

76(07.5)
KGG

С. І. Кормановський, О. М. Козачко, А. О. Козачко



**ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА
ПРАКТИКУМ**

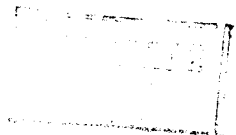
76(075)
K66

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

С. І. Кормановський, О. М. Козачко, А. О. Козачко

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник



НТБ ВНТУ



470569

76(075)

K66

2016

Кормановський С.І. Інженерна та комп'ютери

Вінниця
ВНТУ
2016

УДК 744:004
ББК 74.580.266.5
К66

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 3 від 27.10.2011 р.).

Рецензенти:

В. Ю. Кучерук, доктор технічних наук, професор
Л. І. Тимченко, доктор технічних наук, професор
І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

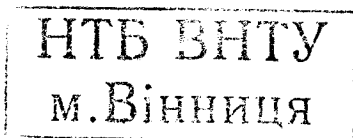
47569

Кормановський, С. І.

К66 Інженерна та комп'ютерна графіка. Практикум : навчальний посібник / С. І. Кормановський, О. М. Козачко, А. О. Козачко – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 163 с.

В посібнику викладено методи побудови зображень геометричних образів на площинах проєкцій. Містяться загальні вимоги до побудови і оформлення схем. Наводяться тестові запитання для самоконтролю і варіанти завдань до виконання графічних робіт. Навчальний посібник розраховано для студентів напрямів підготовки: «Комп'ютерні науки», «Комп'ютерна інженерія», «Програмна інженерія».

УДК 744:004
ББК 74.580.266.5



© С. Кормановський, О. Козачко, А. Козачко, 2016

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ. НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ СИМВОЛИ	5
І МЕТОД І ЕЛЕМЕНТИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ. ТОЧКА	6
1.1 Елюр Монжа.....	7
1.2 Проекціювання точки на три площини проєкцій.....	8
1.3 Точка в різних чвертях простору.....	9
1.4 Конкуруючі точки.....	11
2 ПРЯМА	13
2.1 Пряма загального положення.....	14
2.2 Прямі окремого положення.....	14
2.2.1 Прямі рівня.....	14
2.2.2 Проекціювальні прямі.....	16
2.3 Сліди прямої.....	17
2.4 Точка і пряма.....	18
2.5 Взаємне положення прямих.....	19
3 ПЛОЩИНА	22
3.1 Способи задання площин.....	22
3.2 Площини загального положення.....	22
3.3 Площини окремого положення.....	23
3.3.1 Площини рівня.....	23
3.3.2 Проекціювальні площини.....	27
4 ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ	31
4.1 Точка і пряма, що належать площині.....	31
4.2 Прямі рівня площини загального положення.....	32
4.3 Перетин прямої з площиною загального положення. Перша позиційна задача.....	34
4.4 Пряма паралельна площині.....	35
4.5 Перетин двох площин. Друга позиційна задача.....	36
4.6 Паралельність двох площин.....	39
4.7 Багатогранники.....	40
4.8 Графічна робота № 1.....	43
4.9 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 1.....	45
5 МЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ	49
5.1 Заміна площин проєкцій.....	49
6 КРИВІ ЛІНІЇ ТА ПОВЕРХНІ	59
6.1 Криві лінії.....	59
6.2 Класифікація кривих поверхонь.....	59
6.3 Циліндрична поверхня.....	61
6.4 Конічна поверхня.....	61
6.5 Поверхня з ребром звороту.....	62
6.6 Поверхні з двома напрямними лініями.....	63
6.6.1 Гіперболічний параболоїд.....	63
6.6.2 Коноїд.....	64

6.6.3 Циліндроїд	64
6.7 Поверхні обертання	65
6.7.1 Прямолінійчаті поверхні обертання	65
6.7.2 Криволінійчаті поверхні обертання	65
6.8 Точка і лінія на кривій поверхні	70
7 ПЕРЕРІЗ ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ	74
7.1 Переріз поверхні площиною окремого положення	74
7.2 Побудова натуральної величини фігури перерізу	75
7.3 Переріз поверхні площиною загального положення	78
7.4 Графічна робота № 2	83
7.5 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 2	85
8 ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ ЛІНІЇ З ПОВЕРХНЕЮ	89
8.1 Перетин прямої лінії з кривою поверхнею	89
8.2 Перетин прямої лінії з багатогранником	90
9 ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ	91
9.1 Формати	91
9.2 Масштаби	91
9.3 Зображення ліній на кресленнях	92
10 СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА	94
10.1 Класифікація та спільні вимоги до схем	94
10.2 Основні правила	96
10.3 Текстова інформація на схемах електричних принципівих	100
10.4 Умовне графічне позначення елементів цифрової і аналогової обчислювальної техніки	102
10.5 Умовні графічні позначення електро- та радіоелементів	104
10.6 Позначення буквено-цифрові в електричних схемах	114
10.7 Методичні рекомендації до виконання графічної роботи № 3	116
10.8 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 3	122
11 СХЕМИ АЛГОРИМІВ І ПРОГРАМ	137
11.1 Графічні зображення символів та їх функції	137
11.2 Методичні рекомендації до виконання графічної роботи № 4	142
11.3. Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 4	144
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	158
УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ УЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ	159

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Геометричні об'єкти	Символи, знаки
Точки у просторі	$A, B, C, D, E, F, H, \dots$
Проекції точок:	
горизонтальні	A_1, B_1, C_1, \dots
фронтальні	A_2, B_2, C_2, \dots
профільні	A_3, B_3, C_3, \dots
Прямі і криві лінії	$a, b, c, d, e, f, g, h, \dots$
Проекції прямих, кривих ліній:	
горизонтальні	a_1, b_1, c_1, \dots
фронтальні	a_2, b_2, c_2, \dots
профільні	a_3, b_3, c_3, \dots
Прямі рівня:	
горизонтальна (горизонталь)	h
фронтальна (фронталь)	f
профільна	p
Сліди площин:	
горизонтальний	h^0
фронтальний	f^0
профільний	p^0
Площини, поверхні	$\alpha, \beta, \delta, \gamma, \dots, \Delta, \Phi, \Gamma, \Lambda, \dots$
Плоскі кути	$\angle \alpha, \angle \beta, \angle \gamma, \dots$
Довжина відрізка	$[AB]$
Основні площини проєкцій:	
горизонтальна площина проєкцій	Π_1
фронтальна площина проєкцій	Π_2
профільна площина проєкцій	Π_3
додаткові площини проєкцій	$\Pi_4, \Pi_5, \Pi_6, \dots$
система площин проєкцій	Π_1/Π_4
Система координат	$Oxyz$
Початок координат	O
Осі проєкцій:	
вісь абсцис	Ox
вісь ординат	Oy
вісь аплікат	Oz
натуральна величина	н. в.

НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ СИМВОЛИ

\parallel	паралельність
\perp	перпендикулярність
\cap	перетин чи переріз
\circ	мимобіжність
$=$	результат графічної дії
\equiv	збігається, конкурує
\in, \subset	належить, є елементом
\supset	проходить, містить в собі
\Rightarrow	випливає, якщо..., то...
\forall	квантор спільності

1 МЕТОД І ЕЛЕМЕНТИ ПРОЕКЦІЮВАННЯ. ТОЧКА

Побудова зображень у нарисній геометрії основана на методі проєкцій.

Проекція – це зображення предмета, «відкинуте» на площину за допомогою променів. Спроекціювати предмет на площину – це значить побудувати його зображення на площині.

Елементи проєкціювання: S – центр проєкції; A – точка в просторі, об'єкт проєкціювання; Π_1 – площина проєкції; A_1 – проєкція точки A ; SA_1 – промінь (рис. 1.1).

Проекціювання може бути центральним і паралельним.

Якщо проєкціювальні промені виходять з однієї точки, таке проєкціювання називається **центральним**. Суть центрального проєкціювання полягає в тому, що із центра проєкції (точки S) через кожену точку A, B, C і т. д. будь-якого просторового об'єкта проходить промінь, що називається проєкціювальним. Цей промінь, перетинаючи площину проєкції Π_1 , дає проєкцію даної точки. На площині проєкції кожній точці A, B, C і т. д. просторового об'єкта буде відповідати тільки одна точка A_1, B_1, C_1 і т. д. Сукупність усіх проєкцій цих точок і дає проєкцію даного об'єкта на площині креслення (рис. 1.2).

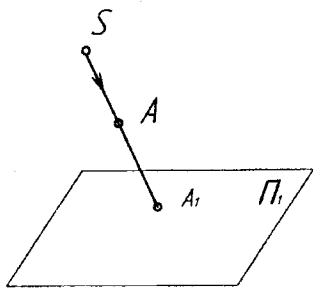


Рисунок 1.1

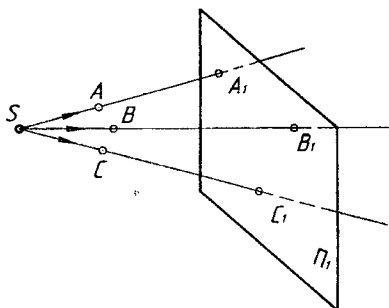


Рисунок 1.2

Якщо проєкціювальні промені паралельні між собою, таке проєкціювання називається **паралельним** (parallel) (рис. 1.3).

Якщо проєкціювальні промені не перпендикулярні до площини проєкції, проєкціювання називається **косокутним** чи **похилим** (рис. 1.3). В тому випадку, коли проєкціювальні промені перпендикулярні до площини проєкції – **прямокутним** (rectangular) або **ортогональним** (perpendicularity) (рис. 1.4).

Надалі буде використовуватися тільки паралельне, ортогональне проєкціювання.

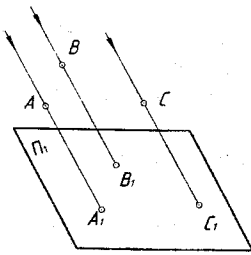


Рисунок 1.3

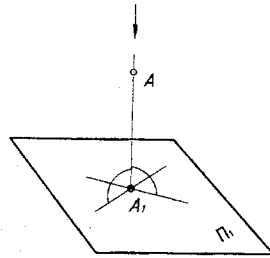


Рисунок 1.4

1.1 Епюр Монжа

Будь-яке креслення повинно бути оборотним. Пряма задача – будь-яку точку, що знаходиться в просторі, завжди можна спроекціювати на площину проекції й одержати проекцію цієї точки. Обернена задача – за проекцією точки необхідно визначити її положення в просторі. Якщо дана тільки одна площина проекції, то одній проекції точки в просторі відповідає нескінченна кількість точок. Виходить, одна проекція не визначає положення об'єкта в просторі. Отже, щоб зробити креслення оборотним, потрібні дві проекції точки.

На рисунку 1.5 зображено проекції точки A на двох площинах проекцій: Π_1 – горизонтальна площина проекцій;

Π_2 – фронтальна площина проекцій, причому $\Pi_1 \perp \Pi_2$; промені, що проходять через точку A , перпендикулярні до відповідних площин проекцій;

A_1 – горизонтальна проекція точки A ;

A_2 – фронтальна проекція точки A ;

Ox – вісь проекцій;

Якщо горизонтальну площину проекцій Π_1 повернути навколо осі Ox до суміщення в одну площину з площиною Π_2 , то таке розгорнуте зображення називають *епюром* (рис. 1.6).

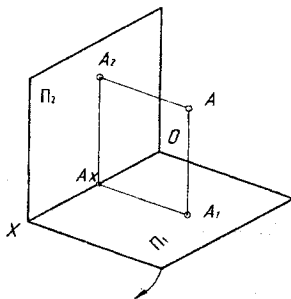


Рисунок 1.5

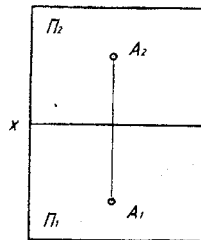


Рисунок 1.6

Метод ортогонального проєкціювання на дві площини проєкцій був запропонований французьким ученим Гаспаром Монжем, а тому метод названий *методом Монжа*, а отриманий епюр – *епюром Монжа*.

1.2 Проєкціювання точки на три площини проєкцій

Сукупність двох прямокутних проєкцій на дві взаємно перпендикулярні площини дозволяє однозначно визначити форму і положення предмета у просторі. Однак в кресленні при побудові зображень часто використовують три площини проєкцій.

Нехай задані три взаємно-перпендикулярні площини проєкцій, які утворюють прямий тригранний кут (рис. 1.7): Π_1 – горизонтальна, Π_2 – фронтальна і Π_3 – профільна площини проєкцій; лінії Ox , Oy , Oz взаємного перетину площин проєкцій – осі проєкцій, а точка O – початок координат. В просторі задана точка A і потрібно побудувати її проєкції на площини Π_1 , Π_2 і Π_3 . Для цього із точки A проводять проєкціювальні промені AA_1 , AA_2 , AA_3 , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. В результаті перетину отримують A_1 – горизонтальну, A_2 – фронтальну і A_3 – профільну проєкції точки A .

Використовувати таку просторову модель на плоскому кресленні незручно. Тому виконується розгортка площин проєкцій. Якщо площини проєкцій Π_1 і Π_3 повернути відповідно навколо осей Ox і Oz в напрямку, вказаному стрілками, до суміщення з площиною проєкцій Π_2 , то отримаємо епюр, який містить у собі три проєкції точки (рис. 1.8).

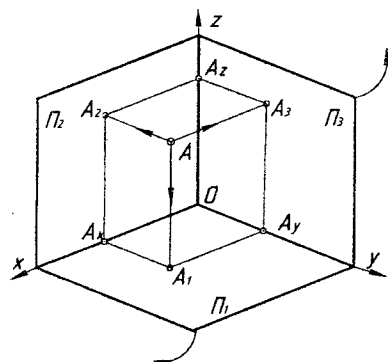


Рисунок 1.7

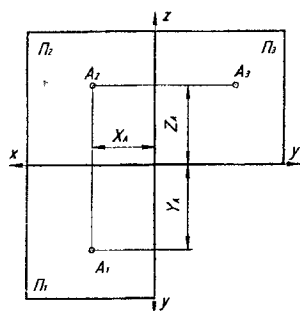


Рисунок 1.8

Часто положення точки в просторі задається її координатами. Координати точки у просторі записують $A(x, y, z)$. Відстань від точки A до площини проєкції Π_1 визначається координатою z , до площини проєкції Π_2 – координатою y , до площини проєкції Π_3 – координатою x . Для побудови горизонтальної проєкції точки необхідно знати координати X_A і Y_A . Побудо-

ва фронтальної проєкції точки ведеться за координатами X_A і Z_A , профільної проєкції точки – за координатами Y_A і Z_A (рис. 1.8). Пряма A_1A_2 називається *вертикальною лінією зв'язку*, A_2A_3 – *горизонтальною лінією зв'язку*.

Якщо одна з координат точки дорівнює нулю, то точка належить одній з площин проєкцій. Наприклад, точка B належить площині Π_2 (рис. 1.9); точка C належить площині Π_3 (рис. 1.10).

Якщо дві координати точки дорівнюють нулю, то точка належить осі проєкцій. Наприклад, точка D знаходиться на осі Ox (рис. 1.11); точка E знаходиться на осі Oy (рис. 1.12).

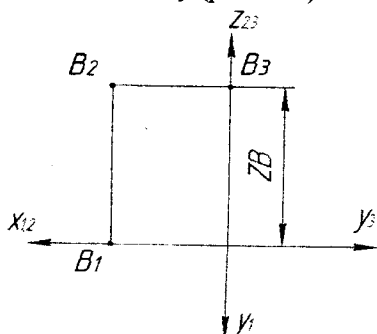


Рисунок 1.9

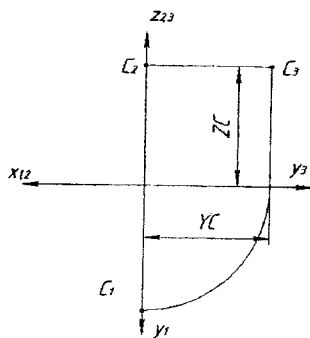


Рисунок 1.10

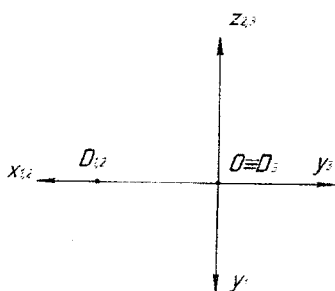


Рисунок 1.11

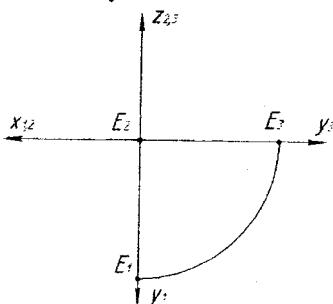


Рисунок 1.12

1.3 Точка в різних чвертях простору

Площинами проєкцій Π_1 і Π_2 простір поділяється на чотири чверті (або квадранти) (рис. 1.13).

Для отримання епора площину проєкцій Π_1 повертаємо відносно осі $Ox_{1,2}$ за годинниковою стрілкою до суміщення із площиною Π_2 . При цьому передня півплощина Π_1 суміститься з нижньою півплощиною Π_2 , а задня – з верхньою. Розміщення осей показано на рис. 1.14.

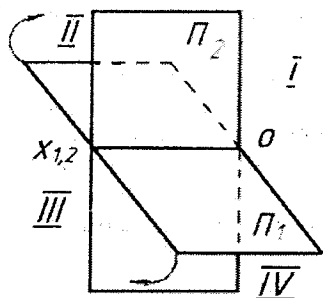


Рисунок 1.13

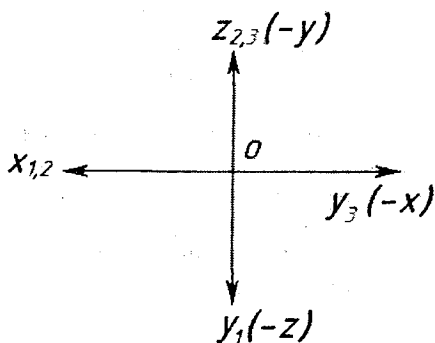


Рисунок 1.14

Якщо точка знаходиться у першій чверті, то на епюрі її фронтальна проекція розміститься над віссю $Ox_{1,2}$, а горизонтальна – під нею (рис. 1.15).

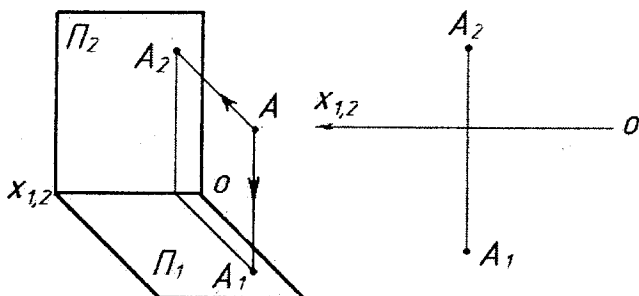


Рисунок 1.15

Якщо точка знаходиться у другій чверті, то на епюрі її проекції розмістяться над віссю $Ox_{1,2}$ (рис. 1.16).

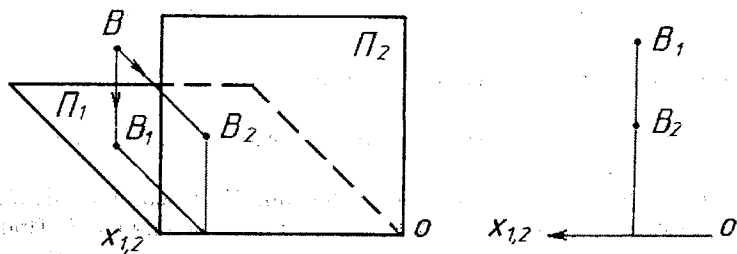


Рисунок 1.16

Якщо точка знаходиться у третій чверті, то на епюрі її горизонтальна проєкція розміститься над віссю $Ox_{1,2}$, а фронтальна – під нею (рис. 1.17).

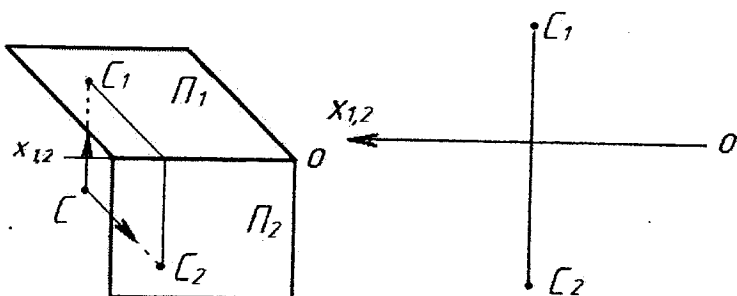


Рисунок 1.17

Якщо точка знаходиться у четвертій чверті, то горизонтальна і фронтальна проєкція знаходяться під віссю $Ox_{1,2}$ (рис. 1.18).

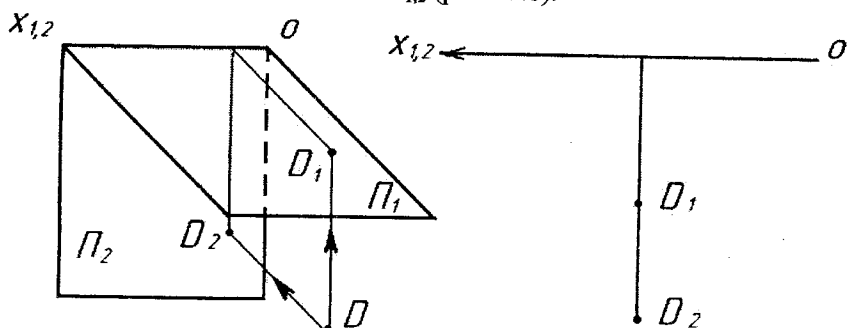


Рисунок 1.18

1.4 Конкуруючі точки

Точки, які розташовані на одному проєкціювальному промені, називаються конкуруючими. За допомогою конкуруючих точок визначається видимість геометричних фігур.

На рисунку 1.19 показано дві пари конкуруючих точок A і B , C і D . Точки A і B конкурують (збігаються) на Π_1 , точка B невидима. Точки C і D конкурують на Π_2 , точка D невидима. В дужках на епюрі зображають невидимі точки.

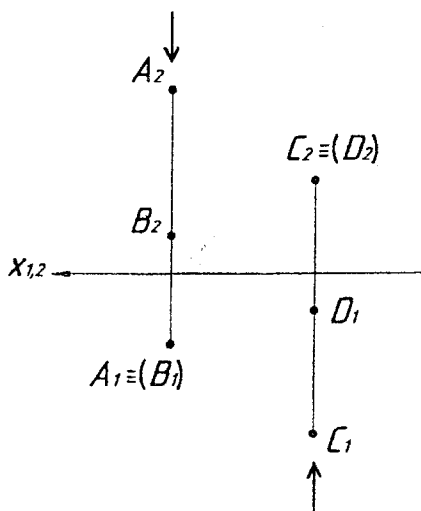


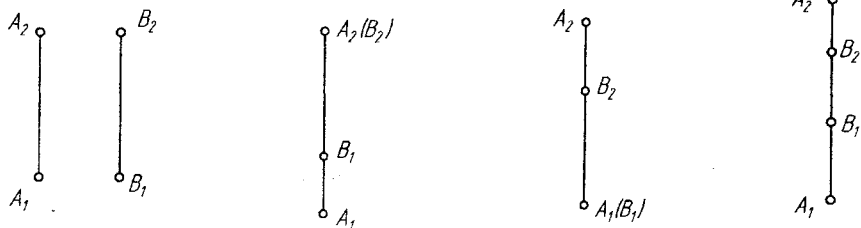
Рисунок 1.19

Тести для самоконтролю

1. Точка A з координатами $(0; 0; 8)$ знаходиться:

- а) на площині Π_1 ;
- б) на площині Π_2 ;
- в) на осі Ox ;
- г) на осі Oz .

2. Креслення фронтально конкуруючих точок показано на рисунку...



1

2

3

4

2 ПРЯМА

Оскільки положення прямої в просторі визначається її точками, то для побудови прямої лінії необхідно побудувати проєкції двох точок, які належать даній прямій. Такими точками є крайні точки відрізка прямої.

Одна проєкція прямої не визначає положення прямої в просторі. В площині α можна провести кілька прямих. Їхні проєкції можуть збігатися з проєкцією прямої AB на Π_1 (рис. 2.1).

Дві проєкції прямої повною мірою визначають її положення у просторі (рис. 2.2).

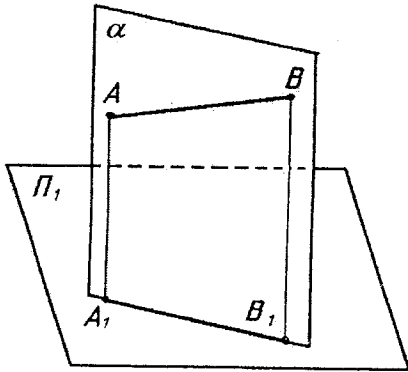


Рисунок 2.1

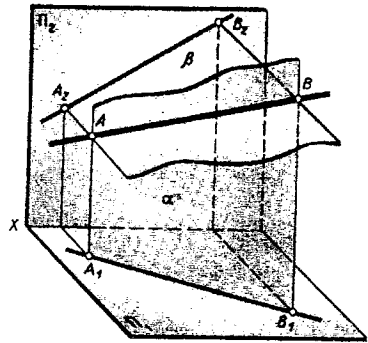


Рисунок 2.2

На рисунку 2.3, а пряма задана відрізком, який обмежений двома точками A і B . На рисунку 2.3, б пряма m не обмежена точками.

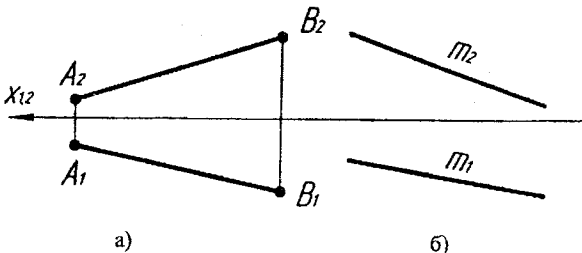


Рисунок 2.3

2.1 Пряма загального положення.

Пряма, яка не паралельна (не перпендикулярна до) ні одній з площин проєкції називається прямою *загального положення*. На рисунку 2.4 відрізок AB займає загальне положення. На Π_1 , Π_2 і Π_3 відрізок AB не паралельний (не перпендикулярний до) осям координат. Така пряма не має натуральної величини і реальних кутів нахилу на основних площинах проєкції (рис. 2.5). На рисунку 2.3, а, б показано приклад прямих загального положення в двох площинах проєкції.

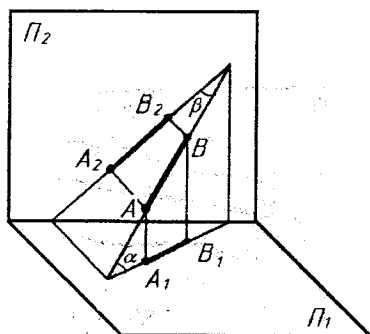


Рисунок 2.4

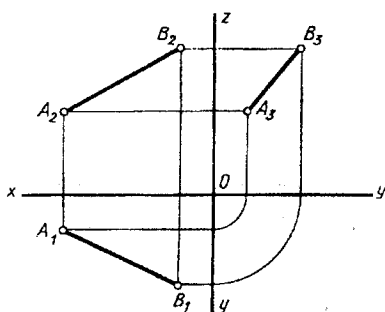


Рисунок 2.5

2.2 Прямі окремого положення

До прямих окремого положення відносяться прямі рівня і проєкціювальні прямі.

2.2.1 Прямі рівня

Прямі рівня – це прямі, що паралельні одній з площин проєкції.

1. **Горизонтальна пряма** (горизонталь) паралельна Π_1 , має реальні кути нахилу: $\angle \alpha$ до Π_2 , $\angle \beta$ до Π_3 (рис. 2.6). Горизонтальна проєкція h_1 горизонталі має натуральну величину (н. в.).

2. **Фронтальна пряма** (фронталь) паралельна Π_2 , має реальні кути нахилу: $\angle \gamma$ до Π_1 , $\angle \beta$ до Π_3 (рис. 2.7). Фронтальна проєкція f_2 фронталі має натуральну величину.

3. **Профільна пряма** паралельна Π_3 , має реальні кути нахилу: $\angle \beta$ до Π_1 , $\angle \alpha$ до Π_2 (рис. 2.8). Профільна проєкція p_3 має натуральну величину.

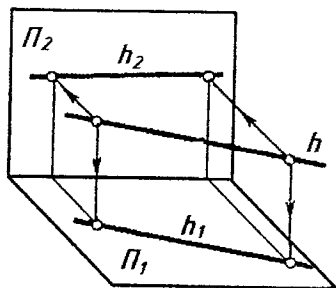


Рисунок 2.6

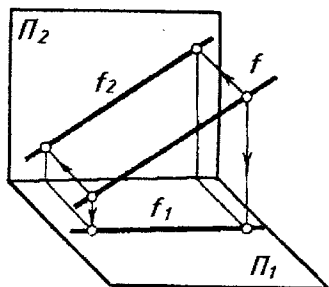
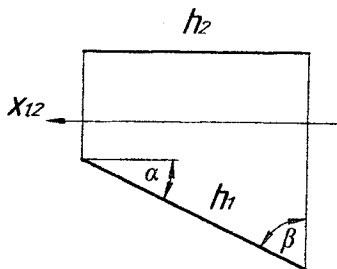


Рисунок 2.7

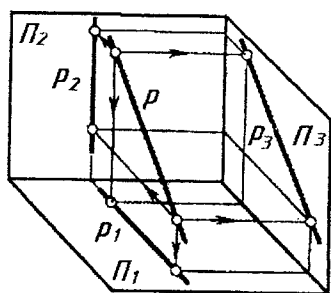
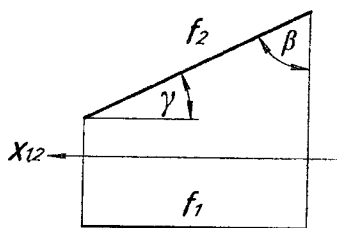
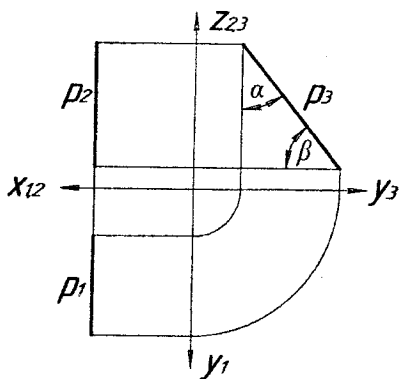


Рисунок 2.8



2.2.2 Проекціювальні прямі

Прямі, що перпендикулярні до однієї з площин проєкцій, мають назву *проєкціювальні*.

1. *Горизонтально-проєкціювальна* пряма перпендикулярна до Π_1 (рис. 2.9). Така пряма відображається на Π_1 в точку. На Π_2 і Π_3 відрізок має натуральну величину $[A_2 B_2] = [A_3 B_3] = n$ в.

2. *Фронтально-проєкціювальна* пряма перпендикулярна до Π_2 (рис. 2.10). Така пряма відображається на Π_2 в точку. На Π_1 і Π_3 відрізок має натуральну величину $[A_1 B_1] = [A_3 B_3] = n$ в.

3. *Профільно-проєкціювальна* пряма перпендикулярна до Π_3 (рис. 2.11). Така пряма відображається на Π_3 в точку. На Π_1 і Π_2 відрізок має натуральну величину $[A_1 B_1] = [A_2 B_2] = n$ в.

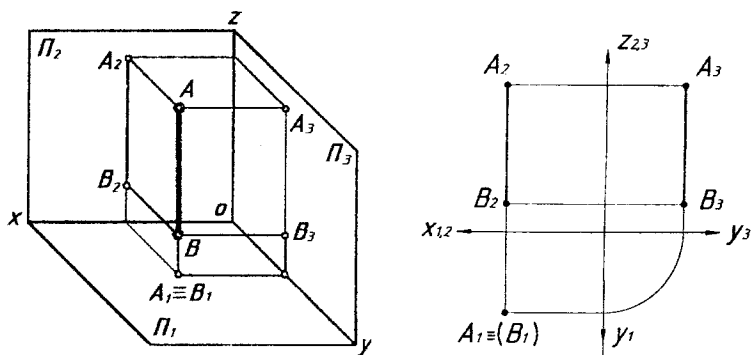


Рисунок 2.9

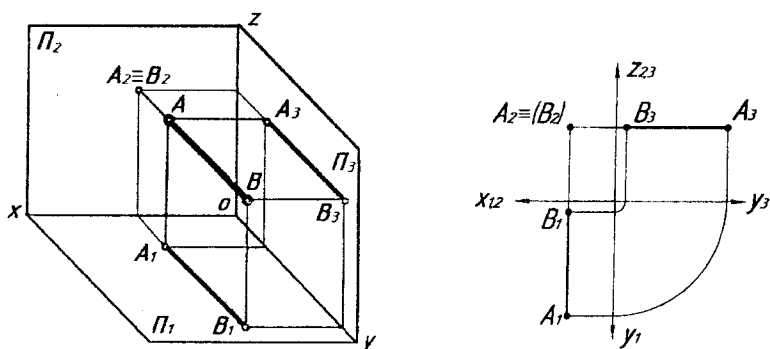


Рисунок 2.10

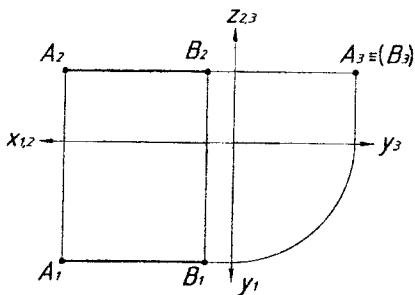
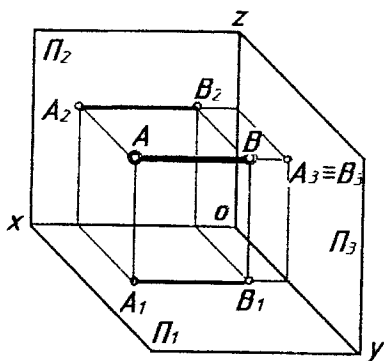


Рисунок 2.11

2.3 Сліди прямої

Слідом прямої називається точка перетину прямої з площиною проекції. На рисунку 2.12 пряма m задана відрізком AB , у якої точка H – горизонтальний слід, точка F – фронтальний слід.

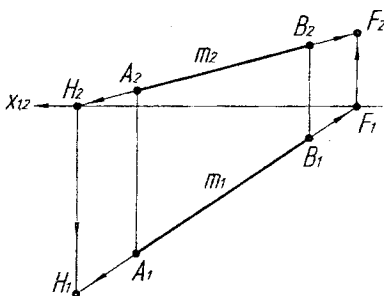
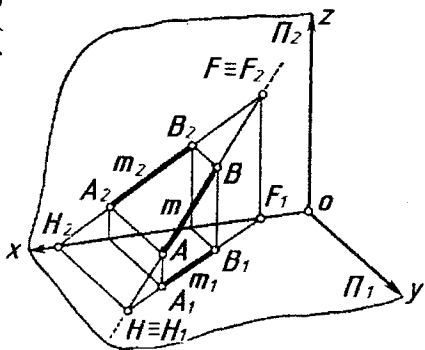


Рисунок 2.12

Для побудови горизонтального сліду прямої на епюрі необхідно продовжити фронтальну проекцію відрізка A_2B_2 до перетину з віссю Ox в точці H_2 (H_2 – фронтальна проекція горизонтального сліду) і з отриманої точки провести вертикальну лінію зв'язку на продовження горизонтальної проекції відрізка A_1B_1 . Там, де лінія зв'язку перетинає проекцію прямої m_1 , визначається точка H_1 (H_1 – горизонтальна проекція горизонтального сліду). Аналогічно виконується побудова фронтального сліду прямої m . Горизонтальну проекцію відрізка A_1B_1 продовжують до перетину з віссю Ox в точці F_1 (F_1 – горизонтальна проекція фронтального сліду) і з отриманої

ІНТЕРВ'Ю
М. ВІННИЦЯ

точки проводять вертикальну лінію зв'язку на продовження фронтальної проєкції відрізка A_2B_2 . Там, де лінія зв'язку перетинає фронтальну проєкцію прямої m_2 визначається точка F_2 – фронтальна проєкція фронтального сліду.

2.4 Точка і пряма

Розглянемо положення точки і прямої для з'ясування їх позиційних і деяких метричних властивостей.

Точка може лежати на прямій або знаходитися поза прямою. Якщо точка належить прямій, то проєкції цієї точки знаходяться на однойменних проєкціях прямої.

Для того, щоб встановити належність точки до будь якої прямої, іноді достатньо встановити належність двох проєкцій точки відповідним проєкціям прямої.

На рисунку 2.13 точки A, C, B належать прямій, оскільки їх обидві проєкції належать відповідним проєкціям прямої l :

$$A_1 \in l_1; \quad A_2 \in l_2 \} \Rightarrow A \in l$$

$$C_1 \in l_1; \quad C_2 \in l_2 \} \Rightarrow C \in l$$

$$B_1 \in l_1; \quad B_2 \in l_2 \} \Rightarrow B \in l$$

Точки D і K не лежать на заданій прямій. Біля точки D горизонтальна проєкція не збігається з горизонтальною проєкцією прямої l , у просторі точка D розташована перед прямою l . Біля точки K горизонтальна проєкція розташована вище осі Ox , фронтальна – нижче осі Ox , тобто точка K знаходиться у третій чверті.

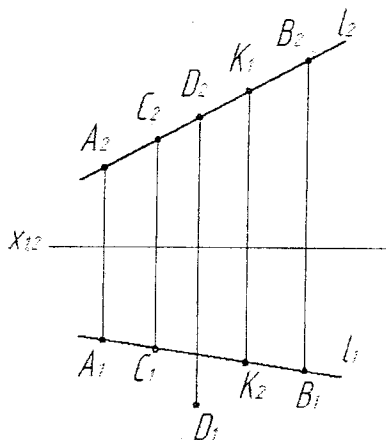


Рисунок 2.13

2.5 Взаємне положення прямих

Дві прямі у просторі можуть займати взаємне положення.

1. **Дві прямі паралельні.** Якщо дві прямі паралельні, то паралельні також їх однойменні проекції. Паралельність двох профільних прямих визначають за їх профільними проекціями (рис. 2.14).

$$m_1 \parallel n_1, m_2 \parallel n_2, m_3 \parallel n_3 \} \Rightarrow m \parallel n$$

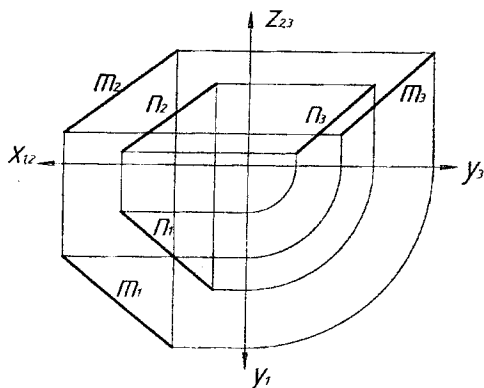


Рисунок 2.14

2. **Дві прямі перетинаються.** Якщо прямі перетинаються, то перетинаються також їх однойменні проекції. Проекції точки перетину знаходяться на одній лінії зв'язку (рис. 2.15).

$$m_1 \cap n_1 = P_1, m_2 \cap n_2 = P_2, m_3 \cap n_3 = P_3 \} \Rightarrow m \cap n = P$$

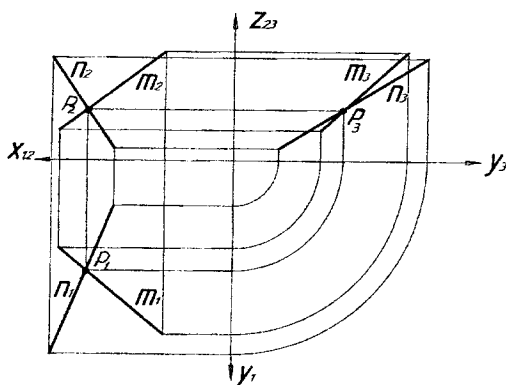


Рисунок 2.15

3. **Дві прями мимобіжні.** Якщо дві прями не паралельні і не перетинаються між собою, то вони називаються мимобіжними. Ознакою мимобіжних прямих є наявність пар конкуруючих точок. На рисунку 2.16 точки A і B конкурують на Π_1 : $A \in \Pi$, $B \in m$, $A_1 \equiv (B_1)$. Точки C і D конкурують на Π_2 : $C \in \Pi$, $D \in m$, $C_2 \equiv (D_2)$.

