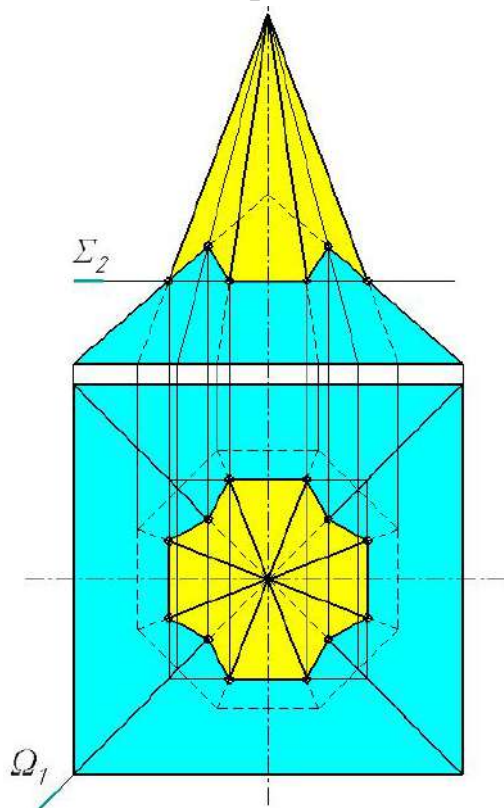


ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кафедра сільськогосподарського машинобудування



НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Розділ «Нарисна геометрія»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

з практичних і самостійних занять для студентів спеціальності
"Промислове та цивільне будівництво"

Кропивницький 2020 р.

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кафедра сільськогосподарського машинобудування**

НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ, ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Розділ «Нарисна геометрія»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**з практичних і самостійних занять для студентів спеціальності
"Промислове та цивільне будівництво"**

Ухвалено
на засіданні кафедри
сільськогосподарського
машинобудування
Протокол № 1
від « 30 » серпня 2020 р.

Кропивницький 2020 р.

Нарисна геометрія, інженерна і комп'ютерна графіка. Розділ «Нарисна геометрія». Методичні рекомендації до практичних і самостійних занять для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" / Укладачі: Д.Ю. Артеменко, М.О. Свірень, В.А. Онопа, С.М. Лещенко. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 61 с.

Укладачі: **доцент, канд. техн. наук Д.Ю. Артеменко**
професор, д-р. техн. наук М.О. Свірень;
доцент, канд. техн. наук В.А. Онопа;
доцент, канд. техн. наук С.М. Лещенко

Рецензенти:

професор, канд. техн. наук Васильковський Олексій Михайлович

ВСТУП

Розрахунково-графічні завдання (РГЗ) є складовою частиною самостійної роботи студентів і однією з активних форм вивчення курсу. Самостійна робота студентів над завданнями підвищує рівень знань та навичок і сприяє більш якісному засвоєнню теоретичного матеріалу.

Студенти виконують РГЗ за індивідуальними варіантами після вивчення відповідного матеріалу за силабусом дисципліни.

Викладачі, які ведуть практичні заняття, здійснюють керівництво самостійною роботою студентів на консультаціях за розкладом. Вони перевіряють графічні завдання, приймають захист РГЗ, кожне з яких студент повинен захистити в термін, передбачений силабусом. Контроль за виконанням РГЗ студентами здійснюється під час проведення рубіжних контролів.

Графічні завдання виконують олівцем на аркушах креслярського паперу формату А3 (297×420мм), розміщених горизонтально, або вертикально. Якщо графічне завдання складається з кількох задач, кожену задачу дозволяється розміщувати на окремому аркуші паперу.

Основний напис у правому нижньому куті креслення виконують згідно ГОСТ 2.104-68 (форма 1). В графі «Позначення документу» основного напису записується буквено-цифрове сполучення. Наприклад, **НГ 01.05.01**, де **НГ** – нарисна геометрія, **01** – розділ курсу, **05** – номер варіанта, **01** – номер аркуша завдання.

Для обведення креслення використовують лінії відповідно ГОСТ 2.303-68. Лінії видимого контуру креслення обводять суцільною основною лінією товщиною $S = 0,5 \dots 1,4$ мм креслярським олівцем "Конструктор" марки "ТМ" або "М". Лінії зв'язку і лінії допоміжних побудов – суцільні тонкі (товщиною $S/3 \dots S/2$). Їх проводять олівцем марки "Т". Для покращення наочності зображення креслення дозволяється ілюмінувати за допомогою кольорових олівців.

Студент, який не захистив графічні завдання до екзамену не допускається.

Завдання 1. НГ 01.00.01 ПРЯМІ І ПЛОЩИНИ

Мета завдання:

- проаналізувати різні випадки взаємного розташування прямих у просторі;
- використати конкуруючі точки для визначення видимості геометричних елементів на комплексному кресленні;
- набути практичних навичок побудови прямих (в тому числі ліній рівня), які належать площинам загального положення;
- графічним методом визначити натуральну величину відрізка прямої загального положення і кути його нахилу до площин проекцій;
- побудувати сліди площини.

Вимоги до виконання завдання

Завдання виконати на аркуші креслярського паперу формату А3 (420×297 мм). Приклад виконання завдання показано на рис. 2. У правому нижньому куті викреслити основний напис за зразком і розмірами рис. 1.

Викреслювання усіх елементів завдання виконати олівцем, тонкими лініями з наступним обведенням.

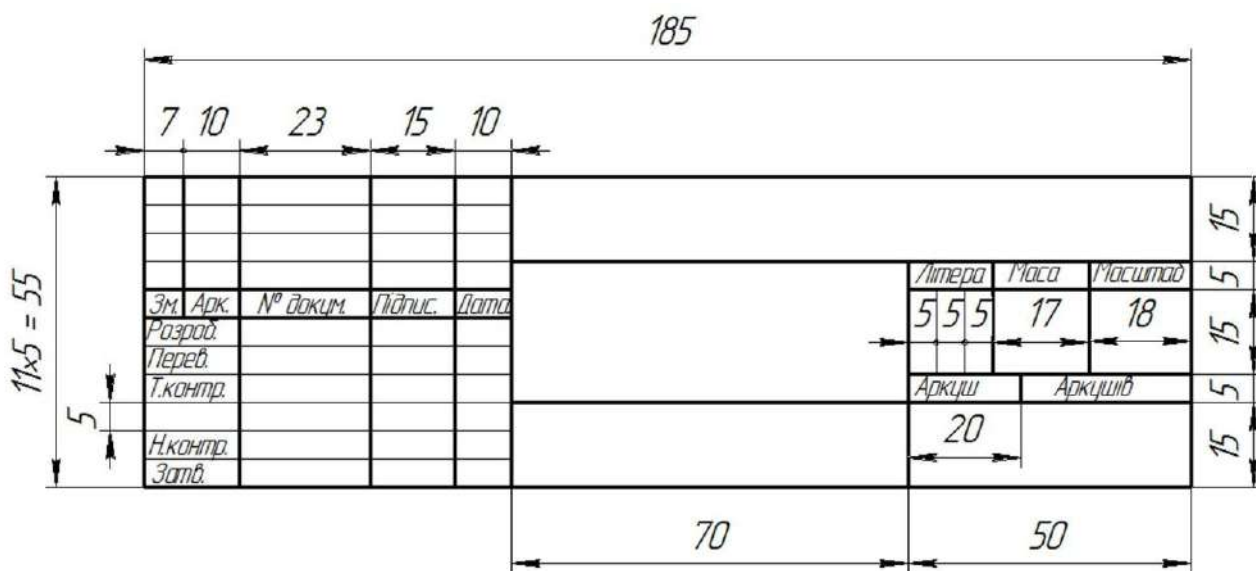


Рис. 1 Основний напис

Умова завдання

За заданими координатами точок *A, B, C, D* (Додаток 1) виконати графічне розв'язання двох задач. У правому верхньому куті креслення розмішують таблицю з координатами точок, розміри якої рекомендовано на рис. 1.

Задача 1

Побудувати:

- дві проекції многогранника з визначенням видимості його ребер і граней на Π_1 і Π_2 ;
- горизонталь грані – ABC ;
- фронталь грані – ADC ;
- профільну пряму грані – DBC ;
- натуральну величину ребра – AC і кути його нахилу до площин проекцій Π_1 і Π_2 .

Задача 2

Побудувати горизонтальний і фронтальний сліди однієї з чотирьох граней многогранника $ABCD$ ($\triangle ABC$; $\triangle ADC$; $\triangle DBC$; $\triangle ABD$), попередньо побудувавши дві проекції вибраної площини.

Рекомендований масштаб побудов 1:1. Приклад виконання завдання показано на рис. 2.

Методичні рекомендації до виконання Задачі 1

1. Побудова проекцій точок A, B, C, D за їх координатами

Координату X (широту) відкладають на осі X_{12} вліво від початку координат O_{12} . Через кінець відрізка X проводять вертикальну лінію зв'язку, на якій відкладають координати: Z (висоту точки) - вгору від осі X_{12} і Y (глибину точки) - вниз від осі X_{12} . Наприклад, на вертикальній лінії зв'язку $A_2A_1 \perp OX$ знаходяться горизонтальна A_1 і фронтальна A_2 проекції точки A .

2. Побудова проекцій многогранника

Чотири точки у загальному випадку задають піраміду. З'єднуючи однойменні (з однаковими індексами) проекції точок A, B, C, D , отримують дві проекції $A_1B_1C_1D_1$ і $A_2B_2C_2D_2$ піраміди загального вигляду.

3. Визначення видимості ребер і граней піраміди

Для покращення наочності креслення необхідно визначити видимість ребер і граней піраміди на горизонтальній і фронтальній проекціях. Площини граней піраміди вважаються непрозорими, а тому невидимі ребра і лінії, що лежать у невидимих гранях, зображаються штриховою лінією. Для визначення видимості геометричних елементів застосовуються конкуруючі точки – точки, проекції яких хоча б на одну із площин проекцій збігаються (точки, що розташовані на одному проектуючому промені).

	x	y	z
A			
B			
C			
D			

	x	y	z
A			
B			
C			
D			

10.00.10.01

НГ 01.00.01

Прямі і площини

ЦНТУ зр.

Копіювати

Формат А3

Рис. 2 Приклад виконання завдання НГ 01.00.01

При визначенні видимості точок, а також і ліній, на яких ці точки знаходяться, вважають видимою найближчу до спостерігача точку. Спостерігач знаходиться: перед пірамідою – при визначенні видимості на фронтальній площині проєкцій; над пірамідою – при визначенні видимості на горизонтальній площині проєкцій.

Конкуруючі точки найкраще вибирати в точках перетину проєкцій ребер піраміди (в місцях схрещення цих ребер). На рис. 3 розглянуто два випадки взаємного положення мимобіжних ребер.

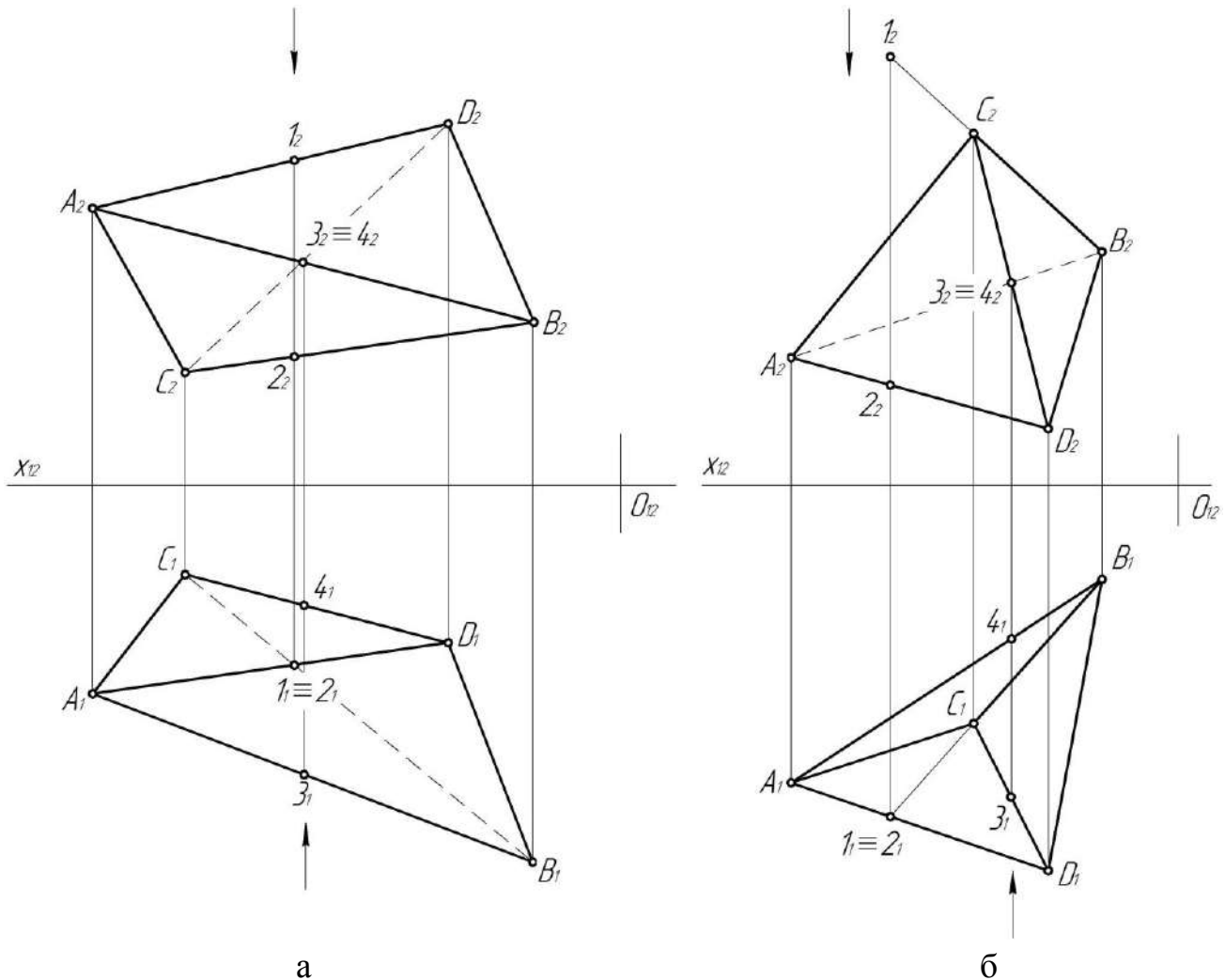


Рис. 3 Взаємне положення мимобіжних ребер

Перший випадок (рис. 3а). На горизонтальній площині проєкцій в точці перетину горизонтальних проєкцій ребер A_1D_1 і C_1B_1 збіглися горизонтальні проєкції $1_1 \equiv 2_1$ точок 1 і 2 , які належать різним ребрам – AD і BC відповідно. Видимою для спостерігача, що знаходиться над пірамідою, є точка 1 . Точка 2 знаходиться під нею. Це очевидно з фронтальної проєкції (з двох конкуруючих точок 1 і 2 в горизонтальній проєкції видима та, висота якої більша). Тому проєкція B_1C_1 ребра BC показана як невидима на Π_1 . На фронтальній площині проєкцій в точці перетину фронтальних проєкцій ребер A_2B_2 і C_2D_2 , що

позначена $3_2 \equiv 4_2$ збіглися фронтальні проекції точок 3 і 4 , які належать різним ребрам (AB і CD відповідно). Видимою для спостерігача, що знаходиться перед пірамідою, є точка 3 . Точка 4 знаходиться за нею. Це очевидно з горизонтальної проекції (з двох конкуруючих точок 3 і 4 у фронтальній проекції видима та, глибина якої більша). Тому проекція C_2D_2 ребра CD показана як невидима на Π_2 .

