

VIVERE!  
VINCERE!  
CREARE!

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет

### ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Методичні рекомендації до виконання контрольних робіт  
для студентів заочної та дистанційної форм навчання  
напрямів підготовки 6.050201 «Системна інженерія»,  
6.050902 «Радіоелектронні апарати», 6.060101  
«Будівництво», 6.050901 «Радіотехніка», 6.050604  
«Енергомашинобудування», 6.050202 «Автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані технології», 6.050701  
«Електротехніка та електротехнології», 6.051103 «Авіоніка»,  
6.051101 «Авіа- та ракетобудування», 6.051301  
«Хімічна технологія», 6.070103 «Обслуговування  
повітряних суден», 6.070101 «Транспортні технології»,  
6.051401 «Біотехнології»

Київ 2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет

### ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Методичні рекомендації до виконання контрольних робіт  
для студентів заочної та дистанційної форм навчання  
напрямів підготовки 6.050201 «Системна інженерія»,  
6.050902 «Радіоелектронні апарати», 6.060101  
«Будівництво», 6.050901 «Радіотехніка», 6.050604  
«Енергомашинобудування», 6.050202 «Автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані технології», 6.050701  
«Електротехніка та електротехнології», 6.051103 «Авіоніка»,  
6.051101 «Авіа- та ракетобудування», 6.051301  
«Хімічна технологія», 6.070103 «Обслуговування  
повітряних суден», 6.070101 «Транспортні технології»,  
6.051401 «Біотехнології»

Київ 2016

УДК 744 (075.5)  
ББК Ж11рР  
І 622

Укладачі: М. Г. Макаренко, О. Т. Башта, О. В. Джурик, Л. С. Дубовик,  
В. І. Макаров, Л. А. Пономарьова, М. В. Терехова,  
Ю. Р. Халковський, В. Г. Шовченко

Рецензент Ю. М. Ковальов

Затверджено методично-редакційною радою Національного  
авіаційного університету (протокол №5/14 від 12.06.2014 р.).

Інженерна та комп'ютерна графіка : методичні рекомендації  
І 622 до виконання контрольних робіт / уклад. : М. Г. Макаренко, О. Т. Башта,  
О. В. Джурик та ін. – К. : НАУ, 2016. – 108 с.

Містить варіанти задач контрольних робіт з нарисної геометрії, інженерної та  
комп'ютерної графіки і методичні рекомендації до їх виконання.  
Для студентів заочної та дистанційної форм навчання напрямів підготовки  
6.050201 «Системна інженерія», 6.050902 «Радіoeлектронні апарати», 6.060101  
«Будівництво», 6.050901 «Радіотехніка», 6.050604 «Енергомашинобудування»,  
6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 6.050701 «Електротехніка та електротехнології», 6.051103 «Авіоніка», 6.051101 «Авіа- та ракетобудування», 6.051301 «Хімічна технологія», 6.070103 «Обслуговування повітряних суден», 6.070101 «Транспортні технології», 6.051401 «Біотехнології».

## ВСТУП

Вивчення навчальних дисциплін «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» сприяє розвитку образного мислення, необхідного для засвоєння загальнотехнічних і спеціальних дисциплін, виконання курсових і дипломних проєктів, розв'язування будь-якого інженерного завдання галузі за основним технічним документом – креслеником, який є міжнародною мовою техніки.

Дисципліни включають у себе елементи нарисної геометрії, технічного креслення та комп'ютерної графіки.

Предмет нарисної геометрії – виклад і обґрунтування правил побудови зображень як реальних, так і уявних просторових форм на площині.

Технічне креслення вивчає правила розроблення конструкторських документів згідно з Державними стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

Комп'ютерна графіка – це сукупність методів і способів перетворення за допомогою комп'ютера даних у графічне зображення і графічного зображення у – дані (ДСТУ 2939–94 «Система оброблення інформації. Комп'ютерна графіка. Терміни та визначення»), яка включає технічні, математичні, лінгвістичні та програмні засоби, що забезпечують взаємодію користувача та ПЕОМ на рівні графічних образів.

Під час вивчення нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки кожен студент виконує контрольні роботи.

Метою виконання контрольних робіт є закріплення теоретичних знань із розділів навчальної дисципліни, а також отримання вмінь розроблення конструкторських документів відповідно до нормативних документів.

Контрольні роботи виконують із використанням креслярських інструментів або в середовищі поширених графічних редакторів AutoCAD, КОМПАС. Номер варіанта контрольної роботи відповідає сумі трьох останніх цифр номера залікової книжки студента. Наприклад, номер залікової книжки 026724, а номер варіанта його контрольної роботи 13 (7+2+4).

Виконані контрольні роботи підшивають в альбом з титульним аркушем, який виконують за прикладом на рис. 1.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет  
Кафедра 51

**ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**  
(найменування навчальної дисципліни)

Виконав студент  
03.03.2016 р.  
Напрям 6.051101

\_\_\_\_\_ (М. Іваненко)  
(підпис)  
Номер залікової книжки 026724

Прийняв доцент  
\_\_\_\_\_ 2016 р.

\_\_\_\_\_ (В. Макаров)  
(підпис)

2016

Рис. 1

4

Виконуючи задачі контрольних робіт, слід дотримуватись вимог таких стандартів групи 3 ЄСКД «Общие правила выполнения чертежей».

ГОСТ 2.301–68 «Форматы». Кресленники виконують на аркушах паперу прямокутної форми визначених розмірів: формат А3 – 297 x 420 мм або формат А4 – 210 x 297 мм. Формати визначають розміри зовнішньої рамки, яку проводять суцільною тонкою лінією. Внутрішню рамку кресленника проводять суцільною товстою основною лінією. Відстань між рамками: з лівого боку аркуша – 20 мм, з інших боків – 5 мм.

