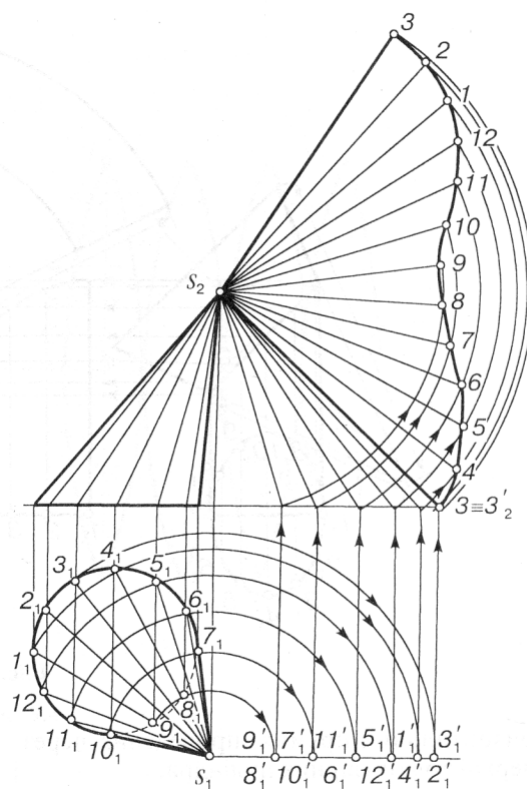


Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

Т. Є. Киркач, А. О. Радченко

Інженерна графіка

Методичні вказівки до виконання індивідуальних розрахунково-графічних
завдань для студентів заочної форми навчання за напрямом підготовки
6.060101 „Будівництво”



Харків ХНАМГ 2009

Методичні вказівки до виконання індивідуальних розрахунково-графічних завдань з курсу «Інженерна графіка» (для студентів заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; Авт.: Киркач Т. Є., Радченко А. О. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 72 с.

Укладачі: Киркач Тетяна Євгенівна,
Радченко Алла Олександрівна

Рецензент: к.т.н. проф. В. І. Лусь

Рекомендовано кафедрою інженерної та комп'ютерної графіки,
протокол №1 від 29 серпня.2008 р.

У методичних вказівках наведено короткі теоретичні відомості з кожної теми курсу інженерної графіки, вправи для самоперевірки, типові приклади та хід розв'язання, запропоновано багатоваріантні завдання для комплексних графічних робіт з прикладами виконання кожного з них.

ЗМІСТ

1. Загальні методичні вказівки	4
1.1 Вступ	4
1.2 Скорочений зміст програми курсу «Інженерна графіка»	4
1.3 Вказівки до оформлення контрольних робіт №1 та №2	5
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи №1	5
2.1 Розв'язання позиційних та метричних задач	10
2.1.1 Пряма рівня в площині	10
2.1.2 Перетворення комплексного креслення способом заміни площин проекцій	10
2.2 Розв'язання комплексних задач	20
2.2.1 Проектування поверхонь та точок на них	20
2.2.2 Перетин поверхонь площиною	23
2.2.2 Взаємний перетин поверхонь	29
2.3 Питання для самоперевірки до контрольної роботи №1	36
3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи №2	36
3.1 Вказівки до виконання завдання «Проекційне креслення»	36
3.1.1 Завдання 1а	44
3.2 Вказівки до виконання завдання «Проекційне креслення», побудова аксонометрії деталі	45
3.2.1 Завдання 1б. Побудова аксонометрії деталі з вирізом $\frac{1}{4}$ її частки	49
3.3 Вказівки до виконання завдання «Проекції з числовими позначками»	50
3.3.1 Умови та вирішення задач	50
3.4 Питання для самоперевірки до контрольної роботи №2	61
4. Література	62
5. Додаток 1	63

1. Загальні методичні вказівки

1.1 Вступ

Інженерна графіка – одна з дисциплін, що складають основу підготовки інженерів будівельних спеціальностей. Основні задачі курсу інженерної графіки – це навчити студента:

- а) використовувати графічні методи при розв’язанні інженерних задач;
- б) грамотно складати креслення деталей, вузлів будівельних конструкцій, будівель і споруд та вміти читати креслення;

Теоретичною базою курсу інженерної графіки є нарисна геометрія – розділ, де надаються способи побудови проєкційних зображень, з яких складаються креслення.

В розділі „Технічне креслення” курсу інженерної графіки вивчаються загальні правила виконання креслень згідно з державними стандартами (ГОСТ ЕСКД).

1.2 Скорочений зміст програми курсу „Інженерна графіка”

Елементи нарисної геометрії

Метод проєкцій. Види проєкцій та їх властивості. Комплексне креслення точки.

Комплексне креслення прямої довільного та особливого положення. Визначення справжньої величини відрізка прямої лінії та кутів нахилу її до площин проєкцій. Взаємне положення двох прямих. Визначення видимості геометричних елементів на епюрі.

Площина, способи завдання її на кресленні. Класифікація площин. Належність прямої і точки площині. Прямі особливого положення в площині. Перетин двох площин.

Способи перетворення проєкцій. Спосіб заміни площин проєкцій. Розв’язування метричних і позиційних задач способом заміни площин проєкцій.

Поверхні. Грані поверхні. Криві поверхні – лінійчаті і поверхні обертання. Точка і лінія на поверхні. Взаємний перетин поверхонь. Розгортка призматичних (циліндричних) та пірамідальних (конічних) поверхонь.

Аксонетричні проєкції. Прямокутні аксонетричні проєкції.

Проєкції з числовими позначками. Розв’язання позиційних та метричних задач в проєкціях з числовими позначками.

Елементи технічного креслення

Загальні відомості про вироби та креслення. Відомості про державні стандарти.

Оформлення креслень: формати креслень (ГОСТ 2.301-68), основний напис (ГОСТ 2.104-68), типи ліній (ГОСТ 2.303-68), масштаби (ГОСТ 2.302-68), шрифти креслярські (ГОСТ 2.304-81), нанесення розмірів (ГОСТ 2.307-68).

Зображення: види, розрізи, перерізи, виносні елементи (ГОСТ 2.305-68). Стандартні аксонометричні проекції (ГОСТ 2.317-69).

1.3 Вказівки до оформлення контрольних робіт №1 та №2

Номер варіанта при виконанні контрольної роботи визначається як остання цифра номера (шифру) студентського квитка. Наприклад, якщо номер студентського квитка 952314, то слід виконувати 4-ий варіант завдань, а якщо шифр квитка 952320 – то 10-ий варіант.

Контрольна робота повинна бути виконана в повному обсязі, оформлена титульним аркушем (рис. 1) та „Змістом” (рис. 2, рис. 3). Усі аркуші мають бути зшиті в альбом і покладені до папки.

В такому вигляді робота відсилається до академії на рецензію. Усі текстові і графічні документи виконуються згідно з вимогами СПДС та ЕСКД, олівцем, за допомогою креслярських інструментів, на стандартних аркушах креслярського паперу.

Додаткові вимоги до оформлення графічних завдань зазначені далі в розділах 2 та 3.

2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи №1

Контрольна робота №1 складається з дев'яти задач, які виконуються за варіантом, на креслярському папері. Задачі №№ 1 - 4, 6 - 7 слід виконувати на форматі А4 (297x210 мм) кожну. Задачу №5 – на трьох форматах А4. Задачі №№ 8 – 9 – на форматі А3 (297 x 420 мм) кожну. Формат креслярського паперу оформлюють рамкою і основним написом (рис. 4). Формат А3 розміщують горизонтально. Два формати А4 можна розташувати на одному форматі А3, але кожний з форматів А4 оформлюється окремою рамкою і основним написом.

Задача повинна мати номер, повний текст умови і креслення з усіма необхідними позначеннями (рис. 5). Усі графічні побудови повинні виконуватися тільки за допомогою креслярських інструментів, олівцем, на креслярському папері.

5		
15	Міністерство науки і освіти України	
5	Харківська національна академія	
8	міського господарства	
5		
5	Факультет : заочний	
5	Кафедра : інженерної та	
5	комп'ютерної графіки	
3,5		
40		
5	Контрольна робота №1	
8	ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА	
7		
8	ХНАМГ. МБГ 209584.27.К.р. 1.4	
5		
20		
5	Викладач	ст. викл. Орлов В.О.
5	Студент	Сизов К.М.
5		
10	Харків , 2009	
5		

Рис. 1.

[illegible]

Дркуш 2. Зміст.

Контрольна робота №1.

Дркуш3. Лінії рівня в площині: задача n1.

Перетворення КК способом заміни площин проєкцій: задача №2.

Аркуш 4. Перетворення КК способом заміни площин проекцій: задачі N3 та N4.

Аркуш 5. Проекціювання поверхонь і точок на них: задача N5.

Аркуш 6. Проекціювання поверхонь і точок на них: задача №5 (продовження).

Дркуш 7. Проекціювання поверхонь зі зрізами:
задача №6 та задача №7.

Држш 8. Перетин поверхонь: задача №8

Аркуш 9. Перетин поверхонь: задача №9.

Аркуч 10. Залікова робота.

				ХНАМГ. МБГ 209584.27. КР 1.4			
				Контрольна робота м Інженерна графіка	стадія	аркуш	аркушів
					У	2	10
перевір.	Орлов						
виконав	Тютюв						

Рис. 2

Зміст.

Аркуш 1. Титульний аркуш.

Аркуш 2. Зміст.

Контрольна робота №2.

Аркуш 3. Проекційне креслення. Побудова по двом зображенням третього вида та справжньої величини похилого перерізу: завдання 1а.

Аркуш 4. Побудова аксонометрії деталі з вирізом $1/4$ її частини: завдання 1б.

Аркуш 5. Позиційні задачі в проекціях з числовими позначками: задачі №1 та №2.

Аркуш 6. Позиційні задачі в проекціях з числовими позначками: задачі №3 та №4.

Аркуш 7. Позиційні задачі в проекціях з числовими позначками: задачі №5 та №6.

Аркуш 8. Побудова границь укосу нахилу та виїмки ґрунту: задача №7.

Аркуш 9. Залікова робота.

				ХНАМГ. МБГ 209584.27. КР 2.4			
				Контрольна робота №2. Інженерна графіка	стадія	аркуш	аркушів
					У	2	9
перевір.	Орлов			Кафедра ІКТ			
виконав.	Титов						

Рис. 3

Форма 2

Форма 3

Форма 4 . Приклад заповнення форми.

Рис. 4

Усі надписи, окремі літери і цифри позначень геометричних елементів повинні бути виконані згідно ГОСТ 2.304-81 стандартним шрифтом №5 або №7. Проекції точок позначають колом, діаметр якого 1-1.5 мм і підписувати прописними літерами латинської абетки або арабськими цифрами. Висота індексів, що позначають проекції елементів, повинна бути 2.5 мм. При розв'язуванні задач розміри вихідного креслення мають бути пропорційно збільшені з умовою раціонального використання формату. В вихідних

кресленнях умов задач усі лінії виконані без врахування видимості. Приклад оформлення титульного листа надано на рис. 1.

Далі в розділах 2.1 і 2.2 „Методичних вказівок” надані умови усіх задач за варіантами, які входять в контрольну роботу №1, і наведені приклади їх розв’язування.

2.1 Розв’язання позиційних та метричних задач

2.1.1 Прямі рівня в площині

Горизонталь – пряма, що лежить у площині й паралельна горизонтальній площині проєкцій.

Фронталь – пряма, що лежить у площині й паралельна фронтальній площині проєкцій.

У системі двох площин проєкцій горизонталь $h (h_1, h_2)$ має лише один фронтальний слід $N (N_1, N_2)$, який лежить на фронтальному сліді площини; її фронтальна проєкція паралельна осі OX , а горизонтальна – горизонтальному сліду площини.

Фронталь $f (f_1, f_2)$ має лише один горизонтальний слід $M (M_1, M_2)$, який лежить на горизонтальному сліді площини; її горизонтальна проєкція паралельна осі OX , а фронтальна – фронтальному сліду площини.

Задача №1. Через довільну точку площини провести горизонталь h та фронталь f (рис. 5).

Розв’язування. Побудову горизонталі h починаємо з побудови її фронтальної проєкції h_2 . Через точку A_2 проводимо фронтальну проєкцію h_2 паралельно осі OX і визначаємо точку перетину I_2 з фронтальною проєкцією B_2C_2 . За допомогою ліній проєкційного зв’язку на горизонтальній проєкції B_1C_1 визначаємо положення горизонтальної проєкції точки I_1 . Проводимо горизонтальну проєкцію горизонталі h_1 через точки A_1 та I_1 . При побудові фронталі $f (f_1, f_2)$, враховуючи те, що $f_1 \parallel OX$, починаємо з побудови f_1 .

Варіанти задачі №1 надані у таблиці 1.

2.1.2 Перетворення комплексного креслення способом зміни площин проекцій

Основи способу: введення додаткових площин проекцій так, щоб плоский геометричний образ, не змінюючи свого положення в просторі, опинився в якомусь особливому положенні в новій системі площин проекцій.

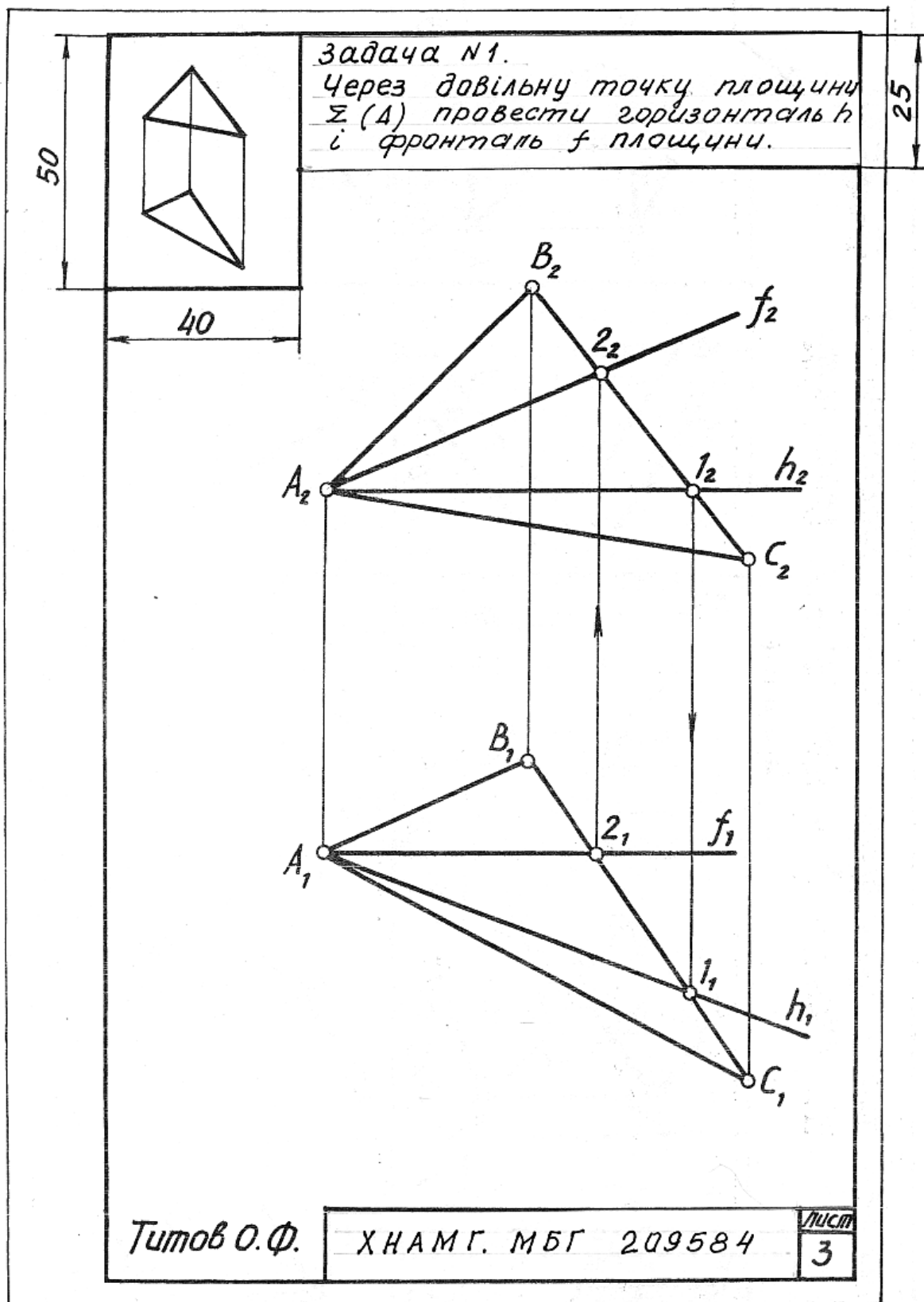


Рис. 5.

Таблиця 1

Задача №1. Через довільну точку площини Σ провести горизонталь **h** і фронталь **f** площини.

<p>$\Sigma(\triangle ABC)$</p>	1	<p>$\Sigma(ABCD)$</p>	2	<p>$\Sigma(AB, C)$</p>	3	<p>$\Sigma(a \parallel b)$</p>	4	<p>$\Sigma(m \cap n)$</p>	5
<p>$\Sigma(m \cap n)$</p>	6	<p>$\Sigma(\triangle ABC) \perp \pi_2$</p>	7	<p>$\Sigma(a \parallel b) \perp \pi_1$</p>	8	<p>$\Sigma(\triangle ABC) \perp \pi_1$</p>	9	<p>$\Sigma(a \parallel b) \perp \pi_2$</p>	10

Положення точок, ліній, плоских фігур у просторі не змінюється, а система Π_1, Π_2 доповнюється площинами, які утворюють з Π_1 або Π_2 або між собою системи двох взаємно перпендикулярних площин, які приймають за площини проєкцій.

Наприклад, при заміні площини Π_2 на Π_4 для побудови проєкції точки A_4 (рис. 6) необхідно: 1) провести через незмінну проєкцію точки A_1 лінію проєкційного зв'язку до площини Π_4 перпендикулярно осі X_{14} ; 2) взяти відстань Z_A від проєкції точки A_2 до осі X_{12} і відкласти по лінії проєкційного зв'язку від осі X_{14} на площину Π_4 .

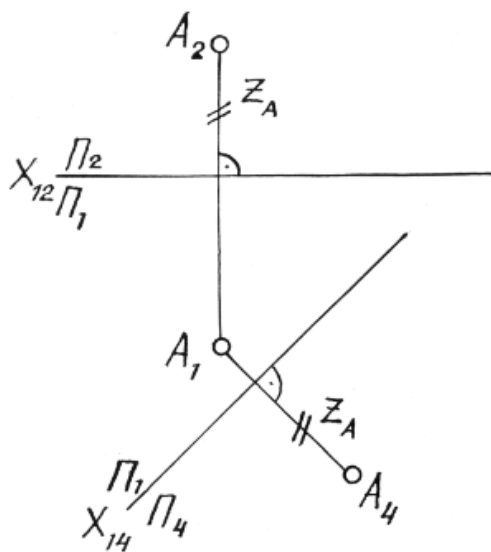


Рис. 6.

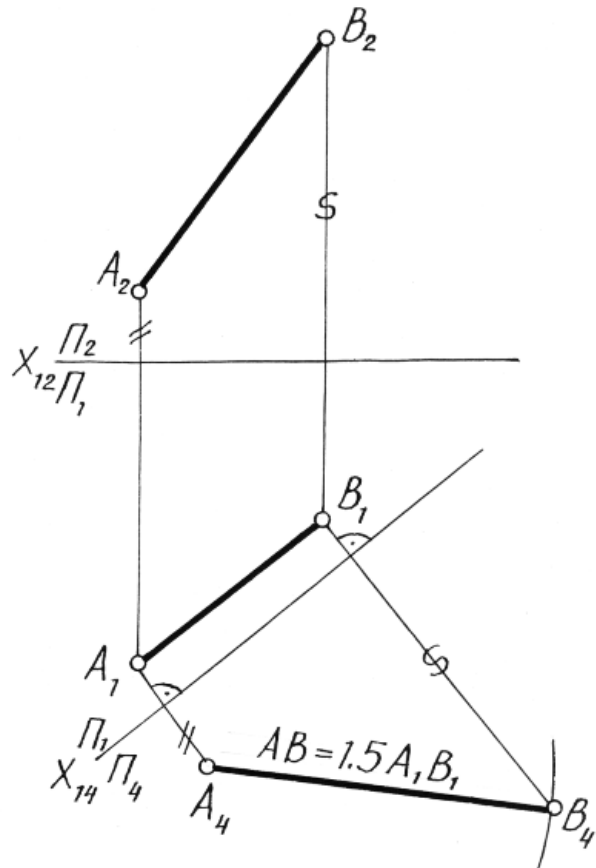


Рис. 7.

Заміною однієї площини проєкцій можна: а) пряму довільного положення перетворити на лінію рівня, якщо нову площину проєкцій вибрати паралельно заданій прямій. Тоді на епюрі вісь нової системи буде паралельна відповідній проєкції прямої (рис. 7); б) лінію рівня перетворити на проєкційну пряму, якщо нову площину проєкцій вибрати перпендикулярно до неї. На епюрі вісь нової системи проходить під прямим кутом до тієї проєкції лінії рівня, яка є її справжньою величиною; в) площину загального положення перетворити на проєкційну, якщо нову площину проєкцій вибрати перпендикулярно до лінії рівня заданої площини; г) проєкційну площину перетворити на площину рівня, якщо нову площину проєкцій вибрати паралельно проєкційній площині. На епюрі вісь нової системи паралельна сліду – проєкції заданої площини.

Послідовно зміною двох площин проєкцій можна: а) пряму довільного положення перетворити на проєкційну. Першою заміною вона перетворюється на лінію рівня, а відтак – на проєкційну; б) площину довільного положення перетворити на площину рівня. Першою заміною площина перетворюється на проєкційну, а наступною – на площину рівня.

Задача №2. Побудувати точку K перетину прямої l з площиною Σ . Визначити видимість ділянок прямої.

Розв'язання. Якщо площина $\Sigma (\triangle ABC)$ у новій системі площин проєкцій буде проєкційною, то точку перетину прямої l з цією площиною можна визначити на епюрі без додаткової побудови. Тому змінюємо площину проєкцій Π_2 на Π_4 так, щоб площина $\Sigma (\triangle ABC)$ стала фронтально-проєкційною. У зв'язку з цим площина Π_4 має бути перпендикулярна не лише до площини Π_1 , а й до $\Sigma (\triangle ABC)$. Для цього у площині $\Sigma (\triangle ABC)$ будемо горизонталь h (h_1, h_2) і вісь нової системи X_{14} проводимо перпендикулярно h_1 (рис. 8). Одночасно на прямій l беремо довільний відрізок DE (D_1E_1, D_2E_2) і будемо нову проєкцію l_4 (D_4E_4). Точка перетину K_4 відрізка $A_4B_4C_4$ з відрізком D_4E_4 це і є проєкція шуканої точки K – точки перетину прямої l з площиною $\Sigma (\triangle ABC)$. Точку K зворотнім проєкціюванням вертаємо на первинні проєкції ($K_4 \rightarrow K_1 \rightarrow K_2$).

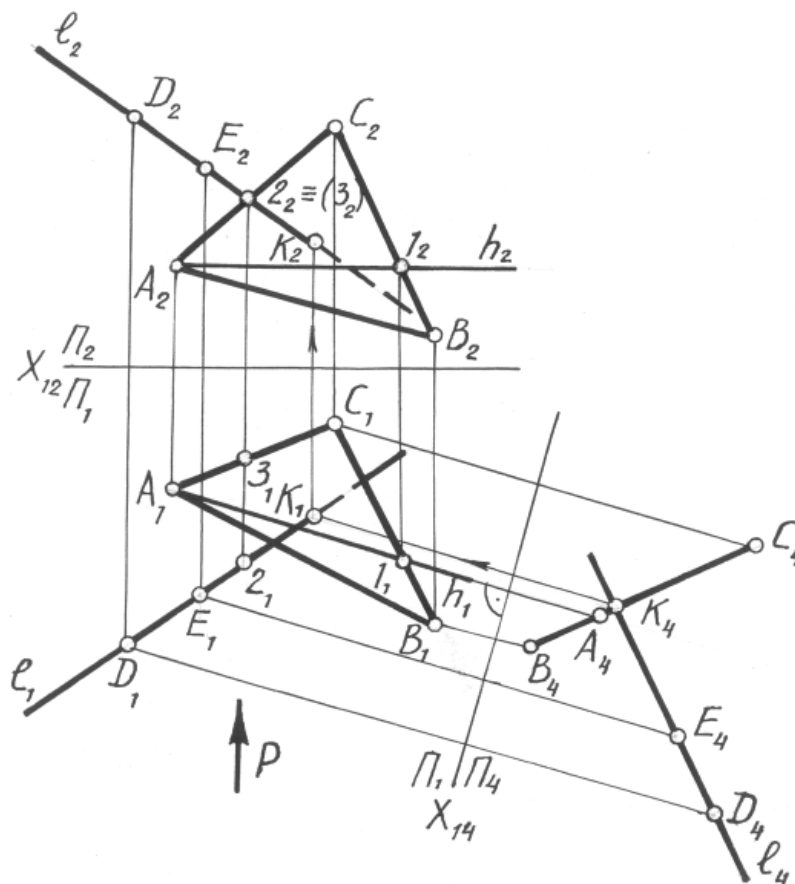


Рис. 8.

Для визначення видимості ділянок прямої l відносно точки K скористаємося конкуруючими точками на мимобіжних прямих, якими є пряма l та сторони трикутника AB , BC та AC . Видимість визначається на кожній площині проєкцій окремо. Так, для визначення видимості на Π_2 , розглянемо пару конкуруючих точок: точку 2 ($2_1, 2_2$), яка належить прямій l , та точку 3 ($3_1, 3_2$), яка належить відрізку AC (A_1C_1, A_2C_2). Точки 2 і 3 однаково віддалені від горизонтальної площини проєкцій, але їх відстані від фронтальної площини проєкцій різні. Точка 2 розташована далі від площини проєкцій Π_2 , ніж точка 3; це бачимо з горизонтальних проєкцій 2_1 і 3_1 . Отже, відрізок KD розташований далі від площини проєкцій Π_2 , ніж відрізок AC . Це дозволяє зробити нам такий висновок: на епюрі проєкція l_2 прямої l на відрізку D_2K_2 видима, а праворуч точки K_2 невидима. Для визначення видимості на площині проєкцій Π_1 зручно скористатися системою площин проєкцій Π_1/Π_4 .

Варіанти задачі №2 надані в таблиці 2.

Задача №3. Визначити справжню величину трикутника ABC .

Розв'язання. Відомо, що плоска фігура проєкціюється в справжню величину тоді, коли вона паралельна будь-якій площині проєкцій. Для розв'язання цієї задачі необхідно замінити обидві площини проєкцій, тому що в системі Π_1/Π_2 трикутник ABC займає довільне положення.