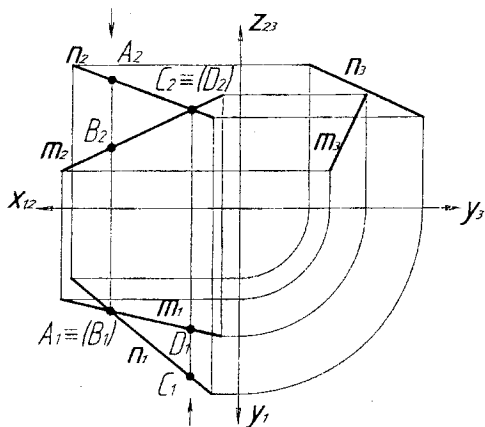


Рисунок 2.16

Тести для самоконтролю

1. Профільною прямою називається пряма:

- а) паралельна Π_3 ;
- б) перпендикулярна до Π_3 ;
- в) паралельна Π_1 ;
- г) паралельна Π_2 .

2. Профільно-проекціювальною прямою називається пряма:

- а) перпендикулярна до Π_3 ;
- б) паралельна Π_2 ;
- в) перпендикулярна до Π_1 ;
- г) перпендикулярна до Π_2 .

3. Фронтально-проекціювальною площиною називається площина:

- а) перпендикулярна до Π_2 ;
- б) паралельна Π_2 ;
- в) перпендикулярна до Π_1 ;
- г) паралельна Π_1 .

4. Фронталлю називається пряма:

- а) паралельна Π_1 ;
- б) паралельна Π_2 ;
- в) паралельна Π_3 ;
- г) перпендикулярна до Π_1 .

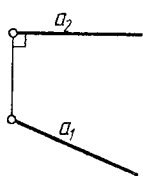
5. Горизонтально-проекціовальною прямою називається пряма:

- а) перпендикулярна до Π_1 ;
- б) перпендикулярна до Π_2 ;
- в) перпендикулярна до Π_3 ;
- г) паралельна Π_1 .

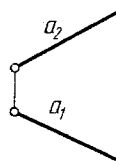
6. Пряма належить площині, якщо вона:

- а) має з нею дві спільні точки;
- б) не має спільних точок;
- в) паралельна площині;
- г) має одну спільну точку.

7. Креслення горизонталі показано на рисунку ...



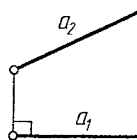
1



2



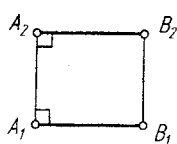
3



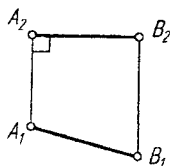
4

8. Відрізок AB проєкціюється на Π_1 і Π_2 без спотворення у випадку

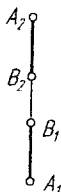
...



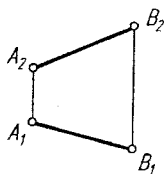
1



2



3



4

3 ПЛОЩИНА

3.1 Способи задання площин

Площину можна задати шістьма способами.

1. Трьома точками.
2. Точкою і прямою.
3. Двома паралельними прямими.
4. Двома прямими, що перетинаються.
5. Відсіком будь-якої форми (трикутник, багатокутник, плоска замкнена крива).
6. Слідами.

Приклади задання площини різними способами наведені на рисунках 3.3 ... 3.8.

Слідом площини називається лінія перетину площини з площиною проєкції. На рисунку 3.1 площина задана слідами $\alpha (h^{\circ} \cap f^{\circ})$, де h° – горизонтальний слід, f° – фронтальний слід.

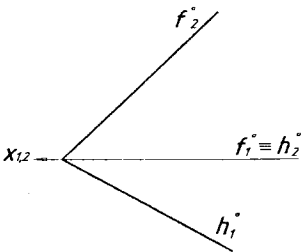


Рисунок 3.1

Позначення проєкцій слідів:

- h_1° – горизонтальна проєкція горизонтального сліду
- h_2° – фронтальна проєкція горизонтального сліду
- f_1° – горизонтальна проєкція фронтального сліду
- f_2° – фронтальна проєкція фронтального сліду

Площини в просторі можуть займати різне положення відносно площин проєкцій. Площини бувають *загального положення* і *окремого положення*. До площин окремого положення відносяться *площини рівня* і *проєкціовальні площини*.

3.2 Площини загального положення

Площиною загального положення називається площина, яка не паралельна (не перпендикулярна до) ні одній з площин проєкцій. На рисунку 3.1 наведено приклад площини загального положення, яка задана слідами. На рисунку 3.2, а площина загального положення задана трикутником, на рисунку 3.2, б площина задана паралельними прямими.

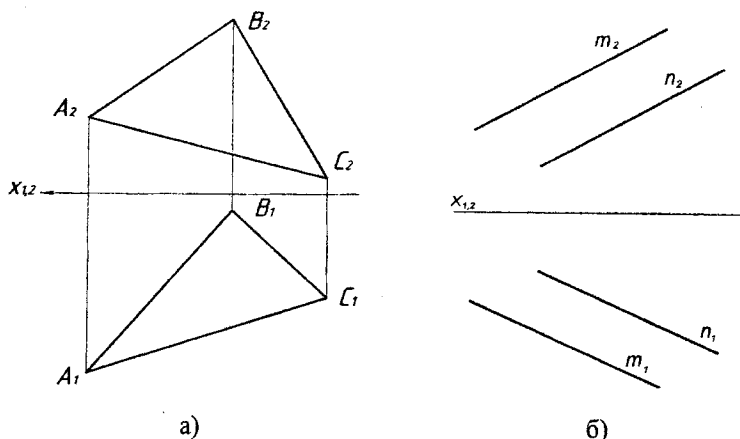


Рисунок 3.2

3.3 Площини окремого положення

До площин окремого положення відносяться площини рівня і проєкційовальні площини.

3.3.1 Площини рівня

Площини рівня – це площини, які паралельні одній з площин проєкцій.

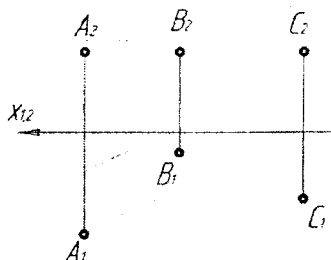
1. Площина паралельна Π_1 називається **горизонтальною**. Горизонтальна площина в системі площин проєкцій Π_1/Π_2 відображається на Π_2 в пряму лінію, паралельну осі Ox . На Π_1 має натуральну величину (рис. 3.3).

2. Площина паралельна Π_2 називається **фронтальною**. Фронтальна площина в системі площин проєкцій Π_1/Π_2 відображається на Π_1 в пряму лінію, паралельну осі Ox . На Π_2 має натуральну величину (рис. 3.4).

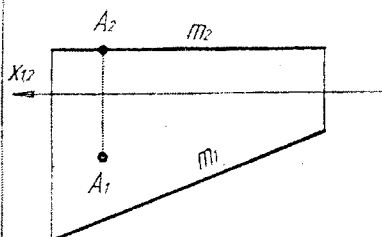
3. Площина паралельна Π_3 називається **профільною**. Профільна площина відображається на Π_1 і Π_2 в прямі лінії, які паралельні осям Oy і Oz . На Π_3 має натуральну величину (рис. 3.5).

Способи задання горизонтальної площини

1 Трьома точками

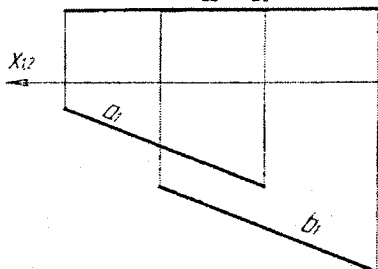


2 Точкою і прямою



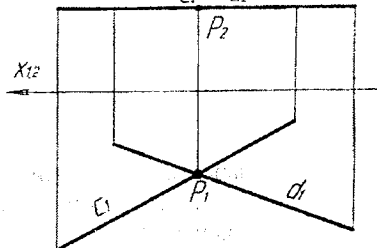
3 Двома паралельними прямими

$$a_2 \equiv b_2$$

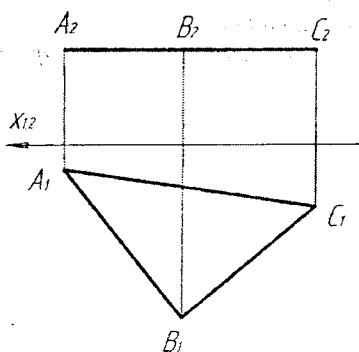


4 Двома прямими, що перетинаються

$$c_2 \equiv d_2$$



5 Трикутником



6 Слідами

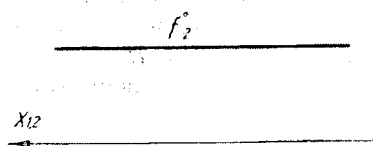
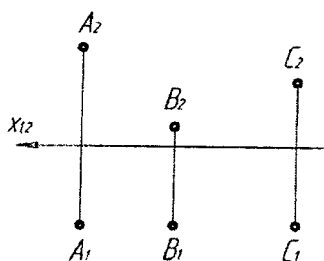


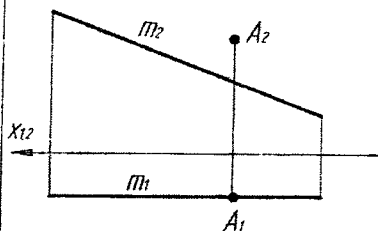
Рисунок 3.3

Способи задання фронтальної площини

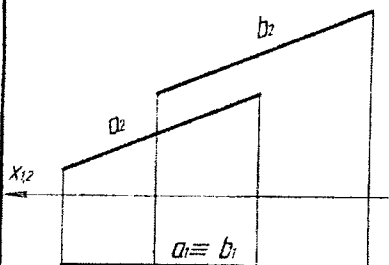
1 Трьома точками



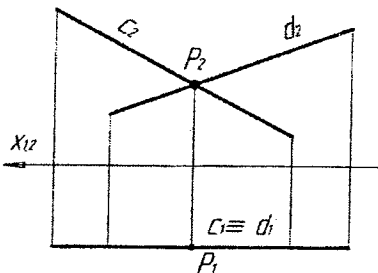
2 Точкою і прямою



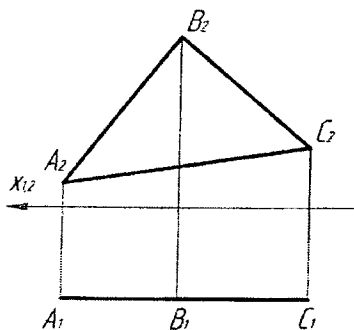
3 Двома паралельними прямими



4 Двома прямими, що перетинаються



5 Трикутником



6 Слідами

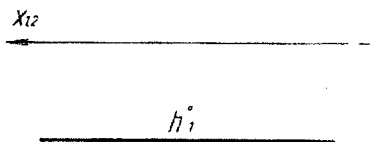
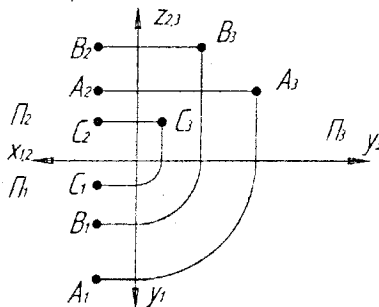


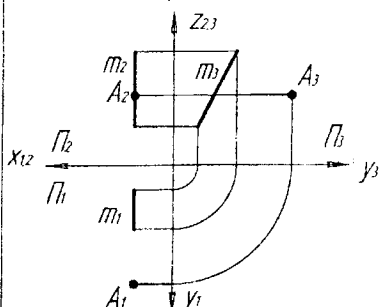
Рисунок 3.4

Способи задання профільної площини

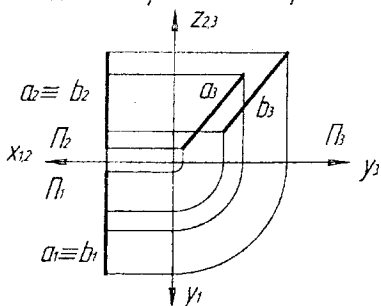
1 Трьома точками



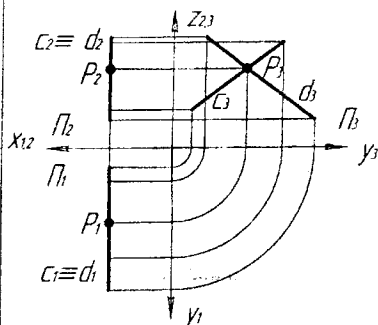
2 Точкою і прямою



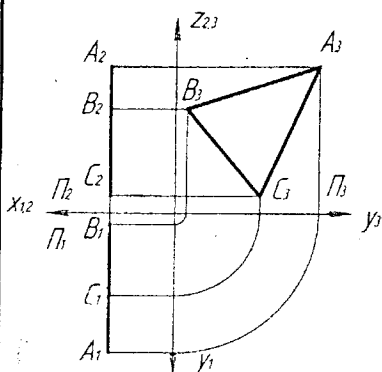
3 Двома паралельними прямими



4 Двома прямими, що перетинаються



5 Трикутником



6 Слідами

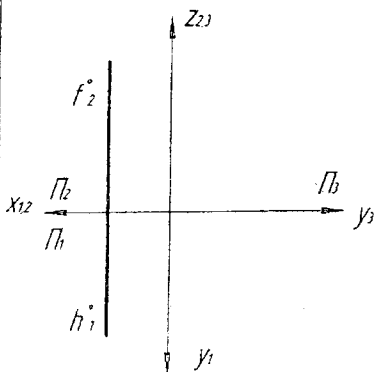


Рисунок 3.5

3.3.2 Проекційвальні площини

Проекційвальні – називаються площини, що перпендикулярні до однієї з площин проєкцій.

1. Площина перпендикулярна до Π_1 називається **горизонтально-проекційвальною**. Така площина відображається на Π_1 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_2 і Π_3 (рис. 3.6).

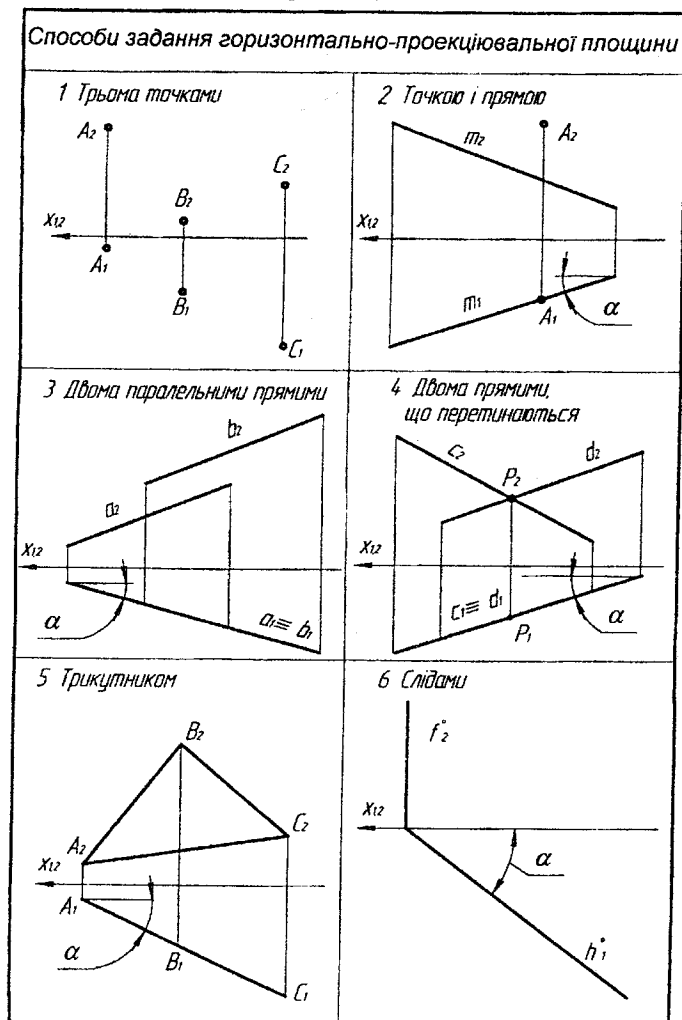


Рисунок 3.6

2. Площина перпендикулярна до Π_2 називається **фронтально-проекційовальною**. Така площина відображається на Π_2 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_1 і Π_3 (рис. 3.7).

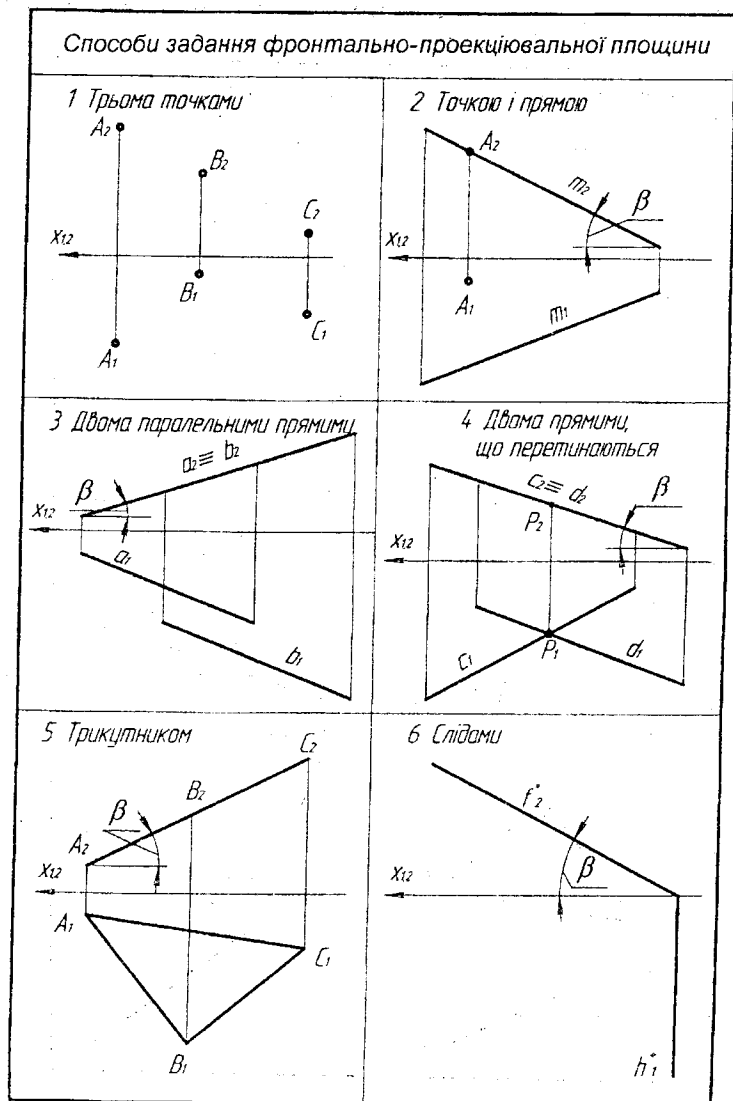


Рисунок 3.7

3. Площина перпендикулярна до Π_3 називається **профільно-проекціовальною**. Така площина відображається на Π_3 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_1 і Π_2 (рис. 3.8).

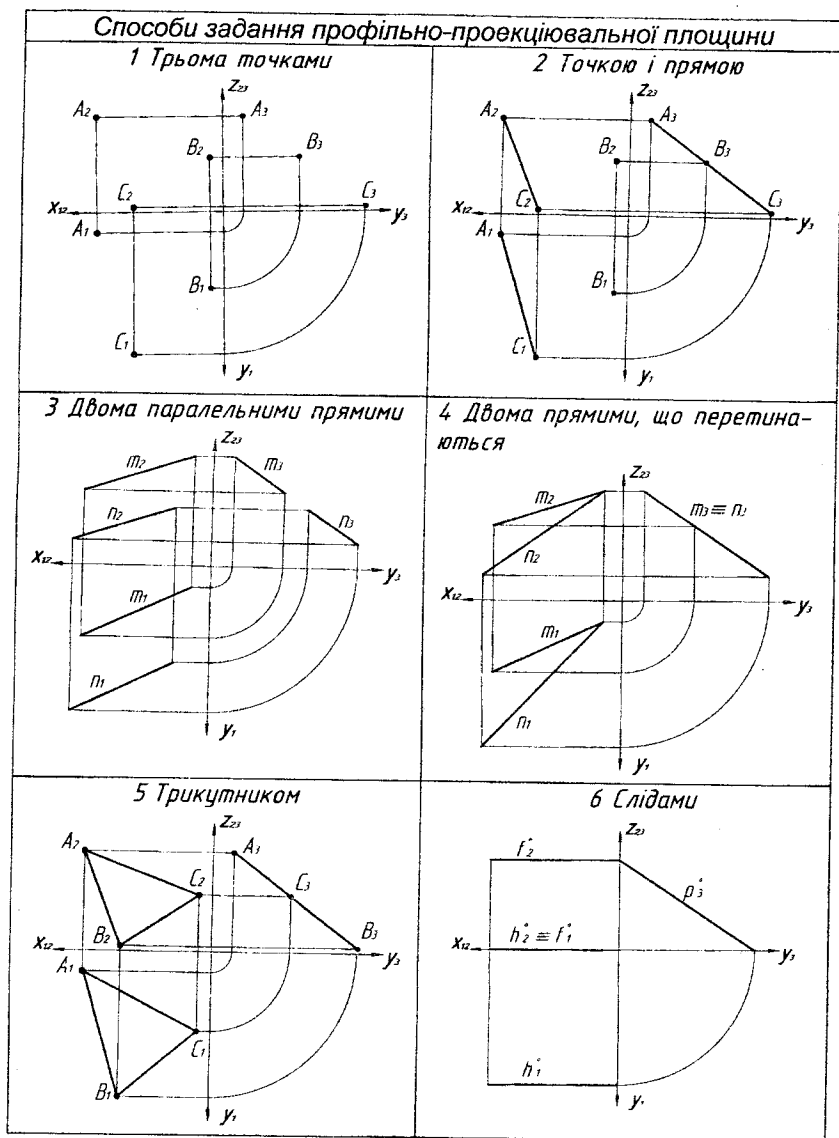


Рисунок 3.8

Тести для самоконтролю

1. Фронтальною площиною називається площина:

- а) паралельна Π_1 ;
- б) паралельна Π_2 ;
- в) паралельна Π_3 ;
- г) перпендикулярна до Π_1 .

2. Площину можна задати:

- а) прямою і точкою, що не лежить на прямій;
- б) прямою і точкою, що лежить на прямій;
- в) двома мимобіжними прямими;
- г) двома точками.

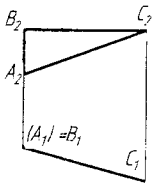
3. Горизонтальна площина проєкцій позначається:

- а) Π_1 ;
- б) Π_2 ;
- в) Π_3 ;
- г) Π_4 .

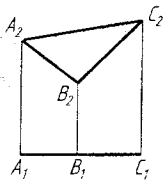
4. Скільки існує способів задання площини:

- а) 3;
- б) 4;
- в) 5;
- г) 6.

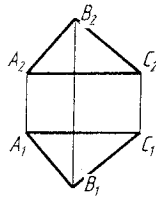
5. Фронтальна площина рівня задана на кресленні ...



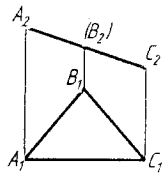
1



2



3



4

4 ПОЗИЦІЙНІ ЗАДАЧІ

У нарисній геометрії розглядають дві групи задач: позиційні та метричні. Групу позиційних задач складають задачі: 1) на взаємний порядок геометричних фігур; 2) на взаємну належність геометричних фігур; 3) на взаємний перетин геометричних фігур.

4.1 Точка і пряма, що належать площині

Точка належить площині, якщо вона знаходиться на прямій, яка належить даній площині. Пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать площині.

Задача. Побудувати горизонтальну проекцію точки M , що належить площині $\alpha(m \cap n)$. Графічну умову показано на рисунку 4.1.

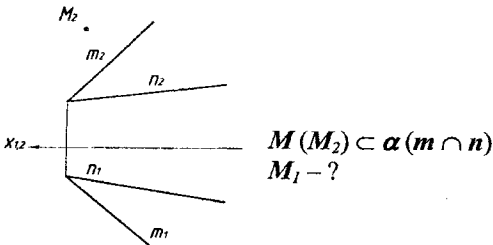


Рисунок 4.1

Алгоритм розв'язання задачі

1. Через точку M (M_2) проводять пряму l (l_2), що належить заданій площині $\alpha(m \cap n)$ (рис. 4.2).

2. Визначають точки перетину прямої l з прямими m і n і будують горизонтальну проекцію прямої l (рис. 4.3). Будують горизонтальну проекцію точки M_1 на l_1 .

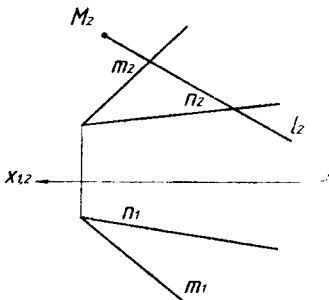


Рисунок 4.2

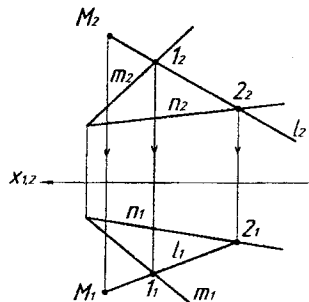


Рисунок 4.3

4.2 Прямі рівня площини загального положення

Горизонталь площини – це пряма, яка належить площині і паралельна горизонтальній площині проєкції Π_1 . Побудову горизонталі наведено на рисунках 4.4 ... 4.7. В площині загального положення α , яка задана трикутником α (ΔABC) (рис. 4.4), проводять фронтальну проєкцію горизонталі h_2 (рис. 4.5). На фронтальній площині проєкції Π_2 проєкція горизонталі h_2 завжди паралельна осі $x_{1,2}$. Визначають точку перетину горизонталі зі стороною BC : $h_2 \cap B_2 C_2 = I_2$ (рис. 4.6). Точку I проєкціюють на Π_1 , з'єднують з вершиною трикутника A_1 і отримують горизонтальну проєкцію горизонталі h_1 (рис. 4.7).

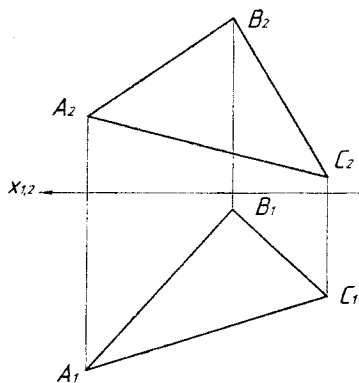


Рисунок 4.4

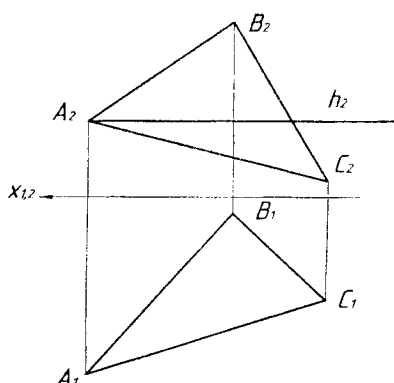


Рисунок 4.5

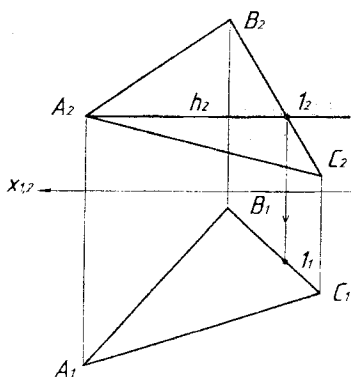


Рисунок 4.6

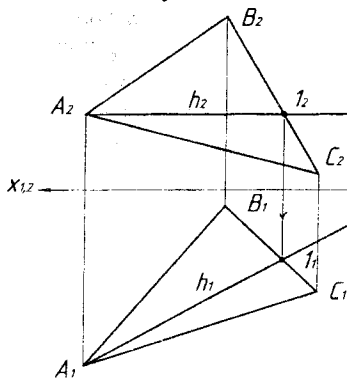


Рисунок 4.7

Фронталь площини – це пряма, яка належить площині і паралельна фронтальній площині проєкції Π_2 . Приклад побудови фронталі площини наведено на рисунку 4.8. Побудову фронталі починають на горизонтальній площині проєкції. Горизонтальну проєкцію фронталі f_1 проводять в пло-

щині $\beta(m \parallel n)$ паралельно осі $x_{1,2}$. Визначають точки перетину f_1 з горизонтальними проєкціями прямих m_1 і n_1 : $f_1 \cap m_1 = 1_1$, $f_1 \cap n_1 = 2_1$. Точки 1 і 2 проєкціюють на Π_2 , з'єднують і отримують фронтальну проєкцію фронталі площини f_2 .

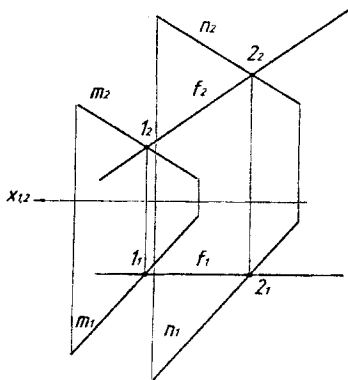


Рисунок 4.8

Задача. Побудувати горизонтальну проєкцію трикутника ABC , що належить площині α (рис. 4.9).

Розв'язування. Горизонтальну проєкцію трикутника ABC можна побудувати за допомогою прямих рівня, наприклад горизонталей. Через фронтальні проєкції точок A_2 , B_2 і C_2 проводять фронтальні проєкції горизонталей h^1_2 , h^2_2 і h^3_2 , потім будують горизонтальні проєкції цих прямих. На горизонтальні проєкції горизонталей h^1_1 , h^2_1 і h^3_1 за допомогою вертикальних ліній зв'язку проєкціюють горизонтальні проєкції точок A_1 , B_1 і C_1 , з'єднують їх і отримують горизонтальну проєкцію трикутника (рис. 4.10).

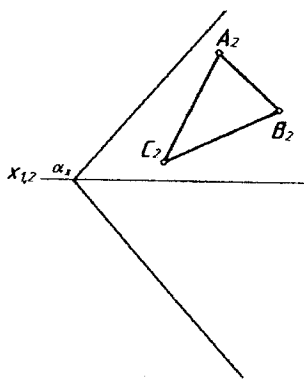


Рисунок 4.9

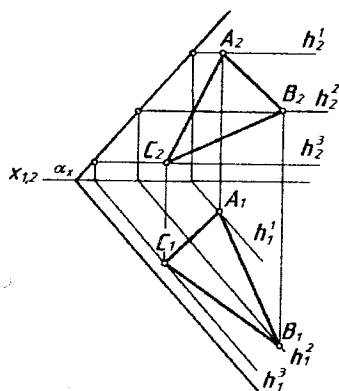


Рисунок 4.10

4.3 Перетин прямої з площиною загального положення. Перша позиційна задача

Ця задача – одна з основних задач нарисної геометрії.

Алгоритм розв'язання задачі

1. Через задану пряму проводять допоміжну площину окремого положення.
2. Будують лінію перетину двох площин – заданої і допоміжної.
3. Визначають точку перетину прямої з площиною.
4. Визначають видимість прямої відносно площини за допомогою конкуруючих точок.

На рисунку 4.11 показано просторову модель для розв'язання цієї типової задачі. Розглянемо приклад, який наведено на рисунку 4.12, де пряма a загального положення перетинає площину β ($\triangle ABC$) загального положення. Через горизонтальну проекцію прямої a_1 проводять допоміжну площину окремого положення – горизонтально-проекціювальну $\Omega \perp \Pi_1$. Будують лінію перетину двох площин DE : $\Omega \cap \beta (\triangle ABC) = DE$. Отриманий відрізок DE належить площині $\beta (\triangle ABC)$, тому шукана точка визначається на перетині двох прямих a і DE , що належать площині Ω :

$a \cap DE = K$. Видимість прямої a відносно площини $\beta (\triangle ABC)$ визначається за допомогою двох пар конкуруючих точок. Точки D і F конкурують на Π_1 : $D_1 \equiv (F_1)$, $D \in AB$, $F \in a$. На Π_1 відрізок F_1K_1 проекції прямої a_1 невидимий. Точки G і H конкурують на Π_2 : $H_1 \equiv (G_1)$, $H \in a$, $G \in AC$. На Π_2 відрізок F_2K_2 проекції прямої a_2 – видимий.

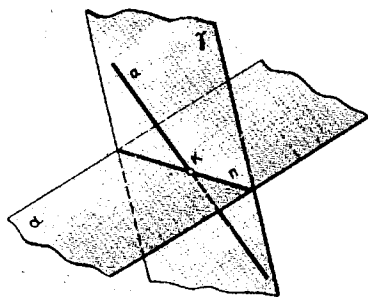


Рисунок 4.11

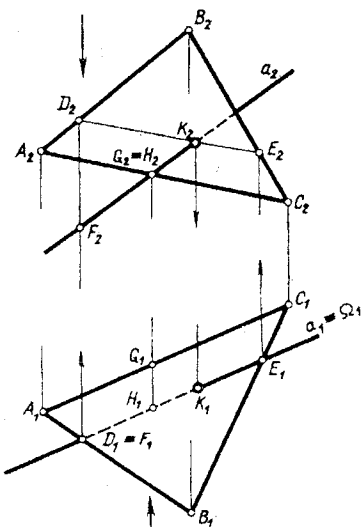


Рисунок 4.12

На рисунку 4.13 наведено приклад, де пряма a загального положення перетинає площину Σ загального положення, яка задана слідами.

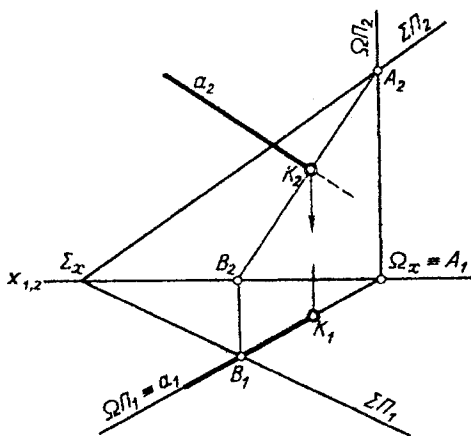


Рисунок 4.13

4.4 Пряма паралельна площині

Пряма лінія паралельна площині, якщо вона паралельна прямій (будь-якій), що належить даній площині. На рисунку 4.14 пряма l паралельна площині загального положення, яка задана слідами α ($f^\circ \cap h^\circ$), тому що проєкції l_1 і l_2 прямої l паралельні відповідним проєкціям m_1 і m_2 прямої m , що належить цій площині.

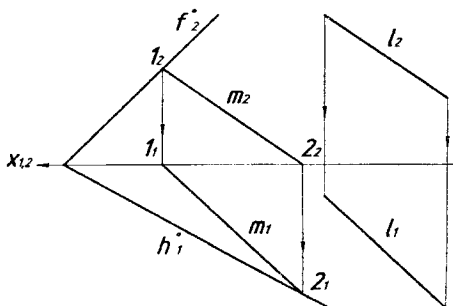


Рисунок 4.14

Символьний запис побудови:

$$m(l,2) \subset \alpha(f^\circ \cap h^\circ), \\ l_1 \parallel m_1, l_2 \parallel m_2 \Rightarrow l \parallel m$$

Задача. Побудувати фронтальну проекцію прямої c , що паралельна площині β , яка задана паралельними прямими a і $b - \beta (a \parallel b)$. Графічну умову показано на рисунку 4.15.

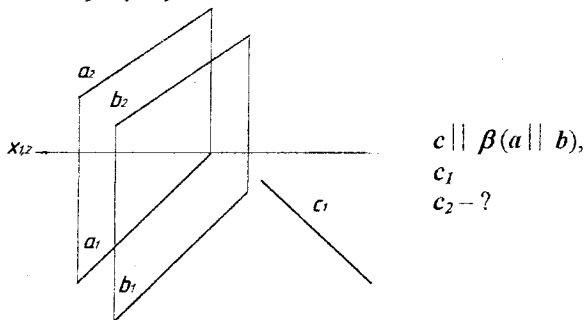


Рисунок 4.15

Алгоритм розв'язання задачі

1. В площині $\beta (a \parallel b)$ будують пряму d , яка паралельна прямій c і перетинає прямі a і b в точках 1 і 2 :

$$d_1 \cap a_1 = 1_1, d_1 \cap b_1 = 2_1; d_2 \cap a_2 = 1_2, d_2 \cap b_2 = 2_2 \Rightarrow d \subset \beta (a \parallel b).$$

Побудову прямої d показано рисунку 4.16.

2. На Π_2 будують фронтальну проекцію прямої c_2 паралельно d_2 (рис.4.17): $c_1 \parallel d_1, c_2 \parallel d_2 \Rightarrow c \parallel \beta (a \parallel b)$.

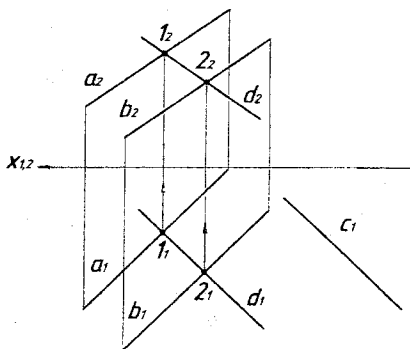


Рисунок 4.16

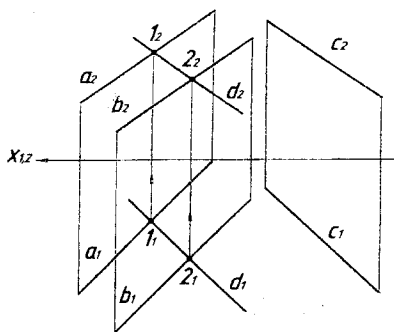


Рисунок 4.17

4.5 Перетин двох площин. Друга позиційна задача

Дві площини, які не збігаються, перетинаються між собою.

Дві площини перетинаються по прямій лінії, положення якої визначається двома точками. Необхідно знайти дві точки, спільні для обох площин і з'єднати їх.

1. Дві площини проєкційовальні (рис. 4.18). Якщо перетинаються дві фронтально-проєкційовальні площини, то лінія перетину буде фронтально-проєкційовальна пряма $m: \alpha \cap \beta = m$.

Таким чином, якщо перетинаються дві проєкційовальні площини однієї назви, то лінія перетину – проєкційовальна пряма. У цьому разі для побудови лінії перетину достатньо визначити положення однієї точки і знати напрямок лінії перетину.

2. Якщо одна площина проєкційовальна, а друга – загального положення, то проєкція лінії перетину площин збігається зі слідом проєкційовальної площини.

На рисунку 4.19 площина α ($\alpha \cap \beta$) задана прямими, що перетинаються – загального положення, площина β – горизонтально-проєкційовальна, задана слідами.

Лінію перетину $1,2$ знаходять на горизонтальній площині проєкції Π_1 , там де горизонтальний слід β_1 площини β перетинає горизонтальні проєкції прямих a_1 і b_1 : $\alpha_1 (a_1 \cap b_1) \cap \beta_1 = 1_1, 2_1$. Потім точки лінії перетину 1 і 2 проєкціюють на відповідні проєкції прямих a_2 і b_2 .

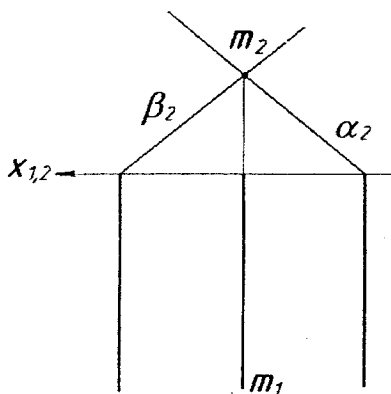


Рисунок 4.18

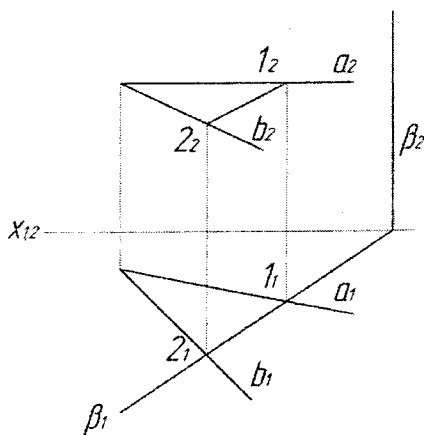


Рисунок 4.19

3. Якщо перетинаються площини загального положення, то лінію перетину знаходять способом допоміжних перерізів, які виконують за допомогою площин рівня або проєкційовальних площин (рис. 4.20).