ГОСТ 2.302–68 «Масштабы». Масштаб визначає співвідношення між розміром зображення предмета на кресленнику і його дійсним розміром.

Перевагу надають зображенню предмета в натуральний розмір, тобто в масштабі 1:1. Однак якщо треба зменшити або збільшити зображення, застосовують такі масштаби:

- зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20...;
- збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1...

ГОСТ 2.303–68 «Линии». Виконуючи кресленники, застосовують дев'ять типів ліній. Товщина всіх ліній залежить від товщини  $S$  суцільної товстої основної лінії, якою проводять, наприклад, лінії видимого контуру. Значення  $S$  обирають у межах 0,5...1,4 мм залежно від розмірів, складності та призначення зображень, розмірів формату. Обрані товщини ліній мають бути однаковими для всіх зображень на даному кресленнику.

ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертежные». Написи на кресленниках рекомендують виконувати креслярськими шрифтами: типу А без нахилу або типу Б з нахилом  $75^\circ$  (дод. 1). Щоб набути навичок якісного виконання написів, літери слід писати на спрощеній сітці.

ГОСТ 2.307–68 «Нанесение размеров и предельных отклонений». Для з'ясування справжньої величини зображуваного предмета на його кресленник наносять розміри. Сутність вимог стандарту полягає в тому, що всіх зазначених розмірів буде дотримано і проконтрольовано під час виготовлення предмета саме в тому вигляді, у якому вони вказані на кресленнику.

Розмірні числа характеризують величину вимірюваного об'єкта в міліметрах для лінійних розмірів та в градусах, мінутах, секундах

5

для кутових розмірів. Розмірні числа слід розміщувати над розмірною лінією паралельно їй та якомога ближче до її середини. Відстань від числа до лінії становить приблизно 1 мм, рекомендований розмір шрифту для запису – 5.

ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Основний напис». На кресленнях деталей, складальних кресленнях і схемах основний напис за формою 1 (рис. 2) розташовують у правому нижньому куті формату А3. На форматі А4 основний напис розташовують тільки вздовж короткого боку аркуша. Доцільно користуватись форматами з попередньо надрукованим основним написом.

				НАЧ.14.0703.001 (2)			
№	Дис.	№	Секції	Підтип	Деталь	№	Мас.
Розробл.	1/1	1/1	1/1	1/1	Корпус	1/1	1/1 (6)
Виробл.	1/1	1/1	1/1	1/1			
				Д № ГОСТ 4784-74 (3)		ІЗДН (9)	

Рис. 2

Найменування виробу записують у графі 1 з великої літери в називному відмінку однини. Якщо найменування складається з кількох слів, то на першому місці слід розміщувати іменник, наприклад, «Колесо зубчасте», «Опора підшипника».

Позначка конструкторського документа (графі 2) складається з буквеного коду організації розробника, який розміщують на першому місці (НАУ), шестизначного коду класифікаційної характеристики (друге місце), який для навчального креслення містить: останні дві цифри року розроблення (14), номер задачі (06 ... 11) і номер варіанта завдання від 01 до 30; на третьому місці треба вказати порядковий реєстраційний номер завдання від 000 до 999. Для складального креслення позначку доповнюють шифром – СБ. Шифр схем складається із познач її виду і типу. Наприклад, схема гідравлічна принципова – ГЗ.

Позначку матеріалу для деталей записують у графі 3, яка містить його найменування, марку і номер стандарту, що визначає властивості цього матеріалу, наприклад: Ст5лс ДСТУ 2651:2005, Бр ОЦС4-4-4 ДСТУ ГОСТ 5017:2007, Сталь 45 ГОСТ 1050-88, Д16 ГОСТ 4784-74.

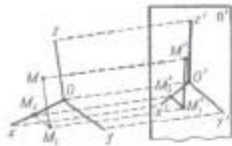
Заповнення решти граф основного напису креслення зрозуміле з рис. 2.

Розв'язувати задачі нарисної геометрії слід у такій послідовності:

- проаналізувати умову задачі;
- визначити шукані фігури та їхні параметри;
- скласти алгоритм розв'язування задачі в просторі;
- розв'язати задачу на кресленні за просторовим алгоритмом;
- перевірити отримані результати.

Задачі з розроблення конструкторських документів – креслення деталей, специфікацій, складальних креслень, схем – виконують з якнайбільшим наближенням до виробничих вимог з урахуванням відповідних міждержавних, державних і відомчих стандартів. Слід зазначити, що розроблення креслення як засобу вираження думки конструктора і виробничого документа можливе лише після вивчення студентами низки загальноінженерних та спеціальних навчальних дисциплін.

Виконання задачі з комп'ютерної графіки дасть змогу студентам ознайомитися з базовою графічною системою AutoCAD. Досконаліше опанування графічною системою можливе лише за умови самостійного вивчення програмного продукту.



### КОНТРОЛЬНІ ЗАДАЧІ З РОЗДІЛУ «НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ»

#### 1. ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНИХ ВЕЛИЧИН

*Мета задачі* – сформулювати вміння застосовувати властивості проєкцій основних елементів геометричного простору для визначення натуральних величин об'єктів.

*Зміст задачі* – визначити натуральну величину відстані від точки  $D$  до площини, заданої трикутником  $ABC$ . Визначити натуральну величину трикутника  $ABC$ , використовуючи плоскопаралельне переміщення. Дані до задачі взяті з табл. 1. Приклад розв'язування задачі наведено на рис. 3.