Другий випадок (рис. 3б). Якщо на проекції піраміди відсутні місця схрещення ребер (горизонтальна проекція), то необхідно продовжити проекцію одного з ребер (на рис. 3б це відрізок B_1C_1), до перетину з проекцією другого ребра, виходячи з того, що пряма нескінченна і не обмежується відрізком. Таким чином отримані проекції конкуруючих точок (B_1C_1 і $A_1D_1 = I_1 \equiv 2_1$) і визначена видимість ребер піраміди як розглянуто вище.

Необхідно пам'ятати, що контурні ребра будь-якої проекції завжди видимі.

4. Побудова ліній рівня граней піраміди

Пряма лінія належить площині, якщо вона проходить: через дві точки, що лежать в цій площині; через одну з точок даної площини і паралельно будь-якій прямій цієї площини. Оскільки лінія рівня площини - це пряма, що лежить у площині і паралельна одній із площин проекцій, у лінії рівня площини дві проекції завжди паралельні осям проекцій. Тому побудову лінії рівня на комплексному кресленні необхідно починати з проекції, яка паралельна осі проекцій.

Приклад побудови горизонталі грані ABC (рис. 2). Одну з безлічі горизонталей площини $\triangle ABC$ проведено через точку B . Оскільки фронтальна проекція горизонталі h_2 паралельна X_{12} , то h_2 необхідно провести через B_2 до перетину з A_2C_2 . $h_2 \cap A_2C_2 = 5_2$. Визначивши положення горизонтальної проекції точки 5 за допомогою вертикальної лінії зв'язку (5_1 знаходиться на A_1C_1), можна побудувати горизонтальну проекцію h_1 . При цьому необхідно враховувати видимість граней: $\triangle A_1B_1C_1$ - є невидимою проекцією грані ABC піраміди і h_1 невидима; $\triangle A_2B_2C_2$ - є видимою проекцією цієї грані і h_2 видима.

Аналогічно на рис. 2 побудовані проекції фронталі f площини загального положення $\triangle ADC$ ($D \in f, f_1 \parallel X_{12}$) і профільної прямої p площини загального положення $\triangle DBC$ ($D \in p, p_1 \perp X_{12}, p_2 \perp X_{12}$).

5. Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення і кутів нахилу цього відрізка до площин проекцій

Ці величини визначають графічно побудовою прямокутного трикутника, один катет якого дорівнює проекції відрізка на одну із площин проекцій, а другий - різниці відстаней кінців відрізка від цієї площини проекцій. Гіпотенуза прямокутного трикутника є натуральною величиною відрізка, а кут

між гіпотенузою і проекцією відрізка ϵ кут нахилу відрізка до площини проєкцій. Приклад побудови натуральної величини ребра AC і кутів його нахилу α і β , до площин проєкцій Π_1 і Π_2 показано на рис. 4.

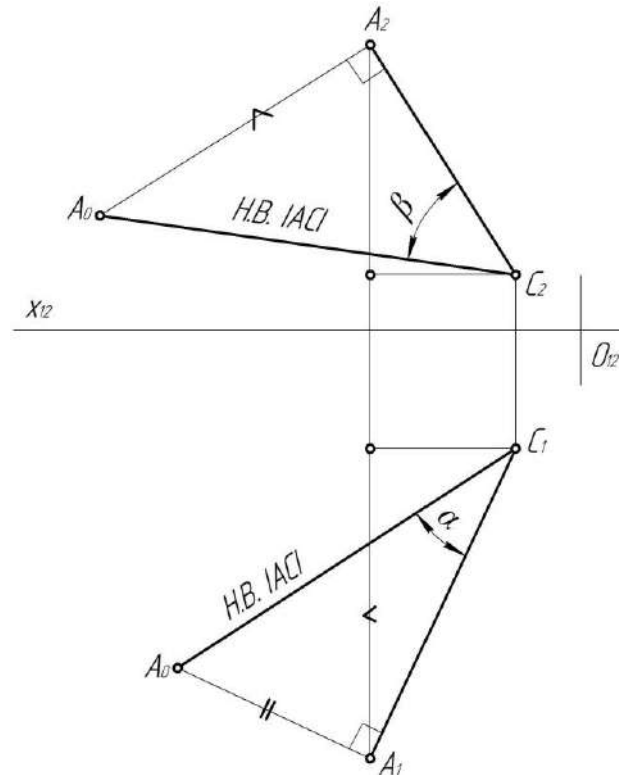


Рис. 4 Приклад побудови натуральної величини ребра AC

Методичні рекомендації до виконання задачі 2

Слідом площини називається лінія перерізу площини з площиною проєкцій. Горизонтальний і фронтальний сліди площини також називають нульовими лініями рівня. Ці сліди завжди перетинаються між собою в точці, що знаходиться на осі X_{12} (точка K) і називається точкою збігу слідів площини. Для того, щоб побудувати слід площини необхідно і достатньо побудувати сліди двох прямих цієї площини.

На рис. 2 побудовано горизонтальний і фронтальний сліди площини, заданої $\triangle BCD$. Для побудови горизонтального сліду $\triangle BCD$ визначено горизонтальні сліди прямих CD (точка 1) і BD (точка 2). Пряма, що з'єднує ці точки, визначає горизонтальний слід площини. Фронтальний слід площини визначається точками перетину прямих BC (точка 3) і BD (точка 4) з фронтальною площиною проєкцій.

Горизонтальний слід площини позначено h^0 , при цьому горизонтальна проєкція сліду збігається з самим слідом ($h^0_1 \equiv h^0$), а фронтальна проєкція знаходиться на осі X_{12} . Фронтальний слід площини позначено f^0 , при цьому його фронтальна проєкція збігається із самим слідом ($f^0_2 \equiv f^0$), а горизонтальна проєкція знаходиться на осі X_{12} ($h^0_2 \equiv f^0_1$).

Завдання 2. НГ 01.00.02

ПЕРЕТИН ПРЯМОЇ І ПЛОЩИНИ, ПЕРЕРІЗ ПЛОЩИН

Мета завдання

1. Закріпити навички розв'язання основної позиційної задачі - задачі про перетин прямої лінії з площиною.
2. Закріпити навички розв'язання основної метричної задачі – задачі про перетин двох площин.

Умова завдання

За заданими координатами точок A, B, C, D, E, F (Додаток 1) виконати графічне розв'язання двох задач.

Задача 1

Побудувати лінію перерізу двох площин, які задані трикутниками $\triangle ABC$ і $\triangle DEF$. Визначити видимість площин. Графічне розв'язання задачі необхідно виконати, використовуючи два способи визначення точок лінії перерізу:

- а) спосіб знаходження точки зустрічі прямої з площиною;
- б) спосіб допоміжних січних площин (метод посередника).

Задача 2

1. Визначити відстань від однієї із точок (A, B або C) до площини DEF – вибір точки студентом залежить від зручності її розташування відносно площини DEF (дозволяється також замість точок A, B або C брати D, E або F і визначати відстань від однієї з цих точок до площини ABC , відповідно замінивши площину DEF на ABC у другому пункті умови цієї задачі);

2. За допомогою лінії найбільшого нахилу визначити кут нахилу площини DEF до площини проєкцій Π_1 .

Рекомендований масштаб побудов 1:1. Приклад виконання завдання показано на рис. 5.

Методичні рекомендації до виконання задачі 1

Визначення лінії перерізу двох площин, які задані $\triangle ABC$ і $\triangle DEF$, зводиться до визначення проєкцій двох точок, кожна з яких належить одночасно обом площинам.

На рис. 5 точка M визначена як точка зустрічі прямої DF з площиною ABC . Друга точка N знайдена за допомогою площини-посередника Σ .

Побудови способом знаходження точки зустрічі прямої з площиною виконуються в такій послідовності:

1. Через сторону DF проводять допоміжну фронтально-проектуючу площину Ω (Ω_2).

2. Знаходять лінію перерізу площини Ω з площиною $\triangle ABC$:

$$\Omega \cap \triangle ABC = (1 - 2)$$

Фронтальна проекція цієї лінії ($1_2 - 2_2$) збігається зі слідом – проекцією площини Ω (Ω_2) і проекцією відрізка D_2F_2 . Горизонтальні проекції ліній ($1 - 2$) і DF перетинаються між собою в точці M_1 : $(1_1 - 2_1) \cap D_1F_1 = M_1$.

За допомогою лінії зв'язку визначають фронтальну проекцію точки M (M_2) на D_2F_2 .

Для визначення другої точки використовується метод посередника. Побудови виконуються в такій послідовності:

1. Проводять допоміжну горизонтально проектує площину - посередник Σ (Σ_1) (можна провести і фронтально проектує площину Σ).

2. Знаходять лінії перерізу площини-посередника Σ з площинами $\triangle ABC$ і $\triangle DEF$ – (прямі $(3 - 4)$ і $(5 - 6)$).

$$\Sigma \cap \triangle ABC = (3 - 4) \quad \text{і} \quad \Sigma \cap \triangle DEF = (5 - 6).$$

3. Лінії $(3 - 4)$ і $(5 - 6)$, перетинаючись між собою, дадуть шукану точку N .

$$(3 - 4) \cap (5 - 6) = N$$

З'єднавши знайдені точки M і N прямою, отримують шукану лінію перерізу двох площин, виділяють на ній відрізок MK , який одночасно належить обом трикутним пластинам, і визначають видимість сторін заданих трикутників.

Для знаходження точки M не має значення, через яку саме сторону з шести сторін обох трикутників провести допоміжну проектує площину.

Можливо, шукана точка зустрічі прямої з площиною (точка M) буде знаходитись на продовженні сторони, через яку проводили допоміжну площину.

За посередник для знаходження точки N може бути взята будь-яка проектує площина, в тому числі і площина рівня.

Визначення видимості на комплексному кресленні проводиться за допомогою конкуруючих точок, за які можна взяти точки схрещення сторін різних трикутників. На прикладі виконання завдання (рис. 5) це точки 7 і 8 ($7_2 \equiv 8_2$); 9 і 10 ($9_1 \equiv 10_1$). Після визначення видимості для покращення наочності креслення рекомендується виконати його легке розфарбовування кольоровим олівцем.

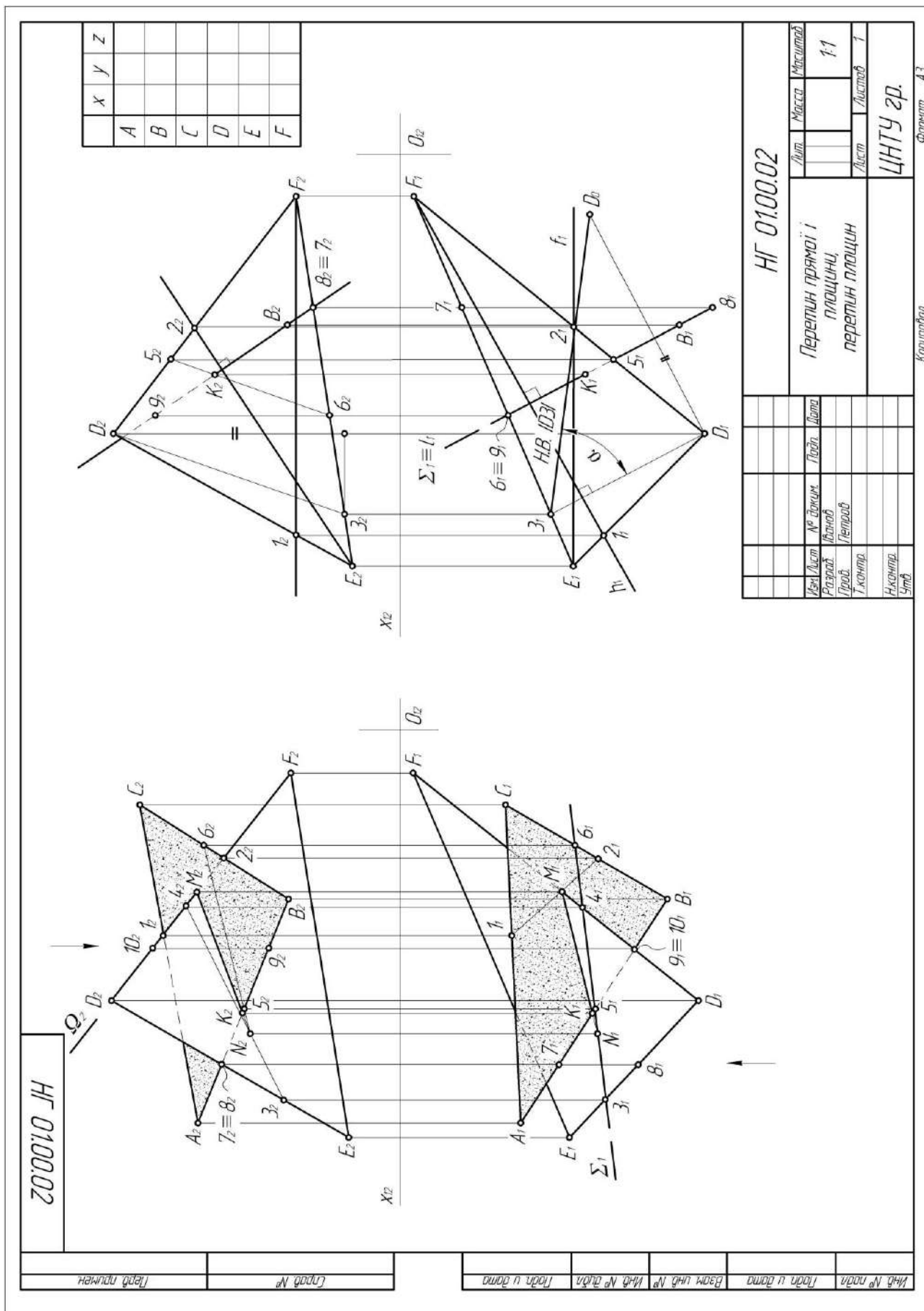


Рис. 5 Приклад виконання завдання НГ 01.00.02

При перетині заданих трикутних пластин можливі випадки наскрізного проникнення – врізання однієї пластини в іншу і, як особливий випадок, перетин площин за межами трикутних пластин.

