

# **Інженерна та комп'ютерна графіка**

**Факультет біотехнології та біотехніки  
напряму 6.051401 Біотехнологія  
спеціальності**

7.05140101 Промислова біотехнологія

7.05140105 Екологічна біотехнологія та біоенергетика

7.05140102 Молекулярна біотехнологія

## **Методичні вказівки до вивчення кредитного модуля для самостійної роботи студентів**

### **1. Мета та завдання кредитного модуля**

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатності моделювання геометричними та комп'ютерними методами виробів в біологічній галузі, побудови та оформлення їх технічних креслеників у відповідності до існуючих стандартів; використання у своїй професійній діяльності інформаційно-проектувальних систем

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- основних засад геометричного моделювання об'єктів;
- проєкційних методів побудови та дослідження просторових об'єктів за їх плоскими зображеннями на креслениках;
- вимог існуючих державних, міждержавних та світових стандартів, які діють на території України та використовуються при побудові технічної документації в біологічній галузі промисловості;
- можливостей сучасних графічних редакторів для моделювання об'єктів, виконання та редагування їх зображень і креслень, а також підготовки конструкторсько-технологічної документації;
- з фундаментальної графічно-інформаційної підготовки з орієнтуванням на фаховий профіль факультету біотехніки та біотехнології.

#### **вміння:**

- виконувати і читати проєкційні зображення будь-яких геометричних та технічних об'єктів;
- використовувати кресленик як плоску геометричну модель об'єкта, на якій можна досліджувати ті ж геометричні параметри, що й на реальному виробі;
- оформляти конструкторські документи відповідно до вимог діючих стандартів;
- виконувати конструкторсько-технологічні документи за допомогою систем автоматизованого проектування;
- застосовувати знання з комп'ютерної графіки, сучасних інформаційних технологій та Інтернет;
- використовувати кресленики на різних стадіях проектування.

#### **досвід:**

- виконання ескізу від руки та кресленика за допомогою креслярських інструментів;
- роботи з інформаційно-проектними засобами;
- управління інформацією;
- володіння відповідною термінологією і користування довідковою літературою;

## 2. Структура кредитного модуля

Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
Кредитів	Годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)	СРС	
4	144	36	28	-	80	залік

## 3. Організація навчального процесу

Особливістю навчального процесу у весняному семестрі є його організація за дистанційною формою навчання у перші вісім тижнів.

### Календарно-тематичний план засвоєння навчальної дисципліни

Тиждень	Зміст навчальної роботи
1	Лекція 1. Введення в інженерну графіку. Основні стандарти.
1	Практичне заняття 1. Виконання кресленика «Спряження».
2	Лекція 2. Основні методи проєкціювання. Проєкціювання точки.
2	Практичне заняття 2. Проєкціювання точки.
3	Лекція 3. Задання прямої на епюрі. Метод заміни площини проєкцій.
3	Практичне заняття 3. Проєкціювання прямої.
4	Лекція 4. Проєкціювання площини. Метод заміни площини проєкцій. Основні задачі методу заміни площини проєкцій на прикладі відрізка прямої загального положення. Взаємне положення двох прямих.
4	Практичне заняття 4. Проєкціювання площини.
5	Лекція 5. Проєкційний кресленик. Основні зображення. Види, розрізи, перерізи. Класифікація розрізів. Розрізи прості.
5	Практичне заняття 5. Виконання кресленика «Види».
6	Лекція 6. Поверхні. Способи задання поверхонь, їх визначення, класифікація. Лінійчаті поверхні, які розгортаються і не розгортаються. Поверхні обертання
6	Практичне заняття 6. Побудова точок і ліній на поверхні, умови їх належності поверхні.
7	Лекція 7. Перетин поверхонь площиною. Загальна методика перетину поверхонь площиною. Визначення натуральної величини фігури перетину.
7	Практичне заняття 7. Побудова лінії (фігури) перетину поверхонь другого порядку площинами особливого положення. Виконання кресленика «Розрізи прості».
8	Лекція 8. Складні розрізи: східчасті, ламані та комбіновані. Особливості їх виконання. Основні положення стандарту ГОСТ 2.305-68: Нанесення розмірів.
8	Практичне заняття 8. Виконання кресленика «Розрізи складні».

## Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>. Система стандартів ЄСКД - основні положення. Формати. Масштаби. Лінії. Шрифти. Геометричне креслення. Спряження геометричних елементів. Основні вимоги до нанесення розмірів на кресленику.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b>            знати що таке:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формати</li> <li>– масштаби</li> <li>– лінії кресленика</li> <li>– шрифти</li> <li>– нанесення розмірів на креслення.</li> </ul> <p><b><u>Література:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лекція 1 (додаток2)</li> <li>– «Оформлення конструкторської документації» В.В.Ванін, А.В. Блюк, Г.О. Гнітецька Вид. «Каравела»</li> </ul>
2	<p>Методи проєкціювання. Центральне і паралельне проєкціювання. Проєкціювання точки. Комплексне креслення точки. Способи побудови третьої проєкції точки. Положення точок відносно площин проєкцій. Пряма і обернена задачі.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b>            Знати що таке:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– центральне і паралельне проєкціювання;</li> <li>– комплексне креслення точки;</li> <li>– способи побудови третьої проєкції точки;</li> <li>– положення точок відносно площини проєкцій.</li> </ul> <p><b><u>Література:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лекція 2 (додаток2)</li> <li>– «Креслення» Хаскін А.М.</li> </ul>
3	<p>Задання прямої на епюрі. Прямі особливого положення : рівня і проєкціюючі. Пряма загального положення. Належність точки до прямої. Поділ відрізка прямої у заданому відношенні . Метод заміни площини проєкцій. Основні задачі методу заміни площини проєкцій на прикладі відрізка прямої загального положення. Взаємне положення двох прямих.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити положення прямої в просторі.</li> <li>2. Визначити натуральну величину <math>\sphericalangle</math> Н.В. <math>\sphericalangle</math> відрізка прямої і кути нахилу прямої до площин проєкцій: а <math>\sphericalangle</math> до <math>P_1</math> і b <math>\sphericalangle</math> до <math>P_2</math>.</li> <li>3. Побудувати точку на прямій за заданою умовою.</li> <li>4. Визначити взаємне розташування двох прямих.</li> </ol> <p><b><u>Література:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лекція 3 (додаток2)</li> <li>«Креслення» Хаскін А.М.</li> </ul>
4	<p>Проєкціювання площини. Площини загального положення, площини рівня, площини проєкціюючі. Належність точки та прямої до площини.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Як можуть бути розташовані площини в просторі.</li> <li>2. Правіло належності прямої до площини.</li> <li>3. Вміти робити заміну площини проєкціюючої та загального положення.</li> </ol>

	<p><b><u>Література:</u></b> – лекція 4 (додаток2) «Креслення» Хаскін А.М.</p>
5	<p>Проекційне креслення. Основні зображення. Види, розрізи, перерізи. Класифікація розрізів. Розрізи прості.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які існують вигляди?</li> <li>2. Чим відрізняється основний вигляд від додаткового? від місцевого?</li> <li>3. Що показують на розрізі? на перерізі?</li> <li>4. Чим відрізняється розріз від перерізу?</li> </ol> <p><b><u>Література:</u></b> – лекція 5 (додаток2) «Креслення» Хаскін А.М.</p>
6	<p>Поверхні. Способи задання поверхонь, їх визначення, класифікація. Лінійчаті поверхні, які розгортаються і не розгортаються. Поверхні обертання.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які ви знаєте поверхні обертання</li> <li>2. Побудова точок на конусі, сфері, циліндрі.</li> </ol> <p><b><u>Література:</u></b> – лекція 6 (додаток2) «Креслення» Хаскін А.М.</p>
7	<p>Перетин поверхонь площиною. Загальна методика перетину поверхонь площиною. Визначення натуральної величини фігури перетину.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перетин конуса площиною</li> <li>2. Перетин сфери площиною</li> <li>3. Перетин граних тіл площиною.</li> </ol> <p><b><u>Література:</u></b> – лекція 7 (додаток2) «Креслення» Хаскін А.М.</p>
8	<p>Складні розрізи: східчасті, ламані та комбіновані. Особливості їх виконання. Основні положення стандарту ГОСТ 2.305-68: Нанесення розмірів.</p> <p><b><u>Питання для самоперевірки.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які розміри треба проставити на кресленні циліндра діаметром 20мм та висотою 30 мм, якщо масштаб креслення 1:1? 2:1? 1:2?</li> <li>2. На якій відстані від контуру проводиться перша розмірна півня?</li> <li>3. Чому дорівнює відстань між розмірними лініями?</li> <li>4. Скільки розмірів необхідно проставити на кресленні зрізаного конуса?</li> </ol> <p><b><u>Література:</u></b> – лекція 8 (додаток2) «Креслення» Хаскін А.М.</p>

## Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Геометричне креслення. Спряження. Виконати кресленик «Контур». – варіанти завдань дивись методичні вказівки Коваль Г.М. стор. 23 – додаткова література «Креслення» А.М. Хаскин стор.
2	Методи проєкціювання. Центральне і паралельне проєкціювання. Проєкціювання точки. Комплексне креслення точки. Способи побудови третьої проєкції точки. Положення точок відносно площини проєкцій. – розібрати тему лекції (див. додаток 2 ) – виконати домашні завдання 1 – 5 в зошиті »Навчальні завдання з нарисної геометрії) (див. стор. 10-11 ) – підготуватись до контрольної роботи (див. приклад додаток 2 )
3	Проєкціювання прямої. – розібрати тему лекції (див. додаток 2 ) – виконати домашні завдання 6-7 в зошиті »Навчальні завдання з нарисної геометрії) (див. стор. 11-12 ) – підготуватись до контрольної роботи (див. приклад додаток 2 )
4	Проєкціювання площини – розібрати тему лекції (див. додаток 2 ) – виконати домашні завдання 8-14 в зошиті »Навчальні завдання з нарисної геометрії) (див. стор 17-18 ) – підготуватись до контрольної роботи (див. приклад додаток 2 )
5	Проєкційне креслення .Види. – розібрати тему лекції – виконати домашнє завдання «Види»(див. метод. Коваль стор.28-31).
6	Тіла обертання. – розібрати тему лекції (див. додаток 2 ) – виконати домашні завдання 15-18 в зошиті »Навчальні завдання з нарисної геометрії) (див. стор. 22-24 ) – підготуватись до контрольної роботи (див. приклад додаток 2 )
7	Переріз тіл площиною. – розібрати тему лекції (див. додаток 2 ) – виконати домашні завдання 23-25 в зошиті »Навчальні завдання з нарисної геометрії) (див. стор. 36 ) – підготуватись до контрольної роботи (див. приклад додаток 2 )
8	Проєкційне креслення. Розрізи складні. – розібрати тему лекції виконати домашнє завдання «Види»(див. метод. Коваль стор.28-31).

## Контакти із викладачем

- Кампус
- Email : [nat.kolomiichuk2015@yandex.ru](mailto:nat.kolomiichuk2015@yandex.ru)

**ПОЛОЖЕННЯ**  
**про рейтингову систему оцінки успішності студентів**  
– Силка –КПІ –фізмат ф-т – кафедра нарисної геометрії та графіки

**Лекції з інженерної графіки**

**Лекція 1**

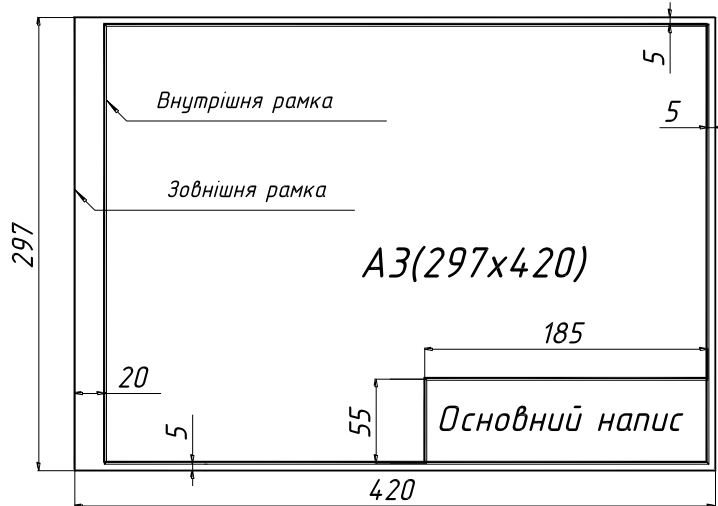
**Формат**

Формат аркуша паперу визначається розмірами зовнішньої рамки. Формати встановлює ГОСТ 2.301-68 (ДСТУ 3321:2003 ). Існують основні формати (табл.1.1) та додаткові, які утворюються збільшенням короткої сторони основних форматів в кілька разів, наприклад: A0×2, A4×8.

Таблиця 1.1

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розміри формату, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

На форматі виконують зовнішню та внутрішню рамки, в правому нижньому



кутку розташовують основний напис (рис.1.1).

Рис.1.1

На форматі А4 основний напис розташовують тільки вздовж короткої сторони формату. Основний напис виконується за ДСТУ ГОСТ 2.104:2006

Масштаби зображень встановлює ГОСТ 2.302-68 (ДСТУ 3321:2003 ) (табл.1.2)

Таблиця 1.2

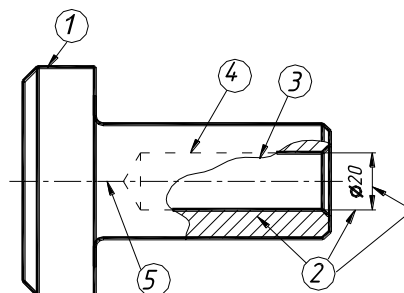
Масштаби зменшення	Натуральна величина	Масштаби збільшення
1:2 1:2,5 1:4 1:5 1:10 1:15 1:20 1:25 1:40	1:1	2:1 2,5:1 4:1 5:1
1:50 1:75 1:100 1:200 1:400 1:500 1:800		10:1 20:1 40:1 50:1
1:1000		100:1

В основному написі масштаб позначається так само, наприклад: 1:1, 5:1 тощо, в інших випадках – А(5:1), Б-Б(2:1)...




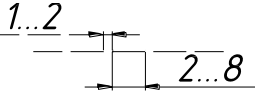

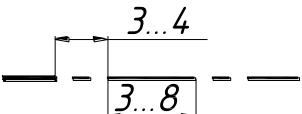


## Лінії

ГОСТ 2.303-68 встановлює 9 типів ліній, кожен з яких має своє зображення, товщину та призначення (табл.1.3).