Таблиця 1

Номер варіанта	$x_A$	$y_A$	$z_A$	$x_B$	$y_B$	$z_B$	$x_C$	$y_C$	$z_C$	$x_D$	$y_D$	$z_D$
1,16	20	40	10	80	90	70	125	50	40	85	90	15
2,17	115	10	80	50	75	20	130	50	45	85	80	70
3,18	120	20	10	20	20	0	100	50	65	80	85	40
4,19	105	10	15	125	55	70	30	75	55	85	70	15
5,20	15	15	60	75	75	15	125	50	80	50	75	80
6,21	122	20	58	80	60	0	35	0	35	60	55	75
7,22	75	10	55	115	45	0	25	35	30	95	75	65
8,23	70	0	0	25	65	75	110	40	35	80	60	5
9,24	20	40	10	80	90	70	125	50	40	105	80	25
10,25	100	10	15	125	55	70	30	75	55	90	5	80
11,26	80	10	55	120	45	0	30	35	30	90	75	60
12,27	15	0	0	70	58	70	120	10	25	100	60	10
13,28	125	0	0	90	65	70	25	40	30	62	18	70
14,29	20	80	17	78	20	78	120	48	38	60	88	72
15,30	75	10	55	115	45	0	25	35	30	95	75	65

#### Методичні рекомендації до виконання задачі 1

Відстань від точки до площини визначають відрізком перпендикуляра між даною точкою і точкою перетину цього перпендикуляра з площиною.

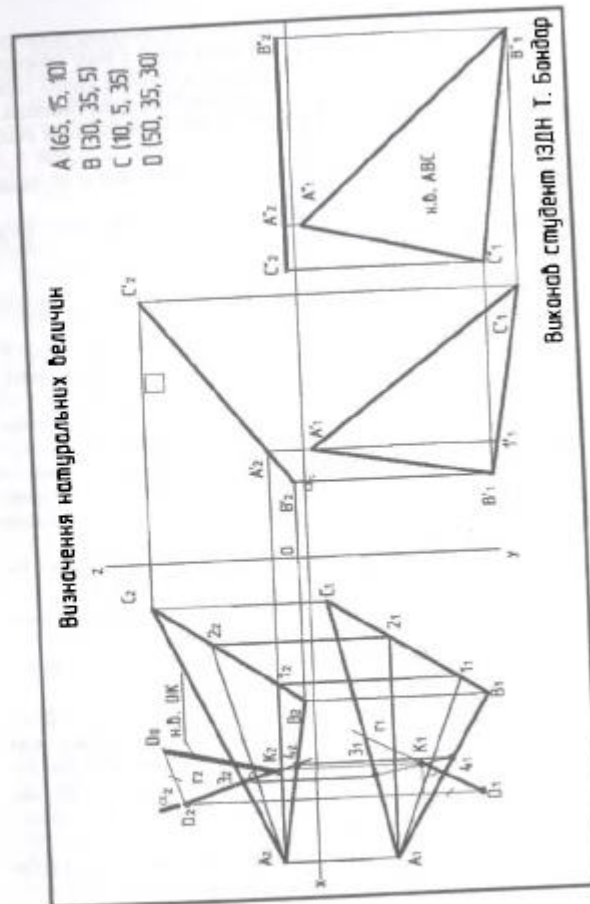


Рис. 3

На кресленку натуральний розмір відрізка є гіпотенузою прямокутного трикутника, у якого один катет дорівнює одній з його проєкцій, наприклад, фронтальній, а другий – різниці відстаней кінців горизонтальної проєкції цього відрізка до фронтальної площини проєкцій.

Видимість ліній визначають за порівнянням однойменних координат проєкцій конкуруючих точок, розташованих на одній лінії зв'язку. Проєкція точки з більшою координатою вказує на видимість об'єкта на відповідній площині проєкцій.

Будь-яку фігуру проєктують у натуральну величину, якщо фігура паралельна площині проєкцій.

Графічні побудови виконати в такій послідовності.

1. Побудувати горизонтальну  $A_1B_1C_1$  і фронтальну  $A_2B_2C_2$  проєкції трикутника  $ABC$  за даними табл. 1.

2. Провести в площині трикутника  $ABC$  горизонталь  $A_1I_1$ , фронтальна проєкція  $A_2I_2$  якої паралельна осі  $x$ , а горизонтальна проєкція  $A_1I_1$  проходить через точки  $A_1$  і  $I_1$ .

3. Провести фронталь  $A_2I_2$ , горизонтальна  $A_1I_1$ , проєкція якої паралельна осі  $x$ , а фронтальна  $A_2I_2$  проєкція проходить через точки  $A_2$  і  $I_2$ .

4. Провести через точку  $D$  перпендикуляр до площини трикутника  $ABC$ , фронтальна проєкція якого  $r_2$  перпендикулярна фронтальній проєкції фронталі  $A_2I_2$ , а горизонтальна  $r_1$  – горизонтальній проєкції горизонталі  $A_1I_1$ .

5. Визначити проєкції точки  $K$  перетину перпендикуляра з площиною трикутника  $ABC$ , для цього:

– провести через перпендикуляр, наприклад, фронтально проєкціювальну площину  $\alpha$  ( $\alpha_2 \supset r_2$ );

– побудувати проєкції лінії перетину проведеної площини і площини трикутника  $ABC - 3_2 4_2$  і  $3_1 4_1$ ;

– позначити горизонтальну  $K_1$  і фронтальну  $K_2$  проєкції точки  $K$  перетину перпендикуляра з лінією  $34$ . Точка перетину прямої з площиною завжди видима, якщо площина є площиною загального положення. Інші точки прямої можуть бути видимими або невидимими. Наприклад, точка  $3$ , що належить відрізку  $AC$ , на виді спереду невидима, оскільки вона перекривається точкою  $7$ . Точка  $7$  належить відрізку  $DK$  і  $y_7 > y_3$ . Точка  $6$ , що належить прямій  $DK$ , невидима на виді зверху, бо вона перекрита точкою  $5$ , яка належить відрізку  $AC$  ( $z_5 > z_6$ ).

