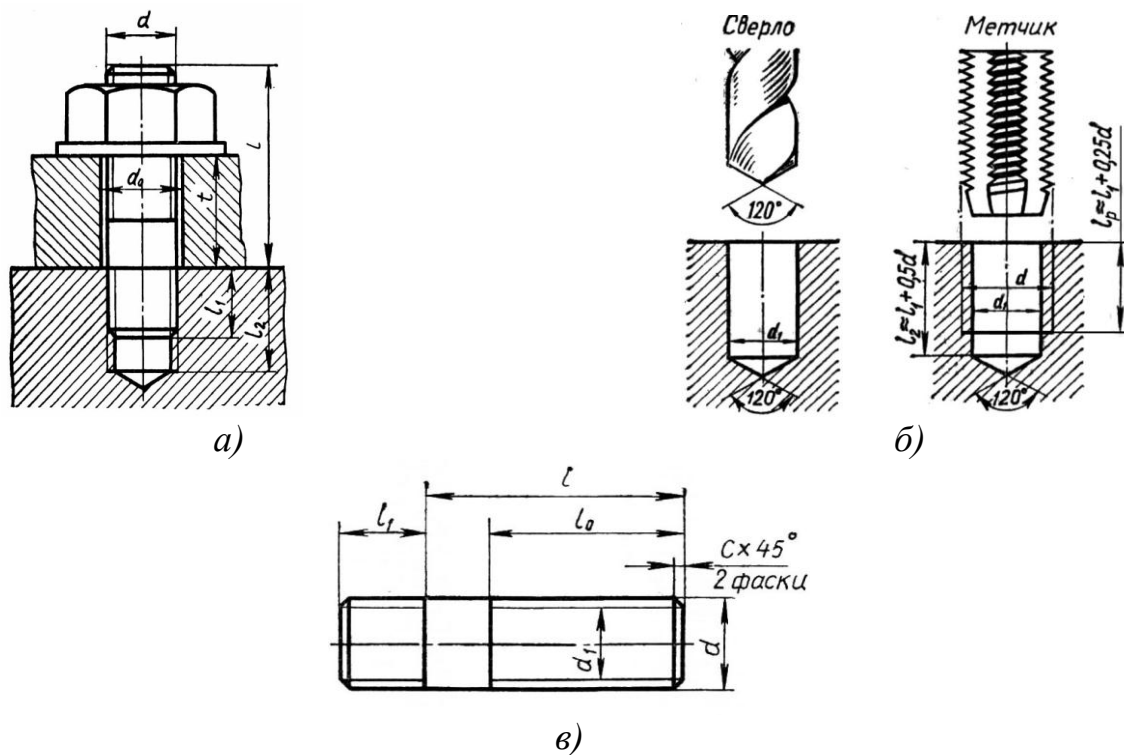


Рисунок 2.130 – З'єднання шпилькою

Глибина загвинчування шпильки залежить від матеріалу, в якому свердлиться гніздо. Якщо шпилька ввертається в твердий матеріал (сталь, бронзу), то довжина нижнього кінця  $l_1$  дорівнює  $d$  – діаметру шпильки. Якщо шпилька ввертається в більш м'який матеріал (чавун, алюмінієві

сплави і т. п.), то  $\ell_1 = 1,25d$ . Для різьбових отворів в деталях з легких сплавів  $\ell_1 = 2d$ . Шпилька ввертається найчастіше за допомогою двох гайок – гайки і контргайки, тому довжина нарізки  $\ell_0$  на верхньому кінці повинна бути такою, щоб на ній помістилися обидві гайки, т. е.  $\ell_0 \approx 2d + 6 \text{ мм}$ . Однак, слід пам'ятати, що довжина нарізки  $\ell_0$  на верхньому кінці шпильки визначається стандартом і, перш за все, залежить від діаметра шпильки  $d$  і довжини шпильки  $\ell$  і її слід уточнювати по ГОСТ 22032-76 – ГОСТ 22041-76.

Умовне позначення, наприклад: Шпилька М16 ×120 ГОСТ 22032-76, т. е. шпилька А діаметра різьби ( $d$ ) 16 мм, довжиною ( $\ell$ ) 120 мм з великим кроком, без покриття (Тип А прийнято також не вказувати записом).

#### *2.5.1.4 Шпонкові та шліцьові з'єднання*

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

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

#### *Шпонкові з'єднання*

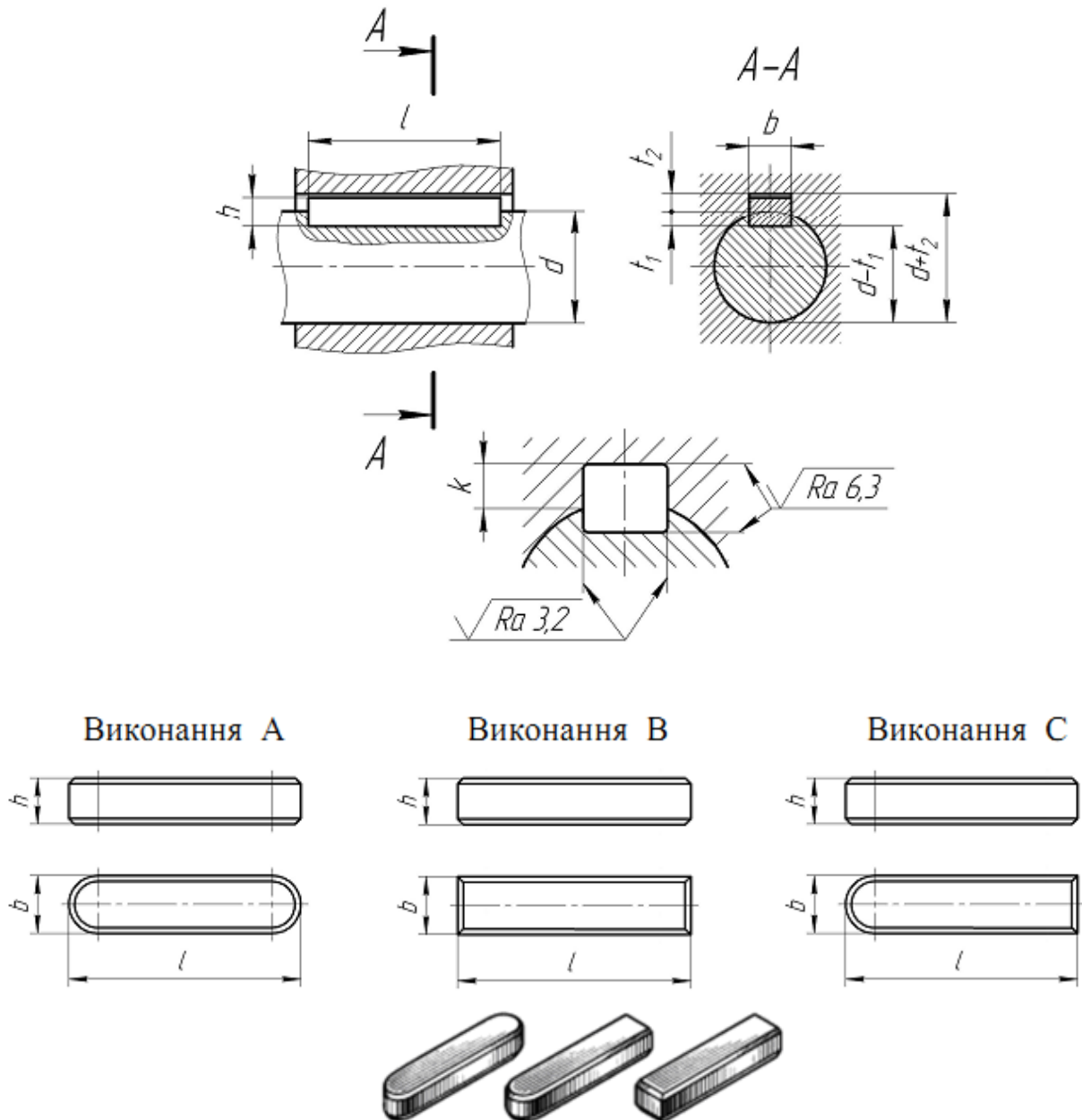
Шпонки призначені для передачі крутного моменту від вала до маточини деталі (зубчастого колеса, шківка тощо) чи навпаки, від маточини до вала. В окремих випадках, крім передачі крутного моменту шпонки фіксують деталі на валу в осьовому напрямку (клинові шпонки) чи призначені для задавання напрямку їх руху (спеціальні направляючі шпонки).

#### *З'єднання призматичними шпонками*

Призматичні шпонки (рис. 2.131) виконують прямокутного перерізу з відношенням висоти до ширини перерізу ( $h:b$ ) від 1:1 для валів малих діаметрів до 1:2 для валів великих діаметрів (ГОСТ 23360-78).

Кінці шпонок виконують плоскими чи округлими. Призматична шпонка являється врізною, тобто поміщається в паз вала. Робочими гра-

нями призматичних шпонок служать їх бокові, більш вузькі грані. Для спрощення і полегшення збору шпонкових з'єднань між шпонкою і маточиною передбачують радіальний зазор. Розміри поперечного перерізу шпонок, а також пазів стандартизовані (ГОСТ 23360-78) і визначаються в залежності від діаметра валу (табл. 2.2). Довжину шпонки приймають набагато меншу (на 3...7 мм) довжини маточини, узгодивши довжину шпонки із стандартним рядом довжин.



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

Рисунок 2.131

Для ступінчастих валів допускається приймати менші розміри перерізів стандартних шпонок на валах більших діаметрів, за виключенням вихідних кінців валів. Це пов'язано з тим, що з міркувань міцності і працездатності шпонкових з'єднань немає причин призначення для ступені більшого діаметра великої шпонки, чим для ступені меншого діаметра того ж валу. Навпаки, чим більший діаметр ступені ступінчатого валу, тим меншим для неї може бути переріз шпонки тому, що при однаковому крутному моменті в шпонковому з'єднанні на ступені більшого діаметра діють менші зусилля, чим в шпонковому з'єднанні на ступені меншого діаметра.

Таблиця 2.2 – Розміри пазів призматичних шпонок на валах згідно з ГОСТ 23360-78

Діаметр валу $d$	Шпонка			Паз		
	$b$	$h$	$l$	$t_1$	$t_2$	$r$ або $c \times 45^\circ$
6...8	2	2	6...20	1,2	1,0	0,80...0,16
8...10	3	3	6...36	1,8	1,4	
10...12	4	4	8...45	2,5	1,8	
12...17	5	5	10...56	3,0	2,3	0,16...0,25
17...22	6	6	14...70	3,5	2,8	
22...30	8	7	18...90	4,0	3,3	0,25...0,40
30...38	10	8	22...110	5,0		
38...44	12		28...140			
44...50	14	9	36...160	5,5	3,8	

Наявність на одному валу шпонкових пазів однакових по перерізу і довжині покращує технологічність конструкції вала. Таким чином, рекомендується призначати однакові шпонки для всіх ступенів вала, виходячи із найменшого діаметра, що має шпонковий паз.

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

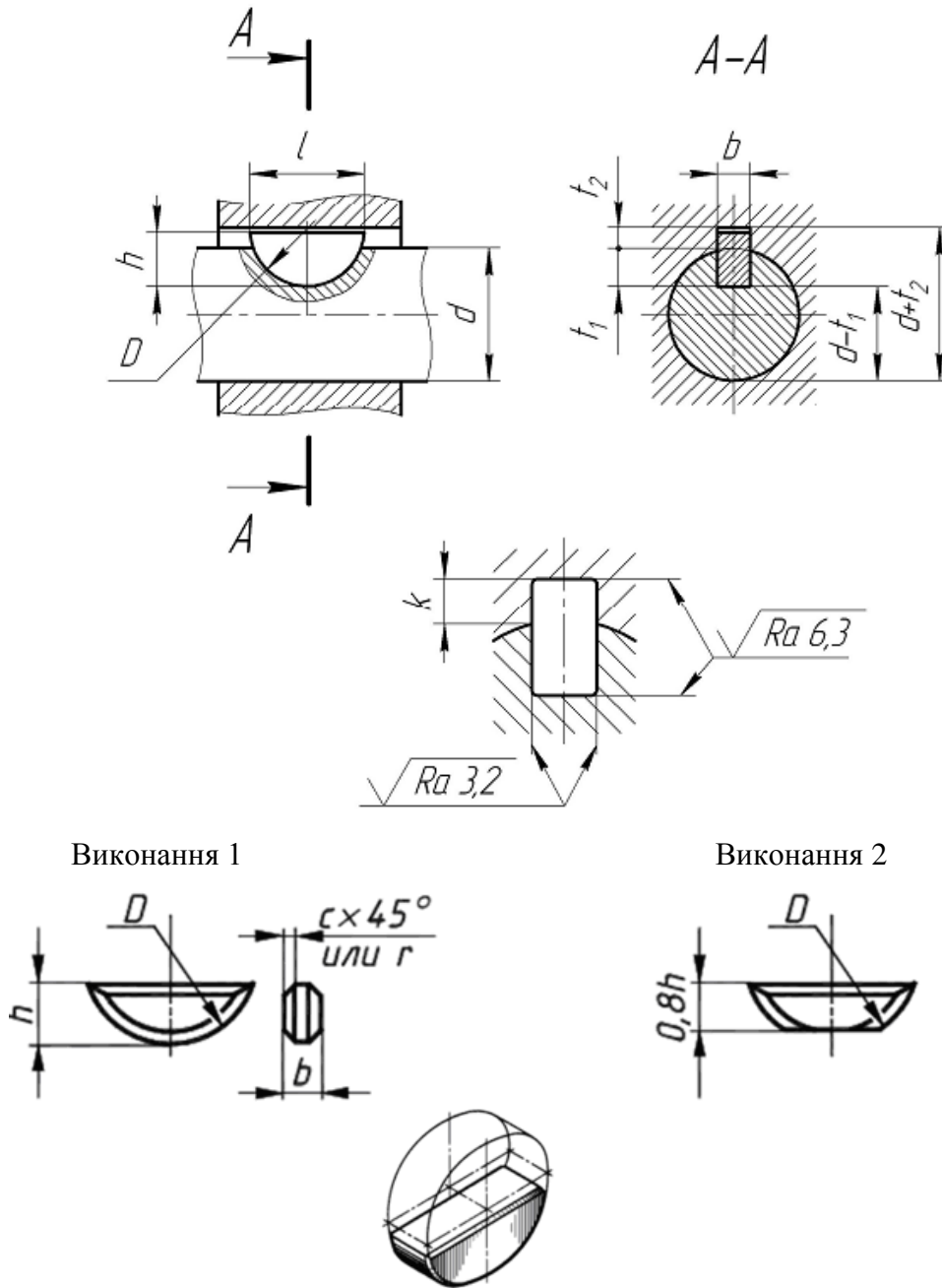
*Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78*

Те ж, виконання В:

*Шпонка В 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78.*

### З'єднання сегментними шпонками

Сегментні шпонки (рис. 2.132, табл. 2.3) використовуються рідше чим призматичні, також вони забезпечують меншу точність посадок маточини на валу і вриваються у вал на більшу глибину, що відповідно знижує витривалість валів.



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

Рисунок 2.132

Таблиця 2.3 – Розміри пазів сегментних шпонок на валах згідно з ГОСТ 24071-80

Діаметр валу $d$	Шпонка			Паз		
	$b$	$h$	$D$	$t_1$	$t_2$	$r$ або $c \times 45^\circ$
7...8	2,5	3,7	10	2,7	1,2	0,80...0,16
8...10	3,0	5,0	13	3,8	1,4	
10...12		6,5	16	5,3		
12...14	4,0			7,5	19	5,0
14...16		6,0				
16...18		5,0	6,5	16	4,5	2,3
18...20	7,5		19	5,5		
20...22	6,0	9,0	22	7,0	2,8	
22...25				6,5		
25...28		10,0	25	7,5		
28...32	8,0	11,0	28	8,0	3,3	0,25...0,40
32...38	10,0	13,0	32	10,0		

Застосування сегментних шпонок обумовлено технологічністю з'єднання (не потребує ручної підгонки), а також стійким положенням шпонки у валу, що виключає її перекошення і концентрацію напружень. Шпонки при коротких маточинах встановлюють по одній, при довгих – по дві (інколи навіть три) по довжині маточини. Сегментні шпонки характеризуються шириною  $b$ , діаметром заготовки  $D$ , висотою  $h$  (чи довжиною  $l$ ) (див. рис. 2.132).

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

*Шпонка 6 × 10 ГОСТ 24071-80.*

*З'єднання клиновими шпонками*

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

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

Розміри клинових шпонок вибираються в залежності від діаметра вала і довжини маточини насадженої деталі. Клинові шпонки позначаються наступним чином. Наприклад, клинова шпонка виконання 1 з розмірами  $b = 18 \text{ мм}$ ,  $h = 11 \text{ мм}$ ,  $l = 100 \text{ мм}$ :

*Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 24068-80,*

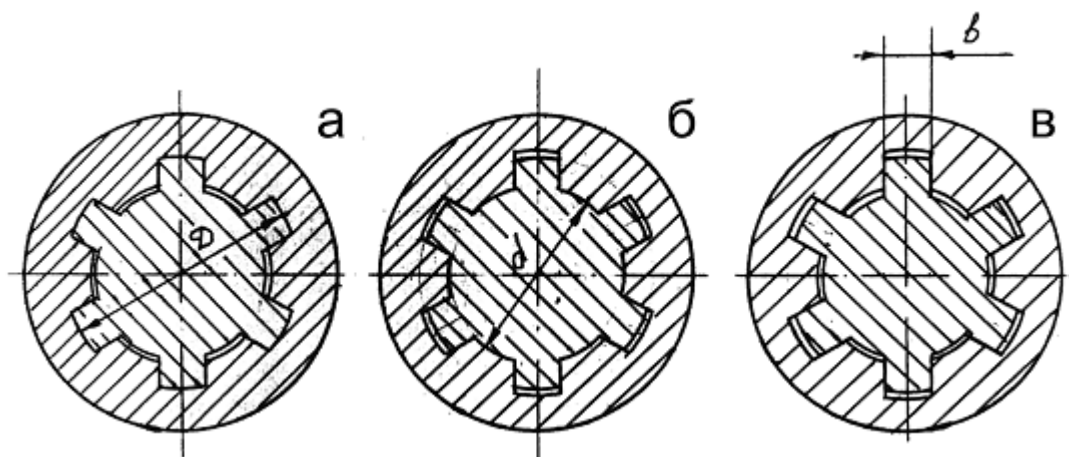
те ж, виконання 2:

*Шпонка 2–18 × 11 × 100 ГОСТ 24068-80.*

### *Шліцьові з'єднання*

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

По формі профілю шліців розрізняють три типи з'єднань: прямобічні (рис. 2.133), евольвентні (рис. 2.134, а, б) і трикутні (рис. 2.134, в). З'єднання з трикутними зубами не стандартизовані і використовуються тільки в якості нерухомого з'єднання при передачі невеликих моментів при тонкостінних втулках.



*Рисунок 2.133*



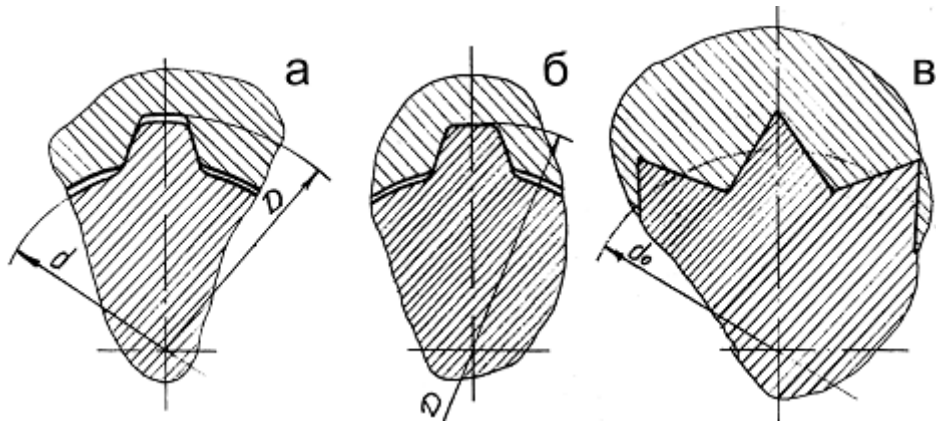


Рисунок 2.134

### Вибір шліцьових з'єднань

Прямобічні шліцьові з'єднання найбільш поширені. Розміри з'єднань вибирають в залежності від діаметра вала по ГОСТ 1139-80.

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

З'єднання з прямобічними шліцами виконують з центруванням по бічним граням зубів розміру  $b$  або по зовнішньому  $D$ , чи внутрішньому  $d$  діаметрам вала. Центрування по бічним граням забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по зубам, тому його застосовують при важких умовах роботи (ударні навантаження).

Діаметр центрування вибирають виходячи із технологічних умов. Якщо твердість матеріалу втулки дозволяє обробіток протяжкою ( $HB < 350$ ), то рекомендують центрування по зовнішньому діаметрі, при високій твердості втулки – по внутрішньому діаметрі.

Позначення шліцьових з'єднань валів і втулок повинні містити: літеру, що позначає поверхню центрування; число шліців та номінальні розміри  $d$ ,  $D$  і  $b$  з'єднання, вала і втулки; позначення полів допусків чи посадок діаметрів, а також розміри  $b$ , розміщені після відповідних розмірів. Допускається не вказувати позначення допуску не центрованих діаметрів.

Приклад умовного позначення з'єднання з числом шліців  $z=8$ , внутрішнім діаметром  $d=36$  мм, зовнішнім діаметром  $D=40$  мм, шириною зуба  $b=7$  мм, з центруванням по внутрішньому діаметру

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

те ж при центруванні по зовнішньому діаметрі з посадкою по діаметрі

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

те ж при centruванні по бічним сторонам:

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

Евольвентні шліцьові з'єднання (ГОСТ 6033-80) розрізняють з центруванням маточини по бічним сторонам, зовнішньому та внутрішньому діаметру. В порівнянні з шліцьовими прямобічними з'єднаннями евольвентні мають більш високу міцність, простіші і дешевші у виробництві, що слугувало причиною все більш широкого використання машинобудуванні.

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

### 2.5.2 Нероз'ємні з'єднання. З'єднання зварюванням

Зварювання як спосіб з'єднання деталей займає одне з провідних місць у сучасній технології. Воно являє собою процес отримання нероз'ємного з'єднання деталей нагріванням місця з'єднання до плавлення або пластичного стану. Розрізняють декілька видів і методів зварювання. Найбільш часто застосовуються: газове зварювання, при якому для нагрівання і плавлення металу використовується теплота полум'я, одержуваного від згоряння ацетилену в кисні, і електродугове зварювання, при якому для тих же цілей використовується електрична дуга.

При зварюванні плавленням відбувається оплавлення кромки з'єднуваних деталей і одночасно заповнення зазорів між ними розплавленим металом. Після охолодження в цьому місці утворюється міцний шов. Плавленням зварюють сталі всіх марок, чавун, мідь, латунь, бронзу, алюмінієві сплави і ін.

Зварюванням можна з'єднувати також термопластичні пластмаси: вінілпласт, капрон, поліетилен, полістирол і ін. Сварка пластмас здійснюється гарячим газом або розігрітим інструментом.

Умовне позначення швів зварних з'єднань виконують за ГОСТ 2.312-72. Структуру умовного позначення стандартного шва або зварної точки наведено на рис. 2.135.

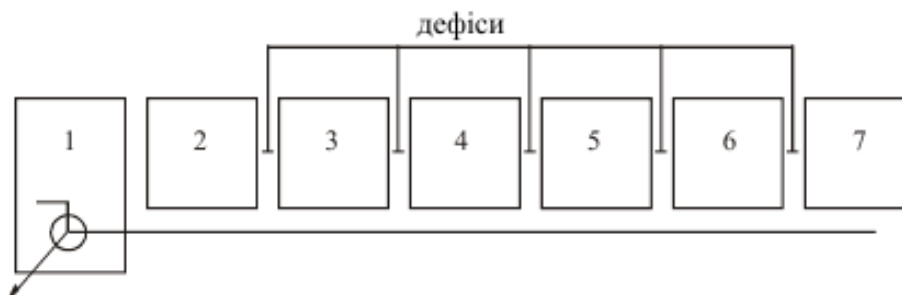


Рисунок 2.135 – Умовне позначення зварного шва

- В умовному позначенні зварного шва цифри означають:
- 1 – додаткові знаки шва по замкненій лінії і монтажного;
  - 2 – позначення стандарту на типи та конструктивні елементи швів;
  - 3 – літерно-цифрове позначення швів;
  - 4 – умовне позначення способу зварювання (допускається не вказувати) (табл. 2.4);
  - 5 – знак  $\triangle$  і розмір катета;
  - 6 – характеристика шва або одиночної зварної точки (для переривчастого шва) – довжина проварюваної ділянки, знак Z чи / та шаг);
  - 7 – допоміжні знаки, які вибирають з табл. 2.5.

Буквені позначення деяких видів, способів і методів зварювання наведені в табл. 2.4.

Способи виконання зварювання позначаються на такий спосіб: Р – ручний; П – напівавтоматичний; А – автоматичний.

Для різновидів зварювання в захисних газах ГОСТ 14771-76 встановлює наступні позначення:

ІН – в інертних газах вольфрамовим електродом, що не плавиться, без присадкового матеріалу;

*Таблиця 2.4 – Буквені позначення деяких видів, способів і методів зварювання*

Вид і метод зварювання	Літерне позначення
Електричне дугове	Е
Електричне дугова під шаром флюсу	Ф
Електричне дугове в середовищі захисних газів	З
Електричне дугове відкритою дугою	В
Електрошлакове	ШЕ
Контактне	Кт
Газове	Г
Ультразвукове	Уз
Тертям	Тр
Холодне	Х
Плазменне	Пз
Електронним променем	Ел
Дифузійне	Дф
Світловим променем	Лз
Вибухом	Вз
Індукційне	І
Газопресове	Гп
Термітне	Тм
Токами радіочастоти	Рч
Гелію (сонячне)	Гс

Іп – в інертних газах вольфрамовим електродом, що не плавиться, із присадковим матеріалом;

ІІ – в інертних газах і їхніх сумішах з активними газами електродом, що плавиться;

УП – у вуглекислому газі електродом, що плавиться.

Проте всі шви, незалежно від способу зварювання, зображують однаково.

Таблиця 2.5 – Допоміжні знаки в умовному позначенні зварних швів

Додаткові визначення	Зміст визначення	Розташування визначення	
		Шов видимий	Шов невидимий
	Посилення шву зняти		
	Напливи та нерівності шву обробити з плавним переходом до основного металу		
	Шов виконати під час монтажу виробу		
	Шов уривчастий із ланцюговим розташуванням (кут нахилу лінії – 60°)		
	Шов уривчастий із шаховим розташуванням		
	Шов за замкнутим контуром. Діаметр знаку 3...5 мм		
	Шов за незамкнутим контуром (якщо розташування шву ясно за кресленням)		

### Приклади умовного позначення зварних швів

1. Шов стикового з'єднання без скосу крайків однобічний, виконаний ручним дуговим зварюванням по замкненій лінії з лицьового боку.

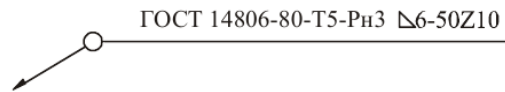


Те ж зі зворотного боку

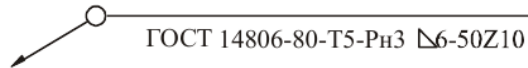


2. Шов таврового з'єднання без скосу крайків, двобічний, переривчастий з шаховим розташуванням виконуваний ручним дуговим зварюванням.

рюванням в захисних газах неплавким металевим електродом. Катет шва 6 мм. Довжина проварюваної ділянки 50 мм. Шаг 100 мм з лицьового боку.



Те ж зі зворотного боку



## 2.6 Загальні відомості про ескізування

### 2.6.1 Вимоги до ескізу

В умовах виробництва і при проектуванні іноді виникає необхідність в кресленнях тимчасового або одноразового використання, які отримали назву ескізів. Ескіз – креслення тимчасового характеру, виконаний, як правило, від руки (без використання інструментів для креслення), на будь-якому (в клітинку) папері, без дотримання масштабу, але зі збереженням пропорцій елементів деталі, а також у відповідності з усіма правилами і умовами, встановленими стандартами.

Ескіз виконується акуратно, безпосередньо з деталі. Якість ескізу повинна бути близькою до якості креслення. Ескіз повинен містити:

- а) мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів), які дають уявлення про форму деталі;
- б) розміри та інші дані, необхідні для виготовлення деталі;
- в) основний напис.

Ескіз кожної деталі виконується на окремому форматі (ГОСТ 2.301-68).

Для литих деталей в технічних вимогах, які поміщаються над основним написом, записують непозначені на кресленні радіуси скруглення і ухили. В основному написі креслення вказують найменування деталі в називному відмінку і одиниці. Якщо найменування складається з декількох слів, спочатку пишеться іменник, а потім – пояснювальні слова (ГОСТ 2.109-73), наприклад: «колесо зубчасте».

При виконанні ескізів необхідно дотримуватися ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень».

## 2.6.2 Послідовність виконання ескізів

1. Уважно розглянути деталь, вивчити її конструкцію, призначення, технологію виготовлення і визначитися з назвою. При вивченні конструкції ретельно аналізується форма деталі шляхом уявного розчленування її на більш прості геометричні тіла (або їх частини), включаючи порожнечі. Слід мати на увазі, що будь-яка деталь являє собою різні сполуки більш простих геометричних форм: призм, пірамід, циліндрів, конусів, сфер, і ін.

2. Визначити мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів), необхідних для повного уявлення конструкції деталі.

Для деталей типу тіл обертання, а також для деталей типу валів і втулок з різьбами, як правило, досить одного виду. Якщо на таких деталях є отвори, зрізи, пази, то головний вид доповнюють одним або декількома видами, розрізами, перерізами, які виявляють форму цих елементів, а також виносними елементами. Для тонких плоских деталей будь-якої форми досить одного зображення. Товщину матеріалу вказують на полиці ліній-виноски із зазначенням символу «S» (товщини) перед її цифровим позначенням.

Особлива увага приділяється вибору головного виду. Він повинен давати найбільше повне уявлення про форму та розміри деталі.

Головний вид деталі вибирають з урахуванням технології її виготовлення. Зображення планки, лінійки, валу, осі і т. п. рекомендується розташовувати на форматі горизонтально. Зображення корпусу, кронштейни і т. п. – основою вниз.

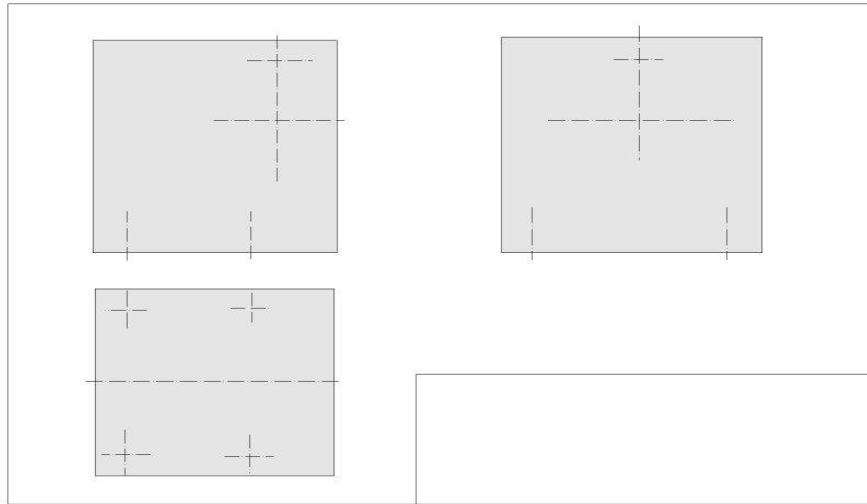
Якщо деталь складної конструкції в процесі виготовлення не має переважного положення, то за головне зображення таких деталей приймають їх розташування в готовому виробі, машині.

Для деталей типу шківів, коліс головним зображенням є фронтальний розріз. Його виконують цілком, що полегшує нанесення розмірів.

Деталі типу гвинтів, болтів, валиків виготовляють на токарних верстатах або автоматах. Їх вісь при обробці – горизонтальна. При зображенні таких деталей на ескізі враховують також положення, в якому виконують найбільший обсяг робіт з виготовлення деталі, тобто виконують найбільше число переходів (перехід – обробка однієї елементарної поверхні).

3. Вибрати згідно ГОСТ 2.301-68 формат креслення, виконати на ньому рамку і основний напис. Розмір формату вибирають в залежності від складності та розмірів деталі з урахуванням можливості як збільшення зображення в порівнянні з натурою для складних і дрібних, так і зменшення для простих за формою і великих деталей. Зображення повинно бути таким, щоб не виникало труднощів при читанні ескізу і нанесенні розмірів. Рекомендується виконувати ескізи на папері в клітку.

4. Намітити тонкими суцільними лініями габаритні прямокутники для майбутніх зображень з розрахунками рівномірного використання поля формату. Провести осьові лінії (рис. 2.136).



*Рисунок 2.136*

5. Позначити тонкими суцільними лініями видимий контур деталі, починаючи з основних геометричних форм і зберігаючи на всіх зображеннях проекційний зв'язок і пропорції елементів деталі. Викреслити тонкими лініями вибрані розрізи і перерізи за правилами ГОСТ 2.305-2008. У разі потреби завдати лінії невидимого контуру. Зобразити раніше пропущені подробиці: канавки, фаски, скруглення і ін. Заштрихувати розрізи і перерізи за ГОСТ 2.306-68. Видалити зайві лінії, обвести ескіз, дотримуючись співвідношення товщини різних типів ліній згідно ГОСТ 2.303-68.

6. Нанести виносні і розмірні лінії, стрілки, проставити знаки діаметрів, радіусів, ухилів і конусності, позначити розрізи і перерізи. Провести виміри деталі і вписати розмірні числа, причому розмірні числа записувати відразу після кожного вимірювання, які не накопичуючи їх в пам'яті.

7. Заповнити основний напис і записати технічні вимоги. Вимоги до матеріалу, з якого повинна бути виготовлена деталь, вказують на ескізі деталі в графі «Матеріал» основного напису.

8. Уважно перевірити ескіз і при необхідності внести виправлення.

### ***2.6.3 Загальні вимоги до нанесення розмірів на ескізі***

Відповідальним етапом в процесі виконання ескізів є проставлення розмірів. Проставлення розмірів на ескізі деталі складається з двох елементів: виміру розмірів і їх нанесення.

Задати розміри на ескізі деталі – значить визначити необхідний мінімум розмірів і ступінь їх точності, які забезпечують виготовлення деталі і не обмежують технологічних можливостей, тобто дозволяють застосувати до деталі різні варіанти технологічного процесу.

Нанести розміри на ескізі – значить так розташувати виносні і розмірні лінії, розмірні числа, щоб цілком виключити можливість неправильно-

го тлумачення ескізу і забезпечити зручність його читання. Правила про- ставляння і нанесення розмірів викладені в ДСТУ ГОСТ 2.307:2013.

Основні інструменти для обміру деталей: лінійка сталева, кронцир- куль, нутромір, штангенциркуль, мікрометр, кутомір, радіусовимірювач і різьбоіри. Лінійкою, кронциркулем і нутроміром можна зняти розміри з точністю до 0,5 мм. Розміри, які вимірювали кронциркулем і нутроміром, визначаються за допомогою лінійки. Штангенциркулем, оснащеним гли- биноміром, ноніусом, довгими і короткими ніжками, проводять виміри з точністю до 0,05 мм. Мікрометр служить для вимірювання зовнішніх ді- аметрів прутків та інших деталей з точністю до 0,005 мм. Вимірювання ку- тів деталей проводиться за допомогою кутомірів різних конструкцій. При обмір деталей широко використовуються шаблони різної форми і при- значення.

Для обміру деталей в умовах виробництва використовуються і більш складні інструменти та прилади.

#### **2.6.4 Ескізування деталі типу «Вал»**

Вал є відповідальною деталлю механізмів машин. Вал служить для передачі крутного моменту і обертається разом із закріпленими на ньому елементами механізму. Вали можуть бути циліндричними постійного ді- аметра, ступінчастими і з нарізаними на них зубчастими вінцями або шлі- цами.

Опорні частини валів називаються цапфами. Проміжні цапфи нази- ваються шийками.

Цапфи валів, які працюють в підшипниках ковзання, можуть бути циліндричними, конічними або сферичними. Найбільше поширення мають циліндричні цапфи як найпростіші в технологічному відношенні. Цапфи валів для підшипників кочення виконують циліндричними. У деяких випа- дках вони мають різьбові ділянки або інші конструктивні елементи для кріплення підшипників.

Для валів, які виготовляються переважно на токарних верстатах, го- ловний вид розташовують на кресленні так, щоб вісь деталі розташовува- лася горизонтально.

Деталі типу «Вал» найчастіше містять такі елементи, як фаски, лис- ки, шпонкові пази, центрувальні отвори, проточки (канавки) для виходу шліфувального круга і виходу різучого інструменту при нарізанні різьби, канавки для стопорних шайб, ущільнюючих кілець.

У виробках дрібносерійного виробництва на валах для кріплення зуб- частих коліс використовуються шпонкові з'єднання (див. п. 2.5.1.4). Їх не- доліками є мала несуча здатність через ослаблення валу шпонковими па- зами і низька технологічність.



На валах між ступеннями різних діаметрів виконують перехідні ділянки. Їх конструктивні форми показані на рис. 2.137.

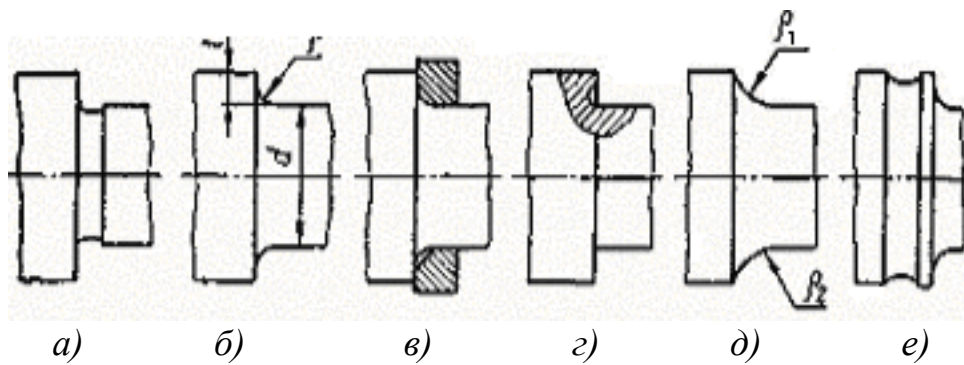


Рисунок 2.137

Конструкції перехідних ділянок можуть бути наступними:

1 З канавкою для виходу шліфувального круга (рис. 2.137, а). Канавки здебільшого виконують шириною 3 мм і глибиною 0,25 ... 0,30 мм на валах діаметром 10 ... 50 мм, а на валах діаметром 50 ... 100 мм – завширшки 5 мм і глибиною 0,5 мм. Канавки повинні мати максимально можливі радіуси заокруглень для зменшення концентрації напружень і підвищення опору проти втомного руйнування в умовах дії змінних напружень. Канавки виконують на валах, діаметри яких визначають за умовою жорсткості, і на кінцевих ділянках валів, в перерізі яких діють незначні згинальні моменти. Якщо на валу є різьбові ділянки, то канавки передбачають для виходу різьбонарізного інструменту.

2 З перехідною поверхнею – жолобником постійного радіуса (рис. 2.137, б). Для важко навантажених валів у випадках, коли збільшення радіусу галтелі обмежується радіусом заокруглення або фаскою кромки деталей, застосовуються додаткові проміжні кільця (рис. 2.137, в).

3 З жолобником спеціальної форми (рис. 2.137, г, д, е). Застосовують галтелі еліптичної форми або галтелі, які окреслені двома радіусами кривизни.

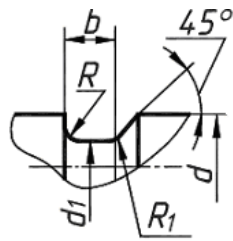
Слід звернути увагу, що канавки (проточки) в залежності від їх призначення мають свої особливості зображення на кресленні згідно з правилами стандартів.

На робочих кресленнях валів для постановки необхідних розмірів використовують виносні елементи або перерізи в збільшеному масштабі.

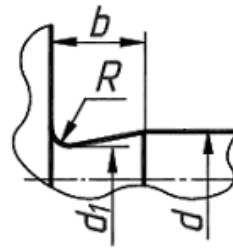
Розміри канавок для виходу шліфувального круга (рис. 2.138, 2.139) наведені в табл. 2.6.

Розміри канавок під пружинні кільця (рис. 2.140, 2.141) згідно ГОСТ 13940-86 наведені в табл. 2.7.

Розміри канавок під кільця ущільнювачів (рис. 2.142) згідно ГОСТ 9833-73 наведені на рис. 2.143 і в табл. 2.8.

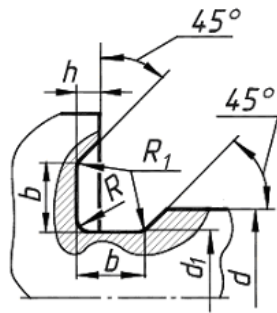


Виконання 1

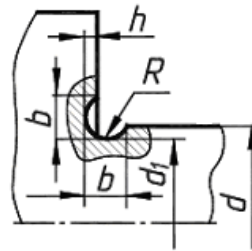


Виконання 2

Рисунок 2.138



Виконання 1



Виконання 2

Рисунок 2.139

Таблиця 2.6 – Розміри канавок для виходу шліфувального круга

$b$	Зовнішнє шліфування $d_1$	$h$	$R$	$R_1$	$d$
1,0	$d - 0,3$	0,2	0,3	0,2	До 10
1,6			0,5	0,3	
2,0	$d - 0,5$	0,3	0,5	0,3	10...50
3,0			1,0	0,5	
5,0	$d - 1,0$	0,5	1,6	0,5	50...100
8,0			2,0	1,0	>> 100
10,0			3,0	1,0	>> 100

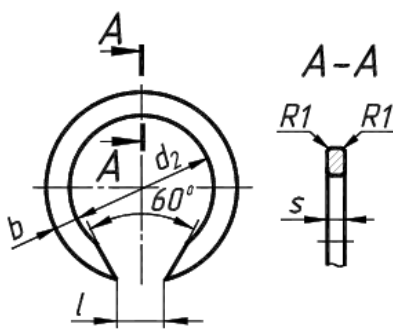


Рисунок 2.140

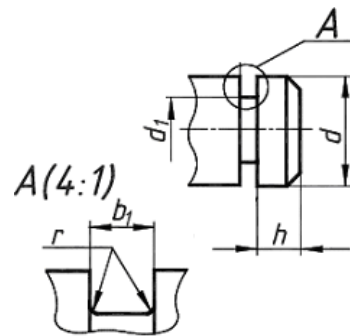


Рисунок 2.141

Таблиця 2.7 – Розміри канавок під пружинні кільця, мм

Діаметр вала $d$	Канавка				Кільця			
	$d_1$	$b_1$	$h$	$r$	$d_2$	$b$	$l$	$s$
До 8	7,5	1,2	0,75	0,1	7,2	1,7	2	1,0
9	8,5				8,2			
10	9,5	1,4	1,5	0,1	9,2	2,0	3	1,2
12	11,3				11,0			
15	14,1				13,8			
17	16,0				15,7			
18	16,8				16,5	2,5	4	
20	18,6				18,2			
22	20,6				20,2	3,2	5	
24	22,5				22,1			
25	23,5				23,1			
28	26,5				2,3	0,1	0,1	
30	28,5	27,8						
32	30,2	29,5						
34	32,2	31,4						
35	33,0	1,9	3,0	0,2	32,2	5,0	8	1,7
36	34,0				33,0			
38	36,0				35,0			
Понад 40	37,5				36,5			

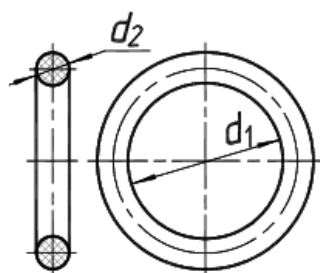


Рисунок 2.142

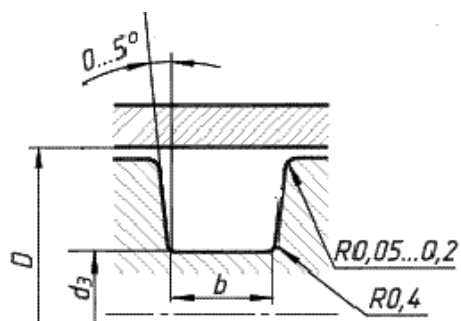


Рисунок 2.143

Таблиця 2.8 – Розміри канавок під кільця ущільнювачів

Кільце		$d$	$D$	Рухоме з'єднання			Нерухоме з'єднання		
$d_2$	$d_1$			$d_3$	$D_1$	$b$	$d_3$	$D_1$	$b$
2,5	9,0	9,5	13,5	9,5	13,5	3,3	9,8	13,2	3,6
	15,0	15,5	19,5	15,5	19,5	3,3	15,8	19,2	
	19,5	20,0	24,0	-	-	-	20,3	23,7	
	31,0	32,0	36,0	-	-	-	32,3	35,7	
	49,0	50,0	54,0	-	-	-	50,3	53,7	
3,0	19,5	20,0	25,0	20,0	25,0	3,7	20,3	24,7	4,0
	31,0	32,0	37,0	32,0	37,0	3,7	32,3	36,7	
	63,5	65,0	70,0	-	-	-	65,3	69,7	
	93,0	95,0	100,0	-	-	-	95,3	99,7	
3,6	21,5	22,0	28,0	22,0	28,0	4,4	22,4	27,6	4,7
	31,0	32,0	38,0	32,0	38,0		32,4	37,6	
4,6	27,5	28,0	36,0	28,0	38,0	5,2	28,6	35,4	5,6
	31,0	32,0	40,0	32,0	40,0		32,6	39,4	
	62,5	64,0	72,0	64,0	72,0		64,6	71,4	

Розміри канавок під мастило (рис. 2.144) наведені в табл. 2.9.

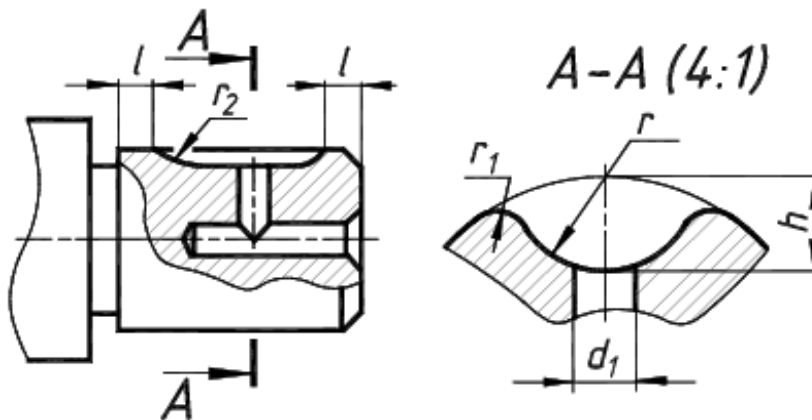


Рисунок 2.144

Таблиця 2.9 – Розміри канавок під мастило, мм

Діаметр валу	$d_1$	$h = r$	$r_1$	$r_2$	$l$
10...18	1,0	1	0,5	12,5	5
18...50	2,0	2	1,0		
50...80	2,5	3	1,5	20,0	8
80...100	3,0	4	2,0	25,0	

Для встановлення деталі в центрах токарного верстата (при її обробці або вимірі) служать центрові отвори (рис. 2.145), розміри і зображення яких відповідають ДСТУ ГОСТ 14034:2008 (табл. 2.10).

При нарізанні різьби на кінцевій ділянці виконують кільцеві канавки (проточки), призначені для виходу різця. Проточка для виходу різьбонарізного інструменту при нарізанні зовнішньої метричної різьби приведена на рис. 2.146. Проточка для виходу різьбонарізного інструменту при нарізанні зовнішньої трапецеїдальної різьби приведена на рис. 2.147.

Розміри різьбових проточок наведені в табл. 2.11, 2.12.

Для полегшення складальних операцій та уникнення утворення задирок при виготовленні на крайках виконують фаски. Розмір фасок на валах вибирають згідно табл. 2.13.

Відповідно до наведеного вище, послідовність виконання ескізів валу повинна бути наступною:

1. Уважно оглянути вал, вивчити його конструкцію, призначення, технологію виготовлення.
2. Визначити мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів), необхідних для повного уявлення про конструкцію деталі.
3. Вибрати згідно ГОСТ 2.301-68 формат креслення, виконати на ньому рамку і основний напис.

