

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Ю. А. Ковальов, Д. А. Макадьора

ГРАФІЧНИЙ ІНЖИНІРИНГ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну для студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання освітнього ступеня «Бакалавр», які навчаються за спеціальностями: 015 Професійна освіта, 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 182 Технології легкої промисловості

К И Ї В 2 0 2 1

УДК [744+004.92] (075.8)
К 58

Рекомендовано Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну для студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання освітнього ступеня «Бакалавр», які навчаються за спеціальностями: 015 Професійна освіта, 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 182 Технології легкої промисловості
(протокол № 8 від 24 березня 2021)

Рецензенти:

Орловський Б. В. – д-р техн. наук, проф., професор кафедри прикладної механіки та машин КНУТД;

Щербань Ю. Ю. – д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник директора з навчально-методичної роботи Київського фахового коледжу прикладних наук;

Квасніков В. П. – д-р техн. наук, проф., заслужений метролог України, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету.

Ковальов Ю. А.

К 58 Графічний інжиніринг : навч. посіб. / Ю. А. Ковальов, Д. А. Макатьора.
Київ : КНУТД, 2021. 414 с.

ISBN 978-617-7506-77-4

Навчальний посібник складається з чотирьох розділів: „Нарисна геометрія”, „Інженерна графіка”, „Комп'ютерна графіка” та „Перспектива”. Він складений на базі типових програм: „Інженерна та комп'ютерна графіка” та „Перспектива” у відповідності з дисциплінами, що читаються в Київському національному університеті технологій та дизайну.

У посібнику наведено теоретичні основи, надані запитання та графічні задачі до кожної теми, дані методичні настанови до розв'язання задач, представлені приклади виконання типових задач за темами контрольних робіт та варіанти індивідуальних завдань.

Посібник розрахований для студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання.

УДК [744+004.92] (075.8)

ISBN 978-617-7506-77-4

© Ю. А. Ковальов, Д. А. Макатьора, 2021

© КНУТД, 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	10
ПРОГРАМА З НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ, ІНЖЕНЕРНОЇ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	13
РОЗДІЛ І НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ	16
МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ	18
ПРИЙНЯТІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	21
Завдання 1 Визначення положення та величин ребер багатогранника за їх проєкціями	23
Загальні положення по темі завдання.....	23
Запитання та завдання для самоконтролю.....	27
Умова завдання.....	28
Методичні настанови до виконання завдання.....	28
Варіанти до завдання.....	31
Завдання 2 Площина. Взаємно перпендикулярні та паралельні площини	33
Загальні положення по темі завдання.....	33
Запитання та завдання для самоконтролю.....	35
Умова завдання.....	37
Методичні настанови до виконання завдання.....	37
Варіанти до завдання.....	41
Завдання 3 Дослідження багатогранника із застосуванням способів перетворення проєкцій	42
Загальні положення по темі завдання.....	42
Запитання та завдання для самоконтролю.....	44
Умова завдання.....	45
Методичні настанови до виконання завдання.....	45
Варіанти до завдання.....	53
Завдання 4 Переріз багатогранника проєкціовальною площиною	55
Загальні положення по темі завдання.....	55
Запитання та завдання для самоконтролю.....	56
Умова завдання.....	56
Методичні настанови до виконання завдання.....	57
Варіанти до завдання.....	59

Завдання 5	Переріз багатогранника площиною загального положення та побудова натуральної величини перерізу.....	62
	Загальні положення по темі завдання.....	62
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	64
	Умова завдання.....	65
	Методичні настанови до виконання завдання.....	65
	Варіанти до завдання.....	68
Завдання 6.	Переріз тіла обертання проекціовальною площиною.	69
	Загальні положення по темі завдання.....	69
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	72
	Умова завдання.....	72
	Методичні настанови до виконання завдання.....	73
	Варіанти до завдання.....	75
Завдання 7	Переріз поверхні циліндра, конуса, кулі площиною загального положення	76
	Загальні положення по темі завдання.....	76
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	78
	Умова завдання.....	79
	Методичні настанови до виконання завдання.....	79
	Варіанти до завдання.....	82
Завдання 8	Перетин геометричних тіл прямою лінією та побудова розгортки.....	83
	Загальні положення по темі завдання.....	83
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	83
	Умова завдання.....	84
	Методичні настанови до виконання завдання.....	84
	Варіанти до завдання.....	88
Завдання 9	Взаємний перетин поверхонь багатогранників.....	89
	Загальні положення по темі завдання.....	89
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	90
	Умова завдання.....	90
	Методичні настанови до виконання завдання.....	90
	Варіанти до завдання.....	93
Завдання 10	Взаємний перетин кривих поверхонь.....	94
	Загальні положення по темі завдання.....	94
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	96
	Умова завдання.....	97
	Методичні настанови до виконання завдання.....	97
	Варіанти до завдання.....	99

Завдання 11	Утворення і зображення кривих поверхонь	100
	Загальні положення по темі завдання.....	100
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	105
	Умова завдання 11(1).....	106
	Методичні настанови до виконання завдання 11(1).....	106
	Варіанти опису кривої поверхні в завданні 11(1).....	109
	Варіанти до завдання 11(1).....	112
	Умова завдання 11(2).....	113
	Методичні настанови до виконання завдання 11(2).....	113
	Варіанти до завдання 11(2).....	116
РОЗДІЛ II	ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА	117
	МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ	
	ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ	117
Завдання 12	Основні правила оформлення креслеників	123
	Загальні положення по темі завдання.....	123
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	134
	Умова завдання.....	134
	Методичні настанови до виконання завдання.....	135
	Варіанти до завдання.....	135
Завдання 13	Побудова профілю кулачка	137
	Загальні положення по темі завдання.....	137
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	142
	Умова завдання.....	142
	Методичні настанови до виконання завдання.....	142
	Варіанти до завдання.....	144
Завдання 14	Побудова трьох видів за наочним зображенням	
	предмета	146
	Загальні положення по темі завдання.....	146
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	165
	Умова завдання.....	166
	Методичні настанови до виконання завдання.....	166
	Варіанти до завдання.....	168
Завдання 15	Побудова третього виду предмета за двома заданими	171
	Загальні положення по темі завдання.....	171
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	171
	Умова завдання.....	171
	Методичні настанови до виконання завдання.....	171
	Варіанти до завдання.....	173

Завдання 16	Побудова трьох зображень за двома заданими.	
	Побудова розрізів та перерізів	175
	Загальні положення по темі завдання.....	175
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	175
	Умова завдання.....	176
	Методичні настанови до виконання завдання.....	176
	Варіанти до завдання.....	179
Завдання 17	Побудова ліній „зрізу”	181
	Загальні положення по темі завдання.....	181
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	181
	Умова завдання.....	181
	Методичні настанови до виконання завдання.....	181
	Варіанти до завдання.....	183
Завдання 18	Зображення та позначення різьби, різьбових з’єднань, кріпильних деталей	185
	Загальні положення по темі завдання.....	185
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	195
	Умова завдання.....	195
	Методичні настанови до виконання завдання.....	195
	Варіанти до завдання.....	196
Завдання 19	Виконання ескізів, робочих креслеників	200
	Загальні положення по темі завдання.....	200
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	201
	Умова завдання.....	201
	Методичні настанови до виконання завдання.....	201
Завдання 20	Виконання складального кресленика виробу	209
	Загальні положення по темі завдання.....	209
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	210
	Умова завдання.....	211
	Методичні настанови до виконання завдання.....	211
Завдання 21	Деталювання складального кресленика	216
	Загальні положення по темі завдання.....	216
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	216
	Умова завдання.....	216
	Методичні настанови до виконання завдання.....	216
	«*»Додаткові завдання з проєкційного креслення	219
	Загальні положення по темі завдання.....	219
	Таблиця 2.16. Варіанти до першого кресленика.....	220
	Умова до другого кресленика.....	222
	Умова до третього кресленика.....	223
	Умова до четвертого кресленика.....	225

РОЗДІЛ ІІІ	КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА	231
	МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ.....	231
	Система „Компас-графік”	232
	Загальні положення.....	232
	Самостійна робота №1.....	233
	Самостійна робота №2.....	236
	Самостійна робота №3.....	238
	Самостійна робота №4.....	239
	Самостійна робота №5.....	240
Завдання 22	Робочий кресленик пластини та її 3D моделі	241
	Умова завдання.....	241
	Методичні настанови до виконання завдання.....	241
	Варіанти до завдання.....	247
Завдання 23	Виконання робочого кресленика деталі „Втулка” та її 3D моделі	249
	Умова завдання.....	249
	Методичні настанови до виконання завдання.....	249
	Варіанти до завдання.....	258
Завдання 24	Виконання кресленика та просторової моделі деталі „Основа”	260
	Умова завдання.....	260
	Методичні настанови до виконання завдання.....	260
	Варіанти до завдання.....	265
	Система Autocad	267
	Загальні положення по темі завдання.....	267
	Основи роботи з графічним редактором Autocad.....	267
Завдання 25	Виконання робочого кресленика пластини та її 3D (просторової) моделі	289
	Умова завдання.....	289
	Варіанти до завдання.....	290
Завдання 26	Виконання робочого кресленика деталі „Втулка” та її 3D моделі	291
	Умова завдання.....	291
	Варіанти до завдання.....	291
Завдання 27	Виконання кресленика та просторової моделі деталі „Основа”	293
	Умова завдання.....	293
	Варіанти до завдання.....	294

РОЗДІЛ ІУ	ПЕРСПЕКТИВА.....	300
	МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ	
	ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ.....	301
Завдання 28	Побудова перспективи плоскої фігури.....	303
	Загальні положення по темі завдання.....	303
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	337
	Умова завдання.....	337
	Методичні настанови до виконання завдання.....	337
	Варіанти до завдання.....	340
Завдання 29	Побудова перспективи плоскої фігури методом сітки..	341
	Умова завдання.....	341
	Методичні настанови до виконання завдання.....	341
Завдання 30	Побудова перспективи об'ємної композиції.....	343
	Загальні положення по темі завдання.....	343
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	341
	Умова завдання.....	341
	Методичні настанови до виконання завдання.....	342
	Варіанти до завдання.....	355
Завдання 31	Побудова перспективи аркади.....	356
	Загальні положення по темі завдання.....	356
	Умова завдання.....	358
	Методичні настанови до виконання завдання.....	358
Завдання 32	Побудова фронтальної перспективи інтер'єру.....	360
	Загальні положення по темі завдання.....	360
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	367
	Умова завдання.....	367
	Методичні настанови до виконання завдання.....	367
	Варіанти до завдання.....	371
Завдання 33	Побудова тіні від геометричної фігури на складну	
	поверхню.....	379
	Загальні положення по темі завдання.....	379
	Запитання та завдання для самоконтролю.....	394
	Умова завдання.....	395
	Методичні настанови до виконання завдання.....	395

Завдання 34 Побудова тіні в інтер'єрі при штучному (точковому) освітленні	397
Загальні положення по темі завдання.....	397
Запитання та завдання для самоконтролю.....	403
Умова завдання.....	403
Методичні настанови до виконання завдання.....	403
Варіанти до завдання.....	405
Перелік використаної літератури	406
Предметний покажчик	408

ПЕРЕДМОВА

В науці, техніці і мистецтві користуються зображеннями у вигляді креслень (креслеників), ескізів, рисунків, фотознімків. Найбільше значення для науки і техніки, мають креслення (кресленики), які є зручним та незамінним засобом збереження геометричної інформації.

В технічних вищих навчальних закладах *нарисну геометрію* розглядають як граматику креслення. Цю граматику повинен добре знати кожен інженер – технічний фахівець. Крім того, прикладна геометрія розвиває здібності конструкторського мислення, кращого розуміння питань проектування, технології, розрахунку, економіки, експлуатації тощо.

Нарисна геометрія є одним з розділів геометрії, в якому просторові форми, з їх геометричними закономірностями, вивчають по їх зображеннях на площині.

Ціллю нарисної геометрії є розробка методів відображення просторових форм предметів та розкриття їх геометричних властивостей за допомогою плоских зображень.

З практичних задач, які вирішуються нарисною геометрією, можна виділити дві групи.

До першої групи відносять задачі, в яких шляхом побудови проводять низку ґрунтовних досліджень різних заданих геометричних фігур. Задачі цієї групи вирішують шляхом використання циліндричного проєкціювання (ортогонального і, як допоміжного, косокутного).

До другої групи відносять задачі, в яких розглядаються питання, пов'язані з зображенням геометричних фігур, які задовольняють певним умовам. Це такі задачі, як створення реалістичного зображення предметів, художніх картин, моделей, композиційних рішень тощо. В цьому випадку використовують як циліндричне, так і конічне проєкціювання. Заданий образ має бути попередньо опрацьований в ортогональних проєкціях, а далі на цій основі може бути побудована його перспектива. Отже зображення та вивчення геометричних форм в ортогональних проєкціях є базою нарисної геометрії.

Побудовані зображення дають можливість сприймати не тільки реалістичні, а і уявні об'єкти, одержати певні враження відтвореного зовнішнього світу через органи відчуття людини і зберегти їх в пам'яті. Такий запас вражень є багатим матеріалом для творчих процесів мислення людини.

Зображення предмета з відносними параметрами та положеннями окремих його елементів виконане від руки на око називають *рисунком*.

Зображення предмета побудовані по особливим правилам за допомогою креслярських інструментів в точній залежності від дійсних розмірів (тобто у відповідному масштабі) та положення в просторі відповідних ліній предмета називають *креслеником*.

Кресленик є більш точним ніж рисунок виразником наших уявлень про будь-який предмет. Воно відображає геометричні властивості зображеного об'єкта.

Кресленики є важливим засобом вираження людських ідей. Вони повинні не тільки визначати форму та розміри предметів (бути оборотними), але і представляти їх в натурі, бути достатньо простими і точними в графічному виконанні.

У відповідності з вивченням проєкціювальних систем, навчальний посібник розділений на чотири частини.

Перша частина „Нарисна геометрія” присвячена розробці методів відображення просторових форм предметів та розкриттю їх геометричних властивостей за допомогою плоских зображень .

Перша частина є основою для вивчення наступних частин, оскільки в ній, окрім специфічного матеріалу, подані загальні поняття, не залежні від проєкційної системи і визначаючої нею моделі простору. До них відносяться: властивості геометричної моделі; перетворення первинної моделі у вторинну і можливі при цьому зв'язки між ними; методи допоміжних січних поверхонь; закони утворення і геометрія граней поверхонь, кривих ліній і кривих поверхонь.

У другому розділі, „Технічне креслення”, наведені основні правила виконання креслеників у відповідності як до стандартів СКД та і до стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД), способи виконання геометричних побудов, способи отримання та виконання зображень (виглядів, розрізів, переріз тощо), правила нанесення розмірів. Далі докладно розглянуті найбільш поширені способи з'єднання деталей, правила виконання ескізів, робочих креслеників деталей (а також типових – валів, шестерень) та складальні кресленики виробів. Правила нанесення розмірів на ескізах та креслениках розглянуті з урахуванням технології виготовлення і особливостей конструкції виробу. Розглянуті також основні конструктивні елементи деталей. Посібник супроводжується необхідною довідковою інформацією, яка необхідна для виконання графічних робіт.

В цьому розділі є завдання, яке присвячене вивченню плоских моделей простору; отриманих аксонометричним проєкціюванням в паралельних проєкціях та аксонометричних та їх практичному використанні.

Третій розділ „Комп'ютерна графіка” наведені методичні настанови до виконання завдань розділу та варіанти завдань.

В четвертій частині „Перспектива” розглядається застосування основ теорії центрального проєкціювання до побудови наочних зображень. Розглядаються основи теоретичного положення лінійної перспективи, її геометрія і деякі методи побудови. В цій частині розглянуті питання побудови тіней в перспективі, як метода підсилення наочності перспективних зображень.

Навчальний посібник розрахований на активну роботу студента в режимі виконання розрахунково-графічних робіт та самопідготовки до екзамену (заліку) з нарисної геометрії.

Кожну лекцію треба опрацьовувати. Опрацювання полягає не тільки у вивченні теоретичного матеріалу. Але і виконанні графічних задач, які є

ілюстрацією до теми лекції. Умова задачі може бути така сама, а може бути іншою.

Кожна лекція конспекту завершується „Запитаннями та завданнями для самоконтролю”. На кожне запитання треба відповісти. А завдання графічно розв’язати на окремому аркуші. Все це допоможе краще вивчити дану тему та засвоїти практичні навички виконання графічних задач.

Для зручності користування додатковою літературою, в кінці кожної лекції є розділ „Література по темі лекції”.

Конспект лекцій призначений для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх напрямів підготовки факультетів Дизайну, Індустрії моди, Мехатроніки та комп’ютерних, Інституту інженерії та інформаційних технологій Київського національного університету технологій та дизайну.

По закінченню вивчення курсу нарисної геометрії студент *повинен знати*;

- проєкційний метод побудови зображень геометричних фігур;
- позиційні і метричні властивості проєкцій пар елементарних геометричних фігур;
- класифікацію і алгоритми рішення позиційних задач;
- сутність способів рішення позиційних задач за допомогою: допоміжних проєкціювальних площин; допоміжних січних концентричних та ексцентричних сфер; допоміжного косокутного проєкціювання (паралельного та центрального);
- класифікацію і алгоритми рішення метричних задач;
- сутність способів перетворення комплексного креслення: введення нових площин проєкцій; плоско паралельне переміщення; обернення навколо висей, які перпендикулярні або паралельні одній із площин проєкцій;
- принципи побудови перетину поверхонь площиною та прямою;
- принципи побудови ліній взаємного перетину поверхонь;
- принципи побудови розгортки поверхонь;
- теоретичні основи та правила побудови стандартних аксонометричних проєкцій.

Студент повинен *вміти*:

- будувати зображення основних геометричних фігур в ортогональних і аксонометричних проєкціях;
- уявляти форму і положення геометричних фігур в просторі по заданим проєкційним зображенням;
- будувати зображення об’єкта, його характерні точки, по декартовими координатах;
- виконувати побудову лінії перетину граней та кривих поверхонь площиною, а також лінії перетину поверхонь між собою;
- будувати проєкції точок перетину прямої з багатогранниками та кривими поверхнями;
- розв’язувати позиційні задачі різними способами;
- розв’язувати метричні задачі без перетворення комплексного креслення, а також, використовуючи способи перетворення комплексного креслення;
- будувати розгортки многогранних та кривих поверхонь;
- розв’язувати практичні задачі пов’язані з фахом.

ПРОГРАМА З НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ, ТЕХНІЧНОГО КРЕСЛЕННЯ, КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Розділ I

НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

Вступ

Предмет нарисної геометрії. Суть метода проєкціювання. Центральне та паралельне проєкціювання на площину.

ОРТОГОНАЛЬНІ ПРОЕКЦІЇ

Точка. Проекції точки на площинах проєкцій. Ортогональні проєкції точки і система прямокутних (декартових) координат.

Проекції прямої лінії при її різних положеннях відносно площин проєкцій. Точка і пряма. Основні метричні задачі: поділ відрізка в заданому відношенні, визначення його довжини та кутів нахилу до площин проєкцій. Сліди прямої лінії.

Взаємне положення двох прямих. Теорема про проєкціювання прямого кута.

Площина. Визначення площини. Сліди площини. Положення площини відносно площин проєкцій.

Пряма, точка в площині. Лінії рівня площини: горизонталі, фронталі. Лінії нахилу площини.

Взаємне положення прямої та площини. Взаємне положення двох площин. Умови видимості геометричних елементів.

Способи перетворення проєкцій. Спосіб заміни площин проєкцій. Спосіб плоско-паралельного переміщення. Спосіб обертання навколо вісі, перпендикулярної площині проєкцій; навколо вісі, паралельної площині проєкцій; «*» навколо вісі, яка лежить в площині проєкцій (суміщення). «*» Спосіб допоміжного косокутного проєкціювання.

Використання способів перетворення проєкцій при розв'язанні позиційних та метричних задач.

«*» Криві лінії та поверхні. Плоскі та просторові криві лінії.

Формоутворення поверхонь. Кінематичні поверхні. Поверхні лінійчаті: загального виду, з площиною паралелізму, з ребром звороту (торси), конічні, циліндричні. Гранні поверхні. «*» Поверхні з криволінійною твірною: гвинтові, циклічні, обертання. «*» Поверхні утворені каркасом. Перетин площини з поверхнею. Перетин прямої з поверхнею. «*» Взаємний перетин поверхонь. «*» Прямі та площини дотичні до поверхонь.

Розгортка поверхонь. Розгортка кривої лінії. Способи точної та наближеної розгортки поверхонь (апроксимація).

Примітка: Теми з позначкою «*» призначені для поглибленого вивчення курсу.

Розділ II

ТЕХНІЧНЕ КРЕСЛЕННЯ

Єдина система конструкторської документації (ЄСКД). Стандарти ЄСКД. Види виробів і конструкторських документів.

Основні правила оформлення креслеників. Основний напис. Формати. Лінії. Шрифти креслярські. Правила нанесення розмірів та граничних відхилень. Геометричне креслення. Спряження. Проекційне креслення. Зображення: види, розрізи та перерізи. Виносний елемент. Побудова похилого перерізу геометричного тіла. Умовності та спрощення.

Аксонетричні проєкції. Основні визначення та поняття. Прямокутні та косокутні аксонетричні проєкції. Показники (коефіцієнти) спотворення по аксонетричним осям. Трикутник слідів та його властивості в прямокутній аксонетрії.

Рознімні та не рознімні з'єднання. Різьби. Зображення та позначення різьби. Рознімні з'єднання: різьбові (болтом, гвинтом, шпилькою, трубні з'єднання), шпонкові, шліцьові. Не рознімні з'єднання: зварні, заклепкові, з'єднання паянням, склеювання, зшиванням.

Ескізи та кресленики деталей загального машинобудування. Послідовність виконання ескізу деталі з натури. Обмір деталей, нанесення розмірів. Нанесення граничних відхилень. Позначення шорсткості поверхонь. Позначення матеріалу. Технічні вимоги. Написи.

Складальні кресленики та кресленики загального вигляду. Правила виконання. Умовності при виконанні. Нанесення розмірів і позицій. Технічні вимоги та характеристики. Специфікація.

Читання складальних креслеників. Деталювання складальних креслеників або креслеників загального виду.

Розділ III

КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Системи координат та їх перетворення. Геометричне моделювання на площині та у просторі. Перетворення плоских зображень. Конструювання ліній і поверхонь. Розв'язування геометричних задач, пов'язаних зі спеціалізацією.

Технічне забезпечення комп'ютерної графіки. Основи графічного подання інформації. Програмне забезпечення комп'ютерної графіки. Алгоритм формування креслеників в інтерактивному режимі. Структура й можливості одного із поширених графічних пакетів. Виконання графічних побудов і створення технічних креслеників з допомогою персонального комп'ютера.

Розділ ІУ

«*» ПЕРСПЕКТИВА

«*» Теми цього розділу призначені для поглибленого вивчення курсу

Перспектива: лінійна, панорамна, купольна, театральна. Види лінійної перспективи. Метод проєкцій. Паралельні та центральні проєкції. Геометричні основи лінійної перспективи. Елементи лінійної перспективи, її апарат. Основні поняття та позначення (визначення). Перспектива точки. Дистанційні точки. Перспектива прямої лінії: горизонтальної, вертикальної, загального положення.

Перспектива площини: горизонтальної, вертикальної, загального положення. Перспективні масштаби: висоти, глибини, ширини. Перспектива паркетної площини.

Вибір точки зору та композиція картини. Аналіз вибору точки зору. Кути зору. Послідовність операцій при виборі точки зору. Методи побудови перспектив: „архітекторів”, радіальний, прямокутних координат та перспективної сітки. Побудова перспективи з двома точками сходу. Перспектива з однією точкою сходу. Перспектива об’ємної форми.

Перспектива кола: в горизонтальній, вертикальній, фронтальній площинах. Перспектива тіл обертання.

Перспектива арки (арочного проходу, аркади).

Фронтальна та кутова перспектива. Точка зору при побудові перспективи інтер’єру. Побудова перспективи інтер’єру (демонстраційного залу з подіумом, окремих технічних та художніх виробів).

Тіні в перспективі. Побудова падаючих та власних тіней: при паралельних променях світла та при точковому джерелі освітлення. Побудова тіней на окремих формах.

Тіні в інтер’єрі.

Розділ I

НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ

Нарисна геометрія досліджує просторові форми за їх зображеннями на площині. Зображеннями просторових форм користуються представники різних спеціальностей.

Нарисна геометрія є одним з розділів геометрії, в якому просторові форми, з їх геометричними закономірностями, вивчають по їх зображеннях на площині.

Ціллю нарисної геометрії є розробка методів відображення просторових форм предметів та розкриття їх геометричних властивостей за допомогою плоских зображень.

Нарисна геометрія вивчає:

- а) задачі побудови на площині просторових форм;
- б) способи рішення на площині задач, які відносять до просторових форм.

Нарисна геометрія є однією з головних дисциплін в підготовці кваліфікованого інженера.

Питання, що розглядаються в цьому курсі, мають два напрями: зображувальний, який вивчає правила та способи утворення проєкційних зображень просторових форм, та теоретичний, що має на меті основу для розв'язання та дослідження просторових задач за їх зображеннями.

Методичні рекомендації написані відповідно до програми курсу. Вивчення курсу починається з розгляду геометричних елементів: точки, прямої та площини. Вправи на ці теми виконують із залученням геометричних фігур, що полегшує сприйняття матеріалу.

Розгляд метричних задач починається з найпростіших перетворень в одну дію, далі використовують перетворення в дві, три і більше дій. Поряд з традиційними способами перетворення використовується допоміжне косокутне проєкціювання.

Починаючи вивчати нарисну геометрію, слід повторити розділи стереометрії, які стосуються властивостей геометричних тіл.

Нарисна геометрія має свої певні теоретичні обґрунтування. Тільки систематичне і глибоке вивчення цього курсу сприяє розвитку просторового мислення, вмінню уявити просторові форми предметів за їх зображеннями, виконувати кресленики об'єктів, що проєкціюються.

Відповідно до спеціальності, по якій навчається студент, пропонується виконати завдання по темам з нарисної геометрії, яка наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Тематика завдань відповідно спеціальностям

Спеціальності та групи	Завдання											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Факультет МКТ: 131 Прикладна механіка; 133 Галузеве машинобудування	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
ННІТТ: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
Факультети Д та ІМ: 015 Професійна освіта (015.36 Технологія легкої промисловості); 182 Технології легкої промисловості	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+

Примітка: Теми з позначкою «*» призначені для поглибленого вивчення курсу.

МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ

Контрольні роботи з нарисної геометрії, інженерної графіки та перспективи являють собою епюри (кресленики), які виконують по мірі послідовного проходження курсу. Завдання на контрольні роботи індивідуальні, розроблені по варіантах.

Кожне завдання складається з розділів:

- Загальні положення по темі завдання;
- Запитання та завдання для самоконтролю;
- Умова завдання;
- Методичні настанови по виконанню завдання;
- Варіанти до завдання.

В „Загальних положеннях по темі завдання” наведені основні теоретичні положення, які дозволять визначитися студенту з напрямом по вивченню основної літератури.

Після опрацювання теми завдання за допомогою посібника та рекомендованої літератури, студенту пропонується відповісти на запитання та розв’язати графічні задачі, які представлені в розділі „ Запитання та завдання для самоконтролю”.

Маючи достатні теоретичні знання, які закріплені практичними задачами, студент переходить до виконання чергового завдання контрольної роботи, умова якої представлена в розділі „Умова завдання”.

В розділі „Методичні настанови по виконанню завдання” на конкретній умові пояснюється послідовність виконання завдання. Це приклад ілюструється графічно на відповідному малюнку (епюрі).

Кожне завдання закінчується таблицею „Варіанти до завдання”. Номер варіанта студентам надає викладач.

При оформленні завдань слід додержуватись таких вимог:

1. Завдання виконують на аркушах паперу для креслення стандартного формату А4 (297x210), або А3 (297x420). Всі розміри надані в міліметрах (усі розміри в техніці визначаються в міліметрах).

2 Умову завдань 1 та 2 викреслюють за координатами точок. В решті завдань умови перекреслюють за варіантами із збільшенням у 3-4 рази так, щоб кресленик (умова та рішення) рівномірно заповнював формат. Крім того, викреслюючи умову, треба враховувати напрям, в якому буде виконуватися побудова.

3. Написи виконують стандартним шрифтом розміром 5 або 7 типу *B* (ГОСТ 2.304-81).

4. Для побудов використовують *інструменти* для креслення (лінійки, рейсшини, циркулі тощо) та *олівці*: з твердим грифелем (марки ТМ або НВ) для проведення тонких ліній та наведення кресленика та з м’яким грифелем (марки М-2М або В-2В) для виконання написів. Товщина ліній (мм) кресленика повинна становити (ГОСТ 2.303-68): лінія суцільна товста основна (лінії видимого контуру) – 0,8...1,4; лінія штрихова (лінії невидимого контуру)

0,4...0,7; лінії виносні, розмірні, осьові – 0,3...0,4; лінії горизонтального та вертикального сполучення та допоміжні лінії побудови – 0,2...0,3.

5. Проекції точок позначають кружками діаметром 1...2 мм.

6. Послідовність дій у графічній роботі має бути зазначена стрілками на відповідних лініях. Стрілками позначають напрям проєкціювання. Також повинна бути відображена видимість геометричних елементів.

Графічні роботи та титульний лист з нарисної геометрії виконують на аркушах паперу для креслення формату А4, дотримуючись таких рекомендацій:

- рамку виконують суцільною товстою основною лінією, відступивши з лівого боку 20 мм, з правого боку, знизу та зверху – 5 мм;
- у лівому верхньому куті записують номер завдання та його тему без скорочень (рис. 1.1);

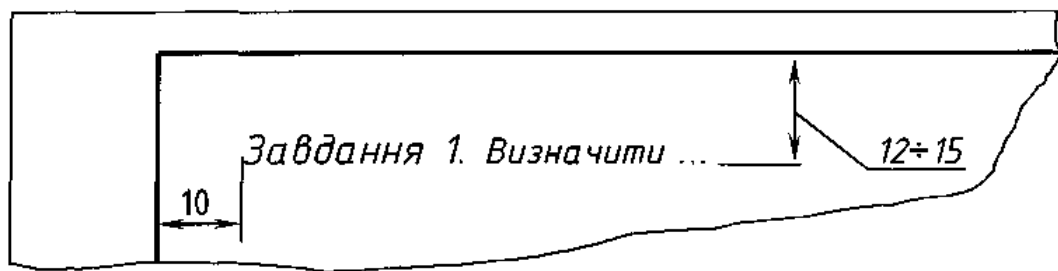


Рис. 1.1

• у правому верхньому куті виконують таблицю з координатами точок (рис. 1.2);

• у правому нижньому куті зазначається номер варіанту, академічна група, прізвище студента в називному відмінку (рис. 1.3).

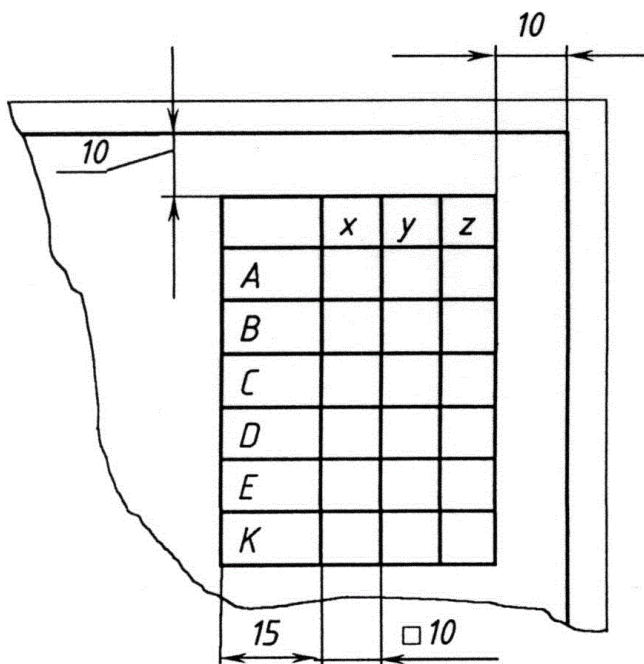


Рис. 1.2

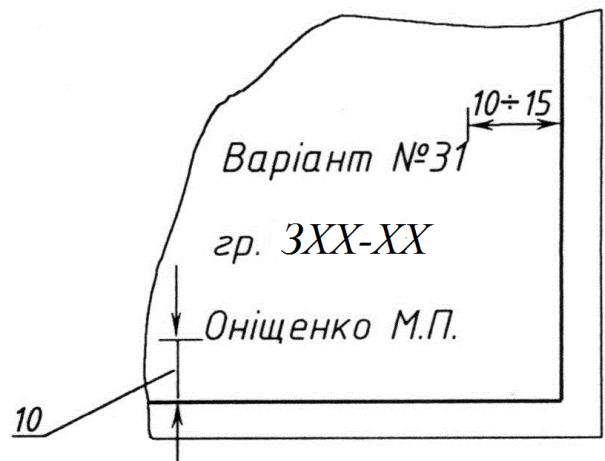


Рис. 1.3

Графічні роботи з нарисної геометрії, технічного креслення та комп'ютерної графіки виконують на аркушах паперу для креслення формату А4 або А3, дотримуючись рекомендацій які наведені в відповідному розділі.