6. Визначити натуральну величину відрізка  $DK$  за правилом прямокутного трикутника, для цього:

– взяти за перший катет трикутника, наприклад, проєкцію  $D_2K_2$  відрізка;

– визначити довжину другого катета трикутника за різницею координат  $\Delta y = y_D - y_K$ ;

– провести з точки  $D_2$  перпендикулярно до  $D_2K_2$  промінь і відкласти на ньому від точки  $D_2$  відрізок завдовжки  $\Delta y$ ;

– провести гіпотенузу трикутника, з'єднавши кінці катетів, довжина якої визначає натуральну величину відрізка  $DK$ .

7. Знайти натуральну величину трикутника  $ABC$ , використовуючи третє і четверте перетворення нарисної геометрії способом плоскопаралельного переміщення, для цього:

– перевести конгруентно (без зміни форми і розміру), наприклад, горизонтальну проєкцію трикутника  $A_1B_1C_1$  так, щоб горизонтальна проєкція горизонталі  $A_1I_1$  була перпендикулярною до осі проєкцій  $x$ . Свідченням правильного розв'язку є виродження фронтальної проєкції трикутника  $A_1'B_1'C_1'$  у пряму лінію – трикутник зайняв фронтально проєкціювальне положення;

– перевести конгруентно фронтальну проєкцію трикутника  $A_1'B_1'C_1'$  паралельно осі проєкцій  $x$ , що відповідає положенню площини трикутника паралельно горизонтальній площині проєкцій. Горизонтальна проєкція  $A_1''B_1''C_1''$  визначає натуральну величину трикутника  $ABC$ .

## 2. ПЕРЕРІЗ БАГАТОГРАННИКА ПЛОЩИНОЮ

*Мета задачі* – сформувати зміня графічних розрахунків багатограничних елементів конструкцій авіаційної техніки.

*Зміст задачі* – побудувати проєкції піраміди (парні варіанти) або призми (непарні варіанти) та січної площини за даними, які наведені в табл. 2. Визначити фігуру перетину багатограничника та побудувати розгортку відсіченої частини багатограничника з фігурою перерізу. Приклад розв'язування задачі наведено на рис. 4.

Таблиця 2

Номер варіанта	Координати вершин основи багатограничника												Висота багатограничника	Кути нахилу січної площини до осей $x$ , $y$		Координата $x$ точки основи січної площини
	A			B			C			D				$\alpha$	$\beta$	
	$x$	$y$	$z$	$x$	$y$	$z$	$x$	$y$	$z$	$x$	$y$	$z$				
1, 16	13	10	0	11	30	0	90	10	0	—	—	—	75	45	30	140
2, 17	12	20	0	80	5	0	80	20	0	10	35	0	70	30	45	130

Номер варіанта	Координати вершин основи багатогранника												Висота багатогранника	Куты нахилу спл. до осей x, y, z		Координата x точки скошу слівцв площини
	A			B			C			D				$\alpha$	$\beta$	
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z				
3.18	60	20	0	40	5	0	20	20	0	40	35	0	90	60	30	75
4.19	10	30	0	80	10	0	60	30	0	80	50	0	70	45	65	110
5.20	12	10	0	95	30	0	85	10	0	—	—	—	80	30	60	135
6.21	11	20	0	95	30	0	75	20	0	95	35	0	65	30	60	130
7.22	80	40	0	95	25	0	80	10	0	65	25	0	75	45	30	45
8.23	12	20	0	10	5	0	80	20	0	10	35	0	95	45	60	130
9.24	65	20	0	40	5	0	40	35	0	—	—	—	70	135	135	25
10.25	45	30	0	60	50	0	75	30	0	60	10	0	65	120	135	30
11.26	13	10	0	11	30	0	90	10	0	—	—	—	85	60	30	140
12.27	50	30	0	65	50	0	80	30	0	65	10	0	80	60	45	90

**Методичні рекомендації до виконання задачі 2**

Проекції фігури перерізу будуть визначені, якщо побудувати проекції точок перерізу ребер багатогранника із січною площиною, скориставшись, наприклад, способом заміни площин проекцій так, щоб січна площина в останніх була проєкціовальною. Naturalну величину фігури перерізу визначити способом плоскопаралельного переміщення. Для побудови розгортки багатогранника необхідно визначити натуральну величину всіх його ребер, наприклад, за способом обертання їх навколо проєкціовальних осей.

Графічні побудови виконати в такій послідовності.

1. Побудувати горизонтальні і фронтальні проекції багатогранника, наприклад, піраміди  $SABCD$  і січної площини на площинах  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ , використовуючи дані табл. 2 (рис. 4);
2. Заміняти площину проєкцій  $\Pi_2$  на площину  $\Pi_4$ , при цьому вісь  $x_1$  розташувати перпендикулярно до горизонтального  $h_{\Pi_2}$  слівцв площини.
3. Позначити точку збігу  $x_{1P}$  слівцв площини  $P$  на осі  $x_1$ .
4. Обрати довільну точку площини  $N(N_1, N_2)$  і побудувати її проєкції  $N_4$  на площині  $\Pi_4$ .
5. Провести фронтальний  $f_{\Pi_4}$  слівцв через точку  $x_{1P}$  і  $N_4$ .
6. Побудувати фронтальну  $S_4A_4B_4C_4D_4$  проєкцію багатогранника на площині  $\Pi_4$ .