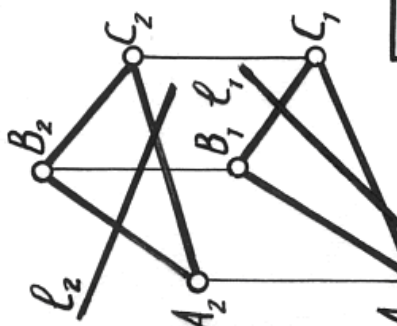
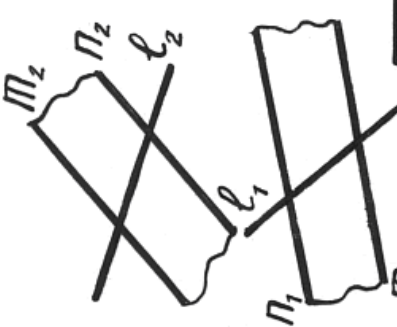
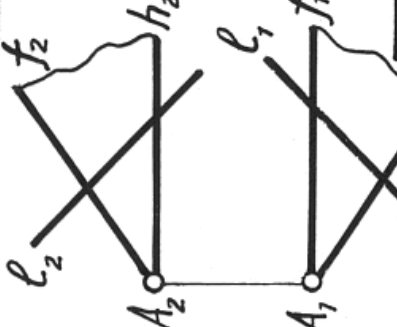
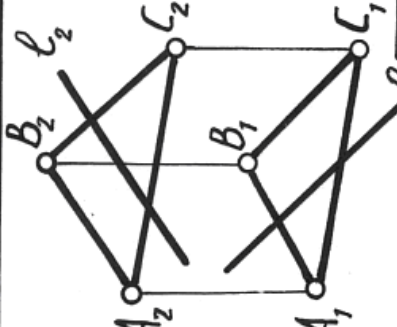
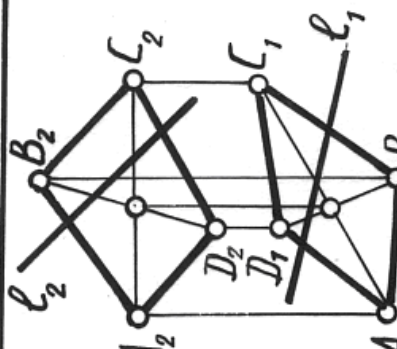
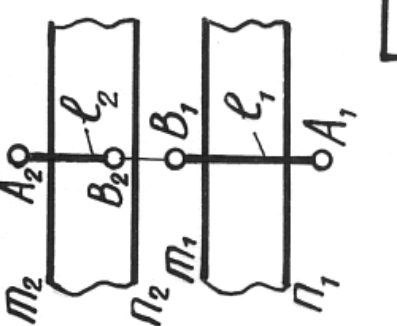
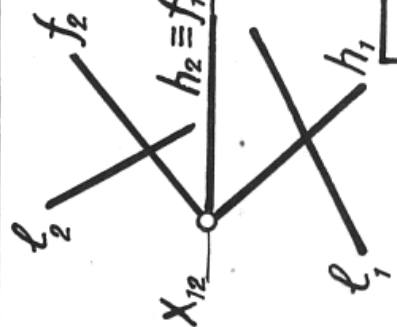

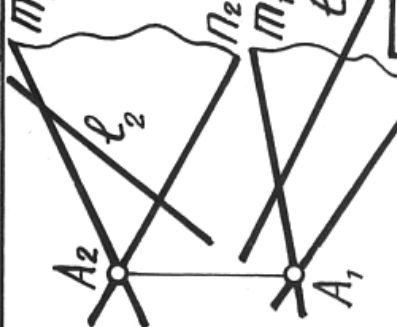
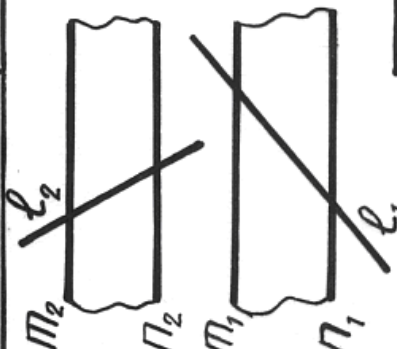
Спочатку вводимо таку площину проєкцій, до якої трикутник був би перпендикулярним, тобто спроєкціювався би у пряму. Потім вводимо ще одну площину проєкцій паралельно площині трикутника ABC . Щоб трикутник зайняв положення, перпендикулярне до нової площини проєкцій, використаємо горизонталь, яку для зручності проведемо через точку A (проєкції горизонталі A_1I_1 , A_2I_2) (рис. 9). Спочатку замінимо площину проєкцій Π_2 на Π_4 ; нова вісь проєкцій X_{14} буде перпендикулярна до горизонтальної проєкції A_1I_1 горизонталі AI . Будуємо відомим способом проєкцію $A_4B_4C_4$ трикутника в системі Π_1/Π_4 . Вершини трикутника виявилися на одній прямій. Це означає, що площина трикутника перпендикулярна до площини Π_4 . Потім виконуємо другу заміну площин проєкцій заміною площини Π_1 на Π_5 , перпендикулярної до Π_4 , при цьому площина Π_5 повинна бути паралельна площині трикутника ABC . У цьому випадку вісь проєкцій X_{45} паралельна проєкції трикутника $A_4B_4C_4$. Нарешті, будуємо в системі Π_4/Π_5 проєкцію $A_5B_5C_5$ трикутника ABC , яка є його справжньою величиною.

Варіанти задачі №3 надані в таблиці 3.

Задача №4. Визначити справжню величину і проєкції a) відстані від точки A до прямої l (варіанти 1-5); $б$) відстані між двома паралельними прямими m і n (варіанти 6-10).

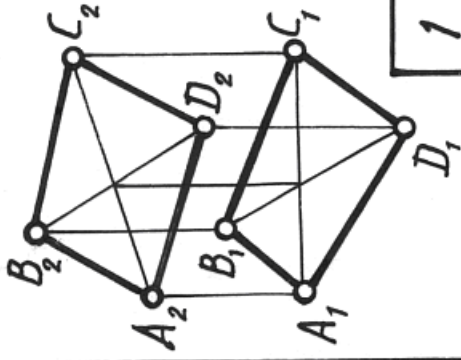
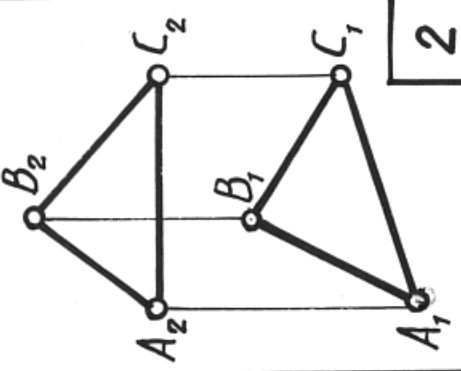
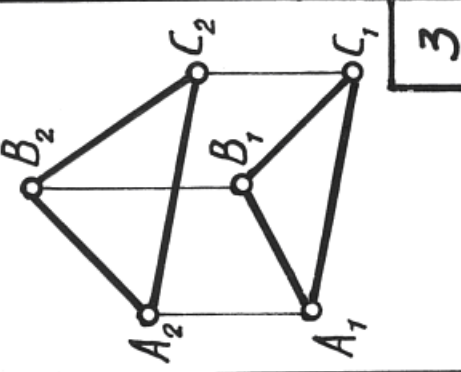
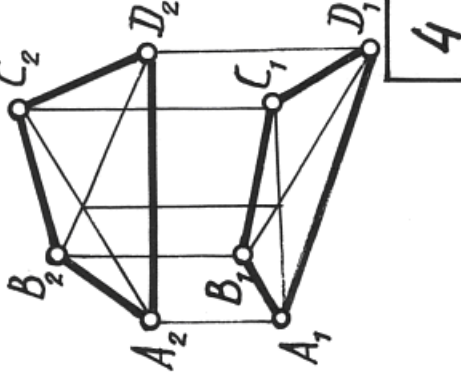
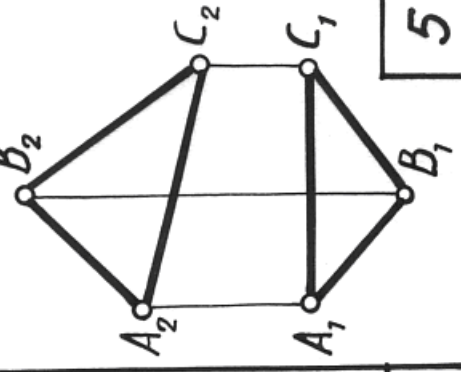
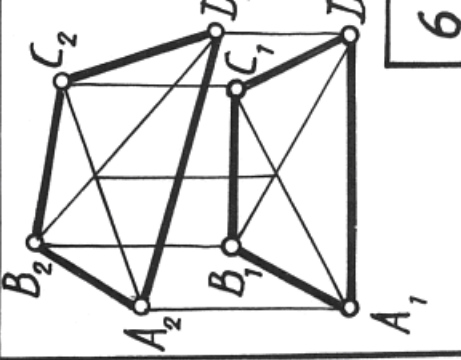
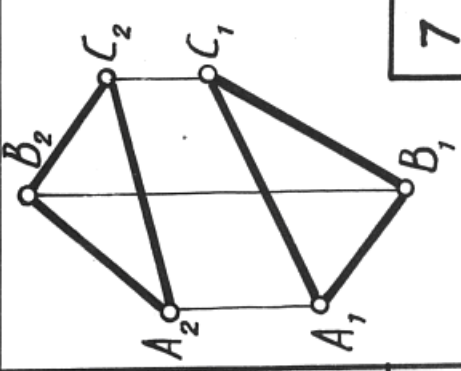
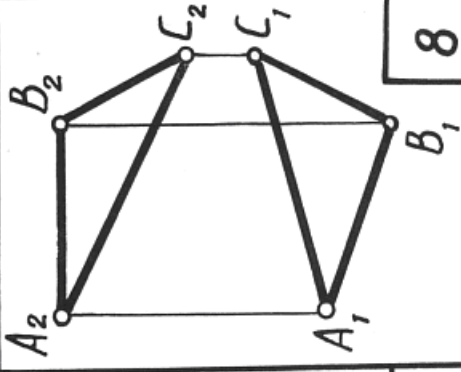
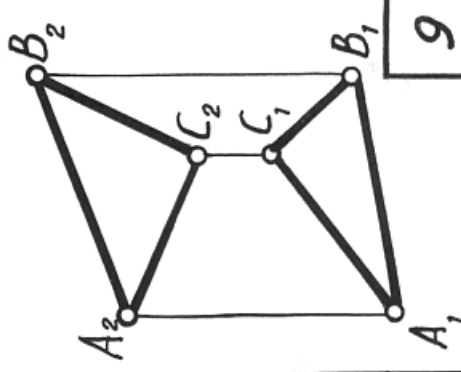
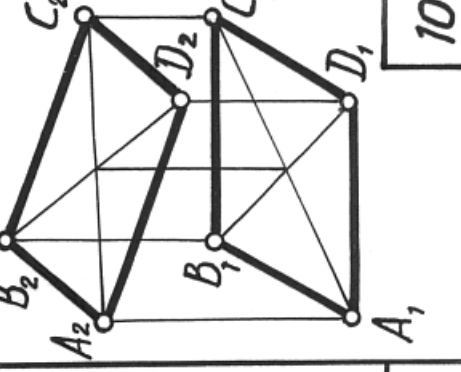
Таблиця 2

Задача №2. Побудувати точку K перетину прямої ℓ з площиною Σ . Визначити видимість ланок прямої.

 <p>$\Sigma(\triangle ABC)$ 1</p>	 <p>$\Sigma(m \parallel n)$ 2</p>	 <p>$\Sigma(h \cap f)$ 3</p>	 <p>$\Sigma(\triangle ABC)$ 4</p>	 <p>$\Sigma(ABCD)$ 5</p>
 <p>$\Sigma(m \parallel n)$ 6</p>	 <p>$\Sigma(h \cap f)$ 7</p>	 <p>$\Sigma(m \parallel n)$ 8</p>	 <p>$\Sigma(m \cap n)$ 9</p>	 <p>$\Sigma(m \parallel n)$ 10</p>

Таблиця 3.

Задача №3. Визначити натуральну величину плоскої фігури.

					1	2	3	4	5
					6	7	8	9	10

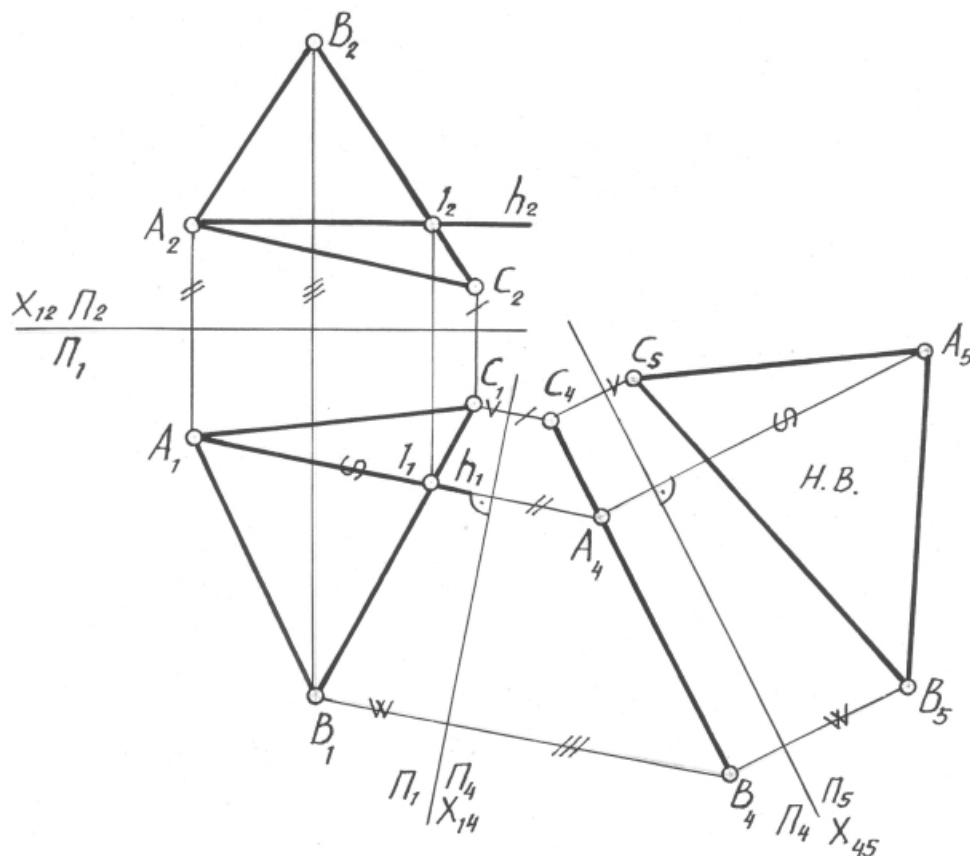


Рис. 9

Розв'язання. а) Відстань від точки до прямої вимірюється відрізком перпендикуляра, проведеного з точки на пряму. Якщо пряма перпендикулярна до якоїсь площини, то відстань від точки до прямої вимірюється відстанню між проекцією точки і точкою, в яку проекціюється пряма на цю площину. Якщо пряма займає в системі Π_1/Π_2 загальне положення, то, щоб визначити відстань від точки до прямої, потрібно ввести в систему Π_1/Π_2 дві додаткові площини проєкцій.

Спочатку вводимо площину Π_4 , паралельну до прямої l (нова вісь X_{14} паралельна l_1), і будуємо відомим способом проєкції l_4 і A_4 (рис. 10). Далі вводимо ще одну площину проєкцій Π_5 , перпендикулярну до прямої l (нова вісь X_{45} перпендикулярна до l_4). Будуємо проєкцію прямої l_5 і точки A_5 . Відстань між точкою та прямою вимірюється відрізком AK перпендикуляра, проведеного з точки A на пряму l . Відстань між точками A_5 і K_5 дорівнює відстані від точки A до прямої l . На епюрі $A_4K_4 \perp l_4$, K_1 та K_2 будуємо за допомогою ліній проєкційного зв'язку на проєкціях l (l_1, l_2).

б) Відстань між двома паралельними прямими вимірюється відрізком спільного перпендикуляра. Отже, якщо взяти довільну точку на одній з паралельних прямих (наприклад, на m), то рішенням задачі стає визначення відстані від цієї точки до прямої n (дивись задачу а).

Варіанти задачі №4 надані в таблиці 4.

Таблиця 4.

Задача №4. Способом заміни площин проекцій визначити натуральну величину і проєкції:

а) відстані від точки **A** до прямої **ℓ** (варіанти 1-5); б) відстань між прямими **m** та **n** (варіанти 6-10).

<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	<p>5</p>
<p>6</p>	<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>10</p>

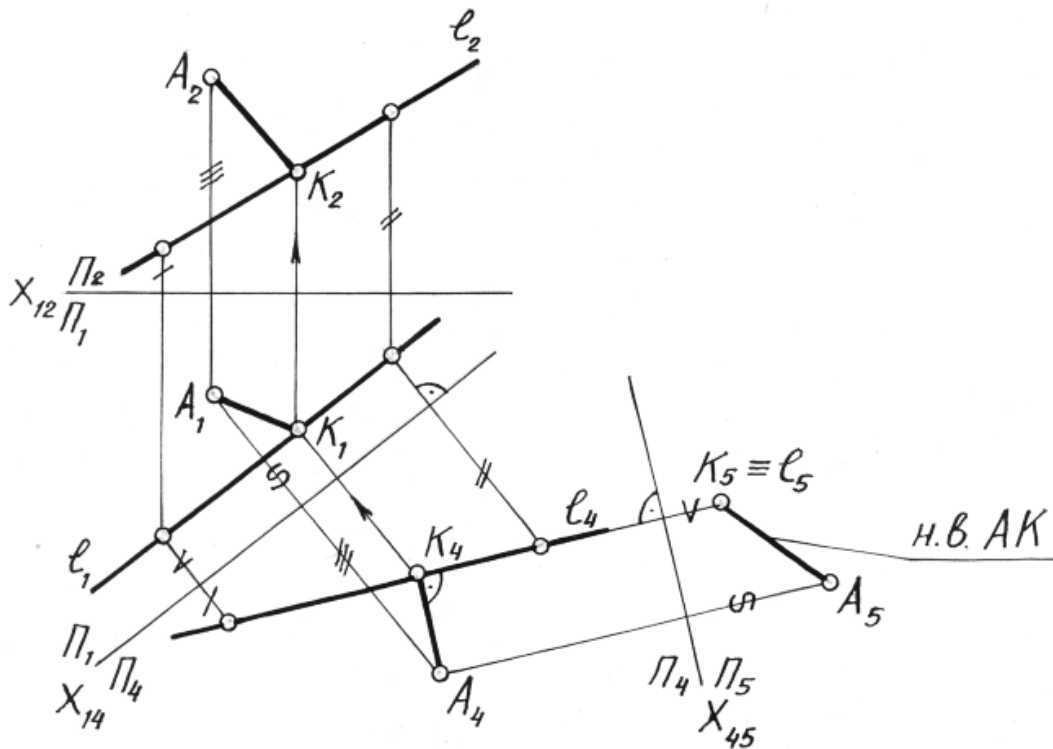


Рис. 10.

2.2 Розв'язання комплексних задач

2.2.1 Проектування поверхонь та точок на них

Задача №5. Побудувати недостатні проекції точок, які належать заданим поверхням. Усі невидимі проекції точок брати до скобок.

Розв'язання. Щоб побудувати точку або пряму на поверхні многогранника, потрібна така ж побудова на відповідній грані многогранника, яка виконується при розв'язуванні подібних задач на площині, заданій плоскою фігурою. На рис. 11 побудовані проекції D_1 і D_2 точки D , що лежить на прямій S_2 , яка належить площині грані SAC .

Положення точок на кривій поверхні, подібно до положення точок на гранях поверхні, визначаються за допомогою ліній – прямих твірних (для лінійчатих поверхонь) або паралелів (для поверхонь обертання) (рис. 11, рис. 12).

Варіанти задачі №5 надані у таблиці 5.

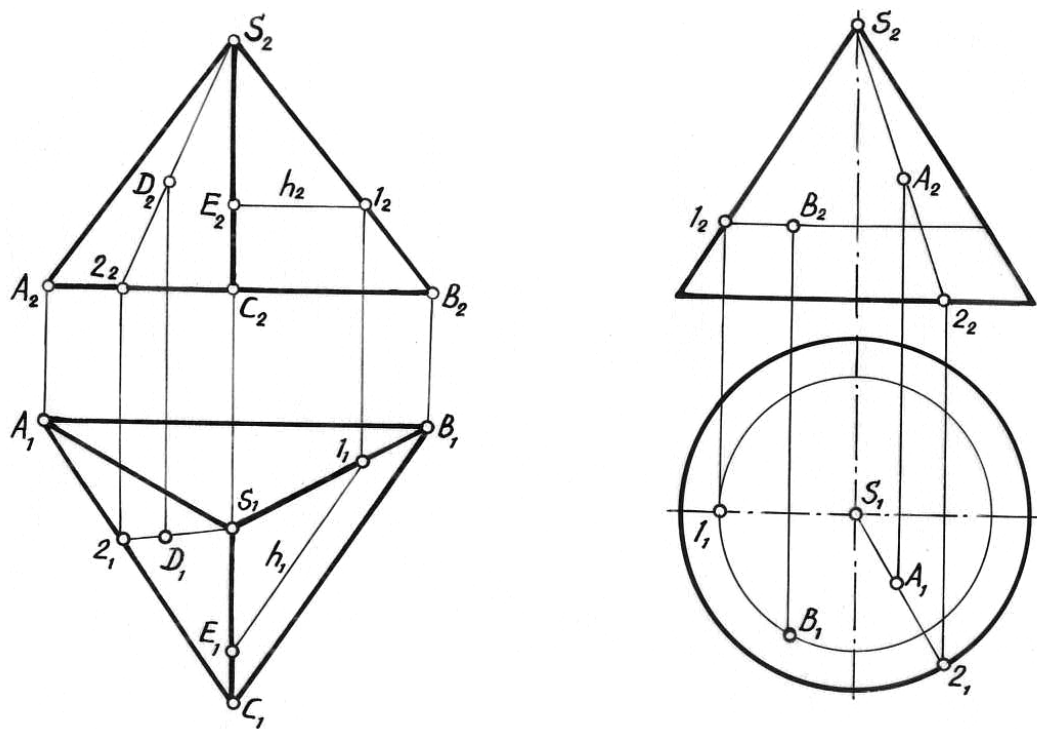


Рис. 11.

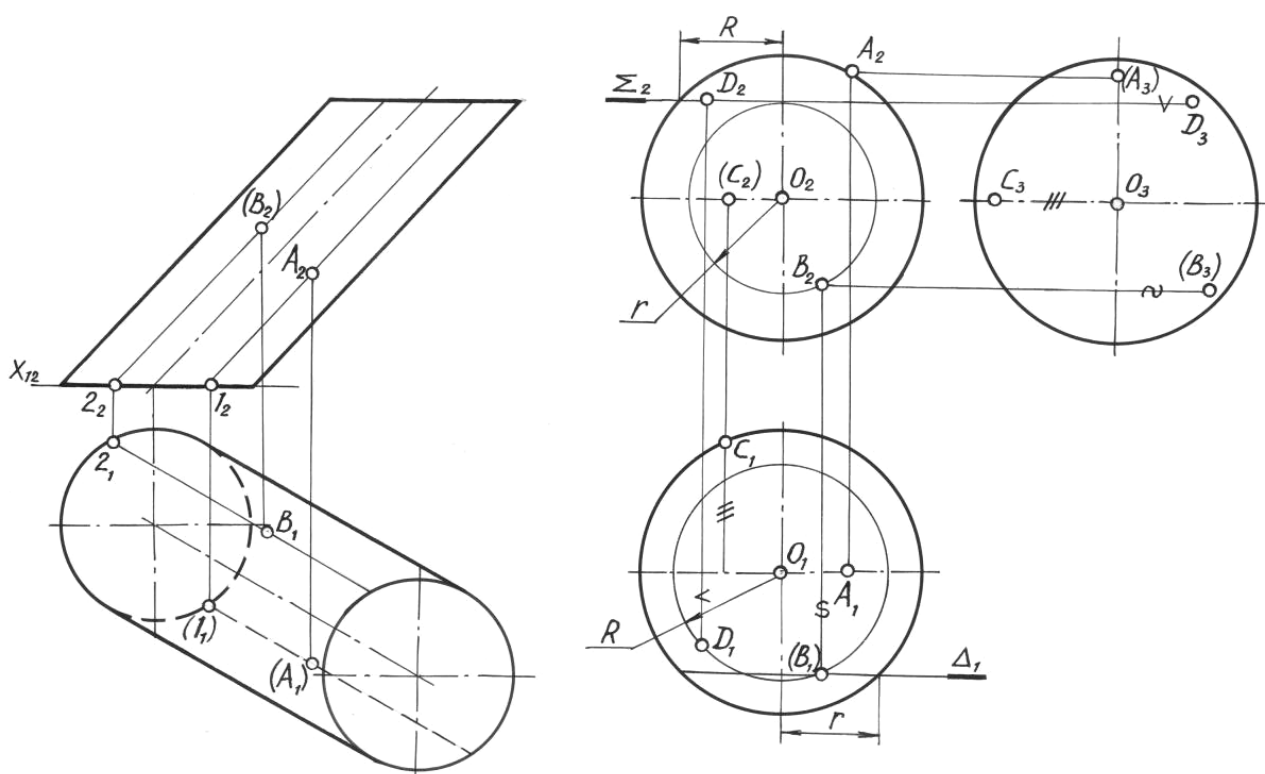


Рис. 12.

Таблиця 5.

Задача №5. Побудувати третю проекцію заданих поверхонь і проекції точок яких не вистачає.

Поверхності	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Варианти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пирамида	A, D, G	C, D, G	B, D, N	M, N, C	E, D, H	F, H, N	A, B, G	M, N, B	F, G, H	D, E, F
Конус	A, B, C	—	D, E, F	—	A, F, D	—	C, E, D	—	A, B, F	—
Цилиндр	—	A, C, M	—	F, M, C	—	F, B, E	—	A, M, N	—	B, E, N
Сфера	A, C, M	N, G, F	B, H, N	A, B, C	C, E, N	B, N, D	D, C, G	E, C, N	M, F, C	E, H, N

2.2.2 Перетин поверхонь площиною

Рішення задач на побудову третьої проекції геометричного тіла за двома заданими є основною вправою по складанню і читанню креслень. В технічному кресленні замість слова „проекція” використовується слово „вид”. Наприклад, замість назви „горизонтальна проекція” говорять „вид зверху”.

Задача №6. Добудувати вид зверху і побудувати вид зліва геометричного тіла многогранника, зрізаного площиною.

Розв’язання. Лінія перетину многогранника площиною визначається або за точками перетину ребер многогранника, або за лініями перетину граней многогранника з цією площиною. У першому випадку („спосіб ребер”) знаходимо точку перетину прямої з площиною, у другому („спосіб граней”) – визначаємо лінію перетину площин. Многокутник, утворений від перетину многогранника площиною, називається фігурою перерізу. Кількість сторін многокутника перерізу дорівнює кількості граней, які перетинаються січною площиною.

Фігура перерізу поверхонь проєкціюється на площину проєкцій без спотворення (у справжню величину), якщо січна площина паралельна площині проєкцій. Розглянемо декілька прикладів.

Приклад 1. Дана правильна шестикутна призма зі зрізами. Добудувати вид зверху (горизонтальну проєкцію) і побудувати вид зліва (профільну проєкцію), рис. 13.

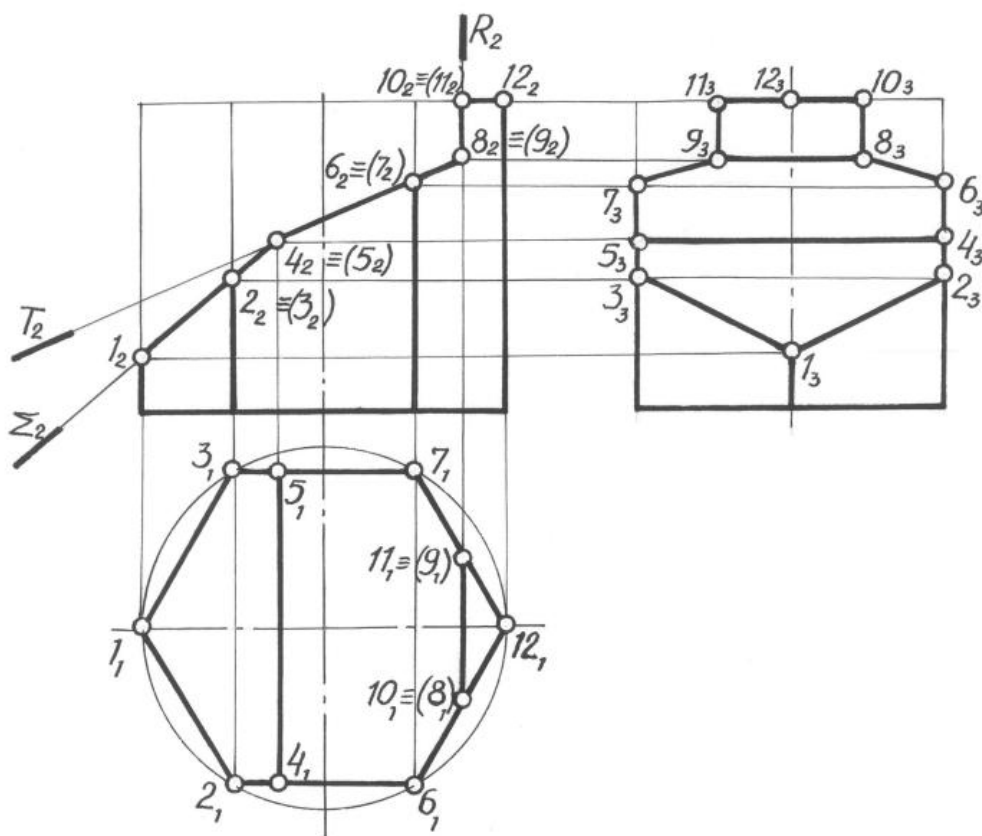


Рис. 13.

У даному випадку призму перетинають три площини: Σ , T , R . Площини фронтально-проекційні, тому точки $1_2, 2_2, 3_2, 6_2, 7_2$ є фронтальними проекціями точок перетину бокових ребер призми площинами Σ , T , R . Горизонтальні проекції точок $1_1, 2_1, 3_1, 6_1$ і 7_1 визначаємо відповідно на горизонтальних проекціях бокових ребер.

Площини Σ і T перетинаються по прямій лінії 4-5, яка перпендикулярна до площини проекцій Π_2 , на Π_2 проєкціюється в точку $4_2 \equiv 5_2$, а на Π_1 – в пряму $4_1 5_1$, перпендикулярну до осі X_{12} .

Площина R перетинає верхню основу призми по лінії 10-11, а площину T – по лінії 8-9. Прямі лінії 10-11 та 8-9 перпендикулярні до площини Π_2 , проєкціюються на Π_2 в точки $10_2 \equiv 11_2, 8_2 \equiv 9_2$, а на Π_1 проекції цих прямих збігаються ($11_1 \equiv 9_1, 10_1 \equiv 8_1$).