Усі графічні роботи, з першого завдання по останнє, за номерами, з'єднуються в один альбом. Альбом графічних робіт оформляється титульним аркушем. На титульному аркуші виконується напис „Графічні роботи з інженерної та комп'ютерної графіки”.

На прикладі оформлення титульного аркуша (рис. 1.4), номери шрифтів зазначені для кожного напису Штрихпунктирні лінії, які показані на прикладі, є вісями симетрії для компоновки написів. Після завершення роботи вони видаляються.

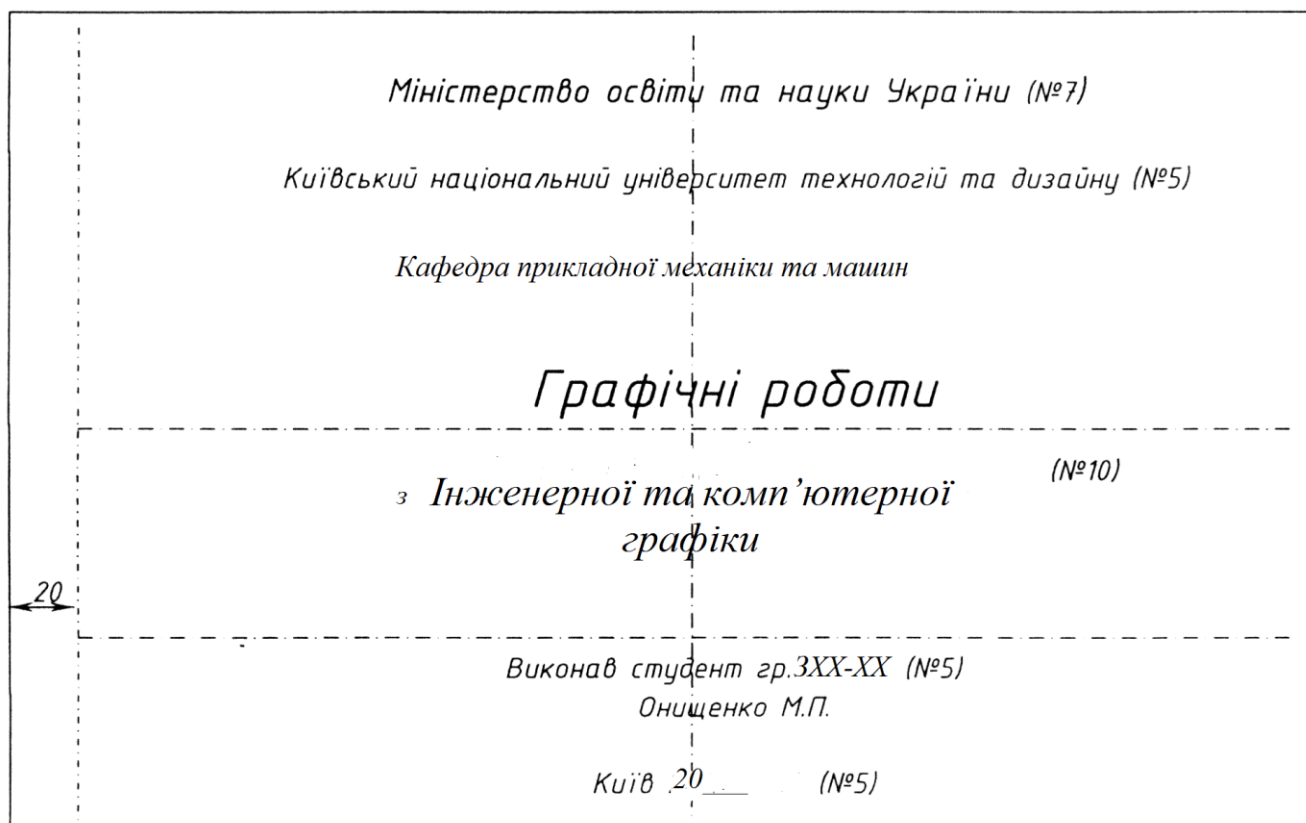


Рис. 1.4. Приклад оформлення титульного аркуша

Титульний аркуш і графічні роботи, підшивають в один альбом, який студент особисто, у визначений термін, здає викладачу. Викладач підписує альбом після захисту всіх робіт студентом.

Без підписаного викладачем альбому графічних робіт студент до екзамену або заліку не допускається.

ПРИЙНЯТІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

P_1, P_2, P_3 – головні площини проєкцій: горизонтальна, фронтальна і профільна

P_4, P_5, \dots – додаткові площини проєкцій

K – бісекторна площина четвертої та другої чвертей (квадрантів) простору

P' – площина проєкцій при побудові аксонометричних зображень

x, y, z – координати вісі: абсцис, ординат, аплікват

x_{12} – вісь проєкцій – перетин горизонтальної та фронтальної площин проєкцій

z_{23} – вісь проєкцій – перетин фронтальної та профільної площин проєкцій

y_1 – вісь проєкцій, яка належить горизонтальній площині проєкцій

x', y', z' – аксонометричні вісі

x_{14} – нова вісь проєкцій при перетворенні кресленника – заміна площини проєкцій P_2 на площину P_4

O – початок ортогональних координат

O' – початок аксонометричних координат

A, B, C, D, \dots – позначення точок в просторі – великі літери латинської абетки

$1, 2, 3, \dots$ – арабські цифри

I, II, III, IV, \dots – римські цифри

a, b, c, d, \dots – лінії в просторі (малі літери латинської абетки)

h – горизонтальна пряма

f – фронтальна пряма

p – профільна пряма

α, β, γ – кути

$\Gamma, \Delta, \Theta, I, A, E, \Sigma$ – площини, поверхні – великі літери грецької абетки

H – горизонтальний слід прямої

F – фронтальний слід прямої

h^o – горизонтальний слід площини

f^o – фронтальний слід площини

Проекції геометричних образів позначаються тими ж літерами (або цифрами) з показом індексу:

A_1, B_1, C_1, \dots – горизонтальні проєкції точок

A_2, B_2, C_2, \dots – фронтальні проєкції точок

A_3, B_3, C_3, \dots – профільні проєкції точок

$A_4, A_5, B_4, B_5, \dots$ – проєкції точок на додаткових площинах проєкцій

a_1, b_1, c_1, \dots – горизонтальні проєкції ліній

a_2, b_2, c_2, \dots – фронтальні проєкції ліній

Σ_1, Δ_1 – горизонтальні проєкції площин, поверхонь

$\Sigma_2, \Delta_2, \dots$ – фронтальні проєкції площин, поверхонь

$A'_1, A'_2, \dots, a'_1, a'_2, \dots$ – вторинні проєкції об'єктів проєкціювання

$\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ – проєкції точок після перетворення кресленика обертанням або суміщенням

Σ_1, Σ_2 – горизонтальний або фронтальний сліди площини

Позначення головних операцій

// – знак паралельності

– знак не паралельності

\perp – знак перпендикулярності

\cap – знак перетину

\equiv – знак збігання двох геометричних образів або їх проєкцій

\in – знак належності. Наприклад: $A \in \Theta$ – точка A належить площині Θ .

$A \in l$ – точка A належить лінії l

\sphericalangle – плоскі або двогранні кути. Прямий кут позначають дугою з точкою в середині цього сектора – \sphericalangle .

Завдання 1. Визначення положення та величин ребер багатогранника за їх проекціями

Загальні положення по темі завдання 1

Проекція точки

Проекція точки є *точка*. Довільна точка простору при двох напрямках проєкціювання в системі прямокутних проєкцій зображується парою точок.

Розглянемо деяку точку A в просторі і взаємно перпендикулярні площини проєкцій Π_1 і Π_2 . Одна з них, яка позначена літерою Π_1 розташована горизонтально; друга, яка позначена літерою Π_2 , вертикально. Площину проєкцій Π_1 називають *горизонтальною площиною проєкцій*, а площину Π_2 – *фронтальною*.

Лінія перетину площин називається *віссю проєкцій*. Вісь проєкцій поділяє кожную з площин Π_1 та Π_2 на півплощини. Для цієї вісі прийняте позначення x_{12} .

Через точку A проведені проєкціювальні промені S_1 і S_2 : промінь S_1 перпендикулярний до площини проєкцій Π_1 , а промінь S_2 – перпендикулярний до Π_2 . Промені в перетині з площинами проєкцій визначають проєкції точки A на відповідних площинах проєкцій – точки A_1 та A_2 .

Для побудови проєкції точки на одній площині, яка суміщена з площиною кресленика, слід сумістити горизонтальну площину проєкцій Π_1 з площиною проєкцій Π_2 шляхом обертання навколо їх лінії перетину – вісі проєкцій x_{12} (рис. 1.5, а).

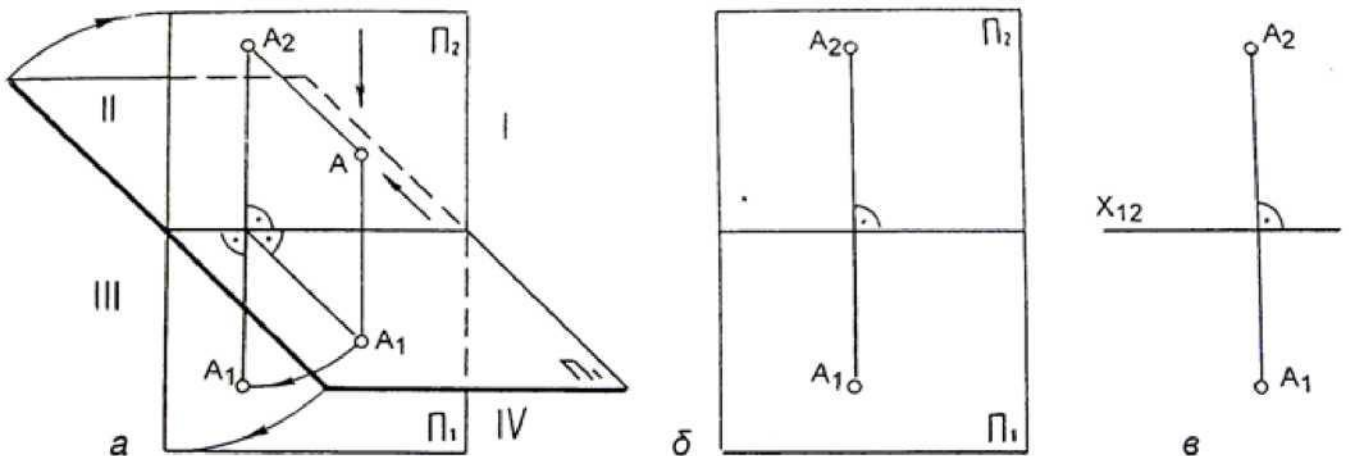


Рис. 1.5

Пряма (рис. 1.5, б, в), яка з'єднує проєкції A_1 та A_2 – називається *лінією проєкціювального зв'язку*, або просто *лінією зв'язку*. Усі лінії зв'язку перпендикулярні до вісі проєкцій x_{12} , а між собою вони паралельні.

Кресленик (малюнок), який складається з двох або більше взаємно зв'язаних ортогональних проєкцій називають *комплексними* або *епюром Монжа*.

Проекція прямої

Пряма – це лінія, яка утворюється при переміщенні точки, яка не змінює свій напрям. Прямі в просторі займають різні положення відносно площин проєкцій.

Пряма в просторі паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 (*горизонтальна пряма*), тоді фронтальна проєкція прямої A_2B_2 (рис.1.6, а) паралельна вісі проєкцій x_{12} , а горизонтальна проєкція A_1B_1 є натуральною або дійсною величиною прямої ($НВ$) та утворює з віссю x_{12} кут, який є $НВ$ кута нахилу прямої до фронтальної площини проєкцій (кут β).

Прямі фронтальні та профільні володіють тими ж властивостями, що і горизонтальні, але відповідно до фронтальної (рис. 1.6, б) та профільної (рис. 1.6, в) площин проєкцій.

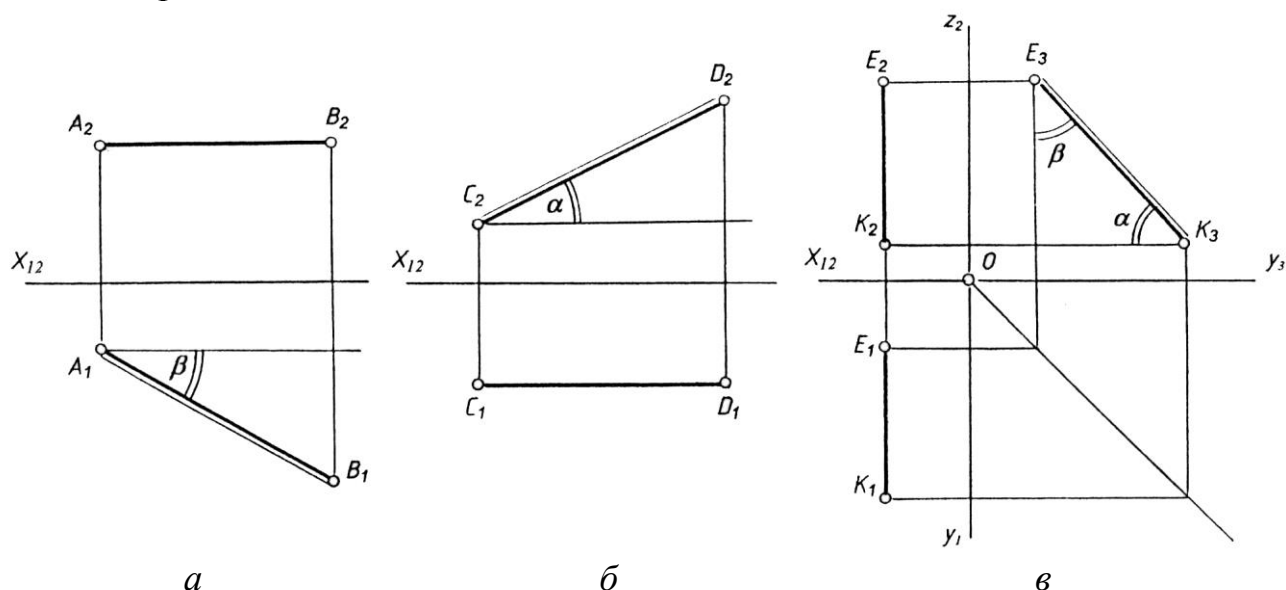


Рис. 1.6

Якщо пряма в просторі перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій (*горизонтально проєкціювальна*), тоді горизонтальна проєкція прямої (рис.1.7, а) є точка, а фронтальна проєкція прямої перпендикулярна до вісі проєкцій і є $НВ$ прямої. *Фронтально проєкціювальна* та *профільно проєкціювальна* прямі і властивості їх проєкцій наведені відповідно на рис. 1.7, б, в. Пряма, яка не паралельна і не перпендикулярна площинам проєкцій, є *прямою загального положення*. У цьому випадку всі проєкції такої прямої не паралельні і не перпендикулярні до вісі проєкцій (рис. 1.8).

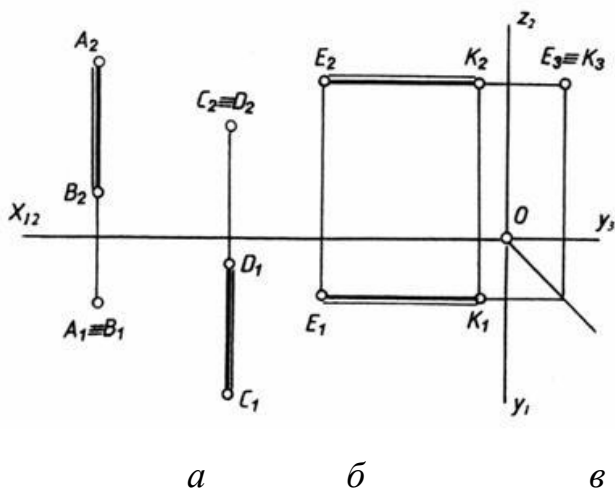


Рис. 1.7

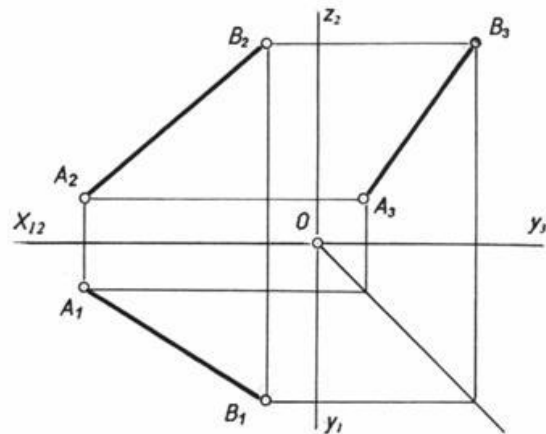


Рис. 1.8

Натуральна величина відрізка

Для визначення натуральної величини ребер загального положення та кутів нахилу його до площин проєкцій застосовують *спосіб прямокутного трикутника*.

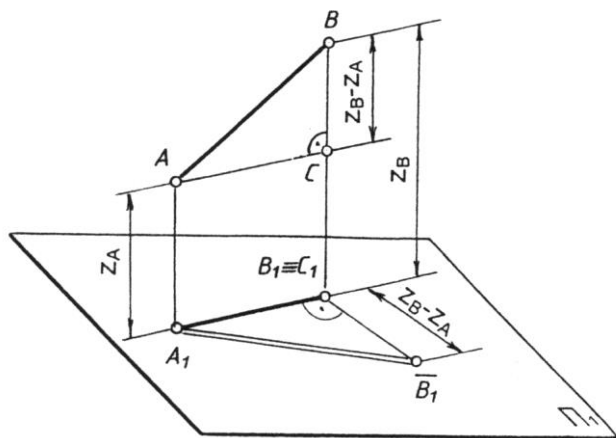


Рис. 1.9

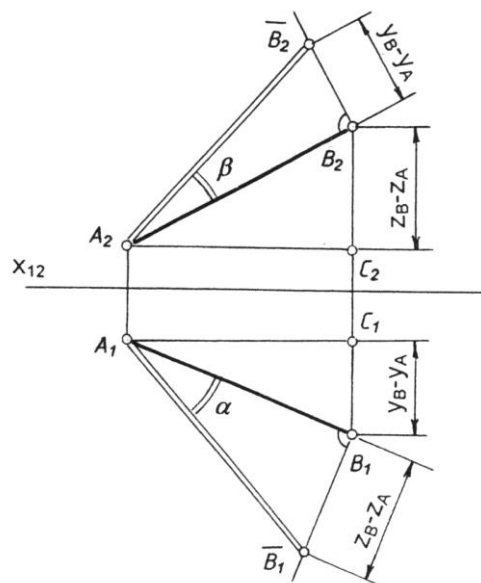


Рис. 1.10

На рис. 1.9 представлений вказаний спосіб, який полягає в тому, що будується прямокутний трикутник $A_1B_1\bar{B}_1$, один катет A_1B_1 якого є проєкція ребра, другий катет $B_1\bar{B}_1$ є різницею координат іншої проєкції цього ребра. Тоді гіпотенуза $A_1\bar{B}_1$ – натуральна величина цього ребра, а кут між проєкцією A_1B_1 та гіпотенузою $A_1\bar{B}_1$ дорівнює $\angle NB$ куту нахилу ребра до відповідної площини проєкцій. Щоб визначити кути нахилу ребра до горизонтальної та фронтальної площин проєкцій, будують прямокутні трикутники на обох проєкціях. На рис. 1.10 виконана побудова $\angle NB$ прямої AB та кутів α і β нахилу її до площин проєкцій Π_1, Π_2 .

Сліди прямої

Точка перетину прямої з площиною проєкцій називають *слідом прямої*, і ця точка (слід) одночасно належить і прямій і площині проєкцій (рис. 1.11, а – точки H, F). Так як слід належить площині проєкцій, тому одна проєкція сліду (H_2, F_1) є точкою перетину проєкцій прямої з віссю x_{12} , а інша проєкція сліду H_1, F_2 будується як точка, що належить цій прямій. На рис. 1.11, б наведено приклад побудови проєкцій сліду H та F для прямої AB , на рис. 1.11, в прямої CD .

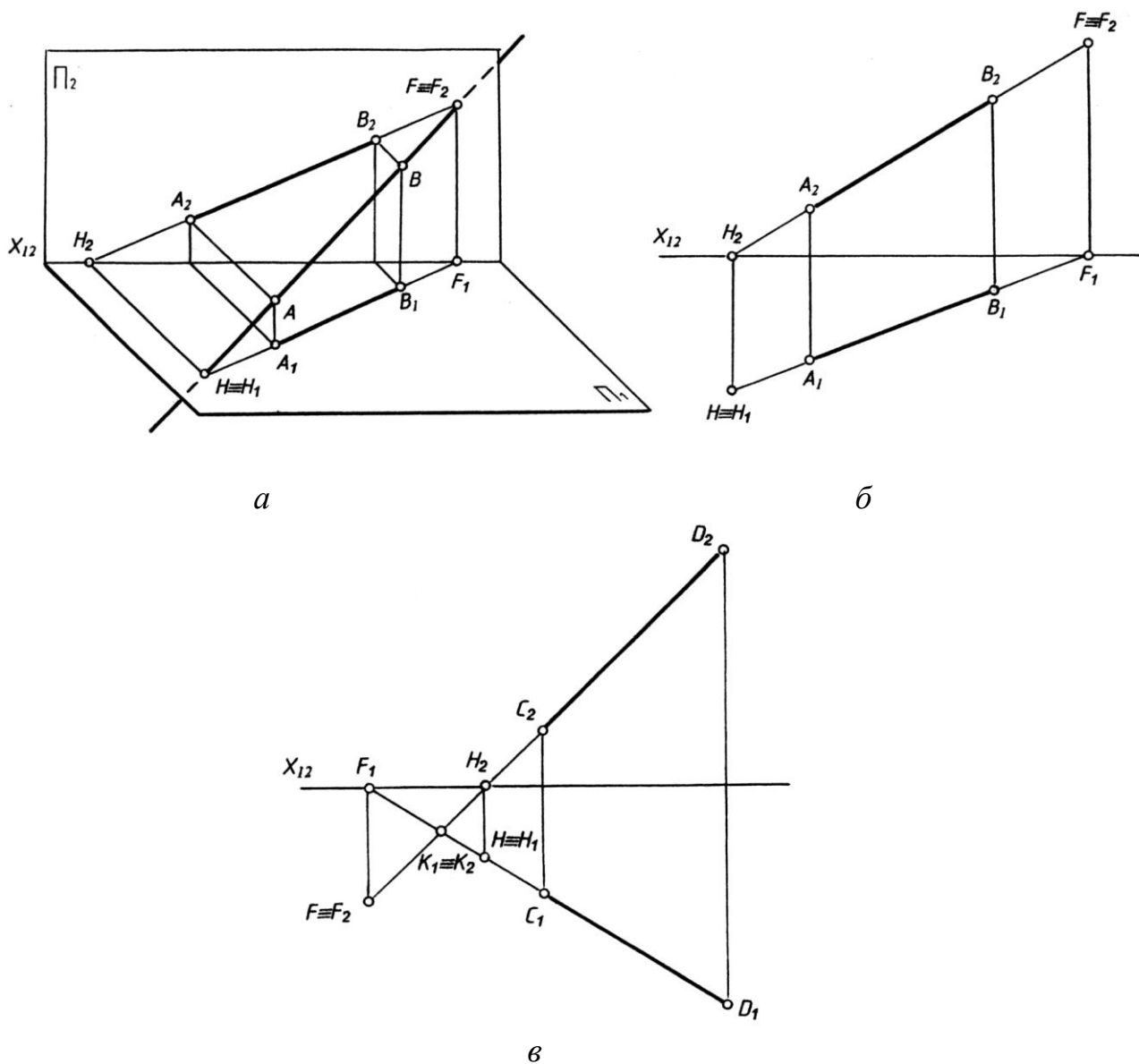
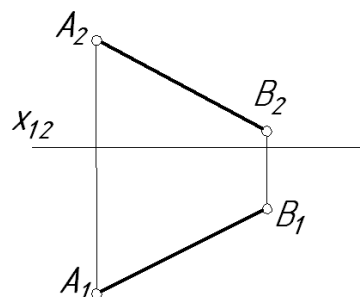


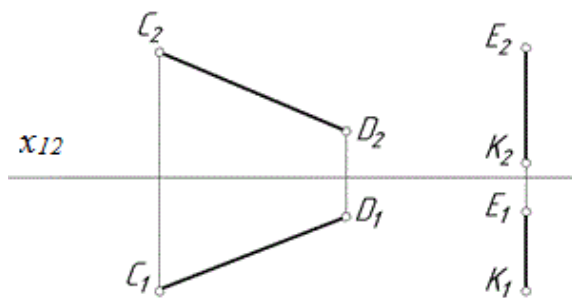
Рис. 1.11

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які є методи проєкціювання?
2. Який основний метод проєкціювання в нарисній геометрії?
3. Що таке „система Π_1, Π_2 ” і як зветься площини проєкцій Π_1 та Π_2 ?
4. Який елемент кресленника зветься віссю проєкцій?
5. Як отримати кресленик в системі Π_1, Π_2 ?
6. Як зображуються в проєкціях прямі особливого і загального положення?
7. Які прямі зображуються в натуральну величину на площинах проєкцій?
8. Коли кут нахилу прямої до площини проєкцій зображується в HV ?
9. У чому полягає суть способу прямокутного трикутника?
10. Чому одна з проєкцій фронтального або горизонтального слідів прямої лежать на вісі проєкцій?
11. Побудувати сліди заданої прямої



12. Визначити дійсну величину відрізків AB , CD , EK та кути нахилу їх до площин проєкцій Π_1 та Π_2 .



Література:

[4] – с.29 – 37, [10] – с.25 – 35, [15] – с.36 – 39.

Умова завдання 1

В заданому багатограннику: а) визначити положення ребер відносно площин проєкцій; б) позначити: подвійною лінією проєкції ребер, які проєкціюються в натуральну величину, та подвійною дугою проєкції кутів нахилу ребер до площин проєкцій Π_1 та Π_2 ; в) визначити: натуральну величину одного з ребер загального положення та кути нахилу його до площин проєкцій; г) побудувати проєкції слідів цього ребра на площинах проєкцій; д) одно з ребер загального положення поділити точкою у заданому відношенні 2:3.

На аркуші формату А4, в масштабі 1:1, будують проєкції багатогранника, координати вершин якого наведені в табл.1.2 (приклад виконання на рис. 1.12).

Методичні настанови по виконанню завдання 1

За координатами вершин (табл. 1.2) будуємо проєкції багатогранника (рис. 1.12).

а) визначити положення ребер багатогранника відносно площин проєкцій.

Аналізуємо розташування проєкції ребер відносно вісі x_{12} . Якщо вони паралельні або перпендикулярні до вісі (одна проєкція або дві) – ребро займає особливе (часткове) положення, а якщо під кутом до вісі – загальне положення.

б) подвійною лінією позначити проєкції ребер, які проєкціюються в натуральну величину та подвійною дугою проєкції кутів нахилу ребер до площин проєкцій Π_1 і Π_2 .

Ребро, яке займає особливе положення, проєкціюється на відповідну площину (або площини) проєкцій в натуральну величину ($НВ$) та позначається подвійною тонкою лінією або поруч з проєкцією проводять тонку лінію. На цю ж площину проєкцій в $НВ$ проєкціюється і кут нахилу ребра до площини проєкцій, яка розташована по іншій бік вісі проєкцій. Це кут між проєкцією ребра в $НВ$ та горизонтальною лінією, яка паралельна вісі x_{12} . Він позначається подвійною дугою.

в) визначити $НВ$ одного з ребер загального положення, кути нахилу його до площин проєкцій Π_1 і Π_2 .

Для визначення $НВ$ ребра використаємо спосіб прямокутного трикутника.

1. Будуємо перпендикуляр до проєкції ребра загального положення C_1S_1 в одній із точок, наприклад S_1 . Всі побудови пропонуємо виконувати в напрямку протилежному від проєкцій багатогранника.

2. На перпендикулярі відкладемо різницю відстаней (координат) кінців іншої проєкції ребра до вісі x_{12} . Так на горизонтальній проєкції відкладемо різницю аплікат (по вісі z) – $z_s - z_c$, а на фронтальній – різницю ординат (по вісі y) – $y_c - y_s$.

3. Побудовану точку позначимо літерою S_1' , яка відповідає літері S_1 кінця ребра. Відрізок C_1S_1' – $НВ$ ребра CS .

4. Кут між HV ребра C_1S_1' та його проекцією $C_1S_1 \in HV$ кута α нахилу ребра до горизонтальної площини проєкцій Π_1 . Для визначення HV кута β нахилу ребра до фронтальної площини проєкцій Π_2 виконаємо аналогічну побудову з використанням фронтальної проєкції ребра C_2S_2 .

г) побудувати проєкції слідів цього ребра на площинах проєкцій Π_1 та Π_2 . Слід – це точка перетину прямої з площиною проєкцій.

1. Для побудови проєкцій горизонтального сліду H ребра CS подовжимо фронтальну проєкцію ребра C_2S_2 до перетину з x_{12} – отримаємо фронтальну проєкцію H_2 горизонтального сліду. З H_2 проведемо лінію зв'язку (ці лінії завжди перпендикулярні до вісі проєкцій) до перетину з подовженням проєкції C_1S_1 . Горизонтальну проєкцію горизонтального сліду позначимо літерою H_1 .

2. Подовження горизонтальної проєкції ребра C_1S_1 до перетину з віссю x_{12} дає горизонтальну проєкцію фронтального сліду – F_1 . Точка перетину лінії зв'язку з подовженням фронтальної проєкції ребра C_2S_2 – фронтальна проєкція фронтального сліду F_2 .