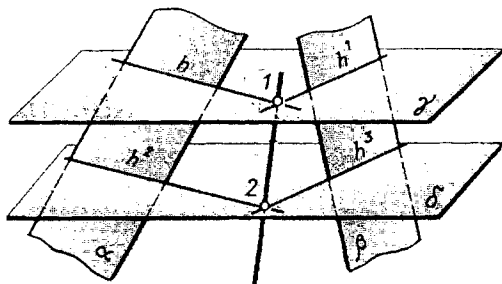


Рисунок 4.20

Алгоритм розв'язування задачі

1. Дві площини загального положення перетинають допоміжною площиною окремого положення.
2. Будують лінію перетину допоміжної площини з першою заданою площиною.
3. Будують лінію перетину допоміжної площини з другою заданою площиною.
4. Позначають точку перетину ліній.
5. Повторюють пункти 1 – 4 для другої допоміжної площини.
6. З'єднують дві точки, що побудовані, і отримують проєкції лінії перетину.

На рисунку 4.21 показано побудову лінії перетину двох площин загального положення, одна з яких задана паралельними прямими, друга – трикутником.

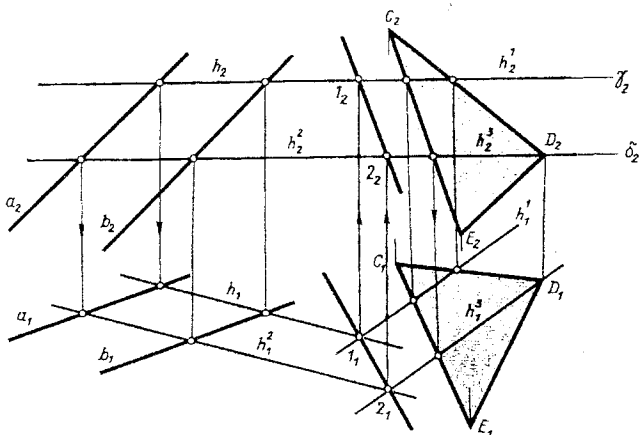


Рисунок 4.21

Якщо площини, що перетинаються, задані слідами, то лінію перетину проводять через точки перетину горизонтальних і фронтальних слідів
 (рис. 4.22): $h^{\circ} \cap h' = 1, f^{\circ} \cap f' = 2 \Rightarrow \alpha(h^{\circ} \cap f^{\circ}) \cap \beta(h' \cap f') = m(1, 2)$.

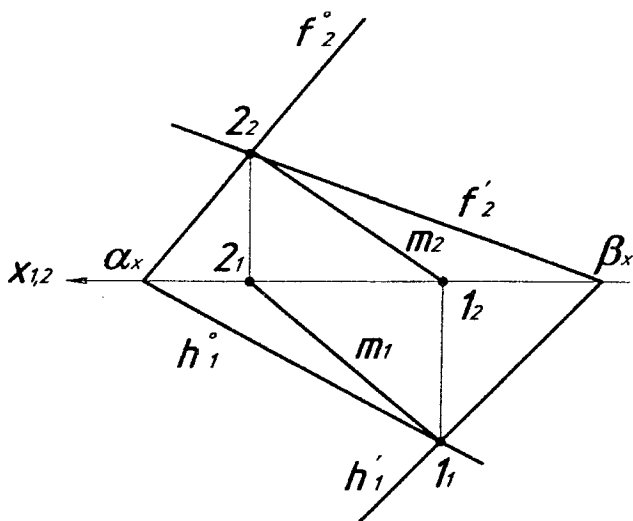


Рисунок 4.22

4.6 Паралельність двох площин

Дві площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини відповідно паралельні двом прямим, що перетинаються, другої площини. Приклад паралельних площин наведено на рисунку 4.23. Площина α задана прямими a і b , що перетинаються, площина β задана прямими m і n , що перетинаються. Площини α ($a \cap b$) і β ($m \cap n$) паралельні, тому що пряма a площини α паралельна прямій m площини β , а пряма b площини α паралельна прямій n площини β .

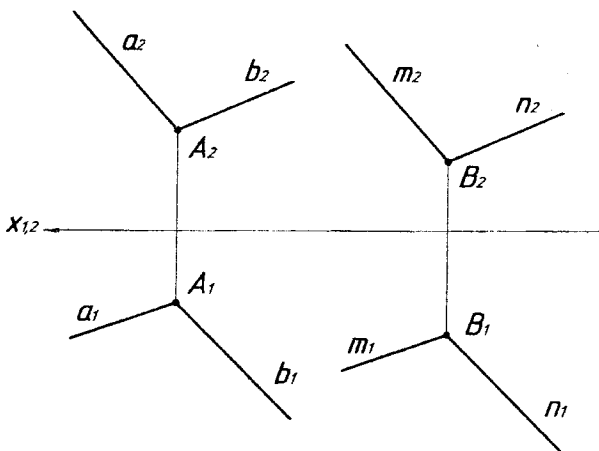


Рисунок 4.23

4.7 Багатогранники

Об'єднання скінченного числа багатокутників називається багатогранною поверхнею. Багатогранна поверхня називається простою, якщо усі її точки належать даним багатокутникам або загальним сторонам двох багатокутників, або є вершинами багатогранних кутів, плоскими кутами яких служать кути цих багатокутників.

Багатокутники, що складають багатогранну поверхню, називаються її **гранями**, сторони багатокутників – **ребрами**, а вершини – **вершинами багатогранної поверхні**.

З усіх простих багатогранників практичний інтерес становлять піраміди та призми.

Пірамідою називають багатогранник, усі грані якого, крім однієї, мають спільну вершину (рис. 4.24, а). Оскільки всі бічні грані піраміди – трикутники, піраміда повністю визначається заданням її основи та вершини.

Призмою називають багатогранник, обмежений призматичною поверхнею та двома паралельними площинами, не паралельними ребрам призми. Ці дві грані називаються основами призми, грані призматичної поверхні – бічними гранями, а її ребра – ребрами призми. Основами призми є рівні між собою багатокутники, бічні ребра призми дорівнюють одне одному. Якщо основи не паралельні між собою, призму називають зрізаною. Коли основами призми є перпендикулярні перерізи призматичної поверхні, призму називають прямою, якщо ця умова не виконується – похилою (рис. 4.24, б).

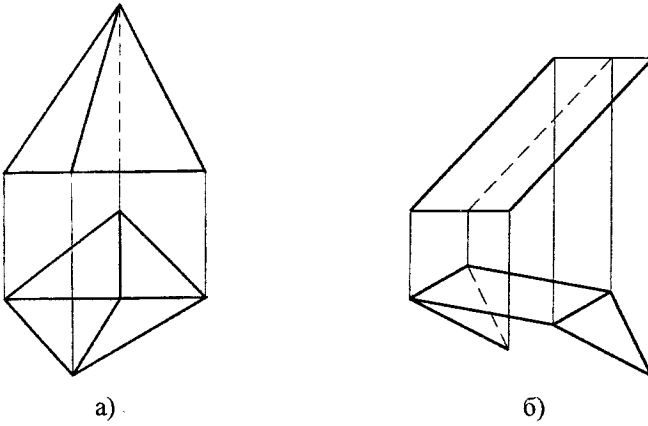


Рисунок 4.24

На рисунку 4.25 показано приклад багатогранника в трьох проекціях, а в таблиці 4.1 виконано дослідження цього багатогранника, тобто положення ребер і граней відносно площин проєкцій.

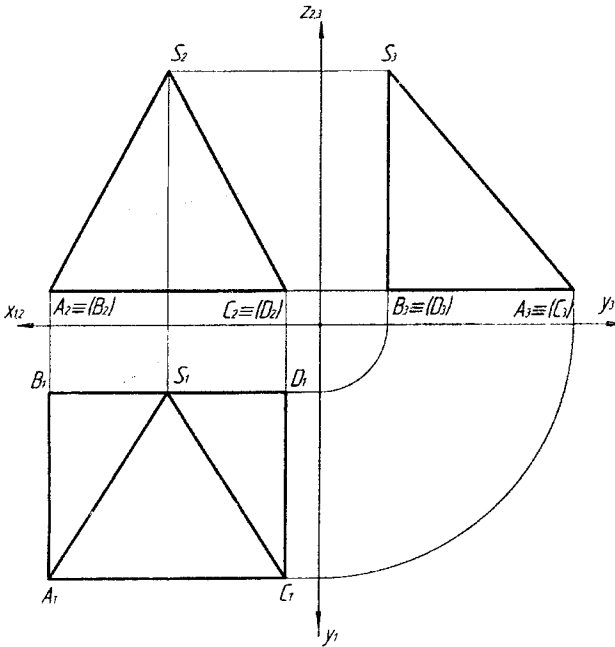


Рисунок 4.25

Таблиця 4.1

<i>Положення відносно площин проекцій</i>	<i>Ребра</i>	<i>Грані</i>
Горизонтальні	-	<i>ABDC</i>
Фронтальні	<i>SB, SD</i>	<i>BSD</i>
Профільні	-	-
Горизонтально-проекціювальні	-	-
Фронтально-проекціювальні	<i>AB, CD</i>	<i>ABS, CDS</i>
Профільно-проекціювальні	<i>AC, BD</i>	<i>ACS</i>
Загального положення	<i>SA, SC</i>	-
<i>Взаємне положення</i>		
Паралельні	$AB \parallel DC$	-
Перетинаються	$AS \cap SC$	$SAC \cap BDCA$
Мимобіжні	$AB \circ SD$	-

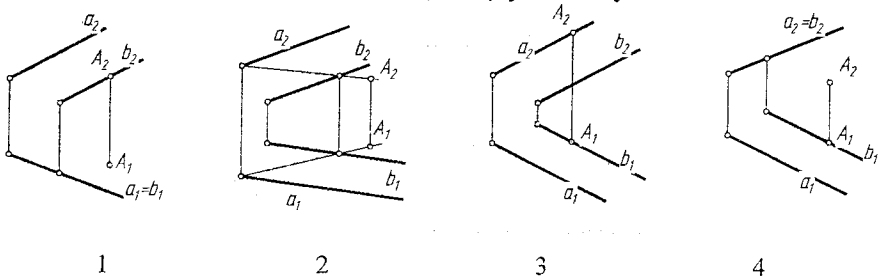
Тести для самоконтролю

1. Точка належить площині якщо вона:

- лежить на прямій, яка паралельна цій площині;
- лежить на двох прямих, що перетинаються, й паралельні цій площині;
- лежить на прямій, яка належить цій площині;
- лежить на прямій, що перетинає цю площину.

2. Пряма належить площині, якщо вона:

- має з нею дві спільні точки;
- не має спільних точок;
- паралельна площині;
- має одну спільну точку.

3. Точка *A* належить площині $\Gamma(a \parallel b)$ у випадку ...

4.8 Графічна робота № 1

Умова.

1. За двома заданими проекціями багатогранника (фронтальною та горизонтальною) побудувати третю (профільну).

2. Визначити положення ребер та граней багатогранника відносно площин проекцій та записати їх до таблиці.

3. Визначити взаємне положення ребер та граней багатогранника і також занести їх до таблиці.

4. Методом прямокутного трикутника побудувати натуральну величину ребра загального положення і визначити кути нахилу цього ребра до площин проекцій Π_1 , Π_2 , Π_3 .

5. Побудувати сліди ребра загального положення на Π_1 та Π_2 .

Мета завдання.

Навчитись за двома проекціями предмета (багатогранника) будувати третю, уявити його об'ємне зображення, вміти аналізувати положення ребер та граней, вміти будувати натуральну величину і кути нахилу до площин проекцій прямої загального положення, вміти будувати сліди прямої загального положення на площинах проекцій.

Послідовність виконання

1. Побудувати дві проекції багатогранника, позначити всі його вершини великими латинськими буквами A, B, C, \dots Побудувати третю проекцію за допомогою ліній зв'язку.

2. Визначити положення ребер багатогранника, кожне з яких являє собою відрізок прямої. Для цього необхідно вивчити тему «Пряма». Результати записати в таблицю.

3. Визначити положення граней багатогранника, кожна з яких являє собою площину. Для цього необхідно вивчити тему «Площина», познайомитись з епорами площин загального та окремого положення. Результати необхідно теж записати до таблиці.

При аналізі прямих (ребер) і площин (граней) враховують, що кожна пряма і кожна площина може мати лише одну назву. Тому для самоконтролю необхідно поррахувати скільки ребер та скільки граней має заданий багатогранник.

4. Визначити взаємне положення тієї чи іншої пари прямих (ребер) та площин (граней), враховуючи всі можливі варіанти: паралельності, перетину або мимобіжності. До таблиці записати лише по два ребра або дві грані.

Завдання для графічної роботи № 1 студент вибирає з таблиці за варіантом, який йому пропонує викладач. Приклад виконаного епора № 1 показано на рисунку 4.26.

Редукція
 Горизонтальні
 Фронтальні
 Профільні
 Горизонтально-проекційвальні
 Фронтально-проекційвальні
 Профільно-проекційвальні
 Загального положення АВ, АМ, ВМ, СD, СF, DГ, АD, ВС, FМ

Грани
 Горизонтальні
 Фронтальні
 Профільні
 Горизонтально-проекційвальні
 Фронтально-проекційвальні
 Профільно-проекційвальні
 Загального положення АВСD, АДГМ, ВСГМ

Власне положення ребер
 Паралельні
 Перетинаються
 Нумобіжні
 AD // BC
 AB ∩ AD
 FM ⊥ DC

Елепс МТ
 Дослідження двозагартарника

Виконав: ст. зр. РЗ-01 _____ Бєзмицук В.В.
 Перевірив доцент _____ Карпенко С. І.

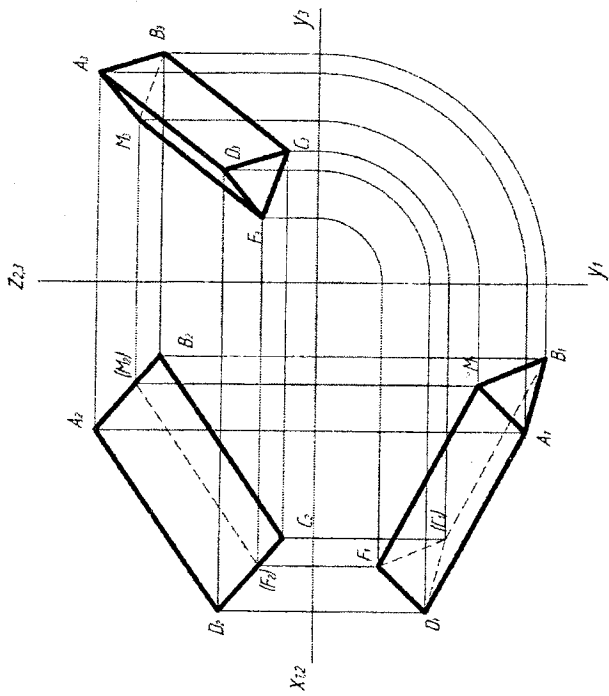
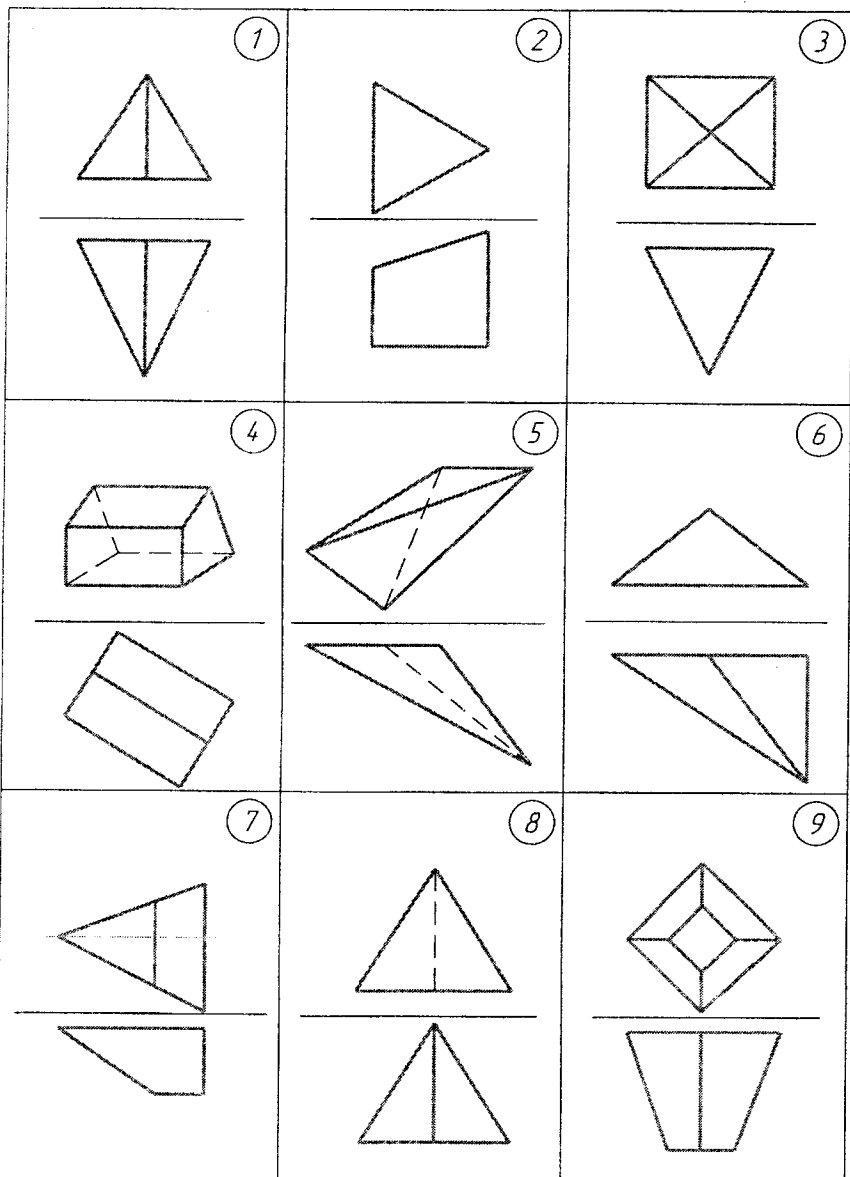
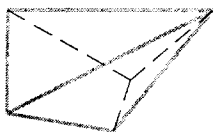


Рисунок 4.26

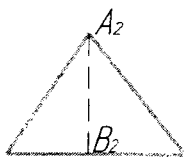
4.9 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 1



10



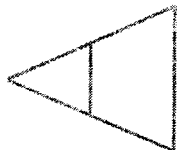
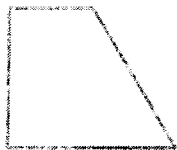
11



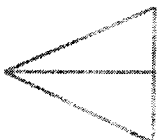
$A_1 \equiv B_1$



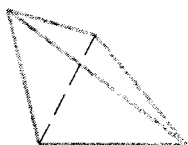
12



13



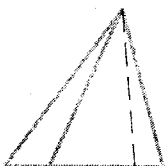
14



15



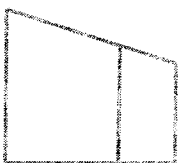
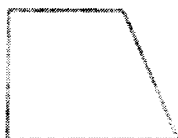
16



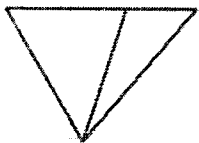
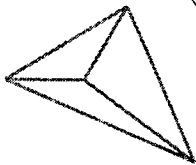
17



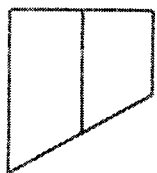
18



19



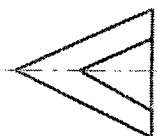
20



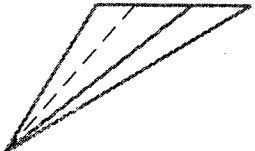
21



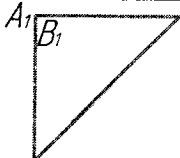
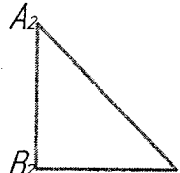
22



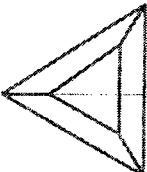
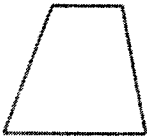
23



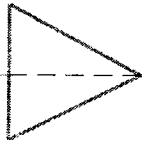
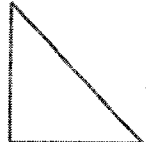
24



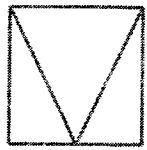
25



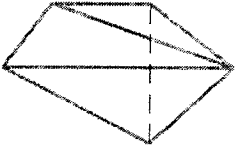
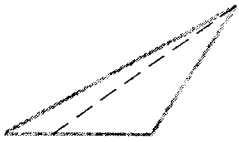
26



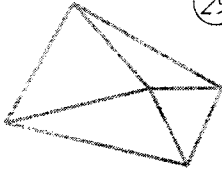
27



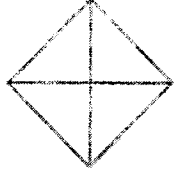
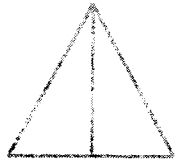
28



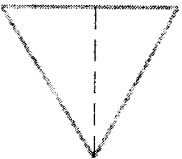
29



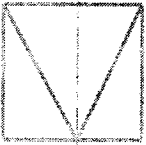
30



31



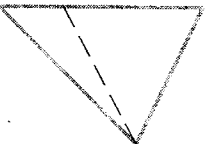
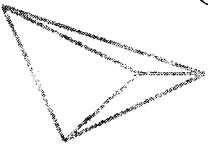
32



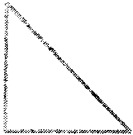
33



34



35



36



5 МЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ

Під метричними розуміють задачі на визначення відстаней, кутів та площ. Для розв'язання більшості метричних та деяких позиційних задач геометричні фігури загального положення треба привести в окреме положення. Це перш за все стосується прямих ліній, площин, гранних і криволінійних поверхонь. Після перетворення комплексного креслення додаткові проекції дають можливість розв'язувати задачі простіше. Методи перетворення проекцій опираються на два основних принципи:

1) зміна взаємного положення об'єкта проєкціювання та площин проєкцій;

2) зміна напрямку проєкціювання.

На першому принципі ґрунтуються два способи перетворення проєкцій: заміна площин проєкцій та плоско-паралельне переміщення, а на другому – спосіб допоміжного проєкціювання, який має два різновиди: прямокутний та косокутний.

5.1 Заміна площин проєкцій

Суть способу заміни площин проєкцій полягає в тому, що положення точок, ліній, плоских фігур у просторі залишається незмінним, а система площин Π_1/Π_2 доповнюється новими площинами проєкцій – Π_4 , Π_5 і т. д., що утворюють з Π_1 і Π_2 , або між собою, системи двох взаємно перпендикулярних площин. Кожну нову систему площин проєкцій вибирають так, щоб отримати положення, найзручніше для виконання необхідної побудови.

На рисунках 5.1, 5.2 зображено точку A . Перпендикулярно до площини Π_1 проводять нову площину проєкції Π_4 , на яку ортогонально проєкціюють точку A . Таким чином, замість системи площин проєкцій Π_1/Π_2 з проєкціями точки A_1 , A_2 одержують нову систему Π_1/Π_4 з проєкціями точки A_1 , A_4 . При такій заміні відстань Z_A від старої проєкції точки A_1 до старої осі $x_{1,2}$ дорівнює відстані Z_A від нової проєкції точки A_4 до нової осі $x_{1,4}$.

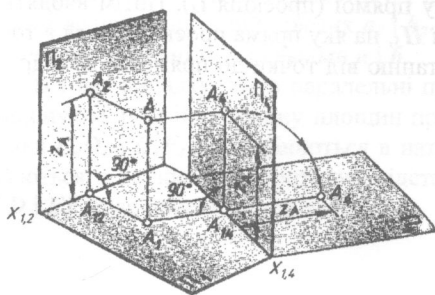


Рисунок 5.1

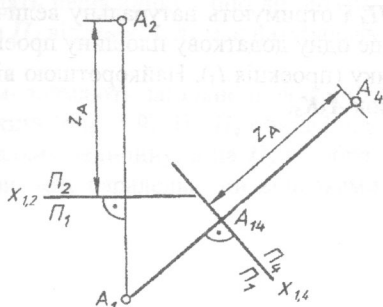


Рисунок 5.2

Задача 1. Визначити натуральну величину відрізка AB прямої загального положення. Перетворити цю пряму в проєкціовальну.

Розв'язування. На рисунку 5.3 показано, як у просторі визначається натуральна величина відрізка AB . Для цього вводиться додаткова площина проєкції Π_4 паралельно відрізку AB і перпендикулярно до Π_1 . Щоб одержати його натуральну величину на епюрі, досить провести нову площину Π_4 паралельно одній з проєкцій. На рисунку 5.4 нову вісь $x_{1,4}$ вводять паралельно горизонтальній проєкції прямої $A_1 B_1$. На Π_2 вимірюють відстані від фронтальних проєкцій точок A_2, B_2 до старої осі $x_{1,2}$ і відкладають на Π_4 на лініях зв'язку, перпендикулярних до нової осі $x_{1,4}$. Ці відстані на рисунку 5.4 показані рисками. Щоб перетворити відрізок AB в проєкціовальне положення, вводять ще одну додаткову площину проєкції Π_5 . Відстані вимірюють від старої осі $x_{1,4}$ до проєкцій точок A_1 і B_1 , відкладають на Π_5 від нової осі $x_{4,5}$ і одержують проєкцію відрізка $A_5 B_5$. Відрізок AB на Π_5 відображається в точку.

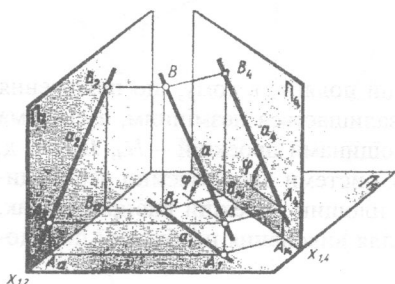


Рисунок 5.3

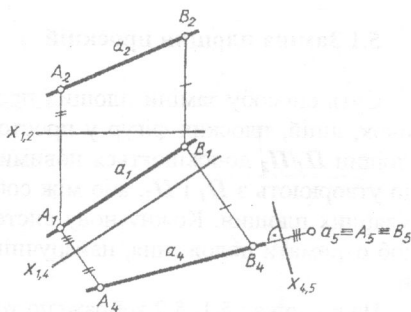


Рисунок 5.4

Задача 2. Визначити найкоротшу відстань від точки A прямої l .

Розв'язування. На рисунку 5.5 показано приклад цієї задачі. Паралельно горизонтальній проєкції прямої l_1 вводять додаткову площину проєкції Π_4 і отримують натуральну величину прямої (проєкція l_4). Потім вводять ще одну додаткову площину проєкції Π_5 , на яку пряма проєкціюється в точку (проєкція l_5). Найкоротшою відстанню від точки до прямої буде відрізок $A_5 K_5$.

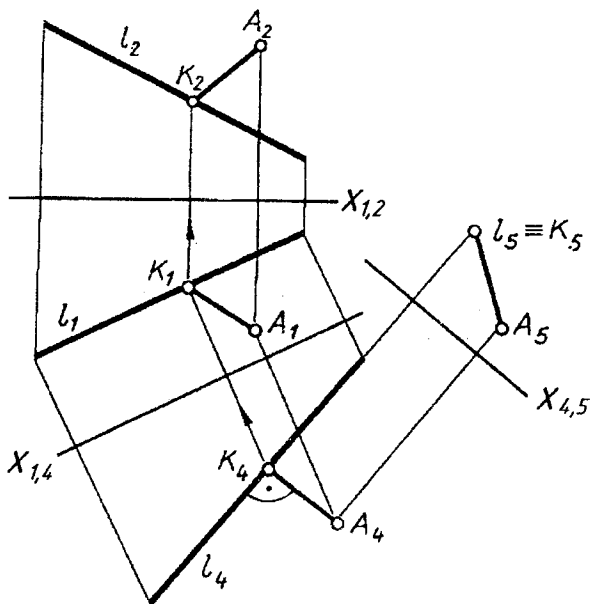


Рисунок 5.5

Задача 3. Визначити найкоротшу відстань між паралельними прямими.

Розв'язування. Якщо прямі займають проєкціювальне положення (рис. 5.6), відстань визначають на тій площині проєкції, де прямі спроекціювані в точки. На рисунку 5.7 відрізок A_1B_1 буде найкоротшою відстанню між паралельними прямими a і b .

Якщо паралельні прямі займають фронтальне (рис. 5.8) або горизонтальне положення (прямі рівня), тоді виконують одну заміну площин проєкцій. Додаткову площину проєкції Π_5 вводять перпендикулярно до натуральних величин проєкцій прямих a_2 і b_2 . На Π_5 відрізок A_5B_5 має натуральну величину відстані між прямими a і b .

В тому випадку, коли паралельні прямі займають загальне положення, виконують подвійну заміну площин проєкцій (рис. 5.9). На Π_4 обидва відрізки C_4D_4 і E_4F_4 проєкціуються в натуральну величину, а на Π_5 відображаються в точки. Найкоротшою відстанню між паралельними відрізками CD і EF буде проєкція відрізка A_5B_5 .

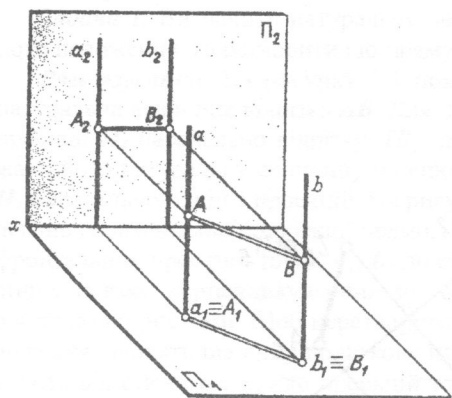


Рисунок 5.6

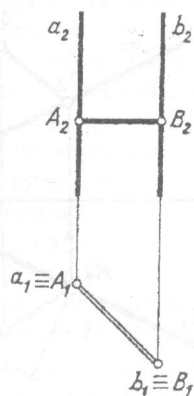


Рисунок 5.7

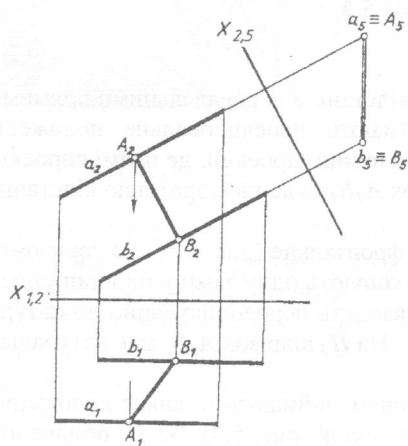


Рисунок 5.8

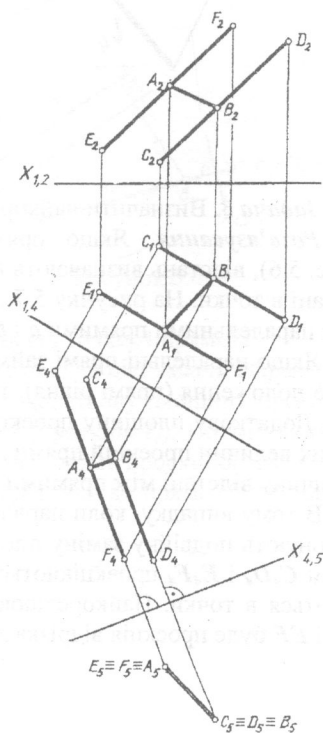


Рисунок 5.9

Задача 4. Визначити найкоротшу відстань між мимобіжними прямими.

Розв'язування. Якщо одна з мимобіжних прямих займає проєкціовальне положення, а друга пряма загального положення (рис. 5.10), відстанню між ними буде перпендикуляр C_1D_1 , проведений від проєкції прямої a_1 до проєкції прямої b_1 (рис. 5.11).

Якщо одна з мимобіжних прямих горизонталь або фронталь, а друга пряма загального положення, тоді вводять одну додаткову площину проєкції Π_4 перпендикулярно до тієї прямої, яка має натуральну величину. На рисунку 5.12 нова вісь $x_{2,4}$ проведена перпендикулярно до фронтальної проєкції прямої a_2 . На Π_4 найкоротшою відстанню між мимобіжними прямими a_4 і b_4 буде натуральна величина відрізка C_4D_4 .

На рисунку 5.13 наведено приклад, коли обидва відрізки займають загальне положення. В такому випадку виконують подвійну заміну площин проєкцій. Вводять додаткову площину проєкції Π_4 паралельно відрізку E_1F_1 . Нова вісь $x_{1,4}$ проведена паралельно горизонтальній проєкції відрізка E_1F_1 . На Π_4 відрізок E_4F_4 має натуральну величину, відрізок CD в новій системі Π_1/Π_4 займає загальне положення. Потім вводять ще одну додаткову площину проєкції Π_5 перпендикулярно до натуральної величини відрізка EF – проєкції E_4F_4 . На Π_5 проєкція E_5F_5 відрізка відображається в точку. Відрізок CD в системі Π_4/Π_5 залишається прямою загального положення. Найкоротшою відстанню між мимобіжними прямими CD і EF буде відрізок A_5B_5 . Це є перпендикуляр проведений від E_5F_5 до C_5D_5 .

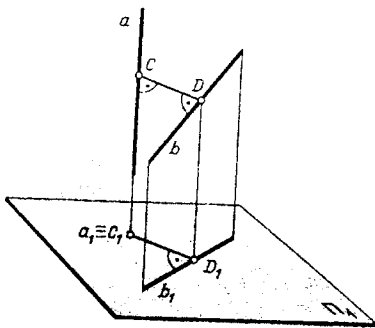


Рисунок 5.10

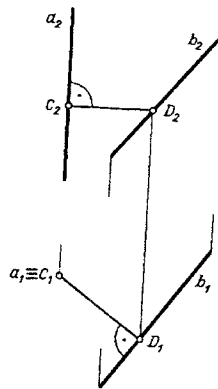


Рисунок 5.11

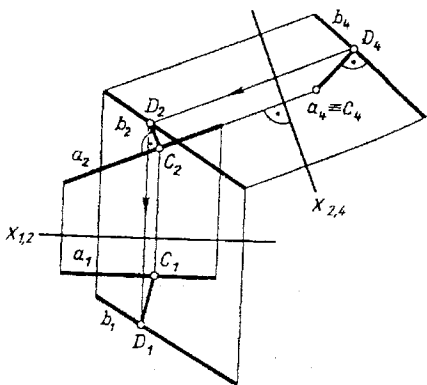


Рисунок 5.12

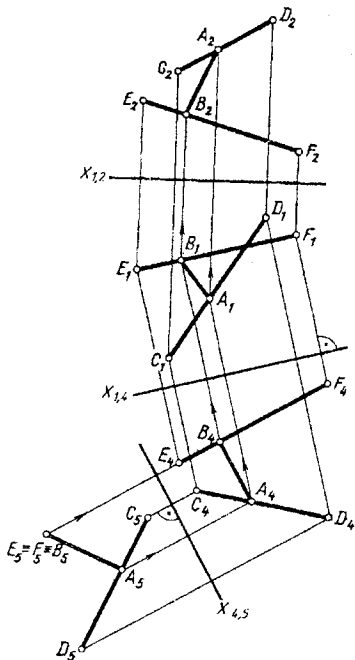


Рисунок 5.13

Задача 5. Визначити кути нахилу трикутника ABC до площин проекцій Π_1 та Π_2 .

Розв'язування. Для того, щоб визначити кут нахилу трикутника ABC до Π_1 , будують горизонтальну пряму (горизонталь) AH , що належить площині α (ΔABC). Побудову горизонталі починають на фронтальній площині проекції Π_2 , де її проекція паралельна осі $x_{1,2}$ (рис. 5.14). Горизонтальна проекція горизонталі A_1H_1 має натуральну величину. Перпендикулярно до A_1H_1 вводять додаткову площину проекції Π_4 . На Π_4 проекція відрізка A_4H_4 відображається в точку, а площина трикутника в пряму лінію: $\Pi_4 \perp A_1H_1, x_{1,4} \perp A_1H_1 \Rightarrow \alpha$ (ΔABC) $\perp \Pi_4$. Таким чином визначається шуканий кут нахилу $\angle \varphi$ до Π_1 .

Аналогічно визначають кут нахилу площини трикутника ABC до Π_2 (рис. 5.15). Будують фронтальну пряму (фронталь) AF , що належить площині α (ΔABC). Фронталь починають будувати на Π_1 , де її проекція A_1F_1 паралельна осі $x_{1,2}$. Фронтальна проекція фронталі A_2F_2 має натуральну величину. Перпендикулярно до A_2F_2 вводять додаткову площину проекції Π_4 . На Π_4 проекція відрізка A_4F_4 відображається в точку, а площина трикутника в пряму лінію: $\Pi_4 \perp A_2F_2, x_{2,4} \perp A_2F_2 \Rightarrow \alpha$ (ΔABC) $\perp \Pi_4$. Шуканий

кут нахилу $\angle \gamma$ до Π_2 визначається між лінією, проведеною із проєкції вершини B_4 паралельно осі $x_{2,4}$ і проєкцією трикутника $A_4B_4C_4$.

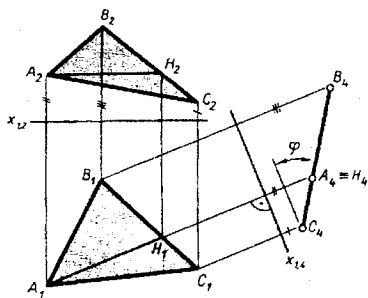


Рисунок 5.14

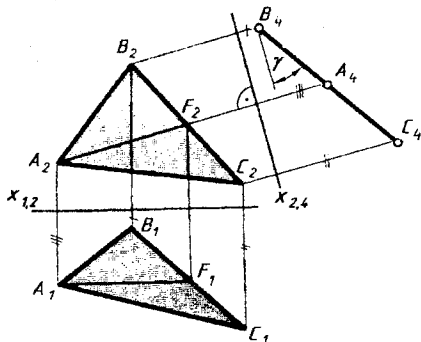


Рисунок 5.15

Задача 6. Визначити найкоротшу відстань від точки до площини.

Розв'язування. На рисунку 5.16 показано приклад, де площина $\beta(\triangle BCD)$ займає загальне положення. В цьому випадку виконують лише одне перетворення. Додаткову площину проєкції Π_4 вводять перпендикулярно до натуральної величини прямої рівня, що належить трикутнику $B_1C_1D_1$. В нашому випадку це горизонталь h_1 . На Π_4 проєкція площини трикутника $B_4C_4D_4$ відображається в пряму лінію. Найкоротшою відстанню від точки до площини буде перпендикуляр A_4K_4 , проведений із проєкції точки A_4 до проєкції площини $B_4C_4D_4$.

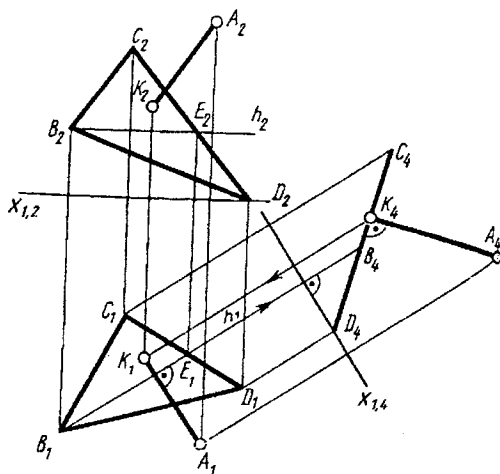


Рисунок 5.16

Задача 7. Побудувати натуральну величину площини.

Розв'язування. В тому випадку, коли площина займає окреме положення, виконують одну заміну площин проекцій. На рисунку 5.17 площина, що задана трикутником ABC , займає фронтально-проекціовальне положення. Додаткову площину проекції Π_4 вводять паралельно площині α ($\triangle ABC$). Нову вісь $x_{2,4}$ проводять паралельно фронтальній проекції трикутника $A_2B_2C_2$. На Π_4 проекція трикутника $A_4B_4C_4$ має натуральну величину.

Якщо площина в системі Π_1 / Π_2 займає загальне положення, виконують подвійну заміну площин проекцій. На рисунку 5.18 показано, як площина загального положення, що задана трикутником DEF , перетворюється на Π_4 в проекціовальне положення, а на Π_5 має натуральну величину.