Призначення найбільш поширених типів ліній показано на рис.1.3 (нумерація ліній).



Таблиця 1.3

Назва	Товщина	Зображення
1. Суцільна товста	$S=(0,5...1,4)\text{мм}$	
2. Суцільна тонка	$S/3...S/2$	
3. Суцільна хвиляста	$S/3...S/2$	
4. Штрихова	$S/3...S/2$	
5. Штрих-пунктирна тонка	$S/3...S/2$	
6. Штрих-пунктирна потовщена	$S/2...2S/3$	
7. Розімкнена	$S...1,5S$	
8. Суцільна тонка зі зламами	$S/3...S/2$	
9. Штрих-пунктирна з двома точками тонка	$S/3...S/2$	

### Шрифти креслярські

ГОСТ 2.304-81 встановлює 4 типи шрифтів:

- \* тип А без нахилу,
- \* тип А з нахилом ( $\approx 75^\circ$ ),
- \* тип Б без нахилу,
- \* тип Б з нахилом ( $\approx 75^\circ$ ).

Встановлено такі номери шрифтів: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

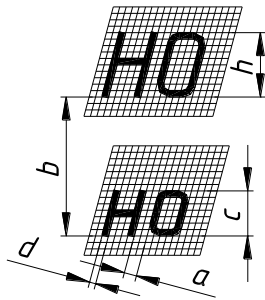
Номер шрифту ( $h$ ) визначає висоту великою букви ( $h$  мм). Товщина лінії шрифту залежить від його типу і становить  $d = h/10$  для шрифту типу Б (рис.1.4).

Для шрифту цього типу висота малих букв становить  $s = 7d$ ,



ширина букв та цифр наведена в табл.1.4.

Додаток 1 містить зображення букв, цифр та деяких знаків, виконаних рекомендованим для застосування в улюбленому процесі шрифтом типу Б з нахилом.



Відстань між буквами (а)  $(2/10)h = 2d$   
 Мінімальна відстань між словами  $(6/10)h = 6d$   
 Мінімальний крок рядків (b)  $(17/10)h = 17d$

Рис.1.4

Таблиця 1.4

Букви та цифри	Групи букв та цифр	Ширина
Великі букви	Ж,Ф,Ш,Щ	8d
	А,Д,М,Х,Ю	7d
	Е,Є,З,С	5d
	Ї	3d
	І	d
	решта	6d
Малі букви	ж,т,ф,ш,щ	7d
	м,ю	6d
	е,є,з,с	4d
	ї	3d
	і	d
	решта	5d
Цифри	1	3d
	решта	5d

Рис.1.6

Спряження – 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. Для побудови спряжень використовуються геометричні місця точок (гмт) – сукупність точок, що задовольняють певним умовам. Найбільш поширеними гмт є такі:

- гмт, віддалених від прямої на задану відстань – дві прямі, паралельні заданій та віддалені від неї на задану відстань;
- гмт, віддалених від кола радіуса  $R$  на задану відстань  $d$  – два (одне) концентричні з заданим колом, радіуси яких дорівнюють  $R \pm d$ .

1. Побудувати відповідні гмт;
2. Знайти їх перетин – центр кола спряження;
3. Для визначення кінцевих точок дуги спряження побудувати або лінії центрів, що сполучають центри відповідних кіл, або перпендикуляри, якщо виконується спряження прямих.

Рис.2.1 містить приклади побудови спряжень двох кіл, радіуси яких дорівнюють  $R_1$  та  $R_2$ , за допомогою дуги радіуса  $R$ :

- а – зовнішнє спряження (центри заданих кіл  $O_1$  та  $O_2$  розташовані з різних боків від дотичної в точці спряження  $S$  з центром кола спряження  $O$ ),
- б – внутрішнє (центри заданих кіл  $O_1$  та  $O_2$  розташовані з одного боку від дотичної в точці спряження  $S$  з центром кола спряження  $O$ );
- в – змішане, де прямі  $OO_1$  та  $OO_2$  (лінії центрів) визначають положення кінцевих точок дуги спряження – точок  $S$ .

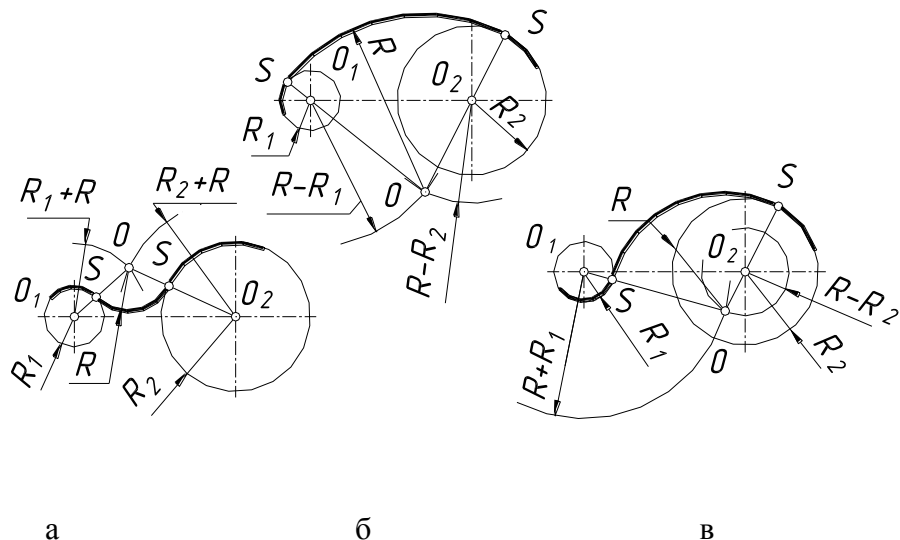
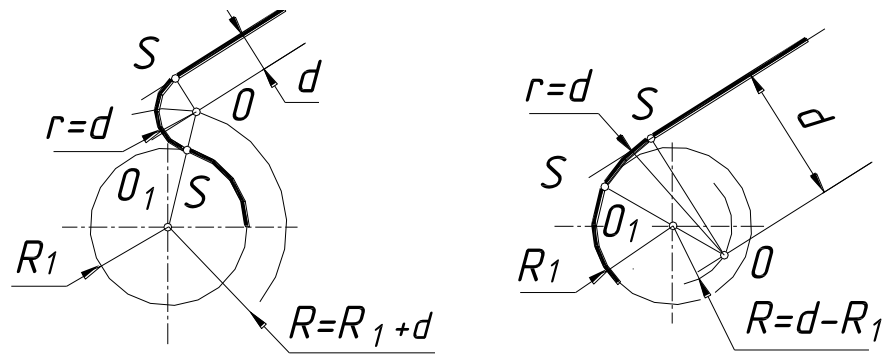


Рис.2.1

На рис.2.2 показано спряження прямої та кола за допомогою дуги радіуса  $r$ . Центр кола спряження – т.О – є точка перетину прямої, яка паралельна заданій прямій та віддалена від неї на відстань  $d=r$ , та дуги, центр якої співпадає з центром заданого кола, а радіус  $R=d \pm r$ , відповідно для зовнішнього (рис.2.2а) та внутрішнього (рис.2.2б.) спряжень.



а

б

Рис.2.2

На рис.2.3 зображено спряження двох прямих. Центр дуги спряження – т.О – є точкою перетину прямих, які паралельні заданим та віддалені від них на задану відстань  $d$ . Радіус дуги спряження  $R=d$ .

На рис.2.4 побудована пряма, що проходить через т.Р та дотична до кола з центром в т.О.

Для її побудови використовується допоміжне коло, для якого відрізок  $PO$  є діаметром. Т.К – точка перетину допоміжного кола з заданим є точкою дотику шуканої прямої до заданого кола.

Побудова дотичних до двох кіл виконана на рис.2.5; зовнішня дотична побудована на рис.2.5а, внутрішня – на рис.2.5б.

Допоміжне коло радіусом  $r$  побудовано на відрізку  $O_1O_2$ , як на

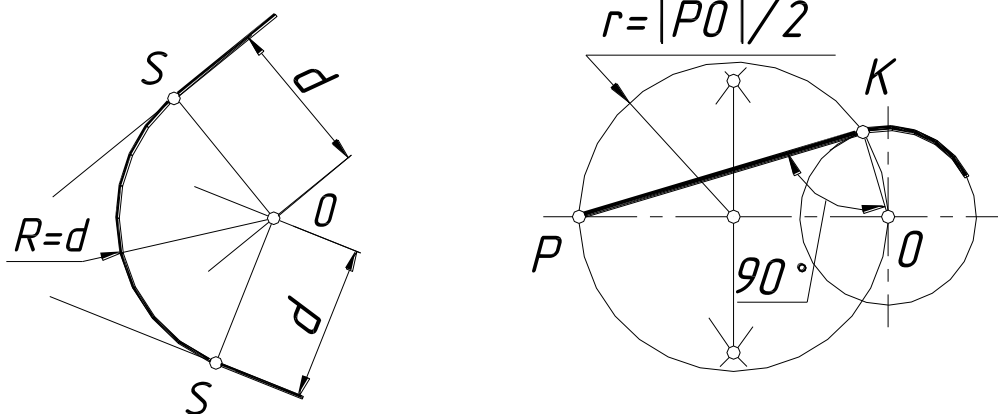
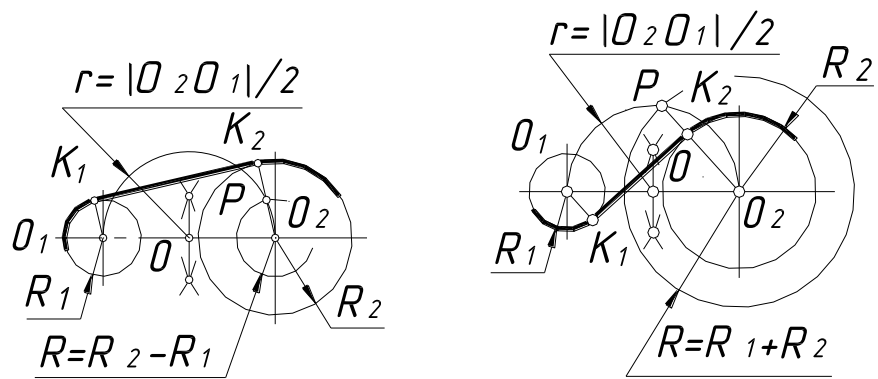


Рис.2.5а

Рис.2.5б

діаметрі, друге, радіус якого  $R=R_2 \pm R_1$  (при  $R_2 > R_1$ ), концентричне з колом більшого радіуса. Т.Р є точкою перетину допоміжних кіл. Прямі  $O_2K_2$  та  $O_1K_1$  паралельні між

собой (т.Р належить  $O_2K_2$ ), пряма  $K_1K_2$  є шуканою дотичною.



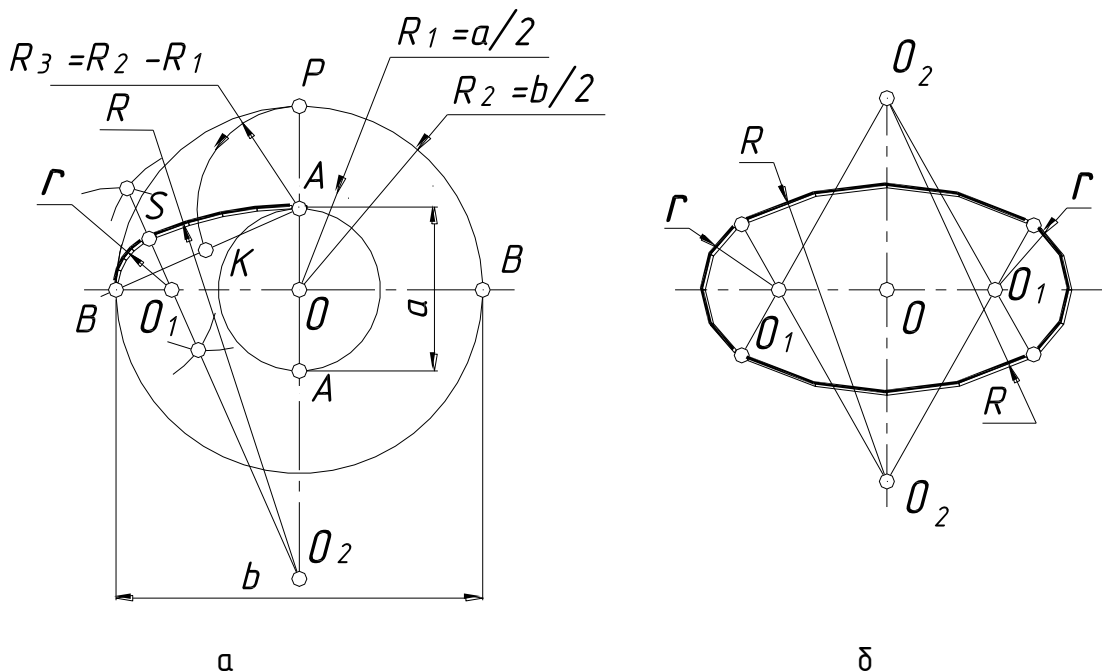
а

б

Рис.2.5

На рис.2.6 показано побудову овалу за двома осями. Менша вісь овалу дорівнює  $a$ , більша –  $b$ . Побудова овалу виконується за таким алгоритмом:

