

46(075)

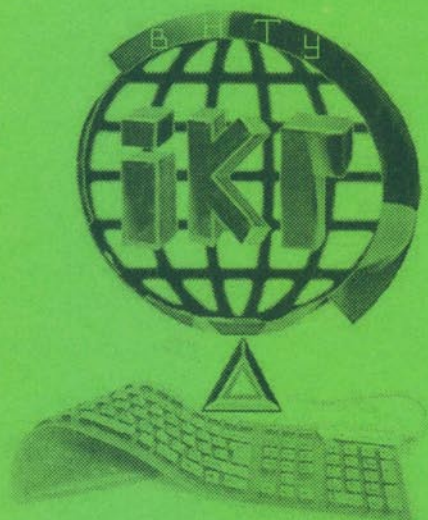
148

О. П. Мельник, Я. Г. Скорюкова, О. В. Слободянюк

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

Дистанційний практикум

Частина І. Прямокутні зображення тривимірних
об'єктів



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. П. Мельник, Я. Г. Скорюкова, О. В. Слободянюк

**ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА
ДИСТАНЦІЙНИЙ ПРАКТИКУМ
Частина I Прямокутні зображення тривимірних об'єктів**

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 744+514.18+004.92

ББК [22.151.3+74.58]я73

М 48

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 28 травня 2009 р.)

Рецензенти:

О. М. Джеджула, доктор педагогічних наук професор

В. Ю. Кучерук, доктор технічних наук професор

А. С. Моргун, доктор технічних наук професор

Мельник, О. П.

М48 Інженерна графіка. Дистанційний практикум. Частина 1. Прямокутні зображення тривимірних об'єктів : навчальний посібник / О. П. Мельник, Я. Г. Скорюкова, О. В. Слободянюк – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 149 с.

В навчальному посібнику розглянуті основні теоретичні положення утворення прямокутних зображень тривимірних геометричних об'єктів, методи розв'язування задач на графічних моделях та відтворення графічних зображень у графічній системі КОМПАС-3D. Всі навчальні матеріали використані у дистанційному курсі в середовищі eLearning Server, тому посібник може бути використаний студентами всіх форм навчання.

УДК 744+514.18+004.92

ББК [22.151.3+74.58]я73

ЗМІСТ

ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ, СИМВОЛИ, СКОРОЧЕННЯ	5
ПЕРЕДМОВА.....	6
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 1. ПРЯМОКУТНІ ПРОЕКЦІЇ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	10
1.1 Точка.....	10
1.2 Пряма. Взаємне положення прямих.....	16
1.3 Площина. Точка і лінія в площині.....	24
1.4 Контрольний тест до інформаційного модуля 1.....	31
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 2. ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ НА ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	34
2.1 Взаємне положення площин. Перша позиційна задача.....	34
2.2 Взаємне положення прямої та площини. Друга позиційна задача.....	37
2.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 2.....	43
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 3. БАГАТОГРАННИКИ.....	47
3.1 Прямокутні проєкції багатогранників.....	47
3.2 Задачі інцидентності на багатогранниках (точка, лінія в гранях, перерізи, отвори).....	49
3.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 3.....	53
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 4. МЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ НА ПЕРЕТВОРЕНИХ ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ.....	55
4.1 Заміна площин проєкцій.....	55
4.2 Плоско-паралельне переміщення.....	64
4.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 4.....	69
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 5. КРИВІ ПОВЕРХНІ.....	71
5.1 Загальна характеристика формоутворення кривих поверхонь	71
5.2 Прямокутні проєкції поверхонь обертання.....	72
5.3 Прямокутні проєкції поверхонь переносу.....	79
5.4 Задачі інцидентності на кривих поверхнях (точка, лінія, перерізи, отвори).....	89
5.5 Контрольний тест до інформаційного модуля 5.....	95
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 6. ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ НА ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ ПОВЕРХОНЬ.....	97
6.1 Третя позиційна задача.....	97
6.2 Четверта позиційна задача.....	101
6.3 П'ята позиційна задача.....	105
6.4 Контрольний тест до інформаційного модуля 6.....	112
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 7. ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ В СЕРЕДОВИЩІ КОМПАС-3D.....	118
7.1 Загальні відомості.....	118

7.2 Панелі інструментів.....	118
7.3 Створення нових документів.....	122
7.4 Інструментальні засоби геометричної побудови об'єктів системи КОМПАС-3D.....	123
7.5 Створення робочого креслення.....	125
7.6 3D – моделювання в графічній системі КОМПАС.....	135
7.7 Контрольний тест до інформаційного модуля 7.....	143
ЛІТЕРАТУРА.....	144
УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ УЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ.....	146

ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ, СИМВОЛИ, СКОРОЧЕННЯ

1. Точки – $A, B, C, D, E, \dots, Z$; $1, 2, 3, \dots$
2. Прямі – $a, b, c, d, \dots, z$.
3. Горизонталь – h , фронталь – f .
4. Площини – $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots$
5. Поверхні – $A, B, \Gamma, \Delta, \Theta, \Lambda, \Pi, \dots$
6. Кути – $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots$
7. Площини проекцій: Π_1 – горизонтальна, Π_2 – фронтальна, Π_3 – профільна.
8. $\cap$ перетин фігур.
9. $\parallel$ – паралельність.
10. $\equiv$ – збіг.
11. Осі проекцій: X_{12} – поділяє площини проекцій Π_1 та Π_2 , Y_{13} – поділяє площини проекцій Π_1 та Π_3 , Z_{23} – поділяє площини проекцій Π_2 та Π_3 .
12. Позначення проекцій фігур такі же самі, але з доданням індексу відповідної площини проекцій.

ПЕРЕДМОВА

Сьогодення сучасної науки та техніки характеризується необхідністю створення, передачі та обробки великих обсягів інформації. Тому важливу роль у підготовці фахівця будь-якого інженерного напрямку відіграють знання сукупності методів та засобів візуалізації технічних рішень. Однією з дисциплін, що дозволяють отримати навички, пов'язані з побудовою математичних і графічних моделей інженерних об'єктів, процесів та явищ, розробкою та оформленням різноманітної графічної і текстової конструкторської документації, є інженерна графіка, яка перш за все, вивчає методи синтезу та аналізу плоских зображень тривимірних об'єктів сучасними комп'ютерними засобами.

Останнім часом, завдяки розвитку та застосуванню в багатьох галузях науки і техніки комп'ютерного моделювання, що успішно замінює натурний експеримент, виникла можливість використання теоретичної основи інженерної графіки – нарисної геометрії як моделюючого інженерного апарата.

У цьому посібнику викладені основні методи відображення формоутворюючих елементів простору – точок, прямих, площин, методи геометричного моделювання, тобто створення об'єкта, що відповідав би наперед заданим умовам, складних фігур – багатогранників, кривих поверхонь, а також методи розв'язання на графічних моделях метричних та позиційних задач.

Весь матеріал розподілено на 7 інформаційних модулів, кожен з яких подано за наступною структурою: теоретичні відомості, комплект практичних задач з прикладами покрокового розв'язування типових задач, тест для самоперевірки. Таким чином, посібник орієнтований на дистанційне опанування дисципліни. Він з успіхом може бути використаний як студентами, що навчаються як на очній, так і заочній формах навчання всіх напрямів інженерії.

На базі можливостей віртуального навчального середовища eLearning Server 3000 кафедрою інженерної та комп'ютерної графіки Вінницького національного технічного університету розроблений та впроваджений дистанційний курс з дисципліни «Інженерна графіка». Для того, щоб навчатись в дистанційному курсі або використовувати його матеріали для вивчення дисципліни, Ви повинні:

1. Зайти на сайт дистанційного навчання ВНТУ за адресою:

<http://elearn.vstu.edu.ua/>

2. Ви потрапляєте на першу сторінку навчального порталу та входите в **Подати заявку**.



eLearning
Server

Авторизація

Ім'я:

Пароль:

Увійти

[Забули пароль?](#)

[Подати заявку](#)

Новини

17.02.09

Оновлено систему дистанційного навчання

Оновлено систему дистанційного навчання до версії 3.3 від 17.02.2009

20.11.08

Розробники ДК

Шановні розробники ДК, на нашому сайті з'явилась оновлена версія конвертера "TP_setup 1.06", а також...

3. Вам відкриваються рубрики, на які розділені всі дистанційні курси. Вибираєте рубрику «Інженерія».



[слухач](#) → [заявки](#) → [подати заявку](#)

Подати заявку



4. Після цього відкриється панель з переліком всіх дистанційних курсів. Ви знаходите дистанційний курс «Інженерна графіка» і натискаєте **Подати заявку**.

Подати заявку

Пункти		
рубрики отсуствуют		
ГРН	Група	Дія
Інженерна графіка	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку
Інженерна та комп'ютерна графіка (InEtcU)	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку
Інженерна та комп'ютерна графіка (З-ФН 6.050401, 6.050402, 6.050403)	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку
Інженерні системи	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку
Інтелектуальна власність	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку
Інформаційно-пошукові системи мережі Інтернет	Послідовність узгоджень Реєстрація викладачем	Подати заявку

5. Відкривається форма, яку Ви повинні заповнити. Пункти, які позначені зірочкою (Облікове ім'я, Прізвище, Ім'я, По-батькові, E-mail), заповнити обов'язково. **Облікове ім'я (логін)** Ви вибираєте самі, пишете його англійськими літерами (це ім'я, під яким Ви будете входити в систему). Наприклад, Денисюк Л. в системі зареєстрований під ім'ям denis; Ковальчук О. – kovalchuk; Шенгович В. – SHeng і т.д. В графі **Примітки** вкажіть свою групу.



Подати заявку

Інженерна графіка

Облікове ім'я (логін) *

Прізвище *

Ім'я *

По - батькові

E-mail *

Примітки

День народження

Мова інтерфейсу за замовчуванням:

☒ русский ☐ english ☐ український



Після заповнення карточки натисніть **OK**.

6. Після цього система Вам повідомить, що Вашу заявку прийнято. Через деякий час на Вашу електронну адресу адміністратор центра дистанційної освіти (ЦДО) надішле логін і пароль, за якими Ви будете входити до дистанційного курсу. Всі запитання надсилайте електронною поштою викладачу (його електронну адресу Ви отримаєте в дистанційному курсі). Бажаємо Вам успіхів!!!

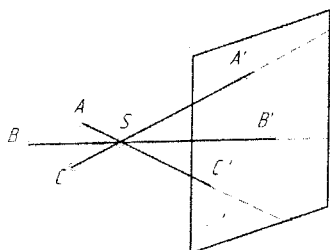
ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 1

ОРТОГОНАЛЬНІ ПРОЕКЦІЇ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОБУДОВ

1.1 Точка

Теоретичною основою побудови технічних зображень є метод проєкцій, який дає змогу діставати зображення просторових фігур на площині чи поверхні.

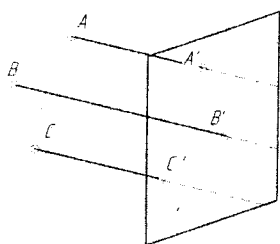
На рис.1.1 зображений приклад центрального проєкціювання точок. Якщо взяти довільну точку S і сполучити її з іншими точками, то дістанемо в'язку прямих.



S – центр проєкціювання;
 SA, SB, SC – проєкціювальні промені;
 P' – площина проєкцій;
 A, B, C – точки;
 A', B', C' – проєкції точок на P'

Рисунок 1.1 – Просторова модель системи центрального проєкціювання

Якщо проєкціювальні промені спрямувати у одному відповідному напрямку то дістанемо метод паралельного проєкціювання (рис.1.2). Паралельне проєкціювання може бути прямокутним (ортогональним) або косокутним.



AA', BB', CC' – проєкціювальні промені;
 P' – площина проєкцій;
 A, B, C – точки;
 A', B', C' – проєкції точок на площину P' .

Рисунок 1.2 – Просторова модель системи паралельного проєкціювання

Залежно від положення площин проєкцій та центрів проєкціювання можна діставати різні проєкційно-зображувальні системи. Найбільш поширеною є система прямокутних ортогональних проєкцій або метод

Монжа. За цим методом обираються площини, які перпендикулярні одна до одної (рис. 1.3, а).

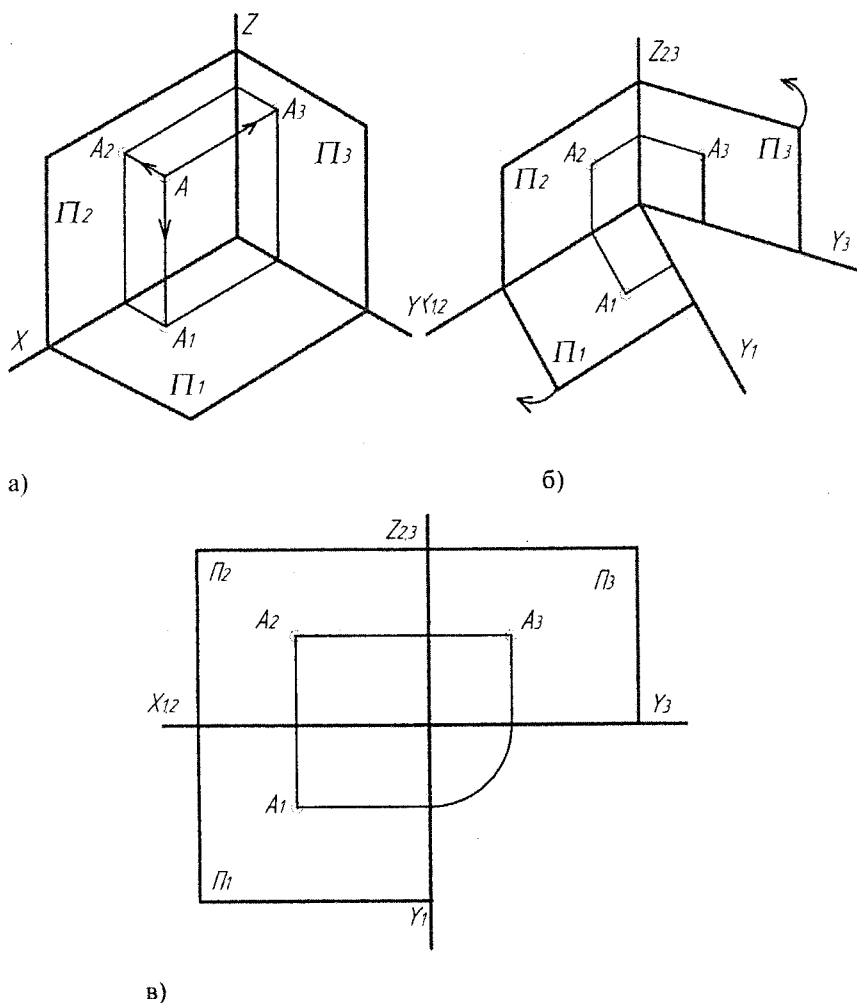


Рисунок 1.3 – Перетворення просторової моделі системи площин проєкцій в проєкційне креслення: а) просторова модель; б) проміжний етап трансформації; в) проєкційне креслення

Якщо горизонтальну площину проєкцій, обернути навколо осі X проти часової стрілки на 90° , а профільну площину проєкцій так саме навколо осі Z (рис. 1.3, б), то отримаємо плоске зображення проєкцій

точки А (рис.1.3, в). Таке зображення має назву проєкційного креслення або еюра Монжа.

Горизонтальна і фронтальна площини проєкцій поділяють простір на чотири октанти. На рисунках 1.4, 1.5 показані приклади проєкцій точок, що розташовані в різних октантах.

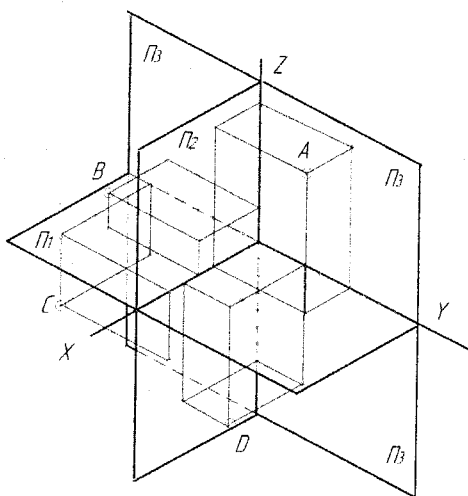


Рисунок 1.4 – Просторова модель системи площин проєкцій з чотирьох октантів

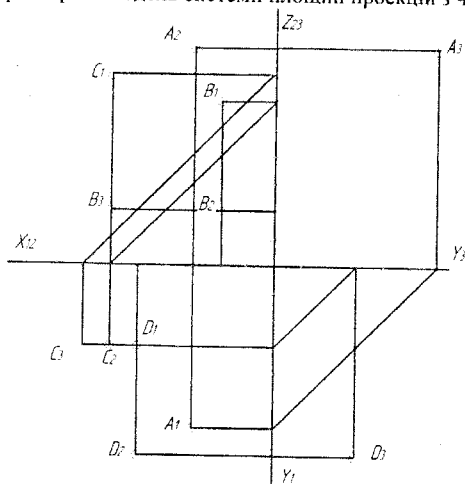
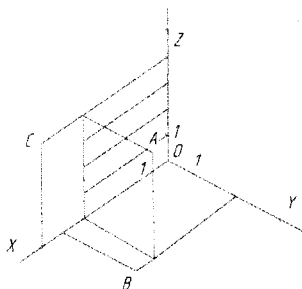


Рисунок 1.5 – Проекційне креслення точок розташованих в чотирьох октантах простору

Задачі для самостійного розв'язування

Задача №1



Записати координати точок A, B, C:

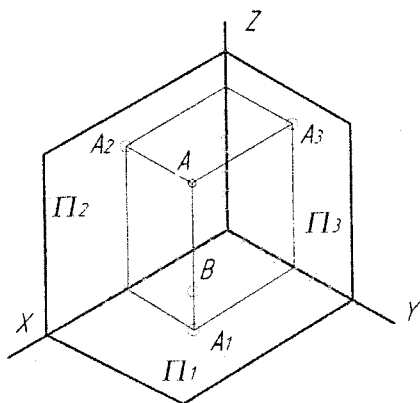
A(..., ..., ...);

B(..., ..., ...);

C(..., ..., ...).

Задача №2

Побудувати епюри точок A і B. Проаналізувати їх положення відносно площини Π_1 .



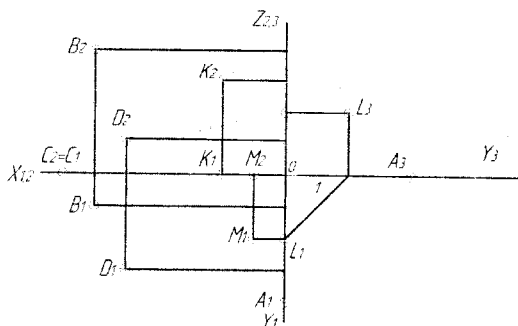
Задача №3

Побудувати епюри точок за заданими в таблиці 1.1 значеннями координат.

Таблиця 1.1

	A	B	C	D	E	F	G
X	15	0	20	8	0	10	0
Y	4	1	0	3	6	0	0
Z	4	3	2	0	0	0	5

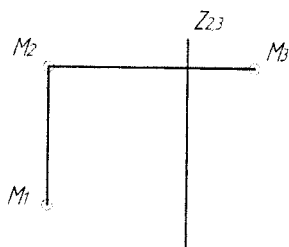
Задача №4



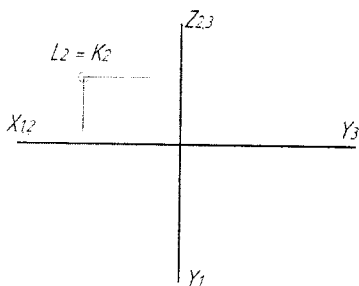
За двома заданими проекціями точок побудувати їх треті проекції.

Задача №5

Визначити положення горизонтальної осі проєкцій ОХ.



Задача №6



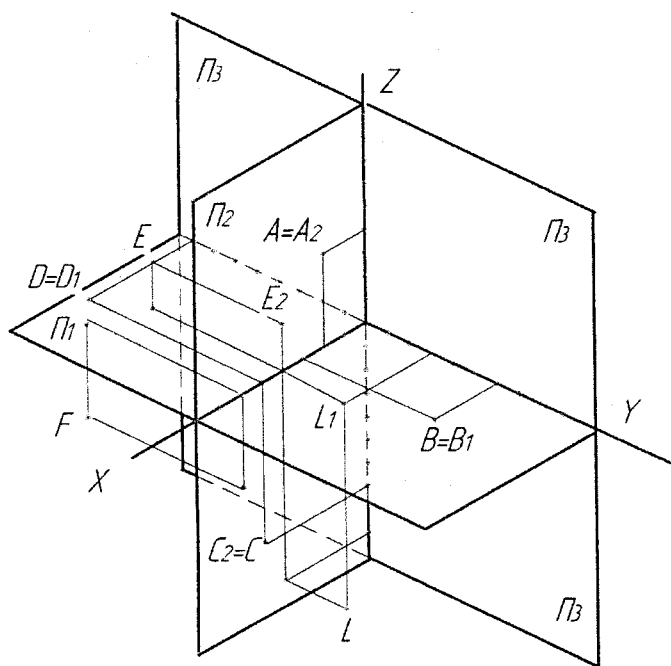
Побудувати горизонтальні проєкції точок K і L за умови, що точка K знаходиться на відстані 25 мм від площини проєкцій P_2 , а точка L належить до площини проєкцій P_2 .

Задача №7

Для наданого рисунка:

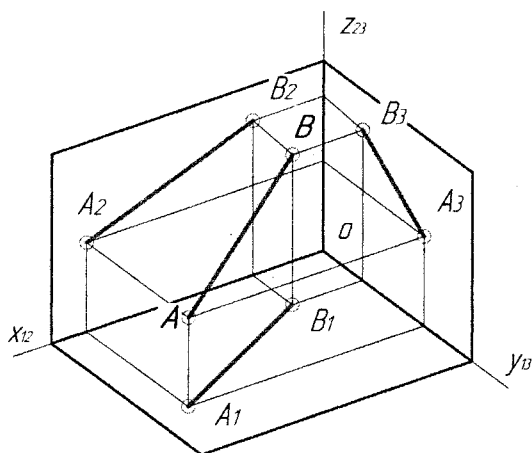
- побудувати епюри точок зображених на просторовій моделі системи площин проєкцій;
- записати координати побудованих точок;
- знайти точки(у), найбільш віддалені від площини проєкцій Π_1 ;
- знайти точки(у), найбільш віддалені від площини проєкцій Π_2 ;

- д) знайти точки(у), найбільш віддалені від площини проєкцій Π_3 ;
 е) визначити, чи є точки, що рівновіддалені від однієї площини проєкцій.



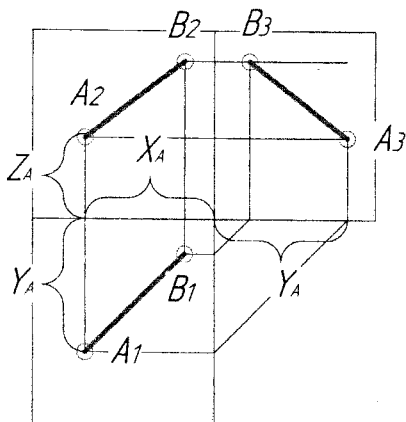
1.2 Пряма. Взаємне положення прямих

Відомо, що пряма лінія ℓ в просторі визначається положенням двох її



точок, наприклад A і B , які показані на рис. 1.5. Це означає, що достатньо виконати комплексне креслення вказаних точок, з'єднати однойменні проєкції точок прямими лініями та отримати відповідно горизонтальну A_1B_1 , фронтальну A_2B_2 , профільну A_3B_3 проєкції прямої, заданої відрізком AB (див. рис.1.5).

Рисунок 1.5 – Утворення прямокутних проєкцій прямої лінії



Відносно площин проєкцій пряма може займати різне положення. Пряма, яка не паралельна жодній з площин проєкцій має назву *прямої загального положення*. Комплексне креслення такої прямої показано на рис. 1.6.

Пряму, паралельну одній з площин проєкцій, називають *прямою рівня*. Пряму, перпендикулярну одній з площин проєкцій, називають *проекціовальною прямою*.

Рисунок 1.6 - Комплексне креслення прямої загального положення

Точки, в яких пряма перетинає площини проекцій, називають *слідами*. На рис. 1.7 показано пряму загального положення, яка утворена двома точками N і M , кожна з яких належить відповідній площині проекцій. Тому сліди прямої лінії можна розглядати як точки, які одночасно належать прямій та площині проекцій.

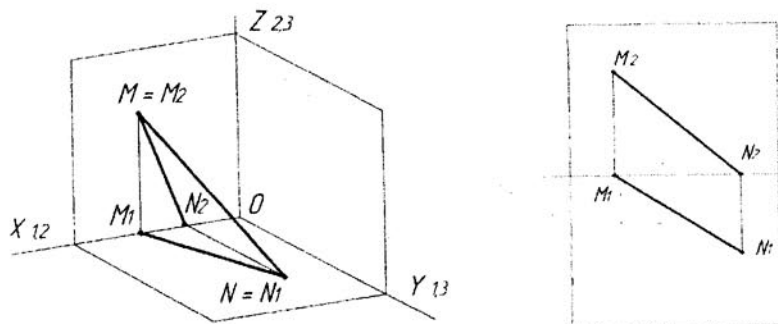


Рисунок 1.7 - Сліди прямої загального положення

Пряма загального положення перетинає три площини проекцій, тому має три сліди.

Пряма рівня перетинає дві площини проекцій. На рис. 1.8 показано побудову слідів горизонтальної прямої AB . Точка $M (M_1, M_2)$ – фронтальний слід прямої, точка $N (N_1, N_3)$ – профільний слід прямої.

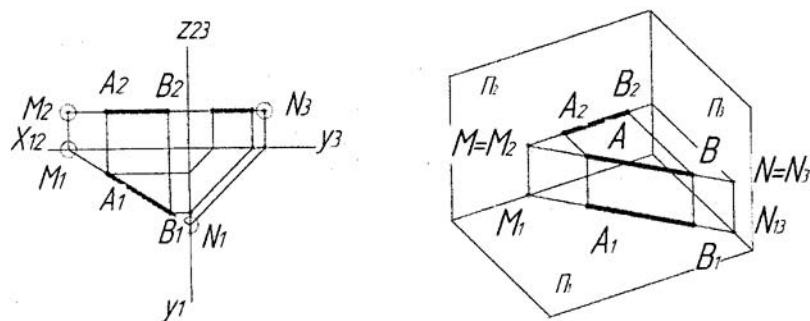


Рисунок 1.8 - Сліди прямої рівня

Проекціювальна пряма перетинає одну площину проєкцій. На рис.1.9 показано побудову сліду фронтально-проекціювальної прямої АВ. Точка М (M_1, M_2) – фронтальний слід прямої АВ, або точка, яка одночасно належить площині проєкції Π_2 та прямій.

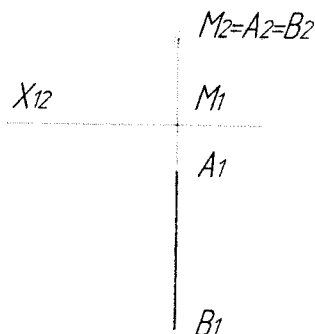
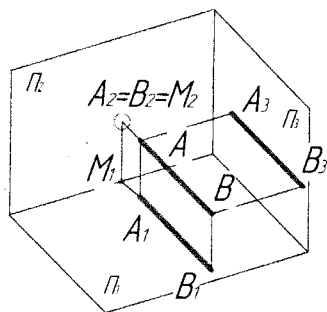
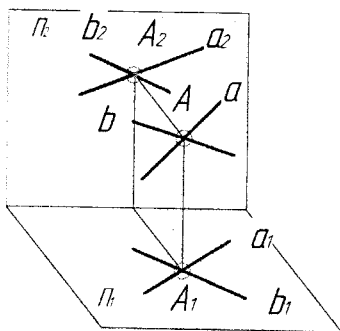


Рисунок 1.9 - Слід проекціювальної прямої

Дві прямі в просторі можуть перетинатись, бути паралельними та мимобіжними.



Якщо дві прямі a і b перетинаються в деякій точці A (показано на рис. 1.10), то проєкції цієї точки повинні належати однойменним проєкціям прямих, тобто точки перетину однойменних проєкцій прямих, що перетинаються, повинні належати одній лінії зв'язку A_1A_2 .

Рисунок 1.10 - Утворення прямокутних проєкцій прямих, що перетинаються

Якщо дві прямі a і b паралельні (показано на рис. 1.11), то на комплексному кресленні їх однойменні проєкції також паралельні $a_2//b_2$, $a_1//b_1$.

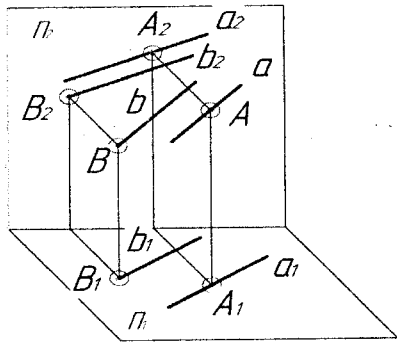


Рисунок 1.11 - Утворення прямокутних проєкцій паралельних прямих

Якщо дві прямі a і b мимобіжні, то на комплексному кресленні їх однойменні проєкції перетинаються в точках, що не належать одній лінії зв'язку. На рис. 1.12 горизонтальні проєкції прямих a_1 і b_1 перетинаються в точці $A_1=B_1$, яка відповідає горизонтальній проєкції двох конкуруючих відносно площини проєкцій Π_1 точок A і B , а фронтальні проєкції прямих a_2 і b_2 перетинаються в точці $C_2=D_2$, яка відповідає фронтальній проєкції двох конкуруючих відносно площини проєкцій Π_2 точок C і D .

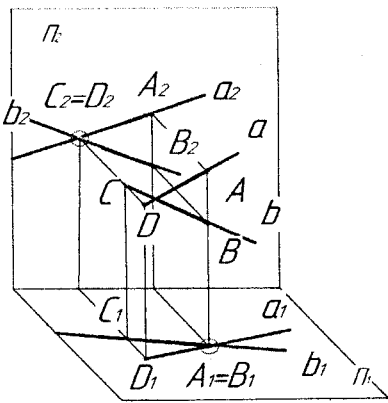


Рисунок 1.12 - Утворення прямокутних проєкцій мимобіжних прямих

Задачі для самостійного розв'язування

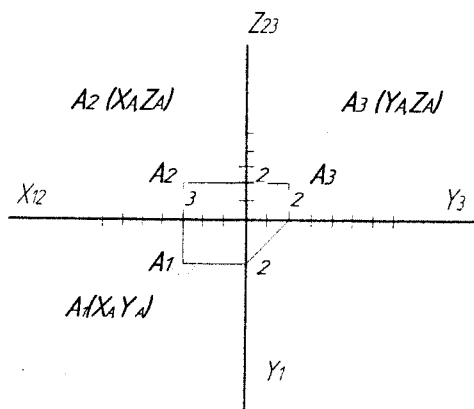
Задача №8

Побудувати проєкції відрізків прямих AB, CD, ..., ST за заданими координатами вершин. Визначити положення прямих відносно системи площин проєкцій.

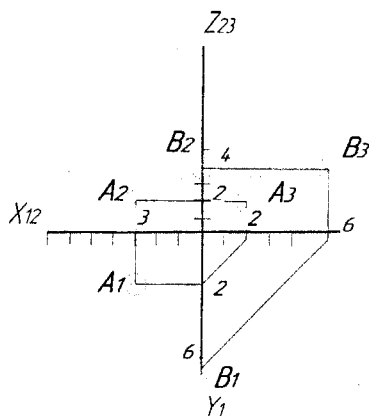
Відрізок		X	Y	Z
AB	A	3	2	2
	B	0	6	4
CD	C	4	1	1
	D	1	2	1
EF	E	4	2	2
	F	6	2	5
KL	K	8	4	4
	L	8	7	8
MN	M	9	8	10
	N	9	8	1
PR	P	10	3	6
	R	10	6	6
ST	S	1	9	7
	T	5	9	7

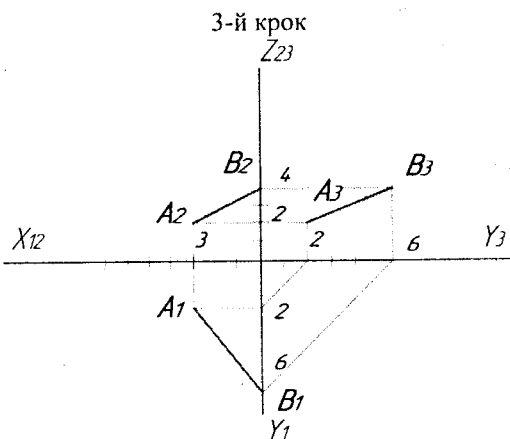
Приклад розв'язування :

1-й крок



2-й крок

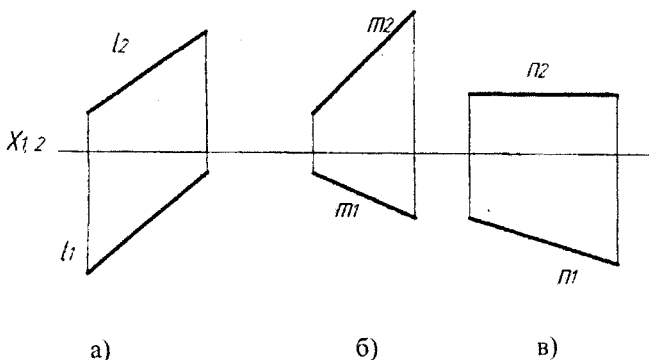




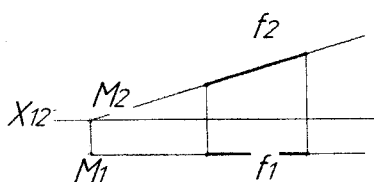
Прямокутні проекції відрізка АВ утворені шляхом сполучення побудованих на попередніх кроках однойменних прямокутних проекцій його окремих точок.

Задача №9

Визначити на заданих прямих точку М, що належить площині проекцій Π_1 , та точку N, що належить площині проекцій Π_2 .



Приклад типового розв'язування:



Прямокутні проекції M_1 і M_2 шуканої точки М визначені за умови їх належності однойменним проекціям прямої f та урахуванням нульового значення координати Z .

Задача №10

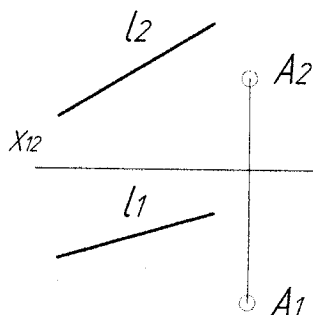
Побудувати прямокутні проекції прямих ℓ і m , які перетинаються в т. А. Пряма ℓ - фронталь, пряма m - профільна пряма.

Задача №11

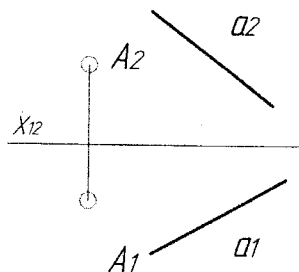
Прямі h (горизонталь) та ℓ (загального положення) перетинаються під кутом 90° . Побудувати прямокутні проекції прямих.

Задача №12

Побудувати проекції прямої m , яка проходить через т. А та паралельна прямій ℓ . Побудувати проекції горизонталі h , яка перетинає лінію ℓ .



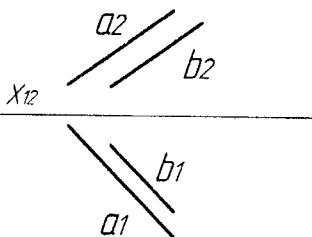
Задача №13



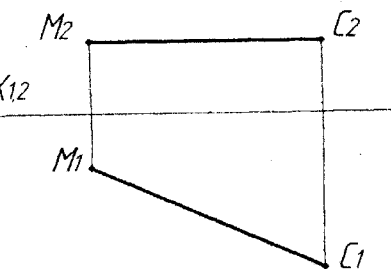
Через точку А провести пряму ℓ , мимобіжну відносно прямої a . Пряма ℓ повинна проходити над прямою a .

Задача №14

Побудувати проекції фронталі f , яка знаходиться на відстані 20 мм від площини проекцій Π_2 і перетинає задані паралельні прямі.



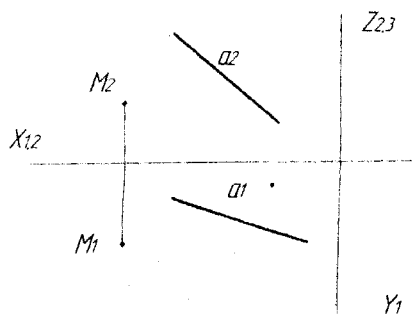
Задача №15



Побудувати проєкції ΔACB , якщо:

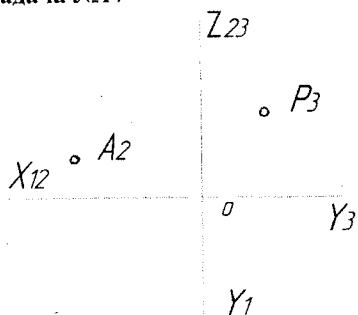
- CM – висота рівнобедреного трикутника ;
- точка A – належить площині проєкцій Π_1 ;
- точка B – належить площині проєкцій Π_2

Задача №16



Через точку M провести пряму b , яка перетинає пряму a та вісь OZ .