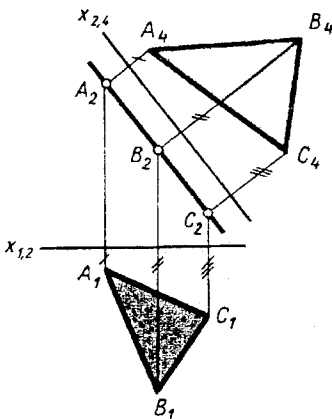


Рисунок 5.17

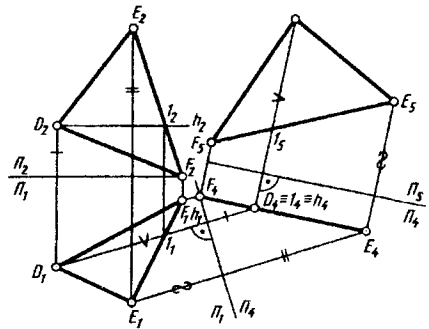


Рисунок 5.18

Задача 8. Визначити кут між двома гранями.

Розв'язування. Якщо лінія перетину двох граней займає загальне положення, виконують подвійну заміну площин проекцій. На рисунку 5.19 лінією перетину двох граней IAB і $2AB$ є ребро AB загального положення. Додаткову площину проекції Π_4 вводять паралельно ребру AB . Нова вісь $x_{1,4}$ проведена паралельно горизонтальній проекції ребра A_1B_1 . На Π_4 проекція ребра A_4B_4 має натуральну величину. Ще одну площину проекції Π_5 вводять перпендикулярно до натуральної величини ребра AB . Вісь $x_{4,5}$ проводять перпендикулярно до проекції A_4B_4 . Шуканий кут $\angle \varphi$ між двома гранями визначається на Π_5 , де ребро AB відображається в точку, а грані IAB і $2AB$ в прямих лініях: $I_5A_5B_5 \cap 2_5A_5B_5 = A_5B_5$, $A_5B_5 \perp \Pi_5$.

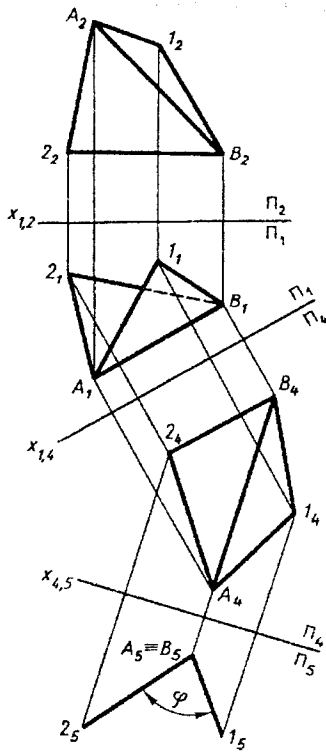
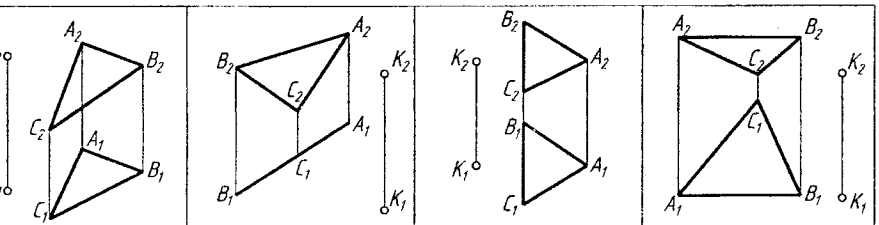


Рисунок 5.19

Тести для самоконтролю

1. Відстань від точки K до площини Σ (ABC) можна знайти без допоміжних побудов на кресленні ...



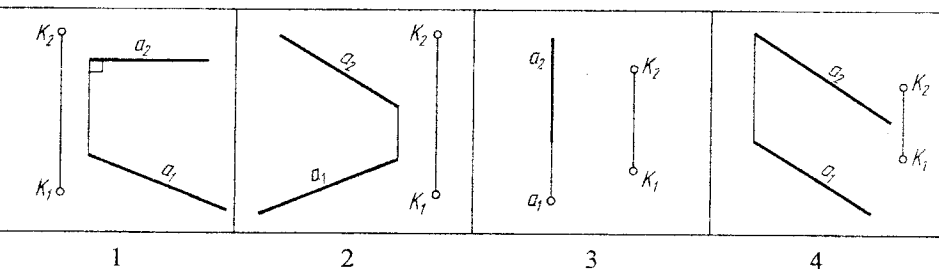
1

2

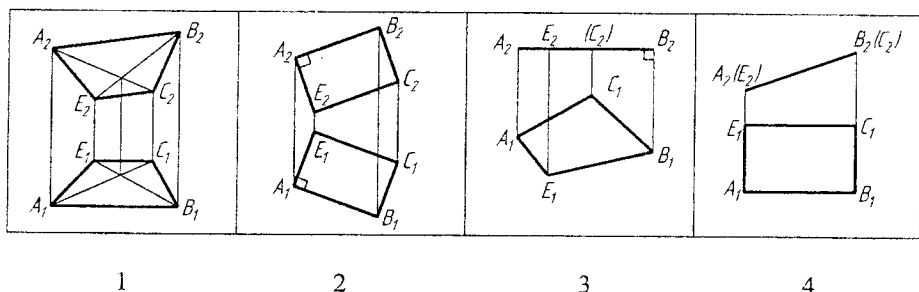
3

4

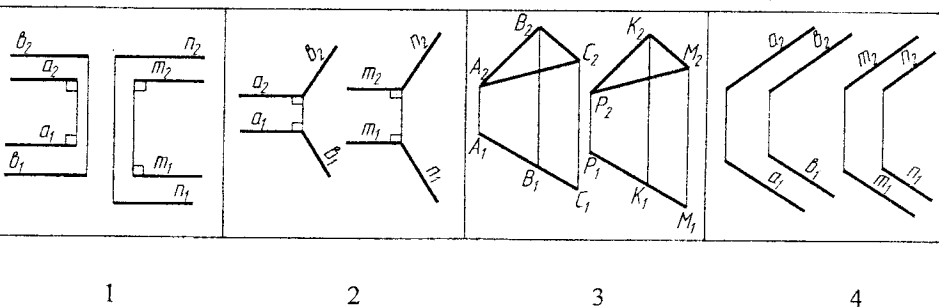
2. Натуральну величину відстані від точки K до прямої a можна виміряти на кресленні ...



3. Чотирикутник $ABCE$ проєкціюється в натуральну величину на кресленні ...



4. Відстань між паралельними площинами можна виміряти на кресленні ...



6 КРИВІ ЛІНІЇ ТА ПОВЕРХНІ

6.1 Криві лінії

У нарисній геометрії криві лінії важливо розглядати як твірні кривих поверхонь. Крива лінія може бути утворена переміщенням точки у просторі, перетином кривих поверхонь площиною, взаємним перетином двох поверхонь. Криві лінії бувають плоскими і просторовими.

Плоскими називаються криві лінії, всі точки яких лежать в одній площині (рис. 6.1), **просторовими** – криві лінії, всі точки яких не належать одній площині (рис. 6.2).

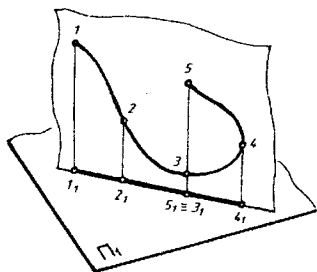


Рисунок 6.1

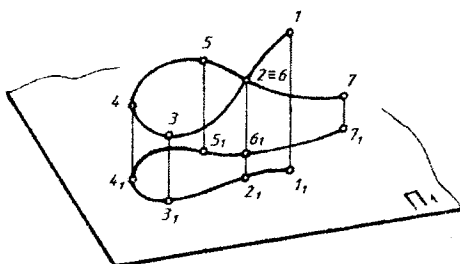


Рисунок 6.2

6.2 Класифікація кривих поверхонь

Поверхнею називають геометричне місце послідовних положень лінії (твірних), що переміщуються у просторі за деяким законом (напрямною).

Способи задання поверхонь.

1. Аналітичний 2. Каркасом 3. Кінематичний 4. Визначником.

Аналітичний спосіб задання поверхні – це задання поверхонь рівнянням. Цей спосіб вивчається в аналітичній геометрії.

Задання поверхні каркасом – це задання поверхні достатньо щільною сіткою точок чи ліній, що належать цим поверхням (рис. 6.3).

Якщо каркас поверхні заданий точками, він називається точковим, якщо лініями, - лінійним. На рисунку 6.4 показано лінійний каркас, що складається з двох сімей ліній: $n_1, n_2, n_3, n_i, \dots, n_n$ і $m_1, m_2, m_3, m_b, \dots, m_n$.

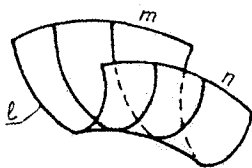


Рисунок 6.3

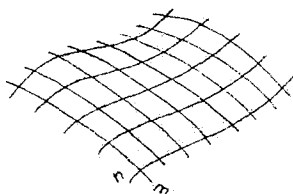


Рисунок 6.4

Кінематичний спосіб задання поверхонь в основному вивчається в курсі нарисної геометрії.

Поверхня утворюється безупинним переміщенням твірної лінії в просторі.

Твірна лінія може бути: пряма і крива; плоска і просторова; закономірна і незакономірна. Твірна в процесі переміщення може зберігати чи змінювати свою форму. У залежності від виду твірної і характеру її переміщення всі поверхні поділяються на класи.

За виглядом твірної поверхні поділяються на два класи:

прямолінійчаті – де твірною є пряма лінія;

криволінійчаті – де твірною є крива лінія.

За ознакою розгортання поверхні поділяються також на два класи:

розгортні – поверхні, що можуть бути точно сумісні з однією площиною без складок і розривів (конічні, циліндричні й інші); розгортними можуть бути тільки ті поверхні, в яких два нескінченно близьких положення твірних: або паралельні між собою, або перетинаються.

нерозгортні – поверхні, які можна сумістити з однією площиною приблизно (сфера, еліпсоїд і т. д.).

За законами утворення:

закономірні – поверхні, які можна задати рівнянням; **незакономірні** – поверхні, які точним рівнянням описати не можна.

За способом утворення: поверхні переносу; поверхні обертання; гвинтові поверхні.

Крім графічного способу поверхню можна задати **визначником**.

Визначником називається сукупність параметрів, що відрізняють дану поверхню від усіх інших. Визначник має геометричну й алгоритмічну частини $\Phi\{(\Gamma), (A)\}$.

Геометричною частиною визначника поверхні є геометричні фігури, за допомогою яких пов'язуються параметри множини ліній простору. Алгоритмічна частина характеризує закон руху твірної.

Для більшої наочності ряд поверхонь звичайно задається обрисом.

Обрис поверхні – це проекція контурної лінії поверхні, тобто лінія, що обмежує дану поверхню на кресленні і розділяє видиму її частину від невидимої.

Класифікацію поверхонь показано на рис. 6.5.

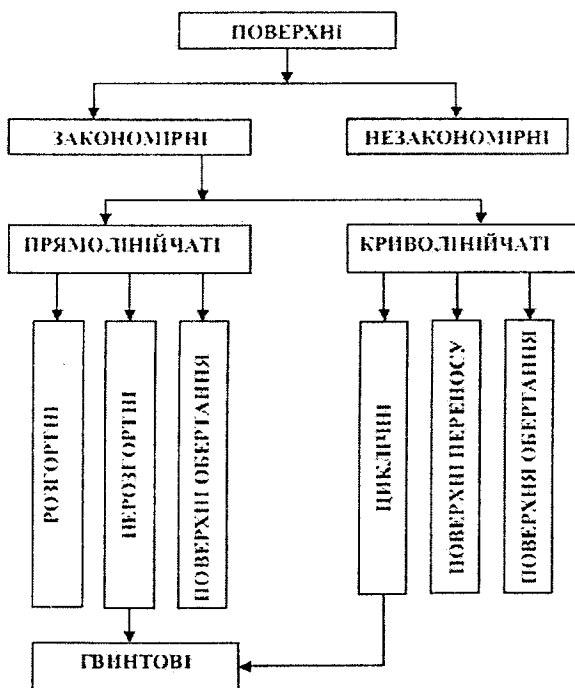


Рисунок 6.5

6.3 Циліндрична поверхня

Циліндричною поверхнею називається поверхня, яка утворена переміщенням прямої твірної по кривій напрямній (рис. 6.6). Всі твірні паралельні між собою.

Визначник циліндричної поверхні: $\Phi = [(l, m) (\forall l \cap m; \forall l^* \parallel l^*)]$,

де l – твірна, пряма лінія;

m – напрямна, крива просторова лінія;

S^∞ – невласна точка.

6.4 Конічна поверхня

Конічна поверхня утворюється шляхом переміщення прямої твірної лінії по кривій напрямній (рис. 6.7). Всі твірні перетинаються в одній точці. Ця точка називається вершиною конічної поверхні (власна точка).

Визначник конічної поверхні: $\Phi = [(l, m, S) (\forall l \cap m; \forall l \supset S)]$,

де l – твірна, пряма лінія;
 m – напрямна, крива лінія;
 S – вершина (власна точка).

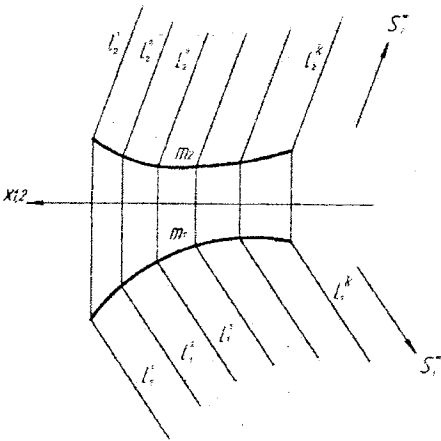


Рисунок 6.6

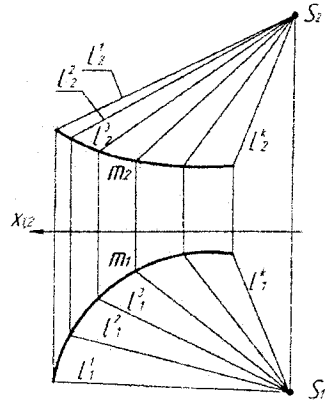


Рисунок 6.7

6.5 Поверхня з ребром звороту

Поверхня з ребром звороту (торс) утворюється переміщенням твірної, яка у всіх своїх положеннях є дотичною до напрямної (просторової кривої лінії). Визначник торсової поверхні: $\Phi = [(l, m) (\forall l \subseteq m)]$,

де l – твірна, пряма лінія,
 m – напрямна, крива лінія.

Крива напрямна називається ребром звороту. Приклад поверхні показано на рисунку 6.8.

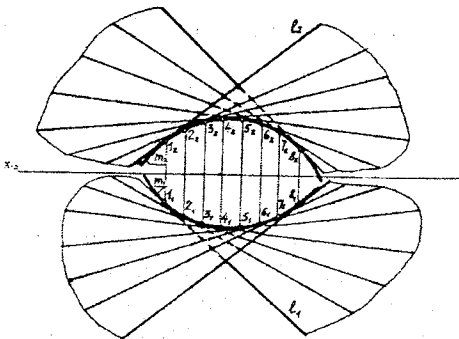


Рисунок 6.8

6.6 Поверхні з двома напрямними лініями

Ця група поверхонь має дві напрямні. Твірна (пряма лінія) безперервно переміщується по двох напрямних і залишається паралельною площині, яка називається площиною паралелізму. Площиною паралелізму може бути проєкціювальна площина або площина рівня, а також площина проєкції. Ця група поверхонь називається «Поверхні з площиною паралелізму». Їх ще називають поверхнями Каталана.

Є три поверхні Каталана:

- *коса площина (гіперболічний параболоїд),*
- *коноїд,*
- *циліндроїд.*

Визначник поверхонь Каталана: $\Phi = [(l, m, n, \Sigma) (\forall l \cap m, n; \forall l \parallel \Sigma)],$

де l – твірна, пряма лінія,

m, n – напрямні, криві або прямі лінії,

Σ – площина паралелізму.

6.6.1 Гіперболічний параболоїд

Гіперболічний параболоїд відноситься до групи поверхонь з площиною паралелізму. У цієї поверхні обидві напрямні m і n мимобіжні прямі лінії (рис. 6.9).

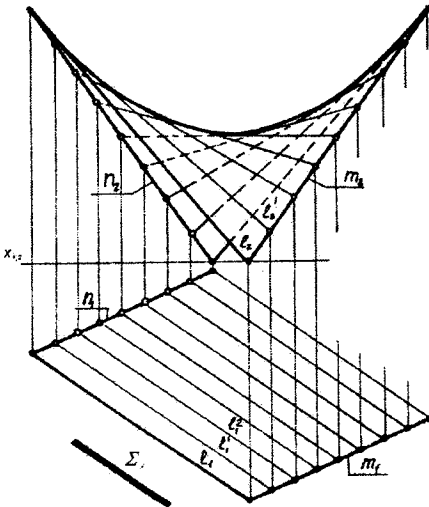


Рисунок 6.9

6.6.2 Коноїд

Коноїд відноситься до групи поверхонь з площиною паралелізму. У коноїда одна напрямна – пряма лінія, друга напрямна – крива лінія (рис. 6.10).

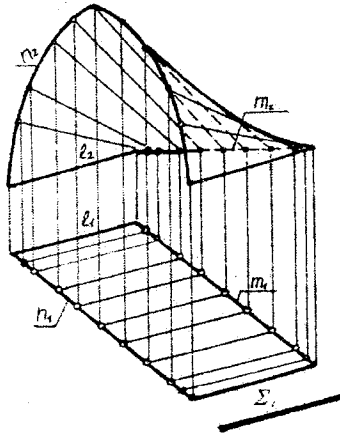


Рисунок 6.10

6.6.3 Циліндроїд

Циліндроїд відноситься до групи поверхонь з площиною паралелізму. У циліндроїда обидві напрямні – криві лінії (рис. 6.11).

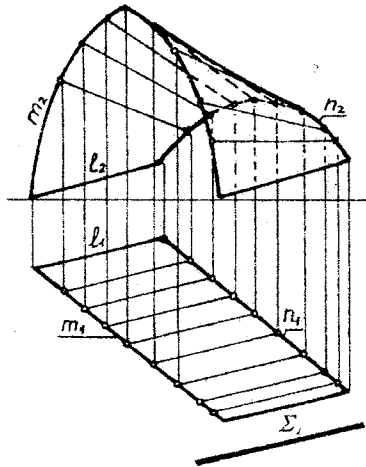


Рисунок 6.11

6.7 Поверхні обертання

6.7.1 Прямолінійчаті поверхні обертання

Прямолінійчатою поверхнею обертання називається поверхня утворена обертанням твірної (прямої лінії) навколо нерухомої осі.

Розглянемо три випадки

1. Твірна пряма l та вісь i перетинаються – круговий конус (рис. 6.12, а).
2. Твірна пряма l паралельна осі обертання – круговий циліндр (рис. 6.12, б).
3. Твірна пряма l мимобіжна з віссю обертання i – однополосний гіперболоїд обертання.

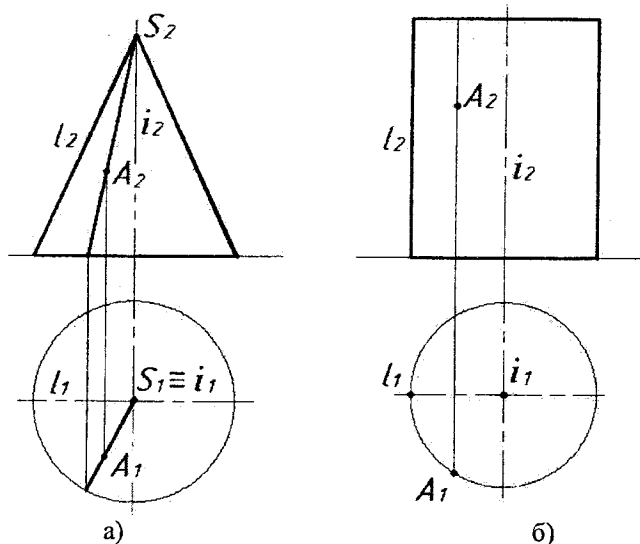


Рисунок 6.12

6.7.2 Криволінійчаті поверхні обертання

У криволінійчатих поверхнях твірна – крива лінія.

Поверхні, які утворені обертанням твірної лінії навколо нерухомої осі, називають поверхнями обертання. Твірна може бути кривою як плоскою, так і просторовою.

Визначник поверхонь обертання: $\Phi = [(l, i) (l \overset{\Phi}{\curvearrowright} i)]$

де l – твірна (пряма або крива лінія);

i – вісь обертання.

До поверхонь обертання відносяться:

1. Сфера.
2. Тор.
3. Еліпсоїд обертання.
4. Параболоїд обертання.
5. Гіперболоїд обертання.

Кола на поверхні обертання називаються **паралелями** (рис. 6.13, 6.14). Паралель утворюється площиною, яка перетинає поверхню перпендикулярно до осі обертання. При обертанні твірної кожна точка на ній описує коло з центром на осі обертання i .

Паралель, діаметр якої більший за діаметр інших паралелей називається **екватором** (рис. 6.13, 6.14).

Паралель, діаметр якої менший за діаметри інших паралелей називається **горлом** (рис. 6.13, 6.14).

У загальному випадку поверхня обертання може мати кілька екваторів і горловин. Площини, що проходять через вісь обертання, називаються меридіональними, а лінії, по яких вони перетинають поверхню – **меридіанами**.

Меридіональна площина Σ , паралельна площині проєкцій, називається головною меридіональною площиною, а лінія її перетину з поверхнею обертання – **головним меридіаном** (рис.6.13, 6.14).

На рисунку 6.14 наведено приклад поверхні обертання загального вигляду, де побудовані ці лінії, а також побудована крива лінія l на цій поверхні. Окремі точки A, E, B, N, C, D , що належать поверхні, будують за допомогою паралелей, з'єднують і отримують криву лінію l .

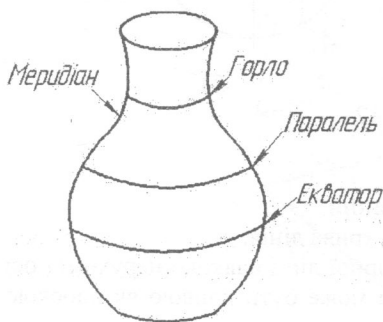


Рисунок 6.13

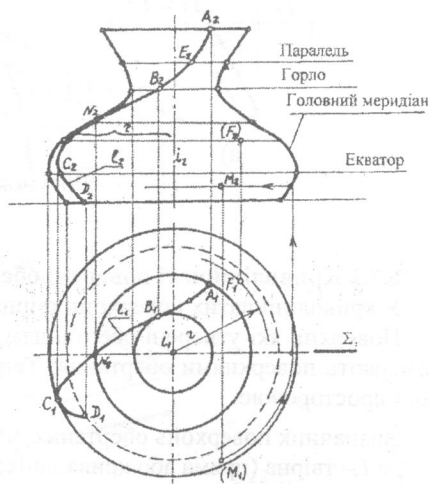


Рисунок 6.14

Розглянемо деякі поверхні обертання:

1. Сфера.

Поверхня сфери утворюється при обертанні кола навколо осі (діаметра) (рис. 6.15). Сферу можна розглядати як окремий випадок тора.

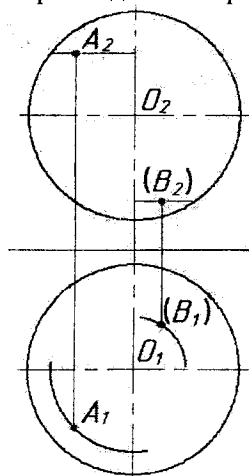


Рисунок 6.15

2. Тор.

Поверхня тора утворюється при обертанні твірного кола навколо осі i .

Відомі два види тора:

а) відкритий – твірне коло не перетинає вісь обертання (рис. 6.16, а);

б) закритий – твірне коло перетинається з віссю обертання (рис. 6.16, б).

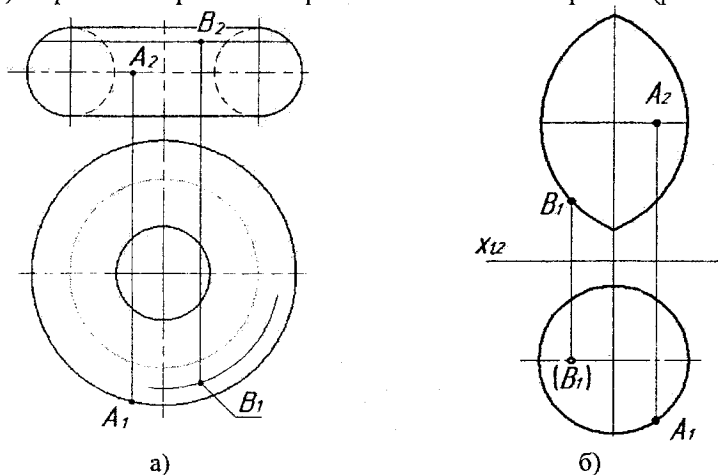


Рисунок 6.16

3. Еліпсоїд обертання.

Поверхня еліпсоїда обертання утворюється при обертанні еліпса навколо його осі (рис. 6.17).

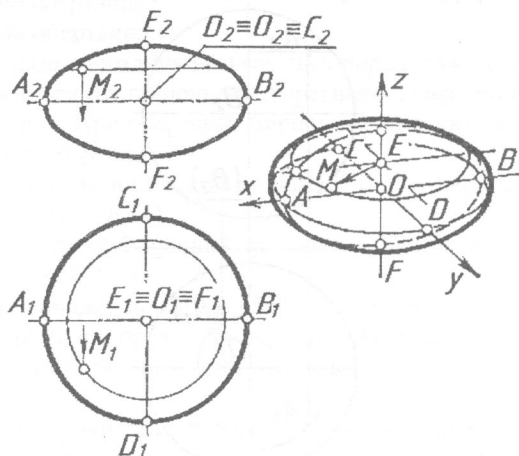


Рисунок 6.17

4. Параболоїд обертання.

Поверхня параболоїда обертання утворюється при обертанні параболи навколо її осі (рис. 6.18).

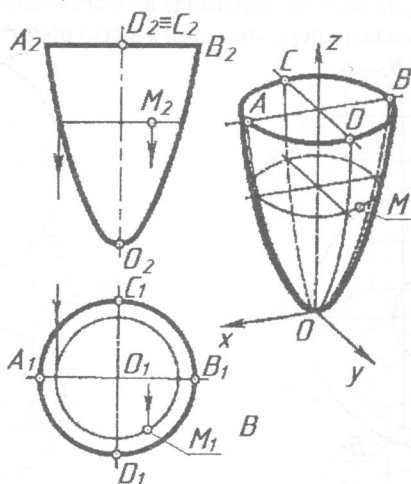


Рисунок 6.18

5. Гіперboloїд обертання.

Однополосний гіперboloїд обертання утворюється при обертанні гіперболи навколо її уявної осі (рис. 6.19), а двополосний – при обертанні гіперболи навколо її дійсної осі (рис. 6.20).

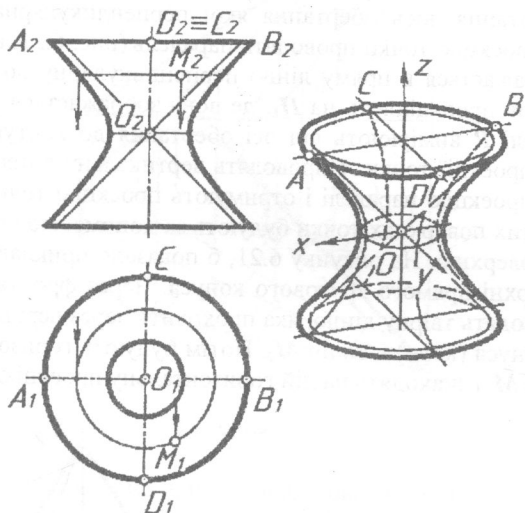


Рисунок 6.19

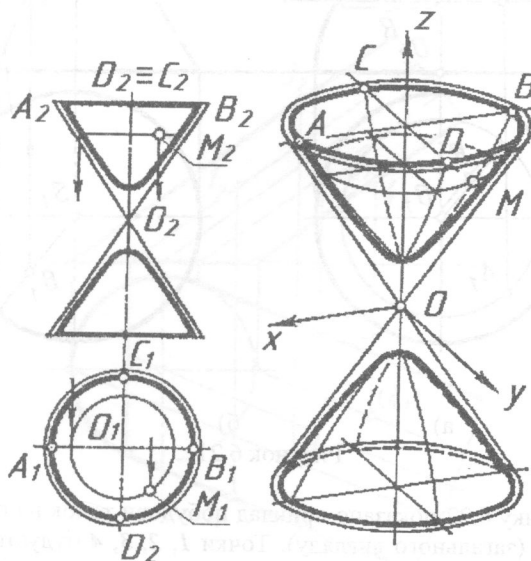


Рисунок 6.20

6.8 Точка і лінія на кривій поверхні

Точка належить поверхні, якщо вона лежить на лінії (прямій або кривій), яка належить цій поверхні. Для побудови точки A на криволінійчатій поверхні обертання, вісь обертання якої перпендикулярна до Π_1 , через фронтальну проекцію точки проводять паралель (рис. 6.21, а). На Π_2 ця паралель відображається в пряму лінію перпендикулярну до осі обертання. Потім паралель проєкціюють на Π_1 , де вона зображається у вигляді кола. Радіус паралелі R вимірюють від осі обертання до контуру поверхні. Із фронтальної проєкції точки A проводять вертикальну лінію зв'язку на горизонтальну проєкцію паралелі і отримують проєкцію точки A_1 на Π_1 . На прямолінійчатих поверхнях точки будують за допомогою прямих ліній, що утворюють поверхню. На рисунку 6.21, б показано приклад побудови точки B на поверхні прямого кругового конуса. Через фронтальну проєкцію точки B_2 проводять твірну лінію, яка проходить через вершину S_2 і перетинає основу конуса (коло) в точці M_2 . Потім будують горизонтальну проєкцію твірної $S_1 M_1$ і знаходять на ній горизонтальну проєкцію точки B_1 .

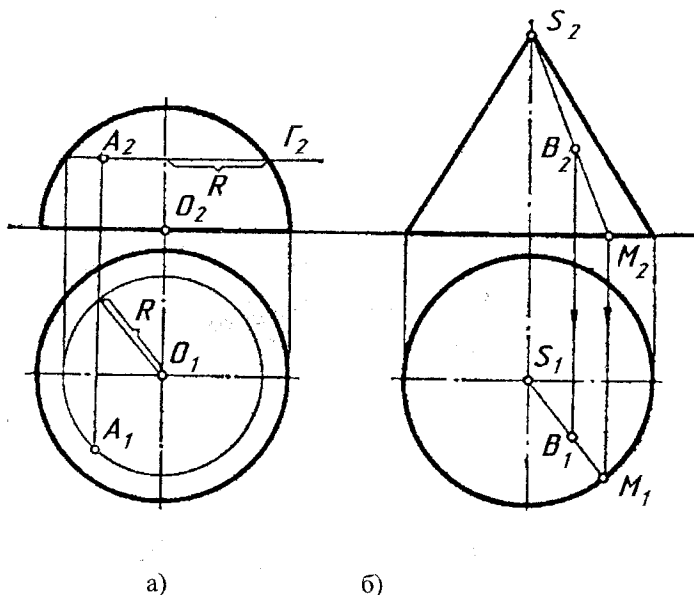


Рисунок 6.21

На рисунку 6.22 показано приклад побудови точок на поверхні нахиленого конуса (загального вигляду). Точки 1, 2, 3, 4 будують за допомогою прямих твірних ліній, які проходять через вершину конуса і перетинають основу – напямну криву лінію (коло).

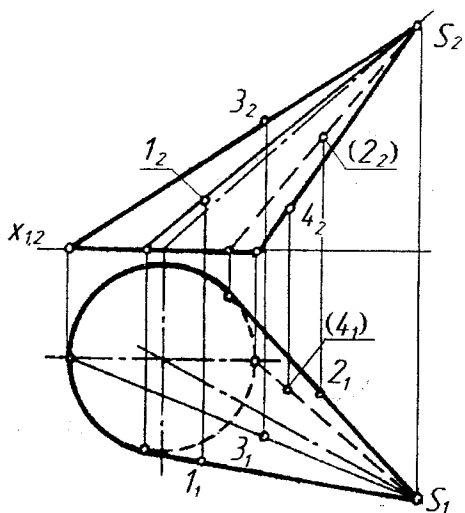


Рисунок 6.22

На рисунку 6.23 показано приклад побудови точок 1, 2, 3, 4 на поверхні нахиленого циліндра. Проекції точок також будують за допомогою прямих твірних ліній, які паралельні між собою.

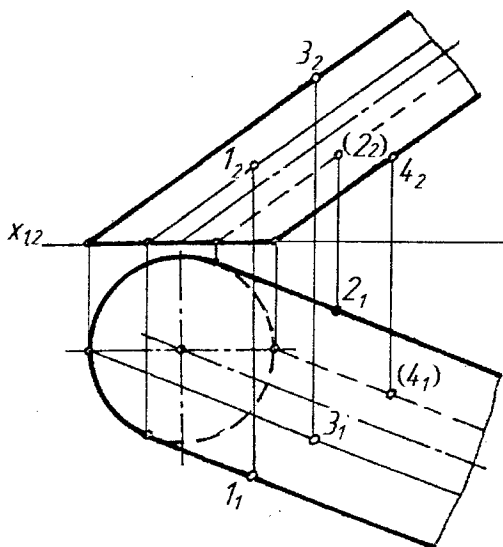


Рисунок 6.23

На рисунках 6.24 та 6.25 показано приклад побудови точок на криволінійчатих поверхнях, які мають назви відкритий тор і закритий тор.

На поверхні відкритого тора (рис. 6.24) точки будують за допомогою паралелі (кола), яку проводять через точки M і N .

На поверхні закритого тора (рис. 6.25) побудована крива лінія l , яка проходить через точки $1, 2, 3$. Точки будують також за допомогою паралелей.

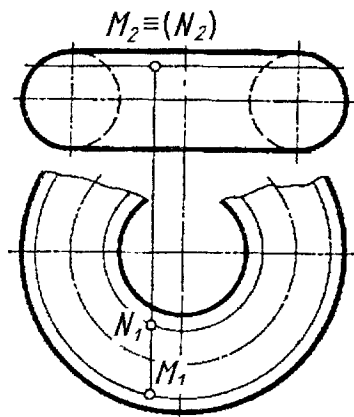


Рисунок 6.24

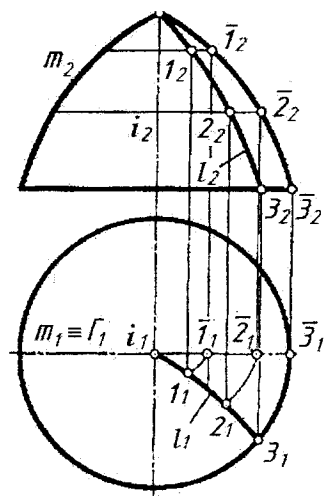


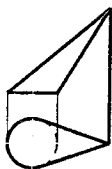
Рисунок 6.25

Тести для самоконтролю

1. Визначником $\Phi\{l, m[(l/l) \cap m]\}$ задається поверхня:

- а) конічна;
- б) циліндрична;
- в) коноїд;
- г) гвинтова поверхня.

2. Проекції проекціювальної поверхні зображено на кресленні ...



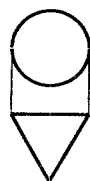
1



2



3

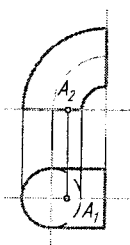


4

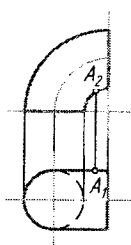
3. Точка A належить даній поверхні у випадку ...



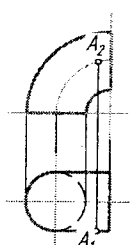
1



2

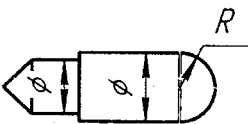


3



4

4. Даний предмет описують ... поверхн(і,ею) (включаючи площини)



Три
1

Чотири
2

П'ять
3

Шість
4

7 ПЕРЕРІЗ ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ

При перерізах поверхонь площиною утворюється плоска крива лінія, кожна точка якої є точкою перетину лінії каркаса поверхні з січною площиною. Для побудови точок лінії перерізу можуть бути застосовані метод допоміжних січних площин та методи перетворення площин проєкцій. Звичайно вибирають допоміжні січні площини рівня або проєкціовальні площини, що дає можливість визначити множину точок перетину ліній каркаса поверхні з допоміжною площиною. Способи перетворення площин проєкцій дозволяють перевести площину загального положення в проєкціовальне положення і цим спростити розв'язування задачі.

7.1 Переріз поверхні площиною окремого положення

При перерізі поверхні площиною окремого положення отримаємо плоску фігуру, що називається перерізом. Ця фігура належить січній площині.

Визначення проєкцій лінії перерізу звичайно починають з побудови опорних точок – точок, розміщених на крайніх контурних твірних поверхні, найвищих і найнижчих точок фігури, точок, які визначають границю видимості. Після цього визначають довільні точки фігури перерізу.

Конічні перерізи. На поверхні прямого кругового конуса від перетину площиною можна отримати такі лінії:

- 1) дві твірні, якщо січна площина α проходить через вершину конуса (рис. 7.1, а);
- 2) коло, якщо січна площина α перпендикулярна до осі конуса (рис. 7.1, б);

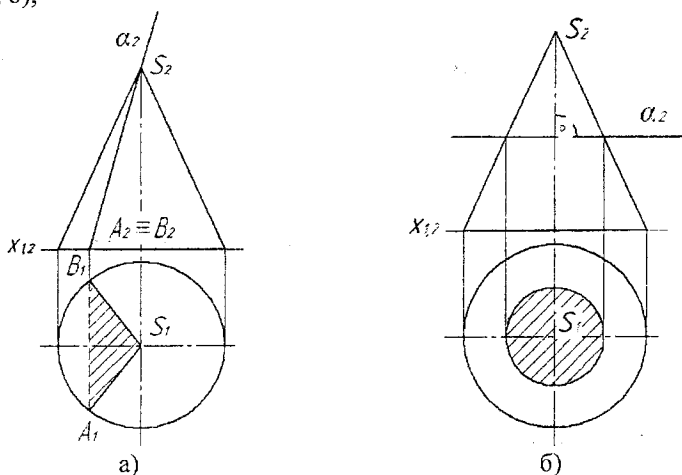


Рисунок 7.1

- 3) гіперболу, якщо січна площина α паралельна двом довільним твірним конуса або якщо ця площина паралельна осі конуса (7.2, а);
- 4) параболу, якщо січна площина α паралельна одній із твірних конуса (рис. 7.2, б);
- 5) еліпс, якщо площина α перетинає всі твірні конуса і вона не перпендикулярна до осі конуса (рис. 7.2, в).

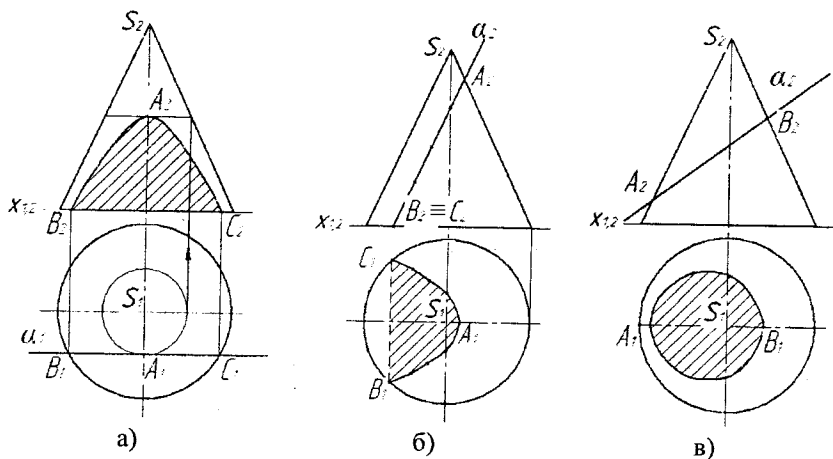


Рисунок 7.2

7.2 Побудова натуральної величини фігури перерізу

Натуральну величину фігури перерізу на поверхні прямого кругового циліндра можна знайти заміною площин проекцій. Паралельно до площини α_2 вводять додаткову площину проекції Π_4 . Система площин проекцій Π_1 / Π_2 замінюється на Π_2 / Π_4 . Від фронтальних проекцій точок, що лежать на перерізі, проводять лінії зв'язку, перпендикулярно до нової осі $x_{2,4}$. На Π_4 будують проекції точок $A_4, B_4, C_4, D_4, M_4, N_4, K_4, L_4$. Координати точок беруть на Π_1 і відкладають від нової осі $x_{2,4}$ до проекцій точок на Π_4 . Отримані точки з'єднують плавною кривою і отримують натуральну величину фігури перерізу, криву другого порядку – еліпс (рис. 7.3), де $A_4 B_4$ – велика вісь еліпса, $C_4 D_4$ – мала вісь еліпса.