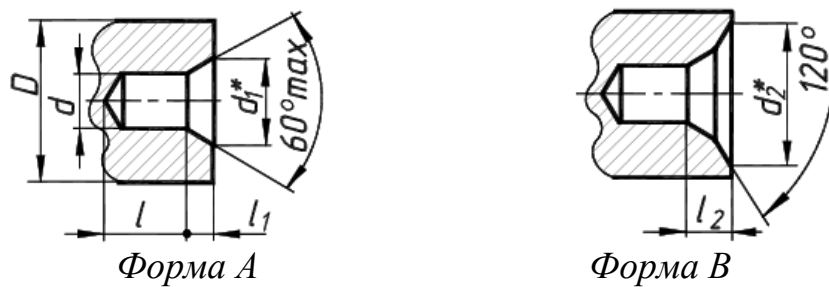


Рисунок 2.145

Таблиця 2.10 – Розміри центрових отворів згідно ДСТУ ГОСТ 14034:2008

$D$	$d$	$d_1$	$d_2$	$l$	$l_1$	$l_2$
6	1,6	3,35	5,0	2,0	1,52	1,99
10	2,0	4,25	6,3	2,5	1,95	2,54
14	2,5	5,3	8,0	3,1	2,42	3,20
20	3,15	6,7	10,0	3,9	3,07	4,03
30	4,0	8,5	12,5	5,0	3,90	5,06
40	5,0	10,6	16,0	6,3	4,85	6,41
60	6,3	13,2	18,0	8,0	5,98	7,36
80	8,0	17,0	22,4	1,1	7,79	9,35
100	10,0	21,2	28,0	12,8	9,70	11,66
120	12,0	25,4	33,0	14,6	11,60	13,80
160	16,0	33,9	42,5	19,2	15,50	18,00

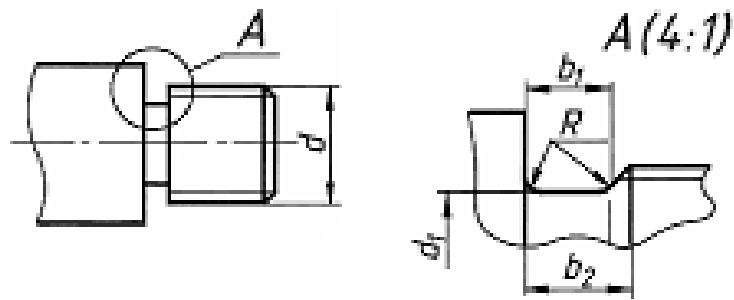


Рисунок 2.1464

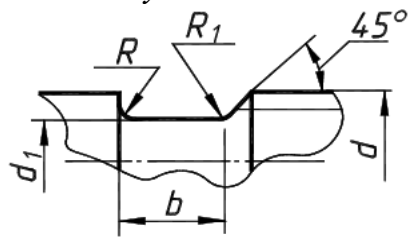


Рисунок 2.147

Таблиця 2.11 – Розміри проточок для виходу різьбонарізного інструменту при нарізанні зовнішньої метричної різьби, мм (ГОСТ 27148-86)

Крок різьби $P$	$R = 0,5P$	Зовнішня проточка		
		$b_{1min}$	$b_{2max}$	$d_1$
0,5	0,4	0,8	1,5	$d - 0,8$
0,6		0,9	1,8	$d - 1,0$
0,7		1,1	2,1	$d - 1,1$
0,75		1,2	2,25	$d - 1,2$
0,8		1,3	2,4	$d - 1,3$
1,0	0,6	1,6	3,0	$d - 1,6$
1,25		2,0	3,75	$d - 2,0$
1,5	0,8	2,5	4,5	$d - 2,3$
1,75	1,0	3,0	5,25	$d - 2,6$
2,0		3,4	6,0	$d - 3,0$
2,5	1,2	4,4	7,5	$d - 3,6$
3,0	1,6	5,2	9,0	$d - 4,4$
3,5		6,2	10,5	$d - 5,0$

Таблиця 2.12 – Розміри проточок для виходу різьбонарізного інструменту при нарізанні зовнішньої трапецеїдальної різьби, мм (ГОСТ 10549-80)

Крок різьби $P$	$b$	$R$	$R_1$	$d_1$
2	3	1,0	0,5	$d - 3,0$
3	5	1,6		$d - 4,2$
4	6		2,0	1,0
5	8	$d - 7,0$		
6	10	$d - 8,0$		
8	12	$d - 10,2$		
10	16	3,0	1,0	$d - 12,5$
12	18			$d - 14,5$
16	25	5,0	2,0	$d - 19,5$
20				$d - 24,0$
24	30			$d - 28,0$
32	40			$d - 36,5$
40	50			$d - 44,5$

Таблиця 2.13 – Фаски циліндричних деталей

$d$ , мм	$C \times 45^\circ$	$d$ , мм	$C \times 45^\circ$
до 10	0,5	100...150	4,0
10...15	1,0	150...200	5,0
15...30	1,5	200...250	6,0
30...45	2,0	250...350	8,0
45...70	2,5	350...420	10
70...100	3,0	> 420	12

4. Намітити тонкими суцільними лініями габаритні прямокутники для майбутніх зображень з розрахунками рівномірного використання поля або формату. Провести осьові лінії, нанести тонкими суцільними лініями видимий контур валу, починаючи з основних геометричних форм і зберігаючи на всіх зображеннях проекційну зв'язок і пропорцію елементів валу.

5. Нанести виносні і розмірні лінії, стрілки, проставити необхідні знаки. Провести виміри валу і вписати розмірні числа. Розмірні числа необхідно записувати відразу після кожного вимірювання, не накопичуючи їх в пам'яті.

6. Заповнити основний напис і записати технічні вимоги.

7. Уважно перевірити ескіз валу і виправити помилки.

Зразок виконання ескізу валу наведено на рис. 2.148.





### 2.6.5 Ескізування деталі типу «Колесо зубчасте»

Зубчасті передачі використовуються як самостійні агрегати (редуктори) або входять в інші машин як складові частини.

Для передачі обертального руху з одного валу на інший, осі яких паралельні, застосовують циліндричні передачі (рис. 2.149, а, б, в, г); якщо осі валів перетинаються, використовують конічні передачі (рис. 2.149, д, е).

Якщо осі валів перетинаються (частіше під прямим кутом), застосовують черв'ячні передачі (рис. 2.149, з). Для перетворення обертального руху в поступальний і навпаки застосовують рейкові передачі, які складаються з циліндричного колеса і рейки (рис. 2.149, и). Зустрічаються передачі із зовнішнім і внутрішнім зачепленнями (рис. 2.149, г). У першому випадку обертання коліс відбувається в протилежних напрямках, у другому – в одному напрямку.

При ескізуванні зубчастого колеса необхідно правильно зобразити і поставити розміри не тільки на елементах зубчастого зачеплення, а й на конструктивних елементах з'єднання колеса з валом. Для цього необхідно знати не тільки елементи зубчастого зачеплення, а й мати уявлення про кріплення зубчастого колеса на валу.

Зубчасте колесо містить зубчастий вінець і тіло колеса. Зубці колеса утворюють зубчастий вінець. Тіло колеса обмежується поверхнею западин зубів.

При зображенні циліндричних зубчастих коліс прийняті такі умовності:

1. Поверхню вершин і її твірну зображують суцільною основною лінією, а поверхня западин і її твірну – суцільною тонкою лінією. Ділильну окружність зображують штрихпунктирною тонкою лінією.

2. Зубці креслять тільки в осьових розрізах, зображуючи їх не розрізаними. Якщо треба показати профіль зуба, то оформляють це виносними елементами або зображують його на обмеженій ділянці деталі.

На рис. 2.150 зображені основні елементи зубчастого колеса.

Основні параметри зубчастого колеса:

- 1) діаметр ділильної окружності  $d$ ;
- 2) модуль  $m$  – число, яке показує, скільки міліметрів діаметра ділильного кола припадає на один зуб (кількість зубців  $z$ ):

$$m = d / z .$$

Величини модуля стандартизовані (табл. 2.14).

За допомогою параметрів, наведених в табл. 2.15, можна розрахувати величини, які характеризують зачеплення.

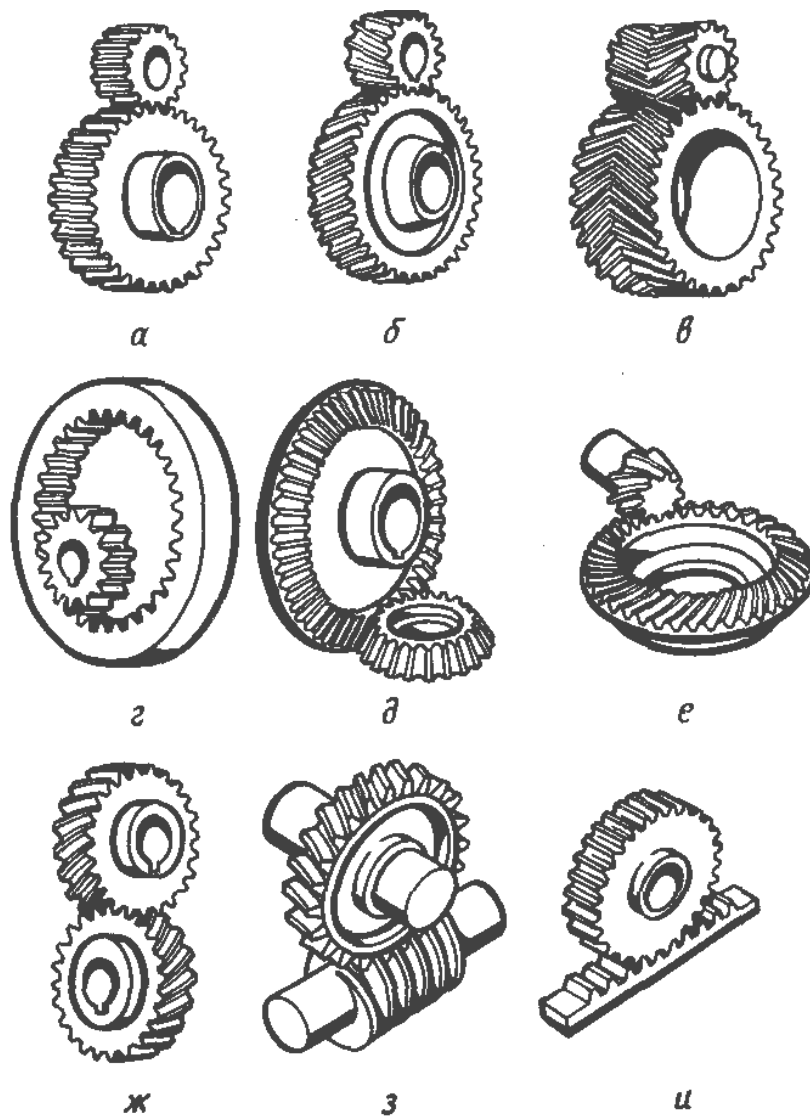


Рисунок 2.149

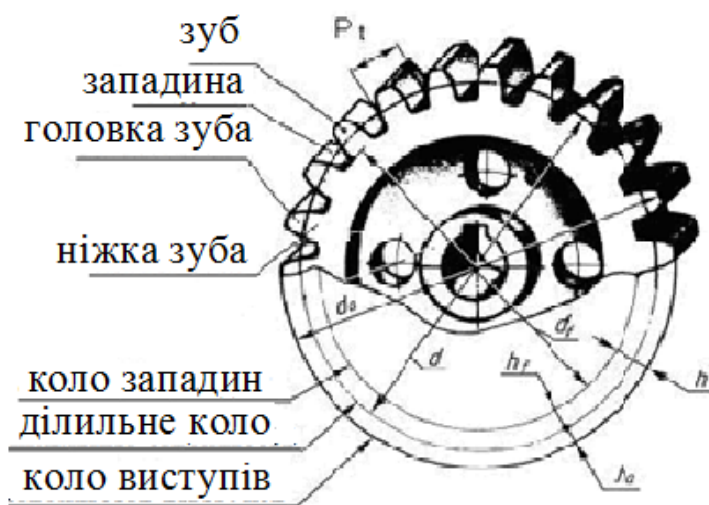


Рисунок 2.150

Таблиця 2.14 – Модулі, мм (ГОСТ 9563-60)

1-й ряд	1	1,25	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
2-й ряд	1,125	1,375	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22

За допомогою параметрів, наведених в табл. 2.15, можна розрахувати величини, які характеризують зачеплення.

Таблиця 2.15 – Параметри циліндричного зубчастого колеса

Параметри зубчастого колеса	Позначення	Величина, мм
Висота головки зуба	$h_a$	$h_a = m$
Висота ніжки зуба	$h_f$	$h_f = 1.25 m$
Висота зуба	$h$	$h = 2.25 m$
Діаметр ділительного кола	$d$	$d = m Z$
Діаметр кола виступів	$d_a$	$d_a = d + 2 h_a$
Діаметр кола западин	$d_f$	$d_f = d - 2 h_f$

Виконання ескізів часто здійснюється в умовах ремонту деталей, коли необхідно відновити робочі поверхні зубчастого вінцю колеса. Для цього перш за все необхідно визначити основні стандартні параметри зубців.

Визначення починають із знаходження кількості зубців колеса та вимірювання діаметру виступів зубців. Використовуючи ці параметри та співвідношення з табл. 2.15, можна обчислити значення модуля для реального циліндричного колеса:

$$m = \frac{d_a}{z + 2}.$$

Винайдене значення необхідно округлити до найближчого по ГОСТ 9563-60 (див. табл. 2.14). Після цього відповідно до стандартного значення модулю визначають (див. табл. 2.15) та уточнюють інші параметри колеса (для учбових ескізів це діаметри виступів, западин та ділительний діаметр).

Відстань між однойменними профільними поверхнями сусідніх зубців, вимірний в міліметрах за дугою ділительного кола, називають кроком зачеплення  $P_t$ . З малюнка видно, що крок дорівнює відношенню довжини ділительного кола до числа зубців:

$$P_t = \pi d / z.$$

Параметри зубчастих коліс задають на кресленнях в спеціальних таблицях (ГОСТ 2.403-75).

На рис. 2.151 показано розташування і розміри таблиці параметрів.

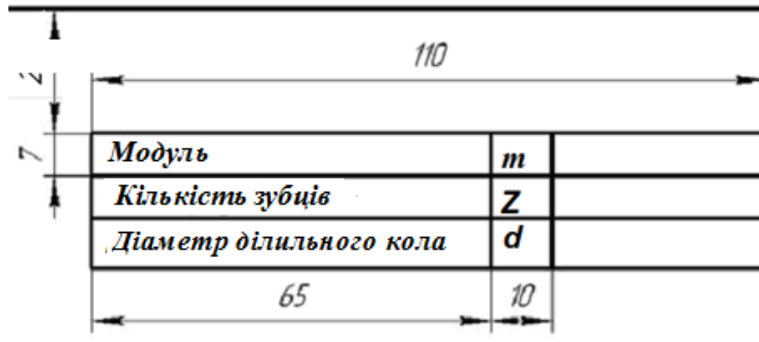


Рисунок 2.151

У разі необхідності окремі рядки з неї можна опускати. Приклад виконання креслення колеса зубчастого (для навчальних цілей) наведено на рисунку 2.152.

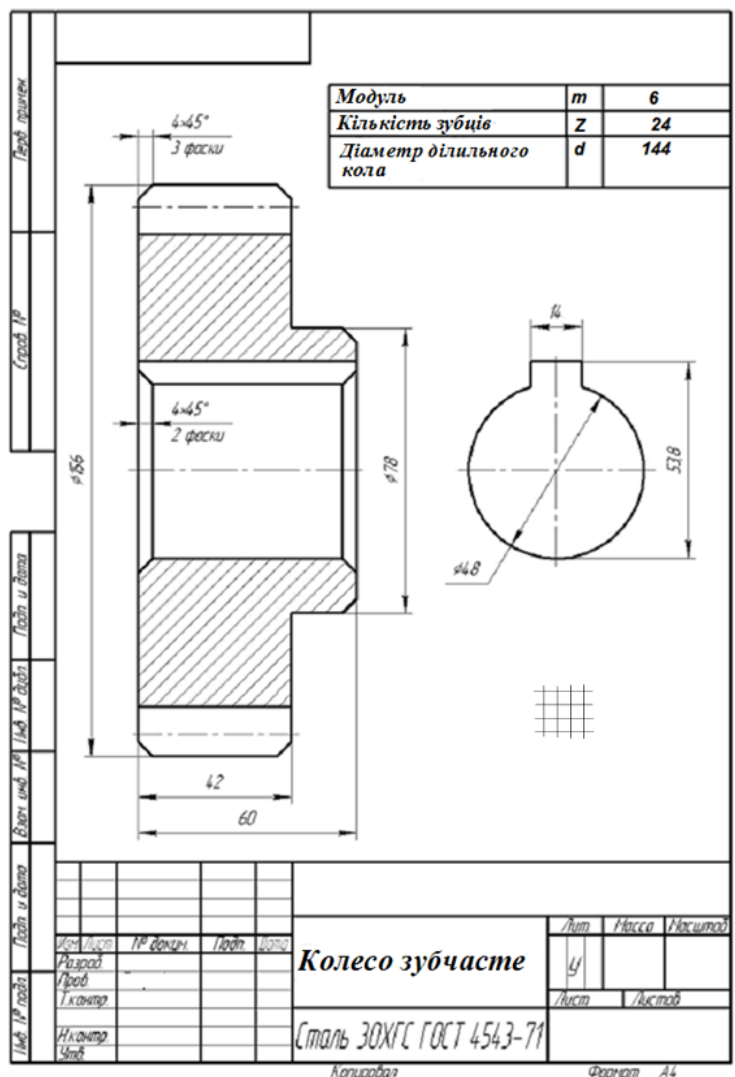


Рисунок 2.152

Послідовність виконання ескізів зубчастого колеса:

1. Уважно оглянути зубчасте колесо, вивчити його конструкцію, призначення, технологію виготовлення.
2. Визначити мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів), необхідних для повного уявлення про конструкцію деталі. Ознайомитися з правилами зображення зубчастого колеса даного виду відповідно до вимог відповідних стандартів.
3. Обрати згідно ГОСТ 2.301-68 формат креслення, накреслити на ньому рамку і основний напис.
4. Намітити тонкими суцільними лініями габаритні прямокутники для майбутніх зображень з урахуванням рівномірного використання площі аркуша. Провести осьові лінії.
5. Позначити тонкими суцільними лініями видимий контур деталі, починаючи з основних геометричних форм і зберігаючи на всіх зображеннях проекційний зв'язок і пропорцію елементів деталі.
6. Нанести виносні і розмірні лінії, стрілки, проставити необхідні знаки. Провести виміри зубчастого колеса і вписати розмірні числа, причому розмірні числа записувати відразу після кожного вимірювання, не накопичуючи їх в пам'яті.
7. Заповнити основний напис і записати технічні вимоги.
8. Уважно перевірити ескіз зубчастого колеса і виправити помилки.

### **2.6.6 Ескізування деталі типу «Пружина»**

Ескіз пружини виконується акуратно, безпосередньо з деталі. У навчальній практиці при ескізуванні деталей типу «пружина» студентам слід знати призначення деталі, її пристрій, вживані матеріали.

Пружини є одним з відповідальних елементів складальних одиниць. Їх призначення в створенні зусиль, які діють на деталі в складальних одиницях.

Для виготовлення пружин застосовують велику кількість різних матеріалів, основною властивістю яких є здатність запасати і повертати накопичену енергію деформації. Перелік матеріалів і їх механічних властивостей приведені в табл. 2.16.

За формою пружини поділяють на циліндричні (рис. 2.153, а, б, в), конічні (рис. 2.153, г, д), спіральні (рис. 2.153, е), пластинчасті (рис. 2.153, з), тарілчасті (рис. 2.153, ж, е).

По виду деформації пружини бувають: стиснення (рис. 2.153, а, б, г, д, ж, е), розтягування (рис. 2.153, в), крутіння (рис. 2.153, е, и, к), вигину (рис. 2.153 з).

За формою поперечного перерізу пружини бувають круглі (рис. 2.153, а, в, г, и, к), прямокутні (рис. 2.153, д, з), квадратні (рис. 2.153, б).

У напрямку навивки пружини можуть бути з правого і лівого навивкою.

Всі види пружини зображують на кресленнях відповідно до вимог стандартів. Пружину зображують згідно ГОСТ 2.401-68.

Послідовність виконання ескізів пружини:

1. Уважно оглянути пружину, вивчити її конструкцію, призначення, технологію виготовлення.

2. Ознайомитися з правилами зображення пружин даного виду відповідно до вимог відповідних стандартів.

3. Вибрати згідно ГОСТ 2.301-68 формат креслення, накреслити на ньому рамку і основний напис.

4. Намітити тонкими суцільними лініями габаритні прямокутники для майбутніх зображень з розрахунком рівномірного використання формату. Провести осьові лінії.

5. Позначити тонкими суцільними лініями видимий контур деталі, починаючи з основних геометричних форм і зберігаючи на всіх зображеннях проекційний зв'язок і пропорцію елементів деталі.

6. Нанести виносні і розмірні лінії, стрілки, проставити необхідні знаки. Провести обмір розмірів пружини і вписати розмірні числа, причому розмірні числа записувати відразу після кожного вимірювання, не накопичуючи їх в пам'яті. Заповнити основний напис і записати технічні вимоги.

7. Уважно перевірити ескіз і виправити помилки.

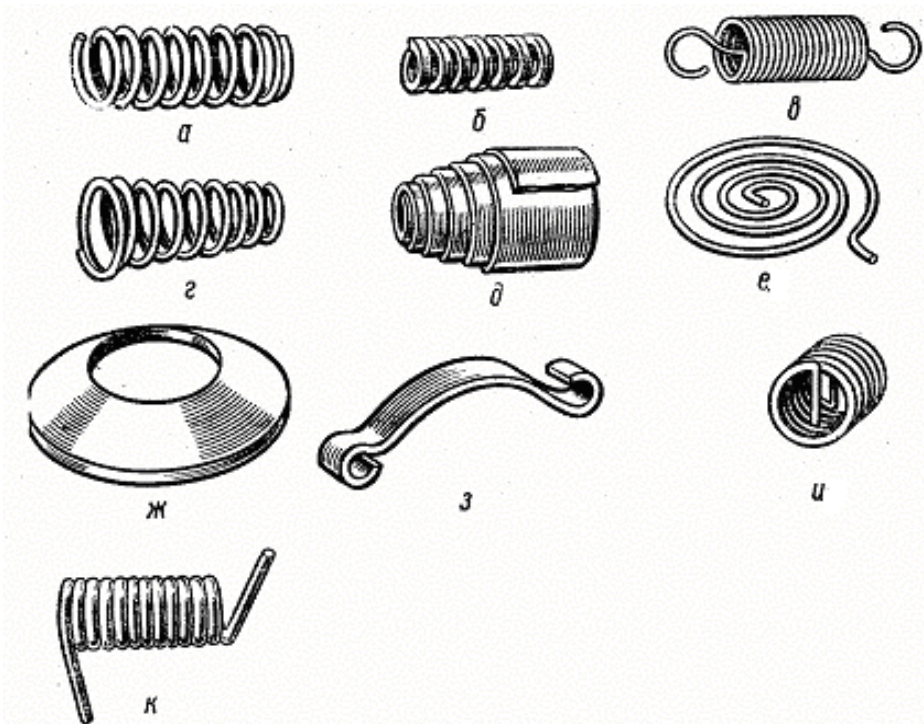


Рисунок 2.153

Таблиця 2.16 – Механічні властивості матеріалів, що застосовуються для виготовлення пружин

Матеріал	Марка	Межа міцності на розтягнення $\sigma_{т,}$ , МПа	Межа міцності на кручення $\tau$ , МПа	Відносне подовження $\delta$ , %
Вуглецеві сталі	65	1000	800	9
	70	1050	850	8
	75	1100	900	7
	85	1150	1000	6
Рояльний дріт	-	2000...3000	1200...1800	2...3
Холоднокатаний пружинний дріт	Н	1000...1800	600...1000	
	П	1200...2200	700...1300	
	У	1400...2800	800...1600	
Марганцевисті сталі	65Г	700	400	8
	55ГС	650	350	
Хромованадієва сталь	50ХФА	1300	1100	10
Корозійностійка сталь	40Х13	1100	800	12
Крем'янисті сталі	55С2	1300	1200	6
	60С2А			
	70С3А	1800	1600	5
Хромованадієва сталь Хромомарганцевисті сталі	50ХГ	1300	1100	5
	50ХГА		1200	6
Нікелькремнієва сталь	60С2Н2А	1800	1600	5
Хромокремнієвованадієва сталь	60С2ХФА	1900	1700	
Вольфрамокремнієва сталь	65С2ВА			

У навчальній практиці прийнято зображати циліндричну пружину стиснення. Для виконання такого креслення необхідно знати, яким чином формуються опорні витки. Візуально встановити кількість опорних витків можна, знаючи правила їх формування.

На представленому на рис. 2.154 зображенні пружини стиснення показано розміщення опорних витків і перехід від опорного витка в точці  $a$ , в якій відбувається відгинання витків на кут  $\varphi$  щодо опорного витка.

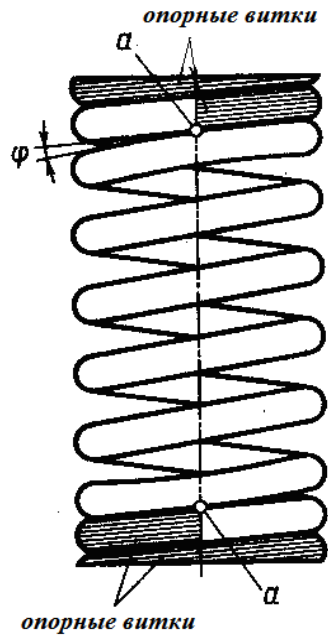


Рисунок 2.154

Крім цього, необхідно знати, що при виготовленні пружини виробляється підготовка кінця пружини шляхом зішлифовування частини її поверхні. На рис. 2.155 показано, що контактна поверхня опорного витка складає  $3/4$  повної довжини витка. У навчальних завданнях прийнято для розрахунків приймати довжину опорного витка дорівнює  $0,75$  повної довжини витка. При реальних інженерних розрахунках кількість опорних витків, а відповідно їх довжина, можуть відрізнятись від прийнятих в навчальному завданні (ГОСТ 2.401-68).

Згідно ГОСТ 2.401-68 при зображенні пружин дотримуються такі умовності і спрощення:

1. Витки пружини на вигляді і в розрізі зображують прямими лініями.
2. Для пружин, які мають понад чотири витки, креслять по одному – два витка з кожного боку, беручи до уваги опорні. Решту витків умовно замінюють осьовими лініями центрів перетинів витків (рис. 2.156, а, б).

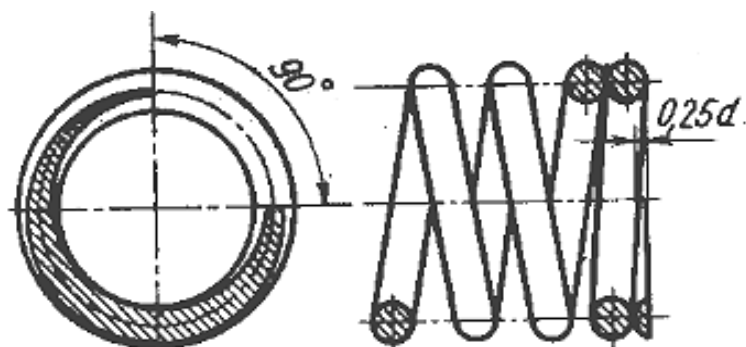


Рисунок 2.155



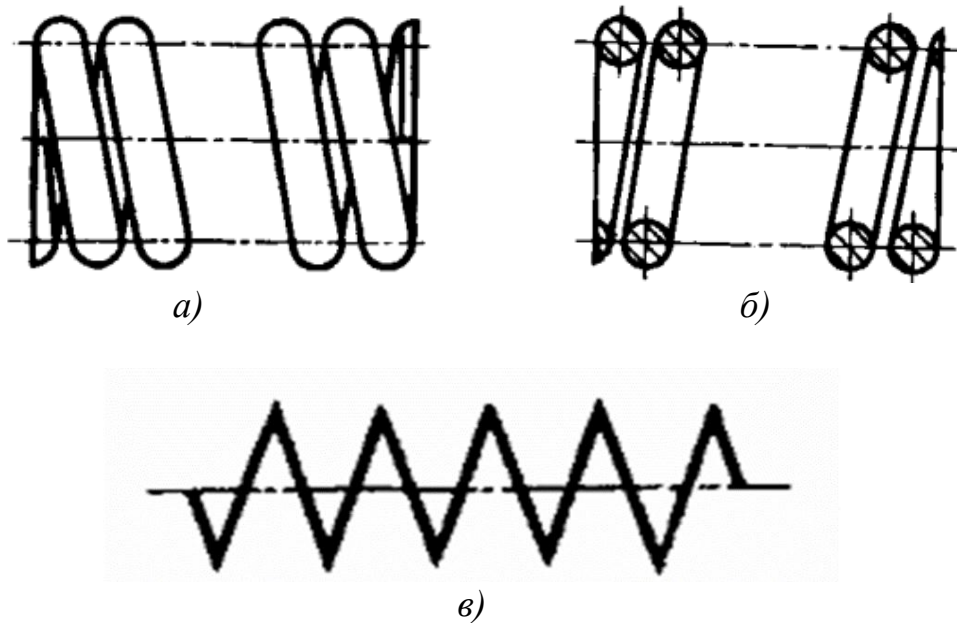


Рисунок 2.156

1. Якщо товщина витків (на зображенні) становить 2 мм і менше, то пружини зображують умовно (ГОСТ 2.401-68) (рис. 2.156, в).

При виконанні ескізів пружин дотримуються правил:

1. Зображення пружини на головному вигляді розміщують горизонтально.
2. Зображення пружини на кресленні завжди з правим напрямком навивки. Напрямок навивки відзначають в технічних вимогах.
3. Технічні вимоги повинні містити дані про довжину розгорнутої пружини; кількість робочих витків  $n$ ; повне число витків  $n_1$ ; напрямок навивки; довжину пружини у вільному стані (розмір для довідок).

При зображенні на робочих кресленнях і на ескізах прийнято показувати пружину в вільному від навантаження стані.

Повне число витків пружини стиснення:

$$n_1 = n + 1,5.$$

Довжина розгорнутої пружини стиснення (заготовки) приблизно можна розрахувати за формулою:

$$L = 2\pi D n_1,$$

де  $D$  – зовнішній діаметр пружини;

$\pi = 3,14$ ;

$n_1$  – повне число витків

Приклад виконання навчального креслення пружини стиснення наведено на рис. 2.157.

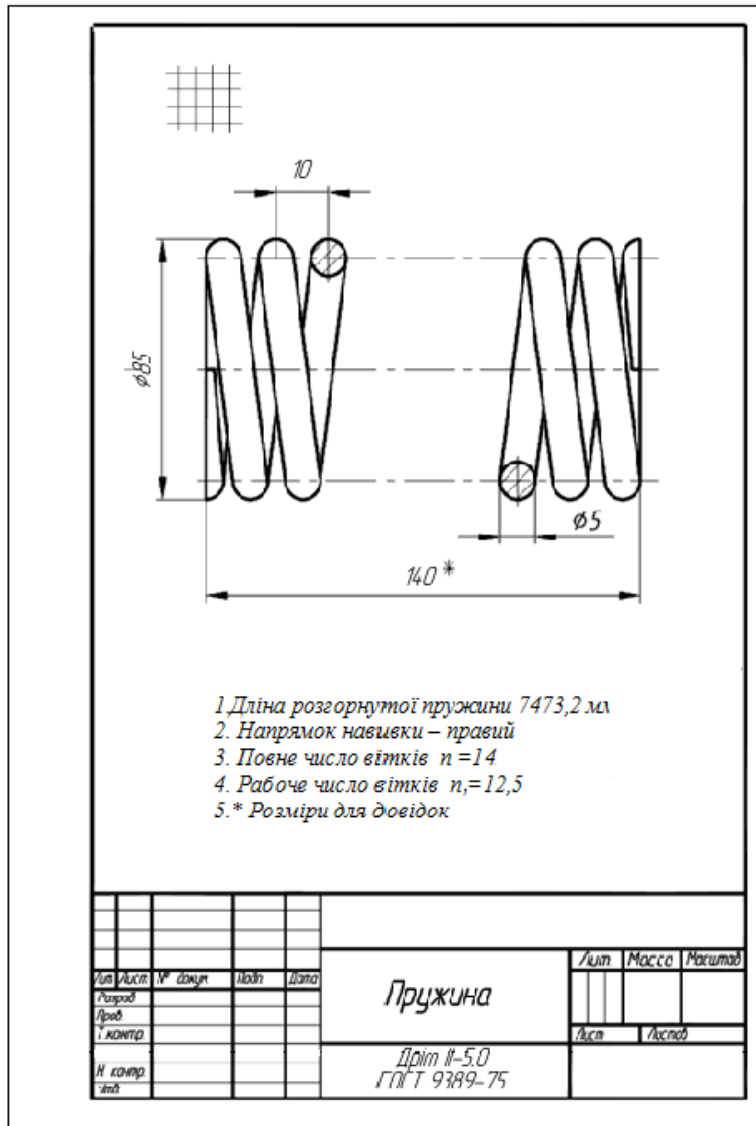


Рисунок 2.157

### 2.6.7 Відомості про матеріали та їх позначення

Матеріали, які використовуються в машинобудуванні, поділяються на дві основні групи: металеві та неметалеві. Серед металевих матеріалів найбільш поширені сталь, чавун, бронза, латунь, алюмінієві сплави, з неметалевих – пластмаси, гума, картон. Від правильного вибору матеріалу для складових частин механізму залежить його якість, надійність, вартість, термін працездатності. Крім цього, розвиток нових сучасних технологій вимагає створення все нових і нових видів матеріалів, які задовольняють певні умови щодо міцності, в'язкості, тепло-, жаро-, холодо-, морозо-, корозійної стійкості та інші.

Отже, конструктор повинен враховувати умови, в яких працює пристрій: холодний клімат чи тропічний; в вакуумі чи при високому (надвисо-

кому) тиску; в агресивному середовищі. Далі наводяться короткі відомості про матеріали та їх позначення. Необхідність правильного запису умовних позначень матеріалів з посиланням на відповідні стандарти, є обов'язковою при виконанні креслень.

Сталь поділяється на чотири групи: звичайна, якісна, інструментальна та легована.

*Сталь вуглецева звичайної якості (ДСТУ 2651:2005)*

Область застосування: кожухи, баки, шайби, кришки, прокладки, щітки, резервуари низького тиску, труби (водяні, парові, газові), анкери в парових котлах, болти, шпильки, заклепки, барабани парових котлів, ланцюги зварні і пластинчасті, кулачки, зубчасті колеса, шплінти, ключі плоскі, болти відкидні, гайки, встановлювальні гвинти, вушка, петлі, двотаврові балки, швелери, кутики, таври, валики, осі, стяжки, рукоятки, тяги, стріли кранові, осі передач, осі приводів механізмів, муфти кулачкові та фрикційні, шпонки.

Сталь вуглецеву звичайну виготовляють семи марок: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (чим вище число, тим сталь більш тверда, але разом з тим і більш крихка).

Сталі марки Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2 використовують для виготовлення корпусів, труб, будівельних конструкцій; зі сталі Ст. 3, Ст. 4 виготовляють кріпильні вироби (болти, гайки, шпильки тощо), а зі сталі Ст. 5, Ст. 6 – вали, шестерні, шпонки.

Приклад умовного позначення:

Ст. 3 ДСТУ 2651 – 94; Ст. 5 ДСТУ 2651:2005

*Сталь вуглецева якісна конструкційна (ДСТУ 7809:2015)*

Область застосування: зубчасті колеса, болти, гайки, гвинти, заклепки, кулачки, шпонки, втулки, пальці, осі, валики, ролики, упори, поршні, вали, тяги, шатуни, штоки, маточини, муфти, фланці, колінчасті та карданні вали, шліцьові вали, фіксатори, пружини.

Марки сталі: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г. В марці сталі двозначні цифри означають середній вміст вуглецю в сотих частках процента, буква «Г» вказує наявність марганцю.

Сталь 10, 15, 20, 25, використовується для виготовлення кріпильних виробів, які витримують підвищене навантаження. Із сталі марок 45...60 виготовляють такі деталі, як колінчасті вали, поршні, шестерні, шатуни. Сталі марок 60, 65 Г, 70 необхідні для виготовлення пружин, ресор та інших деталей, які мають високу пружність.

Приклад умовного позначення:

Сталь 45 ГОСТ 1050 – 88; Сталь 65Г ДСТУ 7809:2015

*Сталь легована конструкційна (ДСТУ 7806:2015)*

Область застосування: поршневі пальці, валики, зубчаті колеса, конічні зубчаті колеса, колінчасті вали, кулачкові муфти, втулки, плунжери, напрямні ланки, копіри, валики коробок швидкостей, осі, зубчасті колеса диференціалів, шатуни, катки, болти, шпильки, гайки, зубчасті колеса коробок швидкостей, ресори черв'ячні та шліцьові вали, проміжні осі, шпинделі, опорні кільця, штоки, конічні вали, кулачкові муфти, черв'яки.

Марки сталі: 10 Г2, 12 Х2Н4А, 12 ХН2, 12 ХН3А, 15 Х, 15 ХА, 15 ХР, 15 ХФ, 20 Х, 20 ХН, 20 ХФ, 30 Х, 30 ХГСА, 30 ХГТ, 30 ХМ, 30 ХМА, 33 ХС, 35 Г2, 35 Х, 35 ХРА, 38 ХА, 38 ХС, 40 ГД, 40 Х, 40 ХГ, 40 ХН, 40 ХН2МА, 40 ХС, 40 ХФА, 45 Г2, 45 Х, 45 ХН, 50 Г2, 50 Х, 50 ХН.

Леговані сталі відрізняються високою міцністю, витривалістю, жаростійкістю, тому використовуються для виготовлення найбільш відповідальних деталей автомобільних, авіаційних двигунів та подібних механізмів (зубчастих коліс, шатунів, валів, клапанів тощо).

Приклад умовного позначення:

Сталь 45 Х ДСТУ 7806:2015

*Чавуни*

Із чавуну отримують литі деталі, які потім піддають необхідній механічній обробці. Чавуни поділяють на сірий та ковкий.

*Сірий чавун (ГОСТ 1412-85)*

Область застосування: кришки, патрубки, станини, кронштейни, корпуси, підшипники, блоки, барабани, диски коліс, стояки, підставки, вентиля, насоси, зубчасті та черв'ячні колеса, втулки, ролики, муфти, кришки, кожухи, гальмівні шківни, тормозні колодки, картери, гільзи, вихлопні труби для авіаційних двигунів, поршневі кільця, кожухи корпусу, золотники, кулачки, циліндри, катки, зірочки для зварних ланцюгів, корпуси насосів, корпуси гідроприводів.

Марки чавуну: СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, ...

Чим більше число, тим твердіший і міцніший чавун. Так, чавун марок 10 та 15 використовують для деталей, які витримують невеликі навантаження (кришки, кожухи, корпуси підшипників тощо); марок 20...35 – для станин металорізальних станків, зубчастих коліс тощо). Для відповідальних деталей складної конфігурації (колінчасті вали, корпуси насосів, поршневі кільця тощо) застосовують чавун марок 35...100.

Приклад умовного позначення:

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

*Ковкий чавун (ГОСТ 1215-79)*

Область застосування: кулачки, хомути, деталі муфт, шківни, колодки, тормозні рукоятки, пластинчаті ланцюги, гайки, фітинги, упори, укосини.

Марки чавуну: КЧ 30-16, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-7, КЧ 50-5, КЧ 55-4, КЧ 60-3, КЧ 65-3, КЧ 70-2, КЧ 80-1,5.

Використовують ковкий чавун для виробів, які працюють в умовах динамічних навантажень (муфти, шківни, гальмівні колодки тощо).

Приклад умовного позначення:

КЧ 37-12 – Ф ГОСТ 1215-79, КЧ 60 – 3 – П ГОСТ 1215-79

*Латунь (ГОСТ 1020-97, ДСТУ 3473-96)*

Область застосування: радіаторні трубки, конденсаторні труби, листи, стрічки, трубки, проволока, прутки, литі підшипники, втулки, корозійностійкі деталі, які працюють в морській воді.

Марки латуні: Л 60, Л 3, Л 68, Л 90, Л 96, ЛА 77-2, ЛК 2, ЛК 80-3, ЛН 65-5, ЛО 62-1, ЛО 70-1, ЛС 59-1.

Приклад умовного позначення:

ЛК 2 ГОСТ 1020-97; ЛА 77-2 ДСТУ 3473-96

*Бронзи звичайні (ГОСТ 18175-78)*

Область застосування: стрічки, прутки, втулки та вкладиші підшипників, упорні кільця, труби, зубчасті колеса, черв'яки, проволока, великі фасонні виливки.

Марки бронзи: БрА5; БрА7; БрЖ9-4; БрАЖМц10-3-1,5; БрАЖН10-4-4; БрАМц9-2; БрКМц3-1; БрКн1-3; БрМц5.

Приклад умовного позначення:

БрА5 ГОСТ 18175-78

*Бронзи олов'яні (ДСТУ ГОСТ 5017:2007)*

Марки бронзи: БрОФ6,5-015, БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5, БрОФ7-0,2.

Приклад умовного позначення:

БрОФ6 ДСТУ ГОСТ 5017:2007

*Алюмінієві сплави (ГОСТ 4784-97, ДСТУ 2839-94)*

Область застосування: виливки деталей різних форм, ковани та штамповані деталі різних форм, штамповані деталі.

Марки сплавів: АДЮ, АД1, АК6, АК8, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6, Амц, Б95оч, Б95пч, Б96Ц1, Д1, Д16, Д18, Д19.

Приклад умовного позначення:

АЛ 3 ДСТУ 2839-94, АК6 ГОСТ 4784-74; АЛ12 ДСТУ 2839-94

*Картон азбестовий (ГОСТ 2850-80)*

Товщина: 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 8; 10 (мм).

Область застосування: ущільнювальні кільця, прокладки.

Приклад умовного позначення:

Картон азбестовий КАОН-1-3 ГОСТ 2850-80.

*Картон прокладний (ГОСТ 9347-74)*

Область застосування: використовується для прокладок в вузлах та агрегатах.

Товщина: 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5 (мм).

Приклад умовного позначення:

Картон А-1 ГОСТ 9347-74

*Шкіра технічна (ГОСТ 20836-75)*

Область застосування: манжети, прокладки, кільця, клапани, сальникова набивка, пластини, мембрани газоущільнювальні, приводні ремені.

Товщина: 0,5...5 (мм).

Приклад умовного позначення:

Шкіра 3 ГОСТ 20836-75

*Склотекстоліт конструкційний (ГОСТ 10292-74)*

Область застосування: фланці, криши, вкладиші, підшипники, втулки, гальмівні колодки.

Товщина: 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 17; 20; 25; 30; 35 (мм).

Приклад умовного позначення:

Склотекстоліт КАСТ-08 ГОСТ 10292-74

*Пластини гумові та гумотканинні (ГОСТ 7338-90)*

Область застосування: прокладки, клапани, ущільнювачі.

Товщина: 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 18; 20...60 (мм).

Приклад умовного позначення:

Пластина 1; лист, ТМКЩ – С = 3 x 25 x 500 = 9.9, ГОСТ 7338-90

*Пресовані матеріали (ГОСТ 5689-79)*

Пластмасові вироби, які найширше використовують в машинобудуванні, бувають різних кольорів.

Приклади умовних позначень відповідно коричневого та чорного; білого, червоного, блакитного пресованих матеріалів:

К-17-2 ГОСТ 5689-79 та К-18-2 ГОСТ 5689-79; К-17-2 ЦО ГОСТ 5689-79

## **2.7 Виконання креслення загального вигляду**

Графічний документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його основних складових частин і пояснює принцип роботи виробу, називається кресленням загального вигляду. Креслення загального вигляду розробляється на перших стадіях проектування, т. е. на стадії технічної пропозиції, ескізного і технічного проектів.

Креслення загального виду включає в себе: зображення, види, розрізи, перерізи виробу, написи і текстову частину, необхідні для розуміння конструктивного пристрою виробу, взаємодії його складових частин і принципу роботи виробу; найменування і позначення складових частин виробу, для яких пояснюється принцип роботи, наводяться технічні характеристики, матеріали, кількість, і для тих складових частин виробу, за допомогою яких описується принцип дії виробу, пояснюються зображення загального вигляду і складу виробу; необхідні розміри; схему виробу і технічні характеристики.

Креслення загального вигляду виконується з дотриманням вимог ДСТУ 3321-96. Складові частини зображуються спрощено. Їх можна зображувати на одному аркуші з загальним видом або на окремих наступних аркушах.

Найменування і позначення складових частин виробу можуть бути вказані одним із таких способів:

- на полицях ліній-виносок, проведених від деталей на кресленні загального виду;
- в таблиці, розміщеної на кресленні загального виду;
- в таблиці, виконаної на окремих аркушах формату А4, в якості наступних аркушів креслення загального вигляду.

При наявності таблиці порядковий номер складових частин виробу вказується на полицях ліній-виносок відповідно до цієї таблиці.

Таблицю розміщують над основним написом креслення.

Текстову частину у вигляді технічних вимог і технічної характеристики розміщують обов'язково на першому аркуші у вигляді колонки шириною не більше 185 мм. При необхідності текст розміщують в одну, дві і більше колонок. При цьому друга і остання колонки розташовуються зліва від основного напису. Між текстовою частиною і таблицею складових частин (або основним написом) не можна розміщувати зображення або інші таблиці. На кресленні загального вигляду проставляють габаритні, приєднувальні, установчі та необхідні конструктивні розміри. Необхідні таблиці, в тому числі і технічні характеристики, оформлені у вигляді таблиці, розміщують на вільному полі креслення загального вигляду праворуч від зображень або нижче їх. Якщо таблиць декілька і на них є посилання в технічних вимогах, то таблиці підписують по типу: «Таблиця 1». Всі таблиці заповнюються зверху вниз.

## **2.8 Виконання складального креслення**

### **2.8.1 Загальні вимоги до складального креслення**

Графічний документ, що містить зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) та контролю, називається складальним кресленням.

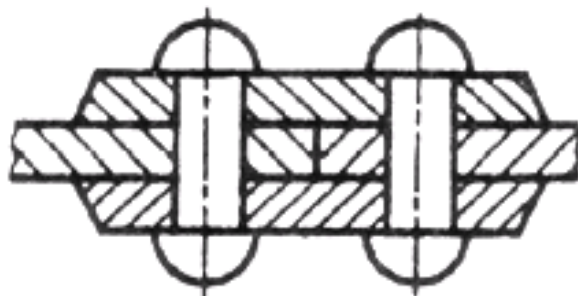
Складальне креслення виконується на стадії розробки робочої документації на підставі креслення загального вигляду виробу. На підставі ГОСТ 2.109-73 складальне креслення повинно містити:

- зображення складальної одиниці, що дають уявлення про розташування і взаємозв'язок складових частин, що з'єднуються за даним кресленням і забезпечують можливість здійснення збирання і контролю складальної одиниці;
- розміри та інші параметри і вимоги, які повинні бути виконані і проконтрольовані за даним кресленням;
- вказівки про характер сполучення роз'ємних частин виробу, а також вказівки про спосіб з'єднання нероз'ємних з'єднань, наприклад зварних, паяних і ін.;
- номер позицій складових частин, що входять у виріб;
- основні характеристики виробу;
- розміри габаритні, установчі, приєднувальні, а також необхідні довідкові розміри.

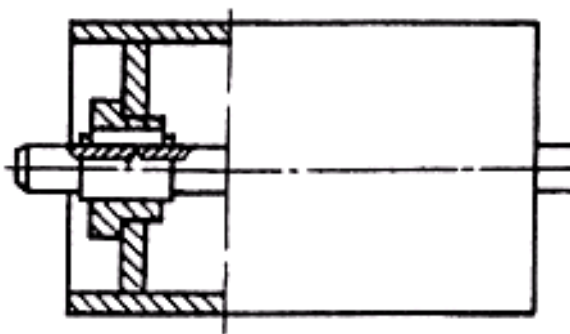
Кількість зображень на складальному кресленні залежить від складності конструкції виробу. Навчальне складальне креслення виконується зазвичай в двох або трьох основних зображеннях із застосуванням розрізів. Рекомендується з'єднання половини вигляду з половиною розрізу при наявності симетрії виду і розрізу виробу.

Розрізи і перерізи на складальних кресленнях призначені для виявлення внутрішнього устрою складальної одиниці і взаємозв'язку деталей, що входять до неї.