Фронтальна проекція лінії перетину збігається із слідами Σ_2, T_2, R_2 січних площин Σ, T, R . Горизонтальна проекція лінії перетину збігається з нарисом горизонтальної проекції призми.

Побудову профільної проекції геометричного тіла слід починати, не враховуючи зрізів. А потім добудувати проекцію лінії перетину призми з січними площинами Σ, T, R по точках, за належністю ребрам призми. Побудовані профільні проекції точок лінії перетину з'єднуємо відрізками прямих, враховуючи видимість, у тій послідовності, що і на інших видах.

Приклад 2. Дана правильна шестикутна піраміда зі зрізами. Добудувати вид зверху (горизонтальну проекцію) і побудувати вид зліва (профільну проекцію), рис. 14.

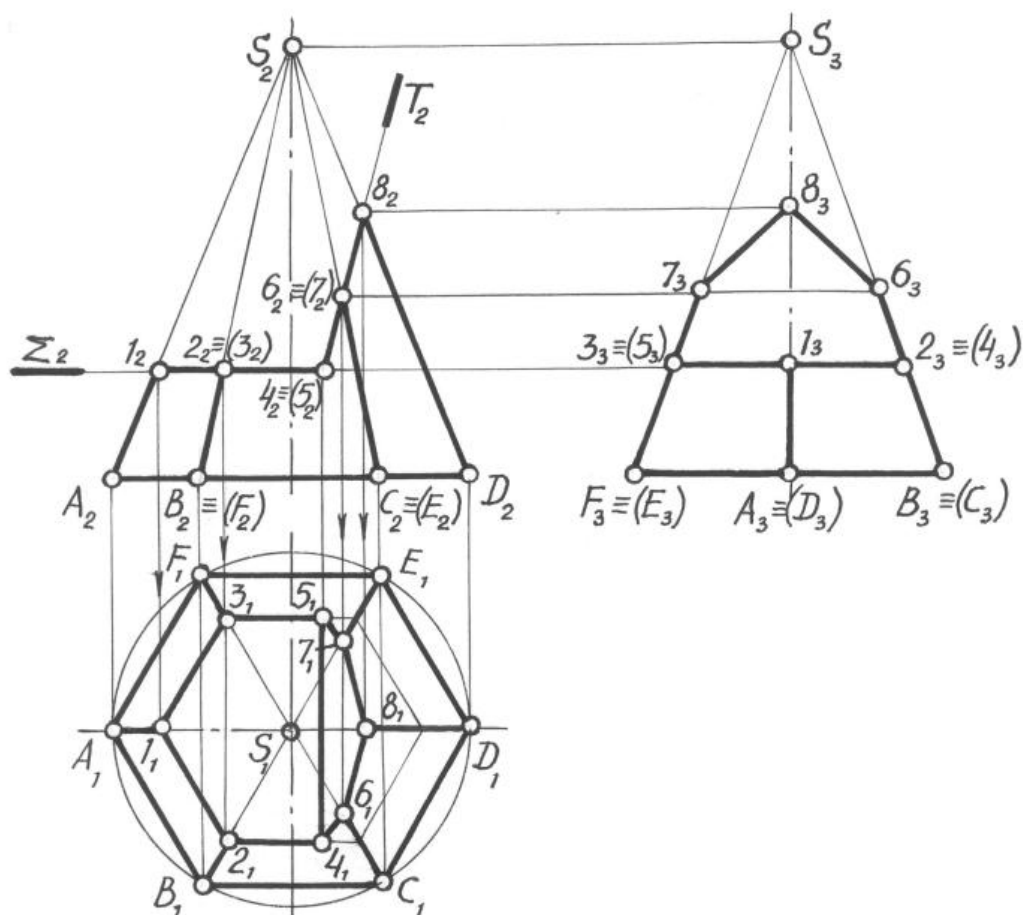


Рис. 14.

У даному випадку треба побудувати лінію перетину піраміди з двома площинами Σ і T . Оскільки площини Σ і T фронтально-проекційні, точки $1_2, 2_2, 3_2, 6_2, 7_2, 8_2$ є фронтальними проекціями точок перетину бокових ребер піраміди площинами Σ і T . Горизонтальні проекції $1_1, 2_1, 3_1, 6_1, 7_1, 8_1$ визначаємо на горизонтальних проекціях ребер за належністю.

Площини Σ і T перетинаються по прямій 4-5, яка перпендикулярна до площини проекцій Π_2 , проєкціюється на Π_2 в точку $4_2 \equiv 5_2$, а на Π_1 – в пряму $4_1 5_1$, перпендикулярну до осі X_{12} . Для визначення горизонтальних проекцій 4_1 і 5_1 продовжуємо горизонтальну площину Σ до повного перетину з пірамідою. Площина Σ перерізає піраміду по шестикутнику, подібному основі, на який і проєкціюємо точки 4_1 і 5_1 .

Фронтальна проекція лінії перетину збігається з слідами січних площин, а для побудови горизонтальної проекції лінії перетину з'єднуємо послідовно горизонтальні проекції шуканих точок відрізками прямих.

Побудову профільної проекції піраміди виконуємо в тонких лініях, не враховуючи зрізи. А далі добудовуємо профільні проекції точок лінії перетину, з'єднуємо їх відрізками прямих, враховуючи видимість, у тій же послідовності, що і на інших видах.

Варіанти задачі №6 надані в таблиці 6.

Задача №7. Добудувати вид зверху і побудувати вид зліва кривої поверхні, зрізаної площиною.

Розв'язання. При перетині кривих поверхонь площиною в загальному випадку криві лінії утворюються шляхом знаходження точок перетину твірних поверхні з січною площиною. Якщо ж крива поверхня не лінійчата, то для побудови лінії перетину такої поверхні площиною необхідно застосувати допоміжні площини. Точки шуканої лінії знаходять на перетині ліній, по яких допоміжні січні площини перетинають поверхню і площину. Здебільшого слід користуватися проєкційними площинами, оскільки вони перетинають поверхні по лініях, які легко побудувати, – прямих і колах. Розглянемо деякі приклади.

Приклад 1. Дан прямий круговий циліндр зі зрізами. Добудувати вид зверху (горизонтальну проєкцію) і побудувати вид зліва (профільну проєкцію), рис. 15.

В даному прикладі циліндр перетинають дві фронтально-проєкційні площини Σ і T . Січна площина Σ , похила до циліндра, перетинає всі його твірні, тому в перерізі буде еліпс. Горизонтальна проєкція еліпса проєкціюється в коло, яке збігається з горизонтальною проєкцією циліндра. Фронтальна проєкція еліпса – пряма, яка збігається із слідом площини Σ_2 . Велика вісь еліпса визначається відрізком 1_2-10_2 , а мала – 4_1-5_1 . Побудову інших точок еліпса, наприклад, 2 і 3, ми бачимо на кресленні.

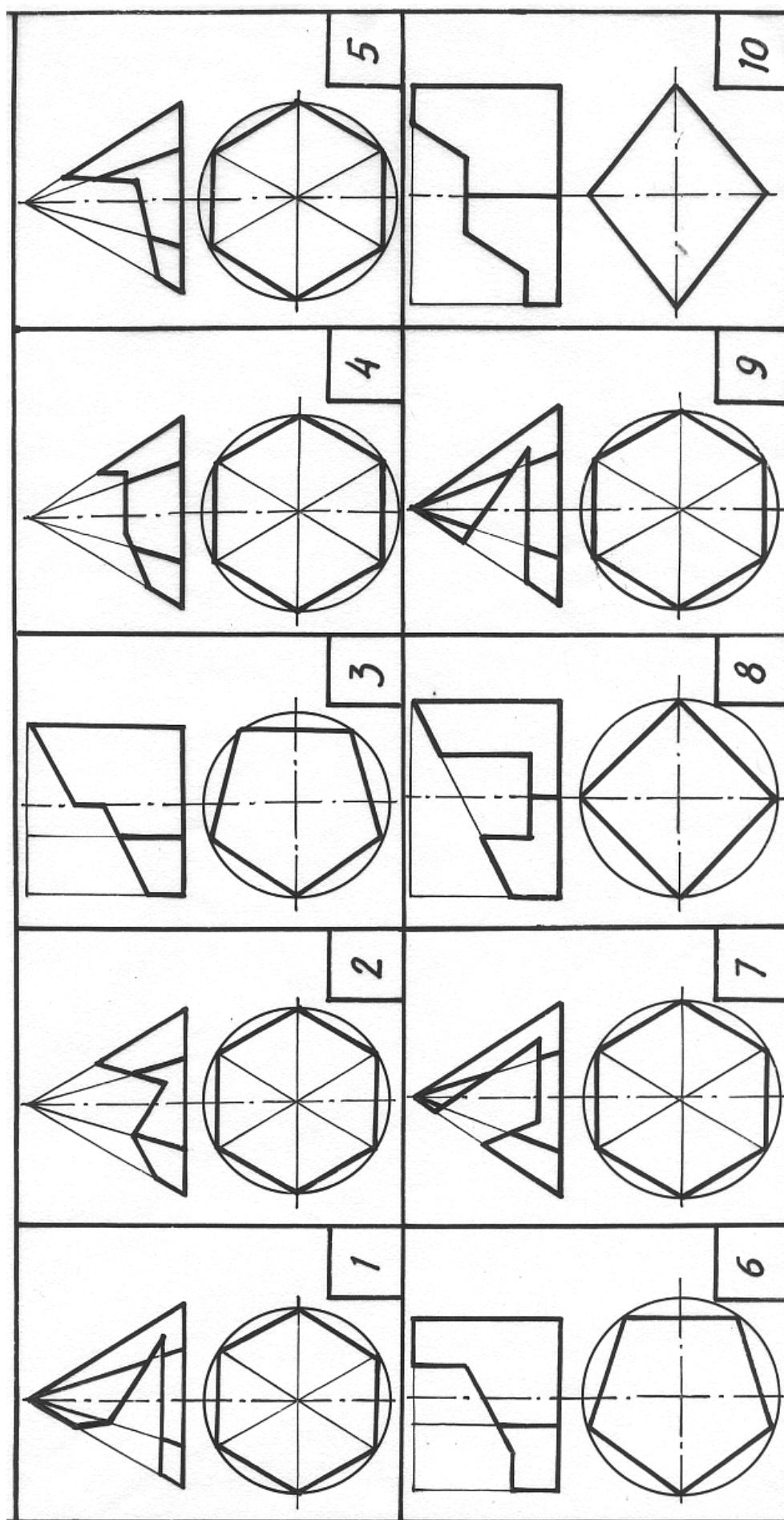
Площина T перетинає верхню основу циліндра по прямої 8-9, яка перпендикулярна до площини проєкцій Π_2 і проєкціюється на Π_2 в точку $8_2 \equiv 9_2$. Горизонтальні проєкції точок 8_1 і 9_1 лежать на нарисі циліндра.

Площини Σ і T перетинаються по прямій 6-7, яка перпендикулярна до площини проєкцій Π_2 і проєкціюється на Π_2 в точки $6_2 \equiv 7_2$. Горизонтальна проєкція 6_1-7_1 – пряма, перпендикулярна до осі X_{12} . Горизонтальні проєкції 8_1-9_1 та 6_1-7_1 збігаються ($6_1 \equiv 8_1$, $7_1 \equiv 9_1$). Отже, переріз циліндра площиною T – прямокутник 6-7-8-9.

Побудову профільної проєкції циліндра виконуємо в тонких лініях, не враховуючи зрізи. Потім, координатним способом, за належністю твірним циліндра, будуємо профільні проєкції точок зрізу. Профільні проєкції точок лінії перетину з'єднуємо, враховуючи видимість, у той послідовності, що і на інших видах.

Таблиця 6.

Задача №6. Добудувати вид зверху та побудувати вид ліворуч.



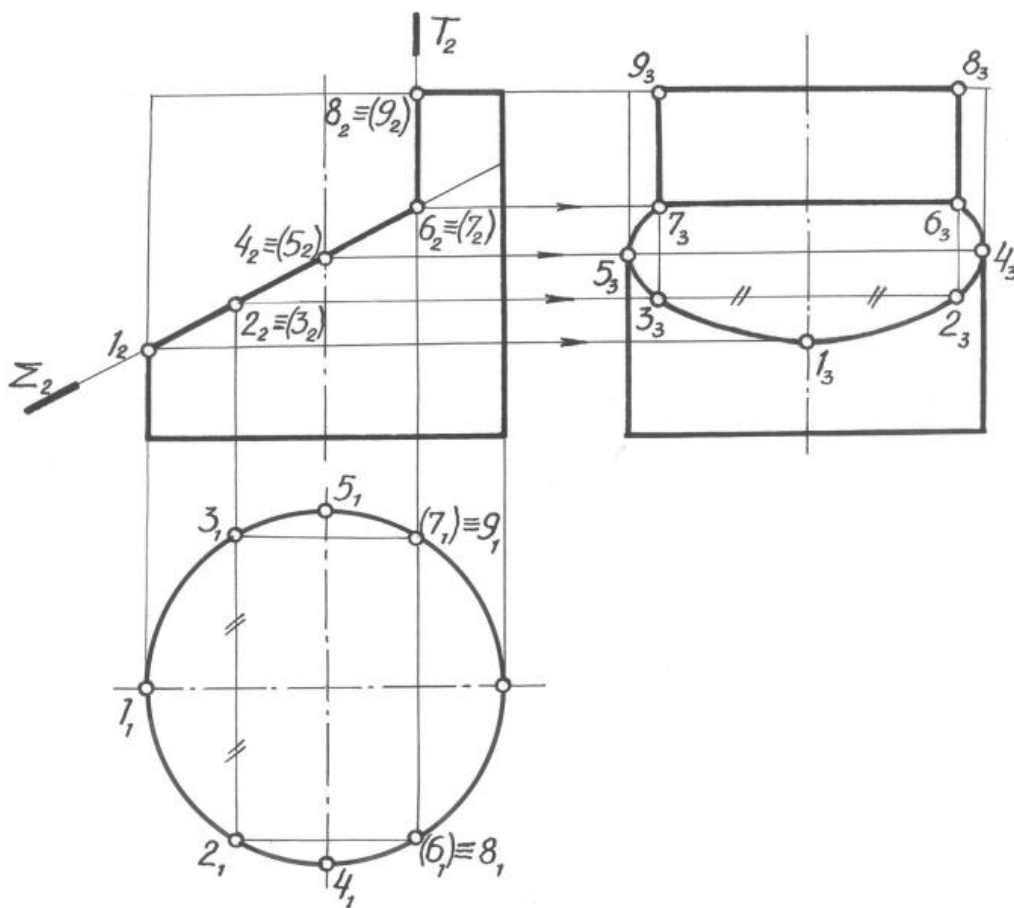


Рис. 15

Приклад 2. Дана сфера зі зрізами. Добудувати вид зверху (горизонтальну проекцію) і побудувати вид зліва (профільну проекцію), рис. 16.

У даному прикладі сферу перетинають дві фронтально-проекційні площини Σ і T . Січна площина Σ перетинає сферу по колу радіусом R , яке проєкціюється у вигляді відрізка прямої лінії на фронтальну площину проєкцій і збігається із слідом площини Σ_2 ; на горизонтальну площину проєкцій Π_1 це коло проєкціюється без спотворення.

Січна площина T перетинає сферу по колу, яке проєкціюється на фронтальну площину проєкцій Π_2 у вигляді відрізка прямої лінії і збігається із слідом площини T_2 . Горизонтальна і профільна проєкції лінії перетину сфери площиною T – еліпси. Фронтальна проєкція великої осі еліпса визначається точками 12_2 і 13_2 , горизонтальні проєкції точок 12_1 і 13_1 належать горизонтальній проєкції головного фронтального меридіана. Фронтальна проєкція малої осі еліпса визначається точками $8_2 \equiv 9_2$ (проєкція малої осі поділяє проєкцію великої осі навпіл). Горизонтальні проєкції точок 8_1 і 9_1 будують за допомогою паралелі, проведеної крізь ці точки.

У точках 6 і 7, які лежать на екваторі, на горизонтальній проєкції епюра видима частина еліпса переходить у невидиму.

Для побудови лінії перетину на Π_1 з'єднуємо горизонтальні проєкції шуканих точок, належних площині Σ , дугою кола радіусом R , а площині T – по еліпсу, враховуючи видимість.

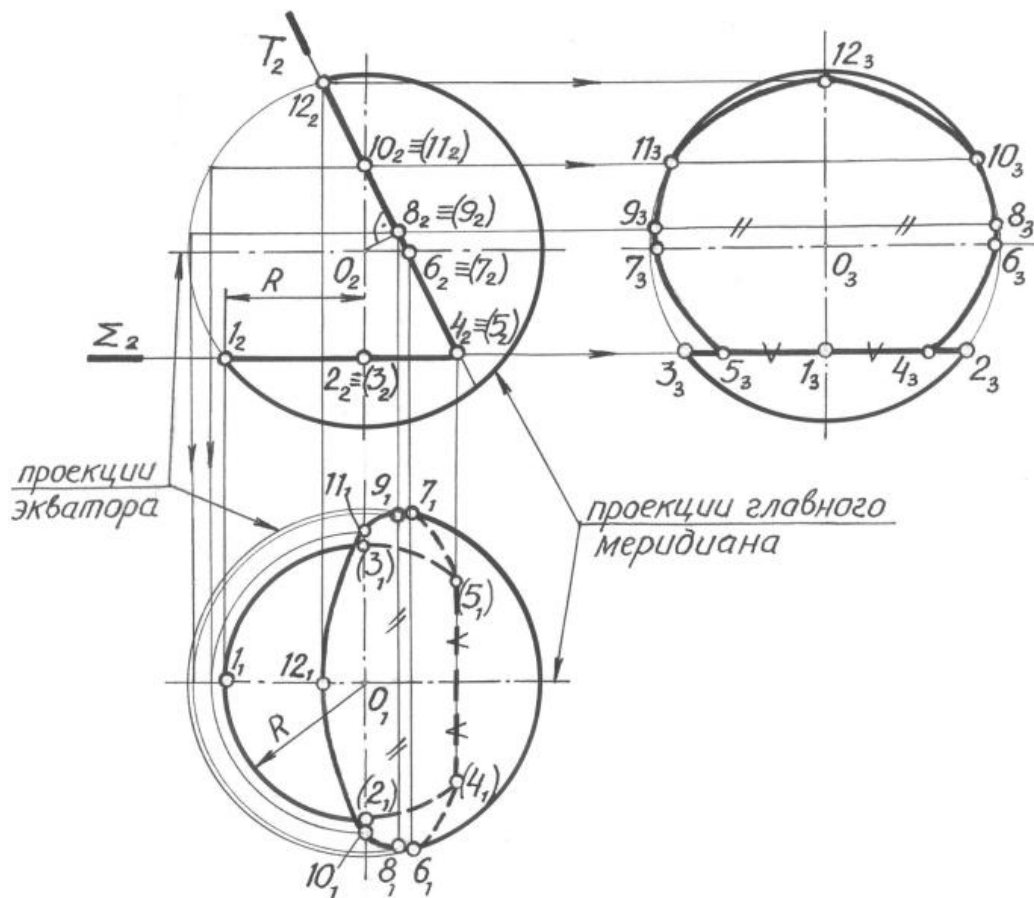


Рис. 16.

Профільну проєкцію сфери виконуємо в тонких лініях, не враховуючи зрізи. Далі координатним способом, за належністю паралелям сфери, будуємо профільні проєкції точок зрізу. З'єднуємо профільні проєкції точок зрізу у той же послідовності, що і на інших видах, враховуючи видимість.

Варіанти задачі №7 надані в таблиці 7.

2.2.3 Взаємний перетин поверхонь

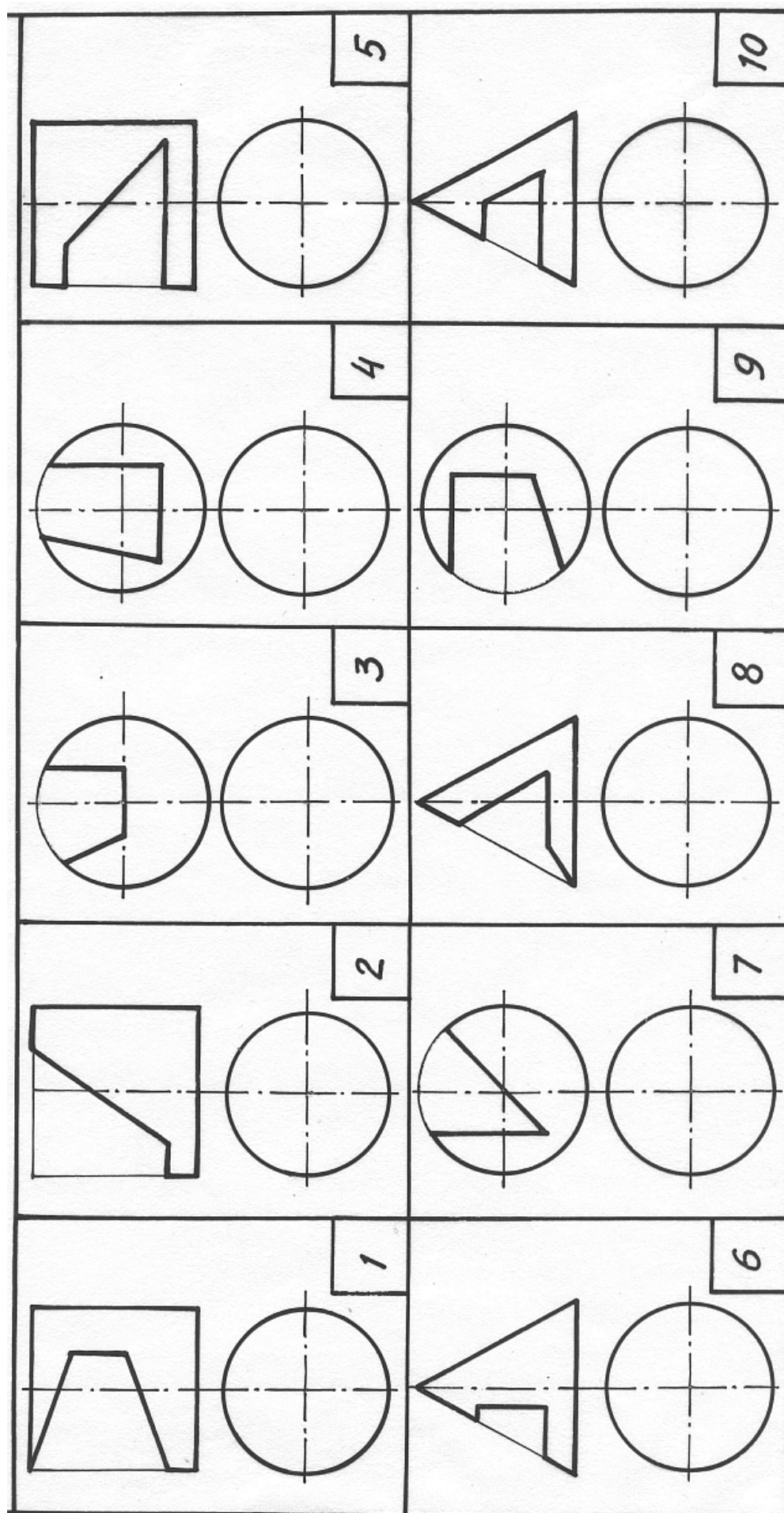
Узагальнений алгоритм розв'язання задач на визначення лінії перетину двох поверхонь Σ і Δ такий.

1. Введення допоміжної січної поверхні Λ , яка перетинає кожен із заданих поверхонь Σ і Δ по найбільш простих і вигідних для побудови лініях l і t .
2. Визначення ліній перетину $l = \Sigma \cap \Lambda$ і $t = \Delta \cap \Lambda$.
3. Знаходження точки (або N точок) перетину одержаних ліній $K = l \cap t$.

Виконавши зазначені побудови n разів, отримаємо n (або $n \times N$) точок. Сполучивши однойменні проєкції цих точок плавними кривими, отримаємо проєкції шуканої лінії перетину.

Таблиця 7.

Задача №7. Добудувати вид зверху і побудувати вид ліворуч.



При побудові лінії перетину поверхонь необхідно дотримуватись визначеної послідовності:

а) Аналіз поверхонь, які перетинаються, і лінії перетину.

Лінією перетину може бути: просторова крива – при перетині двох кривих поверхонь або кривої поверхні та багатогранника; просторова ламана лінія – при перетині двох багатогранників. В окремих випадках лінія перетину двох поверхонь може виявитися плоскою – прямою лінією, колом, еліпсом тощо. Але в усіх випадках вона замкнута.

Перетин може бути повним, коли маємо дві замкнуті лінії перетину (контур входу і виходу), і неповним, коли виходить одна замкнута просторова ламана лінія чи плавна крива.

б) Побудова точок, обумовлених безпосередньо, тобто без будь-яких допоміжних побудов.

Часто розв'язування задачі значно спрощується, якщо одна з поверхонь є проекційною. У такому випадку однойменна проекція лінії перетину поверхонь збігається з нарисом проекції проекційної поверхні в межах накладення контурів проекцій поверхонь, які перетинаються. Тоді розв'язуванням задачі є побудова другої проекції лінії перетину.

в) Визначення характерних точок лінії перетину поверхонь.

При розв'язуванні задач на взаємний перетин двох криволінійних поверхонь на лінії перетину розрізняють характерні (вищу і нижчу, найближчу і найдальшу, крайню ліву і крайню праву) точки, точки перехідної видимості і проміжні точки. Характерні точки дають можливість визначити межі проведення допоміжних січних площин для побудови проміжних точок.

Задача №8. Побудувати лінію перетину двох багатогранників. Визначити видимість.

Розв'язання. Лінію перетину двох багатогранників (Φ^1 і Φ^2) можна визначити так:

1) будуємо точки перетину ребер першого багатогранника (Φ^1) з гранями другого (Φ^2);

2) будуємо точки перетину ребер другого багатогранника (Φ^2) з гранями першого (Φ^1);

3) побудовані точки сполучаємо в певному порядку прямими лініями, отримуючи ламану, ланки якої є лініями перетину граней першого багатогранника з гранями другого. Ця ламана і буде лінією перетину двох багатогранників. Сполучати можна лише ті точки, які лежать на одних і тих же гранях кожного багатогранника. Видимими лініями в кожній проекції будуть лінії перетину видимих граней.

Приклад. Побудувати лінію перетину прямої призми з пірамідою, рис. 17.

Будуємо спочатку точки перетину ребер піраміди з гранями призми. За горизонтальними проекціями $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1$ цих точок, що не вимагають спеціальних побудов, визначаємо їх фронтальні проекції $1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 6_2$.

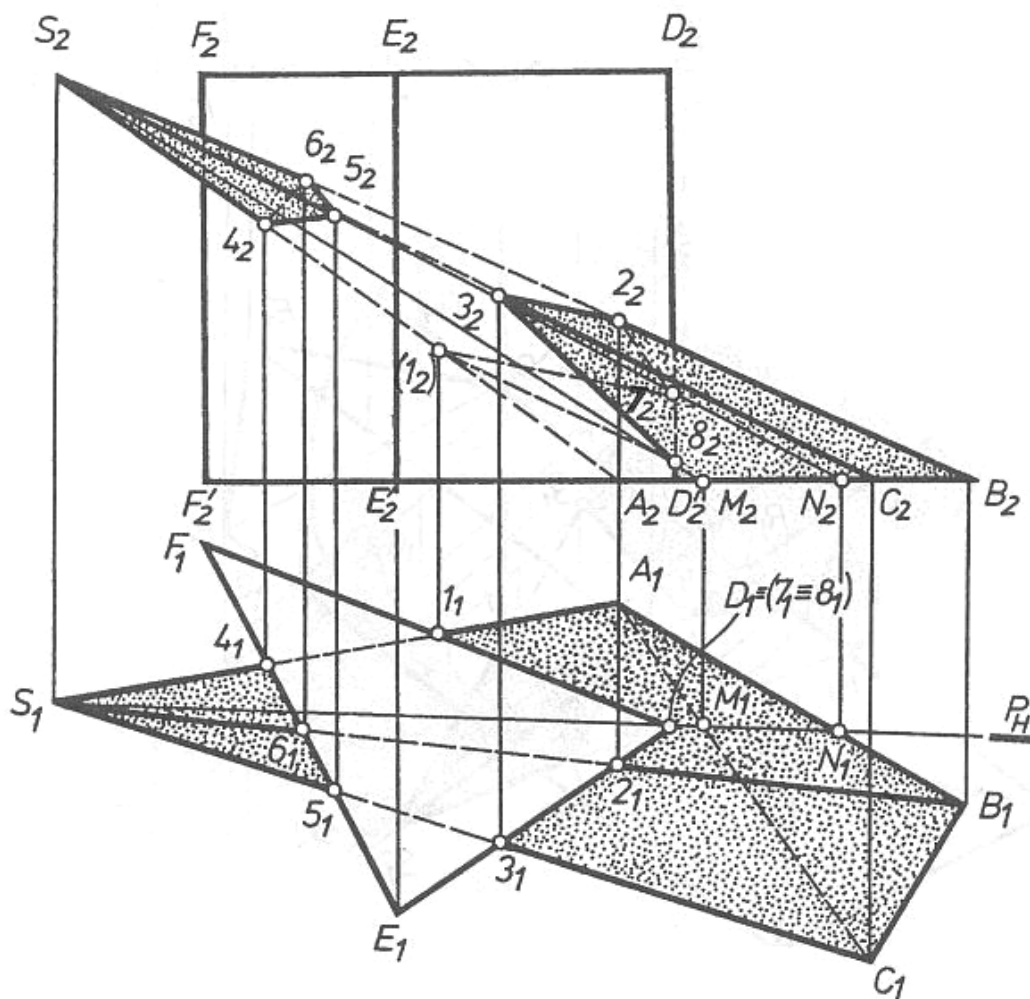


Рис. 17

Ребра призми EE' і FF' не перетинають поверхню піраміди, про що свідчать горизонтальні проекції, де E_1 і F_1 лежать за межами контуру горизонтальної проекції піраміди.