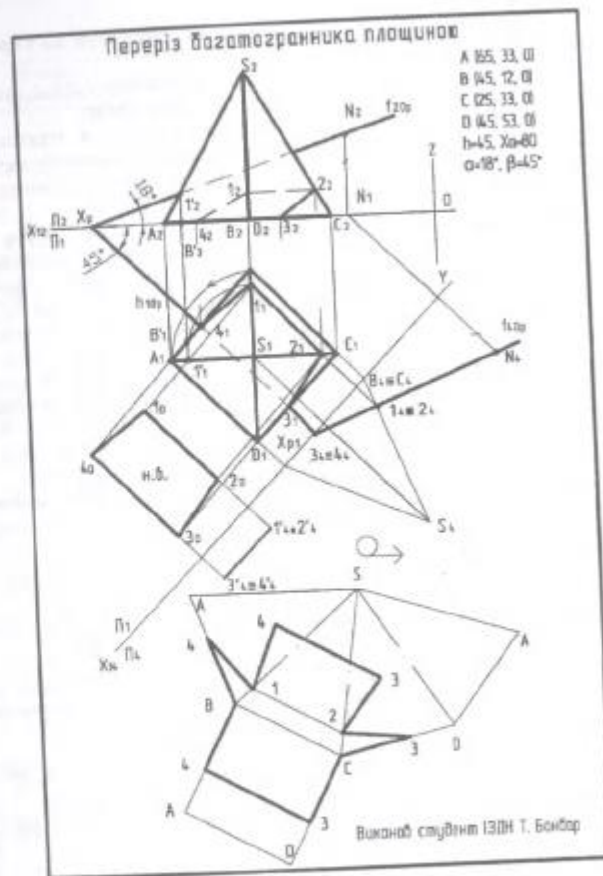


Рис. 4

7. Позначити проєкції  $l_4, 2_4, 3_4, 4_4$  точок перетину сліду  $f_{\text{ос}}$  з проєкціями ребер  $S_4B_4, S_4C_4, C_4D_4, A_4B_4$ .

8. Побудувати горизонтальну  $l_1 2_1 3_1 4_1$  і фронтальну  $l_2 2_2 3_2 4_2$  проєкції лінії перерізу за належністю точок до відповідних ребер.

9. Перемістити проєкцію  $l_4 2_4 3_4 4_4$  лінії перерізу в положення  $l_1 2_1 3_1 4_1$ , паралельне осі  $x_1$ , та визначити натуральну величину перерізу  $l_2 2_2 3_2 4_2$  способом проведення пересічних ліній зв'язку через точки  $l_4, 2_4, 3_4, 4_4$  і  $l_1, 2_1, 3_1, 4_1$  відповідно.

10. Визначити натуральні величини бічних ребер і ребер основи. На рис. 4 горизонтальна проєкція основи піраміди визначає її натуральну величину, оскільки розташована у площині  $\Pi_1$ . Ребра  $SA$  і  $SC$  – фронтальні прямі. Їх натуральні величини визначають за проєкціями  $S_2C_2$  і  $S_2A_2$ . За проєкціями  $C_1 3_1, B_1 4_1, S_2 2_2$  визначають і довжину відсічених відрізків на ребрах. Довжини проєкцій  $S_1B_1, S_1D_1, S_2B_2, S_2D_2, S_1 1_1$  і  $S_2 2_2$  не визначають довжину відповідних ребер. Довжину профільних ребер визначають шляхом переведення їх у фронтальне положення обертанням, наприклад, навколо вертикальної осі.

11. Побудувати повну розгортку піраміди, зобразивши її грані в натуральну величину. Нанести лінію  $l 2 3 4$  перерізу на розгортку.

12. Навести контур розгортки, відсіченої площиною частини багатогранника, суцільною основною лінією, а лінії згинання – тонкими штрихпунктирними лініями з двома точками.

### 3. ПЕРЕРІЗ КОНІЧНОЇ ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ

*Мета задачі* – набути вміння проєктувати елементи конструкцій авіаційної техніки з криволінійними поверхнями.

*Зміст задачі* – побудувати фронтальну і горизонтальну проєкції та натуральну величину фігури перетину поверхні конуса обертання фронтально проєкціовальною площиною  $P$ .

Вихідні дані до задачі наведено в табл. 3. Приклад розв'язування задачі наведено на рис. 5.

Таблиця 3

Номер варіанта	$x_s$	$y_s$	$z_s$	$R$	$x_p$	$y_p$
1, 16	60	40	80	33	105	130
2, 17	125	45	75	1:0	160	60
3, 18	55	45	75	30	75	125
4, 19	150	45	80	33	130	60
5, 20	51	40	85	30	70	120
6, 21	140	45	85	35	125	50

Закінчення табл. 3

Номер варіанта	$x_s$	$y_s$	$z_s$	$R$	$x_p$	$y_p$
7, 22	55	45	85	30	70	115
8, 23	135	40	85	33	120	45
9, 24	61	45	80	33	80	120
10, 25	115	45	85	35	80	45
11, 26	30	5	85	35	65	130
12, 27	115	40	80	30	80	60
13, 28	50	40	80	33	60	135
14, 29	120	40	80	33	95	60
15, 30	125	45	75	130	100	60

### Методичні рекомендації до виконання задачі 3

Результатом перетину поверхні прямого кругового конуса площиною є еліпс, якщо площина перетинає всі твірні і не проходить через вершину. Великий і малий діаметри еліпса перетинаються під прямим кутом, поділяючи один одного навпіл.

Великий діаметр – це відрізок, кінцями якого є точки  $A$  і  $B$  перетину твірних  $SM$  і  $SN$  конуса з площиною  $P$ .

Малий діаметр – це відрізок  $CD$  лінії перетину площини  $P$  з фронтальною проєкціовальною площиною, проведеною через вершину конуса і середину великої осі.

Фігура перетину буде зображена в натуральну величину, коли її площина буде паралельна площині проєкцій.

Побудову фронтальної і горизонтальної проєкції лінії перетину поверхні конуса площиною виконати в такій послідовності.