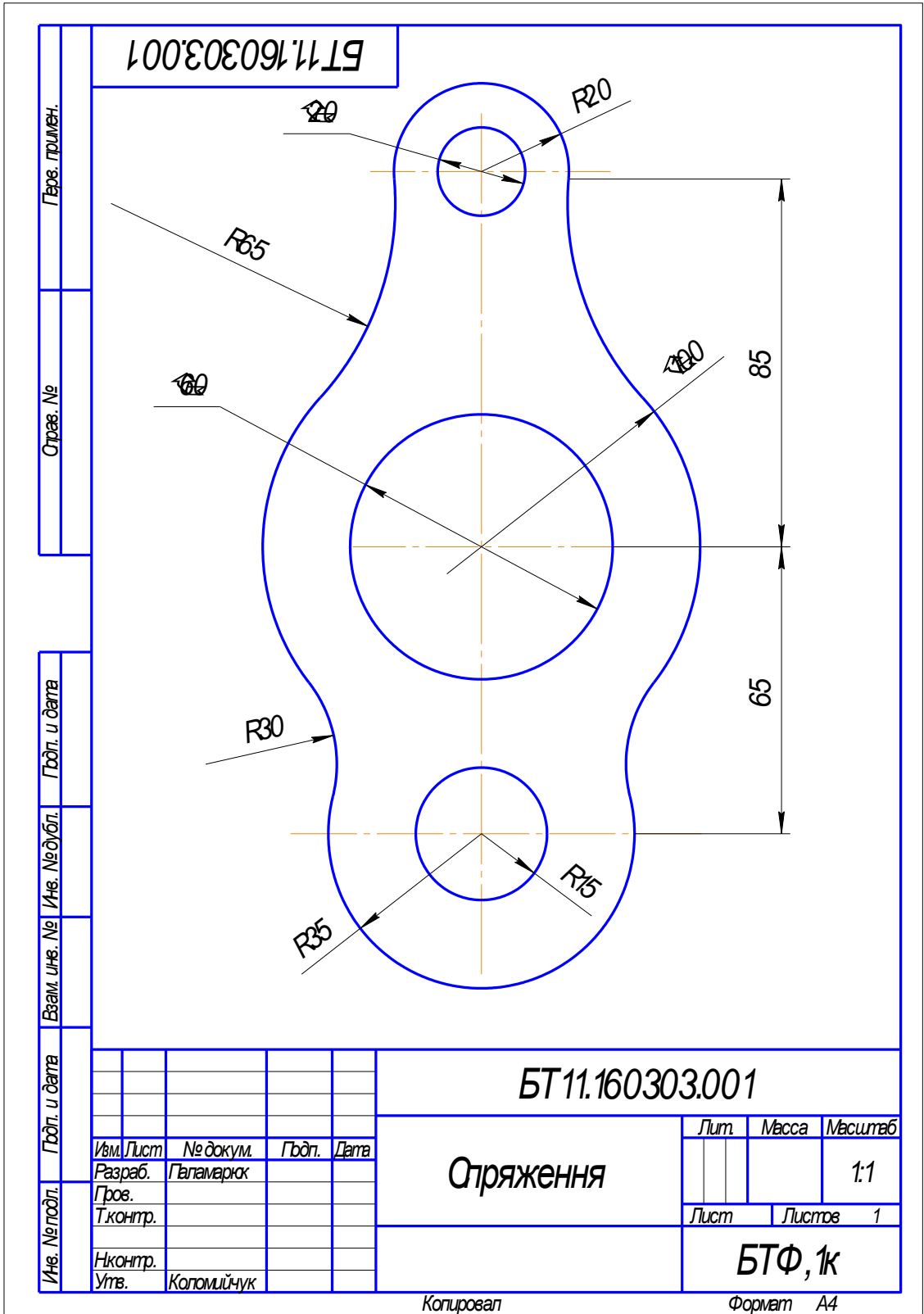
1. Побудувати два концентричних кола, діаметри яких дорівнюють осям овалу (рис.2.6а).
2. З'єднати точки А та В.
3. Від т. А по прямій АВ відкласти відстань  $R_3 = (b-a)/2 = |AK|$ .
4. Провести серединний перпендикуляр до відрізка ВК (лінію центрів). Точки перетину цієї прямої з осями (т. т.  $O_1$  та  $O_2$ ) є центрами відповідних дуг; радіуси дуг  $r$  та  $R$  визначаються за побудовою.
5. Побудувати точки, симетричні точкам  $O_1$  та  $O_2$  відносно т. О (рис.2.6б) і провести відповідні дуги.



а

б

Рис.2.6



BT11.160303.001

Стр.: №

Гор. примен.

№

№

№

№

№

№

№

№

№

№

№

№

№

Изм.	Лист	№ докум.	Год.	Дата
Разраб.		Паламарюк		
Гроз.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.		Коломийчук		

BT11.160303.001

Отраженя

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

БТФ, 1к

Копировал

Формат А4

Рис.3.1

### Предмет і метод нарисної геометрії.

Предметом нарисної геометрії є побудова геометричних моделей (зображень) об'єктів та процесів для розв'язання *позиційних* і *метричних задач*.

Метою розв'язання *позиційних задач* є вивчення взаємного розміщення геометричних об'єктів у просторі або на площині, *метричних* – метричні характеристики як самих об'єктів, так і їх взаємного положення.

Основним методом побудови плоских зображень просторових об'єктів у нарисній геометрії є *метод проєкціювання*. Зображення, побудовані за його допомогою, називають *проєкціями*

Основним елементом тривимірного простору вважають точку. Для отримання проєкції точки слід задати *площину проєкції* та *проєкціювальний промінь*.

Через кожну точку простору  $A$  провести єдиний проєкціювальний промінь. Його перетин із площиною проєкції  $\Pi_1$  являє собою проєкцію цієї точки.

Такий промінь може бути заданий:

- центром  $S$  (центральне проєкціювання) (рис.1а);
- напрямком  $s$  (паралельне проєкціювання) (рис.1б).

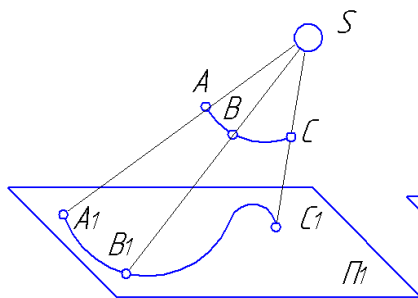


Рис.1а

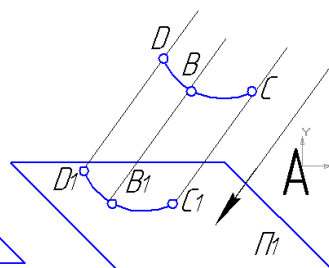


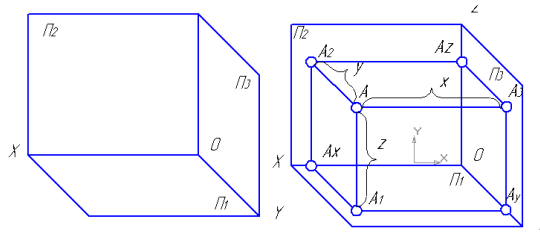
Рис.1б

Проєкцією точки на площині  $\Pi_1$  є точка  $A_1$ . Отримана проєкція точки визначається однозначно. Це пряма задача. Обернена задача визначення точки у просторі з її проєкцією не однозначна. В одну й ту саму точку на площині проєкц проєкціюються всі точки які належать проєкціювальному проміню. Точка в просто визначається двома своїми проєкціями на дві площини проєкції.

В інженерній практиці, як правило, використовують прямокутне (ортогональне) проєкціювання. Коли проєкціювальний промінь перпендикулярний до площини проєкції.

### Проєкціювання точки. Комплексний рисунок. Модель прямокутних проєкцій

Проєкціювання виконують паралельними проміннями на взаємно-перпендикулярні площини проєкції (рис.2).



**Рис.2**

$\Pi_2$  – фронтальна площина проєкції,  
 $\Pi_1$  – горизонтальна площина проєкції,  
 $\Pi_3$  – профільна площина проєкції.

$$\Pi_2 \cap \Pi_1 = X$$

$$\Pi_2 \cap \Pi_3 = Z$$

$OX, OY, OZ$  – координатні осі,  $m.O$  –

початок координат

$$\Pi_3 \cap \Pi_1 = Y$$

$m.A$  – об'єкт проєкціювання

Проєкцією точки називають точку перетину проєкціювального променя з площиною проєкції.

$A_2$  – фронтальна проєкція  $m.A$ ,  $AA_2 \perp \Pi_2$

$A_1$  – горизонтальна проєкція  $m.A$ ,  $AA_1 \perp \Pi_1$

$A_3$  – профільна проєкція  $m.A$ ,  $AA_3 \perp \Pi_3$

Площини проєкції разом з координатними осями утворюють прямокутну систему координат.

Відстань від  $m.A$  до площини проєкції  $\Pi_1$  називають координатою  $Z$ .

Відстань від  $m.A$  до площини проєкції  $\Pi_2$  називають координатою  $Y$ .

Відстань від  $m.A$  до площини проєкції  $\Pi_3$  називають координатою  $X$ .

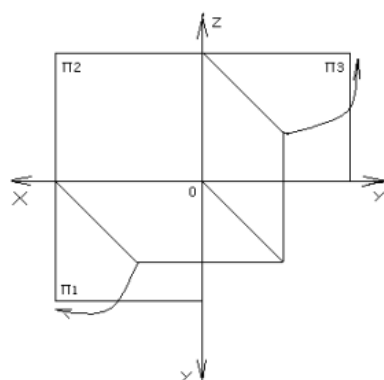
Точка в системі трьох площин проєкції має три координати.

Вираз  $A(X, Y, Z)$  називають *визначник точки*.

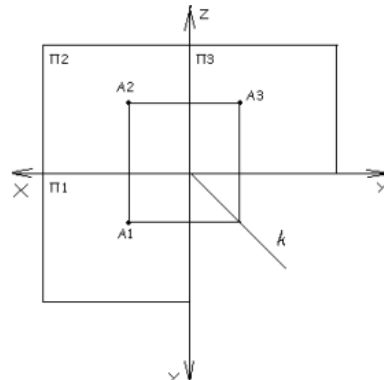
Точки  $A_x, A_y, A_z$  – проєкції точки  $A$  на відповідні координатні осі.

Модель приведена на рис.2 наочна і для вирішення метричних задач є незручною.

Тому перетворимо її на плоский рисунок. Плоский рисунок отримують суміщенням однієї площини проєкції з другою шляхом обертання навколо осі проєкції (рис.3). Отриманий рисунок (рис.4) називають *комплексним рисунком* або *епюром Монжа*.



**Рис.3**



**Рис.4**

Комплексним рисунком називається плоский рисунок, який складається із проєкцій предмета, розміщених у проєкційному зв'язку одна з одною (рис.7). Лінія зв'язку перпендикулярна до осі проєкцій.

$A_2A_1$  – вертикальна лінія проєкційного зв'язку ( $A_2A_1 \perp OX$ );

$A_2A_3$  – горизонтальна лінія проєкційного зв'язку ( $A_2A_3 \perp OZ$ );

Будь-які дві проєкції точки задають три її координати та, відповідно, повністю визначають її положення в просторі.

$A_2 ( X, Z )$

$A_1 ( X, Y )$  визначники проєкцій

$A_3 ( Y, Z )$

На комплексному рисунку можна зобразити будь-яку точку простору за її прямокутними координатами (пряма задача). Наприклад рис.5 точка  $A (20,30,10)$ . Також на комплексному рисунку можна визначити координати її положення побудованої точки відносно заданої системи площин проєкцій. За двома заданими проєкціями точки можна побудувати третю профільну проєкцію.

Використовують один з трьох конструктивних способів:

- координатний (рис.5)
- проєкційний
- за допомогою сталої прямої  $k$  (рис.6)

При необхідності можна побудувати проєкції точки на площинах перпендикулярних до будь-якої площини проєкції. Площини позначають  $\Pi_4, \Pi_5, \dots$ . Нові осі проєкцій  $X_1, X_2, \dots$  (рис.10).

$\Pi_4 \perp \Pi_1$

$X_1 = \Pi_4 \cap \Pi_1$

$A_1A_4 \perp X_1$

$A_{X_1}A_4 = A_2A_X$

Комплексний рисунок одержують після суміщення допоміжної площини проєкцій з площиною проєкцій до якої вона перпендикулярна, і подальшого суміщення площин проєкцій з фронтальною площиною  $\Pi_2$ .

**Задача: Побудувати точку  $A(20,20,20)$**

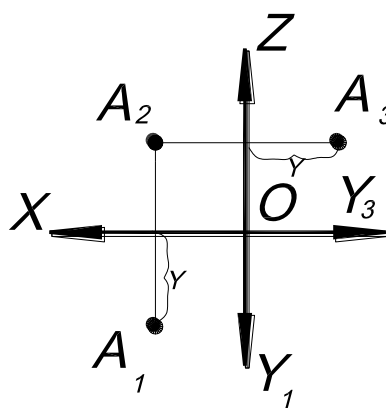


Рис.5

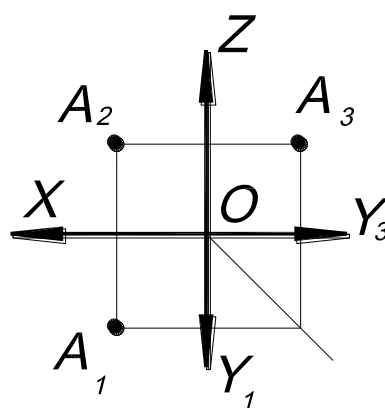


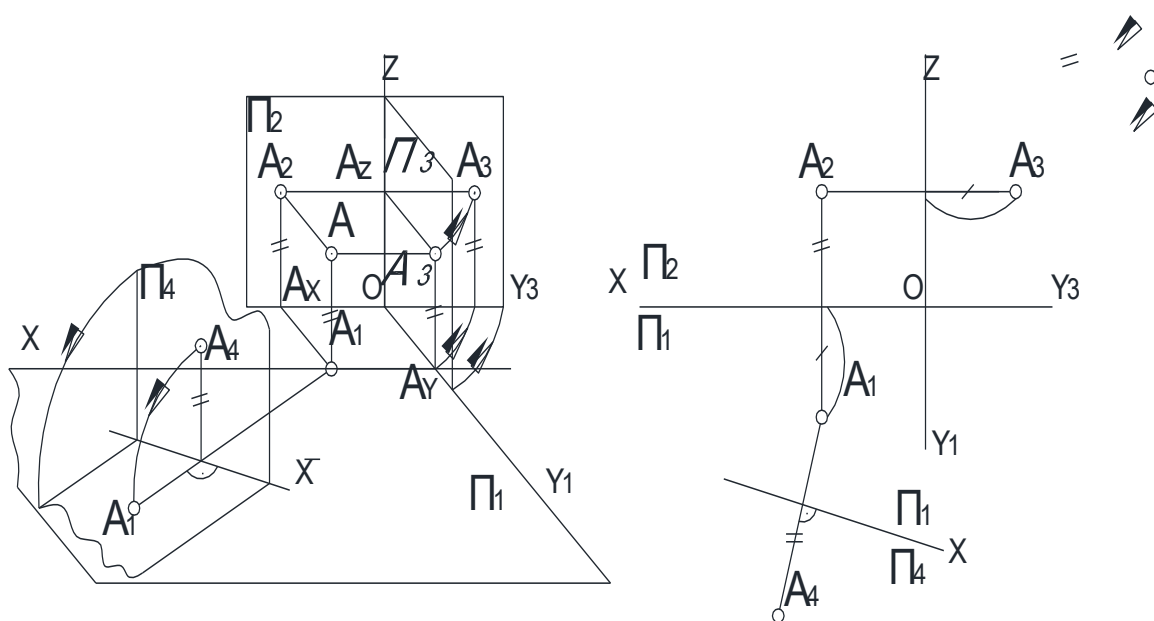
Рис.6



В багатьох випадках виникає потреба в побудові допоміжних проєкцій об'єкта на допоміжні площини проєкцій  $\Pi_3, \Pi_4$  і т.д. При цьому нова площина проєкцій перпендикулярна до однієї, або одночасно до двох основних площин проєкцій  $\Pi_1, \Pi_2$ .