Задача №17



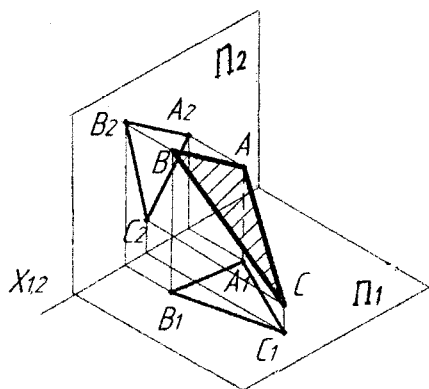
За заданими слідами A і P прямої m побудувати її проєкції.

1.3 Площина. Точка і лінія в площині

Будь-яку площину визначають: 1) три точки, що не належать одній прямій; 2) пряма і точка, що не належить прямій; 3) дві прямі, що перетинаються; 4) дві паралельні прямі; 5) будь-який відрізок площини, наприклад у вигляді трикутника.

На комплексному кресленні площини задають за допомогою відповідних проєкцій геометричних фігур, що визначають площину.

Відносно площин проєкцій площина може займати: 1) *загальне положення* – не перпендикулярне жодній з площин проєкцій; 2) *положення рівня* – паралельне одній площини проєкцій; 3) *проєкційне вальне положення* – перпендикулярне до однієї площини проєкцій.



Послідовність утворення прямокутних проєкцій площини загального положення, яка визначена трикутником ABC, показана на рис. 1.13, а,б,в.

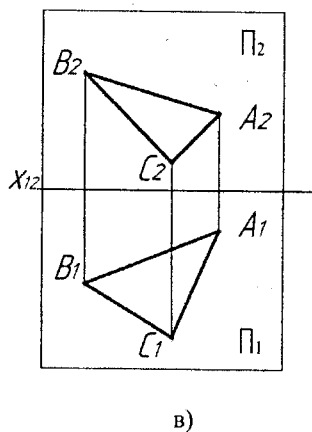
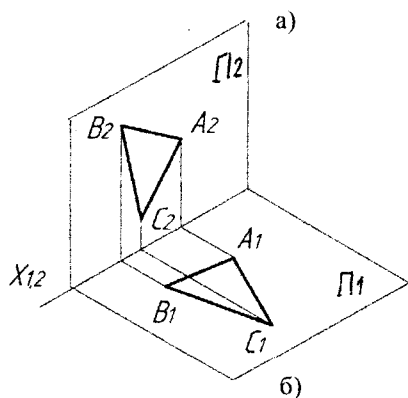
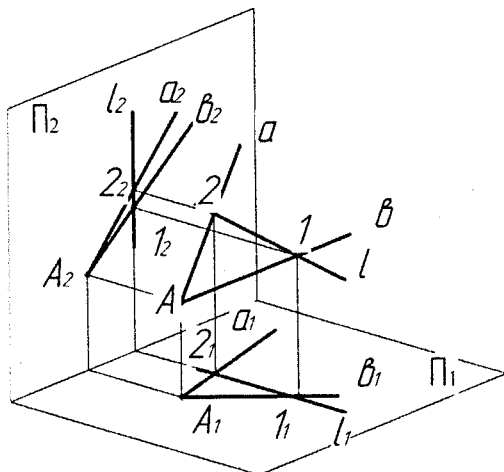
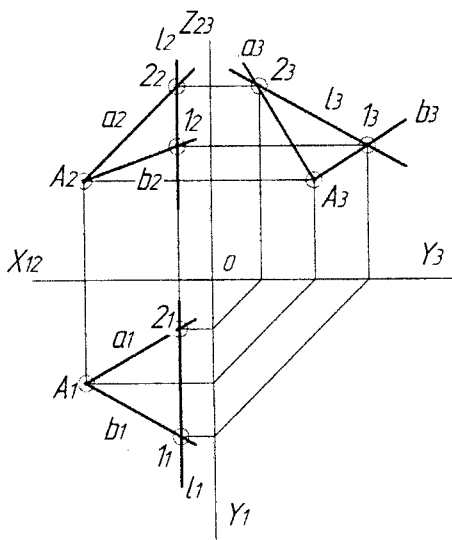


Рисунок 1.13 - Прямокутні проєкції площини загального положення

Пряма, належить площині за умови належності її будь-яких двох точок такій площині. На рис. 1.14,а показана площина, яка визначена двома прямими a і b , та пряма l . Спільними точками між площиною та прямою є точки 1 і 2. На комплексному кресленні проекції прямої, що належить заданій площині, обов'язково проходять через відповідні проекції точок, які також належать площині: $\ell(12) \rightarrow [\ell_1(1_1 2_1), \ell_2(1_2 2_2)]$ (див. рис. 1.14,б).



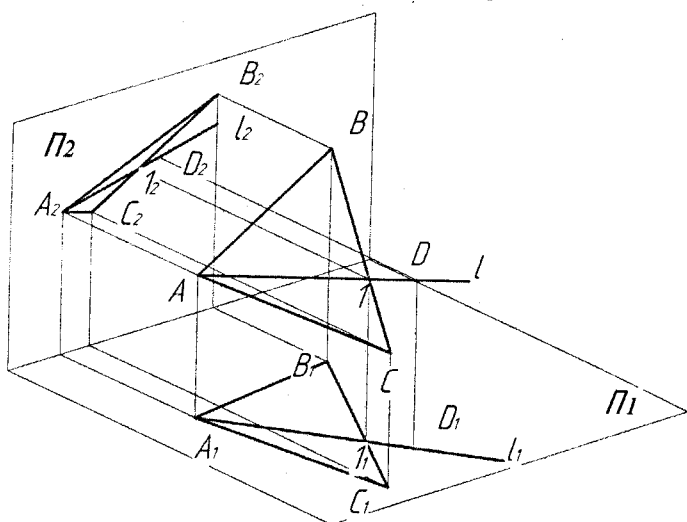
а)



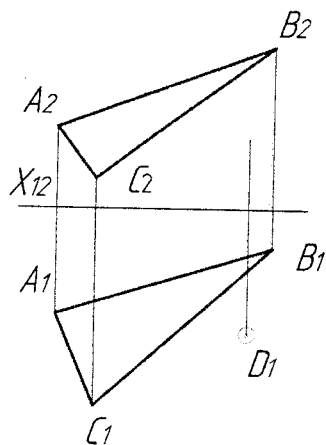
б)

Рисунок 1.14 - Побудова лінії в площині загального положення

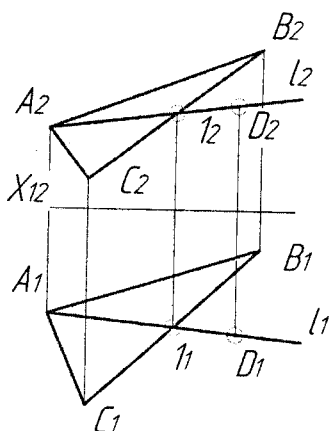
Точка належить площині, якщо вона належить будь-якій прямій в заданій площині. На рис. 1.15, а,б,в показана площина, визначена трикутником ABC , та побудова проєкцій точки D в площині за допомогою допоміжної прямої $l(A1) \rightarrow [l1(A111), l2(A212)]$



а)



б)



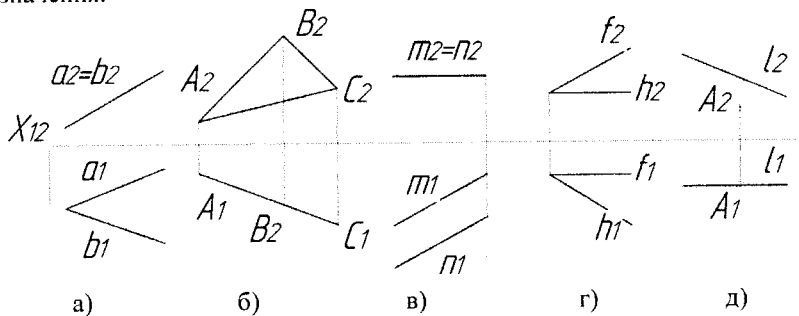
в)

Рисунок 1.15 - Побудова проєкцій точки, яка належить площині

Задачі для самостійного розв'язування

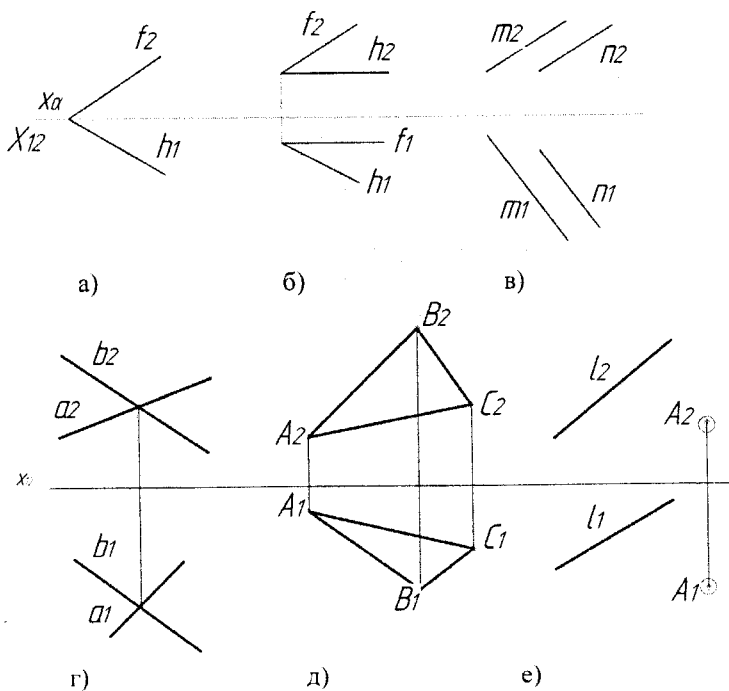
Задача №18

Визначити положення площин. Записати в символній формі їх позначення.



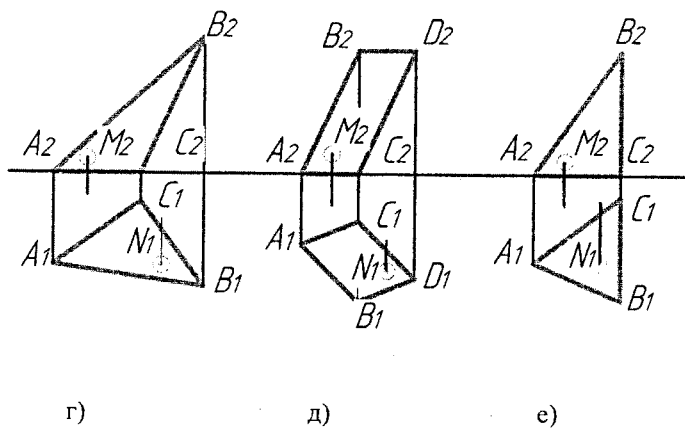
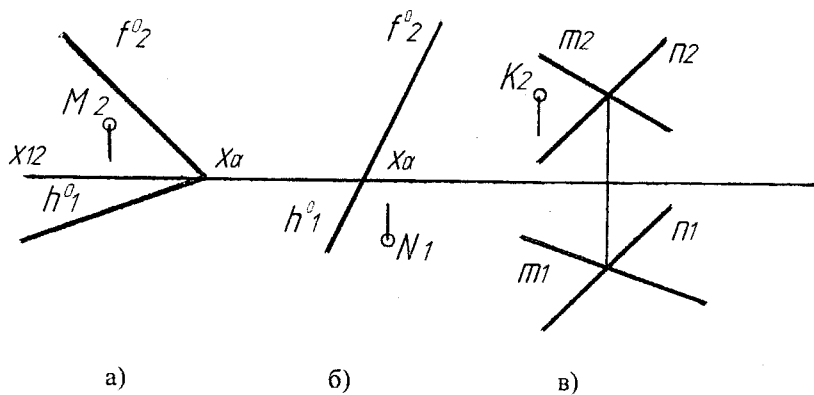
Задача №19

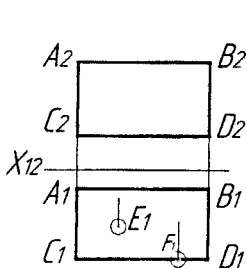
Побудувати лінії рівня в заданих площинах.



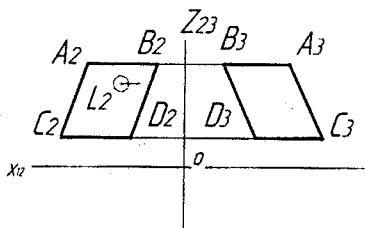
Задача №20

Побудувати відсутні проекції точок за умови їх належності заданим площинам.





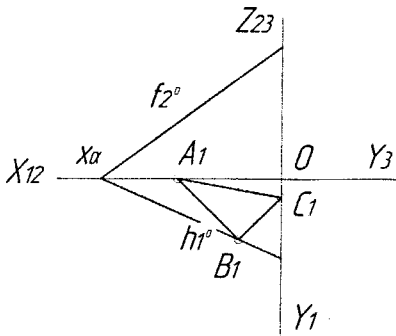
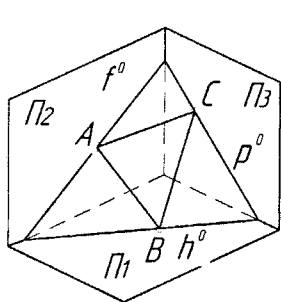
ж)



з)

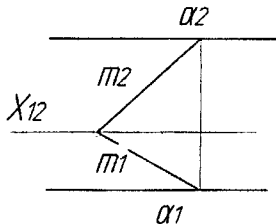
Задача №21

Побудувати фронтальну проекцію $\triangle ABC$, яка належить площині $\alpha (f^\circ \cap h^\circ)$.

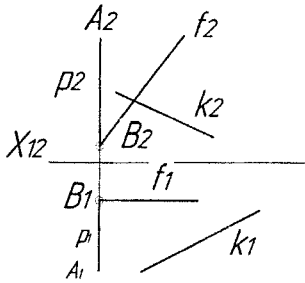


Задача №22

Визначити графічно: а) чи належить пряма m площині α ; б) чи паралельна площині $\alpha (p \cap f)$ прямій k .



а)

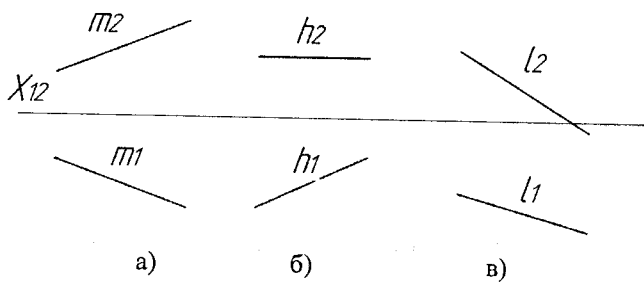


б)

Задача №23

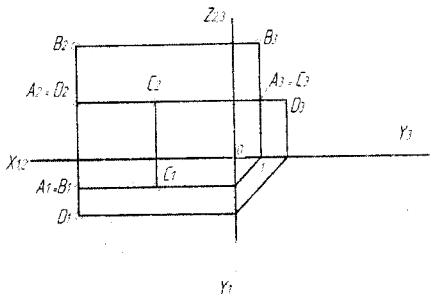
Взяти:

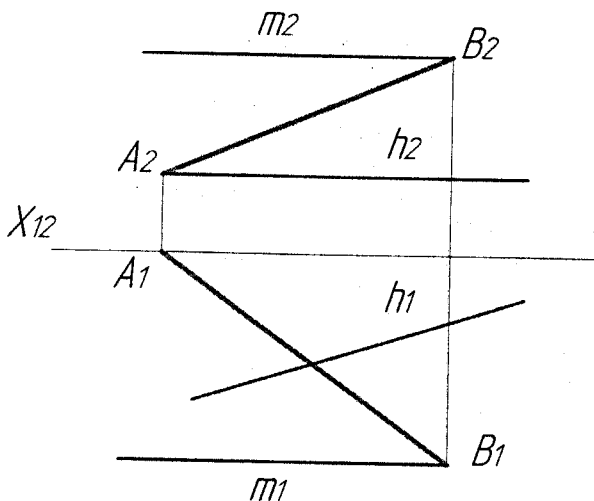
- а) пряму m в фронтально-проекційвальну площину;
- б) пряму h в горизонтальну площину;
- в) пряму l в горизонтально-проекційвальну площину.



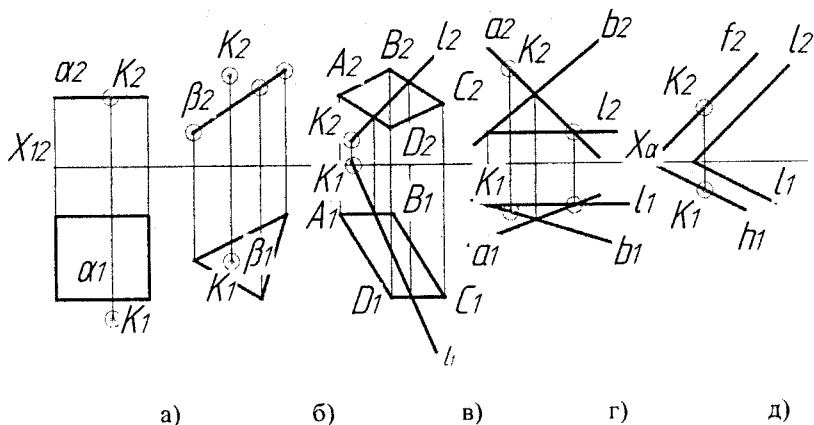
1.4 Контрольний тест до інформаційного модуля 1

- Скільки і які координати визначають положення точки відносно системи площин проекцій Π_1, Π_2, Π_3 ?
 - три (координати по осі абсцис, ординат, аплікат);
 - дві (координати по осі абсцис і ординат);
 - одна (координата по осі аплікат).
 - Скільки і які проекції точки визначають її положення відносно системи площин проекцій Π_1, Π_2, Π_3 ?
 - три (горизонтальна, фронтальна і профільна);
 - дві (горизонтальна і фронтальна);
 - дві (фронтальна і профільна);
 - одна (горизонтальна).
 - Які точки називають конкуруючими відносно площини проекцій Π_1 ?
 - точки A і B;
 - точки B і C;
 - точки A і C.
 - Які координати точки дорівнюють нулю, якщо вона належить площині Π_3 ?
 - координата по осі абсцис OX;
 - координата по осі ординат OY;
 - координата по осі аплікат OZ.
 - Де знаходиться фронтальна проекція точки, яка належить до осі OX ?
 - на осі абсцис OX ;
 - на фронтальній площині проекцій Π_2 ;
 - на осі аплікат OZ.
 - Які з названих точок A(20; 20; 0); B(50; 20; 30); C(0; 20; 30) рівновіддаленні від площини проекцій Π_1 ?
 - точки A і B;
 - точки A і C;
 - точки B і C.
 - Які координати визначають горизонтальну проекцію точки?
 - координати по осі абсцис OX, ординат OY, аплікат OZ;
 - координати по осі абсцис OX і ординат OY;
 - координата по осі аплікат OZ;
 - координата по осі аплікат OZ і абсцис OX.
 - В якому октанті знаходиться точка A (20; -5; -10)?
 - в першому;
 - в другому;
 - в третьому;
 - в четвертому.
-





9. Вкажіть, яке положення займає відрізок АВ:
 - а) загальне положення;
 - б) горизонтальне положення;
 - в) фронтальне положення.
10. Яке положення займає пряма h:
 - а) фронтально-проекційвальне;
 - б) горизонтально-проекційвальне;
 - в) горизонтальне.
11. Яке положення займає пряма m:
 - а) профільно-проекційвальне;
 - б) фронтальне;
 - в) горизонтальне.
12. Яку назву має точка А для відрізка АВ:
 - а) профільний слід;
 - б) фронтальний слід;
 - в) горизонтальний слід.
13. Яке взаємне положення займають прямі h і m:
 - а) положення паралельних прямих;
 - б) положення прямих, що перетинаються;
 - в) положення мимобіжних прямих.



14. На якому рисунку задана фронтально-проекційвальна площина?
15. На якому рисунку задана горизонтальна площина?
16. На якому рисунку площина загального положення задана чотирикутним відсіком?
17. На якому рисунку площина загального положення задана слідами?
18. На якому рисунку задана точка K , яка належить площині?
19. На якому рисунку задана пряма, яка належить площині загального положення?

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 2

ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ НА ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1 Взаємне положення площин. Перша позиційна задача

Дві площини у просторі можуть перетинатися або бути паралельні.

Ознака *паралельності площин*: якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини відповідно паралельні двом прямим, що перетинаються, другої площини, то площини паралельні між собою (рис.2.1).

Символьний запис:

$$(a \parallel m; b \parallel n) \rightarrow \alpha (a \cap b) \parallel \beta (m \cap n)$$

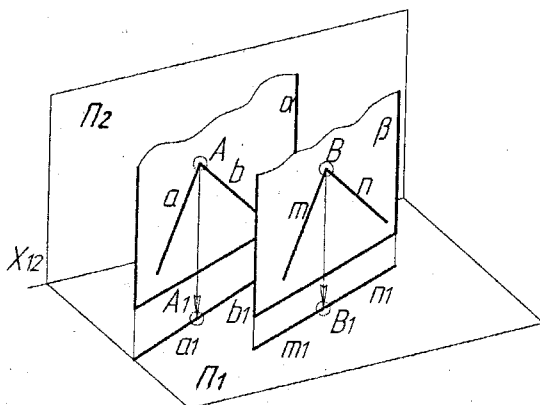


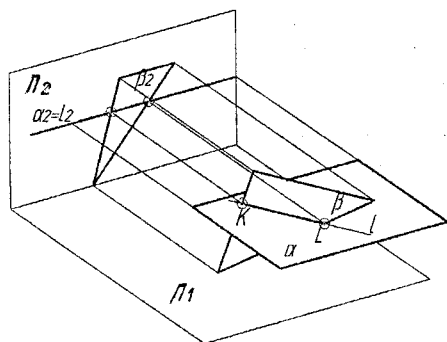
Рисунок 2.1 – Приклад паралельних площин

Перша позиційна задача – задача пошуку лінії перетину двох площин. Основні випадки:

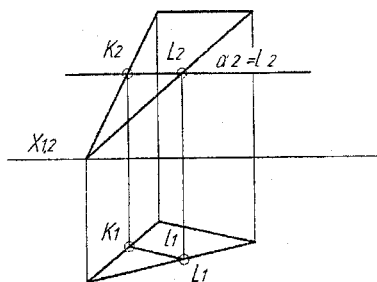
- обидві площини займають окреме положення;
- одна з площин займає окреме положення, а друга – загальне положення;
- обидві площини займають загальне положення.

В першому випадку побудова проста, оскільки проєкції лінії перетину або збігаються із слідами площин або паралельні їм.

В другому випадку, якщо одна з площин займає окреме положення, то одна з проєкцій лінії перетину збігається зі слідом цієї площини, а інша проєкція лінії перетину визначається за умови належності до площини загального положення (рис.2.2, 2.3).

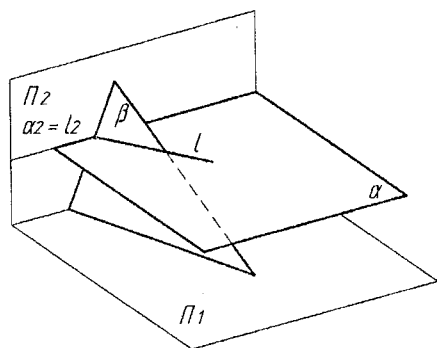


а)

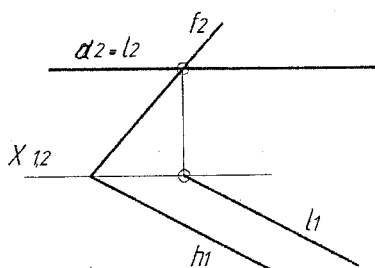


б)

Рисунок 2.2 – Приклад перетину горизонтальної площини α з площиною β , що задана трикутником



а)



б)

Рисунок 2.3 – Приклад перетину горизонтальною площиною площини загального положення, що задана слідами

В третьому випадку для пошуку проєкцій лінії перетину необхідно застосувати такий алгоритм (рис.2.4, 2.5).

Алгоритм розв'язування першої позиційної задачі:

1. Вводимо допоміжну площину окремого положення ($\alpha(\alpha_2)$).

2. Знаходимо лінію перетину введеної допоміжної площини з кожною із заданих площин ($\alpha \cap \beta \rightarrow \ell$; $\alpha \cap \gamma \rightarrow m$).
3. Знаходимо точку перетину ліній, що отримані в п.2 ($\ell \cap m \rightarrow K(K_1)$).
4. Визначаємо іншу проекцію знайденої точки $K(K_2)$.
5. Повторюємо пп. 1-4 для другої допоміжної площини ($\sigma(\sigma_2)$).
6. З'єднуємо отримані точки (KN (K_1N_1 , K_2N_2)).

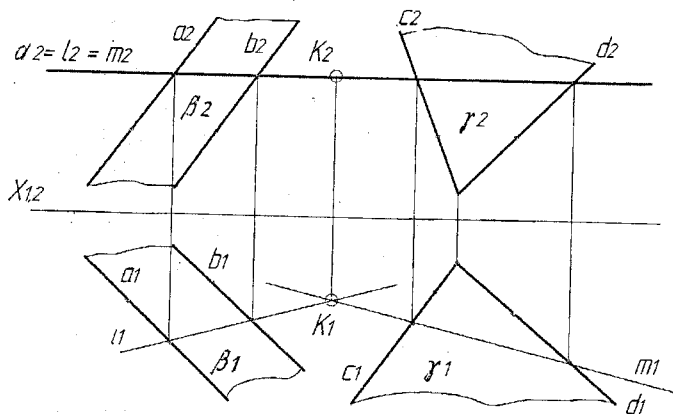


Рисунок 2.4 – Приклад побудови лінії перетину площин загального положення (пункти 1 – 4 алгоритму)

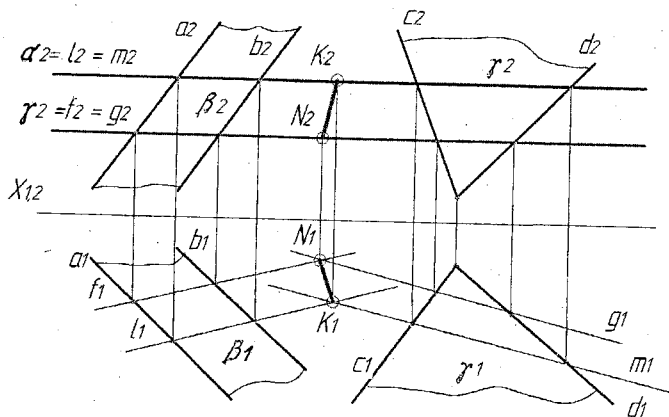
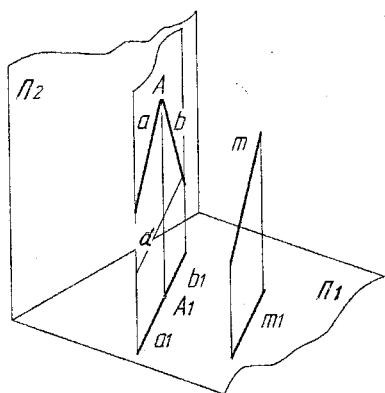


Рисунок 2.4 – Приклад побудови лінії перетину площин загального положення (пункти 1 – 6 алгоритму)

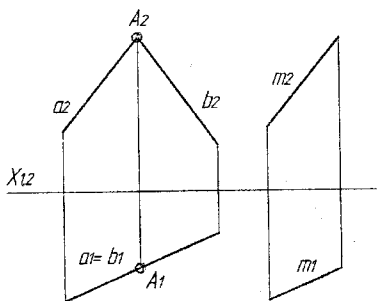
2.2 Взаємне положення прямої і площини. Друга позиційна задача.

Пряма у просторі може належити до площини, бути її паралельною або перетинати. Належність прямої до площини розглянуто в п.1.3.

Умова паралельності прямої та площини: якщо пряма паралельна будь-якій прямій площини, то вона паралельна всій площині (рис.2.6). Символьний запис: $m \parallel a \rightarrow m \parallel \alpha (a \cap b)$.



а)



б)

Рисунок 2.6 – Приклад паралельності прямої площині

Побудова проєкцій точки перетину прямої та площини – *друга позиційна задача*. Для її розв'язування використовують такий алгоритм (рис. 2.7, 2.8).

1. Вводимо таку допоміжну площину, щоб вона займала проєкціовальне положення і проходила через задану пряму ($\ell \subset \beta$).
2. Знаходимо лінію перетину допоміжної площини із заданою площиною ($\beta \cap \alpha \rightarrow a$).
3. Визначаємо точку перетину отриманої лінії та однієї з проєкцій заданої прямої ($\ell \cap a \rightarrow K$).
4. Знаходимо іншу проєкцію точки (K).
5. Визначаємо видимість прямої.

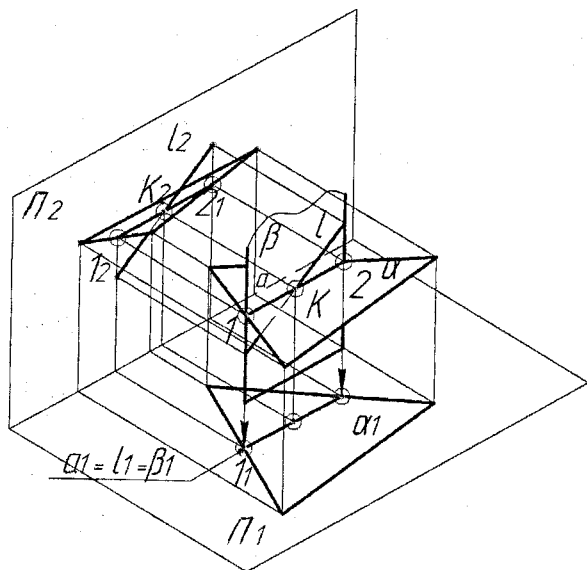


Рисунок 2.7 – Перетин прямої та площини (наочне зображення)

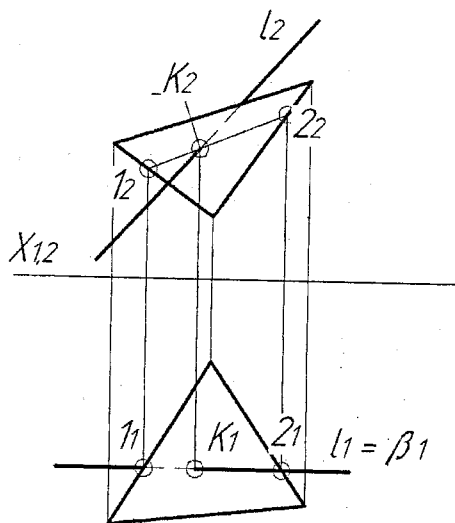
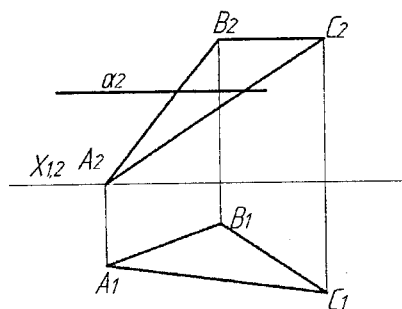


Рисунок 2.8 -- Перетин прямої та площини (проекційне креслення)

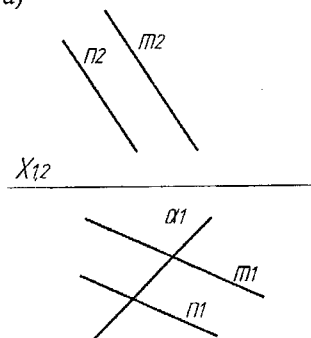
Задачі для самостійного розв'язування

Задача № 24

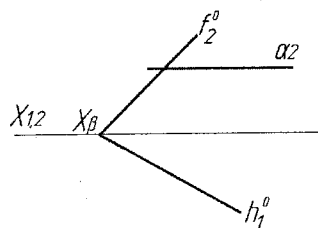
Побудувати проекції лінії взаємного перетину площин.



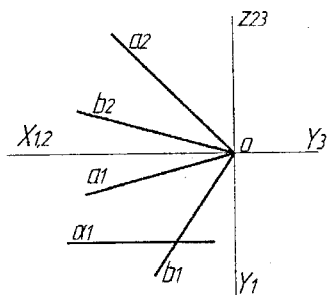
a)



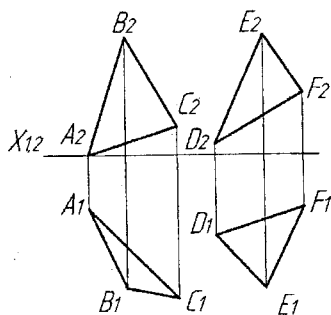
b)



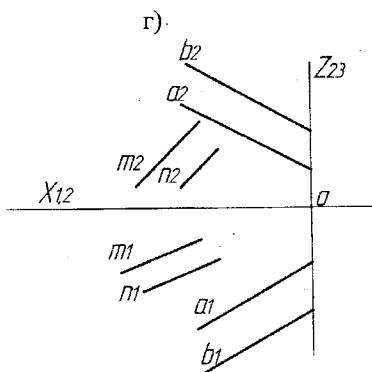
c)



d)



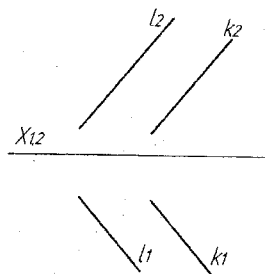
e)



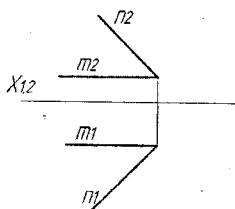
f)

Задача № 25

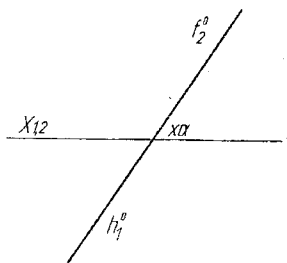
Побудувати площини паралельні заданим площинам.



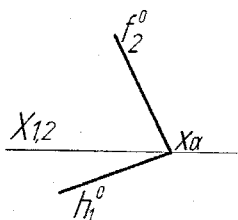
а)



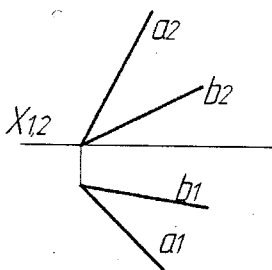
б)



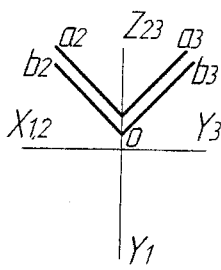
в)



г)



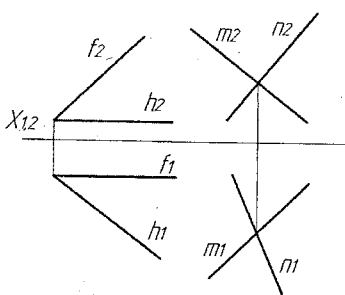
д)



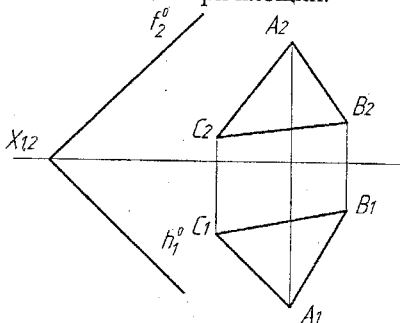
е)

Задача №26

Визначити графічно чи паралельні між собою пари площин.



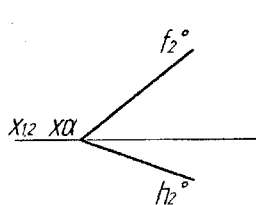
а)



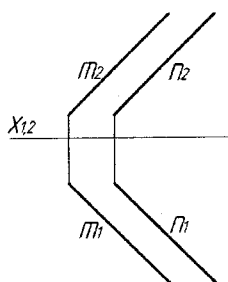
б)

Задача № 27

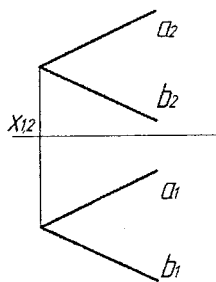
Побудувати пряму паралельну заданій площині.



a)



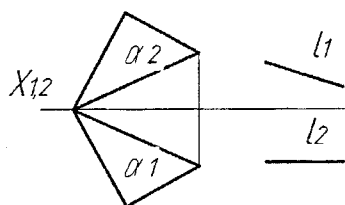
б)



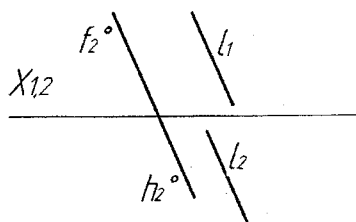
в)

Задача № 28

Визначити графічно чи паралельна задана пряма ℓ площині.



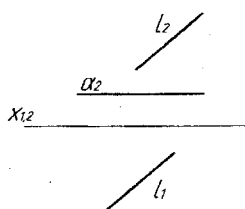
a)



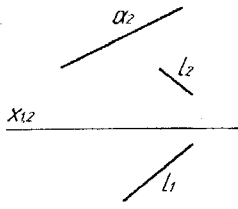
б)

Задача № 29

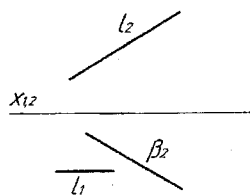
Побудувати проєкції точки перетину прямої та площини.