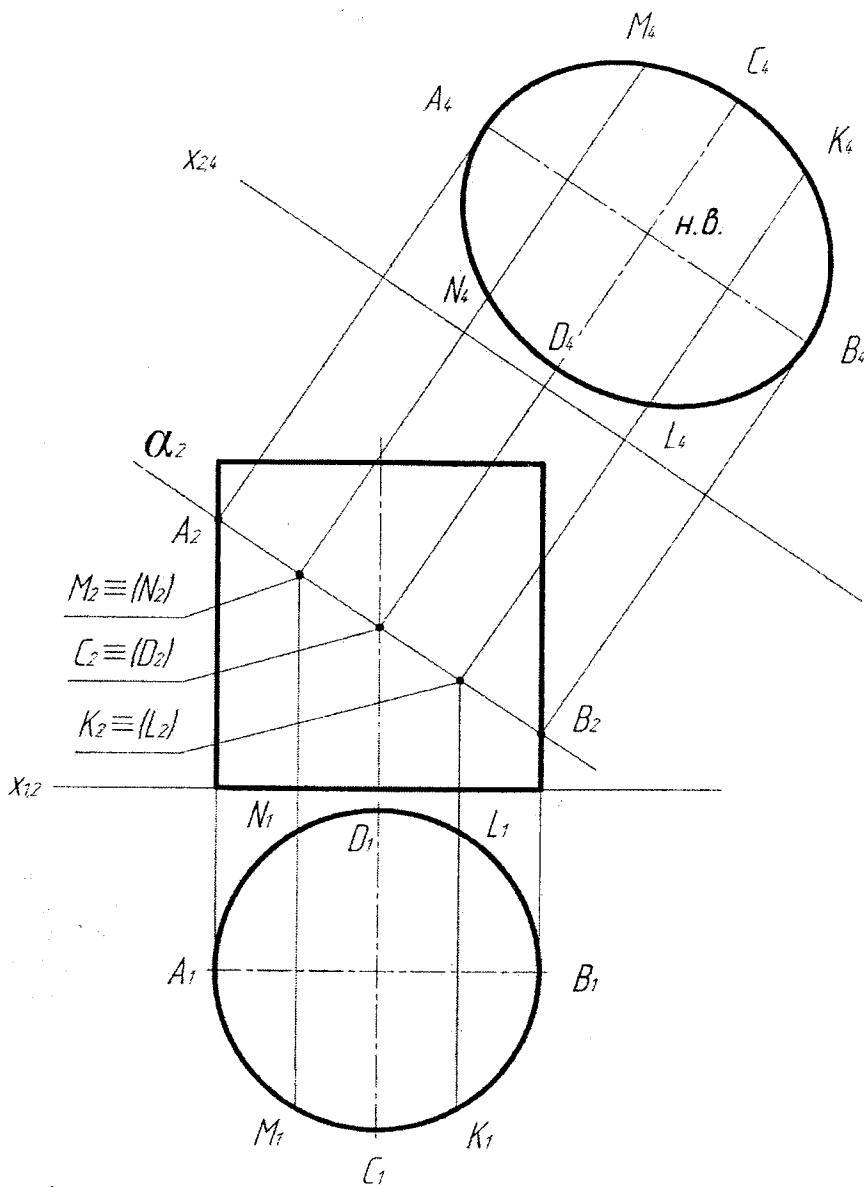


Рисунок 7.3

Задача 1. Побудувати натуральну величину фігури перерізу прямого кругового конуса. Січна площина α – фронтально-проекціовальна (рис.7.4).

Розв'язування. Цю задачу можна розв'язати способом заміни площини проєкції. Спочатку будують горизонтальну проєкцію лінії перерізу. Оскільки січна площина паралельна тільки одній твірній, то фігурою перерізу буде парабола. Опорні точки A, B, C отримують там, де січна площина α перетинає фронтальну проєкцію обрису конуса (контур). Поточні точки D, E будують за допомогою паралелі на поверхні конуса. Горизонтальна проєкція параболи не має натуральної величини. Для побудови натуральної величини вводять додаткову площину проєкції Π_4 паралельно січній площині α . Координати всіх точок параболи беруть на Π_1 (по осі y) і за допомогою ліній зв'язку переносять на Π_4 . Проєкції точок A_4, B_4, C_4, D_4, E_4 з'єднують і отримують натуральну величину фігури перерізу.

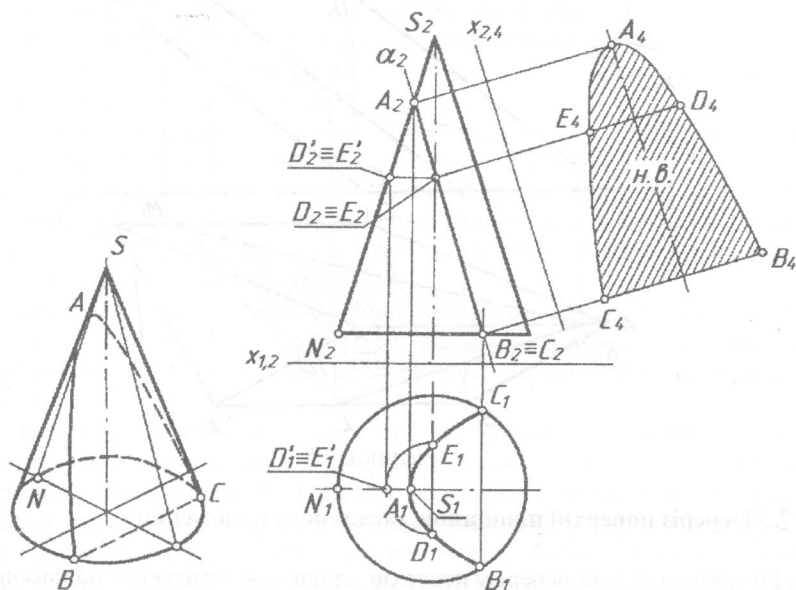


Рисунок 7.4

Задача 5. Побудувати натуральну величину фігури перерізу на поверхні похилої призми.

Розв'язування. На рисунку 7.5 фронтально-проекціовальна січна площина α перетинає поверхню похилої піраміди. На фронтальній площині

проекції Π_2 визначають проекції точок K_2, L_2, M_2 перетину січної площини α з ребрами призми. Ці точки проєкціюють на Π_1 на відповідні ребра призми, з'єднують і отримують фігуру перерізу, трикутник $K_1L_1M_1$. Для побудови натуральної величини цього трикутника можна використовувати спосіб заміни площин проєкцій. Додаткову площину проєкції Π_4 вводять паралельно проєкції січної площини α_2 . Точки K, L, M проєкціюють на Π_4 , з'єднують і отримують натуральну величину фігури перерізу.

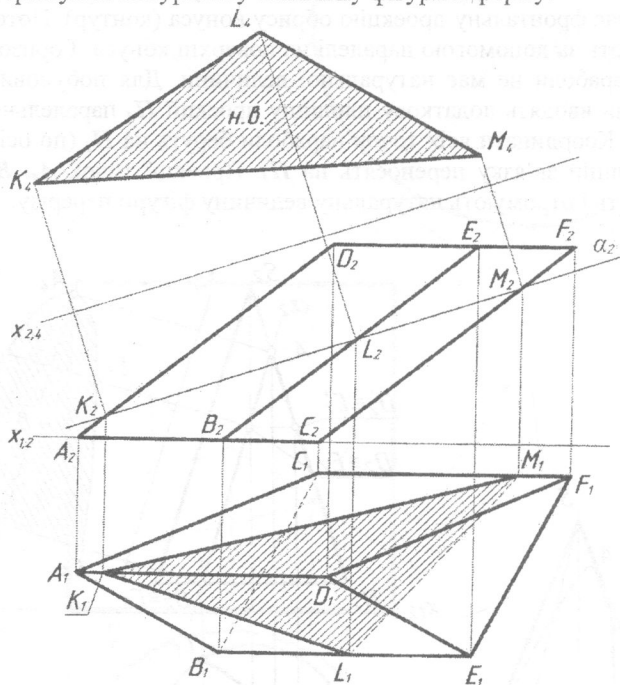


Рисунок 7.5

7.3 Переріз поверхні площиною загального положення

Для побудови лінії перерізу поверхні площиною загального положення часто використовують методи перетворення. Креслення перетворюють так, щоб січна площина стала в новому положенні проєкціовальною.

Алгоритм побудови фігури перерізу

1. В заданій площині загального положення будують лінію рівня (горизонталь або фронталь). Якщо площина задана слідами або горизонталлю і фронталлю, що перетинаються, то лінію рівня будувати не треба.

2. Використовують метод заміни площин проєкцій. Перпендикулярно до натуральної величини прямої рівня або сліду площини проводять нову площину проєкції Π_4 .

3. На Π_4 проєкціюють задану криву поверхню (або багатогранник) і січну площину, яка перетворюється у пряму лінію (цю проєкцію січної площини називають виродженою).

4. На Π_4 позначають точки перетину проєкції січної площини з проєкціями ліній каркаса поверхні (з твірними та напрямними кривої поверхні або ребрами багатогранника).

5. Отримані точки за допомогою ліній зв'язку проєкціюють на Π_1 та Π_2 . Потім точки з'єднують суцільною або штриховою лінією (у залежності від того, видима лінія чи невидима).

6. Паралельно січній площині, яка на Π_4 спроекційована у пряму лінію (вироджена), проводять ще одну додаткову площину проєкції Π_3 .

7. На Π_3 проєкціюють тільки точки лінії перетину, з'єднують ці точки і отримують натуральну величину фігури перерізу.

Задача 1. Побудувати натуральну величину фігури перерізу чотиригранної призми площиною загального положення (рис. 7.6).

Розв'язування. Задачу розв'язують способом заміни площин проєкцій. Нову площину Π_4 вводять перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі h_1 площини $\alpha(h \cap f)$.

На площині беруть дві довільні точки P і F і переносять їх координати з Π_2 на Π_4 і отримують проєкціювальну площину $\alpha(h \cap f)$. На Π_4 також будують призму. Для цього з кожної точки основи призми ($A_1 B_1 C_1 D_1$) з Π_1 на Π_4 проводять лінії зв'язку, перпендикулярно до $x_{1,4}$. Призма своєю основою стоїть на Π_1 , тому всі точки її основи будуть розміщені на осі $x_{1,4}$. Висоту призми визначають на Π_2 .

Координати точок перетину січної площини з кожним ребром призми переносять з Π_4 на Π_2 . Отримані фронтальні проєкції точок перетину кожного ребра з площиною з'єднують прямими лініями з урахуванням видимості.

Натуральну величину перерізу визначають способом плоскопаралельного переміщення. Для цього площину перерізу, що на Π_4 відображена в пряму лінію ($B_4 A_4 C_4 D_4$), розміщують паралельно до осі $x_{1,4}$. З кожної точки перерізу проводять прямі лінії зв'язку перпендикулярно до осі $x_{1,4}$. На перетині цих ліній з лініями зв'язку, проведеними з горизонтальних проєкцій точок перерізу (A_1, B_1, C_1, D_1) паралельно до $x_{1,4}$, отримують натуральну величину фігури перерізу.

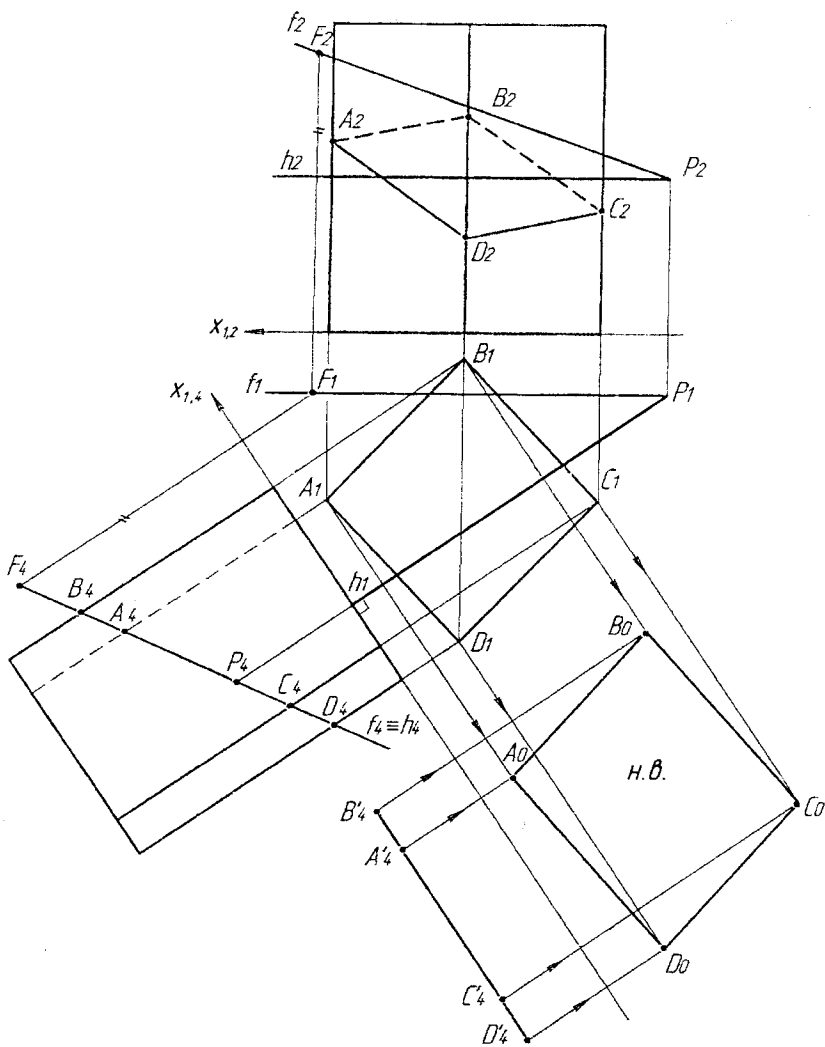


Рисунок 7.6

Задача 2. Побудувати натуральну величину фігури перерізу прямого кругового конуса.

Розв'язування. На рисунку 7.7 наведено приклад побудови натуральної величини фігури перерізу.

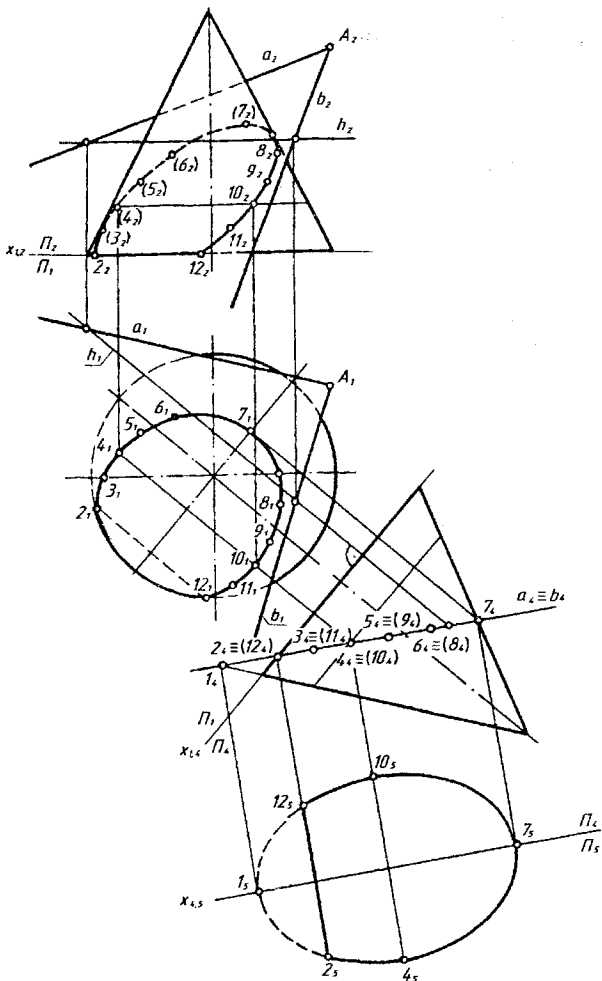


Рисунок 7.7

Поверхню прямого кругового конуса перетинає площина загального положення, яка задана прямими a і b , що перетинаються. В цій площині θ ($a \cap b$) проводять горизонталь h і перпендикулярно до неї вводять додаткову площину проєкції Π_4 . На епюрі нова вісь $x_{1,4}$ проведена перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі h_1 . На Π_4 січна площина відображається у пряму лінію, тобто займає проєкціовальне положення. То-

чки на кривій лінії фігури перерізу визначають там, де проекція січної площини θ_4 перетинає паралелі конуса. За допомогою ліній зв'язку ці точки проєкціюють спочатку на Π_1 , а потім на Π_2 , з'єднують і отримують горизонтальну і фронтальну проєкції фігури перерізу. Для побудови натуральної величини фігури перерізу вводять ще одну додаткову площину проєкції Π_5 , паралельно проєкції січної площини θ_4 . На Π_5 проєкціюють точки 2 ... 12 і отримують натуральну величину фігури перерізу.

Тести для самоконтролю

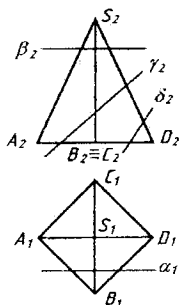
1. Якщо січна площина перетинає циліндр паралельно до основи, то в перерізі утворюється:

- а) коло;
- б) прямокутник;
- в) еліпс;
- г) квадрат.

2. Для конуса є можливі такі перерізи:

- а) коло, трикутник, еліпс, парабола, гіпербола;
- б) трикутник, еліпс, квадрат;
- в) коло, ромб, трапеція, парабола;
- г) еліпс, квадрат, гіпербола, парабола.

3. Яка площина утворює в перерізі багатокутник з найбільшою кількістю вершин:



α	β	γ	δ
1	2	3	4

7.4 Графічна робота № 2

Умова

На поверхні (гранній або кривій) побудувати проекцію фігури перерізу площини окремого положення, визначити натуральну величину фігури перерізу. Побудувати розгортку поверхні.

Мета завдання

Оволодіти методами побудови фігури перерізу на гранній та кривій поверхні та побудови розгортки поверхні.

Послідовність виконання

1. Визначити вид поверхні (криволінійна чи гранна), що задається, та встановити конкретне положення проекційовальної площини.

2. Визначити вихідну проекцію лінії перерізу. Оскільки поверхню перетинає проекційовальна площина, яка згідно з варіантом може бути перпендикулярною до Π_1 чи Π_2 , то необхідно встановити, на якій із площин проекцій лінія перерізу уже відома. В даному випадку ця лінія перерізу завжди належить сліду проекційовальної площини.

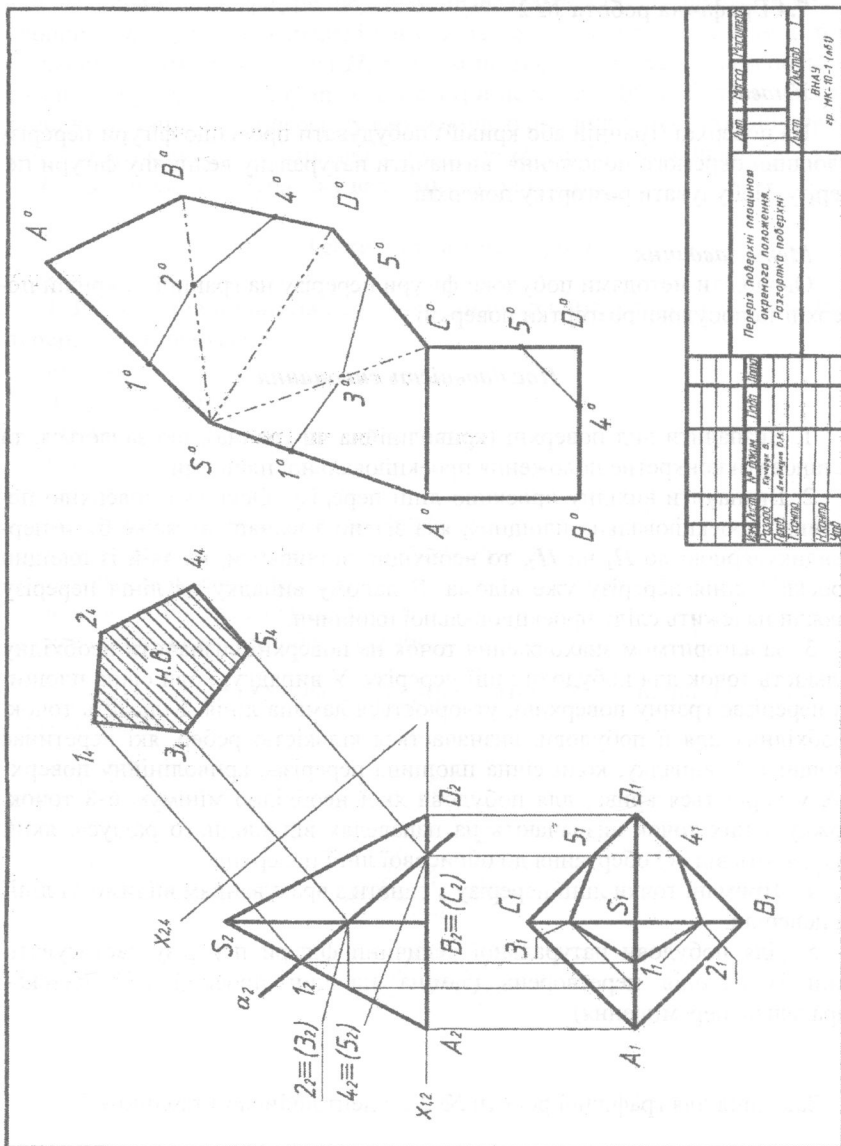
3. За алгоритмом знаходження точок на поверхні визначити необхідну кількість точок для побудови лінії перерізу. У випадку, коли січна площина перерізає гранну поверхню, утворюється ламана лінія. Кількість точок, необхідних для її побудови, визначається кількістю ребер, які перетинає площина. У випадку, коли січна площина перерізає криволінійну поверхню, утворюється крива, для побудови якої необхідно мінімум 6-8 точок. Кожну з цих точок визначають на паралелях відповідного радіуса, який вимірюють від осі обертання до обрисової лінії поверхні.

4. Отримані точки лінії перерізу з'єднати з врахуванням видимості лінії на поверхні.

5. Для побудови натуральної величини фігури перерізу застосувати один із методів перетворень (заміна площин проекції або плоско-паралельне переміщення).

Завдання для графічної роботи № 2 студент вибирає з таблиці 7.1.

Приклад графічної роботи № 2 показано на рисунку 7.8.



№	Дата	Исполнитель
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

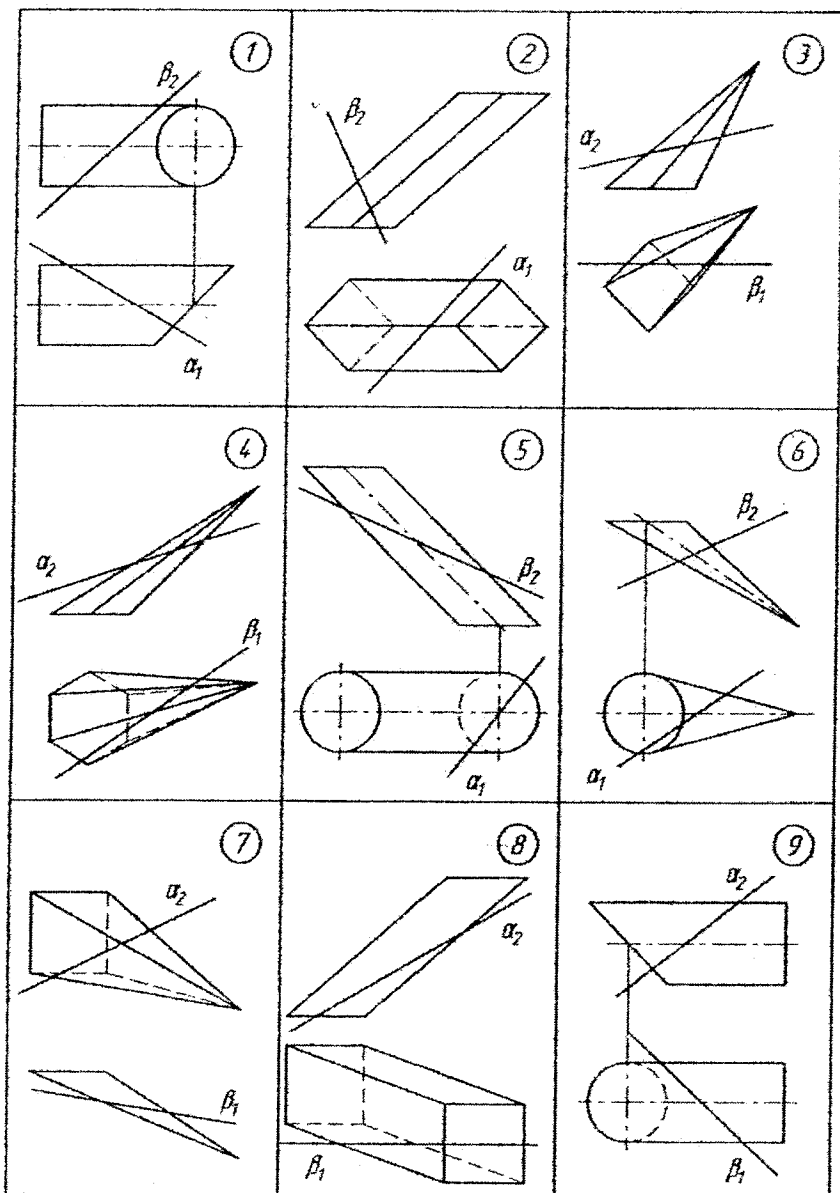
Перевір підвергні: п'ятикутник
спряжений п'ятикутник
Розгорнута побудова

ВНАУ
кр. ІМС-10-1 (м.К.)

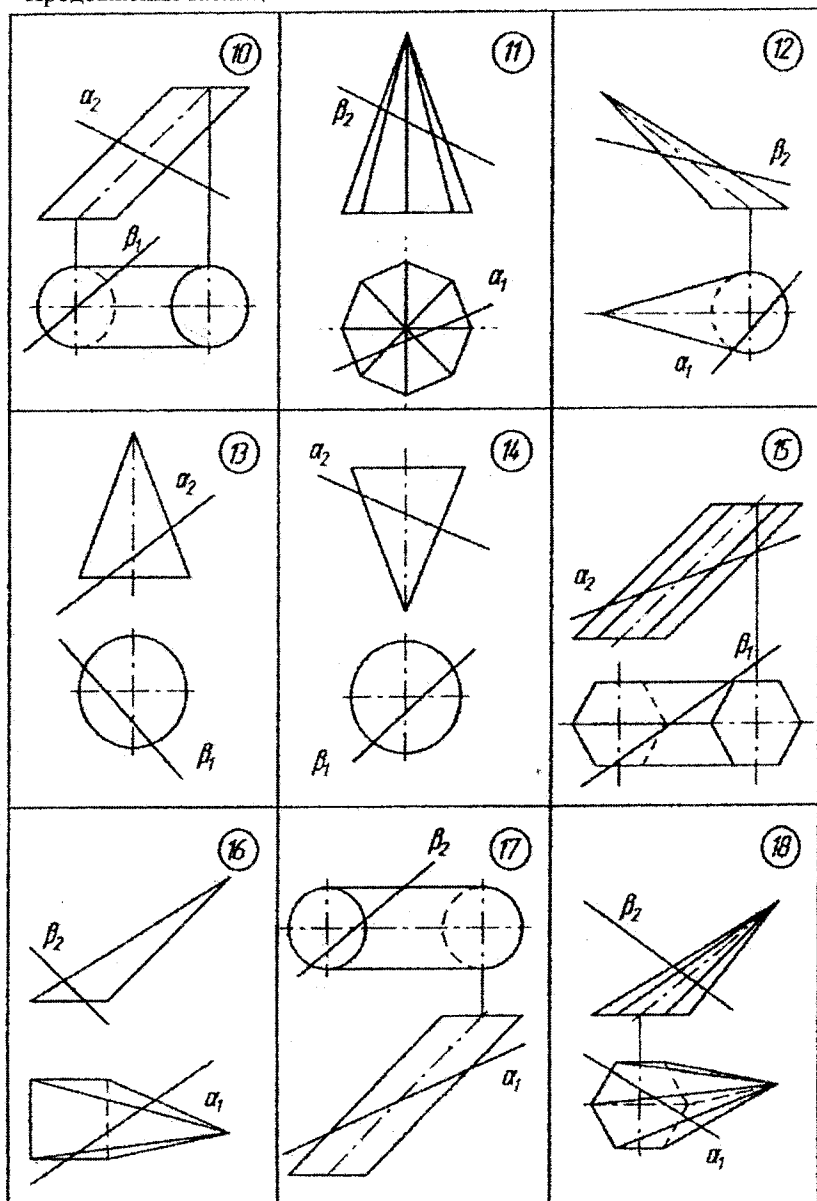
Рисунок 7.8

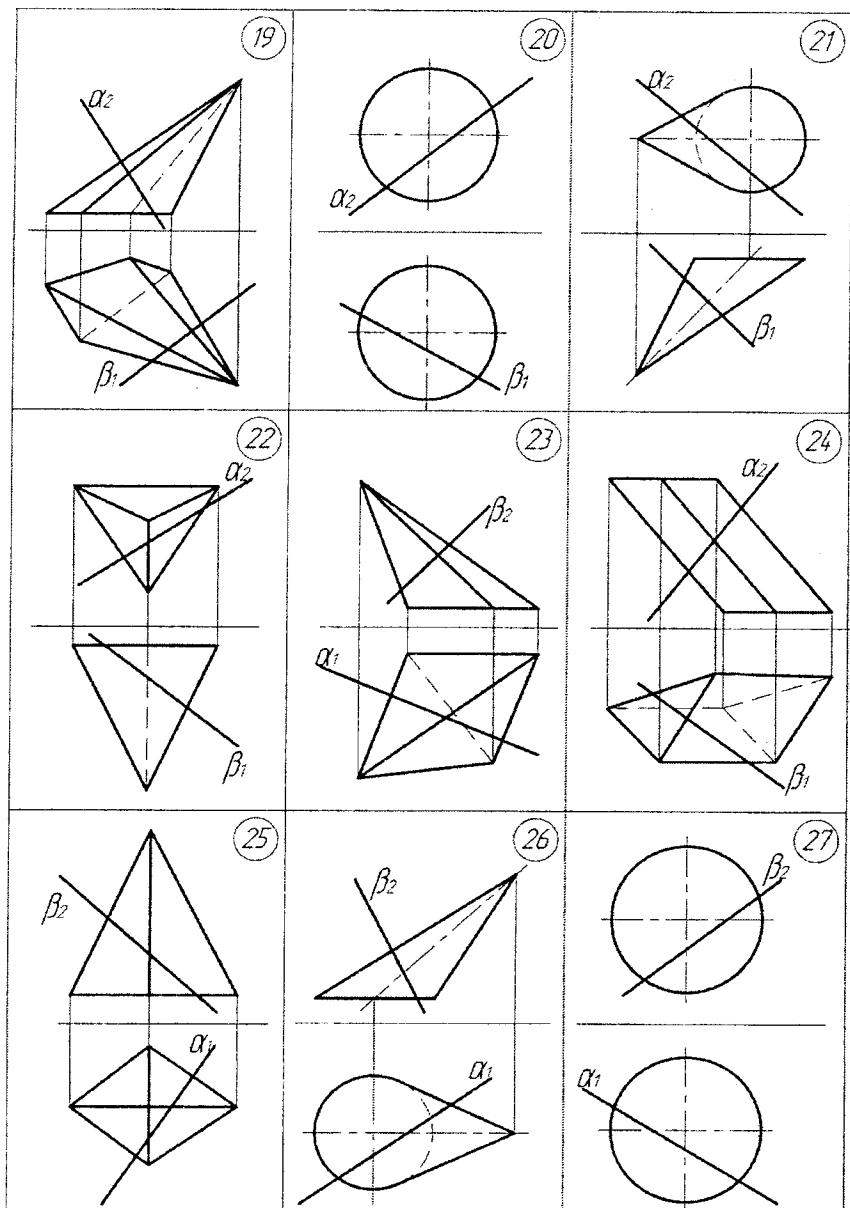
7.5 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 2

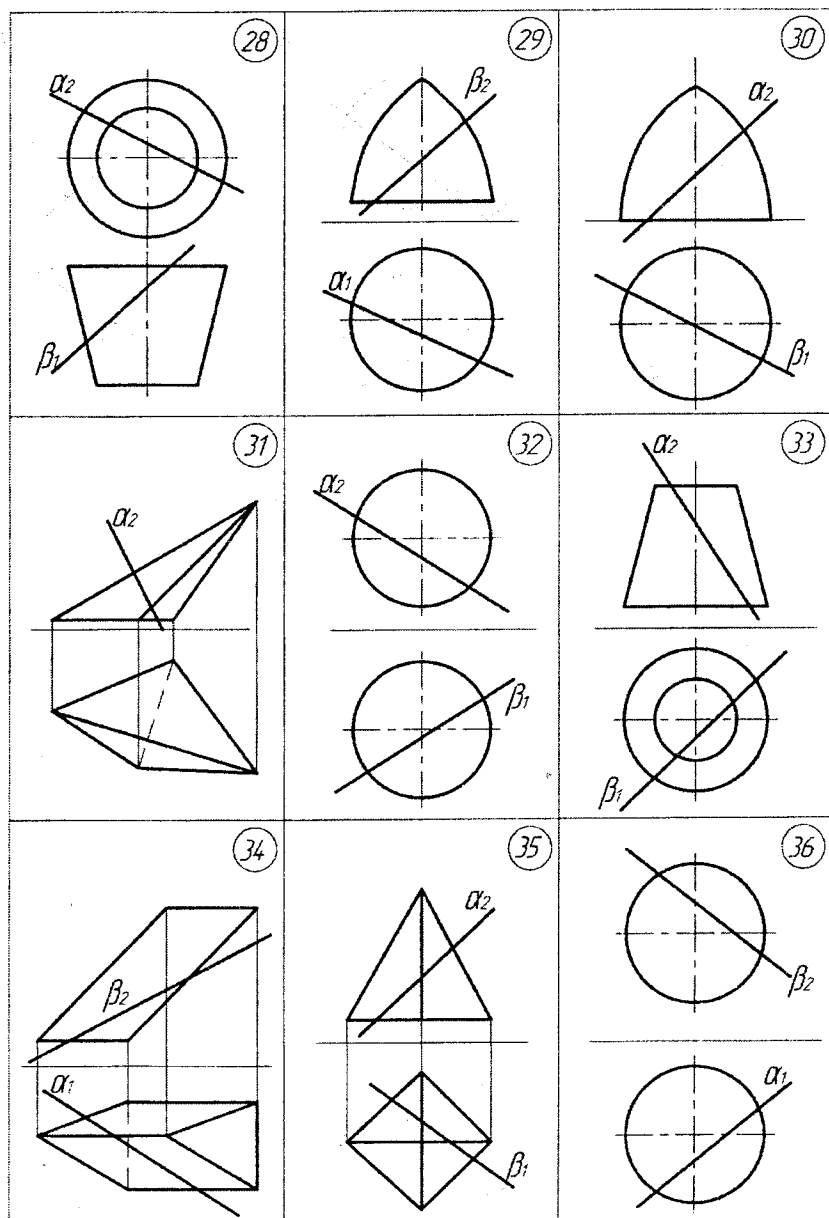
Таблиця 7.1



Продовження таблиці 7.1







8 ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ ЛІНІЇ З ПОВЕРХНЕЮ

Пряма перетинає поверхню другого порядку в двох точках. Винятком є випадок, коли пряма дотична до поверхні і має з нею одну спільну точку.

8.1 Перетин прямої лінії з кривою поверхнею

Задача 1. Побудувати точки перетину прямої l з конусом (рис. 8.1).

Розв'язування. Через пряму l (рис. 8.1, а) проводять горизонтальну площину δ , яка при перерізі конуса утворює на його поверхні коло d . Там, де горизонтальна проекція прямої l_1 перетинає коло d_1 , знаходять точки K і L й визначають видимість прямої.

Через пряму l (рис. 8.1, б) проводять фронтально-проекціовальну площину, яка проходить через вершину конуса і в перерізі на поверхні конуса утворює трикутник. Точки K , L знаходять на перетині прямої l_1 з трикутником.

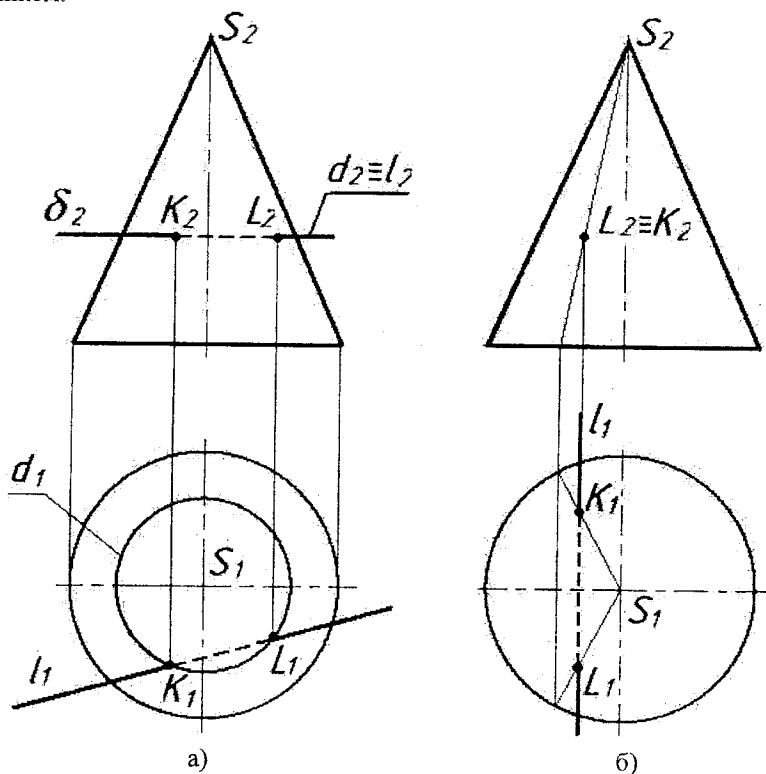


Рисунок 8.1

8.2 Перетин прямої лінії з багатогранником

Задача 1. Побудувати точки перетину прямої загального положення l з нахиленою призмою (рис. 8.2).

Розв'язування.

Через пряму l проводять фронтально-проекціовальну площину α . На Π_2 визначають точки перетину площини α з боковими ребрами призми: $\alpha \cap AD = 1$, $\alpha \cap CF = 2$, $\alpha \cap BE = 3$. Отримані точки $1, 2, 3$ проєкціюють на Π_1 на відповідні ребра. Горизонтальні проєкції точок $1_1, 2_1, 3_1$ з'єднують і отримують фігуру перерізу – трикутник. На Π_1 відмічають точки перетину M_1 і N_1 з трикутником $1_1 2_1 3_1$. Фронтальні проєкції точок M_2 і N_2 визначають там, де лінії зв'язку перетинають проєкцію прямої l_2 . Визначають видимість прямої відносно поверхні призми.