Розріз на складальному кресленні являє собою сукупність розрізів окремих частин, що входять в складальну одиницю. Штрихування однієї і тієї ж деталі в розрізах на різних зображеннях виконують в одну і ту ж сторону, витримуючи однакову відстань (крок) між лініями штрихування. Штрихування суміжних деталей з одного матеріалу урізноманітнюють зміною напрямку штрихування, зрушенням штрихів або зміною кроку штрихування (рис. 2.158). Зварні, паяні або клеєні вироби з одного матеріалу, що знаходяться в зборі з іншими виробами, в розрізах і перетинах штрихують як монолітне тіло, показуючи межу між деталями зварного виробу суцільними основними лініями (рис. 2.159). Кульки в розрізах і перерізах завжди показують нерозсіченими. Гвинти, болти, шпильки, штифти, шпонки, шайби, гайки і інші стандартні кріпильні вироби при поздовжньому розрізі показують нерозсіченими. Непустотілі вали, шпинделі, рукоятки, шатуни і т. п. при поздовжньому розрізі також зображують нерозсіченими (рис. 2.160).

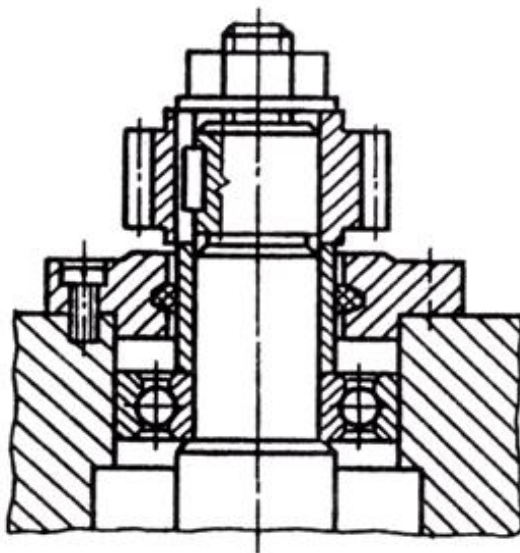


*Рисунок 2.158*



*Рисунок 2.159*





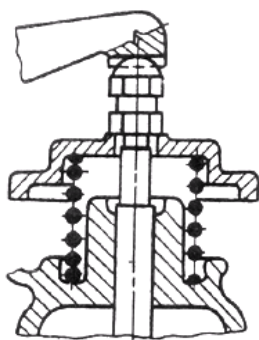
*Рисунок 2.160*

На складальних кресленнях допускається не показувати фаски, округлення, проточки, поглиблення, виступи, рифлення, обплетення і інші дрібні елементи. Допускається не зображати зазори між стрижнем і отвором. Якщо необхідно показати складові частини виробу, закриті кришкою, кожухом, щитом і т. п., то вироби, що закривають, можна не зображати, а над зображенням виконати напис по типу «Кришку поз. 5 не відображено».

Вироби з гвинтової пружини, зображеної лише перетином витків, зображують лише до зони, що умовно закриває ці вироби і визначається осьовими лініями перетину витків (рис. 2.161).

При виконанні складальних креслень дотримуються умовностей і спрощень, що встановлюються стандартами на правила виконання креслень різних виробів.

На складальному кресленні допускається зображувати частини виробу, які переміщуються, в крайньому або проміжному положенні з відповідними розрізами, використовуючи тонкі штрихпунктирні лінії з двома точками (рис. 2.162). Для зображення сусідніх виробів – «обстановки» – використовують тонкі суцільні лінії (рис. 2.163).



*Рисунок 2.161*

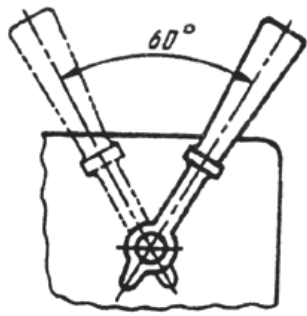


Рисунок 2.162

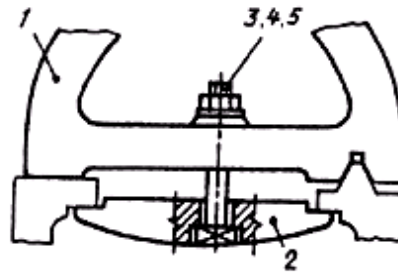


Рисунок 2.163

На складальних кресленнях наносять наступні розміри:

1. Габаритні розміри, що характеризують три виміри виробу. Якщо один з розмірів є змінним внаслідок переміщення рухомих частин виробу, то на кресленні вказують розміри при крайніх положеннях рухомих частин (рис. 2.164).

2. Монтажні розміри, що вказують на взаємозв'язок деталей в складальній одиниці, наприклад відстань між осями валів, монтажні зазори і т. п.

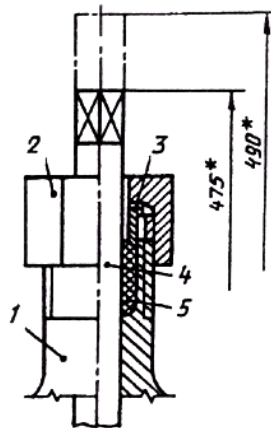


Рисунок 2.164

3. Установчі розміри, що визначають величини елементів, на яких виріб встановлюється на місці монтажу або приєднується до іншого виробу, наприклад розміри кіл і діаметри отворів під болти, відстань між осями фундаментних болтів і т. п.

4. Експлуатаційні розміри, що визначають розрахункову, конструктивну характеристику виробу, наприклад, діаметри прохідних отворів, розміри різьби на приєднувальних елементах і т. п.

5. На складальних кресленнях також вказують розміри отворів під кріпильні вироби, якщо ці отвори виконуються в процесі складання.

Всі інші частини складальної одиниці нумеруються відповідно до номерами позицій, вказаних в специфікації цієї складальної одиниці.

Номери позицій вказують на полицях ліній-виносок, проведених від точок на зображеннях складових частин складальної одиниці, які проектується як видимі на основних видах або замінюючих їх розрізах. Номери позицій розташовують паралельно основному напису креслення поза контуром зображення і групують їх у колонку або рядок по можливості на одній лінії (рис. 2.164, 2.165, а). Допускається робити спільну лінію-виноску з вертикальним розташуванням позицій (рис. 2.165, б). Як правило, номер позиції наносять на креслення один раз. Розмір шрифту номерів позицій повинен бути на 1-2 розміри більше, ніж розмір шрифту розмірних чисел на цьому кресленні.

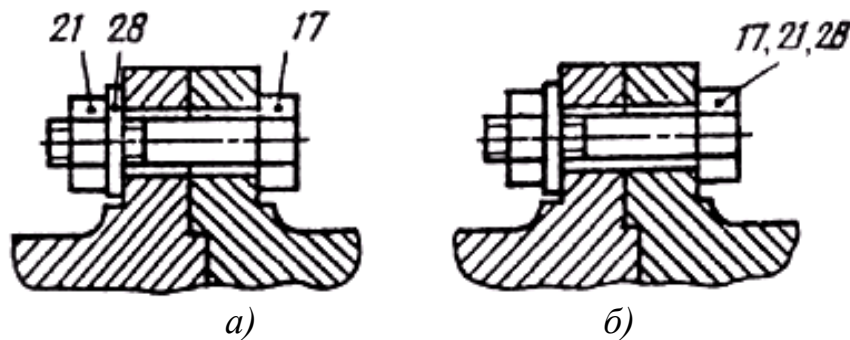


Рисунок 2.165

У процесі складання виробу виконуються деякі технологічні, так звані пригоночні, операції. Їх виконують спільною обробкою деталей, що з'єднуються або підгонкою однієї деталі до іншої за місцем її установки. У цих випадках на складальних кресленнях роблять текстові записи.

Багато виробів мають типові складові частини. До них відносяться, наприклад, сальникові ущільнення (рис. 2.166). Їх м'яка набивка забезпечує герметичність отворів, через які проходять рухомі частини виробу. Як набивання використовується прядивне або лляне волокно (рис. 2.166, а, б) або набір кілець з азбесту, шкіри, гуми (рис. 2.166, в). Підтискування набивання здійснюється накидною гайкою (рис. 2.166, а), різьбовою втулкою (рис. 2.166, б) або сальникової кришкою (рис. 2.166, в). Ці деталі на складальних кресленнях зображують в піднятому положенні.

Клапани мають типові кріплення на штоках або шпинделях. Кріплення можуть здійснюватися або обтискуванням клапана (рис. 2.167, а), або дротяною скобою (рис. 2.167, б), або кільцем з дроту (рис. 2.167, в). Головка шпинделя може кріпитися в прорізи клапана (рис. 2.167, г).

Підшипники кочення відносяться до стандартних виробів. Їх можна зображати на складальних кресленнях спрощено (рис. 6.168, а) без вказівки типу по ГОСТ 2.420-69 або, із зображенням кілець і кульок або роликів (рис. 2.168, б).

Приклад виконання складального креслення наведено на рис. 2.169.

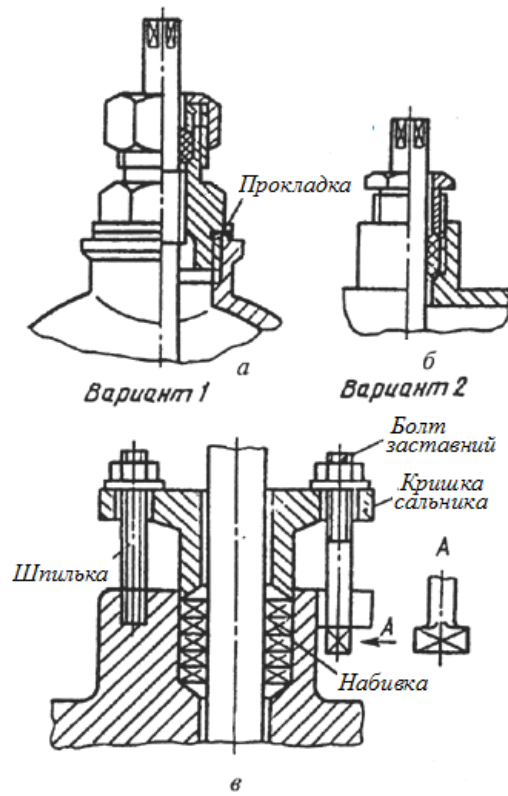


Рисунок 2.166

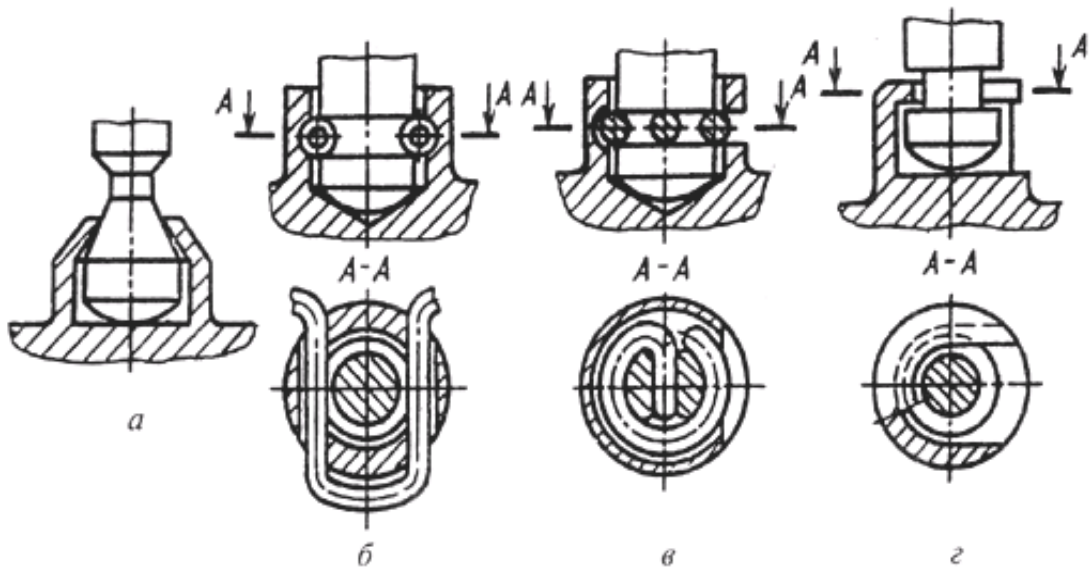


Рисунок 2.167

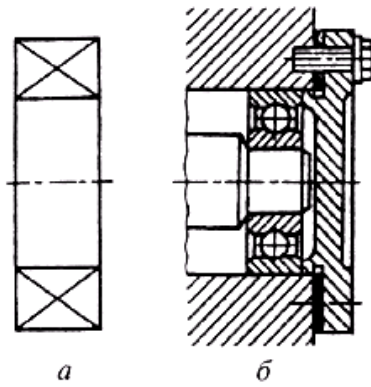


Рисунок 2.168

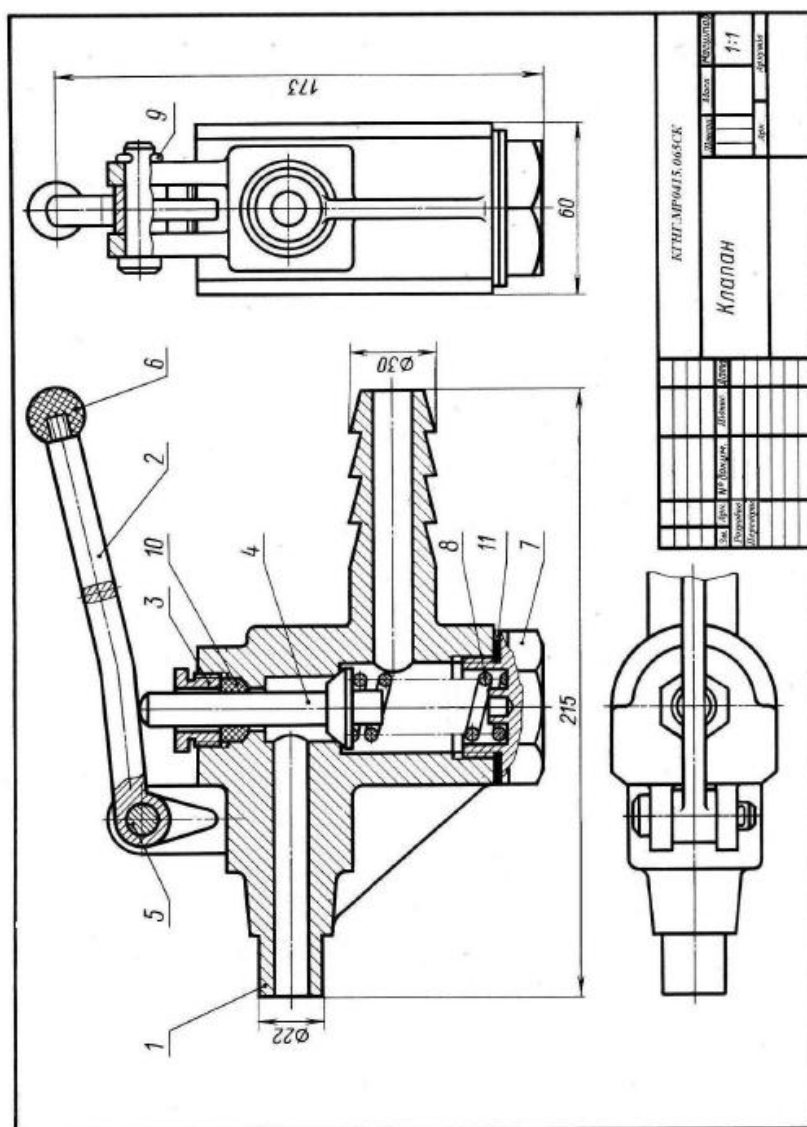


Рисунок 2.169

## 2.8.2 Виконання специфікації до складального креслення

Графічний конструкторський документ, що визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту, називається специфікацією. Специфікація складається в табличній формі на окремих аркушах формату А4 (297×210) на кожну складальну одиницю. Основний напис виконується розміром 40×185 відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Форма і порядок виконання специфікації визначається ГОСТ 2.106-96. Заповнюють специфікацію зверху вниз. Розділи специфікації розташовуються в такій послідовності: документація, комплекси, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали, комплекти. Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, на який складають специфікацію. Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка в графі «Найменування» і підкреслюють суцільною тонкою лінією. Після кожного розділу залишають кілька вільних рядків для додаткових записів.

Графи специфікації заповнюється наступним чином:

1. У графі «Формат» вказують формати документів, позначення яких записані в графі "Позначення". У розділах «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали» ця графа не заповнюється. Для деталей, на які не випущені креслення, в цій графі пишуть «БК» (без креслення).

2. У графі «Зона» вказують позначення зони відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. На навчальних кресленнях ця графа не заповнюється.

3. У графі «Поз.» Вказують порядковий номер складових частин, що входять у виріб. У розділах «Документація» і «Комплекти» ця графа не заповнюється.

4. У графі «Позначення» записується позначення документа на виріб (складальну одиницю, деталь) відповідно до ГОСТ 2.201-80. У розділах «Стандартні вироби», «Інші вироби» і «Матеріали» ця графа не заповнюється.

5. У графі «Найменування» вказують:

- у розділі «Документація» – лише назву документа;
- у розділах «Комплекти», «Складальні вироби», «Деталі», «Комплекси» – найменування виробів за основним написом на конструкторських документах цих деталей, наприклад «Колесо зубчасте», «Палець» т. і.;
- у розділі «Стандартні вироби» — найменування і позначення виробів відповідно до стандартів на цей виріб, наприклад «Болт М 12×70 ГОСТ 7805-70».

В межах кожної категорії стандартів на стандартні вироби запис роблять по однойменних групах, в межах кожної групи – в алфавітному порядку зростання позначень стандарту, в порядку зростання розмірів або основних параметрів виробу. Наприклад: групу кріпильних виробів потрібно записувати в такій послідовності: болти, гвинти, гайки, шайби, шпиль-

ки і т. д.; в розділі «Матеріали» – позначення матеріалів, встановлених в стандартах і технічних умови на ці матеріали.

6. У графі «Кіл.» вказують кількість складових частин в одному виробі, що специфікується, а в розділі «Матеріали» – загальна кількість матеріалів на один виріб з вказівкою одиниці виміру.

7. У графі «Примітки» вказують додаткові відомості для виробництва, а також для виробів, документів, матеріалів, внесених до специфікації.

Приклад виконання специфікації до складального креслення наведено на рис. 2.170.

Формат	Знач.	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A3			КГНГ.МР0415.065СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
A3	1		КГНГ.МР0415.651	Корпус	1	
A4	2		КГНГ.МР0415.652	Рукоятка	1	
A4	3		КГНГ.МР0415.653	Гайка накидна	1	
A4	4		КГНГ.МР0415.654	Клапан	1	
A4	5		КГНГ.МР0415.655	Палець	1	
A4	6		КГНГ.МР0415.656	Наконечник	1	
A4	7		КГНГ.МР0415.657	Гайка регулювальна	1	
A4	8		КГНГ.МР0415.658	Пружина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Шплінт 5x20 ГОСТ 397-79	1	
				<u>Матеріали</u>		
		10		Набивка кручена марки АП 3 ГОСТ 5152-84	0.03кг	
		11		Пароніт РОН 55x55x3 ГОСТ 481-80		
			КГНГ.МР0415.065СК			
Зм.	аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
Разробив					Літ.	Аркуш
Перевіряв						Аркушів
Н. контр					Клапан	
Ствердив						

Рисунок 2.170

### 2.8.3 Порядок виконання складального креслення

Виконання учбового складального креслення виробу починається із з'ясування призначення цього виробу, його пристрою і принципу дії, робочого положення, способів з'єднання складових частин, послідовності збірки і розбирання.

Для прикладу розглянемо вентиль запірний в зборі. Його призначення – забезпечувати доступ робочого середовища (наприклад, рідини) з однієї системи в іншу. Відкриття і закриття вентиля забезпечується обертанням маховика відповідно проти годинникової стрілки і за годинниковою стрілкою.

Вентиль необхідно розібрати на складові частини і виділити, якщо є, складальні одиниці. Потім потрібно виділити безпосередньо стандартні вироби, що входять у виріб. Необхідно встановити найменування кожної деталі, її призначення в складальній одиниці і матеріал, з якого деталь виготовлена.

Рекомендується скласти схему виробу з виділенням складу складальних одиниць, наявність деталей стандартних виробів і ін. Відповідно до схеми складають специфікацію. При позначенні складових частин виробу потрібно врахувати, що три останні знаки в позначенні виробу або його документ можна використовувати таким чином:

- три нулі і шифр СБ (000СБ) — для позначення складального креслення виробу;

- числа 001,002,003 і так далі — для позначення деталей, що входять в цей виріб;

- числа 100, 200, 300 і так далі — для позначення складальних одиниць, що входять у виріб, що специфікується;

- числа 101,102,103 і так далі — для позначення деталей, що входять до складу складальної одиниці 100, числа 201, 202, 203 і так далі – для позначення деталей, що входять до складу складальної одиниці 200 і т. д.

Складанню складального креслення передуює робота по складанню ескізів всіх деталей, що входять в складальну одиницю.

Складальне креслення виробу викреслюється по ескізах деталей. При виборі масштабу зображень перевага віддається зображенню виробу у натуральну величину (М 1:1). Для невеликих виробів (як в даному прикладі) слід застосовувати масштаб збільшення, а для виробів великих розмірів масштаб зменшення у відповідності с ГОСТ 2.302-68.

Кількість зображень залежить від складності виробу. Для даного предмету досить виконати повний подовжній розріз на місці головного вигляду і вигляд зверху.

Побудову слід вести одночасно на всіх намічених зображеннях, зв'язавши їх одне з одним. Першою викреслюють основну деталь (зазвичай, це корпус), а потім побудовані зображення доповнюють зображеннями де-



талей, що сполучаються з корпусом. На аркуші всі зображення мають бути розміщені вільно, щоб правильно нанести розміри і номер позицій. Номери позицій проставляють відповідно до заповненої специфікації.

В останню чергу заповнюють основний напис і виконують необхідні написи, що розташовуються над основним написом.

#### **2.8.4 Читання і деталювання складального креслення**

Читанням складального креслення називають процес визначення конструкції, розмірів і принципу роботи виробу по його кресленню. Можна рекомендувати таку послідовність читання складального креслення виробу:

- по основному напису визначити найменування виробу і масштаб зображення;
- по зображеннях з'ясувати, які види, розрізи, перерізи виконані на кресленні і яке призначення кожного з них;
- прочитати технічні вимоги на кресленні і проставлені розміри;
- по специфікації визначити призначення кожної деталі, положення її на кресленнях;
- встановити способи з'єднання деталей між собою і їх взаємодії, визначити межі переміщення рухливих деталей;
- послідовно для кожної деталі, що входить в складальну одиницю, з'ясувати її геометричні форми і розміри, тобто визначити конструкцію деталі;
- у думках представити зовнішні, внутрішні форми виробу в цілому і розібратися в його роботі;
- визначити порядок складання і розбирання виробу, тобто порядок відділення однієї деталі від іншої, як це робиться при демонтажі виробу.

*Деталювання* – це процес виконання робочих креслень деталей, що входять у виріб, по складальному кресленню виробу. Деталювання не є простим копіюванням зображень деталі із складального креслення, а творча робота. Розміри конструктивних елементів (фасок, проточок, ухилів т. і.) потрібно призначати по відповідних стандартах, а не за складальним кресленням.

Розміри пазів шпонок, шліців, гнізд під шпильки і гвинти, центрових отворів і інших мають бути узяті з відповідних стандартів на ці елементи. Діаметри отворів для проходу кріпильних виробів (гвинтів, болтів, шпильок) повинні проставлятися з врахуванням характеру складання.

Шорсткість поверхонь деталей визначається по технічних вимогах, опису, умовах роботи виробу і даної деталі у виробі.

Щоб оцінити і проставити на креслення шорсткість поверхонь деталі, потрібно визначити, зв'язаною або вільною є дана поверхня, який хара-

ктер експлуатаційних вимог до неї і ін. Для типових деталей рекомендується певні кордони меж параметрів шорсткості

Щоб оцінити і проставити на кресленні шорсткість поверхонь деталі, потрібно визначити, сполученою або вільною є дана поверхня, який характер експлуатаційних вимог до неї та ін. Для типових деталей рекомендується певні межі діапазонів параметрів шорсткості. На рис. 2.171 виконаний складальне креслення зворотного подвійного клапана, специфікація до нього – на рис. 2.172.

Принцип дії клапана наступний. Рідина під тиском надходить в отвір діаметром *18 мм* верхнього наконечника корпусу *1*, стискає пружину *3*, і в зазор між клапаном *2* і корпусом надходить через відвідний (зліва) наконечник корпусу в гідравлічну систему. Якщо зняти заглушку *7* з нижнього наконечника корпусу, згвинтивши накидну гайку *5*, можна в корпус через нижній отвір подати іншу рідину, підключивши клапан до другого трубопроводу. У цьому випадку в систему буде надходити суміш рідин.

Порядок виконання робочого креслення деталі за складальним кресленням виробу аналогічний виконанню креслення деталі з натури. При цьому форми і розміри деталі визначаються при читанні складального креслення.

Найменування деталі і її позначення визначається за специфікацією складального креслення, а марка матеріалу – за описом, що додається до навчального складального креслення.

Розташування деталі щодо фронтальній площині проєкцій, тобто її головний вид, вибирається виходячи із загальних вимог, а не з розташування її на складальному кресленні. Число і зміст зображень деталі можуть збігатися зі складальним кресленням.

На робочому кресленні повинні бути показані ті елементи деталі, які або зовсім не зображені, або зображені спрощено, умовно, схематично на складальному кресленні. До таких елементів відносяться:

- ливарні і штампувальні заокруглення, ухили, конусності;
- проточки і канавки для виходу різьбонарізаючого і шліфувального інструменту;
- зовнішні, внутрішні фаски, які полегшують процес складання виробу, і т. ін.

Гнізда для гвинтів і шпильок на складальних кресленнях зображуються спрощено, а на робочому кресленні деталі гніздо має бути вималюване відповідно до ГОСТ 10549-80.

Розміри деталі визначаються шляхом замірів (якщо вони не нанесені на кресленні) за складальним кресленням. При цьому потрібно стежити, щоб сполучувані розміри не мали розбіжностей.

Стандартних деталей клапан не має. Складальне креслення виконаний в масштабі *1:1*. На місці головного виду виконаний повний поздовжній розріз клапана фронтальною площиною симетрії виробу. Цей розріз дозволяє виявити внутрішню будову всіх деталей клапана. На місці виду зверху – поєд-



Форм. зона	Поз.	Визначення	Найменування	Кільк.	Примітки
			<u>Документація</u>		
12			Складальне креслення		
			<u>Деталі</u>		
12	1		Корпус	1	
11	2		Клапан	2	
11	3		Пружина	1	
11	4		Штуцер	1	
11	5		Гайка накидна	1	
11	6		Заглушка	1	
64	7		Прокладка 48 x 38 x 2	1	
			Картон Б-2 ГОСТ9347-74		

Зк	Архив	IP документів	Лістис	Ліста		
Роботод					Літера	Архив
Перевірив						Архів
						7
Н. контр.						
Затв.						

				Клапан зворотній подвійний		
--	--	--	--	-------------------------------	--	--

Рисунок 2.172

На вигляді зліва виконаний місцевий розріз щодо загвинчування отвору у фланці корпусу. Крім цих основних зображень виконані перерізи  $B-B$  і  $B-V$ . Перетин  $B-B$  показує отвори в шестигранною частини корпусу для пломбування клапана після установки його в гідросистему. Перетин  $B-V$  дає уявлення про сполучувані деталі 1, 2 і 4 і пояснює розташування отворів в клапані 2.

На кресленні проставлені габаритні розміри (200 і 100 мм), встановлювальні (75 мм), монтажні ( $M 12$  і  $M 36$ ) і експлуатаційні (діаметр 18) розміри.

З'єднання деталей в клапані роз'ємні, різьбові. Для забезпечення щільності з'єднання деталей 2 і 4 в проточку деталі 4 закладена прокладка з картону. Зовнішній діаметр прокладки 48 мм, внутрішній 38 мм, товщина 3 мм (див. поз. 7 специфікації на рис. 2.172). Клапани і заглушки щільно

прилягають до поверхонь корпусу і штуцера (їх притирають). Приєднання трубопроводів до корпусу здійснюється за допомогою різі  $M36 \times 2$ .

Щоб розібрати клапан, необхідно згвинтити гайку 5, а разом з нею зняти заглушку б, з корпусу вивернути штуцер 4, зняти прокладку 7, через нижній отвір в корпусі вийняти обидва клапана 2 і пружину 3. Пружина працює на стиск, її кінці повинні бути підібгані і шліфувати.

Збирання клапана проводиться в зворотному порядку. На рис. 2.173 – 2.178 виконані робочі креслення деталей, що входять до складу зворотного клапана (рис. 2.171).

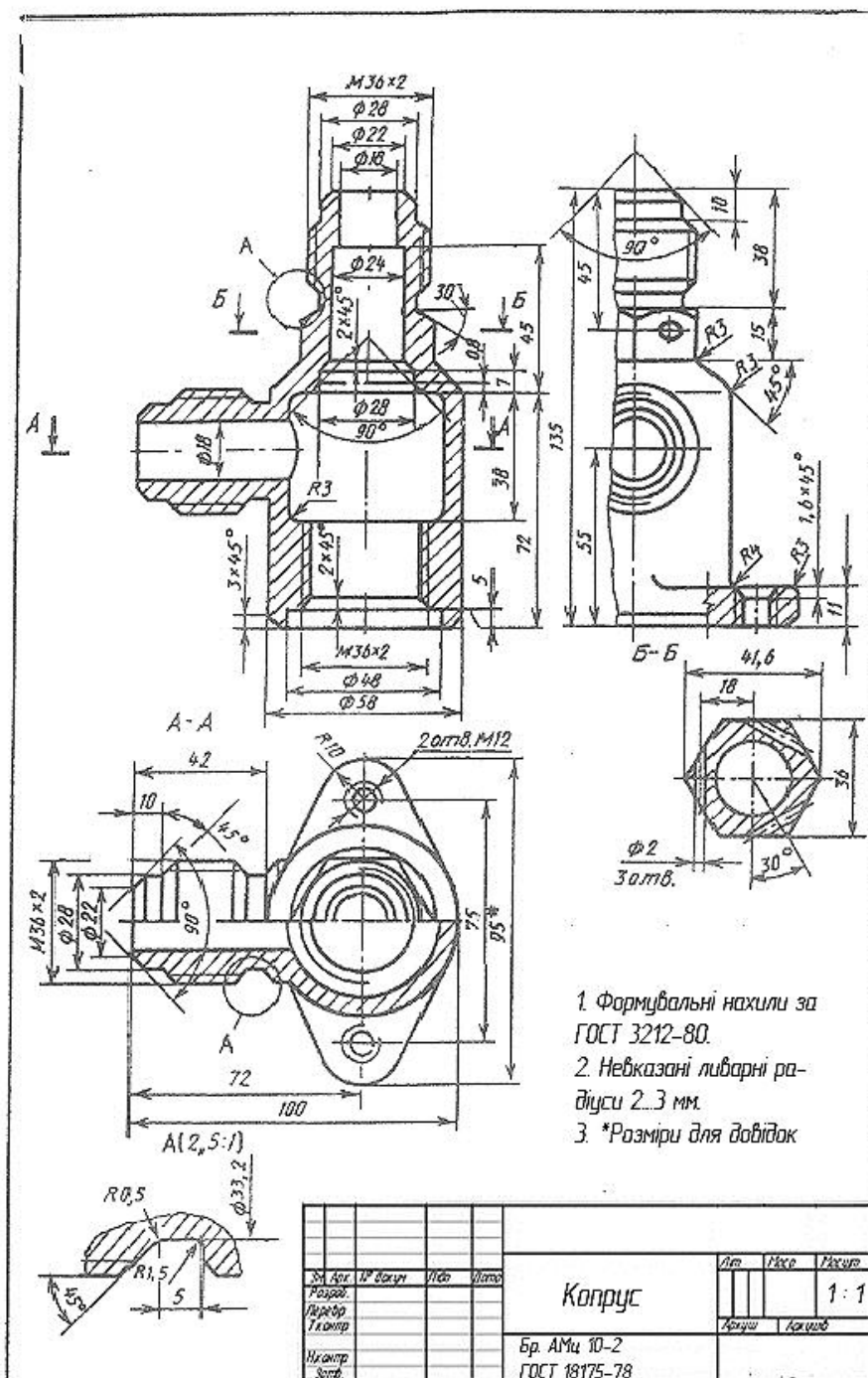


Рисунок 2.173

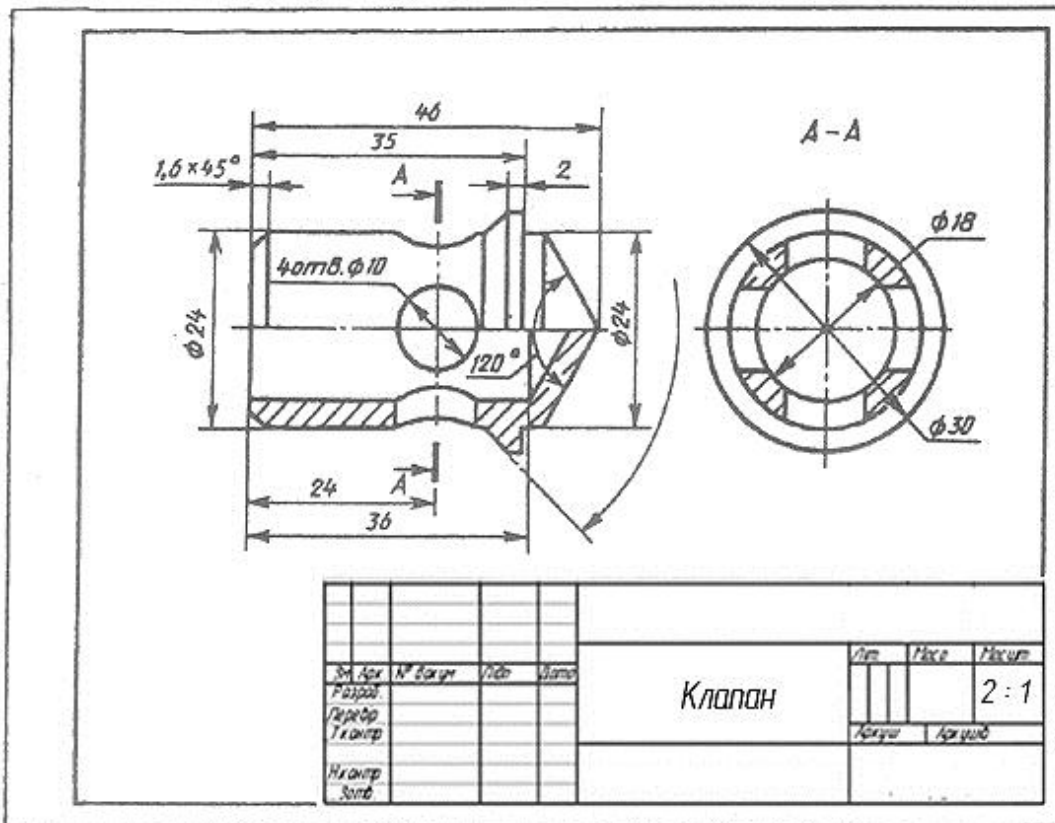


Рисунок 2.174

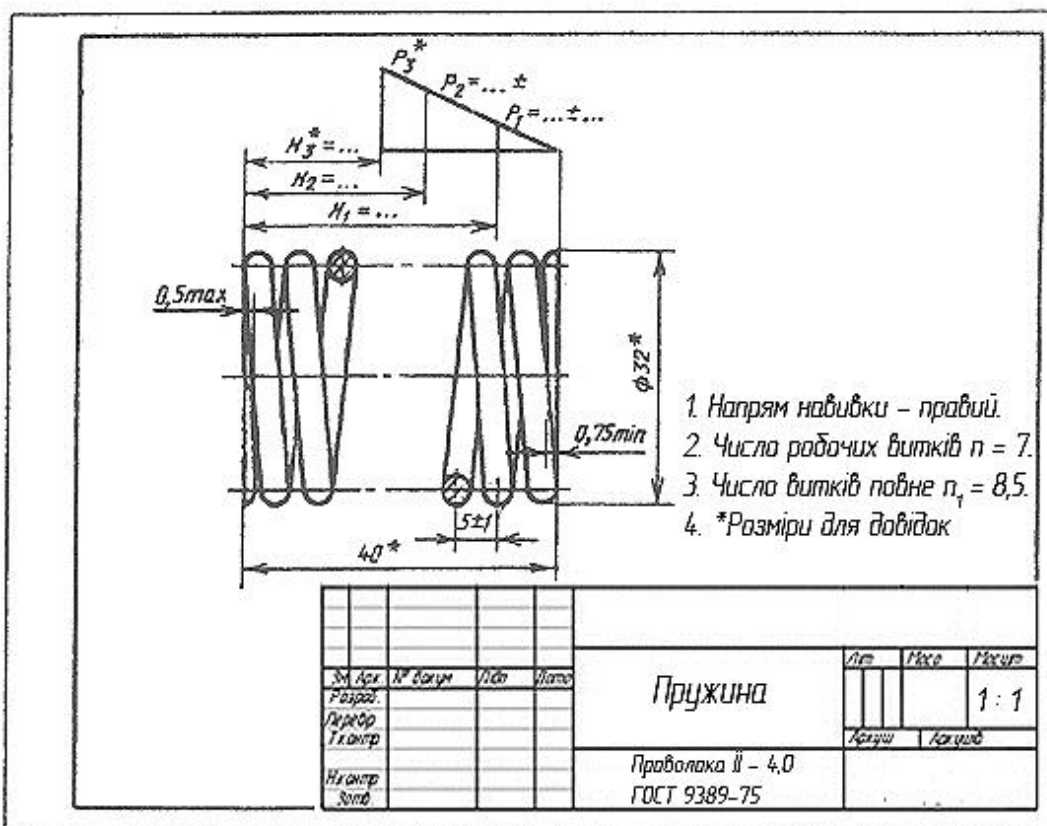


Рисунок 2.175

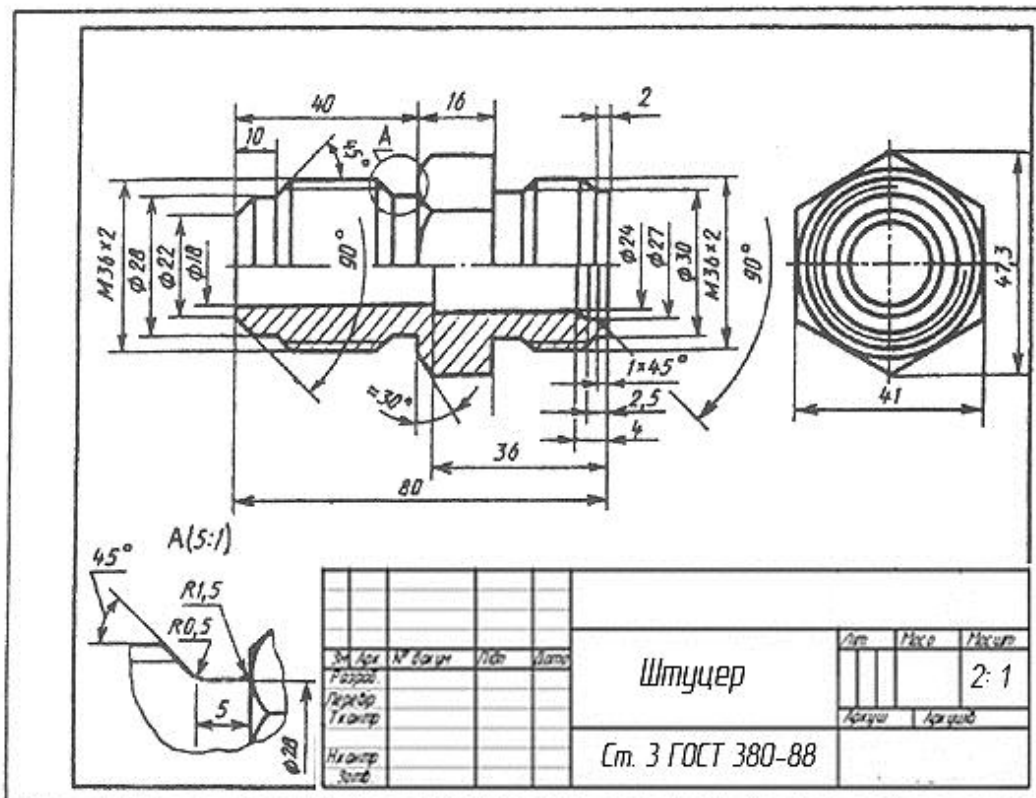


Рисунок 2.176

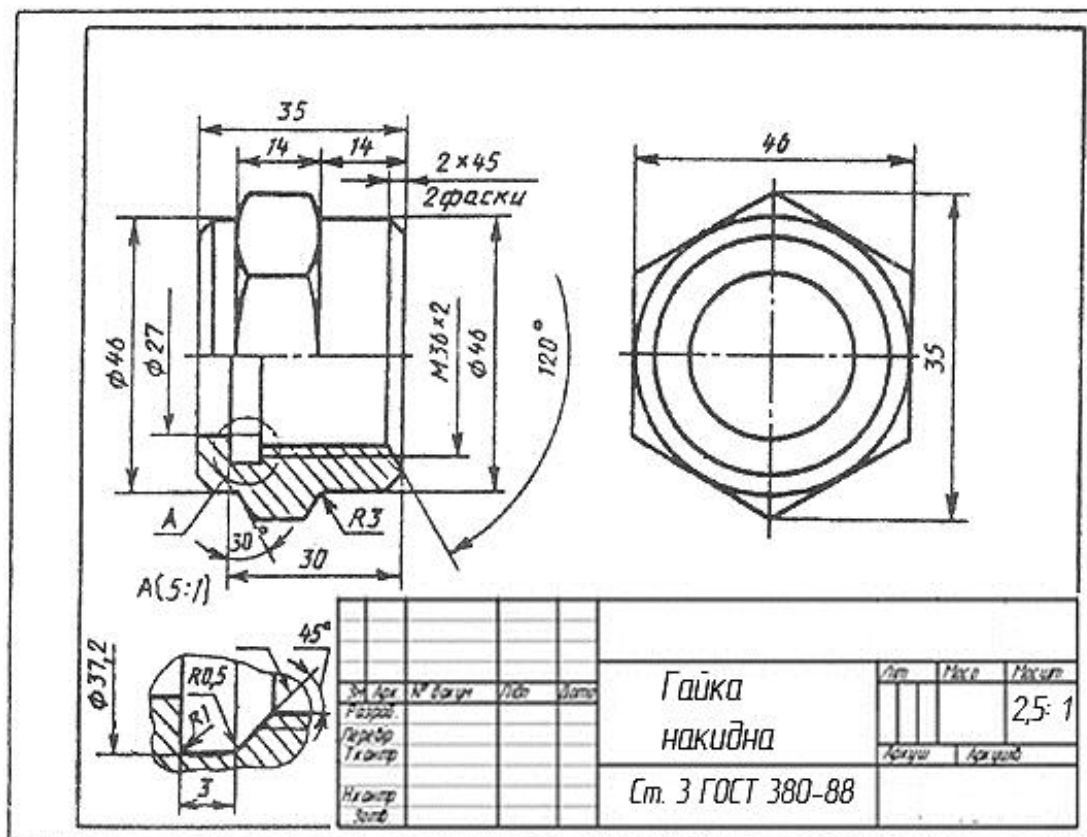


Рисунок 2.177

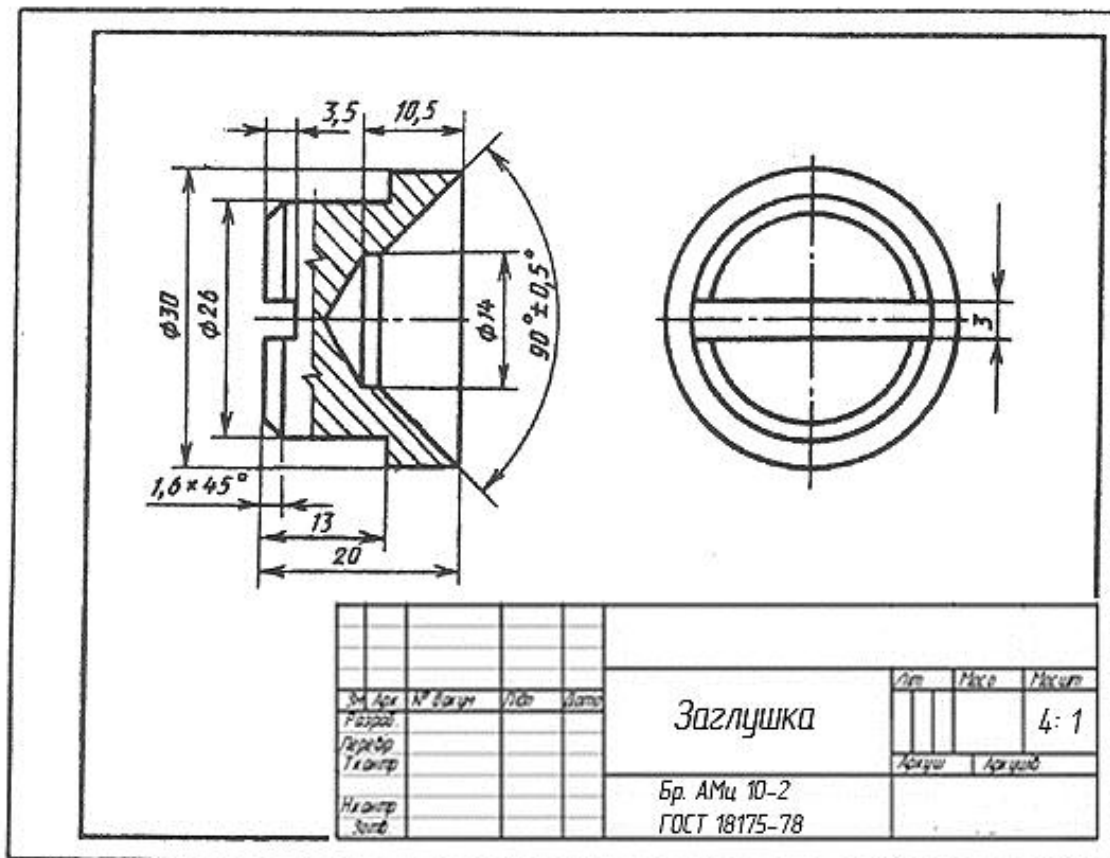


Рисунок 2.178



### 3 КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА. ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У ГРАФІЧНОМУ ПАКЕТІ «КОМПАС»

#### 3.1 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Пластина» (рис. 3.1)

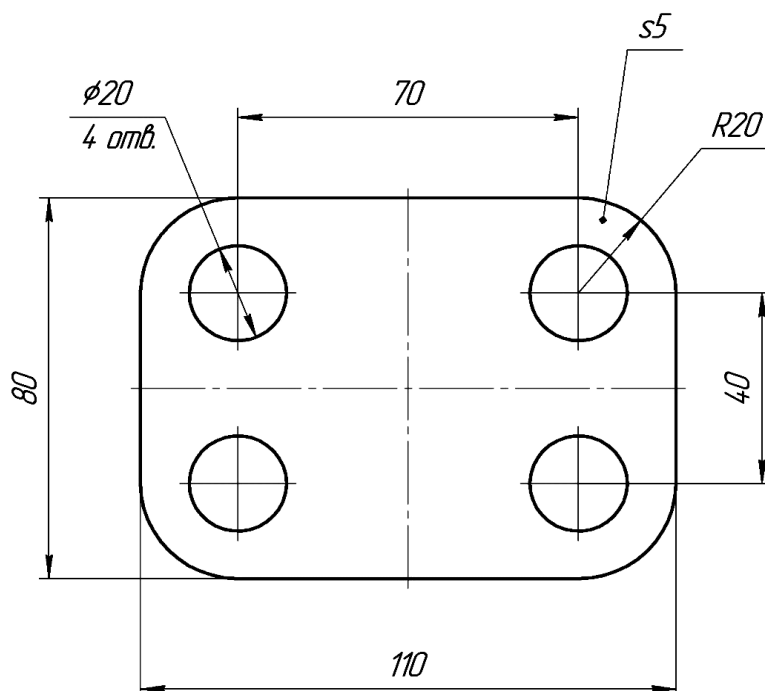


Рисунок 3.1 – Завдання «Пластина»

**Мета роботи.** Передбачається відпрацювання команд створення тривимірних елементів витискування. Відпрацьовуються:

- команди створення об'єктів геометрії на ескізах;
- дія команди *Операція выдавливания (Операція витискування)*;
- команди створення зображень креслень по моделях (створення видів на кресленні).

#### 3.1.1 Порядок створення моделі

1. Створимо файл завдання. Виберемо у вікні програми команду *Создать – Деталь (Создатель – Деталь)*.