Слід визначити перетин з пірамідою ребра DD' . З цією метою проведемо через ребро DD' і вершину піраміди S горизонтально-проекційну площину P , яка перетне грань SAC по прямій SM , а грань SAB – по прямій SN . Точки 7 і 8 перетину ребра DD' з цими прямими будуть точками його перетину з поверхнею піраміди. Горизонтальні проекції ліній перетину суміщаються з горизонтальними проекціями граней призми. Щоб знайти фронтальну проекцію ліній перетину призми з пірамідою, сполучимо побудовані точки прямими в такому порядку: 2_2-3_2 , 3_2-8_2 , 8_2-1_2 , 1_2-7_2 , 7_2-2_2 . Інша ламана лінія буде така: 4_2-6_2 , 6_2-5_2 , 5_2-4_2 .

Пряму 2_2-3_2 , що належить видимим граням, проведемо суцільною лінією. Так само, проведемо суцільні лінії 3_2-8_2 , 5_2-6_2 і 5_2-4_2 . Інші прямі: 4_2-6_2 , 2_2-7_2 , 7_2-1_2 , 1_2-8_2 , що розташовані на невидимих гранях, проведемо штриховими лініями.

Отже, 172381 – лінія „входу” піраміди в призму, а 4564 – лінія „виходу” піраміди з неї.

Варіанти задачі №8 надані в таблиці 8.

Задача №9.

Розв'язування.

3a

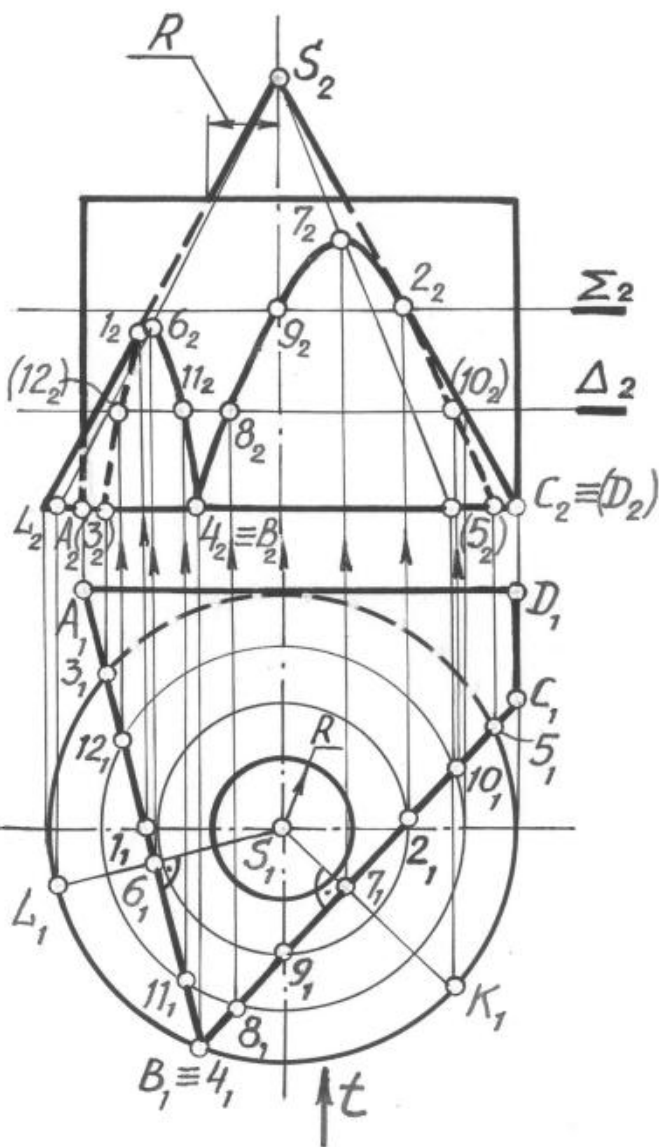


Рис. 18.

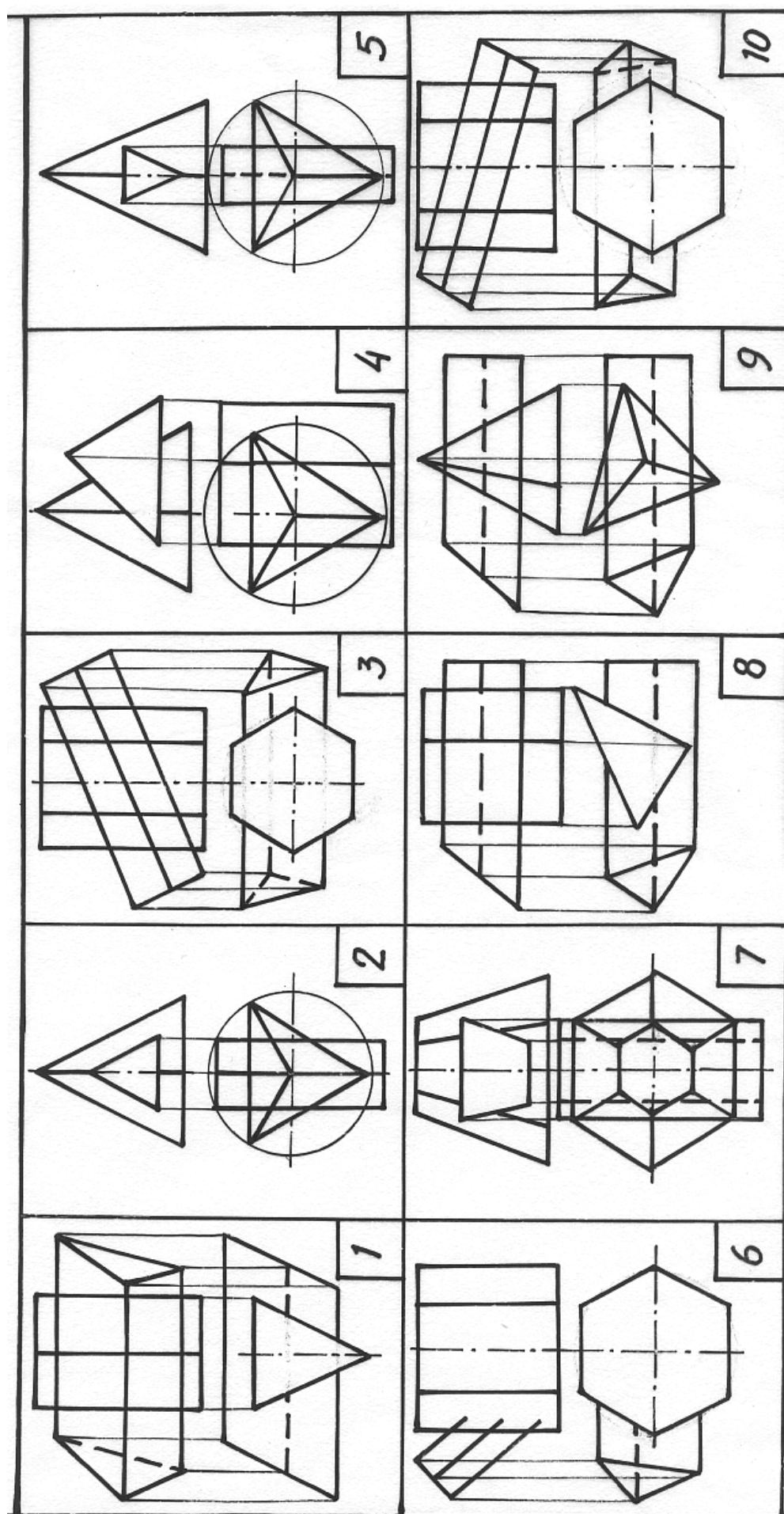
Для побудови проміжних точок скористаємося горизонтальними площинами i , які перетинають конус по паралелях.

Точки перетину горизонтальних проєкцій паралелей з горизонтальними проєкціями граней і визначають горизонтальні проєкції точок ліній перетину $8_1, 9_1, 10_1, 11_1, 12_1, 13_1$. За ними, в точках перетину ліній проєкційного зв'язку з фронтальними проєкціями відповідних площин π_1 , визначаємо фронтальні проєкції точок ліній перетину $8_2, 9_2, 10_2, 11_2, 12_2, 13_2$.

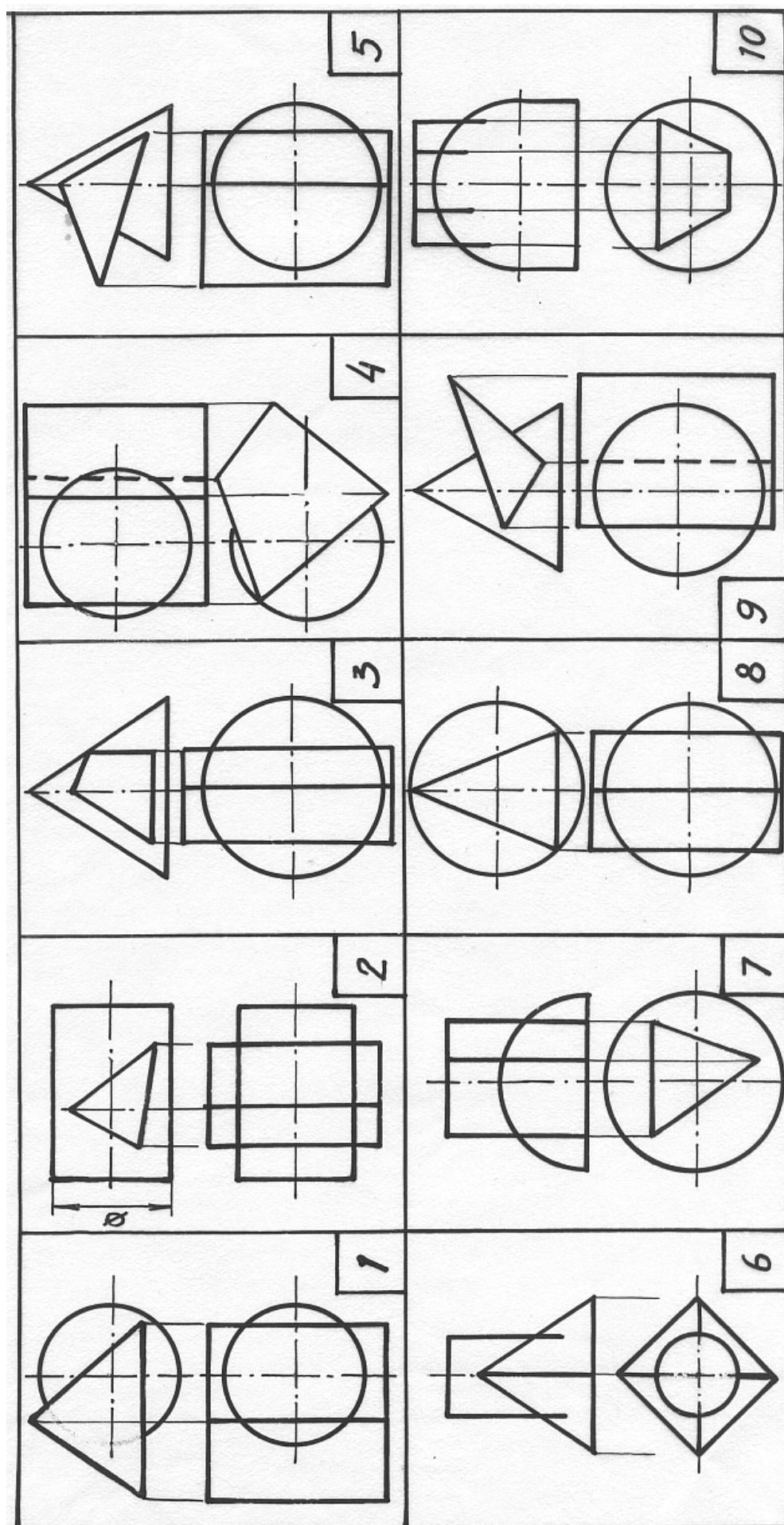
З'єднуємо точки ліній перетину згідно характеру кривих. На видимих гранях і видимій частині поверхні конуса точки з'єднуємо суцільною лінією $1_2-6_2-11_2-4_2$, $4_2-8_2-9_2-7_2-2_2$. Інші ділянки ліній перетину невидимі, їх проводимо штриховими лініями.

Варіанти задачі №9 надані в таблиці 9.

Таблиця 8.
Задача №8. Побудувати лінію перетину поверхонь многогранників. Визначити видимість.



Таблиця 9.
Задача №9. Побудувати лінію перетину поверхонь. Визначити видимість.



2.3 Питання для самоперевірки до контрольної роботи №1

1. Яка площа перетинає конус обертання по гіперболі?
2. По яких лініях перетинаються між собою циліндричні поверхні, твірні яких паралельні між собою?
3. Яка лінія утвориться в перетині двох багатогранників?
4. Які можливі випадки перетину поверхні циліндру площиною?
5. Як через довільну точку площини провести лінії рівня h та f ?
6. У чому полягає сутність способу заміни площин проекцій?
7. Як визначити точку перетину прямої лінії з площиною загального положення?
8. Як визначити видимість прямої відносно площини при їх перетині?
9. Які основні задачі розв'язуються заміною однієї площини проекцій?
10. Які заміни площин проекцій і в якій послідовності треба зробити, щоб визначити справжню величину плоскої фігури?

3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи №2

Контрольна робота №2 складається з двох завдань. Перше завдання має назву «Проекційне креслення» і виконується на двох форматах А3 (297 x 210 мм) креслярського паперу, олівцем, за варіантом. Кожний аркуш стандартного формату має рамку та основний напис за формою 2 (рис. 4) відповідно до ГОСТ 2.301-68.

Друге завдання контрольної роботи № 2 має назву «Проекції з числовими позначками» і складається з семи задач за варіантом. Задачі №№ 1 - 6 виконують на форматі А4 (297 x 210 мм) кожну. Два формати А4 можна розташувати на одному форматі А3, але кожний з форматів А4 оформлюють окремою рамкою. Кожна задача повинна мати номер і повний текст умови, який записують стандартним шрифтом №5 у верхній частині формату (рис. 44). Задачу № 7 виконують на форматі А3 (297 x 420 мм); формат розміщують горизонтально, він повинен мати рамку та стандартний основний напис (ГОСТ 2.104-68), виконаний за формою 2 (рис. 4). При розв'язуванні задач №№ 1 - 6 розміри вихідного креслення умов мають бути пропорційно збільшені з метою раціонального використання формату. Задачу №7 виконують у масштабі 1:200.

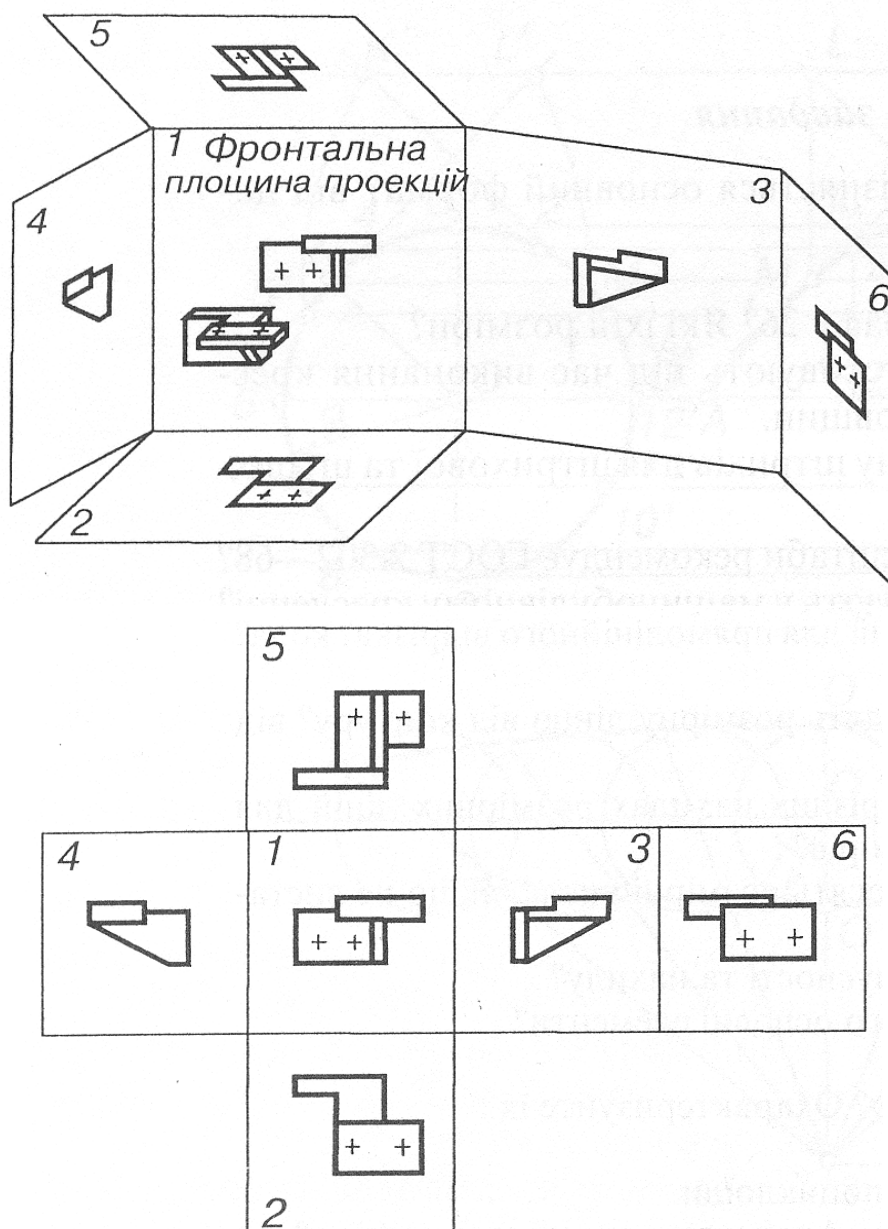
ГОСТ 2.303-68 регламентує різні типи ліній, що використовуються при побудові креслень. Усі надписи на кресленнях виконують шрифтами за ГОСТ 2.304-81.

3.1 Вказівки до виконання завдання „Проекційне креслення”

Метою даної роботи є знайомство з правилами побудови зображень предметів на кресленнях згідно з ГОСТ 2.305-68.

Для побудови зображень користуються методом прямокутного проектування. Залежно від змісту, зображення поділяють на види, розрізи та перерізи. Кількість їх на кресленні має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про зображуваний предмет.

Видом називають зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Види на основних площинах проекцій є основними. Вони мають такі назви (рис. 19): 1 – вигляд спереду (головний вигляд); 2 – вигляд зверху; 3 – вигляд зліва; 4 – вигляд справа; 5 – вигляд знизу; 6 – вигляд ззаду. Якщо всі види розміщені на одному аркуші в безпосередньому проекційному зв'язку, то їх не надписують.



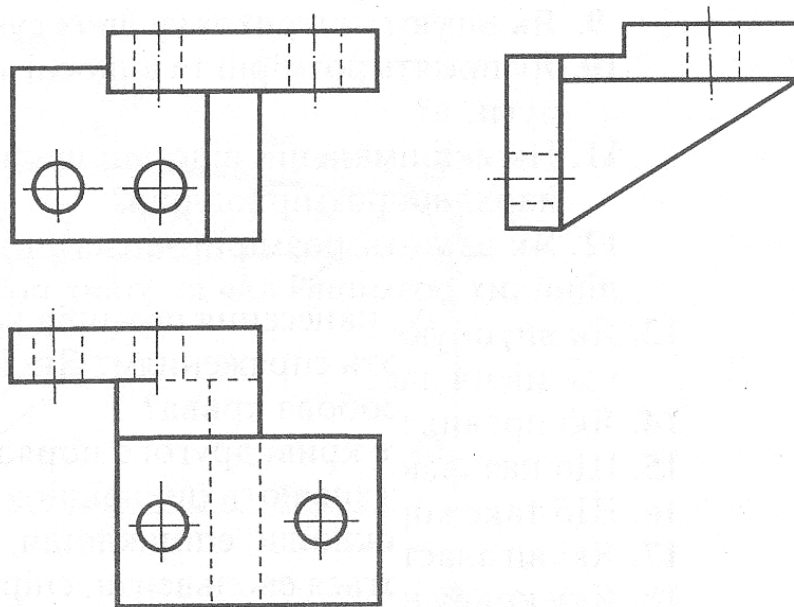


Рис. 19.

Крім основних, розрізняють додаткові та місцеві види. Якщо деяку частину предмета не можна показати без спотворення форми та розмірів на жодному з основних виглядів, то застосовують додаткові види, які дістають на площинах, не паралельних основним площинам проекцій (рис. 20). Додатковий вигляд позначають стрілкою та літерою. Якщо додатковий вигляд розміщено в безпосередньому зв'язку з відповідним зображенням, то стрілку й надпис над виглядом не наносять (рис. 21).

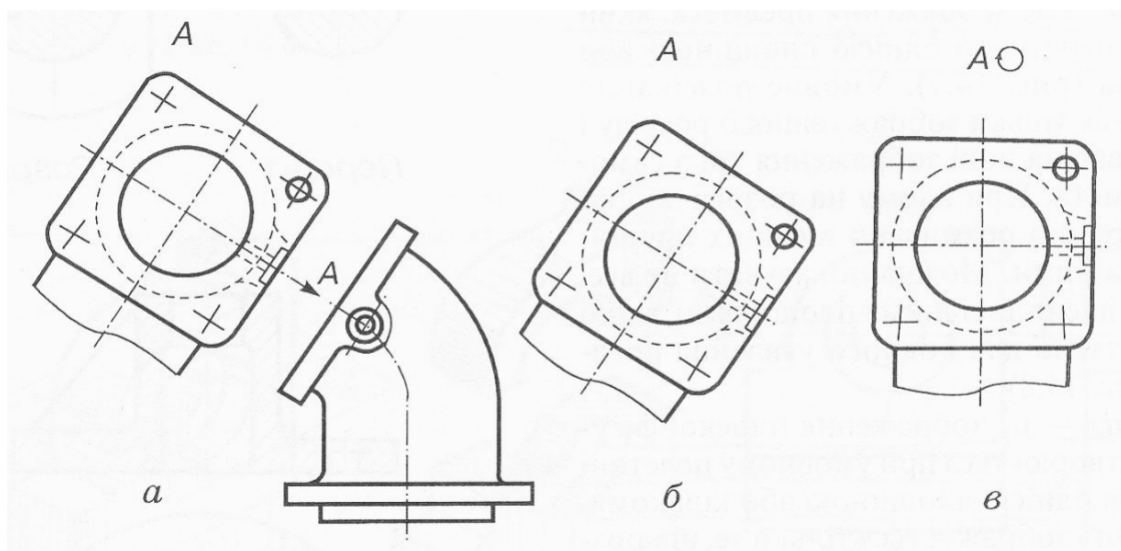


Рис. 20

Зображення окремої обмеженої частини поверхні предмета називають місцевим виглядом. Він може обмежуватися хвилястою лінією обриву (рис. 21). Місцевий вигляд позначають на рисунку так само, як і додаткові види.

Розріз – це зображення предмета, який умовно перетнуто однією площиною або кількома. При цьому на розрізі зображують те, що розміщено в січних площинах та за ними.

Переріз – це зображення плоскої фігури, що утворюється при умовному перетині предмета однією площиною або кількома. При цьому зображується тільки те, що розміщено в січних площинах (рис. 22).

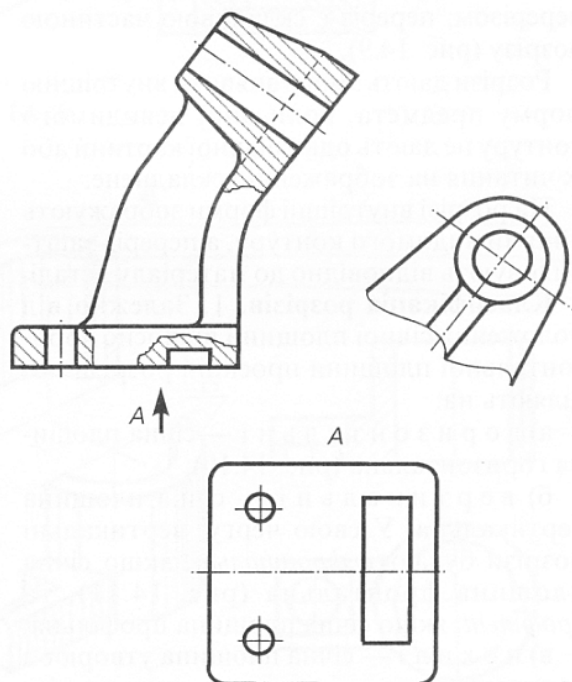


Рис. 21.

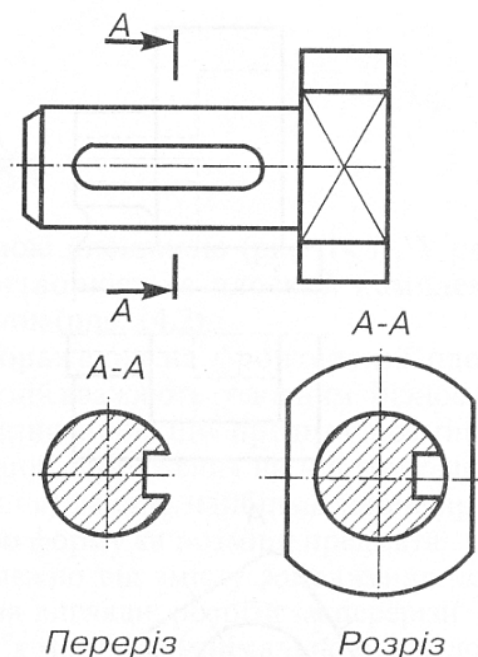


Рис. 22

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи поділяють на:

- а) горизонтальні – січна площина горизонтальна (рис. 23);
- б) вертикальні – січна площина вертикальна (фронтальні та профільні) (рис. 24);
- в) похилі – січна площина утворює з горизонтальною кут, що відрізняється від прямого (рис. 25).

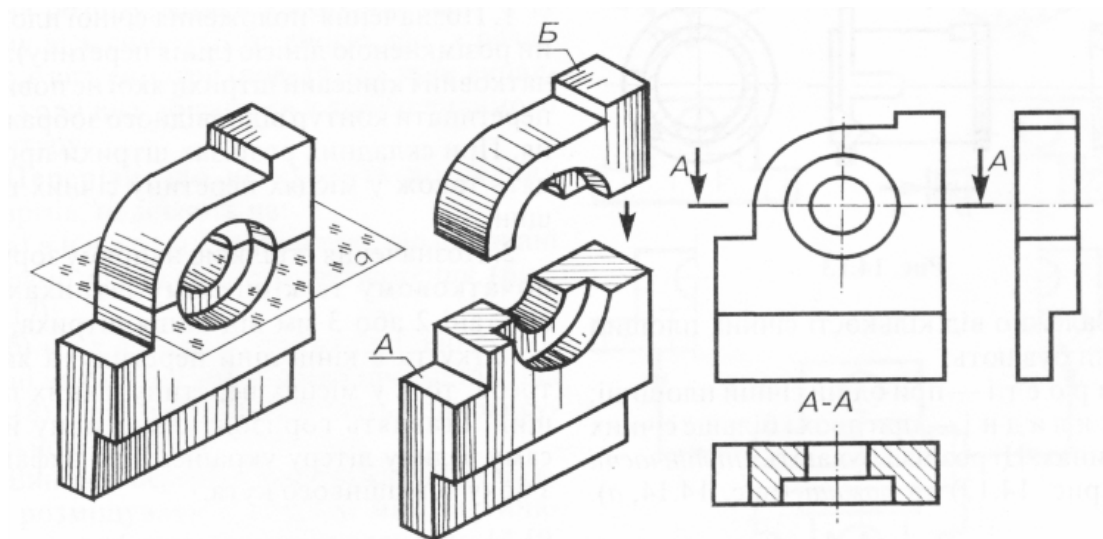


Рис. 23.