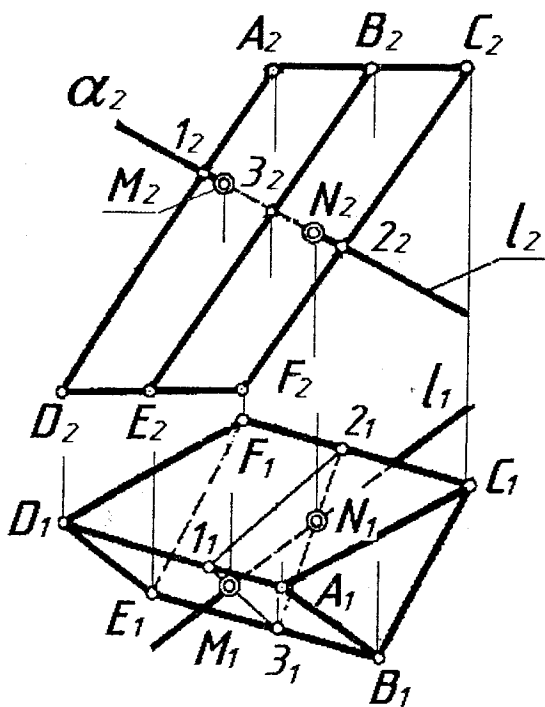


Рисунок 8.2

9 ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

9.1 Формати

Відповідно до ГОСТ 2.301-68 форматом креслення чи іншого документа називається розмір аркуша цього документа, обумовлений розмірами зовнішньої рамки, виконаної тонкими лініями.

За основний прийнятий формат 1189×841 мм, площа якого дорівнює 1м²; інші формати виходять шляхом послідовного поділу відповідного формату на дві рівні частини паралельно його меншій стороні (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Позначення основних форматів креслень

Позначення формату креслення	Старе позначення	Розміри сторін формату, мм
A0	44	1189×841
A1	24	594×841
A2	22	594×420
A3	12	297×420
A4	11	297×210

9.2 Масштаби

За ГОСТ 2.302-68 масштаб – це відношення лінійних розмірів зображення предмета на кресленні до його дійсних розмірів. Перевагу віддають зображенню предмета в натуральну величину, тобто в масштабі 1:1. Масштаби зображень вибираються з ряду, наведеного в табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Масштаби





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

Масштаб на кресленні позначається в призначеній для цього графі основною напису 1:1; 1:2; 2:1 тощо, в інших випадках – (1:1); (1:2); (2:1) тощо. Якщо окреме зображення виконано в масштабі, що відрізняється від масштабу всього креслення, то масштаб позначається безпосередньо біля напису, що стосується цього зображення, наприклад, А(5:1), Б-Б(1:2).

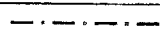


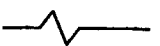
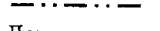
9.3 Зображення ліній на кресленнях

На кресленнях (ГОСТ 2.303-68) застосовують такі види ліній (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 – Найменування, накреслення, призначення і товщина ліній

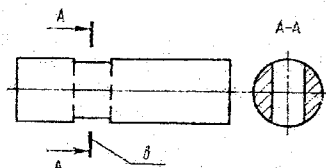
Найменування ліній	Накреслення ліній	Товщина ліній стосовно товщини суцільної основної лінії	Основне призначення ліній
1	2	3	4
Суцільна товста основна		$S = 0,5 \dots 1,4 \text{ мм}$	Лінії видимого контуру Лінії переходу видимі Лінії контуру перетину (винесеного і вхідного до складу розрізу)
Суцільна тонка		Від $s/3$ до $s/2$ Від $s/3$ до $s/2$	Лінії контуру накладеного перерізу Лінії розмірні і виносні Лінії штрихування Лінії-виноски Полки ліній-виносок і підкреслення написів Лінії для зображення пограничних деталей Лінії обмеження виносних елементів на виглядах, розрізах і перерізах Лінії переходу уявні Сліди площин, лінії побудови характерних точок при спеціальних побудовах
Суцільна хвиляста			Лінії обриву Лінії розмежування вигляду і розрізу
Штрихова	 Довжина штрихів 2...8 мм; Відстань між штрихами 1..2 мм		Лінії невидимого контуру Лінії переходу невидимі

Продовження таблиці 9.3

1	2	3	4
Штрихпунктирна тонка	 Довжина штрихів 5...30 мм; відстань між штрихами 3...5 мм		Лінії осьові і центрові Лінії перерізів, що є осями симетрії для накладених чи винесених перерізів
Штрихпунктирна потовщена	 Довжина штрихів 3...8 мм; відстань між штрихами 3...4 мм	Від $s/2$ до $2/3s$	Лінії, що позначають поверхні, що підлягають термічній обробці або покриттю Лінії для зображення елементів, розташованих перед січною площиною («накладена проекція»)
Розімкнута	 Довжина кінцевих штрихів 8...20 мм	Від s до $1,5s$	Лінії перерізів
Суцільна тонка зі зламами		Від $s/3$ до $s/2$	Довгі лінії обриву
Штрихпунктирна з двома точками тонка	 Довжина штриха 5...30 мм; відстань між штрихами 4...6 мм	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії згину на розгортках Лінії для зображення частин виробів у крайніх чи проміжних положеннях Лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом

Тести для самоконтролю

1. Товщина суцільної основної лінії в ГОСТ 3.303-68 позначається буквою s . Якої товщини повинна бути лінія e ?



1	s
2	$1,5s$
3	Від $s/2$ до $2s/3$
4	Від s до $1,5s$

10.1 Класифікація та спільні вимоги до схем

Схема (chart) – конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу та зв'язки між ними. Класифікацію схем за видами і типами встановлює ГОСТ 2.701-84.

Елемент схеми (element of chart) – складова частина схеми, яка виконує певні функції у виробі та не може бути розділена на частини, що мають самостійне призначення (резистори, трансформатори, діоди, транзистори).

Пристрій (device) – сукупність елементів, які є єдиною конструкцією (блок, плата, панель та інше).

Функціональна група (functional group) – сукупність елементів, які виконують у виробі певну функцію та які не об'єднані в єдину конструкцію (панель синхронізації головного каналу).

Функціональна частина (functional part) – елемент, функціональна група, а також пристрій, який виконує певну функцію (підсилення, фільтр).

Функціональний ланцюг (functional circuit) – лінія, канал, тракт певного призначення (канал звуку, відеоканал).

Лінія взаємозв'язку (line of interconnection) – відрізок прямої, який вказує на наявність електричного зв'язку між елементами та пристроями.

Види схем (type of chart) визначаються в залежності від видів елементів і зв'язків, що входять до складу виробу і позначаються літерами російського алфавіту.

Розрізняють десять видів схем:

- Е – електрична (*electric*);
- Г – гідравлічна (*hydraulic*);
- П – пневматична (*pneumatic*);
- Х – газова (*gas*);
- К – кінематична (*kinematics*);
- В – вакуумна (*vacuum*);
- Л – оптична (*optical*);
- Р – енергетична (*power*);
- Є – розподілу (*distributing*);
- С – комбінована (*combined*).

Схеми в залежності від призначення поділяються на типи і позначаються арабськими цифрами. Встановлено вісім типів схем:

- 1 – структурна (*structural*);
- 2 – функціональна (*functional*);
- 3 – принципова (повна);
- 4 – з'єднань (монтажна);
- 5 – підключення (*connecting*);

- 6 – загальна (*general*);
- 7 – розміщення (*placing*);
- 0 – поєднання (*combination*).

Найменування (*title*) та код схеми (*code of chart*) визначаються її видом і типом. Код схеми складається з літерної частини, що визначає вид схеми, і цифрової частини, що визначає тип схеми (*type of chart*). Наприклад, схема електрична принципова (*electric principle*) – Е3, схема гідравлічна з'єднань – Г4.

Загальні правила виконання схем встановлюють ГОСТ 2.701-84 і ГОСТ 2.702-75.

1. Зображення (*image*) на схемах подають у вигляді умовних позначень (*conditional denotations*), квадратів (*square*) і прямокутників (*rectangle*), а також у вигляді зовнішніх контурів виробу.

2. Умовні графічні і літерні позначення повинні відповідати державним стандартам. Допускається всі стандартні позначення на схемі пропорційно зменшувати або збільшувати.

3. Елементи і прилади на схемі наводять, в основному у вимкненому або в початковому положенні.

4. Одноманітні за призначенням і зображенням елементи групують як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках.

5. Літерні та цифрові позначення, що виконані одним номером шрифту, наносять, по можливості, праворуч або зверху від умовного позначення.

6. Лінії зв'язку (*line of connection*) і контури позначень орієнтують за головними напрямками креслення, вони повинні мати якнайменшу кількість перетинів і зломів. Відстань між паралельними лініями зв'язку повинна бути не менше 3 мм. З'єднання ліній зв'язку у місцях їх перетину відмічають точкою.

7. Лінії (*line*) на схемах виконуються відповідно до вимог ГОСТ 2.303-68. Товщини ліній вибираються у межах від 0,2 до 1 мм і дотримуються вибраної товщини. Графічні позначення елементів і ліній взаємозв'язку (*line of interconnection*) виконують лініями однакової товщини. На одній схемі рекомендується застосовувати не більш трьох типорозмірів ліній за товщиною.

8. На схемах дозволяється вміщувати додаткові технічні вимоги: номінальні значення параметрів (під позначенням); параметри в характерних точках; таблиці та часові діаграми на полі схеми.

9. Маркування виводів елементів на виробі повторюють біля їх зображення на схемі.

10. Елементи, що є приладом із власною принциповою схемою, відрізняють на принциповій схемі потовщеною суцільною лінією.

11. Елементи, що визначають функціональні групи, дозволяється відрізняти штрих-пунктирною лінією, зазначаючи їх найменування.

10.2 Основні правила

Схема електрична принципова визначає повний склад елементів (*composition of elements*) та зв'язків між ними і дає детальне уявлення про принцип роботи. Відповідно до класифікації, що її встановлює ГОСТ 2.701-84, схема електрична принципова має код ЕЗ. Правила виконання схем принципів встановлюють стандарти ГОСТ 2.702-75 та 2.708-81.

Для побудови схеми електричної принципової необхідно знати такі правила:

1. На схемі електричній принциповій умовними графічними позначеннями зображують усі електричні елементи і електричні зв'язки між ними, а також елементи роз'ємів, клем і з'єднувальних плат входних і вихідних електричних кіл.

2. Умовні графічні позначення креслять у стані, в якому вони зображені у відповідному стандарті, або повернутими на кут, кратний 90° . Кваліфікувальні символи (світловий потік і т. п.) при обертанні умовних графічних позначень не повинні змінювати своєї орієнтації (рис. 10.1).



Рисунок 10.1 – Зображення кваліфікувальних символів

3. Лінії електричних зв'язків, товщину (*width*) яких звичайно приймають 0,2 ... 0,6 мм, повинні бути найкоротшими. Встановлюється відстань (просвіт) між сусідніми лініями умовного графічного позначення не менша за 1 мм, між окремими умовними графічними позначеннями – не менша за 2 мм (рис. 10.2).

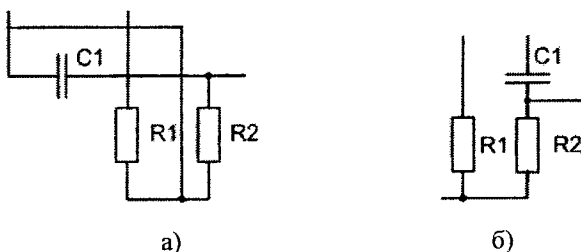


Рисунок 10.2 – Зображення ліній зв'язку:
а – нерациональне; б – рациональне

4. Розміри (*sizes*) умовних позначень повинні відповідати розмірам відображень, що наведені у відповідних стандартах.

5. Кожний наведений на схемі елемент повинен мати буквено-цифрове позначення, в якому літери позначають скорочене найменування, а цифри – порядковий номер елемента за ГОСТ 2.710-81.

Порядкові номери позначають у межах кожної групи елементів на схемі, починаючи з одиниці, у послідовності розташування елементів у схемі в напрямку зверху вниз і зліва направо (рис. 10.2).

6. Допускається креслити окремі елементи та всю схему рознесеним способом, при якому для наочності зображення окремих кіл умовно-графічні зображення елементів розташовують у різних місцях схеми. При цьому буквено-цифрові позначення надають усім частинам приладу або елемента, які зображені рознесеним способом (рис. 10.3, 10.4).

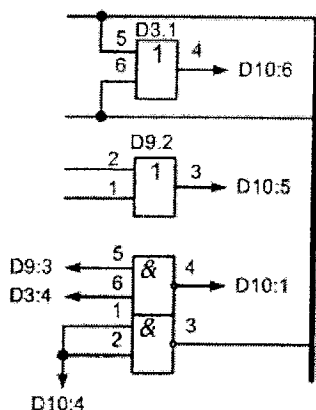


Рисунок 10.3 – Зображення обриву ліній зв'язку

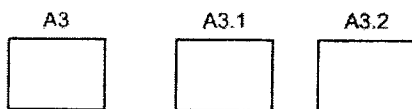


Рисунок 10.4 – Зображення пристрою рознесеним способом

7. Характеристики вхідних та вихідних кіл, а також адреси їх зовнішніх підключень рекомендовано записувати в таблиці, що вміщуються замість умовних графічних позначень роз'ємів, плат і т. п. Такі ж таблиці вміщують на лініях, що відображають вхідні та вихідні кола і не закінчуються на схемі роз'ємами, платами й т. п.

8. Дані про елементи зводяться в таблицю переліку елементів (рисунки 10.11, 10.16, 10.18).

9. Заради зменшення кількості паралельних ліній, що прямують в одному напрямку і не розташовані на великій відстані, застосовують однолінійне зображення таких ліній за такими правилами (ГОСТ 2.751 - 73):

- замість усіх ліній зображують лише одну з вказанням кількості ліній числом чи позначкою (рис. 10.5);
- при порушенні порядку слідування ліній повинні бути нанесені відповідні позначки (рис. 10.6, 10.7).

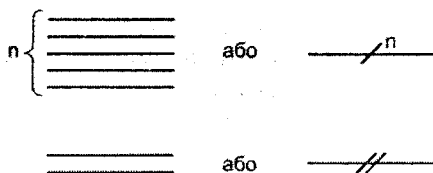


Рисунок 10.5 – Однолінійне подання ліній зв'язку

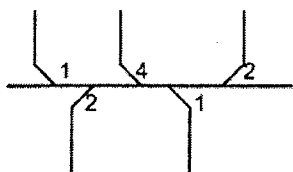


Рисунок 10.6 – Зображення відгалуження ліній групового зв'язку

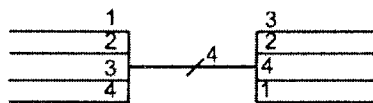


Рисунок 10.7 – Зображення злиття та розгалуження ліній зв'язку

10. Для спрощення графіки схеми, зменшення кількості ліній рекомендується застосувати умовне графічне злиття окремих ліній в групі ліній зв'язку за такими правилами. Кожна лінія в місці злиття повинна бути помічена порядковим номером (рис. 10.6, 10.7). Лінії, які зливаються в груповий зв'язок, як правило, не повинні мати розгалужень, тобто будь-який умовний номер повинен зустрічатися на лінії групового зв'язку тільки два рази. Лінії групового зв'язку допускається виконувати потовщеними. В цьому комплекті схем лінії, які зливаються, повинні бути зображені одним з двох способів – під прямим кутом (рис. 10.7) або заломлені під кутом 45° до групової лінії (рис. 10.6). Точка злому повинна бути віддалена від лінії групового зв'язку не менше, ніж на 3 мм.

11. При зображенні схеми рознесеним способом часто застосовують обриви ліній електричного зв'язку. Допускається обривати лінії зв'язку віддалених один від одного елементів, якщо графічне зображення ліній ускладнює читання схем, якщо схема виконана на декількох листах і под. Обриви ліній закінчують стрілками зі вказанням місць підключення. На рис. 10.3 зображений фрагмент схеми електричної принципової. Біля обри-

вів ліній електричного зв'язку вказані адреси підключення, наприклад, D10:6 потрібно читати так: до пристрою D10, вивід 6. Потовщеною лінією показана лінія групового зв'язку.

12. Заряди спрощення схеми при наявності у ній кількох однакових елементів (приладів, функціональних груп), з'єднаних паралельно (рис. 10.8, а), допускається замість зображення усіх гілок паралельного з'єднання лише зображати одну гілку, для чого вказати кількість гілок за допомогою позначення відгалуження. Біля графічних позначень елементів, зображених у одній гілці, проставляють їх буквено-цифрове позначення, при цьому повинні бути враховані всі елементи, прилади або функціональні групи, що входять до цього паралельного з'єднання (рис. 10.8, б). На рис. 10.8, в вказані рекомендовані розміри спрощеного зображення паралельного з'єднання.

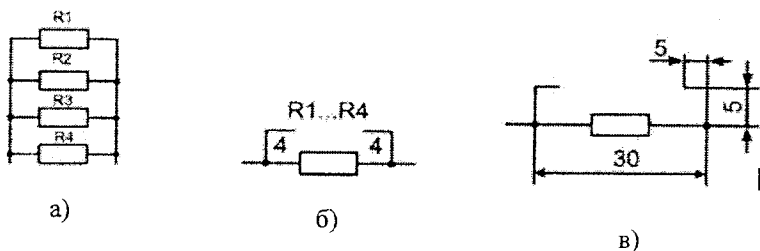


Рисунок 10.8 – Зображення однакових елементів, які з'єднані паралельно: а – розгорнуте; б – спрощене; в – рекомендовані розміри

13. При наявності у виробі трьох або більше однакових елементів (приладів, функціональних груп), з'єднаних послідовно (рис. 10.9, а), допускається замість зображення усіх послідовно з'єднаних елементів (приладів, функціональних груп) зображати лише перший та останній елементи, зображаючи зв'язки між ними штриховими лініями. При наданні елементам позначень повинні бути враховані всі елементи, що не зображені на схемі (рис. 10.9, б). Над штриховою лінією при цьому вказують загальну кількість однакових елементів.

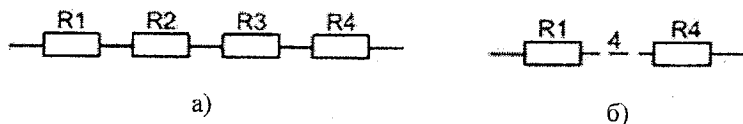


Рисунок 10.9 – Зображення однакових елементів, які з'єднані послідовно: а – розгорнуте; б – спрощене

10.3 Текстова інформація на схемах електричних принципових

Текстова інформація в залежності від змісту і призначення може бути розташована:

- поруч із графічними позначеннями (буквено-цифрові позначення, позначення сигналів, форми імпульсів, технічні параметри і под.);
- в середині графічних позначень (найменування приладів, функціональних груп, умовні позначення потужності резисторів і под.);
- поруч із лініями (позначення ліній зв'язку, адреси, символи);
- на вільному полі схеми (технічні вимоги, перелік елементів, таблиці з'єднань, позначення вхідних та вихідних кіл і под.).

Одиниці вимірювання номіналів резисторів і конденсаторів позначають на схемі спрощено (табл. 10.1). Номінальну потужність розсіювання резисторів для діапазону від 0,05 до 5 Вт можна вказувати на схемі у вигляді позначень, як це наведено на рис. 10.10.

Таблиця 10.1 – Одиниці вимірювання резисторів та конденсаторів

Найменування елемента	Діапазон одиниць вимірювання	Найменування одиниць вимірювання	Позначення одиниць вимірювання на схемі
Резистор	0–999 Ом	Оми	Без вказання
	$1 \cdot 10^3$ – $999 \cdot 10^3$ Ом	Кілооми	Мала буква к
	$1 \cdot 10^6$ – $999 \cdot 10^6$ Ом	Мегаоми	Велика буква М
	Більш ніж $1 \cdot 10^9$ Ом	Гігаоми	Велика буква Г
Конденсатор	0 - $9999 \cdot 10^{-12}$ Ф	Пікофаради	Без вказання
	$1 \cdot 10^{-6}$ - $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф	Мікрофаради	Малі букви

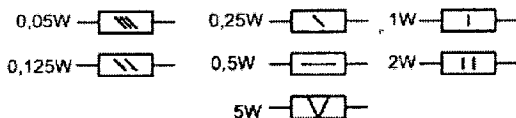


Рисунок 10.10. – Символи, які позначають номінальну потужність резисторів

Дані про елементи повинні бути записані у перелік елементів, який оформляють у вигляді таблиці за формою, що зображена на рис. 10.11, і вміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа на форматі А4 з основним написом згідно з ГОСТ 2.104-68. У цьому випадку переліку елементів надають код П і в основному написі вказують код ПЕЗ і після найменування виробу – «Перелік елементів» (рис. 10.11). Якщо перелік елементів вміщують на першому аркуші схеми, то його розташовують над основним написом на відстані не менше ніж 12 мм, а продовження переліку вміщують ліворуч від основного напису.

Зв'язок переліку з графічними позначеннями здійснюється за допомогою позиційних позначень. Елементи у перелік записуються групами в алфавітному порядку буквених позиційних позначень. У межах кожної групи, що має однакові буквени позначення, елементи розташовують за зростанням порядкових номерів. При запису однакових за найменуванням елементів рекомендується поєднувати їх у групи, виконувати загальний заголовок і записувати в графі "Найменування" тільки тип і документ, на підставі якого цей елемент було використано, наприклад, «Резистори МЛТ ГОСТ...». Загальну кількість однакових елементів вказують у графі «Кільк.» в одному рядку з найменуванням елемента.

10.4 Умовне графічне позначення елементів цифрової і аналогової обчислювальної техніки

Елементи схеми електричної принципової зображують згідно з ГОСТ 2.743-82 і ГОСТ 2.759-82.

Умовне графічне позначення двійкового логічного елемента має форму прямокутника, що може вміщувати три поля: основне та два додаткових, ліворуч і праворуч від основного (рис. 10.12). Допускається додаткові поля поділяти на зони, які відскремлюють горизонтальною рисою (рис. 10.13). У першому рядку основного поля вміщують позначення функції, що її виконує елемент, у додаткових полях – інформацію про функціональні призначення виводів. Входи елементів зображають з лівої сторони умовного графічного позначення, виходи – з правої (рис. 10.13). Допускається обертати умовне графічне позначення на кут, кратний 90° , при цьому входи розташовують зверху, а виходи – знизу. Не допускається проводити лінії виводів на рівні сторін прямокутника і проставляти на лініях виводів стрілки, що вказують напрям потоків інформації.

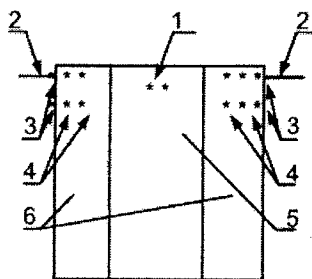


Рисунок – 10.12. Умовне графічне позначення двійкового логічного елемента: 1 – позначення функції елемента; 2 – лінія виводу; 3 – покажчики; 4 – мітки; 5 – основне поле; 6 – додаткові поля

Накреслення умовних графічних позначень наведено на рис. 10.13. Розміри умовного графічного позначення по висоті повинні бути кратні постійному значенню $C/2$, де C не менше ніж 5 мм. Відстані між лініями виводів, а також між кінцевими лініями виводів і горизонтальними сторонами прямокутника показані на рис. 10.13. Ширина додаткового поля повинна бути не менша 5 мм, а розмір умовного графічного позначення по ширині обумовлюється наявністю додаткових полів, кількістю знаків всередині основного поля і розміром використовуваного шрифту.

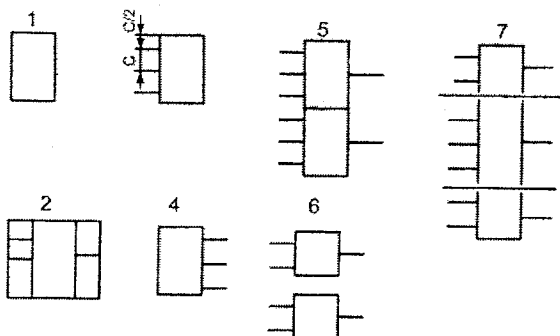


Рисунок 10.13. Накреслення умовних графічних позначень: 1 – основне поле; 2 – основне поле з додатковими полями, які розділені на зони; 3 – входи елемента; 4 – виходи елемента; 5,6 – не рознесене та рознесене зображення елемента, відповідно; 7 – розділення елемента

В основне поле елементів і пристроїв вміщують інформацію: в 1-му рядку – позначення основної функції (символ), в 2-му рядку – повне або скорочене найменування (або тип), або код пристроїв (елемента), тобто ідентифікатор, в наступних рядках буквено-цифрове позначення або порядковий номер, позначення конструктивного розташування, адресне позначення умовного графічного позначення елемента на аркуші та іншу інформацію.

Буквено-цифрове позначення елементів допускається вміщувати над його умовним графічним позначенням або в його основному полі нижче позначення функції та ідентифікатора. Позначення функції або сукупності функцій, що їх виконує елемент, складається із великих букв латинського алфавіту, арабських цифр і спеціальних знаків, записаних без пропуску. Позначення основних функцій елементів цифрової техніки здійснюється за ГОСТ 2.743 - 82.

Позначення покажчиків виводів елементів, які підрозділяються на статичні та динамічні, прямі та інверсні, а також виводи елементів, які не несуть логічної інформації, вміщені на рис. 10.14.

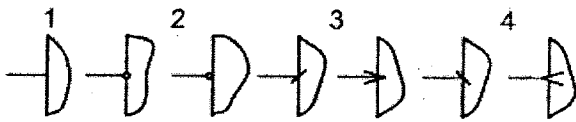


Рисунок 10.14 – Позначення покажчиків входів-виходів:

- 1, 2 – статичні входи: прямий (1), інверсний (2);
3, 4 – динамічні: прямий (3), інверсний (4)

При зображенні аналогових елементів на основному полі умовного графічного позначення у першому рядку вміщують позначення функції, наприклад, $f m$, де f – символ функції (підсилювач), m – коефіцієнт підсилення. Якщо коефіцієнт підсилювання достатньо високий, а величина його не має значення, тоді допускається ставити знак ∞ або букву M . У додаткових полях умовного графічного позначення підсилювачів, перетворювачів, комутаторів проставляють відповідні позначки або позначення вагових коефіцієнтів, коефіцієнтів підсилення, аргументів функцій.

Позначення функцій, що виконуються аналоговими елементами, встановлює ГОСТ 2.759 - 82. Аналоговий сигнал позначається символом \cap або \wedge , цифровий – $\#$, перетворювання цифро-аналогове – $\#/\wedge$, перетворювання аналого-цифрове – $\wedge/\#$.

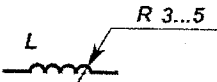

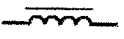

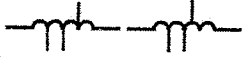
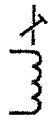


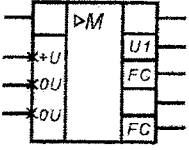
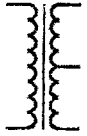
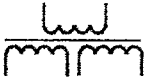
Виводи елементів поділяються на статичні та динамічні, такі, що несуть логічну інформацію, та такі, що її не несуть. Статичні та динамічні виводи поділяються на прямі та інверсні. На прямому статичному виводі двійкова змінна має значення 1, якщо сигнал на цьому виводі в активному стані знаходиться в стані логічної 1 в прийнятому логічному погодженні. На інверсному динамічному виводі двійкова змінна має значення 1, коли сигнал на цьому виводі змінюється зі стану логічної 1 в стан логічного 0 в прийнятому логічному погодженні.

Приклади умовних графічних позначень елементів цифрової та аналогової обчислювальної техніки, що найчастіше використовуються, наведено в підрозділі 10.5.

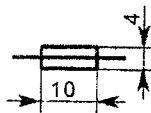
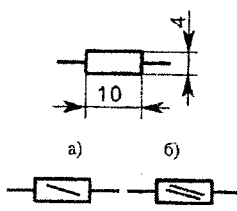
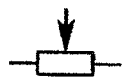
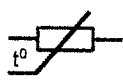
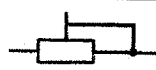
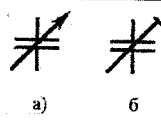
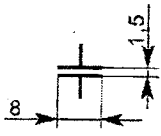

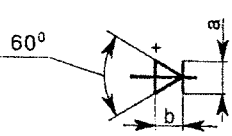
10.5 Умовні графічні позначення електро- та радіоелементів

В табл. 10.2. наведено умовні графічні позначення електро- та радіоелементів і їх найменування. Умовним графічним позначенням електро- та радіоелементів відповідають ГОСТ 2.728-74, ГОСТ 2.730-73 та ГОСТ 2.736-68.

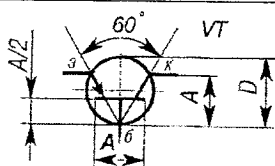
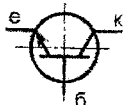
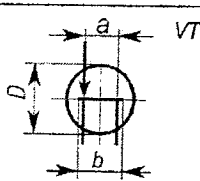
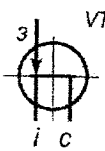
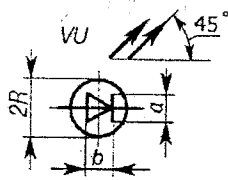
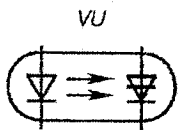
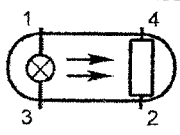
Таблиця 10.2 – Графічні позначення електро- та радіоелементів

Номер	Найменування	Позначення
1	Котушка індуктивності, дросель без осердя	
2	Котушка індуктивності з магнітодіелектричним осердям	
3	Дросель з феромагнітним осердям	
4	Трансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом	
5	Котушка індуктивності з відгалуженням	
6	Котушка індуктивності з регульованим магнітодіелектричним осердям	
7	Трансформатор без магнітоп- роводу з постійним зв'язком	
8	Автотрансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом	
9	Мікросхема аналогова: загальний вигляд	
10	Трансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом, двообмотковий	
11	Трансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом, двообмотковий	

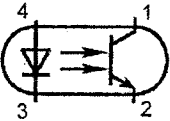


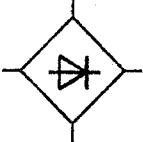
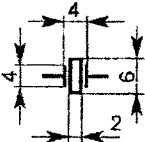
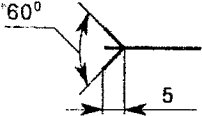

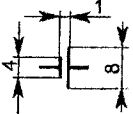
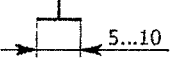
Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення						
12	Запобіжник плавкий Загальний вигляд							
13	Резистор постійний а) позначення зі вказанням номінальної потужності розсіювання 0,25 Вт б) позначення зі вказанням номінальної потужності розсіювання 0,125 Вт							
14	Резистор змінний							
15	Варистор							
16	Підстроювальний резистор							
17	Конденсатор а) змінної ємності б) підстроювальний конденсатор							
18	Конденсатор постійної ємності							
19	Конденсатор електролітичний							
20	Діод	 <table border="1" data-bbox="875 1274 999 1388"> <tr> <td>a</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>	a	5	6	b	4	5
a	5	6						
b	4	5						

Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення												
21	Транзистор типу р-п-р	 <table border="1" data-bbox="859 162 973 235"> <tr> <td>D</td> <td>12</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>9</td> <td>11</td> </tr> </table>	D	12	14	A	9	11						
D	12	14												
A	9	11												
22	Транзистор типу п-р-п													
23	Польовий транзистор з каналом п-типу	 <table border="1" data-bbox="797 544 958 657"> <tr> <td>D</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </table>	D	10	12	14	b	7	8	9	a	5	6	7
D	10	12	14											
b	7	8	9											
a	5	6	7											
24	Польовий транзистор з каналом р-типу													
25	Діод світловопроміньовальний	 <table border="1" data-bbox="828 950 947 1055"> <tr> <td>a</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>	a	5	6	b	4	5	R	5	6			
a	5	6												
b	4	5												
R	5	6												
26	Оптрон тиристорний													
27	Оптопара резистивна													


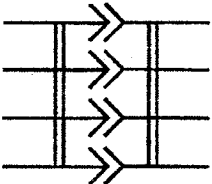
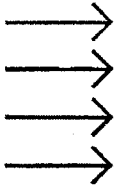
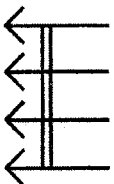
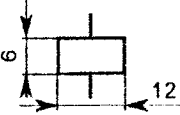


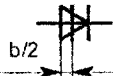
Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення
28	Діодно-транзисторна оптопара	
29	Стабілітрон	
30	Двосторонній стабілітрон	
31	Діодний міст	
32	П'єзоелемент	
33	Антенa несиметрична	
34	Гучномовець	
35	Гальванічний елемент	
36	Корпус	

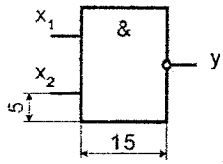
Продовження табл. 10.2

№	Найменування	Позначення
37	Контакт комутаційного пристрою Загальне зображення	
38	Контакт замикальний багатополюсний, наприклад, триполюсний	
39	Вимикач кнопковий натискний із замикальним контактом	
40	Перемикач однополюсний багатопозиційний. Загальне позначення	
41	Реле електричне із замикальним контактом	
42	Контакт рознімного з'єднання (штир)	
43	Контакт рознімного з'єднання (гніздо)	

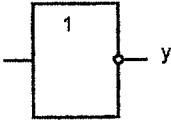
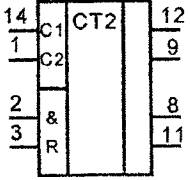
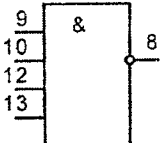
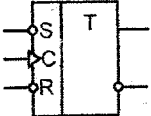
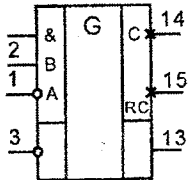
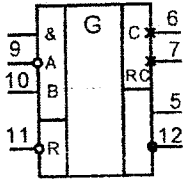
Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення
44	З'єднання контактне рознімне	<p style="text-align: center;">ХТ</p> 
45	З'єднання контактне рознімне чотирипровідне	<p style="text-align: center;">ХТ</p> 
46	Штир чотирипровідного контактного рознімного з'єднання	
47	Штир чотирипровідного контактного рознімного з'єднання	
48	Котушка електромеханічного пристрою	
49	З'єднання екрана з корпусом або землею	
50	Варикап	
51	Тиристор	

Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення
52	Тиристор з управлінням по катоду	
53	Індикатор неоновового світла	
54	Прилад вимірювальний	
55	Мікросхема К155ИЕ2	
56	Мікросхема К155ЛА3	
57	Мікросхема К155ЛЕ1	

Продовження табл. 10.2

Номер	Найменування	Позначення
58	Мікросхема К155ЛИ1	
59	Мікросхема К155ИЕ5	<p data-bbox="720 305 782 332">DD4</p> 
60	Мікросхема К155ЛA7	<p data-bbox="709 576 792 604">DD3.2</p> 
61	Мікросхема К155ТВ1	
62	Мікросхема К155АГ3	<p data-bbox="704 974 787 1002">DD1.1</p> 
63	Мікросхема К155АГ3	<p data-bbox="704 1242 787 1269">DD1.2</p> 

Таблиця 10.3

Найменування	Позначення
ГОСТ 2.755-74	
Для вказання призначення приладу в його позначення вписують буквени позначення одиниць вимірювання чи вимірюваних величин, наприклад:	
амперметр	<u>A</u>
вольтметр	<u>V</u>
вольтамперметр	<u>VA</u>
ватметр	<u>W</u>
мікроамперметр	μA
мілівольтметр	mV
омметр	Ω
мегомметр	$M\Omega$
вимірювач частоти	Hz
термометр	t°
індикатор полярності	\pm
вимірювач рівня сигналу	<u>dB</u>

10.6 Позначення буквено-цифрові в електричних схемах

В табл. 10.4 наведено буквено-цифрові позначення, що використовуються в електричних схемах.

Таблиця 10.4. — Буквено-цифрові позначення в електричних схемах

Перша буква коду	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Двобуквенний код
A	Приклад. Загальне позначення		

Продовження табл. 10.4

Перша буква коду	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Двобуквенний код
В	Перетворювачі неелектричних величин в електричні, крім генераторів і джерел живлення; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; датчики для вказування або вимірювання	Гучномовець	ВА
		Магнітострикційний елемент	ВВ
		Детектор іонізуючих випромінювань	ВД
		Сельсин-приймач	ВЕ
		Телефон-капсуль	ВФ
		Сельсин-датчик	ВС
		Тепловий датчик	ВК
		Фотоелемент	ВЛ
		Мікрофон	ВМ
		Датчик тиску	ВП
		П'єзоелемент	ВQ
		Датчик частоти обертання тахогенератора	ВR
		Звукознімач	BS
Датчик швидкості	BV		
С	Конденсатори		
D	Схеми інтегральні, мікроскладання	Схема інтегральна аналогова	DA
		Схема інтегральна цифрова, логічний елемент	DD
E	Елементи різні	Нагрівальний елемент	EK
		Лампа освітлювальна	EL
		Піропатрон	ET
F	Розрядники, запобіжники, прилади захисту	Запобіжник плавкий	FU
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Прилади індикаційні та сигнальні	Пристрій звукової сигналізації	HA
		Індикатор символний	HG
		Пристрій світлової сигналізації	HL
K	Реле, пускачі, контакти		

Продовження табл. 10.4

Перша буква коду	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Двобуквенний код
L	Котушка індуктивностей, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлювання	LL
M	Двигуни		
P	Пристрої, вимірювальне обладнання Примітка. Сполучення PE вживати не допускається	Амперметр	PA
		Лічильник імпульсів	PC
		Частотомір	PF
		Лічильник активної енергії	PI
		Омметр	PR
		Реєструвальний пристрій	PS
		Годинник, вимірювач часу	PT
		Вольтметр	PV
	Ватметр	PW	
Q	Вимикачі і розмикачі у силових колах (енергопостачання, живлення устаткування та ін.)		
R	Резистори	Терморезистори	RK
		Потенціометр	RP
		Шунт вимірювальний	RS
		Варистор	RU
S	Прилади комутаційні у колах керування, сигналізації та вимірювальних Примітка. Позначення вживають для апаратів, що не мають контактних силових кіл	Вимикач або перемикач	SA
		Вимикач кнопковий	SB
		Вимикач автоматичний	SF
		Вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	SL
		від рівня	
		від тиску	
		від положення шляхової	
		від частоти коливання	SR
від температури	SK		
T	Трансформатори, автотрансформатори		

Продовження табл. 10.4

Перша буква коду	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Двобуквенний код
U	Прилади зв'язку, перетворювачі електричних величин в електричні	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Дискримінатор	UI
		Перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	UZ
V	Пристрої електровакуумні та напівпровідникові	Діод, стабілітрон	VD
		Пристрій електровакуумний	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Лінії та елементи ЗВЧ. Антени	Відгалужувач	WE
		Короткозамикач	WK
		Вентиль	WS
		Трансформатор, фазообертач	WT
		Атенюатор	WU
		Антиена	WA
X	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт змінний	XA
		Штир	XP
		Гніздо	XS
		З'єднання розбірне	XT
		З'єднувач високочастотний	XW
Y	Прилади механічні з електромагнітним приводом		
Z	Прилади кінцеві, фільтри, обмежувачі	Обмежувач Фільтр кварцовий	ZL ZQ

10.7 Методичні рекомендації до виконання графічної роботи № 3

Умова: побудувати схему електричну принципову і оформити перелік елементів.

Мета завдання: навчитися правильно використовувати графічні зображення і позначення, які встановлені державними стандартами; вивчити зображення елементів схем електричних принципових; вміти їх накреслити за довідковими розмірами; правильно проставляти буквено-цифрові позначення, знати, як вони записуються згідно зі стандартом; навчитися правильно оформляти перелік елементів.

Послідовність виконання

1. Вивчити державні стандарти, в яких регламентуються правила виконання схем електричних принципових.