1. Позначити фронтальну  $A_2B_2$  проєкцію великого діаметра еліпса.
2. Побудувати горизонтальну  $A_1B_1$  проєкцію великого діаметра еліпса, кінці якої є точками перетину ліній зв'язку  $A_2A_1$  і  $B_2B_1$  з горизонтальними  $S_1M_1$  і  $S_1N_1$  проєкціями твірних  $SM$  і  $SN$ .
3. Нанести позначення фронтальної  $C_2D_2$  проєкції малого діаметра, що є серединою точкою фронтальної  $A_2B_2$  проєкції великої осі.
4. Побудувати горизонтальну проєкцію малого діаметра, кінцями якої є точки перетину ліній зв'язку  $C_2C_1$  і  $D_2D_1$  з горизонтальними  $S_1 3_1$  і  $S_1 4_1$  проєкціями твірних  $S 3$  і  $S 4$ .
5. Виділити не менше як чотири пари проміжних точок на фронтальній проєкції еліпса, і провівши через них відповідні твірні, знайти їх горизонтальні проєкції.



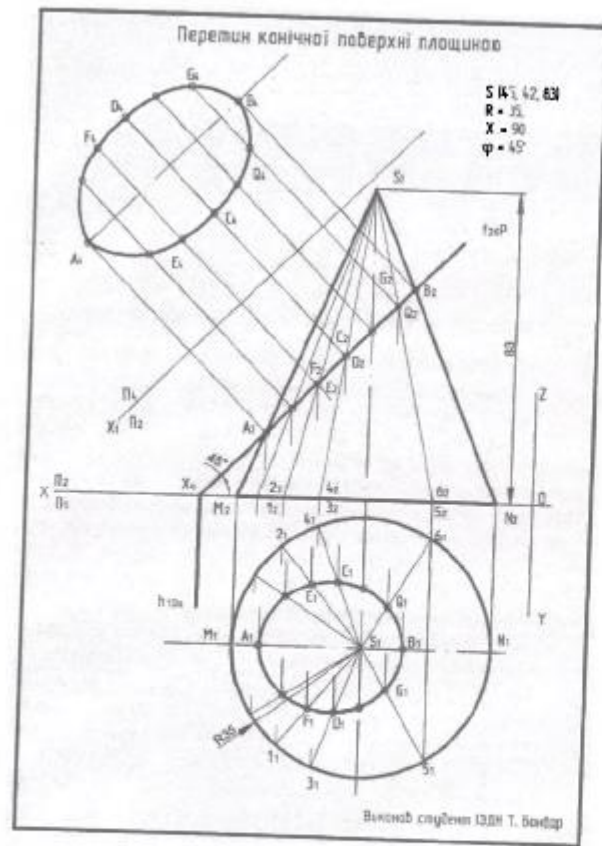


Рис. 5

6. Провести через точки  $A_1, E_1, C_1, Q_1, B_1, G_1, D_1, F_1$ , користуючись лекалом, горизонтальну проекцію лінії перетину поверхні конуса площиною  $P$ .

7. Побудувати натуральної величини фігури перетину поверхні конуса площиною  $P$ , використовуючи спосіб заміни площини проєкцій у такій послідовності:

- провести вісь  $x_1$  проєкцій паралельно фронтальному  $f_{20P}$  сліду, що є лінією перетину площин  $\Pi_4$  і  $\Pi_2$ ;
- провести через проєкції точок  $A_2, E_2, C_2, Q_2, B_2, G_2, D_2$  лінії зв'язку, перпендикулярні осі  $x_1$ ;
- відкласти від осі  $x_1$  координату у точок  $A_1, E_1, C_1, Q_1, B_1, G_1, D_1, F_1$  і позначити відповідні проєкції  $A_4, E_4, C_4, Q_4, B_4, G_4, D_4, F_4$ ;
- провести через точки  $A_4, E_4, C_4, Q_4, B_4, G_4, D_4, F_4$  лінію натурального виду перерізу поверхні конуса площиною  $P$ .

#### 4. ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ КОНУСА І СФЕРИ

*Мета задачі* – отримати вміння проєктування елементів конструкцій авіаційної техніки з криволінійними поверхнями.

*Зміст задачі* – побудувати горизонтальну і фронтальну проєкції лінії перетину поверхонь сфери радіуса  $R$  із центром у точці  $E$  та прямого кругового конуса з вершиною  $S$  і діаметром кола основи  $\varnothing$ , яке лежить у площині проєкцій  $\Pi_1$ .

Вихідні дані до задачі взяті з табл. 4. Приклад розв'язання задачі наведено на рис. 6.

Таблиця 4

№ омер варіант	$X_1$	$Y_1$	$Z_1$	$R$	$X_2$	$Y_2$	$Z_2$	Діаметр
1; 16	95	48	45	25	85	48	90	70
2; 17	90	48	28	27	80	48	85	76
3; 18	70	30	38	26	80	30	90	70
4; 19	65	45	38	25	75	45	95	66
5; 20	50	50	40	24	60	50	90	76
6; 21	50	48	35	30	65	48	95	80
7; 22	75	40	32	28	85	40	90	76
8; 23	90	52	35	30	80	52	95	86
9; 24	50	42	35	30	60	42	90	80
10; 25	60	50	35	32	75	50	95	80
11; 26	90	45	30	28	80	45	95	70
12; 27	75	45	35	32	85	45	90	86
13; 28	85	45	35	30	75	45	95	84
14; 29	60	50	38	32	70	50	95	80
15; 30	90	48	28	27	80	48	85	76