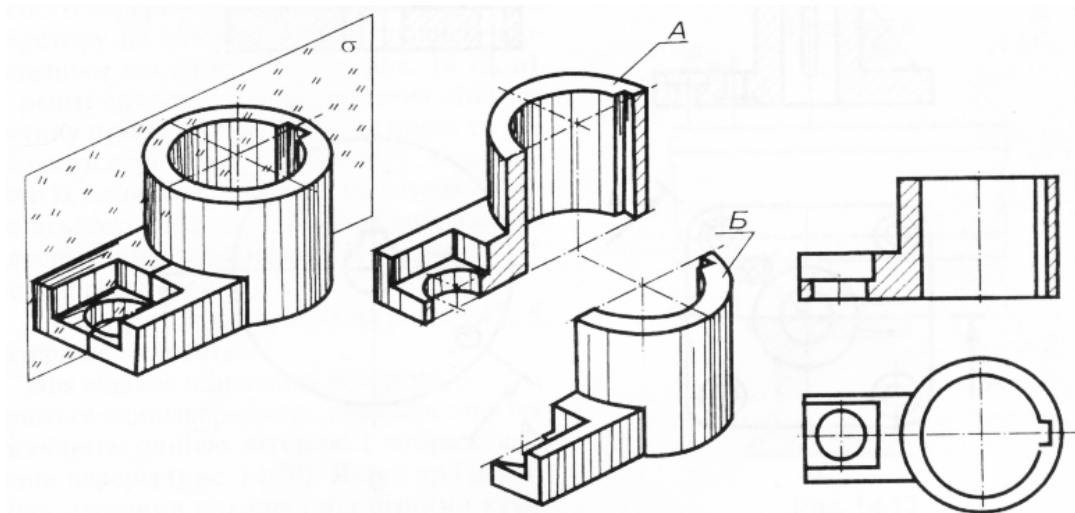


Рис. 24.

Залежно від положення січної площини відносно предмета розрізи поділяються на:

- а) повздовжні – січна площина розміщена вздовж предмета (рис. 26)
- б) поперечні – січна площина розміщена упоперек предмета (рис. 26).

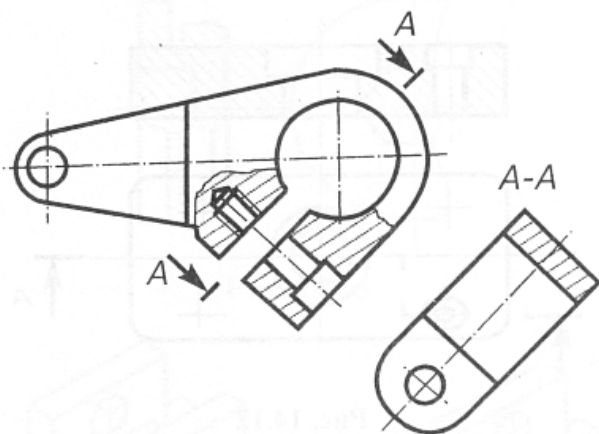


Рис. 25.

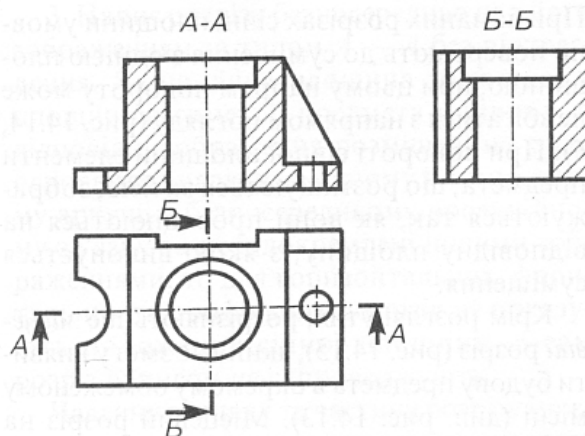


Рис. 26.

Залежно від кількості січних площин розрізи бувають:

- а) прості – при одній січній площині;
- б) складні – при двох і більше січних площинах. Ці розрізи бувають східчасті (рис. 27) та ламані (рис. 28).

Позначення розрізу містить три елементи: 1. Позначення положення січної площини розімкненою лінією (лінія перетину), початковий і кінцевий штрихи якої не повинні перетинати контур відповідного зображення. При складних розрізах штрихи проводять також у місцях перетину січних площин.

2. Позначення стрілкою напрямку зору на початковому та кінцевому штрихах на відстані 2-3 мм від кінця штриха. На початку та в кінці лінії перетину, а якщо треба, то й у місцях перетину січних площин, ставлять вертикально одну й ту саму літеру українського алфавіту з боку зовнішнього кута.

3. Надпис розрізу безпосередньо над його зображенням за типом *A-A* без підкреслення. Якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета в

цілому, а відповідні зображення розміщені на місці основного вигляду на одному й тому самому аркуші в безпосередньому проекційному зв'язку та не відокремлені іншими зображеннями, то для горизонтальних, фронтальних та профільних розрізів не показують положення січної площини, а сам розріз написом не супроводжують (рис. 24).

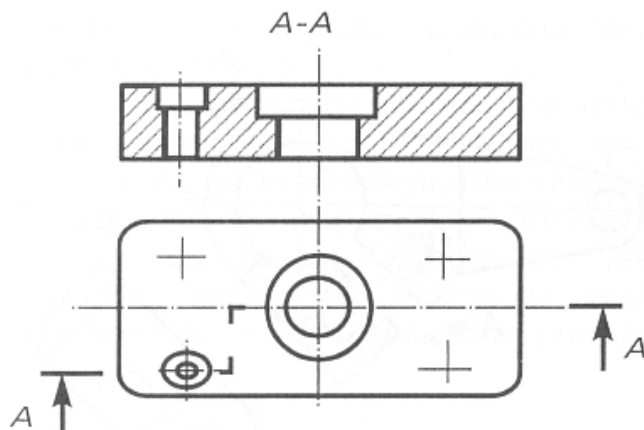


Рис. 27

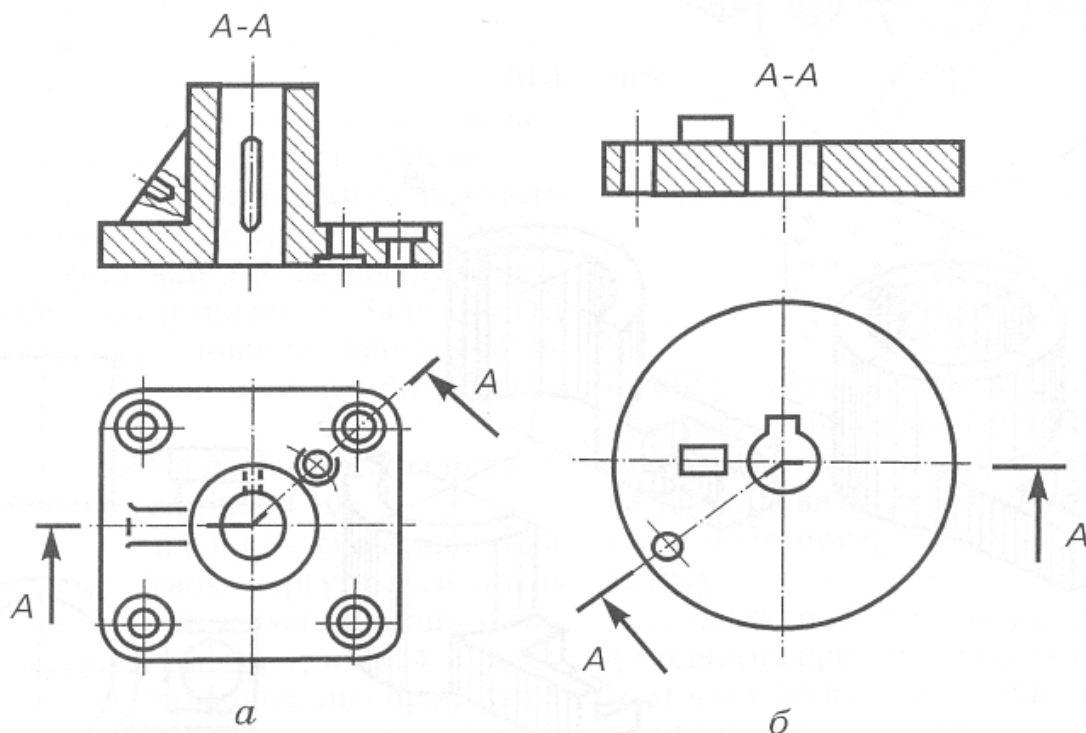


Рис. 28.

Частину вигляду та частину розрізу можна сполучати, розділяючи їх хвилястою лінією. Якщо при цьому сполучаються половина вигляду та половина розрізу, кожен з яких має одну й ту саму вісь симетрії, то лінією, що їх розділяє, є вісь симетрії (рис. 29), крім випадку, коли вісь збігається з лінією видимого контуру.

Перерізи, що не входять до складу розрізів, поділяють на:

а) винесені, тобто такі, що виконані окремо від основного зображення (рис. 30);

б) накладні, тобто такі, що розміщені на самому зображенні предмета (рис. 31). Такі перерізи обводять тонкою суцільною лінією.

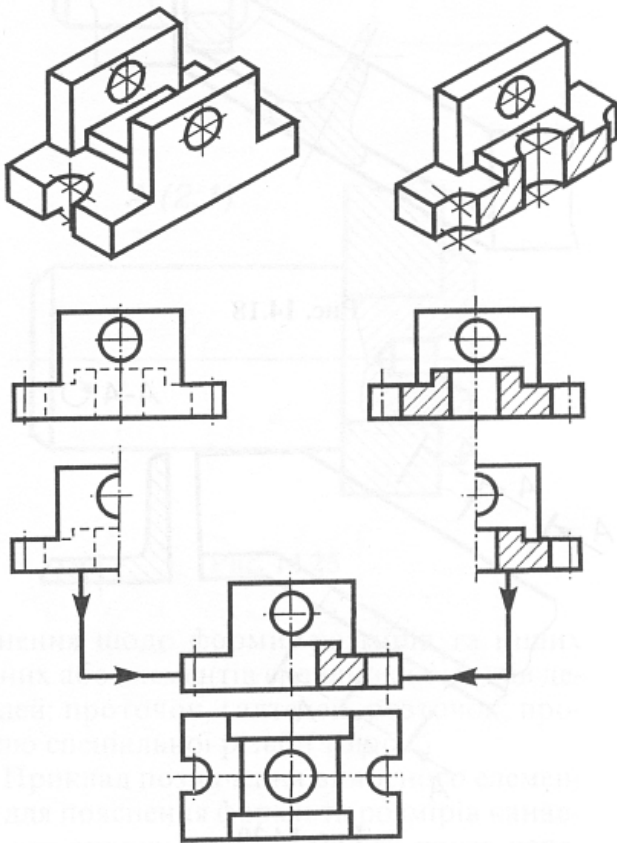


Рис. 29.

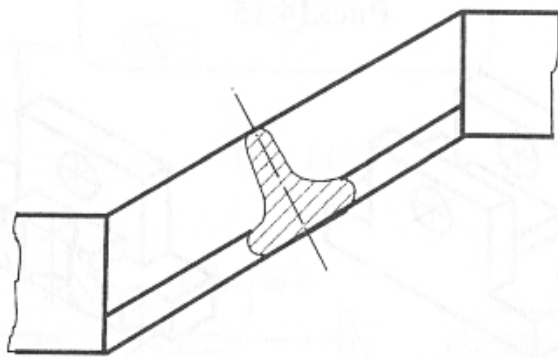


Рис. 31.

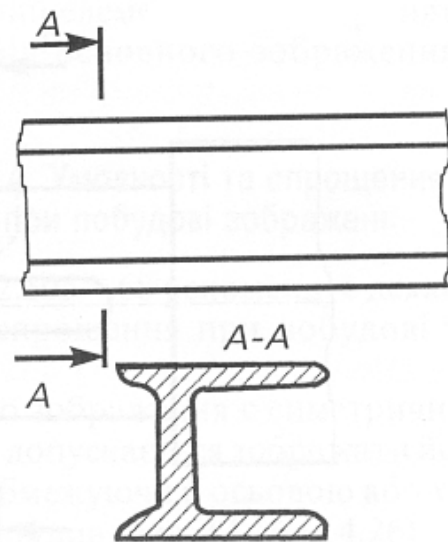


Рис. 30.

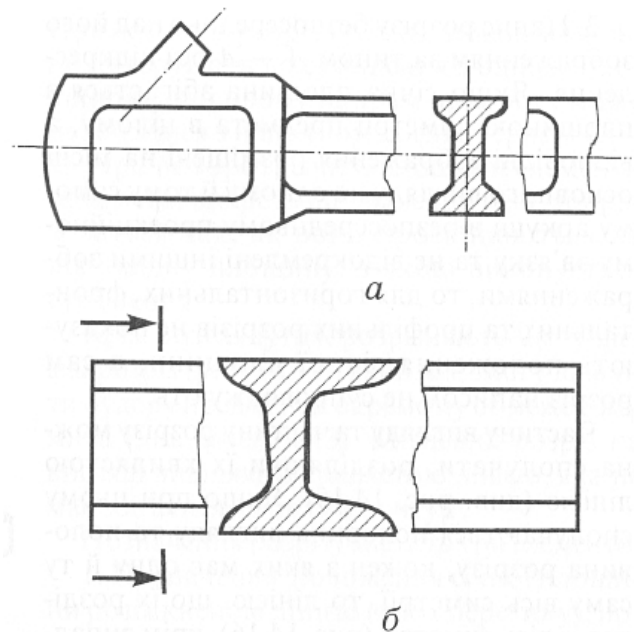


Рис. 32.

Винесені перерізи є переважними, їх можна розміщувати в розриві між частинами одного й того самого вигляду (рис. 32 а, б).

Для симетричного винесеного або накладеного перерізу літерні позначення та лінії перетину не наносять, обмежуючись проведенням осі симетрії (рис. 32).

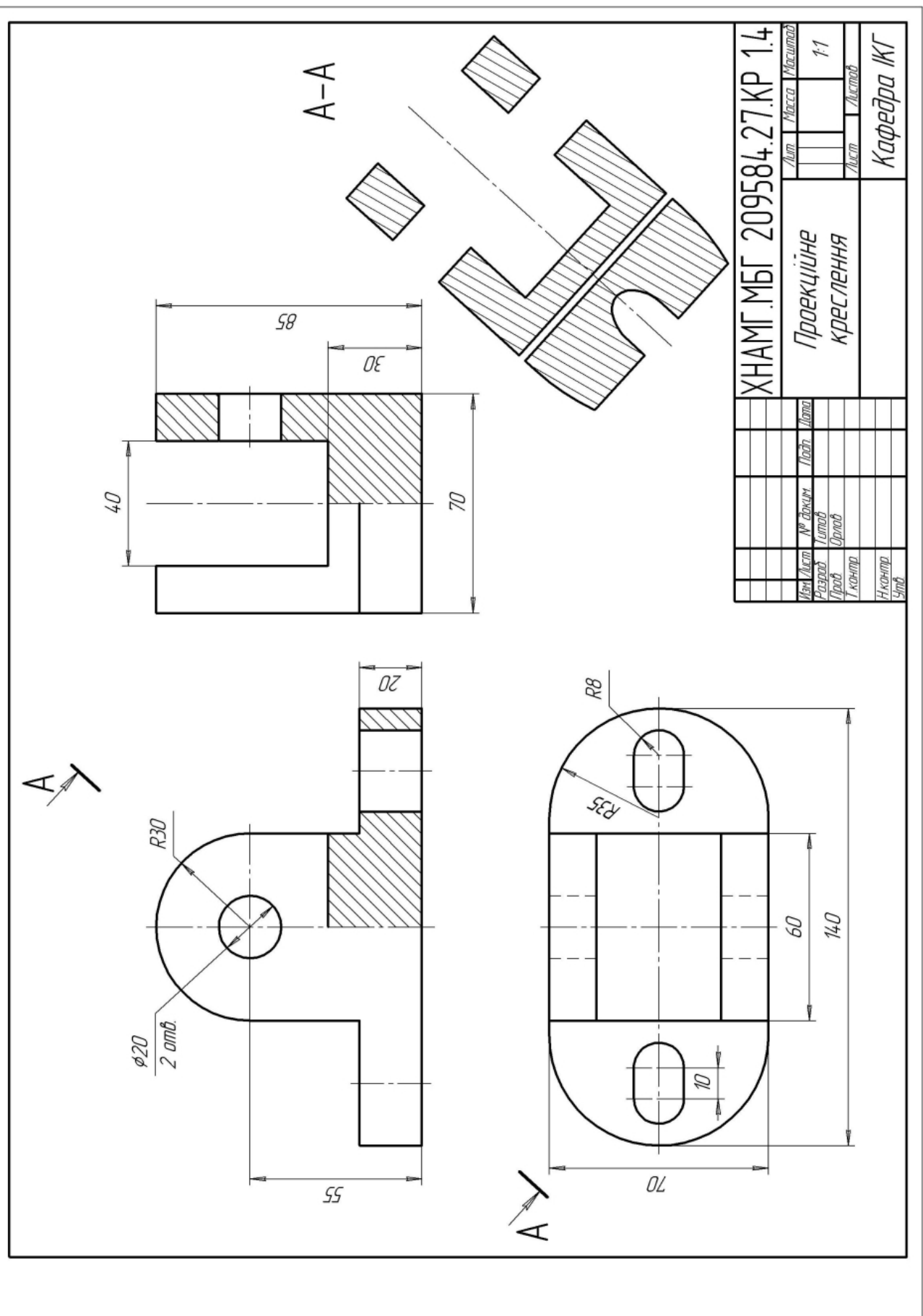


Рис. 33.

У решті випадків для позначення лінії перетину проводять розімкнену лінію та показують стрілками напрям зору, позначаючи їх однаковими великими літерами українського алфавіту. На місці зображення перерізу його надписують за типом $A-A$, не підкреслюючи.

3.1.1 Завдання 1а.

За двома зображеннями деталі побудувати вигляд зліва. Для виявлення внутрішньої форми деталі виконати необхідні розрізи. Побудувати справжню величину винесеного перерізу площиною $A-A$, яка задана на кресленні умови.

Завдання виконується на форматі А3 креслярського паперу, олівцем, у масштабі 1:1. Оформлюється згідно ГОСТ 2.301-68, 2.303-68, 2.304-81, 2.305-68, 2.307-68. Варіанти завдання надані в таблиці 10. Приклад виконаного і оформленого завдання дивись на рис. 33.

Послідовність виконання завдання містить дві стадії: підготовчу та основну. Підготовча стадія – це ознайомлення з деталлю, її конструктивними особливостями. Після цього визначають головне зображення деталі (вигляд, розріз, або їх поєднання), види інших зображень та їхню кількість.

Основну стадію виконують у такій послідовності:

1. На форматі А3 креслярського паперу виконують рамку і основний напис.

2. На полі рисунка наносять габаритні прямокутники для основних зображень, осі симетрії, осьові та центрові лінії для отворів і елементів поверхонь обертання. При цьому поверхню деталі розбивають на складові геометричні елементи, враховуючи їх взаємне розміщення.

3. Тонкими лініями наносять контури основних зображень. Основою побудови зображень є зображення геометричних елементів зовнішніх форм деталі.

4. Виконують необхідні розрізи, намічені в підготовчій стадії. Лінії видимого контуру наводять суцільною товстою основною лінією, лінії невидимого контуру видаляють.

5. Проводять виносні, розмірні лінії. Розміри наносять у такій послідовності: габаритні, положення елементів деталі, форми елементів, решта розмірів. При цьому розміри зовнішніх форм наносять з боку вигляду, а розміри внутрішніх форм – з боку розрізу.

6. Виконують побудову справжньої величини винесеного перерізу.

У завданні треба побудувати справжню величину перерізу деталі фронтально-проекційною площиною $A-A$. Для цього скористаємося способом заміни площин проекцій – замінимо горизонтальну площину проекцій Π_1 площиною Π_4 , яка паралельна січній площині $A-A$. Нова вісь X_{24} паралельна сліду січної площини $A-A$ (рис. 34). Якщо поверхню деталі розбити на складові геометричні елементи, то ми бачимо, що січна площина $A-A$ перетинає два циліндри (зовнішній і внутрішній отвір) і призму (основа деталі). В перетині площини $A-A$ з циліндричними поверхнями маємо еліпси (повний і неповний), а

з поверхнею призми – прямокутник. Враховуючи взаємне розміщення еліпсів і прямокутника, одержуємо фігуру справжньої величини перерізу деталі площиною $A-A$.

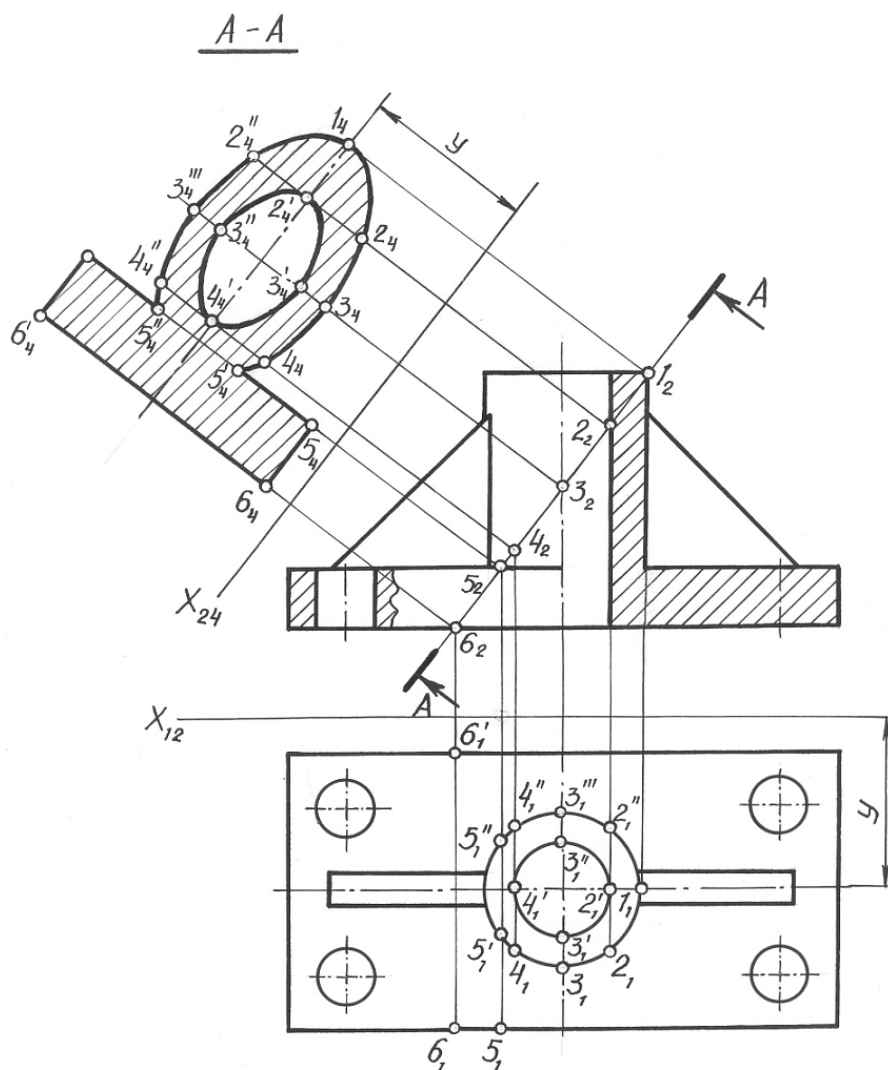


Рис. 34.

7. Виконують штриховку в розрізах і перерізі.

3.2 Вказівки до виконання завдання „Проекційне креслення”, побудова аксонометрії деталі.

Аксонометричні проєкції застосовуються для побудови наочного зображення предметів.

За методом аксонометричного проєкціювання предмет разом з осями прямокутних координат, до яких цей предмет віднесений у просторі, проєкціюється паралельно на площину, яка називається площиною аксонометричних проєкцій. Якщо проєкційні лінії утворюють з аксонометричною площиною проєкцій прямий кут, то маємо прямокутну проєкцію фігури. До стандартних прямокутних аксонометричних проєкцій належать ізометрична та диметрична проєкції (ГОСТ 2.317-69).

Прямокутна ізометрична проекція

На рис. 35 показано положення аксонометричних осей. Коефіцієнт спотворення на осях X_p , Y_p і Z_p дорівнює 0,82. Для спрощення побудови рекомендується виконувати ізометричну проекцію, якщо коефіцієнт спотворення на осях X_p , Y_p і Z_p дорівнює 1 (тобто без спотворення). Кола, розташовані в площинах рівня, проєкціюються на аксонометричну площину у вигляді однакових еліпсів (рис. 36).

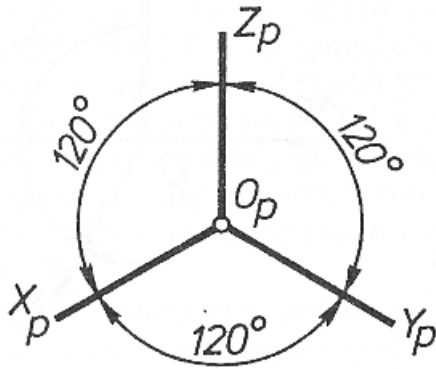


Рис. 35.

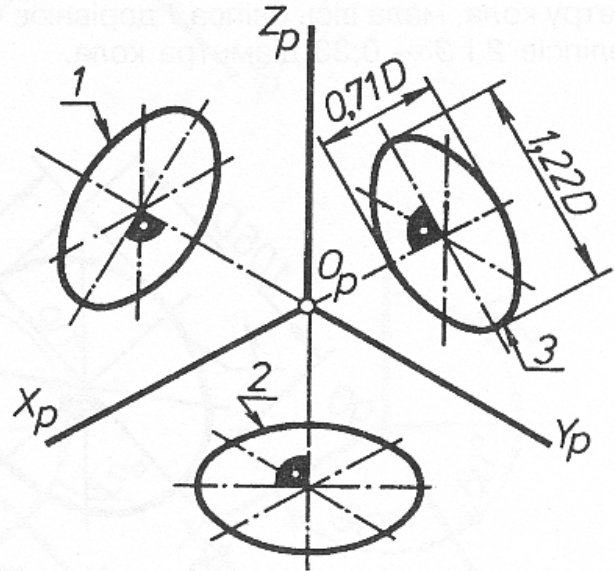


Рис. 36.

Прямокутна диметрична проекція

На рис. 37 показано положення аксонометричних осей. Коефіцієнт спотворення на осях X_p і Z_p дорівнює 0,94, а на осі Y_p – 0,47. Для спрощення побудови рекомендується диметричну проекцію виконувати без спотворення на осях X_p і Z_p (тобто застосовувати коефіцієнт спотворення 1), а на осі Y_p – із застосуванням коефіцієнта спотворення 0,5. Кола, розташовані в площинах рівня, проєкціюються на аксонометричну площину у вигляді еліпсів (рис. 38).

Побудова аксонометричних проєкцій багатогранників, зокрема, многокутників, зводиться до визначення аксонометричних проєкцій вершин, які потім сполучають між собою відрізками прямих ліній.

У загальному випадку аксонометричною проєкцією кривої лінії (або поверхні) буде також крива лінія (поверхня).

Лінії штрихування перерізів в аксонометричних проєкціях наносять паралельно одній із діагоналей проєкцій квадратів, які лежать і відповідних координатних площинах і сторони яких паралельні аксонометричним осям. На рис. 39 показано нанесення лінії штрихування для ізометрії, а на рис. 40 – для диметрії.

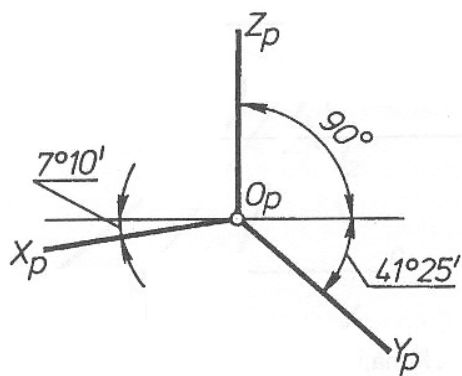


Рис. 37.

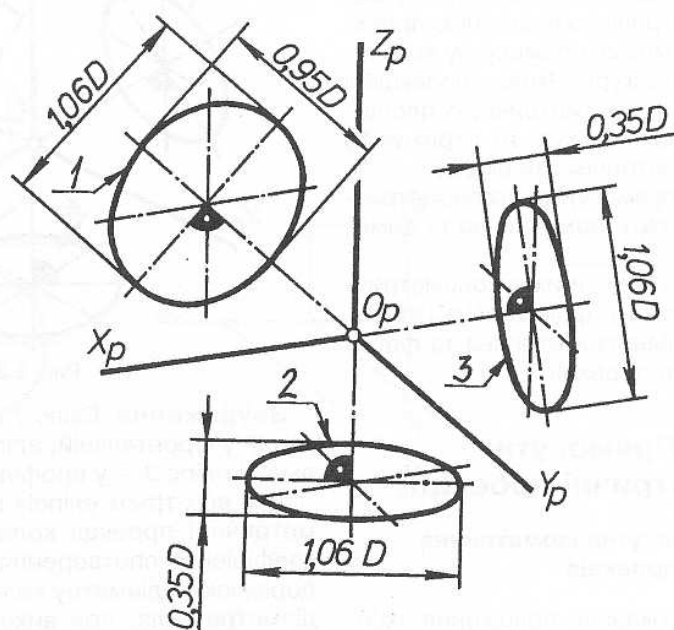


Рис. 38.