Методичні рекомендації до виконання задачі 2

Визначення відстані від точки B до площини $\triangle DEF$ проводять за такою методикою:

- будують дві проекції площини, яка задана $\triangle DEF$ і проводять в цій площині лінії рівня h і f (рис. 5 і рис. 6);

- через точку B проводять проекції перпендикуляра l до площини $\triangle DEF$:
 $l_1 \perp h_1$; $l_2 \perp f_2$;

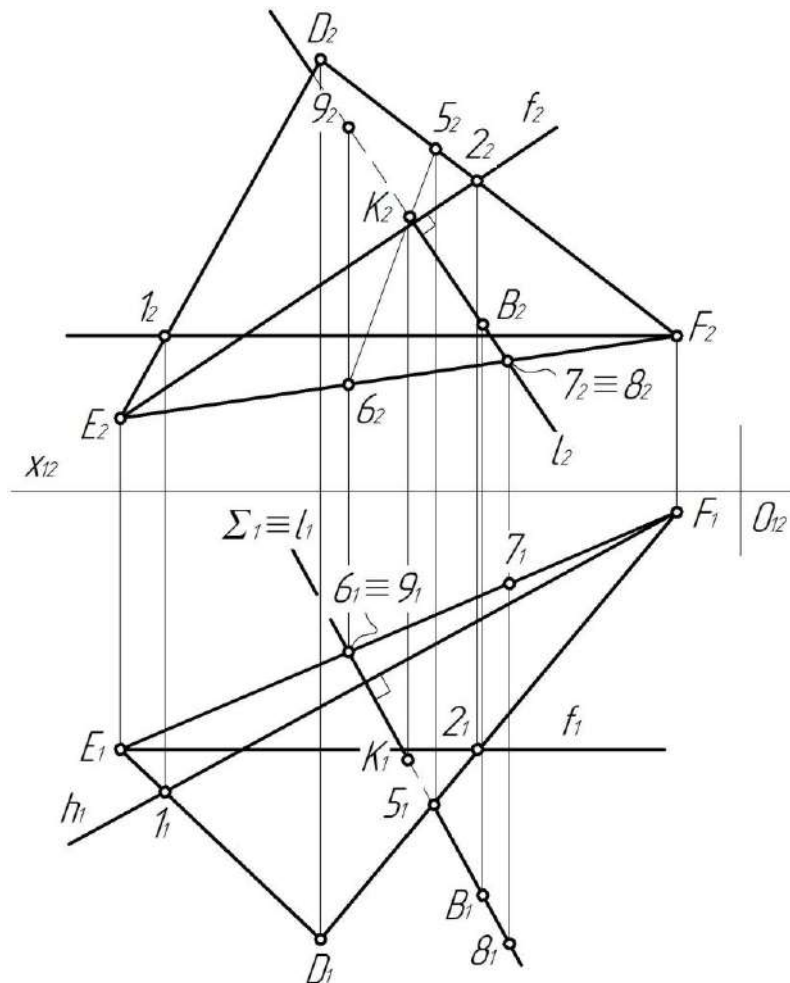


Рис. 6 Приклад побудови проекції перпендикуляра l

- визначають точку перетину прямої l з площиною $\triangle DEF$:

$$\triangle DEF \cap l = K;$$

- способом прямокутного трикутника визначають натуральну величину відрізка перпендикуляра BK – відстані від точки до площини;

- за допомогою конкуруючих точок визначають видимість перпендикуляра l відносно площини $\triangle DEF$ на Π_1 і Π_2 .

Лініями найбільшого нахилу площини називаються прямі, які лежать у площині і перпендикулярні до ліній рівня площини. За допомогою цих ліній визначають кути нахилу площини до площин проекцій.

Визначення кута нахилу $\triangle DEF$ до площини проєкцій Π_1 проводять у такій послідовності:

- у площині $\triangle DEF$ проводять горизонталь h (рис. 5 і рис. 7);

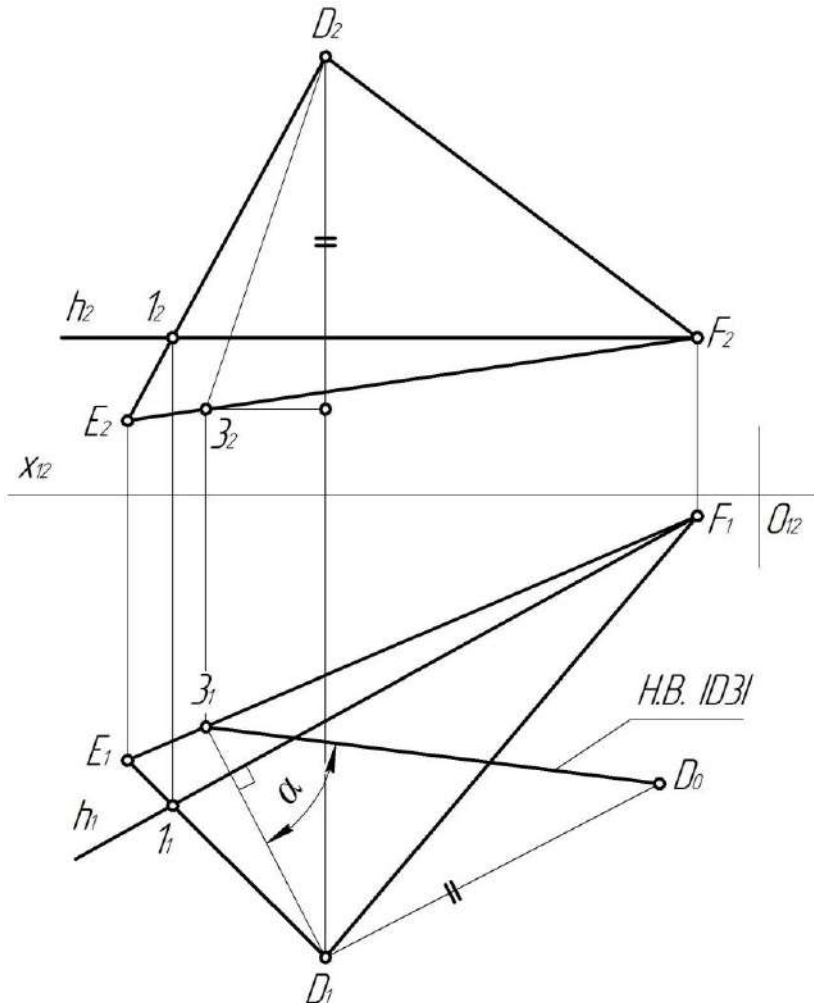


Рис. 7. Приклад побудови лінії найбільшого нахилу

- у будь-якому місці горизонтальної проєкції цієї площини проводять горизонтальну проєкцію лінії найбільшого нахилу до Π_1 під кутом 90° до h_1 , який на Π_1 проєкується в натуральну величину. На рис. 7 це відрізок (D_1-3_1) . Будують фронтальну проєкцію лінії найбільшого нахилу до Π_1 – (D_2-3_2) ;

- способом прямокутного трикутника визначають натуральну величину відрізка $(D-3)$ лінії найбільшого нахилу до Π_1 і кут α , взявши (D_1-3_1) за перший катет прямокутного трикутника.

Завдання 3. НГ 01.00.03

КОНСТРУЮВАННЯ МНОГОГРАННОЇ ПОВЕРХНІ КОРОБА

Мета завдання

Набути навичок проектування технічних виробів многогранної форми, які виготовляються з листових матеріалів методом гнуття.

Умова завдання

Сконструювати призматичний короб, з'єднаний із заданою пірамідою, за умови, що:

- основа призми утворюється в результаті перетину піраміди площиною, яка перепендикулярна до лінії, що з'єднує вершину піраміди з центром її основи;

- відстань від центра основи піраміди до цієї площини дорівнює 30 мм;

- довжина ребер призми дорівнює 40 мм.

Виконати розгортку поверхні короба і піраміди.

Завдання виконується олівцем на аркуші креслярського паперу формату А3 (420×297 мм). Приклад виконання завдання показано на рис. 8. Варіанти завдання наведені у Додатку 2.

Методичні рекомендації до виконання завдання

Для розв'язування задачі виконуємо наступні дії:

- за номером варіанту знаходимо в Додатку 2 зображення піраміди;

- викреслюємо зображення піраміди у довільному масштабі, зберігаючи її форму і пропорції;

- визначаємо точку **K**: для трикутника - центр тяжіння (визначається як точка перетину медіан трикутника), а для чотирикутника - як точка перетину бісектрис його кутів;

- методом заміни площин проєкцій знаходимо натуральну величину відрізка **KS** і на ній будуємо основу призми, що розміщена на відстані 30 мм від точки **K**;

- проводимо площину, перпендикулярну до прямої **KS**;

- знаходимо проєкції перерізу січною площиною поверхні піраміди і будуємо пряму призму, довжина ребер якої дорівнює 40 мм;

- визначаємо проєкції призми на площині **П₁** і **П₂**;

- методом плоскопаралельного переміщення визначаємо натуральну величину сторін піраміди і короба;

- виконуємо розгортку піраміди **SABCD** з нанесенням лінії **EKLM**, а також розгортку прямої призми.

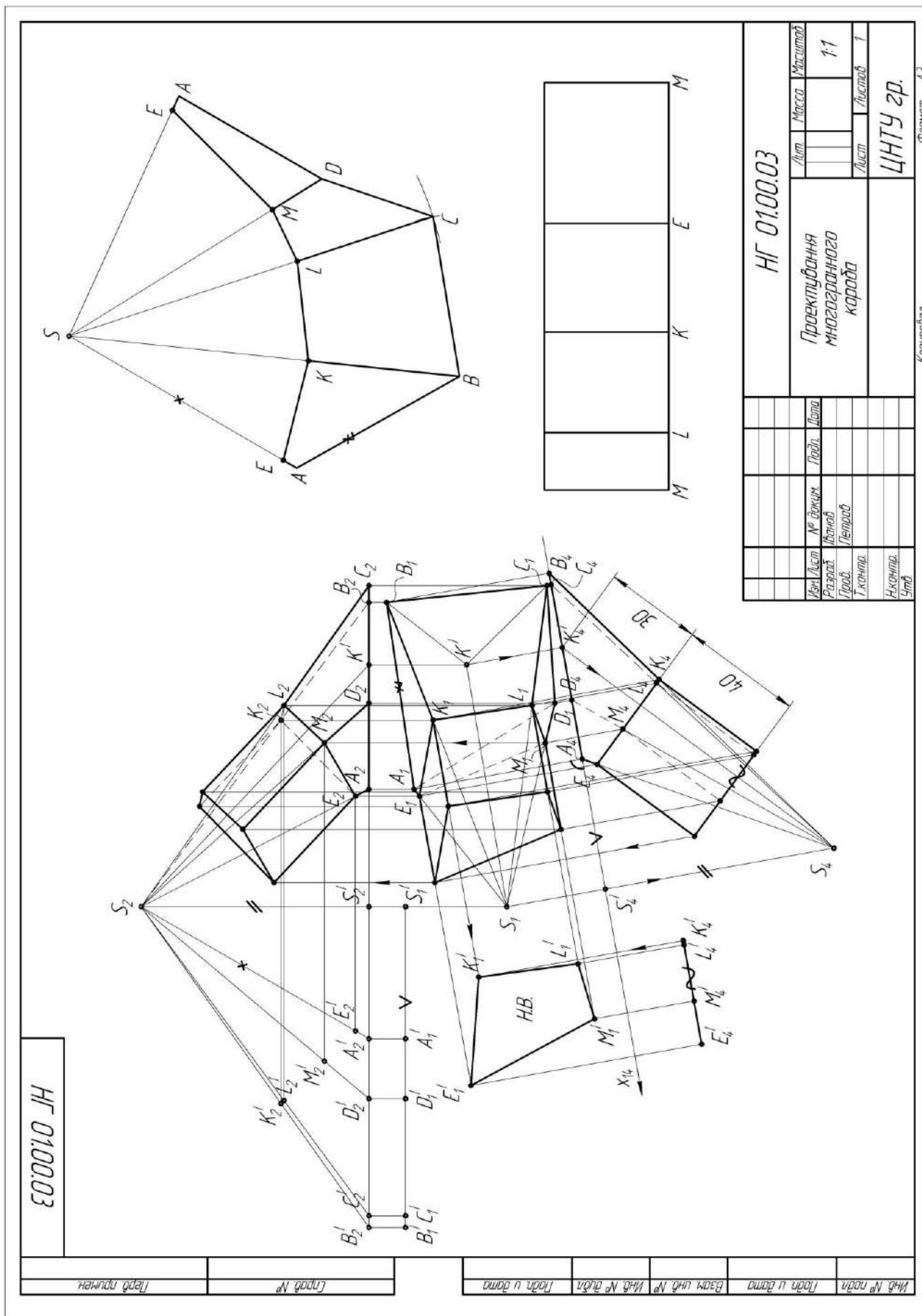


Рис. 8 Приклад виконання завдання НГ 01.00.03

Завдання 4. НГ 01.00.04

ПОБУДОВА ЗОБРАЖЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ З ВИРІЗАМИ

Мета завдання

Закріплення знань і навичок побудови проєкцій лінії перетину поверхонь, одна з яких займає проєктуюче положення.

Умова завдання

За заданими, на фронтальній площині проєкцій Π_2 , зображеннями конуса обертання і сфери, які мають вирізи, утворені фронтально-проєктуючими поверхнями, побудувати їх зображення на горизонтальній і профільній площині проєкцій. Індивідуальні варіанти завдання наведені у Додатку 3.

Рекомендований масштаб побудов 1:1.

Методичні рекомендації до виконання завдання

Будуємо проєкції заданого конуса і сфери, рівномірно розміщуючи їх на форматі. На поверхнях геометричних тіл будуємо наскрізні отвори або вирізи. В подальшому задача зводиться до визначення недостаючих проєкцій точок отвору або вирізу на поверхні конуса і сфери.

Спочатку визначаються характерні точки лінії наскрізного отвору або вирізу: точки на твірних, основі, екваторі, головному меридіані, найбільш віддалені і наближені точки поверхонь до площин проєкцій.

Необхідно обов'язково взяти ще декілька додаткових точок по границі наскрізного отвору або вирізу (бажано брати точки на одній паралелі тіла обертання), з метою побудови більш точного контуру отвору або вирізу на інших площинах проєкцій.

Після отримання проєкцій точок на інших площинах проєкцій їх необхідно з'єднати плавною кривою лінією із врахуванням видимості частин кривої із проєкцією геометричного тіла.

Буквено-цифрове позначення точок за якими будуються проєкції наскрізного отвору або вирізу, а також вихідні розміри геометричних тіл і наскрізного отвору або вирізу, дозволяється не проводити. Приклад виконання завдання показано на рис. 9.

Завдання 5. НГ 01.00.05 ПЕРСПЕКТИВА

Мета завдання

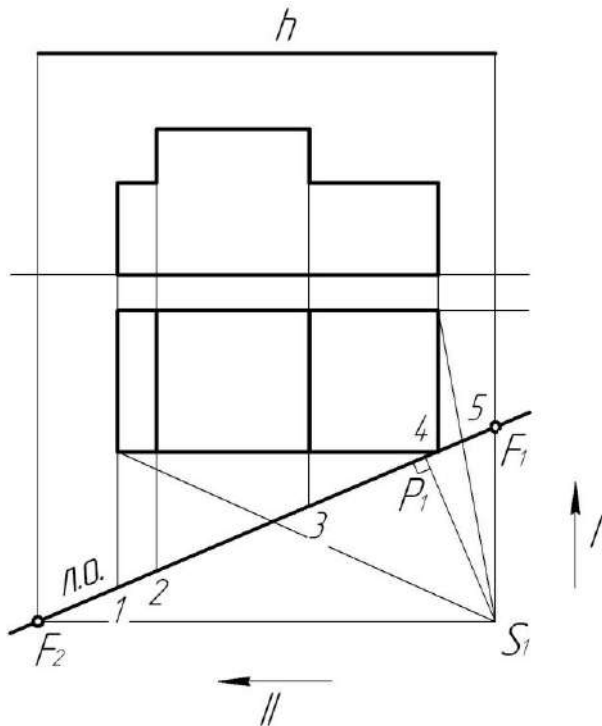
Набуття практичних навичок побудови перспективних зображень об'ємних архітектурних форм.