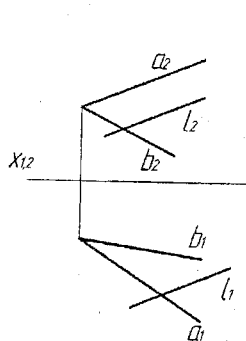
a)



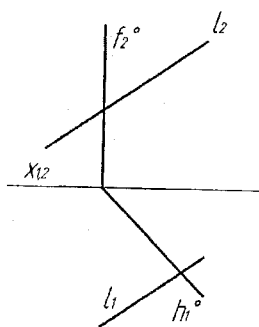
б)



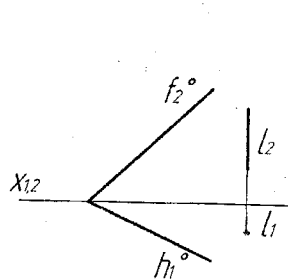
в)



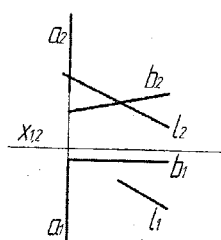
г)



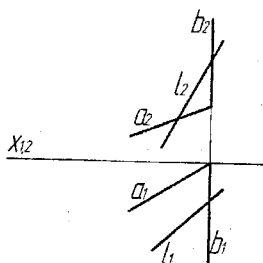
п)



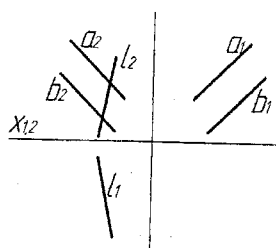
е)



ж)



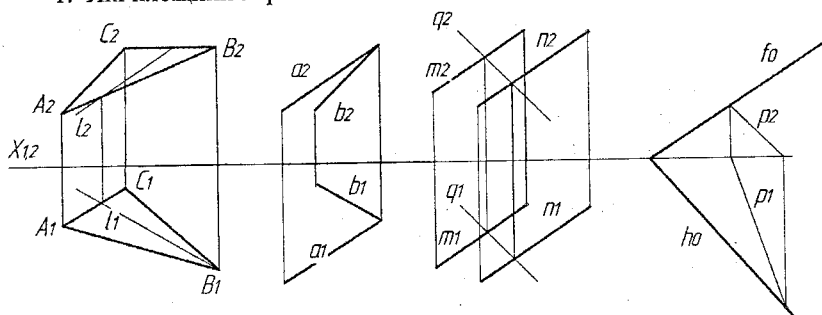
з)



и)

2.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 2

1. Які площини паралельні між собою?



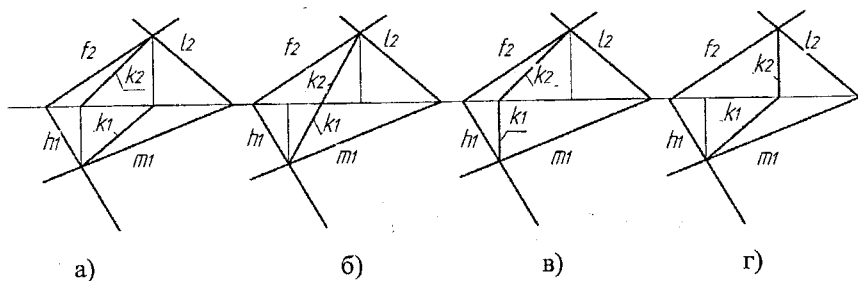
а) $\alpha (\triangle ABC)$ і $\beta (a \cap b)$;

б) $\gamma (m \parallel n)$ і $\beta (a \cap b)$;

в) $\alpha (\triangle ABC)$ і $\sigma (f^0 \cap h^0)$;

г) немає.

2. Визначити правильну побудову лінії перетину площин, заданих слідами $\alpha (f \cap h) \cap \beta (l \cap m) \rightarrow k(k_1, k_2)$.



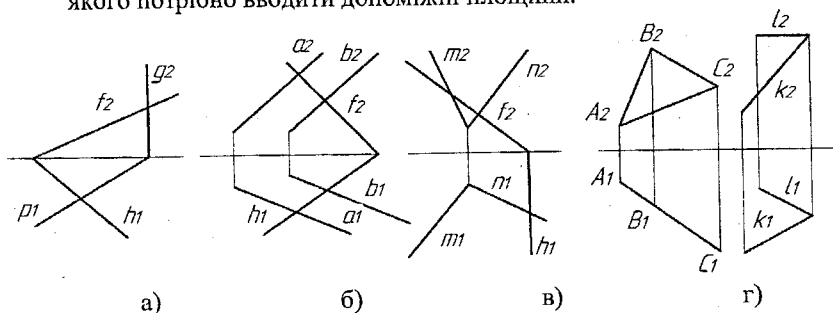
а)

б)

в)

г)

3. Оберіть варіант задачі на перетин двох площин, для розв'язування якого потрібно вводити допоміжні площини.



а)

б)

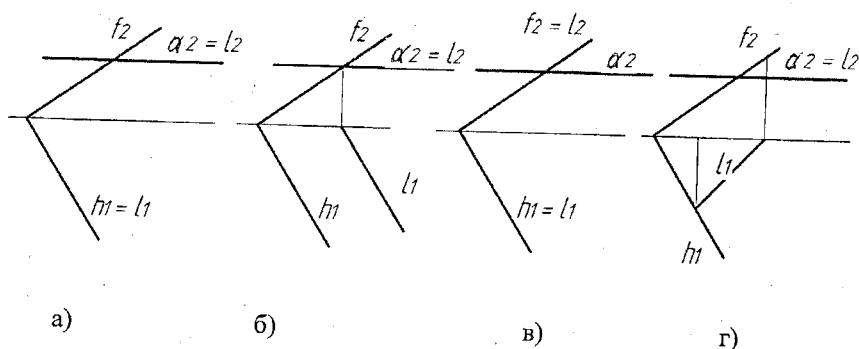
в)

г)

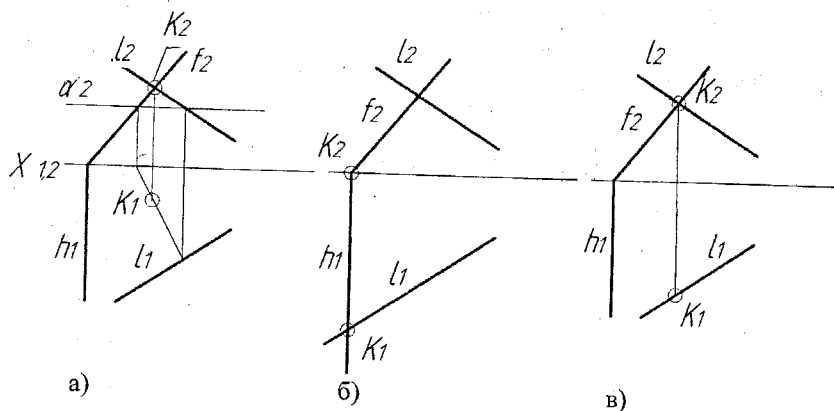
4. Яка умова накладається на вибір допоміжних січних площин?

- допоміжні площини повинні займати проекціовальне положення відносно площин проекцій;
- допоміжні площини повинні займати горизонтальне положення відносно площин проекцій;
- допоміжні площини повинні бути перпендикулярні до заданих площин;
- допоміжні площини повинні бути паралельні заданим площинам;
- допоміжні площини повинні перетинати задані площини.

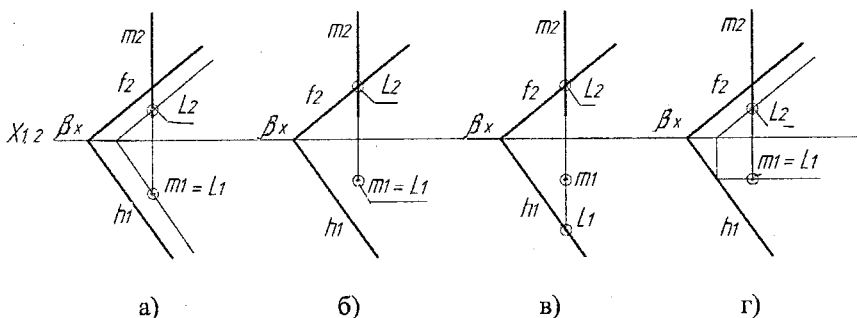
5. Оберіть варіант правильного розв'язування задачі на перетин площин: $\beta(f \cap h) \cap \alpha(\alpha_2) \rightarrow \ell(l_1, l_2)$.



6. Оберіть варіант правильного розв'язування задачі на перетин площини та прямої: $\alpha(f \cap h) \cap \ell(l_1, l_2) \rightarrow K(K_2, K_1)$.



7. Оберіть варіант правильного розв'язування задачі на перетин площини та прямої: $\beta (f \cap h) \cap m (m_1, m_2) \rightarrow L (L_2, L_1)$.



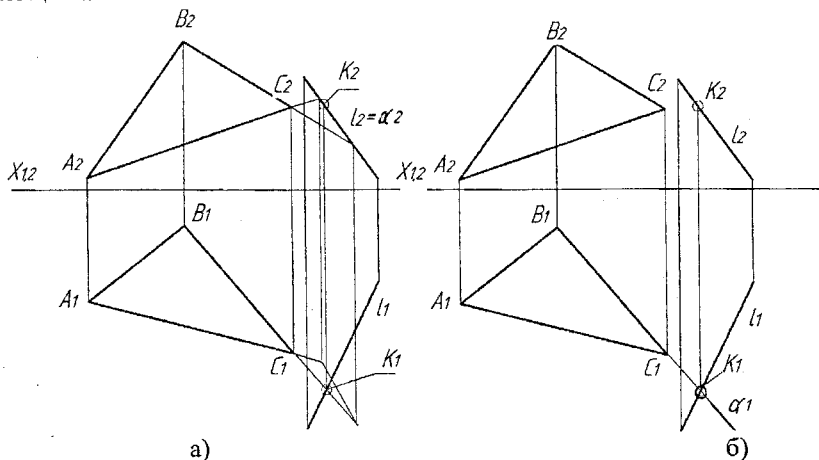
8. Оберіть варіант правильного твердження:

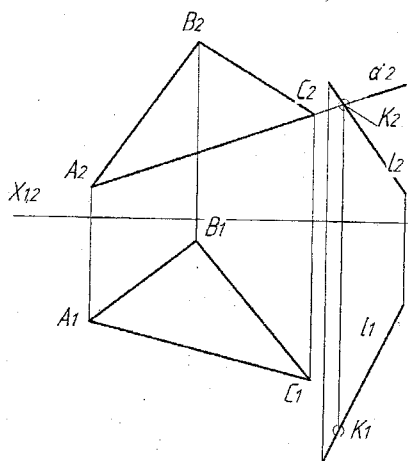
а) при розв'язуванні другої позиційної задачі допоміжна площина вводиться паралельно заданій площині;

б) при розв'язуванні другої позиційної задачі допоміжна площина займає проєкціовальне положення та збігається із слідом заданої площини;

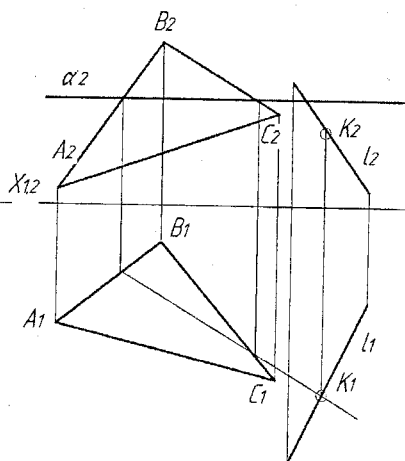
в) при розв'язуванні другої позиційної задачі допоміжна площина займає проєкціовальне положення та її слід збігається з будь-якою проєкцією прямої.

9. Оберіть варіант правильного розв'язку задачі на перетин площини та прямої: $\beta (\triangle ABC) \cap \ell (\ell_1, \ell_2) \rightarrow K (K_2, K_1)$, при цьому α – допоміжна площина.





Б)



Г)

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 3

БАГАТОГРАННИКИ

3.1 Прямокутні проекції багатогранників

За допомогою непомірної фігури – площини можна обмежити будь-яку фігуру тривимірного простору. Фігуру, що утворилася при цьому називають *багатогранником*. Якщо площини замикають простір з усіх боків, то вони формують замкнений багатогранник. Елементами такого багатогранника є грані, ребра та вершини:

- грані – багатокутники, що складають гранну поверхню;
- ребра – сторони багатокутників;
- вершини – точки перетину ребер.

Сукупність всіх вершин та ребер багатогранника має назву його сітки.

З усіх багатогранників практичний інтерес становлять перш за все показані на рис. 3.1 призми, піраміди та їх різновиди.

Багатогранник, дві грані якого n -кутники, що знаходяться у паралельних площинах, а інші n граней – паралелограми, називають *п-кутною призмою*. Вказані багатокутники називають основами призми, паралелограми – бічними гранями (див. рис. 3.1, а).

Багатогранник, одна з граней якого – довільний багатокутник, а інші грані – трикутники, що мають спільну вершину, називають *пірамідою*. Грань-багатокутник прийнято називати її основою, грані-трикутники – бічними гранями. Спільна вершина трикутників має назву особливої вершини (зазвичай, просто вершини) піраміди (див. рис. 3.1, б).

Багатогранник, вершинами якого є вершини основи піраміди та вершини його перерізу площиною, має назву зрізаної піраміди. Очевидно, зрізана піраміда з невласною особливою вершиною є призмою.

На рис. 3.1, г показано один з різновидів багатогранника, складовими якого є зрізана піраміда та призма.

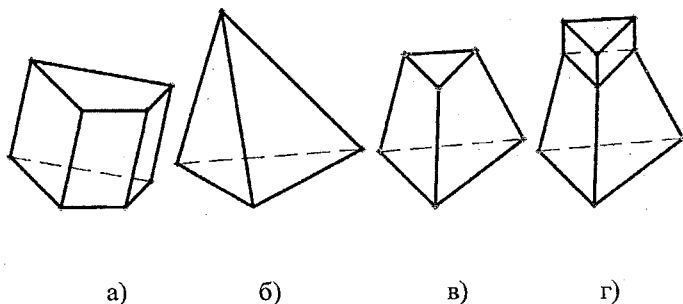


Рисунок 3.1 – Різновиди багатогранників

Графічно багатогранники зручно задавати відповідними прямокутними проекціями його сітки (сукупності вершин та ребер). На рис. 3.2 показано утворення прямокутних проекцій піраміди, у якої грань SAD належить площині проєкцій Π_1 .

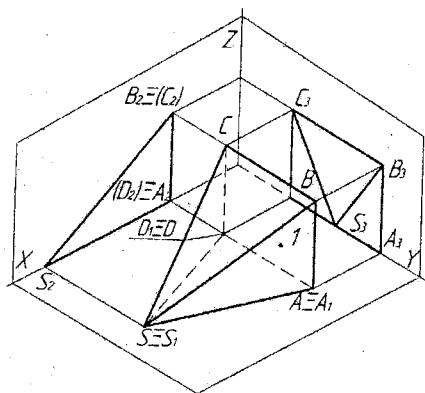
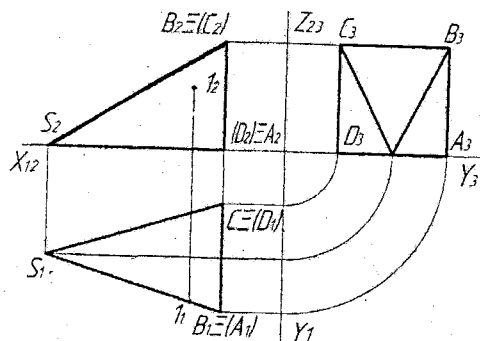


Рисунок 3.2 - Утворення прямокутних проєкцій піраміди

На рис. 3.3 показані прямокутні проєкції піраміди, ребра та грані якої займають різне положення відносно площин проєкцій.



Положення ребер:

- CD, BA – горизонтально-проєкціовальне;
- CB, DA – фронтально-проєкціовальне;
- SC, SD, SB, SA – загальне положення.

Положення граней:

- SBA, SCD – горизонтально-проєкціовальне;
- SBC – фронтально-проєкціовальне;
- SDA – горизонтальне;
- BCDA – профільне

Рисунок 3.3 - Комплексне креслення піраміди

За умови належності точки 1 грані SAB, її горизонтальна проекція 1₁ обов'язково знаходиться на виродженій проекції грані S₁A₁B₁ (див. рис.3.3).

3.2 Задачі інцидентності на гранних поверхнях

До задач інцидентності відносять задачу побудови проєкцій перерізів багатогранників площинами окремого положення, трактуючи її як задачу визначення проєкцій сукупності точок, що одночасно належать граням багатогранника та заданій площині і являються вершинами фігури перерізу – опуклого багатокутника. На рис. 3.4 показана призма, зрізана фронтально-проєкціовальною площиною α . Утворена фігура перерізу –

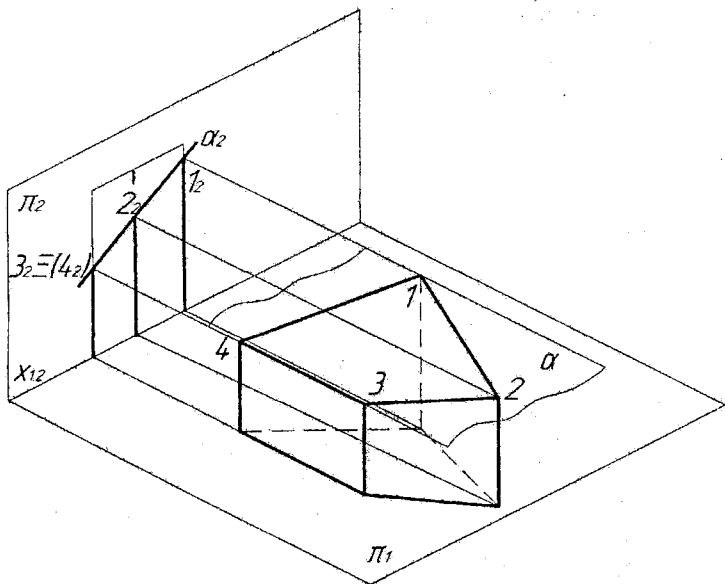
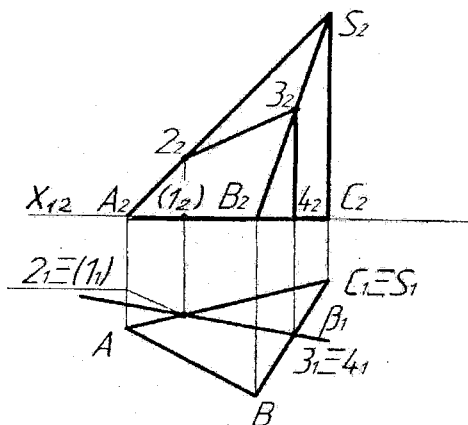


Рисунок 3.4 – Переріз призми

чотирикутник 1234, вершинами якого є точки перетину ребер призми з площиною. Оскільки січна площина займає проекціовальне положення, то фігура перерізу має фронтальну проекцію 1223242, яка збігається з виродженою проекцією площини α_2 в межах проекції багатогранника.

Побудова перерізу піраміди площиною β показана на рис.3.5. Як і у випадку побудови перерізу призми, фігурою перерізу піраміди є чотирикутник. Його вершинами є точки перетину площини з ребрами. Січна площина β займає горизонтально-проекціовальне положення. Тому

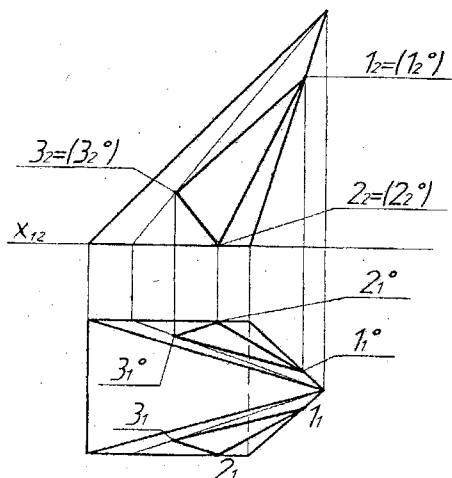
фігура перерізу має горизонтальну проекцію 11213141 , яка збігається з



виродженою проекцією площини β_1 в межах відповідної проекції піраміди. Фронтальна проекція шуканого перерізу 12223242 визначена за умови належності кожної його вершини відповідному ребру піраміди.

Рисунок 3.5 – Переріз піраміди

До задач інцидентності можна віднести і задачу побудови проекцій наскрізних отворів в гранях багатогранників, оскільки її розв'язування

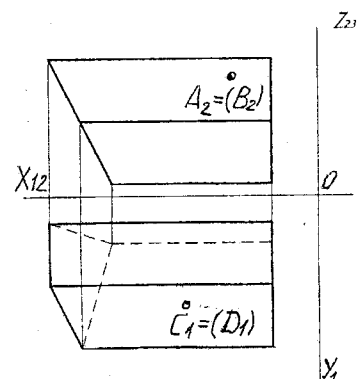


базується на побудові проекцій точок за умови їх належності відповідним граням (включаючи ребра) багатогранника. На рис. 3.6 показано принцип утворення наскрізного отвору в бічних гранях піраміди. Фронтальна проекція такого отвору має вироджену проекцію у формі трикутника.

Горизонтальна проекція визначена шляхом проведення допоміжних ліній в гранях піраміди, розглядаючи таким чином отвір як сукупність точок, що належать певній з граней.

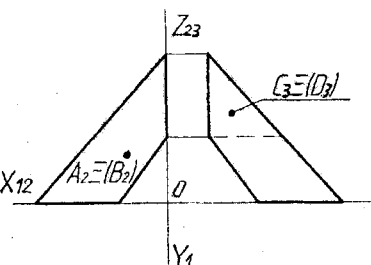
Рисунок 3.6 - Наскрізний отвір

Задачі для самостійного розв'язування



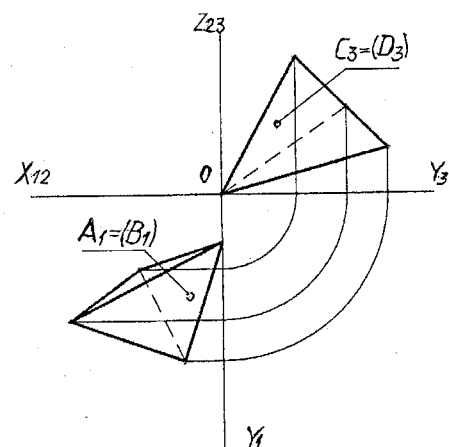
Задача №30

Побудувати профільну проекцію багатогранника. За умови належності точок граням багатогранника визначити проекції точок: (A_1, A_3) ? (C_2, C_3) ? (B_1, B_3) ? (D_2, D_3) ?



Задача №31

Побудувати горизонтальну проекцію багатогранника. За умови належності точок граням багатогранника визначити проекції точок: (A_1, A_3) ? (C_1, C_2) ? (B_1, B_3) ? (D_1, D_2) ?

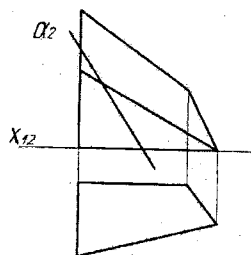


Задача №32

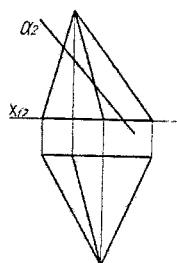
Побудувати фронтальну проекцію багатогранника. За умови належності точок граням багатогранника визначити проекції точок: (A_2, A_3) ? (C_1, C_2) ? (B_2, B_3) ? (D_1, D_2) ?

Задача №33

Побудувати три проекції перерізів багатогранників площинами окремого положення



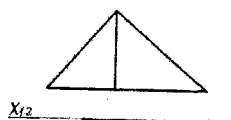
а)



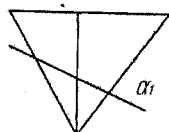
б)



в)

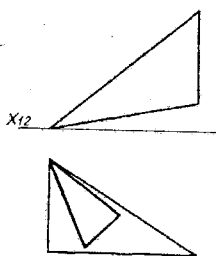


г)

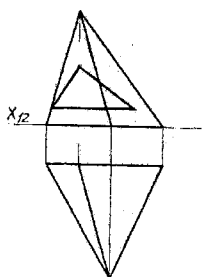


Задача №34

Побудувати три проекції наскрізних отворів



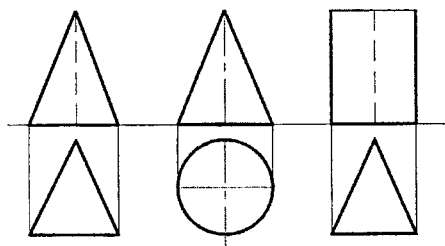
а)



б)

3.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 3

1. На якому рисунку зображені прямокутні проекції піраміди?



а)

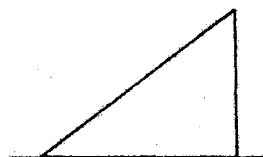
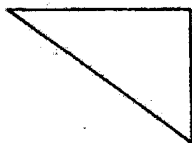
б)

в)



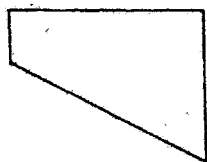
2. Скільки ребер має заданий багатогранник?

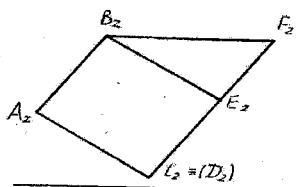
а) 6; б) 7; в) 8.



3. Скільки граней має заданий багатогранник?

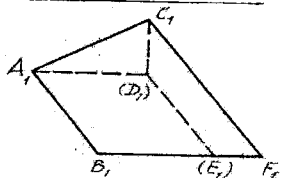
а) 6; б) 7; в) 5.



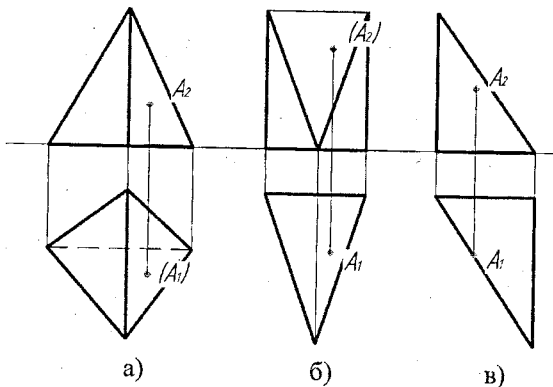


4. Яка грань багатогранника займає фронтальне положення?

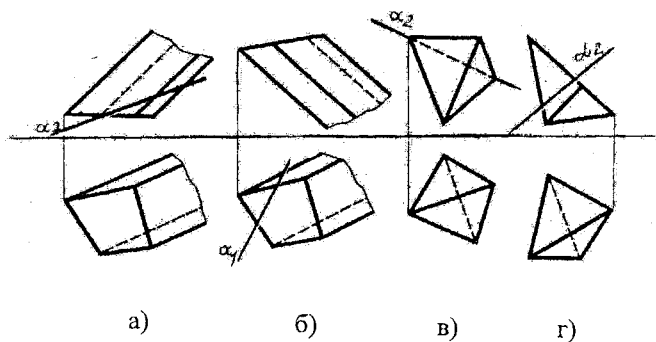
а) ADC; б) BEF; в) DCEF



5. На якому рисунку задана точка А, яка належить грані багатогранника?



6. На якому рисунку фігура перерізу багатогранника площиною α – чотирикутник?



ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 4

МЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ НА ПЕРЕТВОРЕНИХ ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ

4.1 Метод заміни площин проекцій

Розв'язання метричних задач можна звести до чотирьох основних типів:

- 1) перетворення прямої загального положення в пряму рівня;
- 2) перетворення прямої загального положення в проєкціювальну;
- 3) перетворення площини загального положення в проєкціювальну;
- перетворення площини загального положення в площину рівня.

Найбільш поширені методи, що використовуються для цього — метод заміни площин проєкцій та метод плоско-паралельного переміщення. Метод заміни площин проєкцій полягає в тому, що вводиться допоміжна площина проєкцій, яка перпендикулярна тільки до однієї з площин проєкцій (горизонтальної Π_1 , фронтальної Π_2 , профільної Π_3) (рис. 4.1, 4.2).

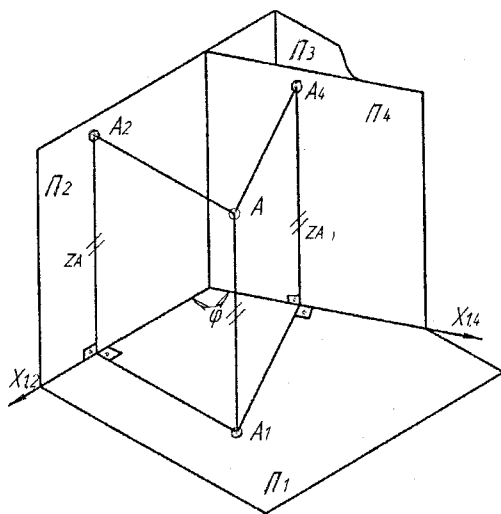
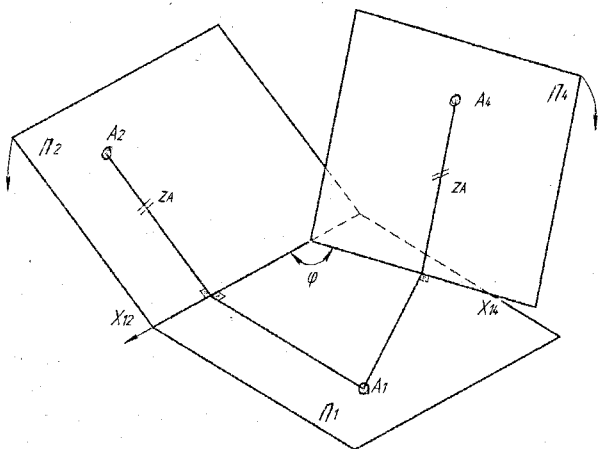
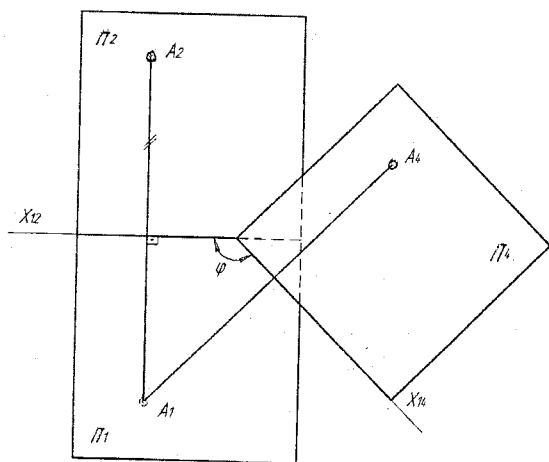


Рисунок 4.1 — Система основних та додаткових площин проєкцій:
 Π_4 — додаткова площина проєкцій, що перпендикулярна тільки до Π_1

Для переведення відрізка прямої із загального положення в положення рівня для визначення, наприклад, натуральної довжини, необхідно ввести додаткову площину паралельно одній з проєкцій відрізка (рис. 4.3, 4.4).



a



б

Рисунок 4.2 – Утворення плоскої моделі систем площин проекцій: а – проміжний етап трансформації; б – плоска модель, що утворена в результаті трансформації

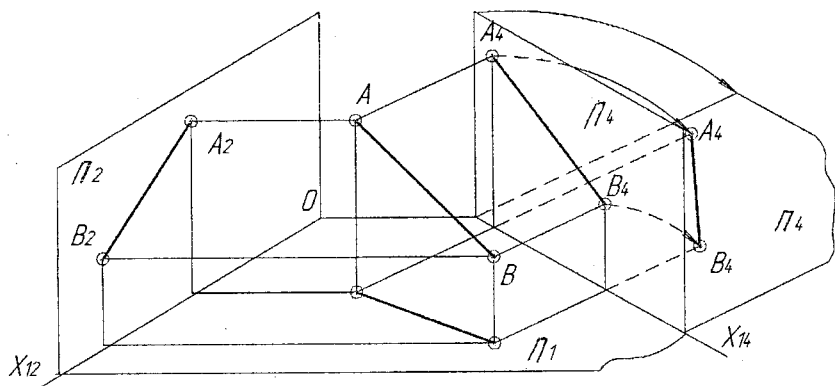


Рисунок 4.3 – Введення додаткової площини проєкцій для визначення довжини відрізка загального положення

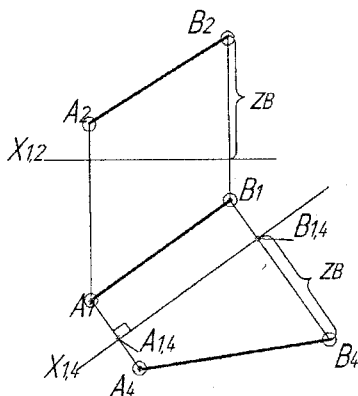


Рисунок 4.4 – Визначення довжини відрізка за умови задання АВ (A_1B_1 , A_2B_2)

Для того, щоб перетворити пряму загального положення в проєкціовальне положення необхідно ввести допоміжну площину перпендикулярно до проєкції відрізка, яка є його натуральною величиною (рис.4.5, 4.6). Якщо пряма займає загальне положення, то переведення в проєкціовальне положення відбувається в два етапи: спочатку в пряму рівня, а потім в проєкціовальну пряму.

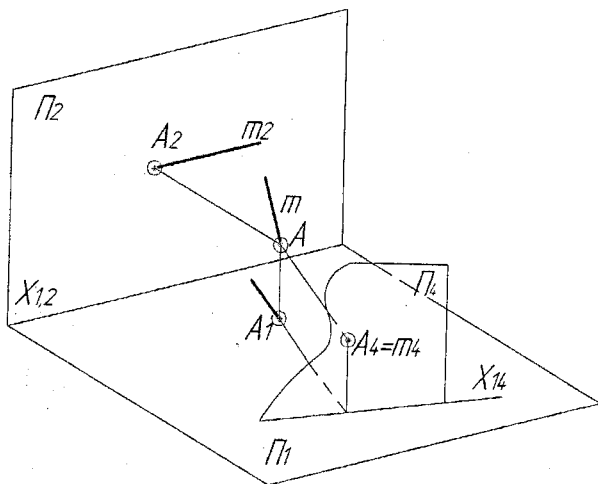


Рисунок 4.5 – Перетворення прямої рівня в проєкціювальну пряму (наочне зображення)

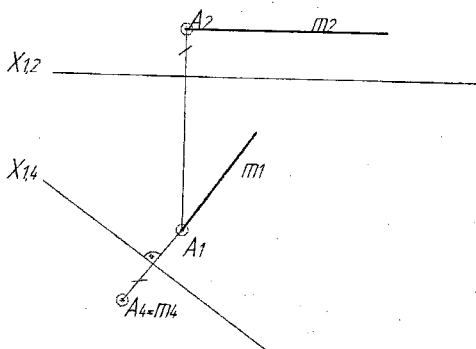


Рисунок 4.6 – Перетворення прямої рівня в проєкціювальну пряму (комплексне креслення)

Для переведення площини із загального положення в проєкціювальне та в площину рівня необхідно застосувати такий алгоритм (рис.4.7):

- 1) вводим горизонталь або фронталь;
- 2) вводим допоміжну площину проєкцій перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі;
- 3) переводимо площину в проєкціювальне положення;
- 4) вводим нову допоміжну площину паралельно площині в проєкціювальному положенні;

5) переводимо площину в натуральну величину.

Розглянемо геометричні підстави для розв'язання деяких метричних задач.

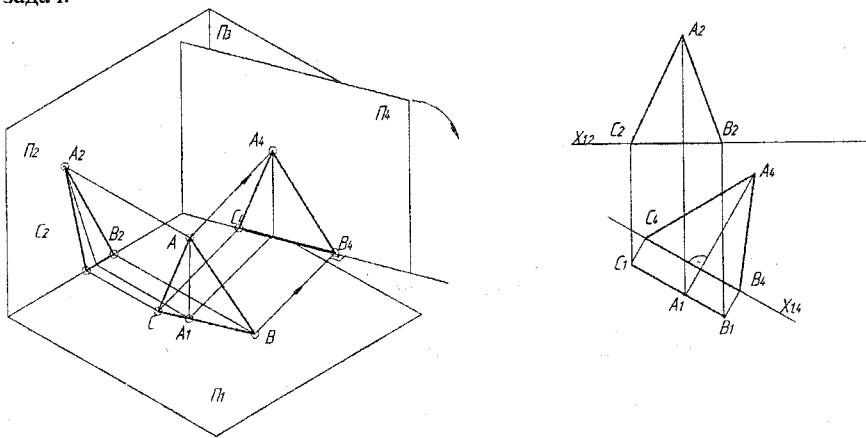


Рисунок 4.7 – Перетворення проєкціювальної площини в площину рівня

Для визначення відстані між двома паралельними прямими необхідно перевести обидві прямі в проєкціювальне положення (рис. 4.8). Якщо прямі займають загальне положення, то необхідно провести два послідовних перетворення: спочатку ввести додаткову площину для переведення прямих в натуральну величину, а потім ввести додаткову площину перпендикулярно до отриманих проєкцій прямих.