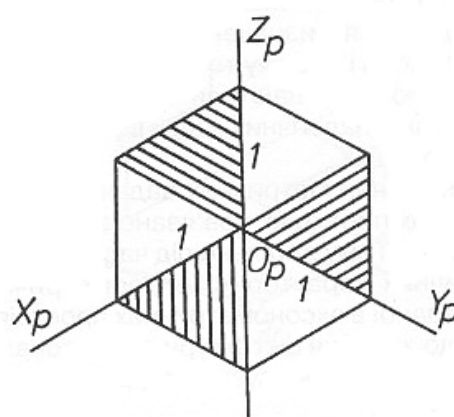
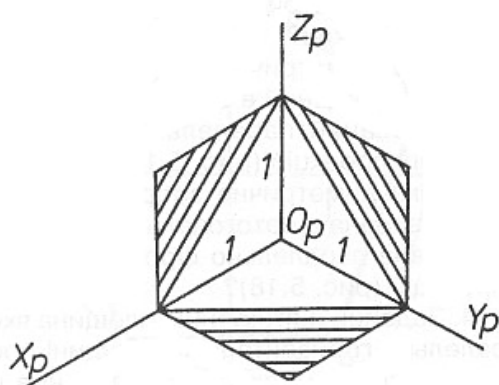


Рис. 39.

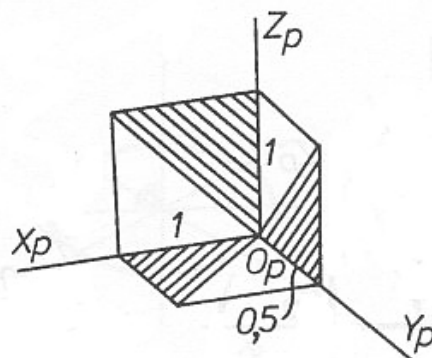
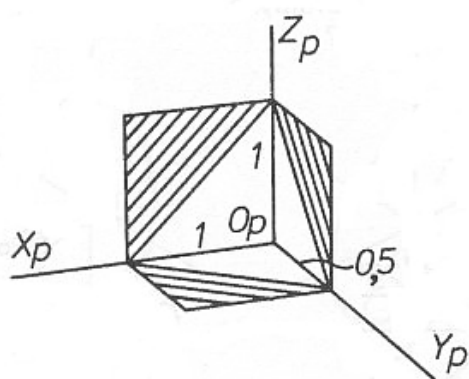
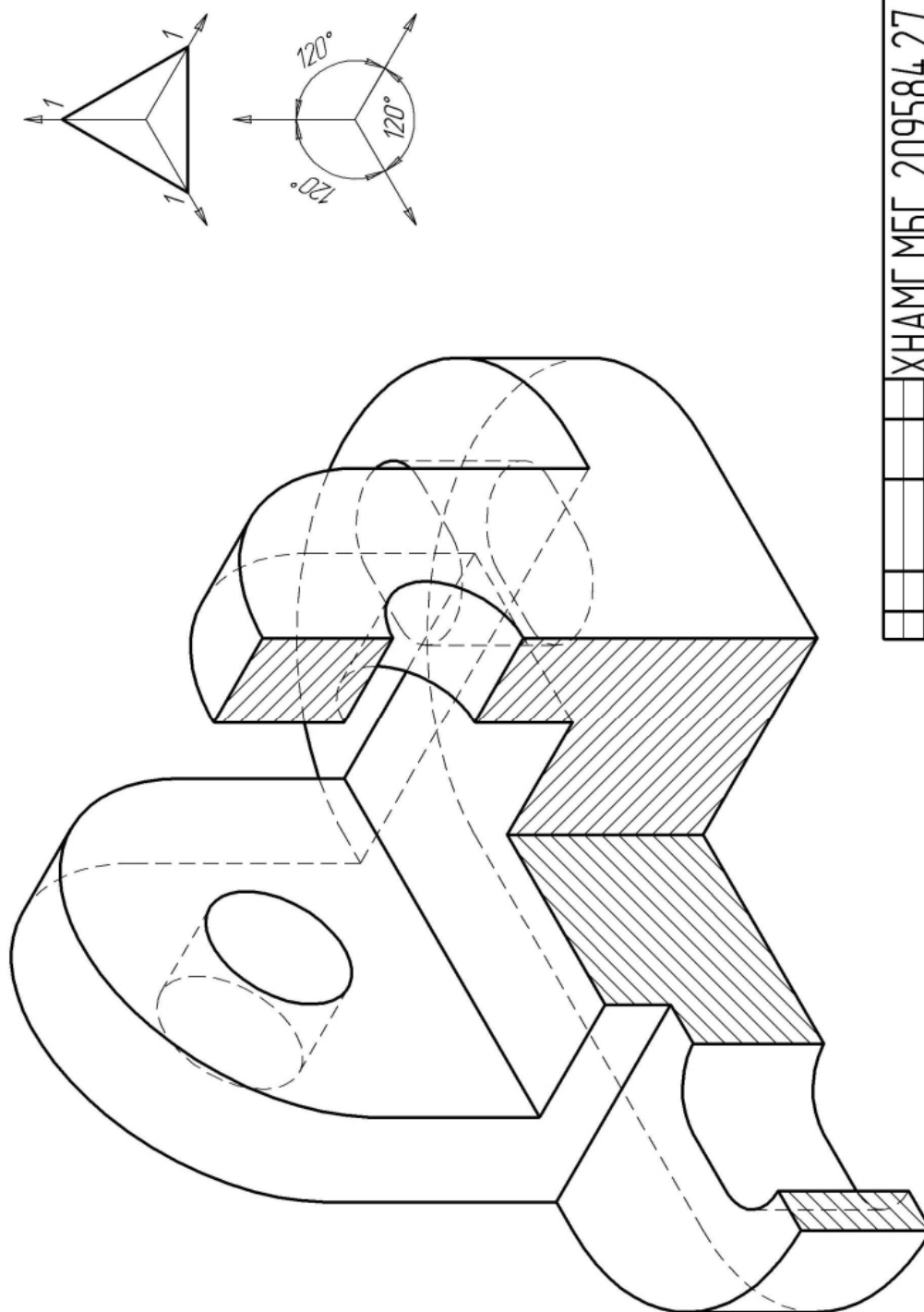


Рис. 40.

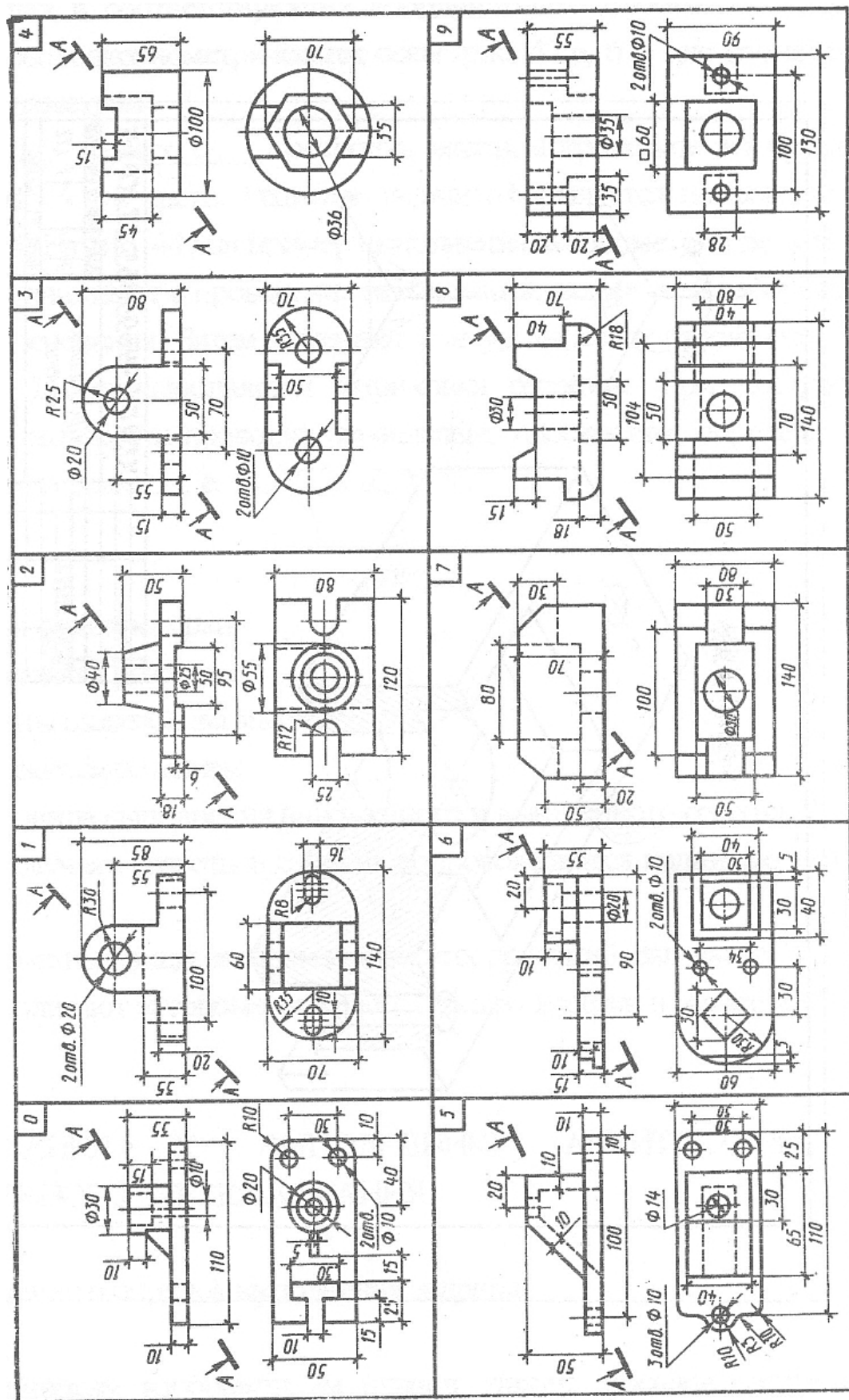


ХНАМГ МБГ 209584.27 КР 1.4									
Проекційне креслення					Лист	Масштаб	1:1		
					Лист	Масштаб	1:1		
Менш. Лист	№ аркуша	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Проєкт.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
І конпр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
ІІ конпр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Утв.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Кафедра ІКГ									

Рис. 41.

Таблиця 10.

Задача №10. а) За двома даними видами деталі побудувати третій вид. Виконати необхідні розрізи. Побудувати справжню величину винесеного перерізу площиною А-А. б) Побудувати аксонометричне зображення деталі з вирізом $\frac{1}{4}$ її частини.



3.2.1 Завдання 1б. Побудувати аксонометрію деталі з вирізом 1/4 її частки

Завдання виконується на форматі А3 креслярського паперу, олівцем, за варіантом. Оформлюється згідно ГОСТ 2.301-68, 2.303-68, 2.317-69. Приклад виконаного завдання дивись на рис. 41. Варіанти завдання надані в таблиці 10.

3.3 Вказівки до виконання завдання „Проекції з числовими позначками”

У разі зображення фігури, горизонтальні розміри якої набагато більші за вертикальні, система трьох площин проекцій стає досить незручною у користуванні, поза як із трьох заданих координат точок фігури практично випадають значно менші за величиною координати, і положення фігури у просторі буде невизначеним. Щоб визначити це положення, замінюють побудову проекцій вертикальних величин фігури на числові позначки (числа), які проставляють на горизонтальній площині проекцій біля точок і які вказують, на якій відстані від площини проекцій розташована задана точка фігури.

Проекції з числовими позначками виконують у заданому масштабі на основі прямокутного проектування на одну площину проекцій, за яку здебільшого беруть горизонтальну площину проекцій H . Цю площину, рівень якої відповідає рівневі води в океані або в морі, називають площиною нульового рівня або нульовою (основною) площиною. Числові позначки вважають додатними, якщо точка розташована над нульовою позначкою, і від’ємними – якщо під нею. Перед такими позначками ставлять знак „плюс” або „мінус”. Числова позначка точки, яка лежить у площині нульового рівня, відповідає нулеві.

3.3.1. Умови та вирішення задач

Задача №1. Визначити довжину та нахил відрізка прямої AB ($A_2 B_5$)

Відрізок AB заданий своєю горизонтальною проекцією з числовими позначками. Довжина горизонтальної проекції відрізка $A_2 B_5$ називається закладанням. Дійсну довжину відрізка прямої AB за його закладанням знаходять способом прямокутного трикутника (рис. 42, 43).

Відношення алгебраїчної різниці позначок кінців відрізка (різниці аплікату $Z_B - Z_A$) до його закладання називається нахилом i :

$$i = \frac{BB_5 - AA_2}{A_2 B_5} = \frac{Z_B - Z_A}{A_2 B_5} = \operatorname{tg} \alpha$$

Величина закладання, яка відповідає одиниці перевищення, називається інтервалом. Чим більше нахил, тим менше інтервал і навпаки. Тому, $i = \frac{1}{l}$.

Інтервал l - величина, зворотна нахилу: $l = \frac{1}{i} = \operatorname{ctg} \alpha$.

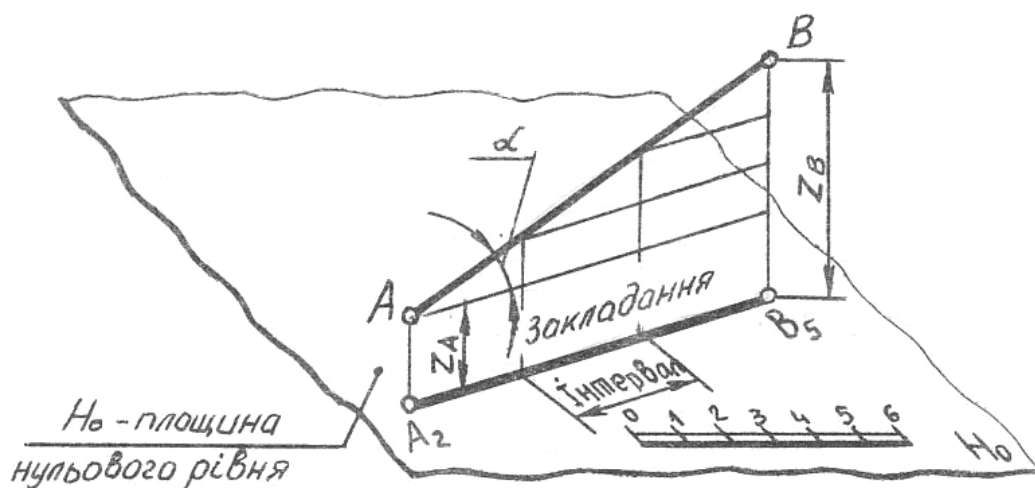


Рис. 42.

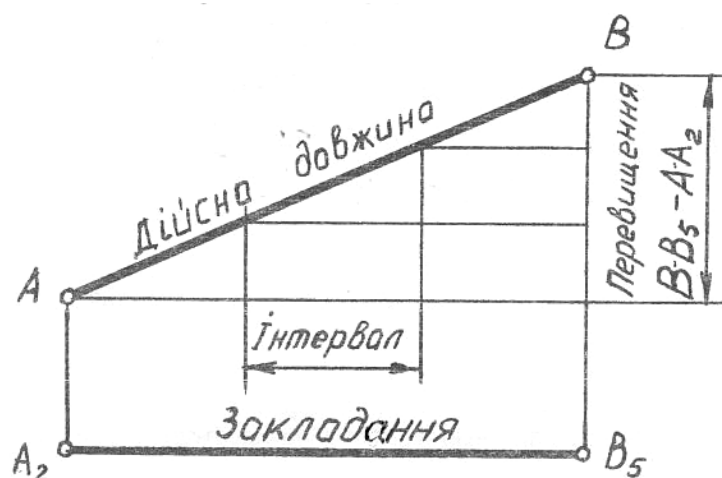


Рис. 43

На рис. 44 показано вирішення та оформлення задачі №1.

Задача №2. Побудувати лінію перетину площин, заданих масштабами спадів (масштабами закладання, рис. 46).

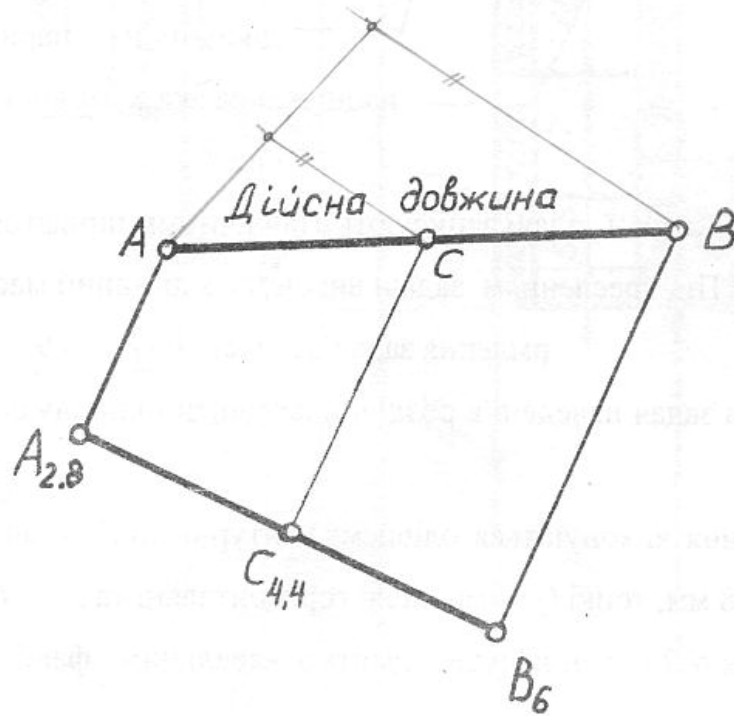
Площини в проєкціях з числовими позначками задаються масштабами спаду. Масштабом спаду, або закладання, називають проградуйовану проєкцію лінії найбільшого нахилу площини (рис. 45).

Звісно, що проєкції горизонталей площини перпендикулярні до проєкцій ліній найбільшого нахилу цієї площини, тобто до масштабів спаду. Кут між лінією найбільшого нахилу та масштабом спаду даної площини є кутом нахилу α цієї площини до горизонтальної площини (рис. 45).

Для побудови проєкції лінії перетину площин $P (Pi)$ та $Q (Qi)$ достатньо знайти перетин проєкцій двох пар їх горизонталей однакового рівня, тобто горизонталей, що проходять через однакові позначки масштабів спаду площин. На рис. 46 проєкція лінії перетину площин P та Q визначена точками $M (M_4)$ та $N (N_7)$. Точка (M_4) знайдена у перетині горизонтальних проєкцій горизонталей з позначкою 4.

Задача N1.

Визначити довжину та ухил відрізка
прямої AB ($A_{2.8} B_6$). Визначити
позначки точки C , якщо $|AC| = \frac{1}{2}|AB|$.



$$i = \frac{BB_6 - AA_{2.8}}{A_{2.8}B_6} = \frac{6 - 2.8}{6.4} = 1:2$$

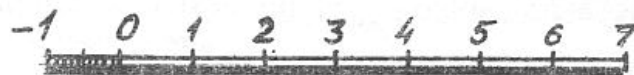
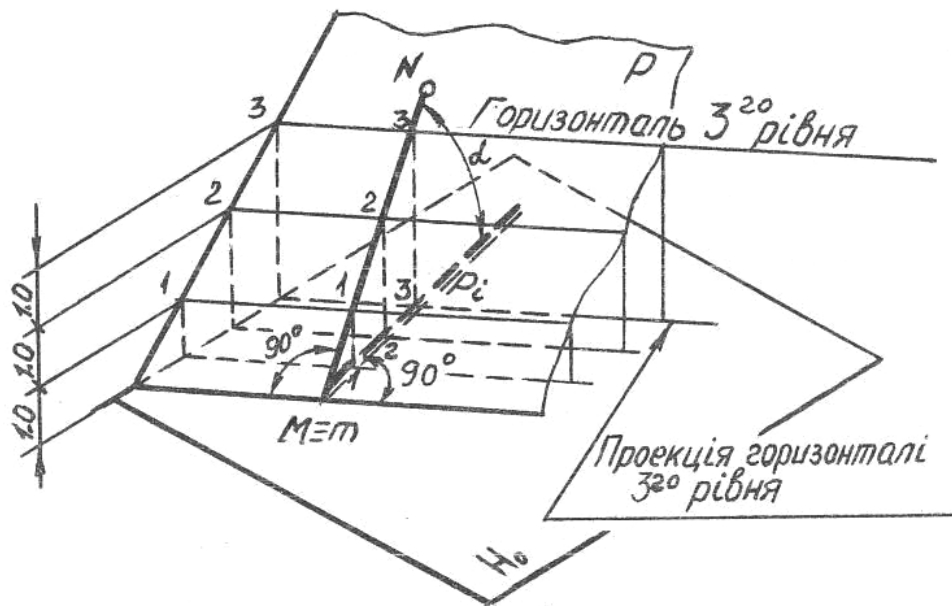


Рис. 44.



H_0 - площина нульового рівня
 NM - лінія найбільшого спаду
 P_i - масштаб спаду

Рис. 45.

Для спрощення викладу проекції горизонталей часто називають просто горизонталями. У подальшому будемо використовувати це спрощення.

Задача №3. Побудувати точку перетину $K(K...)$ прямої $AB (A_4 B_8)$ з площиною P , яка задана масштабами спаду P_i .

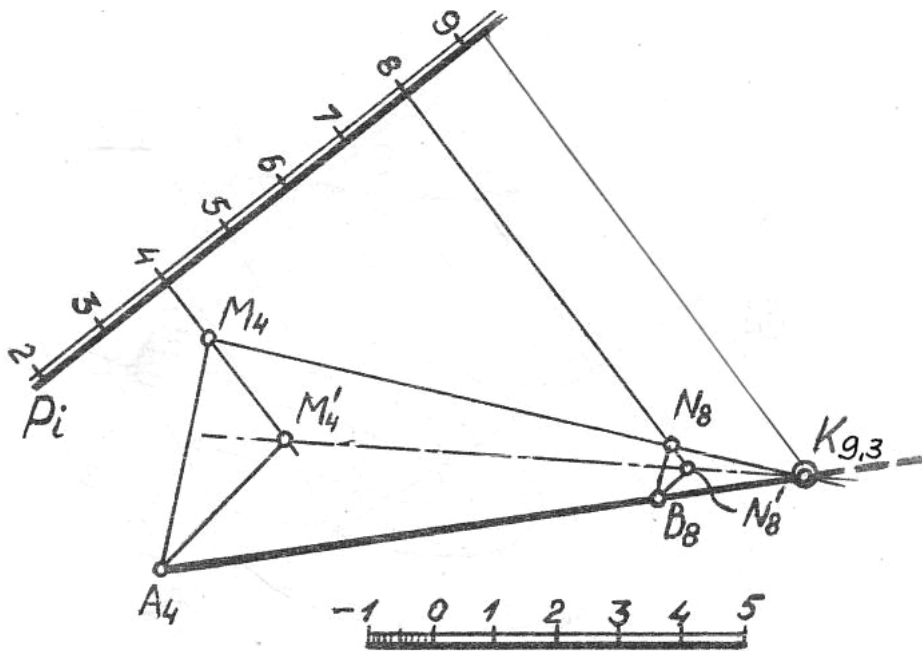


Рис. 47.

Задача N2

Побудувати лінію перетину двох площин, заданих масштабами спадів P_i та Q_i .

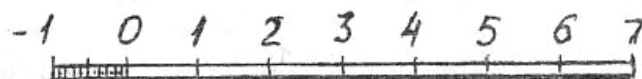
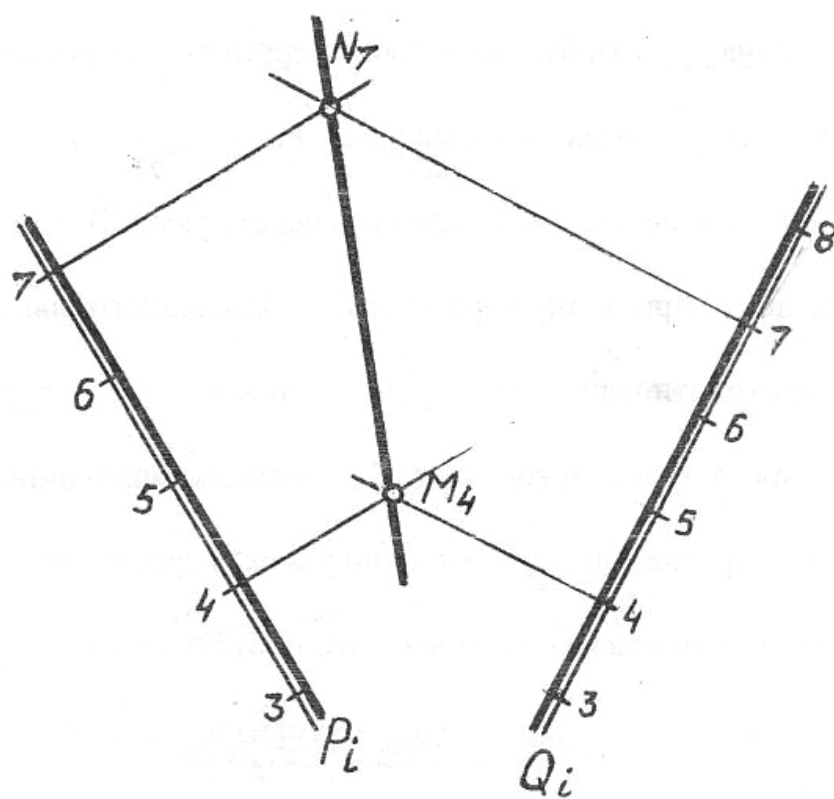


Рис. 46.

Для вирішення задачі належить через пряму AB ($A_4 B_8$) провести допоміжну площину. При цьому горизонталі відповідного рівня допоміжної площини будуть проходити через точки прямої того ж рівня. З метою найбільшої зручності побудов треба провести горизонталі допоміжної площини так, щоб вони перетинали відповідні горизонталі даної площини у межах креслення.

На рис. 47 наведено два варіанти побудови точки K – через пряму AB проведено дві різні допоміжні площини з горизонталями на 4 та 8 позначок, але рішення від цього не змінилося.

Відповідно з алгоритмом побудови точки перетину прямої з площиною (див. загальний курс „Нарисної геометрії”), через пряму AB ($A_4 B_8$) проведено допоміжну площину з горизонталями 4-го та 8-го рівня. Знайдено лінію перетину двох площин – даної та допоміжної ($M_4 N_8$). Далі знайдено точку перетину лінії $M_4 N_8$ з лінією $A_4 B_8$ (K), яка і буде точкою перетину прямої AB з площиною P . За належністю до площини P визначаємо позначку точки K ($K_{9,3}$).

Точка K може лежати як у межах відрізка прямої AB , так і на його продовженні. Вважаючи площину P непрозорою, частину прямої AB правіше точки K треба зобразити невидимою.

Задача №4. Побудувати профіль рельєфу місцевості по напрямку (по лінії).

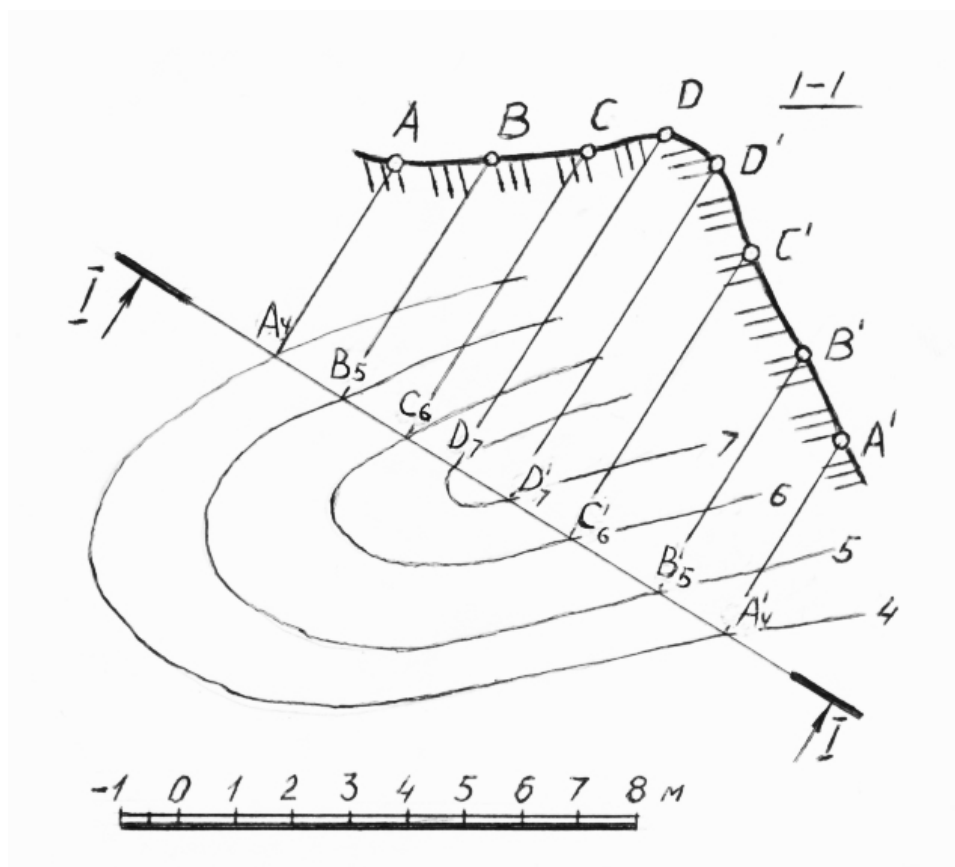


Рис. 48.