Умова завдання

По заданому ортогональному кресленню побудувати перспективу. Варіанти завдань наведені в Додатку 4.

Вимоги до виконання завдання. Завдання виконується на аркуші креслярського паперу формату А3. Приклад виконання завдання показано на рис. 14.

Побудова перспективи різних будинків і інженерних споруд пов'язане із завданням великої кількості паралельних прямих. Тому для зображення такого роду об'єктів доцільно використовувати метод, що у літературі часто називають методом архітекторів, і який ґрунтується на побудові точок сходу пучків домінуючих паралельних прямих.



На рис. 10 дані ортогональні проєкції деякого умовного об'єкту. Крім того, на заданому кресленні відзначене положення основи картини, головної точки основи, висоти горизонту і проєкції точки зору.

На основі картини знайдені проєкції точок сходу двох пучків паралельних прямих *I* і *II*. На основі картини відзначені початки прямих – точки **1, 2, 3, 4, 5**.

Рис. 10. Ортогональні проєкції умовної споруди

На рис. 11 представлена побудова перспективного зображення основи заданої геометричної форми, а на рис. 12 заданого тіла в цілому. Для побудови перспективи основи або плану з ортогональних проєкцій на основі картини були перенесені початкові точки прямих і основа головної точки, а на лінії

горизонту відзначені головна точка і точки сходу F_1 і F_2 . Точки плану в перспективі визначені на перетині перспектив відповідних прямих двох пучків.

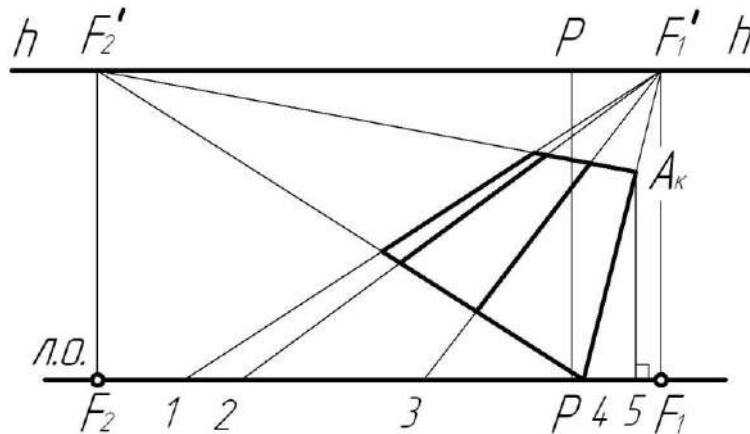


Рис. 11. Побудова перспективного зображення основи будівлі

У тому випадку, якщо початкова точка якої небудь з паралельних прямих виявиться за межами картини, як наприклад початкова точка прямої паралельної напрямку Π і яка проходить через вершину A_k , то перспектива вершини A_k може бути побудована, як показано на рис. 11, за допомогою прямої, яка проходить через дану точку і перпендикулярна площині картини.

При побудові перспективи в цілому варто мати на увазі, що висотні розміри ребер будівлі будуть проектуватися в натуральну величину тільки тоді, якщо вони лежать у картинній площині або сполучені з нею. На рис. 12 висоти ребер, які розташовані у глибині картинної площини, визначені за допомогою пучків домінуючих паралельних прямих із точками сходу F_1 і F_2 .

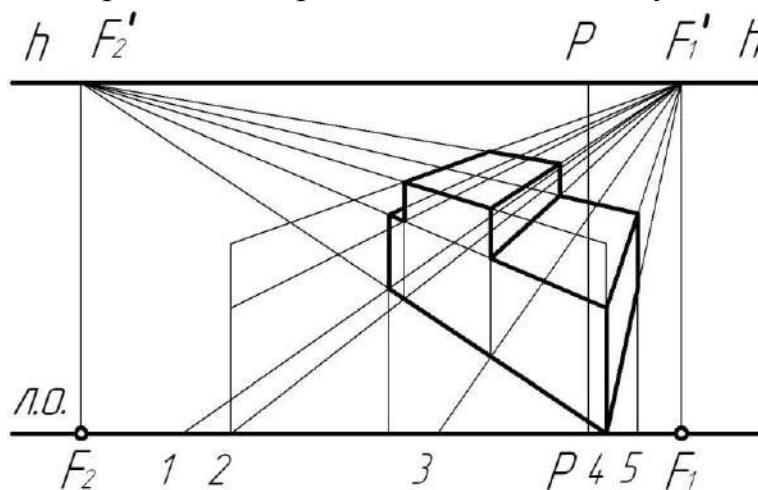


Рис. 12. Побудова перспективи будівлі в цілому

Вибір точки і кута зору. Зображення, побудоване за законами лінійної перспективи, відповідає зоровому сприйняттю предмета одним оком при нерухомому його положенні перед предметом. Для того, щоб обрис предмета на картині відповідав звичному враженню, яке одержано при нормальному розгляданні предмета в натурі, повинні бути виконані наступні умови:

- кут зору варто вибирати близьким до 30° для різних людей він коливається в межах від 18° до 53° . При цьому напрямок головного променя зору повинен приблизно збігатися з бісектрисою кута зору (рис. 13);

- відстань точки зору від картини можна приймати рівним і більше подвоєної діагоналі рамки картини, якщо вважати, що остання має форму прямокутника, вписаного в коло поля ясного зору;

- площину картини варто орієнтувати стосовно найбільш виразної сторони об'єкта під кутом $20\dots45^\circ$. Зручно сполучати картинну площину із ближнім ребром, зображуваного предмета;

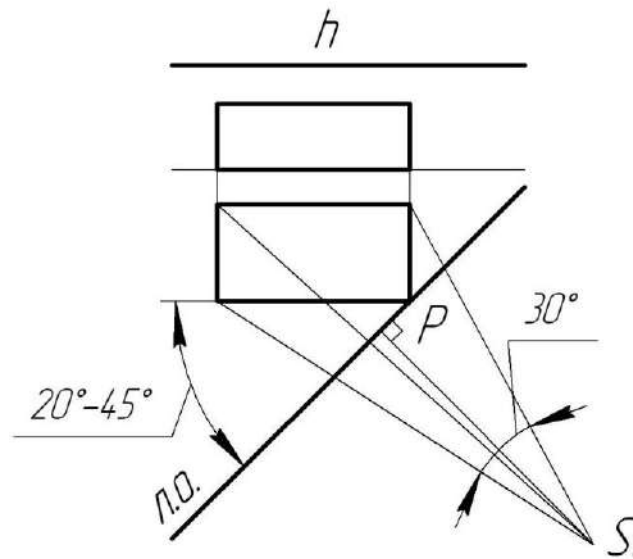


Рис. 13. Визначення напрямку головного променя зору

- висоту точки зору часто вибирають на рівні очей людини, що стоїть. У тому випадку, якщо найбільш виразним представляється зображення предмета при погляді на нього знизу або зверху, точку зору можна відповідним чином переміщувати по висоті.

Рекомендації до виконання завдання. Приклад побудови перспективи наведений на рис. 3.5. Висота горизонту задана, положення картинної площини і точки зору повинно бути знайдене самостійно. Точка зору повинна розташовуватися таким чином, щоб забезпечити найбільш повне зображення будівлі в перспективі. Всю підготовчу роботу і побудову перспектив точок потрібно проводити, використовуючи ортогональні проекції схематизованого будинку. На креслені в лівому верхньому куті аркуша епюра зі збільшенням в **2** рази, а при побудові перспективи всі розміри, можна для наочності, ще раз збільшити в **2** рази. При цьому необхідно пам'ятати:

- кут між горизонтальними проекціями крайніх прямих, що проектують, при нормальному горизонті не повинен перевищувати 30° . Картинна площина розташовується перпендикулярно бісектрисі цього кута;

- перспектива точки розташована в перетині перспектив двох прямих, які проходять через точку в просторі;
- перспективи прямих ліній, паралельних картинній площини, паралельні самим прямим. Зокрема перспективи вертикальних прямих вертикальні (при вертикальній картинній площині);
- прямі загального положення проектуються в прямі, положення яких на картинній площині може бути задано двома точками – точкою сходу (перспективою нескінченно віддаленої точки прямої);
- щоб побудувати точку сходу прямої, потрібно провести проектуючу пряму паралельну даній, до перетину з картинною площиною;
- паралельні прямі мають загальну точку – схід. Точка сходу горизонтальних прямих ліній лежить на лінії горизонту, крапка сходу східних прямих - нижче горизонту, прямих, що сходять – вище горизонту;
- головна точка картини являє собою точку перетину головної проектуючої прямої (перпендикулярної картинній площини) з картинною площиною. Головна точка картини є точкою сходу прямих ліній перпендикулярних картинній площині;
- перспективою кола здебільшого є еліпс, осі якого нахилені до горизонту.

Перспектива архітектурної споруди, що лежить у предметній площині, зображена на рис. 14. Сполучення будь-якої пари ліній може бути використане для побудови перспективи точки, що лежить у предметній площині. Якщо точка розташована над предметною площиною або під нею, то можна ввести нову предметну площину, що проходить через дану точку. Пряма на рис. 14 перпендикулярна картинній площини, її перспектива проходить через головну точку ***P***. Перспектива прямої, що проходить через горизонтальну проекцію точки зору ***S_I*** перпендикулярна лінії горизонту в основі картини.

Перспективи паралельних прямих перетинаються в точці сходу ***F***, що лежить на лінії горизонту. Для побудови цієї точки проведена пряма ***S_IF_I***.

Наведений приклад виконують у такій послідовності: намічають положення точки ***S_I*** так, щоб вдало проектувалися як головний, так і бічний фасади будинку. Проводять крайні проектуючі прямі і перевіряють величину кута між ними. Якщо цей кут перевищує **30°**, то по бісектрисі кута віддаляють точку ***S_I***, якщо він менше **30°**, то наближають до проекції будинку. Коли кут стане рівним або близьким **30°**, проводять основу картини – пряму, перпендикулярну бісектрисі кута. Відстань від точки ***S_I*** до основи картини визначає ширину перспективного зображення. Якщо вона велика, потрібно основу картини наблизити до точки ***S_I***, якщо мала, то віддалити.

Збільшити перспективне зображення, можна помножуючи довжини відрізків, обмірюваних на картинній площині, на те саме число.

Потім визначають положення точок сходу, домінуючих напрямків паралельних ліній, тобто в даному випадку поздовжніх і поперечних прямих ліній будинку, і головну точку картини ***P*** в перетині бісектриси кута між крайніми проектуючими прямими і лінією горизонту.

Точки сходу можуть бути розташовані за межами аркуша паперу. Перспективу будинку починають виконувати з побудови вторинної проекції будинку на горизонтальній площині.

Відстань між предметною площиною і площиною опущеного плану може бути довільною. Її варто враховувати, відкладаючи висоти окремих точок і ліній перспективи будинку. Всі розміри, необхідні для побудови перспективи зняті з ортогональних проекцій допоміжного креслення будинку, можна збільшити в два рази.

Завдання 6. НГ 01.00.06 ПРОЕКЦІЇ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ

Мета завдання

Одержати навички рішення завдань по темі “Проекції з числовими позначками”.

Умова завдання

На аркуші формату А3 виконати наступні завдання:

- накреслити план земляної споруди разом з рельєфом топографічної поверхні, заданої горизонталями, у масштабі 1:200;
- побудувати лінії перетину укосів, виамок і насипів земляної споруди між собою і з топографічною поверхнею;
- побудувати профіль земляної споруди.

Методичні рекомендації до виконання завдання

Перш ніж приступити до виконання завдання потрібно, викреслити рамку креслення і виділити місце для штампу. Над штампом виконуємо лінійний масштаб, для цього визначаємо ціну його поділу, тобто встановлюємо на лінійному масштабі відрізок, що відповідає одному метру на місцевості, з огляду на заданий числовий масштаб 1:200. Підставляючи одиницю виміру довжини, одержимо $1000 \text{ мм} : 200 = 5 \text{ мм}$, отже, на кресленні 5 мм відповідають 1 метру на місцевості. Викреслюємо лінійний масштаб. Довжина його має довільне число поділок (рис. 15).

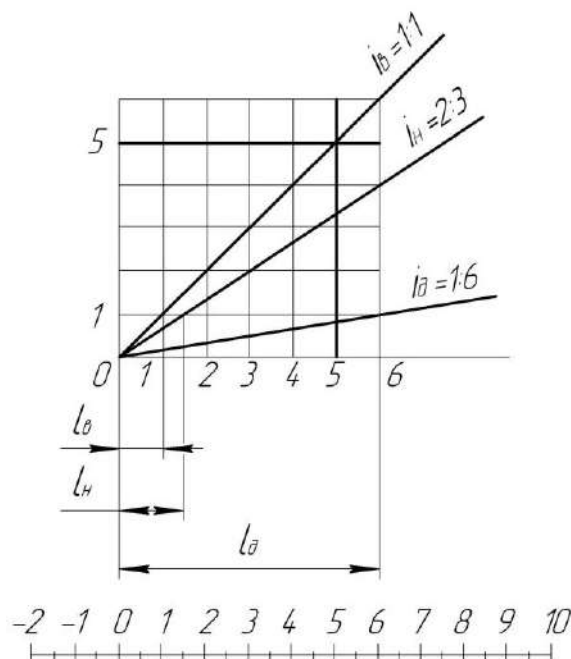


Рис. 15. Графік куткових масштабів

Викреслюємо сітку плану топографічної поверхні. Сторона кожного квадрата в натурі дорівнює 10 м, що відповідає 50 мм на кресленні при

заданому масштабі. Рекомендується сітку наводити суцільною тонкою лінією. Маючи контрольне завдання і сітку легко побудувати горизонталі топографічної поверхні. Користуючись контрольним завданням і розмірами будівельного майданчика, будуємо контур земляної споруди: ділянку і прилягаючі дороги.

Границі земельних робіт в числових позначках визначаємо в результаті перетину *одноіменних* топографічних і проектних горизонталей. Горизонталі топографічної поверхні задані в умові завдання. Графічне рішення завдання наведено на рис. 16, 17.