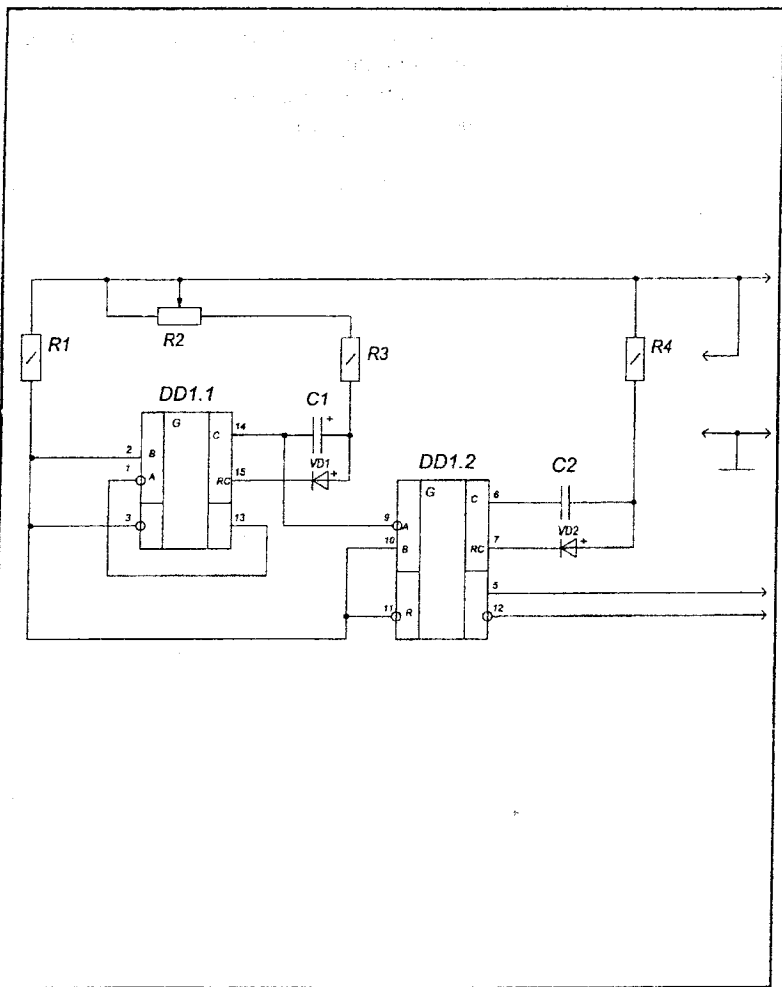
2. В таблиці 10.5 знайти свій варіант завдання, де елементи схеми зображені у вигляді прямокутників та квадратів, усередині яких є номер елемента схеми.

3. Замість прямокутників та квадратів накреслити умовні графічні зображення елементів згідно зі стандартами. Для цього в таблицях 10.2 та 10.3 необхідно знайти номер елемента, його назву та умовне зображення.

4. Проставити буквено-цифрові позиційні позначення біля відповідних графічних зображень елементів схеми (таблиця 10.4).

5. Заповнити перелік елементів та основний напис.

Оформлення. Креслення схеми електричної принципової виконується на аркуші формату А3 (420 x 297 мм), або А4 (210 x 297 мм) із основним написом, перелік елементів – на окремому аркуші формату А4 із відповідним основним написом. На рисунках 10.15 і 10.17 показано приклади схем електричних принципових, на рисунках 10.16, 10.18 переліки елементів до відповідних схем. Рекомендується виконувати схему в графічному редакторі sPlan.



ВНТУ

Кам./Лист	№ док.им.	Подп.	Дата
Разроб.	Мартинюк А.О.		
Проб.	Козмановський С.І.		
Г.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

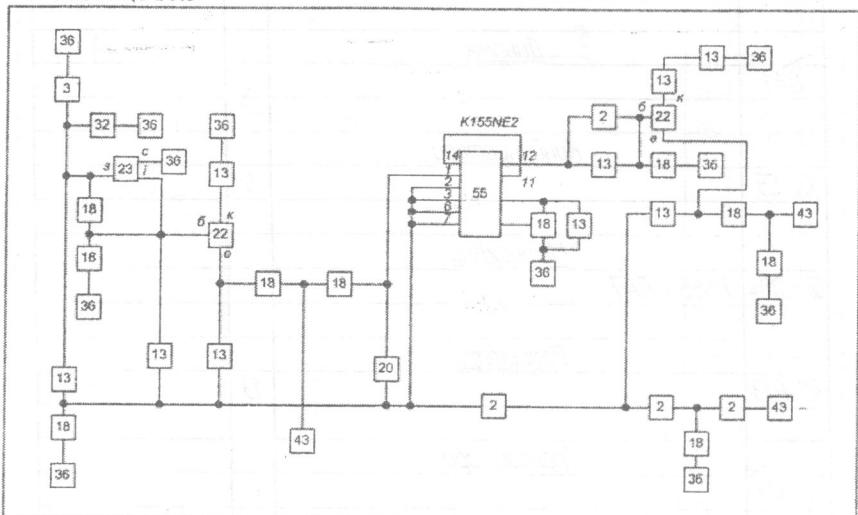
Схема електрична
принципова

Лист	Маса	Масштаб
Лист	Листов	1
1РА-08		

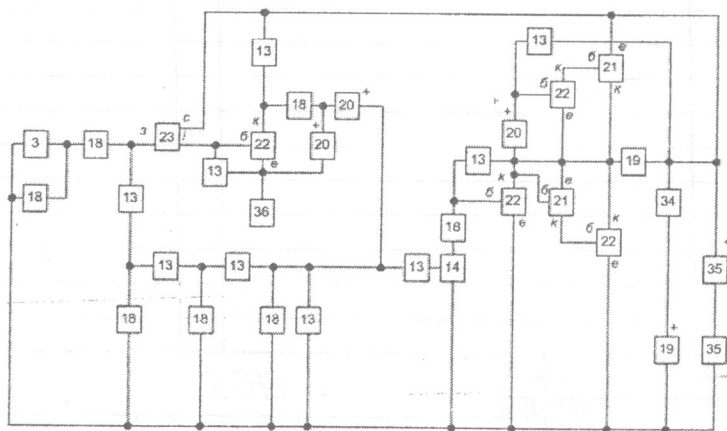
Рисунок 10.15 – Приклад схеми електричної принципової

10.8 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 3

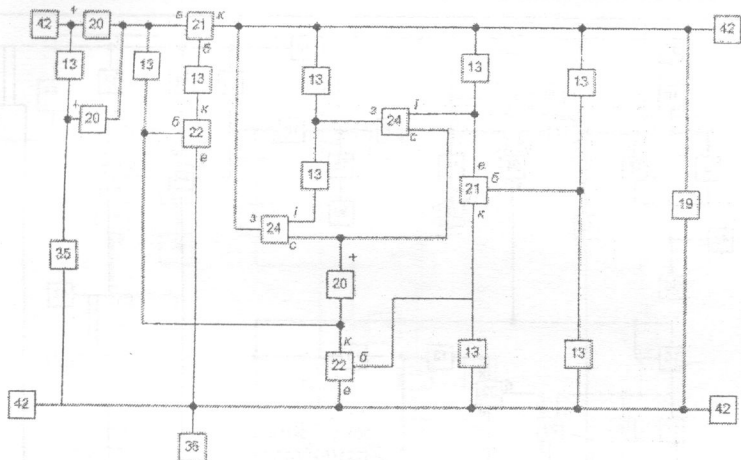
Таблиця 10.5



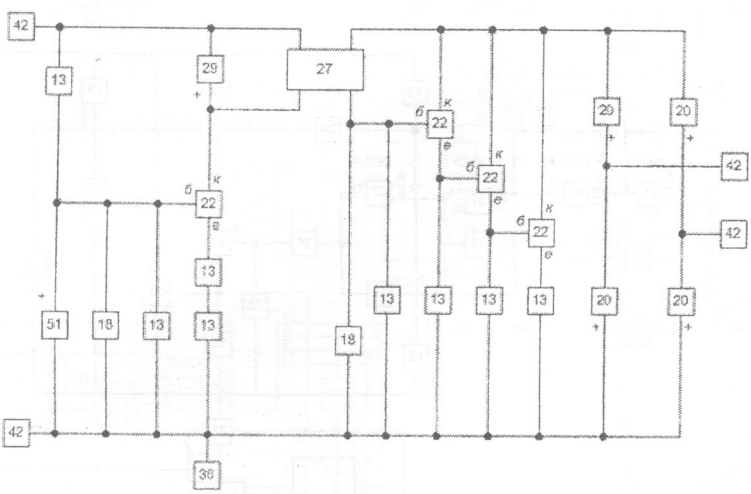
1 Генератор на 5000 кГц і на 500 кГц на мікросхемі К155 ІЕ2



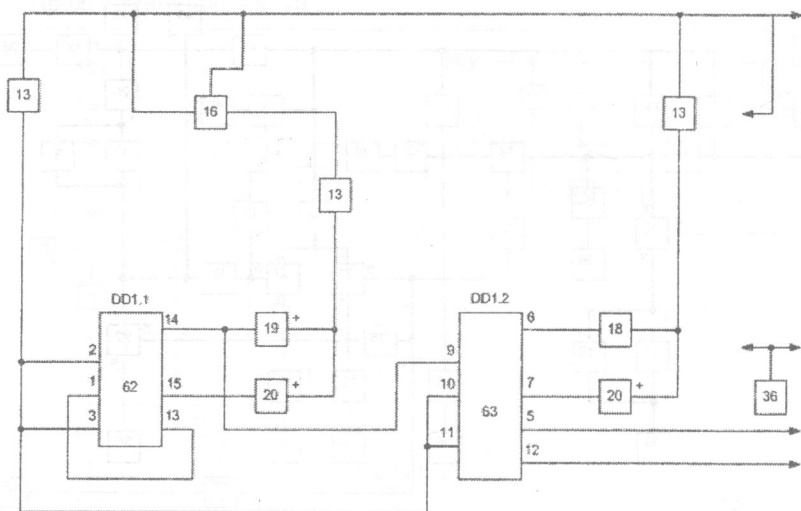
2 Схема приймача прямого підсилення з АРУ



3 | Схема стабілізатора напруги

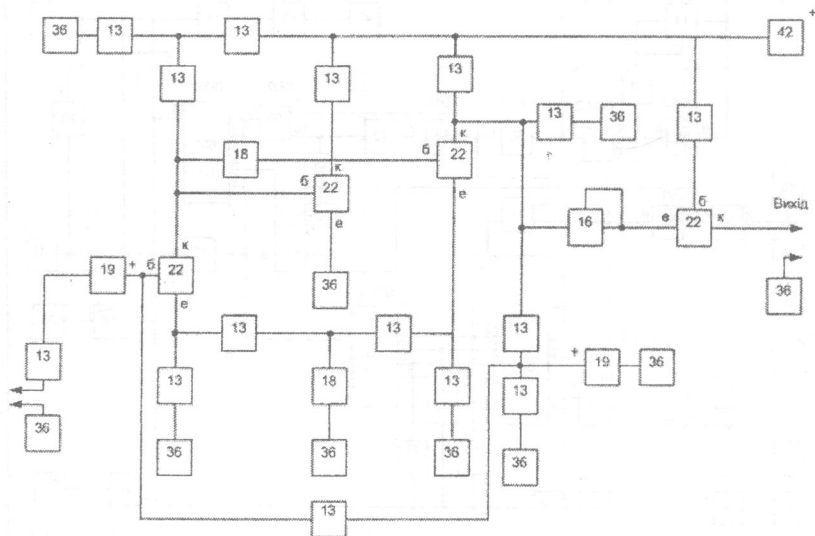


4 | Пристрій розмагнічування кінескопа



9

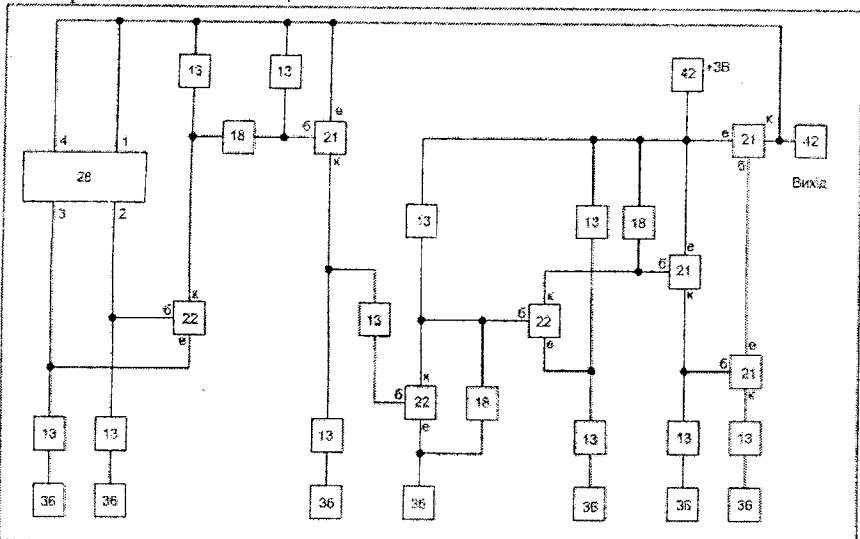
Генератор з великою скважністю імпульсів



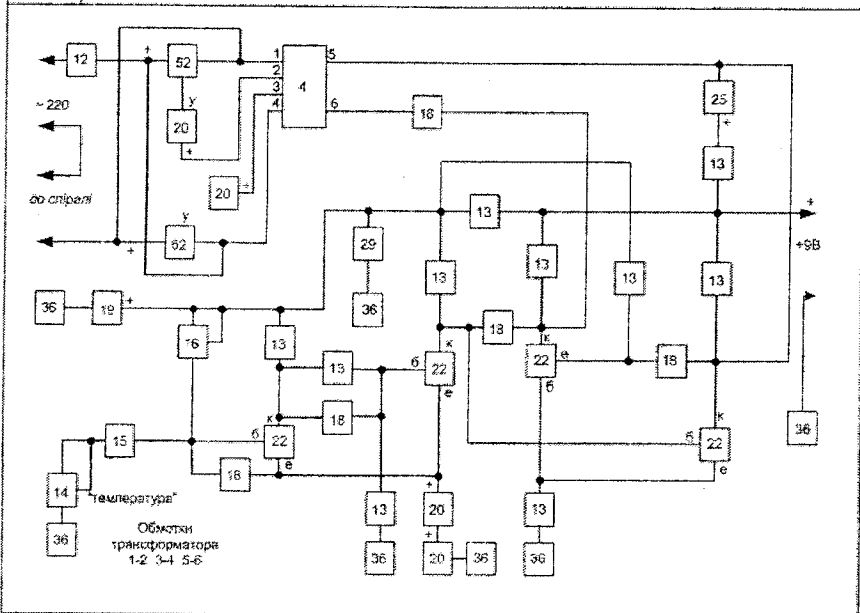
10

Схема транзисторного підсилювача запису

Продовження таблиці 10.5

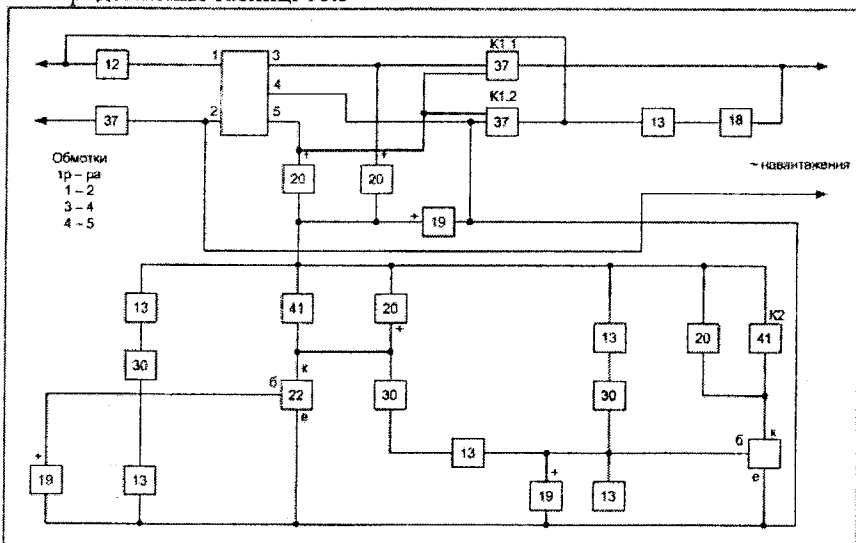


11 Електрична схема автостопа

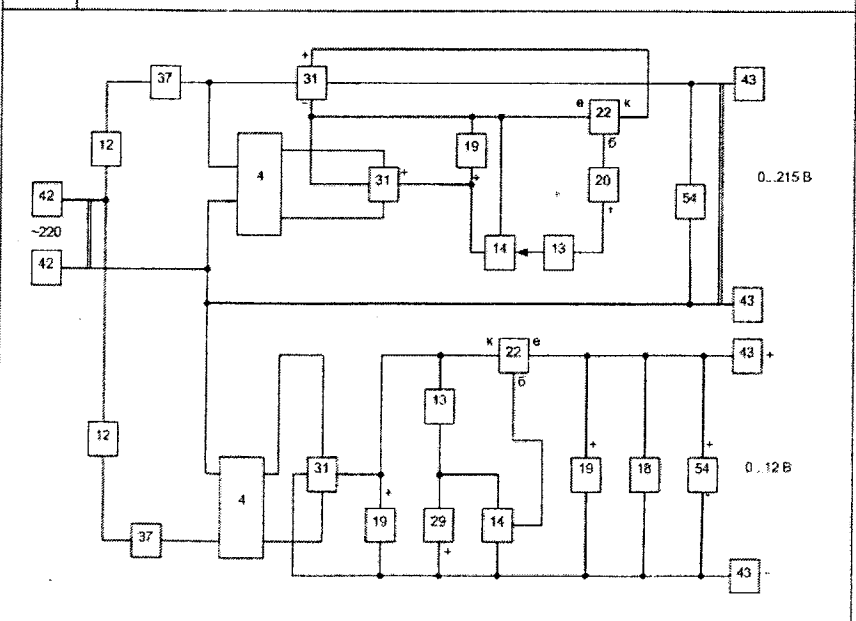


12 Термостабілізатор

Продовження таблиці 10.5

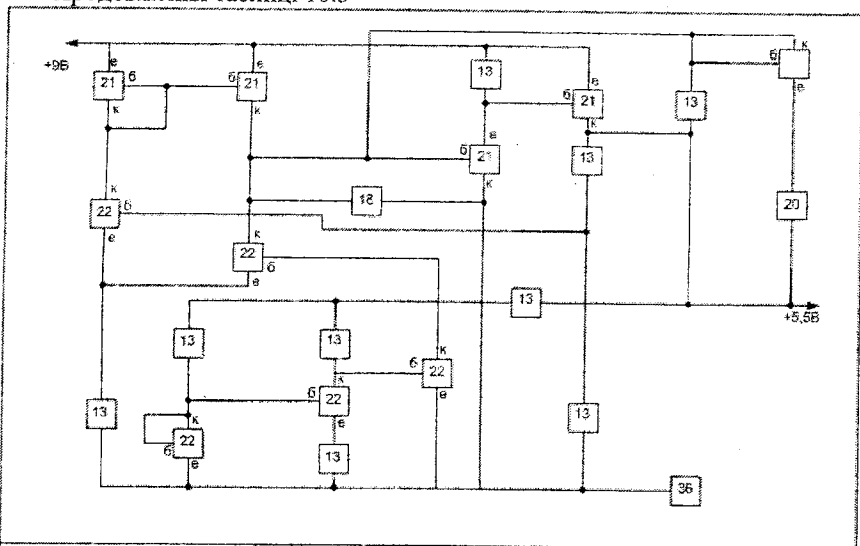


13 Електронно - релейний стабілізатор напруги

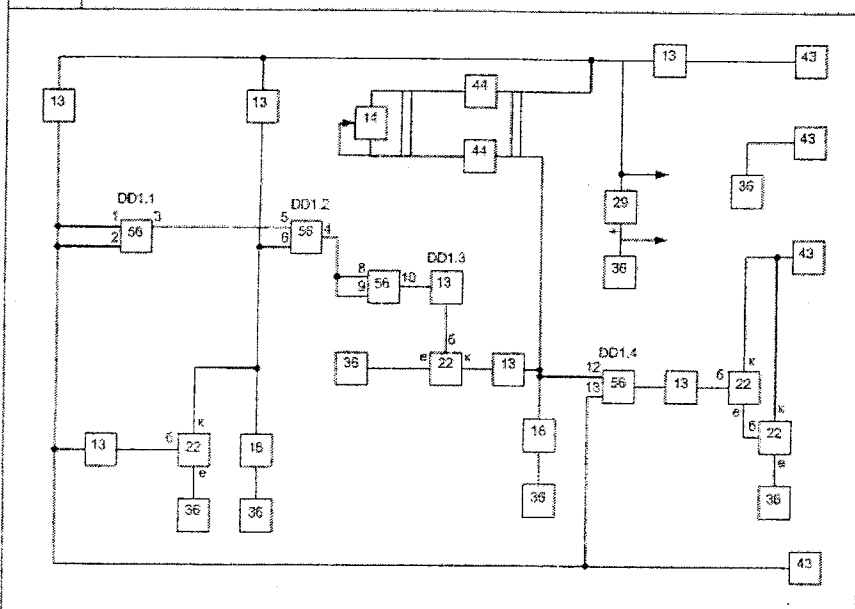


14 Комбінований блок живлення

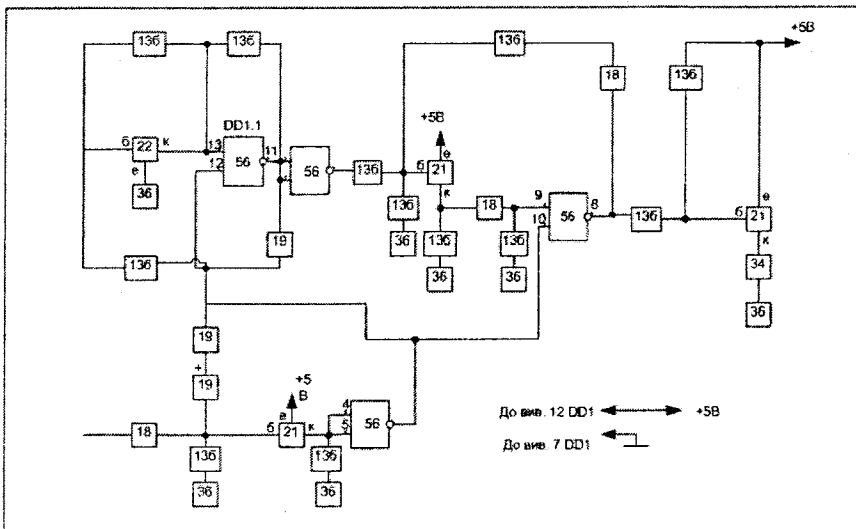
Продовження таблиці 10.5



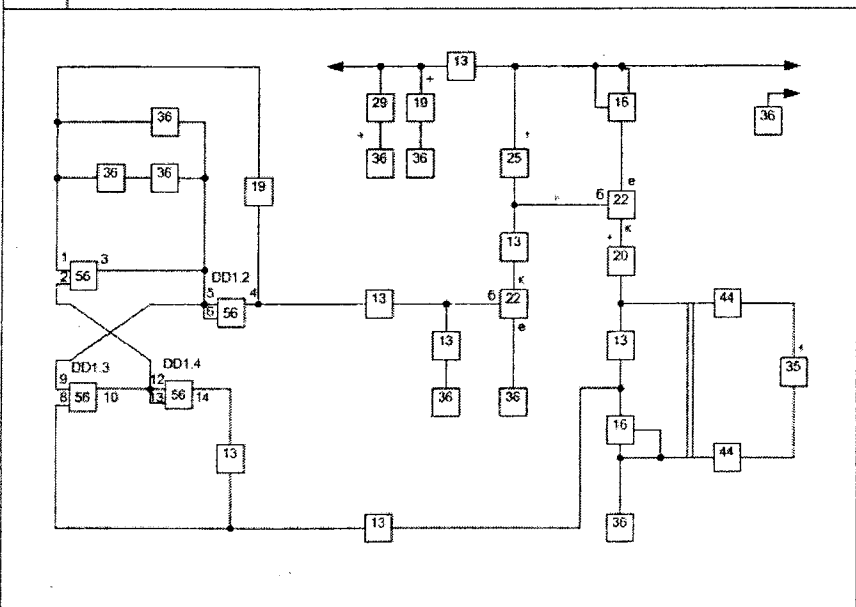
15 Стабілізатор напруги на +5,5 В



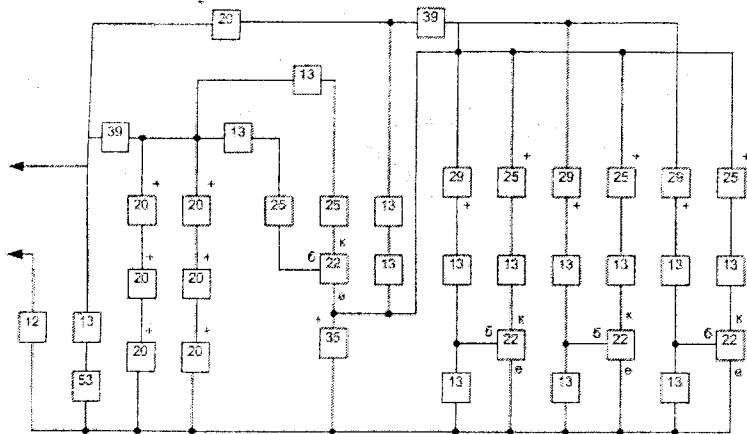
16 Електронний октан-коректор. Мікросхема К561 ЛА7



17 | Схема сенсорної двотональної сирени

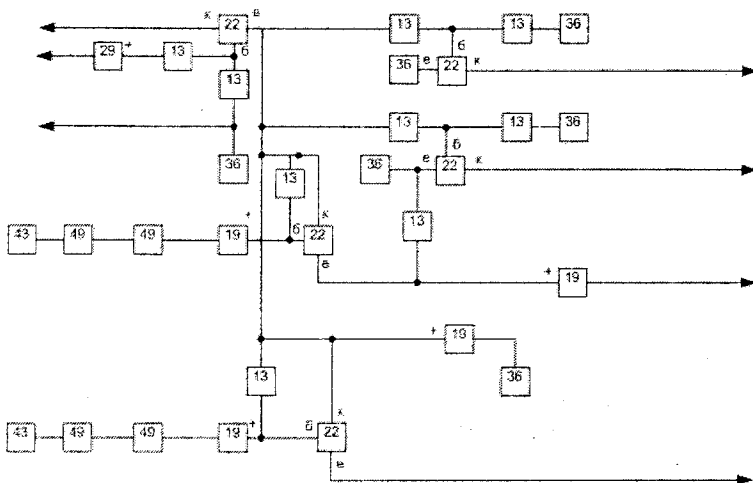


18 | Автоматичний зарядний пристрій акумуляторної батареї.
 Мікросхема К556 І ЛА7



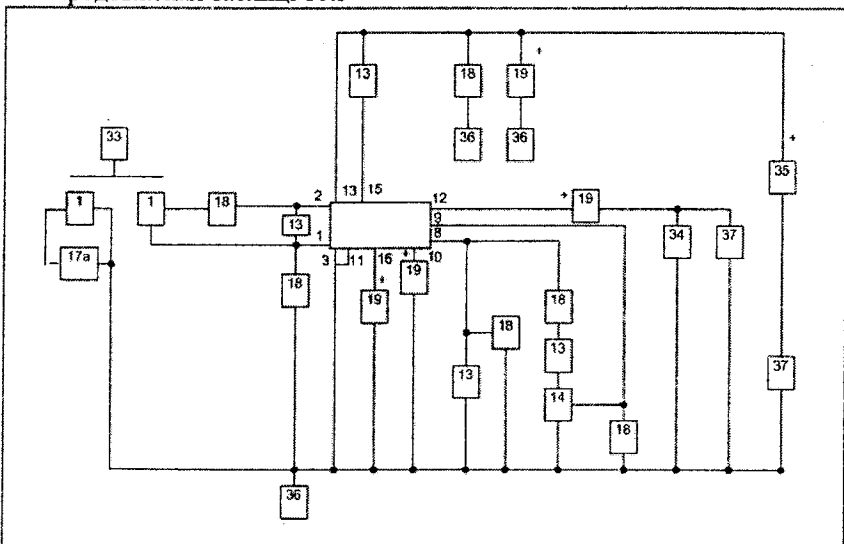
19

Пробник - індикатор

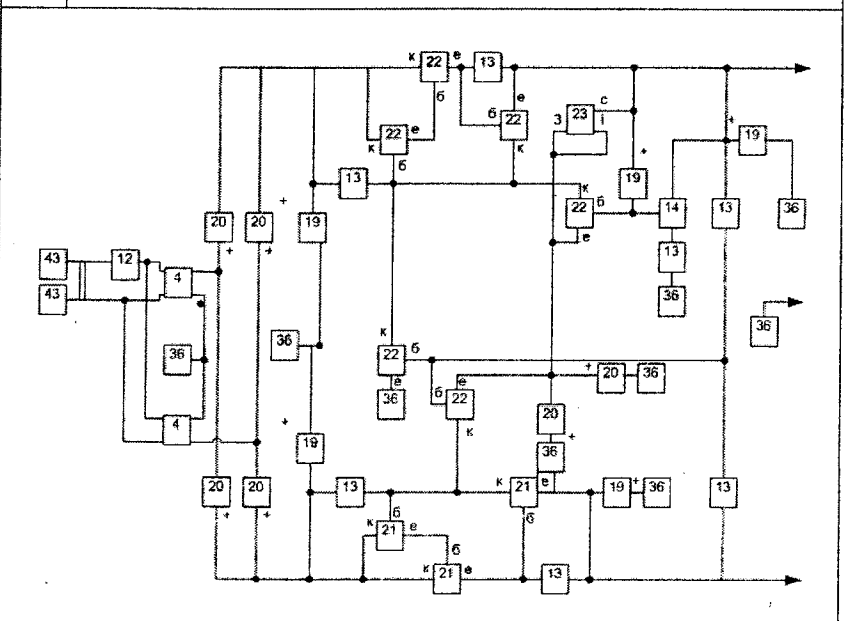


20

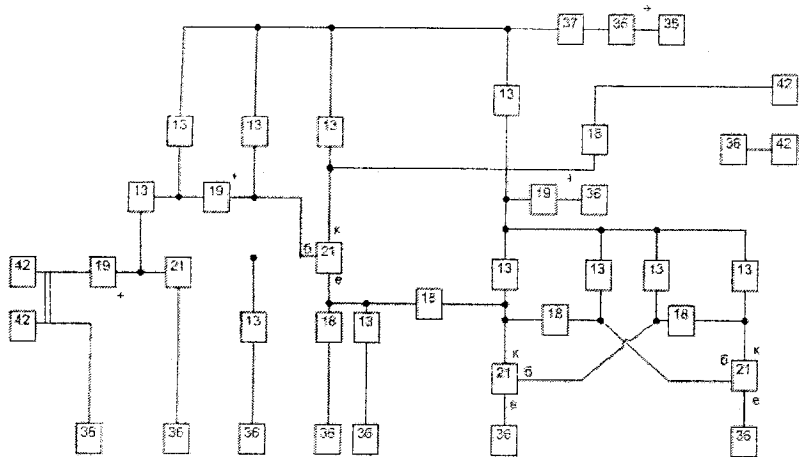
Вузол спряження відеомагнітофона з телевізором УСЦТ



21 Радіоприймач на мікросхемі KI74XA10

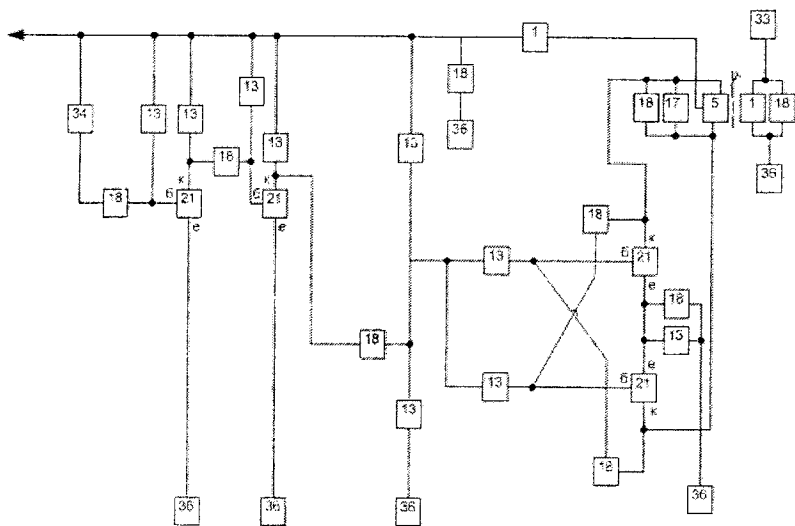


22 Блок живлення на ТВК - ОЛМ



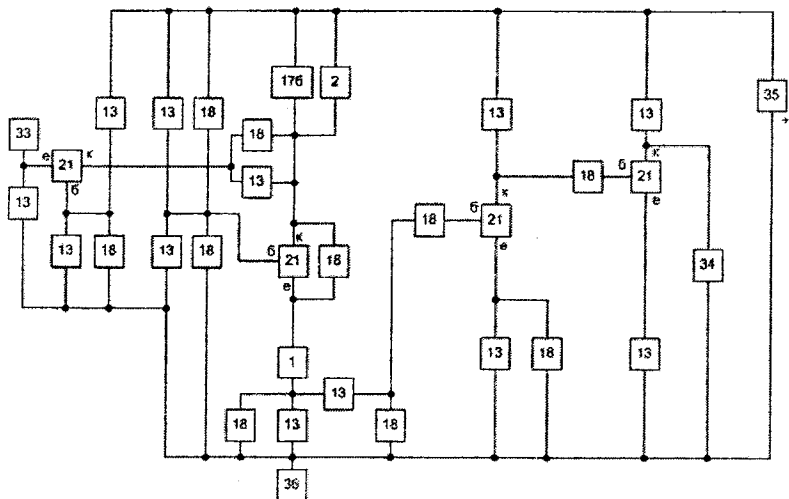
23

Трипрограмний гучномовець



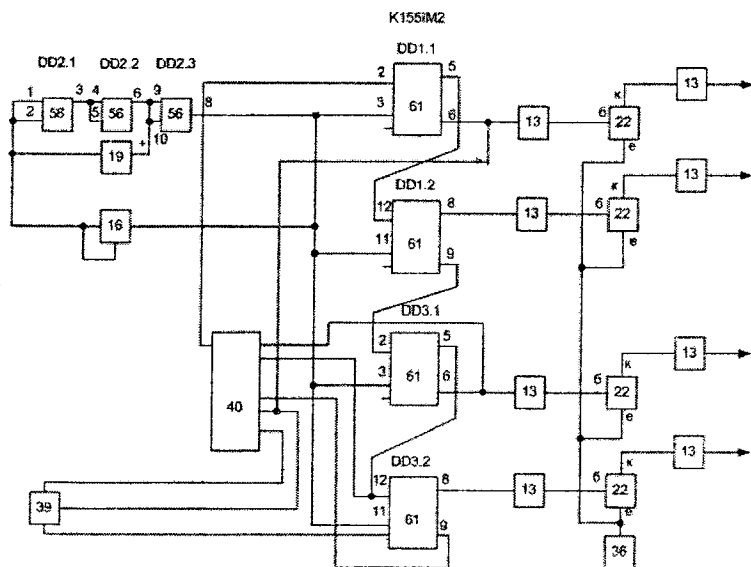
24

Радіопередавач на 1,5 км



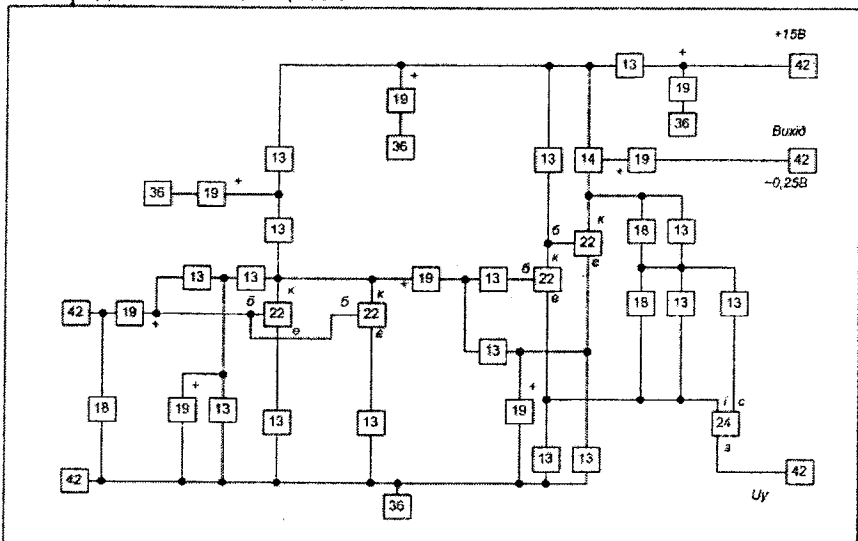
25

Радіоприймач на несучу частоту 27 МГц

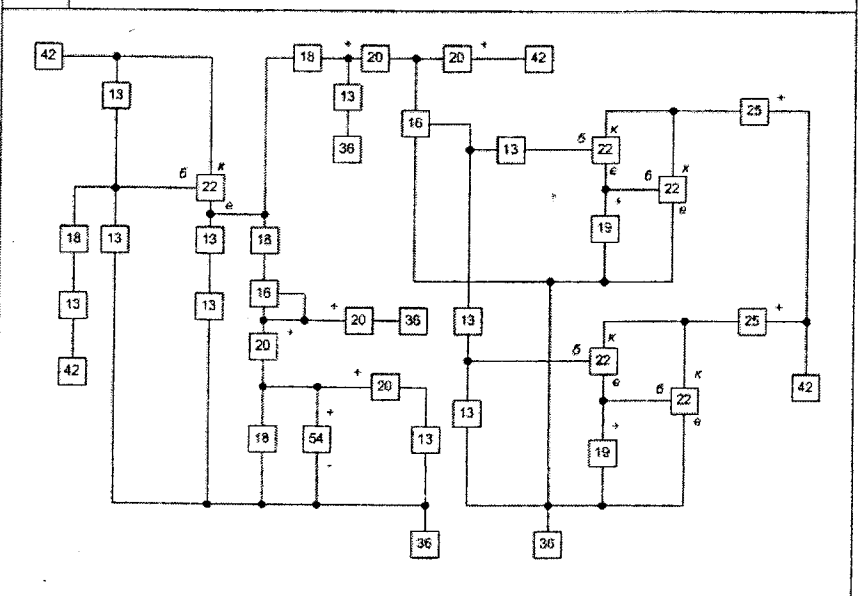


26

Автоматичний перемикач ґрлянд.
Мікросхеми К155ЛА3, К155ТМ2, Л156ТМ2



29 Підсилювач відтворення магнітофона



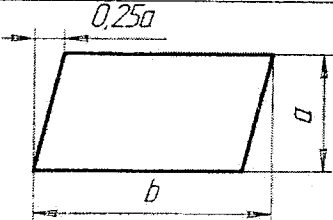
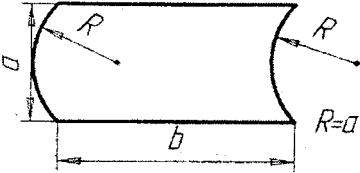
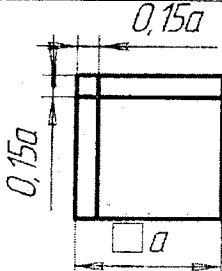
30 Схема індикатора середнього рівня і пікових значень сигналу

11 СХЕМИ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ

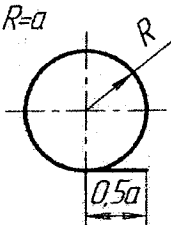
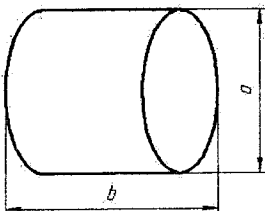
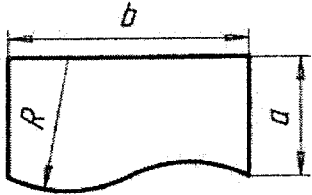
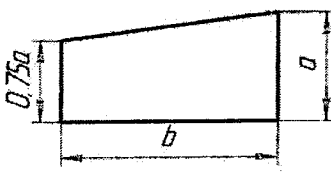
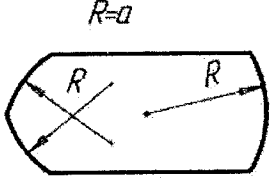
11.1 Графічні зображення символів та їх функції

При виконанні схем алгоритмів і програм окремі функції відображаються у вигляді графічних позначень – символів. Стандарт ГОСТ 19.701-90 розповсюджується на умовні графічні позначення (символи) в схемах алгоритмів і програм, які відображають основні операції процесу обробки даних і програмування для систем програмного забезпечення обчислювальних машин, комплексів і систем незалежно від їх призначення і області застосування. Стандарт не регламентує записи і позначення, що розміщуються усередині символу або поряд з ним і які призначені для уточнення виконаних ним функцій. Перелік, найменування, позначення і розміри основних символів і їх функції в алгоритмі і програмі обробки даних наведено в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Опис символів