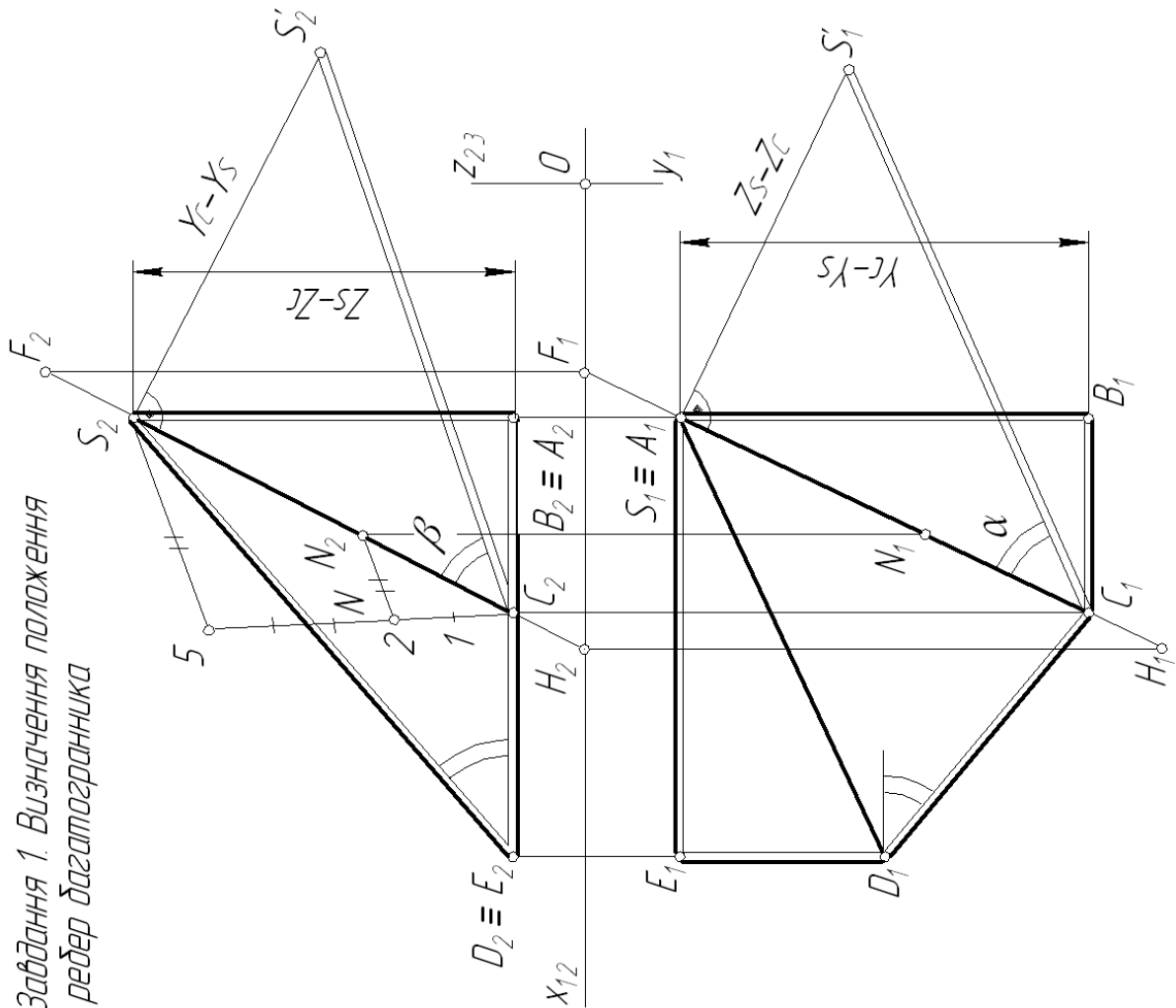
д) одне з ребер загального положення поділити точкою у відношенні 2:3.

Поділимо ребро (наприклад, CS) у вказаному відношенні, використовуючи властивості подібності трикутників.

З одного кінця ребра (наприклад, C_2), під довільним кутом, проведемо допоміжну пряму, на якій відкладемо п'ять (2+3) рівних відрізків довільної довжини. Сполучимо точки S_2 та 5. Паралельно відрізуку S_25 , через точку 2 проведемо пряму до перетину з C_2S_2 . Отримаємо точку N_2 ($C_2N_2:N_2S_2 = 2:3$). Використовуючи належність точки до прямої визначимо N_1 . Точка N поділяє ребро CS у заданому відношенні.

	X	Y	Z
A	25	10	10
B	25	50	10
C	55	50	10
D	85	30	10
E	85	10	10
S	25	10	60

Завдання 1. Визначення положення ребер багатогранника



П'ятигранна піраміда

- горизонтальне - CD

- фронтальне - ES

- профільне - BS

- горизонтально-проекціююче - AS

- фронтально-проекціюючі - AB, DE

- профільно-проекціюючі - AE, BC

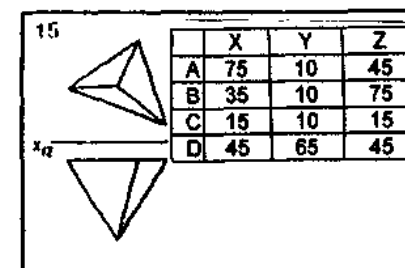
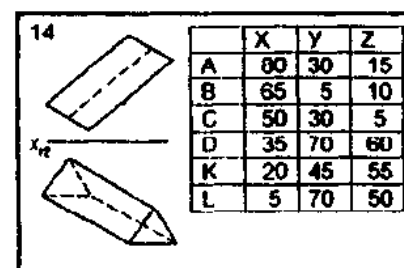
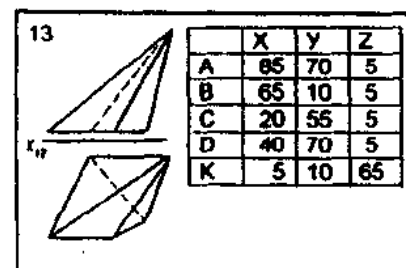
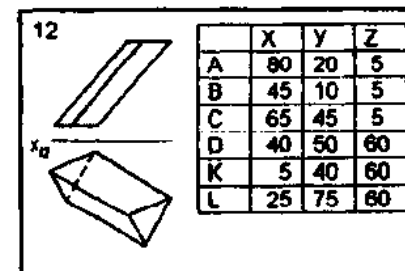
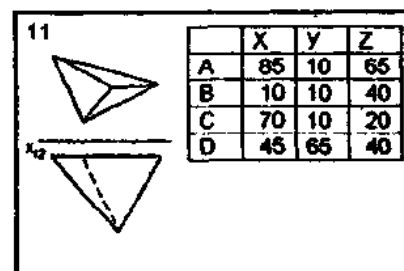
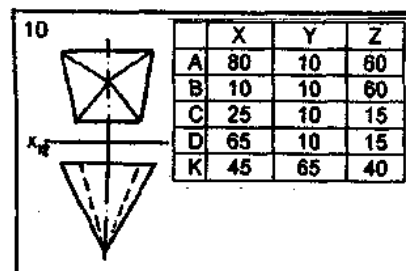
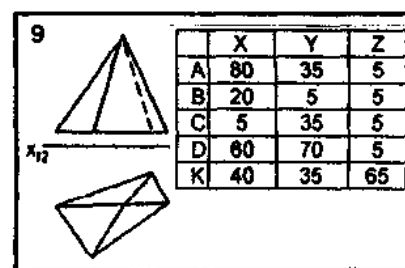
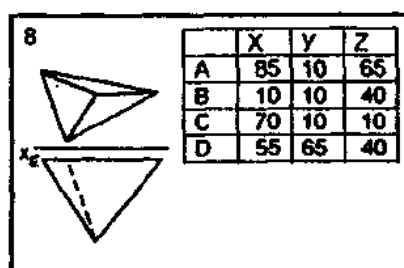
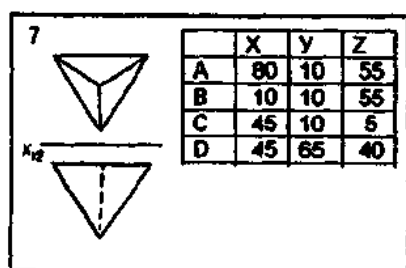
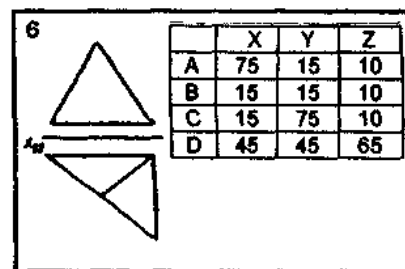
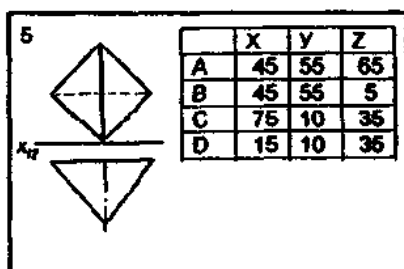
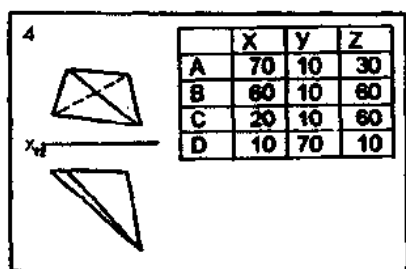
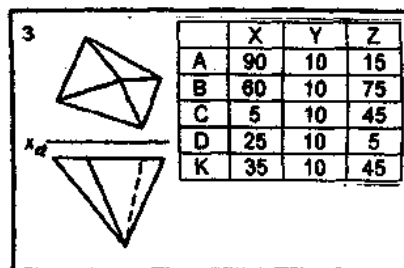
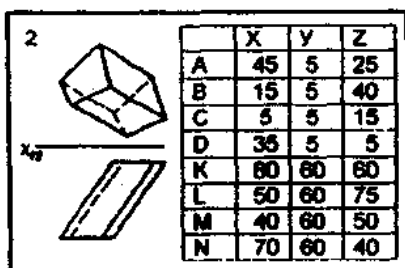
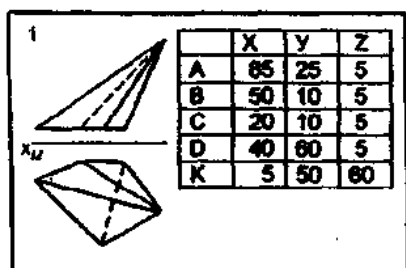
- загального положення - CS, DS

Варіант 31
група ХХ-1-1Х
Прізвище І.П.

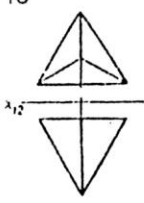
Рис. 1.12. Приклад виконання завдання 1

Варіанти до завдання 1

Таблиця 1.2. Координати вершин багатоганників до завдання 1

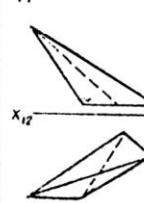


16



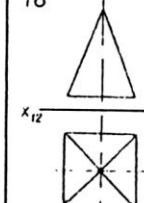
	X	Y	Z
A	80	5	10
B	45	5	60
C	10	5	10
D	45	60	25

17



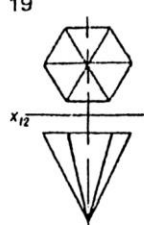
	X	Y	Z
A	60	60	5
B	30	10	5
C	10	30	5
D	95	60	70

18



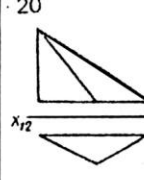
	X	Y	Z
A	80	10	5
B	20	10	5
C	20	70	5
D	80	70	5
K	50	40	65

19



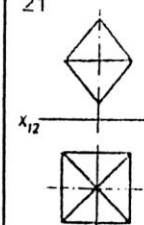
	X	Y	Z
A	75	5	35
B	60	5	60
C	30	5	60
D	15	5	35
K	30	5	10
L	60	5	10
M	45	70	35

20



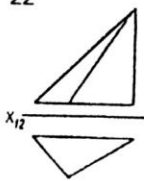
	X	Y	Z
A	80	10	5
B	20	10	5
C	50	55	5
D	80	10	55

21



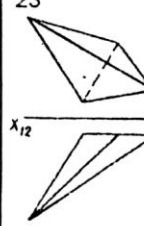
	X	Y	Z
A	80	10	40
B	20	10	40
C	20	70	40
D	80	70	40
K	50	40	5
L	50	40	75

22



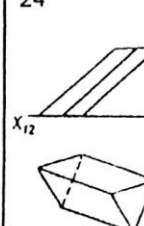
	X	Y	Z
A	85	10	5
B	20	10	5
C	60	65	5
D	20	10	70

23



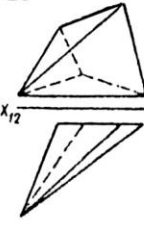
	X	Y	Z
A	55	10	10
B	30	10	55
C	15	10	20
D	80	65	55

24



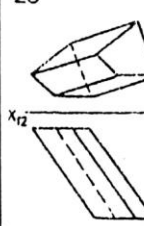
	X	Y	Z
A	95	25	5
B	65	10	5
C	80	50	5
D	40	50	55
K	10	35	55
L	25	75	55

25



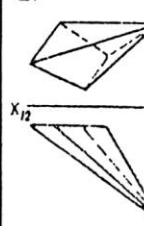
	X	Y	Z
A	60	10	45
B	20	10	60
C	10	10	10
D	45	10	20
K	85	65	10

26



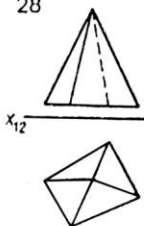
	X	Y	Z
A	90	5	25
B	65	5	45
C	50	5	10
D	75	5	10
K	45	60	45
L	20	60	65
M	5	60	30
N	30	60	30

27



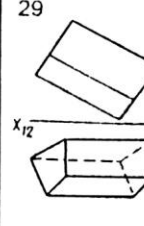
	X	Y	Z
A	85	10	25
B	65	10	55
C	40	10	35
D	50	10	10
K	10	65	55

28



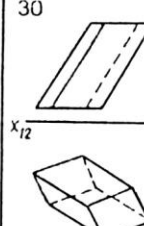
	X	Y	Z
A	90	35	5
B	40	5	5
C	20	60	5
D	70	75	5
K	45	35	65

29



	X	Y	Z
A	35	25	5
B	10	10	30
C	10	40	30
D	25	55	15
K	90	25	30
L	65	10	55
M	65	40	55
N	80	55	40

30



	X	Y	Z
A	95	30	5
B	65	10	5
C	55	30	5
D	85	50	5
K	50	50	65
L	20	30	65
M	10	50	65
N	40	70	65

Завдання 2. Площина. Взаємно перпендикулярні площини

Загальні положення по темі завдання 2

Відстань від точки до площини

Відстань від точки до площини вимірюється перпендикуляром, опущеним з точки на площину. Отже, в задачі потрібно з точки D провести пряму, яка перпендикулярна до площини ABC ; побудувати точку перетину прямої з площиною та визначити способом прямокутного трикутника NB перпендикуляра.

Для побудови перпендикуляра до площини треба використати властивість прямого кута. Прямий кут між прямими проєціюється у NB (90°), якщо хоча б одна із його сторін паралельна до площини проєкцій (див. рис. 1.13).

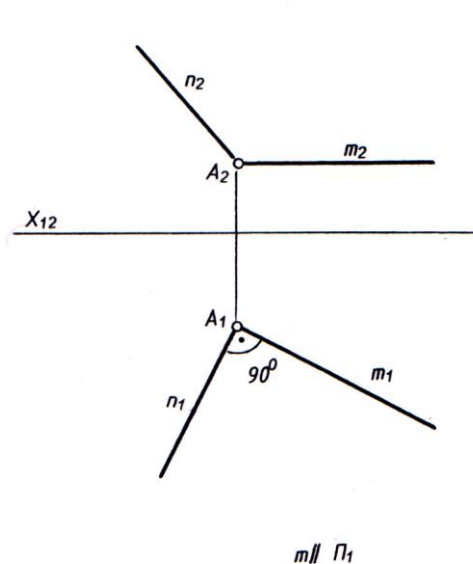


Рис. 1.13

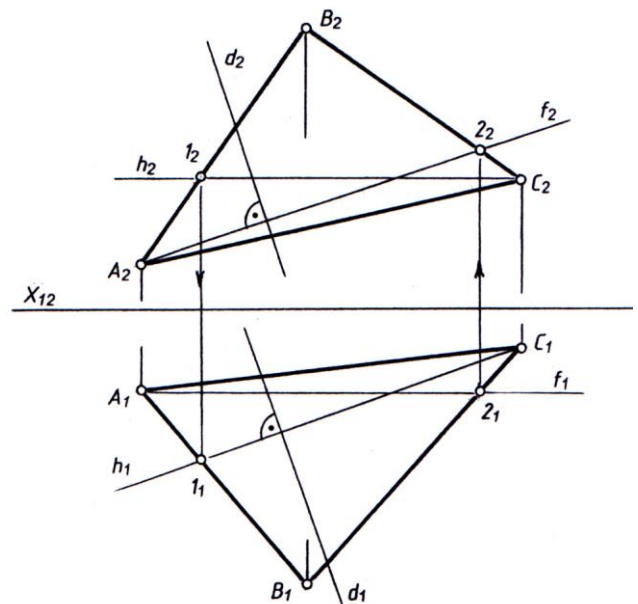


Рис. 1.14

Для побудови прямої d , яка перпендикулярна до площини ABC , використовують горизонталь h і фронталь f площини як прямі, які паралельні до відповідних площин проєкцій (будуємо проєкції d_1, d_2 , рис. 1.14). Горизонталь h і фронталь f площини називають лініями рівня.

Точка перетину прямої з площиною

Для побудови точки перетину прямої з площиною необхідно скористатися властивостями проєкціювальних площин.

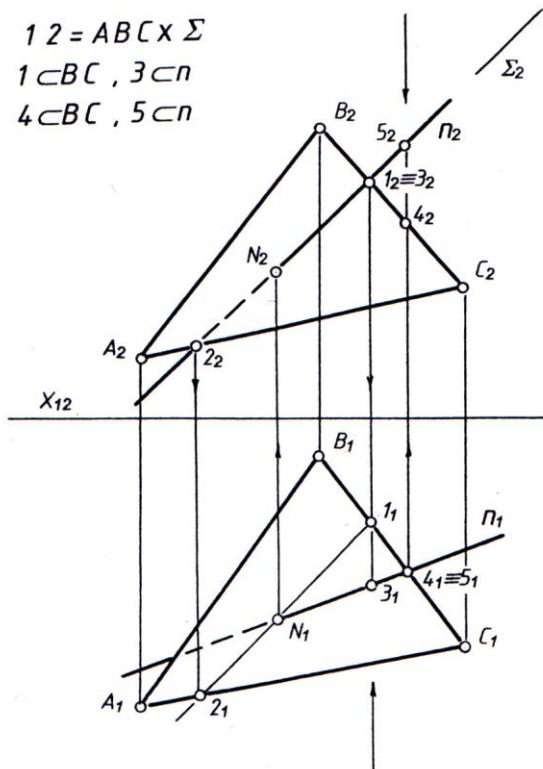


Рис. 1.15

На рис. 1.15 через пряму n проведена фронтально проєкціювальна площина Σ . Побудовано лінію перетину площин ABC та Σ ($12 = ABC \cap \Sigma$). Лінія 12 одночасно належить обом площинам і, відповідно, буде лінією їх перетину. Перетин проєкцій ліній $1_1 2_1$ та n_1 визначить горизонтальну проєкцію N_1 точки перетину прямої n з площиною ABC . Фронтальна проєкція N_2 будується за належністю точки N прямій n .

Видимість прямої n на проєкціях визначають за допомогою конкуруючих точок (1, 3 та 4, 5). Побудова зрозуміла з наведеного рисунка.

Взаємно перпендикулярні площини

В елементарній геометрії є теорема; *дві площини взаємно перпендикулярні, якщо одна з площин має пряму лінію, яка перпендикулярна іншій площині.*

Для побудови площини перпендикулярної іншій площині, необхідно побудувати пряму перпендикулярну до цієї площини (див. рис. 1.13 та 1.14).

Побудова площини Δ , яка перпендикулярна до площини Σ , може бути виконана двома шляхами: 1) площина Σ проводиться через пряму, яка перпендикулярна до площини Δ ; 2) площина Δ проводиться до прямої, яка належить площині Σ або паралельна цій площині.

Взаємний перетин площин

Дві площини перетинаються по *прямій лінії*. Тому лінію перетину площин загального положення визначають по точкам перетину двох прямих однієї площини з другою площиною.

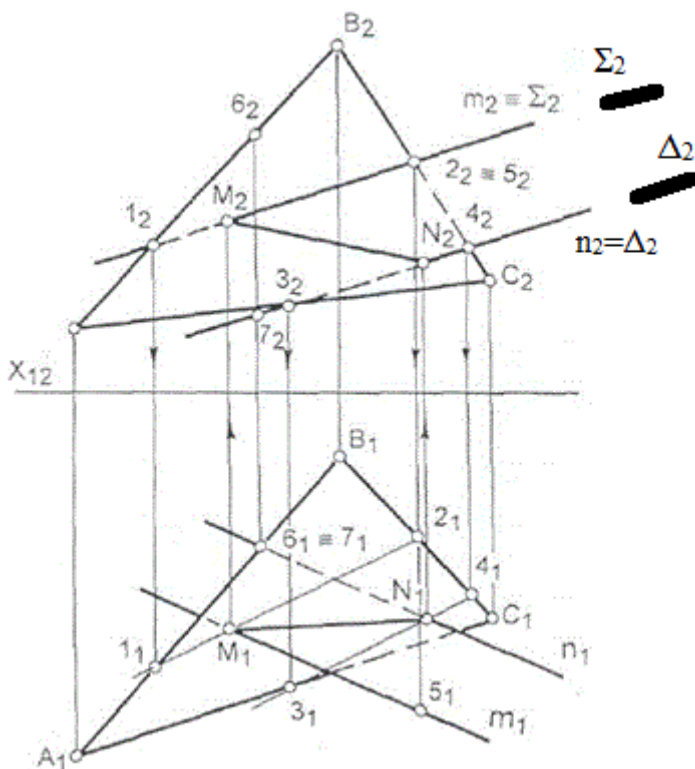
Допустимо і друге рішення – перетин прямої першої площини з другою площиною та перетин прямої другої площини з площиною першої.

Отже, щоб знайти лінію перетину площин необхідно визначити дві точки спільні для них.

При побудові лінії перетину площин використаємо *допоміжні (посередники) січні площини*, як правило, проєкціювальні.

Для побудови точки перетину прямої m з площиною ABC (рис. 1.16), через пряму проведено допоміжну фронтально проєкціювальну січну площину Σ ($\Sigma \perp P_2$). Лінія $1-2$ – лінія перетину площини Σ з площиною ABC . Горизонтальна проєкція лінії перетину площин 1_1-2_1 в перетині з горизонтальною проєкцією прямої m_1 визначить точку M_1 – точку перетину прямої m з площиною ABC , як так спільну точку для двох площин. Фронтальна проєкція M_2 будується за належністю точки прямій.

При побудові точки перетину прямої n з площиною ABC через пряму n проведена допоміжна фронтально проєкціювальна січна площина Δ ($\Delta \perp P_2$). Пряма $3-4$ є лінією перетину площини Δ та ABC . Побудова проєкцій N_1 та N_2 точки перетину прямої n з площиною ABC аналогічна побудові проєкцій точки



M . З'єднавши однойменні проєкції точок M та N прямими, отримаємо шукані проєкції лінії перетину заданих площин ($MN = ABC \cap mn$).

Для визначення видимості елементів на проєкціях використовують конкуруючі точки (див. рис. 1.16). Так, для визначення видимості елементів площин на площині проєкцій P_2 використані конкуруючі точки 2 та 5, які належать відповідно прямим BC та m . Відносно площини проєкцій P_1 , використані конкуруючі точки 6 та 7 які належать відповідно прямим AB та n .

Рис 1.16

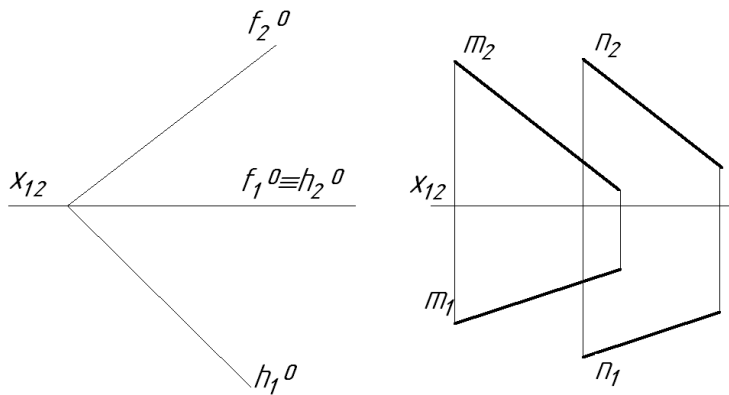
Запитання та завдання для самоконтролю

1. Як задати пряму яка перпендикулярна до площини?
2. Як побудувати проєкції кута нахилу прямої загального положення до площини загального положення?
3. Як побудувати проєкції перпендикуляра до заданої площини через задану точку?
4. Як визначити проєкції лінії перетину двох площин?

5. За допомогою чого можна визначити видимість елементів на площинах проєкцій?

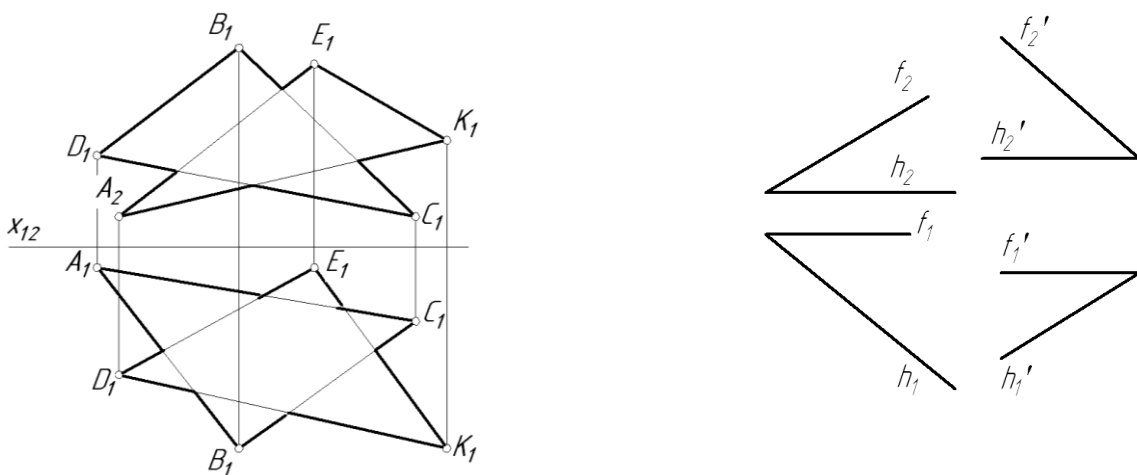
6. В якій послідовності визначається точка перетину прямої з площиною?

7. За допомогою чого можна визначити видимість прямої на площинах проєкцій?



8. В заданих площинах побудувати горизонталь, фронталь та лінію найбільшого скату.

9. Побудувати лінію перетину площин. Визначити видимість.



Література:

[4] – с.41 – 63, [10] – с.42 – 55, 62 – 81, [15] – с.46 – 55.

Умова завдання 2

В заданному багатограннику: а) визначити натуральну величину відстані від точки D до площини заданої відсіком (трикутником) ABC ; б) провести через пряму DK площину, яка перпендикулярна до заданої площини ABC , побудувати лінію їх взаємного перетину та визначити видимість елементів площин у проекціях, позначити проекції кута між прямою DK і площиною ABC .

Завдання виконати на 2 аркушах паперу формату $A4$. Приклад виконання на рис. 1.17 та 1.18. Координати точок за варіантами наведені в табл. 1.3. Завдання виконується в масштабі 1:1.

Методичні настанови по виконанню завдання 2

а) Визначити натуральну величину відстані від точки D до площини, заданої трикутником ABC (див. рис 1.17).

Найкоротша відстань від точки до площини – *перпендикуляр*. При побудові перпендикуляра до площини врахуємо умову *перпендикулярності прямої до площини* та *властивості прямого кута*.

Пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна до двох прямих площини, які перетинаються.

Властивість прямого кута полягає в тому, що при паралельності однієї із його сторін до площини проекцій, він проекціюється на останню в HV .

В якості прямих площини, які паралельні площинам проекцій, використовуємо *горизонталь h* і *фронталь f* .

1. За координатами будуємо проекції точок A , B , C і D і з'єднаємо їх відповідно до умови.

2. *Горизонталь h* – лінія, яка належить площині і паралельна горизонтальній площині проекцій Π_1 . Її побудову починаємо з фронтальної проекції h_2 , яка паралельна до x_{12} .

Через будь яку вершину (на рис. 1.17 – точка C_2), в межах трикутного відсіку, проведемо h_2 до перетину зі стороною трикутника A_2B_2 і визначимо фронтальну проекцію точки l_2 . Точку l_1 визначимо за належністю точки прямій. Тоді C_1l_1 – горизонтальна проекція горизонталі – h_1 .

3. *Фронталь f* – лінія, яка належить площині і паралельна фронтальній площині проекцій Π_2 . Через точку C_1 проведемо горизонтальну пряму f_1 до перетину з проекцією A_1B_1 сторони трикутника і визначимо горизонтальну проекцію точки 2_1 . Точку 2_2 визначимо за належністю точки прямій. Тоді C_22_2 – фронтальна проекція фронталі – f_2 .

4. З точки D будуємо перпендикуляр d до площини заданої $\triangle ABC$. Для цього з точки D_1 проведемо перпендикуляр d_1 до h_1 , а з D_2 – до f_2 .

Завдання 2. Площина. Взаємно перпендикулярні та паралельні площини

Умова: а) визначити натуральну величину відстані від точки D до площини ABC

	x	y	z
A	10	10	100
B	55	100	20
C	140	55	30
D	90	105	80
E	120	35	10
K	20	5	35

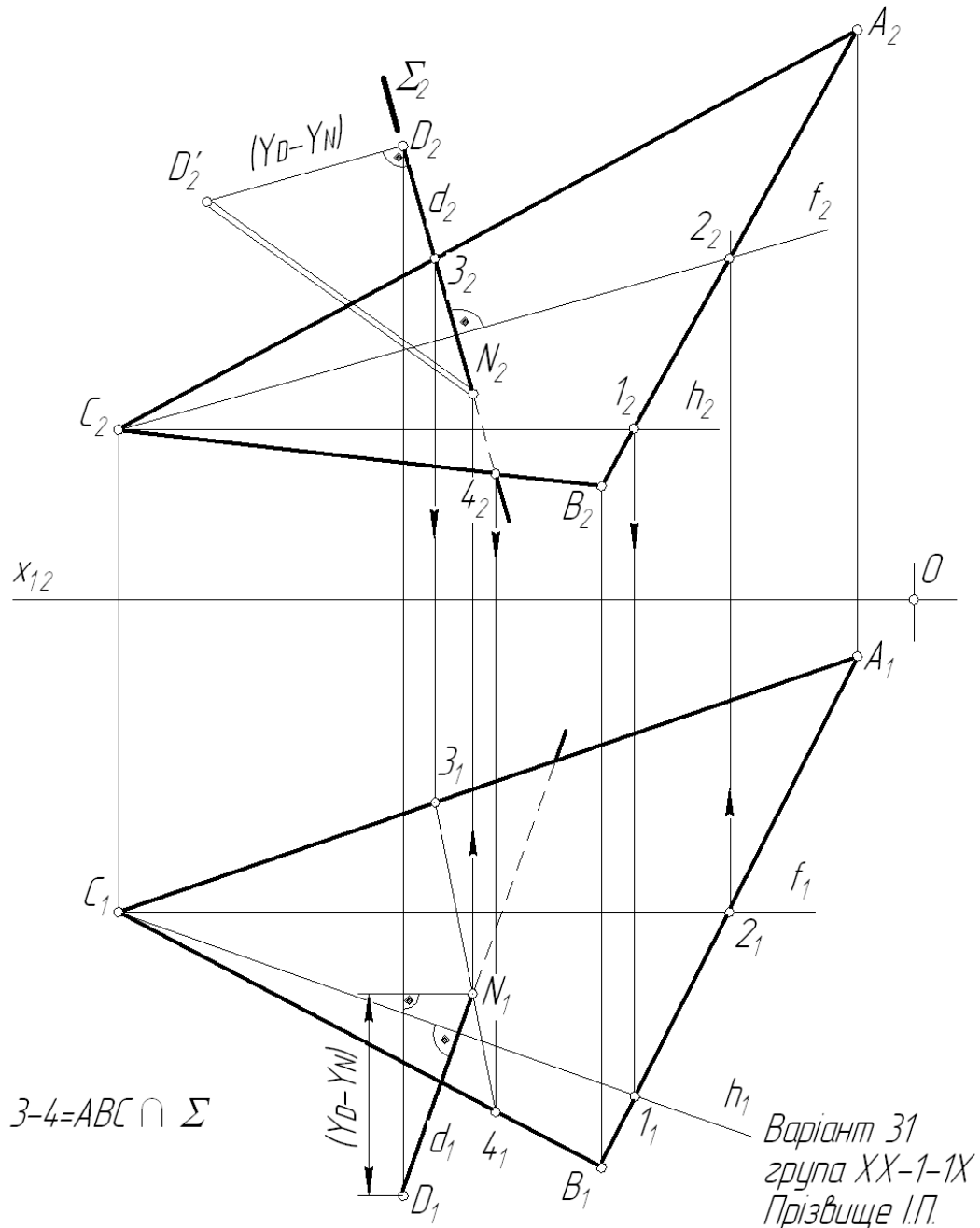


Рис. 1.17. Приклад виконання завдання 2 а

5. Визначимо точку перетину перпендикуляра d з площиною. Для цього через d проведемо допоміжну фронтально проєкціювальну січну площину Σ ($\Sigma_2 \equiv d_2$) та будемо проєкції лінії 3-4 ($3 = \Sigma \cap AC$; $4 = \Sigma \cap BC$) перетину площин ABC і Σ .