Площину, перпендикулярну одночасно до двох площин проєкцій, називають профільною і позначають  $\Pi_3$ , а лінії її перетину з площинами  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  називають осями проєкцій  $Y$  і  $Z$ . Комплексний рисунок одержують після суміщення горизонтальної  $\Pi_1$  і профільної  $\Pi_3$  площини проєкцій з фронтальною площиною проєкцій  $\Pi_2$ .

Площини, перпендикулярні до однієї з основних площин проєкцій (на рис-до  $\Pi_1$ ), позначаються  $\Pi_4, \Pi_5, \dots$ ; нова вісь проєкцій позначається  $X_1, X_2, \dots$ . Комплексний рисунок одержують після суміщення допоміжної площини з площиною, до якої вона перпендикулярна, і подальшого суміщення площин з фронтальною площиною проєкцій



В результаті замість системи площин проєкцій  $\Pi_1/\Pi_2$  (старої) одержують нову систему площин проєкцій:  $\Pi_2/\Pi_3$  або  $\Pi_1/\Pi_4$ , в яких точка A задана своїми проєкціями  $A_2$  і  $A_3$  або  $A_1$  і  $A_4$ , зв'язаними новими лініями зв'язку  $A_2A_3$  або  $A_1A_4$ , перпендикулярними до нових осей проєкцій Z або  $X_1$  відповідно. Відстань від нової проєкції точки до нової осі дорівнює відстані від заміненої проєкції точки  $A_1$  (або  $A_2$ ) до старої осі X (див. рис.)

## Проекціювання прямої

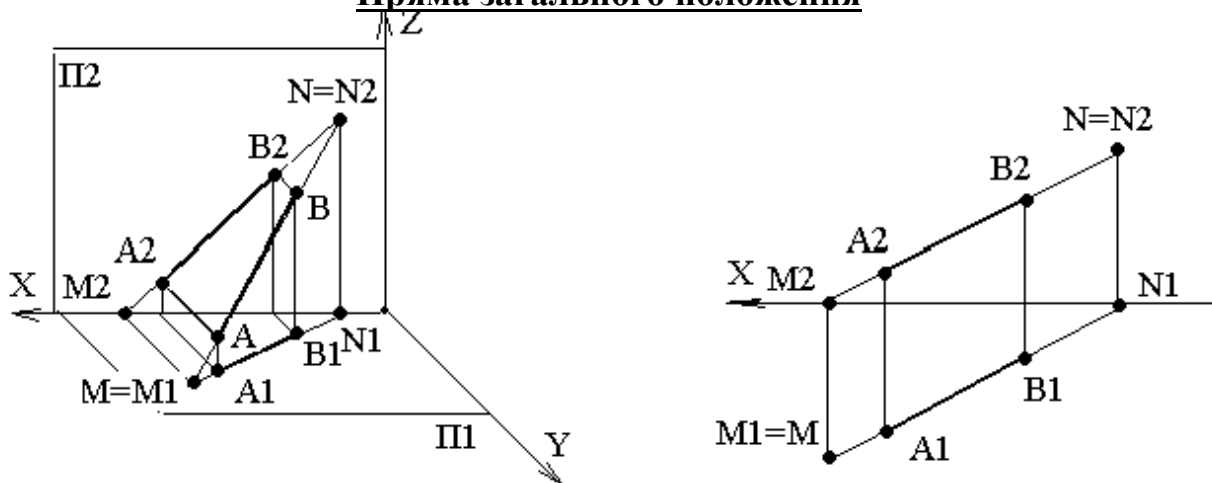
Пряма в просторі безмежна. Її положення визначається двома точками (рис.).  
 Проекції прямої проходять через однойменні проекції точок, якими вона задана.

Проекціями прямої можуть бути пряма або точка. В останньому випадку пряма перпендикулярна до площини проекцій (див. рис.).

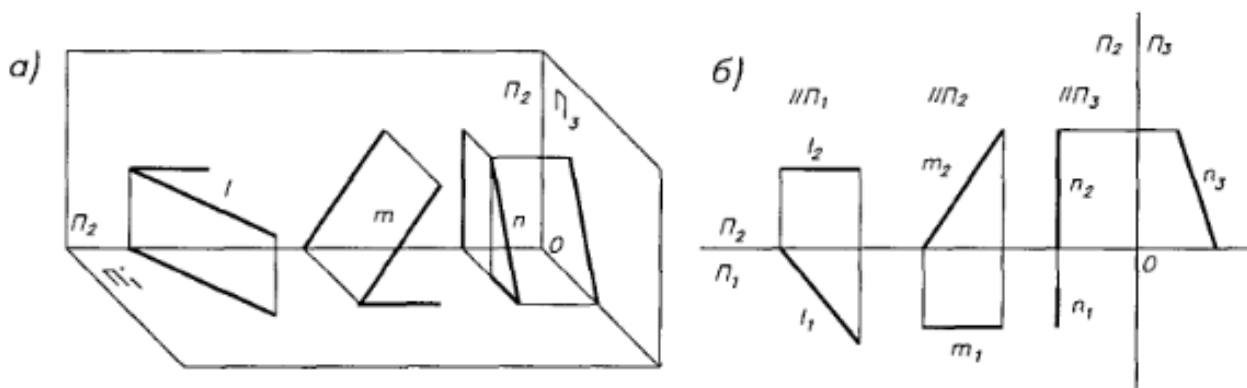
## Комплексний рисунок прямої загального положення

Визначником прямої в просторі є дві точки. Умовний запис:  $l(A, B)$ . На  
 рисунку пряму позначають двома її проекціями:  $l(A_1, B_1, A_2, B_2)$  або  $l(l_1, l_2)$ .  
 Обидві проекції кресляться під кутом  $= 90^\circ$  до осі проекцій (рис.).

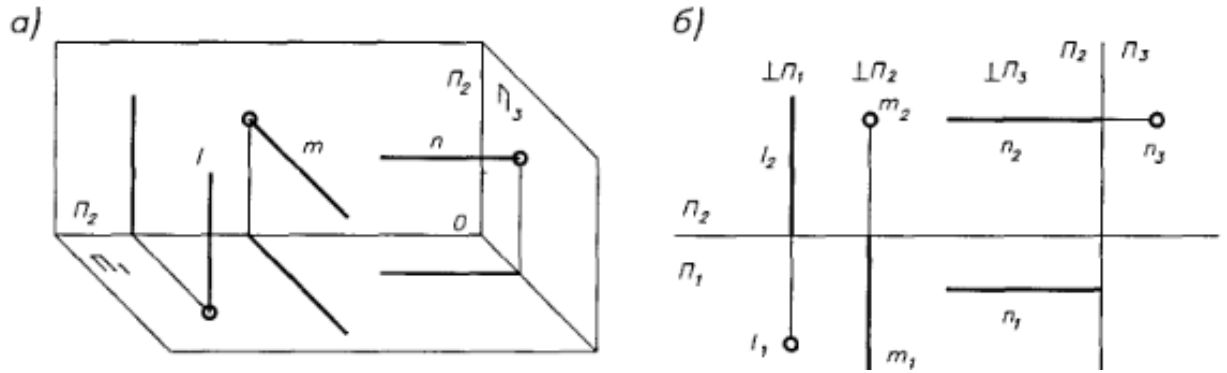
### Пряма загального положення



### Прямі рівня



## Прямі проєкціючі

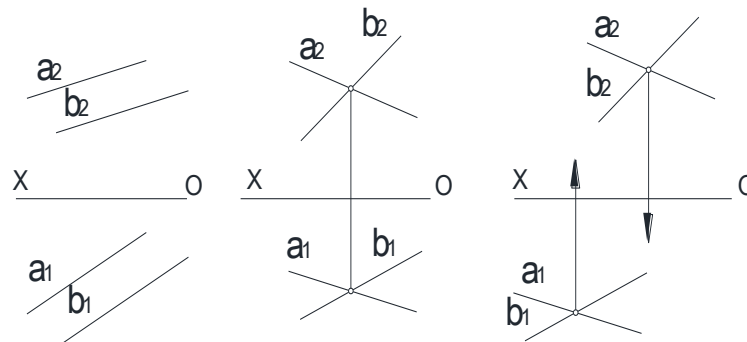


### Взаємне положення двох прямих

Якщо дві прямі паралельні у просторі, їх відповідні проєкції також паралельні.

Якщо дві прямі перетинаються, їх проєкції також перетинаються. Точки перетину проєкцій прямих розташовані на спільній лінії зв'язку.

Якщо прямі мимобіжні, їх проєкції можуть перетинатися, але точки перетину проєкцій прямих не лежать у проєкційному зв'язку.



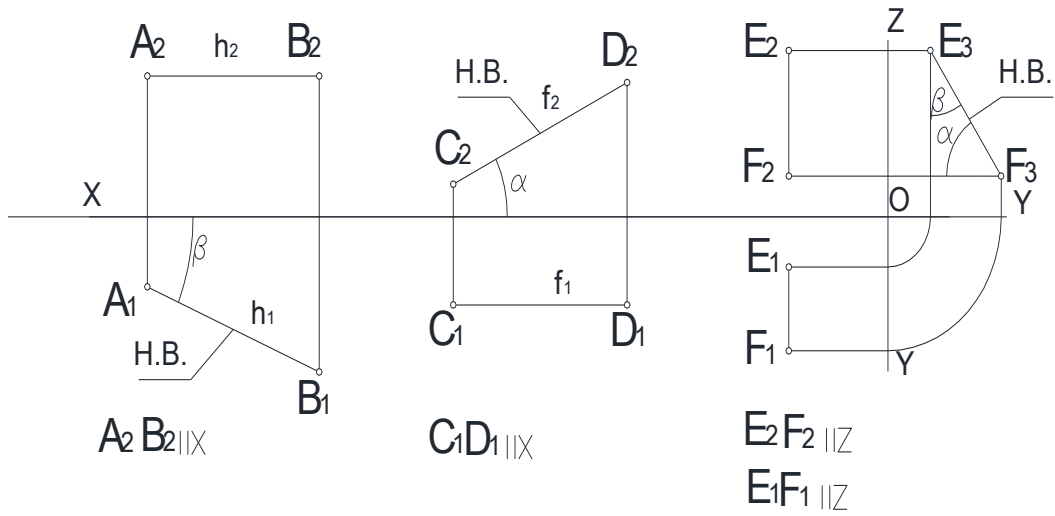
Паралельні прямі

Прямі, що перетинаються

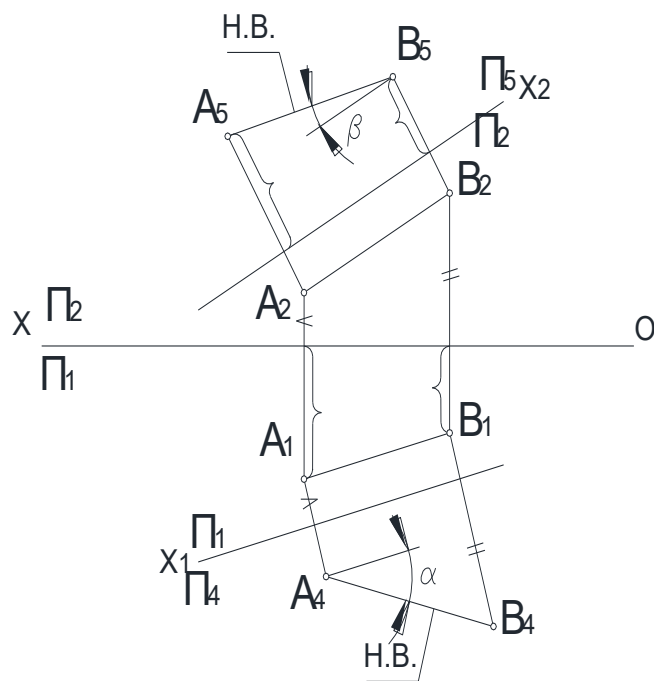
Мимобіжні прямі

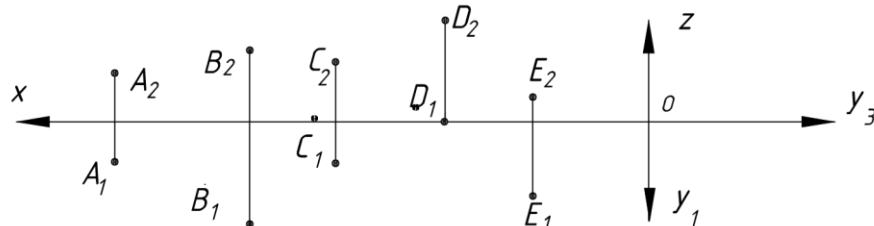
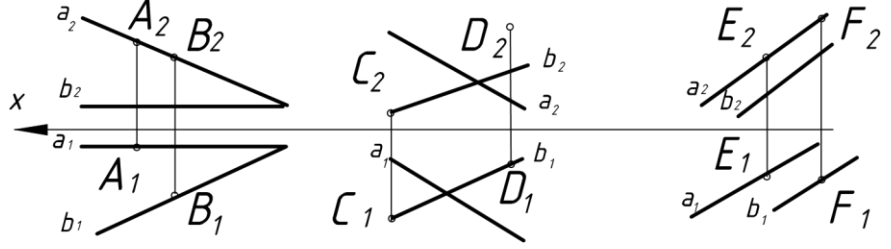
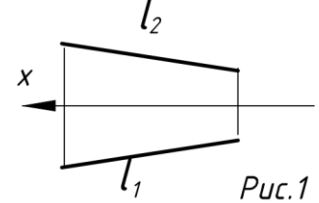
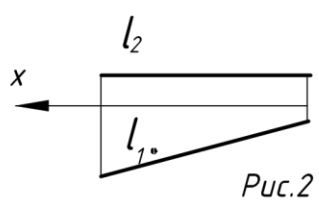
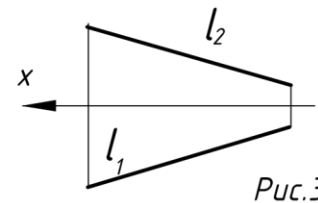
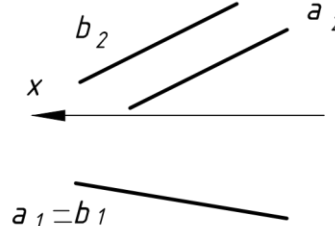
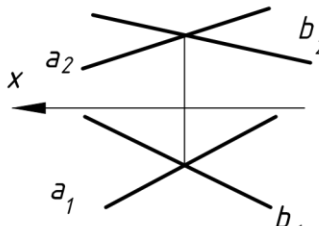
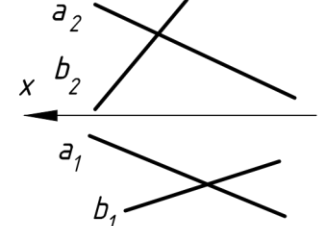
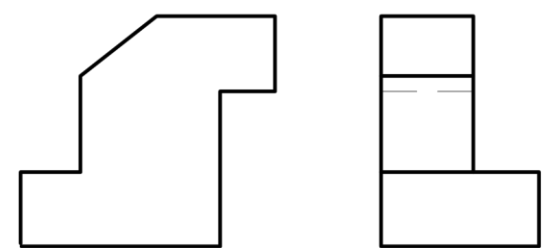
проекціююча, пряма  $EF \perp \Pi_3$  - профільно - проекціююча  $\sim$ рис $\sim$

Прямі рівня - прямі, паралельні одній з площин проєкцій  $\sim$ рис 13 $\sim$ . Пряма  $AB \sim$  або  $h \sim \parallel \Pi_1$  - горизонтальна пряма, або скорочено горизонталь, пряма  $CD \sim$  або  $f \sim \parallel \Pi_2$  - фронтальна пряма, або скорочено фронталь, пряма  $EF \parallel \Pi_3$  - профільна пряма.