2. У робочій області виберемо площину ХУ (після наведення на її відображення курсор, клікнемо лівою кнопкою миші). Після цього вибе-






ремо команду *Эскиз*  (*Ескіз*) на панелі *Текущее состояние (Поточний стан)* (рис. 3.2) або у випадному при натисненні правої кнопки миші контекстної панелі або контекстному меню. Вибрана площина розгорнеться перпендикулярно по відношенню до спостерігача.



Рисунок 3.2

3. На інструментальній панелі *Геометрия*  (*Геометрія*) виберемо команду створення прямокутника . Далі на панелі властивостей задаємо метод створення по центру і вершині , визначивши також необхідність відображення осей (рис. 3.3). Виберемо з екрану в якості центру прямокутника початок координат площини ескізу і потім в панелі властивостей встановимо параметри довжини і ширини прямокутника.

4. Визначимо положення допоміжних графічних елементів, що задають положення центрів отворів. Для цього на інструментальній панелі *Геометрия* *Геометрия* виберемо команду *Параллельная прямая*  (*Паралельна пряма*), що забезпечує створення прямої, паралельної заданої (слід знайти її на випадній панелі команди *Прямая (Пряма)*). В якості базової прямої виберемо горизонтальну вісь прямокутника, потім в полі *Расстояние (Відстань)* інструментальної панелі задаємо величину зміщення. На екрані при цьому виберемо по черзі обоє з можливих варіантів розташування прямої. Аналогічні дії виконаємо для створення вертикальних допоміжних прямих.

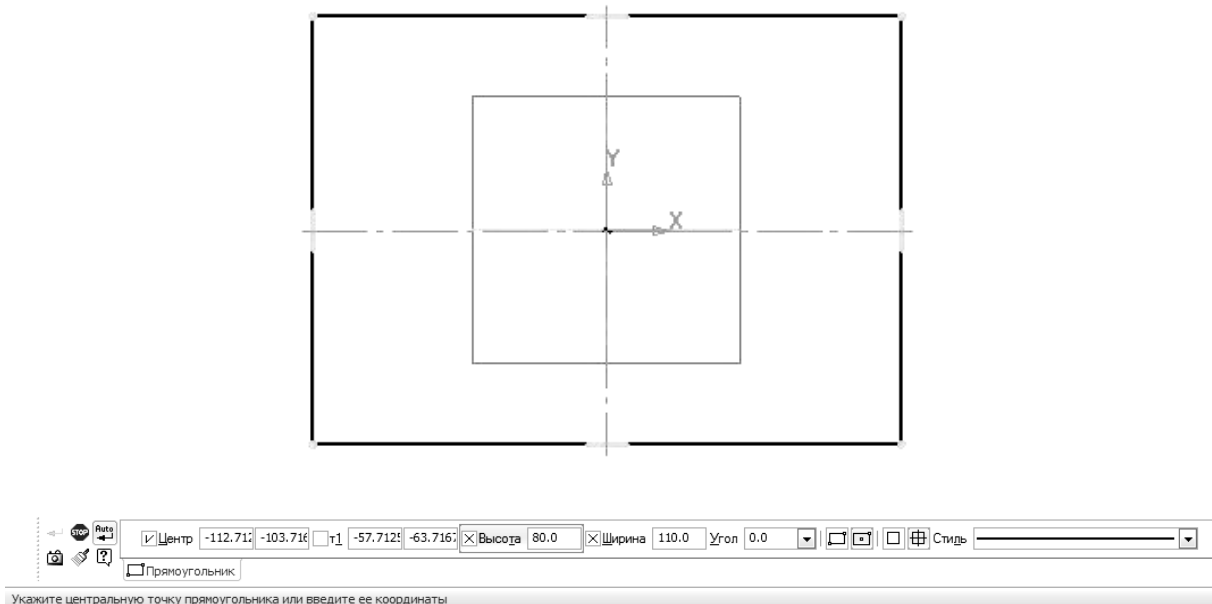


Рисунок 3.3

5. Далі виконаємо побудову графічних елементів для створення отворів. На інструментальній панелі виберемо команду *Окружность* (Коло). В якості центру кола визначимо точку перетину побудованих допоміжних прямих і задаємо у відповідному полі панелі властивостей значення діаметру кола, вибравши спосіб побудови з осями симетрії (рис. 3.4).

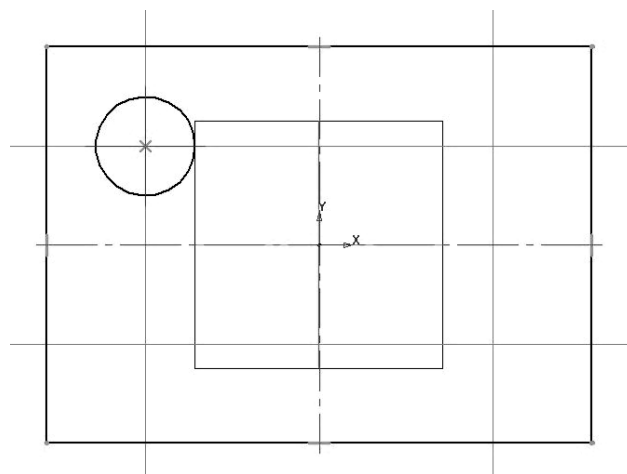


Рисунок 3.4

6. Інші кола побудуємо за допомогою команди *Симметрия* (Симетрія). Для цього виділимо побудоване коло разом з осями симетрії і активізуємо команду *Симметрия* (Симетрія) на панелі *Редактирование* (Редагування) *Інструментальної панелі*. Вказуємо мішенню дві будь-які точки на вертикальній осі симетрії прямокутника для побудови правого

кола. Виділимо обидва верхні кола, вказуючи їх при натиснутій клавіші *<Shift>* на клавіатурі, і за допомогою команди *Симметрия (Симетрія)* побудуємо нижні пари кіл (рис. 3.5). Точки, які задають осі відображення, при цьому вказуємо на горизонтальній осі прямокутника.

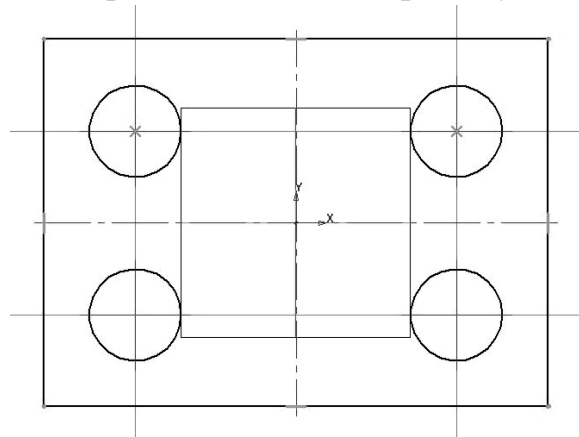



Рисунок 3.5

7. Створимо скруглення на кутах контуру відповідно до завдання. Знайдемо на інструментальній панелі *Геометрія (Геометрія)* команду *Скругление*  (*Скруглення*). В полі панелі властивостей команди введемо значення радіусу скруглення. Далі слід здійснити вибір відповідних сторін кутів (рис. 3.6), що скругляються, і завершити створення скруглень.

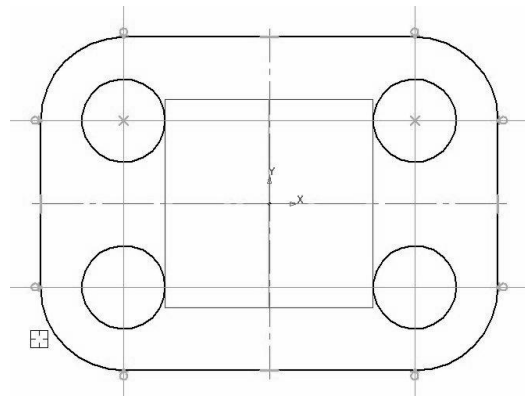





Рисунок 3.6

8. Виконаємо створення тривимірного елемента, застосувавши витискування створеного в ескізі замкнутого контура на задане параметрами моделі відстань (необхідно ретельно стежити, щоб контур ескізу був замкнутий, і уникати накладення об'єктів ескізу один на одного, інакше при виборі операції створення тривимірного елемента можлива поява повідомлення про помилку або створення тонкостінного елемента замість твердотілого). Для цього на панелі *Редактирование детали*  (*Редагування де-*

талі) виберемо команду *Операція выдавливания*  (*Операція витискування*). Встановимо у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (витискування в прямому напрямі, на відстань, визначаємо значення відстані витискування, з нульовим ухилом). Для остаточного створення об'єкту натисніть кнопку *Создать объект*  (*Створити об'єкт*) на панелі спеціального управління. Створений при цьому тривимірний елемент показаний на рис. 3.7. Збережемо модель у файл.

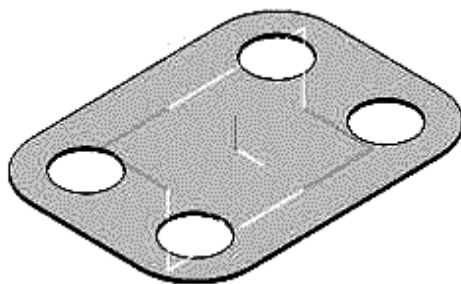




Рисунок 3.7

### 3.1.2 Створення креслення для моделі

1. Створимо новий файл, вибравши команду *Новый чертеж из модели* (*Нове креслення з моделі*) в розділі *Операции* (*Операції*) головного меню. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень і автоматично запуститься команда додавання довільного виду на креслення. Вказуємо курсором точку вставки виду, перевіривши, щоб на панелі властивостей було вказано, що ми створюємо вигляд зверху. Результат показаний на рис. 3.8.

Для створення креслення можна також вибрати *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*). При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень. Спочатку створимо вид зверху. У вікні пакету виберемо *Вставка – Вид с модели – Произвольный* (*Вставка – Вид з моделі – Довільний*) або скористаємося кнопкою  на інструментальній панелі *Виды*  (*Види*). У вікні вибору файлу, що відкрилося, знайдемо збережений файл моделі. Потім виберемо точку вставки виду, переві-

ривши, щоб на панелі властивостей було вказано, що ми створюємо вигляд зверху (див. рис. 3.8).

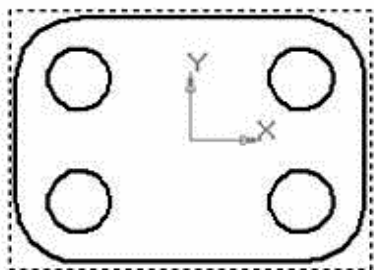






Рисунок 3.8

2. Виконаємо побудову осьових ліній на кресленні. Спочатку додаємо осі для кола і дуги на вигляд згори. Зробимо це за допомогою команди *Обозначение центра*  (*Позначення центру*) на інструментальній панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Створення здійснюється за допомогою вибору відповідного кола або дуги і вказівкою кута повороту для визначення розташування двох взаємно перпендикулярних осьових ліній системи.

Відповідні осі на вигляді спереду створимо за допомогою команди *Автоосевая*  (*Автоосьова*) на панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Вказівка положення осьовій робиться завданням ліній, між якими симетрично буде розташована осьова, і граничних ліній контуру для завдання довжини відповідної осьової (виступання осі за контур промальовувався автоматично). Остаточний вид креслення з осьовими показаний на рис. 3.9.

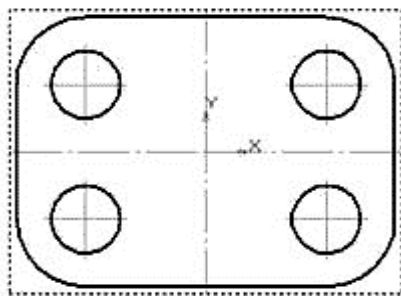


Рисунок 3.9

*Примітка.* Для додавання елементів креслення на відповідний вид слід заздалегідь зробити вигляд поточним. Для цього досить двічі клікнути лівою кнопкою миші, навівши її на який-небудь з елементів відповідного виду. При цьому лінії виду змінять колір з чорного на той, що відповідає їх стилю відрисовування.

3. Після нанесення осьових виконаємо проставлення розмірів. Для нанесення лінійних розмірів скористаємося кнопкою *Линейный размер* (Лінійний розмір) на інструментальній панелі *Размеры* (Розміри). Вказуються дві точки прив'язки розміру, після чого задається положення розмірної лінії і напису на кресленні.

4. Нанесення розмірів для кола і дуги виконується відповідно за допомогою команд *Диаметральный размер* (Діаметральний розмір) і *Радиальный размер* (Радіальний розмір) на панелі *Размеры* (Розміри). Вказуємо об'єкт, розмір якого наноситься і задаємо положення розміру. Для винесення розмірного тексту в розглянутих розмірах на полицю винесення необхідно перейти на панелі властивостей цих розмірів на вкладку *Параметры* (Параметри), і в полі *Размещение размерной надписи* (Розміщення розмірного напису) вибрати варіанти *На полке вправо* (На полиці вправо) або *На полке влево* (На полиці вліво). Позначення кількості отворів наносимо в полі *Текст под* (Текст під) у вікні *Задание размерной надписи* (Завдання розмірного напису) (рис. 3.10), яке відкривається при виборі поля *Размерная надпись* (Розмірний напис) в панелі властивостей (або при виборі в контекстному меню пункту *Текст надписи* (Текст напису)).

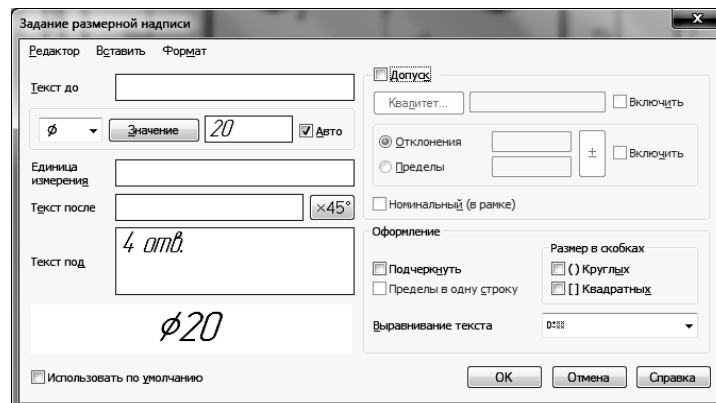
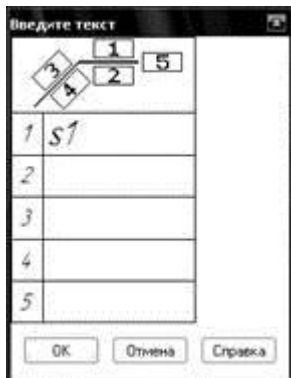
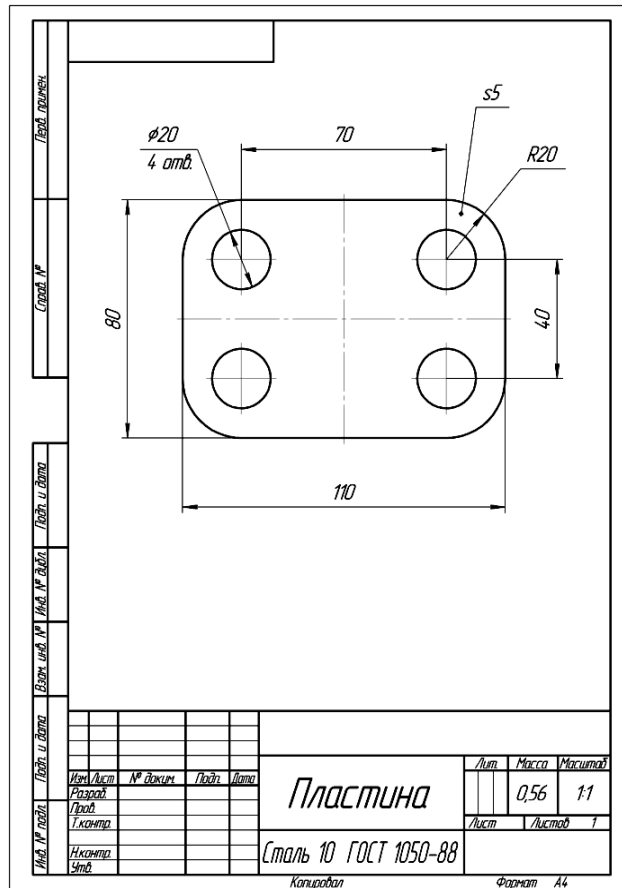


Рисунок 3.10

Вказівку товщини деталі виконуємо за допомогою команди *Линия-выноска* (Лінія-винесення) на панелі інструментів *Обозначения* (Позначення). В області зображення вказуємо точку початку винесення, потім малюємо похилу лінію винесення. В якості позначення при цьому замість стрілки використовуємо допоміжну точку, вибравши її у вкладці *Параметры* (Параметри) в полі *Стрелка* (Стрілка). Потім, кликнувши лівою кнопкою миші по полю *Текст* (Текст) у вкладці *Знак* (Знак), введемо у верхнє поле значення товщини деталі (рис. 3.11, а). Остаточний вид креслення показаний на рисунку 3.11, б.



а



б

Рисунок 3.11

**3.2 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Кругові сектори» (рис. 3.12 і табл. 3.1)**

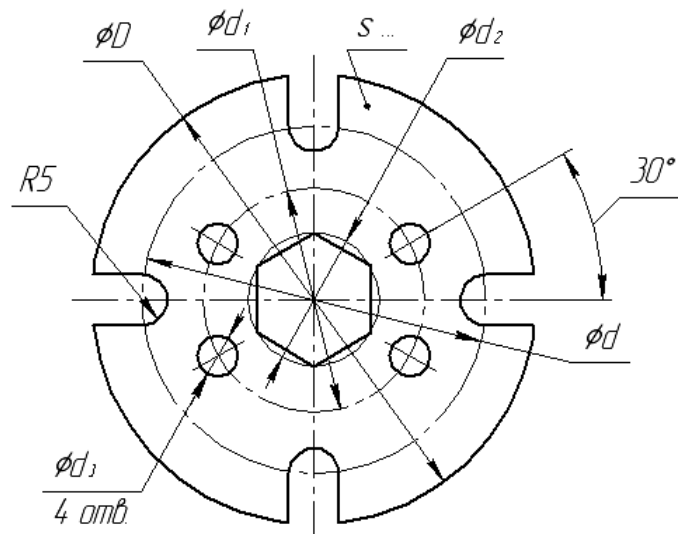


Рисунок 3.12




Таблиця 3.1


Варіант	D, мм	d, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	Число сторін багатокутника	d <sub>3</sub> , мм	s, мм
1	100	70	65	20	3	4	2
2	95	72	60	22	4	5	3
3	90	74	55	24	5	6	4
4	85	76	56	26	6	7	5
5	80	65	38	28	8	8	6
6	75	60	40	30	3	4	2
7	90	80	50	32	4	5	3
8	85	64	44	34	5	6	4
9	80	70	46	36	6	7	5
10	75	60	48	38	8	8	6

**Мета роботи.** В процесі виконання креслення цієї деталі необхідно вивчити ряд важливих команд панелі *Редагування*:


- дзеркальне відображення об'єкту (симетрія);
- видалення частини об'єкту;
- копіювання об'єкту.

### 3.2.1 Порядок створення моделі


Побудову моделі розпочинаємо з вибору горизонтальної площини для створення ескізу, потім в режимі *Ескіз*  (*Ескіз*) виконуємо побудова плоского контуру деталі в наступній послідовності:

1. Будуємо коло діаметру  $D$  з центром на початку координат з використанням команди *Окружність*  (*Коло*). Коло виконуємо основною лінією з нанесенням осьових ліній.

2. Будуємо кола діаметром  $d$  і  $d_1$  з центром на початку координат. Кола виконуємо штрихпунктирними лініями (рис. 3.13).

3. Створюємо правильний багатокутник , послідовно задаючи в панелі властивостей його число сторін, спосіб побудови (по описаному колу) центр описаного кола і її діаметр  $d_2$ .

В результаті отримаємо заданий багатокутник, в прикладі це шестикутник (рис. 3.14). У варіантах завдань наведено багатокутники з різним числом сторін.

4. Для знаходження центру кола діаметром  $d_3$  проводимо допоміжну пряму під кутом  $30^\circ$ , в панелі властивостей задаючи кут  $30^\circ$ , і точку початку координат, через яку проходить допоміжна пряма. Перетин побудованої прямої з осьовим колом дає центр колу діаметром  $d_3$ . Будуємо коло з використанням команди *Окружність*  (*Коло*) (рис. 3.15).

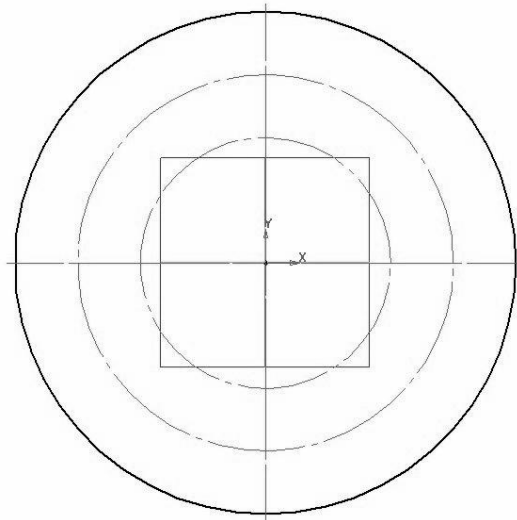


Рисунок 3.13

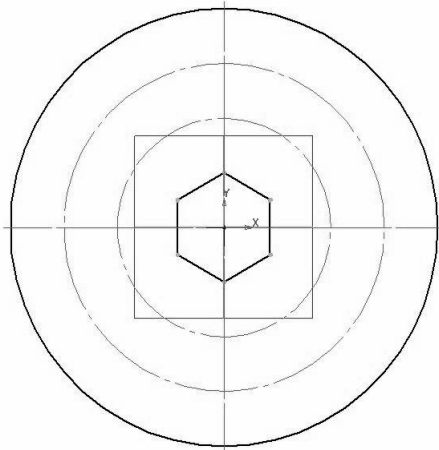


Рисунок 3.14

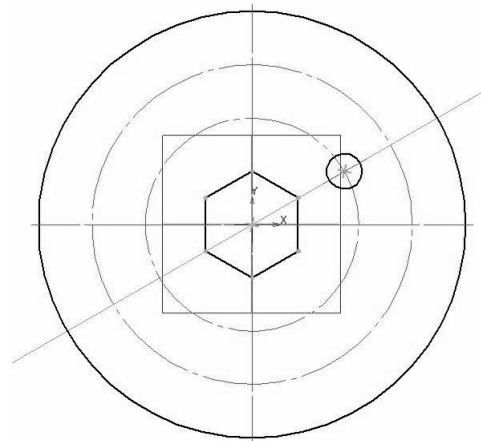





Рисунок 3.15

5. Дзеркально відображаємо коло, відносно горизонтальної осі деталі за допомогою команди панелі редагування *Симметрия (Симетрия)*. Для цього вибираємо коло, натискаємо кнопку  контекстної панелі і вказуємо дві точки на горизонтальній осі контурного кола. Після цього повторно використовуємо команду *Симметрия (Симетрия)*, відображаючи вже два кола відносно вертикальної осі (рис. 3.16).

6. Виконуємо паз в послідовності, наведеній на рисунку 3.17 а, б, в. Рекомендується створювати коло, показане на рисунку 3.17, а, з вибраним режимом створення осевих ліній. Відрізки з правої і лівої точок кола (рис. 3.17, б) проводимо строго вертикально, включивши режим ортогонального креслення (натиснути клавішу *F8* або вибрати кнопку  на панелі *Текущее состояние (Поточний стан)*). Частини кіл видаляємо за допомогою команди *Усечь кривую (Усікти криву)* панелі *Редагування* . Результат виконання команди зображений на рисунку 3.17, в.

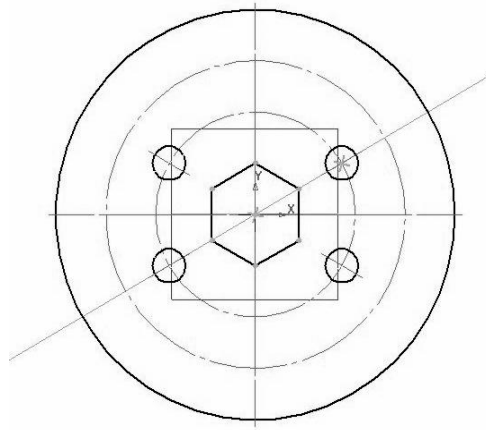


Рисунок 3.16

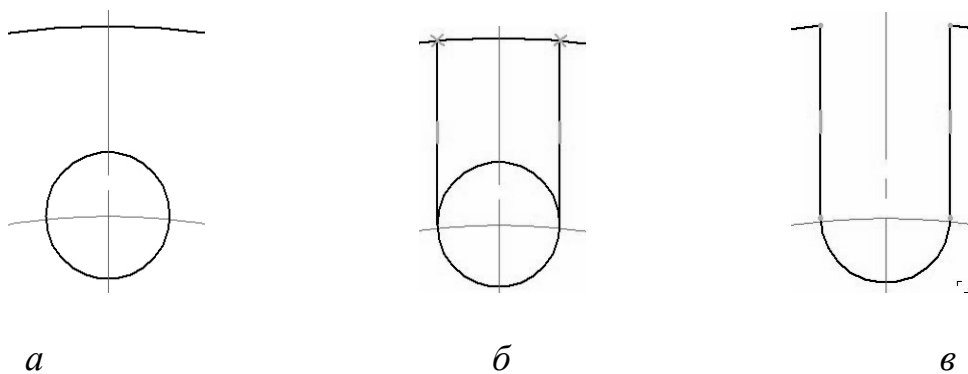






Рисунок 3.17

7. Створимо масив елементів, зображених на рисунку 3.17, з використанням команди *Копирование по окружности*  (*Копіювання по колу*) панелі редагування  (знаходимо у випадній панелі команди *Копія указаним (Копія вказівкою)*). До вибору команди виділимо, утримуючи клавішу *<Shift>*, елементи для копіювання. У панелі властивостей вказуємо центр копіювання, число елементів і активізуємо режим копіювання із рівним кутовим кроком уздовж усього кола. Після копіювання відсікаємо зайві ділянки кола (рис. 3.18).

8. Далі до отриманого ескізу застосовуємо команду тривимірного редагування – команду *Операция выдавливания*  (*Операция витискування*), яку знаходимо на панелі *Редагування деталі* . Виконуємо витискування на задану за завданням (див. таблицю. 3.1) довжину *s*. В результаті отримуємо модель деталі (рис. 3.19).

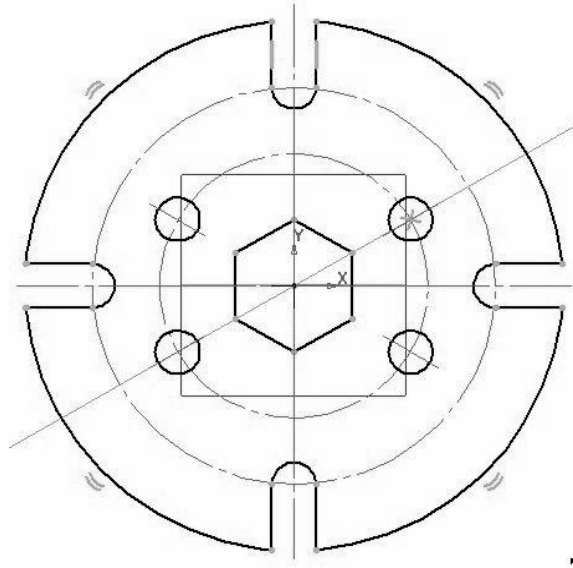


Рисунок 3.18

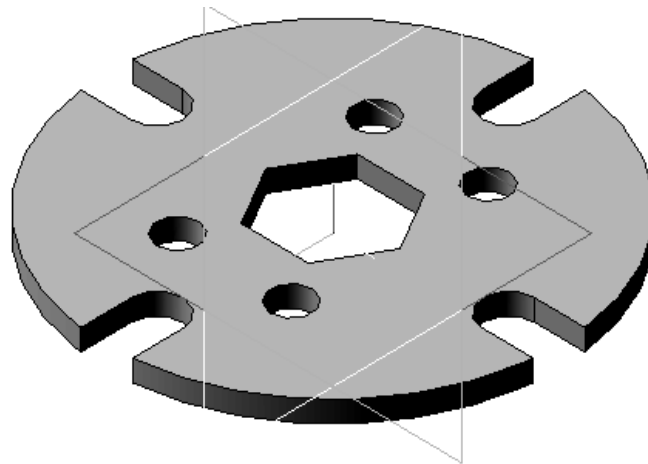











Рисунок 3.19



### 3.2.2 Створення креслення для моделі

1. Створимо новий файл, вибравши *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*) або виберемо вибравши команду *Новый чертеж из модели* (*Нове креслення з моделі*) в розділі *Операции* (*Операції*) головного меню. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень. Далі необхідно вказати точку вставки для головного виду (при виборі команди *Новый чертеж из модели* (*Нове креслення з моделі*)) або вибрати *Вставка – Вид с модели – Произвольный* (*Вставка – Вид з моделі – Довільний*) або кнопку  на інструментальній панелі *Виды* (*Види*),

якщо була вибрана команда *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*).

2. Далі виконаємо побудову осьових ліній на кресленні за допомогою команди *Обозначение центра*  (*Позначення центру*) або команди *Автоосевая*  (*Автоосьова*) на панелі *Обозначения*  (*Позначення*). При нанесенні лінійних осей отворів слідує на панелі властивостей команди *Позначення центру* / вибрати опцію *Одна вісь* і напрям цієї осі визначити кліком лівої кнопки миші по центральній точці деталі.

3. Після нанесення осьових виконаємо нанесення розмірів. Нанесення розмірів кіл і дуг виконується відповідно за допомогою команд *Диаметральный размер*  (*Діаметральний розмір*) та *Радиальный размер*  (*Радіальний розмір*) на панелі *Размеры*  (*Розміри*). Вказуємо об'єкт, розмір якого наноситься і задаємо положення розміру. При нанесенні кутового розміру використовуємо команду *Угловой размер*  (*Кутовий розмір*). Слід вибрати сторони кута (горизонтальну вісь і вісь отворів), визначити тип кута ( – на мінімальний (гострий) кут) і на вкладці *Параметры* (*Параметри*) вказати необхідність нанесення розмірного тексту на полиці-винесенні.

Визначення товщини деталі виконуємо за допомогою команди *Линия-выноска*  (*Лінія-винесення*) на панелі інструментів *Обозначения*  (*Позначення*). В області зображення вказується точка початку винесення, потім малюється лінія похилої винесення. В якості позначення при цьому замість стрілки використовуємо допоміжну точку, вибравши її у вкладці *Параметры* (*Параметри*) в полі *Стрелка* (*Стрілка*). Потім, клікнувши лівою кнопкою миші по полю *Текст* (*Текст*) у вкладці *Знак* (*Знак*), введемо у верхнє поле значення товщини деталі.

### 3.3 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Основа» (рис. 3.20)

**Мета роботи.** Передбачається відпрацювання команд створення тривимірних елементів. Відпрацьовуються:

- методика створення тривимірних елементів на основі вибору елементів поверхні в якості базової площини для створення ескізів;
- виконання команди *Вырезать выдавливанием* (*Вирізувати витискуванням*);
- методика створення зображень креслень по моделях (створення простих розрізів).

Названі дії відпрацьовуються в ході опрацювання розглянутого нижче типового завдання і закріплюються при виконанні індивідуальних завдань.

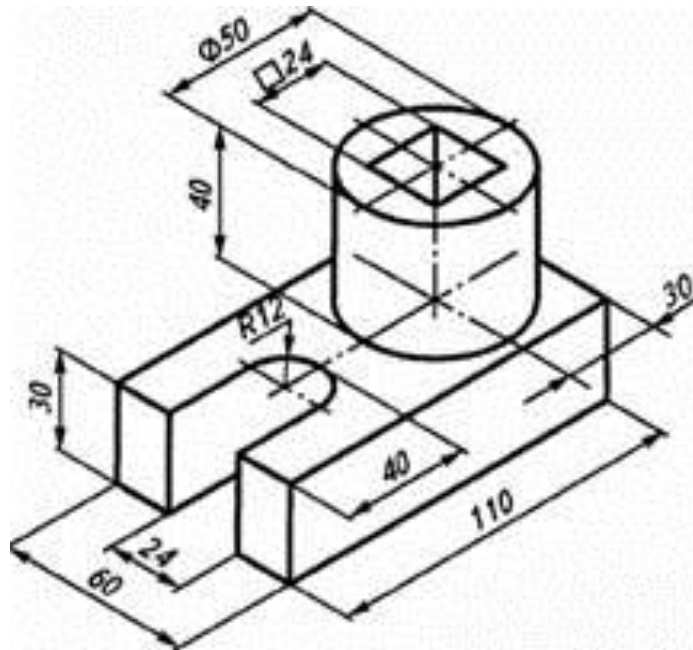




Рисунок 3.20 – Приклад завдання «Основа»

### 3.3.1 Порядок створення моделі

1 Створимо файл завдання. Виберемо у вікні програми команду *Создать – Деталь (Створити – Деталь)*.

2 У робочій області виберемо площину XY (після наведення на її відображення курсор, клікнемо лівою кнопкою миші). Після цього виберемо команду *Эскиз*  (*Ескіз*) на панелі *Текущее состояние (Поточний стан)* (рис. 3.6) або на контекстній панелі або контекстному меню. Вибрана площина розгорнеться перпендикулярно по відношенню до спостерігача.

3 На інструментальній панелі *Геометрия (Геометрія)* виберемо команду створення прямокутника по центру і вершині  (слід знайти її на випадній панелі команди *Прямоугольник (Прямокутник)*).

4 Виберіть з екрану в якості центру прямокутника початок координат площини ескізу і потім в панелі властивостей встановите параметри довжини і ширини прямокутника, визначивши також необхідність відображення осей (рис. 3.21).

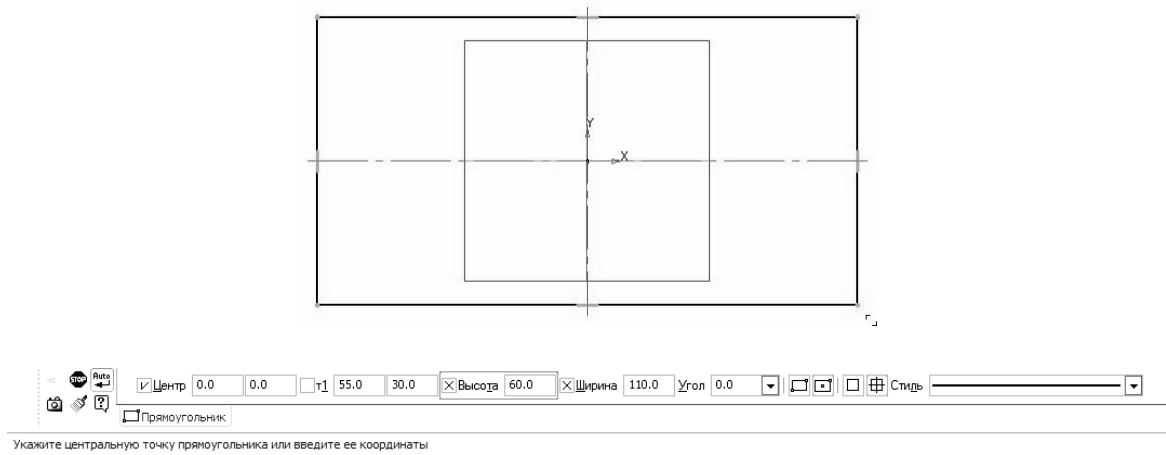


Рисунок 3.21

5 Визначимо положення допоміжних графічних елементів, які задають положення вирізу. Для цього на інструментальній панелі *Геометрия* (*Геометрія*) виберемо команду *Параллельная прямая* (Паралельна пряма), що забезпечує створення прямої, паралельної заданої (слід знайти її на випадній панелі команди *Прямая* (*Пряма*)). В якості базової прямої виберемо горизонтальну вісь прямокутника, потім в полі *Расстояние* (*Відстань*) інструментальної панелі задамо величину зміщення. На екрані при цьому виберемо по черзі обоє з можливих варіантів розташування прямої.

Аналогічно виконаємо побудову допоміжної прямої, що визначає положення центру дуги вирізу. При виконанні команди *Параллельная прямая* (*Паралельна пряма*) в якості базової прямої виберемо тепер ліву сторону прямокутника і, задавши відстань від неї до прямої, виберемо правий з варіантів розташування прямої (рис. 3.22).

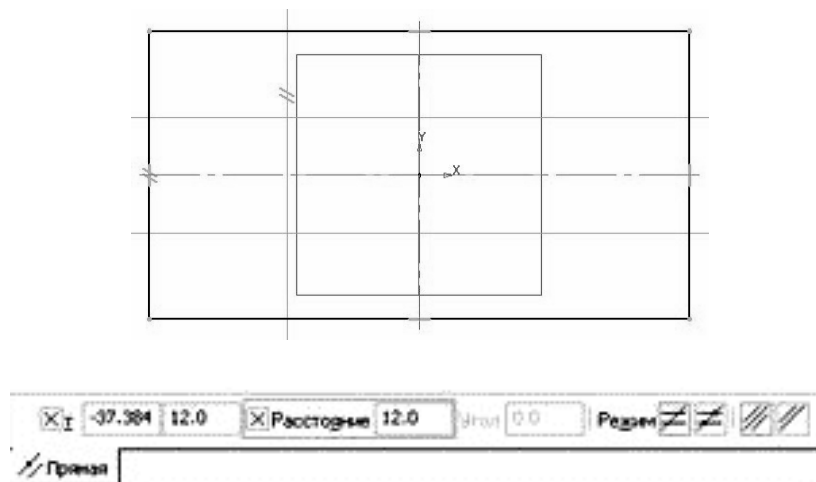



Рисунок 3.22

6 Далі виконаємо побудову графічних елементів вирізу. На інструментальній панелі *Геометрия* (*Геометрія*) виберемо команду *Окруж-*

ність  (Коло). В якості центру кола визначимо точку перетину горизонтальної осі прямокутника з побудованою допоміжною прямою і задамо у відповідному полі панелі властивостей значення діаметру кола (рис. 3.23).

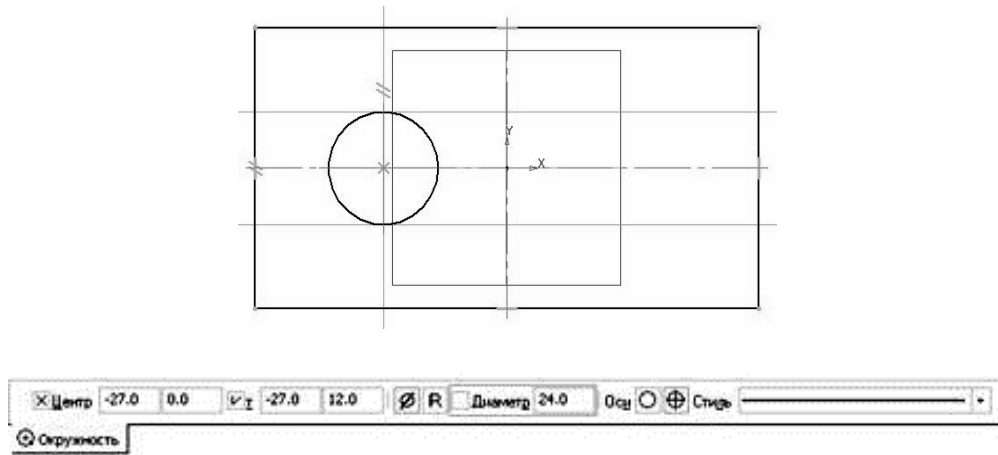




Рисунок 3.23

Продовжимо побудову елементів вирізу. Виберемо на інструментальній панелі *Геометрія*  (Геометрія) команду *Отрезок*  (Відрізок) і, використовуючи прив'язку, з'єднаємо верхню і нижню точки кола відповідними горизонтальними відрізками з точками на прямокутнику (рис. 3.24).

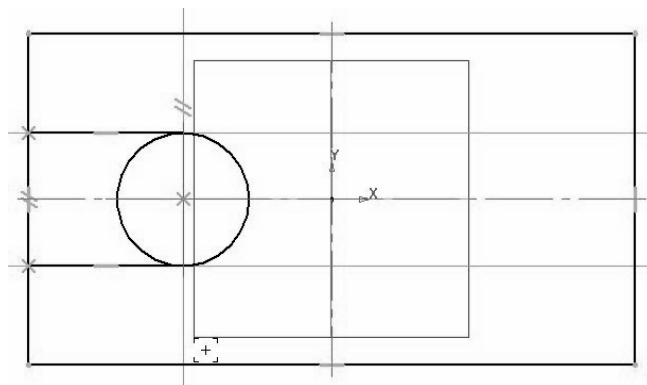




Рисунок 3.24

7 Після цього видалимо ділянки кола і сторони прямокутника між побудованими відрізками. Для цього скористаємося командою *Усечь кривую*  (Усікти криву) на інструментальній панелі *Редактирование*  (Редагування). Після вибору команди необхідно вибрати ділянки, які слід видалити. Після створення об'єктів необхідно виконати нанесення розмірів (при необхідності).

8 Далі виконаємо створення тривимірного елемента, застосувавши витискування створеного в ескізі замкнутого контуру на задане параметрами моделі відстань (необхідно ретельно стежити, щоб контур ескізу був



замкнутий, інакше при виборі операції створення тривимірного елемента можлива поява повідомлення про помилку, або створення тонкостінного елемента замість твердотілого). Для цього на панелі *Редактирование детали* (Редагування деталі) виберемо команду *Операция выдавливания* (Операція витискування). Встановимо у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (витискування в прямому напрямі, на відстань, визначаємо значення відстані витискування, з нульовим ухилом). Створений при цьому тривимірний елемент показаний на рис. 3.25.

9 Для створення циліндричного виступу виконаємо аналогічні дії із створення ескізу. В якості площини ескізу виберемо верхню грань поверхні створеного елемента (при виділенні її за допомогою клацання лівою кнопкою миші вона змінить колір забарвлення), після чого активізуємо режим створення ескізу.

10 Визначимо положення центру кола, яке визначає форму виступу. На інструментальній панелі *Геометрия* виберемо команду *Параллельная прямая* (Паралельна пряма). В якості початкової лінії для вертикальної прямої виберемо праву вертикальну кромку моделі, для горизонтальної прямої – верхню або нижню кромку (рис. 3.26).

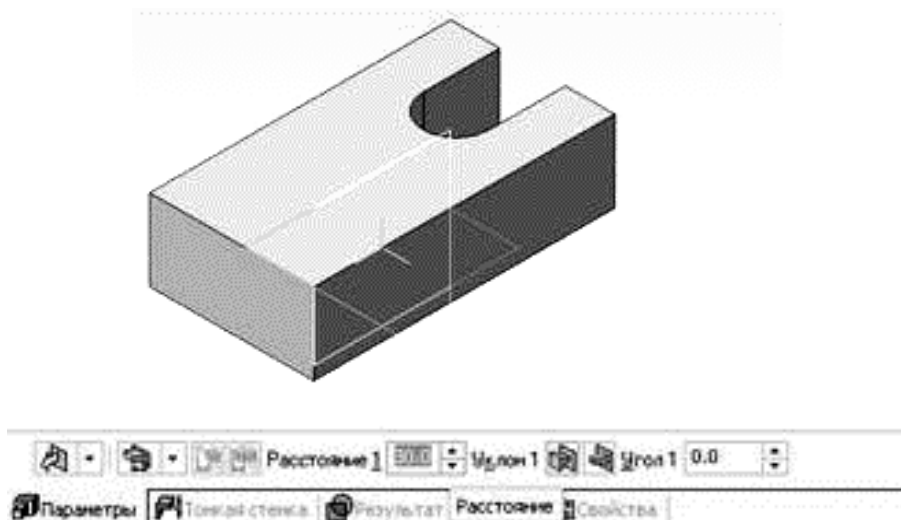


Рисунок 3.25

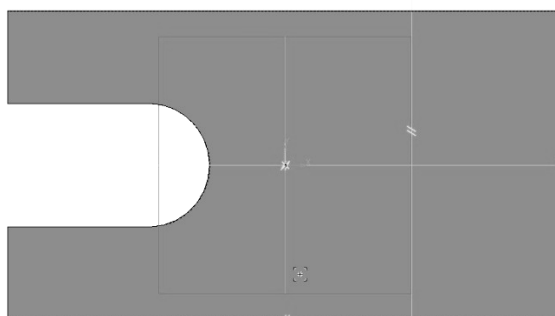


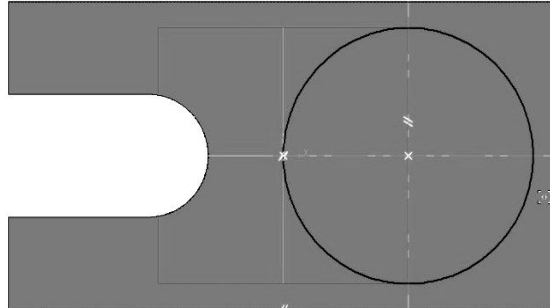




Рисунок 3.26

11 Виконаємо побудову кола. На інструментальній панелі *Геометрія*  (*Геометрія*) виберемо команду *Окружность*  (*Коло*). В якості центру кола визначимо точку перетину допоміжних прямих і задамо у відповідному полі панелі властивостей значення діаметру кола (рис. 3.27). Виконаємо нанесення розмірів (при необхідності).



Малюнок 3.27

12 Застосуємо до створеного ескізу операцію витискування. Для цього на панелі *Редактирование детали*  (*Редагування деталі*) виберемо команду *Операция выдавливания*  (*Операція витискування*). Встановимо у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (витискування в прямому напрямі, на відстань, визначаємо значення відстані витискування, з нульовим ухилом). Створена при цьому модель показана на рис. 3.28.

13 Виконаємо створення наскрізного призматичного отвору. В якості площини ескізу виберемо торцеву грань поверхні виступу (при виділенні її за допомогою клацання лівою кнопкою миші вона змінить колір забарвлення), після чого активізуємо режим створення ескізу.

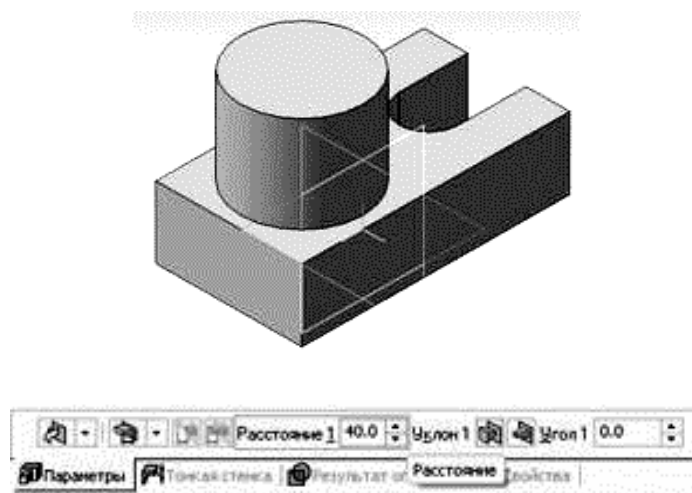






Рисунок 3.28

14 Виконаємо побудову квадрата. На інструментальній панелі *Геометрія*  (*Геометрія*) виберемо команду *Многоугольник*  (*Багатокутник*) (слід знайти її на випадній панелі команди *Прямоугольник* (*Прямокутник*)). Для точного завдання положення центральної точки багатокутника скористаємося локальною прив'язкою за допомогою контекстного меню, яке викличемо натисненням правої кнопки миші. У панелі властивостей слід вказати кількість вершин, положення багатокутника по відношенню до задаючого його кола (вписаний або описаний), його діаметр, кут повороту багатокутника і наявність осьових ліній. Після нанесення розмірів вийдемо з команди створення ескізу. Створений ескіз показаний на рис. 3.29.

15 Виконаємо створення наскрізного отвору на основі створеного ескізу. Виберемо на інструментальній панелі *Редактирование детали*  (*Редагування деталі*) команду *Вырезать выдавливанием*  (*Вирізувати витискуванням*). Для отримання наскрізного отвору на панелі властивостей виберемо прямий напрям і в якості граничної умови встановимо параметр *Через все* (*Через усе*). Остаточний вид моделі показаний на рис. 3.30. Збережемо створену модель.