Точка перетину лінії 3-4 з d_1 і буде шуканою точкою N ($N_1 = d_1 \cap 3-4_1$; N_2 будемо за належністю точки прямій).

6. Використовуючи *спосіб прямокутного трикутника* (див. стор. 18 та 21) визначимо NB відрізка DN , який і є відстанню від точки D до площини ABC .

б) *провести через пряму DK площину перпендикулярну до заданої площини ABC , побудувати лінію їх взаємного перетину та показати видимість елементів площин в проєкціях, позначити проєкції кута між прямою DK та площиною ABC* (приклад виконання на рис. 1.18).

Нову площину задамо двома прямими, що перетинаються. Одна з них пряма DK , а друга буде побудована як перпендикуляр d з точки D до ABC .

Лінія взаємного перетину двох площин визначиться двома точками: одна – перетин заданої прямої DK , а друга – перпендикуляра d з площиною ABC .

1. Побудову перпендикуляра d до ABC і точок перетину виконаємо відповідно до настанов до завдання 2а.

2. Пряма MN ($M = d \cap 3-4$; $N = DK \cap 5-6$) – лінія перетину площин.

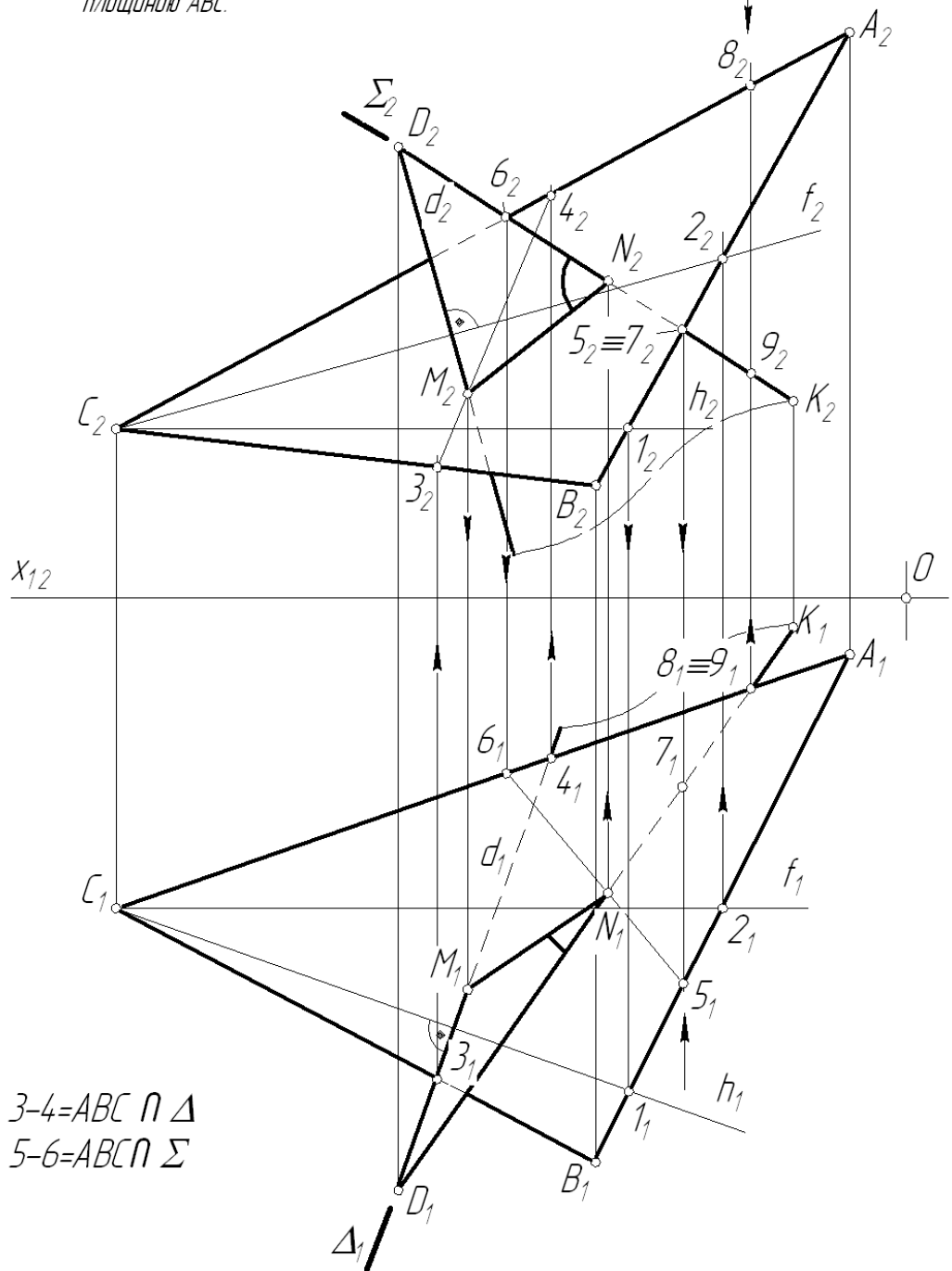
3. Для визначення видимості елементів площин в проєкціях скористаємося *конкуруючими точками*, проєкції яких на одній площині проєкцій збігають, а на іншій не збігають.

Так на площині Π_2 точка 5_2 , яка належить B_2C_2 , збігає з точкою 7_2 , яка належить D_2K_2 . Розташування проєкцій точок 5_1 та 7_1 на площині Π_1 , дозволяє зробити висновок, що точка 5 буде видимою, бо ордината точки 5 більша з ординату точки 7 (вона ближче до спостерігача). Таким чином, сторона B_2C_2 , якій належить точка 5_2 , перекриває сторону D_2K_2 , і тоді, відповідно, трикутник $A_2B_2C_2$, на цій ділянці, перекриває новостворену площину. Ділянка прямої D_2K_2 від точки 7_2 до N_2 та перпендикуляра d_2 від точки M_2 до B_2C_2 , а також частина A_2C_2 проєкціюються на площину Π_2 як невидимі і зображаються лінією штриховою.

На площині Π_1 точка 8_1 , яка належить A_1C_1 , збігає з точкою 9_1 , яка належить D_1K_1 . Розташування проєкцій цих точок на площині Π_2 дозволяє зробити висновок, що точка 8 видима, бо її апліката більша аплікати точки 9. Таким чином, сторона A_1C_1 , якій належить точка 8_1 , перекриває D_1K_1 , і, відповідно, трикутник $A_1B_1C_1$ на цій ділянці, перекриває перпендикулярну до неї площину. Ділянка прямої D_1K_1 від точки 9_1 до N_1 та перпендикуляра d_1 від точки M_1 до 4_1 , а також частина A_1B_1 проєкціюються на площину Π_1 як невидимі.

4. Кут між проєкцією лінії MN перетину площин та проєкцією прямої DK і є проєкцією кута між прямою та площиною.

Завдання 2. Умова. Влі через пряму DK провести площину перпендикулярну до заданої площини ABC , побудувати проєкції кута між прямою DK і площиною ABC .



Варіант 31
група XX-1-1X
Прізвище І.П.

Рис. 1.18. Приклад виконання завдання 2б

Варіанти до завдання 2

Таблиця 1.3. Координати точок для завдання 2

№ вар.	Осі	Координати точок						№ вар.	Осі	Координати точок					
		A	B	C	D	E	K			A	B	C	D	E	K
1	X	115	50	0	70	135	15	16	X	15	80	135	65	0	120
	Y	90	25	80	110	20	50		Y	40	115	45	20	110	75
	2	10	80	50	85	35	0		2	75	5	35	0	45	85
2	X	120	50	0	70	135	15	17	X	15	80	135	65	45	120
	V	90	25	85	110	20	50		Y	75	5	35	0	110	85
	2.	10	80	50	85	35	0		2	40	105	45	20	120	75
3	X	115	50	0	65	130	10	18	X	115	20	0	115	65	5
	Y	90	25	80	105	20	50		Y	75	5	35	0	5	85
	2	10	80	45	80	35	0		2	40	105	45	20	110	30
4	X	120	50	0	70	135	10	19	X	115	50	0	90	85	15
	Y	90	20	80	115	20	50		Y	40	105	45	20	110	15
	2	10	75	45	85	30	0		2	75	5	35	0	10	85
5	X	115	50	0	65	135	10	20	X	120	50	0	135	35	15
	Y	10	75	45	85	35	0		Y	35	105	45	60	10	80
	2	90	25	80	110	15	50		2	75	5	40	0	10	85
6	X	115	50	0	70	135	15	21	X	120	50	0	140	70	20
	Y	5	80	50	85	20	0		Y	40	110	50	20	110	30
	2	85	25	85	110	20	50		2	75	5	40	0	20	85
7	X	120	45	0	65	130	15	22	X	20	85	135	70	0	120
	Y	10	80	50	80	35	0		Y	40	110	45	20	110	80
	2	90	20	80	110	20	50		2	10	80	45	85	35	0
8	X	115	50	0	70	135	15	23	X	20	85	135	70	0	120
	Y	5	75	45	85	35	0		Y	10	80	45	85	35	0
	2	85	25	80	105	20	50		2	40	110	45	20	110	80
9	X	115	50	0	70	135	15	24	X	115	50	0	65	135	10
	Y	10	80	50	85	35	0		Y	40	110	45	20	110	75
	2	90	25	85	110	20	50		2	5	75	45	85	35	0
10	X	15	80	135	65	0	120	25	X	115	50	0	65	135	10
	Y	10	75	45	85	35	0		Y	5	75	45	85	35	0
	2	90	25	80	110	15	50		2	40	110	45	20	110	75
11	X	20	85	135	70	0	120	26	X	15	80	135	65	0	105
	Y	10	80	50	85	35	0		Y	40	110	45	20	110	100
	2	90	25	85	110	20	50		2	5	75	45	85	35	0
12	X	15	80	130	70	0	120	27	X	15	80	135	65	0	120
	Y	10	80	50	85	35	0		Y	5	75	45	85	35	0
	2	85	20	80	105	20	50		2	40	110	45	20	110	75
13	X	15	85	130	75	0	120	28	X	115	50	0	70	135	15
	Y	10	80	50	85	30	0		Y	5	75	45	85	35	0
	2	85	25	80	110	15	50		2	85	25	80	105	20	50
14	X	15	85	135	70	0	120	29	X	20	85	135	70	0	125
	Y	10	80	50	85	35	0		Y	10	80	50	85	35	30
	2	85	25	80	110	20	50		2	90	25	85	110	20	50
15	X	20	80	135	65	0	120	30	X	15	80	135	65	0	120
	Y	90	25	80	110	20	50		Y	15	115	45	20	110	75
	2	10	80	45	85	36	0		2	75	5	35	0	45	85

Завдання 3. Дослідження багатогранника із застосуванням способів перетворення проєкцій

Загальні положення по темі завдання 3

Для виконання завдання необхідно володіти знанням про метричні властивості проєкцій пар геометричних фігур. Розглянемо деякі властивості відповідно до завдання.

- Відстань між двома паралельними прямими проєкціюється в *НВ* на одну із площин проєкцій, якщо вони будуть проєкціювальними до площини проєкцій (рис. 1.19, *а*).
- Відстань між двома мимобіжними прямими проєкціюється в *НВ*, якщо одна з них займає проєкціювальне положення (вона є проєкціювальною) (рис. 1.19, *б*).
- Відстань від точки до прямої проєкціюється в *НВ*, якщо пряма проєкціювальна (рис. 1.19, *в*).
- Відстань від точки до площини проєкціюється в *НВ*, якщо площина проєкціювальна (рис. 1.19, *г*).
- Відстань від прямої до паралельної їй площини проєкціюється в *НВ*, якщо площина проєкціювальна (рис. 1.19, *д*).
- Відстань між двома паралельними площинами проєкціюється в *НВ*, якщо площини проєкціювальні (рис. 1.19, *е*).
- Кут між двома площинами (гранями) проєкціюється в *НВ*, якщо площини (грані) проєкціювальні до площини проєкцій (рис. 1.19, *ж*).
- Грань проєкціюється в *НВ*, якщо вона паралельна до площини проєкцій.

Для розв'язання ряду задач, переважно метричних, доцільно заданий об'єкт привести в особливе положення з тим, щоб на одній із нових проєкцій отримати більш просте рішення поставленої задачі або саме рішення задачі.

Побудову нових, додаткових проєкцій, при заданих проєкціях об'єкта, називають *перетворенням* комплексного креслення.

Перетворення виконують такими способами:

1. Спосіб обертання (повороту) навколо проєкціювальних вісей.
2. Спосіб плоско-паралельного переміщення.
3. Спосіб обертання навколо ліній рівня.
4. Спосіб заміни площин проєкцій.
5. Спосіб косокутного проєкціювання.

Виходячи з умови завдання та властивостей пар геометричних фігур, необхідно способами перетворення проєкцій привести задані геометричні фігури в проєкціювальне положення. Способи перетворення проєкцій використовують для зміни положення певного об'єкту відносно площин проєкцій, наприклад, для приведення геометричних елементів (прямих і площин) загального положення в особливі положення (проєкціювальні або паралельні до площини проєкцій).

У способі плоско-паралельного переміщення припускаються незмінними площини проєкцій, а в способі заміни площин проєкцій – незмінним лишається сам об'єкт.

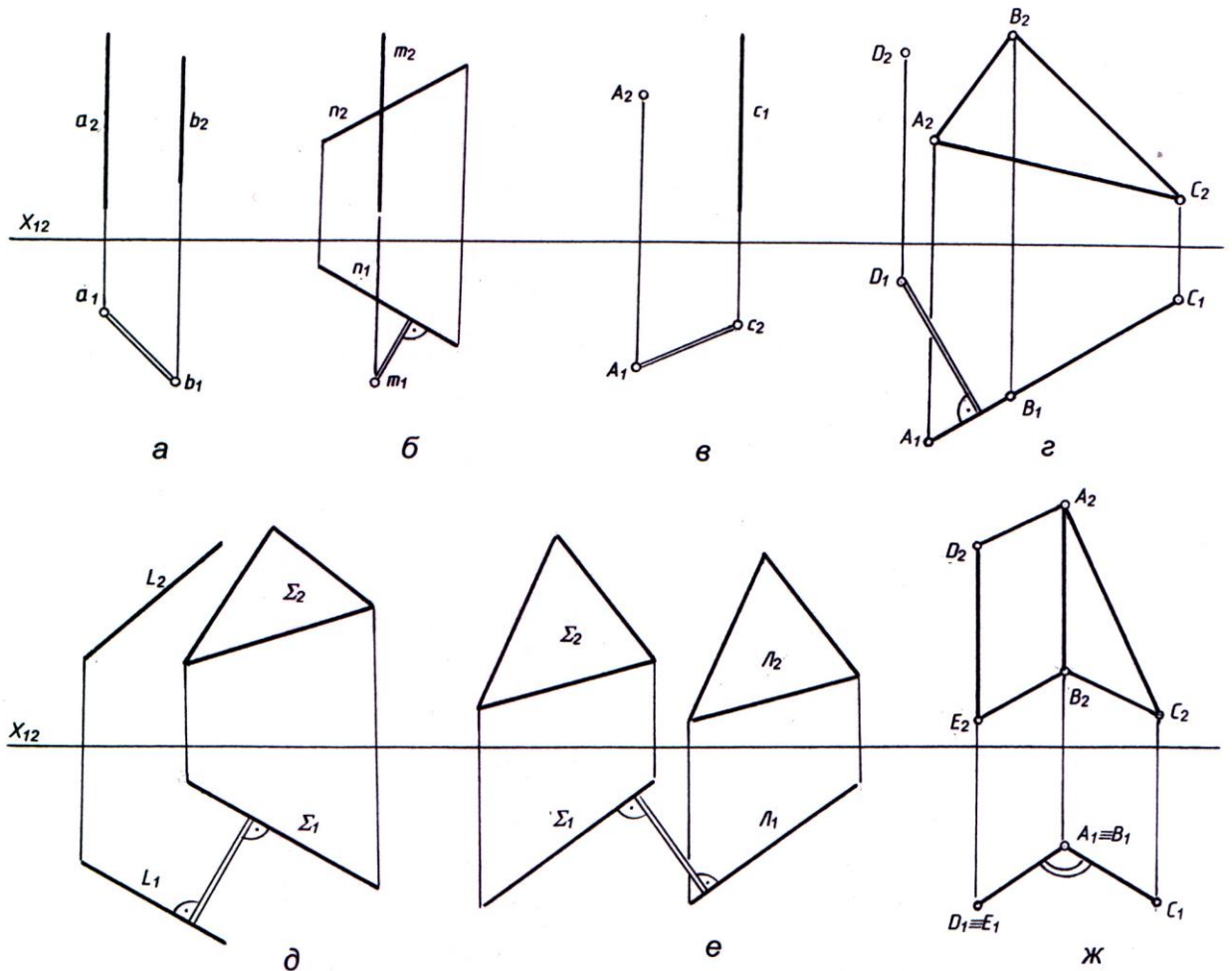


Рис. 1.19

Спосіб плоско-паралельного переміщення є способом обертання навколо невиявлених вісей, перпендикулярних до площин проєкцій. Плоско-паралельне переміщення – переміщення при якому всі точки геометричної фігури (об'єкта) переміщуються у взаємно паралельних площинах відносно площини проєкцій без зміни форми та розмірів. При такому переміщенні точки зберігають свою відстань до відповідних площин проєкцій.

Якщо за вісь повороту взяти лінію рівня, то плоску фігуру трикутника можна одноразовим поворотом привести в положення, коли фігура паралельна площині проєкцій, для чого достатньо привести в ту ж площину рівня одну з точок фігури.

У способі заміни площин проєкцій нова площина проєкцій вибирається перпендикулярною до однієї з тих, що залишається, і тому відстань від точки до площини, що залишається, зберігає свою величину на новій площині проєкції.

Для побудови нової проєкції точки на новій площині проєкцій потрібно: з незмінної проєкції точки опустити на нову вісь перпендикуляр (нова лінія зв'язку); відкласти від нової вісі відрізок, що дорівнює координаті, взятої з заміної площини.

«*» Серед способів перетворення проєкцій при розв'язанні позиційних задач віддається перевага допоміжному косокутному проєціюванню. При цьому способі, геометричний образ, не змінюючи свого положення, проєціюється косокутно на основні площини проєкцій Π_1 та Π_2 або на додаткові площини.

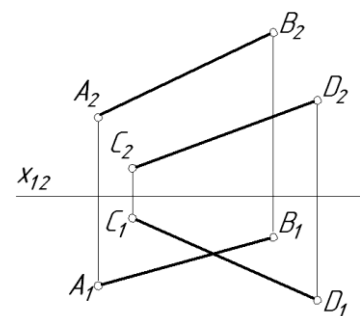
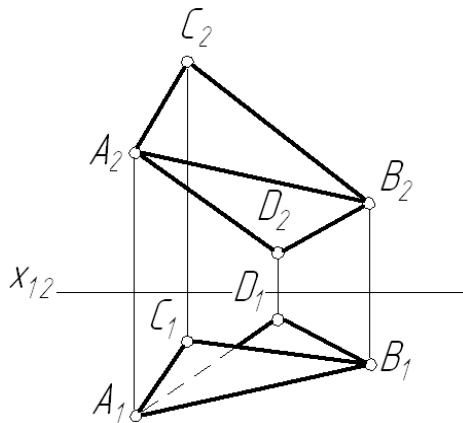
Способом перетворення проєкцій можна розміщати:

1. Пряму загального положення паралельно площині проєкцій.
2. Пряму загального положення в проєкціювальне положення до площини проєкцій.
3. Площину загального положення в проєкціювальне положення до площини проєкцій.
4. Площину загального положення паралельно площині проєкцій.

До названих чотирьох задач зводиться розв'язання всіх метричних задач. Наприклад, на основі першої задачі визначають HV відрізків; на основі другої задачі – HV відстані між точкою і прямою, двома прямими, прямою і площиною та величину двогранного кута. За допомогою третьої задачі визначають HV плоских фігур та величину кута мимобіжності і перетину; на основі четвертої задачі визначають відстані між прямою і площиною та між двома площинами.

Запитання та завдання для самоконтролю:

1. У чому суть способів плоско-паралельного переміщення та заміни площин проєкцій?
2. Як визначити вісь обертання при використанні способу плоско-паралельного переміщення?
3. Як перетворити площину загального положення в проєкціювальне положення?
4. Яким перетворенням можна розмістити пряму або площину паралельно площині проєкцій?
5. Визначити найкоротшу відстань між мимобіжними відрізками AB і CD .
6. Визначити величину двогранного кута при ребрі AB



Література:

[4] – с.41 – 63, [10] – с.42 – 55, 62 – 81, [15] – с.30 – 35.

Умова завдання 3

У заданому багатограннику визначити: а) відстань між зазначеними паралельними ребрами; б) відстань між зазначеними мимобіжними ребрами; в) відстань від вершини до ребра або грані; г) відстань від ребра до паралельної йому грані; д) відстань між паралельними гранями; е) величину кута між двома гранями при зазначеному ребрі; д) *НВ* заданої грані.

Варіанти завдання наведені в табл. 1.4. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 3

В заданому багатограннику визначити:

а) відстань між зазначеними паралельними ребрами.

Відстань зображується в *НВ*, якщо ребра займають проєкціовальне положення відносно до однієї з площин проєкцій. Для приведення прямих в таке положення, використовується один із способів перетворення комплексного кресленика: заміна площин проєкцій, плоско-паралельне переміщення, обертання тощо.

1. Розв'язання задачі з використанням *заміни площин проєкцій*.

1.1. Замінімо одну з площин проєкцій на нову. Для цього проводимо вісь проєкцій паралельно до горизонтальних або фронтальних проєкцій заданих ребер. Площина, на якій розташовані ці проєкції, стане незмінною.

1.2. З незмінних проєкцій точок багатогранника проведемо лінії зв'язку на нову площину проєкцій. На відповідних лініях зв'язку, від нової вісі проєкцій відкладемо координати точок на заміній площині проєкцій, а саме відстань від заміної проєкції точки до заміної вісі проєкцій.

1.3. З'єднаємо відповідні проєкції точок на новій площині. Новоутворені проєкції ребер, що спроєкціювалися в *НВ*, позначимо подвійною лінією.

1.4. Виконаємо другу заміну, а саме: замінімо площину проєкцій, з якої виконувалась остання побудова, на нову, яка розташована перпендикулярно до заданих ребер. На комплексному кресленнику проведемо нову вісь проєкцій перпендикулярно *НВ* ребер.

1.5. З незмінної площини проєкцій проведемо лінії зв'язку на нову площину проєкцій. На відповідній лінії зв'язку, від нової вісі проєкцій відкладемо координати точок з заміної площині

1.6. З'єднаємо побудовані проєкції точок. Відстань між точками, в які спроєкціювалися задані ребра, визначить відстань між ними.

2. Розв'язання задачі з використанням *плоско-паралельного переміщення*.

2.1. Перемістимо багатогранник, без зміни його розмірів, паралельно до однієї з площин проєкцій. Переміщення закінчимо, коли проєкції заданих ребер будуть паралельні до вісі x_{12} .

2.2. При переміщенні фігури паралельно до однієї з площин проєкцій, точки фігури переміщуються в площинах паралельних до цієї площини. Тому на іншій площині проєкцій, проєкції точок фігури переміщуються по слідах площин, які паралельні до вісі x_{12} .

Використовуючи це правило, а також лінії зв'язку, визначимо іншу проєкцію багатогранника.

2.3. Перемістимо нову проєкцію багатогранника без зміни його розмірів. Переміщення закінчимо, коли проєкції заданих ребер розташуються перпендикулярно до вісі x_{12} . У відповідності з пунктом 2.2, визначимо іншу проєкцію багатогранника. Відстань між точками, в які спроеціювалися задані ребра, визначить відстань між ними (рис. 15, а).

б) *відстань між зазначеними мимобіжними ребрами* (приклад виконання, рис. 1.20).

Перпендикуляр з точки, в яку після перетворення проєкціюється одне з ребер, на проєкцію іншого ребра, визначить потрібну відстань.

Задачу розв'яжемо з використанням *заміни площин проєкцій*.

1. Замінімо площину Π_2 на нову площину Π_4 , яку розташуємо паралельно до одного з заданих ребер. На кресленнику нову вісь проєкцій x_{14} проведемо паралельно до ребра C_1S_1 . Площина Π_1 стане незмінною.

2. З незмінних проєкцій A_1, B_1, C_1, S_1 проведемо лінії зв'язку на нову площину проєкцій.

3. На лініях зв'язку, від нової вісі проєкцій x_{14} , на нову площину Π_4 , відкладемо координати точок на заміній площині Π_2 . Наприклад, від B_2 до x_{12} , від S_2 до x_{12} .

4. З'єднаємо проєкції точок на площині Π_4 між собою, а проєкцію ребра C_4S_4 , що спроеціювалося в NB , позначимо подвійною лінією.

5. Замінімо площину Π_4 на нову площину Π_5 , яку розташуємо перпендикулярно до заданого ребра. Площина проєкцій Π_4 стане незмінною. Проведемо нову вісь x_{45} перпендикулярно до ребра C_4S_4 .

6. З незмінної площини Π_4 проведемо лінії зв'язку на нову площину проєкцій Π_5 . Від нової вісі x_{45} на нову площину Π_5 , відкладемо координати точок на заміній площині Π_1 . Наприклад, від B_1 до x_{14} , від S_1 до x_{14} .

7. Перпендикуляр з точки $C_5 \equiv S_5$, в яку спроеціювалося задане ребро CS , на проєкцію A_5B_5 іншого заданого ребра, визначить NB відстані між ребрами.

в) відстань від вершини до ребра або грані (відповідно рис. 19, в, з).

Для визначення відстані від вершини до ребра, треба одним зі способів перетворення комплексного креслення перевести задане ребро в проекціовальне положення – точку. Відстань від цієї точки до проекції вершини визначить шукану відстань.

Відстань від вершини до грані буде визначена, коли грань переведена в проекціовальне положення – в пряму лінію. Перпендикуляр з проекції заданої вершини на проекцію грані (пряму) визначить *НВ* відстані.

Розглянемо розв'язання задачі на прикладі (див. рис. 1.21) з використанням *заміни площин проекцій*.

1. Щоб грань *ABS* зайняла проекціуюче положення треба нову площину Π_4 розташувати перпендикулярно до неї. Проведемо горизонталь *h* грані *ABS*. 2. Замінімо площину Π_2 на нову площину Π_4 , яка перпендикулярна до горизонталі *h*. Проведемо нову вісь x_{14} перпендикулярно до горизонталі h_1 . Площина Π_1 стане незмінною.

3. З незамінних проекцій A_1, B_1, C_1, S_1 проведемо лінії зв'язку.

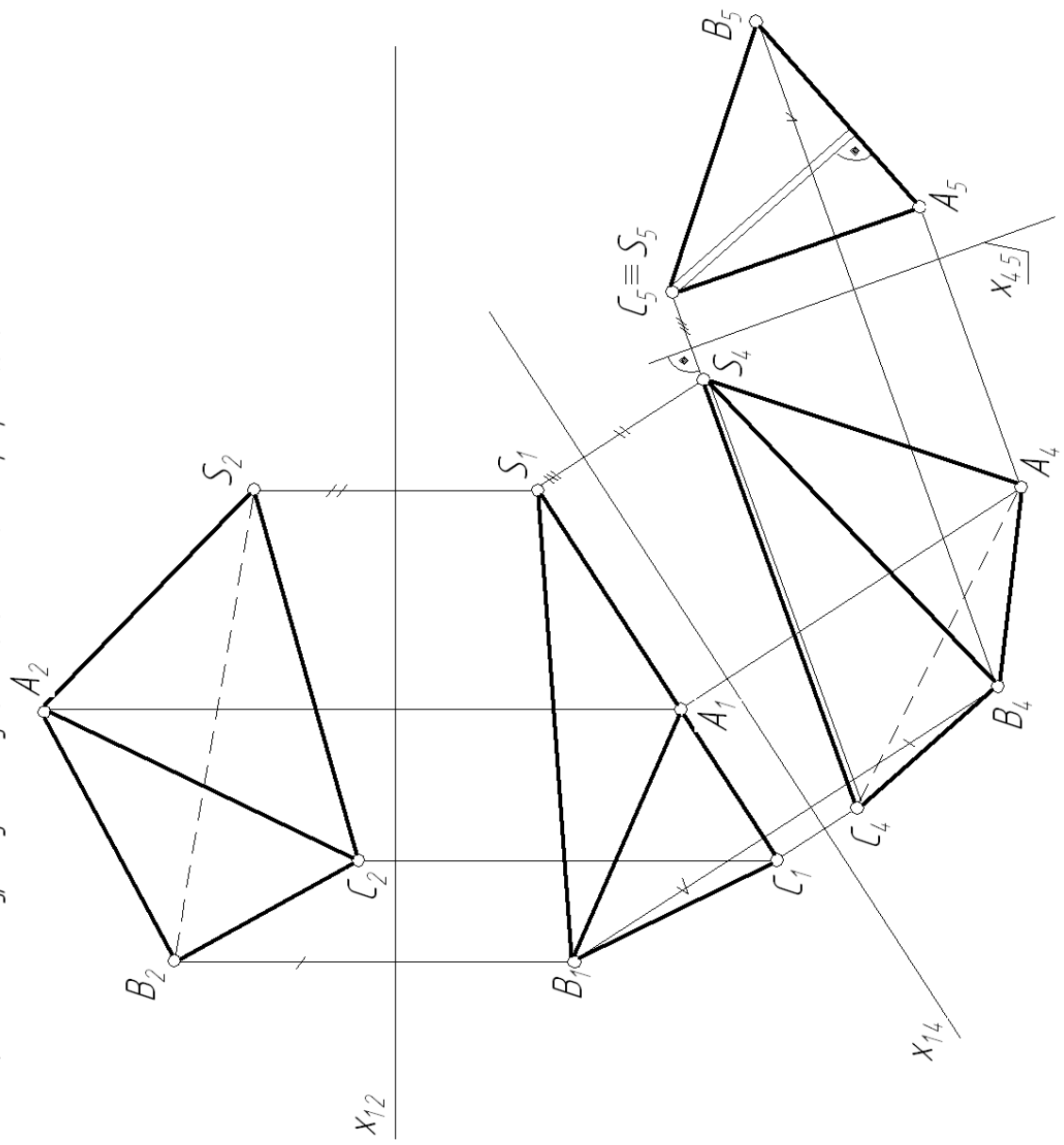
4. Від нової вісі x_{14} , на площину проекцій Π_4 , відкладемо координати точок з заміної площині проекцій Π_2 . Наприклад, від B_2 до x_{12} , від S_2 до x_{12} , від A_2 до x_{12} .

5. Задана грань *ABS* на площину Π_4 спроекціювалась в пряму лінію. Перпендикуляр з вершини C_4 на проекцію грані $A_4B_4S_4$ визначить шукану величину.

г) відстань від ребра до паралельної йому грані.

Задану грань, після відповідного перетворення, треба перевести в проекціовальне положення – в пряму. Відстань визначається перпендикуляром з проекції заданого ребра на пряму, в яку проекціюється задана грань (рис.1.19, д).

*Завдання 3. Дослідження багатогранника з застосуванням способів перетворення проєкції.
 Чума: дівизначити натуральну величину відстані між мимобіжними ребрами АВ і СS.*



Варіант 31
 група XX-1-1X
 Прізвище І.П.

Рис. 1.20. Приклад виконання завдання 3 б

г) відстань між паралельними гранями.