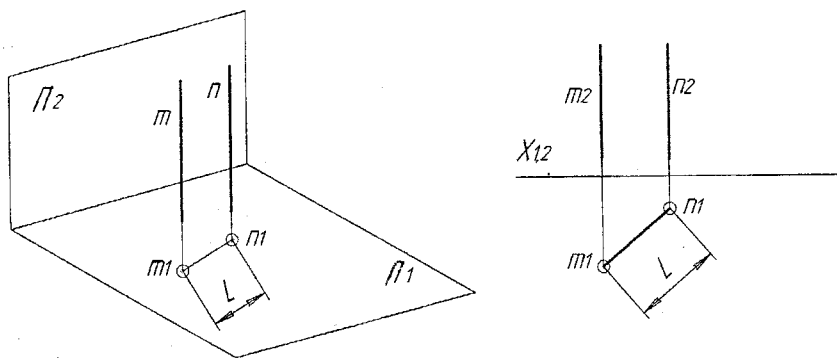


Рисунок 4.8 – Визначення відстані між двома паралельними прямими

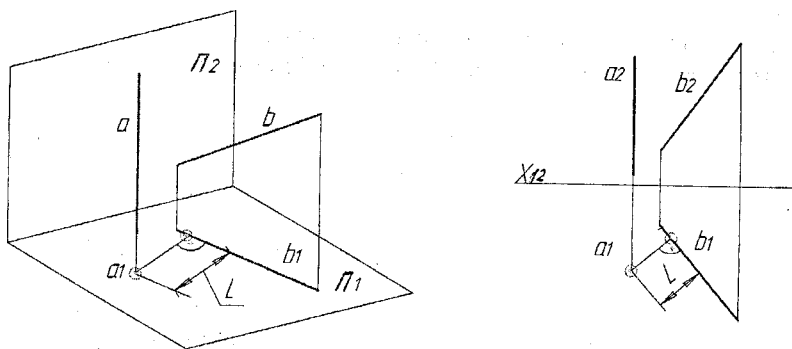


Рисунок 4.9 – Визначення відстані між двома мимобіжними прямими

Для визначення відстані між двома мимобіжними прямими необхідно знайти найкоротшу відстань. Для цього необхідно виконати перетворення таким чином, щоб одна з прямих зайняла проекційвальне положення, тобто спроекціювалася в точку. Перпендикуляр з цієї точки визначає шукану відстань (рис.4.9). Якщо обидві прямі початково займають загальне положення, то перетворення відбувається в два етапи: 1) вводиться додаткова площина проєкцій таким чином, щоб одна з прямих спроекціювалась в натуральну величину; 2) вводиться додаткова площина перпендикулярно до отриманої натуральної величини.

Для визначення відстані між точкою та площиною необхідно перетворити площину в проекційвальне положення та опустити перпендикуляр з отриманої проєкції точки на пряму, що є проєкцією площини (рис.4.10). Якщо площина займає загальне положення, то потрібно спочатку перевести задану площину в проекційвальне положення (рис.4.7).

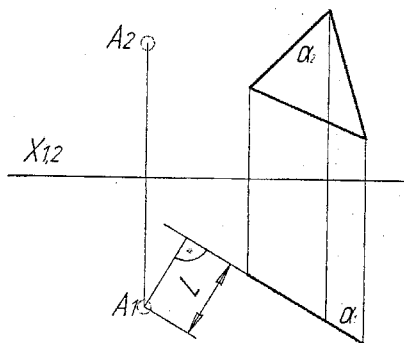


Рисунок 4.10 – Визначення відстані між точкою та площиною

Для визначення величини двогранного кута між площинами необхідно ввести додаткову площину перпендикулярно до ребра, при якому визначається кут, тобто перевести вказане ребро в проєкційвальне положення. При цьому кожна площина спроектується в пряму (рис.4.11). Якщо ребро при двогранному куті займає загальне положення, то потрібно спочатку перевести його в натуральну величину, а вже потім – в точку.

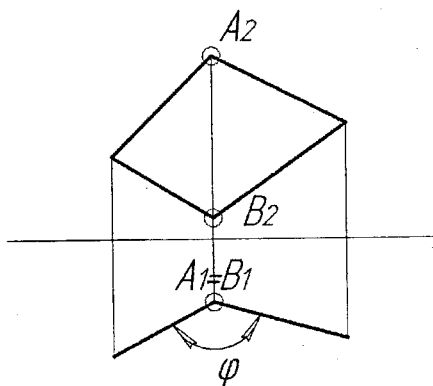
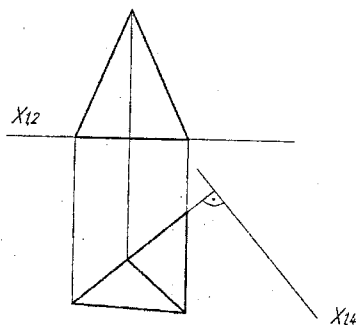


Рисунок 4.11 – Визначення величини двогранного кута між площинами

Задачі для самостійного розв'язування

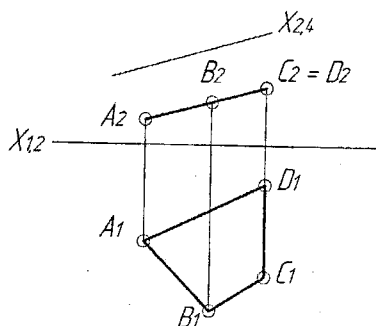
Задача № 35



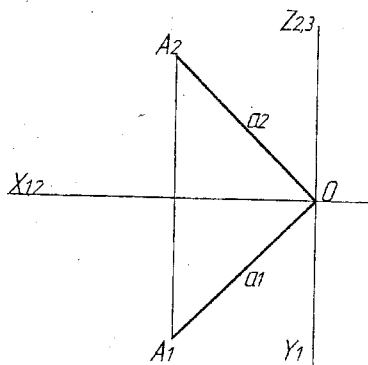
Побудувати додаткову проекцію багатогранника на площину проєкцій Π_4 .

Задача № 36

Визначити величину площини, чотирикутником натуральну заданої



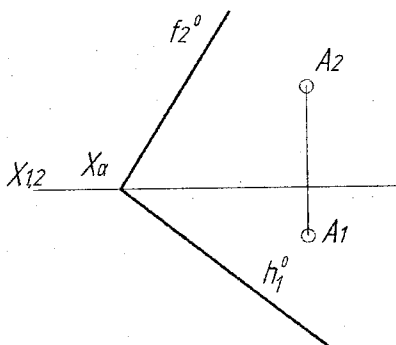
Задача № 37



Визначити натуральну величину відрізка прямої a .

Задача № 38

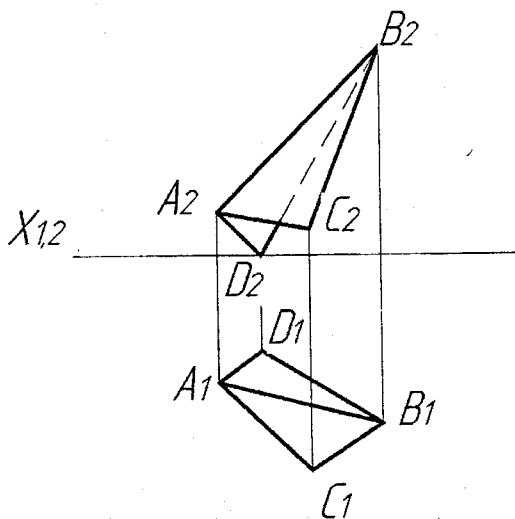
Визначити натуральну відстань між точкою A та площиною α .



Задача № 39

Визначити:

- натуральну величину двогранного кута при ребрі AB ;
- натуральну величину грані ABC ;
- кут нахилу відрізка BD до площини Π_1 .



4.2 Метод плоскопаралельного переміщення

Метод плоскопаралельного переміщення полягає в тому, що геометричний об'єкт переміщують відносно нерухомих площин проєкцій таким чином, щоб він зайняв положення, яке є зручним для розв'язання задачі. При цьому одна з проєкцій фігури, що переміщується, не змінює своїх розмірів. Всі задачі, що розв'язуються за допомогою методу плоскопаралельного переміщення, як і в методі заміни площин проєкцій зводяться до чотирьох типів.

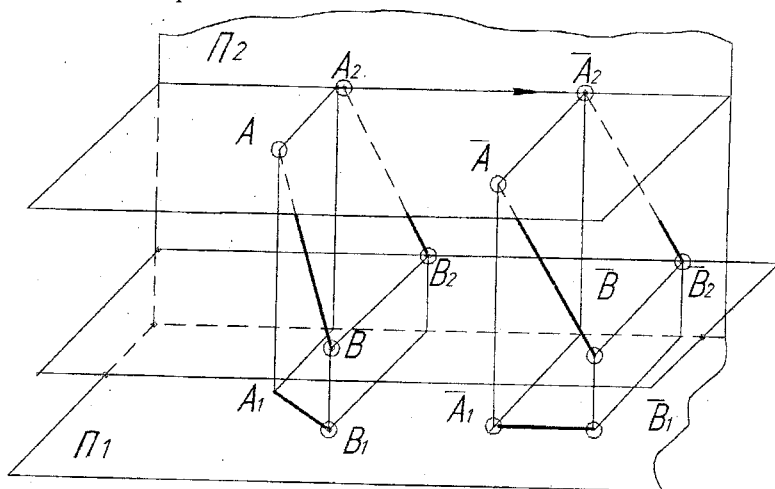


Рисунок 4.12 – Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення (наочне зображення)

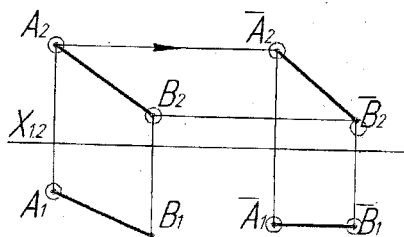


Рисунок 4.13 – Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення (проєкційне креслення)

Для переведення відрізка прямої із загального положення в положення рівня необхідно одну з проєкцій перемістити в положення паралельне осі, тобто і певній площині проєкцій (рис.4.12, 4.13). Проєкція $\bar{A}_2\bar{B}_2$, що отримана як результат, являє собою натуральну довжину відрізка АВ.

Для того, щоб перетворити пряму з загального положення в проєкціовальне необхідно спочатку пряму перевести в натуральну величину (рис.4.12), а потім проєкцію, що являє натуральну величину, перемістити перпендикулярно до осі (рис.4.14).

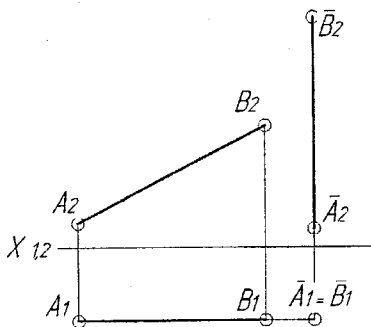


Рисунок 4.14 – Переведення натуральної величини відрізка прямої загального положення в проєкціовальне (проєкційне креслення)

Для переведення площини із загального положення в проєкціовальне та в площину рівня необхідно застосувати такий алгоритм:

- 1) в заданій площині вводимо горизонталь або фронталь;
- 2) переміщаємо площину проєкцій таким чином, щоб горизонтальна проєкція горизонталі (або фронтальна проєкція фронталі) була перпендикулярно до осі;
- 3) проєціюємо на іншу площину;
- 4) переміщуємо проєкціовальну площину паралельно осі (рис.4.15, 4.16);
- 5) переводимо площину в натуральну величину.

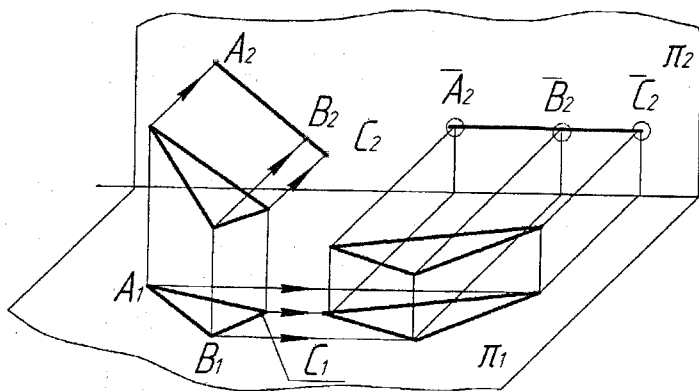


Рисунок 4.15 – Визначення натуральної величини трикутного відсіку площини, заданої $\triangle ABC$ (наочне зображення)

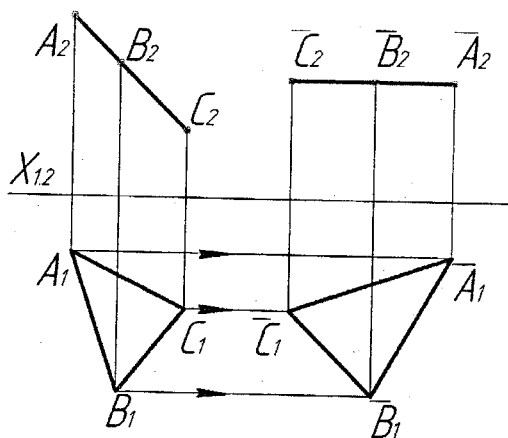
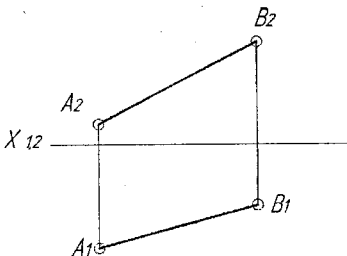


Рисунок 4.16 – Визначення натуральної величини трикутного відсіку площини, заданої $\triangle ABC$ (проекційне креслення)

Задачі для самостійного розв'язування

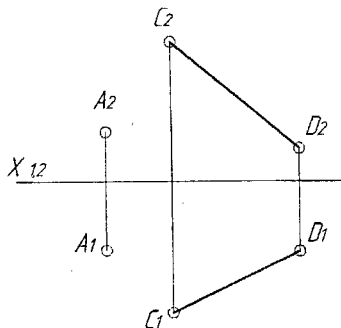
Задача № 40

Визначити натуральну величину відрізка прямої АВ загального положення.



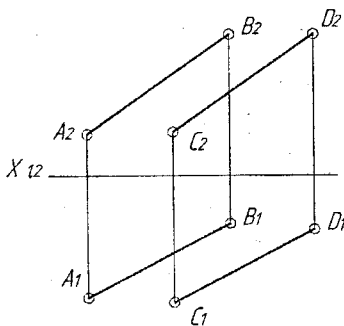
Задача № 41

Визначити натуральну величину відстані від точки А до прямої CD.



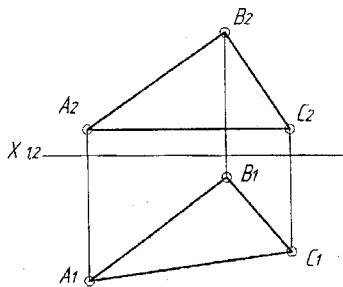
Задача № 42

Визначити натуральну величину відстані між паралельними прямими.



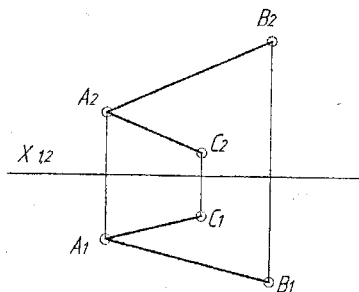
Задача № 43

Визначити натуральну величину трикутного відсіку площини загального положення.

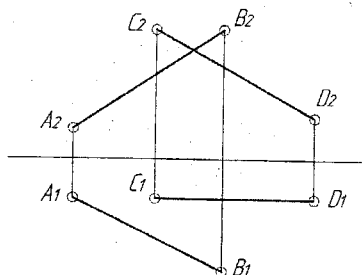


Задача № 44

Визначити натуральну величину лінійного кута при вершині А.



Задача № 45



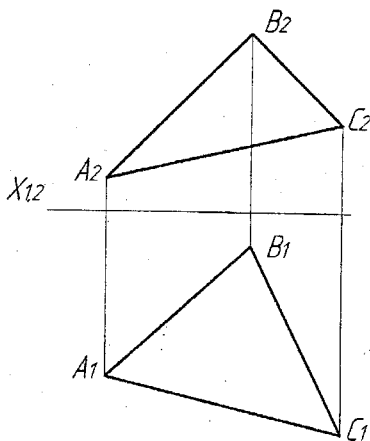
Визначити відстань між двома мимобіжними прямими.

Задача № 46

Знайти:

а) проекції центра кола, вписаного в трикутник ABC;

б) проекції центра кола, описаного навколо трикутника ABC.

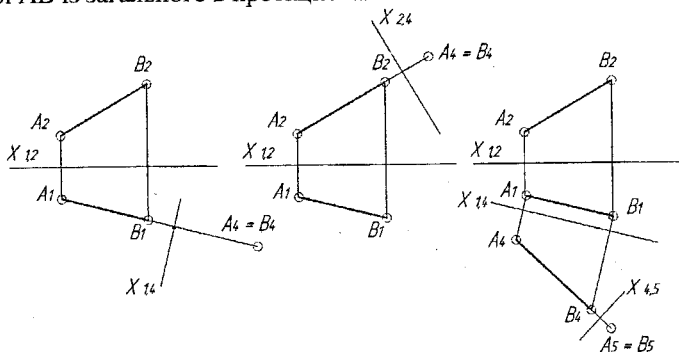


4.3 Контрольний тест до інформаційного модуля 4

1. Скільки додаткових площин проєкцій необхідно ввести для визначення довжини відрізка прямої загального положення?

- а) одну;
- б) дві;
- в) три.

2. Оберіть правильний варіант розв'язування задачі на переведення прямої АВ із загального в проєкціовальне положення:



а)

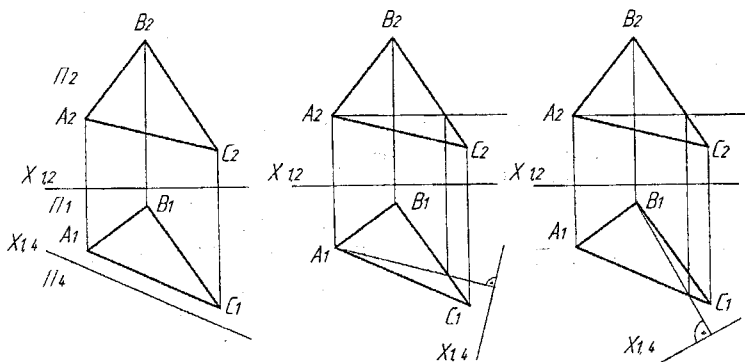
б)

в)

3. Скільки додаткових площин проєкцій необхідно для переведення плоскої фігури загального положення в проєкціовальне?

- а) одну; б) дві; в) три.

4. Оберіть правильний варіант введення додаткової площини для переведення площини, заданої $\triangle ABC$ в проєкціовальне положення.

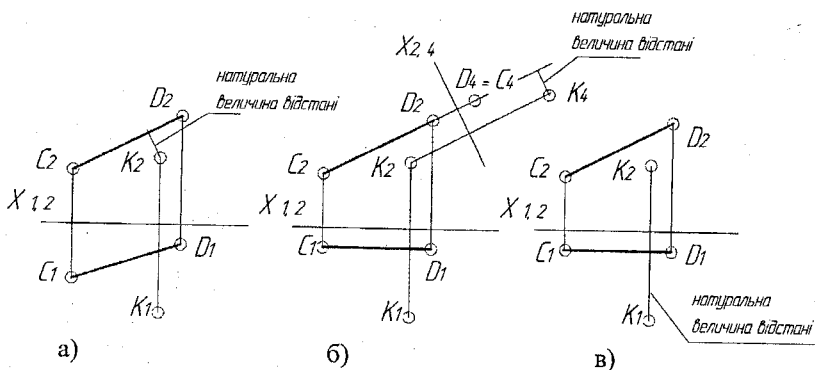


а)

б)

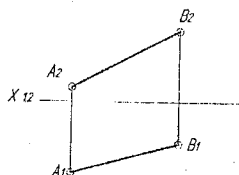
в)

5. Оберіть правильний варіант визначення відстані між точкою та прямою:



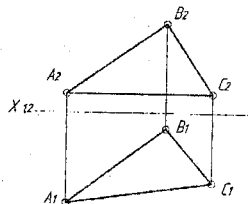
6. Скільки переміщень треба зробити для перетворення прямої АВ в пряму рівня?

- а) одне;
- б) два;
- в) три.

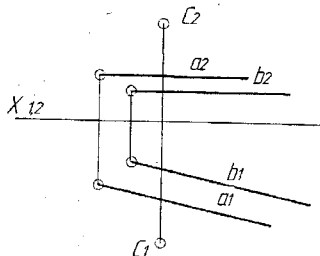


7. Скільки переміщень треба зробити для перетворення площини $\alpha(ABC)$ в площину рівня?

- а) одне;
- б) два;
- в) три.



8. Для визначення відстані між точкою С та площиною $\beta(a \parallel b)$ необхідно таке перше перетворення:



- а) $a_2 \parallel b_2$ перемістити перпендикулярно до $X_{1,2}$;
- б) $a_1 \parallel b_1$ перемістити перпендикулярно до $X_{1,2}$;
- в) $a_2 \parallel b_2$ перемістити паралельно $X_{1,2}$.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 5

КРИВІ ПОВЕРХНІ

5.1 Загальна характеристика формоутворення кривих ліній та кривих поверхонь

Крива лінія – це геометричне місце послідовних положень точки, що здійснює неперервний рух в просторі. При утворенні кривої лінії у такий спосіб її можна подати у вигляді множини точок, які їй належать, і відобразити на комплексному кресленні як сукупність відповідних проєкцій окремих точок множини, що показано на рис.5.1.

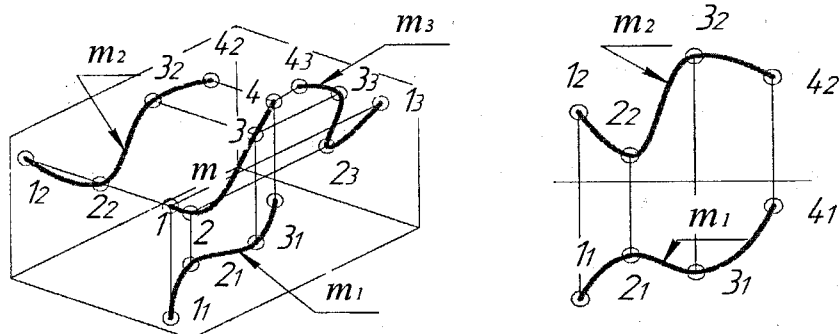


Рисунок 5.1 - Комплексне креслення кривої лінії

Криву поверхню можна розглядати як траєкторію переміщення деякої лінії (твірної), що здійснює неперервний рух в просторі. Деякі поверхні утворюються внаслідок руху лінії постійної форми, інші так, що твірна разом зі зміною положення в просторі змінює також і свою форму. Поверхню, показану на рис. 5.2, у такому випадку розглядають як однопараметричну множину твірних $\{l\}$.

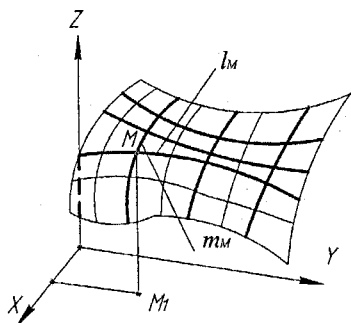


Рисунок 5.2 – Каркас кривої поверхні

Кожна точка твірної при її русі описує деяку лінію m , сукупність яких складає також однопараметричну множину $\{m\}$ (див. рис. 5.2).

З кривих ℓ і m складається так званий сітчастий каркас кінематичної поверхні. Якщо врахувати неперервне переміщення твірної, а відповідно, неперервність і самої поверхні, то можна зробити висновок: через будь-яку точку M поверхні можна провести пару кривих ℓ_m і m_m .

Сукупність умов, необхідних і достатніх для задання поверхні, називається *визначником поверхні*. Останній складається з геометричної та алгоритмічної частин. *Геометричною частиною* визначника поверхні є геометричні фігури, які беруть участь в утворенні поверхні. *Алгоритмічна частина* – це сукупність правил застосування геометричної частини визначника для утворення поверхні.

Велика кількість різноманітних поверхонь, які використовують в інженерній практиці, потребує їх систематизації. Це особливо важливо в автоматизованому проектуванні при створенні інформаційних систем. В кінематичному способі утворення поверхонь цілком природно в основу систематизації покласти форму твірної лінії і закон її переміщення. Тому за формою твірної розрізняють *лінійчаті* (твірна – пряма), *криволінійні* (твірна – крива), за законом переміщення твірної – *поверхні обертання*, *поверхні переносу* і *гвинтові*.

5.2 Поверхні обертання

Поверхні, утворені обертанням твірної лінії ℓ навколо нерухомої осі i , називаються *поверхнями обертання* (рис.5.3). Геометрична частина визначника поверхні обертання – її вісь та одна твірна. Точки твірної A, B, C, D, E описують кола навколо осі. Ці кола знаходяться в паралельних між собою площинах і називаються паралелями. Найбільше і найменше з цих кіл отримали спеціальні назви – *екватор* і *горло*.

Площини, що проходять через вісь обертання, називають меридіональними, а лінії по яких вони перерізають поверхню – меридіанами. Площину, яка паралельна до фронтальної площини проєкцій, називають головною меридіональною площиною, а лінію її перерізу з поверхнею обертання – *головним меридіаном*.

Визначник поверхні обертання буде мати вигляд:

$$Def\theta = (\ell, i) [A],$$

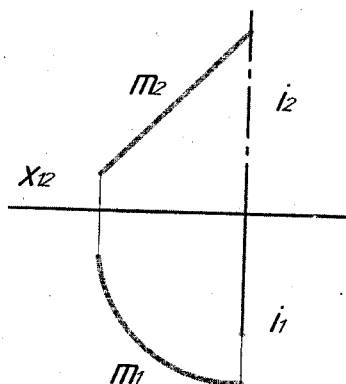
де (ℓ, i) – геометрична частина визначника, яка складається з твірної ℓ та осі обертання i ;

$[A]$ – алгоритмічна частина визначника, яка містить умову, що твірна ℓ обертається навколо осі i .

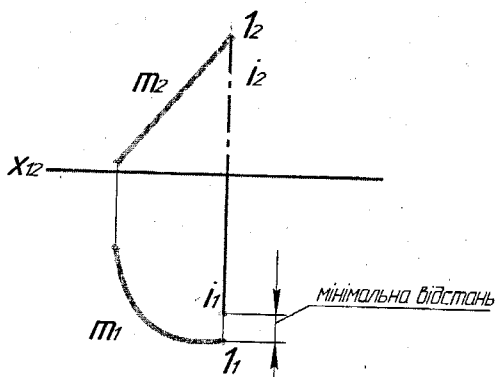
Якщо вісь обертання довільної поверхні займає проекціовальне положення відносно однієї площини проєкцій, то обрисові лінії такої поверхні на дві інші площини проєкцій будуть мати форму ідентичну формі головного меридіана.

Для створення графічної моделі будь-якої поверхні обертання у вигляді її обрисів за заданими проєкціями геометричної частини її визначника достатньо побудувати сукупність паралелей, яку утворює множина точок твірної. Послідовність виконання графічних операцій з побудови графічної моделі поверхні обертання довільного вигляду наведена нижче:

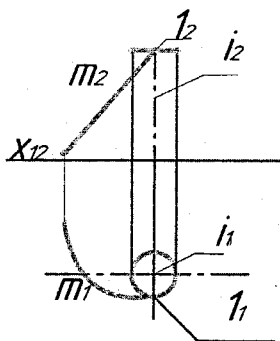
Дано:



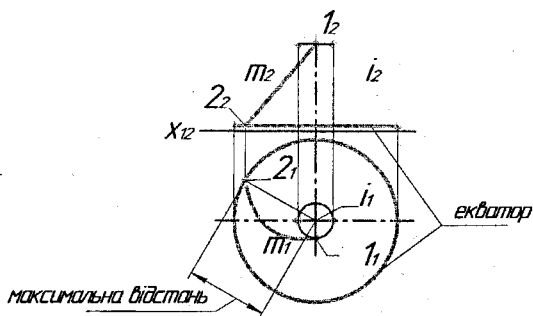
1. Визначаємо на твірній m точку, що знаходиться на мінімальній відстані від осі I . Для заданої твірної це буде точка 1 (11,12).



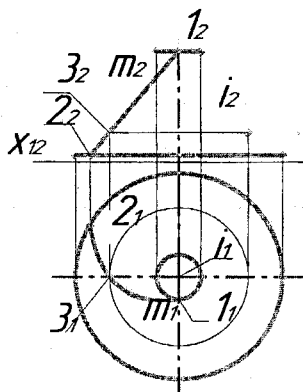
2. Будуємо проєкції паралелі (горла), яку утворює внаслідок обертання навколо осі i точка 1.



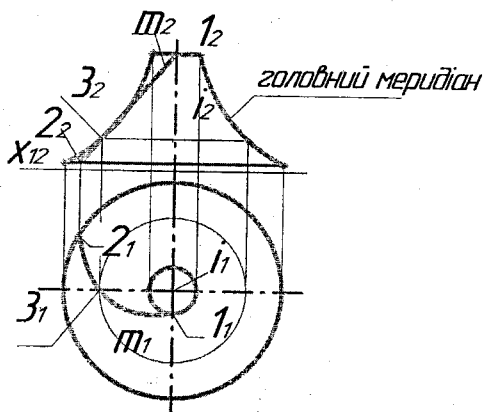
3. Визначаємо на твірній m точку, що знаходиться на максимальній відстані від осі I . Для заданої твірної це буде точка 2 (21,22). Така точка внаслідок обертання утворить паралель, що матиме назву екватора.



4. Визначаємо на твірній декілька точок та будуємо відповідні проміжні паралелі, які утворюють визначені точки. До таких точок перш за все відноситься точка 3 (31,32).



5. З'єднаємо плавною кривою лінією крайні точки побудованих паралелей, отримуючи таким чином обрис поверхні обертання на фронтальній площині, або головний меридіан. На горизонтальній площині проєкції обрисовими лініями такої поверхні є проєкції у вигляді кіл горла та екватора.



Розв'язання будь-якої позиційної задачі з використанням поверхні обертання вимагає знання алгоритму побудови проєкцій точок, що належать цим поверхням. Такий алгоритм базується на побудові відповідних проєкцій паралелей (або твірних, якщо поверхня лінійчата), на яких знаходиться та чи інша точка. Графічна інтерпретація алгоритму побудови наведена на рис.5.5

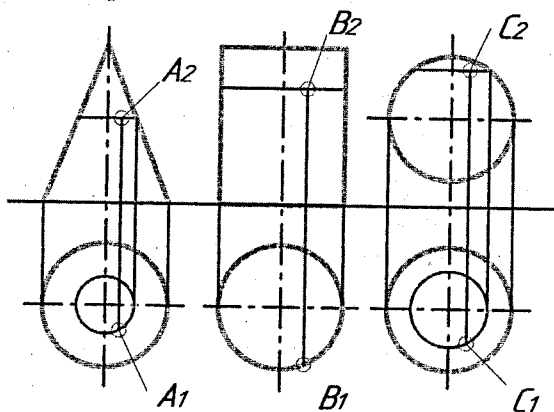
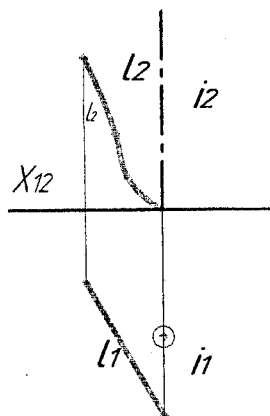


Рисунок 5.5 - Побудова точок на поверхнях обертання

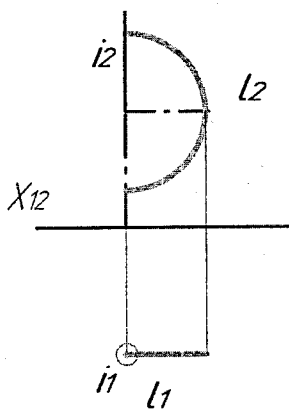
Задачі для самостійного розв'язування

Задача №47

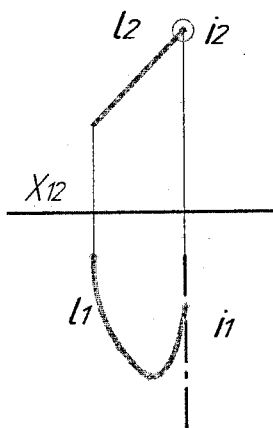
Побудувати проєкції поверхонь обертання за заданими проєкція визначників:



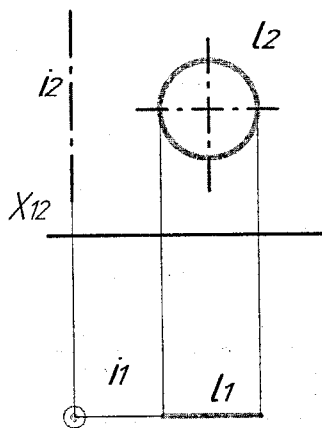
a)



б)



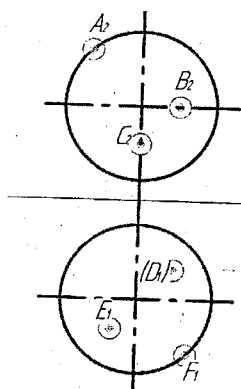
в)



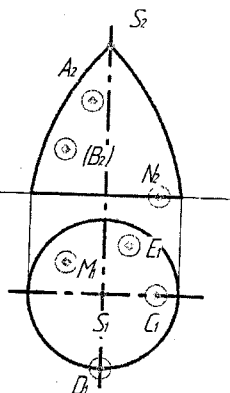
г)

Задача №48

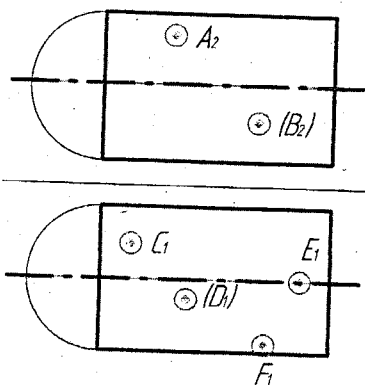
Побудувати відсутні проекції точок за умови їх належності заданим поверхням



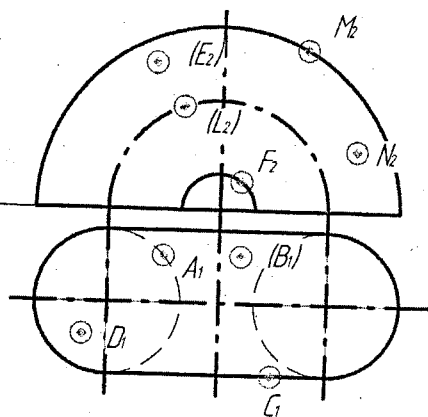
а)



б)



в)



г)

5.3 Поверхні переносу

Поверхні, утворені поступальним рухом твірної за заданою траєкторією, називають *поверхнями переносу*. Серед значної кількості таких поверхонь найбільш розповсюджені в інженерній практиці:

1. *Лінійчаті поверхні з двома напрямними та площиною паралелізму*, або так звані поверхні Каталана (Каталан Е. – бельгійський математик, який досліджував властивості цих поверхонь). В групу поверхонь Каталана, показаних на рис.5.6, входять *гіперболічний параболоїд, коноїд, циліндроїд*. Всі перелічені поверхні утворюються внаслідок поступального руху прямої лінії, яка по всіх своїх положеннях перетинає дві напрямні лінії m і n залишаючись паралельною площині α , що і отримала назву „площина паралелізму”. У гіперболічного параболоїда напрямні лінії – дві мимобіжні прямі (див.рис.5.6 а), у коноїда – одна напрямна пряма, інша крива (див. рис. 5.6,б), у циліндроїда напрямні лінії – криві (див. рис.5.6,в)

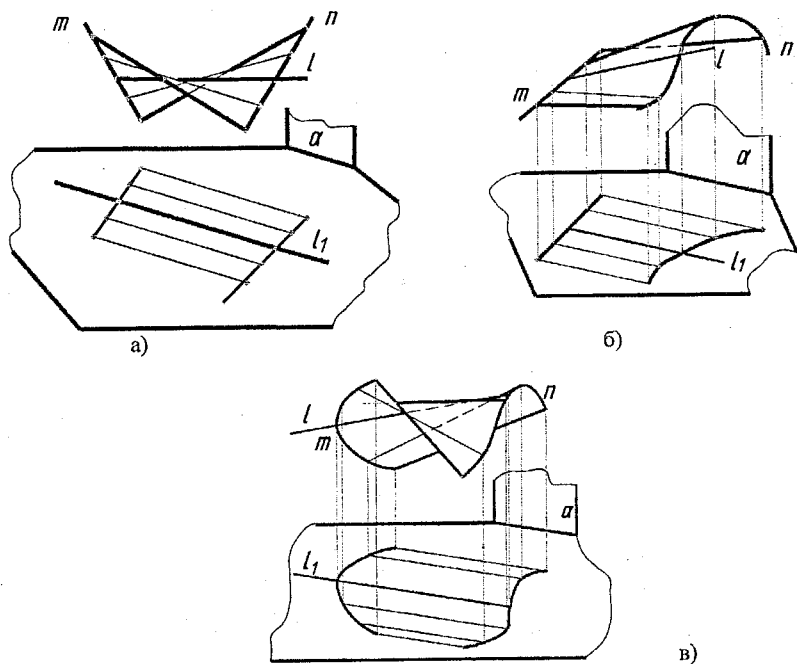


Рисунок 5.6 - Поверхні Каталана

Окремим випадком гіперболічного параболоїда є площина, яка утворюється, коли напрямні лінії m і n перетинаються або паралельні між

собою. Перелічені поверхні з площиною паралелізму є різновидом поверхонь з прямою площиною. Тому визначник таких поверхонь буде мати вигляд:

$$\text{Def}\theta = (\ell, m, n, \alpha) [A],$$

де $[A]$ – алгоритмічна частина, що містить в собі характеристику руху прямолінійної твірної ℓ , яка при всіх положеннях зберігає постійний кут φ (для циліндроїда, коноїда та гіперболічного параболоїда кут складає 0°) відносно прямої площини α . Поверхні Каталана на прямокутних проекціях задають у вигляді відповідних проекцій каркасу – сукупності твірних.