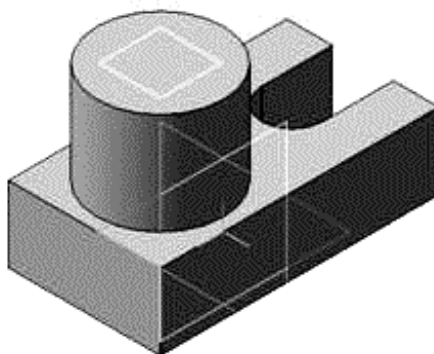


Рисунок 3.29

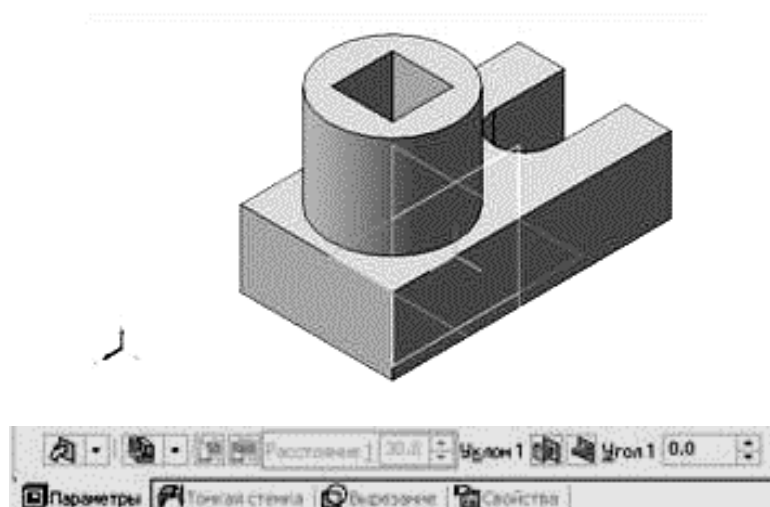




Рисунок 3.30

### 3.3.2 Створення креслення для моделі

1 Створимо новий файл, вибравши *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*) або виберемо вибравши команду *Новый чертеж из модели* (*Нове креслення з моделі*) в розділі *Операции* (*Операції*) головного меню. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень. Спочатку створимо вид зверху. Далі необхідно вказати точку вставки для головного виду (при виборі команди *Нове креслення з моделі*) або вибрати *Вставка – Вид с модели – Произвольный* (*Вставка – Вид з моделі – Довільний*) або кнопку  на інструментальній панелі *Виды* (*Види*), якщо була вибрана команда *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*). Результат показаний на рис. 3.31.

2 Потім виконаємо додавання в креслення виду спереду. Для цього скористаємося командою *Вставка – Вид с модели – Проекционный* (*Вставка – Вид з моделі – Проекційний*) або скористаємося кнопкою  на інструментальній панелі *Виды* (*Види*). Далі на запит *Укажите базовый вид* (*Вкажіть базовий вид*) виберемо створений раніше вид зверху, поведемо курсор вгору і вкажемо точку, що визначає положення нового виду. Креслення набере вигляду, показано на рис. 3.32.

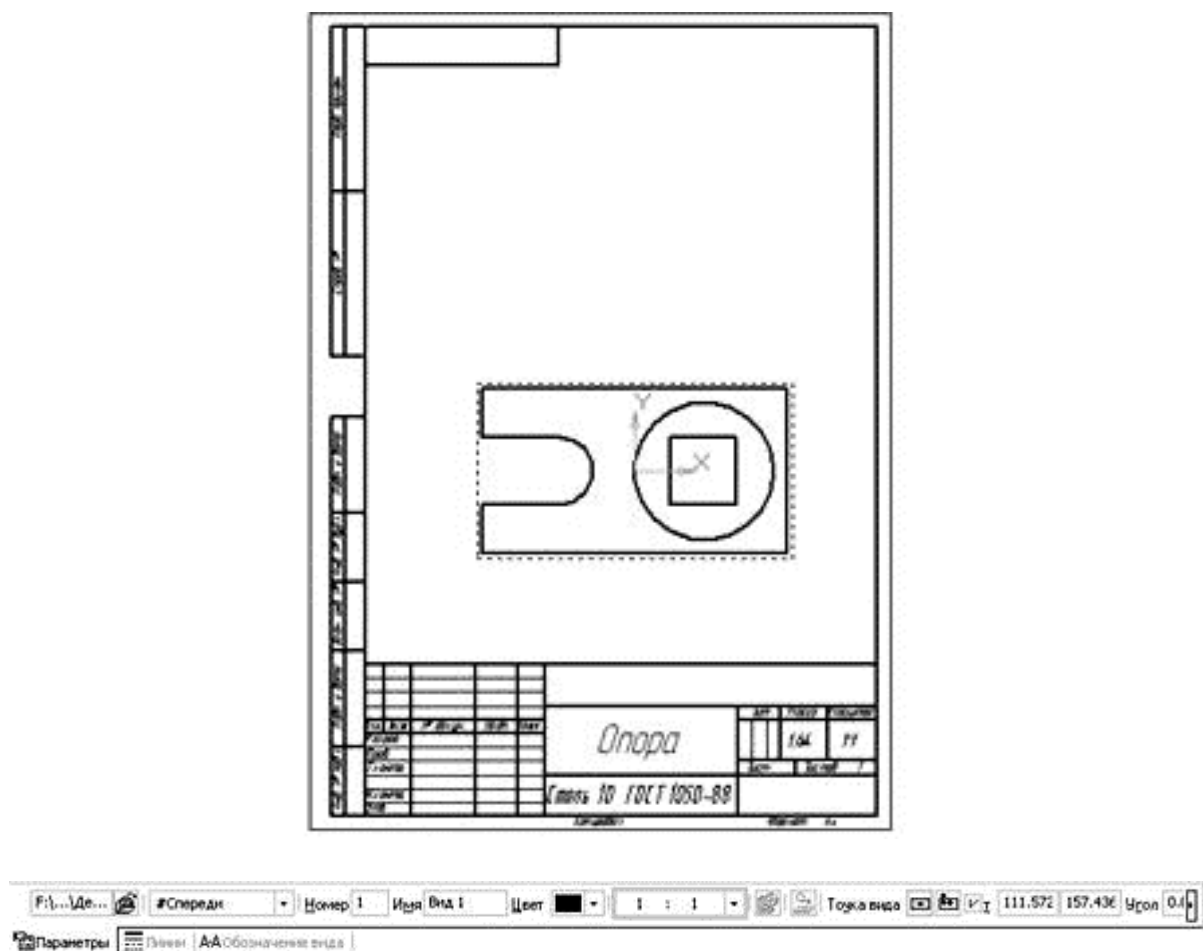




Рисунок 3.31

3 Для показу на кресленні наскрізного призматичного отвору виконаємо заміну головного виду фронтальним розрізом. Оскільки положення січної площини фронтального розрізу, виконаного по площині симетрії, на кресленні позначеннями не задається, для його створення скористаємося командою побудови місцевого розрізу. Для її виконання заздалегідь слід створити замкнутий контур з використанням інструменту *Кривая Безье* (*Крива Без'є*), що викликається при натисненні кнопки  на інструментальній панелі *Геометрия*  (*Геометрія*). Шляхом вказівки точок, що управляють, створимо замкнутий контур, як це показано на рис. 3.33, а.

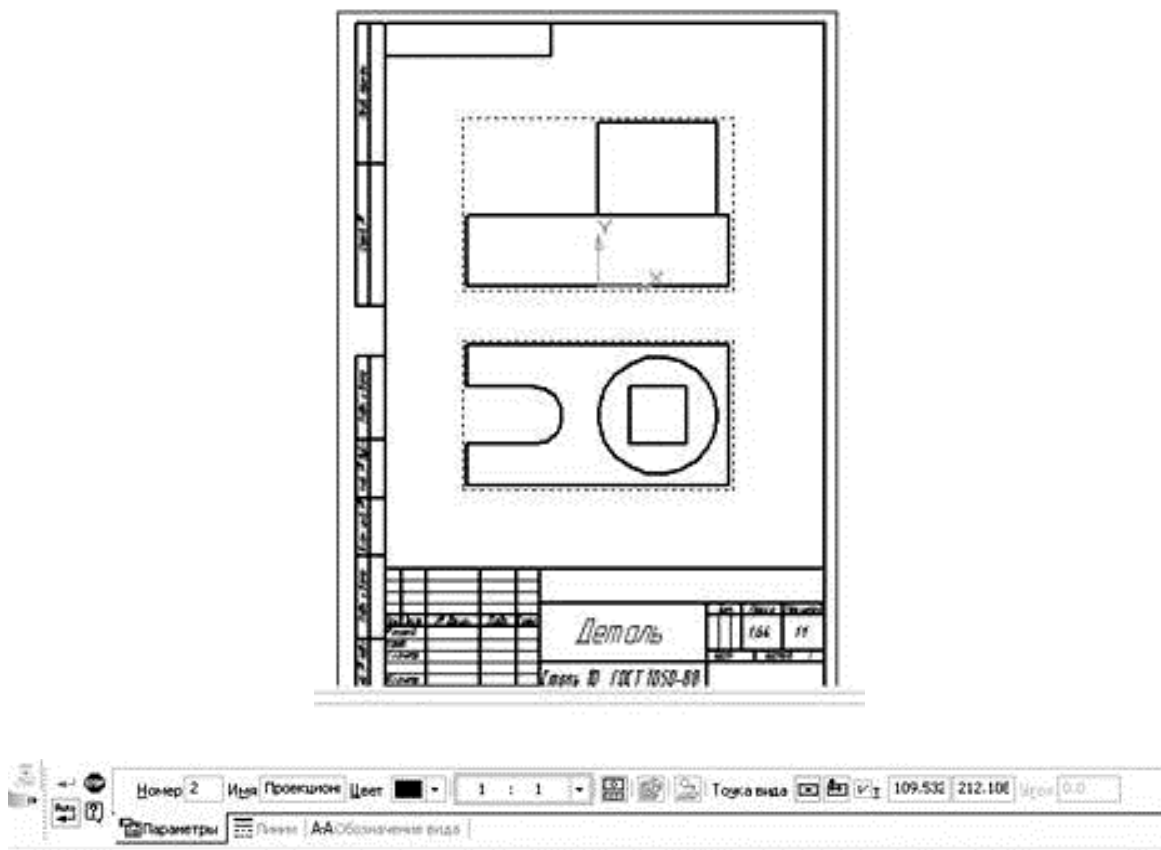




Рисунок 3.32

*Примітка.* Для виконання команди слід заздалегідь зробити вид точним. Для цього досить двічі клікнути лівою кнопкою миші, навівши її на який-небудь з елементів відповідного виду. При цьому лінії виду змінять колір з чорного на той, що відповідає їх стилю створення.

Після цього виберемо команду *Местный разрез*  (*Місцевий розріз*) на інструментальній панелі *Виды*  (*Види*). На запит *Укажите замкнутую кривую для построения местного разреза (Вкажіть замкнуту криву для побудови місцевого розрізу)* виберемо створений раніше контур. Після цього з'явиться запит *Укажите положение секущей плоскости местного разреза (Вкажіть положення січної площини місцевого розрізу)*.

Необхідно для лінії, задаючої положення площини, вказати точку на виді зверху, яка знаходилася б на площині симетрії деталі. Після цього креслення набере наступного вигляду (див. рис. 3.33, б).

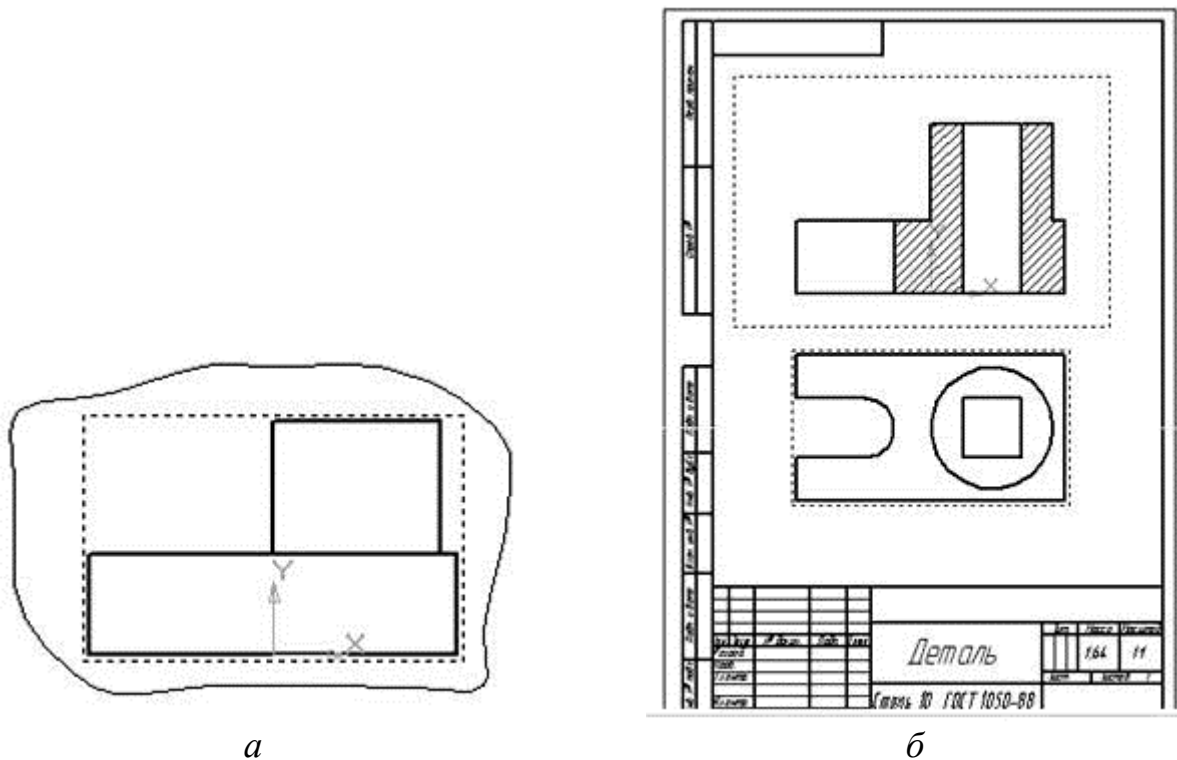







Рисунок 3.33

4 Далі виконаємо побудову осьових ліній на кресленні. Спочатку додамо осі для кола і дуги на вид згори. Зробимо це за допомогою команди *Обозначение центра*  (*Позначення центру*) на інструментальній панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Створення здійснюється за допомогою вибору відповідного кола або дуги і вказівкою кута повороту для визначення розташування двох взаємно перпендикулярних осьових ліній системи.

При необхідності відображення однієї з осей можна подавити за допомогою вибору кнопки  на панелі властивостей команди *Обозначение центра* (*Позначення центру*). Зробимо це для дуги з метою створити тільки вертикальну вісь. Єдину горизонтальну вісь симетрії створюємо шляхом перетягання крайньої лівої опорної точки горизонтальної осі кола вліво.

Відповідні осі на виді спереду створимо за допомогою команди *Автоосевая*  (*Автоосьова*) на панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Вказівка положення осьовій робиться завданням положення відповідних точок на контурі за допомогою прив'язки (відповідний відступ за контур промальовувався автоматично). Остаточний вид креслення з осьовими показаний на рис. 3.34.

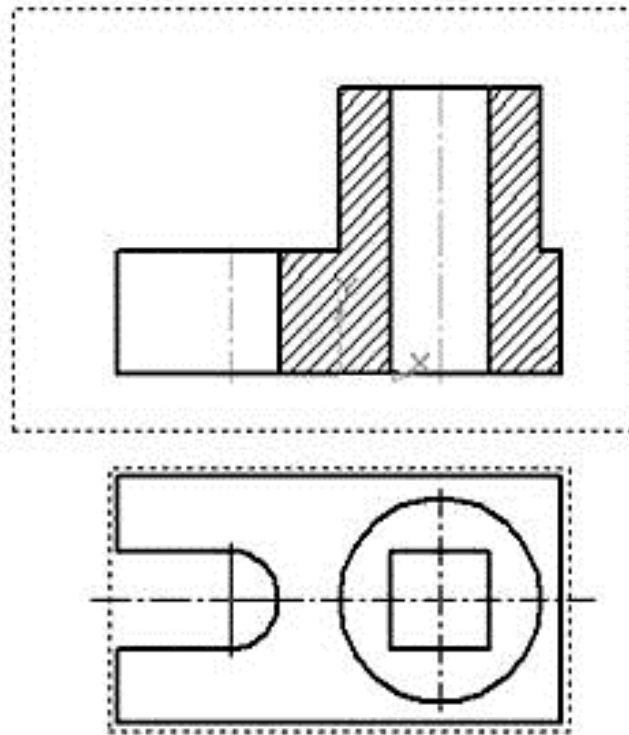







Рисунок 3.34

*Примітка.* Для додавання елементів кресленні на відповідний вид слід заздалегідь зробити вид поточним. Для цього досить двічі клікнути лівою кнопкою миші, навівши її на який-небудь з елементів відповідного виду. При цьому лінії виду змінять колір з чорного на того, що відповідає їх стилю створення.

5 Після нанесення осьових виконаємо нанесення розмірів. Спочатку нанесемо розміри на виді зверху. Для нанесення лінійних розмірів скористаємося кнопкою *Линейный размер*  (*Лінійний розмір*) на інструментальній панелі *Размеры*  (*Розміри*). Вказуються дві точки прив'язки розміру, після чого задається положення розмірної лінії і напису на кресленні.

Нанесення розмірів кола і дуги виконується відповідно за допомогою команд *Диаметральный размер*  (*Діаметральний розмір*) і *Радиальный размер*  (*Радіальний розмір*) на панелі *Размеры*  (*Розміри*). Вказуємо об'єкт, розмір якого наноситься і задаємо положення розміру.

Після нанесення розмірів на виді зверху робимо поточним вид спереду і наносимо на ньому відповідні розміри. Остаточний вид креслення показаний на рис. 3.35.

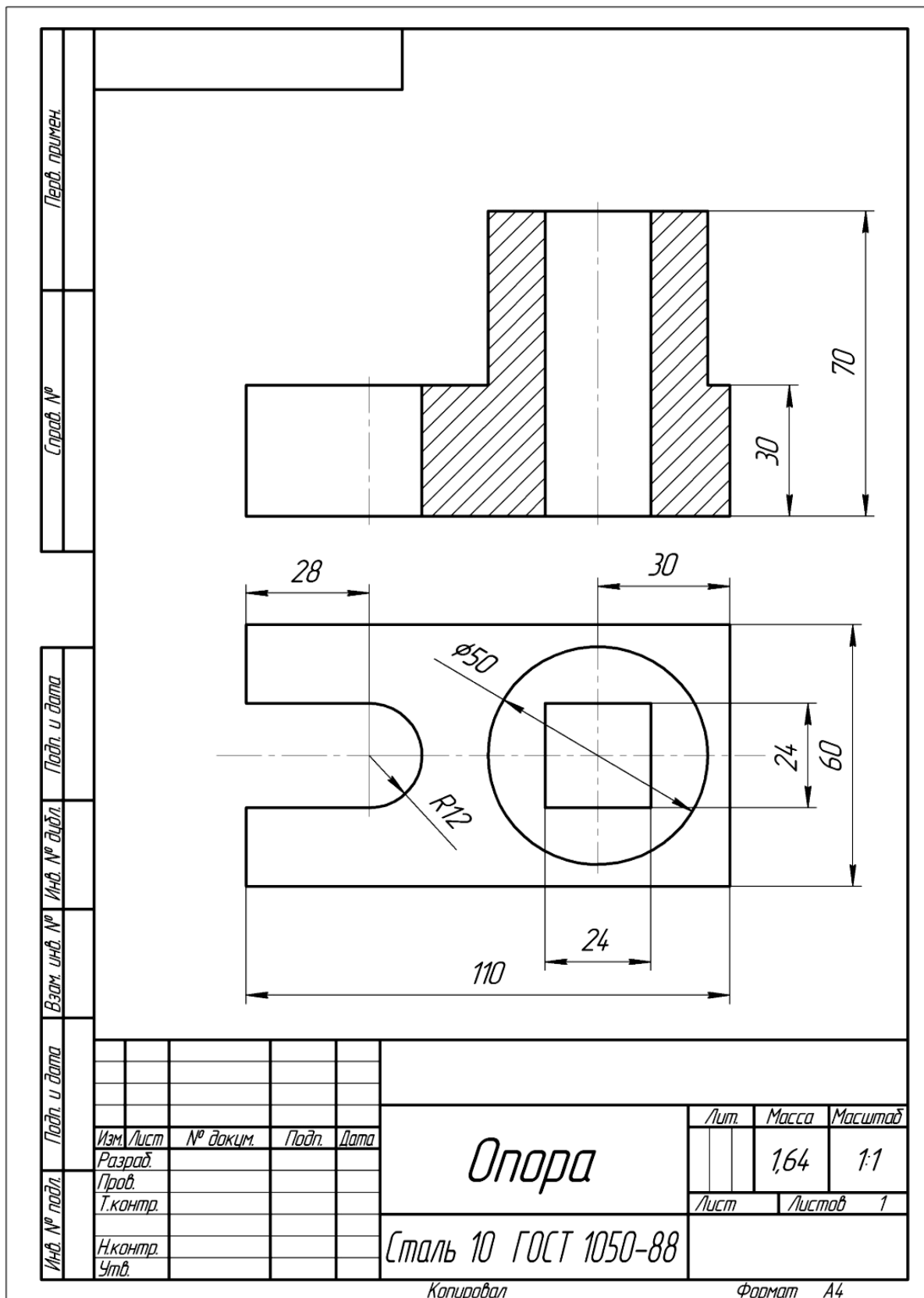


Рисунок 3.35



### 3.4 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Опора» (рис. 3.36)

**Мета роботи.** Передбачається відпрацювання вибору послідовності створення тривимірних елементів. Відпрацьовуються:

- навичка вибору оптимальної послідовності створення тривимірних елементів деталей;
- раціональний вибір елементів поверхні для створення ескізів;
- закріплюється методика створення зображень креслень по моделях (створення простих і складних розрізів).

Названі дії відпрацьовуються в ході опрацювання розглянутого нижче типового завдання і закріплюються при виконанні індивідуальних завдань.

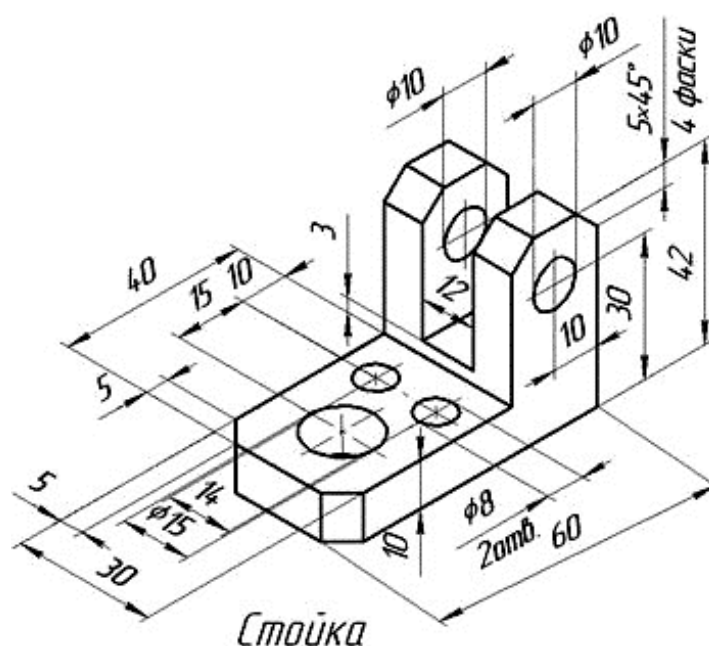







Рисунок 3.36 – Приклад завдання «Опора»

#### 3.4.1 Порядок створення моделі

1. Створимо майбутній файл моделі. Виберемо у вікні програми команду *Создать – Модель* (*Створити – Модель*).

2. У робочій області виберемо площину XY (навівши на її відображення курсор, клінемо лівою кнопкою миші). Після цього виберемо команду *Эскиз*  (*Ескіз*) на панелі *Поточний стан*. Вибрана площина розгорнеться перпендикулярно по відношенню до спостерігача.

3. На інструментальній панелі *Геометрія*  (*Геометрія*) виберемо команду створення прямокутника . Далі на панелі властивостей задамо метод створення по центру і вершині , визначивши також необхідність відображення осей. Виберемо з екрану в якості центру прямокутника початок координат площини ескізу і потім в панелі властивостей встановимо параметри довжини і ширини прямокутника.

4. Визначимо положення допоміжних графічних елементів, задаючи положення отворів. Для цього на інструментальній панелі *Геометрія* (*Геометрія*) виберемо команду *Параллельная прямая*  (*Паралельна пряма*), що забезпечує створення прямої, паралельної заданої (слід знайти її на випадній панелі команди *Прямая* (*Пряма*)). На екрані при цьому виберемо по черзі обоє з можливих варіантів створення прямої.

Аналогічно виконаємо побудову допоміжної прямої, задаючи положення центру більшого отвору. При виконанні команди *Параллельная прямая* (*Паралельна пряма*) в якості базової прямої виберемо тепер праву сторону прямокутника і, задавши відстань від неї до прямої, виберемо правий з варіантів створення прямої (рис. 3.37).

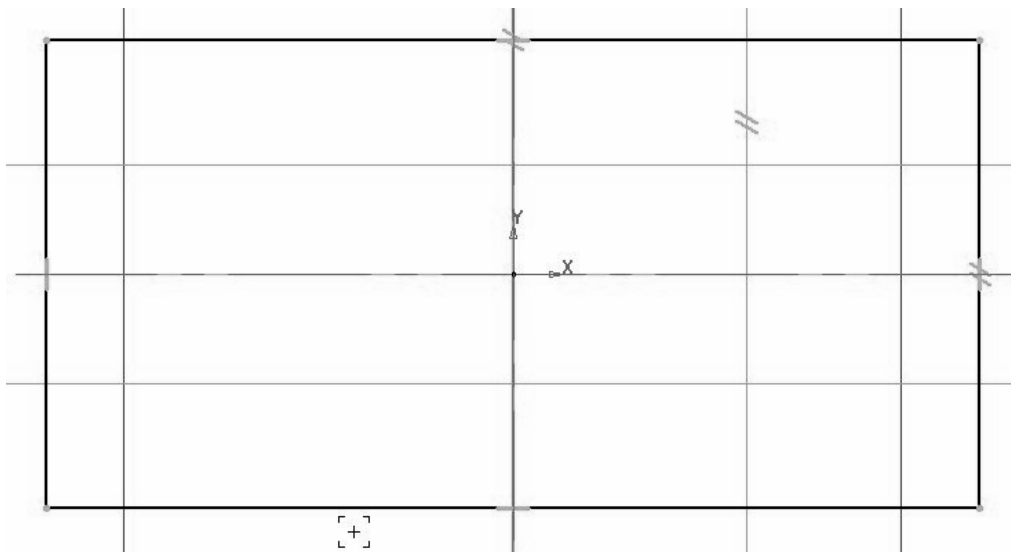



Рисунок 3.37

5. Далі виконаємо побудову отворів. На інструментальній панелі *Геометрія* (*Геометрія*) виберемо команду *Окружность*  (*Коло*). В якості центрів кіл визначимо точки перетину горизонтальною і вертикальною осей прямокутника з побудованими допоміжними прямими і задамо у відповідному полі панелі властивостей значення діаметрів кола. Остаточний вид ескізу приведений на рис. 3.38.

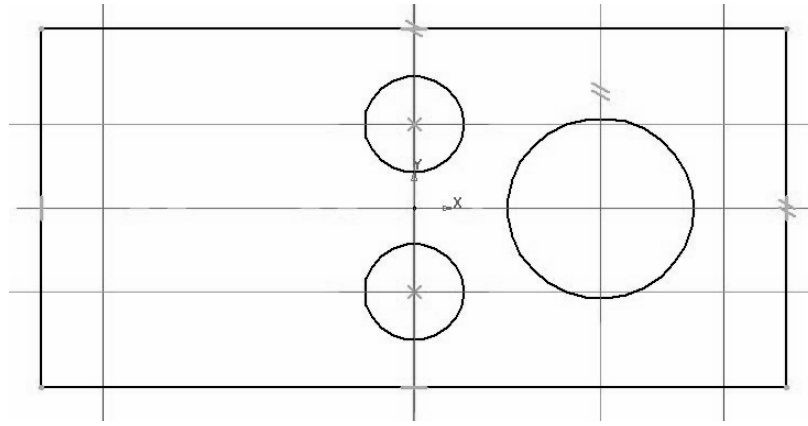



Рисунок 3.38

6. Далі виконаємо створення тривимірного елемента, застосувавши витискування створеного в ескізі замкнутого контуру на задану параметрами моделі відстань (необхідно ретельно стежити, щоб контур ескізу був замкнутий, інакше при виборі операції створення тривимірного елемента можлива поява повідомлення про помилку, або створення тонкостінного елемента замість твердотілого). Для цього на панелі *Редактирование детали* (*Редагування деталі*) виберемо команду *Операция выдавливания*  (*Операция витискування*). Встановимо у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (витискування в прямому напрямі, на відстань, визначаємо значення відстані витискування, з нульовим ухилом). Створений при цьому тривимірний елемент показаний на рис. 3.39.

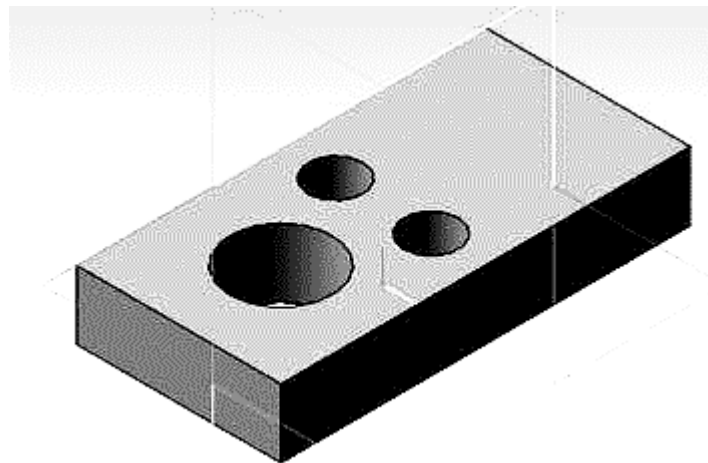


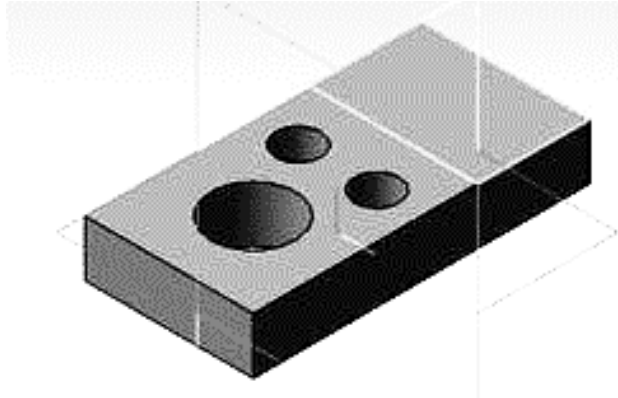



Рисунок 3.39

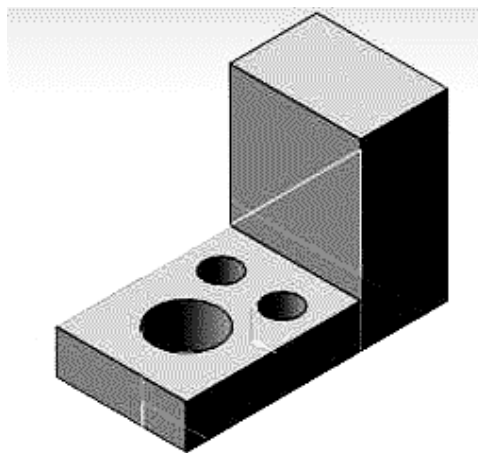
7. Для створення прямокутного виступу виконаємо аналогічні дії із створення ескізу. В якості площини ескізу виберемо верхню грань поверхні створеного елемента (при виділенні її за допомогою клацання лівою кнопкою миші вона змінить колір забарвлення), після чого активізуємо режим створення ескізу .

8. Створимо в середовищі ескізу прямокутник, задаючи форму виступу. На інструментальній панелі *Геометрия (Геометрія)* виберемо команду *Прямоугольник*  (*Прямокутник*). Виконаємо прив'язку до однієї з вершин моделі і задамо у відповідних полях розміри виступу. Остаточний вид ескізу приведений на рис. 3.40.




*Рисунок 3.40*

9. Застосуємо до створеного ескізу операцію витискування. Для цього на панелі *Редактирование детали (Редагування деталі)* виберемо команду *Операция выдавливания*  (*Операция витискування*). Встановимо у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (витискування в прямому напрямі, на відстань, визначаємо значення відстані витискування, з нульовим ухилом). Створена при цьому модель показаний на рис. 3.41.



*Рисунок 3.41*

10. Виконаємо створення наскрізного прямокутного паза. В якості площини ескізу виберемо торцеву грань поверхні виступу (при виділенні її за допомогою клацання лівою кнопкою миші вона змінить колір забарвлення), після чого активізуємо режим створення ескізу.

11. Виконаємо побудову контуру вирізу. Виберемо команду *Осевая линия по двум точкам*  (*Осьова лінія по двох точках*) на панелі *Обозначения (Позначення)*. Для точного завдання положення базових точок побудови осі в центральних точках прямокутника грані ескізу скористаємося локальною прив'язкою *Середина (Середина)* за допомогою контекстного меню, яке викличемо натисненням правої кнопки миші (рис. 3.42).

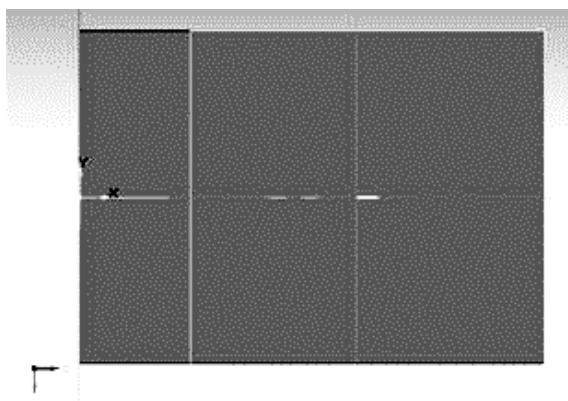


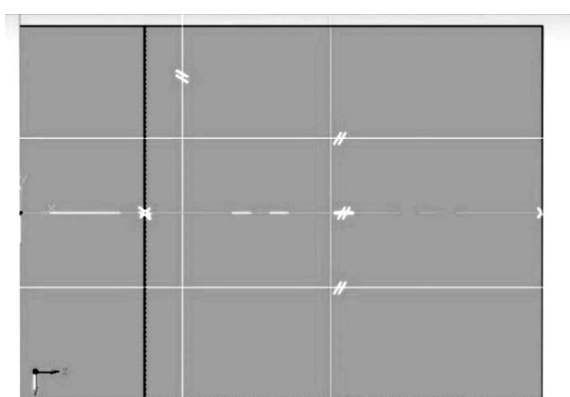


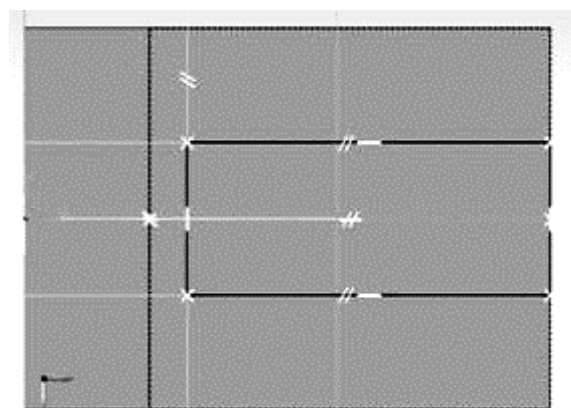
Рисунок 3.42

12. Виконаємо побудову допоміжних ліній, що визначають контур. На інструментальній панелі *Геометрия (Геометрія)* виберемо команду *Параллельная прямая*  (*Паралельна пряма*). В якості базових елементів виберемо побудовану вісь прямокутника і ліву зрушу прямокутника, що обкреслює грань виступу, оскільки по відношенню до неї задано положення нижньої грані майбутнього вирізу (рис. 3.43, а).

13. Виконаємо побудову замкнутого контуру для виконання вирізу за допомогою інструменту  (*Безперервне введение об'єктів*) на панелі *Геометрия (Геометрія)*. В якості початкових і кінцевих точок відрізків виберемо точки перетину побудованих допоміжних прямих (див. рис. 3.43 б).




а



б

Рисунок 3.43

14. Виконаємо створення наскрізного отвору на основі створеного ескізу. Виберемо на інструментальній панелі *Редактирование детали* (*Редагування деталі*) команду *Вырезать выдавливанием* (іконка ) (*Вирізати витискуванням*). Для отримання наскрізного отвору на панелі властивостей виберемо прямий напрям і в якості граничної умови встановимо параметр *Через все* (*Через усе*). Модель з вирізом показана на рис. 3.44.

15. Для створення циліндричного отвору виконаємо аналогічні дії із створення ескізу. В якості площини ескізу виберемо бічну грань поверхні створеного елемента (при виділенні її за допомогою клацання лівою кнопкою миші вона змінить колір забарвлення), після чого активізуємо режим створення ескізу.

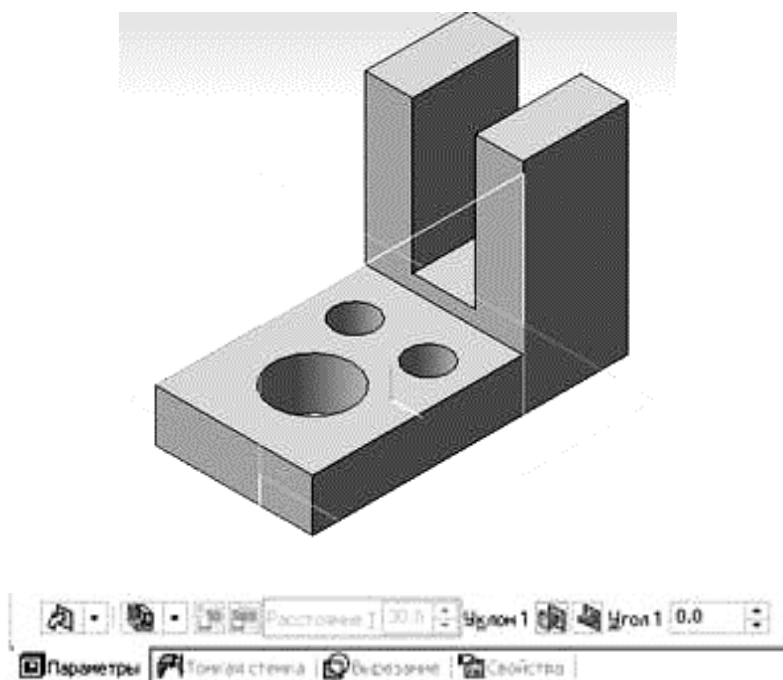




Рисунок 3.44

16. Визначимо положення центру кола, задаючого форму виступу. виберемо команду *Осевая линия по двум точкам* (іконка ) (*Осьова лінія по двох точках*) на панелі *Обозначения* (*Позначення*). Для точного завдання положення базових точок побудови осі в центральних точках прямокутника грані ескізу скористаємося локальною прив'язкою *Середина* (*Середина*). На інструментальній панелі *Геометрия* (*Геометрія*) виберемо команду *Параллельная прямая* (іконка ) (*Паралельна пряма*); в якості початкових об'єктів виберемо горизонтальну кромку, по відношенню до якої задано положення отвору згідно із завданням (рис. 3.45).

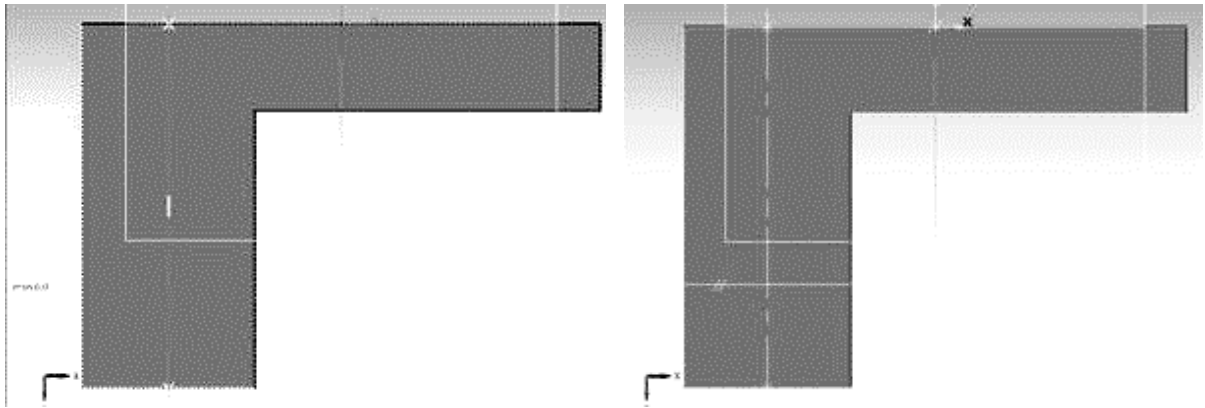



Рисунок 3.45

17. Виконаємо побудову кола. На інструментальній панелі *Геометрія* виберемо команду *Окружность*  (*Коло*). В якості центру кола визначимо точку перетину осі і допоміжної прямої і задамо у відповідному полі панелі властивостей значення діаметру кола. Виконаємо нанесення розмірів і вийдемо з середовища створення ескізів (рис. 3.46).

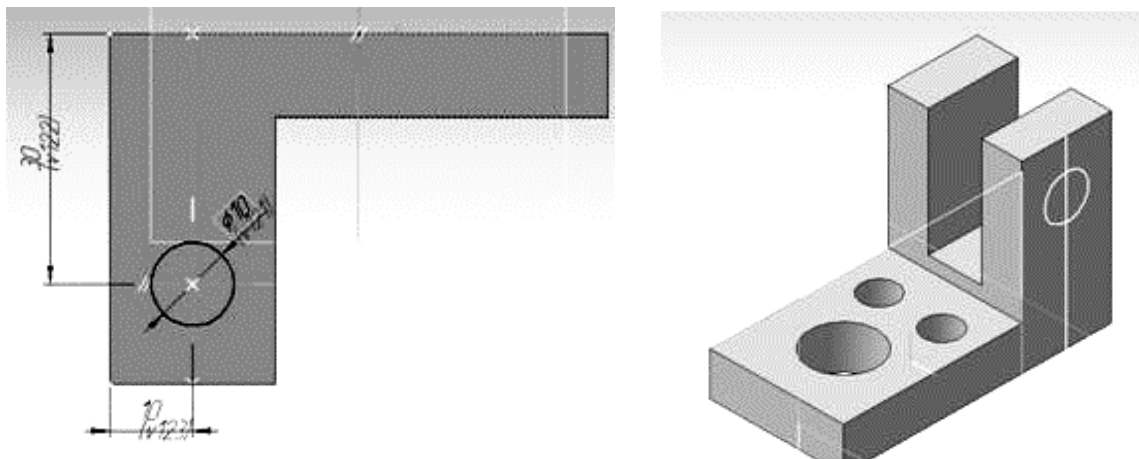



Рисунок 3.46

18. Виконаємо створення наскрізного отвору на основі створеного ескізу. Виберемо на інструментальній панелі *Редактирование детали* (*Редагування деталі*) команду *Вырезать выдавливанием*  (*Вирізати витискуванням*). Для отримання наскрізного отвору на панелі властивостей виберемо прямий напрям і в якості граничної умови встановимо параметр *Через все* (*Через усе*). Модель з доданим вирізом показана на рис. 3.47.

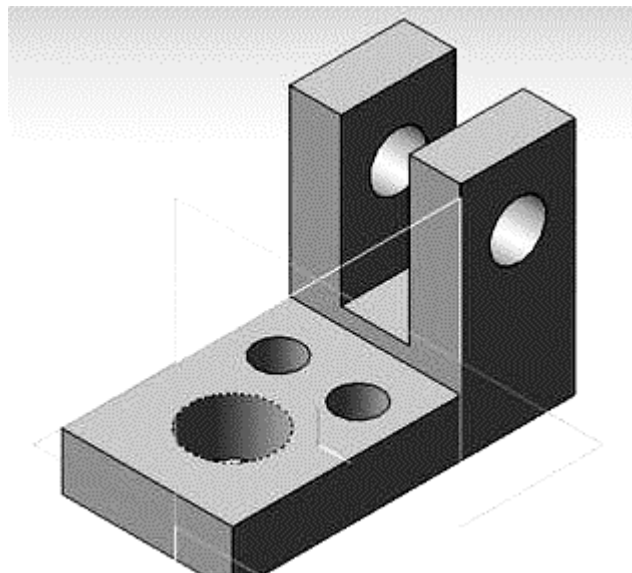


Рисунок 3.47

19. Створимо фаски на кутових кромках моделі відповідно до завдання. Знайдемо на інструментальній панелі *Редактирование детали* (*Редагування деталі*) виберемо команду *Фаска* (іконка) (*Фаска*). В поля панелі властивостей команди введемо значення довжини і кута скосу. Далі здійснимо вибір відповідних ребер, що скошуються фаскою і завершити створення фаски. Готова модель показана на рис. 3.48. Збережемо створену модель у файл.

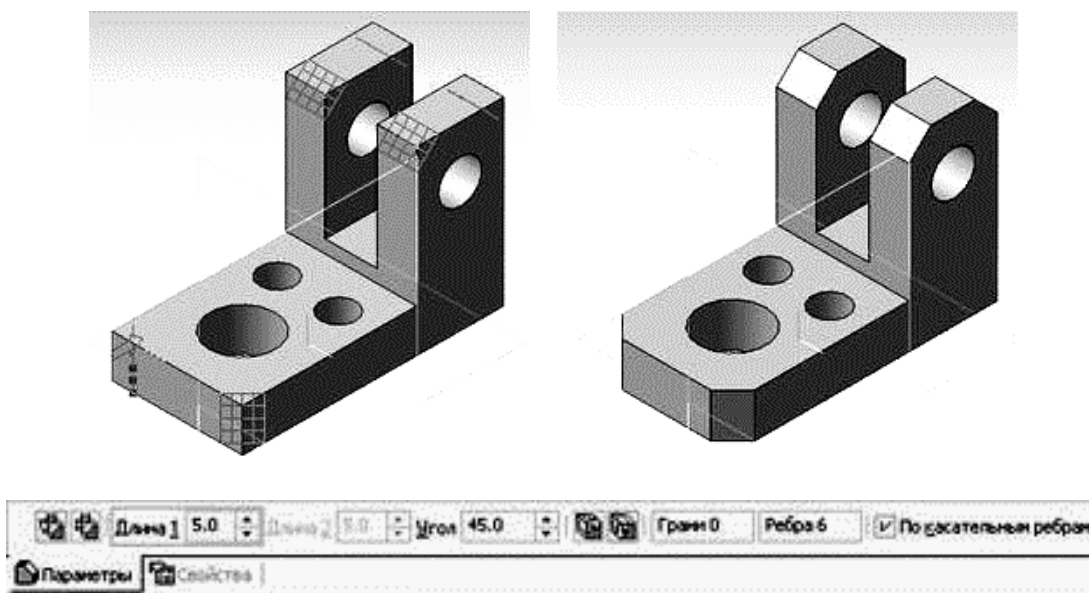





Рисунок 3.48






### 3.4.2 Створення креслення для моделі

1. Створимо новий файл, вибравши *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*) або виберемо вибравши команду *Новый чертеж из модели* (*Нове креслення з моделі*) в розділі *Операции* (*Операції*) головного меню. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень. Спочатку створимо вид зверху. Далі необхідно вказати точку вставки для головного виду (при виборі команди *Нове креслення з моделі*) або вибрати *Вставка – Вид с модели – Произвольный* (*Вставка – Вид з моделі – Довільний*) або кнопку  на інструментальній панелі *Виды* (*Види*), якщо була вибрана команда *Файл – Создать – Чертеж* (*Файл – Створити – Креслення*). Результат показаний на рис. 3.49.

Примітка. Наявні на кресленні зображення зручно відстежувати і редагувати за допомогою менеджера видів *Дерево построения* (*Дерево побудови*), що викликається при виборі *Вид – Дерево построения* (*Вид – Дерево побудови*). Редагування стану дерева і видів креслення можливо виконувати за допомогою контекстного меню (див. рис. 3.49).

3 Далі виконаємо побудову осьових ліній для кіл. Спочатку додамо осі для кола і дуги на вид згори. Спочатку додамо осі для кола і дуги на вид згори. Зробимо це за допомогою команди *Обозначение центра*  (*Позначення центру*) на інструментальній панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Створення здійснюється за допомогою вибору відповідного кола або дуги і вказівкою кута повороту для визначення розташування двох взаємно перпендикулярних осьових ліній системи.

4 Потім виконаємо побудову ступінчастого розрізу. Для цього скористаємося командою *Линия разреза*  (*Лінія розрізу*) на інструментальній панелі *Обозначения* (*Позначення*). Початкову точку вкажемо з використанням локальної прив'язки *Середина* (*Середина*) за допомогою контекстного меню. Після цього слід включити режим побудови складних розрізів, активізувавши кнопку  на панелі властивостей команди.