Алгоритм графічного рішення:

1. Для побудови проектних горизонталей потрібно визначити інтервал укосу насипу l_n , інтервал укосу виямки l_g і інтервал уклону дороги l_d . Інтервали можна визначити як за допомогою обчислень по формулі $l = 1/i$, де i - уклон, так і за допомогою кутового масштабу уклонів, який потрібно будувати над лінійним масштабом (рис. 15). У першому випадку одержимо числові значення інтервалів

$l_n = 1/i = 1/(2:3) = 1,5$; $l_g = 1/i_g = 1/(1:1) = 1$; $l_d = 1/i_d = 1/(1:6) = 6$; які за допомогою лінійного масштабу переводяться потім у відповідні довжини, використовуючи ціну поділу:

$$l_n = 1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ мм}; l_g = 1 \cdot 5 = 5 \text{ мм}; l_d = 6 \cdot 5 = 30 \text{ мм}.$$

В другому випадку відстані між проектними горизонталями (інтервали) визначаються у вигляді відрізків графічним шляхом, для чого будують кутовий масштаб уклонів.

2. Кутовий масштаб уклонів будується в такий спосіб див. рис. 15. Використовуючи лінійний масштаб будується сітка квадратів. Сторона кожного квадрата дорівнює одиниці довжини 1 м. Через точку O проводиться пряма заданого уклону. Наприклад, для побудови кутового масштабу уклонів насипу $l_n = 2:3$ необхідно відраховувати від точки O у горизонтальному напрямку три одиниці (закладення), а у вертикальному напрямку - дві одиниці (перевищення) і отриману точку з'єднати відрізком прямої лінії із точкою O . Відрізок прямої відсікає на горизонталях масштабу відстані кратні довжині інтервалу l_n . Потім будуємо графік уклону виямки l_g і дороги l_d .

3. Точки нульових робіт на кромці будівельного майданчика можна визначити, якщо відшукати місця перетинання горизонталей поверхні землі із кромкою, що мають однакові відмітки (рис. 16).

Відрізок **DC** є проекцією **102** проектної горизонталі. Перпендикулярно **DC** будуємо масштаб уклонів площини укосу. На масштабі уклону виямки відкладаємо інтервали $l_e = 1:1 = 5 \text{ мм}$ і проводимо проектні горизонталі (**103**-ю, **104**-ю і т.д.) паралельно краю **DC**. Укіс, що іде від краю **CD** і **2B**, будують аналогічно.

5. Побудова плану укосу виямки на горизонтальній криволінійній ділянці краю **B-A** нічим не відрізняється від попереднього прикладу. Різниця полягає в тому, що поверхня укосу, що іде нагору від частини кола, представляє конічну поверхню, уклон якої дорівнює $l_e = 1:1$. Проекції горизонталей поверхні укосу представляють рівновіддалені друг від друга лінії (у цьому випадку – концентричні кола), відстані між якими рівні також інтервалу l_e . Таким чином, побудувавши проектні горизонталі на сторонах **A-B**, **B-C** і **C-D** ми визначаємо лінії перетину укосів **C-L**, **8-7**; **1-2** з'єднавши крапки перетину одноіменних горизонталей.

6. Аналогічно будуємо проектні горизонталі на правій частині будівельного майданчика. Тут інтервал буде відповідати інтервалу насипу l_n . Одержуємо лінії перетину укосів насипу **E-K**, **F-M** і **Q-N**, при чому **Q-N** є крива лінія тому, що конічна поверхня **AQN** перетинається площиною укосу **QFMN**.

Побудова плану укосів насипу на прямолінійній похилій ділянці дороги. Як приклад розглянемо укіс, що іде вниз від краю **a0**, **a2** (рис. 16). Край **a0 - a2** не горизонтальний, тому лінії рівня укосу не паралельні йому. Так, горизонталь **100** перетинає край дороги в точці **a2** з поділкою **100**, а горизонталь **101** перетинає край дороги в точці **a1**, що має поділку **101** і т.д. Тому, що укіс насипу представляє площину, що має інтервал l_n , то горизонталь **100** повинна в плані проходити на відстані одного інтервалу від точки з поділкою **101**, а від точки **a0**, що має поділку **102**, - на відстані двох інтервалів. Проекція горизонталі **100** торкається кола, яке проведене із точки **a1**, радіусом рівним одному інтервалу, а також буде дотичною до кола, яке проведене із точки **a0** радіусом, рівним подвійному інтервалу.

Проведемо ще ряд проектних горизонталей паралельно отриманій проекції горизонталі **100** через однакові інтервали l_n .

Для побудови цих горизонталей із точки **a2** проводимо перпендикулярно горизонталі **100** масштаб уклону площини укосу насипу і відкладаємо на ньому

інтервали l_n . Побудова горизонталей плану укосів насипу, що іде вниз від краю $b_0 - b_2$ виконуємо аналогічно.

Лінії перетину поверхонь укосів проходять через точки перетину їхніх горизонталей з однаковими поділками. Так побудовані лінії **1-2, 3-4, 5-6, 7-8** (рис. 16).

Визначення лінії перетину укосів дороги з поверхнею землі, тобто визначення границі земляних робіт. Лінії перетину поверхні укосів з поверхнею землі проходять через точки взаємного перетину одноіменних проектних горизонталей з горизонталями топографічної поверхні.

Остаточне оформлення креслення. Після виконання всіх побудов на плані, основними лініями оформлюються межі краю дороги і будівельного майданчика, а також лінії перетину укосів з поверхнею землі і укосів між собою. Горизонталі проводяться тонкими суцільними лініями, причому в тій частині поверхні землі, де вони засипані (перебувають під насипом) або зрізані (у виямці), горизонталі варто показувати штриховими лініями.

Для більш наочного вираження напрямку скочування поверхні укосів у верхніх його країв наносяться короткі і довгі штрихи, що чергуються між собою - короткі (довжиною 2 мм основною лінією) і довгі (величиною 4 мм тонкою лінією) на відстані 2 мм, причому їхній напрямок повинен збігатися з напрямком ліній найбільшого скочування.

Побудова профілю земляної споруди.

В інженерній практиці профілі будують: поздовжні, коли січна площина збігається з віссю дороги (споруди), і поперечні, коли січна площина розташована перпендикулярно до осі. При необхідності або з навчальною метою січну площину можна розташувати в будь-якому місці. У нашому прикладі січна площина **A-A** проходить через будівельний майданчик і не збігається з віссю. Побудова профілю **A-A** зводиться до побудови вертикальної проекції перетину. Для цього на обраному місці будують сітку: горизонтальні лінії позначають горизонтальні площини, розташовані через один метр, вертикальні лінії проводяться в місцях характерних точок лінії **A-A**.

Наприклад: **104, 103, 102, ... 99** точки, що утворені від перетину сліду січної площини **A-A** з горизонталями топографічної поверхні; **A, B, C, D** – характерні переломні точки споруди. Поділки характерних точок (**104, 103, ... A, B, ...**) і відстані між ними знімаються із плану креслення.

Приклад оформлення профілю див. на рис. 17.

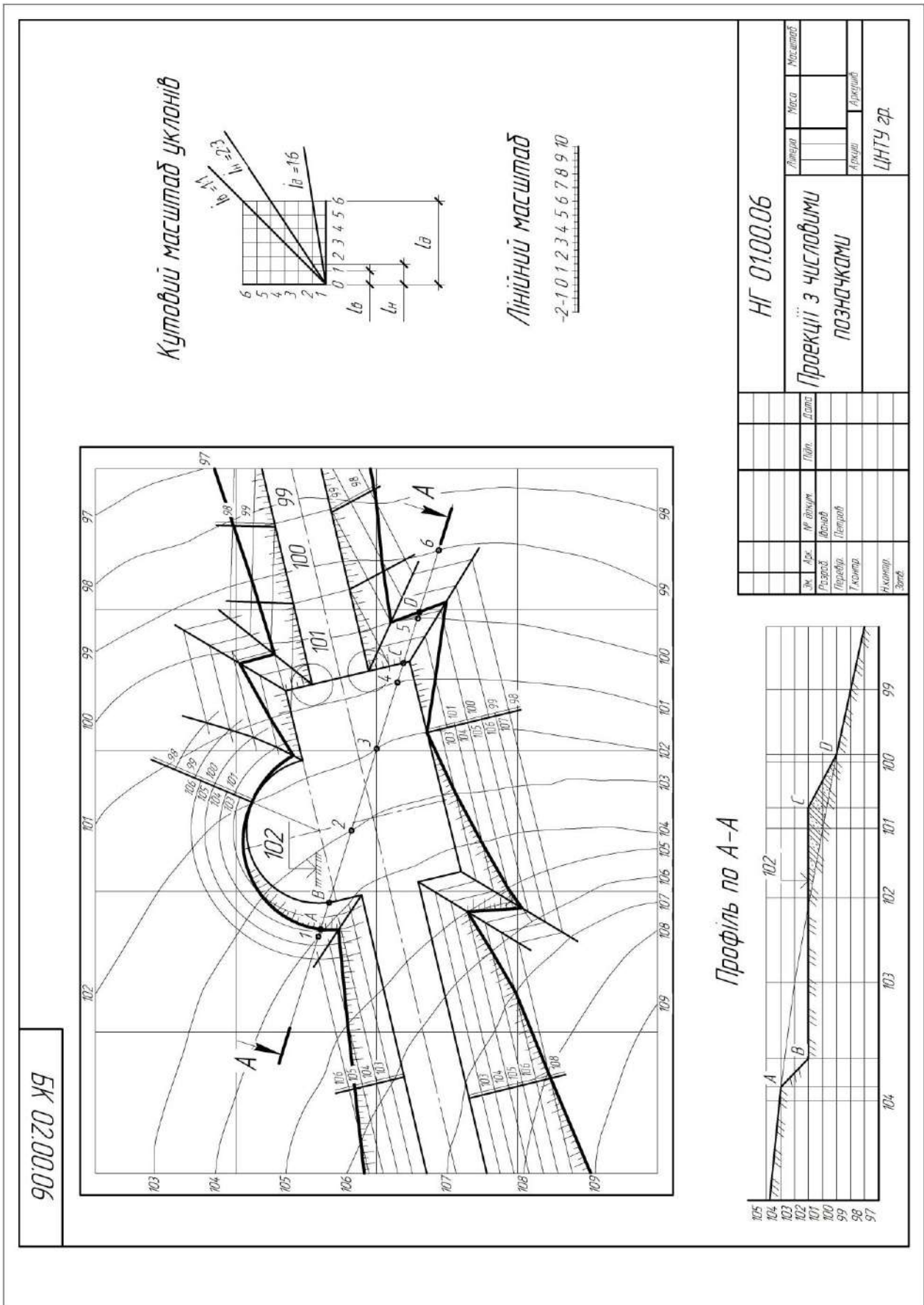


Рис. 17. Приклад оформлення креслення будівельного майданчика в проекціях з числовими позначками

Література

Базова

1. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна графіка : Підручник ; за ред. В.Є. Михайленка. - Київ: Каравела, 2008.- 272 с.
2. Науменко В.Я., Касперський А.В., Борейко С.Ю., Селезень В.Д. Нарисна геометрія: навч. посіб. ; за ред. В.Я. Науменка.- Київ: Четверта хвиля, 2013.- 144 с.
3. Михайленко В. Е., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна та комп'ютерна графіка: підруч. для студ. вищих закл. освіти / За редакцією В. Е. Михайленка. – К.: 2003. – 344 с.
4. Михайленко В. Е. та ін. Збірник задач з інженерної та комп'ютерної графіки: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 2003. – 159 с..
5. Додатко О.І. Інженерна графіка: Навч. посібник. – Вид. 3-є, допов. і виправл. – Д.: НГУ, 2006. – 181 с.
6. Додатко О.І. Нарисна геометрія: Навч. посібник. – Д.: НГА України, 2003. – 119 с.
7. Нарисна геометрія. Практикум: Навч. Посібник / [Є.А. Антонович, Я.В. Васишин, О.В. Фольта та ін.]; За ред.. проф. Є.А. Антоновича. – Львів: Світ, 2004. -528 с.
8. Хмеленко О.С. Нарисна геометрія: Підручник.– К.: Кондор, 2008 . – 440 с.
9. Михайленко В. Е., Євстіфеев М. Ф., Ковальов С. М., Кащенко О. В. Нарисна геометрія. – Київ: Вища школа, 2004.
10. Нарисна геометрія: Підручник /В.Є. Михайленко, М.Ф. Євстіфеев, С.М. Ковальов, О.В. Кащенко; За ред. В.Є. Михайленка. – 2-ге вид., переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 303 с.
11. Райковська Г.О. Нарисна геометрія та інженерна графіка: навч. посібник / Райковська Г.О.. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 292 с.