Існує великий клас поверхонь, побудова яких не підпорядковується точному математичному опису. Такі поверхні називають топографічними. Одним з прикладів топографічної поверхні може бути рельєф земної поверхні. В проекціях з числовими позначками топографічні поверхні зображують проекціями їх горизонталей з показом позначок, що фіксують рівень площин кожної горизонталі. Чисельність горизонталей утворюють дискретний каркас поверхні, який дозволяє вирішувати позиційні та метричні задачі.

Для вирішення задачі №4 топографічну поверхню перетинають вертикальною площиною заданого напрямку $I-I$ і будують лінію перетину цієї площини з топографічною поверхнею. На рис. 48 профіль рельєфу місцевості суміщений із площиною креслення, причому лінія $I-I$ прийнята за лінію відліку нульового рівня.

В задачі №4 та усіх наступних задачах одиниця лінійного масштабу має розмірність метр (м). Маючи одиниці лінійного масштабу та виходячи з точок перетину відповідних горизонталей з лінією $I-I$, відкладають кількість одиниць лінійного масштабу у напрямку, що є перпендикулярним лінії $I-I$, отримуючи точки рельєфу земної поверхні. Грунт у перерізі вздовж контуру рельєфу треба штрихувати відповідно з ГОСТ 2.306-68.

Задача №5. Побудувати лінію перетину площини P (P_i) з топографічною поверхнею, яка задана горизонталями (рис. 49).

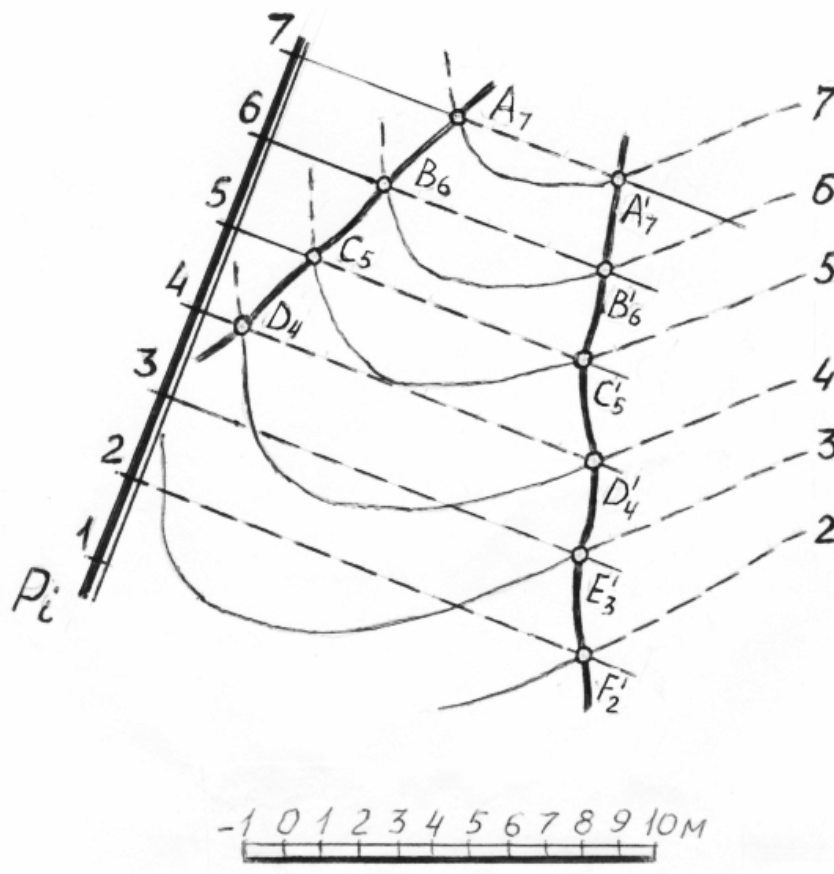


Рис. 49.

Для вирішення задачі помічають точки перетину горизонталей площини та топографічної поверхні, що мають однакові позначки. З'єднуючи між собою послідовно одержані точки A_7 , B_6 , C_5 , D_4 і так далі, одержують шукану проекцію лінії перетину.

Маючи на увазі, що поверхню та площину вважають непрозорими, невидимі частини горизонталей площини та топографічної поверхні зображують штриховими лініями. Видимість визначають за допомогою конкуруючих точок.

Задача №6. Побудувати точку перетину $K(K...)$ прямої $AB(A_{4,5} B_2)$ з топографічною поверхнею, що задана горизонталями.

Вирішення цієї задачі зводиться до побудов, які зроблені для вирішення задач №1 та №4, і тому не повинно викликати великих труднощів (рис. 50). Через пряму $AB(A_{4,5} B_2)$ проводять вертикальну (горизонтально-проекційну) площину та будують суміщений з площиною креслення профіль топографічної поверхні (профіль рельєфу місцевості) та натуральну довжину прямої AB .

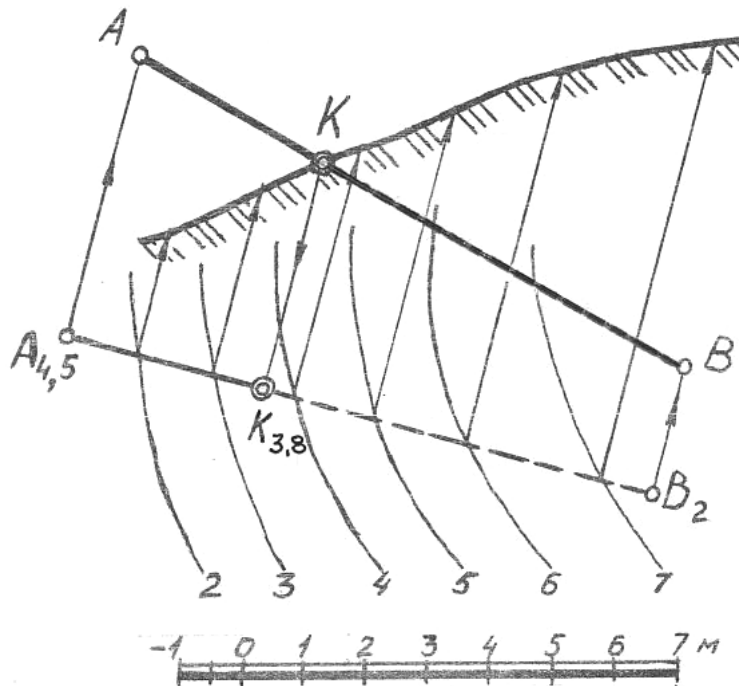


Рис. 50.

Точка перетину профілю місцевості з натуральною довжиною прямої AB (точка K) і буде шуканою точкою. Позначка точки $K(K...)$ визначається за допомогою лінійного масштабу. Залежно від форми профілю (схил, пагорб або яр) таких точок може бути декілька.

Грунт у перерізі треба штрихувати згідно з вимогами ГОСТ 2.306-68. Невидиму частину прямої, що розташована під топографічною поверхнею, треба виконувати штриховою лінією.

Задача №7. Побудувати лінію перетину схилів насипу та виїмки з топографічною поверхнею, яка задана горизонталями.

Горизонталі проведені через кожний метр висоти. Насип та виїмка мають місце при обладнанні будівельного майданчика наперед заданої форми та розмірів, тобто належить визначити межі земляних робіт. Майданчик розташований у горизонтальній площині з позначкою 6.000 (рис. 53).

По-перше, треба виконати креслення плану майданчика у масштабі 1:200 за своїм варіантом. Відстань між горизонталями місцевості на кресленні визначають приблизно, виходячи з пропорцій між розмірами майданчика та розташуванням горизонталей відносно до його вузлових точок. Далі будують графік спаду насипу $i_H = 1:1,5$ та виїмки $i_B = 1:1$, як показано на рис. 51.

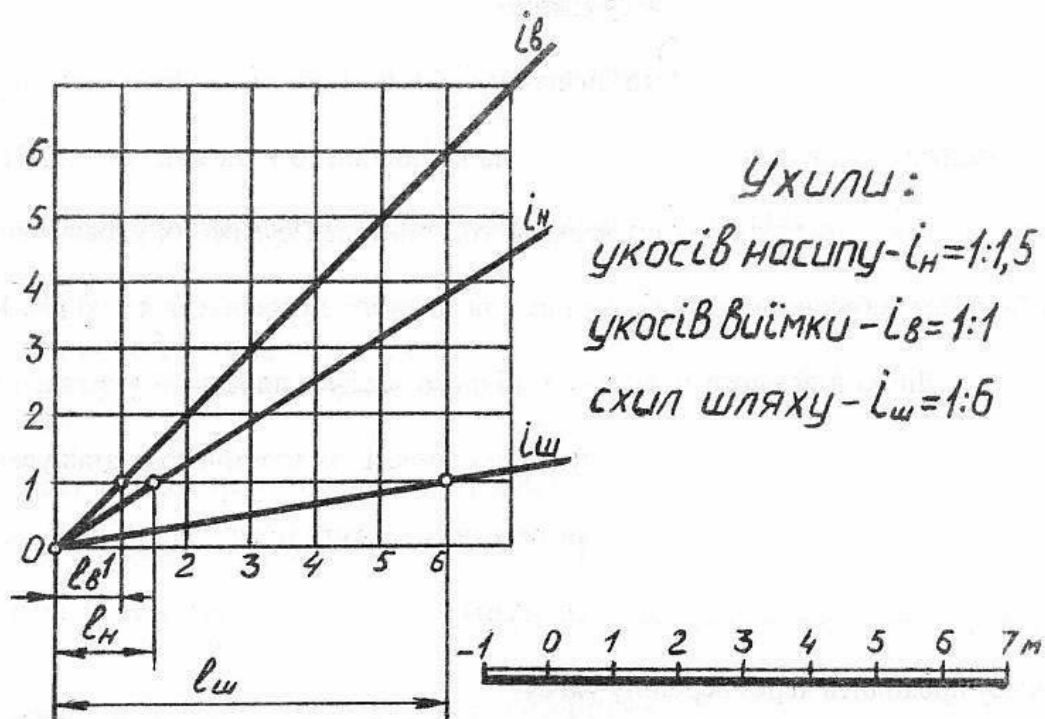


Рис. 51.

Визначення меж земляних робіт починають з побудови точок перетину лінії нульових робіт зі сторонами заданого будівельного майданчика. Задають площини схилів насипу та виїмки масштабами спадів.

Наступні побудови зводяться до визначення точок перетину горизонталей площин схилів з горизонталями топографічної поверхні. Схил, який має конічну поверхню (на рис. 54 частина одного зі схилів виїмки), також задають масштабом ухилів – радіальною прямою, проведеною з центру дуги, на якій проставляють позначки масштабів спаду, що є проєкціями горизонталей відповідних рівнів конічної поверхні.

Аналогічно визначають точки ліній взаємного перетину суміжних схилів. Лініями взаємного перетину площин схилів є прямі, які за напрямком співпадають з бісектрисами кутів між суміжними сторонами контуру майданчика. Для побудови прямих достатньо визначити тільки одну точку взаємного перетину горизонталей; другою точкою є вершина відповідного кута

майданчика. Ці бісектриси використовують для проведення горизонталей суміжних укосів однакових схилів без побудови масштабів ухилів для кожного з укосів (лінія a на рис. 52).

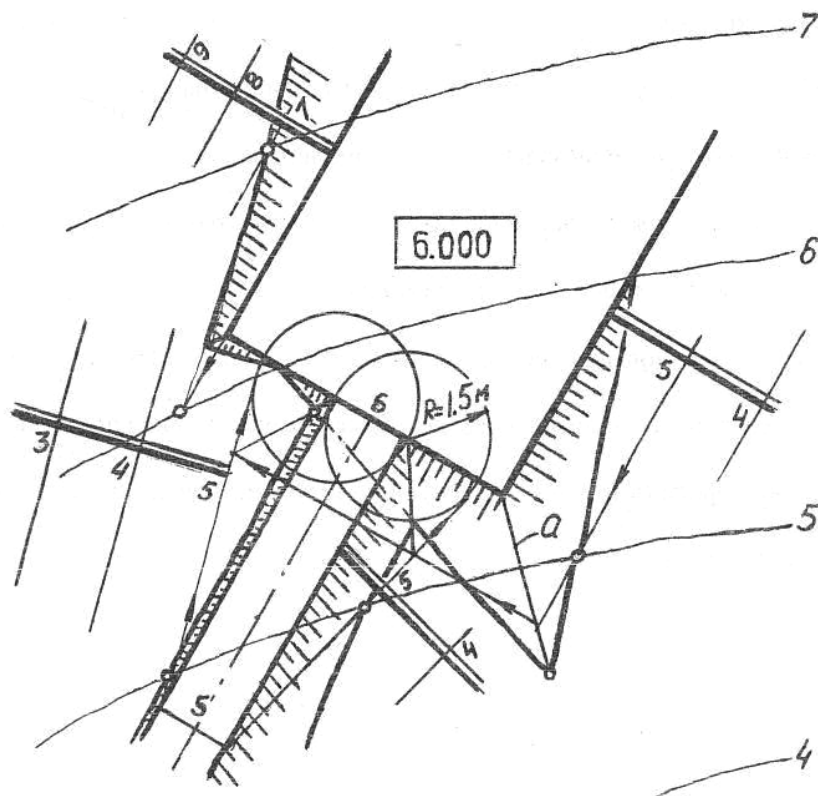


Рис. 52.

Лінію взаємного перетину конічної поверхні схилу з площиною укосу у загальному випадку буде крива другого порядку. В залежності від взаємного розташування конічного та плоского укосів лініями перетину можуть бути еліпс, гіпербола, парабола, а також прямі лінії.

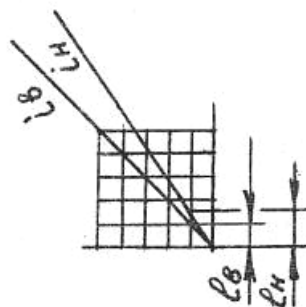
Верхні краї укосів виїмки та насипу позначають бергштрихами, які проводять по напрямку стоку води (по лінії найбільшого спаду – тобто перпендикулярно до горизонталей укосу) у бік горизонталей з меншою позначкою.

Рішення та оформлення задачі №7 показано на рис. 53. Варіанти індивідуальних завдань надані у додатку 1.

Задача N7

Побудувати лінію перетину схилів
насыпу та виймки з топографічною
поверхнею, яка задана горизонталлями.

Уклин укосів:
насыпу $i_n = 1:1.5$
виймки $i_v = 1:1$



-10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 м

Основний напис

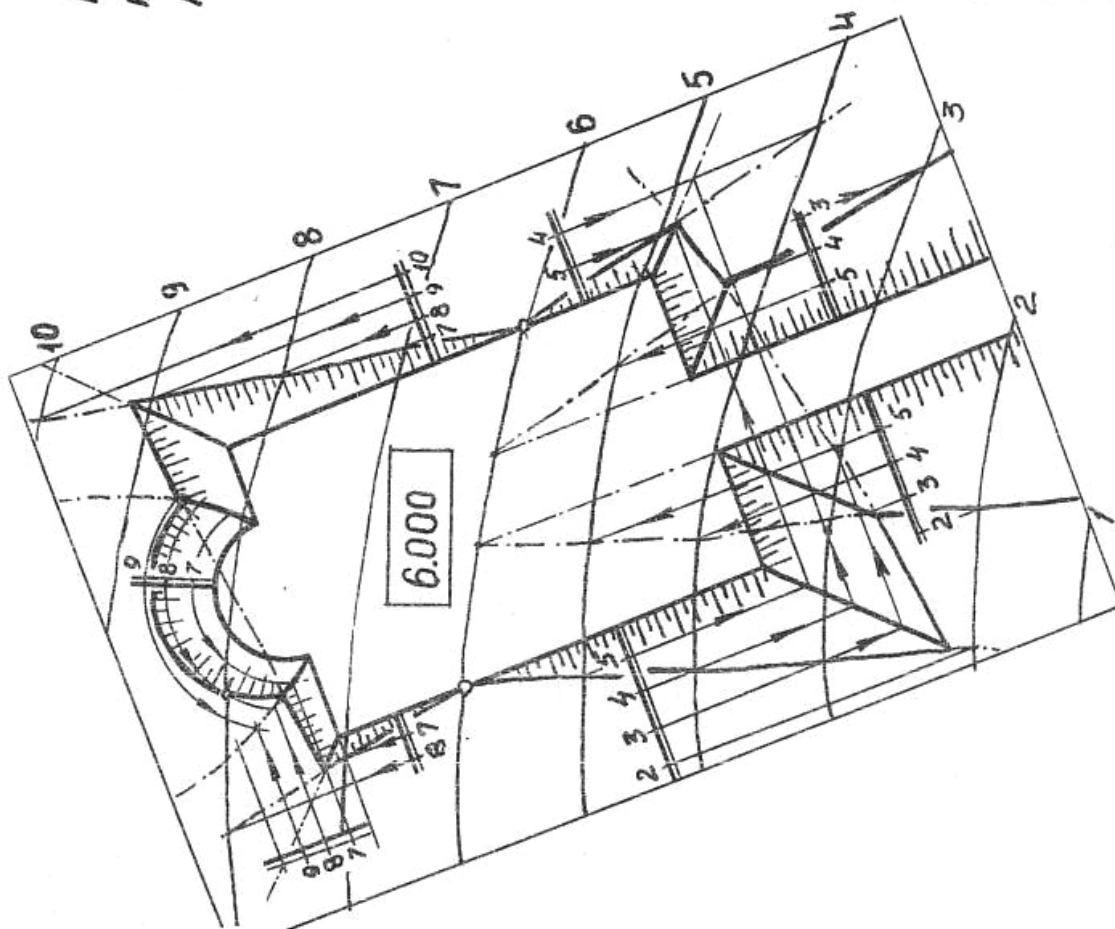


Рис. 53.

3.4 Питання для самоперевірки до контрольної роботи №2

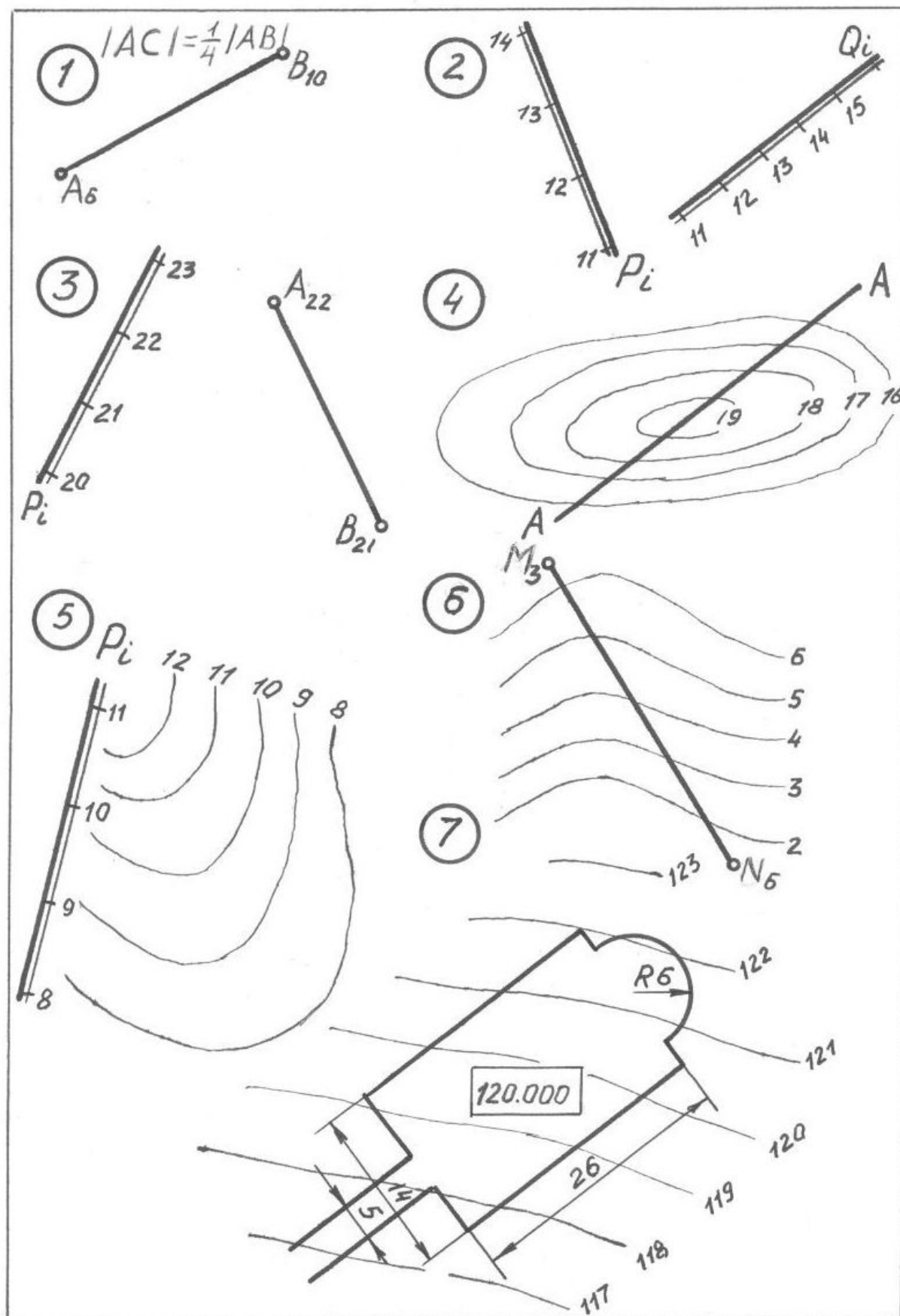
1. Назвати основні типи ліній, які застосовують під час виконання креслень, а також співвідношення їхніх товщин.
2. Що таке масштабні зображення? Які масштаби рекомендує ГОСТ 2.302-68?
3. Що називають виглядом? Які є основні види?
4. У чому відмінність між розрізом та перерізом?
5. В яких випадках прості розрізи не позначають?
6. Що називають вторинною проекцією точки в аксонометрії?
7. Що таке закладання, інтервал і нахил відрізка прямої?
8. Як задаються точка і пряма у проекціях з числовими позначками?
9. Як задається площина у проекціях з числовими позначками?
10. Що таке кут нахилу площини і як він визначається?
11. Як задається на кресленні топографічна поверхня?
12. Наведіть приклади найпростіших позиційних та метричних задач на топографічній поверхні.

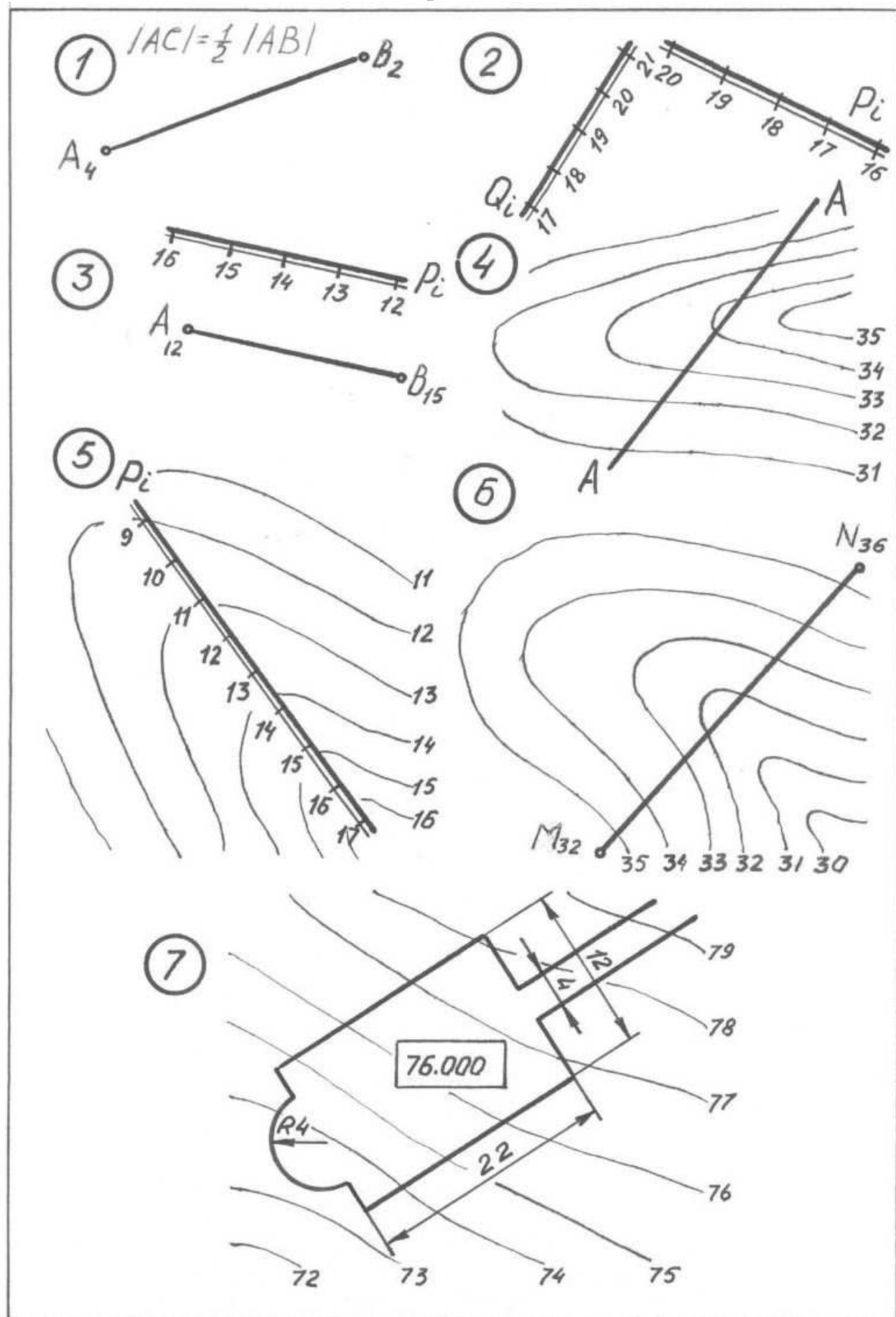
ЛІТЕРАТУРА

1. Антонович Є.А., Фольта О.В., Шпільчак В.А., Юрковський П.В. Нарисна геометрія та перспектива: Навч. посібник. Ч.1-7.- К., 1990-1993.
2. Бубенников А.В. Начертательная геометрия. Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1985.
3. Винницкий И.Г. Начертательная геометрия. Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1975.
4. Виноградов В.Н. Начертательная геометрия. - М., 1989.
5. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии: Учебное пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 2000.
6. Климухин А.Г. Начертательная геометрия: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1978.
7. Михайленко В.Э., Пономарев А.М. Инженерная графика. - К., 1990.
8. Нарисна геометрія: Підручник / В.Є. Михайленко, М.Ф. Євстіфєєв, С.М. Ковальов, О.В. Кащенко; За ред. В.Є. Михайленка –К.: Вища шк., 2004.
9. Начертательная геометрия: Учебник для вузов / Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, Н.М. Лаврухина; Под ред. Н.Н. Крылова –М.: Высш. шк., 1990.
10. Начертательная геометрия (проекции с числовыми отметками): Метод. рекомендации / Под ред. А.В. Фольта – К., 1988.
11. Фольта О.В., Антонович Є.А., Юрловський П.В. Нарисна геометрія: Підручник. – Львів, 1994.