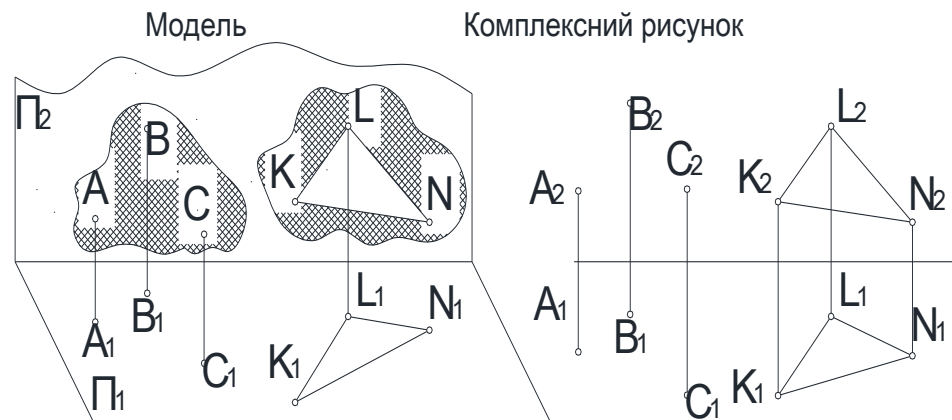
Для визначення довжини відрізка  $AB$  прямої загального положення і кутів  $\alpha^\circ$  і  $\beta^\circ$ , які вона утворює з площинами проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ , будуть допоміжні проєкції  $A_4B_4$  і  $A_5B_5$  прямої на площинах  $\Pi_4$  і  $\Pi_5$ , паралельних прямій  $AB$  і перпендикулярних відповідно до площин  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$   $\sim$ рис $\sim$



ПК 1	Проеціювання точки та прямої	Вар. 13	
1. Визначити, яка з цих точок найближча до $\Pi_2$ ?			
	1.A 2.B 3.C 4.D 5.E		
2. Які точки належать до прямої ?			
	A,B, C,D, E,F		
3. На якому рисунку пряма $l$ зображена в натуральну величину (не спотворена)?			
 <p>Рис.1</p>	 <p>Рис.2</p>	 <p>Рис.3</p>	Рис.1 Рис.2 Рис.3
4. Як розташовані дані прямі у просторі?			
 <p><math>a_1 // b_1</math></p>			$a // b$ $a \times b$ $a // b$
5. Скільки вершин має фігура?			
	1.13 4.14 3.15		

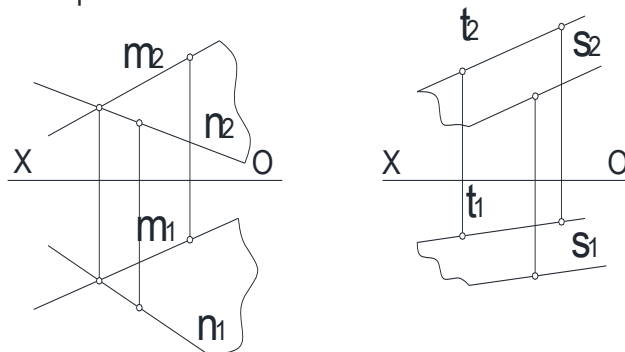
## ПЛОЩИНА

### Проекціювання площини загального положення



Площина в просторі нескінченна. Проекцією площини в загальному випадку слід вважати все поле площини проєкцій. Визначник площини - три точки, які не лежать на одній прямій:  $\Sigma \sim A, B, C \sim$  рис.  $\sim$

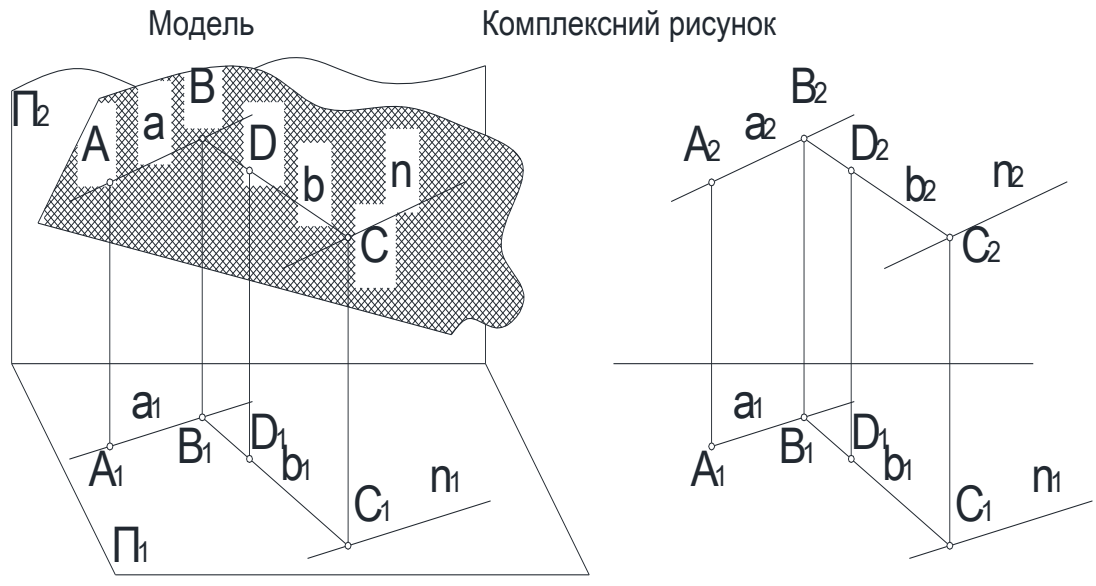
Додаткові визначники площини - прямі, що перетинаються  $\sim$ рис.  $\sim$ , паралельні прямі  $\sim$ рис.  $\sim$ .



#### Умови належності прямих і точок площині

1. Пряма належить площині, якщо вона проведена через дві точки площини або проходить через одну її точку і паралельна іншій прямій, проведеній на площині.

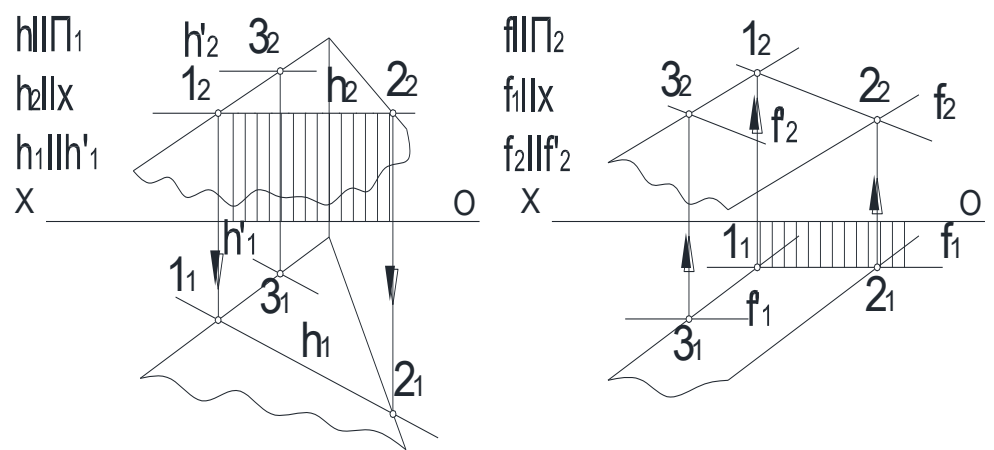
2. Точка належить площині, якщо вона лежить на прямій, що належить цій площині. Пряма  $a$  проведена через точки  $A$  і  $B$  площини  $\sim$ рис.  $\sim$ ; проєкції  $a_1$  і  $a_2$  прямої  $a$  проведені через однойменні проєкції  $A_1, B_1$  і  $A_2, B_2$  точок площини  $\sim$ рис.  $\sim$ . За двома точками  $B$  і  $C$  побудована також пряма  $b \sim b_1, b_2 \sim$  площини. Пряма  $n$  проведена через точку  $C$  паралельно прямій  $a \sim$ рис.  $\sim$ . Проєкції  $n_1$  і  $n_2$  прямої  $n$  проведені через однойменні проєкції  $C_1$  і  $C_2$  точки  $C$  паралельно проєкціям  $a_1$  і  $a_2 \sim$ рис.  $\sim$ .



Лінії рівня в площині

Горизонталі площини

Фронталі площини



Лінії рівня використовують для побудови точок і інших елементів в площині і для перетворення площини загального положення в площину окремого положення.

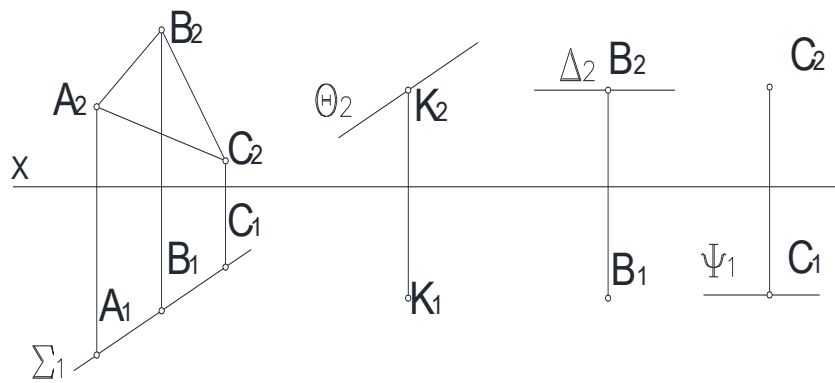
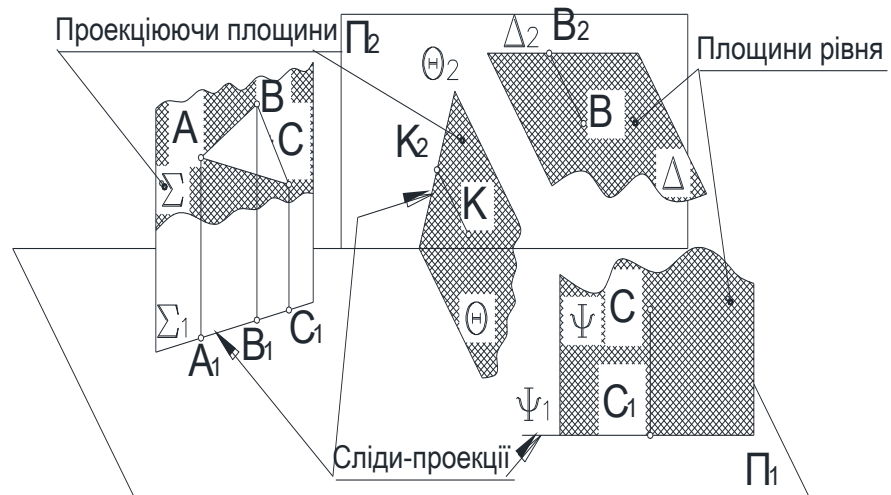
Горизонталі ~ фронталі ~ однієї площини паралельні між собою ~ рис. ~

Проекціювання площини окремого положення

Площини окремого положення поділяються на площини: проекуючи - перпендикулярні до однієї площини проєкцій і похилі до другої;

рівня - паралельні одній площині проєкцій.

Лінія перетину площини окремого положення з площиною проєкцій називається слідом-проєкцією площини. Слід-проєкція повністю визначає площину. Належність точок і інших елементів площині окремого положення визначається належністю сліду-проєкції однойменних проєкцій цих елементів ~ рис. ~



### Перетворення площини

Приклад 1. Перетворити площину загального положення  $\Sigma$  (A, B, C) в проєкцію  $\sim$  рис.  $\sim$  за допомогою горизонталі  $h$   $\sim$  h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>  $\sim$  площини  $\Sigma$ .

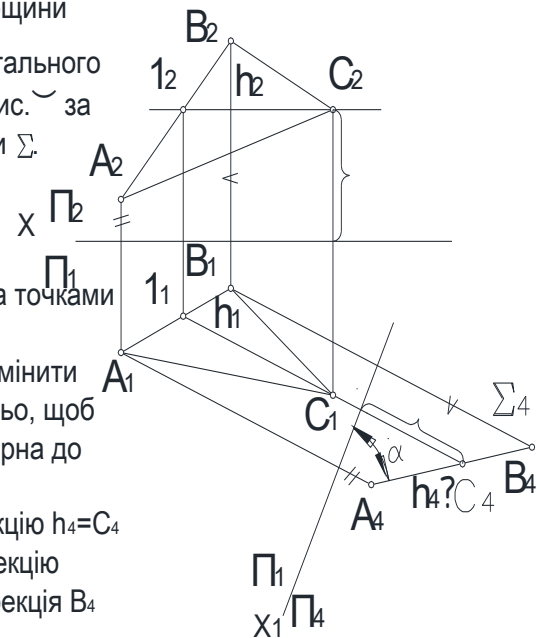
Алгоритм рішення:

1. Провести в площині  $\Sigma$  довільну горизонталь:  $h_2 \parallel OX$ ,  $h_1$  будується за двома точками  $\sim$  на рис. - за проєкціями  $1_1, C_1$ ).