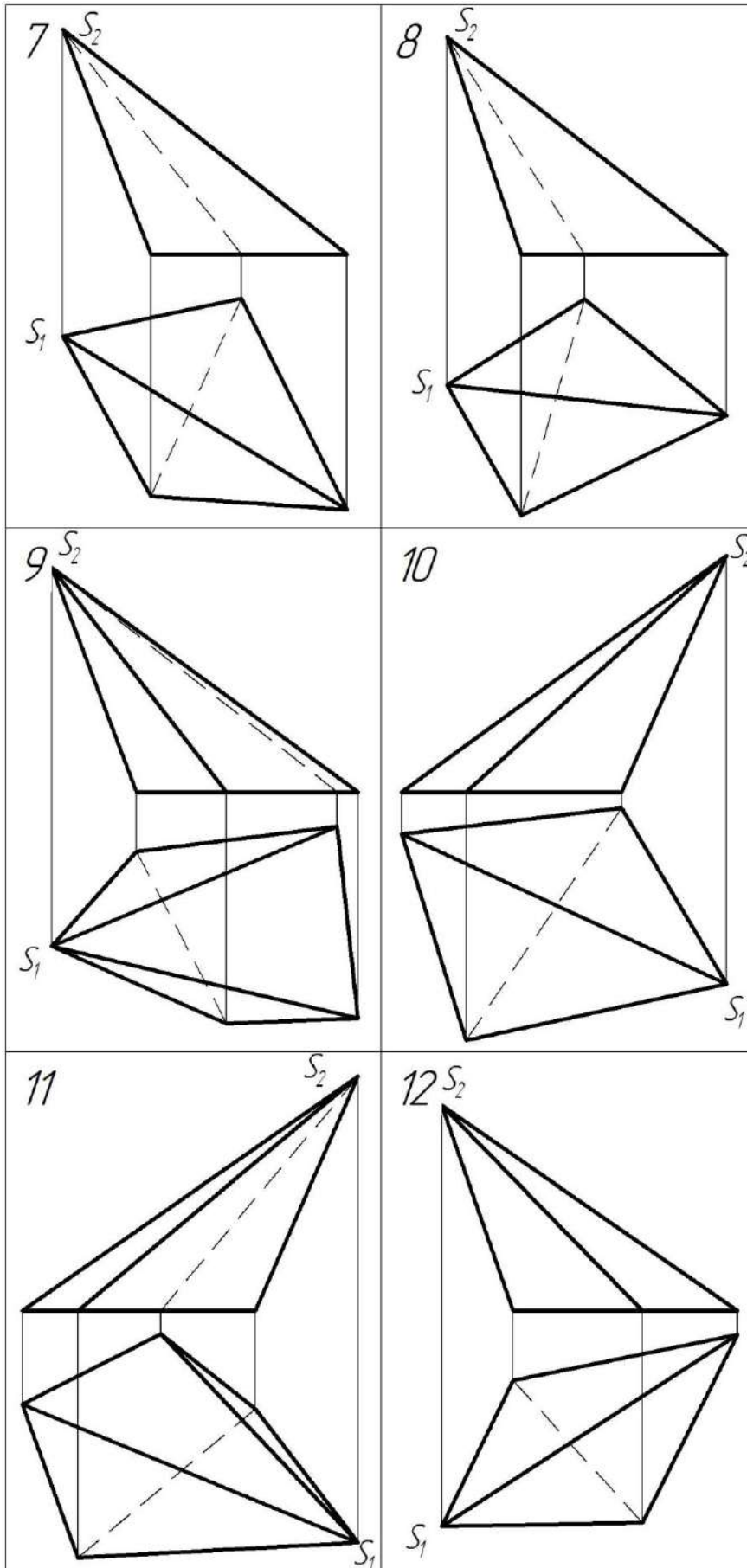
Допоміжна

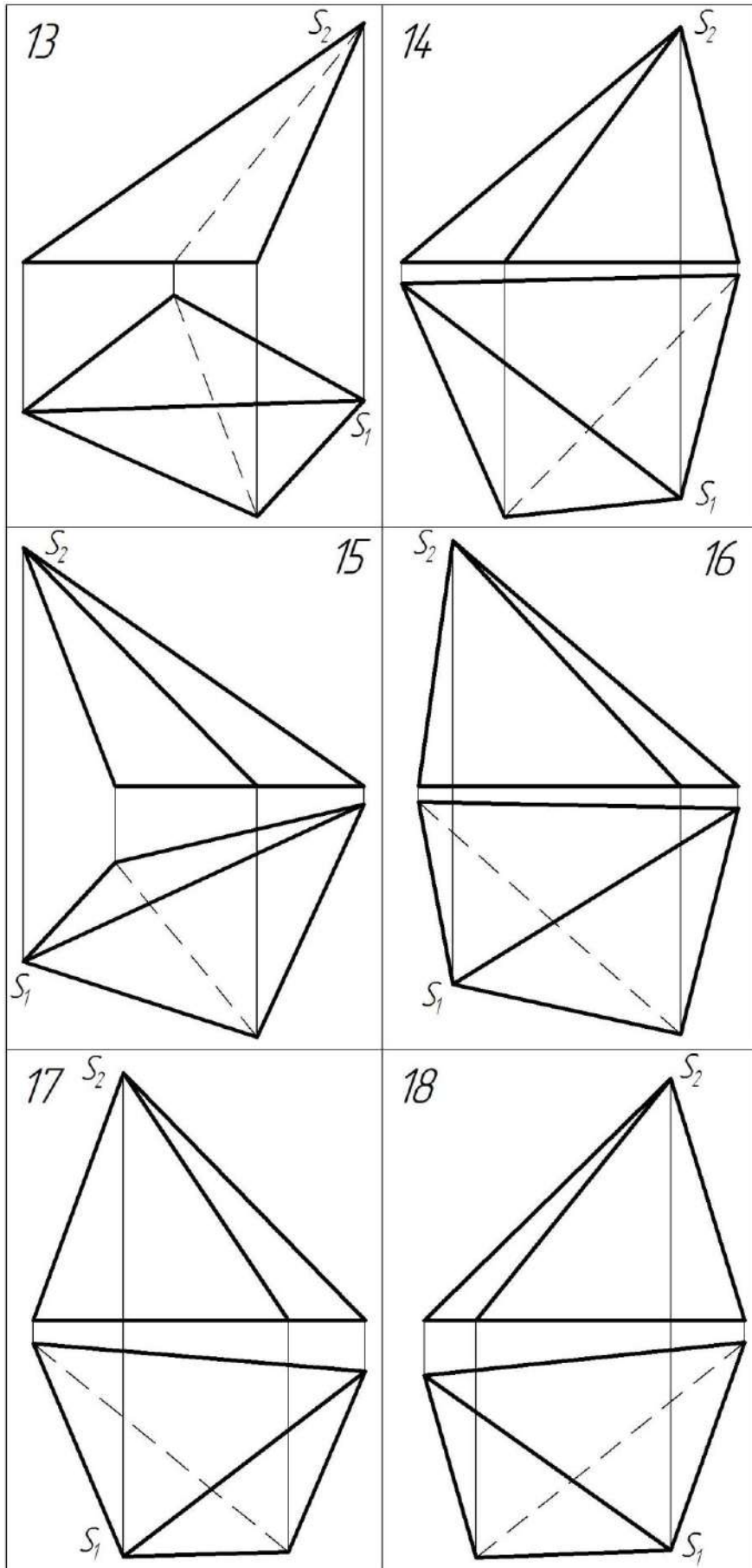
1. Нарисна геометрія: Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / Укл. Бондар Н.О., Дрозденко Н.М., Коляда А.М., Люлька В.С. – Чернігів: НУЧК імені Т.Г.Шевченка, 2019. – 76 с.
2. Петіна Л. В., Сарнацька К. В. Методичні вказівки і завдання з курсу “Нарисна геометрія” для слухачів ФПК. – К.: КПІ, 1995.
3. Додатко О.І., Дудко М.О., Назаренко В.О. Нарисна геометрія у прикладах і задачах: Навч. посібник. – Вид. 3-є, допов. і виправл; За ред. О.І. Додатка. – Д.: НГУ, 2003. – 124 с.

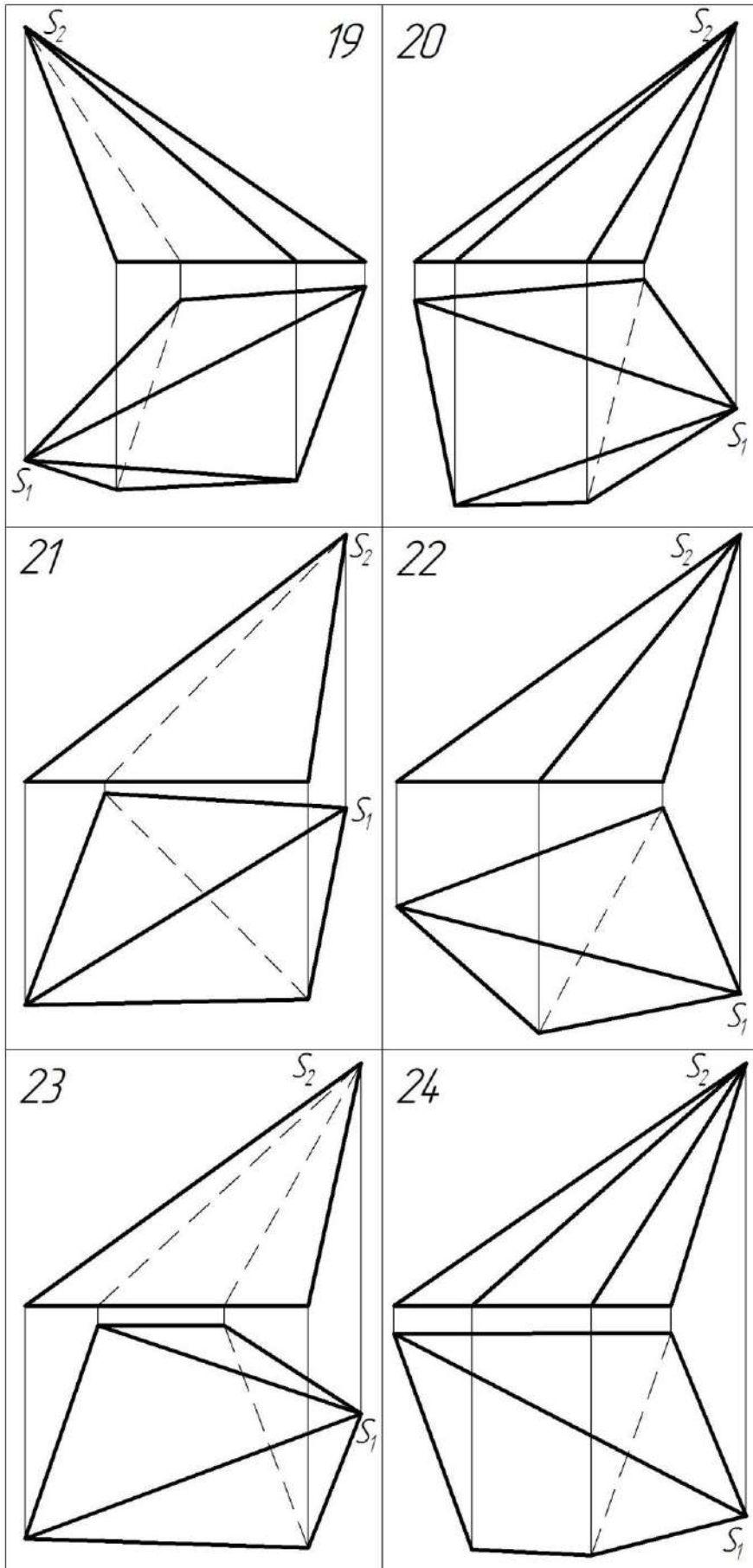
Додаток 1

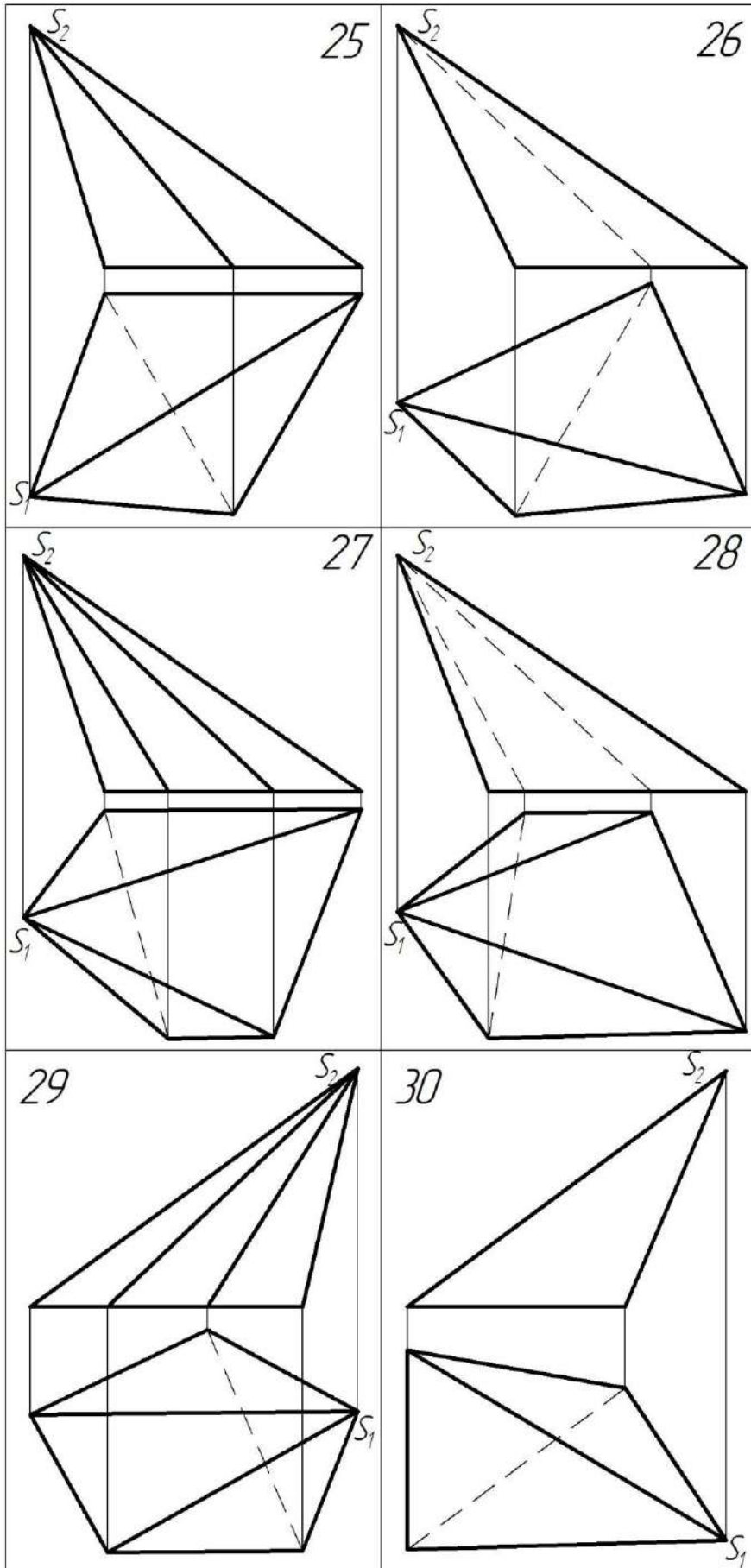
Таблиця координат точок для виконання завдань НГ 01.00.01 і НГ01.00.02

№ вар.	А			В			С			D			Е			F		
1	120	35	65	45	20	20	10	70	40	75	10	15	30	30	70	100	45	40
2	120	0	0	60	65	65	60	40	0	90	50	45	45	10	50	105	25	30
3	140	90	10	60	0	70	20	0	55	100	20	50	70	60	70	40	10	20
4	110	60	30	10	40	80	50	10	10	80	0	60	30	50	10	100	15	45
5	130	10	15	55	75	55	10	30	0	85	0	50	30	15	45	115	60	0
6	100	40	0	50	10	80	10	70	20	75	15	70	100	20	65	25	30	10
7	100	45	75	45	15	10	0	70	50	80	0	30	30	0	75	110	65	35
8	120	85	30	10	35	75	50	10	10	90	30	0	30	60	20	55	10	65
9	120	35	75	45	80	15	0	0	50	75	10	25	100	10	20	30	70	65
10	120	0	0	60	65	65	25	0	40	15	25	15	50	55	5	95	38	45
11	110	60	30	0	40	75	70	10	10	35	0	25	80	10	60	0	50	40
12	110	10	15	60	80	55	0	35	0	20	15	40	70	65	0	40	20	45
13	120	45	90	45	15	10	0	70	45	80	65	35	35	10	70	80	65	35
14	120	40	95	45	80	15	0	0	50	90	20	35	50	0	60	90	20	50
15	30	0	35	55	75	5	99	45	70	90	15	20	20	50	75	100	60	30
16	20	75	40	65	10	80	95	50	0	85	70	55	40	30	20	90	70	55
17	110	50	0	20	75	40	65	15	80	95	65	55	75	80	65	95	30	5
18	90	40	75	45	80	15	0	0	50	20	60	80	70	20	30	10	30	30
19	85	35	0	50	0	75	20	70	40	90	50	50	90	50	50	0	40	75
20	40	45	75	75	10	20	0	25	0	90	35	50	20	10	25	60	40	60
21	90	60	30	10	40	75	50	10	10	20	0	25	60	10	45	80	65	20
22	100	10	15	55	70	65	30	30	0	85	50	55	30	20	80	90	50	45
23	85	35	0	50	10	75	20	70	40	30	25	15	40	10	20	90	40	20
24	120	40	75	45	80	15	0	0	50	100	15	40	80	15	30	15	50	30
25	20	0	35	55	75	5	90	40	65	80	15	25	25	50	50	100	50	30
26	20	75	40	65	10	80	99	50	0	40	20	15	40	20	20	75	40	30
27	110	50	0	20	75	40	65	15	80	75	80	35	75	80	65	25	55	35
28	115	45	75	45	15	10	0	70	45	85	0	20	65	65	5	5	60	30
29	100	10	15	55	75	55	25	30	0	90	55	40	30	25	35	90	55	5
30	85	35	0	50	10	75	20	70	40	95	70	50	95	50	30	10	25	50