Утворення прямокутних проекцій циліндроїда коли прямою площиною є площина окремого положення Σ , а напрямні лінії є плоскі криві m і n , показано на рис. 5.7.

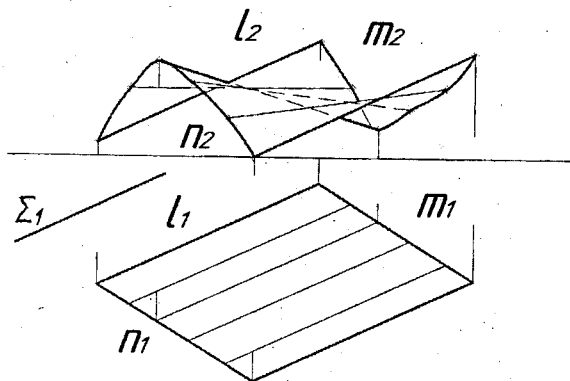
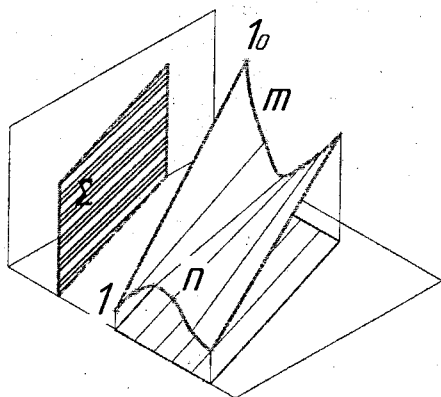
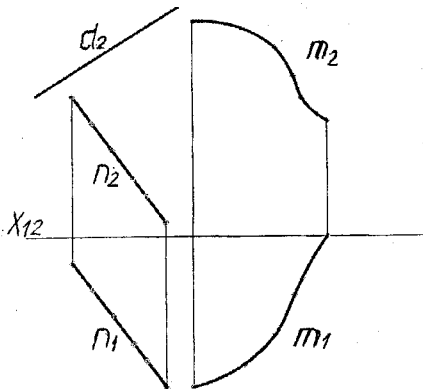
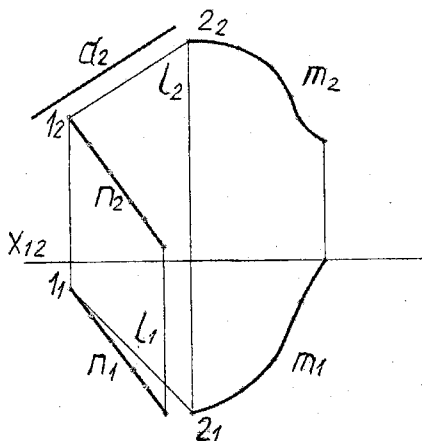


Рисунок 5.7 - Утворення прямокутних проекцій циліндроїда

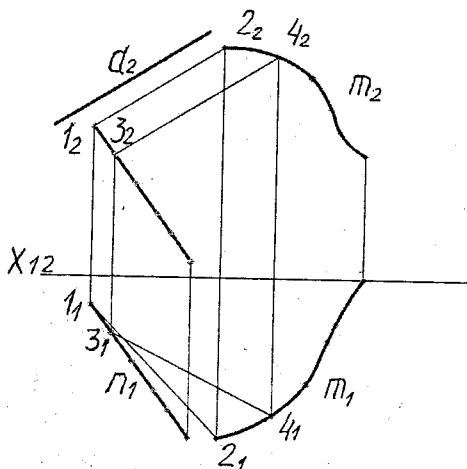
Послідовність побудови проекцій лінійного каркаса поверхні Каталана (коноїда) за заданими проекціями напрямних ліній m (m_1, m_2) і n (n_1, n_2) та площини паралелізму α (α_2) наведено нижче:



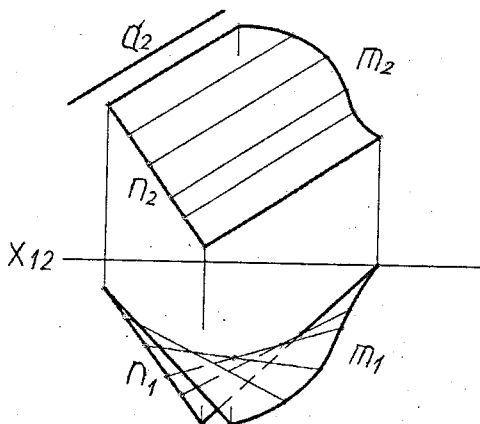
1. За умови площина паралелізму α (α_2) займає фронтально-проекціювальне положення. Тому фронтальну проекцію першої лінії каркаса ℓ_2 (12.22) будемо паралельно відповідній фронтальній проекції площини паралелізму α (α_2). Горизонтальну проекцію лінії ℓ визначаємо шляхом побудови горизонтальних проекцій точок 1 і 2, які належать напрямним прямим m і n :



2. Наступну лінію каркаса будемо аналогічно: починаємо з проведення її фронтальної проекції (32,42), паралельно проекції площини паралелізму α (α_2), а потім визначаємо за лініями зв'язку її горизонтальну проекцію (31,41):



3. Будуємо необхідну за щільністю множину ліній каркаса.
4. Для наочності виділяємо першу і останню лінії каркаса суцільними основними товстими лініями креслення. Визначаємо видимість ліній каркаса відносно площин проєкцій шляхом використання штрихових ліній креслення:



2. *Лінійчаті поверхні з однією прямою (торси).* В групу входять поверхні з ребром звороту, циліндрична поверхня, конічна поверхня. *Торсом* називають поверхню, над якою можна здійснити процес суміщення всіма її точками з площиною без складок та розривів. Такі поверхні ще називають розгортними поверхнями. Характерною ознакою розгортних поверхонь є те, що їх прямолінійні твірні перетинаються.

Розгортну лінійчатую поверхню можна уявити собі як граничний стан гранної поверхні з гранями, ширина яких наближається до нуля. Тому така поверхня може бути, як багатогранник, розгорнута на площину. В загальному вигляді розгортна поверхня утворюється як неперервна множина дотичних $\{ \ell_i \}$ до просторової кривої лінії a і називається торсом (рис. 5.8).

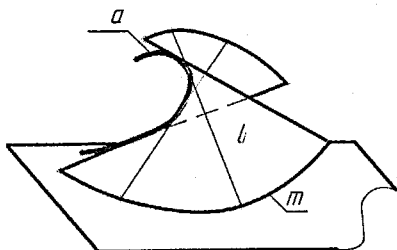


Рисунок 5.8 - Формоутворення торсової поверхні загального виду

Криву a називають *ребром звороту* торса.

Найпростішими окремими випадками торса є конічна і циліндрична поверхні, у яких ребро звороту стягується в точку. У конічній поверхні, яка показана на рис.5.9,а, це точка S – його вершина, у циліндричній поверхні (див. рис.5.9,б – нескінченно віддалена точка перетину прямолінійних твірних S_{∞}).

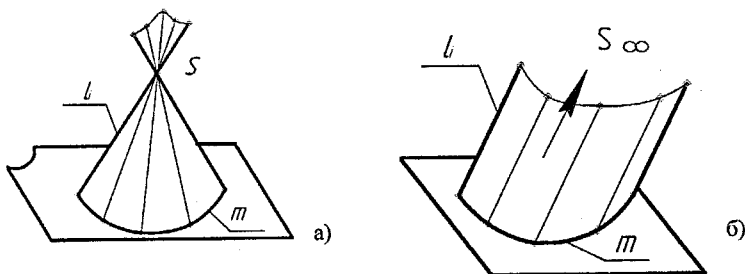


Рисунок 5.9 - Окремі випадки торсових поверхонь

Плоску криву m (див. рис.5.8 та рис.5.9), яка утворюється внаслідок перерізу торсових поверхонь площиною, називають *напрямною лінією*.

Визначник цієї групи поверхонь має вигляд:

$$\text{Def} \theta = (\ell, a) [A],$$

де $[A]$ – алгоритмічна частина, яка містить умову, що твірна ℓ при русі торкається ребра звороту a , або його перетворень у вигляді точок S та S_{∞} .

Для задання торсової поверхні загального вигляду на прямокутних проєкціях достатньо задати відповідні проєкції її визначника - ребра звороту n (n_1, n_2) та побудувати сукупність прямокутних проєкцій прямих, що утворюють лінійчатий каркас поверхні, показаної на рис. 5.10.

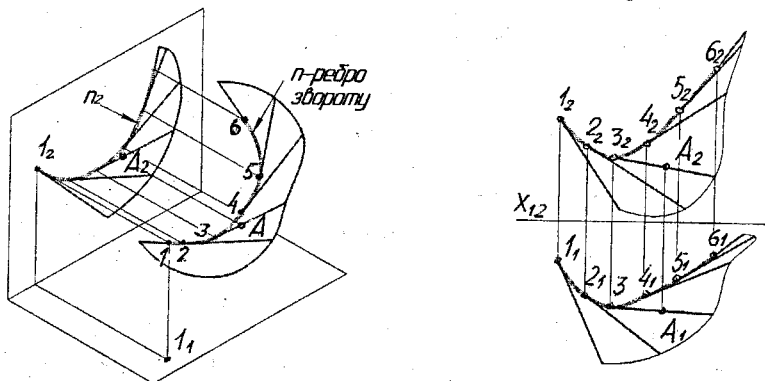


Рисунок 5.10 - Утворення прямокутних проєкцій торсової поверхні загального вигляду

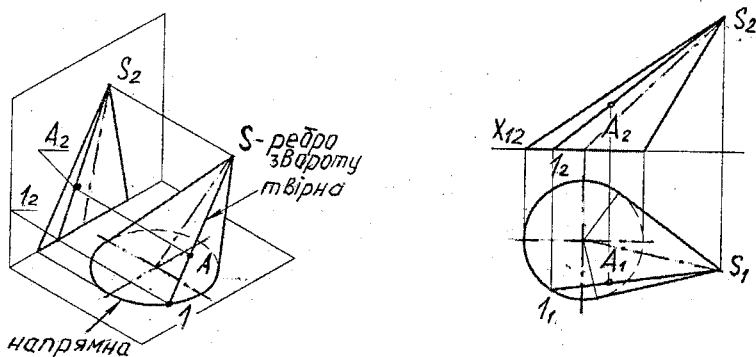


Рисунок 5.11 - Утворення прямокутних проєкцій еліптичного конуса

Якщо напрямну лінію m прийняти замкнутою плоскою кривою, то тіло, обмежене циліндричною поверхнею, має назву циліндра, який показано на рис. 5.12.

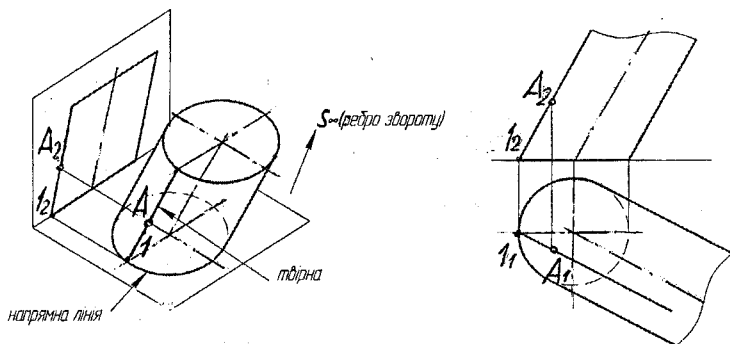


Рисунок 5.12 - Утворення прямокутних проекцій еліптичного циліндра

3. *Поверхні паралельного переміщення.* В групу таких поверхонь входять поверхні, що утворюються внаслідок поступального руху твірної лінії ℓ , одна з точок якої переміщується вздовж напрямної лінії m , а всі інші здійснюють паралельне переміщення. Визначник поверхонь паралельного переміщення, яка показана на рис. 5.13, має вигляд:

$$\text{Def} \theta = (\ell, m) [A],$$

де $[A]$ – алгоритмічна частина, яка складається з умови паралельного переміщення точок твірної ℓ .

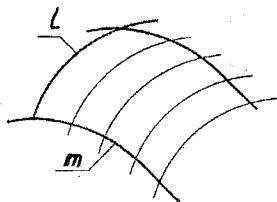


Рисунок 5.13 - Формоутворення поверхні паралельного переміщення

На прямокутних проекціях поверхні паралельного переміщення задають у вигляді проекцій їх визначника: сукупності відповідних проекцій напрямної лінії та твірних ліній. На рис. 5.14 показана поверхня паралельного переміщення, утворена *незамкнутою* кривою лінією ℓ .

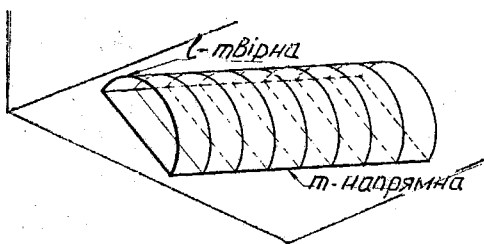


Рисунок 5.14 - Утворення прямокутних проєкцій поверхні паралельного переміщення

Поверхня паралельного переміщення може бути утворена замкнутою кривою лінією. Такі поверхні, приклад якої показано на рис.5.14, відносять до каналових поверхонь.

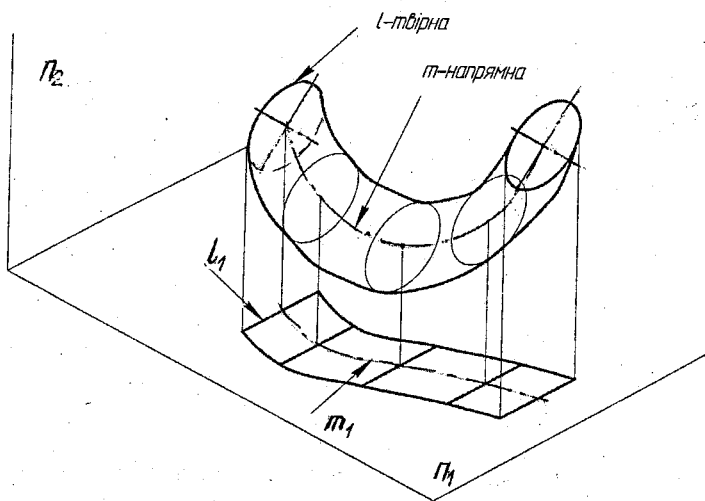


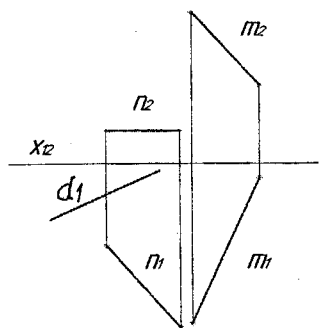
Рисунок 5.15 - Утворення прямокутних проєкцій поверхні паралельного переміщення з замкнутою твірною лінією

Задачі для самостійного розв'язування

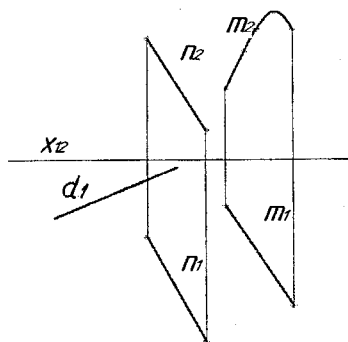
Задача №49

Побудувати проєкції каркасів поверхонь переносу за заданими проєкціями їх визначників:

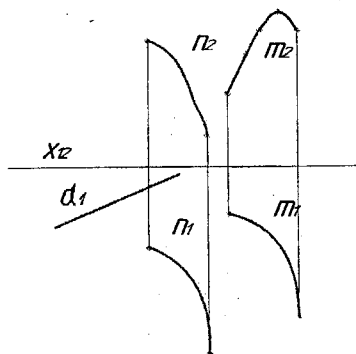
- гіперболічного параболоїда;
- коноїда;
- циліндроїда;
- поверхні паралельного переміщення.



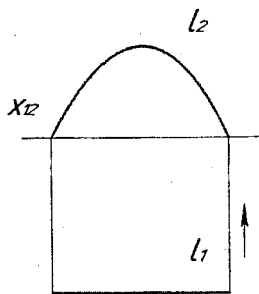
a)



б)



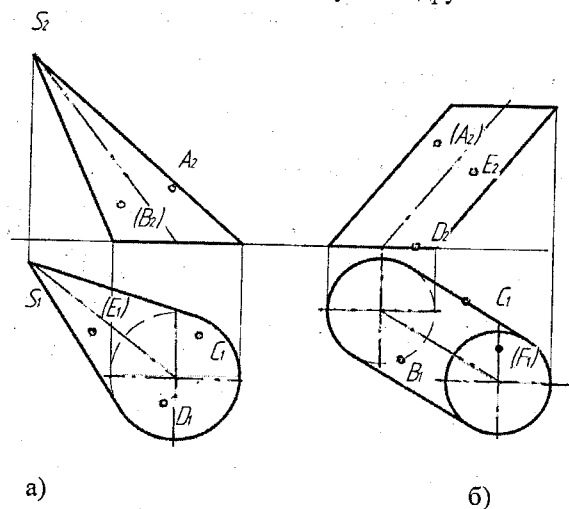
в)



г)

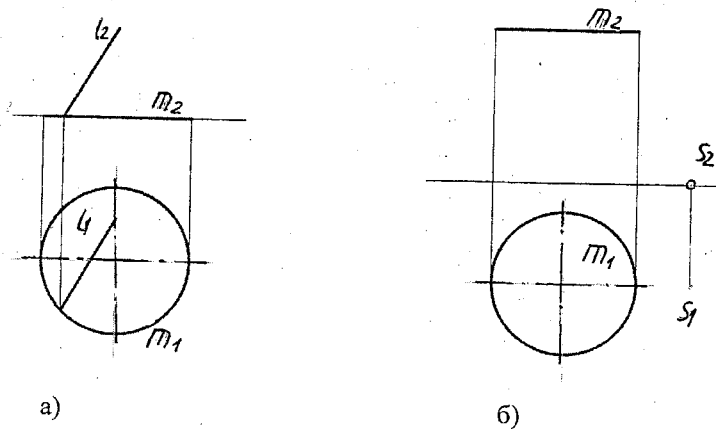
Задача №50

Побудувати відсутні проекції точок за умови їх належності:
а) еліптичному конусу; б) еліптичному циліндру.



Задача №51

Побудувати проекції лінійчатих поверхонь переносу з ребром звороту: а) еліптичного циліндра; б) еліптичного конуса.



5.4 Задачі інцидентності на кривих поверхнях

Такими задачами за аналогією із задачами інцидентності на гранних поверхнях вважають *задачу побудови проєкцій перерізів* кривих поверхонь площинами окремого положення і *задачу побудови наскрізних отворів*, трактуючи їх як задачі визначення проєкцій сукупності точок, що одночасно належать кривій поверхні та заданій площині або отвору.

Геометричною фігурою, яка визначає переріз будь-якої кривої поверхні, є плоска крива лінія. На рис. 5.16 показано конус обертання, перерізаний фронтально-проєкціовальною площиною β . Утворена лінія перерізу при такому розташуванні січної площини відносно осі обертання є еліпсом.

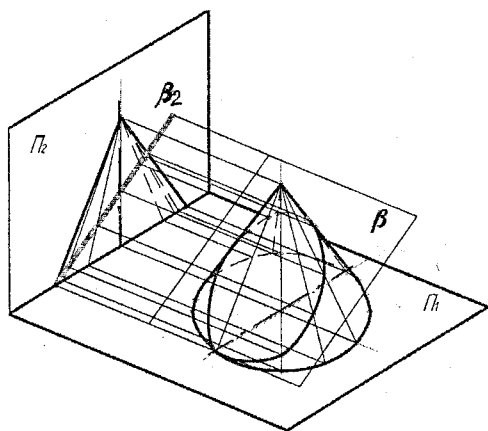


Рисунок 5.16 - Формоутворення перерізу конуса

На рис. 5.17, а показано побудову проєкцій окремих точок – 1 і 2, що належать фігурі перерізу конуса обертання фронтально-проєкціовальною площиною $\beta(\beta_2)$. Оскільки задана площина займає проєкціовальне положення, то фронтальні проєкції цих точок $1(1_2)$ і $2(2_2)$ знаходяться на виродженій проєкції площини $\beta(\beta_2)$ в межах фронтальної проєкції конуса. Горизонтальна проєкція точки 1 (1_1) побудована за умови її належності прямій твірній SA, горизонтальна проєкції точки 2 (2_1) – за умови її належності паралелі радіуса R. На рис. 5.17, б показано побудову сукупності точок, що складають фігуру перерізу. Тобто, горизонтальні проєкції шуканих точок перерізу визначені як точки, що належать лінійчатій поверхні обертання, і сполучені між собою ділянками довільних опуклих кривих.

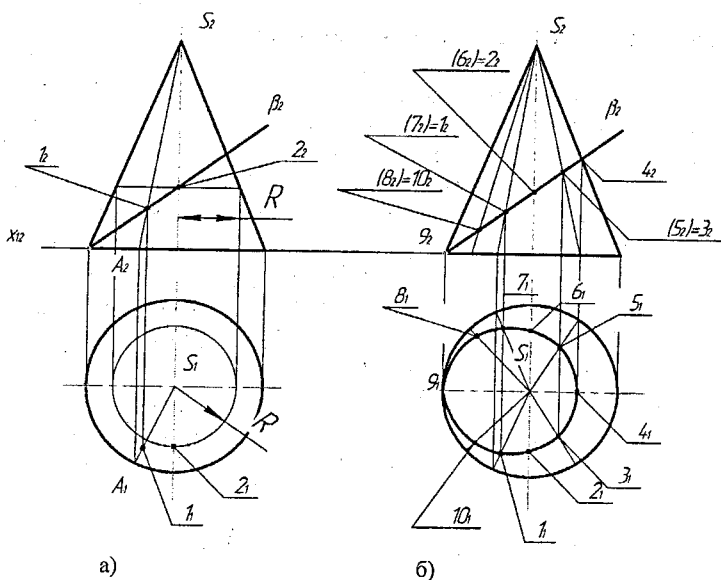


Рисунок 5.17 - Прямокутні проекції перерізу конуса

Задача побудови проекцій наскрізних отворів в кривих поверхнях є похідною від описаної вище задачі побудови перерізу, оскільки її розв'язування теж базується на побудові проекцій точок та ліній за умови їх належності заданим кривій поверхні. На рис. 5.18 показано формування прямокутних проекцій наскрізного отвору в циліндричній поверхні.

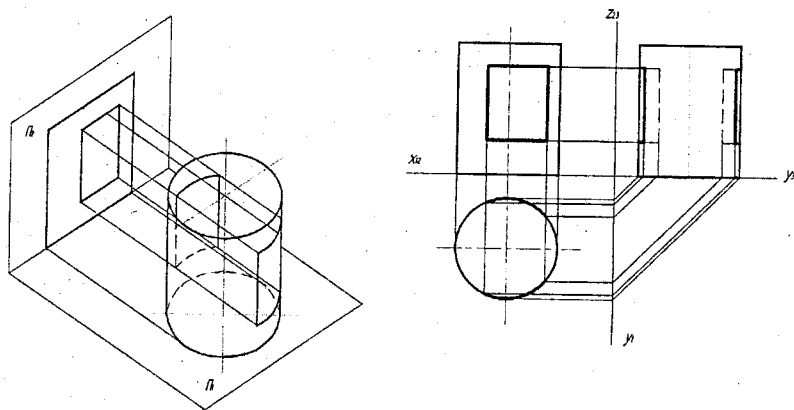


Рисунок 5.18 - Призматичний отвір в циліндрі

Фронтальна проекція такого отвору має вироджену проекцію у формі чотирикутника. Горизонтальна проекція отвору, за умови належності точок, які його утворюють, поверхні циліндра, збігається з виродженою проекцією циліндра.

На рис. 5.19 показано утворення прямокутних проекцій призматичного отвору в конусі обертання, трактуючи цю задачу як задачу побудови проекцій сукупності точок, які належать лінійчатій поверхні обертання – конусу, тобто за допомогою відповідних твірних.

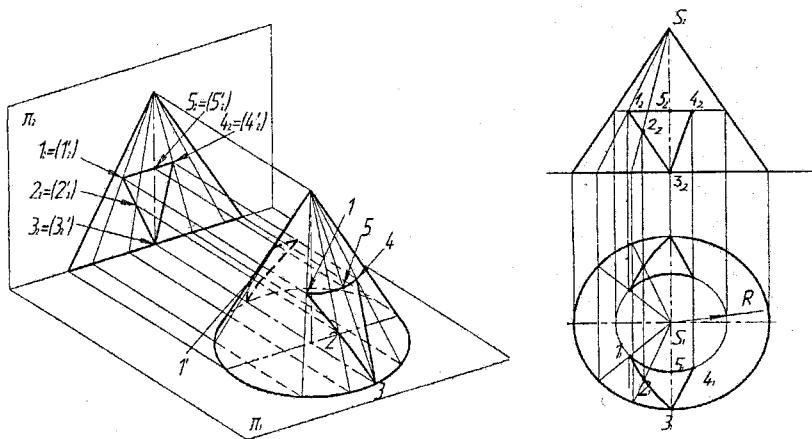
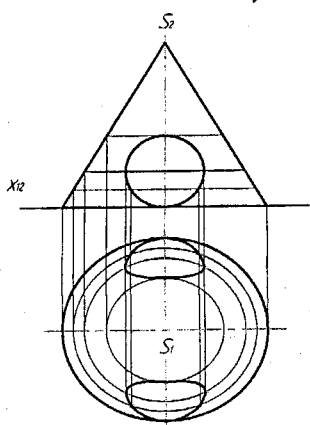


Рисунок 5.19 - Призматичний отвір в конусі



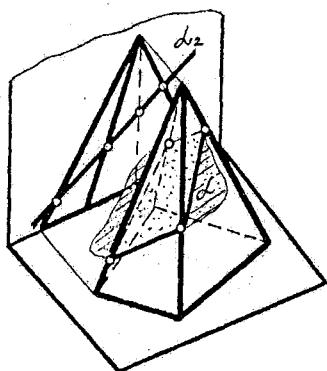
Побудова проекцій циліндричного отвору в конічній поверхні показано на рис. 5.19. Проекція кожної його точки побудована за допомогою паралелей, яким належать ці точки.

Рисунок 5.19 - Циліндричний отвір в конусі

Задачі для самостійного розв'язування

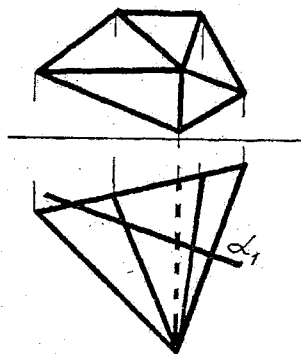
Задача №52

Побудувати проєкції ліній перерізів поверхонь площинами окремого положення

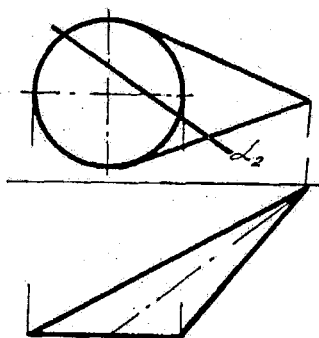


a)

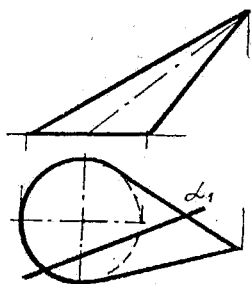
X_{12} —————



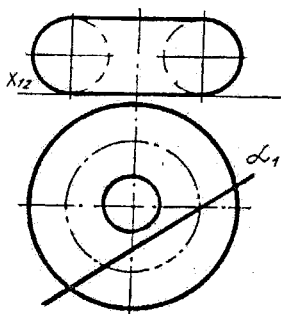
б)



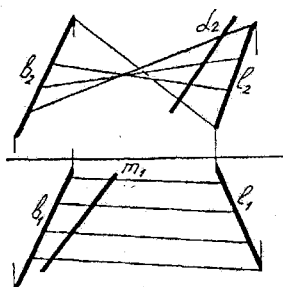
в)



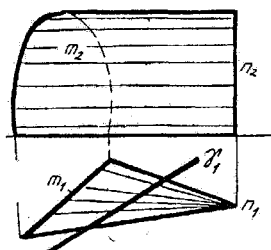
д)



г)



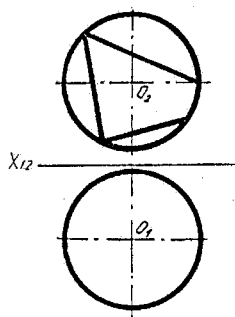
е)



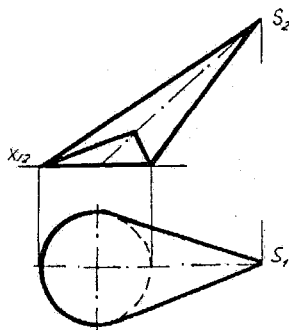
ж)

Задача №53

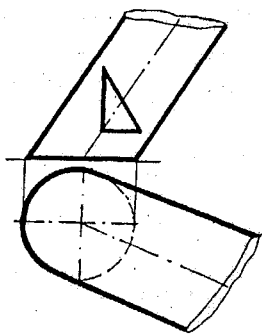
Побудувати проєкції наскрізних отворів



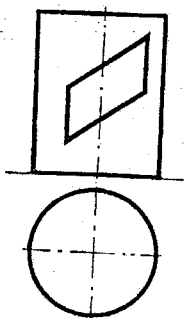
а)



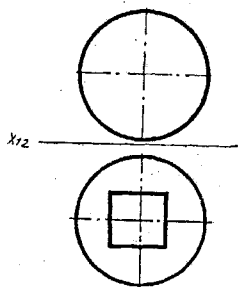
б)



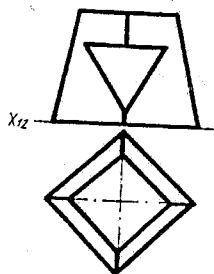
В)



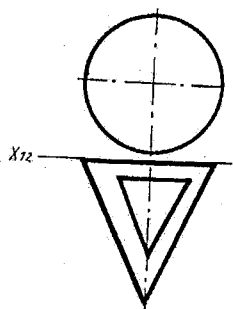
Д)



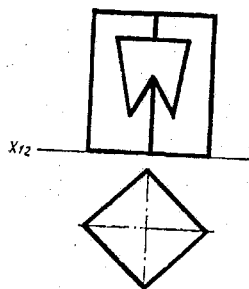
Ж)



Г)

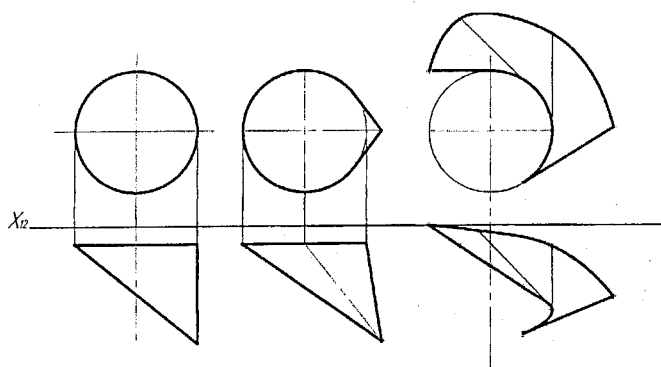


Е)



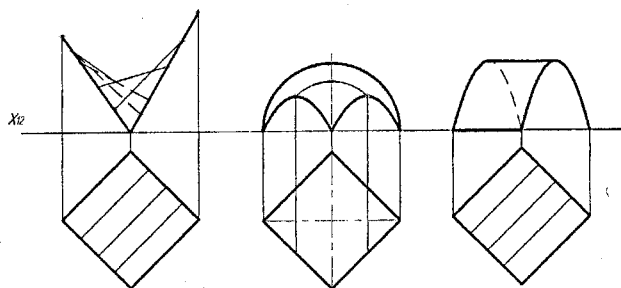
З)

5.5 Контрольний тест до інформаційного модуля 5

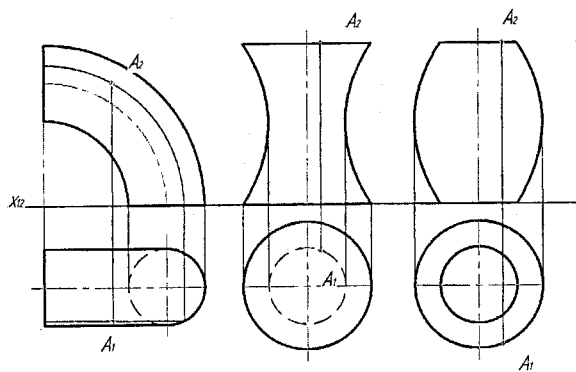


1. Які з показаних поверхонь відносяться до поверхонь обертання?

а) б) в)



а) б) в)

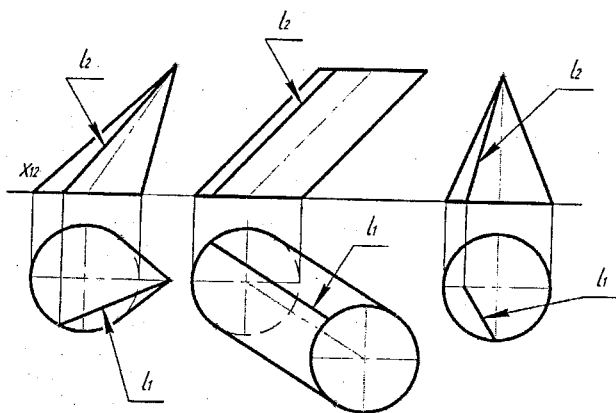


а) б) в)

2. На якому рисунку показано поверхню Каталану?

3. На якому рисунку точка А належить поверхні?

4. На якому рисунку лінія ℓ належить поверхні?

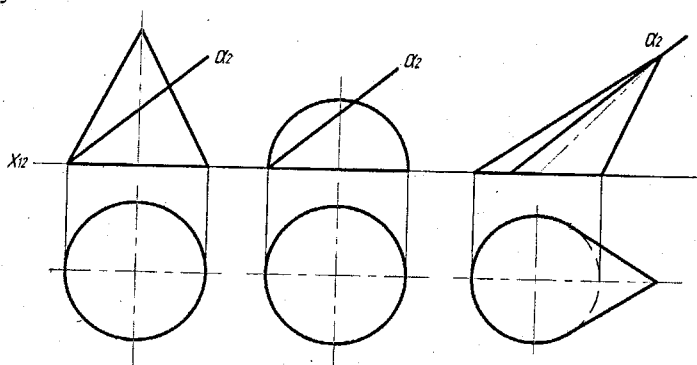


а)

б)

в)

5. На якому рисунку січна площина перетинає задану поверхню по еліпсу?



а)

б)

в)

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 6

ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ НА ПРЯМОКУТНИХ ПРОЕКЦІЯХ ПОВЕРХОНЬ

6.1 Третя позиційна задача

Третя позиційна задача – це задача на перетин поверхні з площиною. Якщо площина займає проєкціовальне положення, то одна з проєкцій лінії перетину збігається із слід-проєкцією площини в межах заданої поверхні. Далі розв'язування зводиться до побудови інших проєкцій точок, що належать поверхні (див. тему 5). Якщо площина займає загальне положення, то для розв'язування задачі треба застосувати спеціальні методи, наприклад, метод заміни площин проєкцій. При цьому додаткова площина вводиться таким чином, щоб задана площина перетворилася в проєкціовальну.

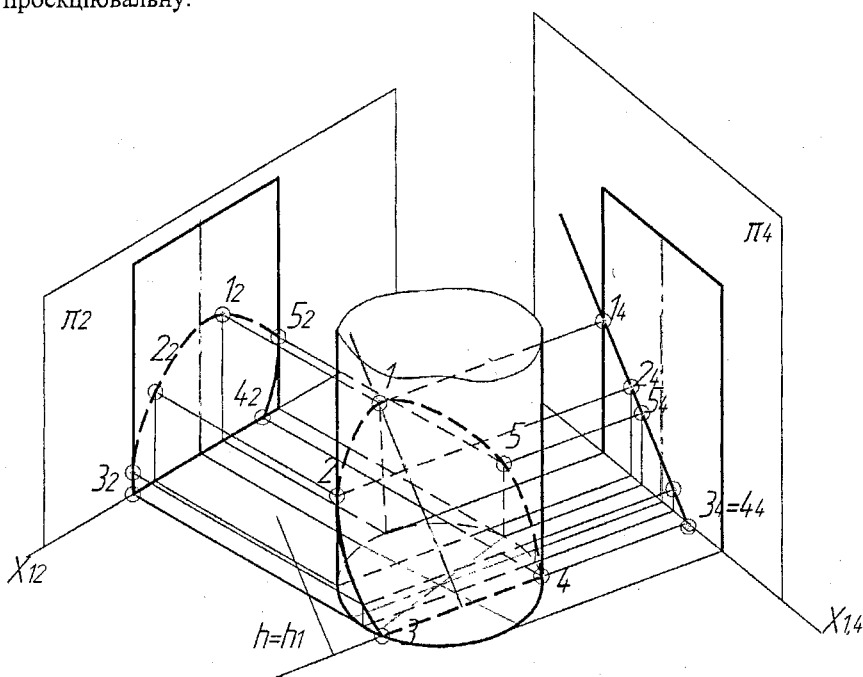


Рисунок 6.1 – Побудова лінії перетину циліндра площиною загального положення (наочне зображення)

Приклад розв'язування (рис.6.1, 6.2):

1) вводимо додаткову площину проєкцій X_{14} , що перпендикулярна до горизонтальної проєкції горизонталі h_1 ;

- 2) проєкціюємо циліндр на додаткову площину Π_4 ;
- 3) проєкціюємо площину на додаткову площину Π_4 ;
- 4) визначаємо лінію перетину, проєкція якої збігається з проєкцією площини на Π_4 в межах проєкції циліндра ($1_4 - 3_4$);
- 5) знаходимо проєкції точок, що належать даній лінії, послідовно на Π_1 та Π_2 , враховуючи при цьому, що відстані в Π_1 від $X_{1,2}$ до відповідної проєкції і відстані в Π_4 від $X_{1,4}$ до відповідної проєкції рівні між собою;
- 6) обов'язково визначаємо точки 2 і 5, оскільки саме вони визначають границю видимості на Π_2 .