2. Систему площин проєкцій  $\Pi_1/\Pi_2$  замінити новою  $\Pi_1/\Pi_4$ , в якій  $\Sigma \perp \Pi_4$ . Для цього достатньо, щоб горизонталь  $h$  площини була перпендикулярна до  $\Pi_4$ . Умова виконується, якщо  $X_1 \perp h_1$ .

На площині  $\Pi_4$  спочатку беруть проєкцію  $h_4 = C_4$   $\sim$  точка  $\sim$  горизонталі  $h$ . Потім будують проєкцію довільної точки площини  $\Sigma$   $\sim$  на рис. - проєкція  $B_4$  точки  $B$ .

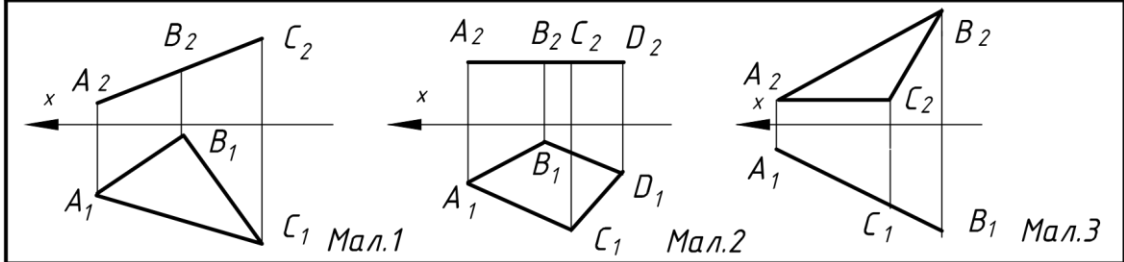
Слід-проєкція  $\Sigma_4$  площини проводиться через проєкції  $h_4$  і  $B_4$ . В даному перетворенні визначається кут  $\alpha^\circ$  нахилу площини  $\Sigma$  до площини проєкцій  $\Pi_1$ . Це кут між слідом-проєкцією площини  $\Sigma_4$  і віссю  $X_1$ .





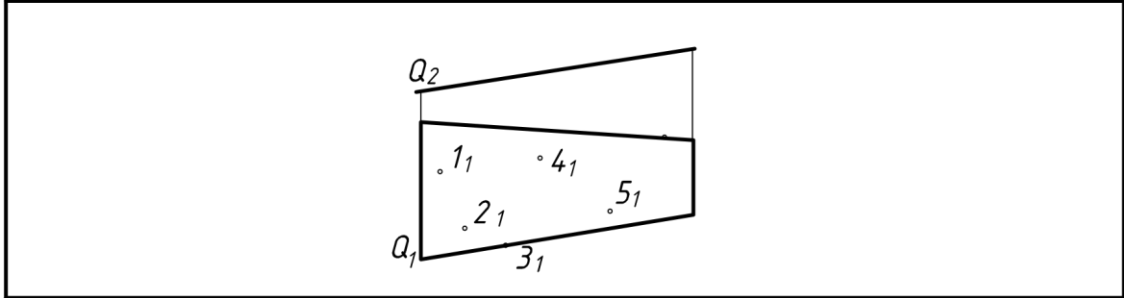
ПК2	Проекювання площини	Вар.1
-----	---------------------	-------

1. На якому рисунку зображена фронтальна площина?



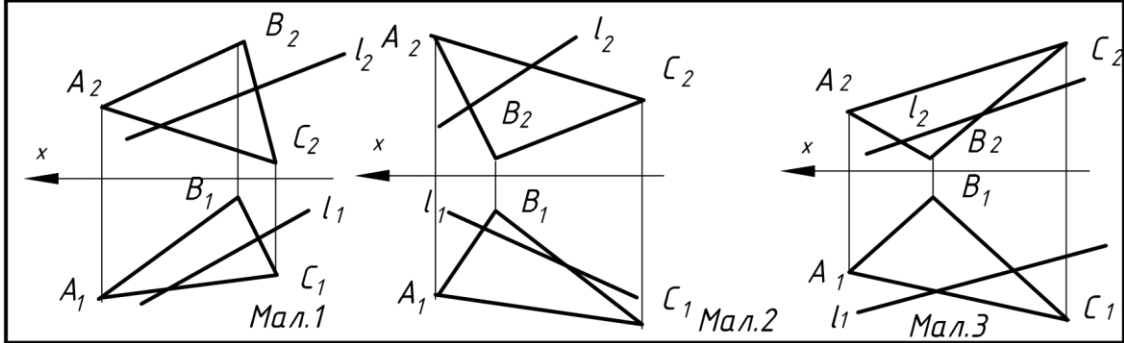
Мал.1  
Мал.2  
Мал.3

2. Яка з точок найвища?



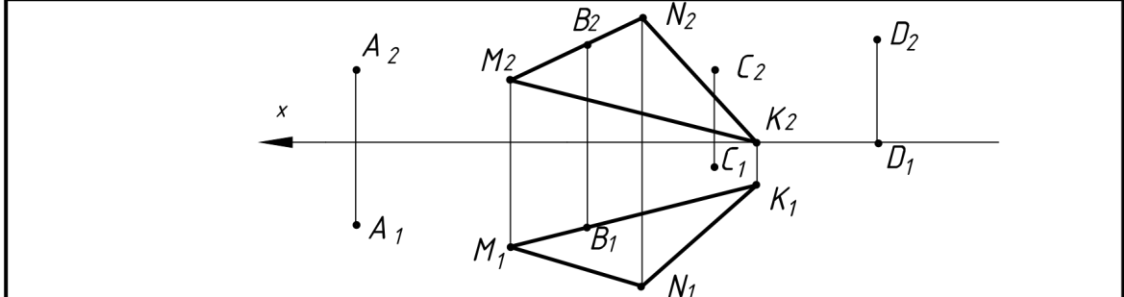
т.1  
т.2  
т.3  
т.4  
т.5

3. На якому рисунку пряма l належить площині?



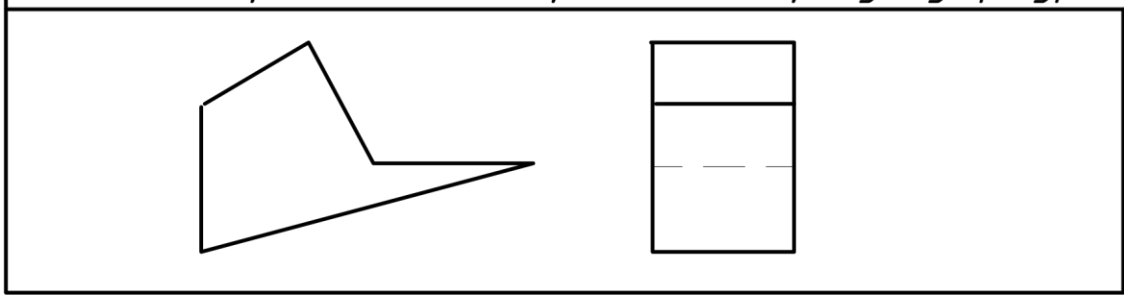
Мал.1  
Мал.2  
Мал.3

4. Які точки належать площині?



т.А,  
т.В,  
т.С,  
т.Д

5. Скільки граней має зображена на рисунку фігура?



1.5  
2.7  
3.9

## Лекція 5

Зображення предметів виконується за способом прямокутного проєкціювання. Предмет вважається розташованим всередині куба і проєкціюється на 6 його граней, які приймають за основні площини проєкцій (рис.5.1).

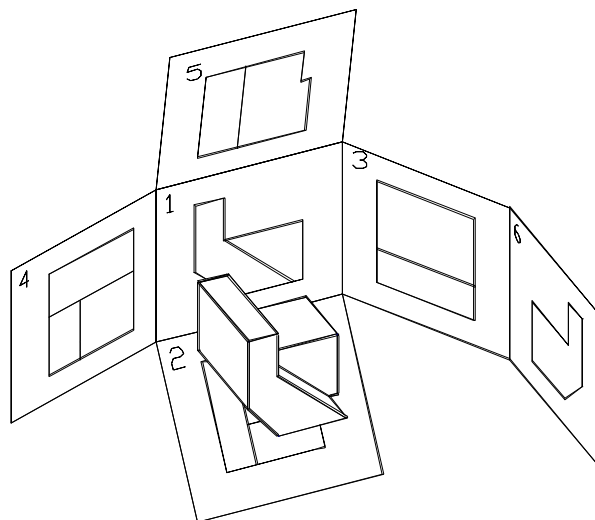


Рис.5.1

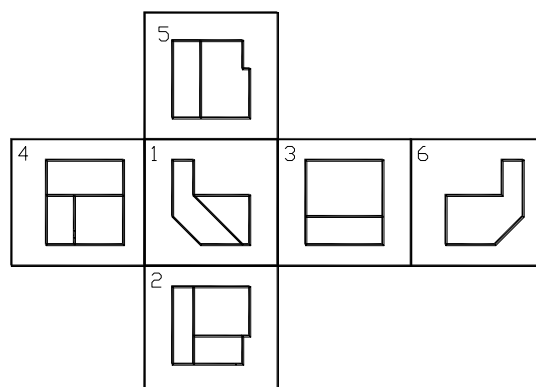


Рис.5.2

Грані суміщають з фронтальною площиною проєкцій, зображення на якій приймають за головне (рис.5.2).

Залежно від змісту зображення поділяються на види, розрізи та перерізи.

*Вид* – зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. На виді дозволяється за допомогою штрихових ліній показувати невидимі частини поверхні предмета.

Види поділяються на основні, додаткові та місцеві.

*Основних видів* (рис.5.2) існує 6 : вид спереду або головний (1), зверху (2), зліва (3), справа (4), знизу (5), ззаду (6). Якщо основні види розташовані на кресленні в проєкційному зв'язку за схемою, наведеною на рис.5.2, вони не позначаються.

Позначаються основні види лише в таких випадках:

- якщо вони не мають безпосереднього проєкційного зв'язку з головним видом (вид зверху на рис.5.3);
- якщо вони відділені від головного виду іншими зображеннями;
- якщо вони розташовані на іншому аркуші.

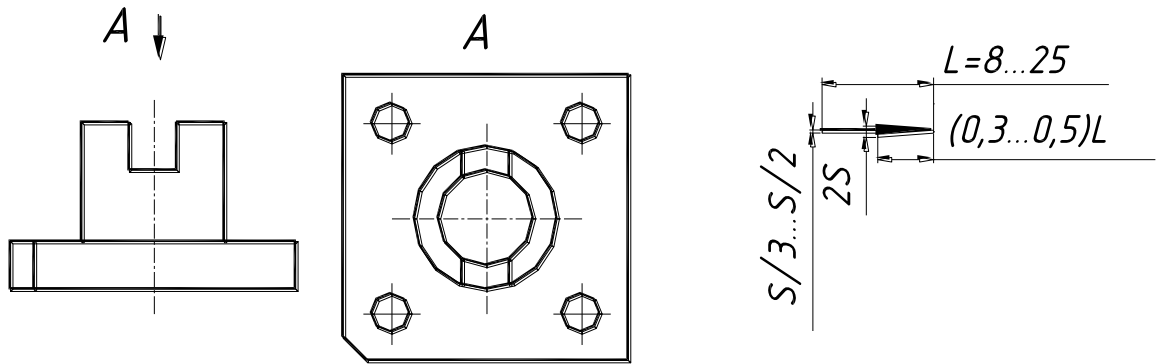


Рис.5.3

Рис.5.4

В цих випадках вид позначається літерою та стрілкою, яка вказує напрямок погляду. Розміри стрілки наведені на рис.5.4.

Якщо на основних видах якусь частину предмета неможливо показати без спотворення форми та розмірів, використовують *допоміжні види* ( рис.5.5).

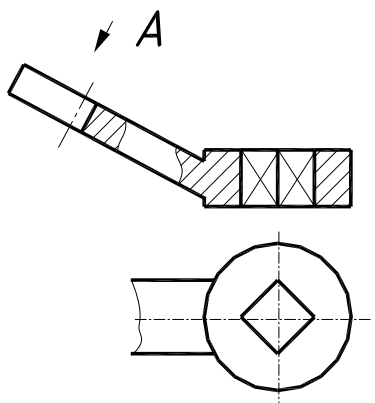


Рис.5.5

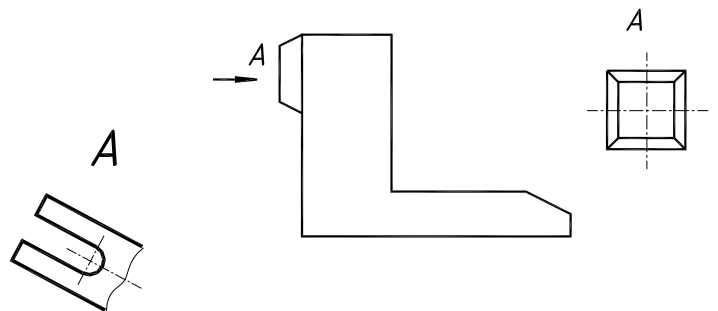


Рис.5.6

Допоміжний вид позначають, якщо він розташований не в проєкційному зв'язку з основним видом. Допоміжний вид можна повертати відповідно до положення предмета на головному виді. Позначення у цьому випадку доповнюється спеціальним знаком ...

На *місцевому виді* зображується обмежена частина поверхні предмета. Місцевий вид (рис.5.6) може бути обмеженим лінією обриву, або ні. Позначається місцевий вид як і допоміжний.

### Домашнє завдання №2 – Вигляди.

Необхідно виконати 3 види деталі (головний вид, види зверху та зліва) без постановки розмірів. Зразок цього креслення для деталі, зображеної на рис.7.1, виконано на рис.7.2. Стрілка на аксонометричному зображенні вказує напрямок погляду на головний вид деталі. Варіанти завдань містяться в Додатку 3

Цю та всі наступні роботи рекомендується виконувати на форматі А3 в масштабі 1:1.

Грані суміщують з фронтальною площиною проєкції, зображення на якій приймають за головне (рис.5.2).

Залежно від змісту зображення поділяються на види, розрізи та перерізи.  
Вид – .