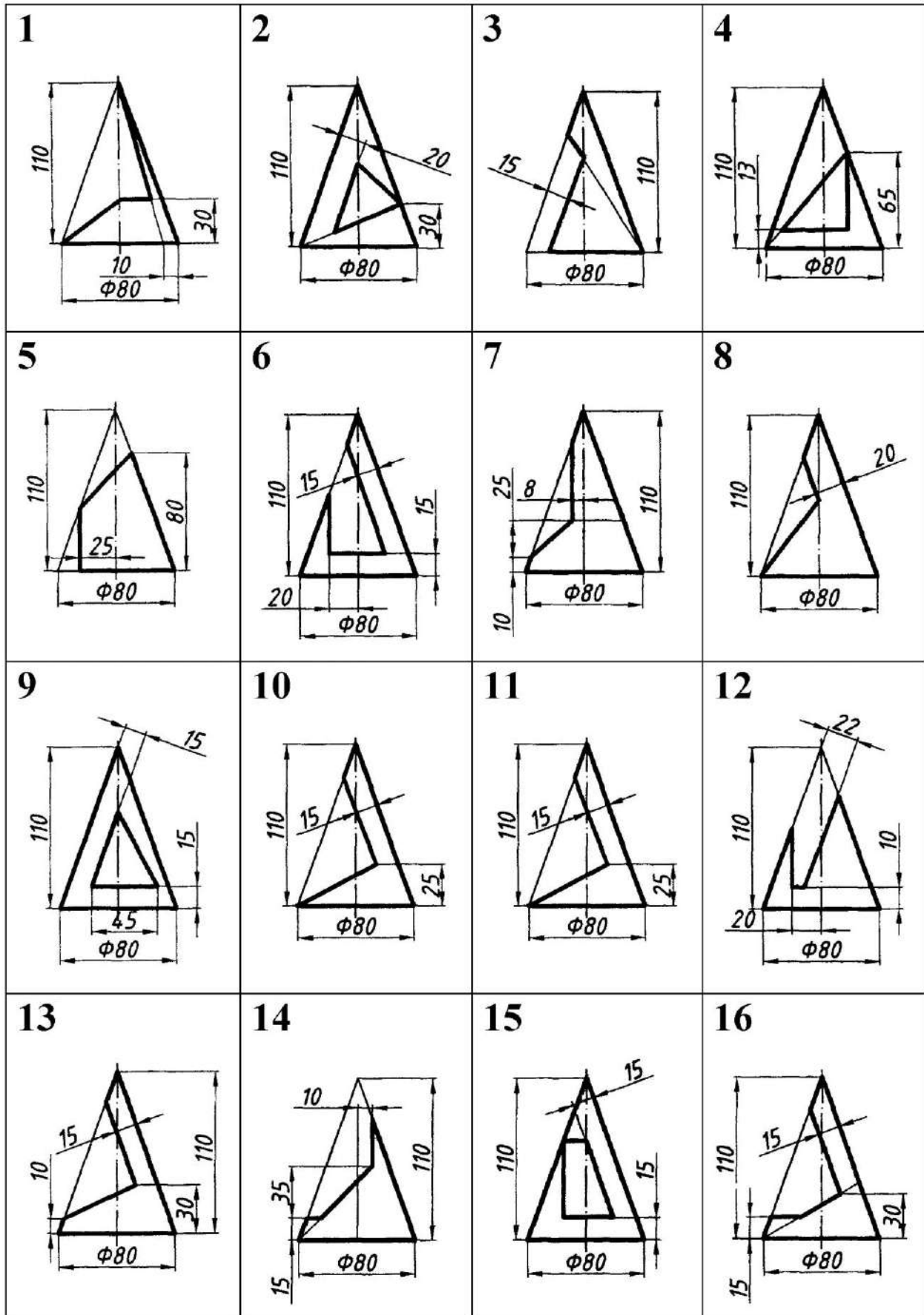


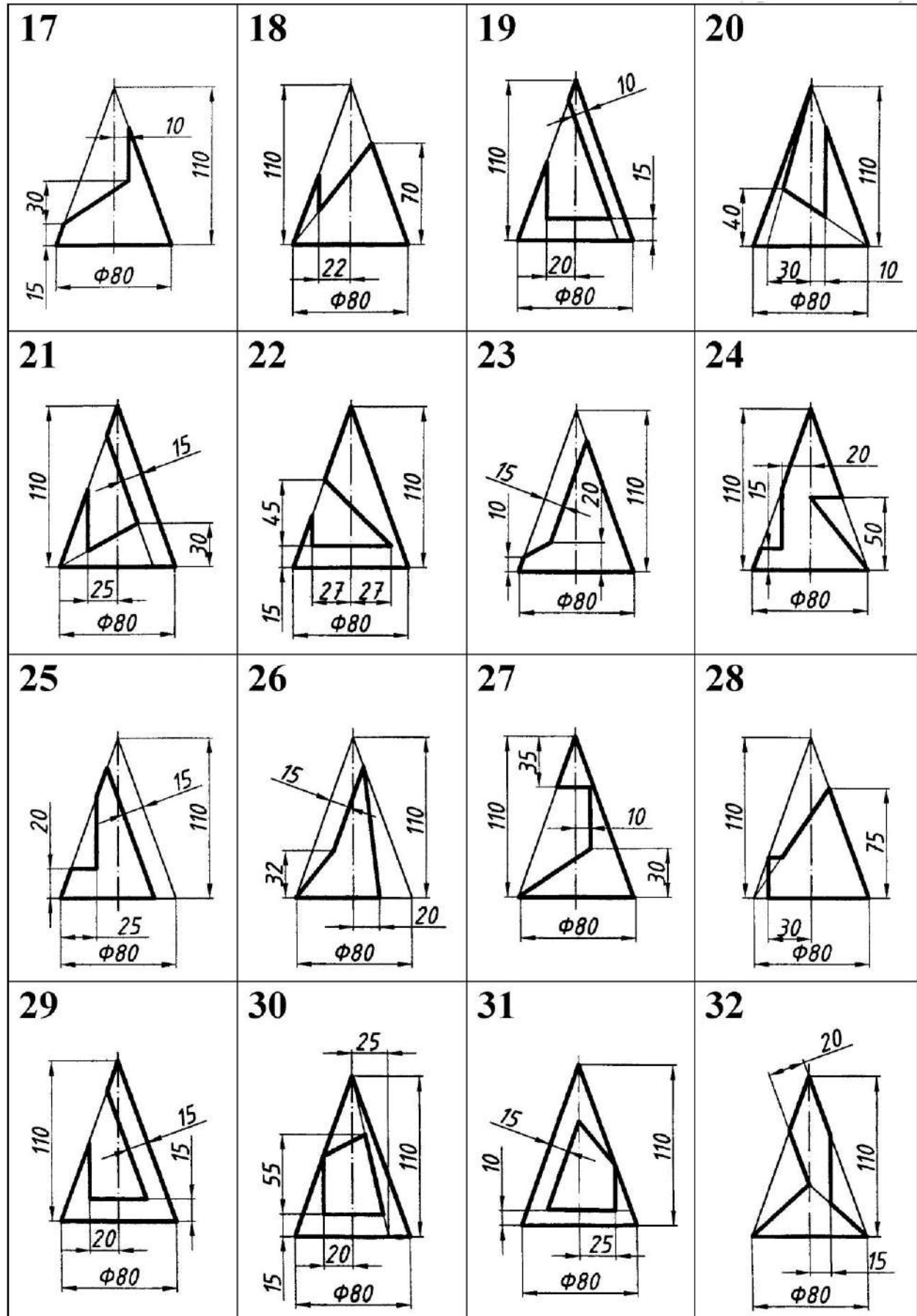


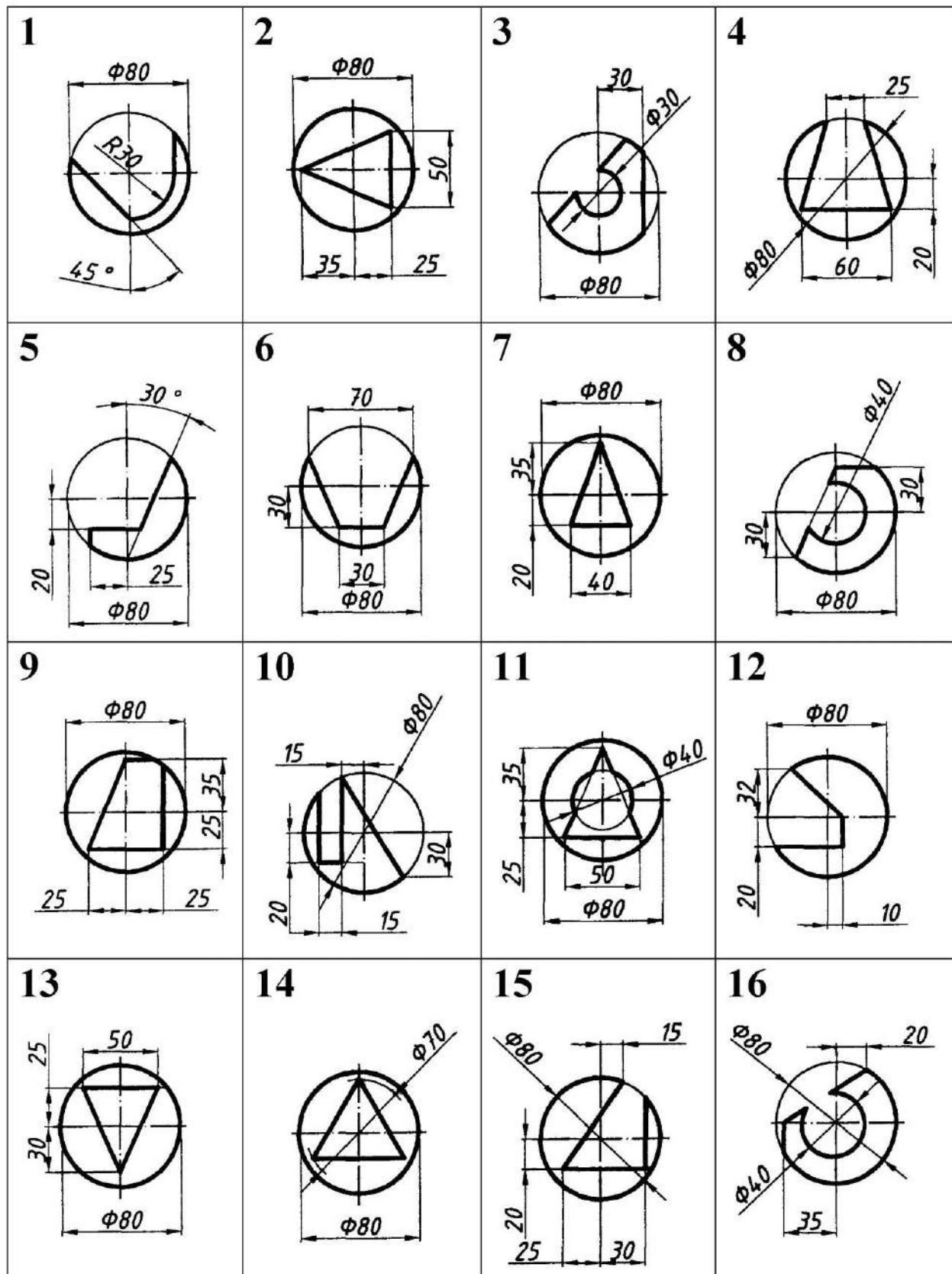


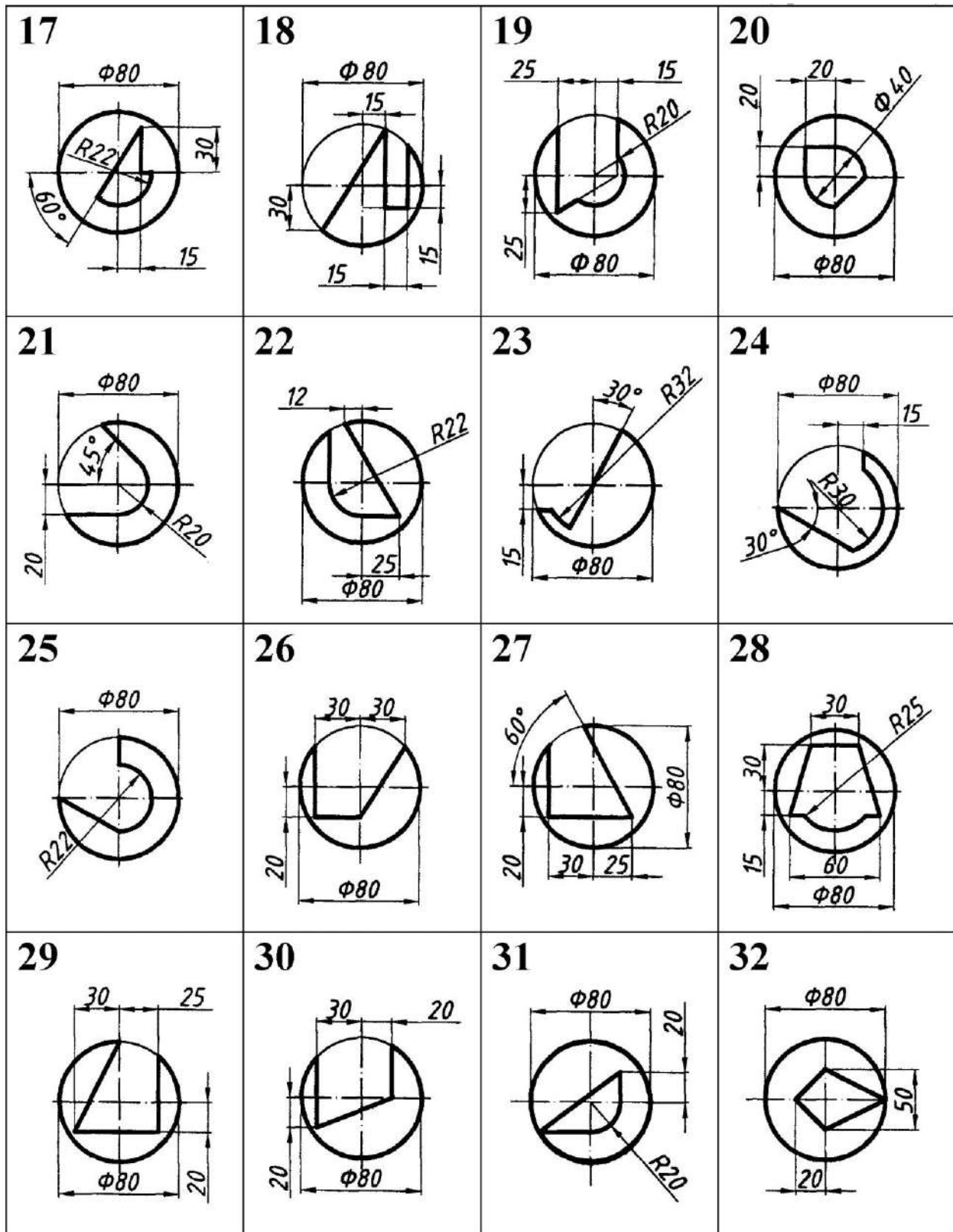
Додаток 3

Варіанти завдань НГ 01.00.04 “Зображення геометричних тіл з вирізами”