5 Далі послідовно визначимо положення точок, які задають положення січних площин з вказівкою точок зламу. Для цього передусім включимо режим ортогонального креслення за допомогою кнопки  на панелі поточного стану або натиснемо клавішу *F8*. в якості точок, що визначають положення січних площин, необхідно використати ліві точки перетину горизонтальних осьових з відповідними колами (рис. 3.50).

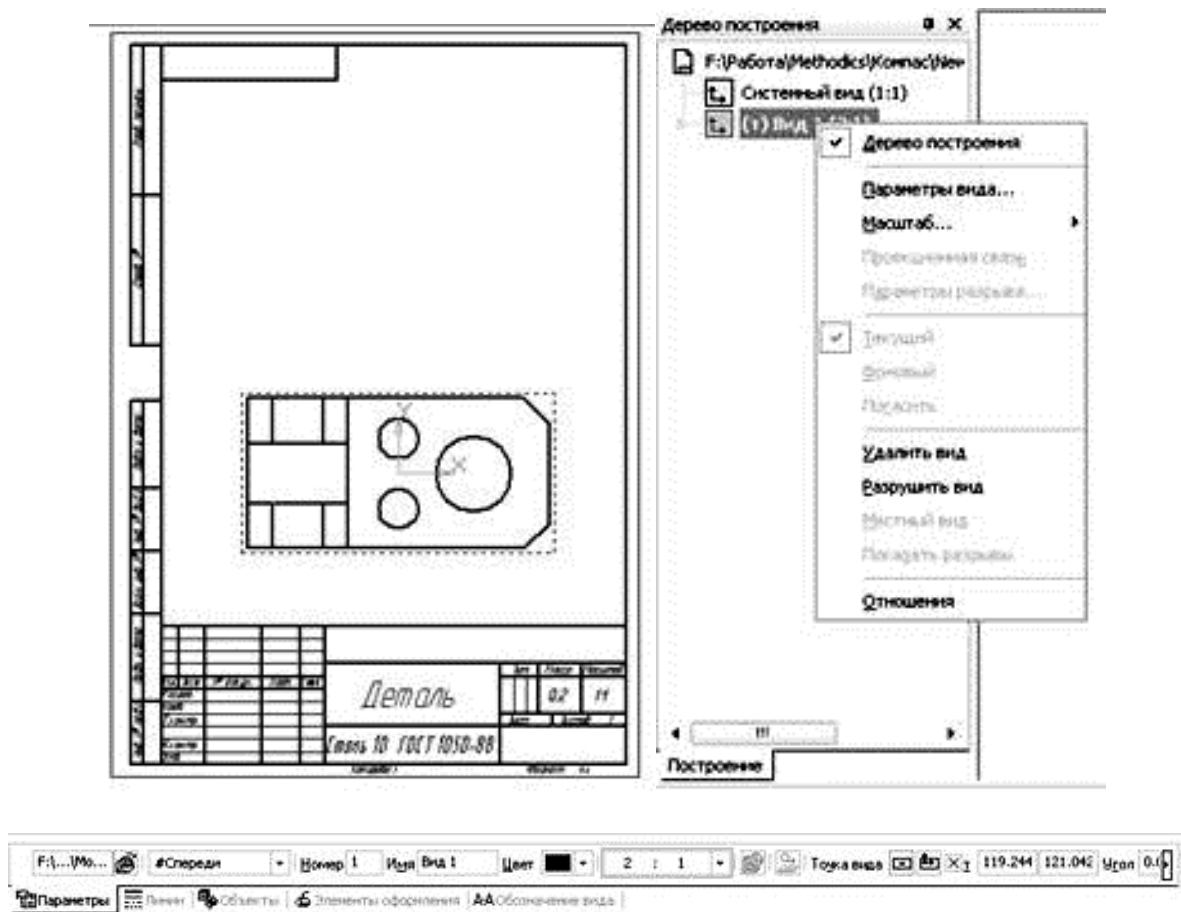


Рисунок 3.49

Після вказівки усіх точок лінії розрізу слід вийти з режиму побудови складного розрізу, відключивши кнопку  $\perp \perp$ , і вказати напрям погляду, визначивши положення відповідних позначень на кресленні. Далі необхідно вказати точку, що визначає положення нового зображення. Креслення набере вигляду, показаного на рис. 3.51.

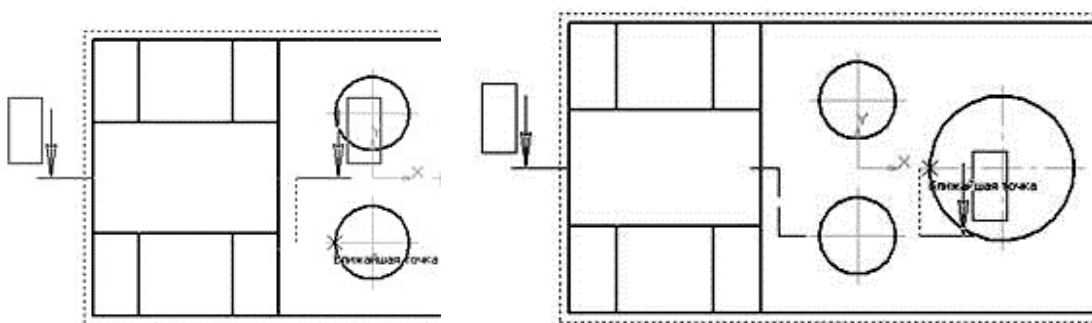


Рисунок 3.50

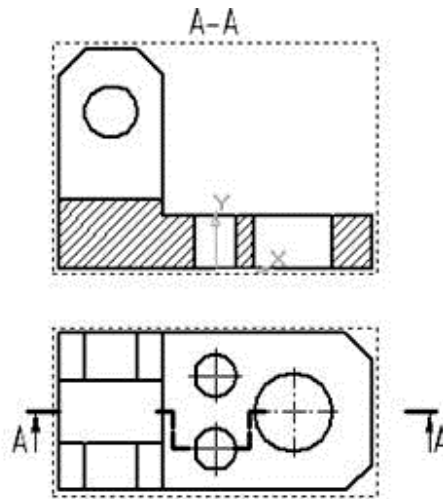






Рисунок 3.51

6 Для показу на кресленні отворів у виступах виконаємо побудову на виді зверху місцевого розрізу. Для побудови заздалегідь слід створити замкнутий контур з використанням інструменту *Кривая Безье* (*Крива Без'е*), що викликається при натисненні кнопки  на інструментальній панелі *Геометрия*  (*Геометрія*). Шляхом вказівки точок, що управляють, створимо замкнутий контур, як це показано на рис. 3.52.

Після цього виберемо команду *Местный разрез*  (*Місцевий розріз*) на інструментальній панелі *Виды*  (*Види*). На запит *Укажите замкнутую кривую для построения местного разреза* (*Вкажіть замкнуту криву для побудови місцевого розрізу*) виберемо створений раніше контур. Після цього з'явиться запит *Укажите положение секущей плоскости местного разреза* (*Вкажіть положення січної площини місцевого розрізу*). Необхідно для лінії, задаючої положення площини, вказати один з крайніх по горизонталі точок отворів на розрізі А-А. Після цього креслення набере наступного вигляду (див. рис. 3.52).

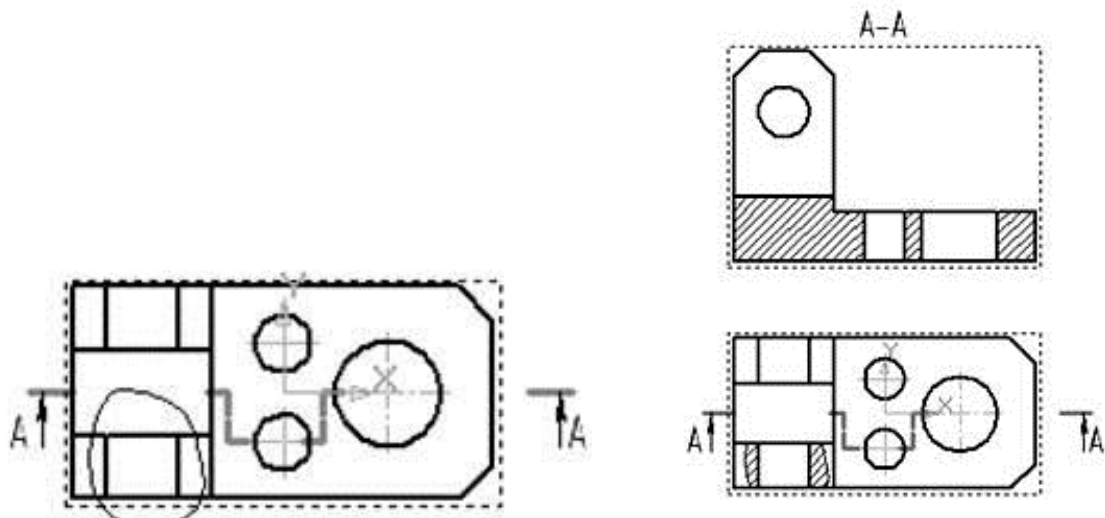



Рисунок 3.52

7 Положення січної площини розрізу, виконаного по площині отворів, задамо на кресленні позначеннями *Б-Б*. Для цього зробимо поточним зображенням розріз *А-А* і виберемо кнопку *Линия разреза*  (*Линія розрізу*) на інструментальній панелі *Обозначения (Позначення)*. Положення початкової і кінцевої точок лінії розрізу задамо за допомогою прив'язки до крайніх по горизонталі точок кола, що показує отвір (рис. 3.53).

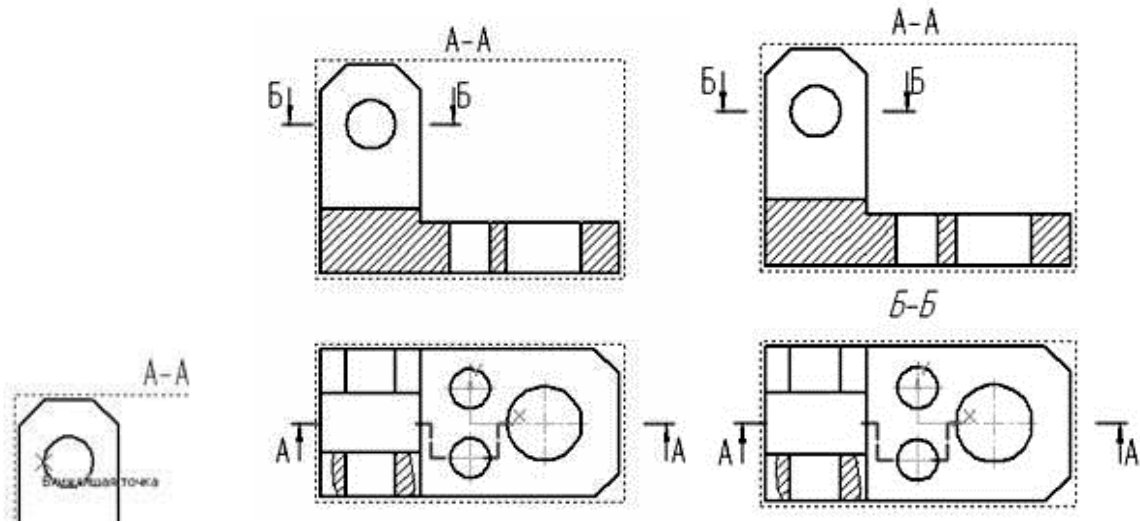







Рисунок 3.53

Далі вкажемо напрям погляду, визначивши положення відповідних позначень на кресленні. Саме зображення на кресленні створювати не будемо, натиснувши клавішу *Esc* на запит *Вкажіть точку прив'язки виду*. (див. рис. 3.53)

*Примітка.* Для того, щоб винести за межі зображення позначення січної площини слід виділити позначення, навести курсор на відповідну опорну точку, натиснути ліву кнопку миші і перетягнути точку в потрібне місце.

8 Створимо буквене позначення *Б-Б* над видом, на якому показаний розріз. Зробимо вид згори поточним і виберемо команду *Ввод текста*  (*Введення тексту*) на інструментальній панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Вкажемо точку прив'язки тексту над зображенням і, задавши розмір шрифту рівним 10, введемо в текстове поле «*Б-Б*» (див. рис. 3.53).

9 Далі виконаємо побудову бракуючих осьових ліній на кресленні. Зробимо це за допомогою команд *Обозначение центра*  (*Позначення центру*) і *Автоосевая*  (*Автоосьова*) на інструментальній панелі *Обозначения*  (*Позначення*). Створення осьових для кіл здійснюється за допомогою вибору відповідного кола або дуги і вказівкою кута повороту для визначення розташування двох взаємно перпендикулярних осьових ліній системи. Вказівка положення осьовій для подовжньо розітнутих отворів

робиться вибором тих, що утворюють отвори, що потрапили в січну площину (відповідне виступання за контур промальовувався автоматично). Остаточний вид кресленні з осьовими показаний на рис. 3.54.

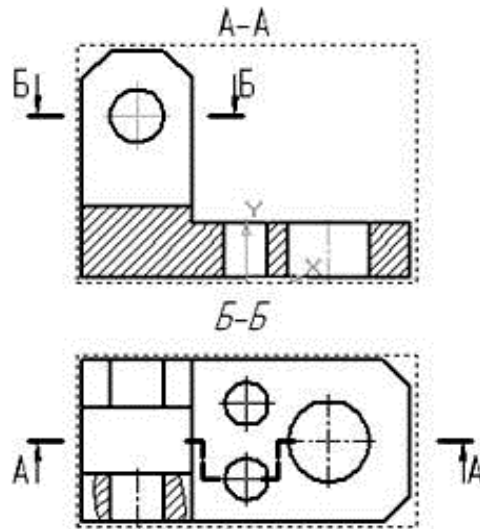


Рисунок 3.54

*Примітка.* Для додавання елементів креслення на відповідний вид слід заздалегідь зробити вид поточним. Для цього досить двічі клікнути лівою кнопкою миші, навівши її на який-небудь з елементів відповідного виду. При цьому лінії виду змінять колір з чорного на того, що відповідає їх стилю створення.

10 Після нанесення осьових виконаємо нанесення розмірів. Для нанесення лінійних розмірів скористаємося кнопкою *Линейный размер* (Лінійний розмір) на інструментальній панелі *Размеры* (Розміри). Вказуються дві точки прив'язки розміру, після чого задається положення розмірної лінії і напису на кресленні. Нанесення розміру фаски виконується з вказівкою кута і кількості фасок, що задаються в полях *Текст после* (Текст після) і *Текст под* (Текст під) вікна *Задание размерной надписи* (Завдання розмірного напису) (див. рис. 3.54). Це вікно викликається клацанням лівою кнопкою миші в полі *Текст* (Текст) панелі властивостей команди *Размеры* (Розміри) або через контекстне меню при виборі в нім пункту *Текст надписи* (Текст напису).

Нанесення розмірів кола виконується відповідно за допомогою команди *Диаметральный размер* (Діаметральний розмір) на панелі *Размеры* (Розміри). Вказуємо об'єкт, розмір якого наноситься і задаємо положення розміру. При необхідності додавання до розмірного тексту знаку діаметру або кількості отворів слід вказати відповідні параметри у вікні *Задание размерной надписи* (Завдання розмірного напису).

Після нанесення розмірів на одному із зображень робимо поточним інше зображення і наносимо на нім відповідні розміри. Остаточний вид креслення показаний на рис. 3.55.

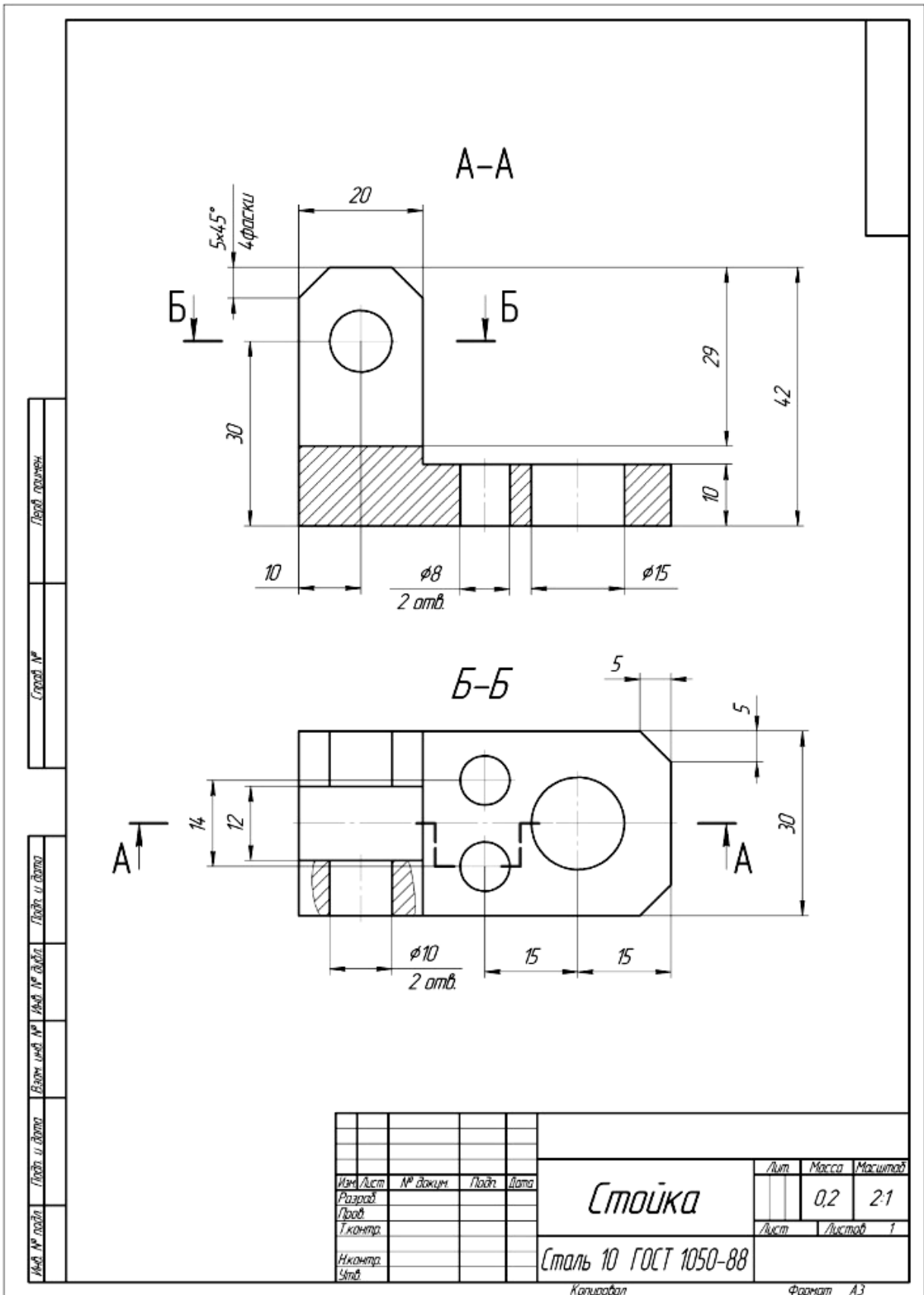


Рисунок 3.55

### 3.5 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Втулка» (рис. 3.56)

**Мета роботи.** Передбачається відпрацювання команд створення тривимірних елементів обертання. Відпрацьовуються:

- розуміння послідовності створення тривимірних елементів;
- дія команди *Операція обертання*;
- команди створення зображень креслень по моделях (створення видів, поєднаних з розрізом).

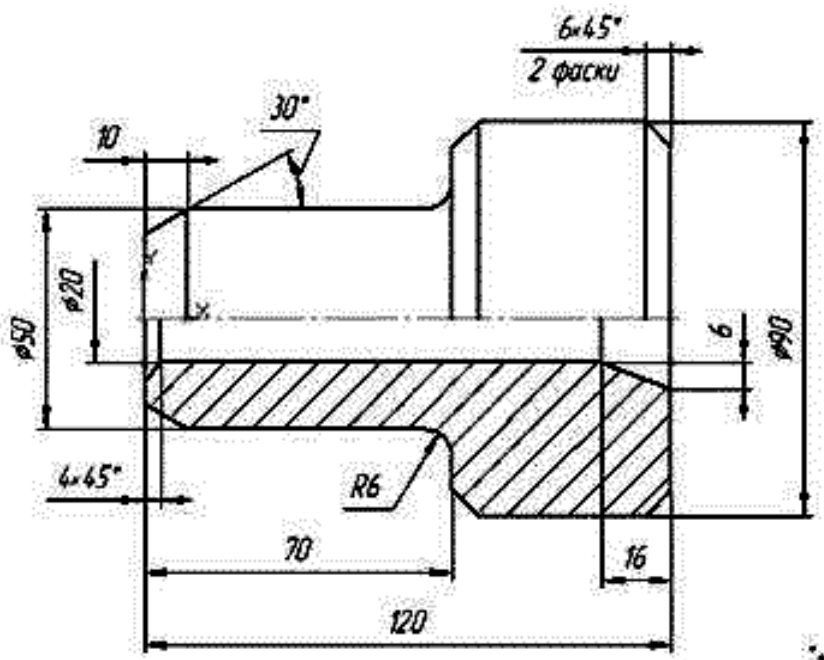






Рисунок 3.56 – Умова завдання «Втулка»

#### 3.5.1 Порядок створення моделі

1. Створимо файл завдання. Виберемо у вікні програми команду *Создать – Деталь (Создать – Деталь)*.

2. У робочій області виберемо площину XY (навівши на її відображення курсор, клінемо лівою кнопкою миші). Після цього виберемо команду *Эскиз*  (*Ескиз*) на панелі *Текущее состояние (Поточный стан)* або у випадному при натисненні правої кнопки миші контекстної панелі або контекстному меню. Вибрана площина розгорнеться перпендикулярно по відношенню до спостерігача.

3. Для створення замкнутого контуру, на базі якого буде створений елемент обертання, виберемо на інструментальній панелі *Геометрия (Геометрия)* команду *Непрерывный ввод объектов*  (*Безперервне введення*

об'єктів). Включимо режим ортогонального креслення, натиснувши клавішу *F8* або вибравши кнопку  на панелі *Текущее состояние (Поточний стан)*. Першу точку контуру виберемо на початку координат. Далі задаємо курсором напрям викреслювання першого відрізка і задаємо в полі *Длина (Довжина)* значення довжини створюваного елемента контуру, натиснувши після цього клавішу *Enter*. Автоматично стане активним поле *Угол (Кут)*, значення в яке не вводимо, натиснувши ще раз клавішу *Enter*. Аналогічно виконуємо створення подальших відрізків. Замикаємо контур за допомогою об'єктної прив'язки або при виборі кнопки *Замкнуть*  (*Замкнути*) в панелі властивостей команди.





4. Створимо вісь обертання майбутньої деталі. Не виходячи з ескізу, виберемо на панелі *Позначення інструмент* *Осевая линия по двум точкам*  (*Осьова лінія по двох точках*). Створимо горизонтально розташовану вісь на довільній відстані від створеного контуру (рис. 3.57).



Рисунок 3.57

5. Точне положення осі по відношенню до контуру визначимо за допомогою вертикального розміру. На інструментальній панелі *Розміри* виберемо команду *Линейный размер*  (*Лінійний розмір*). В якості точок, що визначають розмір, задаємо точку на осі і одну з найближчих до осі кутових точок контуру. Далі на панелі властивостей виберемо кнопку *Вертикальный*  (*Вертикальний*) і вкажемо положення розміру. Потім у вікні, що з'явилося, *Установить значение размера (Встановити значення розміру)* введемо значення радіусу отвору *10* (рис. 3.58, а). Отриманий ескіз показаний на рис. 3.58, б.

6. Виконаємо створення тривимірного елемента, застосувавши обертання створеного в ескізі замкнутого контуру навколо осі обертання (необхідно ретельно стежити, щоб контур ескізу був замкнутий, інакше при виборі операції створення тривимірного елемента можлива поява повідомлення про помилку або створення тонкостінного елемента замість твердотілого). Для цього на панелі *Редактирование детали (Редагування деталі)* виберемо команду *Операция вращения*  (*Операція обертання*). Операція надає можливість встановити у відповідних полях панелі властивостей необхідні параметри (рис. 3.59).



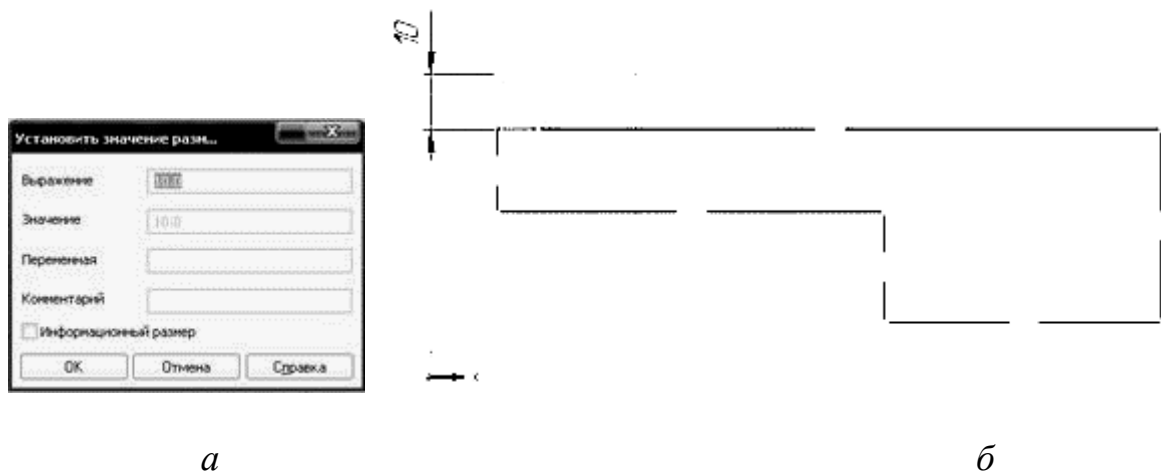


Рисунок 3.58

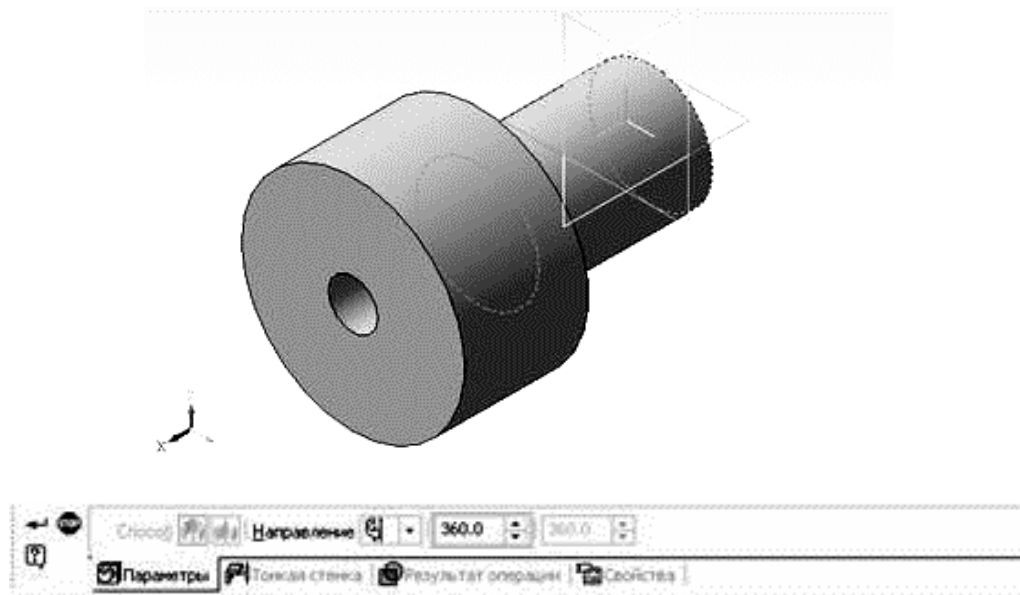




Рисунок 3.59

7. Виконаємо створення фасок і скруглень як тривимірних елементів. Команди створення цих елементів знаходяться на інструментальній панелі *Редактирование детали (Редагування деталі)*. Виконаємо скруглення переходу між циліндричною поверхнею і боковою гранню. Для цього виберемо кнопку *Скругление* (Скруглення). В якості параметра скруглення задаємо значення радіусу (для цієї деталі 6 мм), після чого виберемо кромку, яка має округляти (при виборі стежимо за значком біля курсора). Зовнішній вигляд моделі із скругленням показаний на рис. 3.60.

8. Здійснимо створення фасок. Для цього викличемо команду *Фаска* (Фаска) (вона є випадною і з'явиться при тривалому натисненні лівої кнопки миші і наведенні курсора на кнопку *Скругление* (Скруглення)). З

п'яти фасок деталі чотири задаються по довжині ділянки скосу і значенню кута. Для створення цих фасок слід вибрати на панелі властивостей команди кнопку *Построение по стороне и углу*  (*Побудова по стороні і куту*). Після цього слід задати у відповідних полях параметри фасок і здійснити вибір кромок або поверхонь (усі кромки, що обмежують цю поверхню, будуть в цьому випадку скошені фасками). Для іншої внутрішньої фаски використовується режим створення *Построение по двум сторонам*  (*Побудова по двох сторонах*), при цьому аналогічно задаються параметри фаски і скошувані елементи.

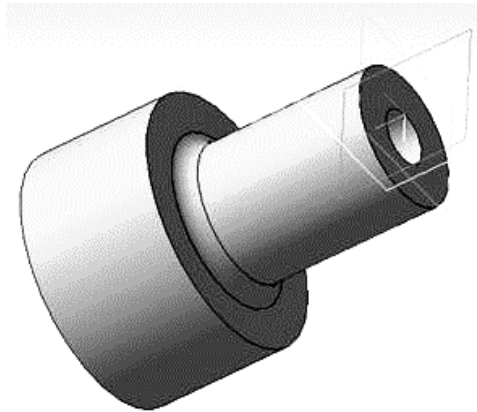




Рисунок 3.60

*Примітка.* При значеннях кута фаски, відмінних від  $45^\circ$ , або по методу побудови по двох сторонах слід уважно стежити за підсумковим розташуванням скошуваних ділянок і вчасно змінювати з потреби їх розташування шляхом вибору кнопок *Первое направление*  (*Перший напрям*) і *Второе направление*  (*Другий напрям*). Створений при цьому тривимірний елемент показаний на рис. 3.61. Збережемо модель у файл.

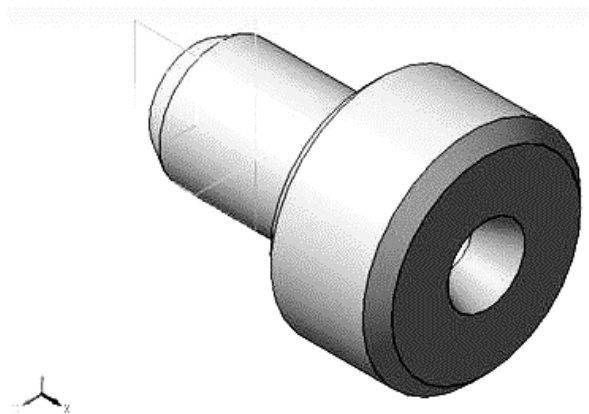



Рисунок 3.61

### 3.5.2 Створення креслення для моделі

1. Створимо новий файл, вибравши *Файл – Создать – Чертеж (Файл – Створити – Креслення)*. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень. У цьому режимі ми додаватимемо необхідні зображення для креслення створеної моделі і виконаємо нанесення розмірів.

2. Створимо вигляд спереду і ліворуч. У вікні пакету виберемо *Вставка – Вид с модели – Стандартные (Вставка – Вид з моделі – Стандартні)* або скористаємося кнопкою  на інструментальній панелі *Виды (Види)*. У вікні вибору файлу, що відкрилося, знайдіть збережений вами файл моделі. Потім виберіть точку вставки видів. Результат показаний на рис. 3.62.

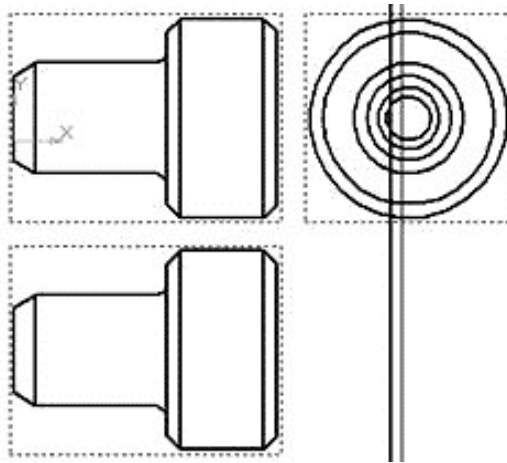




Рисунок 3.62

3. Видалимо вигляд зверху як непотрібний. Для цього виберемо увесь вид за допомогою натискання лівої кнопки миші з наведенням курсора на рамку виду, видну на кресленні у вигляді штрихової лінії. Потім, натиснувши клавішу *Delete* і підтвердивши вибрану дію, видалимо вид.

4. Створимо поєднання вигляду спереду з фронтальним розрізом. Оскільки положення січної площини фронтального розрізу, виконаного по площині симетрії, на кресленні позначеннями не задається, для його створення скористаємося командою побудови місцевого розрізу. Для її виконання заздалегідь слід створити замкнутий контур з використанням інструменту *Прямоугольник (Прямокутник)*, що викликається при натисненні кнопки  на інструментальній панелі *Геометрия (Геометрія)*. Виберемо в якості типу ліній стиль *Для линий обрыва (Для ліній обриву)*. Шляхом вказування кутових точок діагоналі створимо прямокутник, як це показано на рис. 3.63, а. Для прив'язки до середини контурних вертикальних ліній використовуємо локальну прив'язку (викликаємо контекстне меню

натисненням правої кнопки миші, вибираємо *Привязка – Середина* (*Привязка – Середина*)).

Після цього виберемо команду *Местный разрез*  (*Місцевий розріз*) на інструментальній панелі *Виды (Види)*. На запит *Укажите замкнутую кривую для построения местного разреза (Вкажіть замкнуту криву для побудови місцевого розрізу)* виберемо створений раніше контур. Після цього з'явиться запит *Укажите положение секущей плоскости местного разреза (Вкажіть положення січної площини місцевого розрізу)*. Необхідно для лінії, яка задає положення площини, вказати точку на виді ліворуч, яка знаходилася б на площині симетрії деталі. Після цього креслення набере вигляду, показаного на рис. 3.63, б).

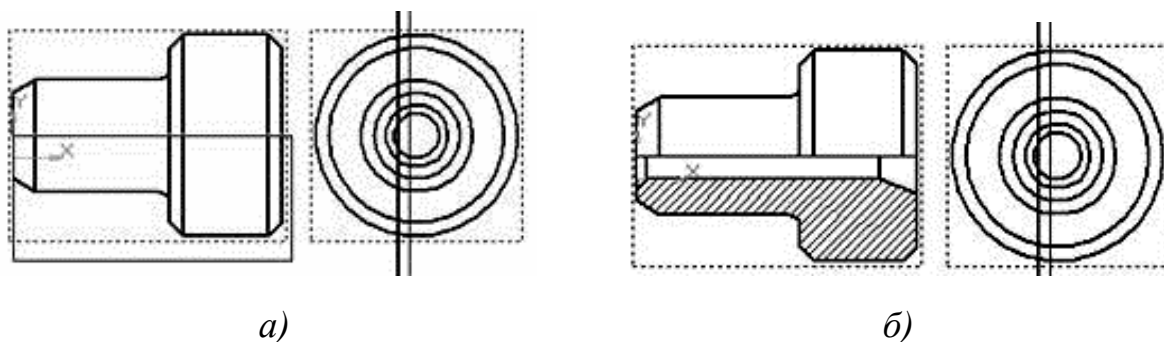



Рисунок 3.63

5. Видалимо вид ліворуч. Для цього виберемо увесь вид за допомогою натискання лівою кнопкою миші з наведенням курсора на рамку виду, видну на креслення у вигляді штрихової лінії. Потім, натиснувши клавішу *Delete* і підтвердивши вибрану дію, видалимо вид.

Аналогічним чином змінимо стиль на осьову для лінії розділення виду і розрізу, а також подовжимо її так, щоб вона на 1...3 мм виступала за межі контуру. Виділимо її, викличемо натисненням правої кнопки миші контекстну панель і в полі, де відображається тип ліній, виберемо *Осевая (Осьова)*. Знімемо виділення, клацнувши курсором по порожньому полю креслення. Подовжити вісь за межі контуру можливо за допомогою команди *Отрезок*  (*Відрізок*); необхідно дорисовувати ділянки з обох боків, вибравши на панелі властивостей тип лінії *Осевая (Осьова)*. Результат показаний на рис. 3.64.

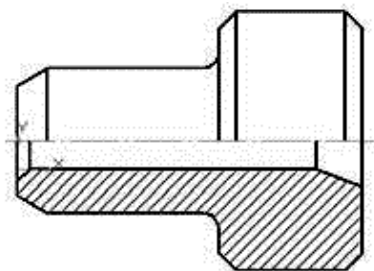


Рисунок 3.64

6. Виконаємо нанесення розмірів на креслення (рис. 3.65). Для нанесення лінійних розмірів скористаємося кнопкою *Линейный размер* (Лінійний розмір) на інструментальній панелі *Разміри*. Вказуються дві точки прив'язки розміру, після чого задається положення розмірної лінії і напису на кресленні. При нанесенні розмірів для циліндричних поверхонь до розмірного тексту може бути доданий знак діаметру. Робиться це вибором відповідного позначення у вікні *Задание размерной надписи* (Завдання розмірного напису), яке можна викликати вибором в контекстному меню розміру команди *Текст надписи...* (*Текст напису*) чи клацанням лівою кнопкою миші по полю *Текст* (*Текст*) панелі властивостей команди. У тому ж вікні, в полі *Текст под* (*Текст під*), додаються написи, що стосуються позначення кількості фасок.

7. Розміри з обривом ставляться при виборі кнопки *Линейный с обрывом* (Лінійний з обривом) (вона є випадною і з'явиться при тривалому натисненні лівої кнопки миші і наведенні курсора на кнопку *Линейный размер* (Лінійний розмір)). Для таких розмірів визначається базовий відрізок для нанесення розміру, визначається положення розміру і у вікні *Задание размерной надписи* (Завдання розмірного напису) задається зміст розмірного тексту. Остаточний вид креслення з розмірами наведений на рис. 3.65.

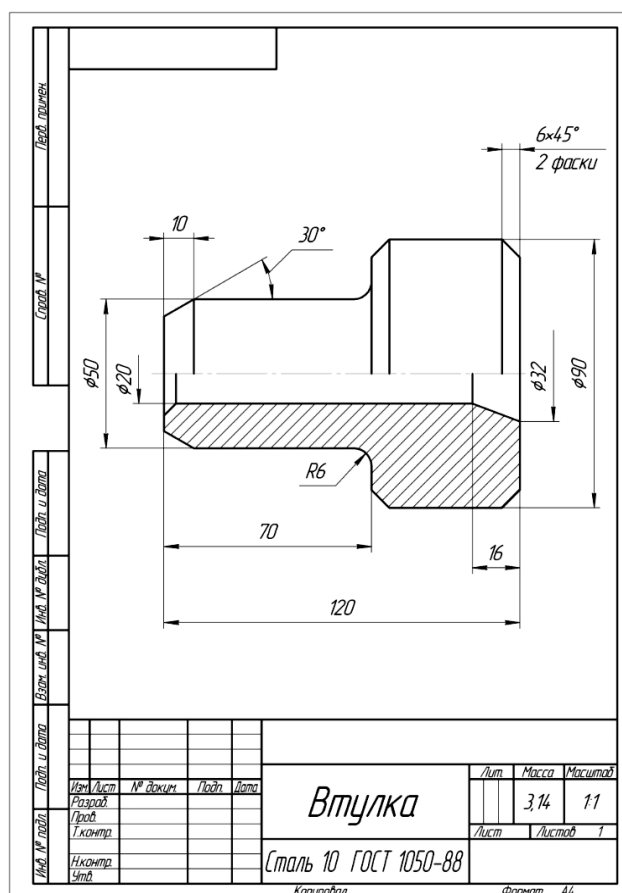
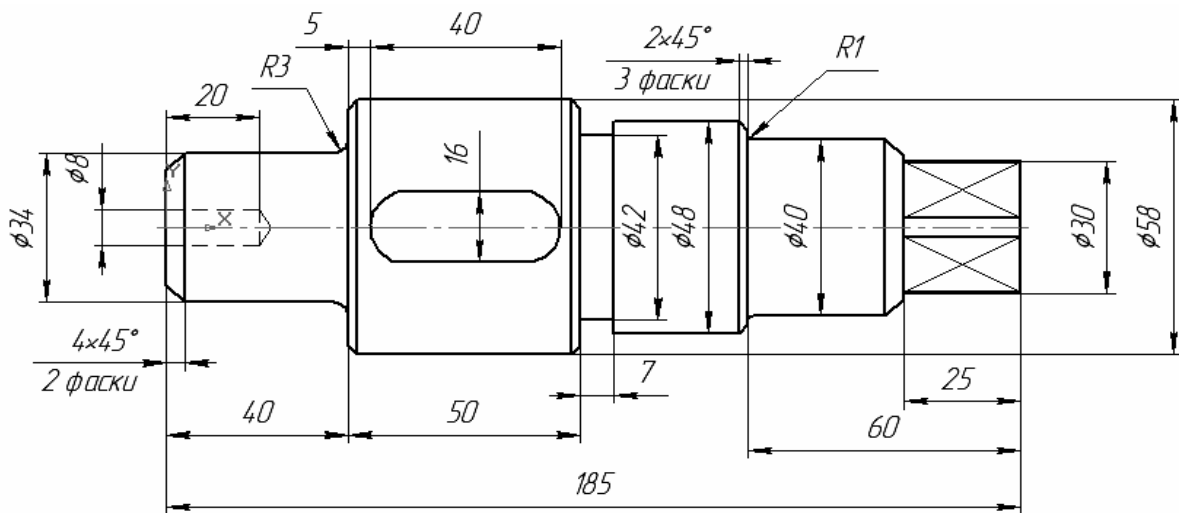


Рисунок 3.65

### 3.6 Виконання моделі й двовимірного креслення деталі типу «Вал» (рис. 3.66)

**Мета роботи.** Виконання завдання спрямоване на відпрацювання команд створення тривимірних елементів обертання і різноманітних конструктивних елементів на ділянках валу. Відпрацьовуються:

- команди *Создать вращением* (Створити обертанням) і *Вырезать вращением* (Вирізати обертанням);
- створення додаткових допоміжних площин для створення на них ескізів як основи тривимірних елементів;
- створення зображень креслень по моделях (створення місцевих розрізів і перерізів).



*Паз шпони з одного боку глибиною 6 мм;  
на правій циліндричній ділянці  $\phi 30$  мм механічною обробкою виконаний  
квадрат неповного профілю із стороною 24 мм.*

Рисунок 3.66

Дане завдання є загальним для виконання усіма студентами. Оцінювання якості його виконання робиться в ході співбесіди з викладачем.

### 3.6.1 Порядок створення моделі

1. Процес створення моделі розпочинаємо з вибору площини і виконання ескізу, який є половиною контуру валу. Ескіз показаний на рис. 3.67

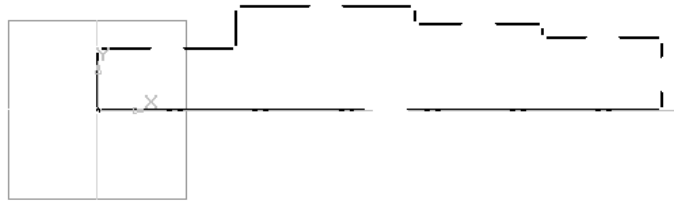


Рисунок 3.67

2. Після закриття ескізу застосовуємо команду тривимірного редагування *Операція вращення* (Операція обертання). Далі необхідно вказати в робочій області лінію контуру, що визначає положення осі обертання. Результат операції показаний на рис. 3.68

3. Побудову чотиригранника розпочинаємо з вибору торцевої поверхні валу в якості ескізної площини, потім будуємо коло і допоміжні прямі під кутом  $45^\circ$ , після чого проводимо відносно цих прямих допоміжні паралельні прямі, які визначають напрям сторін квадрата, потім наводимо сторони квадрата за допомогою команди *Отрезок (Відрізок)*, а зайві частини кола відсікаємо. Послідовність цих дій представлена на рис. 3.69.

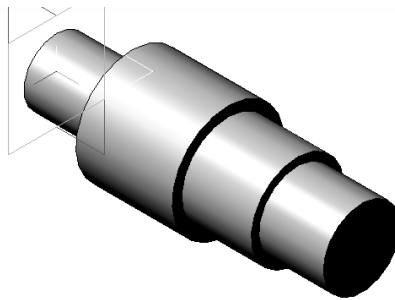


Рисунок 3.68

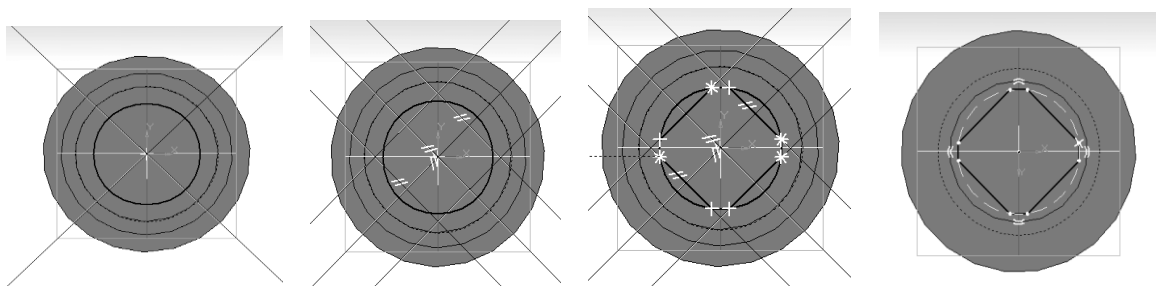



Рисунок 3.69

Після застосування команди *Операція видавливання*  (*Операція витискування*), використовуючи витискування на задану довжину, отримуємо чотиригранник (рис. 3.70).

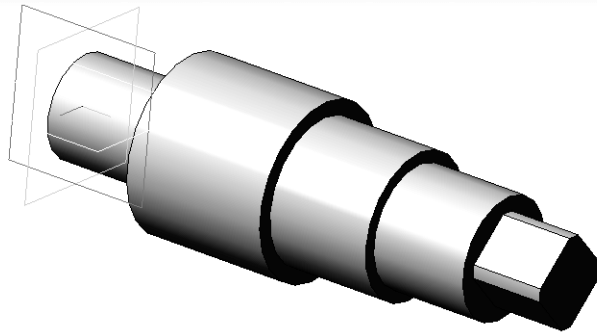





Рисунок 3.70

4. Для створення отвору без побудови його ескізу скористаємося командою *Простое отверстие*  (*Простий отвір*) або *Отверстие из библиотеки*  (*Отвір з бібліотеки*) на панелі *Редактирование детали*  (*Редагування деталі*), заздалегідь виділивши торцеву площину. У параметрах отвору задаємо його форму і розміри – в наведеному прикладі для команди *Отверстие из библиотеки* (*Отвір з бібліотеки*) цей отвір форми 02 (з кутом  $120^\circ$ ) глибиною 20 мм і діаметром 8 мм. Зверніть увагу, що центр отвору автоматично встановлюється в точку перетину осей симетрії площини, а в інших випадках необхідно вказувати його координати (рис. 3.71).

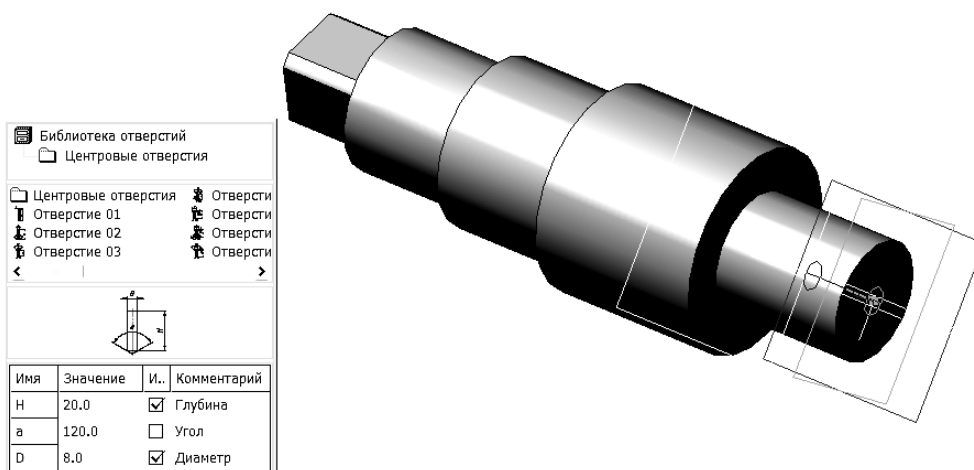


Рисунок 3.71

Для виконання канавки вибираємо одну з основних площин, що проходять через вісь валу. Після цього будуємо в ній ескіз профілю канавки (для спрощення вважаємо профіль прямокутним) і вісь обертання (рис. 3.72).