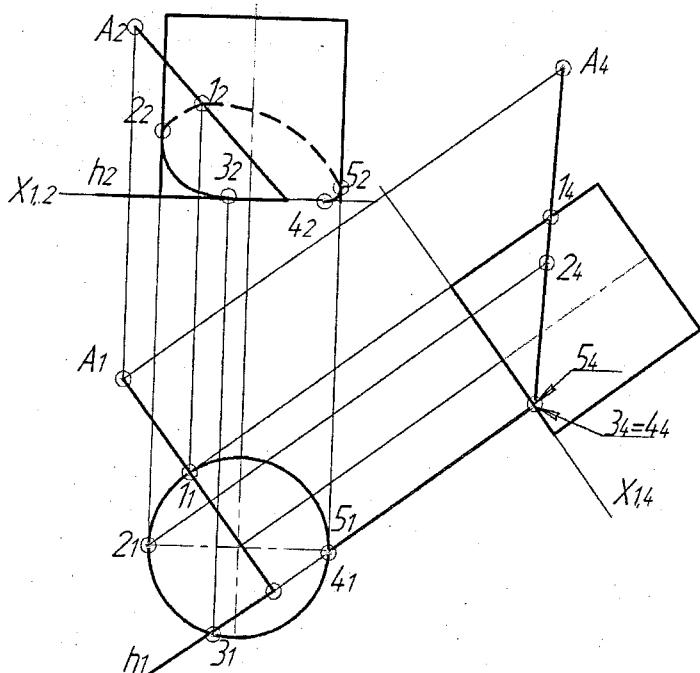


Рисунок 6.2 – Побудова лінії перетину циліндра площиною загального положення (проєкційне креслення)

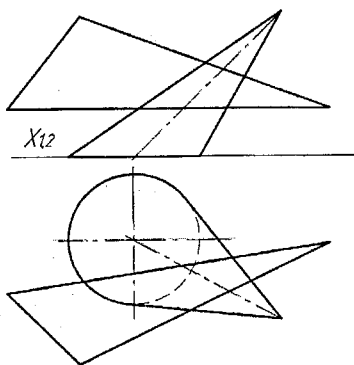
Необхідно відмітити, що введена допоміжна площина проєкцій може бути перпендикулярна як до Π_1 , так і до Π_2 . При цьому необхідно враховувати складність проєкціювання також і самої поверхні.

У випадках, якщо поверхнею є конус, сфера та таке ін., необхідно будувати також і горизонтальну проєкцію лінії перетину поверхні з площиною, використовуючи при цьому твірні або паралелі.

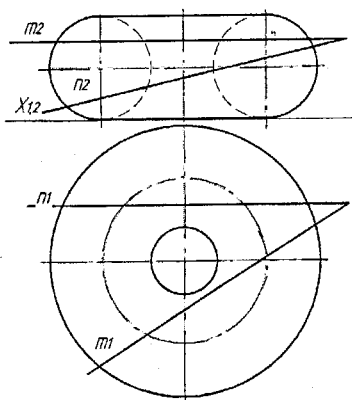
Задачі для самостійного розв'язування

Задача № 54

Побудувати лінію перетину
поверхні конуса площиною α .



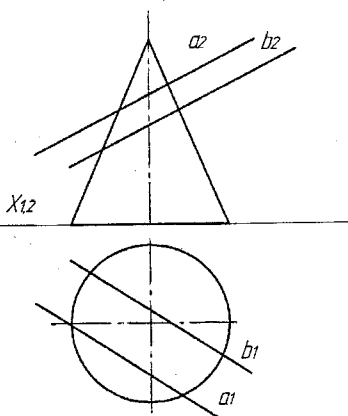
Задача № 55



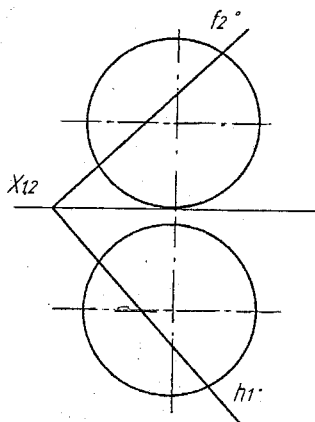
Побудувати лінію перетину
поверхні тора площиною β .

Задача № 56

Побудувати лінію перетину
поверхні конуса площиною $\alpha(a \parallel b)$.



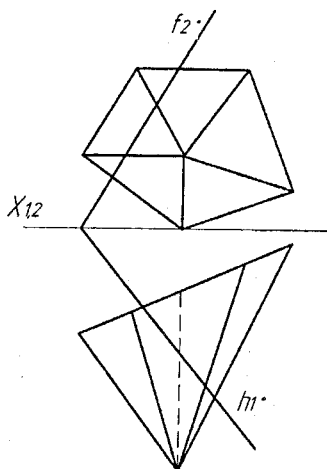
Задача № 57



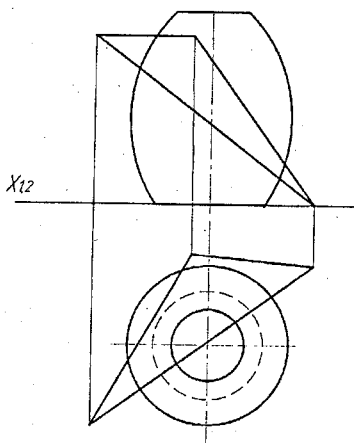
Побудувати лінію перетину
поверхні сфери площиною β ($f^0 \cap h^0$).

Задача № 58

Побудувати лінію перетину
піраміди площиною α ($f^0 \cap h^0$).



Задача № 59



Побудувати лінію перетину
поверхні обертання площиною,
що задана трикутником.

6.2 Четверта позиційна задача

В загальному випадку ця задача формулюється так: *визначити проекції точок перетину лінії (кривої або прямої) з поверхнею*. Розглянемо алгоритми розв'язання задачі, коли необхідно визначити проекції точок перетину прямих ліній різного положення з поверхнями.

Алгоритм 1 - Пряма займає проекціовальне положення.

При такому розташуванні прямої відносно системи площин проекцій одна проекція шуканих точок збігається з виродженою проекцією самої прямої, а дві інші визначають за умови належності поверхні, яку перетинає пряма. Тобто, алгоритм реалізовує принцип одночасної належності шуканих точок двом геометричним фігурам - проекціовальній прямій та поверхні. На рис.6.3 показано циліндричну поверхню і пряму ℓ , яка займає фронтально-проекціовальне положення та перетинає циліндр в точках K і L . Тому фронтальні проекції K_2 і L_2 шуканих точок перетину лінії ℓ з циліндричною поверхнею збігаються з фронтальною проекцією заданої прямої лінії ℓ_2 . Горизонтальні проекції K_1 і L_1 визначені за умови належності точок відповідним твірним циліндра.

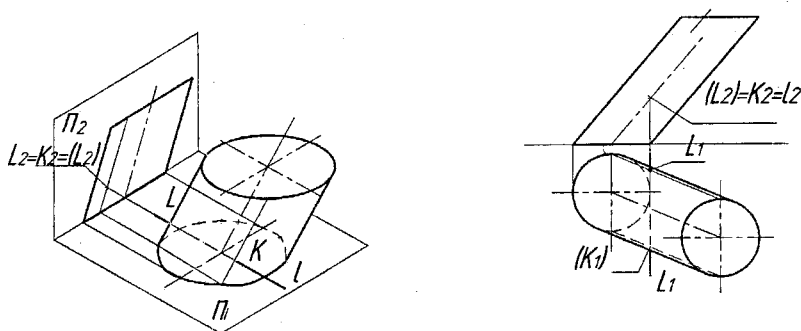
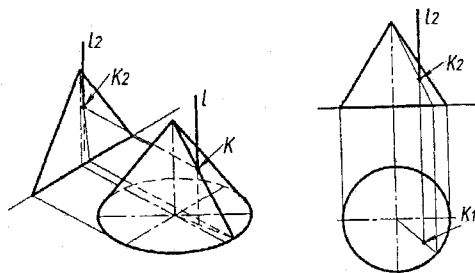


Рисунок 6.3 - Перетин прямої лінії з циліндром



На рис. 6.4 проілюстровано алгоритм визначення проекцій точки перетину прямої ℓ , яка займає горизонтально-проекціовальне положення, з конусом.

Рисунок 6.4 - Перетин прямої лінії з конусом обертання

Алгоритм 2 – Пряма займає загальне положення або положення рівня.

При такому розташуванні прямої лінії визначення проєкцій точок її перетину з поверхнею передбачає виконання таких геометричних операцій:

- проведення через пряму допоміжної січної площини (частіше за все – проєкціювальної) – на рис.6.5, а така площина позначена «Т»;
- побудова лінії перерізу поверхні допоміжною площиною – на рис.6.5, б лінія перерізу позначена «а»;
- визначення шуканих точок як точок перетину побудованої лінії перерізу та заданої прямої, на рис. 6.5 такими точками є точки К і L.

На рис. 6.5, в показано реалізацію наведеного алгоритму для визначення прямокутних проєкцій точок перетину лінії загального положення ℓ з поверхнею обертання θ , використовуючи допоміжну січну фронтально-проєкціювальну площину Т.

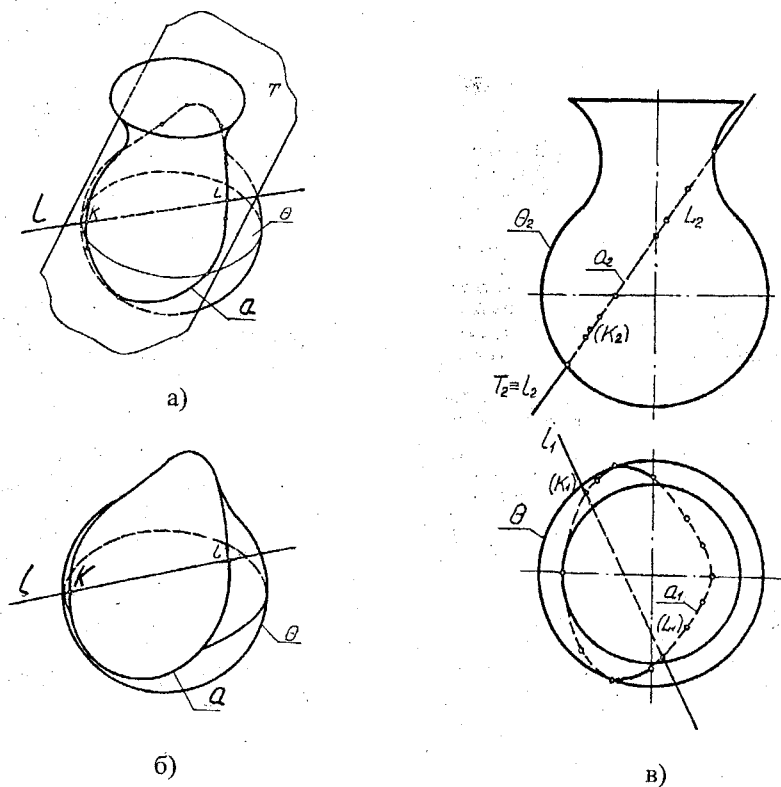


Рисунок 6. 5 - Перетин прямої загального положення з поверхнею обертання

В деяких випадках, особливо для визначення точок перетину прямих з лінійчатими поверхнями, найбільш ефективним є використання допоміжних січних площин - площин загального положення. Доцільність їх використання - отримати переріз поверхні площиною якомога простіший за формою. На рис. 6.6 показано використання допоміжної січної площини загального положення для визначення точок перетину прямої l з еліптичним конусом. Така площина утворена прямими a і l , які перетинаються в точці A , проходить через вершину S і перерізає конус по твірних S_1 і S_2 . Фігуру перерізу знайдено за допомогою попередньо визначеного сліду січної площини на Π_1 (пряма MN). Шукані точки K і L є точками перетину побудованого перерізу і заданої прямої.

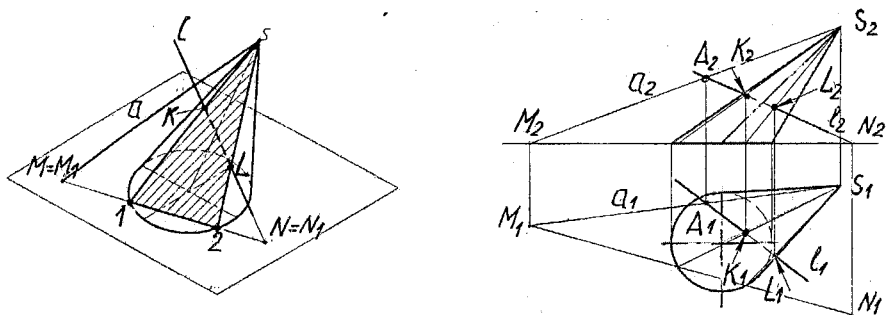


Рисунок 6.6 - Визначення точок перетину прямої з еліптичним конусом

Окремим випадком можна вважати визначення точок перетину прямої з проекційвальним циліндром (циліндром, у якого твірні займають проекційвальне положення), оскільки шукані точки визначають як точки, що одночасно належать циліндричній поверхні та прямій (рис. 6.7).

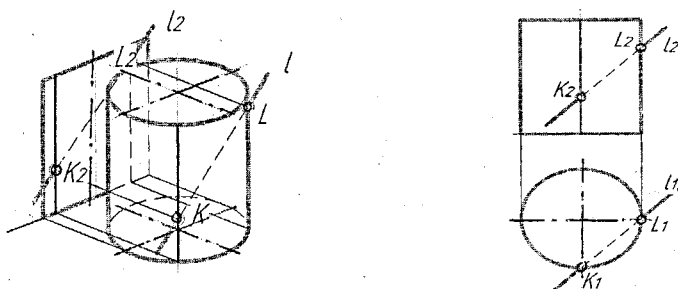
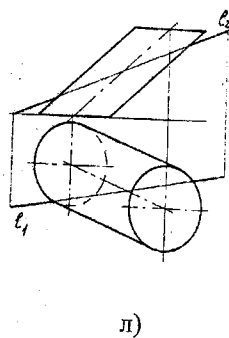
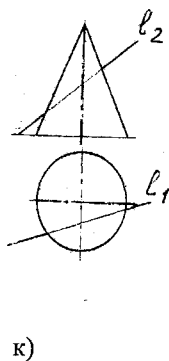
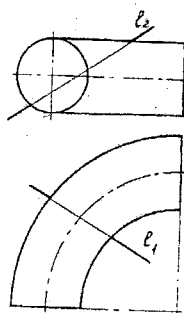
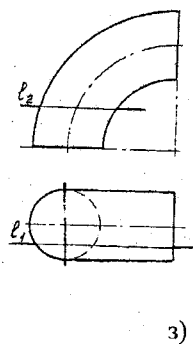
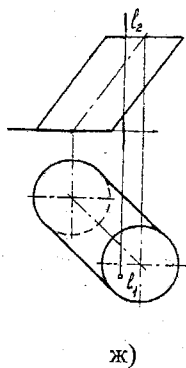
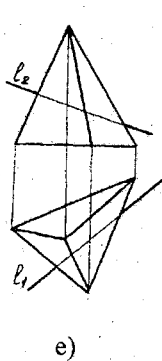
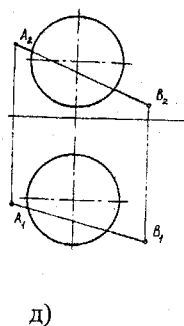
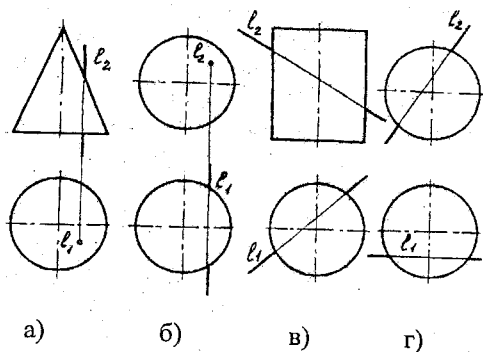


Рисунок 6.7 – Визначення точок перетину прямої з циліндром

Задачі для самостійного розв'язування

Задача №60

Побудувати проєкції точок перетину прямої ℓ із заданими поверхнями



6.3 П'ята позиційна задача

П'ята позиційна задача – це задача на знаходження лінії перетину кривих поверхонь. Лінія перетину – це сукупність точок, що одночасно належать до обох поверхонь. Якщо одна з поверхонь є проєкційовальною відносно певної площини проєкцій (наприклад, бічна поверхня прямого циліндра проєкціюється в коло), то лінія перетину на цій площині проєкцій збігається з лінією проєкції поверхні. В такому випадку задача зводиться до перенесення точок, які належать поверхні, на інші проєкції поверхонь.

В інших випадках для розв'язування п'ятої позиційної задачі можна застосувати введення поверхонь посередників. Найбільш поширені методи, які засновані на такому введенні, – метод допоміжних січних площин, метод допоміжних концентричних сфер та метод допоміжних ексцентричних сфер. Нижче розглянемо перших два методи.

В методі січних площин як поверхні посередники обираються площини окремого положення. Причому при виборі положення допоміжної площини враховують умову, щоб при перетині із заданими поверхнями утворювалися прості геометричні лінії (кола, прямокутники і т. ін.). Перед введенням допоміжної площини необхідно проаналізувати умову і визначити точки, які не потребують додаткових побудов. Це, наприклад, можуть бути точки, що знаходяться на перетині обрисів поверхонь.

Алгоритм розв'язування п'ятої позиційної задачі методом січних площин можна подати такими діями:

- 1) вводимо допоміжну січну площину окремого положення;
- 2) знаходимо лінії перетину введеної площини окремо з кожною із поверхонь;
- 3) визначаємо точки перетину знайдених ліній;
- 4) повторюємо п. 1-3 ще для кількох допоміжних площин;
- 5) з'єднуємо отримані точки між собою;
- 6) переносимо проєкції отриманих точок на іншу площину проєкцій;
- 7) визначаємо видимість.

На рис. 6.8, 6.9 поданий приклад побудови лінії перетину конуса та циліндра методом допоміжних січних площин. По-перше, визначаємо точки 3_2 та 4_2 , які знаходяться на перетині обрисів поверхонь на фронтальній площині проєкцій. Горизонтальні проєкції цих точок 3_1 та 4_1 отримаємо, якщо перенесемо на горизонтальну проєкцію лінії, до якої вони належать. В даному випадку це твірна, яка збігається з обрисом на Π_2 , а на Π_1 збігається з віссю циліндра. Як допоміжну січну площину обираємо площину горизонтального положення $\alpha(\alpha_2)$, оскільки при перетині з цією площиною конічна поверхня дає простий переріз у вигляді кола. На Π_2 – це коло проєкціюється у вигляді відрізка, який збігається із слід-проєкцією

α_2 , а на Π_1 – у вигляді кола, радіус якого можна визначити. При перетині з циліндром площина $\alpha(\alpha_2)$ утворює прямокутник, на Π_2 проекція якого збігається із слід-проекцією α_2 , а на Π_1 – збігається з обрисом поверхні циліндра. Результатом перетину кола та прямокутника є точки 1_1 та 2_1 . Фронтальні проекції цих точок 1_2 та 2_2 отримаємо при перенесенні їх на проекцію α_2 . З'єднавши точки 1-3-2-4-1 отримаємо лінію перетину.

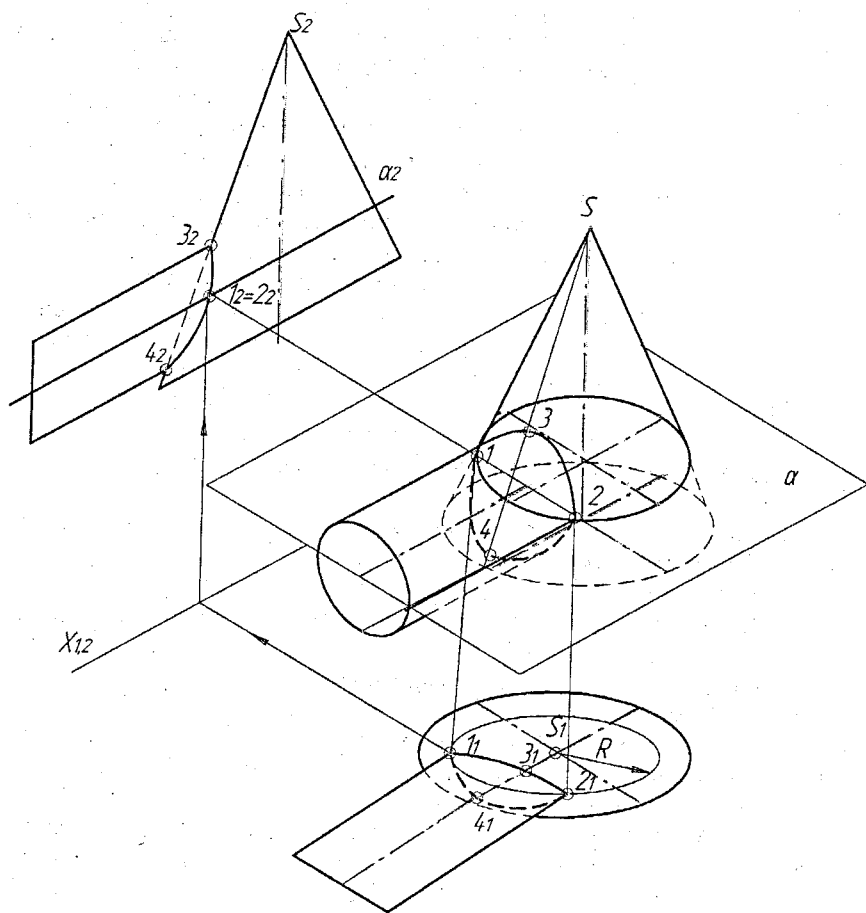


Рисунок 6.8 – Побудова лінії перетину конуса та циліндра методом допоміжних січних площин (наочне зображення)

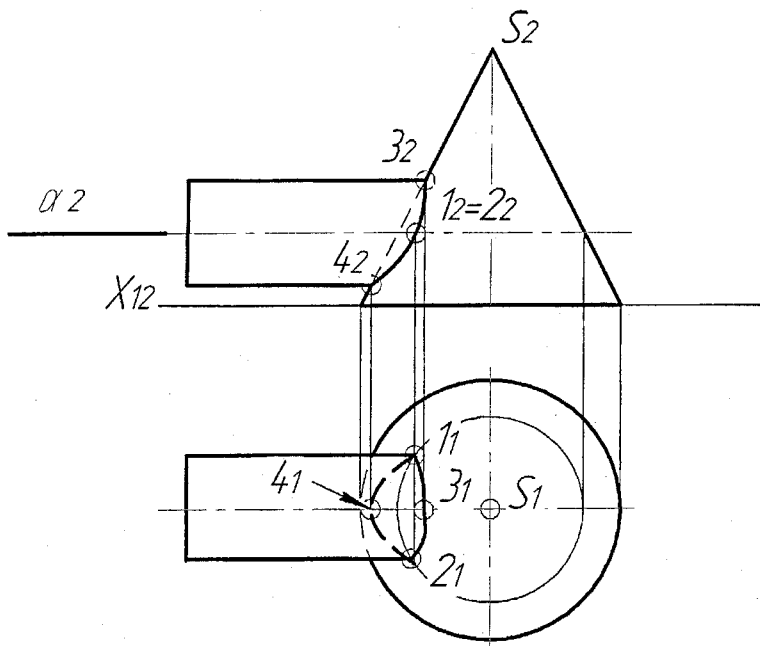


Рисунок 6.9 – Побудова лінії перетину конуса та циліндра методом допоміжних січних площин (проекційне креслення)

Метод концентричних сфер може бути застосований якщо поверхні, що перетинаються, є поверхнями обертання, причому їх осі перетинаються і лежать в площині паралельній площині проєкцій. Як поверхні-посередники обираються сферичні поверхні з постійним центром в точці перетину осей.

Алгоритм розв'язування п'ятої позиційної задачі методом концентричних сфер можна представити такими діями:

- 1) визначаємо центр допоміжних сфер;
- 2) визначаємо мінімальний та максимальний радіуси допоміжних сфер;
- 3) вводимо допоміжну сферичну поверхню;
- 4) знаходимо лінії перетину введеної сфери окремо з кожною із поверхонь;
- 5) визначаємо точки перетину знайдених ліній;
- 6) повторюємо п. 1 - 5 ще для кількох допоміжних сфер;
- 7) з'єднуємо отримані точки між собою;
- 8) переносимо проєкції отриманих точок на іншу площину проєкцій;
- 9) визначаємо видимість.

Розглянемо застосування вказаного алгоритму на прикладі перетину закритого тора та циліндра (рис.6.10, 6.11).

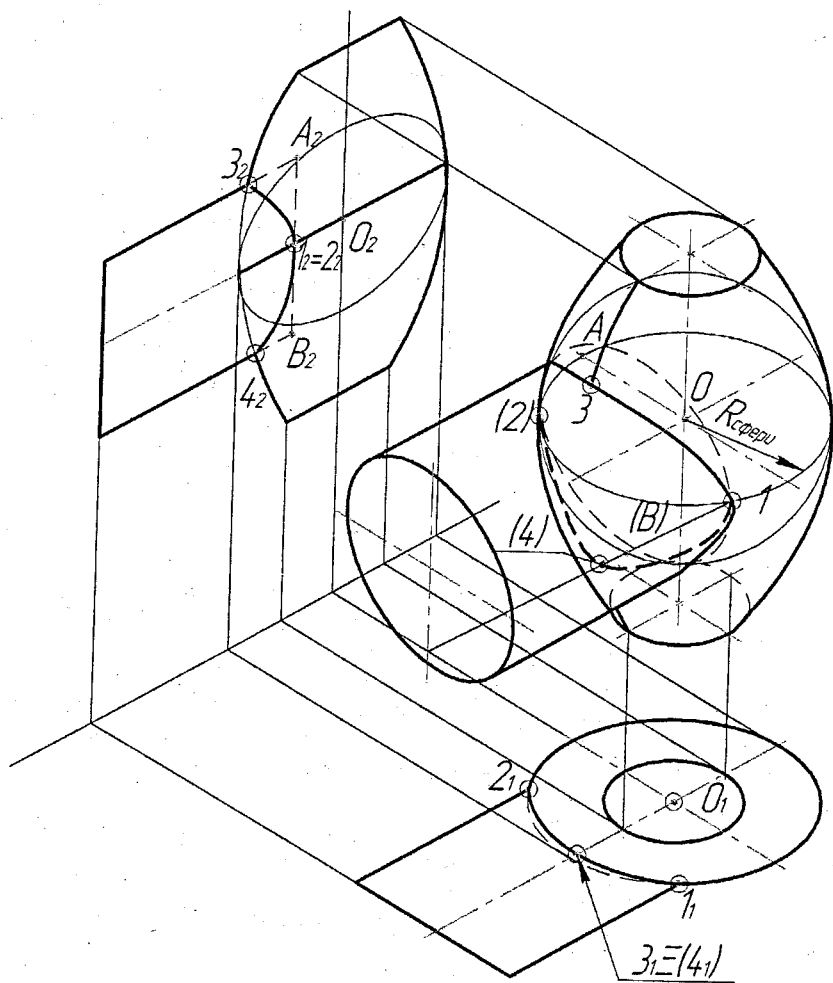


Рисунок 6.10 – Побудова лінії перетину циліндра та тора методом допоміжних концентричних сфер (почне зображення)

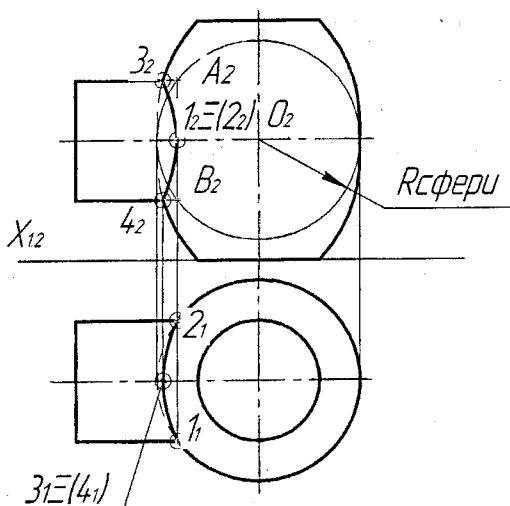


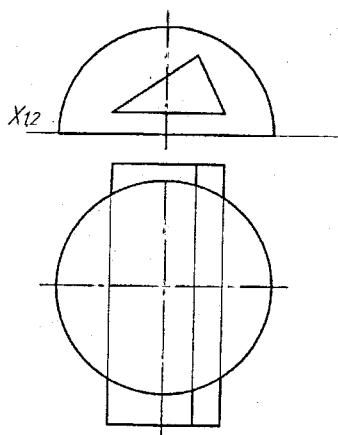
Рисунок 6.11 – Побудова лінії перетину циліндра та тора методом допоміжних концентричних сфер (проекційне креслення)

Спочатку визначаємо проекції точок 3_2 і 4_2 як результат перетину обрисів заданих поверхонь. Для визначення найглибших точок 1_2 і 2_2 необхідно ввести допоміжну концентричну сферу із центром в точці O_2 перетину осей циліндра і тора. Радіус сфери обирається таким чином, щоб побудоване коло було вписаним в одну з поверхонь, а іншу перетинало. Результатом перетину тора сферою є коло, яке на фронтальній проекції виглядає як відрізок, що збігається з екватором сфери. Результатом перетину сфери з циліндром є коло, фронтальна проекція якого виглядає як відрізок A_2B_2 . Проекції точок 1_2 і 2_2 отримаємо на перетині вказаних відрізків. З'єднаємо точки $3_2 - 1_2 - 4_2 - 2_2 - 3_2$. Горизонтальні проекції точок лінії перетину будемо шляхом перенесення на відповідні проекції ліній, до яких точки належать: точки 3_1 і 4_1 належать до екватора тора, а 1_1 і 2_1 – до головного меридіана. З'єднавши відповідні точки, отримаємо горизонтальну проекцію лінії перетину.

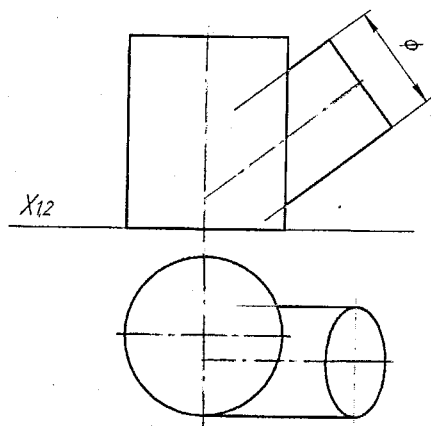
Задачі для самостійного розв'язування

Задача № 61

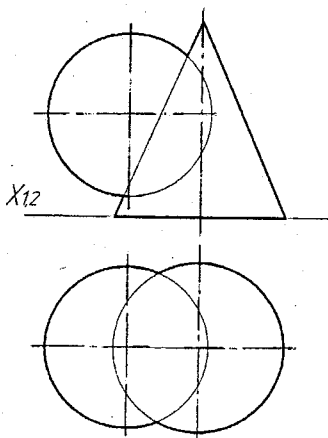
Побудувати лінію перетину двох поверхонь методом допоміжних січних площин.



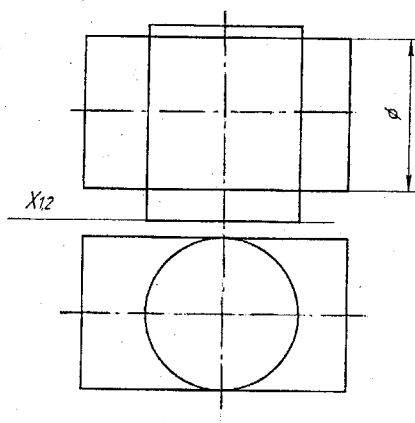
а)



б)



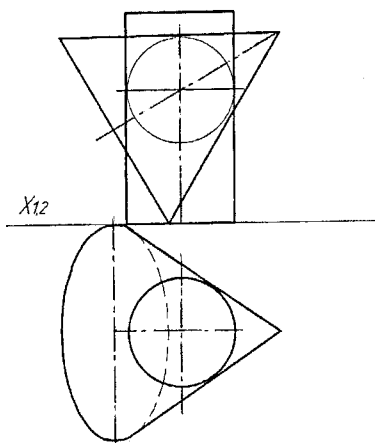
в)



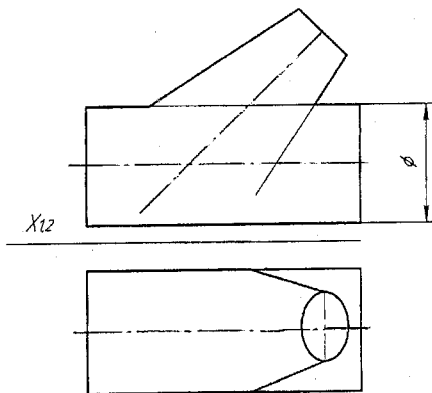
г)

Задача № 62

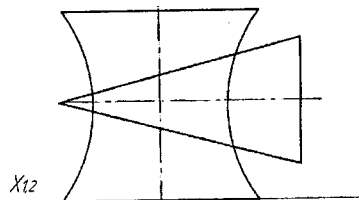
Побудувати лінію перетину поверхонь методом допоміжних концентричних сфер.



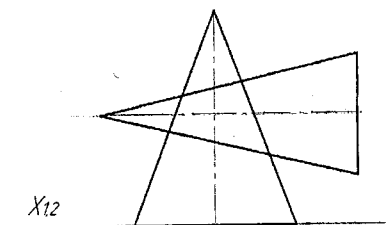
а)



б)



в)



г)

6.4 Контрольний тест до інформаційного модуля 6

1. Результатом перетину грані поверхні площиною є:

- а) відрізок;
- б) багатокутник;
- в) коло;
- г) крива лінія.

2. Результатом перетину кривої поверхні площиною є:

- а) пряма;
- б) багатокутник;
- в) розімкнена крива лінія;
- г) замкнена крива лінія.

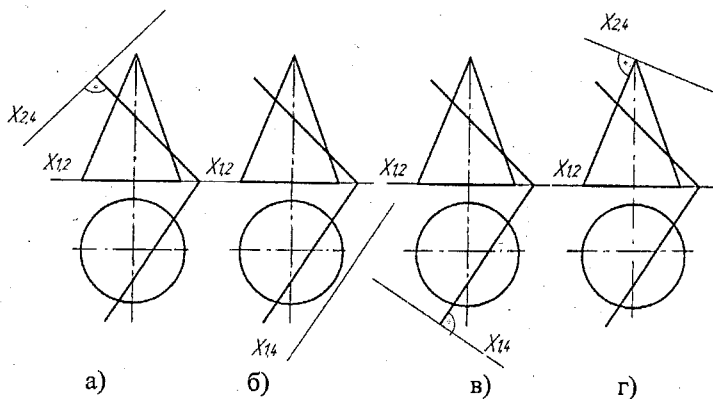
3. Лінія, яка не може бути утворена в результаті перетину поверхні конуса площиною:

- а) трикутник;
- б) коло;
- в) парабола;
- г) еліпс;
- д) гіпербола.

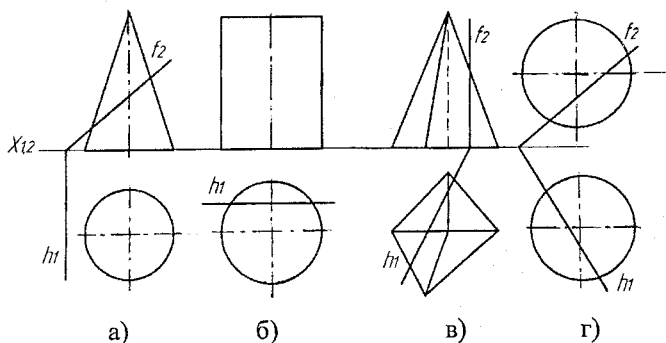
4. Лінією перетину поверхні сфери площиною є:

- а) еліпс;
- б) коло;
- в) парабола;
- г) овал.

5. Оберіть правильний варіант введення додаткової площини для знаходження лінії перетину:

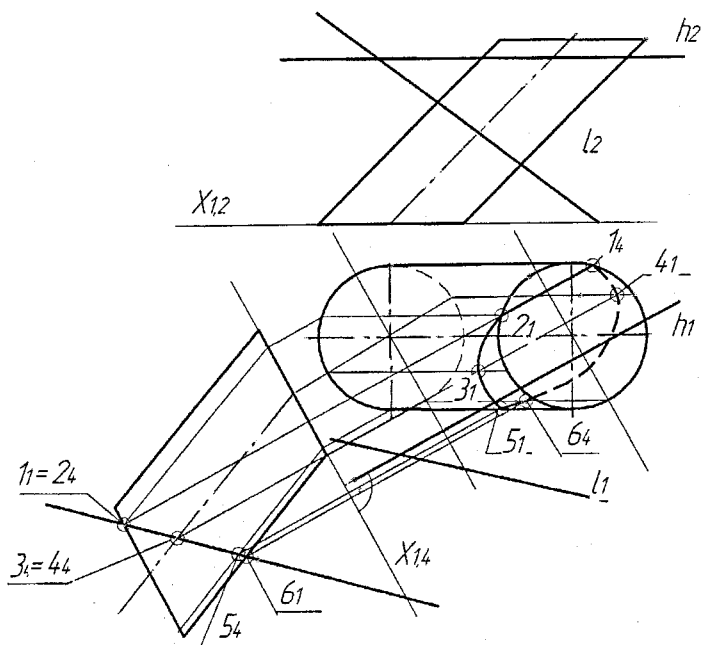


6. Для якого варіанта перетину поверхні з площиною необхідно вводити додаткову площину проєкцій?