Задані грані, після відповідного перетворення, треба перевести в проєкціовальне положення – в прямі. Відстань визначиться перпендикуляром між прямими, в які проєкціюються грані (рис. 1.19, е).

д) визначити величину кута між двома гранями при зазначеному ребрі (приклад виконання, рис. 1.22).

Розглянемо розв'язання задачі на прикладі з використанням *плоско-паралельного переміщення*.

1. На площині Π_1 перемістимо проєкцію багатогранника без зміни її розмірів. Переміщення закінчимо, коли проєкція зазначеного ребра A_1S_1 розташується паралельно до x_{12} .

2. На підставі правила (п. 2.2 на стор. 39), на площині Π_2 кожна точка переміщується по прямій лінії, яка паралельна до x_{12} .

3. За допомогою ліній зв'язку, визначимо проєкції точок після переміщення $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \bar{C}_2, \bar{S}_2$.

4. З'єднаємо нові проєкції точок між собою, а проєкцію зазначеного ребра $\bar{A}_2\bar{S}_2$, що спроєкціювалося в HB , позначаємо подвійною лінією.

5. На площині Π_2 переміщуємо проєкцію багатогранника без зміни її розмірів. Переміщення закінчимо, коли проєкція зазначеного ребра $\bar{A}_2\bar{S}_2$ розташується перпендикулярно до x_{12} .

6. На горизонтальній площині проєкцій ребро проєкціюється в точку $\bar{A}_1 \equiv \bar{S}_1$, відповідні грані – в прямі лінії, а кут між ними – в HB кута при зазначеному ребрі.

«*» д) визначити HB грані (приклад виконання, рис. 1.23).

Розглянемо приклад розв'язання задачі використовуючи *обертання навколо лінії рівня*.

1. Грань, яка в прикладі задана трикутним відсіком, проєкціюється на площину проєкцій в HB , якщо її, після обертання навколо лінії рівня, розташувати паралельно площині проєкцій. Проводимо горизонталь h грані ABC .

1. При обертанні грані ABC навколо горизонталі h вершина K та точка I нерухомі, а вершини B та C обертаються в площинах перпендикулярних h . Визначивши HB радіуса обертання кожної вершини, визначимо і HB грані.

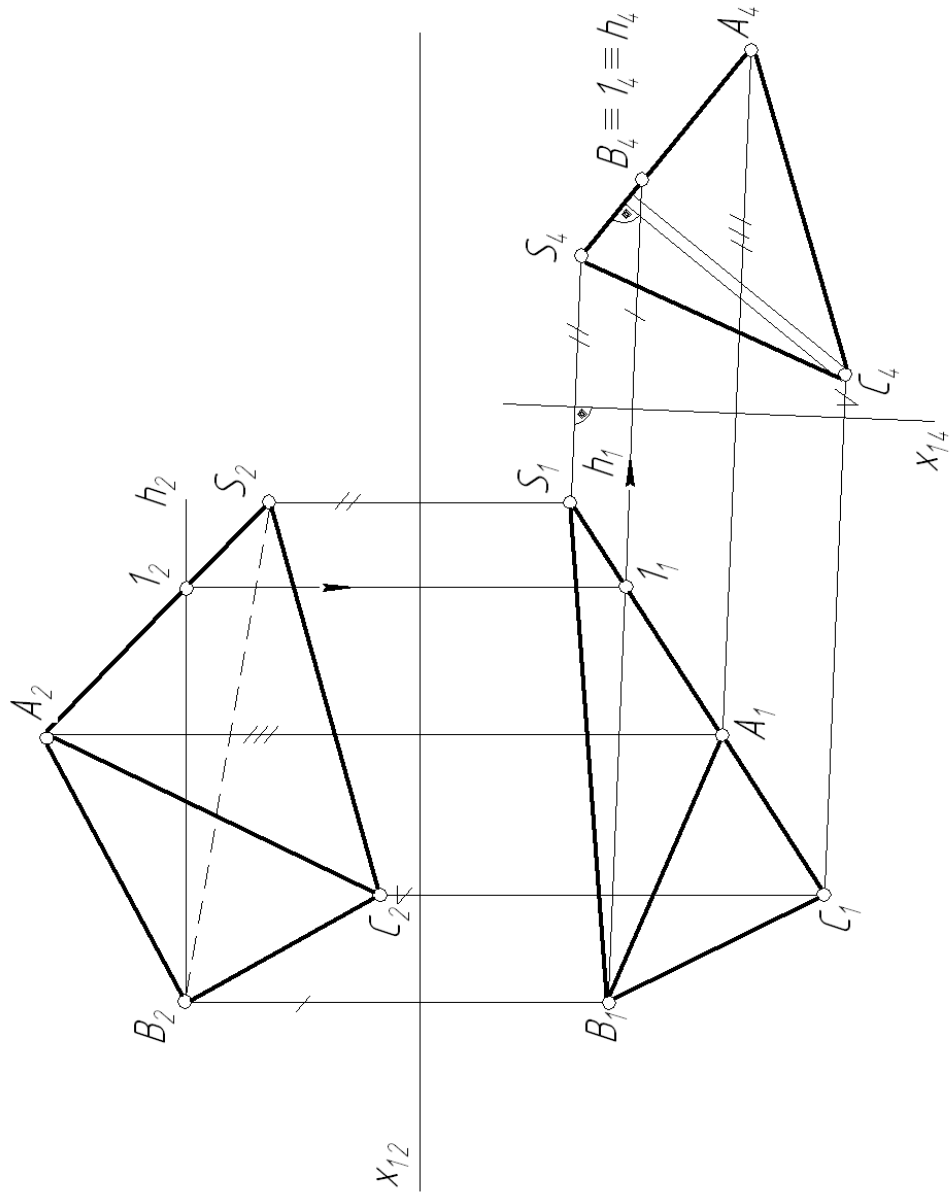
2. Перпендикуляр з B_1 на h_1 визначить горизонтальну проєкцію радіуса обертання точки навколо горизонталі, а точка O_1 – проєкцію центра обертання.

3. За допомогою *способу прямокутного трикутника* визначимо HB радіуса $R (B_1O_1)$ обертання вершини D . Подальша побудова зрозуміла з приклада.

Кожна задача завдання розв'язується одним із способів перетворення проєкцій.

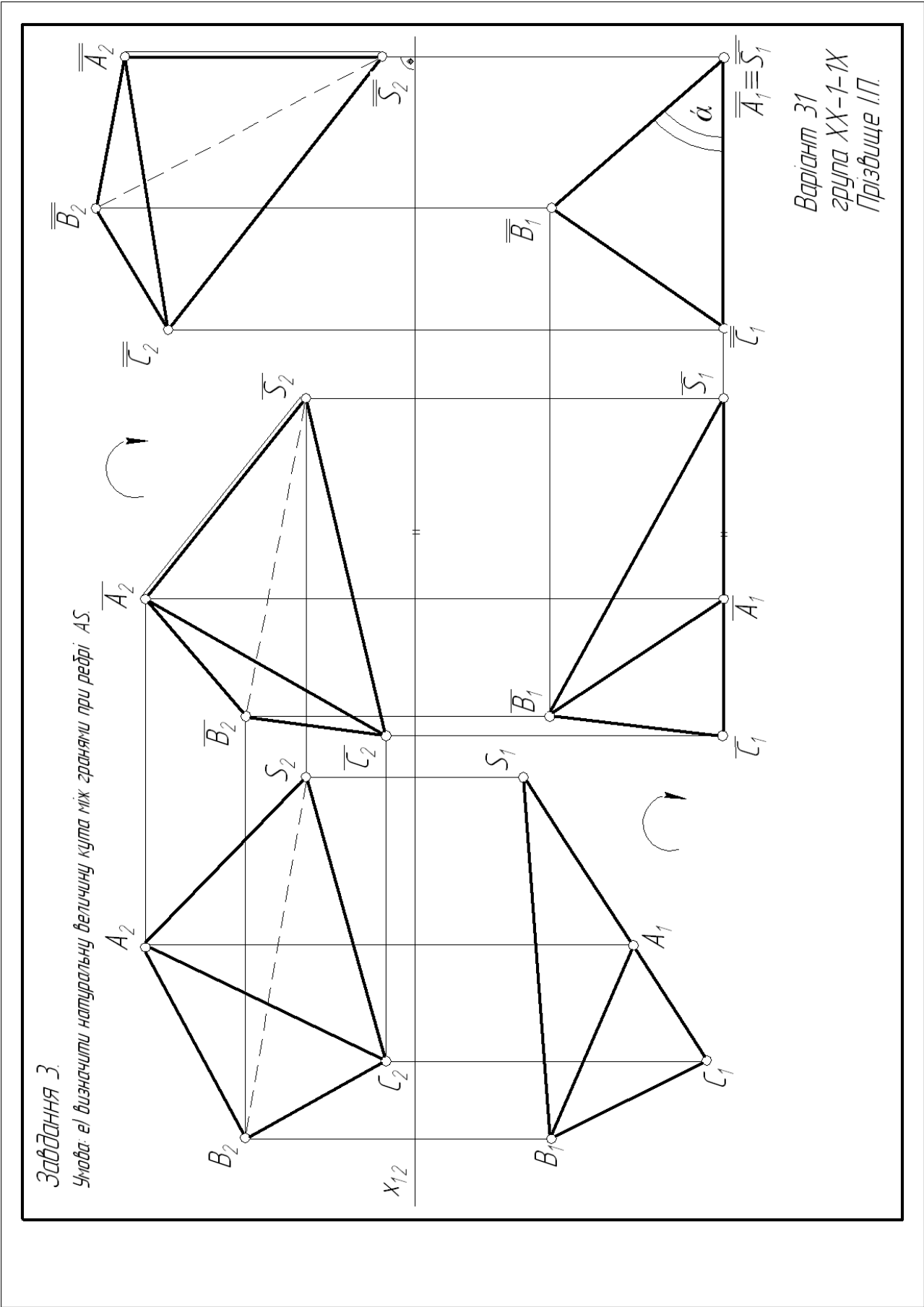
Завдання 3. Дослідження багатогранника з застосуванням способів перетворення проєкції.

Умова: θ ! визначити натуральну величину відстані від вершини C до AB .



Варіант 31
група ХХ-1-1Х
Прізвище І.П.

Рис. 1.21. Приклад виконання завдання 3 в



Варіант 31
 група XX-1-1X
 Прізвище ІП.

Рис. 1.22. Приклад виконання завдання 3 г

Завдання 2. Площина. Взаємно перпендикулярні та паралельні площини
 Умова: з'ясувати натуральну величину трикутника ABC .

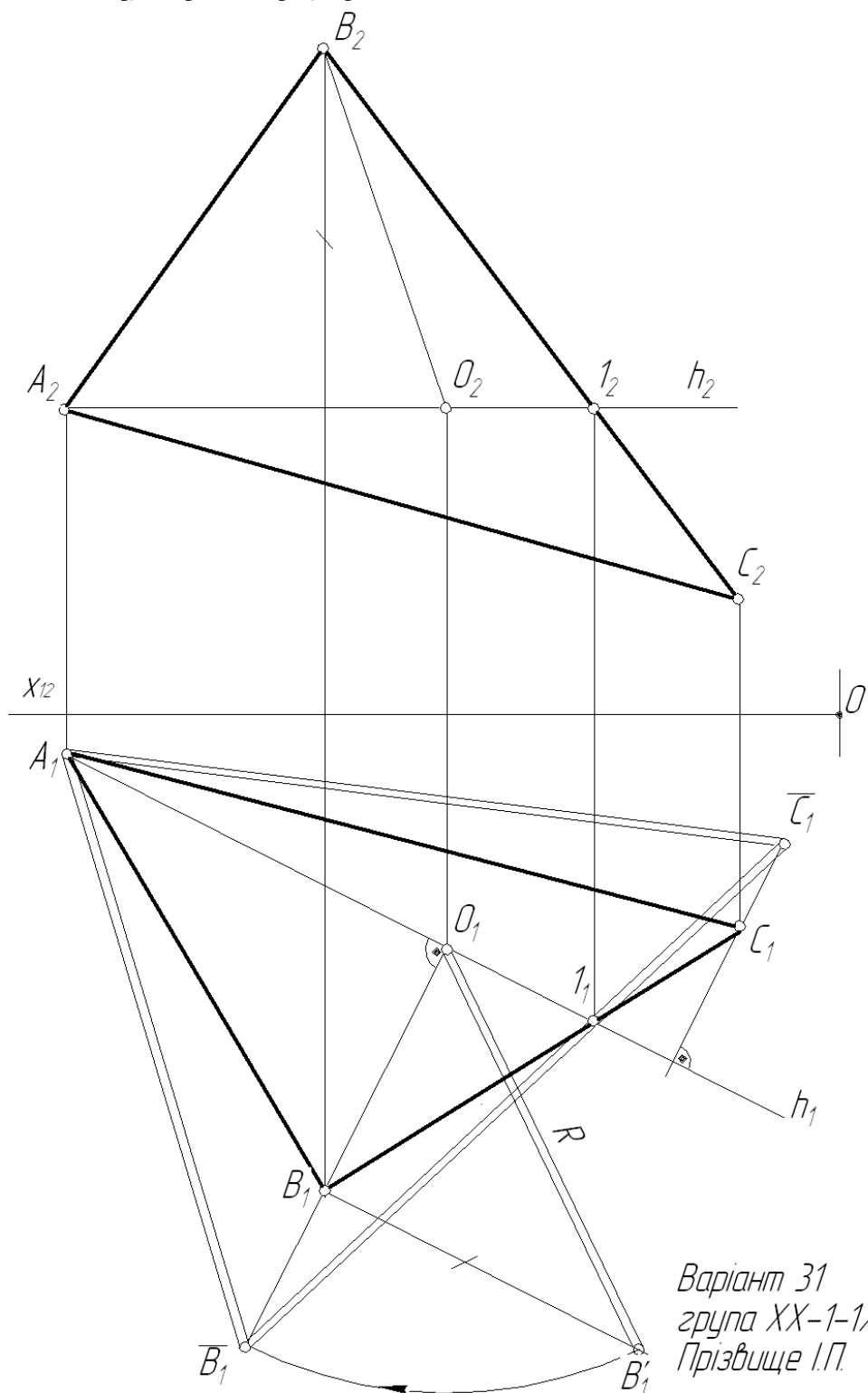


Рис. 1.23. Приклад виконання завдання 3 д

Таблиця 1.4. Проекції багатогранників до завдання 3

<p>5</p> <p> $\delta) AS \perp BC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } BC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } BC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>10</p> <p> $\delta) AB \perp SC$ $\theta) \text{від } A \text{ до } SC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } SC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>15</p> <p> $\delta) BS \perp AC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } AC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } AC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>
<p>4</p> <p> $\delta) AS \perp BC$ $\theta) \text{від } B \text{ до } AS$ $\epsilon) \alpha \text{ по } AS$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>9</p> <p> $\delta) AS \perp BC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } BC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } BC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>14</p> <p> $\delta) AC \perp SB$ $\theta) \text{від } B \text{ до } AC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } AC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>
<p>3</p> <p> $\delta) AB \perp SC$ $\theta) \text{від } B \text{ до } SC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } SC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>8</p> <p> $\delta) CS \perp AB$ $\theta) \text{від } B \text{ до } CS$ $\epsilon) \alpha \text{ по } CS$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>13</p> <p> $\delta) SA \perp BC$ $\theta) \text{від } B \text{ до } SA$ $\epsilon) \alpha \text{ по } SA$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>
<p>2</p> <p> $\delta) AC \perp BS$ $\theta) \text{від } A \text{ до } BS$ $\epsilon) \alpha \text{ по } BS$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>7</p> <p> $\delta) SB \perp AC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } AC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } AC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>12</p> <p> $\delta) BA \perp SC$ $\theta) \text{від } A \text{ до } SC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } SC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>
<p>1</p> <p> $\delta) AS \perp BC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } BC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } BC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>6</p> <p> $\delta) AB \perp SC$ $\theta) \text{від } S \text{ до } SC$ $\epsilon) \alpha \text{ по } SC$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>	<p>11</p> <p> $\delta) AS \perp BC$ $\theta) \text{від } C \text{ до } AS$ $\epsilon) \alpha \text{ по } AS$ $\zeta) \Delta ABC$ </p>

<p>16</p> <p>а) $AD \perp BE$ б) $\Delta D \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } BE$ п. BE ж) ΔABC</p>	<p>21</p> <p>а) $BE \perp CF$ б) $\Delta E \perp \Delta ABC$ н. ABC е) $\alpha \perp \text{пл. } BE$ ж) ΔDEF</p>	<p>17</p> <p>а) $AD \perp BE$ б) $\Delta A \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>	<p>22</p> <p>а) $AD \perp BE$ б) $\Delta E \perp \Delta ABC$ н. ABC е) $\alpha \perp \text{пл. } BE$ ж) ΔABC</p>	<p>18</p> <p>а) $AD \perp CF$ б) $\Delta C \perp \Delta ADF$ н. ADF е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>	<p>23</p> <p>а) $BE \perp CF$ б) $\Delta F \perp \Delta ABE$ н. $ABDE$ е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>	<p>19</p> <p>а) $AD \perp BE$ б) $\Delta A \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>	<p>24</p> <p>а) $AD \perp BE$ б) $\Delta EB \perp \Delta ADF$ н. ADF е) $\alpha \perp \text{пл. } CF$ ж) ΔDEF</p>	<p>20</p> <p>а) $AD \perp CF$ б) $\Delta C \perp \Delta ADF$ н. ADF е) $\alpha \perp \text{пл. } BE$ ж) ΔABC</p>	<p>25</p> <p>а) $AB \perp CF$ б) $\Delta BE \perp \Delta ADF$ н. ADF е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>	<p>26</p> <p>а) $AD \perp EF$ б) $\Delta AD \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } BC$ ж) ΔABC</p>	<p>27</p> <p>а) $BE \perp AC$ б) $\Delta CF \perp \Delta ABE$ н. $ABDE$ е) $\alpha \perp \text{пл. } BE$ ж) ΔABC</p>	<p>28</p> <p>а) $AB \perp CF$ б) $\Delta AD \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } AB$ ж) ΔABC</p>	<p>29</p> <p>а) $CF \perp DE$ б) $\Delta AD \perp \Delta BEFC$ н. $BEFC$ е) $\alpha \perp \text{пл. } AC$ ж) ΔABC</p>	<p>30</p> <p>а) $ED \perp AB$ б) $\Delta BE \perp \Delta ADF$ н. ADF е) $\alpha \perp \text{пл. } AD$ ж) ΔABC</p>
---	---	---	---	---	--	---	--	---	--	--	---	--	--	--

Завдання 4. Переріз багатогранника проекційвальною площиною. Визначити видимість ліній перерізу.

Загальні положення по темі завдання 4

Багатогранником називають тіло, яке обмежено плоскими багатокутниками. Твірними багатогранника є *грані*, сторони граней називають *ребрами*, а їх вершини – *вершини* багатогранника. Сукупність всіх ребер багатогранника називають його *сіткою*.

Перетин багатогранників площиною

Лінією перетину багатогранника площиною, у загальному випадку, є плоский багатокутник (див. рис. 1.24). Фігура, яка утворюється при перетині поверхні січною площиною, називається *перерізом*.

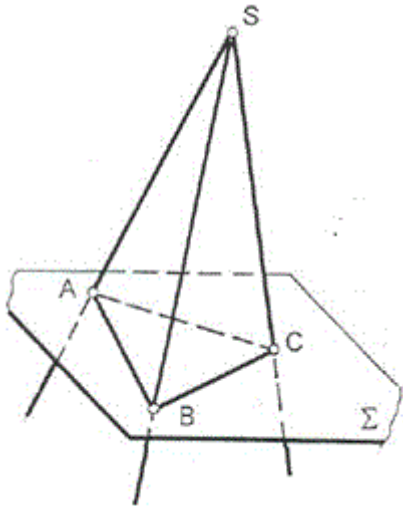


Рис. 1.24

Для побудови такого багатокутника необхідно знайти точки перетину ребер призми або піраміди заданою площиною. Або знайти лінії, по яким грані призми або піраміди перетинаються площиною. В першому випадку побудова зводиться до задачі на перетин прямої з площиною, в другому випадку – на перетин площин (граней багатогранників) між собою.

На рис. 1.25 представлено перетин похилої піраміди проекційвальною січною площиною Σ .

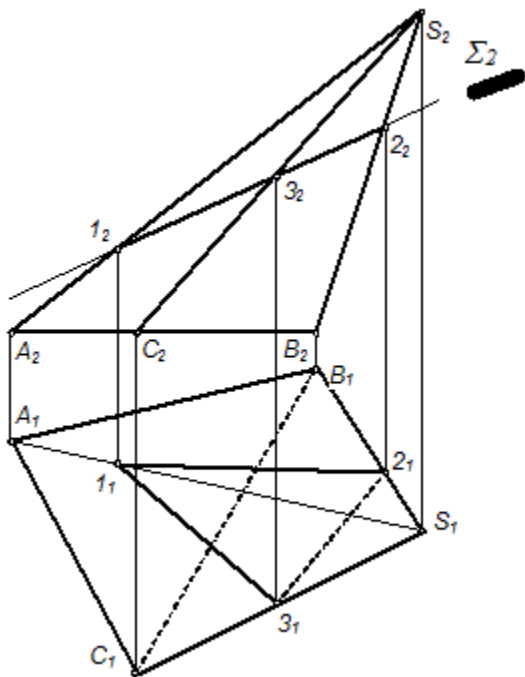


Рис. 1.25

Якщо *площина перерізу проекційвальна*, то *фігура перерізу многогранника збігається зі слідом площини на площині проєкцій, до якої ця площина перпендикулярна*.

Лінія перетину тригранної піраміди $ABCS$ загального положення з фронтально проекційвальною площиною Σ на фронтальній проєкції збігається з проєкцією площини. Горизонтальну проєкцію лінії перетину $1-2-3$ можна визначити за фронтальними проєкціями шуканих точок, які належать відповідним ребрам піраміди – за їх відповідністю. Точка 1 належить ребру AS , точка 2 належить ребру BS , точка 3 належить ребру CS .

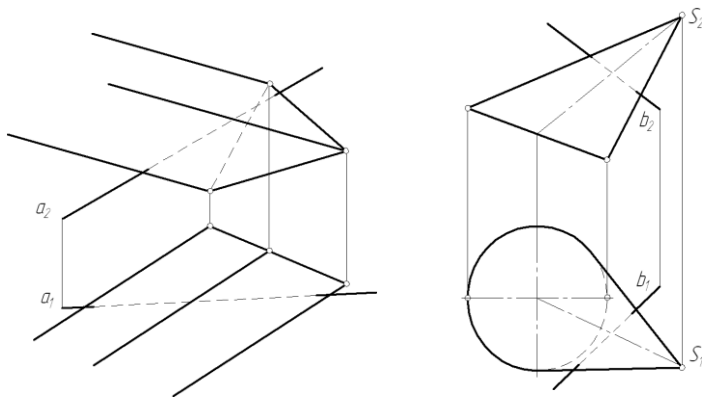
Аналогічно виконується побудова лінії перетину призми проекціовальною січною площиною.

Визначення видимості перерізу

Видимість перерізу на площинах проекцій визначається на підставі видимості граней, яким належать його елементи. На рис. 1.25 лінія 1_1-3_1 зображається як видима, так як належить грані ASC яка проєкціюється як видима (її ребро AC видиме на площині Π_1). Ребро BC не видиме на площині Π_1 , тому грань BSC не видиме на цій площині, відповідно лінія 2_1-3_1 зображена невидимою.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Що таке переріз?
2. Як будується фігура, яка утворена при перетині поверхні призми або піраміди площиною?
3. Як визначити видимість перерізу, лінії взаємного перетину?
4. Побудувати перетин поверхні проекціовальною площиною, за умовою, що її слід збігається з однією з проєкцій прямої.



Література: [4] – с.113 – 117, [10] – с. 114 – 118,
[15] – с.43 – 48.

Умова завдання 4

Побудувати переріз даної поверхні проекціовальною площиною. Визначити видимість ліній перерізу.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.26.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.5 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови щодо виконання завдання 4

1. Побудувати переріз заданої поверхні проекціовальною площиною.

Зображення фігури, яке отримане при уявному перерізі поверхні геометричного тіла площиною, називають *перерізом*.

При розв'язанні задачі визначимо точку перетину кожного ребра багатогранника (призми або піраміди) січною площиною.

Оскільки січна площина займає проекціовальне положення, то одна з проекцій перерізу вже існує. Вона збігається зі слідом січної площини на відповідній площині проекцій. На цьому сліді знаходяться також відповідні проекції точок перетину ребер (твірних) фігури заданою січною площиною.

Розв'язання задачі полягає у визначенні проекцій цих точок на іншій площині проекцій. Проекції точок перерізу визначаємо за їх належністю до відповідних елементів – ребер. Тобто проекції знаходяться точці перетину ліній проекціовального зв'язку із відповідними проекціями ребер.

Перетин багатогранника проекціовальною січною площиною (рис. 1.26). За умовою, поверхню похилої піраміди, основа якої належить площині Π_2 перетинає горизонтально проекціовальна площина Σ . На рис. 12 наведено приклад виконання завдання.

Площина Σ проекціюється на площину Π_1 в пряму лінію Σ_1 , в яку проекціюється і сам переріз. Тобто переріз збігається зі слідом січної площини.

Визначаємо точки перерізу бічних ребер піраміди січною площиною Σ . Ребро SA перетинається в точці 1 (тобто його проекція S_1A_1 перетинається січною площиною в точці 1_1), ребро SB в точці 2 , а ребро SC в точці 3 .

Точка належить прямій коли їх проекції збігаються. Точка 1 належить ребру SA , тому проекції точки будуть розташовані на всіх проекціях цього ребра. Використовуючи проекціовальний зв'язок визначаємо фронтальну проекцію точки 1 . Так само визначаємо фронтальні проекції інших точок, в нашому випадку точок 2 і 3 .

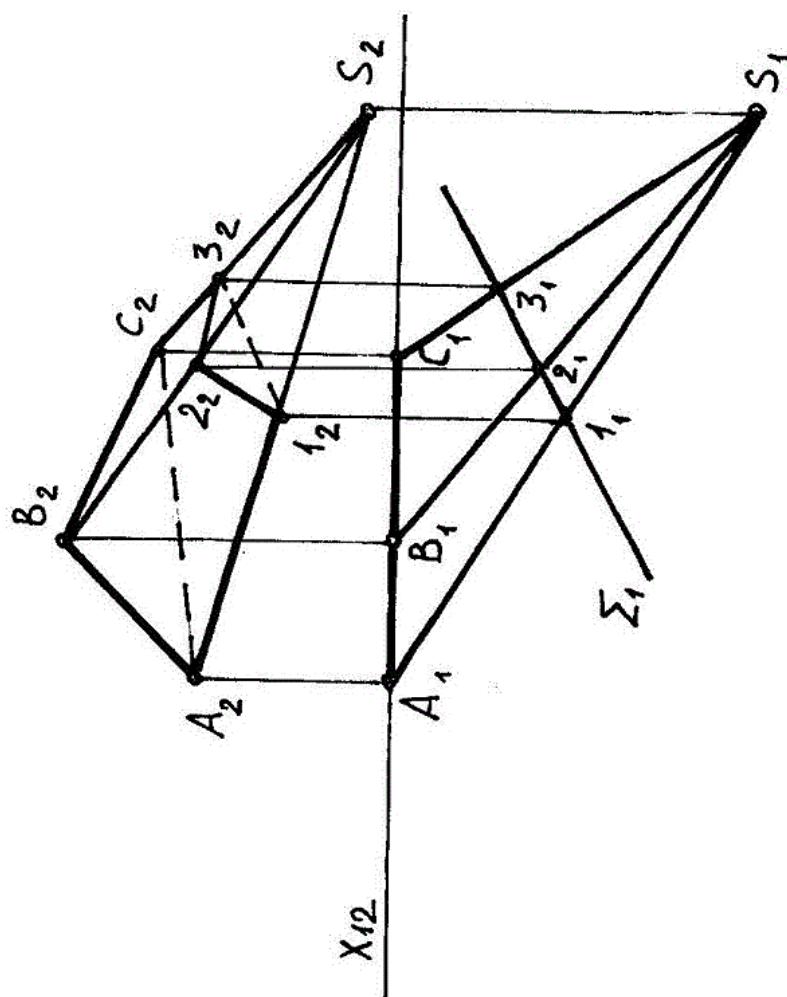
2. Визначення видимості перерізу

На наступному етапі виконання завдання треба визначити видимість перерізу (його елементів) на площинах проекцій. Якщо лінія перерізу розташована на грані, яка проекціюється на площину проекцій як видима, то і лінія перерізу зображується як видима.

Проекція грані $A_2S_2B_2$ на площині проекцій Π_2 зображується як видима, тому що ребро основи A_2B_2 зображене як видиме. Лінія перерізу 1_22_2 належить цьому ребру, то і зображується на площині проекцій Π_2 як видиме. Так само зображується як видима лінія перерізу 2_23_2 , тому що належить грані $B_2S_2C_2$, яка в свою чергу зображена як видима.

А лінія перерізу 1_23_2 зображена як невидима (з використання лінії штрихової), тому що грань $A_2S_2C_2$ зображена як невидима – її ребро основи A_2C_2 зображене як невидиме.

Завдання 4. Переріз піраміди проектуючою площиною.



Варіант №18
гр. БХХ - ХХ
Онищенко М.П.

Рис. 1.26. Приклад виконання завдання 4. Перетин піраміди

Варіанти до завдання 4

Таблиця 1.5. Проекції багатогранників до завдання 4

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

<p>11</p>	<p>16</p>
<p>12</p>	<p>17</p>
<p>13</p>	<p>18</p>
<p>14</p>	<p>19</p>
<p>15</p>	<p>20</p>

<p>21</p> <p>Σ_1</p>	<p>26</p> <p>Σ_2</p> <p>Σ_1</p>
<p>22</p> <p>Σ_1</p>	<p>27</p> <p>Σ_1</p>
<p>23</p> <p>Σ_1</p>	<p>28</p> <p>Σ_1</p>
<p>24</p> <p>Σ_2</p>	<p>29</p> <p>Σ_2</p> <p>Σ_1</p>
<p>25</p> <p>A_2</p> <p>B_2</p> <p>A_1</p> <p>B_1</p> <p>Σ_1</p>	<p>30</p> <p>Σ_1</p>

«*» Завдання 5. Переріз багатогранника площиною загального положення та побудова натуральної величини перерізу

Загальні положення по темі завдання 5

Основою для виконання завдання є задача на перетин прямої з площиною, яку можна розв'язати використовуючи *допоміжну січну площину*. При використанні цього способу *допоміжні проекціювальні січні площини* проводять через ребра багатогранника. Задача зводиться до визначення точки зустрічі прямої (ребра) з проекціювальною площиною.

Для спрощення рішення задачі доцільно використати один із способів перетворення проєкцій: *допоміжне косокутне проєкціювання*, *заміну площин проєкцій*.

На рис. 1.27 розглянуто найпростіші випадки побудови лінії перетину багатогранників площиною. Нарис. 1.27, *а* представлено перетин похилої піраміди проекціювальною січною площиною Σ .

Якщо площина перерізу проекціювальна, то фігура перерізу многогранника збігається зі слідом площини на площині проєкцій, до якої ця площина перпендикулярна.

Лінія перетину тригранної піраміди $ABCS$ загального положення з фронтально проекціювальною площиною Σ на фронтальній проєкції збігається з проєкцією площини. Горизонтальну проєкцію лінії перетину $1-2-3$ можна визначити за фронтальними проєкціями шуканих точок, які належать відповідним ребрам піраміди – за їх відповідністю. Точка 1 належить ребру AS , точка 2 належить ребру BS , точка 3 належить ребру CS .