Шифр, назва символу	Графічні зображення і розміри символу	Функції символу
Символи даних		
3.1.1.1 Дані		Символ відображає дані. Носій даних не визначений
3.1.1.2 Запам'ятовувані дані		Символ відображає дані, які зберігаються у вигляді, придатному для обробки, носій не визначений
Специфічні символи даних		
3.1.2.1 Оперативний запам'ятовувальний пристрій		Символ відображає дані, що зберігаються в оперативному запам'ятовувальному пристрої

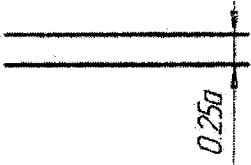
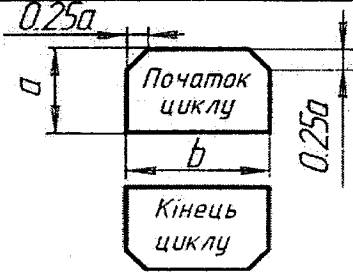

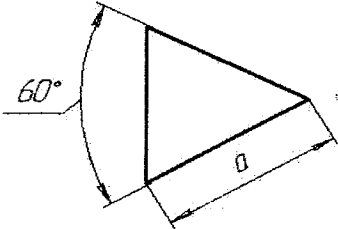
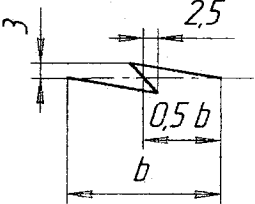

Продовження таблиці 11.1

Шифр, назва символу	Графічні зображення і розміри символу	Функції символу
<p>3.1.2.2</p> <p>Запам'ятовувальний пристрій з послідовним доступом</p>	 <p>The diagram shows a circle with a vertical dashed centerline and a horizontal dashed centerline. A radius line is drawn from the center to the top-right edge, labeled R. Above the circle, the text $R=a$ is written. Below the circle, a horizontal dimension line indicates a diameter of $0.5a$.</p>	<p>Символ відображає дані, що зберігаються в запам'ятовувальному пристрої з послідовним доступом (магнітна стрічка, касета з магнітною стрічкою, магнітофонна касета)</p>
<p>3.1.2.3</p> <p>Запам'ятовувальний пристрій з прямим доступом</p>	 <p>The diagram shows a rounded rectangle with a vertical centerline. The width is labeled b and the height is labeled a.</p>	<p>Символ відображає дані, що зберігаються в запам'ятовувальному пристрої з прямим доступом</p>
<p>3.1.2.4</p> <p>Документ</p>	 <p>The diagram shows a document symbol with a wavy bottom edge. The width is labeled b, the height is labeled a, and the radius of the top edge is labeled R.</p>	<p>Символ відображає дані, що подані на носії у вигляді, зручному для читання</p>
<p>3.1.2.5</p> <p>Ручне введення</p>	 <p>The diagram shows a trapezoid with a vertical centerline. The bottom width is labeled b, the height is labeled a, and the top edge is labeled $0.75a$.</p>	<p>Символ відображає дані, що вводяться вручну</p>
<p>3.1.2.8</p> <p>Дисплей</p>	 <p>The diagram shows a rounded rectangle with a vertical centerline. The width is labeled b and the radius of the top edge is labeled R. Above the symbol, the text $R=a$ is written.</p>	<p>Символ відображає дані, що подані у вигляді, зручному для людини (екран для візуального спостереження, індикатори введення інформації)</p>

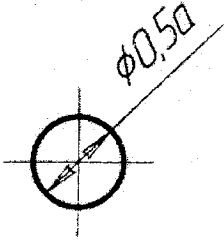
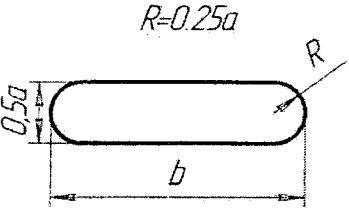
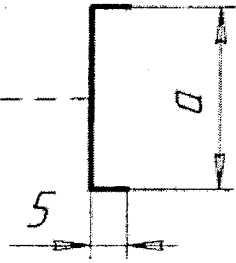
Продовження таблиці 11.1

Шифр, назва символу	Графічні зображення і розміри символу	Функції символу
Символи процесу		
3.2.1.1 Процес		Символ відображає функцію обробки даних будь-якого виду (виконання певної операції або групи операцій, які приводять до зміни значення, форми або розміщення інформації)
Специфічні символи процесу		
3.2.2.1 Наперед визначений процес		Символ відображає наперед визначений процес, що складається із однієї або декількох операцій чи кроків програми, які визначені в іншому місці (у підпрограмі, модулі)
3.2.2.2 Ручна операція		Автономний процес, що виконується вручну чи за допомогою неавтоматичних засобів
3.2.2.3 Модифікація (підготовка)		Виконання операцій, що змінюють команди або групи команд, які змінюють програму
3.2.2.4 Розв'язування		Вибір напрямку виконання алгоритму або програми в залежності від деяких змінних умов

Продовження таблиці 11.1

Шифр, назва символу	Графічні зображення і розміри символу	Функції символу
3.2.2.5 Паралельні дії		Символ відображає синхронізацію двох і більше паралельних операцій
3.2.2.6 Границя циклу		Символ, що складається з двох частин, відображає початок і кінець циклу. Обидві частини мають один і той самий ідентифікатор
Основний символ ліній		
3.3.1.1 Лінія		Символ відображає потік даних або керування
3.3.2.1 Передача керування		Символ відображає передачу керування від одного процесу до іншого (тип передачі вказується всередині символу)
3.3.2.2 Канал зв'язку		Символ відображає передачу даних каналом зв'язку
3.3.2.3 Пунктирна лінія		Символ відображає альтернативний зв'язок між двома чи більше символами

Продовження таблиці 11.1

Шифр, назва символу	Графічні зображення і розміри символу	Функції символу
Спеціальні символи		
<p>3.4.1</p> <p>З'єднувач</p>		<p>Символ відображає вхід в частину схеми і вихід з іншої частини і використовується для обриву лінії і продовження її в іншому місці</p>
<p>3.4.2</p> <p>Термінатор</p>		<p>Символ відображає вхід в зовнішнє середовище і вихід із зовнішнього середовища (початок і кінець програми)</p>
<p>3.4.3</p> <p>Коментар</p>		<p>Символ використовується для додавання коментарів або приміток. Текст розміщується біля обмежувальної фігури</p>

Розмір a вибирається із ряду 10, 15, 20 мм. Допускається збільшувати розмір a на число, кратне 5. Розмір b дорівнює $1,5 a$.

Запитання для самоперевірки

1. За яким стандартом зображають схеми алгоритмів та програм?
2. Якими символами зображають початок та кінець алгоритму?
3. Які символи позначають дані, ручне введення, дисплей, процес, розв'язання, границю циклу?
4. За якими розмірами зображають основні символи даних?
5. Скільки виходів має символ розв'язання?
6. Яка функція символу «З'єднувач»?
7. Які бувають специфічні символи даних?
8. Які бувають символи даних?
9. Які бувають специфічні символи процесу?
10. Які бувають спеціальні символи?

11.2 Методичні рекомендації до виконання графічної роботи № 4

Умова: побудувати схему алгоритму.

Мета завдання: вивчити стандарт ГОСТ 19.701-90; знати функції символів, графічні зображення символів та їх розміри.

Послідовність виконання:

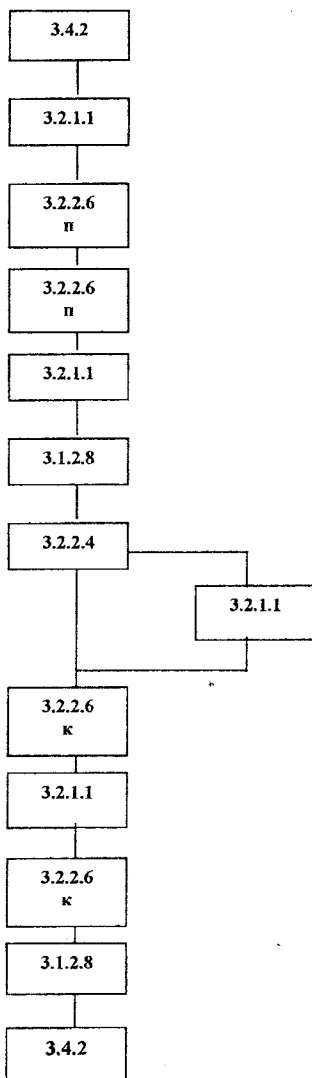
1. Варіанти завдань для виконання схеми алгоритму наведено на сторінках 144-157. Елементи схеми показані у вигляді прямокутників, усередині яких проставлений шифр символу.

2. Побудувати схему алгоритму програми. Для цього за шифром, вказаним в прямокутнику, знайти відповідний символ в таблиці 11.1 і замінити прямокутники стандартними зображеннями символів.

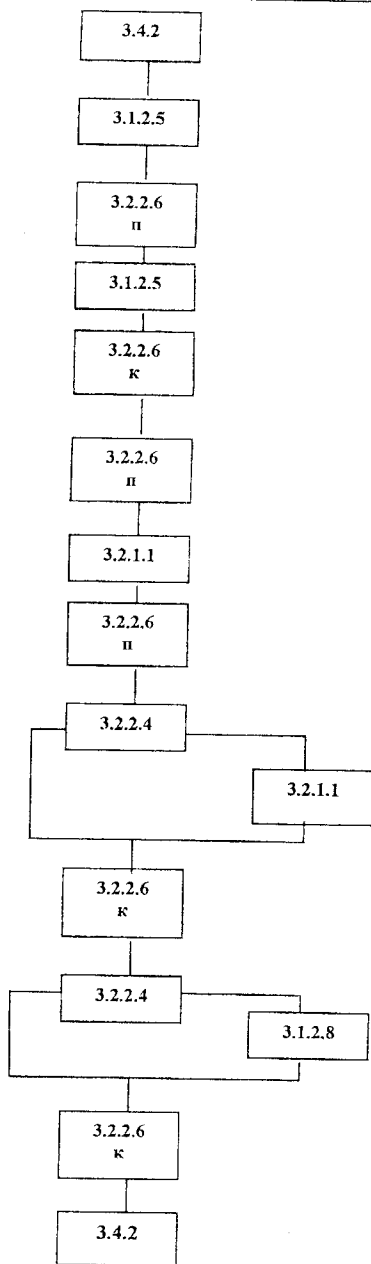
3. Заповнити основний напис.

Оформлення. Креслення схеми алгоритму виконується на аркуші формату А3 (420 x 297 мм) із основним написом. Приклад схеми структурної показано на рисунку 11.1. Схему рекомендується виконувати в графічній системі КОМПАС-ГРАФІК.

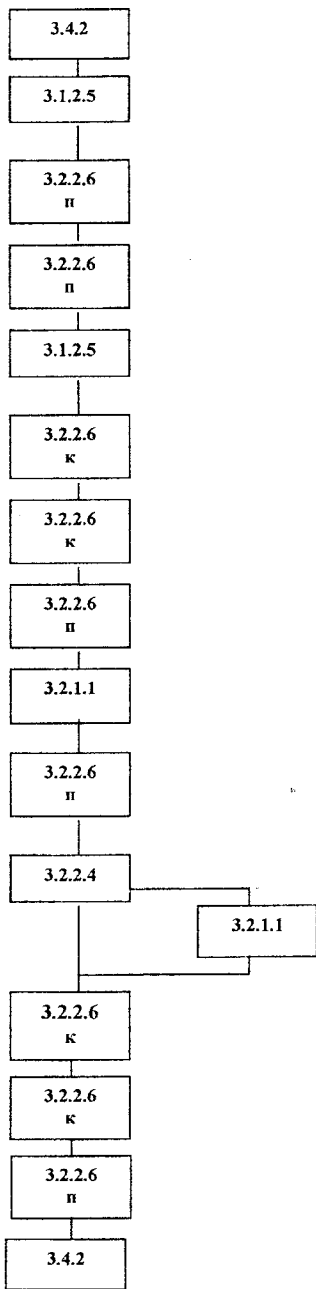
11.3 Варіанти завдань до виконання графічної роботи № 4



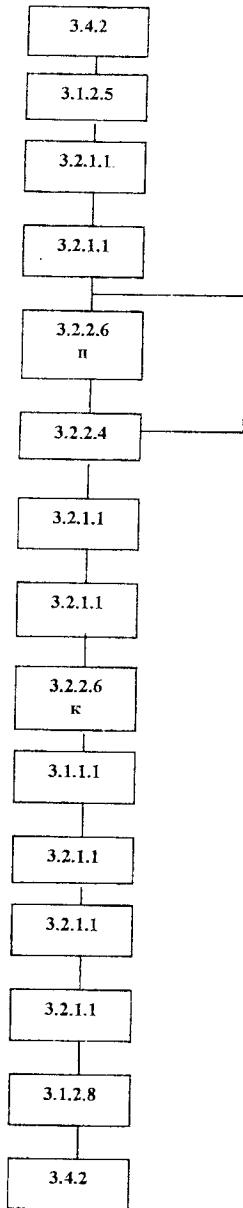
Варіант 1



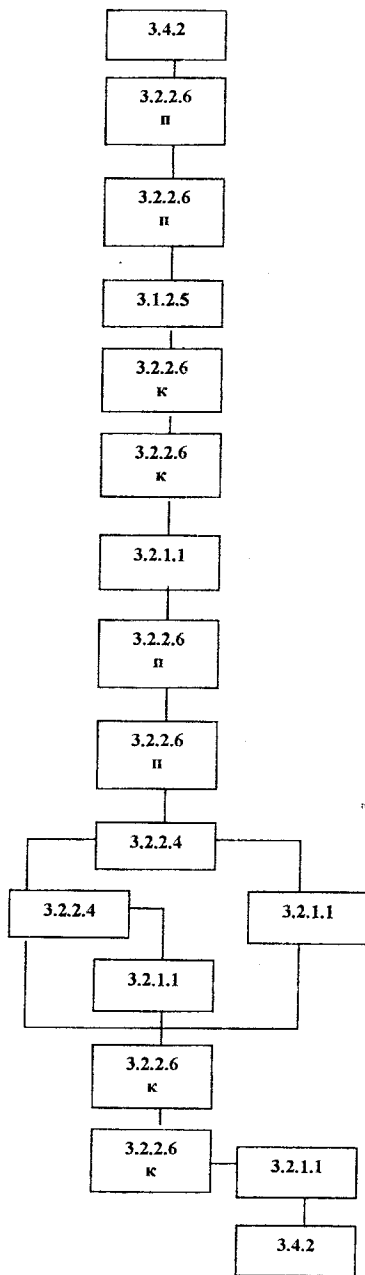
Варіант 2



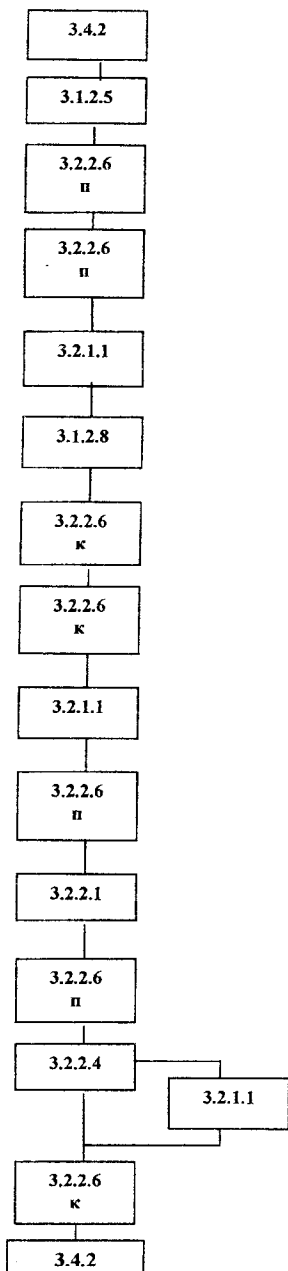
Варіант 3



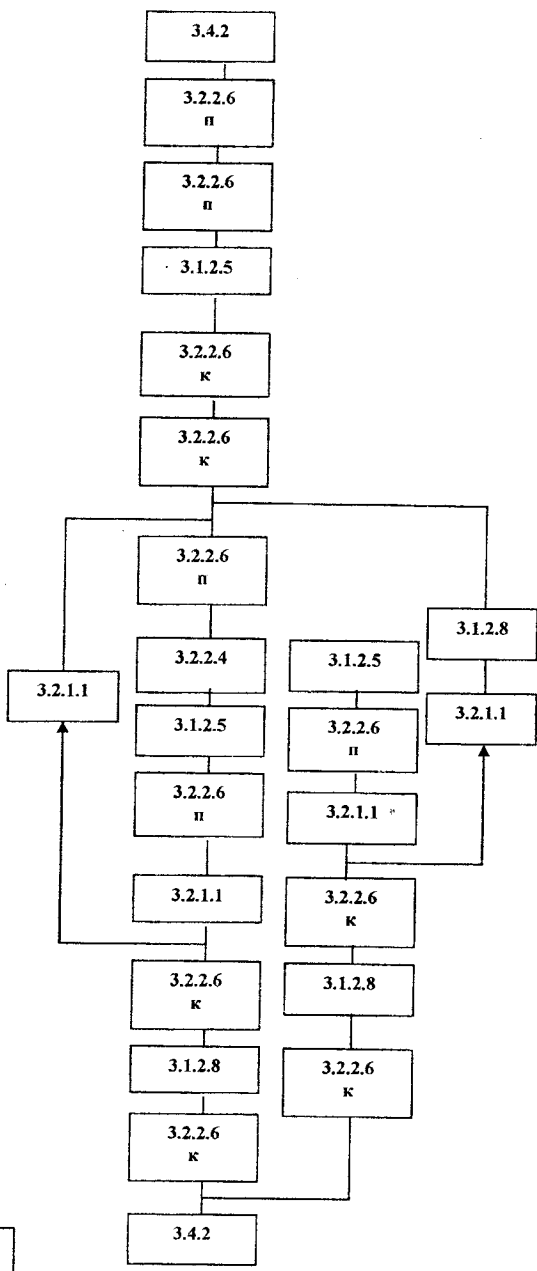
Вариант 4



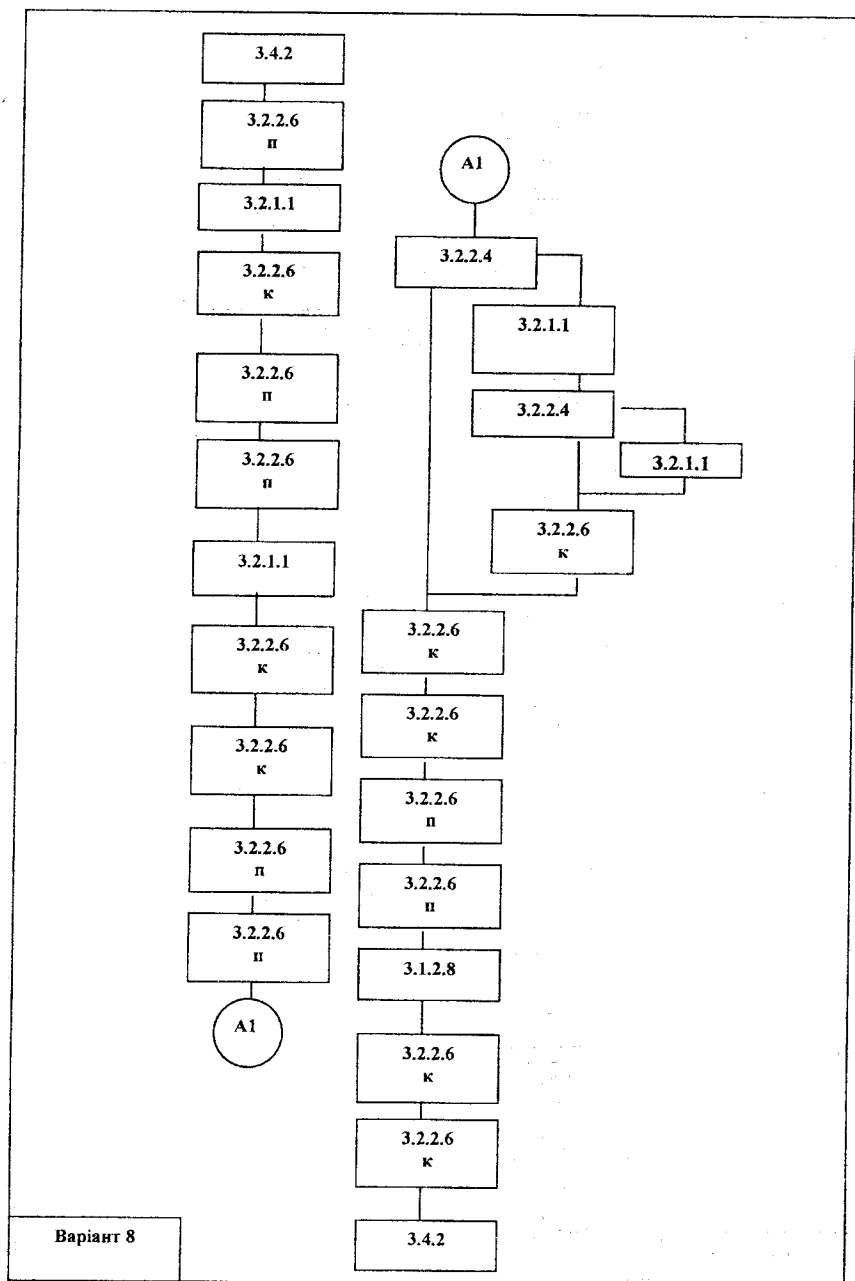
Вариант 5

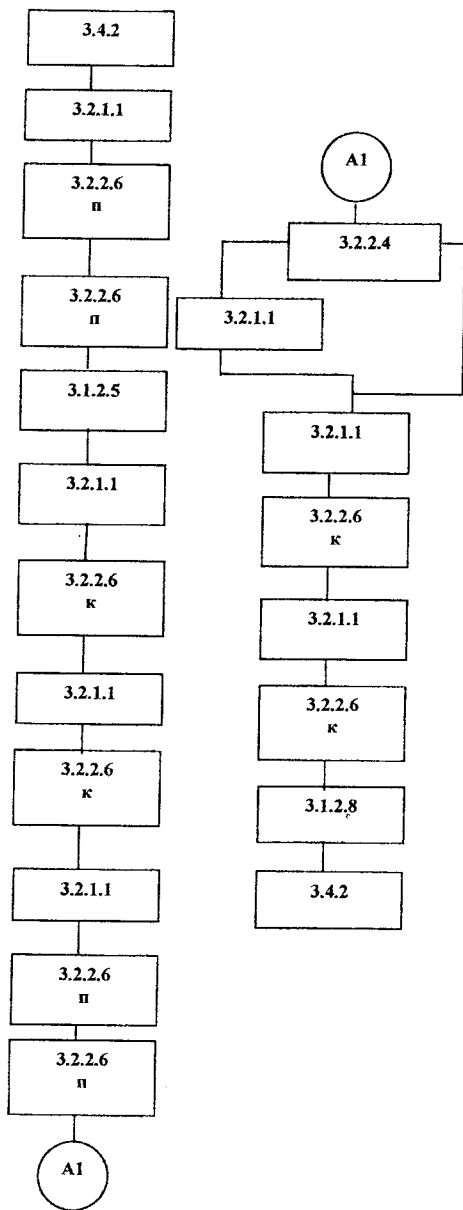


Варіант 6

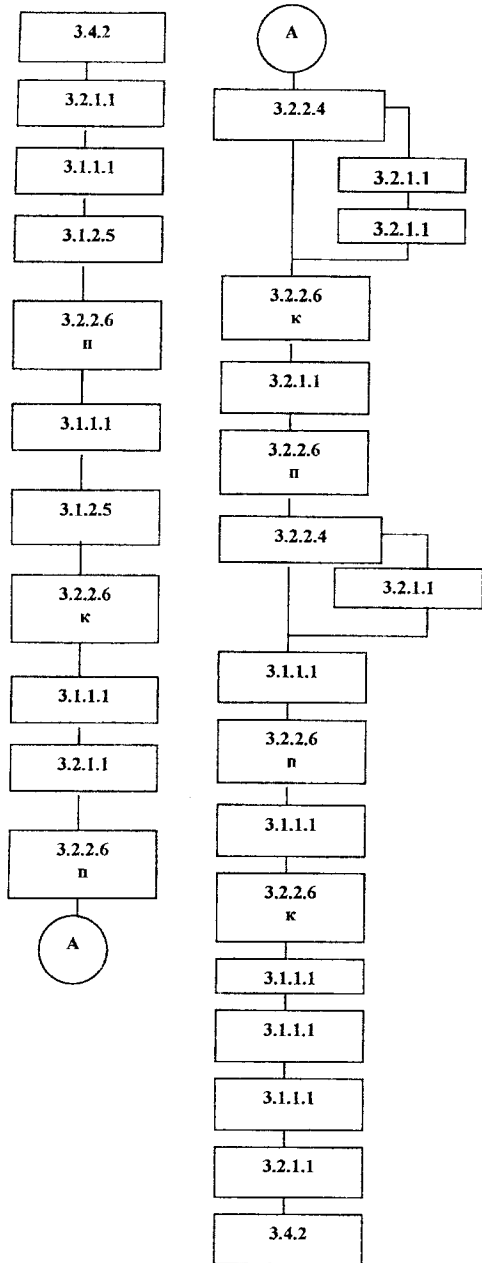


Вариант 7

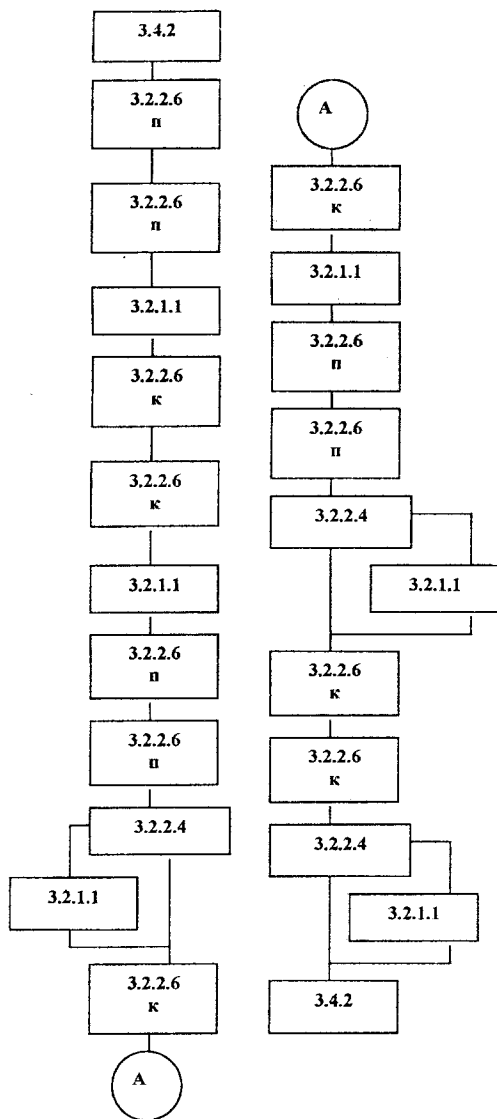




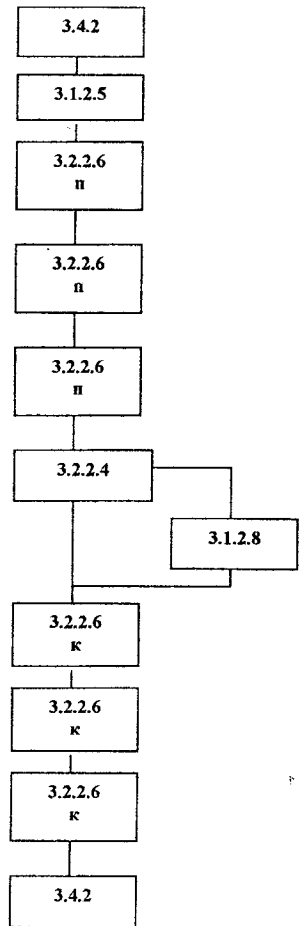
Варіант 9



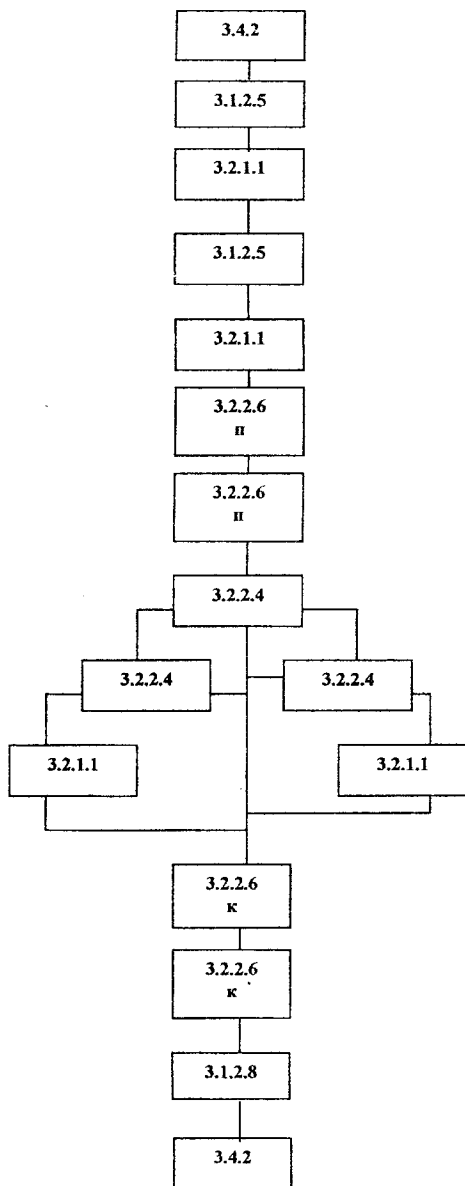
Вариант 10



Варіант 12



Вариант 13



Варіант 14

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кормановський С. І. Конспект лекцій з інженерної графіки : [конспект лекцій] / Кормановський С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 116 с.
2. Кормановський С. І. Комп'ютерна графіка та моделювання. Графічні зображення схем : [практикум] / Кормановський С. І., Козачко О. М., Слободянюк О. В. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 110 с.
3. Кормановський С. І. Інженерна та комп'ютерна графіка : [навчальний посібник] / Кормановський С. І., Слободянюк О. В., Пашенко В. Н. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 114 с.
4. Вітюк О. П. Креслення електричних схем та друкованих плат : [навчальний посібник] / Вітюк О. П., Колесницький О. К., Кормановський С. І., Пашенко В. Н., Василюк С. А. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 108 с.
5. Михайленко В. Є. Інженерна графіка : [підручник] / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М.; за ред. В. Є. Михайленка. – К. : «Каравела», 2008. – 272 с.
6. Збірник задач з інженерної та комп'ютерної графіки : [навчальний посібник] / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан; за ред. В. Є. Михайленка. – К. : Вища шк., 2002. – 300 с.
7. Михайленко В. Є. Інженерна та комп'ютерна графіка : [підручник] / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан.; за ред. В. Є. Михайленка. – К. : Вища шк., 2001. – 350 с.
8. Нарисна геометрія : [підручник] / В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстифєєв, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко.; за ред. В. Є. Михайленка. – К. : Вища шк., 1993. – 271 с.
9. Павлова А. А. Начертательная геометрия : [учебник] / Павлова А. А. – М. : ООО «Издательство Астрель»; ООО «Издательство АСТ», 2001. – 304 с.
10. Методичні вказівки до виконання графічних робіт з нарисної геометрії. / Вітюк О. П., Кормановський С. І., Пашенко В. Н. – Вінниця : ВДТУ, 1994. – 64 с.
11. Начертательная геометрия : [Учеб. для вузов – 6 изд.] / Н. Н. Крылов., Г. С. Иконникова, В. Л. Николаев, Н. М. Лаврухина; под ред. Н. Н. Крылова. – М. : Высш. шк., 1990. – 240 с.
12. Бубырь Ю. В. Начертательная геометрия : [Учебно-методические материалы для самостоятельного изучения курса] / Бубырь Ю. В., Пресис А. М. – Харьков : УЗПИ, 1989. – 306 с.
13. Лагерь А. И. Инженерная графика : Учеб. для инж.-техн. спец. вузов / Лагерь А. И., Колесникова Э. А. – М. : Высш. шк., 1985. – 176 с.

УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК НАЙБІЛЬШ УЖИВАНИХ ТЕРМІНІВ

Українська	Російська	Англійська
Алгоритм	Алгоритм	Algorithm
Багатокутник	Многоугольник	Polygon
Вертикальна лінія	Вертикальная линия	Vertical line
Видимість	Видимость	Visibility
Визначник поверхні	Определитель поверхности	Surface determinant
Виріб	Изделие	Good
Відображення	Отображение	Map
Відрізок	Отрезок	Segment
Відсік	Отсек	Compartment
Відстань	Расстояние	Distance
Вісь, ось	Ось	Axis
Гвинтова поверхня	Винтовая поверхность	Helical surface
Генератор	Генератор	Generator
Гіперболічний параболоїд	Гиперболический параболоид	Hyperbolic paraboloid
Гіпотенуза	Гипотенуза	Hypotenuse
Головне вікно	Главное окно	Main window
Горизонтальна лінія	Горизонтальная линия	Horizontal line
Горизонтальна площина	Горизонтальная плоскость	Horizontal plane
Горизонтальна пряма	Горизонтальная прямая	Horizontal straight line
Грань	Грань	Face
Графіка	Графика	Graphics
Графічний редактор	Графический редактор	Graphics editor
Датчик	Датчик	Sensor
Діалогове вікно	Диалоговое окно	Dialog window
Діод	Диод	Diode
Довжина	Длина	Length
Допоміжна площина	Вспомогательная плоскость	Auxiliary plane
Електронна адреса	Электронный адрес	Email
Електронний ключ	Электронный ключ	Electronic key
Елемент схеми	Элемент схемы	Element of chart
Еліпс	Эллипс	Ellipse
Ешпор	Эшпор	Epure
Задача	Задача	Task
Заявка	Заявка	Request
Зображення графічне	Изображение графическое	Image graphic
Інженерна графіка	Инженерная графика	Engineering Graphics
Інструментальні засоби	Инструментальные средства	Instrumental tools
Катет	Катет	Leg
Квадрат	Квадрат	Square
Кінематичний	Кинематический	Kinematic
Класифікація схем	Классификация схем	Classification of chart
Код схеми	Код схемы	Code of chart
Коло	Окружность	Circle

Команда	Команда	Command
Комп'ютерна графіка	Компьютерная графика	Computer graphics
Конденсатор	Конденсатор	Condenser
Коноїд	Коноид	Conoid
Конус	Конус	Cone
Координата	Координата	Coordinate
Корпус	Корпус	Corps
Котушка	Катушка	Spool
Креслення	Чертеж	Draft
Крива лінія	Кривая линия	Curve
Крива поверхня	Кривая поверхность	Curve surface
Курс дистанційний	Курс дистанционный	Course is distance
Курсор	Курсор	Cursor
Кут	Угол	Angle
Лінія	Линия	Line
Лінія взаємозв'язку	Линия взаимосвязи	Line of interconnection
Лінія виведення	Линия вывода	Line of conclusion flow
Лінія зв'язку	Линия связи	Communication line
Лінія обриву	Линия обрыва	Line of precipice
Лінія суцільна	Линия сплошная	Line of continuous
Лінія штрихова	Линия штриховая	Line stroke
Лінія штрихпунктирна	Линия штрихпунктирная	Dash-dotted
Лічильник	Счетчик	Meter
Логіка	Логика	Logic
Масштаб	Масштаб	Scale
Масштаб збільшення	Масштаб увеличения	Scale of increase
Масштаб зменшення	Масштаб уменьшения	Scale of diminishing
Меридіан	Меридиан	Meridian
Метод проєкцій	Метод проєкций	Projection method
Мимобіжні прями	Скрещивающиеся прямые	Crossed lines
Мікросхема	Микросхема	Microcircuit
Мікросхема аналогова	Микросхема аналоговая	Analogy microcircuit
Мікросхема цифрова	Микросхема цифровая	Digital microcircuit
Мікрофон	Микрофон	Microphone
Множина	Множество	Set
Моделювання	Моделирование	Modeling
Напрямна	Направляющая	Directing
Нахил	Наклон	Inclination
Обертання	Вращение	Rotation
Обрис	Очертание	Outline
Одиниця вимірювання	Единица измерения	Metage
Окреме положення	Частное положение	Particular position
Пам'ять	Память	Memory
Панель інструментів	Панель инструментов	Bar of tools
Панель керування	Панель управления	Control panel
Паралель	Параллель	Parallel
Паралельність	Параллельность	Parallelism
Параметри листа	Параметры листа	Parameters of paper
Перелік елементів	Перечень элементов	List of elements

Переріз	Сечение	Cut
Перетворювач	Преобразователь	Transformer
Перетин	Пересечение	Intersection
Перпендикулярність	Перпендикулярность	Perpendicularity
Площина	Плоскость	Plane
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
Позиційний	Позиционный	Positional
Позначення буквено-цифрове	Обозначение буквенно-цифровое	Alphanumeric Denotation
Позначення умовне	Обозначение условное	Conditional denotation
Початок координат	Начало координат	Coordinate origin
Прилад	Прибор	Device
Пристрій	Устройство	Device
Програма	Программа	Program
Проекціювання	Проецирование	Projection
Проекція точки	Проекция точки	Foot
Промінь	Луч	Ray
Профільна площина	Профильная плоскость	Profile plane
Процедура	Процедура	Procedure
Процесор	Процессор	Processor
Пряма лінія	Прямая линия	Straight line
Пряма рівня	Прямая уровня	Level line
Прямий кут	Прямой угол	Right angle
Прямокутне проєкціювання	Прямоугольное проецирование	Rectangular projection
Прямокутник	Прямоугольник	Rectangle
Радіус	Радиус	Radius
Ребро	Ребро	Edge
Регістр	Регистр	Register
Резистор	Резистор	Resistor
Рисунок	Рисунок	Figure
Різниця	Разность	Difference
Розгортка	Развертка	Evolvent
Розмір	Размер	Size
Рух	Движение	Movement
Світлодіод	Светодиод	Light-emitting diode
Система координат	Система координат	System of co-ordinates
Система площин проєкцій	Система плоскостей проециций	System of projection planes
Січна площина	Секущая плоскость	Intersecting plane
Складова частина	Составная часть	Component part
Слід площини	След плоскости	Plane trace
Слід прямої	След прямой	Line trace
Стабілітрон	Стабилитрон	Zener
Стандарт	Стандарт	Standard

Сфера	Сфера	Sphere
Схема	Схема	Chart
Схема алгоритму	Схема алгоритма	Chart of algorithm
Схема загальна	Схема общая	General chart
Схема інтегральна	Схема интегральная	Integrated circuit
Схема підключення	Схема подключения	Connection chart
Схема принципова	Схема принципиальная	Principle chart
Схема структурна	Схема структурная	Flow diagram
Схема функціональна	Схема функциональная	Functional diagram
Твірна	Образующая	Generatrix
Товщина	Толщина	Thickness
Тор	Тор	Torus
Торсова поверхня	Торсовая поверхность	Torso surface
Точка	Точка	Point
Транзистор	Транзистор	Transistor
Трансформатор	Трансформатор	Transformer
Трикутник	Треугольник	Triangle
Умовні позначення	Условные обозначения	Conditional denotations
Фаска	Фаска	Chamfer
Форма	Форма	Shape
Формат листа	Формат листа	Paper format
Фотоелемент	Фотоэлемент	Photocell
Фронтальна площина	Фронтальная плоскость	Frontal plane
Фронтальна пряма	Фронтальная прямая	Frontal line
Функціональна група	Функциональная группа	Functional group
Функціональна частина	Функциональная часть	Functional part
Функціональний ланцюг	Функциональная цепь	Functional circuit
Функція	Функция	Function
Центральне проєкціювання	Центральное проецирование	Central projection
Циліндр	Цилиндр	Cylinder
Циліндроїд	Цилиндроид	Cylindroid
Ширина	Ширина	Width
Шифратор	Шифратор	Encoder

Навчальне видання

**Кормановський Сергій Іванович
Козачко Олексій Миколайович
Козачко Анна Олексіївна**

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено О. Козачко

Підписано до друку 04.01.2016 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 11,4.
Наклад 75 пр. Зам. № 2016-004.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-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) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.