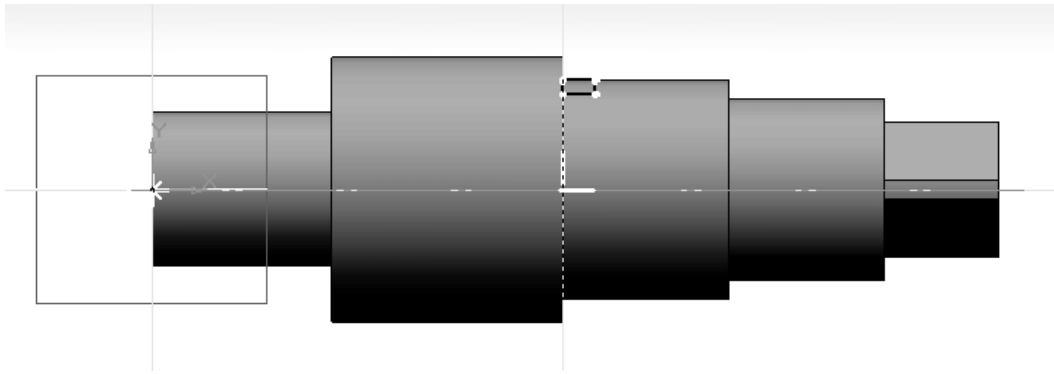


Рисунок 3.72

Для створення канавки застосовуємо команду *Вырезать вращением* (Вирізати обертанням). Результат операції показаний на рис. 3.73.

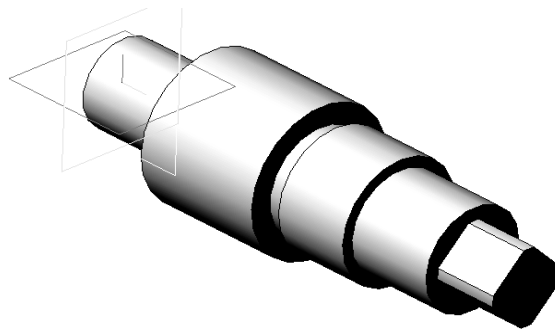


Рисунок 3.73

5. Для створення шпонкового пазу вибираємо площину ескізу, дотичну до ділянки валу, на якій виконується паз. Для цього входимо в панель *Вспомогательная геометрия* (Допоміжна геометрія) і вибираємо дотичну площину (знаходимо на випадній панелі). При побудові дотичної площини вказуємо циліндричну поверхню і площину їй перпендикулярну (рис. 3.74).

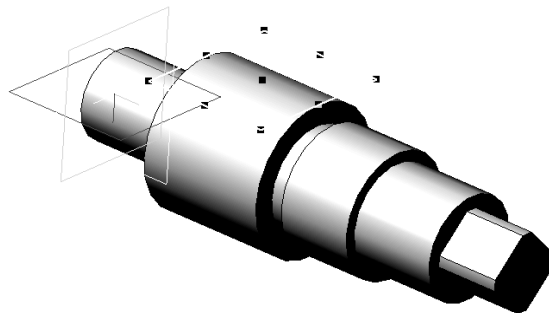


Рисунок 3.74

Вибравши дотичну площину в якості ескізної, входимо в режим ескізу і виконуємо ескіз шпонкового пазу, використовуючи наступні команди: *Вспомогательная прямая* (Допоміжна пряма), *Окружность* (Коло), *Отрезок* (Відрізок), *Усечь кривую* (Усікти криву) – рис. 3.75 і 3.76.

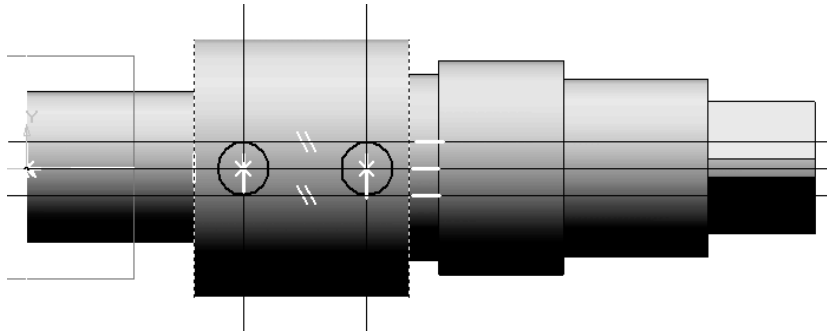


Рисунок 3.75

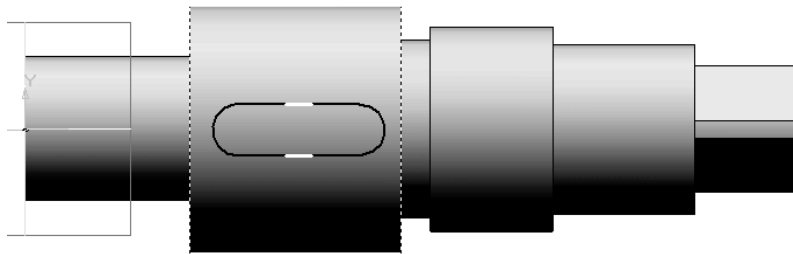



Рисунок 3.76

Вийшовши з режиму ескізування, застосовуємо команду *Вырезать выдавливанием*  (*Вирізати витискуванням*) на відстань, яка відповідає глибині пазу.

Результат показаний на рис. 3.77

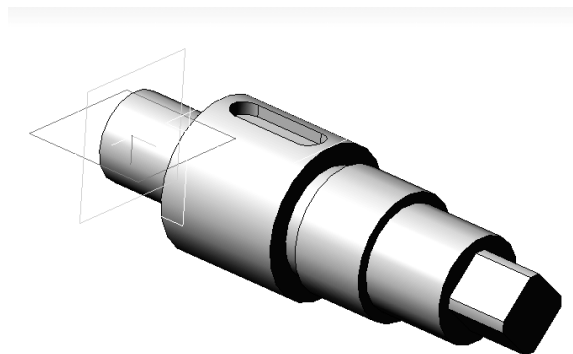


Рисунок 3.77

Зверніть увагу, що виконання різних отворів, канавок і шпонкових пазів зазвичай виконується з використанням вбудованих бібліотек.

6. На завершення створення моделі виконуємо в тривимірному режимі фаски і скруглення. В результаті отримуємо закінчену модель валу – рис. 3.78

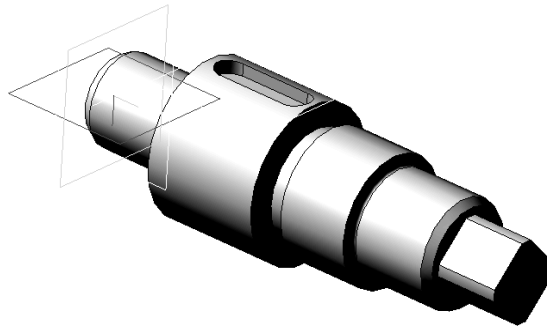




Рисунок 3.78

### 3.6.2 Створення креслення для моделі

Після збереження моделі створюємо асоціативне креслення. Відмітимо деякі особливості створення креслення «Вал».

Після вставки зображення моделі в креслення необхідно правильно розташувати деталь. Для цього можна скористатися командою *Проекционный вид*  (*Проекційний вид*) на інструментальній панелі *Виды*  (*Види*). Результат декількох випадків послідовного використання цієї команди дає розташування валу, при якому паз шпонки звернений до спостерігача (рис. 3.79).

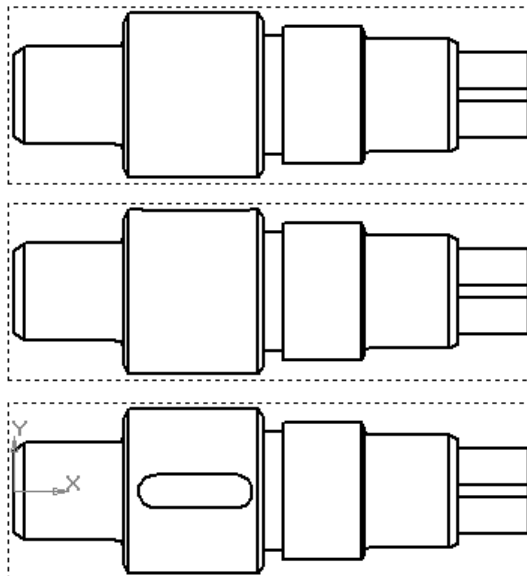


Рисунок 3.79

Потім віддаляються непотрібні види і виконуються перерізи, місцеві розрізи. Створимо перерізи *A-A* і *Б-Б*. Для цього на інструментальній панелі *Обозначения* (Позначення), вибираємо команду *Линия сечения* (Линия перерізу); при цьому вид має бути активним. У панелі властивостей треба вибрати тип зображення, отриманого за допомогою вказаної січної площини, це зображення може бути як розрізом, так і перерізом. Для виконаного креслення доцільно виконувати перерізи. Також треба відключити проекційний зв'язок між опорним видом і перерізом для вільного розміщення перерізів. В результаті виконання цих дій отримаємо необхідні перерізи – рис. 3.80. Слід врахувати, що кут нахилу штрихування на перерізі *Б-Б* необхідно змінити на  $30^\circ$  або  $60^\circ$ , оскільки контур перерізу має кут  $45^\circ$ . Зробити це можна у відповідному полі на вкладці *Свойства* (Властивості), яка з'явиться при виділенні потрібного об'єкта (штрихування) і виборі на контекстній панелі кнопки *Свойства* (Властивості).

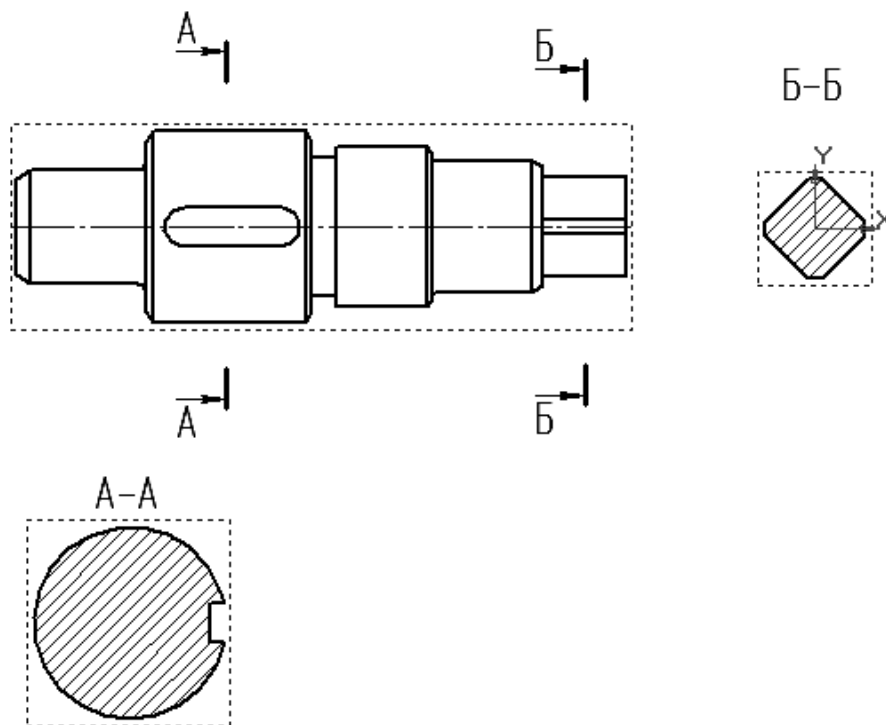
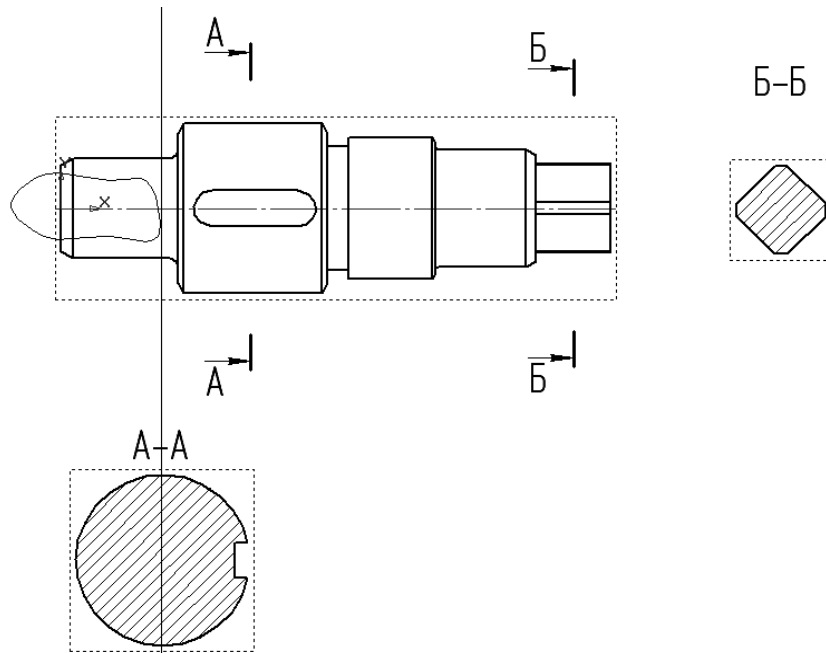


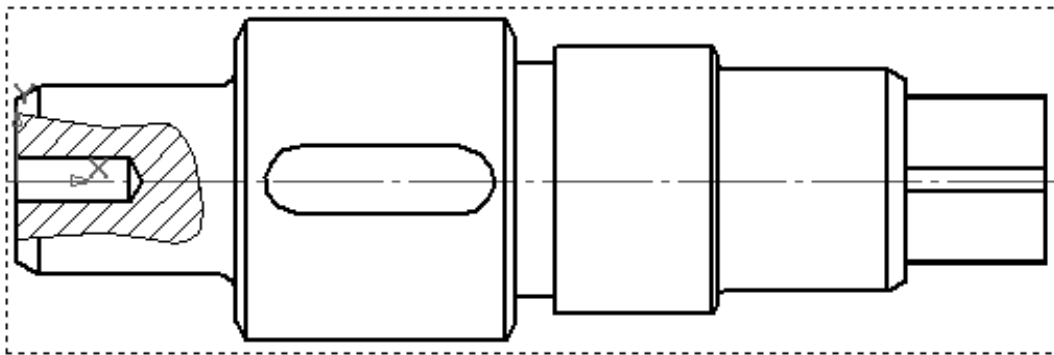
Рисунок 3.80

Створимо місцевий розріз для того, щоб показати отвір. Для цього намалюємо замкнутий криволінійний контур і на інструментальній панелі *Виды* (Види), виберемо команду *Местный разрез* (Місцевий розріз), при цьому вид має бути також активним. Виділяємо побудований криволінійний контур і вказуємо площину, якою виконується місцевий розріз. В

даному випадку її можна вказати вертикально через центр перерізу *A-A* (рис. 3.81). На рис. 3.82 показаний результат – головний вид з місцевим розрізом.



*Рисунок 3.81*



*Рисунок 3.82*

Після отримання усіх зображень розставимо необхідні розміри і заповнимо основний напис (рис. 3.83).

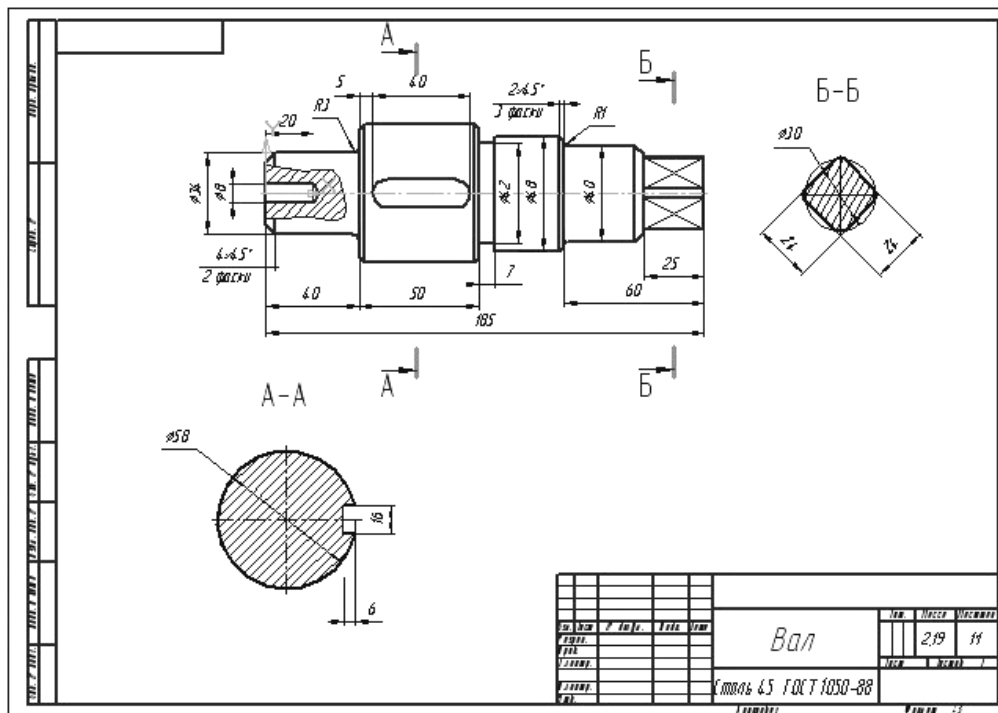


Рисунок 3.83

### 3.7 Виконання моделі й двовимірного креслення з моделі деталі типу «Вісь» (таблиця. 3.2 і рис. 3.84)

**Мета роботи.** Передбачається відробіток команд створення тривимірних елементів обертання, робота з бібліотеками. Відпрацьовуються:

- команди *Створити обертанням* і *Вирізати обертанням*;
- знайомство з бібліотеками пакету «Компас»;
- створення бібліотечних двовимірних і тривимірних елементів;
- створення зображень креслень по моделях (створення місцевих розрізів і перерізів).

Таблиця 3.2 – Основні розміри деталі

Варіанти	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	Масштаб
	Розміри, мм										
1, 13, 22	10	16	25	M10	125	40	30	20	60	10	2:1
2, 16, 28	15	20	30	M16	130	30	30	35	55	14	
3, 12, 23	20	26	38	M16	135	30	42	25	60	18	
4, 19, 25	25	32	42	M24	140	30	45	20	62	22	
5, 20, 27	30	38	50	M30	145	30	45	20	70	28	
6, 11, 29	35	43	55	M30	155	20	60	20	70	36	
7, 17, 24	40	50	62	M36	210	35	66	40	90	45	1:1
8, 15, 30	45	58	70	M42	220	40	60	40	100	50	
9, 18, 26	50	62	75	M42	250	50	75	40	115	52	
10, 14, 21	55	67	80	M48	270	60	75	45	130	56	

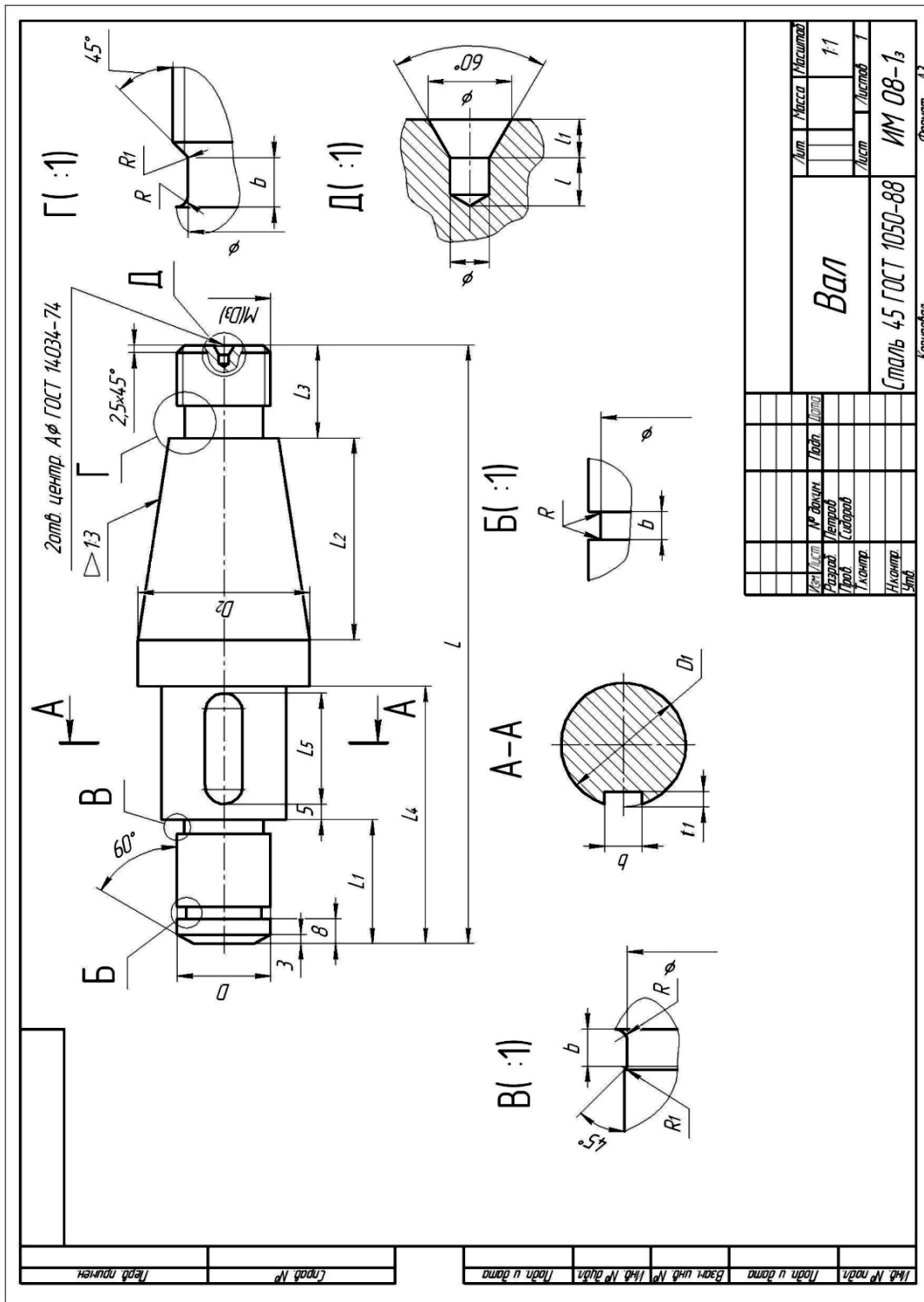


Рисунок 3.84

### 3.7.1 Порядок створення моделі

1 Побудову деталі розпочинаємо із створення ескізу на одній з площин XY, ZX або ZY. Потім в створеному ескізі викреслюємо замкнутий контур подібний до контуру самої деталі. Потім вказуємо розміри кожної ділянки деталі (рис. 3.85).

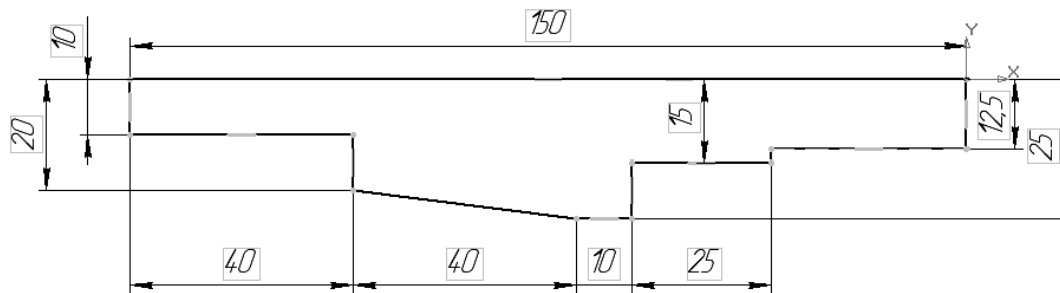


Рисунок 3.85

2 Після нанесення розмірів вибираємо команду *Операція вращения* (Операція обертання). Далі необхідно вказати в робочій області лінію контуру, що визначає положення осі обертання і визначити кут обертання відносно заданої осі рівним  $360^\circ$ .

3 Виконаємо створення канавок. Виберемо в головному меню *Библиотека – Стандартные изделия – Вставить элемент* (Бібліотека – Стандартні вироби – Вставити елемент). Відкриється вікно *Библиотека Стандартные Изделия* (Бібліотека Стандартні Вироби). Далі виберемо в лівій частині вікна вкладку *Конструктивные элементы* (Конструктивні елементи). У вікні нижче і справа відкриється список бібліотек, що зберігаються в цій теці (рис. 3.86).

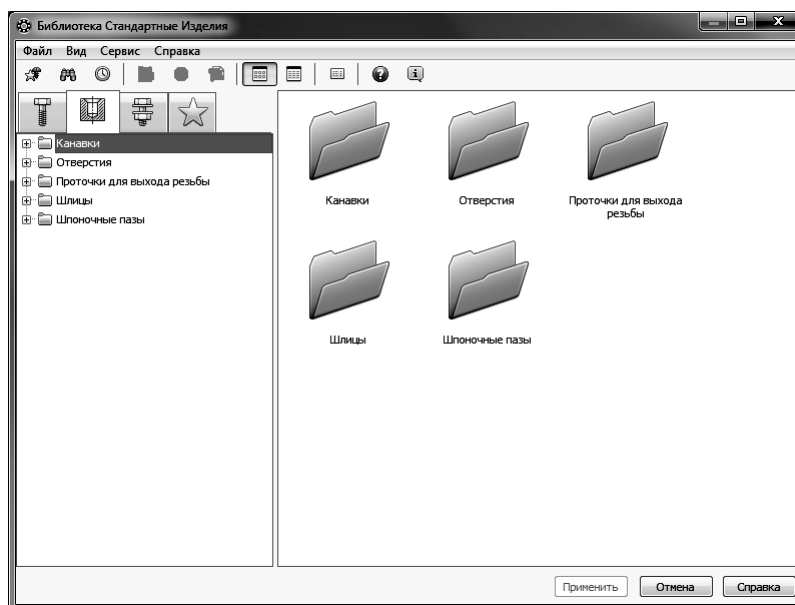


Рисунок 3.86

У теці *Канавки* (Канавки) виберіть *Канавка для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820–69 – Канавки для круглого шлифования* (Канавка для виходу шліфувального круга по ГОСТ 8820-69 – Канавки для круглого шліфування) і виконайте подвійне клацання мишею на команді *Канавки для наружного шлифования по цилиндру исп 1* (Канавки для зовнішнього шліфування по циліндру вик. 1) (рис. 3.87).



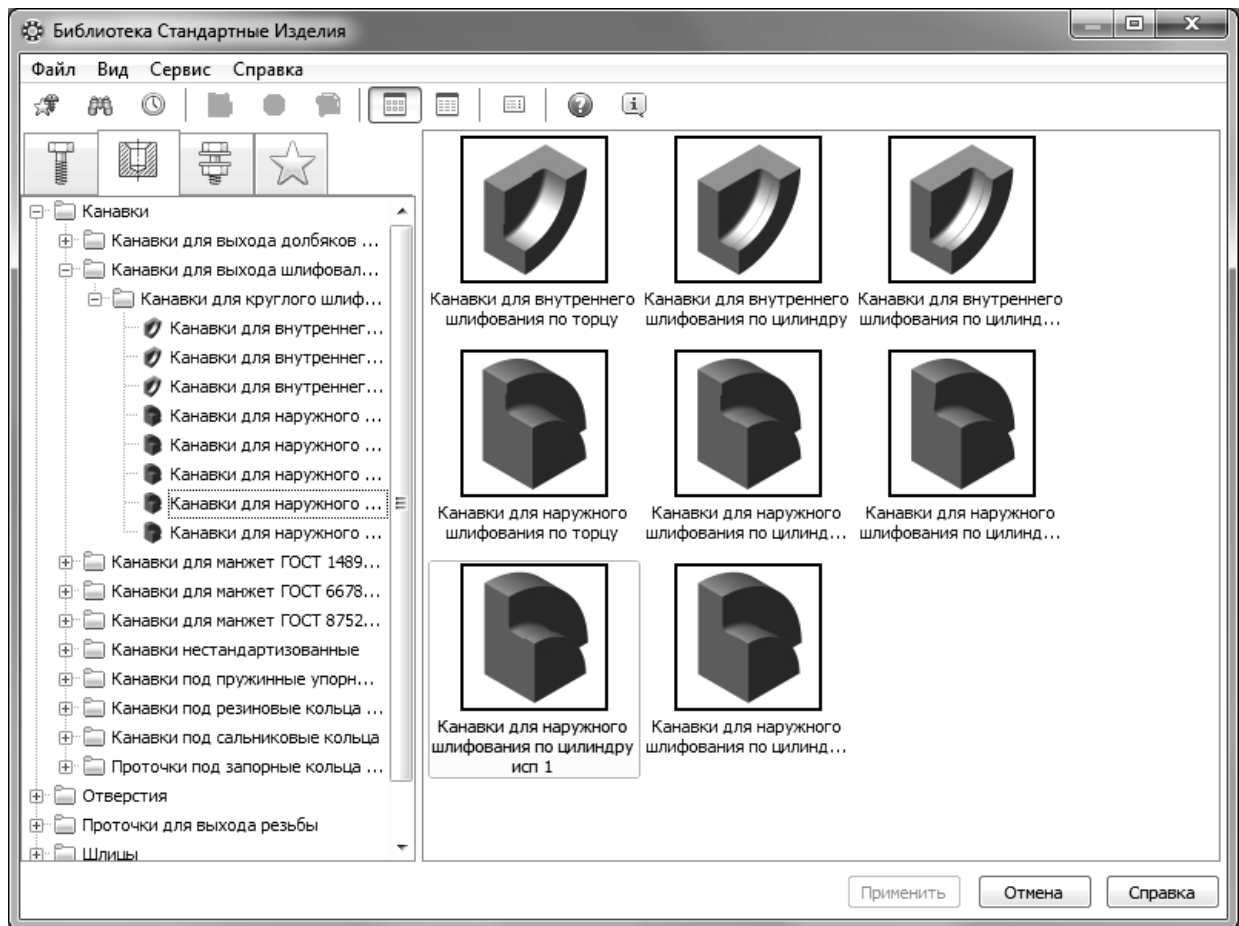



Рисунок 3.87

За запросом *Выберите наружное круглое ребро* (*Виберіть зовнішнє кругле ребро*) вкажіть кромку у торця ділянки, у кінці якої треба створити канавку (рис. 3.88) і натисніть кнопку *Создать объект*  (*Створити об'єкт*) на панели специального управления. Геометричні параметри канавки визначаються автоматично залежно від діаметру вказаної циліндричної грані (рис. 3.89). Створену канавку показано на рис. 3.90.

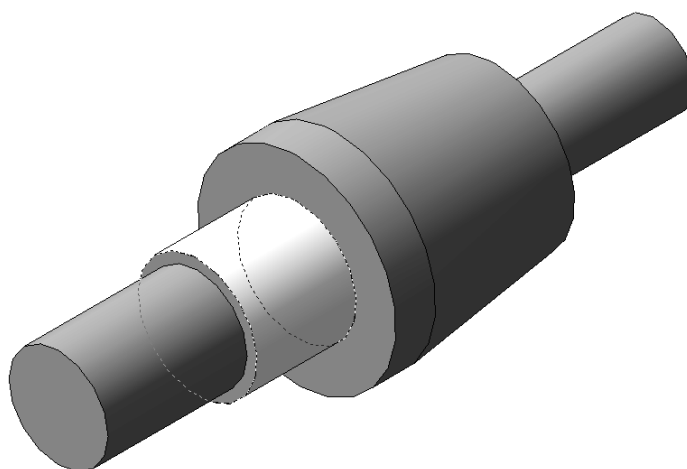


Рисунок 3.88

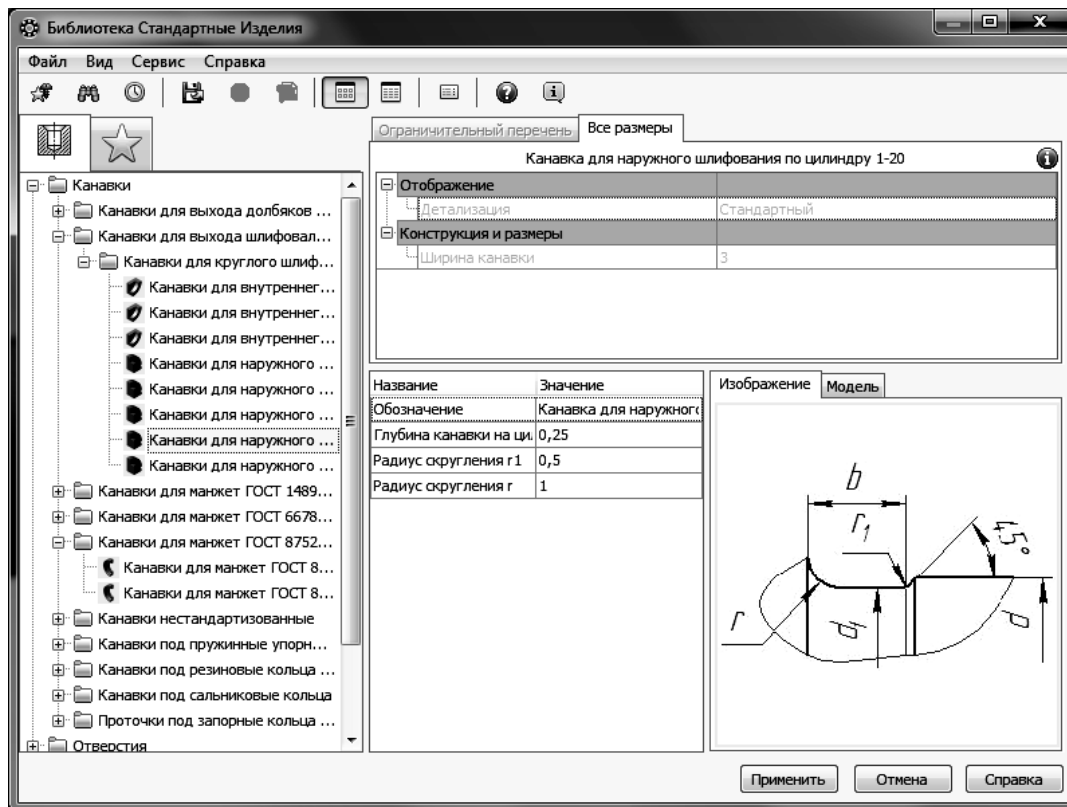


Рисунок 3.89

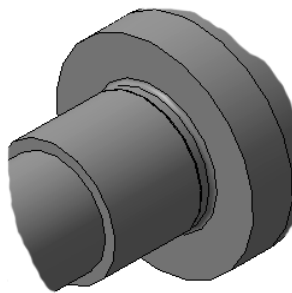



Рисунок 3.90

4 Потім створимо канавку під стопорне кільце. У теці *Канавки* (*Канавки*) виберіть *Канавка под пружинные упорные кольца по ГОСТ 13940, 13942-86* (*Канавка під пружинні упорні кільця за ГОСТ 13940, 13942-86*) і виконайте подвійне клацання мишею на команді *Канавки по ГОСТ 13940, 13942-86 наружные* (*Канавки за ГОСТ 13940, 13942-86 зовнішні*).

У вікні моделі вкажіть циліндричну грань, на якій треба побудувати канавку, плоску грань торцевої поверхні, від якої задається положення канавки і в полі *Расстояние (Відстань)* панелі властивостей ввести відступ до канавки, взятий з умови; потім натисніть кнопку *Создать объект*  (*Створити об'єкт*) на панелі спеціального управління. Геометричні параметри канавки визначаються автоматично залежно від діаметру вказаної циліндричної грані (рис. 3.91).

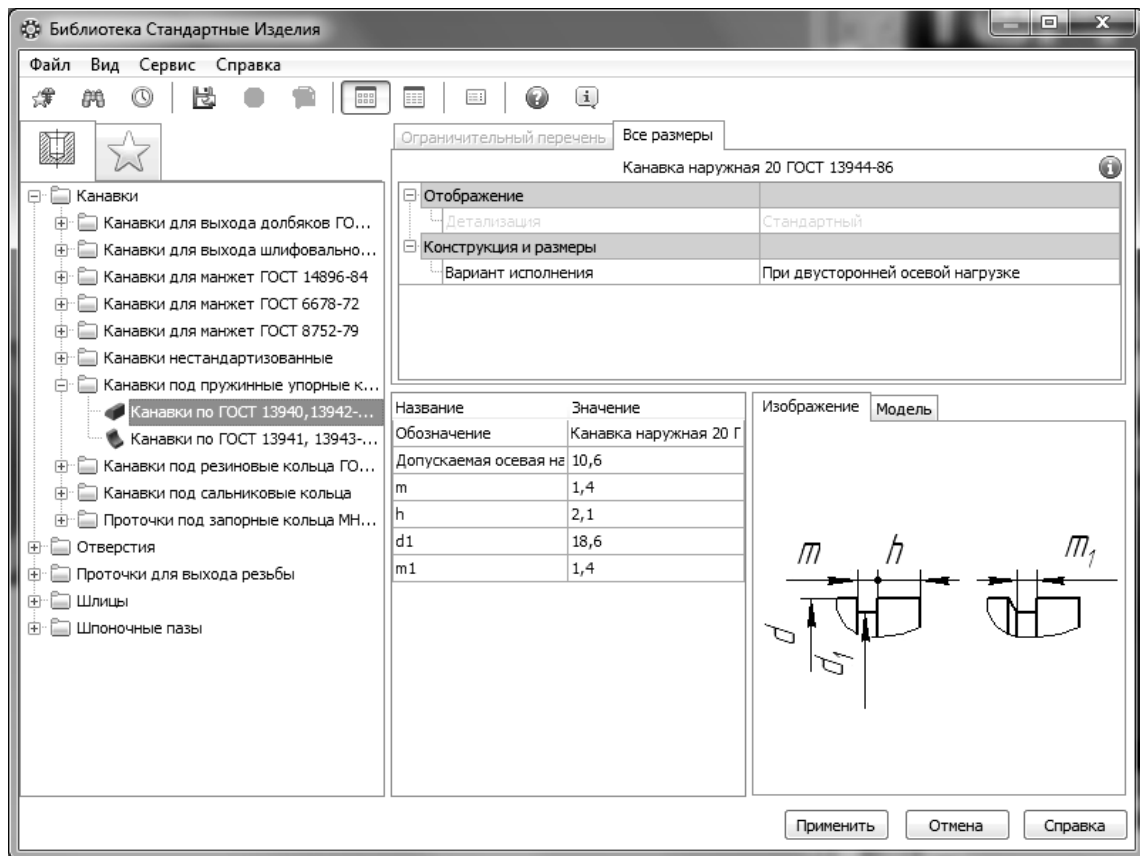


Рисунок 3.91

Натисніть кнопку *Применить* (*Застосувати*) – система виконає побудову канавки (рис. 3.92).

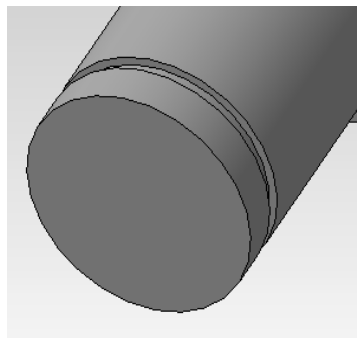


Рисунок 3.92

5 Виконаємо створення паза шпони. У вікні *Библиотека Стандартные Изделия* (*Бібліотека Стандартні Вироби*) на вкладці *Конструктивные элементы* (*Конструктивні елементи*) виберемо теку *Шпоночные пазы* (*Шпонкові пази*).

У теці *Шпоночные пазы* (*Шпонкові пази*) виконає подвійне клацання мишею на команді *Шпоночный паз по ГОСТ 23360-78 наружный* (*Шпонковий паз за ГОСТ 23360-78 зовнішній*) (рис. 3.93).

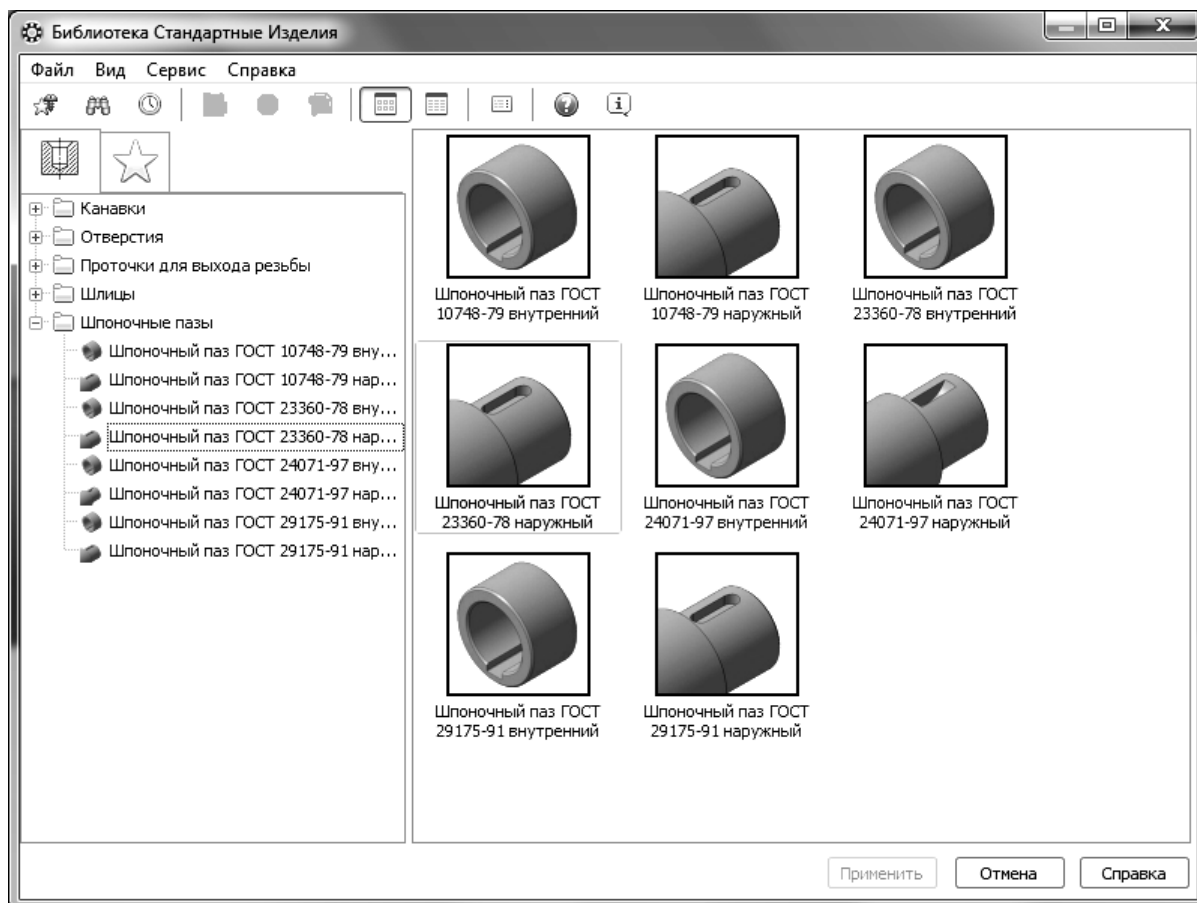


Рисунок 3.93

У вікні моделі вкажіть циліндричну грань, на якій треба побудувати паз під шпонку, плоску грань торцевої поверхні, від якої задається положення паза і в полі *Расстояние (Відстань)* панелі властивостей ввести відступ до паза, взятий з умови; потім натисніть кнопку *Создать объект* (Створити об'єкт) на панелі спеціального управління (рис. 3.94).

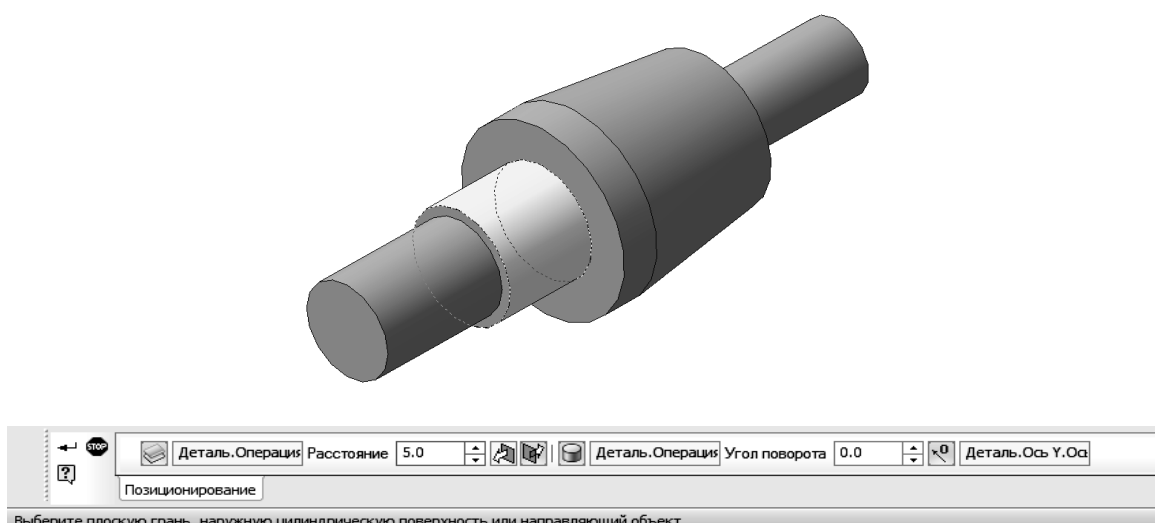


Рисунок 3.94

Геометричні параметри пазу визначаються автоматично, окрім довжини і відстані від базової грані, залежно від діаметру вказаної циліндричної грані. Довжину слід вибрати з випадного списку, який з'явиться при подвійному клацанні лівою кнопкою миші по рядку *Длина (Довжина)* вікна, показаного на рис. 3.95

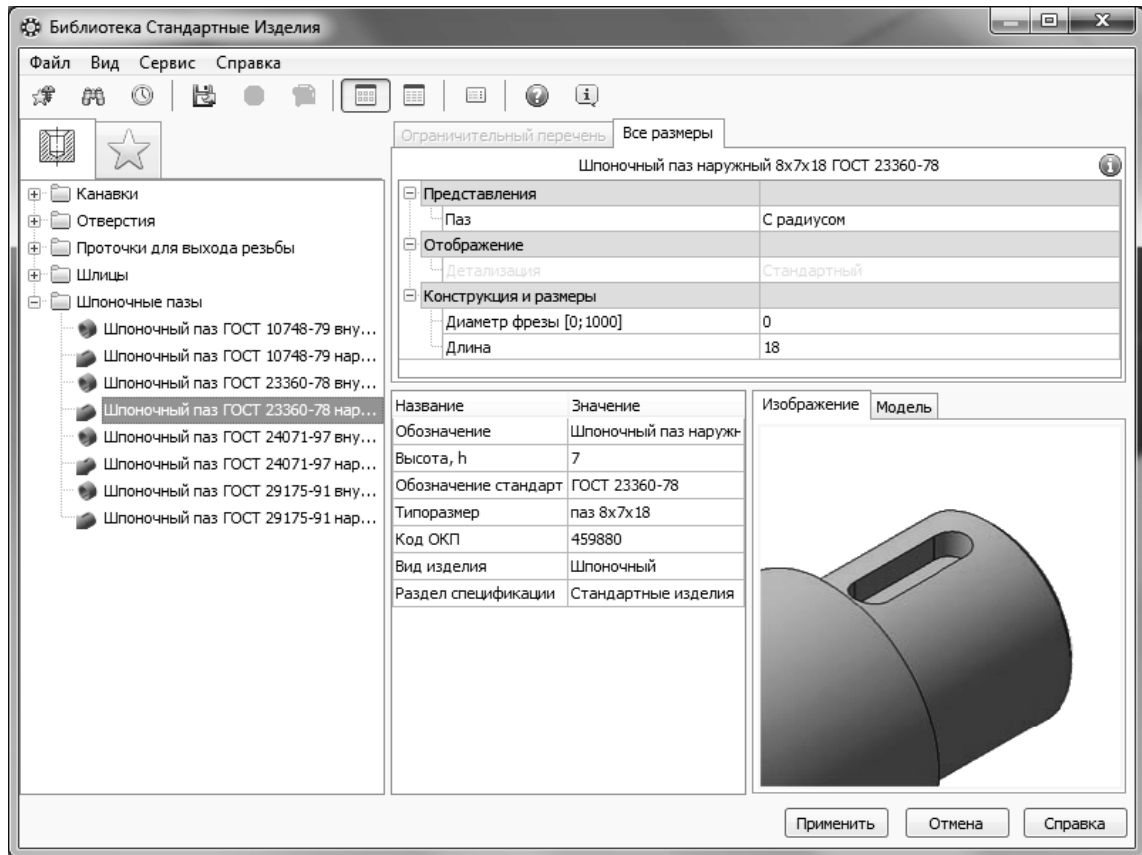


Рисунок 3.95

Натисніть кнопку *Применить (Застосувати)* – система виконає побудову шпоночного пазу (рис. 3.96).