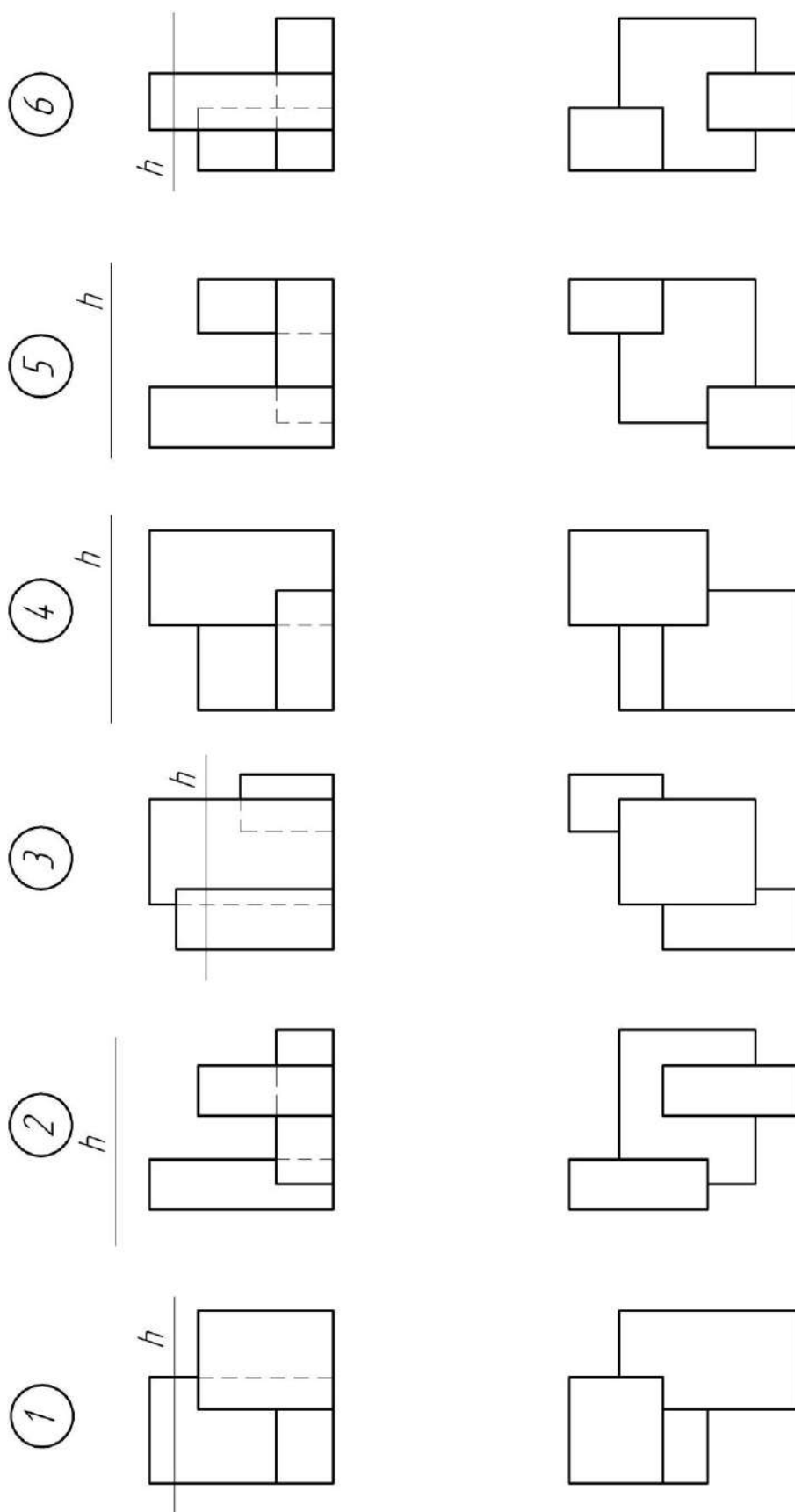


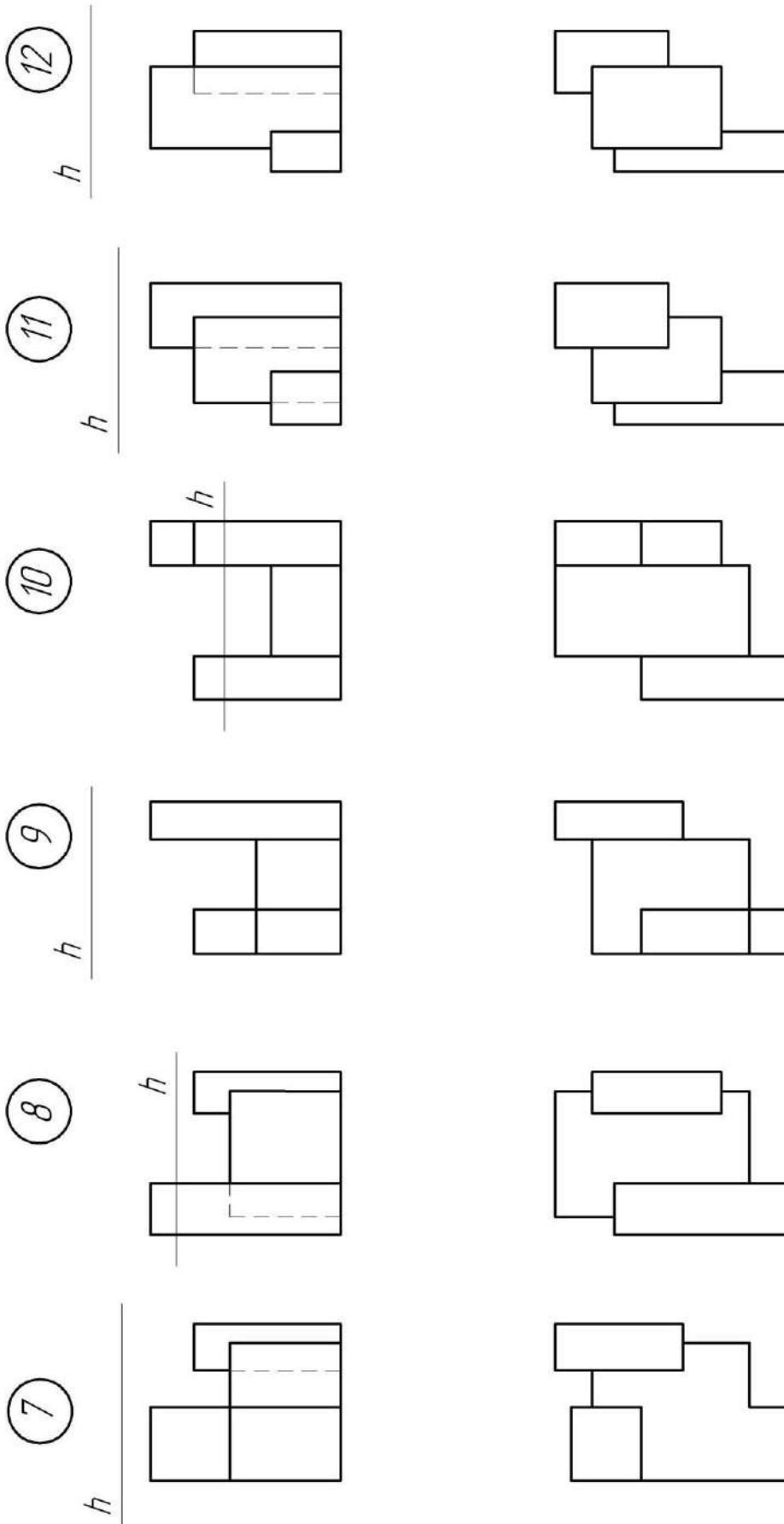


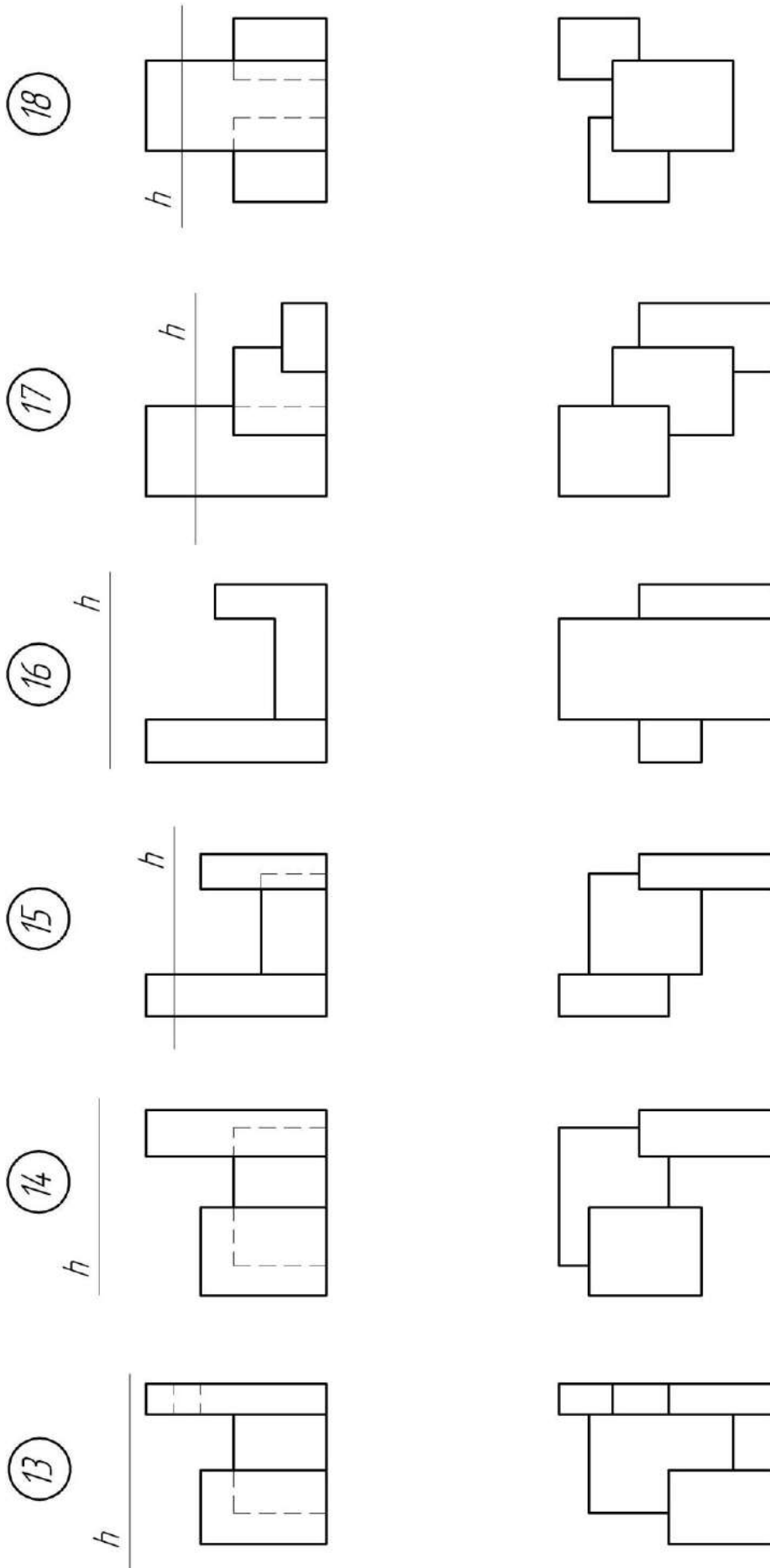




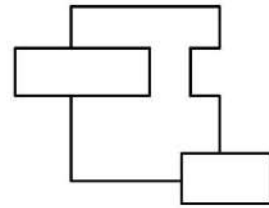
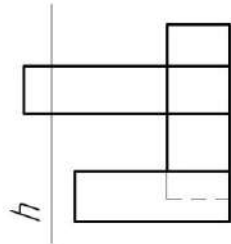
Додаток 4
Варіанти завдань НГ 01.00.05 “Перспектива”



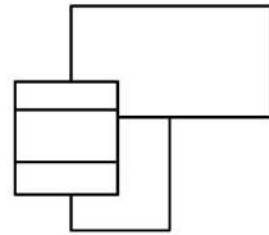
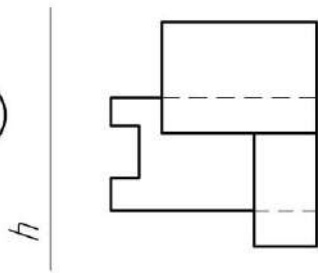




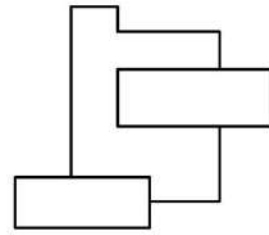
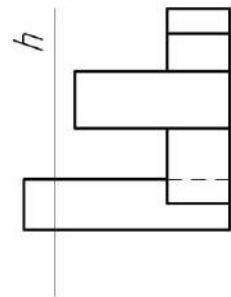
19



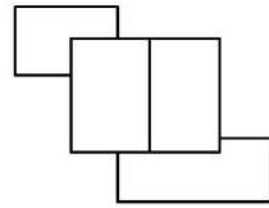
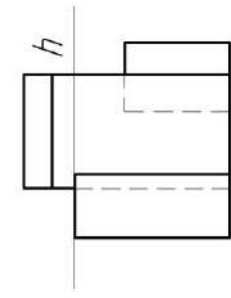
20



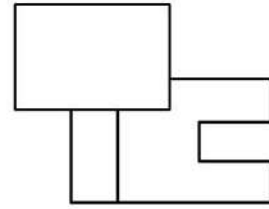
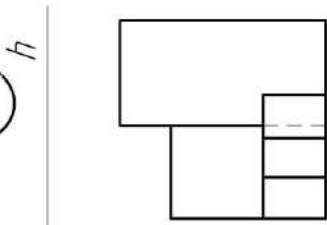
21



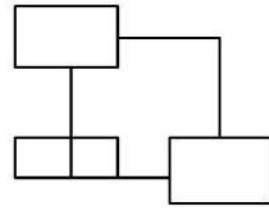
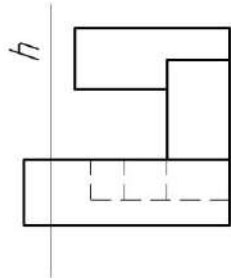
22



23



24



Додаток 5

Варіанти завдань НГ 01.00.06 “Проекції з числовими позначками”