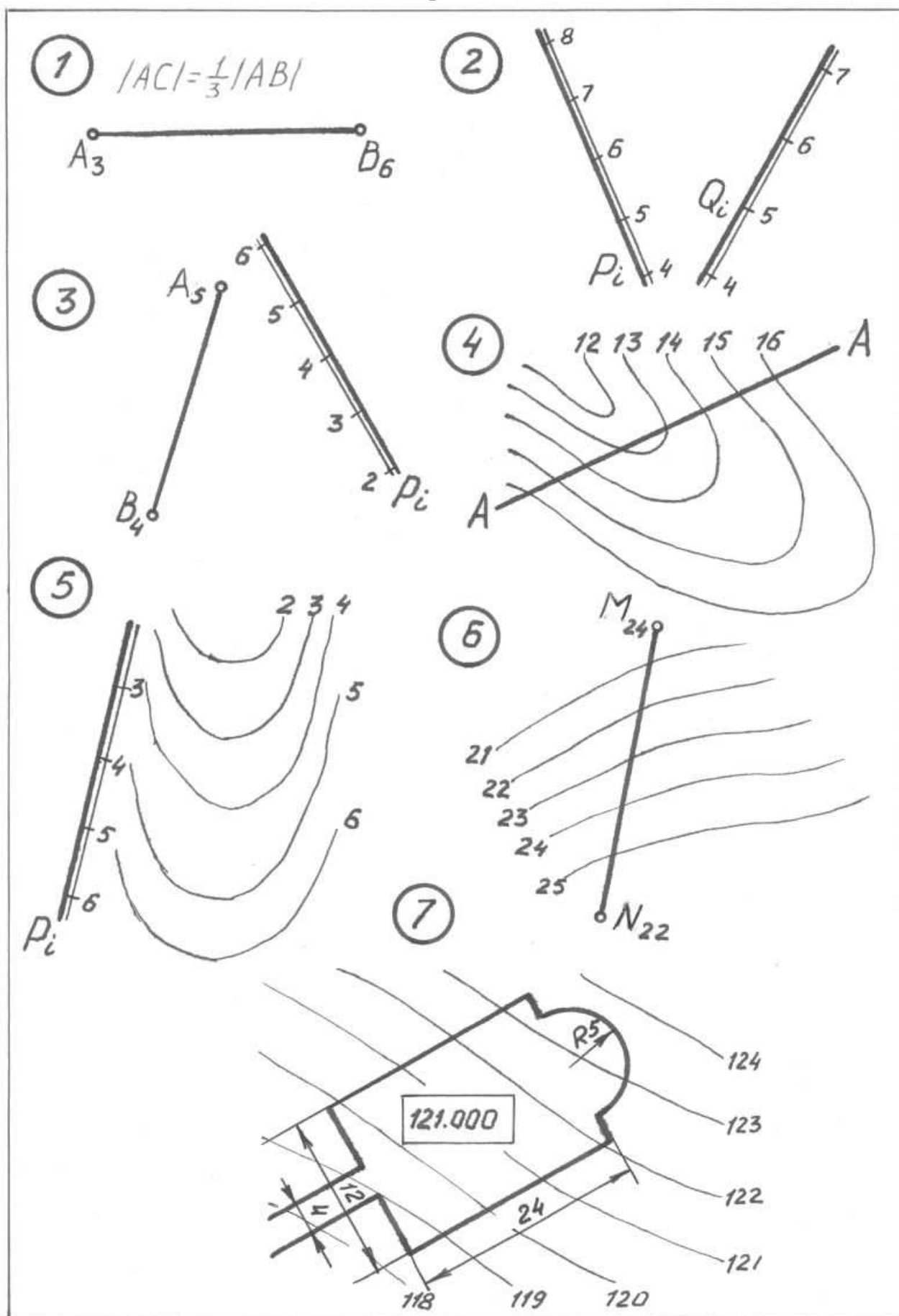
ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

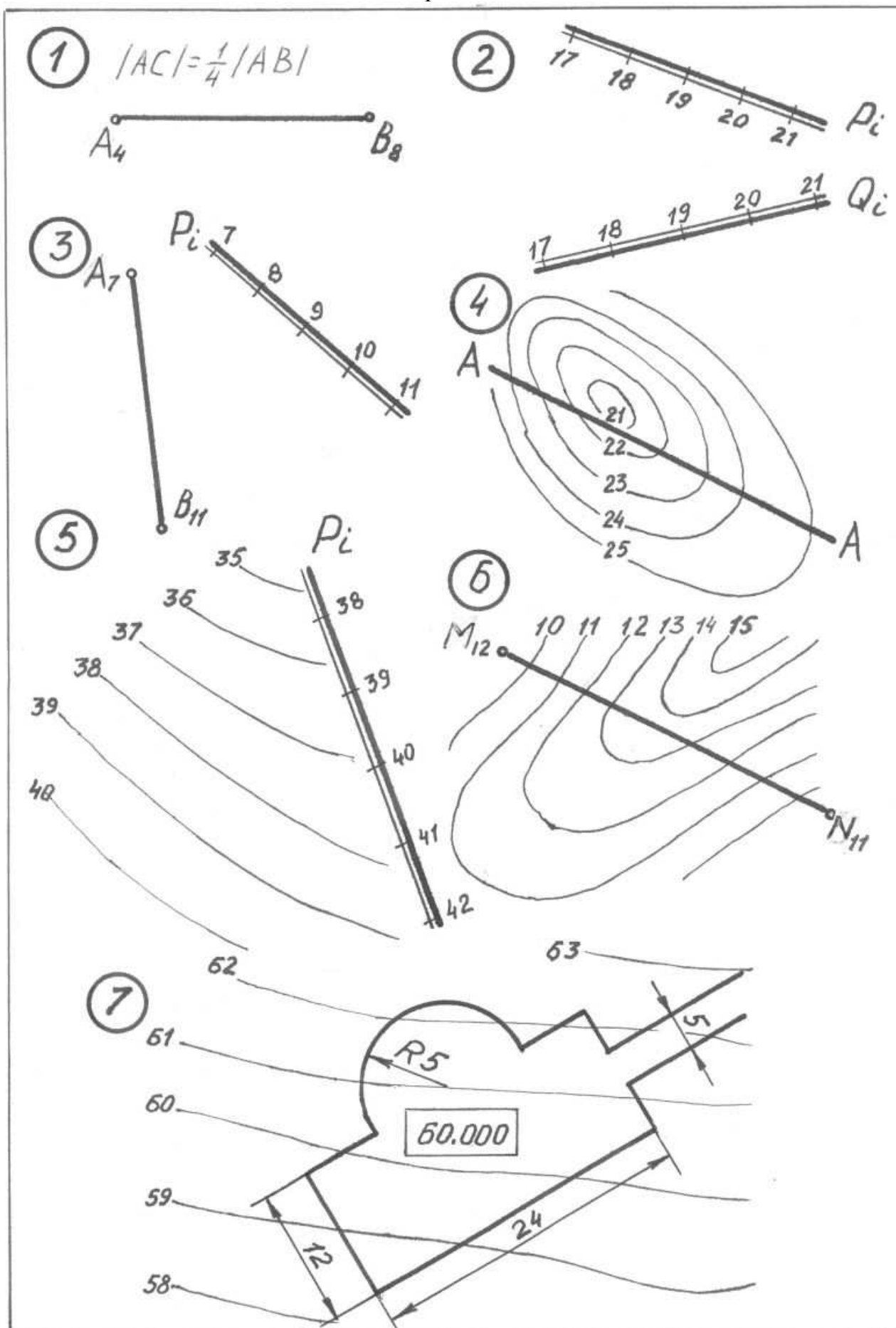
Варіант 1



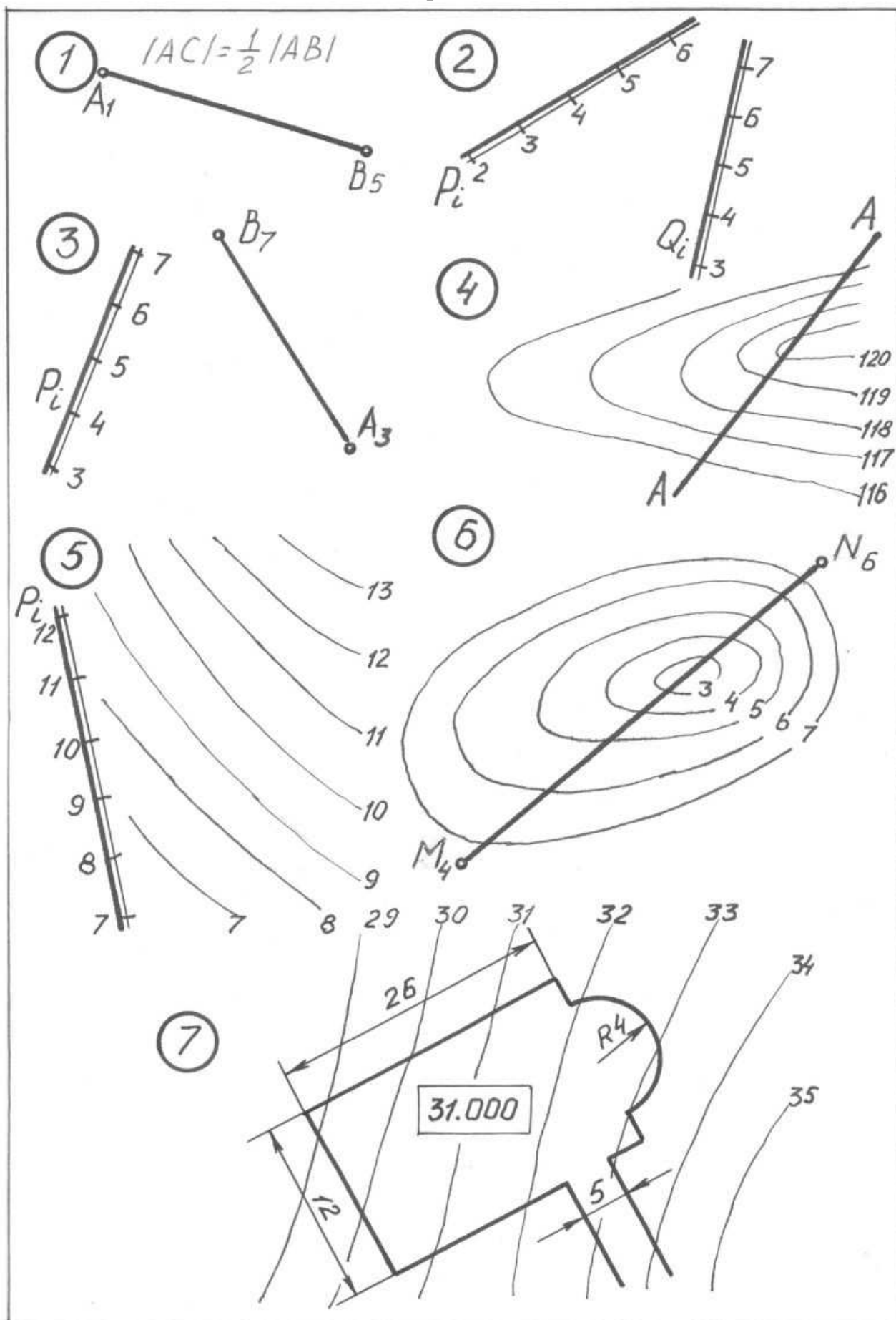


Вариант 3

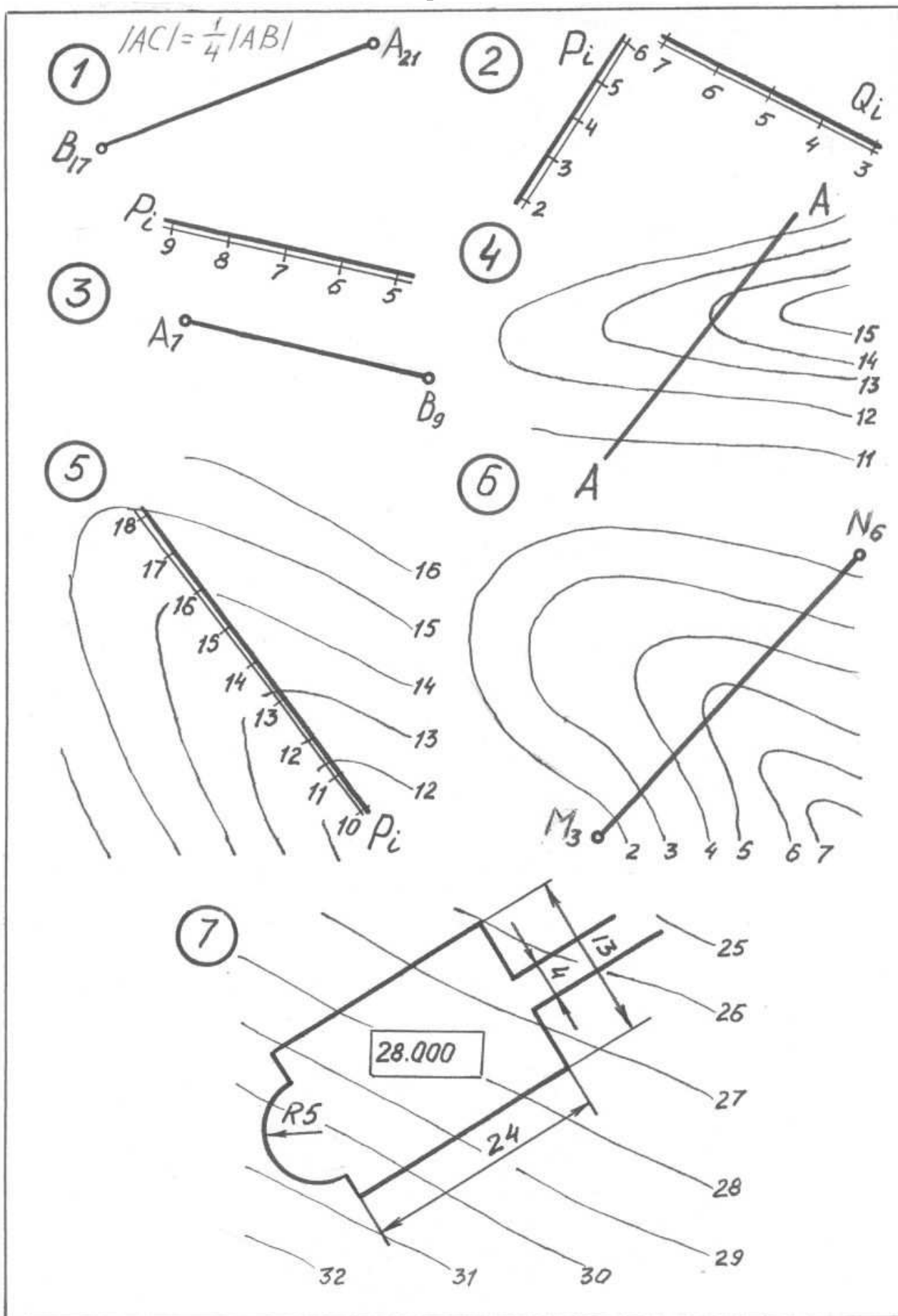


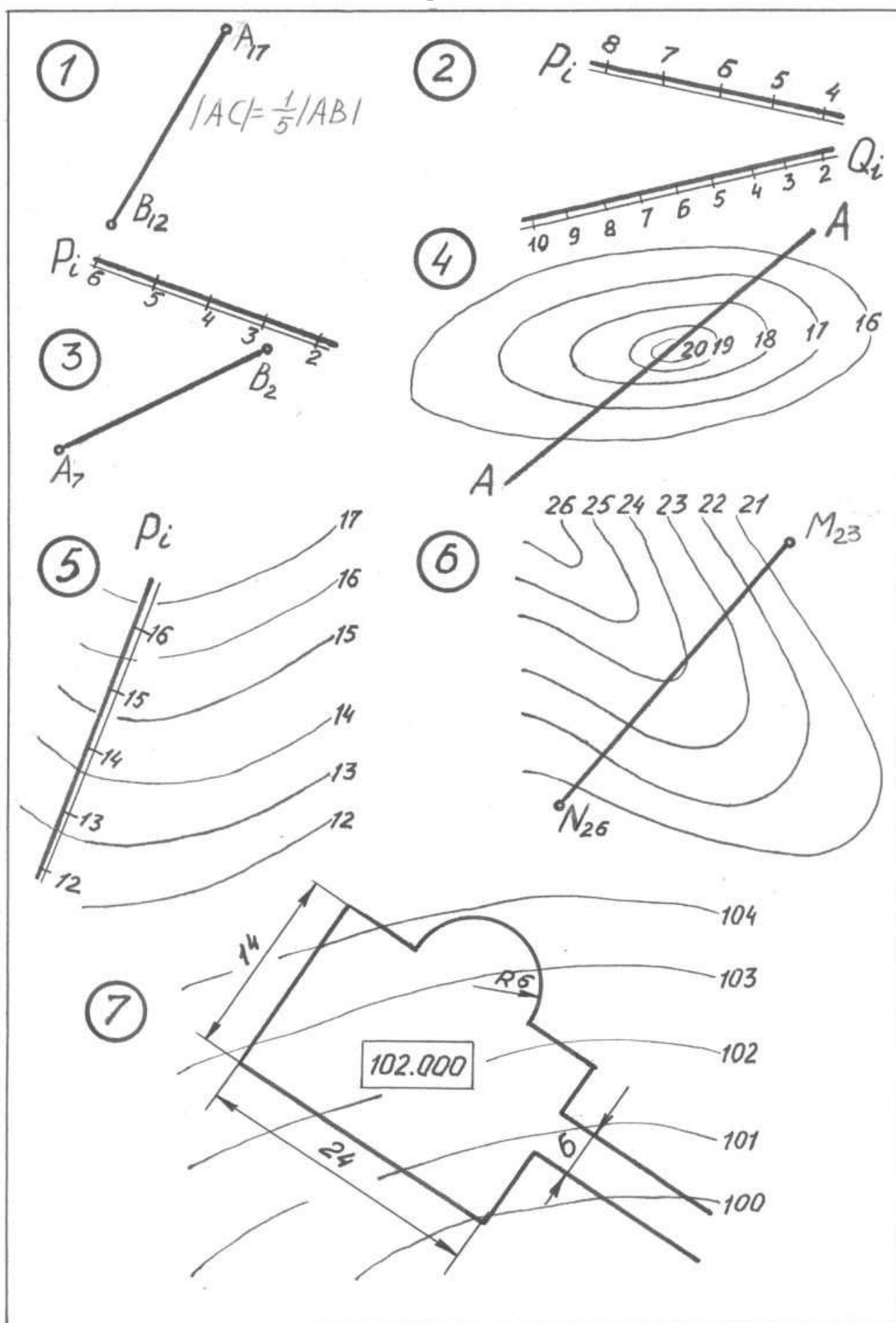


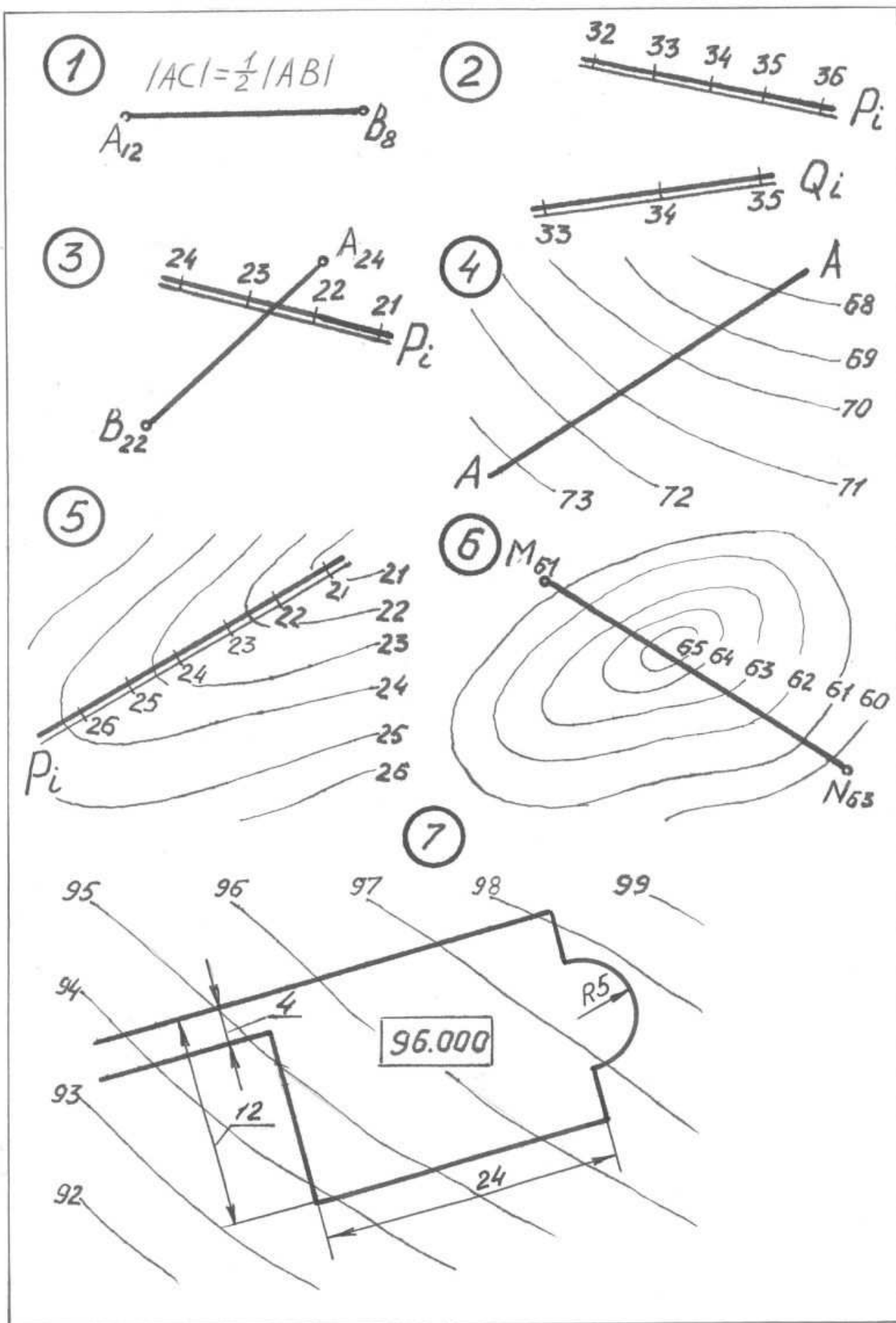
Вариант 5

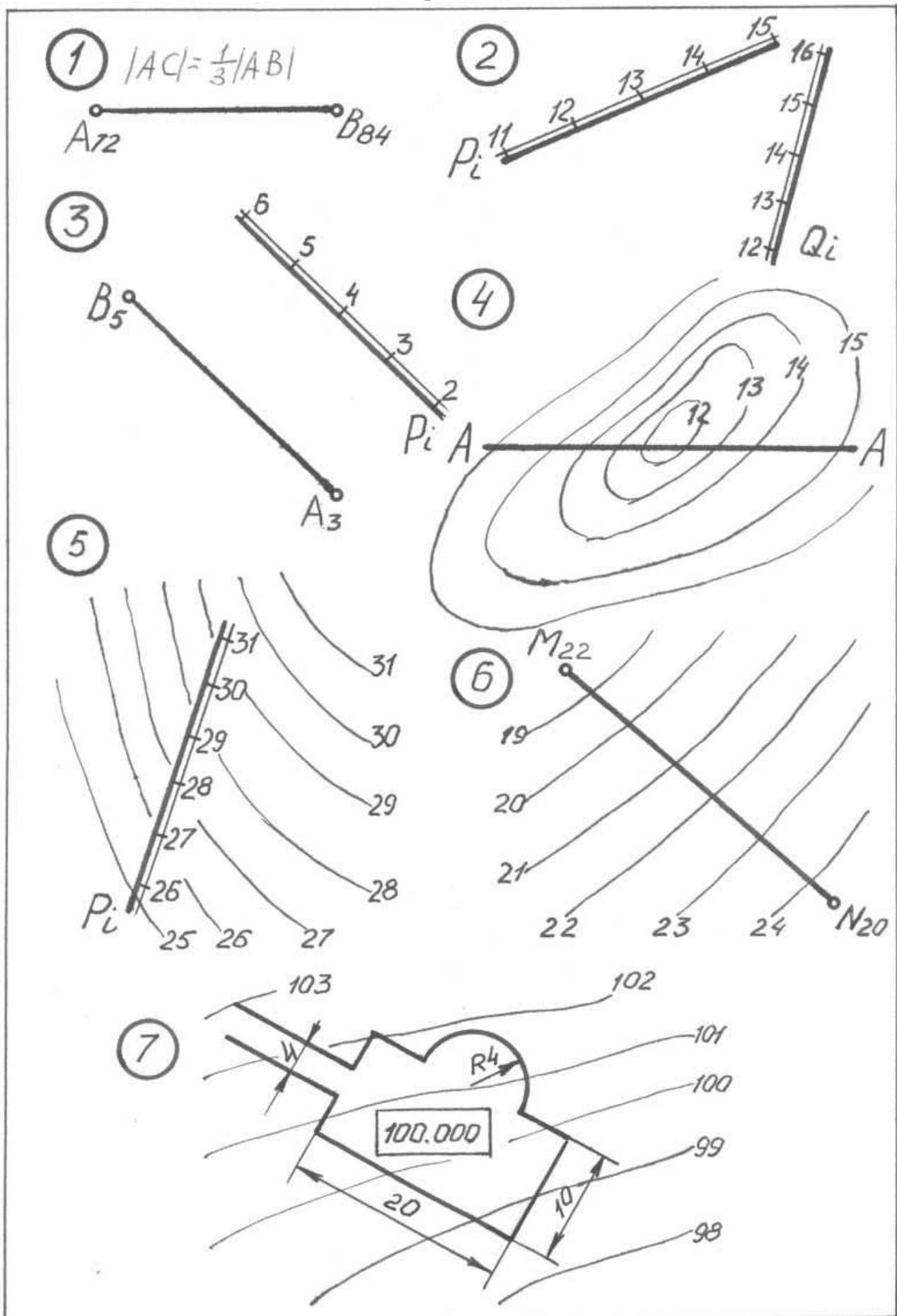


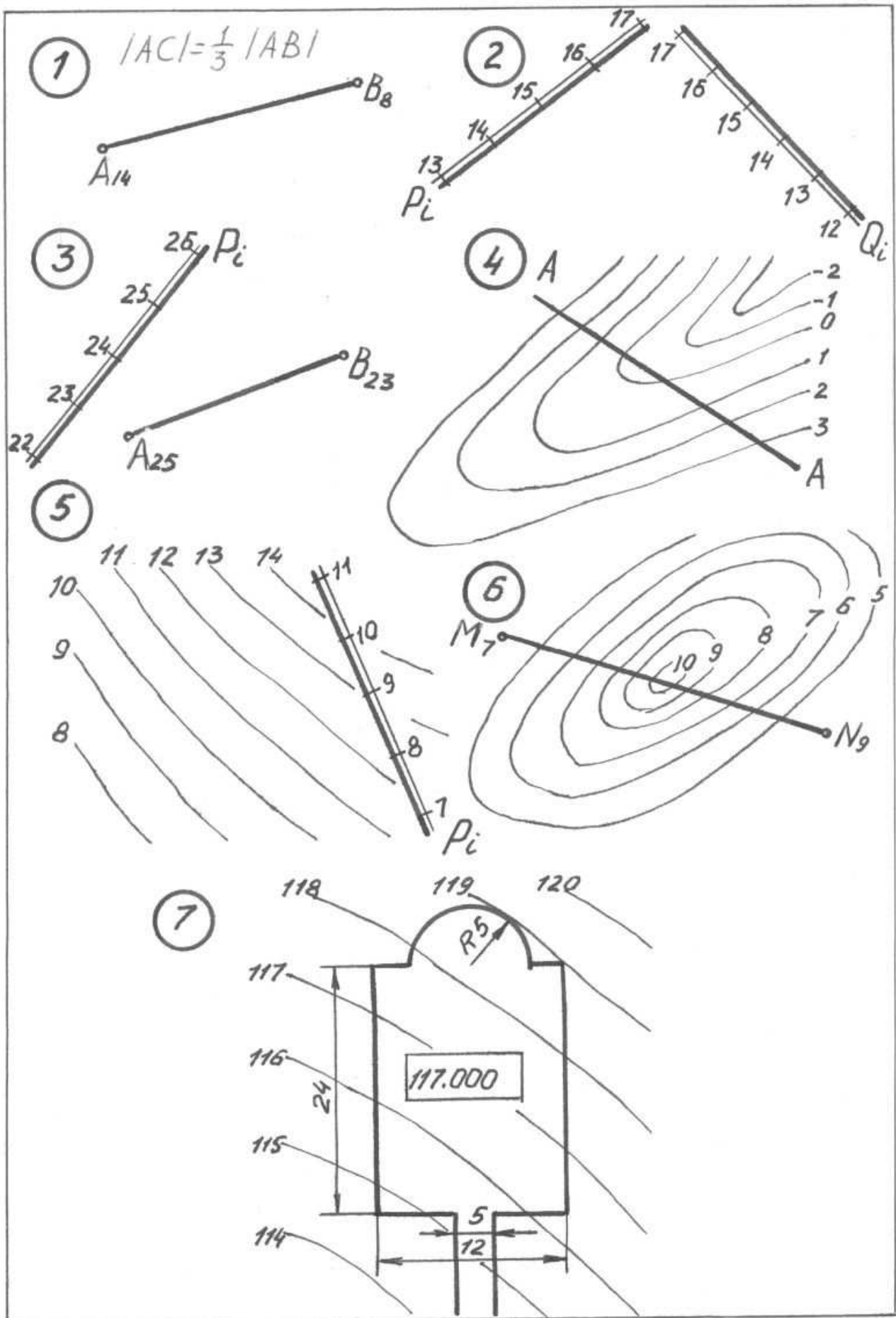
Вариант 6











Навчальне видання

КИРКАЧ Тетяна Євгенівна,
РАДЧЕНКО Алла Олександрівна

Методичні вказівки до виконання індивідуальних розрахунково-графічних завдань з курсу **”Інженерна графіка”** (для студентів заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.060101 „Будівництво”).

Редактор *М.З. Аляб'єв*
Комп'ютерне верстання *І.В. Волосожарова*

План 2009, поз. 196М

Підп. до друку 10.12.09
Друк на ризографі.
Зам.№

Формат 60x84/1/16
Ум. друк. арк. 5,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731
від 19.12.2001