7. Яка проекція лінії перетину циліндра з площиною загального положення відсутня?

а) горизонтальна; б) фронтальна; в) додаткова.

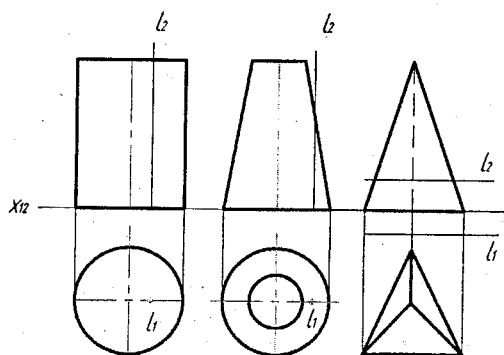


8. Чому дорівнюють відстані від X_{12} до проекцій точок 1 - 6 лінії перетину на Π_2 (див. рис. до питання 7)?

а) відстані від $X_{1,4}$ до проекцій $1_1 - 6_1$;

б) відстані від $X_{1,4}$ до проекцій $1_4 - 6_4$;

в) відстані від $X_{1,2}$ до проекцій $1_1 - 6_1$.

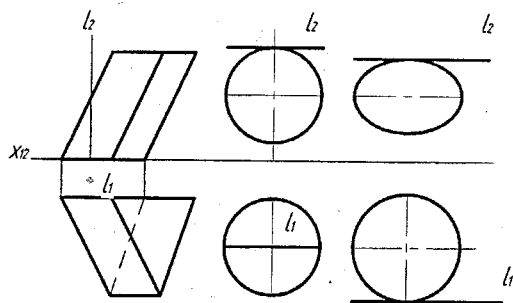


а)

б)

в)

9. На якому рисунку задана пряма ℓ , яка перетинає поверхню?

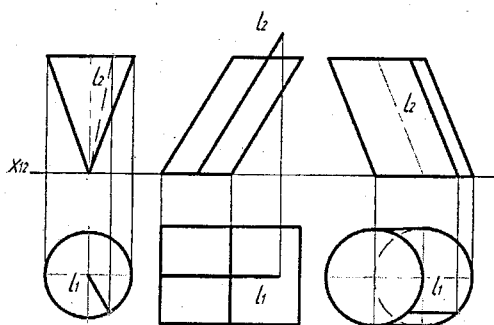


а)

б)

в)

10. На якому рисунку задана пряма ℓ , дотична до поверхні?



а)

б)

в)

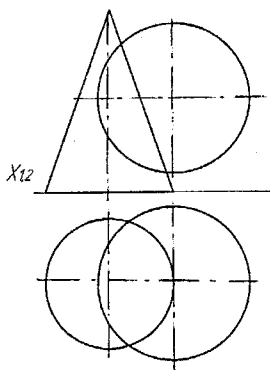
11. На якому рисунку задана пряма ℓ , яка належить поверхні?

12. Як обирається положення допоміжних січних площин при розв'язуванні задачі на перетин поверхонь?

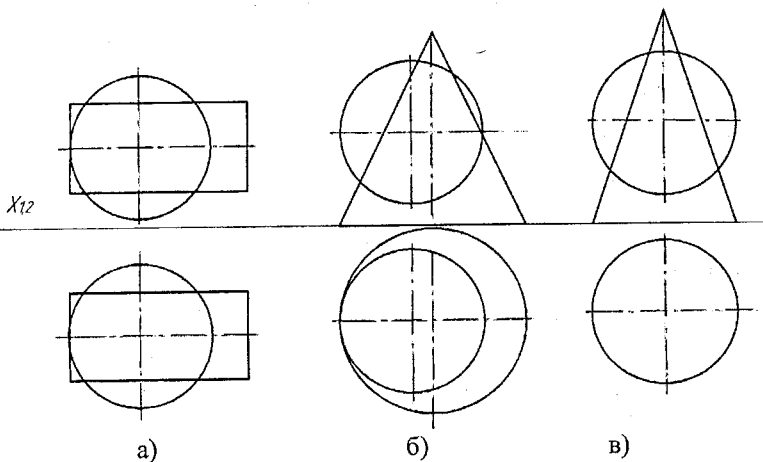
- а) площини мають бути горизонтальними;
- б) площини мають бути проєкційвальними;
- в) площини мають утворювати при перетині з поверхнями прості геометричні фігури.

13. Яке положення мають займати січні площини для побудови лінії перетину?

- а) горизонтальне;
- б) фронтальне;
- в) профільне;
- г) загальне.

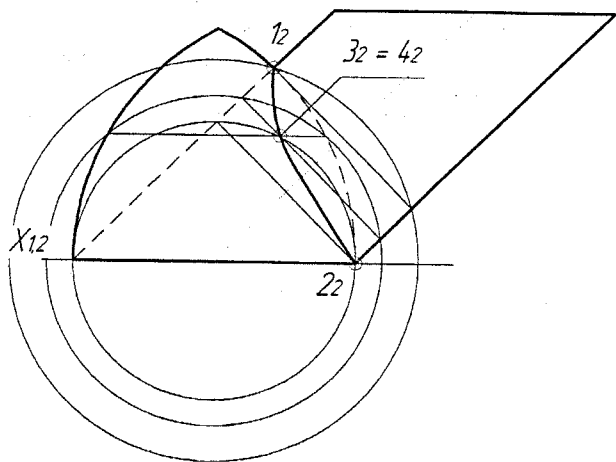


14. Які з вказаних поверхонь для побудови лінії перетину потребують введення допоміжної площини?



15. Які точки лінії перетину можна побудувати без введення поверхні-посередника?

- а) точки 1 і 2; б) точки 3 і 4; в) точки 1 і 3; г) таких точок немає.



16. Яким методом отримана лінія перетину (рис. питання №15)?

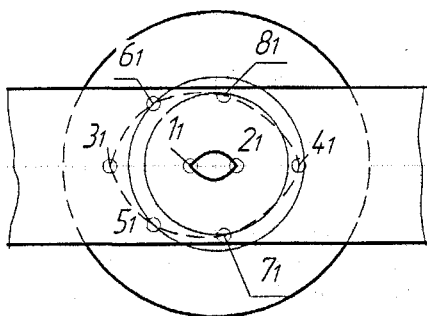
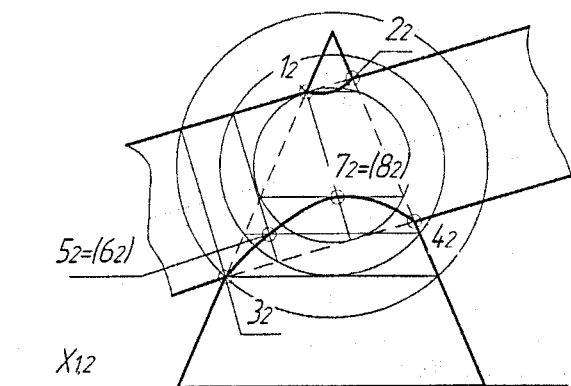
- а) методом допоміжних січних площин;
- б) методом допоміжних концентричних сфер;
- в) методом допоміжних ексцентричних сфер;
- г) методом перетворення креслення.

17. Які точки є границею видимості лінії перетину на горизонтальній площині проєкцій (рис. питання №4)?

- а) точки 1 і 2;
- б) точки 3 і 4;
- в) точки 5 і 6;
- г) таких точок немає.

18. Яка з поверхонь має просторовий отвір (отвори)?

- а) циліндр;
- б) конус;
- в) обидві поверхні;



ІНФОРМАЦІЙНИЙ МОДУЛЬ 7

ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ В СЕРЕДОВИЩІ КОМПАС-3D

7.1 Загальні відомості

Система КОМПАС-3D – потужна інженерна система автоматизації проектування різноманітних об'єктів: від простих деталей, вузлів до складних машинобудівних, архітектурних та будівельних об'єктів. Система КОМПАС-3D використовується для створення, редагування, зберігання, документування та відображення інформації у вигляді графічних зображень. Система КОМПАС-3D призначена для автоматизації проектно-конструкторських робіт в машино- та приладобудуванні, архітектурі та будівництві, при складанні схем та планів, в кожній галузі, де необхідно розробляти та випускати креслярську та текстово-графічну документацію. Система надає можливості:

- автоматизації процесу розробки виробу шляхом параметричного моделювання;
- керування взаємним розташуванням елементів конструкції з автоматичним оновленням моделі та креслення в процесі внесення до них змін;
- роботи з тривимірними поверхнями, які дозволяють створювати складні моделі з довільними просторовими формами;
- генерації плоских проекцій, формування креслень виробу;
- керування розмірами деталей і вузлів та ряд інших можливостей;
- автоматизувати розрахунок геометричних характеристик об'єктів;
- автоматизувати процес оформлення різної документації;
- створювати в напівавтоматичному режимі специфікації.

Вбудований в систему креслярсько-графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК призначений для автоматизації проектно-конструкторських робіт в машино- та приладобудуванні, архітектурі та будівництві, при складанні схем та планів, в кожній галузі, де необхідно розробляти та випускати креслярську та текстово-графічну документацію. Графічний редактор дозволяє розробляти та випускати різні документи – ескізи, креслення, схеми, плакати та ін. Однією з головних переваг КОМПАС-ГРАФІК традиційно є повна підтримка ЄСКД.

7.2 Панелі інструментів

Система КОМПАС-3D підтримує декілька режимів роботи, кожен з яких має свій спеціалізований інтерфейс – головне вікно. Відображення

складових елементів системи та робочого вікна із зображенням фрагмента або креслення здійснюється в головному вікні системи. Якщо натиснути в діалоговому вікні „Новый документ” на пункті „Чертеж”, з’явиться головне вікно системи, налаштоване на роботу з кресленнями (рис.7.1). Якщо натиснути в діалоговому вікні „Новый документ” на пункті „Фрагмент”, то з’явиться практично те саме головне вікно, налаштоване на режим роботи з фрагментами, але без рамки з основним надписом.

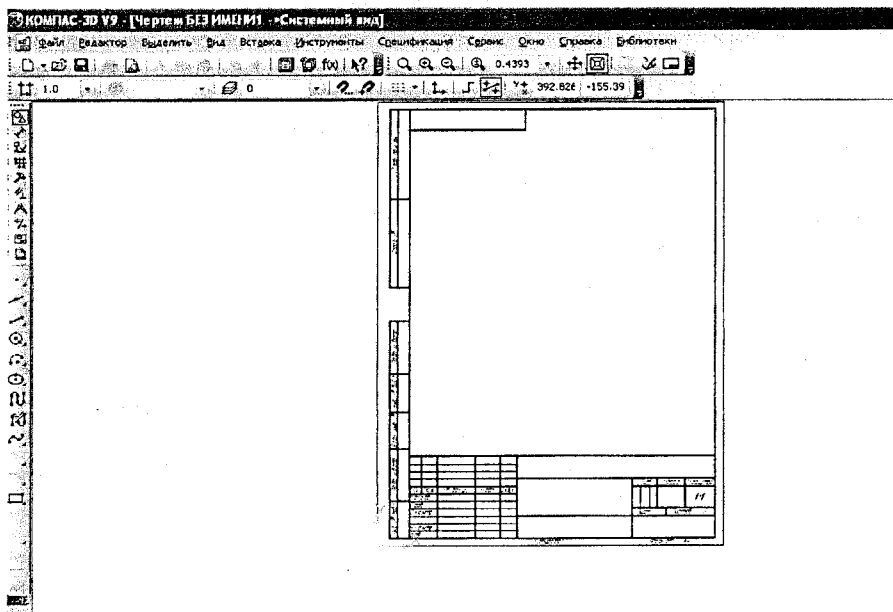


Рисунок 7.1 – Головне вікно системи КОМПАС-3D в режимі створення креслення

Головне вікно системи - це поле, на якому розташовуються сторінки верхнього текстового меню, панелі кнопок та інші елементи керування, а також вікна документів. Верхній рядок головного вікна - його заголовок, в якому вказана назва системи та номер її версії - КОМПАС-3D V9 (рис.7.2).

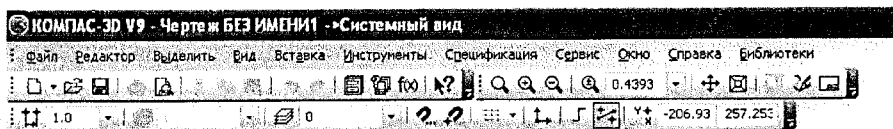


Рисунок 7.2 – Вигляд верхньої частини головного вікна документа

Для роботи в системі існують панелі інструментів з кнопками, які відповідають певним командам системи. При будь-якому режимі роботи системи бажано, щоб в головному вікні відображались три панелі інструментів: „Стандартная”, „Вид” та „Текущее состояние”.

Під заголовком головного вікна знаходиться рядок команд меню, в якому відображені назви сторінок верхнього меню системи. Команди меню - група команд різного призначення (команди настроювання системи, компонування креслення та інші), необхідних для роботи в системі.

Панелі кнопок - панелі, на яких розташовані кнопки з піктограмами, кожна кнопка відповідає певній команді системи. На екрані відображується декілька різних панелей кнопок.

Під рядком команд меню знаходиться панель інструментів „Стандартная” (панель керування) - група кнопок команд загального призначення (кнопки створення нових документів, відкриття існуючих документів, запис в файл, виведення на друк та ін. (рис. 7.3).



Рисунок 7.3 – Панель інструментів „Стандартная”

Нижче панелі керування знаходиться панель інструментів „Вид” (рис. 7.4). Склад панелі інструментів „Вид” різний для різних режимів роботи в системі. При роботі з текстовим документом на панелі відображається зовсім інший набір кнопок, ніж при редагуванні креслення.



Рисунок 7.4 – Панель інструментів „Вид” в режимі побудови креслення та фрагмента

Панель інструментів „Текущее состояние” розміщена одразу після панелі інструментів „Вид” (рис. 7.5). Вигляд цієї панелі залежить від режиму, в якому працює система.

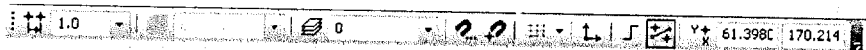


Рисунок 7.5 – Панель інструментів „Текущее состояние” в режимі побудови креслення та фрагмента

Рядок поточного стану розбитий на поля. Поле „Текущий шаг” відображає значення кроку курсора при його переміщенні клавішами. Праворуч від поля „Текущий шаг” курсора знаходиться поле „Текущий вид”, що призначене для відображення номера вигляду, який в даний

момент є поточним. Поруч з полем розташована кнопка „Состояние видов”, при допомозі якої змінюють поточний вигляд. Праворуч від поля „Текущий вид” розташовується поле „Текущий слой”. В ньому відображається номер шару, який в даний момент є поточним.

Далі знаходиться кнопка „Привязка”, яка призначена для виклику діалогу настроювання глобальних прив'язок. Коли в процесі створення або редагування об'єктів використовується меню прив'язок або клавіатурні комбінації, то для того, щоб точно встановити курсор в необхідну точку, застосовується локальна прив'язка.

Праворуч від кнопки „Привязка” знаходяться поля координат X та Y. В них відображається значення координат курсора (в поточній системі координат).

Останнє поле рядка поточного стану - це поле „Текущий масштаб”. В цьому полі відображається масштаб, в якому зображено у вікні документ.

В системі КОМПАС-3D окрім панелі керування, існують ще „Компактная панель” (рис.7.6) та „Панель специального управления”.



Рисунок 7.6 – „Компактная панель”

Склад „Компактной панели” залежить від типу активного документа. Це можуть бути кнопки „Геометрия”, „Размеры”, „Обозначения”, „Редактирование”, „Параметризация”, „Измерения”, „Выделения”, „Спецификация” та ін.

„Панель специального управления” - група кнопок, що дозволяють контролювати процес виконання команд (введення об'єкта, переривання поточної дії та ін.). З'являється на екрані тільки після виклику будь-якої команди „Компактной панели” (рис.7.7).



Рисунок 7.7 – „Панель специального управления”: побудова кола

В нижній частині головного вікна системи знаходиться рядок повідомлень та рядок параметрів об'єктів. Рядок параметрів об'єктів призначений для відображення значень характерних параметрів елемента при його створенні та редагуванні.

7.3 Створення нових документів

До основних графічних документів в системі КОМПАС-3D відноситься аркуш креслення. Кожне креслення має відповідний формат, складається з виглядів, технічних вимог, основного напису, позначення шорсткості.

Іншим типом графічного документа в цій системі є фрагмент. Основна відмінність від креслення - відсутність об'єктів оформлення. Фрагмент не має рамки, основного напису, позначення шорсткості та технічних вимог. Фрагмент найчастіше використовується для збереження зображень, які не потрібно оформлювати як аркуш креслення (типіві елементи, ескізи, розробки тощо).

Окрім креслення та фрагмента в системі існує ще документ, що має назву специфікація.

Для створення основного типу документа (рис. 7.8): Меню „Файл” - „Создать” - „Новые документы” - „Чертеж ” (фрагмент, текстовий документ та ін.).

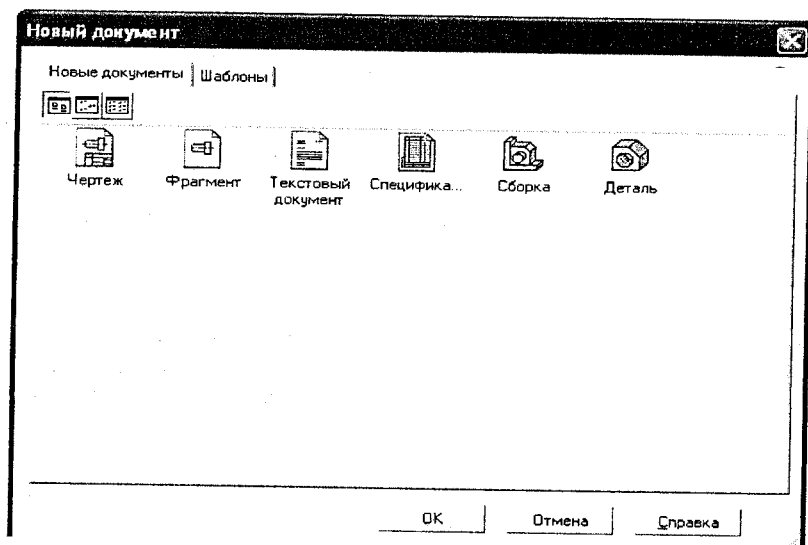


Рисунок 7.8 – Діалогове вікно „Новый документ”

Після закінчення роботи, для збереження побудованого графічного документа, натисніть на кнопку „Зберегти документ” панелі керування або в меню „Файл” виконайте команду „Зберегти”. В полі „Ім'я файла” потрібно вказати його ім'я, а в полі „Папка” вказати місце, де буде зберігатися графічний документ. Оскільки ви навчаєтесь дистанційно, свої роботи будете пересилати за допомогою електронної пошти. Тому креслення необхідно зберігати в форматах JPEG або GIF та відправляти їх викладачу в формі рисуноків (рис 7.9).

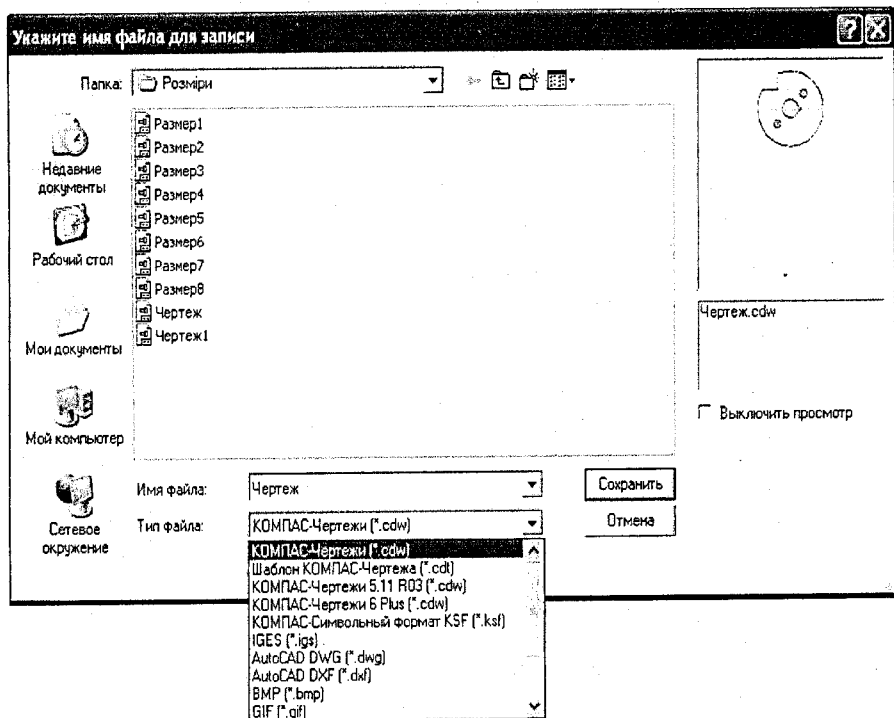


Рисунок 7.9 – Вибір типу файла при зберіганні креслення

7.4 Інструментальні засоби геометричної побудови об'єктів системи КОМПАС-3D

В системі КОМПАС-3D основний набір команд створення та редагування об'єктів знаходиться на „Компактної панелі”. Окрім засобів безпосереднього створення існують ще допоміжні засоби, що дозволяють спростити та підвищити точність побудови графічних об'єктів. До них належать команди побудови допоміжних прямих різного призначення:

бісектриса; вертикальна допоміжна пряма; допоміжна пряма; допоміжна пряма дотична до двох кривих та ін.

До допоміжних засобів побудови зображень належать також прив'язки та геометричний калькулятор.

Прив'язки - механізм, що дозволяє точно визначити положення курсора, обравши умови позиціонування (наприклад, в вузлах сітки або в найближчий характерній точці, або на перетині об'єктів тощо). Існує два типи прив'язок: локальні та глобальні. Відмінність між ними полягає в тому, що локальні прив'язки діють одночасово, а тому для виконання підряд однотипних прив'язок необхідно задавати їх повторно. Це створює певні незручності, усунути які подиктані глобальні прив'язки, що спрацьовують постійно протягом усього часу роботи з графічним документом.

Геометричний калькулятор - механізм отримання кількісної інформації про параметри та взаємне розташування об'єктів з метою використання їх при побудові інших об'єктів. При допомозі геометричного калькулятора можна побудувати коло з радіусом, рівним довжині будь-якого об'єкта, відрізок з кутом нахилу, рівним куту між іншими відрізками.

Команди зміни масштабу відображення.

Зміна масштабу вікном (рамкою) - служить для збільшення певної частини креслення на весь екран.

Рядок „Меню” - меню „Сервіс” - команда „Увеличить масштаб рамкой” або панель керування - кнопка „Увеличить масштаб рамкой”.

Збільшення (зменшення) масштабу - служить для збільшення (зменшення) масштабу в визначену кількість разів.

Рядок „Меню” - меню „Сервіс” - команда „Увеличить (Уменьшить) масштаб” або панель керування - кнопка „Увеличить (Уменьшить) масштаб”.

„Показать все” - служить для перегляду всього зображення в цілому. Рядок „Меню” - меню „Сервіс” - команда „Показать все” або панель керування - кнопка „Показать все”.

„Обновить изображение” - служить для відновлення зображення після редагування. Ця команда перерисовує по новому всі об'єкти.

Рядок „Меню” - меню „Сервіс” - команда „Обновить изображение” або панель керування - кнопка „Обновить изображение”.

Команди параметрів системи знаходяться в меню „Настройка”. Можливості настройки: настройка системи, настройка нових документів, параметри поточного аркуша, параметри поточного вікна. Команди: „Типы атрибутов”, „Стили линий”, „Стили штриховок”, „Стили текстов”, „Стили основной надписи”, „Стили спецификаций” та ін. дозволяють створювати нові або редагувати вже існуючі стилі об'єктів.

Настройка параметрів аркуша. Рядок „Меню” - меню „Сервіс” - „Параметры” - „Параметры текущего листа”.

Настройка формата. „Параметры листа” - „Формат”. Далі вказати формат та розміщення.

Системи координат. При роботі в КОМПАС-3D використовуються декартові праві системи координат. Початок абсолютної системи координат завжди знаходиться в лівій нижній точці рамки формату. Для зручності роботи користувач може створювати в документі довільну кількість локальних систем координат та переключатися між ними.

7.5 Створення робочого креслення

Для створення робочого креслення будемо використовувати „Компактную панель”. Види геометричних примітивів при нажатій кнопці „Геометрия”: точка, відрізок, допоміжна пряма, коло, дуга, еліпс, ламана, криві Безьє. Для зміни стиля:

Рядок параметрів - перемістити курсор „Текущий стиль ” - вибрати „Стиль линии” (або ін.)

Побудова відрізків. Основна команда - „Ввод отрезка”

Параметри введення:

- основні - координати двох точок

- допоміжні – точка, довжина і кут

Побудова кіл. Основна команда - „Ввод дуги”.

Параметри введення: координати центра, радіус, початковий кут дуги, кінцевий кут дуги, напрямлення дуги.

Допоміжні побудови. Допоміжні побудови мають допоміжний стиль ліній. Допоміжні лінії видно тільки на екрані, вони не виводяться на друк. Після завершення роботи з допоміжними побудовами вони видаляються одною командою:

Рядок „Меню” - меню „Удалить” - команда „Удалить вспомогательные линии”.

Для побудови допоміжних прямих при нажатій кнопці „Геометрические построения” передбачена команда „Ввод вспомогательной прямой”. Для побудови інших допоміжних об'єктів необхідно змінити стиль лінії на допоміжний.

Розглянемо послідовність дій при створенні робочого креслення пластини в системі КОМПАС-3D.

1. Відкриваємо КОМПАС-3D. Створюємо нове креслення або фрагмент як показано в п.7.3. При створенні нових документів використовують встановлені параметри (формат листа, стиль оформлення, стилі текстових надписів в різних об'єктах, параметри відображення та ін.). Якщо Ви створюєте фрагмент креслення, то формат та інші параметри будуть задаватися пізніше.

2. Для налаштування параметрів документа входите в головне меню - пункт „Сервис”. Натисніть на пункт „Параметры”.

3. Натисніть знак „+”, що стоїть перед назвою "Параметри листа" (рис.7.10). З'являться параметри листа, які можна налаштувати. Якщо перед деякими з них буде стояти знак „+”, це означає, що дану групу параметрів можна розкрити ще.

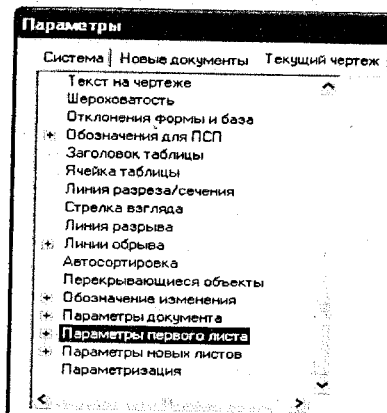


Рисунок 7.10 – Діалогове вікно „Параметри”

4. Встановлюємо параметри цього листа. „Параметри листа” - „Формат - А4” (рис.7.11). Аналогічно можете налаштувати інші необхідні параметри.

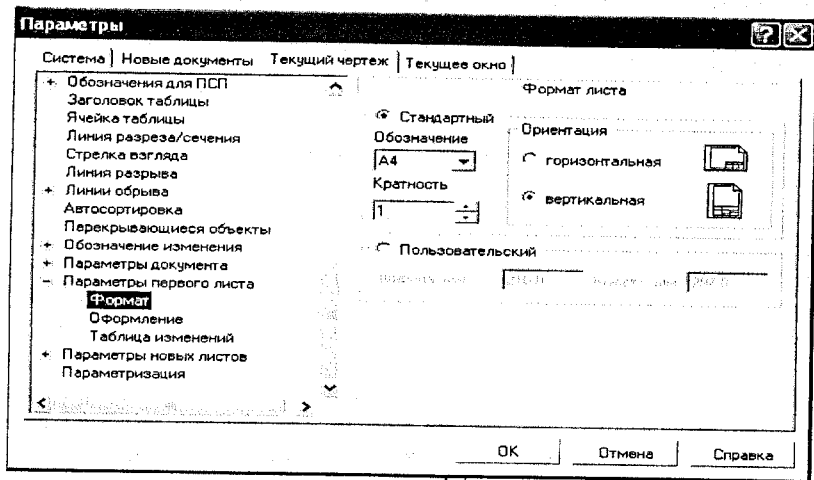


Рисунок 7.11 – Діалогове вікно „Параметри” з відкритою вкладкою „Формат листа”

5. Проводимо осьовий відрізок (рис. 7.12). Панель „Геометрия” – „Отрезок”. На панелі спеціального керування обираємо стиль лінії – (осьова). Вказуємо початкову та кінцеву точки відрізка. Після закінчення побудови не забудьте натиснути „Stop”.

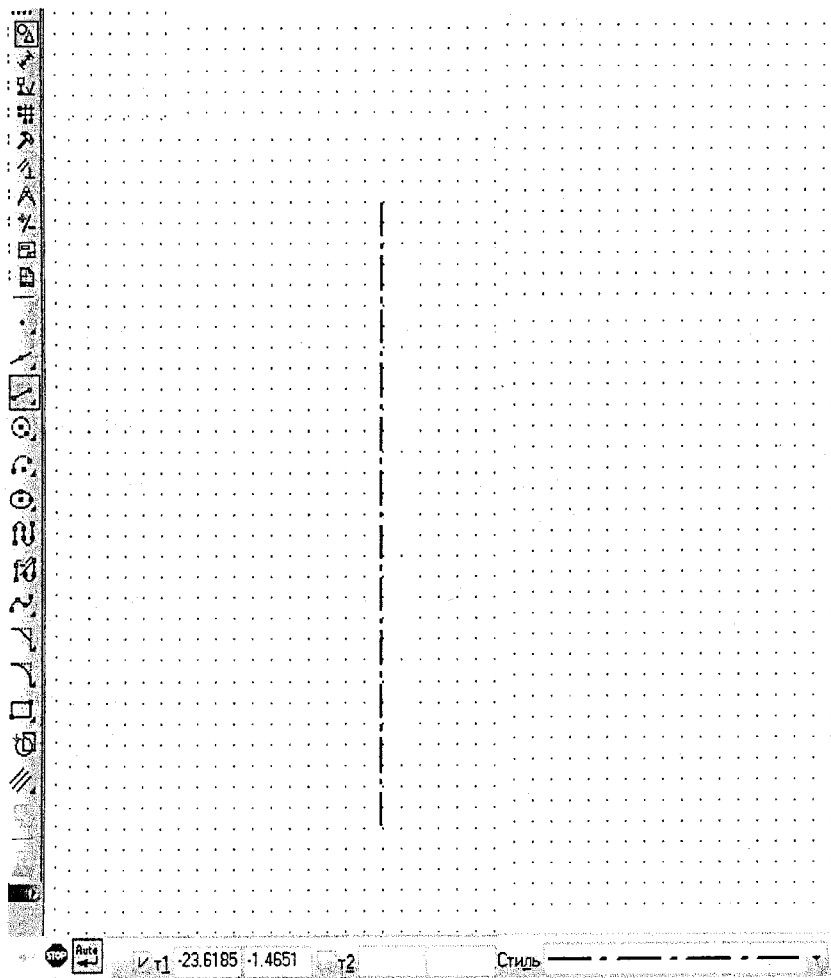


Рисунок 7.11 – Стан системи в процесі проведення осьового відрізка

6. Відкладаємо паралельні допоміжні прямі. Щоб відкрити цю панель потрібно натиснути на:

Панель „Геометрия” - „Вспомогательная прямая” - затримуючи курсор на трикутничку відкриваємо розширені команди побудови прямих - „Параллельная прямая” (рис.7.12).

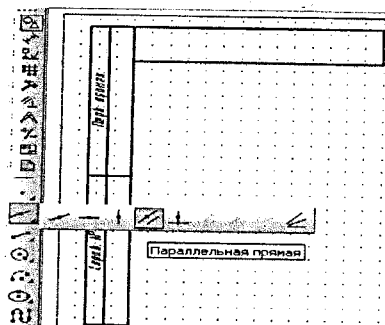


Рисунок 7.12 – Панель „Геометрия” в режимі побудови паралельних допоміжних прямих

Не забувайте після виконання кожної команди натискати кнопку – „Создать объект”

7. В рядку „Параметры объекта” встановлюємо відстань до прямої 25 мм. (рис.7.13). Вибираємо режим „Две прямые”, та проводимо паралельні прямі (рис.7.14).

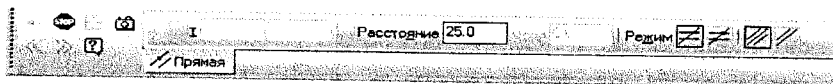


Рисунок 7.13 – Панель спеціального керування: встановлення відстані до прямої

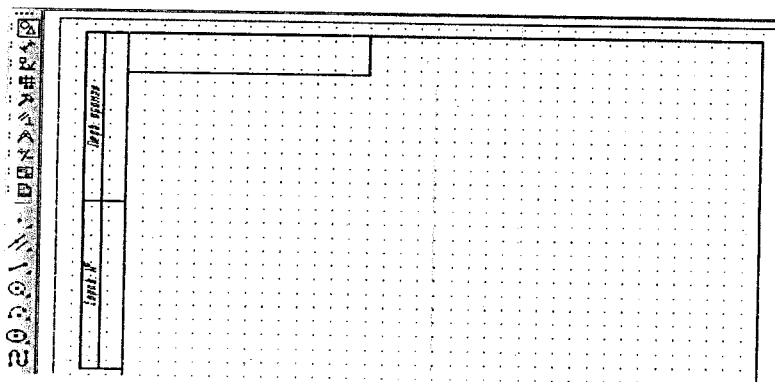


Рисунок 7.14 – Головне вікно в режимі побудови паралельних прямих

8. Відкладаємо горизонтальні прямі (рис.7.15). Панель „Геометрия” – „Прямая” – затримуючи курсор на трикутничку відкриваємо розширені команди побудови прямих – „Горизонтальная прямая”.

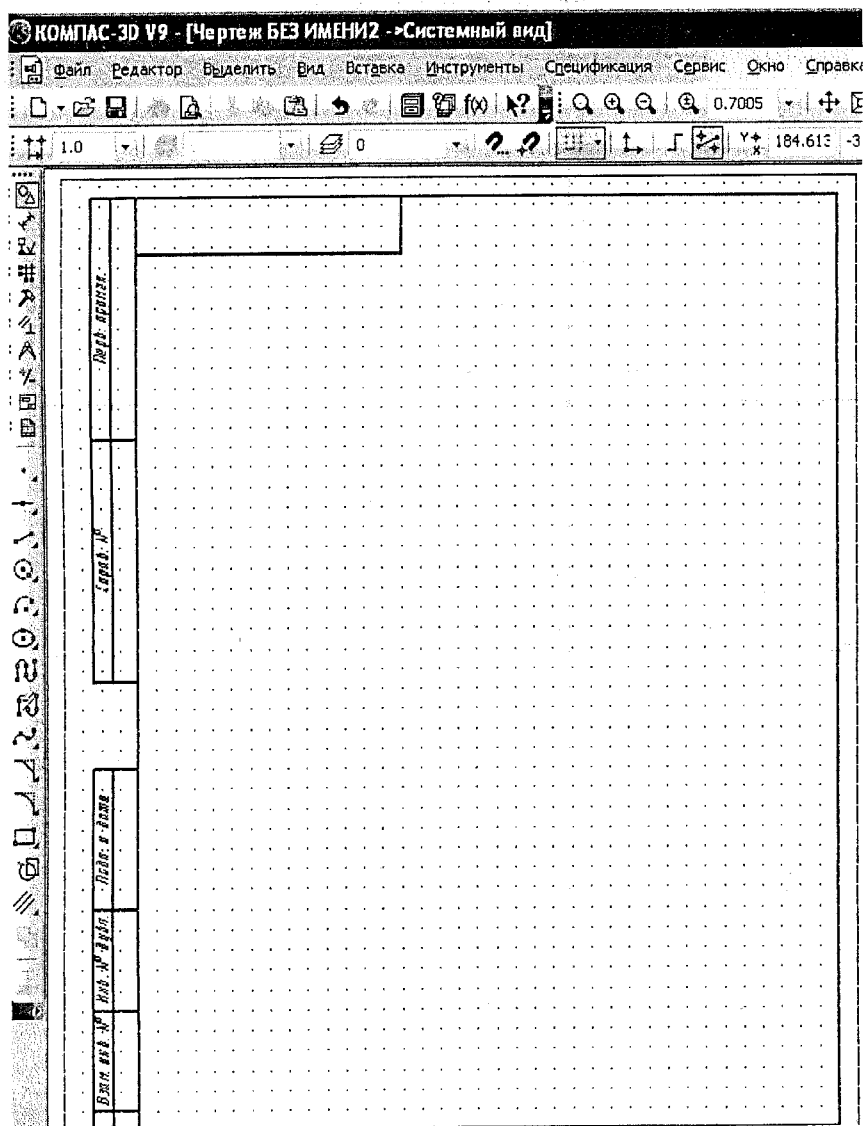


Рисунок 7.15 – Головне вікно системи в режимі побудови горизонтальних прямих

9. Встановлюємо прив'язку (рис.7.16)

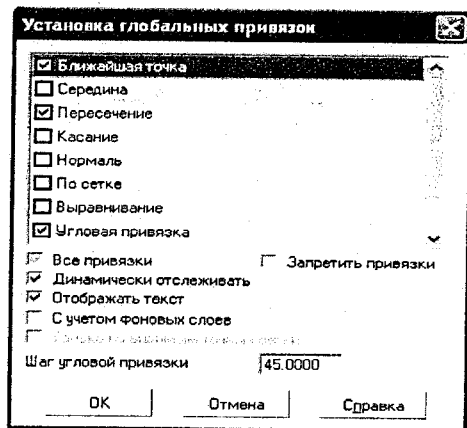


Рисунок 7.16 – Диалогове вікно „Установка привязок”

10. На допоміжних горизонтальних прямих відкладаємо відрізки (рис.7.17). Панель „Геометрия” – „Отрезок”.