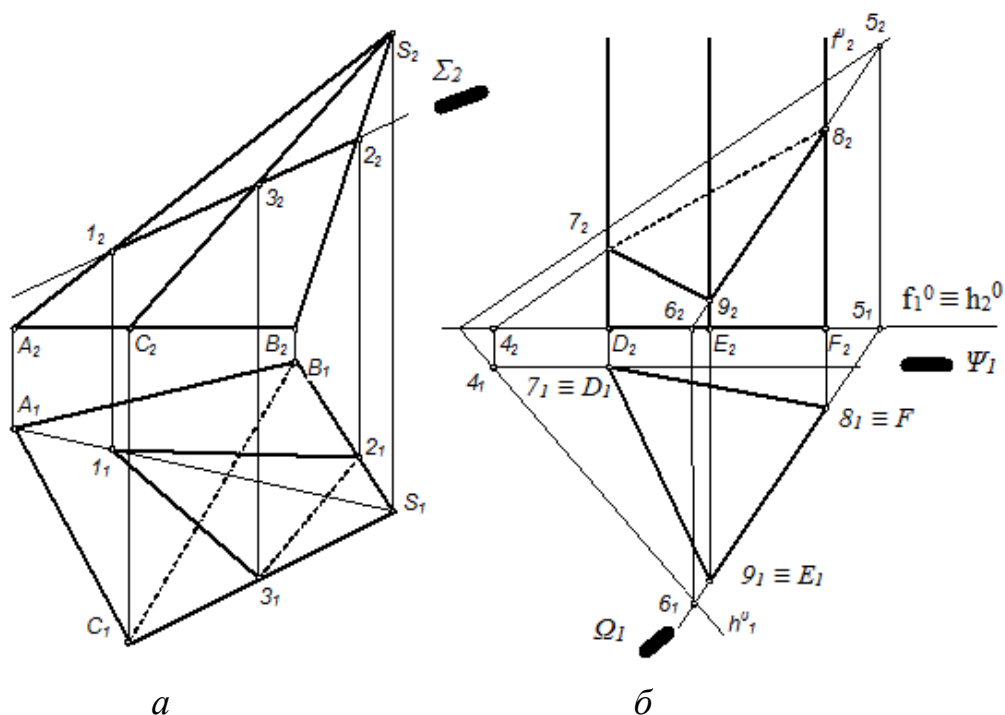


Рис. 1.27

На рис. 1.27, *б* лінія перетину прямої тригранної призми DEF з площиною загального положення, яка задана слідами f^0h^0 , на горизонтальній

проекції збігається з проекцією основи призми – трикутником DEF . Фронтальну проекцію лінії перетину 7-8-9 можна побудувати за точками перетину горизонтально проекціювальних бічних ребер призми з заданою площиною, використавши додаткові горизонтально проекціювальні площини Ψ та Ω .

Перетин грані поверхні загального положення площиною загального положення зводиться до пошуку точок перетину прямих з площиною. На рис. 1.28 розглянуто перетин похилої призми площиною загального положення, яка задана трикутником DEK . Задача зводиться до пошуку точок перетину ребер

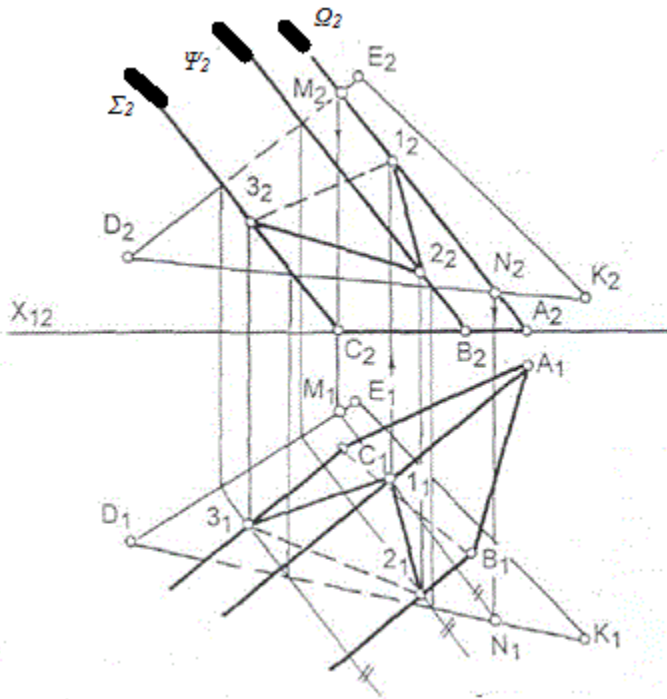


Рис. 1.28

призми з заданою площиною. Через ребро призми, яке проходить через вершину основи точку A , проведено фронтально проекціювальну площину Σ . На горизонтальній площині проекцій визначена проекція M_1N_1 лінії перетину площин: $\Sigma \cap DEK = M_1N_1$.

Перетин проекції бічного ребра, з початковою точкою A_1 , та проекцією лінії перетину площин M_1N_1 визначить горизонтальну проекцію точки I_1 перетину ребра з площиною DEK . Фронтальна проекція точки I_2 визначається за належністю точки прямій. Аналогічно, за допомогою допоміжних

допоміжних площин Ψ_2 та Ω_2 , побудовані проекції точок 2 і 3 лінії перерізу призми площиною. Сполучивши одержані проекції точок відрізками прямих визначимо проекції фігури перерізу призми площиною.

При косокутному допоміжному проекціюванні, на відповідну площину проекцій проекціювання виконують в напрямі прямої, яка належить січній площині загального положення. При цьому площина проекціюється в пряму лінію (слід площини на площині проекцій), а багатогранник – у нову допоміжну проекцію. Перетин допоміжних проекцій ребер багатогранника зі слідом площини перерізу (проекціювальне положення площини) визначить вершини багатокутника перерізу. Зворотнім проекціюванням будують його горизонтальні і фронтальні проекції.

Перетин похилої трикутної піраміди площиною загального положення зображено на рис. 1.29. Для розв'язання задачі використано допоміжне косокутне проєкціювання на площину проєкцій Π_1 у напрямі фронталей площини. При такому проєкціюванні площина проєкціюється своїм горизонтальним слідом h_1^0 , а ребра піраміди – в'язкою прямих. Центр в'язки отримаємо, якщо вершину піраміди S_1 проєкціюємо в напрямі фронталі на площині Π_1 у точку S_1 (допоміжну проєкцію вершини піраміди на Π_1). З'єднавши центр в'язки S_1 з точками основи піраміди, отримаємо допоміжну проєкцію піраміди. У перетині допоміжних проєкцій ребер з

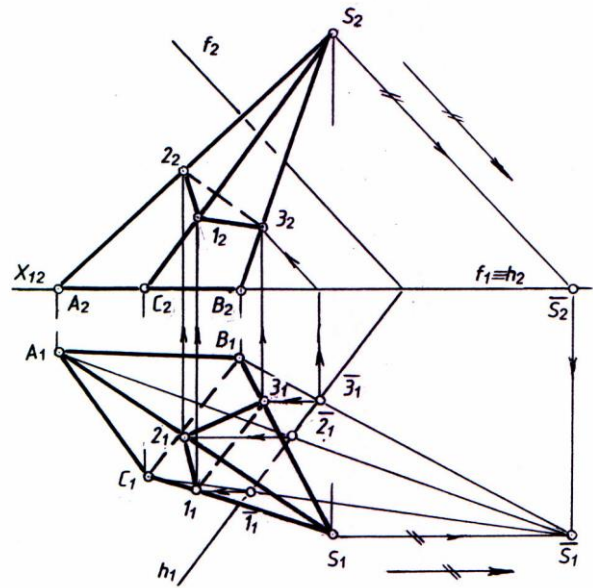


Рис. 1.29

проекцією площини h_1^0 матимемо три допоміжні проєкції $\bar{1}_1, \bar{2}_1, \bar{3}_1$ точок перетину ребер піраміди з січною площиною.

Зворотним проєкціюванням у напрямі фронталі визначаємо точки $1_1, 2_1, 3_1$, а потім – фронтальні проєкції $1_2, 2_2, 3_2$ цих точок. З'єднавши їх, отримаємо трикутник перерізу.

При заміні площин проєкцій задача зводиться до побудови нової проєкції, де площина перерізу повинна займати проєкціювальне положення (див. рис. 1.27), а допоміжна проєкція багатогранника займає відповідне положення при даному способі перетворення проєкцій.

Спосіб побудови перерізу багатогранника площиною так, як і побудову натуральної величини перерізу, студент вибирає самостійно.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Якими способами можна визначити плоский переріз циліндра?
2. Якими способами можна визначити плоский переріз конуса?
3. Які є конічні перерізи?
4. Де розташовані верхня і нижня точки перерізу?
5. Де розташовані точки переходу видимої частини перерізу в невидиму?
6. Як визначається видимість перерізу на площинах проєкцій?

Література:

[4] – с.113 – 117, [10] – с. 114 – 118, [15] – с.43 – 48.

Умова завдання 5

Побудувати переріз даного багатогранника площиною загального положення. Визначити натуральну величину перерізу.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.30.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.6 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 5

Розглянемо розв'язання задачі з застосуванням заміни площин проекцій на прикладі, де грана поверхня задана пірамідою, а січна площина – слідами h^0f^0 , (рис. 1.30).

Розташування січної площини в проекціювальному положенні, дозволяє знайти точки перерізу – точки перетину проекцій ребер багатогранника зі слідом січної площини. Переведемо задану січну площину h^0f^0 в проекціювальне положення. Для цього виберемо нову площину проекцій Π_4 , яка перпендикулярна до сліду січної площини. Проводимо нову вісь проекцій x_{12} перпендикулярно до горизонтального сліду h_1^0 площини. Площина Π_1 стала незмінною.

Січна площина перпендикулярна до Π_4 , тому проекції точок площини будуть розташовані на прямій перетину заданої січної площини з новою площиною проекцій Π_4 , тобто на її сліді. В прикладі такою точкою є довільна точка N_2 взята на фронтальному сліді f_2^0 . Будуємо проекцію вибраної точки на Π_4 . Відстань від N_4 до нової вісі x_{14} дорівнює відстані від N_2 до x_{12} . Через N_4 і точку перетину горизонтального сліду h_1^0 з x_{12} проходить слід f_4 .

Будуємо проекцію піраміди на площині Π_4 . Фронтальна проекція основи піраміди збігається з віссю x_{12} , тому на новій площині проекцій Π_4 основа піраміди також буде збігатись з новою віссю x_{14} . Перетин ліній зв'язку, які проведені з незмінних проекцій A_1, B_1, C_1, D_1 , з новою віссю x_{14} , визначить проекції вершин основи A_4, B_4, C_4, D_4 на площині Π_4 . Проекцію вершини піраміди S_4 на площині Π_4 (відстань від S_4 до нової вісі x_{14} дорівнює відстані від S_2 до x_{12}) з'єднуємо з проекціями вершин основи A_4, B_4, C_4, D_4 .

Перетин сліду заданої січної площини f_4 з проекціями ребер визначить точки перерізу $1_4 2_4 3_4 4_4$

$$1_4 = f_4 \cap S_4 A_4$$

$$2_4 = f_4 \cap S_4 B_4$$

$$3_4 = f_4 \cap S_4 C_4$$

$$4_4 = f_4 \cap S_4 D_4$$

Кожну точку перерізу проекціюємо в зворотному напрямку на проекції ребер, яким ці точки належать.

З'єднаємо точки перерізу, визначаючи видимість його на площинах проєкцій. Якщо грань проєкціюється на площину проєкцій як видима, то і лінія перерізу на цій грані проєкціюється на площину проєкцій видимою.

Для визначення *НВ* перерізу замінюємо площину проєкцій Π_4 на нову площину проєкцій Π_5 , яка паралельна до перерізу. Проводимо нову вісь проєкцій x_{45} паралельно до перерізу $1_4 2_4 3_4 4_4$. Визначаємо проєкції $1_5, 2_5, 3_5, 4_5$, відкладаючи відстань від замінних проєкцій $1_4, 2_4, 3_4, 4_4$ до замінної вісі x_{14} (наприклад, від 1_4 до x_{14}). Чотирикутник $1_5 2_5 3_5 4_5$ визначає *НВ* перерізу.

Завдання 4. Переріз багатогранника
площиною та побудова натуральної
величини перерізу

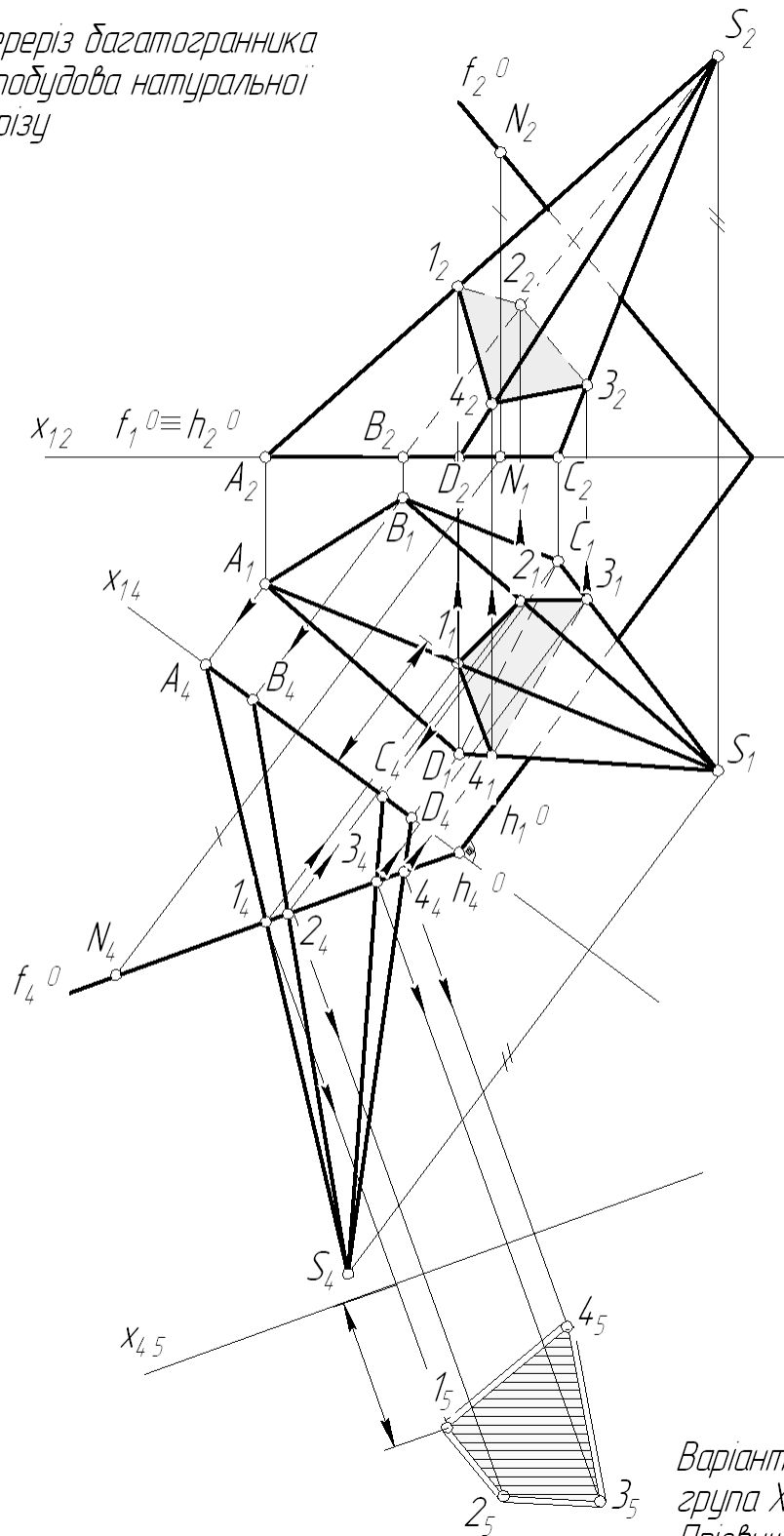
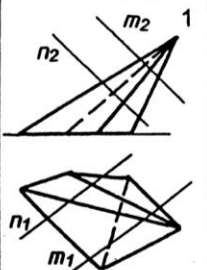
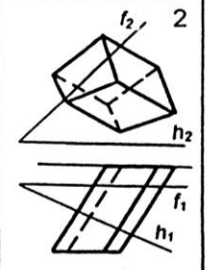
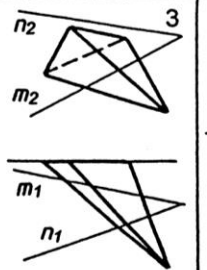
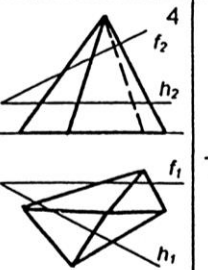
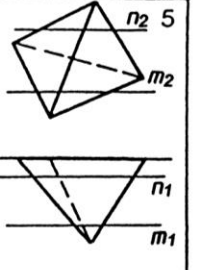
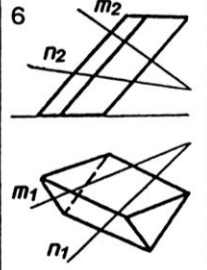
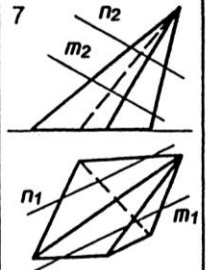
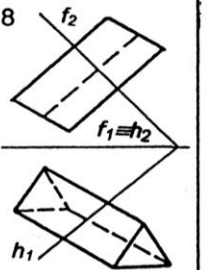
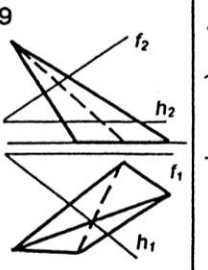
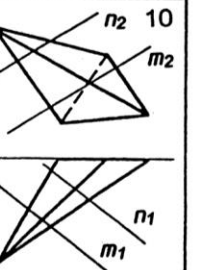
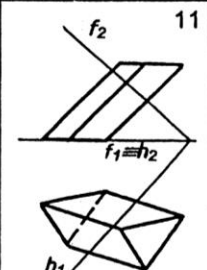
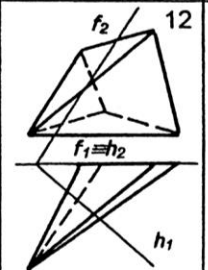
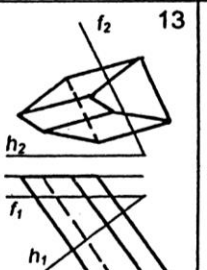
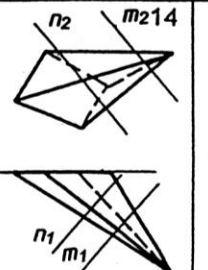
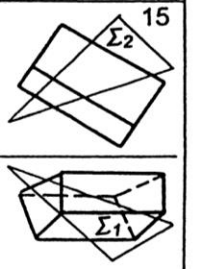
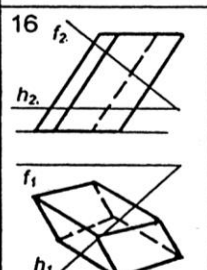
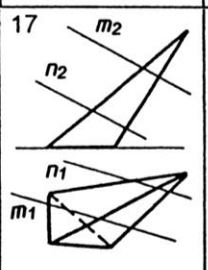
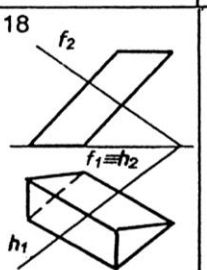
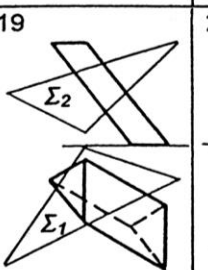
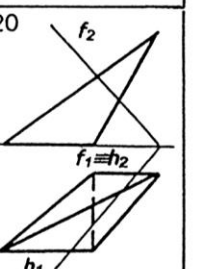
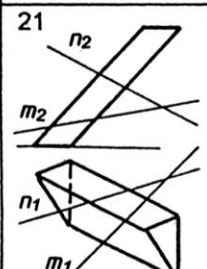
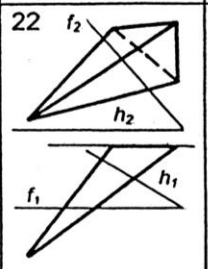
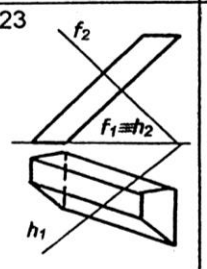
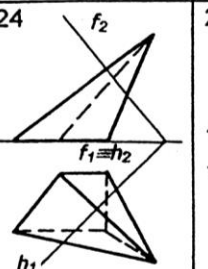
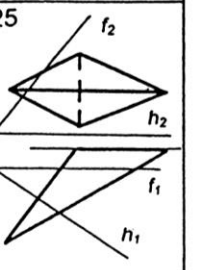
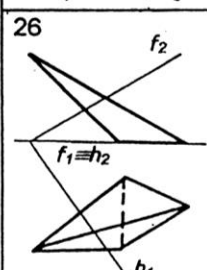
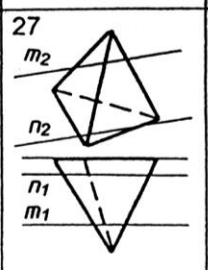
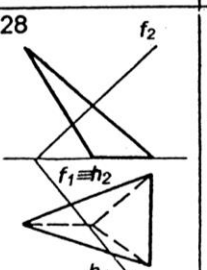
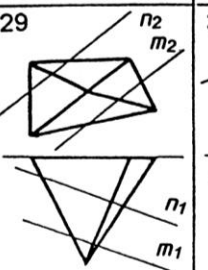
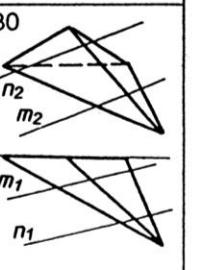


Рис. 1.30. Приклад виконання завдання 5

Варіанти до завдання 5

Таблиця 1.6. Проекції багатогранників до завдання 5

Завдання 6. Переріз тіла обертання проекціовальною площиною

Загальні положення по темі завдання 6

Зображення фігури, яке отримане при уявному перерізі поверхні геометричного тіла площиною, називають *перерізом*.

При розв'язанні задачі визначимо точку перетину кожної *твірної* кривої поверхні (циліндра або конуса) січною площиною.

Оскільки січна площина займає проекціовальне положення, то одна з проекцій перерізу вже існує. Вона збігається зі слідом січної площини на відповідній площині проекцій. На цьому сліді знаходяться також відповідні проекції точок перетину твірних фігури заданою січною площиною.

Розв'язання задачі полягає у визначенні проекцій цих точок на іншій площині проекцій. Проекції точок перерізу визначаємо за їх належністю до відповідних елементів – твірних. Тобто проекції знаходяться точці перетину ліній проекціовального зв'язку із відповідними проекціями твірних як при побудові плоских перерізів призми або піраміди (див. завдання 4). Спільність прийомів впливає з спільності властивостей призм і циліндрів, пірамід і конусів. Якщо нескінченно збільшувати кількість граней піраміди чи призми, то в граничному положенні матимемо конус чи циліндр.

Лінії кінцевого перерізу. Лінії, отримані при перерізі прямого кругового конуса (конус другого порядку) площинами називаються *кінчними перерізами*. Форма кривої залежить від положення січної площини.

На рис. 1.31 зображено п'ять випадків перетину прямого кругового конуса різними січними площинами.

1. Площина перетинає всі твірні поверхні конуса під кутом до вісі конуса – в перерізі утворюється *еліпс*. В особливому випадку, коли площина перпендикулярна вісі конуса (паралельно основі) – в перерізі утворюється *коло* (рис. 1.31, *а*).

2. Площина паралельна одній з твірних конуса – в перерізі утворюється *парабола* (рис. 1.31, *б*).

3. Площина паралельна двом твірним конуса SC і SD – в перерізі утворюється *гіпербола* (рис. 1.31, *в*).

4. Якщо площина проходить через вершину конуса, то вона перетинає конус по *двом твірним* – твірні SC і SD на рис. 1.31, *в*.

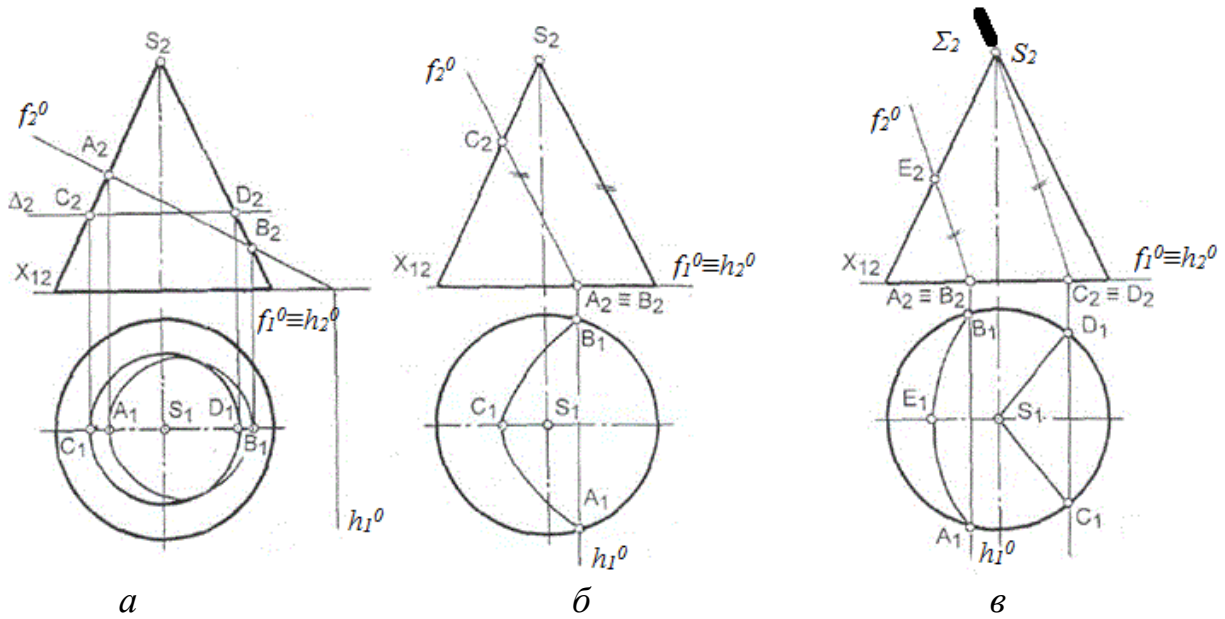


Рис. 1.31

Лінії циліндричного перерізу. Лінії, отримані при перерізі прямого кругового циліндра другого порядку площинами, називаються *циліндричними перерізами*. Форма кривої залежить від положення січної площини:

1. Площина перетинає всі твірні поверхні циліндра під кутом до вісі циліндра – в перерізі утворюється *еліпс*. В особливому випадку, коли площина перпендикулярна вісі циліндра (паралельно основі) – в перерізі утворюється *коло*.

2. Якщо площина проходить паралельно вісі циліндра, то вона перетинає циліндра по *двом твірним*.

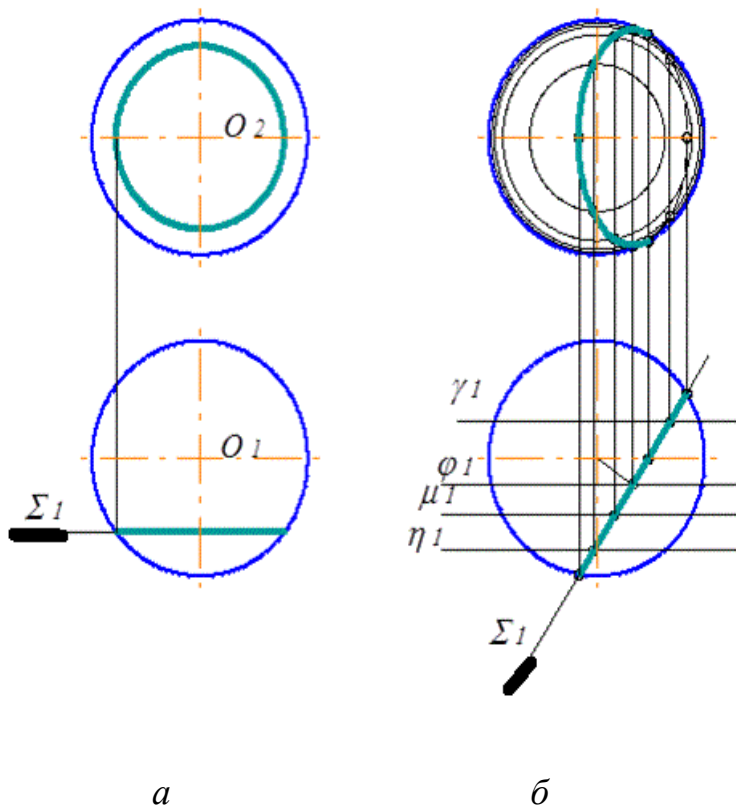


Рис. 1.32

Лінії сферичного перерізу. Лінії, отримані при перерізі сфери площинами називаються *сферичними перерізами*. Форма кривої – завжди *коло* (рис. 1.32, а).

Переріз проєкціюється в *натуральну величину* за умовою – січна площина паралельна відповідній площині проєкцій (рис. 1.32, а). В іншому випадку в перерізі утворюється *еліпс* (рис. 1.32, б).

При побудові перерізу поверхні тіла обертання, насамперед визначають характерні точки лінії перерізу. На рис. 1.33, *а* ці точки показані на прикладі конуса, а на рис. 1.33, *б* – циліндра. До характерних точок відносять: верхню *1* і нижню *2* точки еліпса, а також точки на контурних твірних: точки *3* та *4* – точки переходу видимої частини перерізу в невидиму.

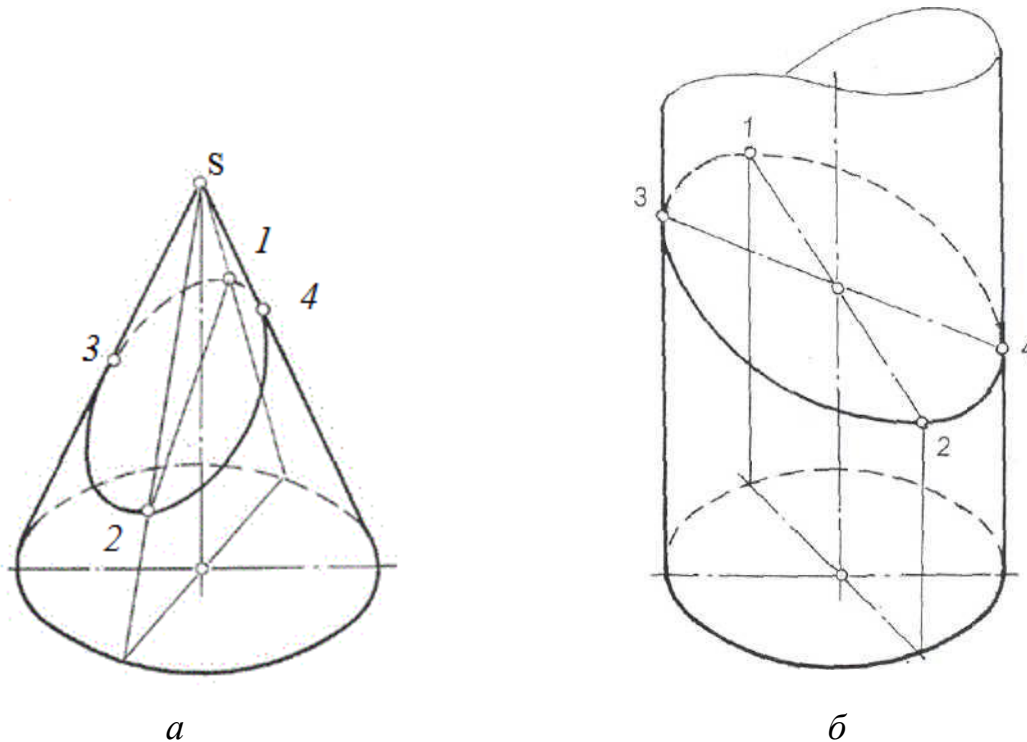


Рис. 1.33

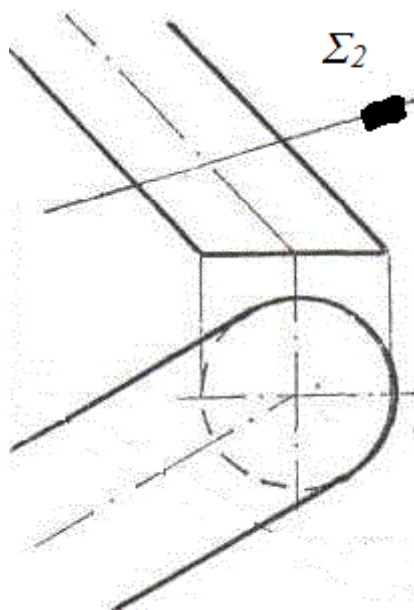
На рис. 1.33 верхня *1* і нижня *б* точки (велика вісь еліпса, по якому перетнеться конус) будуть знаходитись на лінії найбільшого нахилу січної площини Δ . Ця лінія проходить через вісь конуса. Точки *1* та *б* належать контурним (на площині Π_2) твірним конуса. Горизонтальні проекції верхньої 1_1 та нижньої $б_2$ точок знаходять за відповідністю на горизонтальних проекціях цих твірних.