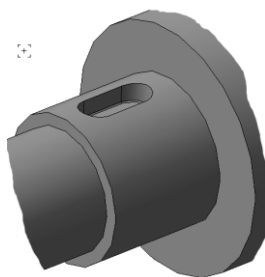


Рисунок 3.96

6 Виконаємо створення центрових отворів. Для їх побудови необхідно виділити торцеву поверхню деталі (рис. 3.97).

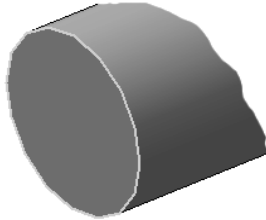




Рисунок 3.97

На панелі інструментів *Редактирование детали* (*Редагування деталі*) натискаємо кнопку *Отверстие из библиотеки*  (*Отвір з бібліотеки*). У вікні, що з'явилося, *Выбор отверстия* (*Вибір отвору*) відкриваємо теку *Центровые отверстия* (*Центрові отвори*), вибираємо необхідний тип отвору і встановлюємо параметри (рис. 3.98). Параметри отворів вибираємо з додатка А.4. Після натискаємо кнопку *Создать объект*  (*Створити об'єкт*) на панелі властивостей.

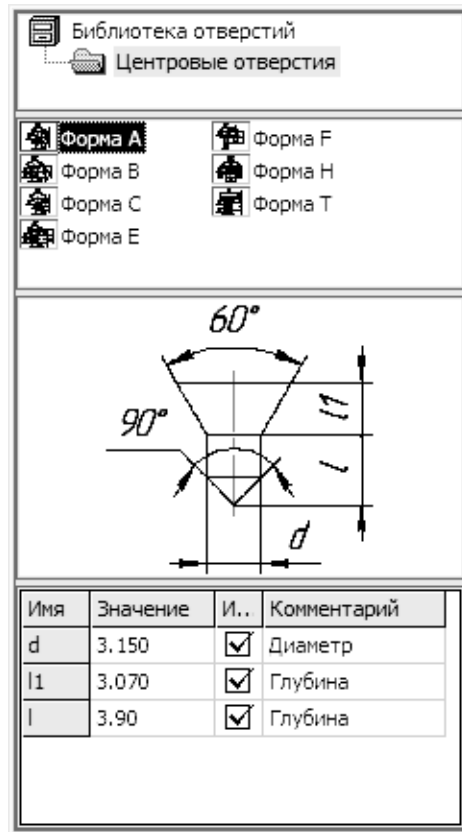




Рисунок 3.98

7 Створимо умовне зображення різьби. Для цього необхідно перемкнути компактну панель в режим *Элементы оформления*  (*Елементи оформлення*) і натиснути кнопку *Условное изображение резьбы*  (*Умов-*

не зображення різьби). Потім на деталі вказуємо кромку тієї поверхні, на якій необхідно показати різьбу (рис. 3.99).

На панелі властивостей в полі вибору стандарту різьби задаємо *Метрическая резьба с крупным шагом по ГОСТ 8724-2002 (Метрична різьба з великим кроком по ГОСТ 8724-2002)*. Крок різьби при цьому буде заданий відповідно до стандарту. При виборі інших видів різьб можна також задати значення кроку різьби і, якщо необхідно, довжину у відповідних полях панелі властивостей. Після натискаємо кнопку *Создать объект (Створити об'єкт)*.

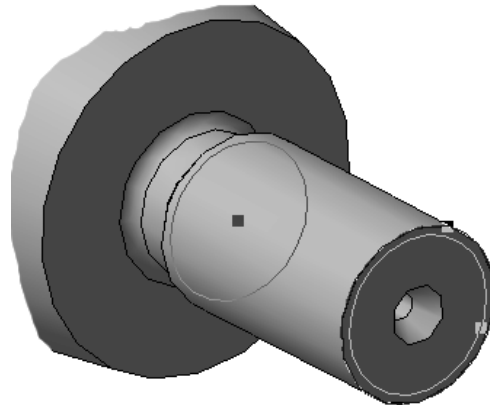




Рисунок 3.99

8 Виконаємо створення проточки під вихід різьби. Виберемо в головному меню *Библиотеки – Стандартные изделия – Вставить элемент (Бібліотеки – Стандартні вироби – Вставити елемент)*. Відкриється вікно *Библиотека Стандартные Изделия (Бібліотека Стандартні Вироби)*. Далі виберемо в лівій частині вікна вкладку *Конструктивные элементы*  (*Конструктивні елементи*) (рис. 3.100).

У теці *Проточки для выхода резьбы (Проточки для виходу різьби)* виберіть *Проточки для метрической резьбы (Проточки для метричної різьби)* і виконайте подвійне клацання мишею на команді *Проточки по ГОСТ 10549-80 для наружной метрической резьбы (Проточки по ГОСТ 10549-80 для зовнішньої метричної різьби)*.

За запитом *Выберите наружное круглое ребро (Виберіть зовнішнє кругле ребро)* вкажіть кромку у торця ділянки, у кінці якої треба побудувати канавку і натисніть кнопку *Создать объект*  (*Створити об'єкт*) на панелі спеціального управління. Геометричні параметри проточки визначаються залежно від параметрів різьби, зокрема її кроку (рис. 3.100).

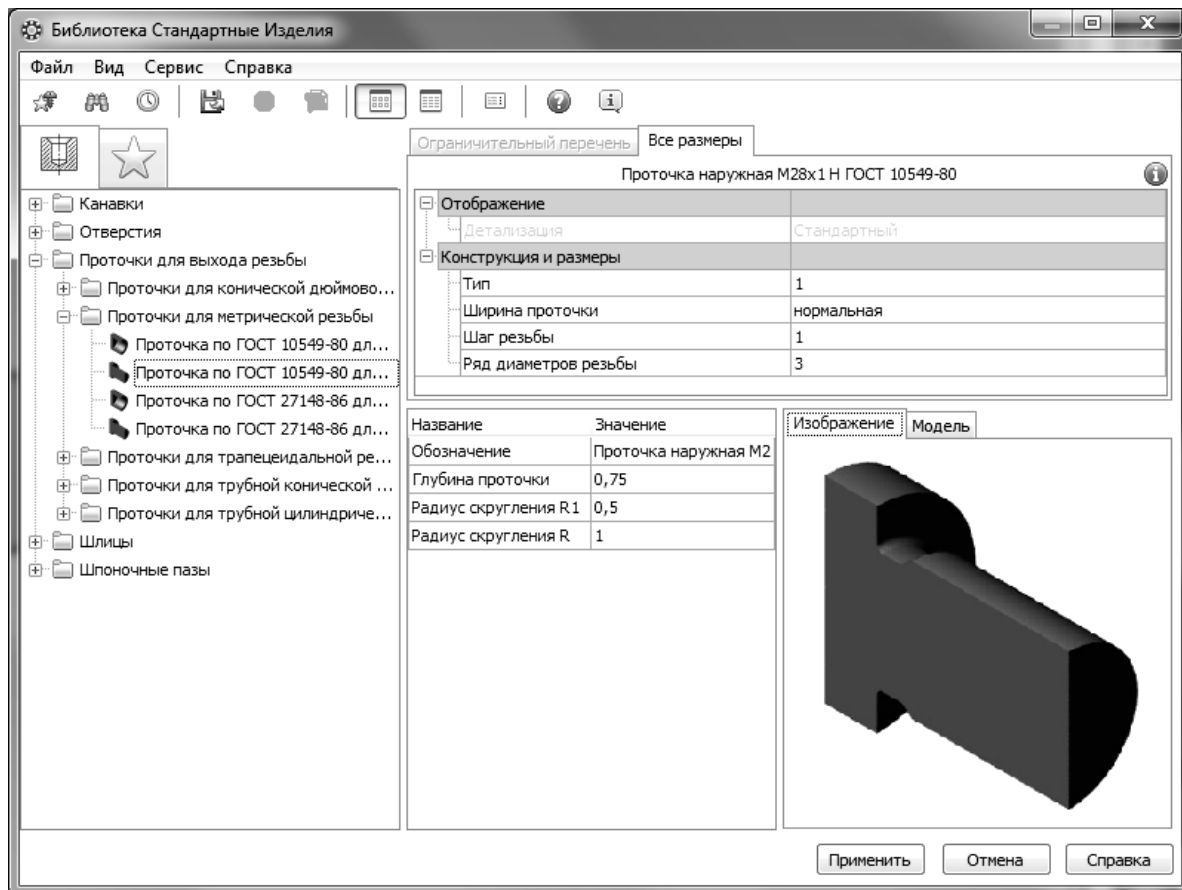




Рисунок 3.100

Натисніть кнопку *Применить (Застосувати)* – система виконає побудову канавки.

9 На завершення створення моделі наносимо фаски, де це необхідно (див. завдання 5).



### 3.7.2 Створення креслення для моделі



1 Створимо новий файл, вибравши команду *Новый чертеж из модели (Нове креслення з моделі)* в розділі *Операции (Операції)* головного меню. При цьому пакет перейде в режим створення двовимірних креслень і автоматично запуститься команда додавання довільного виду на креслення. Вкажемо курсором точку вставки виду.


2 Після вставки зображення моделі в креслення необхідно правильно розташувати деталь. Для цього можна скористатися командою *Проекционный вид*  (*Проекційний вид*) на інструментальній панелі *Виды*  (*Види*). Результат декількох послідовних використань цієї команди дає по-




трібне розташування валу, при якому шпонковий паз стане повернений до спостерігача (детальніше див. завдання 6).

3 Потім видаляються непотрібні види і виконуються перерізи, місцеві розрізи, виносні елементи. Створимо переріз *A-A*. Для цього на інструментальній панелі *Обозначения* (Позначення)  (Позначення), вибираємо команду *Линия сечения* (Лінія перерізу) ; при цьому вид має бути активним (детальніше див. завдання 6).

Створимо місцевий розріз для того, щоб показати центровий отвір. Для цього намалюємо замкнутий криволінійний контур і на інструментальній панелі *Ассоциативные виды* (Асоціативні види)  (Асоціативні види), виберемо команду *Местный разрез* (Місцевий розріз)  (Місцевий розріз) (детальніше див. завдання 6).

Для детальнішого відображення і нанесення розмірів елементів канавок створимо виносні елементи. Їх створення здійснюється за допомогою команди  на панелі *Позначення*. Слід вказати центральну точку обмежувального кола, її розмір, розміщення полиці-винесення, а також задати розташування зображення на кресленні.

4 Після отримання усіх зображень виконаємо побудову осьових ліній на кресленні за допомогою команди *Позначення центру* / або команди *Автоосьова* / на панелі *Обозначения* (Позначення) , розставимо необхідні розміри і заповнимо основний напис (рис. 3.101).



## ЛІТЕРАТУРА

1. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. – М. : Издательство стандартов, 1988 г. – 255 с.
2. Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии : учебное пособие для вузов / Гордон В. О. 24-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2002. – 272 с. : ил.
3. Красовський, С. С. Нарисна геометрія : навчальний посібник до самостійної роботи / С. С. Красовський, О. В. Жартовський, О. В. Кабацький. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 84 с.
4. Нарисна геометрія та інженерна графіка : навчальний посібник до виконання графічних робіт / С. С. Красовський, О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, В. В. Хорошайло, В.С. Урусова. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 100 с.
5. Чекмарев А. А. Справочник по машиностроительному черчению / Чекмарев А. А., Осипов В. К. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2002. – 493 с.
6. Антонович Є.А. Креслення : навч. посібник /Антонович Є. А., Василюшин Я. В., Шпільчак В. А.- Львів : Світ, 2006. – 512 с.
7. Жартовський О. В. Інженерна графіка : навчальний посібник до самостійної роботи для студентів усіх форм навчання / О. В. Жартовський, О. В. Кабацький, С.Л. Загребельний. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 200 с.
8. Кабацький А. В. Компьютерная графика. Проектирование в пакете «Компас» : учебное пособие для самостоятельной работы (для студентов всех форм обучения) / А. В. Кабацький, В. В. Хорошайло, А. В. Борисенко. – Краматорск : ДГМА 2010. – 72 с.
9. Компас 3D – V9. Руководство пользователя. – ЗАО Аскон, 2007.
10. Ганин Н. Б. Создаем чертежи на компьютере в КОМПАС-3D LT / Ганин Н. Б. – М. : ДМК-Пресс, 2005. – 184 с.
11. Суворов С. Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах : справочник / Суворов С. Г., Суворова Н. С. – М. : Машиностроение, 1984. – 352с., ил.
12. ДСТУ ISO 128-24:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних креслениках (ISO 128-24:1999, IDT).
13. ДСТУ ISO 128-34:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 34. Види на машинобудівних креслениках (ISO 128-34:2001, IDT).

14. 15 ДСТУ ISO 128-44:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних кресленнях (ISO 128-44:2001, IDT).

15. ДСТУ ISO 3040:2006 Кресленики технічні. Конуси. Розміри та допуски (ISO 3040:1990, IDT).

16. Буда А. Г. Інженерна графіка. Зварні з'єднання : навчальний посібник / Буда А. Г., Король О. В. – Вінниця : ВДТУ, 1998. – 84 с.

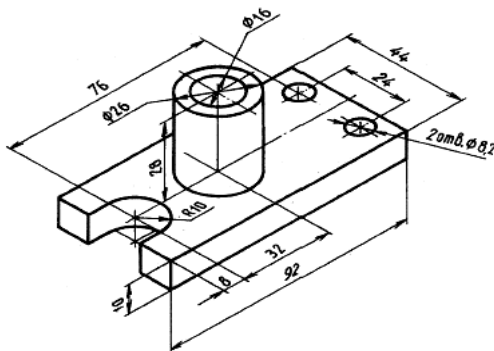
17. Буда А. Г. Проектування форм технічних деталей та аксонометричні проекції : навчальний посібник / Буда А. Г., Король О. В., Пашенко В. Н. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 92 с.

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

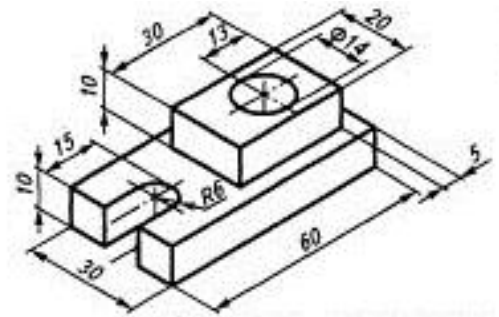
## Додаток А

### Варианты индивидуальных деталей для задания «Основа»

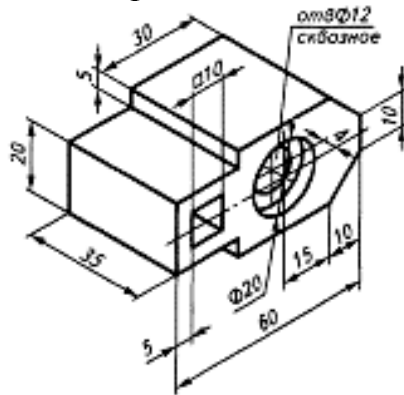
Таблица А.1



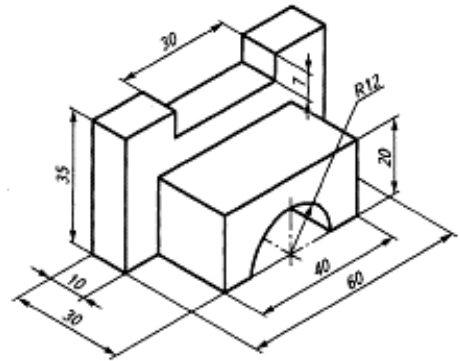
Вариант 1



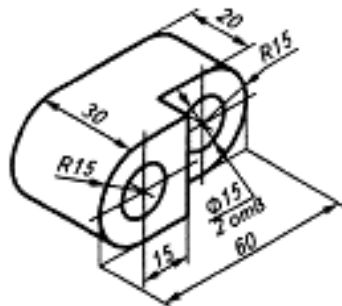
Вариант 2



Вариант 3

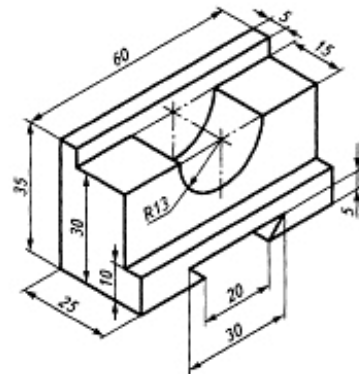


Вариант 4

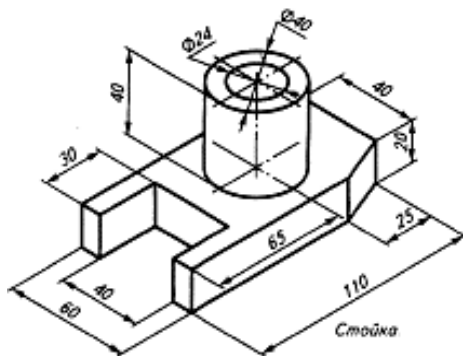


Отверстия Ø15 сквозные

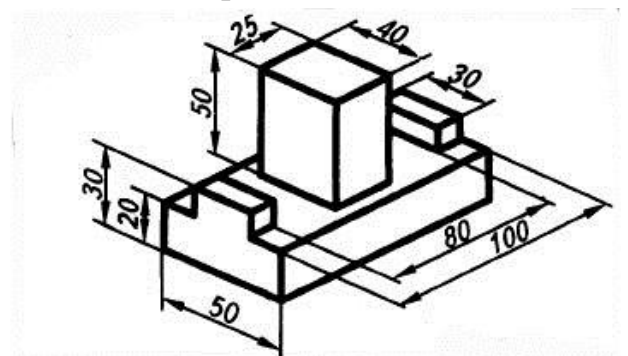
Вариант 5



Вариант 6

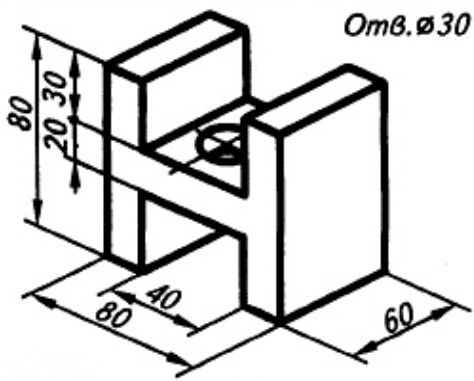


Вариант 7

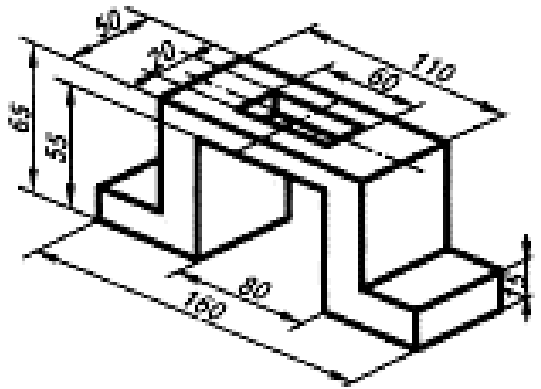


Вариант 8

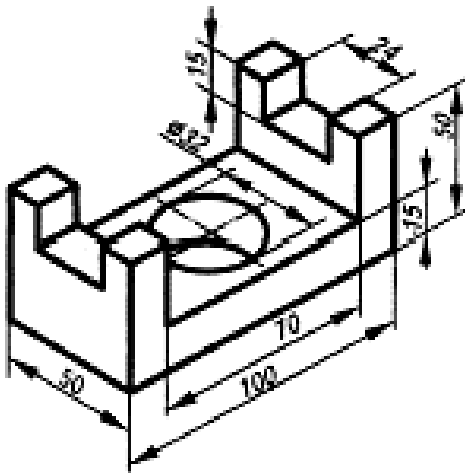
Продовження таблиці А.1



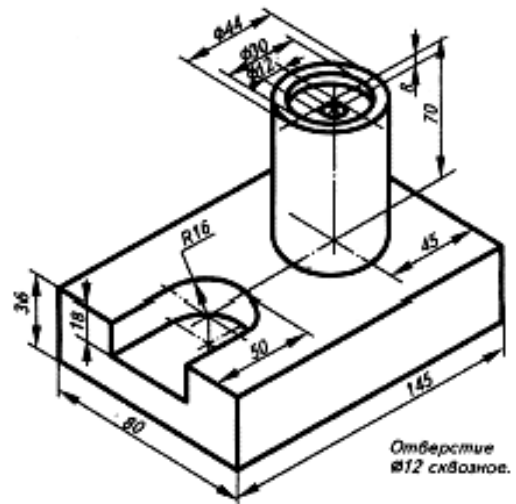
Варіант 9



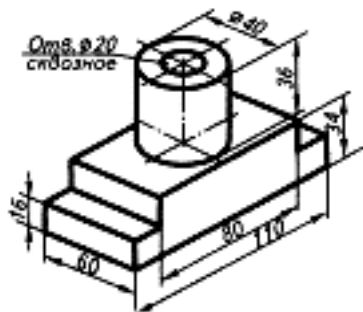
Варіант 10



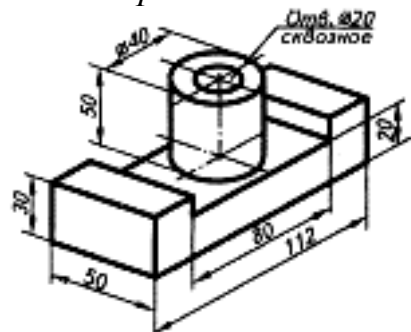
Варіант 11



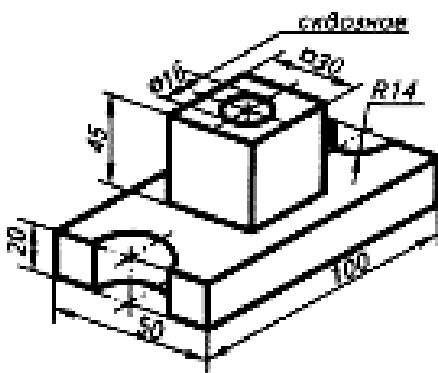
Варіант 12



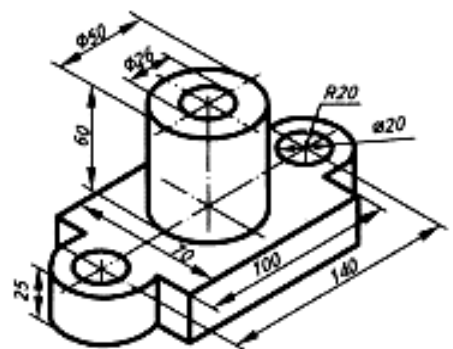
Варіант 13



Варіант 14



Варіант 15

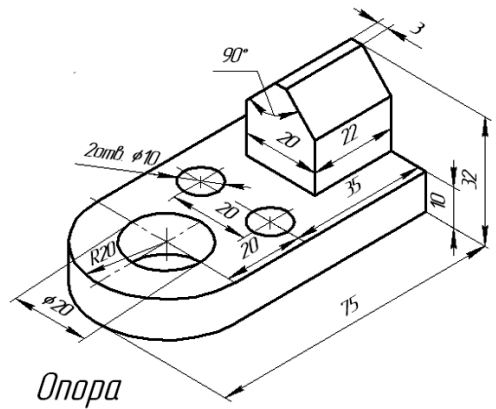


Варіант 16

Додаток Б

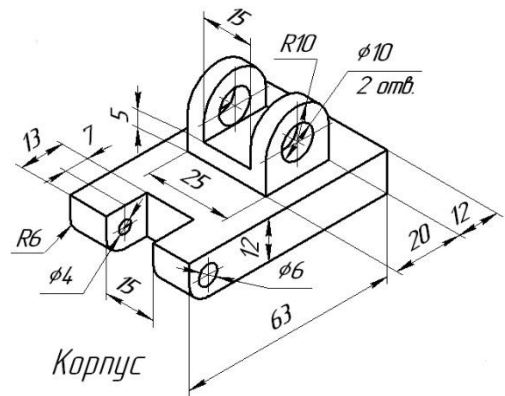
Варіанти індивідуальних деталей для завдання «Опора»

Таблиця Б.1



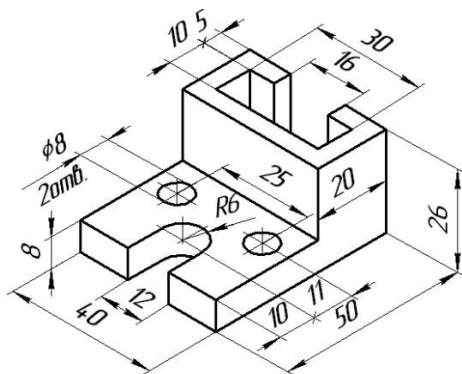
Опора

Варіант 1



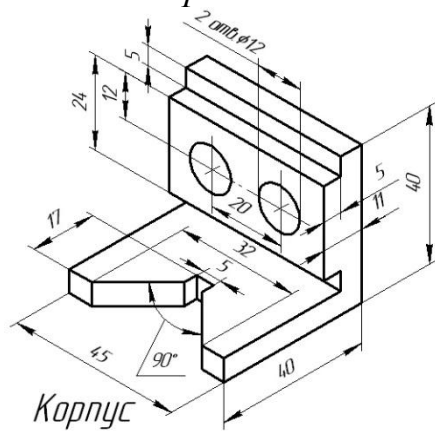
Корпус

Варіант 2



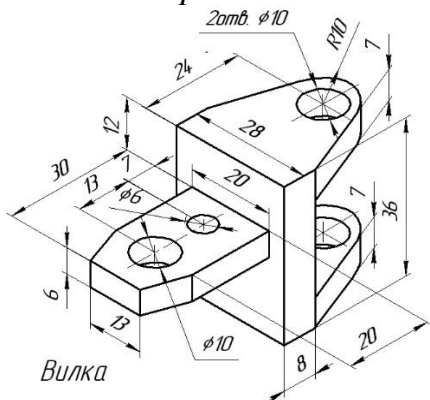
Кронштейн

Варіант 3



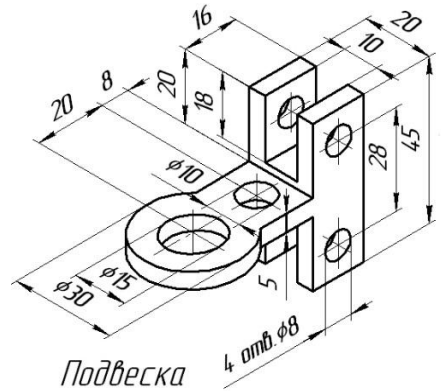
Корпус

Варіант 4



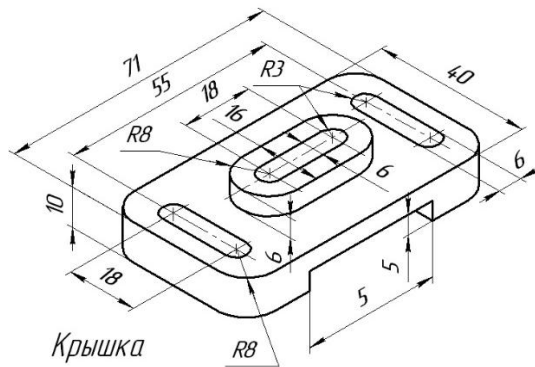
Вилка

Варіант 5



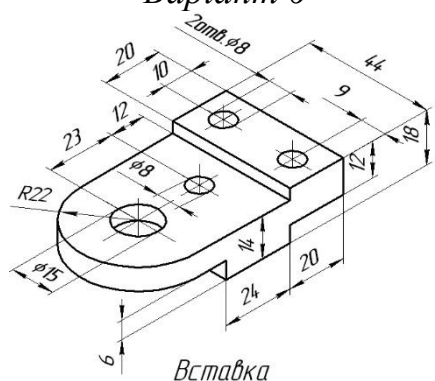
Подвеска

Варіант 6



Крышка

Варіант 7



Вставка

Варіант 8

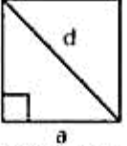
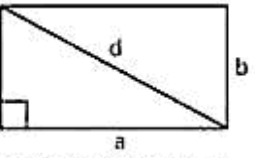
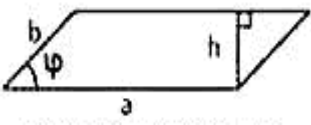
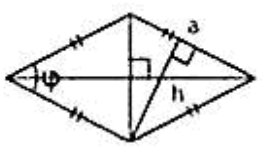
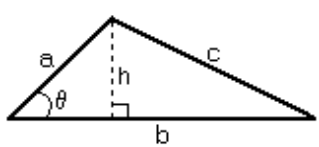






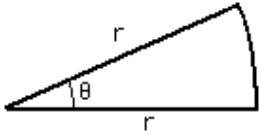
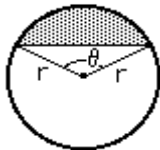
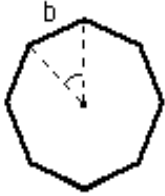
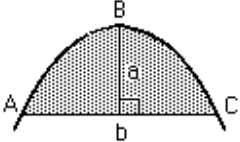
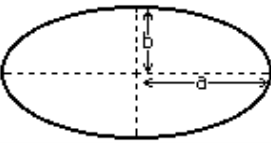
## Додаток В

### Площі та периметри простих геометричних фігур

Таблиця В.1

Фігура	Площа	Периметр
1	2	3
 (Квадрат)	$S = a^2$	$P = 4a$
 (Прямокутник)	$S = a \cdot b$	$P = 2 \cdot (a + b)$
 (Паралелограм)	$S = a \cdot h,$ де $h$ – висота  $S = a \cdot b \cdot \sin \varphi$	$P = 2 \cdot (a + b)$
 (Ромб)	$S = a \cdot h,$ де $h$ – висота  $S = a^2 \cdot \sin \varphi$  $S = \frac{1}{2} d_1 \cdot d_2,$ де $d_1$ та $d_2$ – діагоналі	$P = 4 \cdot a$
 (Трикутник)	$S = \frac{1}{2} \cdot h \cdot b,$ де $h$ – висота  $S = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin \theta$  $S = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)},$ де $p$ – полупериметр сторін, тобто $p = \frac{a + b + c}{2}$	$P = a + b + c$

Продовження таблиці В.1

1	2	3
 <p>(Трапеція)</p>	$S = \frac{1}{2} \cdot h \cdot (a + b)$	$P = a + b + c + d$ <p>або</p> $P = a + b + h \cdot \left( \frac{1}{\sin \theta} + \frac{1}{\sin \phi} \right)$
 <p>(Коло)</p>	$S = \pi \cdot r^2$	$P = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$
 <p>(Сектор кола)</p>	$S = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \theta}{360^\circ} = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \theta$	$P = r \cdot \theta$
 <p>(Сегмент кола)</p>	$S = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (\theta - \sin \theta)$	
 <p>(n-кутник)</p>	$S = \frac{1}{4} \cdot n \cdot b^2 \cdot \operatorname{ctg} \left( \frac{\pi}{n} \right)$	$P = n \cdot b$
 <p>(параболічний сегмент)</p>	$S = \frac{2}{3} \cdot a \cdot b$	<p>Довжина дуги ABC</p> $l_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b^2 + 16a^2} + \frac{b^2}{8 \cdot a} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot a + \sqrt{b^2 + 16a^2}}{b} \right)$
 <p>(Еліпс)</p>	$S = \pi \cdot a \cdot b$	$P = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (a^2 + b^2)}$

## Додаток Г

### Таблиця густини речовини

Густина – це фізична величина, яка дорівнює відношенню маси тіла до його об'єму:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Густини деяких твердих тіл  
(при норм. атм. тиску.,  $t = 20^{\circ}\text{C}$ )

Таблиця Г.1

Речовина (матеріал)	Густина, кг/м <sup>3</sup>
1	2
Абс-пластик	1030...1060
Акрил	1100...1200
Альфоль	20...40
Алюмель	8480
Алюміній	2700
Амінопласт	1450...1500
Ацеталь	1400
Базальт	2600...3000
Бовти сталеві	1430...1670
Бронза	7500...9300
Ванадій	6500...7100
Вініпласт	1350...1400
Вольфрам	19250
Дюралюміній	2600...2900
Залізо	7870
Золото	19320
Кобальт	8900
Кість слонова	1830...1920
Кремній	2000...2330
Латунь	8100...8850
Літій	530
Магній	1740

*Продовження таблиці Г.1*

1	2
Марганець	7400
Мідь	8940
Молібден	10300
Натрій	9970
Нікель	8900
Ніхром	8400
Олово	7300
Перліт	200
Платина	21450
Свинець	11370
Срібло	10500
Ситал	2500
Сталь нержавіюча	7900...8200
Сталь стержнева арматурна	7850
Титан	4500
Фторопласт	1650...1800
Хром	7140
Хромель	8700
Цинк	7130
Чавун антифрикційний	7400...7600
Чавун білий	7600...7800
Чавун ковкий	7200...7400
Ебоніт	1140...1210

## Додаток Д

### Приклад обчислення об'єму та маси деталі

Для обчислення задано наступну деталь (рис. Д.1). Нижче на кресленні (рис. Д.2) вказані розміри цієї деталі.

Для того, щоб розрахувати об'єм та вагу даної деталі розкладемо її на дві складові: ліву частину (рис. Д.3, а) та праву (рис. Д.4, б).

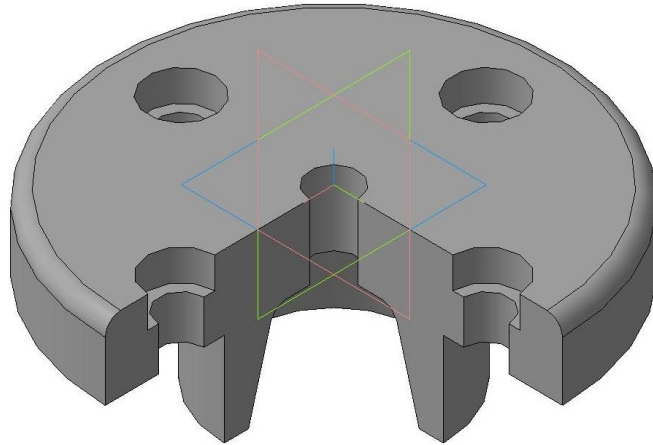


Рисунок Д.1 – Зовнішній вигляд деталі

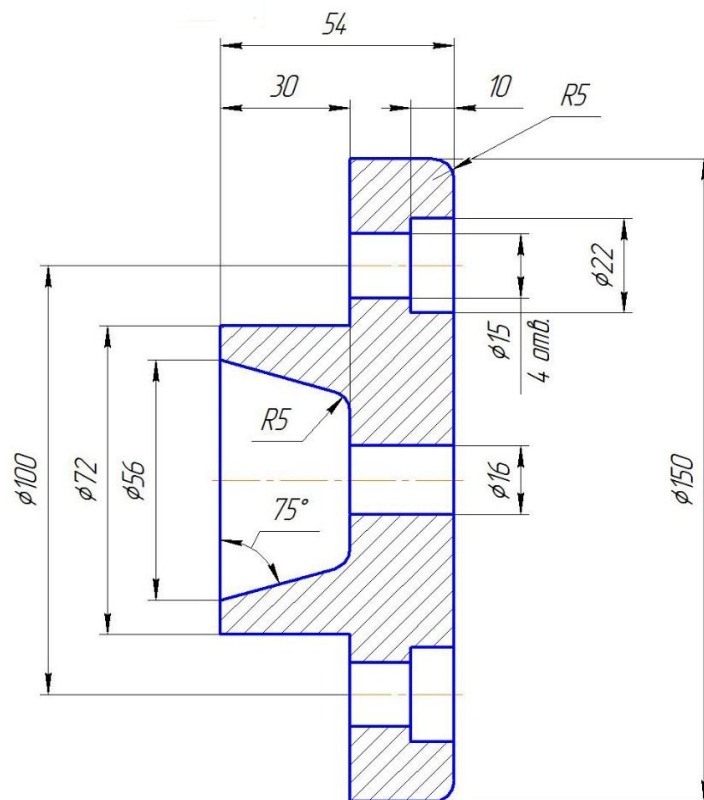
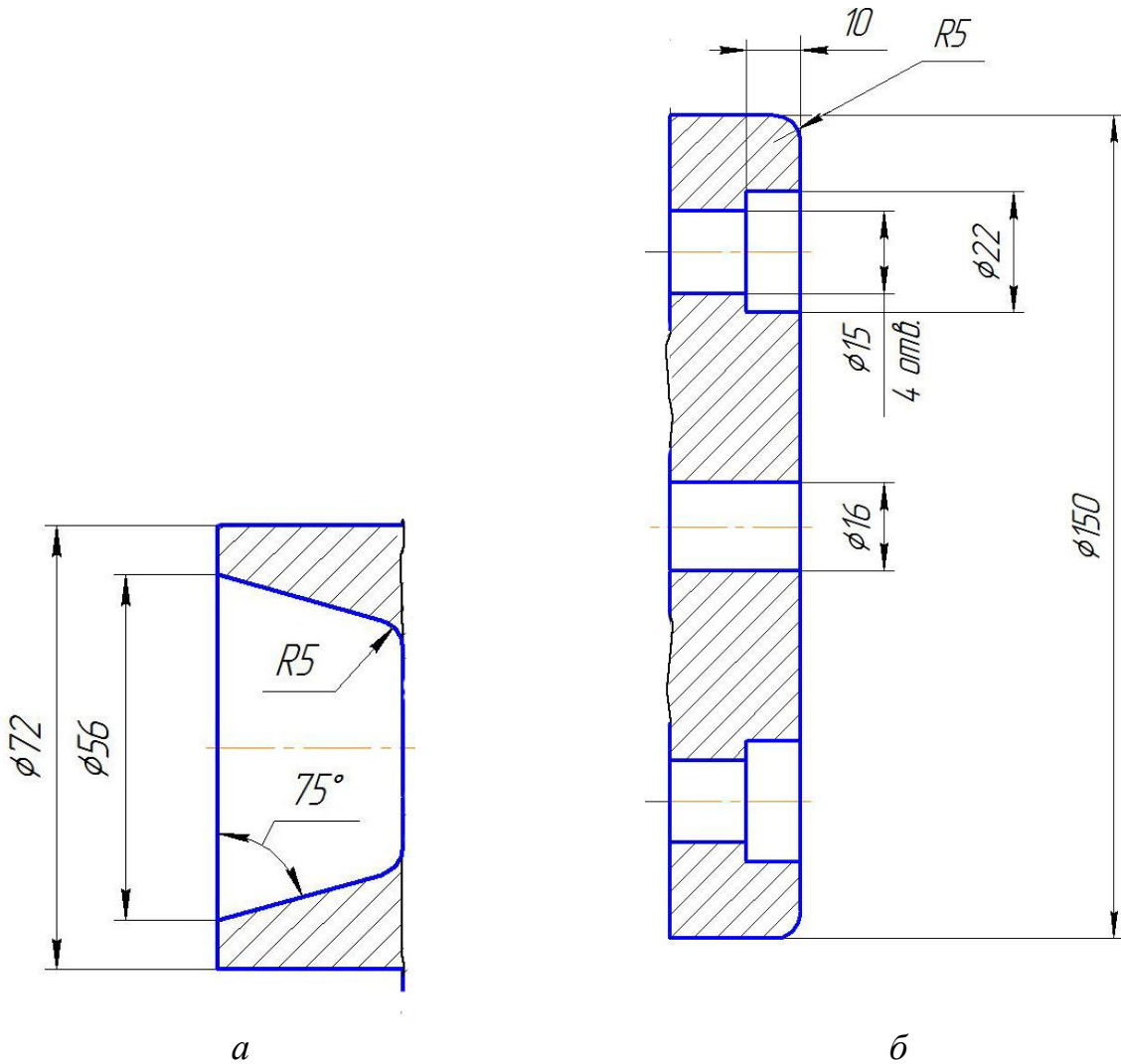


Рисунок Д.2 – Розміри деталі



а б  
 Рисунок Д.3 – Умовне розкладення кришки для розрахунку:  
 а – ліва частина кришки; б – права частина кришки.

Для знаходження об'єму фігури циліндричної форми використаємо формулу (див. додаток з формулами).

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$$

Нижче наведені розрахунки знаходження об'єму правої частини кришки за допомогою програми *Microsoft Excel* (рис. Д.4, Д.5).

	A	B	C
1	<b>1. Знайдемо об'єм правої частини деталей без отворів</b>		
2	Довжина правої частини	24	мм
3	діаметр	150	мм
4	Об'єм правої частини	424115,01	мм <sup>3</sup>
5			
6	<b>1.2. Знайдемо об'єм отвору по центру у правій частині деталі</b>		
7	Довжина	24	мм
8	діаметр	16	мм
9	Об'єм отвору по центру	4825,486316	мм <sup>3</sup>
10			
11	<b>1.3. Знайдемо об'єми отворів під болти у кількості 4</b>		
12	Довжина правої частини одного отвору під болт	10	мм
13	діаметр правої частини одного отвору під болт	22	мм
14	Об'єм правої частини одного отвору під болт	3801,327111	
15	Довжина лівої частини одного отвору під болт	14	мм
16	діаметр лівої частини одного отвору під болт	15	мм
17	Об'єм лівої частини одного отвору під болт	2474,004215	мм <sup>3</sup>
18	Об'єм під 1 болт	6275,331326	мм <sup>3</sup>
19	Об'єм під чотирі болти	25101,3253	мм <sup>3</sup>
20			
21	<b>1.4. Загальний об'єм правої частини деталі</b>		
22	Об'єм правої частини деталі за мінусом отворів	394188,20	мм <sup>3</sup>

Рисунок Д.4 – Розрахунок правої частини кришки

	A	B	
1	<b>1. Знайдемо об'єм правої частини деталей без отворів</b>		
2	Довжина правої частини	24	мм
3	діаметр	150	мм
4	Об'єм правої частини	$=(\text{ПИ}()*(\text{B3}^2)*\text{B2})/4$	мм <sup>3</sup>
5			
6	<b>1.2. Знайдемо об'єм отвору по центру у правій частині деталі</b>		
7	Довжина	24	мм
8	діаметр	16	мм
9	Об'єм отвору по центру	$=(\text{ПИ}()*\text{B7}*\text{B8}^2)/4$	мм <sup>3</sup>
10			
11	<b>1.3. Знайдемо об'єми отворів під болти у кількості 4</b>		
12	Довжина правої частини одного отвору під болт	10	мм
13	діаметр правої частини одного отвору під болт	22	мм
14	Об'єм правої частини одного отвору під болт	$=(\text{ПИ}()*\text{B12}*\text{B13}^2)/4$	
15	Довжина лівої частини одного отвору під болт	14	мм
16	діаметр лівої частини одного отвору під болт	15	мм
17	Об'єм лівої частини одного отвору під болт	$=(\text{ПИ}()*\text{B15}*\text{B16}^2)/4$	мм <sup>3</sup>
18	Об'єм під 1 болт	$=\text{B14}+\text{B17}$	мм <sup>3</sup>
19	Об'єм під чотири болти	$=\text{B18}*4$	мм <sup>3</sup>
20			
21	<b>1.4. Загальний об'єм правої частини деталі</b>		
22	Об'єм правої частини деталі за мінусом отворів	$=\text{B4}-\text{B9}-\text{B19}$	мм <sup>3</sup>

Рисунок Д.5 – Формули з розрахунками правої частини кришки

Отже об'єм правої частини складає 394188,20 мм<sup>3</sup>  
 Далі розглянемо ліву частину кришки (рис Д.6).

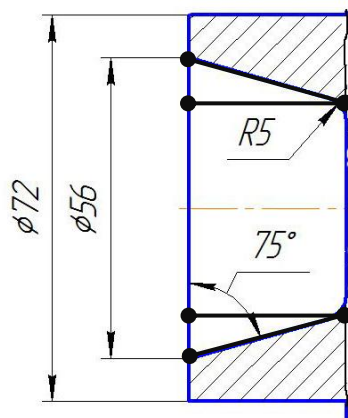


Рисунок Д.6



Знайдемо з трикутника ABC відрізок BC:

$$\operatorname{tg} \angle C = \frac{AB}{BC}$$

$$BC = \frac{AB}{\operatorname{tg} \angle C} = \frac{30}{3,7321} = 8,038 \text{ (мм)}$$

Знайдемо відрізок AM:  $AM = KC - 2 \cdot BC = 56 - 2 \cdot 8,038 = 39,924 \text{ (мм)}$

Нижче наведені розрахунки знаходження об'єму лівої частини кришки за допомогою програми *Microsoft Excel* (рис. Д.7, Д.8).

	A	B	C
23			
24	<b>2. Знайдемо об'єм лівої частини деталі</b>		
25	Висота		30 мм
26	діаметр		72 мм
27	Об'єм лівої частини	122145,1224	мм <sup>3</sup>
28			
29	<b>2.1. Знайдемо об'єм вирізу у лівій частині деталі</b>		
30	Діаметр лівої частини усіченого конусу (виріза)		56 мм
31	знайдемо діаметр правої частини усіченого конусу	39,92304845	мм
32	Об'єм правої частини (вирізу)	54707,22725	мм <sup>3</sup>
33			
34	<b>2.2. Знайдемо об'єм лівої частини деталі</b>		
35	об'єм лівої частини кришки	67437,89513	мм <sup>3</sup>
36			
37	<b>3. Загальний об'єм деталі</b>		
38	Загальний об'єм	461626,09	мм <sup>3</sup>
39			

Рисунок Д.7 – Розрахунок лівої частини кришки

	A	B	C
23			
24	<b>2. Знайдемо об'єм лівої частини деталі</b>		
25	Висота	30	мм
26	діаметр	72	мм
27	Об'єм лівої частини	=ПИ()*B26^2)/4*B25	мм <sup>3</sup>
28			
29	<b>2.1. Знайдемо об'єм вирізу у лівій частині деталі</b>		
30	Діаметр лівої частини усіченого конусу (виріза)	56	мм
31	знайдемо діаметр правої частини усіченого конусу	=B30-2*B25/TAN(75*ПИ()/180)	мм
32	Об'єм правої частини (вирізу)	=1/3*ПИ()*B25*((B30/2)^2+(B30/2)*(B31/2)+(B31/2)^2)	мм <sup>3</sup>
33			
34	<b>2.2. Знайдемо об'єм лівої частини кришки</b>		
35	об'єм лівої частини кришки	=B27-B32	мм <sup>3</sup>
36			
37	<b>3. Загальний об'єм деталі</b>		
38	Загальний об'єм	=B22+B35	мм <sup>3</sup>
39			
40			

Рисунок Д.8 – Формули з розрахунками лівої частини кришки

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \cdot 0,00046162609 = 3,624 \text{ (кг)}$$

Таким чином знайдений загальний об'єм кришки складає  $461626,09 \text{ мм}^3 = 461,62609 \text{ см}^3 = 0,00046162609 \text{ м}^3$ .

Знайдемо масу кришки, якщо вона виготовлена зі сталі (густина сталі беремо з додатку К = 7850 кг/м<sup>3</sup>).

Нижче також наведено параметри, отримані за моделлю, яку створено у графічному пакеті КОМПАС – 3D. Їх отримання можливе після створення моделі при виборі пункту меню Сервіс – МЦХ моделі

Кришка верхня  
Задані параметри  
Матеріал тіл

Сталь 10 ГОСТ 1050-88

Плотність матеріалу тіл  $R_o = 0.007820 \text{ г/мм}^3$   
Розрахункові параметри (тіла и компоненти)  
Маса  $M = 3598.482698 \text{ г}$   
Площа  $S = 60476.106472 \text{ мм}^2$   
Об'єм  $V = 460164.027838 \text{ мм}^3$   
Центр мас  $X_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Y_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Z_c = -15.985668 \text{ мм}$

*Навчальне видання*

**ЖАРТОВСЬКИЙ Олександр Володимирович,  
КАБАЦЬКИЙ Олексій Володимирович,  
ЗАГРЕБЕЛЬНИЙ Сергій Леонідович**

# **НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА Й КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**Навчальний посібник  
до самостійної роботи  
студентів усіх форм навчання**

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання      Я. О. Бершацька

33/2019. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 17,44.  
Обл.-вид. арк. 13,64. Тираж 100 пр. Зам. № 21

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