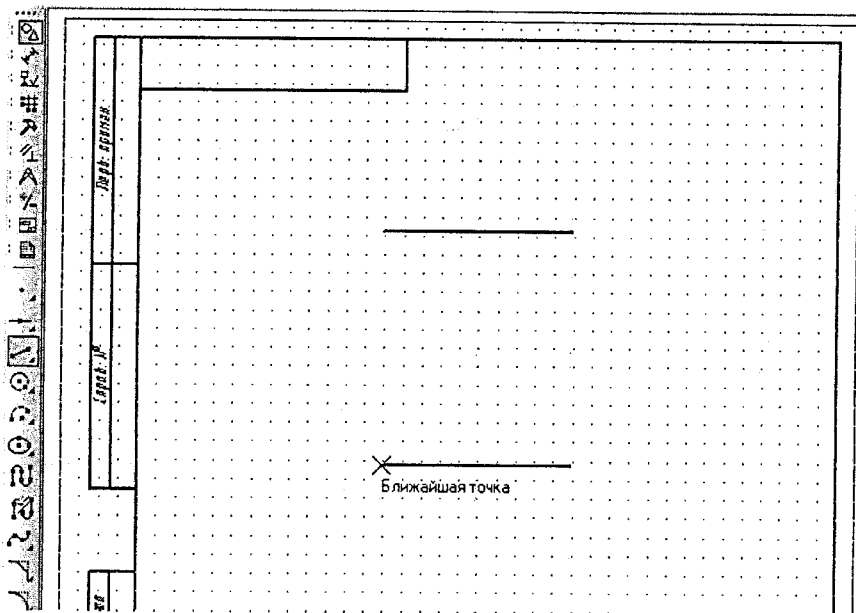


Рисунок 7.17 – Головне вікно системи в режимі побудови відрізків

13. Будуємо дуги та внутрішні кола за допомогою панелі „Геометрия” в режимі побудови „Дуги” та „Окружности” (рис.7.20).

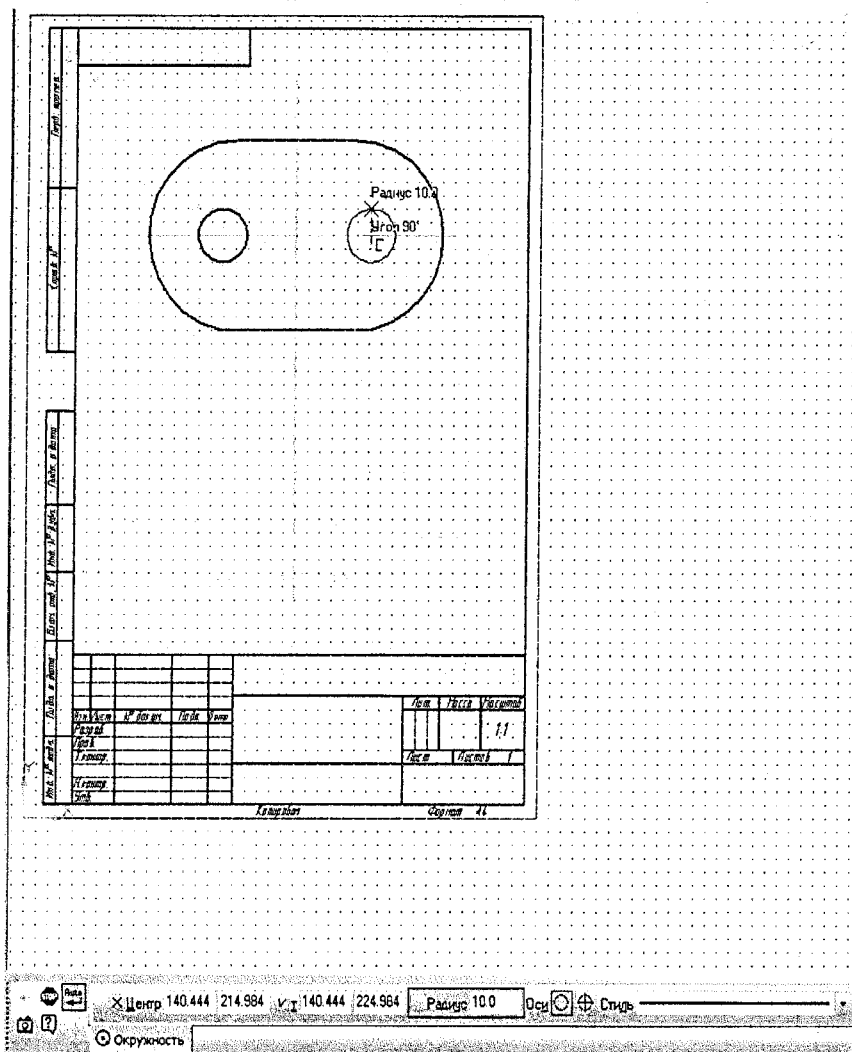


Рисунок 7.20 – Головне вікно системи в режимі побудови кола

14. За допомогою панелі „Геометрия” в режимі „Размеры” наносимо розміри пластини (рис.7.21).

Остаточний варіант креслення показаний на рис. 7.23.

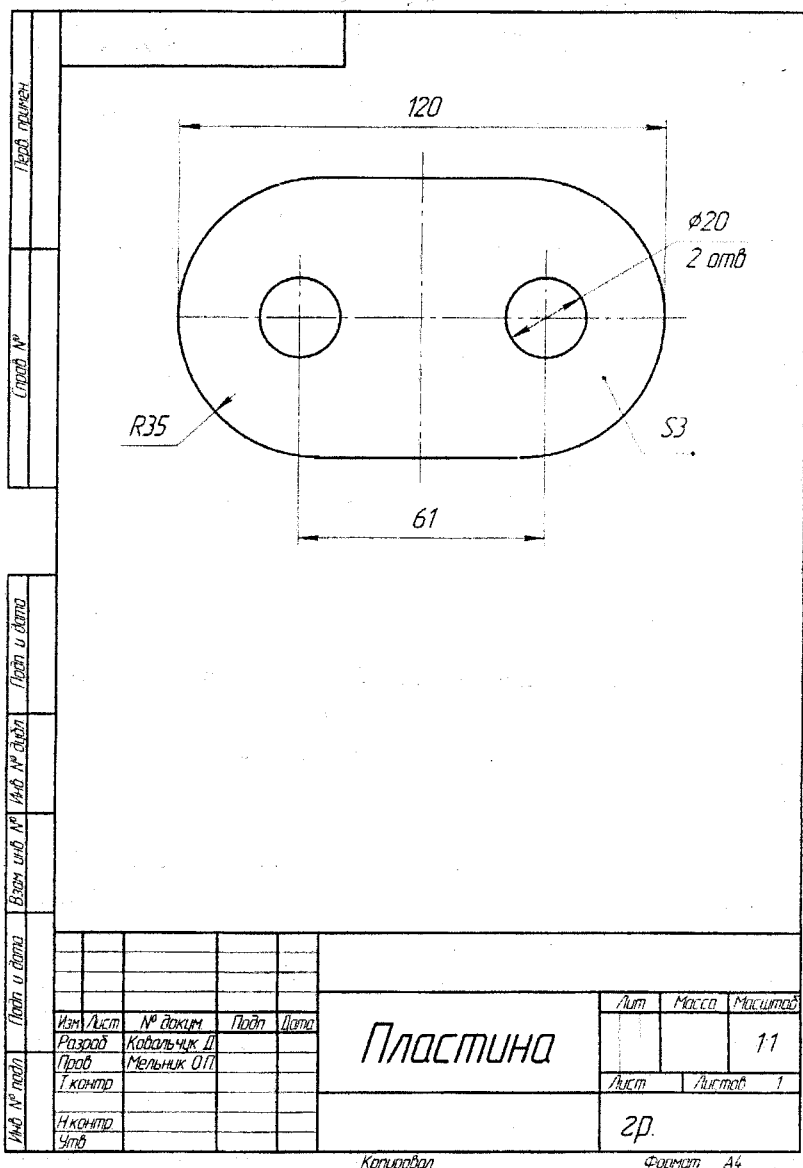


Рисунок 7.23 - Головне вікно системи при завершенні роботи над кресленням

16. Якщо ви ще будете продовжувати роботу з кресленням, то зберігайте свій файл в форматі *.cdw. Для відправки свого креслення викладачу, зберігайте його як рисунок в форматі GIF або JPEG.

Розглянувши попередній матеріал можна визначити таку послідовність дій при створенні креслення:

- вибір формату аркуша креслення;
- задання виглядів зображення (при необхідності)
- геометрична побудова;
- нанесення розмірів та позначок;
- заповнення основного надпису;
- зберігання та виведення на друк.

7.6 3D – моделювання в графічній системі КОМПАС

При створенні креслення деталі в КОМПАС-3D можна визначити таку послідовність дій.

1. Вибір типу моделювання. Необхідно натиснути кнопку „Создание нового документа” (рис.7.24).



Рисунок 7.24 – Панель інструментів „Стандартная” при створенні „Детали”

Після цього в діалоговому вікні „Новый документ” вибираємо створення „Детали” (рис.7.25).

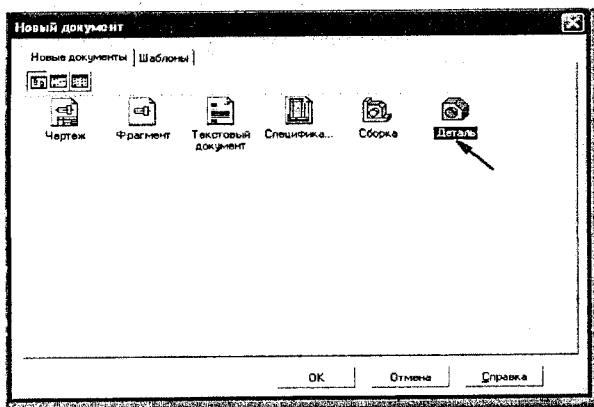


Рисунок 7.25 – Діалогове вікно „Новый документ”

2. Вибір площини ескізу деталі (рис. 7.26). Наприклад, вибираємо площину XY.

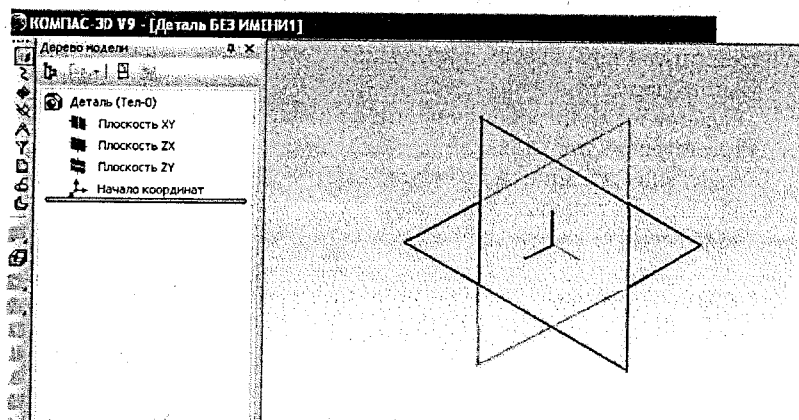


Рисунок 7.26 – Головне вікно системи в режимі вибору площини ескізу деталі

3. Моделювання ескізу. При виборі площини ескізу зліва з'являється інструментальна панель. Натискаємо кнопку „Ескиз”, яка позначена на рисунку стрілкою (рис.7.27).

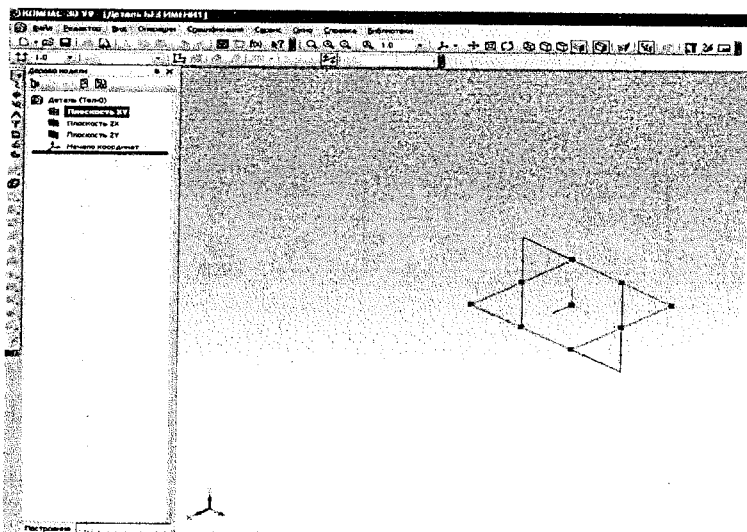


Рисунок 7.27 – Головне вікно системи в режимі моделювання ескізу деталі

Після цього розкривається панель „Геометрия”, і можна починати моделювання ескіза. За основу деталі вибираємо, наприклад, прямокутник (рис.7.28).

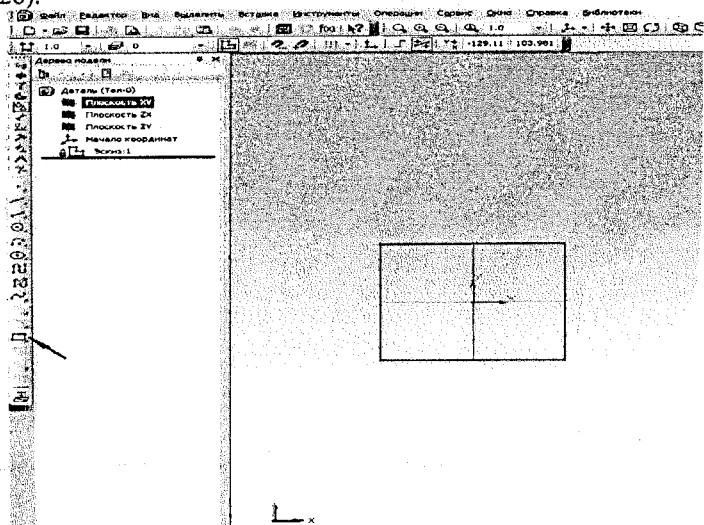


Рисунок 7.28 – Побудова ескіза прямокутника на площині XY

При побудові прямокутника (рис.7.29) внизу з'являється панель спеціального керування - група кнопок, що дозволяють контролювати процес виконання команд (параметри об'єкта, стилі ліній, осі та ін.).

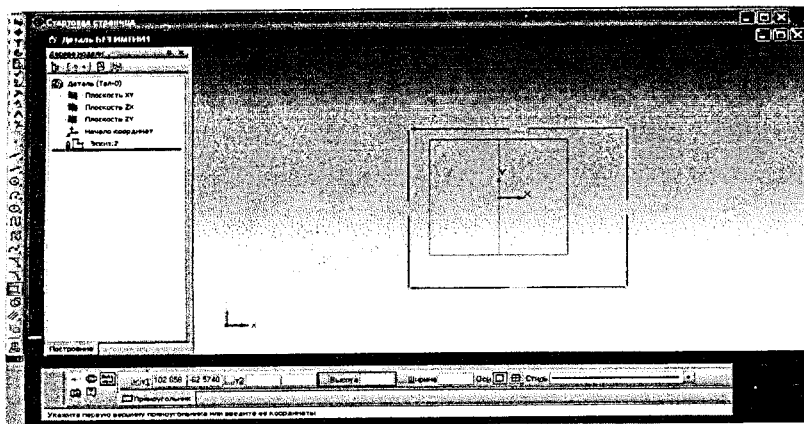


Рисунок 7.29 – Головне вікно системи в режимі побудови прямокутника на площині XY

4. Побудова початкової 3D-моделі.

Відтиснути кнопку „Ескиз”. При цьому доступною лишається тільки операція „Выдавливание” (рис.7.30).

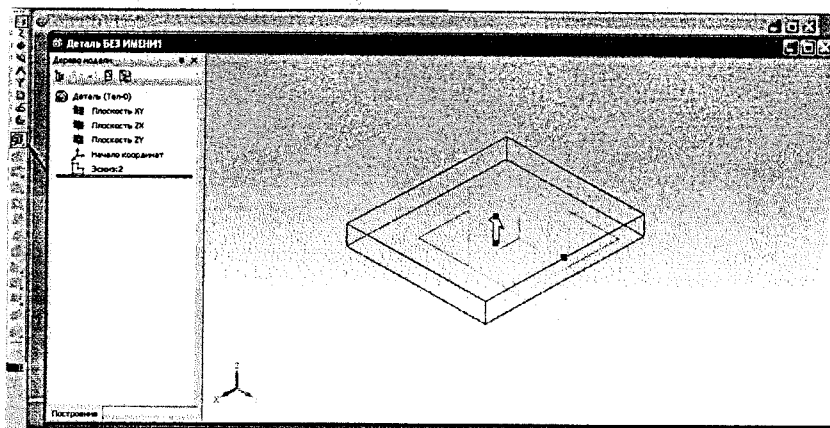


Рисунок 7.30 – Режим створення елемента витиснення

Обов'язковою умовою є наявність тільки замкненого контуру. Панель спеціального керування дозволяє регулювати відстань по вісі OZ, напрям та параметри побудови. Після закінчення побудови не забудьте натиснути „Создать объект” (рис.7.31).

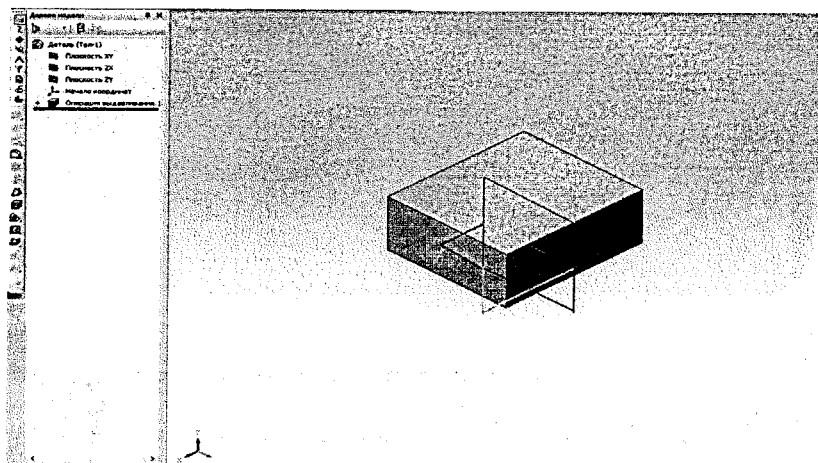


Рисунок 7.31 – Тривимірна модель деталі – базова модель

5. Створення додаткових елементів моделі деталі. Для побудови отвору всередині основи спочатку відмічаємо потрібну грань курсором (рис.7.32).

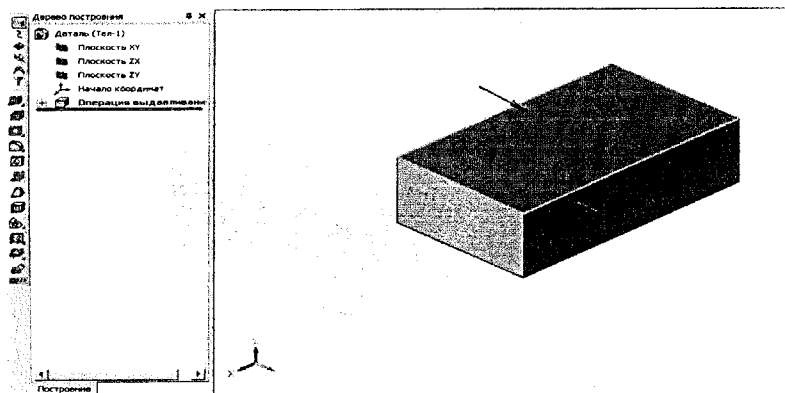


Рисунок 7.32 – Виділення грані деталі в режимі операції витиснення ескиза

6. Натискаємо кнопку „Ескиз”. Вибираємо форму отвору та за допомогою панелі „Геометрия” будуємо коло на позначеній грані (рис. 7.33).

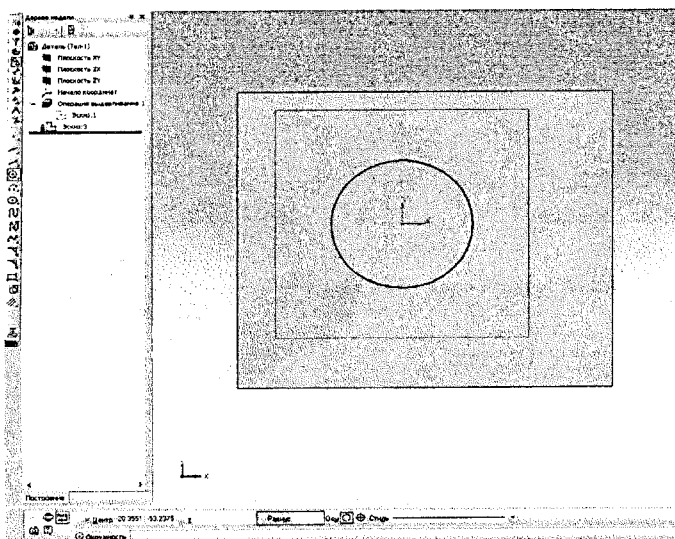


Рисунок 7.33 – Побудова отвору в режимі створення ескиза деталі

7. Відтискаємо кнопку „Ескиз”. Доступними є операції витиснення. Панель спеціального керування дозволяє регулювати відстань по осі OZ, напрям та параметри побудови отвору деталі (рис.7.34).

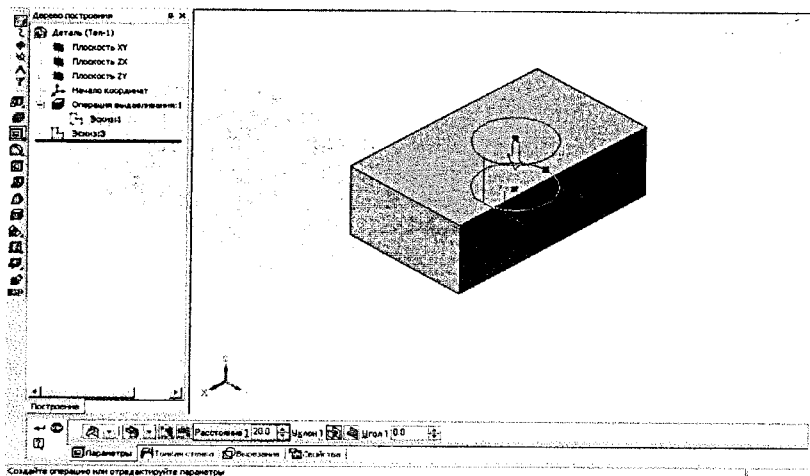


Рисунок 7.34 – Головне вікно системи в режимі побудови елемента витиснення

8. Вибираємо операцію „Вирезать элемент выдавливания” і отримуємо основу деталі з круглим отвором (рис. 7.35)

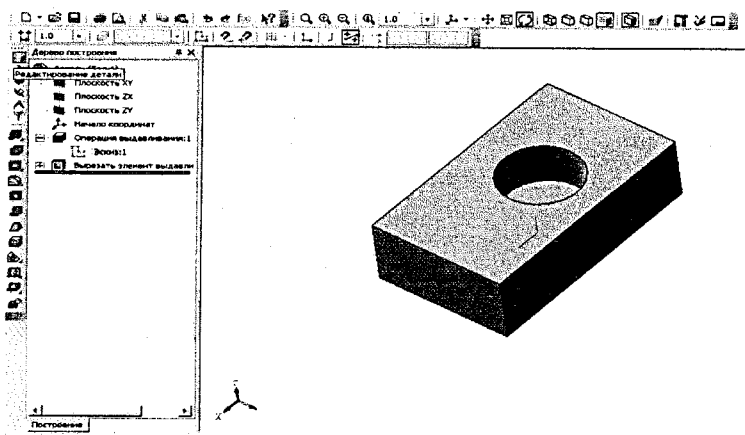


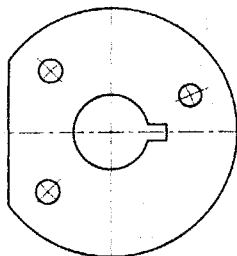
Рисунок 7.35 – Тривимірна модель деталі з отвором

В „Дереве построения” зліва вказані всі операції, які виконувались при побудові моделі.

Задачі для самостійного розв'язування

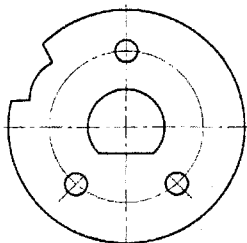
Задача № 63

Накресліть пластину на форматі А4. Розміри деталі довільні.
Заповніть основний надпис.



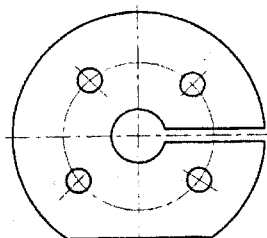
Задача № 64

Накресліть пластину на форматі А4. Проставте необхідні розміри.
Заповніть основний надпис.



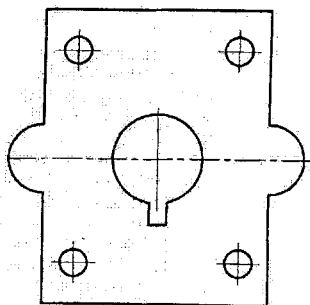
Задача № 65

Накресліть пластину на форматі А4. Проставте необхідні розміри.
Заповніть основний надпис.



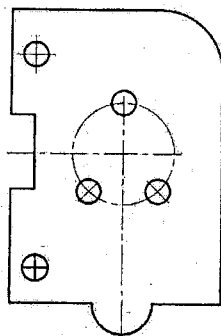
Задача № 66

Знайдіть помилки на кресленні пластини.



Задача № 67

Знайдіть помилки на кресленні пластини.



Задача № 68

Створіть нове креслення (формат А4), та заповніть основний надпис.

Задача № 69

Накресліть 3D-модель сфери, конуса.

Задача № 70

Накресліть 3D-модель циліндра та витисніть в ньому наскрізний отвір довільної форми.

7.7. Контрольний тест до інформаційного модуля 7

1. Назвіть три головні панелі інструментів, що відображаються в головному вікні системи КОМПАС-3D.

а) „Геометрия”; б) „Стандартная”; в) „Панель сообщений”; г) „Вид”; д) „Текущее состояние”.

2. Чим відрізняється набір кнопок панелі інструментів при роботі з текстовим документом та при редагуванні креслення?

3. Чи змінюється вигляд панелі інструментів „Текущее состояние” в залежності від режиму, в якому працює система? Якщо так, то яким чином?

4. Виберіть пункти, які входять до складу „Компактной панелі”:

а) „Размеры”; б) „Настройка”; в) „Измерения”; г) „Текущее состояние”; д) „Параметризация”.

5. Коли в головному вікні системи з'являються рядок повідомлень та рядок параметрів об'єктів?

6. За процес виконання команд „Ввод объекта”, „Прерывание текущего действия” відповідає:

а) панель „Геометрия”; б) панель спеціального керування; в) панель інструментів „Текущее состояние”; г) панель інструментів „Вид”; д) панель інструментів „Стандартная”.

7. Чим при створенні нового документа відрізняються „Фрагмент” та „Чертеж”?

8. При створенні креслення деталі в КОМПАС-3D, необхідно вибрати тип Нового документа:

а) „Чертеж”; б) „Фрагмент”; в) „Деталь”; г) „Сборка”

9. Які дані вказуються в дереві побудови при створенні креслення деталі в КОМПАС-3D?

ЛІТЕРАТУРА

1. Буда А. Г. Нарисна геометрія. Збірник прикладів та задач з теоретичними відомостями для студентів машинобудівних спеціальностей. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 142 с.
2. Інженерна графіка: підручник для студентів вищих закладів освіти / В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов; За ред. В. Є. Михайленка. – Львів: Піча Ю.В.; К.: “Каравела”; Львів: “Новий Світ-2000”, 2002. – 336 с.
3. Збірник задач з інженерної та комп’ютерної графіки / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан. – К.: Вища шк., 2002. – 300 с.
4. Інженерна та комп’ютерна графіка: Підручник / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан; За ред. В. Є. Михайленка. – 2-е вид. – К.: Вища шк., 2001. – 350 с.
5. Павлова А. А. Начертательная геометрия: Учеб. для студентов высш. учеб. заведений. – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2001. – 304 с.
6. Методичні вказівки до виконання графічних робіт з нарисної геометрії. / Вітюк О. П., Кормановський С. І., Пащенко В. Н. – Вінниця: ВДГУ, 1994. – 712 с.
7. Нарисна геометрія: Підручник / В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстифеев, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко; За ред. В. Є. Михайленка. – К.: Вища шк., 1993. – 271 с.
8. Шевченко А. В., Пащенко В. Н., Павловська О. Г. Конспект лекцій з курсу “Інженерна графіка”. – Вінниця: ВПІ, 1990. – 80 с.
9. Начертательная геометрия: учеб. для вузов / Н. Н. Крылов, Г. С. Иконникова, В. Л. Николаев, Н. М. Лаврухина; Под ред. Н. Н. Крылова. – 6-е изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 240 с.
10. Бубырь Ю. В., Пресис А. М. Начертательная геометрия: Учебно-методические материалы для самостоятельного изучения курса. – Харьков: УЗПИ, 1989. – 306 с.
11. Лагерь А. И., Колесникова Л. М. Инженерная графика: Учеб. для инж.-техн. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 176 с.
12. Курс начертательной геометрии (на базе ЭВМ): Учеб. для инж.-техн. вузов. / А. М. Тевлин, Г. С. Иванов, Л. Г. Нартова и др.; Под ред. А. М. Тевлина – М.: Высш. школа., 1983. – 175 с.
13. Кузнецов Н. С. Начертательная геометрия: Учеб. для вузов. 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1981. – 262 с.
14. Дистанційний навчальний процес: [навчальний посібник] / [В. М. Кухаренко, Н. Г. Сиротенко, Г. С. Молодих, Н. Є. Твердохлебова]; за ред. В. Ю. Бикова та В. М. Кухаренка – К.: Міленіум, 2005. – 292 с. – ISBN 966-8063-20-5.

15. Кухаренко В. М. Практикум дистанционного обучения / под. ред. В. М. Кухаренко. – [2-е издание]. – К.: Милленниум, 2003. – 196 с. – ISBN 966-8063-30-21
16. Гороховський О. І. Методичні аспекти створення навчальної літератури для дистанційного навчання: [методичний посібник] / О. І. Гороховський. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 121 с.
17. Дистанционное обучение: теория и практика / [В. И. Гриценко, С. П. Кудрявцева, В. В. Колос, Е. В. Веренич]; Киев: Наукова думка, 2004 р. – 275 с. ISBN 966-00-0236-X
18. Кухаренко В. М. Дистанційне навчання. Умови застосування / В. М. Кухаренко, О. В. Рибалко, Н. Г. Сиротинко; за ред. В. М. Кухаренко. – Харків: Торсінг, 2002. – 320с.
19. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V8. Наиболее полное руководство / Е. М. Кудрявцев. – М.: ДМК Пресс, 2006.–928с. – (Серия «Проектирование»). – ISBN 5-94074-313-7.

УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ УЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ

Алгоритм	Алгоритм	Algorithm
Багатокутник	Многоугольник	Polygon
Багатогранник	Многогранник	Polyhedron
Множина	Множество	Set
Вертикальна лінія	Вертикальная линия	Vertical line
Видимість	Видимость	Visibility
Визначник поверхні	Определитель поверхности	Surface determinant
Виріз	Вырез	Excision
Відстань	Расстояние	Distance
Відображення	Отображение	Map
Відрізок лінії	Отрезок линии	Segment
Відсік	Отсек	Compartment
Вісь, ось	Ось	Axis
Гіперболічний параболоїд	Гиперболический параболоид	Hyperbolic paraboloid
Горизонтальна лінія	Горизонтальная линия	Horizontal line
Горизонтальна площина	Горизонтальная плоскость	Horizontal plane
Горизонтальна пряма	Горизонтальная прямая	Horizontal straight line
Горло	Горло	Throat
Грань	Грань	Face
Дистанційне викладання	Дистанционное обучение	Distance learning (e-learning)
Допоміжна площина	Вспомогательная плоскость	Auxiliary plane
Електронний підручник	Электронный учебник	Electronic textbook (e-textbook)
Еліпс	Эллипс	Ellipse
Ешор	Эпюр	Epure
Задача	Задача	Task
Зображення	Изображение	Image
Інженерна графіка	Инженерная графика	Engineering graphics
Інцидентність	Инцидентность	Incidence
Кінематичний	Кинематический	Kinematic
Коло	Окружность	Circle
Коноїд	Коноид	Conoid
Конус	Конус	Cone
Координата	Координата	Coordinate
Коса (скісна) площина	Косая плоскость	Oblique plane
Крива лінія	Кривая линия	Curve
Крива поверхня	Кривая поверхность	Curve surface
Кут	Угол	Angle
Лінія	Линия	Line
Лінія зв'язку	Линия связи	Communication line
Меридіан	Меридиан	Meridian
Метод проєкцій	Метод проекций	Projection method
Мимобіжні прямі	Скрещивающиеся прямые	Crossed lines

Напрямна	Направляющая	Directrix
Належність	Принадлежность	Belonging
Нахил	Наклон	Inclination
Обертання	Вращение	Rotation
Обрис	Очертание	Outline
Окреме положення	Частное положение	Particular position
Ортогональне проєкціювання	Ортогональное проецирование	Orthogonal projection
Отвір	Отверстие	Opening (hole)
Паралель	Параллель	Parallel
Паралельні прямі	Параллельные прямые	Parallel lines
Паралельність	Параллельность	Parallelism
Переріз	Сечение	Cut
Перетин	Пересечение	Intersection
Перпендикулярність	Перпендикулярность	Perpendicularity
Піраміда	Пирамида	Pyramid
Плоскопаралельне переміщення	Плоскопараллельное перемещение	Plane-parallel interchange
Площина	Плоскость	Plane
Площина загального положення	Плоскость общего положения	Plane of general position
Площина окремого положення	Плоскость частного положения	Plane of individual position
Площина рівня	Плоскость уровня	Level plane
Побудова	Построение	Construction
Повертати	Поворачивать	Turn
Поверхня	Поверхность	Surface
Поверхня з ребром звороту	Поверхность с ребром возврата	Surface with a cuspidal edge
Поверхня обертання	Поверхность вращения	Surface of revolution
Поверхні переміщення	поверхность переноса	Transfer surface
Позиційний	Позиционный	Positional
Позиційна задача	Позиционная задача	Positional task
Початок координат	Начало координат	Coordinate origin
Призма	Призма	Prism
Проекціювання	Проецирование	Projection
Проекція точки	Проекция точки	Foot
Промінь	Луч	Ray
Профільна площина	Профильная плоскость	Profile plane
Профільна пряма	Профильная прямая	Profile line
пряма загального положення	Прямая общего положения	Line of general position
Пряма лінія	Прямая линия	Straight line
Пряма окремого положення	Прямая частного положения	Line of individual position
Пряма рівня	Прямая уровня	Level line
Прямі, що перетинаються (Перетинні прямі)	Пересекающиеся прямые	Intersecting lines
Прямий кут	Прямой угол	Right angle

Прямокутне проєкціювання	Прямоугольное проецирование	Rectangular projection
Прямокутник	Прямоугольник	Rectangle
Радіус	Радиус	Radius
Ребро	Ребро	Edge
Рисунок	Рисунок	Figure
Система площин проєкцій	Система плоскостей проециций	System of projection planes
Січна площина	Секущая плоскость	Intersecting plane
Слід площини	След плоскости	Plane trace
Слід прямої	След прямой	Line trace
Структура курсу	Структура курса	Course structure
Сфера	Сфера	Sphere
Твірна	Образующая	Generatrix
Тест	Тест	Test
Тор	Тор	Torus
Торсова поверхня	Торсовая поверхность	Torso surface
Точка	Точка	Point
Трикутник	Треугольник	Triangle
Тьютор	Тьютор	Tutor
Фронтальна площина	Фронтальная плоскость	Frontal plane
Фронтальна пряма	Фронтальная прямая	Frontal line
Центральне проєкціювання	Центральное проецирование	Central projection
Циліндр	Цилиндр	Cylinder
Циліндроїд	Цилиндронд	Cylindroid
Екватор	Экватор	Equator

Навчальне видання

**Мельник Ольга Петрівна
Скорюкова Яніна Германівна
Слободянюк Олена Валеріївна**

**ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА
ДИСТАНЦІЙНИЙ ПРАКТИКУМ
Частина І. Прямокутні зображення тривимірних
об'єктів**

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено Я. Скорюковою

Підписано до друку 30.03.2010 р.
Формат 29,7х42 1/4 . Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 9,4.
Наклад 100 прим. Зам. № **2010-055**

Вінницький національний технічний університет,
науково-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.