Точки *2* та *5* є межею видимої і невидимої частин фігури перерізу на горизонтальній площині проєкцій. Визначають фронтальні проєкції твірних, яким ці точки належать. Перетин твірних дає точки перерізу 5_2 і $б_2$. За належністю точки лінії, будують горизонтальні проєкції 5_1 і $б_1$.

Для побудови проміжних точок, вибирають довільні твірні. Перетин їх фронтальних проєкцій визначає наступні точки перерізу. Так визначають необхідну кількість точок лінії перерізу.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. По яким лініям перетинається крива поверхні січною площиною?
2. Які фігури утворюються при перетині поверхні циліндра січною площиною в залежності від її положення відносно його вісі?
3. Які фігури утворюються при перетині поверхні конуса січною площиною в залежності від її положення відносно його вісі?
4. Побудувати переріз заданого тіла обертання, коли січна площина займає проєкціувальне положення.



Література по темі лекції:

[1] – с. 165-204, [2] – с. 167-163, [3] – с. 80-88, [4] – с. 61-75.

Умова завдання б

Побудувати переріз тіла обертання проєкціувальною площиною.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.34.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.7 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 6

Переріз тіла обертання проекціювальною площиною. За умовою (рис. 1.34), поверхню похилого конуса, основа якої належить площині Π_1 перетинає фронтально проекціювальна площина Δ . Коли січна розташована під кутом до вісі симетрії то в перерізі утворюється *еліпс*. Приклад виконання завдання 4 наведено на рис. 1.30.

Площина Δ проекціюється на площину Π_2 в пряму лінію Δ_2 , в яку проекціюється і сам переріз. Тобто переріз збігається зі слідом січної площини.

На відміну від перерізу граної поверхні, при перетині кривої визначаємо точки перерізу твірних конуса січною площиною Δ .

Будуємо допоміжні проекції твірних (не менше шести) для яких визначаємо точки перерізу. В загальному вигляді, поверхня конуса утворена переміщенням прямолінійної твірної за умовою, що один її кінець не рухомий, а інший переміщується по криволінійній напрямній. В нашому випадку в якості напрямній виступає коло.

Обов'язково будуємо проекції твірних які є контурними на горизонтальній площині проекцій Π_1 . Вони будуть визначати точки переходу видимої частини перерізу в невидиму. Точки перерізу на контурних твірних для фронтальної площини проекцій Π_2 визначають нижню і верхню точку перерізу.

Визначивши точки перетину твірних зі слідом січною площиною Δ_2 за відповідністю визначаємо їх горизонтальні проекції.

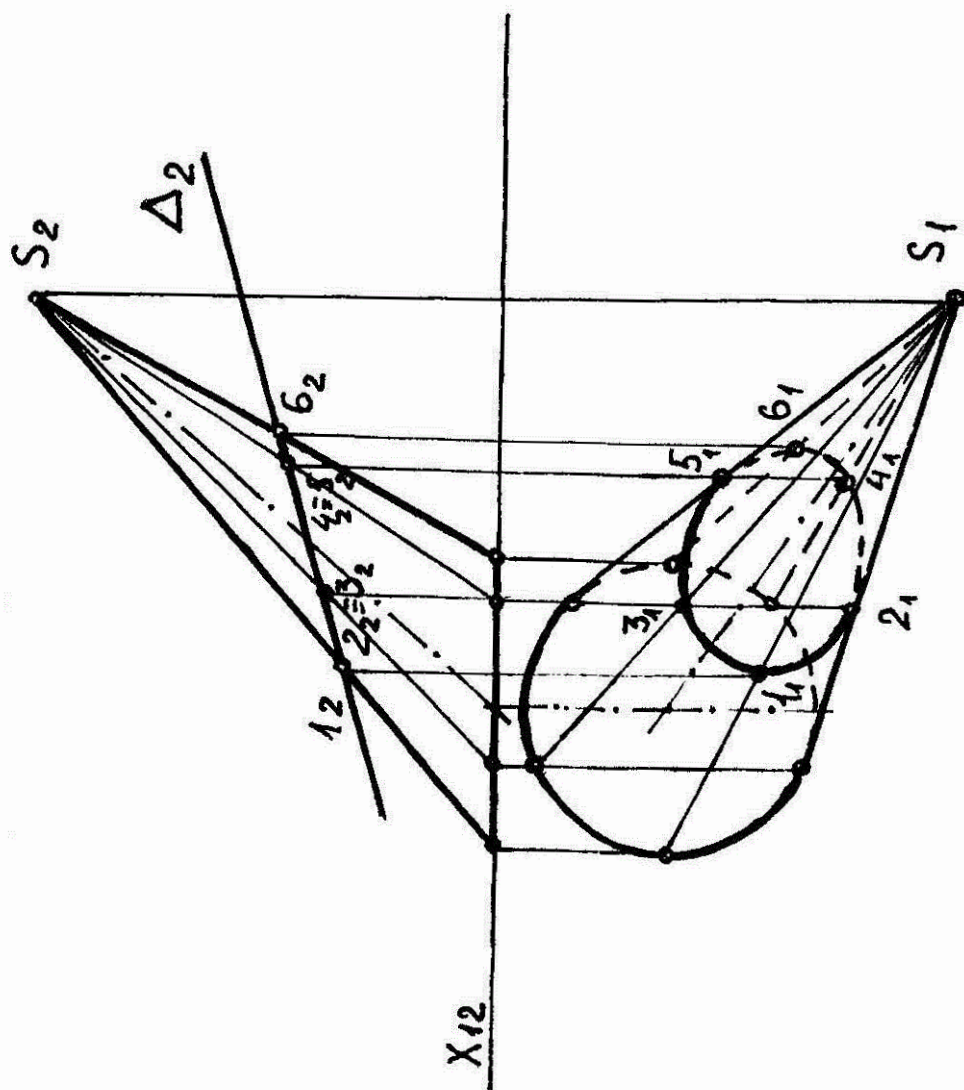
Контурна твірна SA перетинається січною площиною в точці I (тобто її проекція перетинається січною площиною в точці I_2). Інша контурна твірна перетинається січною площиною в точці b_2 , а проміжні контурні твірні в точках $2_2, 3_2, 4_2, 5_2$. Кожну точку проекціюємо на горизонтальну проекцію тієї твірної якої вони належить.

На наступному етапі виконання завдання треба визначити видимість перерізу (його елементів) на площинах проекцій. Якщо точки лінії перерізу розташовані на твірних, які проекціюється на площину проекцій як видимі, то і лінія перерізу зображується як видима.

Твірні з точками перерізу $I_1 3_1$ з'єднують вершину конуса з видимою частиною основи, тому і лінія перерізу на площині проекцій Π_1 зображується як видима, тому що твірні зображені як видимі.

Твірні з точками перерізу $4_1 6_1$ з'єднують вершину конуса з не видимою частиною основи, тому і лінія перерізу на площині проекцій Π_1 зображується як не видима, тому що твірні зображені як не видимі.

Завдання 4. Переріз конуса проектуючою площиною.



Варіант №18
гр. БХХ-ХХ
Онищенко М.П.

Рис. 1.34. Приклад виконання завдання 6

Варіанти до завдання 6

Таблиця 1.7. Проекції кривих поверхонь до завдання 6

1 	2 	3 	4 	5
6 	7 	8 	9 	10
11 	12 	13 	14 	15
16 	17 	18 	19 	20
21 	22 	23 	24 	25
26 	27 	28 	29 	30

«*» Завдання 7. Переріз поверхні циліндра, конуса, кулі площиною загального положення
Загальні положення по темі завдання 7

В основі побудови плоских перерізів циліндра і конуса має місце задача на визначення точки перетину прямої (твірної) з площиною, як при побудові плоских перерізів призми або піраміди (див. завдання 4). Спільність прийомів впливає з спільності властивостей призм і циліндрів, пірамід і конусів. Якщо нескінченно збільшувати кількість граней піраміди чи призми, то в граничному положенні матимемо конус чи циліндр.

Лінії кінченного перерізу. Лінії, отримані при перерізі прямого кругового конуса (конус другого порядку) площинами називаються *кінченими перерізами*. Форма кривої залежить від положення січної площини.

На рис. 1.35 зображено п'ять випадків перетину прямого кругового конуса різними січними площинами.

1. Площина перетинає всі твірні поверхні конуса під кутом до вісі конуса – в перерізі утворюється *еліпс*. В особливому випадку, коли площина перпендикулярна вісі конуса (паралельно основі) – в перерізі утворюється *коло* (рис. 1.35 а).

2. Площина паралельна одній з твірних конуса – в перерізі утворюється *парабола* (рис.1.35, б).

3. Площина паралельна двом твірним конуса SC і SD – в перерізі утворюється *гіпербола* (рис. 1.35, в).

4. Якщо площина проходить через вершину конуса, то вона перетинає конус по *двом твірним* – твірні SC і SD на рис. 1.35, в.

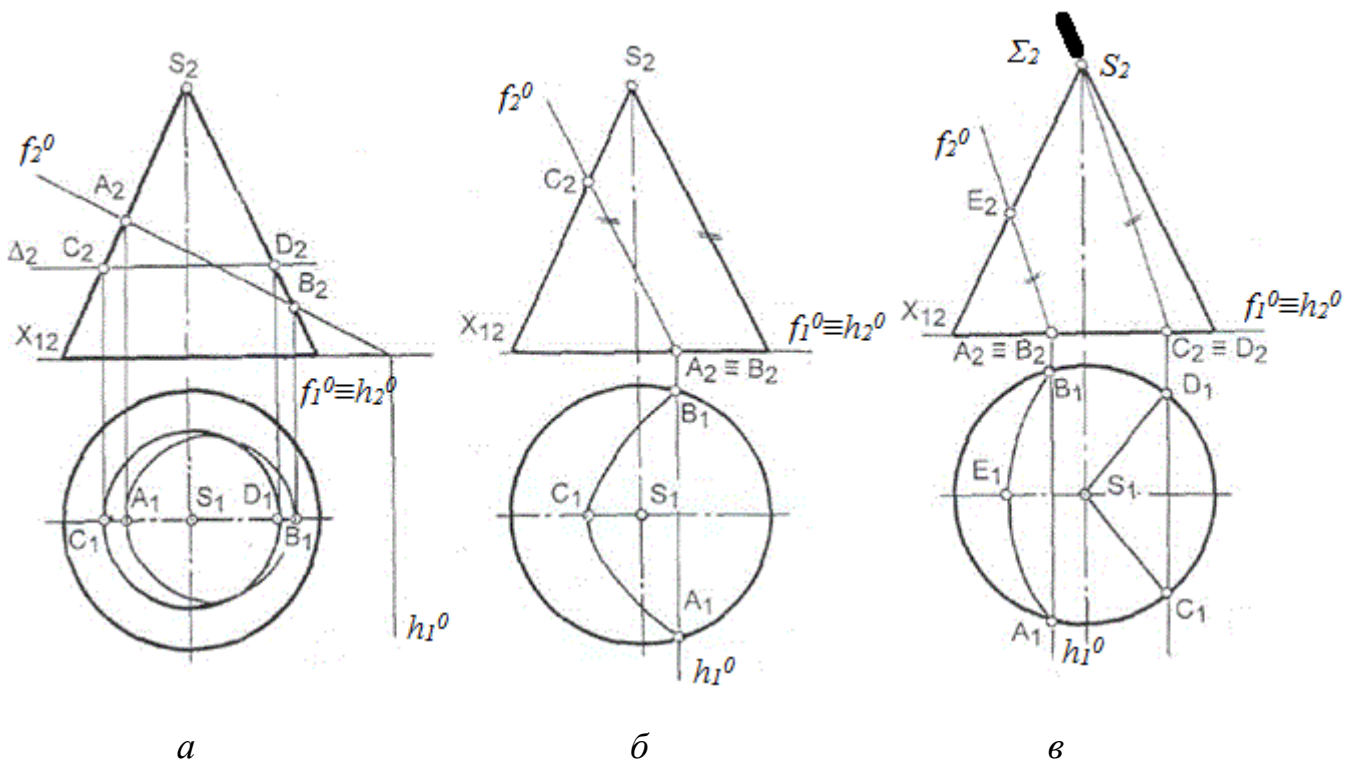


Рис. 1.35

Лінії циліндричного перерізу. Лінії, отримані при перерізі прямого кругового циліндра другого порядку площинами, називаються *циліндричними перерізами*. Форма кривої залежить від положення січної площини:

1. Площина перетинає всі твірні поверхні циліндра під кутом до вісі циліндра – в перерізі утворюється *еліпс*. В особливому випадку, коли площина перпендикулярна вісі циліндра (паралельно основі) – в перерізі утворюється *коло*.

2. Якщо площина проходить паралельно вісі циліндра, то вона перетинає циліндра по *двом твірним*.

Лінії сферичного перерізу. Лінії, отримані при перерізі сфери площинами називаються *сферичними перерізами*. Форма кривої – завжди *коло* (рис. 1.36, а).

Переріз проєкціюється в *натуральну величину* за умовою – січна площина паралельна відповідній площині проєкцій (рис. 10.36, а). В іншому випадку в перерізі утворюється *еліпс* (рис. 10.36, б).

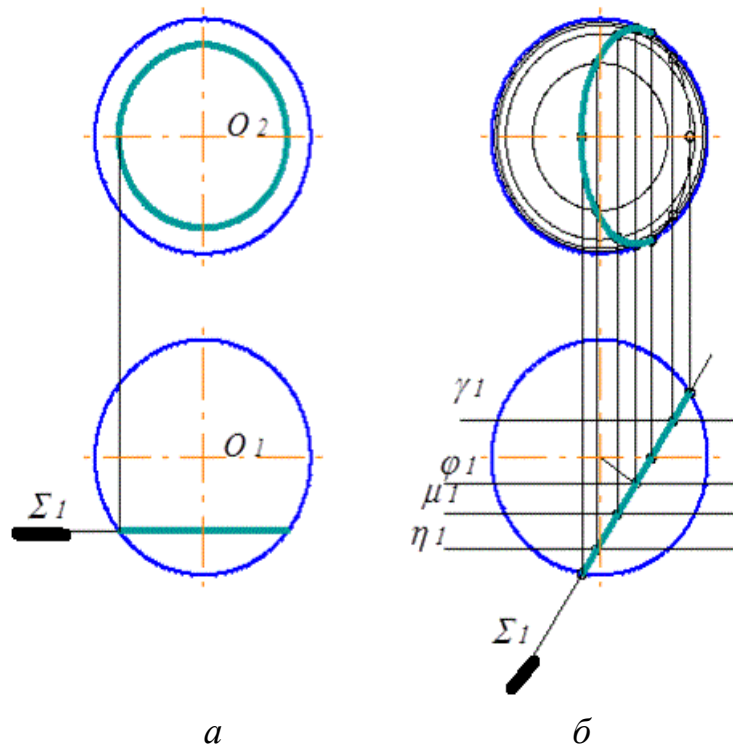


Рис. 1.36

Для розв'язання цих задач можна використати як спосіб *допоміжних проєкціювальних січних площин*, так і спосіб перетворення проєкцій.

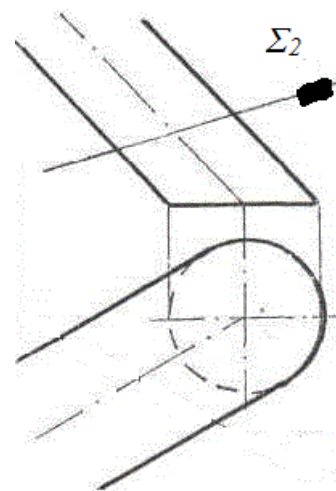
Щоб визначити точки перерізу циліндра, доцільно скористатись в'язкою паралельних площин (горизонтально проєкціювальних або фронтально проєкціювальних), які перетинають циліндр по твірних. Використовують також допоміжне косокутне проєкціювання на площину основи заданої поверхні у напрямку прямої, яка належить площині перерізу.

Визначаючи переріз кулі площиною загального положення, зручно використати спосіб заміни площин проєкцій, вибравши нову площину проєкцій перпендикулярну до січної площини. На новій проєкції шуканий переріз

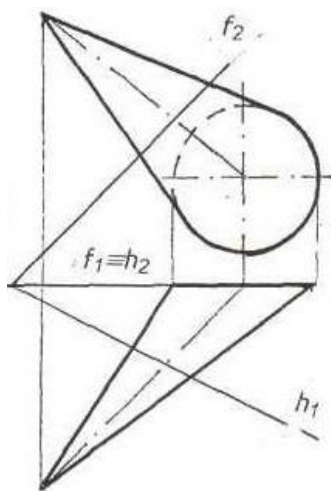
проекціюється у відрізок прямої, який збігається з проекцією січної площини. Зворотною побудовою допоміжні проекції точок контуру перерізу переносять на горизонтальну і фронтальну площини проекцій як точки, що належать поверхні кулі.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. По яким лініям перетинається крива поверхня січною площиною?
2. Які фігури утворюються при перетині поверхні циліндра січною площиною в залежності від її положення відносно його вісі?
3. Які фігури утворюються при перетині поверхні конуса січною площиною в залежності від її положення відносно його вісі?
4. Як в загальному випадку будується лінія перетину кривої поверхні січною площиною?
5. Як в загальному випадку будується лінія перетину циліндра (конуса) січною площиною?
6. Побудувати переріз заданого тіла обертання, коли січна площина займає проекціувальне положення.



7. Побудувати переріз заданого тіла обертання, коли січна площина задана своїми слідами f^0h^0 .



Література:

[1] – с. 165-204, [2] – с. 167-163, [3] – с. 80-88, [4] – с. 61-75.

Умова завдання 7

Побудувати переріз заданої кривої поверхні площиною загального положення.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.37.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.8 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 7

Побудувати переріз заданої кривої поверхні площиною загального положення.

Рішення задачі розглянуто на прикладі з використанням допоміжного косокутного проєкціювання, коли крива поверхня задана похилим конусом, а січна площина прямими $m \cap n$ (див. рис. 1.37).

1. Переводимо задану січну площину загального положення в проєкціювальне положення (див. пояснення до завдання 5).

При косокутному проєкціюванні в напрямі однієї з ліній січної площини, остання проєкціюється в пряму лінію на відповідній площині проєкції. Напрямом допоміжного косокутного проєкціювання вибрана пряма m .

Вибираємо довільні точки M та N на прямих m і n . З M_2 , вздовж m_2 , проводимо допоміжний проєкціювальний промінь до перетину з віссю X_{12} . Перетин лінії проєкціювального зв'язку з допоміжним проєкціювальним променем, проведеними з M_1 вздовж m_1 , визначить на площині проєкцій Π_1 , допоміжну проєкцію $\bar{m}_1 \equiv \bar{M}_1$.

Допоміжний проєкціювальний промінь проведено з N_2 паралельно напрямку проєкціювання m_2 . Перетин лінії проєкціювального зв'язку з допоміжним проєкціювальним променем, проведеним з N_1 паралельно m_1 , визначить на площині проєкцій Π_1 , допоміжну проєкцію \bar{n}_1 .

Через побудовані допоміжні точки $\bar{m}_1 \equiv \bar{M}_1$ та \bar{n}_1 пройде слід площини $\bar{m} \cap \bar{n}$ на площині проєкцій Π_1 .

2. Конус проєкціюємо на площину проєкцій Π_1 в тому ж напрямі що і площину $m \cap n$. Основа конуса належить площині проєкцій Π_1 , тому вона буде незмінна. З вершини S_2 проводимо допоміжний проєкціювальний промінь до перетину з віссю X_{12} . З \bar{S}_2 проводимо лінію проєкціювального зв'язку до перетину з допоміжним проєкціювальним променем, який пройшов через вершину S_1 паралельно напрямку проєкціювання. Допоміжну проєкцію вершини конуса \bar{S}_1 з'єднаємо з колом основи.

3. Позначаємо контурні твірні конуса на площинах проєкцій: на площині Π_2 це твірні S_2A_2 та S_2B_2 , а на площині Π_1 – S_1C_1 та S_1D_1 . Будуємо допоміжні твірні SE та SK , у яких точки E і K на площині Π_2 збігаються.

4. З'єднаємо точки основи $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, K_1$ з допоміжною проєкцією вершини конуса \bar{S}_1 . Точки перетину допоміжних проєкцій твірних зі слідом січної площини $\bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$ визначають допоміжні проєкції точок перерізу

$$\bar{1}_1 = \bar{S}_1 \bar{A}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

$$\bar{2}_1 = \bar{S}_1 \bar{B}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

$$\bar{3}_1 = \bar{S}_1 \bar{C}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

$$\bar{4}_1 = \bar{S}_1 \bar{D}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

$$\bar{5}_1 = \bar{S}_1 \bar{K}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

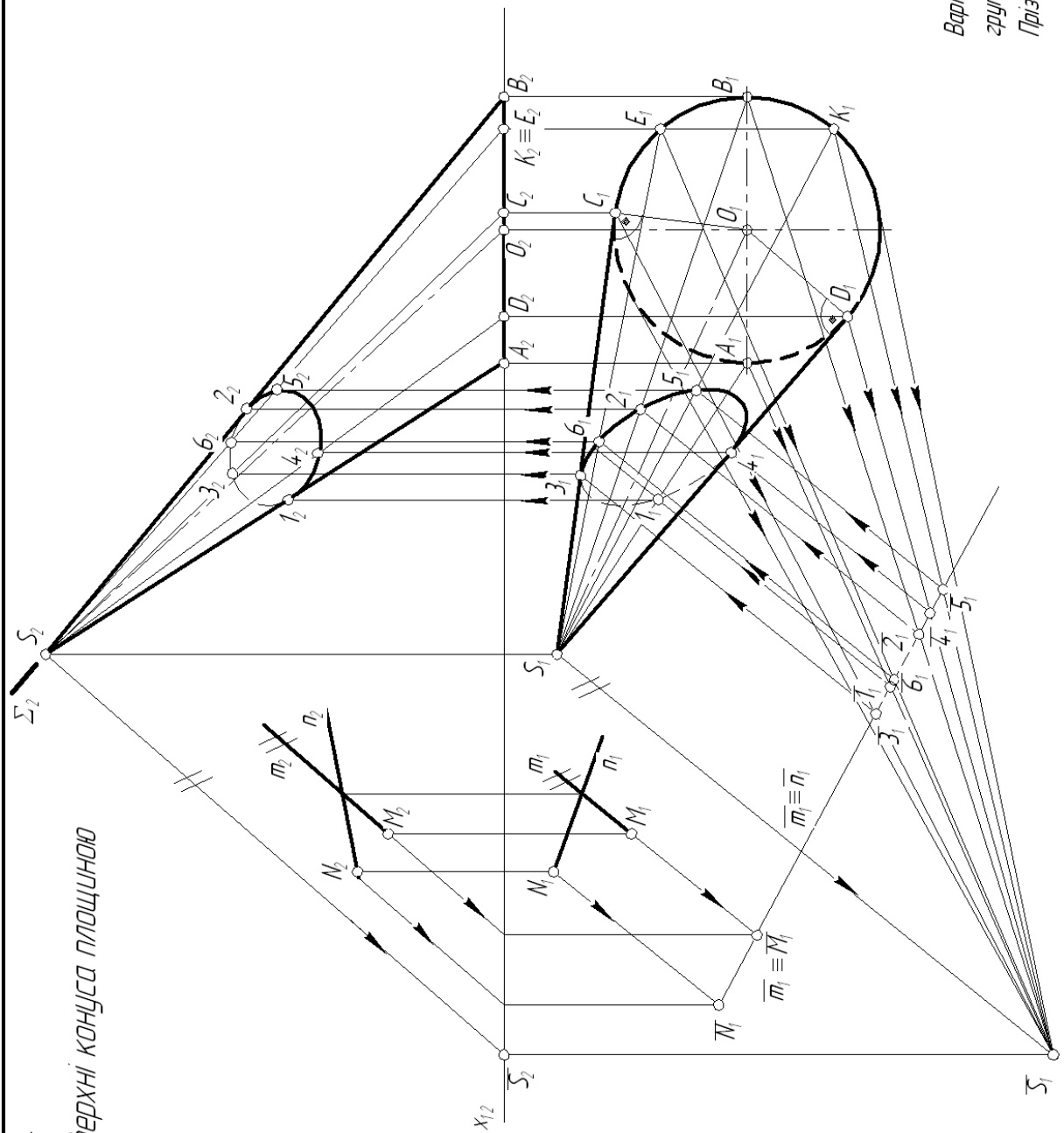
$$\bar{6}_1 = \bar{S}_1 \bar{E}_1 \cap \bar{m}_1 \equiv \bar{n}_1$$

5. Проєкціювання кожної точки перерізу в зворотному напрямку, паралельно попередньому, на відповідну проєкцію твірної, визначить горизонтальну $1_1 2_1 3_1 4_1 5_1 6_1$ і фронтальну $1_2 2_2 3_2 4_2 5_2 6_2$ проєкції перерізу.

6. Визначаємо видимість перерізу (еліпса) на площинах проєкцій. Переріз на ділянці $4_1 5_1 2_1 6_1 3_1$ на площину Π_1 проєкціюється як видимий, оскільки твірні, на яких розташовані точки, проєкціюються видимими.

Переріз на ділянці $1_2 3_2 6_2 2_2$ на площину Π_2 проєкціюється невидимим, оскільки твірні, на яких розташовані точки, проєкціюються невидимими.

Завдання 5.
Переріз поверхні конуса площиною



Варіант 31
група XX-1-IX
Прізвище І.П.

Рис. 1.37. Приклад виконання завдання 7

Варіанти до завдання 7

Таблиця 1.8. Проекції кривих поверхонь до завдання 7

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

Завдання 8. Перетин геометричних тіл прямою лінією та побудова розгортки

Загальні положення по темі завдання 8

Ця тема пов'язана з попередньою. Для побудови точок перетину поверхні з прямою лінією, через пряму проводять допоміжну січну площину – фронтально або горизонтально проєкціювальну (на рис. 1.38 площина Σ_2). Визначають лінію перетину заданої поверхні з допоміжною площиною (123). На перетині перерізу з проєкцією прямої і визначають шукані точки входу і виходу прямої з поверхні (точки M та N).

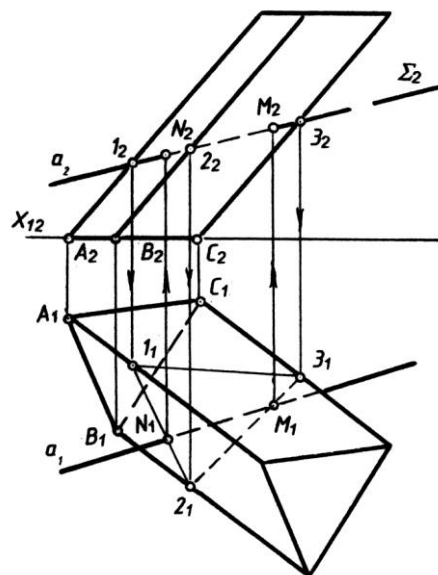


Рис. 1.38

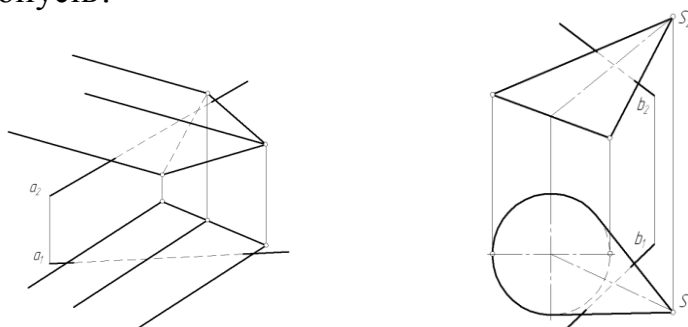
При побудові точок перетину прямої з поверхнею сфери допоміжна площина перетинає сферу по колу. Способом заміни площин проєкцій легко досягти побудови фігури перерізу (кола).

Крім використання допоміжних січних площин, можливий і інший спосіб побудови, а саме: паралельне (для призм і циліндрів) або центральне (для пірамід і конусів) допоміжне проєкціювання на площину основ поверхонь.

Розгортка поверхні – це її суміщення з площиною. Для побудови розгортки поверхні необхідно знати способи утворення та властивості поверхонь. Так, *розгортні поверхні*, це поверхні, у яких їх бічну поверхню можна сумістити з площиною без розривів та складок.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Як може бути розміщена пряма відносно поверхні багатогранника? Назвати можливі випадки.
2. Чи можна використати допоміжне проєкціювання для визначення точок входу і виходу прямої з поверхнею піраміди чи призми?
3. Чи доцільно для визначення точок перетину прямої з циліндром або конусом застосувати допоміжні січні площини, які перерізають задані поверхні по прямій або колу?
4. Якими властивостями характеризуються розгортки поверхонь?
5. Який спосіб використовують при побудові розгорток еліптичних циліндрів та конусів?



6. Побудувати розгортку призми.
7. Побудувати розгортку піраміди

Література:

[4] – с.122 – 127, 210 – 212, [10] – с.121 – 124, 171 – 193,
227 – 233, [15] – с.139 – 142, 153 – 162.

Умова завдання 8

Визначити точки перетину поверхонь призми, піраміди, циліндра, конуса, кулі з прямою. Визначити видимість на проєкціях. Побудувати розгортку поверхні з нанесенням точок перетину прямої з поверхнею.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.39.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.9 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання

В прикладі, на рис 1.39, для визначення точок перетину поверхні похилого конуса прямою лінією, використовується *допоміжне центральне косокутне проєкціювання*. Центр проєкціювання – вершина конуса.

1. На заданій прямій вибираємо довільні точки A і B . Проводимо проєкціювальні промені з вершини S_2 через A_2 та B_2 до перетину з віссю X_{12} . З допоміжних проєкцій \bar{A}_2 та \bar{B}_2 проводимо лінії проєкціювального зв'язку до перетину з проєкціювальними променями з вершини S_1 через A_1 та B_1 .