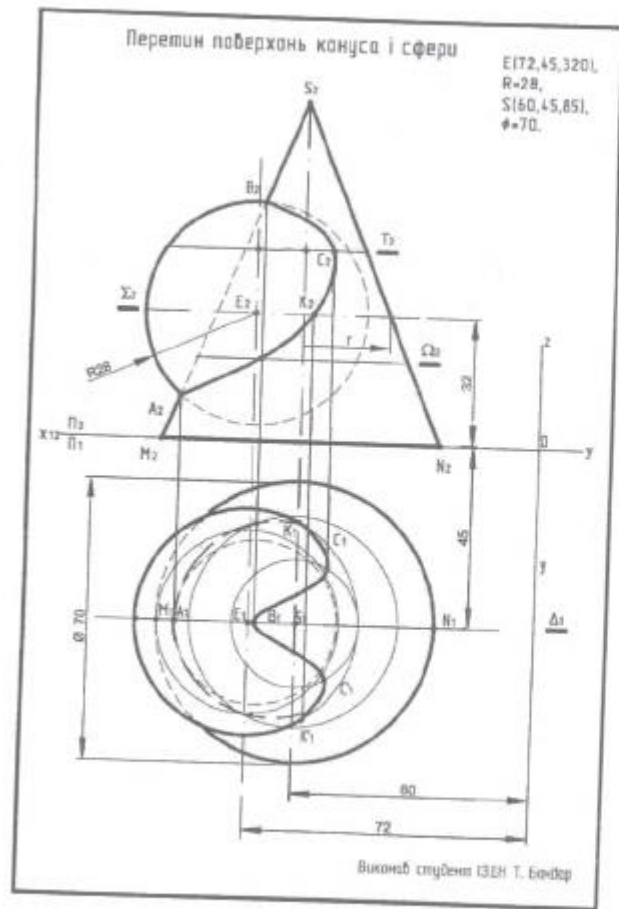


Рис. 6

#### Методичні рекомендації до виконання задачі 4

Спільну лінію двох поверхонь називають *лінією їх перетину*. Проекції *лінії перетину* будуть визначені, якщо побудувати достатню кількість проєкцій точок цієї лінії. Для цього треба скористатися способом допоміжних січних площин. Сутність способу (рис. 7, а) полягає в тому, що:

- перетинають задані поверхні сфери і конуса площиною  $\Gamma$ , яку називають по **середником**;
- будують **лінії  $n$  і  $m$**  перетину площини  $\Gamma$  з поверхнею конуса і сфери;
- визначають **точки  $A$  і  $B$**  перетину побудованих ліній  $n$  і  $m$ .

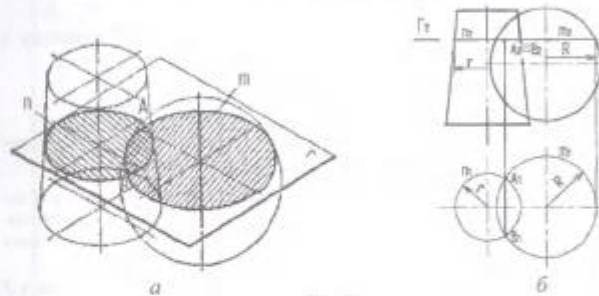


Рис. 7

На лінії перетину поверхонь розрізняють точки опорні і проміжні. Насамперед визначають опорні точки: найвищі і найнижчі, крайні праві і ліві, точки видимості тощо. Знаходження опорних точок дає можливість визначити межі розміщення проєкції лінії перетину. Кількість і місця розташування проміжних точок визначають за необхідною точністю побудов.

Побудову фронтальної і горизонтальної проєкцій лінії перетину необхідно виконати в такому порядку (див. рис. 6):

- провести площину  $\Delta(\Delta_1)$  через центр  $E(E_1)$  сфери і вісь конуса, що перетинає сферу по фронтальному колу радіуса  $R$ , а конус – по обрисовим твірним  $SM$  і  $SN$ ;
- визначити проєкції точок  $A_2$  (нижня) і  $B_2$  (верхня) на перетині кола і твірної  $S_2M_2$ ;
- провести через проєкції точок  $A_2$  і  $B_2$  лінії зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією площини  $\Delta$  у точках  $A_1$  і  $B_1$  (точки  $A$  і  $B$  належать поверхням сфери, конуса і площини  $\Delta$ );

– провести горизонтальну площину  $\Sigma (\Sigma_2)$ , що перетинає сферу по екватору  $R$ , а конус – по колу радіуса  $r$ ;

– визначити горизонтальні  $K_1$  і  $K'_1$  проєкції точок перетину кіл радіусів  $R$  і  $r$ , які є точками зміни видимості кривої перетину на виді зверху;

– провести через проєкції точок  $K_1$  і  $K'_1$  лінії зв'язку до перетину з площиною  $\Sigma (\Sigma_2)$  у точках  $K_2$ , які збігаються;

– провести між точками  $A_2, K_2, B_2$  ще кілька горизонтальних площин, і за прикладом побудови проєкцій точок на рис. 7, б у кожній площині побудувати горизонтальні і фронтальні проєкції точок лінії перетину поверхонь сфери і конуса;

– через побудовані проєкції точок провести горизонтальну і фронтальну проєкції лінії перетину поверхонь сфери і конуса.

#### 5. ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ КОНУСА І ЦИЛІНДРА

*Мета задачі* – отримати вміння проєстування елементів конструкцій авіаційної техніки з криволінійними поверхнями.

*Зміст задачі* – побудувати фронтальну і горизонтальну проєкції лінії перетину поверхонь прямого кругового конуса і похилого циліндра. Дані до задачі наведено в табл. 5. Приклад розв'язування задачі наведено на рис. 8.