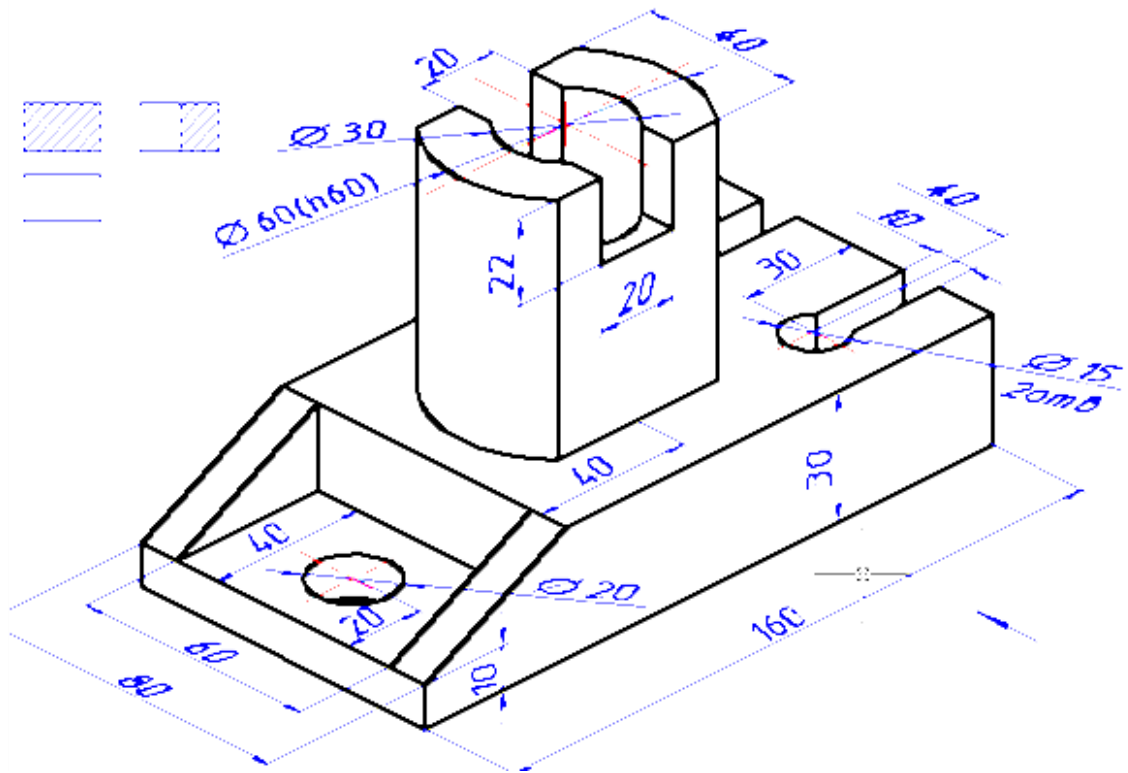


Рис.7.1



*Розріз* – зображення предмета, умовно розрізаного однією або кількома площинами.

На розрізі показують те, що лежить в січній площині та за нею. Те, що попало безпосередньо в січну площину (крім порожнин), виділяється на кресленні штриховкою.

Розрізи, які виконуються на різних зображеннях предмета, ніяк не

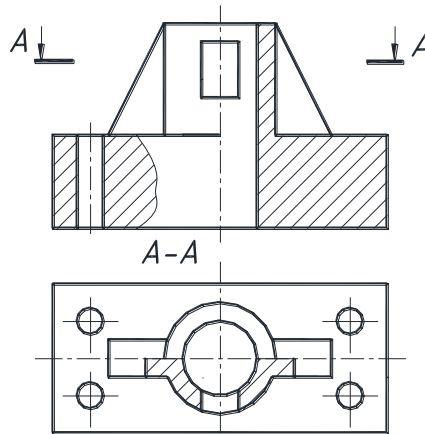


Рис.5.7

пов'язані між собою і не змінюють інші зображення (рис.5.7)

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкції розрізи поділяються на горизонтальні (рис. ), вертикальні (в тому числі фронтальні та профільні рис. та рис. ),

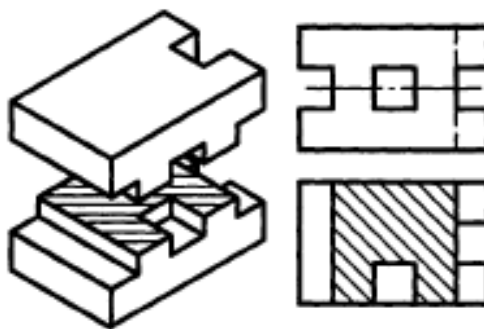


Рис.

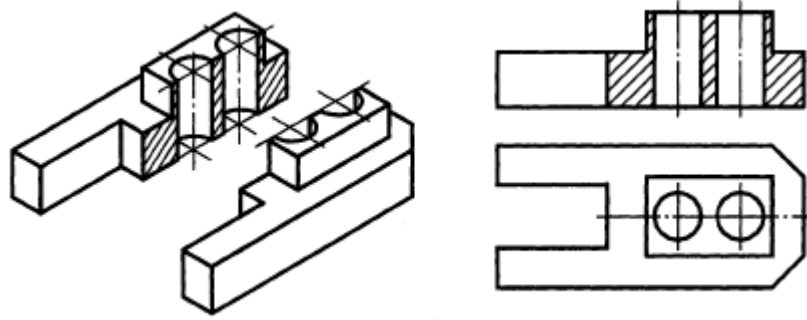


Рис.

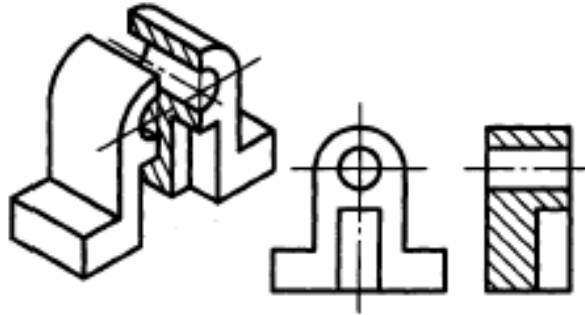


Рис.

- нахилені.

Залежно від кількості площин розрізу поділяються на *прості* (одна січна площина, рис.5.7) та *складні* (кілька січних площин).

Якщо деталь симетрична відносно своєї вісі, то виконується суміщення виду з розрізом – залишають пів виду і пів розрізу. Лінія яка розділяє вид і розріз повинна бути осевою – тобто штрих-пунктирною (рис. ).

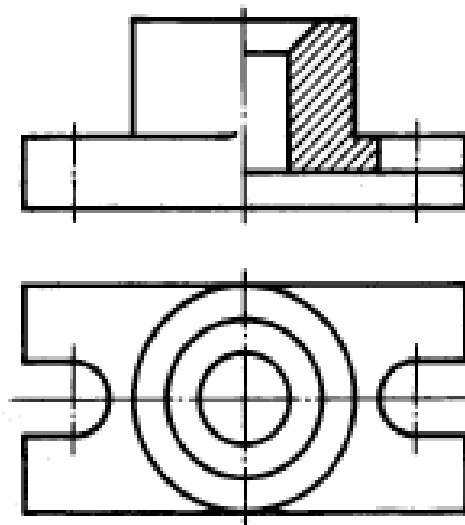
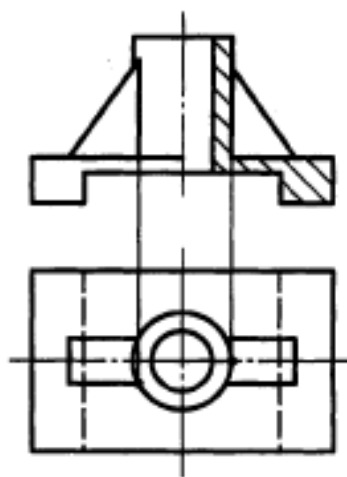
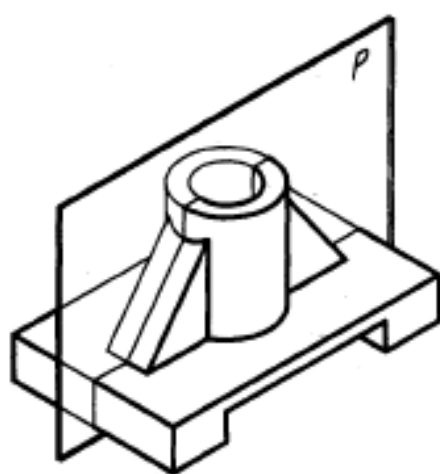
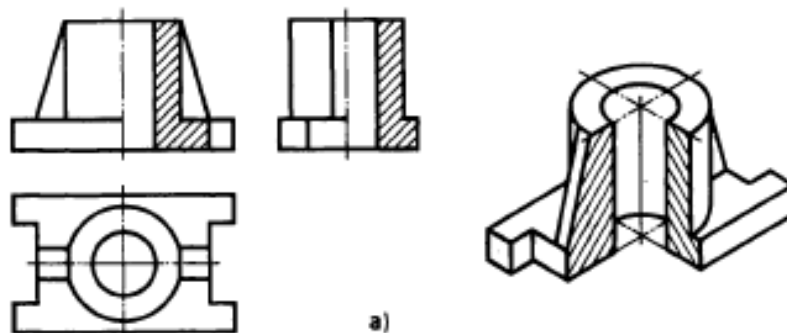


Рис.

Якщо ребро жорсткості перетинається січною площиною вздовж, то воно

не штрихується.



б)  
Рис.

Подробно побудова лінії перетину ребра жорсткості з циліндричною частиною деталі показано на рисунку

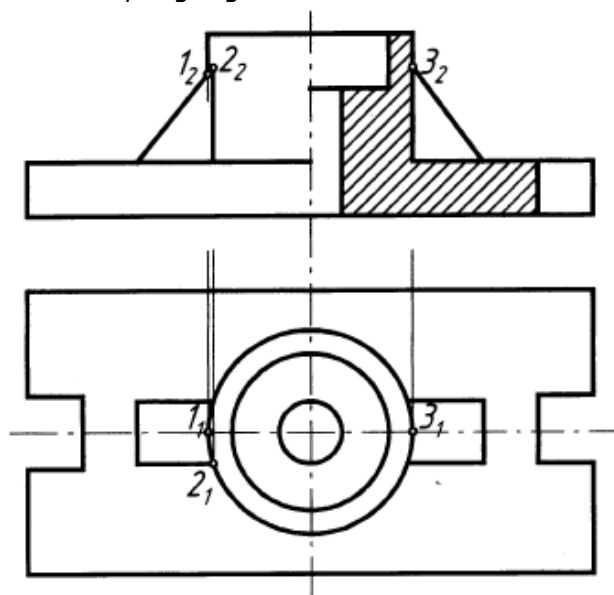


Рис.

*Переріз* – зображення фігури, яке утворюється при умовному перерізі предмета однією або кількома площинами. На перерізі показують тільки те, що лежить в січній площині. Перерізи поділяють на *винесені* (рис.5.10а) та *накладені*



(рис.5.10δ, рис.5.10в). Як що січна площина проходить через вісь отвору, що є поверхнею обертання, контур показують повністю (рис.5.10а).

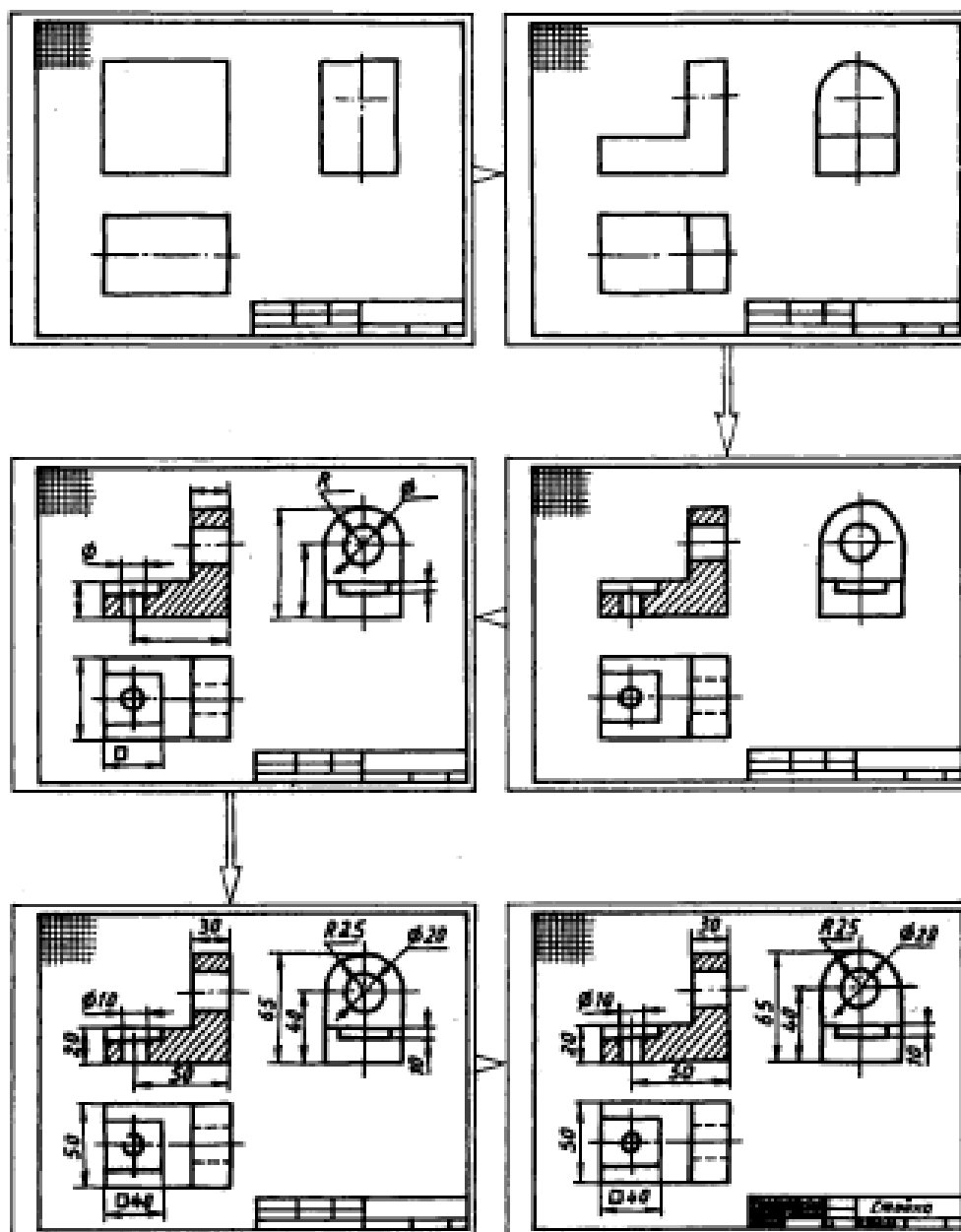
Штриховку виконують суцільною тонкою лінією товщиною  $S/3 \dots S/2$ .