Таблиця 5

Номер варіанта	Конус				$x_K$	$y_K$	$z_K$	Циліндр		
	$x_C$	$y_C$	$z_C$	$\alpha$				$z_K$	$\varnothing$	
1; 16	80	45	75	86	80	45	20	130	75	42
2; 17	90	50	80	78	90	50	25	120	85	36
3; 18	95	45	75	80	95	45	20	125	78	40
4; 19	100	50	75	84	100	50	25	60	80	38
5; 20	80	50	78	90	80	50	20	45	80	42
6; 21	90	48	78	84	90	48	25	35	65	40
7; 22	95	50	80	92	95	50	25	45	70	38
8; 23	90	52	78	96	90	52	28	50	75	36
9; 24	85	58	78	90	85	48	30	60	80	40
10; 25	100	54	80	84	100	54	30	50	80	38
11; 26	80	52	78	80	80	52	28	55	80	38
12; 27	95	48	80	80	95	48	28	65	80	36
13; 28	95	50	78	80	85	50	20	120	80	40
14; 29	80	48	80	92	80	48	28	65	90	38
15; 30	95	50	78	79	95	50	25	135	75	42

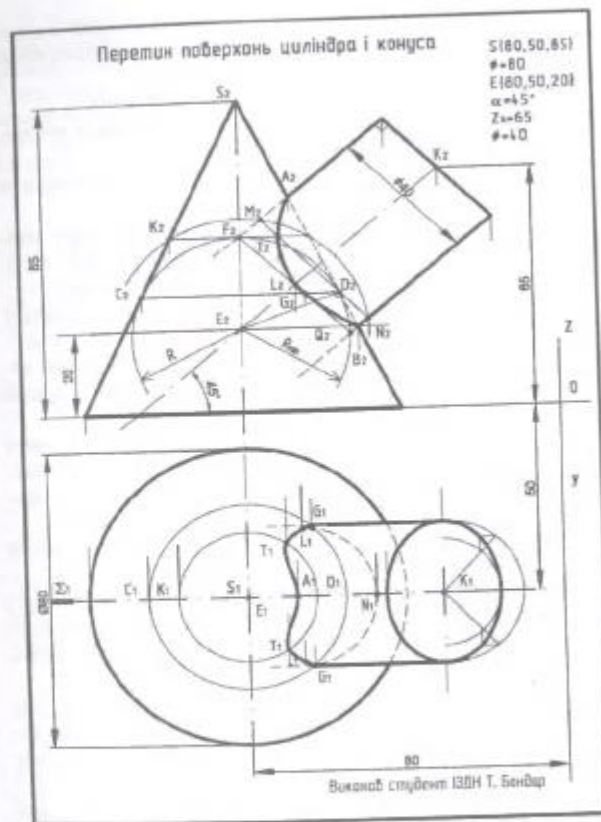


Рис. 8

#### Методичні рекомендації до виконання задачі 5

Будь-яка поверхня обертання перетинається з поверхнею сфери по колу, якщо її вісь проходить через центр сфери. Площина кола перпендикулярна осі поверхні і проєстується у відрізок прямої на

площину, паралельну до цієї осі. Ця властивість покладена в основу застосування сфер як поверхонь-посередників для визначення лінії перетину кривих поверхонь обертання за умов:

- обидві поверхні повинні бути поверхнями обертання;
- осі заданих поверхонь перетинаються і розташовані у площині, яка паралельна одній із площин проєкцій.

Побудову фронтальної і горизонтальної проєкцій лінії перетину виконати в такій послідовності (рис. 8).

1. Провести через площину симетрії тіл фронтальну січну площину  $\Sigma(\Sigma_1)$  та визначити фронтальні  $A_2$  і  $B_2$  та горизонтальні  $A_1$ ,  $B_1$  проєкції точок перетину обрисових твірних конуса і циліндра.

2. Визначити центр концентричних сфер  $E(E_2)$ , який лежить у точці перетину осей поверхонь.

3. Провести сферу радіуса  $R_{min}$ , яка дотикається до поверхні конуса і перетинає поверхню циліндра. Радіус  $R_{min}$  дорівнює довжині нормалі, проведеної з точки  $E_2$  до лінії дотику на конусі.

4. Провести через ліву і праву точки дотику  $C_2$  і  $D_2$  на обрисових твірних конуса і верхню та нижню точки перетину обрисових твірних циліндра  $F_2$  і  $Q_2$  проєкції кіл відповідно дотику і перетину сфери радіусом  $R_{min}$  з поверхнями конуса і циліндра.

5. Позначити фронтальну проєкцію  $G_2$  точки перетину проєкцій кіл  $C_2D_2$  і  $F_2Q_2$  (точка  $G_2$  подвійна).

6. Провести через точку  $G_2$  лінію зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією кола дотику на поверхні конуса та позначити горизонтальні проєкції передньої і задньої точок  $G_1$ , що належать до лінії перетину конуса і циліндра.

7. Провести проміжну сферу радіуса  $R$ , більшого ніж  $R_{min}$ , але меншого ніж  $R_{max}$ . Сфера радіуса  $R_{max}$  у даній задачі проходить через найбільш віддалену від центра сфер точку перетину обрисових твірних поверхонь  $A_2$ .

8. Провести проєкції кіл перетину, які задані обрисовими точками  $P_2$ ,  $V_2$  та  $M_2$ ,  $N_2$ , та визначити фронтальну проєкцію точки на лінії перетину  $T_2 = P_2V_2 \cap M_2N_2$ .

9. Провести через проєкцію точки  $T_2$  лінію зв'язку до перетину з проєкцією кола на конусі і позначити горизонтальні  $T_1$  проєкції точок  $T$ . Кількість проміжних сфер визначає точність побудови шуканої лінії перетину.

10. Провести через точки  $A_2T_2G_2B_2$  фронтальну проєкцію лінії перетину поверхонь конуса і циліндра та позначити на отриманій проєкції точки, які лежать на передній і задній твірних циліндра  $L_2$ . У цих точках змінюється видимість кривої перетину на горизонтальній площині проєкцій.

11. Провести через точки  $A_1$ ,  $T_1$ ,  $L_1$ ,  $G_1$ ,  $B_1$  горизонтальну проєкцію лінії перетину конуса і циліндра.