Лінії штриховки мають бути нахилені під кутом  $45^\circ$  до лінії контуру зображення, або до його осі, або до ліній рамки креслення (в будь якій бік). Якщо при такому нахилі лінії штриховки стають паралельними лініям контуру або осі, штриховку слід виконувати під кутом  $30^\circ$  або  $60^\circ$ .

Відстань між лініями штриховки в залежності від площі штриховки повинна бути від 1 до 10 мм.

Для всіх перерізів тієї ж деталі нахил та відстань, як правило, повинні бути однаковими.

### Послідовність виконання роботи



## Нанесення розмірів

Загальна кількість розмірів на кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу. Розміри того ж самого елемента деталі не повинні повторюватись на кресленні. Розміри, які не підлягають виконанню за даним кресленням, є довідковими. На кресленні їх позначають знаком \*, а в технічних вимогах записують: " \* Розміри для довідок". Лінійні розміри на кресленні найчастіше вказують в міліметрах, одиницю виміру при цьому не позначають, але в технічних умовах одиниці виміру позначати необхідно. Куткові розміри задають з позначенням одиниць виміру, наприклад: 30°.

Розміри на кресленні вказують за допомогою розмірних чисел та розмірних ліній. Наносити розмірні лінії рекомендується поза зображенням, проставляти розміри до ліній невидимого контуру дозволяється тільки тоді, коли це зменшує кількість зображень.

Мінімальна відстань між контурними та розмірними лініями – 10мм, між сусідніми розмірними – 7мм, виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірних ліній на 1-5 мм (рис.6.1)

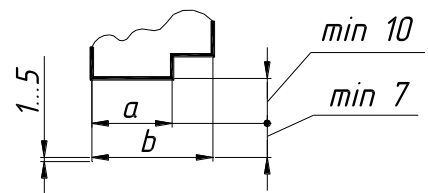


Рис.6.1.

Розмірне число наносять над розмірною

лінією

якомога ближче до її середини, при потребі – над її продовженням або на поличці лінії-виноски. Нанесення розмірних чисел для різних положень розмірних ліній визначаються зручністю їх читання.

Розмірні числа не можна перетинати або розділяти будь-якими лініями креслення. Не дозволяється переривати контурні лінії для нанесення розмірних чисел, а також розташовувати розмірні числа в місцях перетину осьових, розмірних або центрових ліній. В місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії та лінії штриховки мають бути перервані.

Діаметр та радіус позначаються знаками  $\varnothing$  та  $R$ .

Розміри, які стосуються якогось елемента виробу, слід групувати на тому зображенні, де форма цього елемента показана найбільш повно.

Розміри зовнішніх поверхонь рекомендується проставляти зі сторони вигляду деталі, розміри внутрішніх поверхонь – зі сторони розрізу.

При нанесенні розмірів доцільно виділити в деталі прості геометричні фігури (призми, циліндри тощо) і для кожної з цих фігур проставити розміри

форми та розміри положення, після чого проставити габаритні розміри всієї деталі.

Наприклад, на кресленні "Вигляди" (Додаток ) розміри 30 та 40 є розмірами положень двох циліндричних отворів, розмірами форми яких є  $\varnothing 15$  та висота 30; розміри 20 і 22 – розміри форми наскрізного призматичного отвору в циліндрі  $\varnothing 60$  – нанесені на головному вигляді, де форма цього отвору показана найбільш наочно. Габаритні розміри деталі 160x80x90.

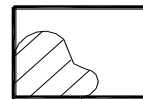
. Розрізи рекомендується виконувати за схемою, де використані такі умовні позначення:



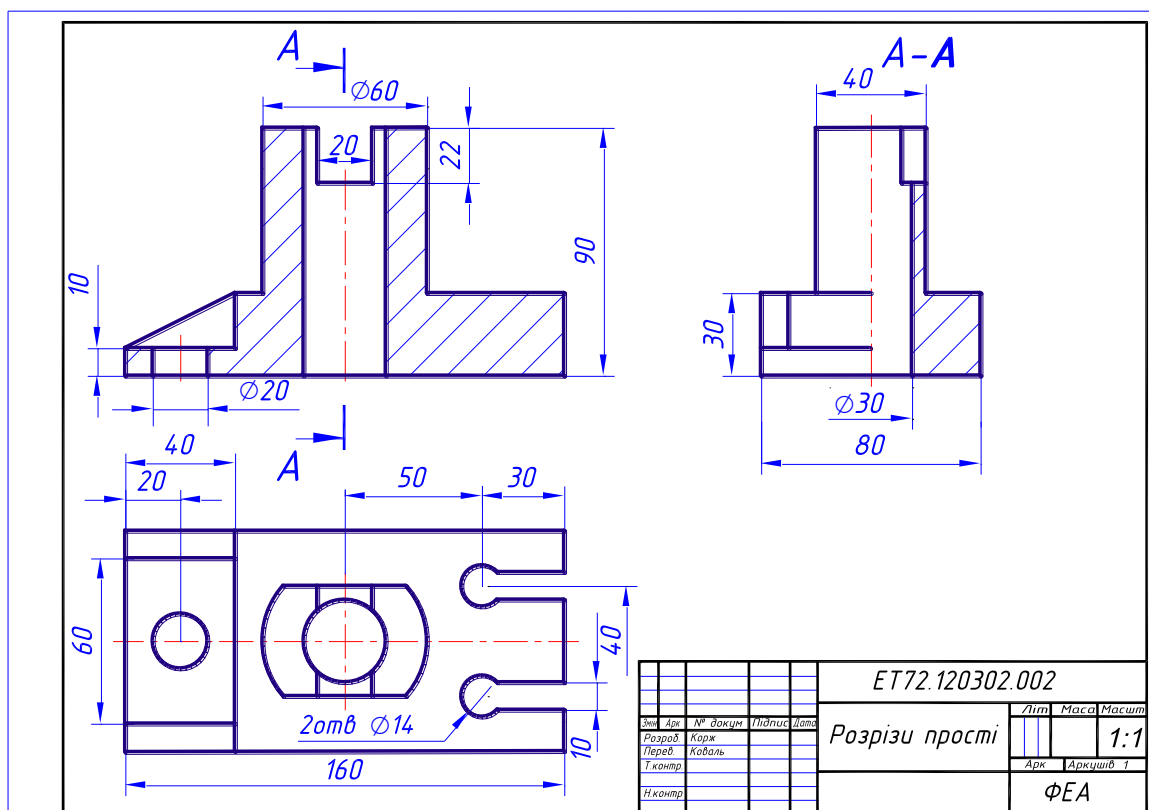
повний  
розріз;



половина вигляду і  
половина розрізу;



місцевий  
розріз.



## Лекція 8

*Розрізи складні* (кілька січних площин), які в свою чергу поділяються на *ступінчасті* (січні площини паралельні, рис.5.8) та *ламані* (січні площини перетинаються, рис.5.9).

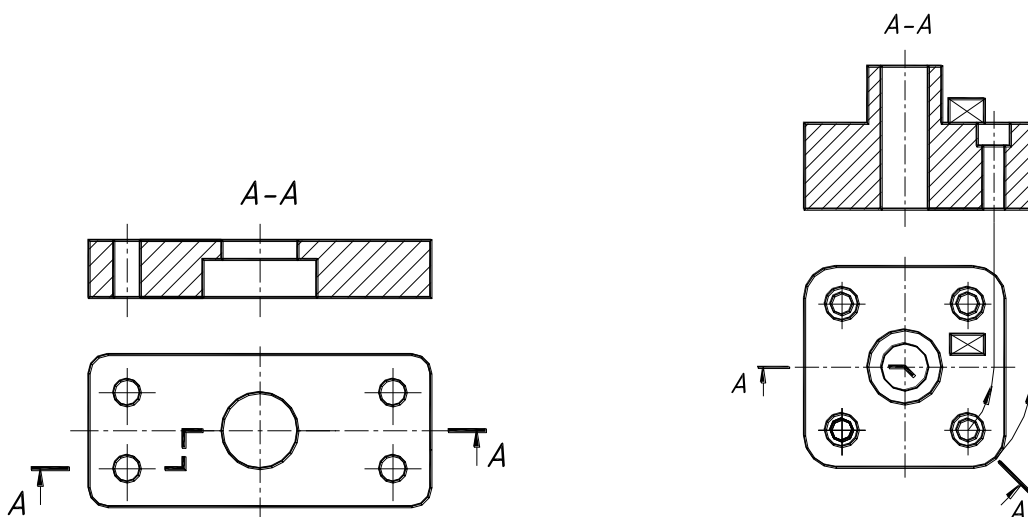
Дозволяється з'єднувати на одному зображенні частину виду та частину розрізу, відокремлюючи їх суцільною хвилястою лінією. Якщо з'єднують половину виду з половиною розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, лінією їх розділу є вісь симетрії (рис.5.7).

При ламаних розрізах січні площини умовно розвертають до суміщення в одну площину, при цьому напрямок повороту не залежить від напрямку погляду. Частини предмету, розташовані за січною площиною, креслять так, як вони проектується на площину, з якою виконується суміщення, тобто без повороту (рис.5.9).

Застосовуються також розрізи, які виявляють внутрішню будову предмета в обмеженому місці – *місцеві* розрізи (рис.5.5, рис.5.7).

Положення січної площини показують на кресленні за допомогою розімкненої лінії завтовшки  $S-1,5S$ . На складних розрізах позначається також перехід від однієї січної площини до другої, причому на самому зображенні розрізу цей перехід ніяк не виділяється. Початковий та кінцевий штрихи не повинні перетинати контур зображення; на відстані 2–3 мм від зовнішніх відносно зображення кінців штрихів мають стояти стрілки, які вказують напрямок погляду, та однакові великі дукви. Сам розріз позначається написом – тими самими дуквами через тире. Букви мають дукти більшого розміру, ніж розмірні числа на тому ж кресленні. Букви слід брати в алфавітному порядку і не повторювати на одному кресленні.

Складні розрізи позначаються завжди, місцеві – ніколи. Прості розрізи не позначаються тільки тоді, коли січна площина є площиною симетрії, відповідні зображення розташовані на одному аркуші в проекційному зв'язку і не відділені один від одного ніяким іншим зображенням (це стосується тільки горизонтальних,



фронтальних та профільних простих розрізів – наприклад, розріз на місці головного вигляду на рис.5.7).

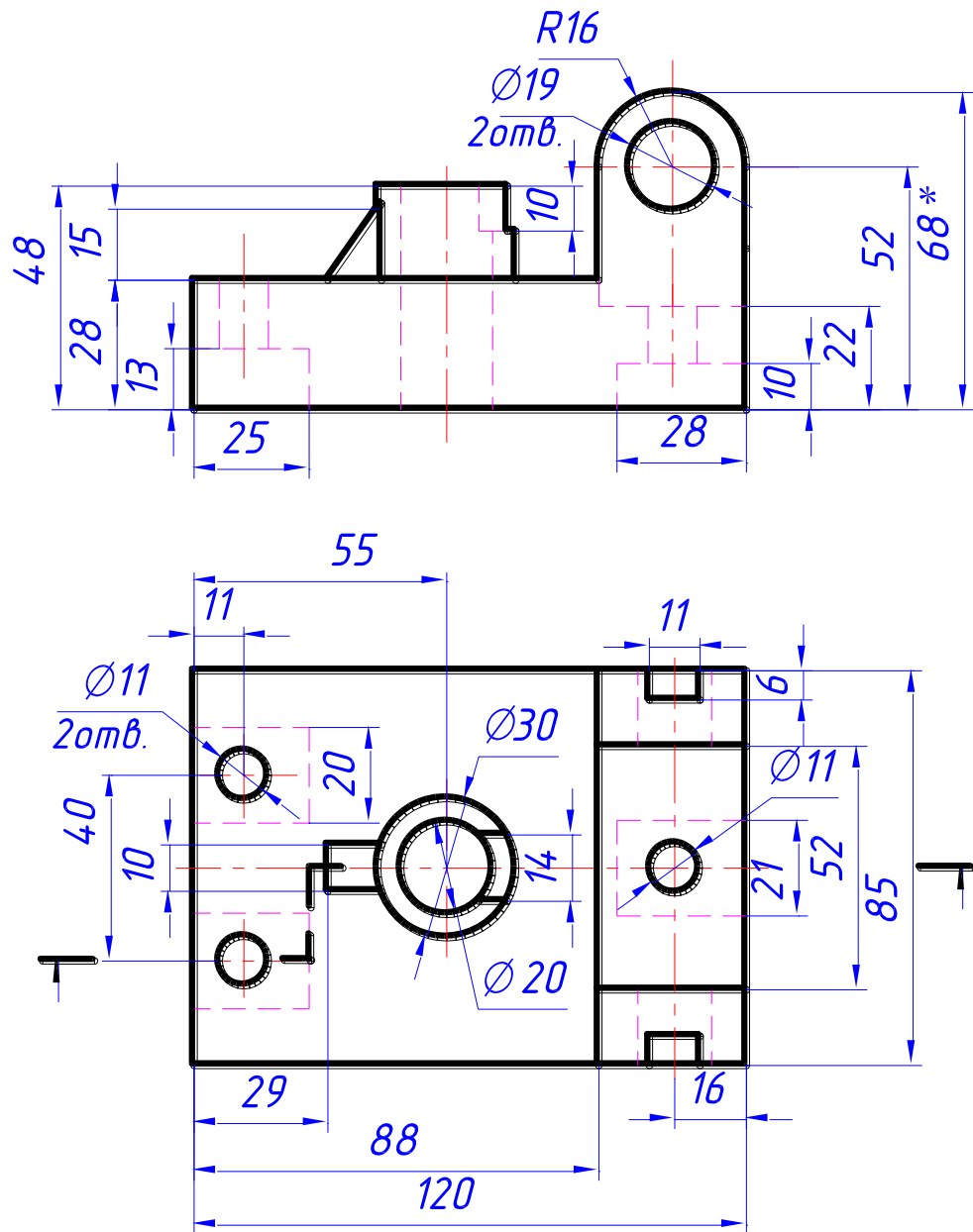


Рис.9.1.

В роботі за двома заданими видами необхідно виконати вид зліва; на місці головного виду виконати складний розріз, позначений на виді зверху, на виді зліва – корисний простий або місцевий розріз; проставити розміри.

Зразок цієї роботи для деталі, зображеної на рис.9.1, показано на рис.9.2, варіанти завдань містяться в Додатку .