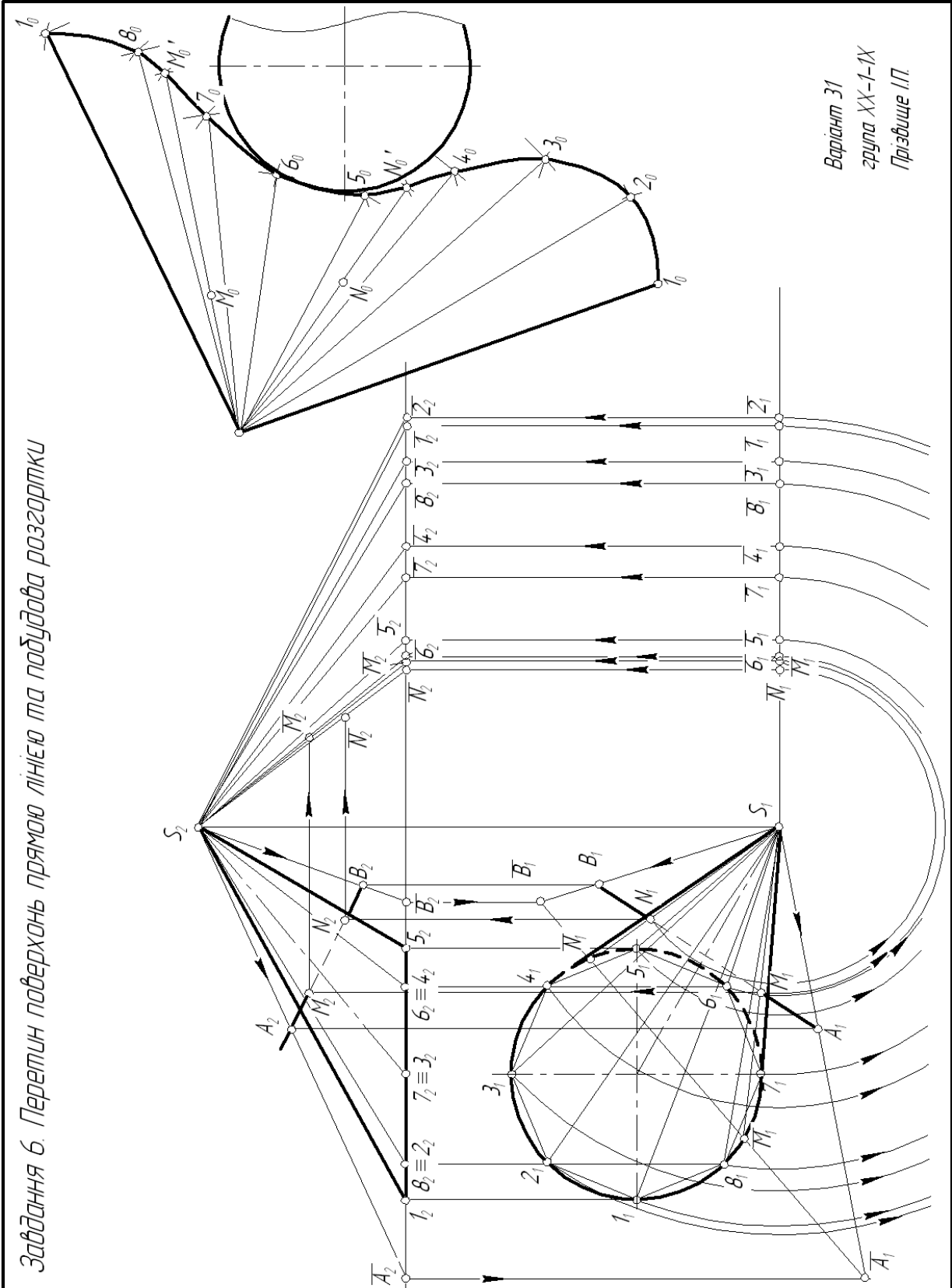
Перетин допоміжної проєкції прямої $\bar{A}_1\bar{B}_1$ з колом, в яке спроекціювалась бічна поверхня конуса, визначить допоміжні проєкції точок перетину. Проєкції M_1 та N_1 побудовані за допомогою зворотних променів. Проєкції M_2 та N_2 будуюмо використовуючи лінії зв'язку (належність точки до прямої).

Можливе і інше рішення. Проводимо допоміжну січну площину через вершину конуса і пряму (рис. 1.39). Допоміжна площина перетинає конус по твірним S_1M_1 та S_1N_1 , які в перетині з прямою і визначають точки входу в конус і виходу з конуса відрізка AB . Центральне допоміжне проєкціювання і проведення січної площини дають графічно однакові рішення.

2. Визначити видимість прямої на площинах проєкцій дозволить місце розташування точок M_1 і N_1 .

Горизонтальна проєкція прямої до точки M_1 і після точки N_1 проєкціюється видимою, оскільки точки M_1 і N_1 розташовані на видимій частині поверхні конуса. Між точками перетину пряма проєкціюється як невидима. Так саме визначається видимість фронтальної проєкції прямої.

Завдання 6. Перетин поверхонь прямою лінією та побудова розгортки



Варіант 31
група XX-1-1X
Прізвище ІП

Рис. 1.39. Приклад виконання завдання 8

3. Суміщення поверхні з площиною називають розгорткою. Для поверхні конуса використовуємо *метод апроксимації – наближення*.

Вписавши в конус правильну призму з шестикутником в основі $1_1 2_1 3_1 4_1 5_1 6_1$ і вершиною S_1 , наблизимо криву поверхню до грані.

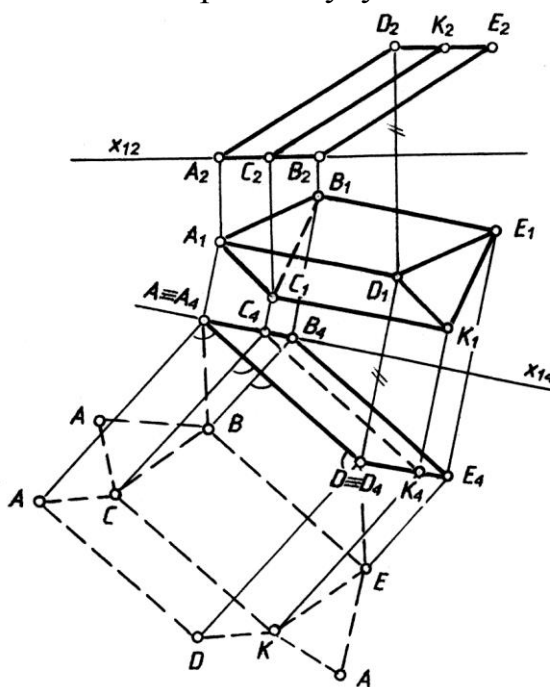
4. Використовуючи обертання кожного ребра вписаної призми навколо вісі, яка проходить через вершину конуса S_1 і перпендикулярна до площини проєкцій Π_1 , визначимо NB бічних ребер призми.

5. В довільному місці проводимо пряму, на якій відкладаємо NB бічного ребра призми $S_2 1_2$. З точки 1 проводимо дугу радіусом $1_1 2_1$, а з точки S дугу радіусом $S_2 2_2$. Будуємо інші точки основи конуса. Побудовані точки з'єднуємо за допомогою лекала. Дотичне до лекальної кривої будуємо коло основи.

6. Побудова точок перетину прямої з поверхнею похилого конуса зрозуміла з прикладу.

На рис. 1.40 показано побудову розгортки бічної поверхні похилої призми. Розгортка призми становить суму граней цієї призми.

Побудуємо допоміжну проєкцію в системі $\Pi_1 \Pi_4$ (вісь X_{14} паралельна ребрам призми). Визначимо NB паралельних ребер бокової поверхні призми. Натуральні величини граней будуть послідовно шляхом обертання кожної з них навколо



ребра до суміщення з площиною Π_4 . Обертаємо грань $ABED$ ($A_4 B_4 D_4 E_4$) навколо ребра AD ($A_4 D_4$). Будуємо площини обертання точок BE ($B_4 E_4$). Сліди площин обертання проходять через проєкції $B_4 E_4$ перпендикулярно до проєкції вісі обертання $A_4 D_4$. З точки $A \equiv A_4$, як із центра, проведемо дугу радіусом AB ($A_1 B_1$) до перетину в точці B з прямою $B_4 B$.

Провівши з точки B пряму, паралельну $A_4 D_4$ до перетину її в точці E зі слідом площини обертання точки E (E_4), отримаємо NB ребра BE призми на розгортці.

Сполучивши точку $A \equiv A_4$ з B , а точку $D \equiv D_4$ з E , отримаємо NB грані $ABED$ на розгортці. Аналогічно будують NB і других граней призми. До розгортки бокової поверхні добудовують основи призми. Для побудови розгорток нерозгортних обертань застосовують спосіб допоміжних

Рис. 1.40

циліндричних або конічних поверхонь. Він полягає в тому, що задану поверхню поділяють за допомогою меридіан на рівні ділянки, кожен з яких заміняють циліндричною поверхнею дотичною відповідній поверхні обертання по середньому меридіану ділянки поділу. Потім будують розгортку отриманих циліндричних поверхонь.

На рис. 1.41 показана апроксимація поверхні обертання заданої *абрисами* (окресленнями). Задану поверхню поділено на вісім меридіанних перерізів. Для побудови розгортки будують на поверхні обертання ряд її паралелей і відмічають точки їх перетину напрямними лініями циліндрів.

Відрізок проєкцій екватора, обмежений меридіанними площинами Σ_1 та Δ_1 , замінюють відрізком B_1C_1 , дотичним в точці A_1 до проєкції екватора. На горизонтальній прямій лінії m відкладають відрізки рівні відрізку B_1C_1 і через середини цих відрізків проводять прямі лінії, перпендикулярні до прямої m . На цих лініях відкладають спрямлені меридіанні перерізи, на яких відмічають точки їх перетину паралелями. Через відмічені точки проводять горизонтальні прямі лінії і на них відкладають в обидві сторони відрізки рівні, відповідно, половині довжин дотичних до паралелей, обмежених площинами напрямних ліній циліндрів. Їх отримують шляхом побудови дотичних до горизонтальних проєкцій відповідних паралелей поверхні обертання.

Сполучають крайні точки побудованих відрізків плавними кривими лініями і отримують обрис однієї ланки розгортки заданої поверхні. Певна розгортка поверхні складається з восьми таких ланок.

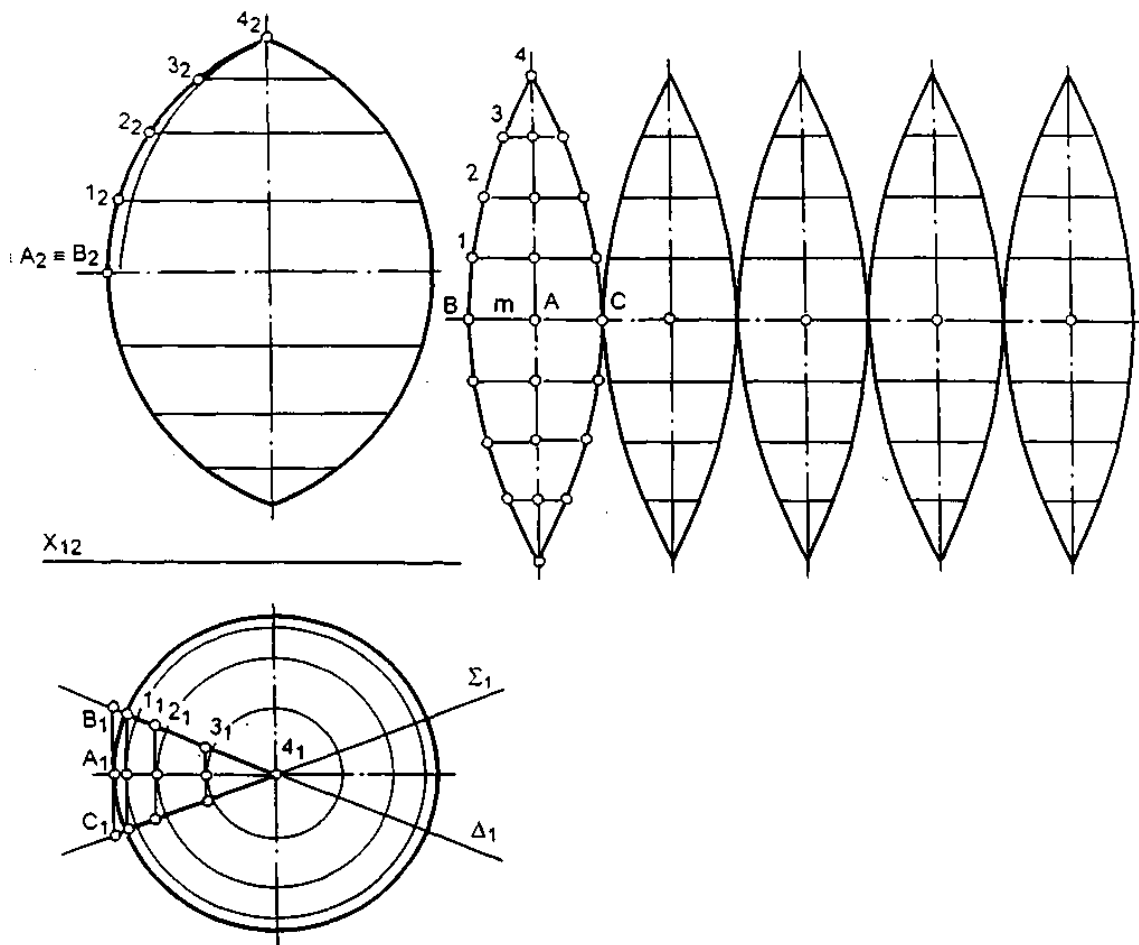
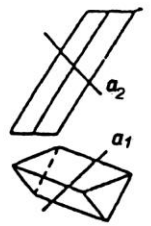
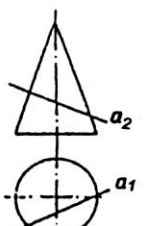
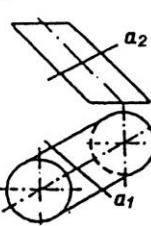
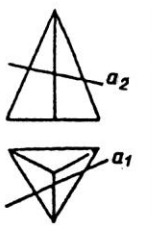
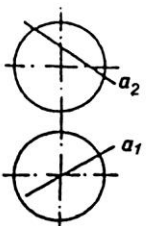
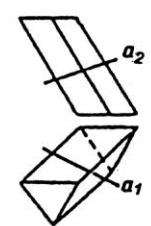

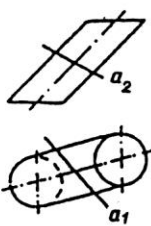
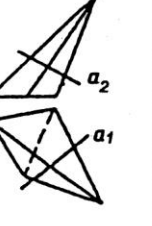
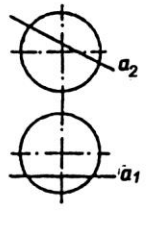
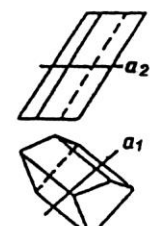
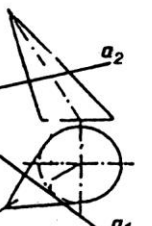
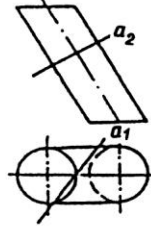
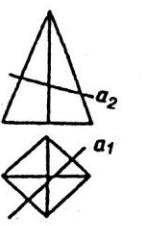
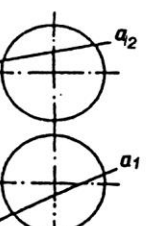
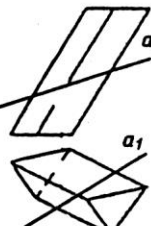
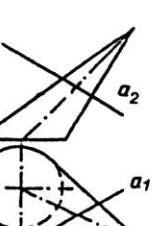
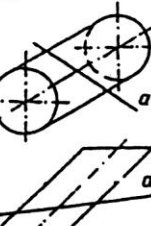
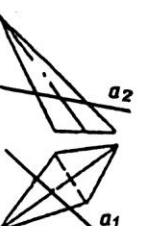
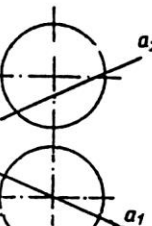
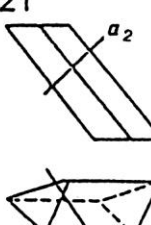
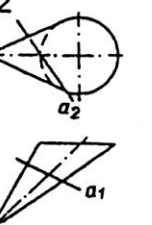

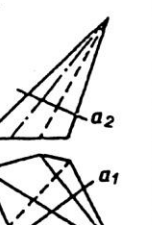
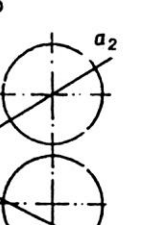
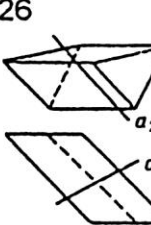
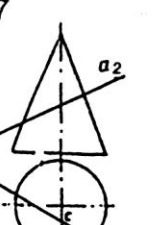
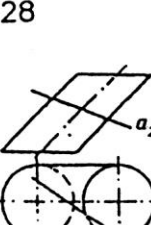
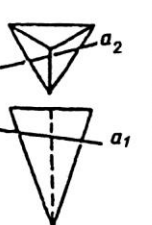
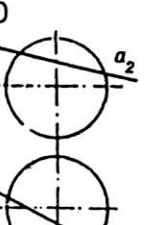


Рис. 1.41

Варіанти до завдання 8

Таблиця 1.9. Проекції поверхонь до завдання 8

1 	2 	3 	4 	5 
6 	7 	8 	9 	10 
11 	12 	13 	14 	15 
16 	17 	18 	19 	20 
21 	22 	23 	24 	25 
26 	27 	28 	29 	30 

«*» Завдання 9. Взаємний перетин поверхонь багатогранників

Загальні положення по темі завдання 9

Взаємний перетин двох багатогранників є однією з най громіздких задач нарисної геометрії, оскільки лінія взаємного перетину двох багатогранників (лінія переходу) є, як правило, просторовою ламаною лінією. Складність цієї задачі полягає, по-перше, у визначенні базових точок цієї просторової лінії, по-друге, в правильному сполученні точок відрізками прямих.

Будь-яку задачу на взаємний перетин двох багатогранників можна розділити на простіші задачі по визначенню точок зустрічі ребер одного багатогранника з гранями другого та навпаки.

Якщо в перетині беруть участь призми, одна з яких горизонтально або фронтально проєкціювальна, то одна проєкція лінії взаємного перетину багатогранників збігається з цією проєкцією призми, відповідно на горизонтальній або фронтальній площинах проєкції. Залишається визначити другу проєкцію.

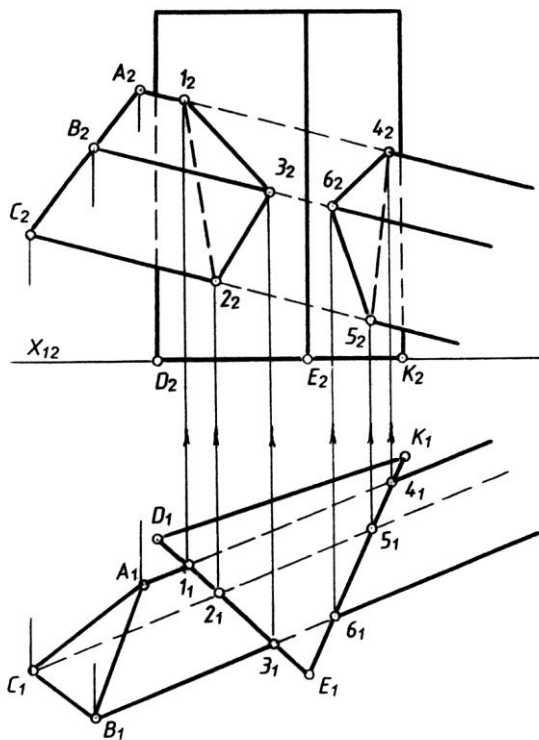


Рис. 1.42

Якщо один з багатогранників займає профільно проєкціювальне положення, доцільно побудувати профільні проєкції багатогранників, які безпосередньо дадуть профільну проєкцію шуканої лінії перетину, яка збігається з проєкцією профільно проєкціювального багатогранника (призми). За нею визначають горизонтальну та фронтальну проєкції лінії взаємного перетину багатогранників.

На рис. 1.42 одна з двох призм перебуває в проєкціювальному положенні (призма DEK розміщена вертикально).

Розглядаючи горизонтальну проєкцію, бачимо, що призма ABC перетинається з гранню DE по лінії $1_1 2_1 3_1 1_1$ та з гранню EK по лінії $4_1 5_1 6_1 4_1$, фронтальні проєкції яких визначають за відповідністю. Знайдені точки сполучаємо в трикутники. Для виявлення видимих сторін лінії взаємного перетину використовують правило: на відповідній проєкції буде видимий тільки той відрізок лінії взаємного перетину, який належить одночасно двом видимим граням відносно цієї площини проєкції. Тому видимими на фронтальній проєкції є відрізки $1_2 3_2$, $3_2 2_2$, а також $4_2 6_2$, $6_2 5_2$. Визначаючи видимість, слід враховувати перекривання ребер однієї призми гранями іншої.

При взаємному перетині багатогранників загального положення доцільно скористатися подвійним косокутним проєкціюванням, для призм – паралельним (циліндричним), для конусів – центральним (конічним). При різновиді поверхонь (призма – піраміда) використовують відповідні допоміжні косокутні проєкціювання (паралельне – центральне) на площину основ геометричних форм.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Чи завжди лінії взаємного перетину двох багатогранників будуть просторовими ламаними?
2. Як визначити видимість лінії взаємного перетину багатогранників?
3. Коли доцільно будувати профільну проєкцію двох багатогранників?
4. У яких випадках доцільно застосовувати спосіб допоміжного проєкціювання, а в яких – допоміжні січні площини?

Література:

[4] – с.229 – 238, [10] – с.118 – 124, [15] – с.163 – 178.

Умова завдання 9

Побудувати лінію взаємного перетину заданих багатогранників. Показати видимість ребер багатогранників на площинах проєкцій.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.43.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.10 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 9

Розв'язання завдання (рис. 1.43) показано на прикладі перетину призми і піраміди. Використано комбінований спосіб, а саме, *заміна площин проєкцій разом з допоміжними січними площинами.*

Поверхню призми переводимо в проєкціювальне положення, в якому бокова поверхня призми спроекціювалась в основу.

Бічні ребра призми займають особливе положення – вони профільно проєкціювальні. Тому на профільну площину Π_3 призма проєкціюється в свою основу – трикутник.

Визначаємо точки перетину ребер призми з гранями піраміди і навпаки. Ребро призми C_3 перетинає грані $E_3S_3K_3$ та $D_3S_3E_3$ піраміди в точках $C_3 \equiv I_3 \equiv 2_3$. Проводимо допоміжну січну площину $\Sigma_3 \perp \Pi_3$ через ребро C_3 і будуємо лінії перетину граней піраміди Σ :

$$S_3M_3 = \Sigma_3 \cap E_3S_3K_3$$

$$S_3N_3 = \Sigma_3 \cap D_3S_3E_3$$

За допомогою бісектриси кута y_1Oy_3 визначаємо горизонтальні проекції M_1 та N_1 . Лінії S_3M_3 та S_3N_3 це горизонтальні проекції ліній перетину граней з Σ .

Точки перетину

$$1_1 = S_1M_1 \cap C_1$$

$$2_1 = S_1N_1 \cap C_1$$

є шукані точки перетину ребер призми з гранями піраміди. Точки 1_2 та 2_2 визначаємо звичайним способом – за належністю точки до прямої лінії.

Інші точки перетину:

– з ребром B

$$4 = B \cap DSK$$

$$5 = B \cap KSE$$

– з ребром A

$$7 = A \cap DSE$$

$$8 = A \cap ESK$$

Побудова точок перетину ребра DS з гранями призми

$$3 = SD \cap BC$$

$$6 = SD \cap AB$$

зрозуміла з прикладу.

З'єднаємо точки перетину з урахуванням видимості елементів на площинах проекцій.

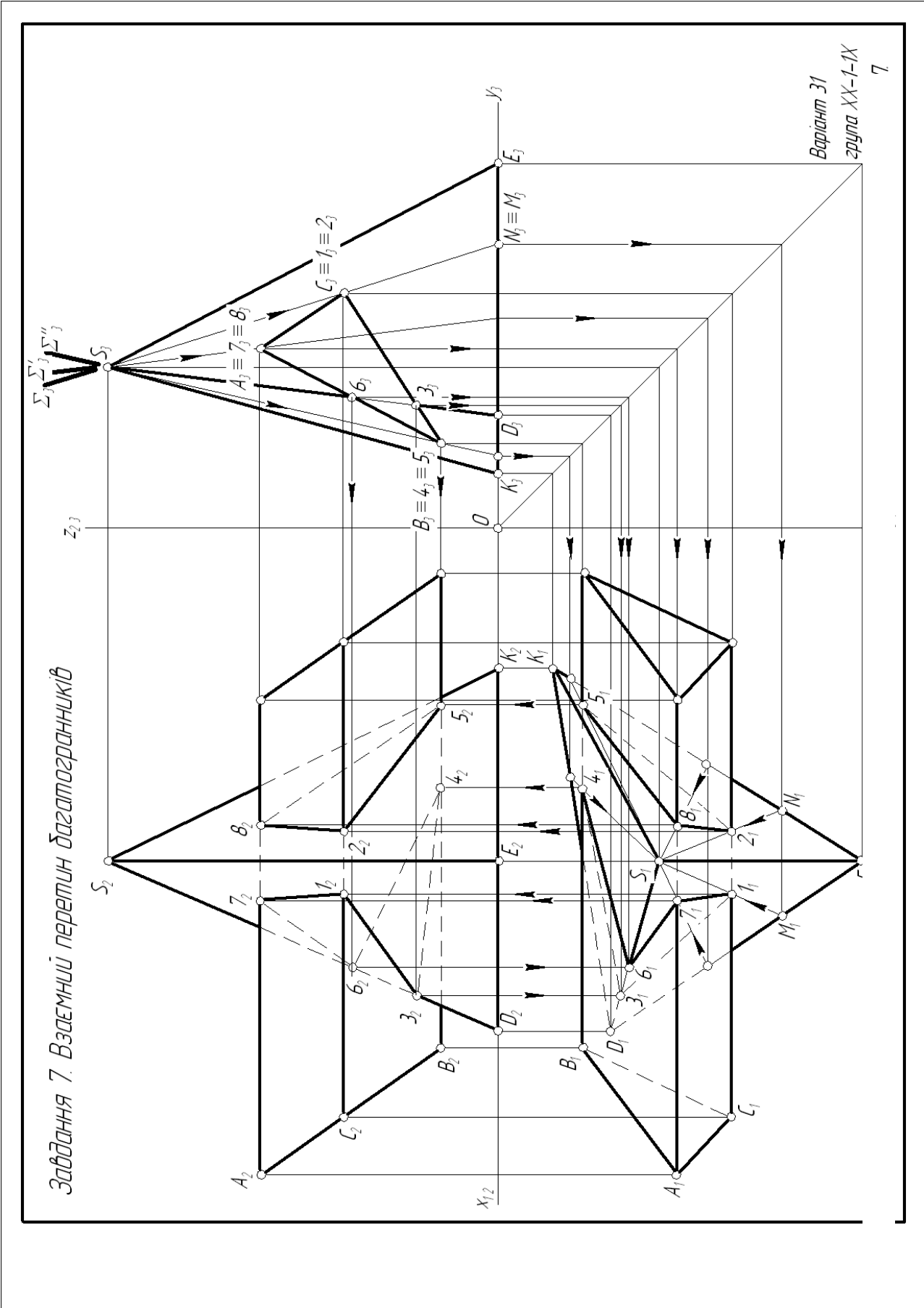
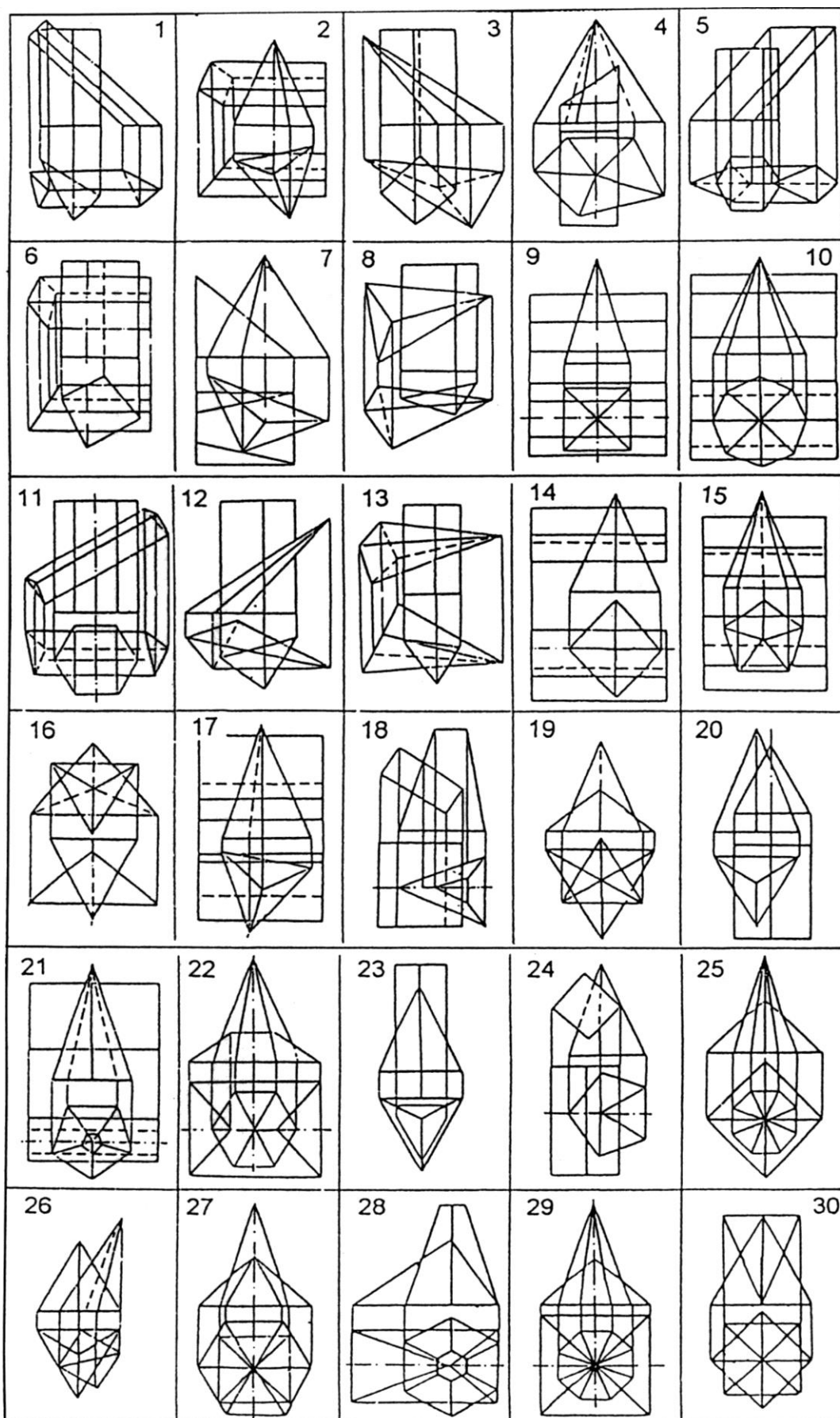


Рис. 1.43. Приклад виконання завдання 9

Варіанти до завдання 9

Таблиця 1.10. Проекції багатогранників до завдання 9



«*»Завдання 10. Взаємний перетин кривих поверхонь між собою

Загальні положення по темі завдання 10

Взаємний перетин двох кривих поверхонь є задачею аналогічною до взаємного перетину двох багатогранників. Різниця полягає в тому, що при перетині двох кривих поверхонь, лінії взаємного перетину є просторовими кривими, для визначення яких, як правило, потрібна більша кількість точок, ніж при перетині двох багатогранників. Лінію взаємного перетину будують за точками перетину однієї поверхні з іншою або з її лініями. Це можна зробити, використавши способи перетворення проєкцій або допоміжних січних площин. При перетворенні одну поверхню переводять в проєкціювальне положення.

Допоміжні січні площини беруть такі, що перетинають дані поверхні по простих лініях – *пряма* чи *коло*. Точки перетину цих ліній належать шуканій лінії взаємного перетину. Виконавши таку операцію декілька разів, дістають потрібну кількість точок для проведення кривої взаємного перетину.

При побудові лінії взаємного перетину та визначенні видимості, особливе значення мають характерні точки цієї лінії, які треба побудувати спочатку. До таких точок належать *найвища* та *найнижча*, а також точки на контурі кожної поверхні, які поділяють на *видиму* та *невидиму ланки лінії перетину*. Вони розташовані на *абрисах (окресленнях) поверхонь*.

У значній частині варіантів завдання, одна з поверхонь займає проєкціювальне положення (циліндр). Одна проєкція лінії взаємного перетину збігається з проєкцією циліндра. Другу проєкцію визначають за точками, які знаходять за допомогою проєкціювальних допоміжних січних площин.

Перетин циліндра з поверхнею обертання. Лінія перетину двох поверхонь, така ж як і лінія перетину кривої поверхні площиною, має *характерні* (опорні, головні) точки, з яких необхідно починати побудову лінії перетину. Ці точки дозволяють бачити в яких межах можна міняти положення допоміжних січних площин для визначення довільних проміжних точок.

На рис.1.44 розглянута задача на побудову лінії перетину циліндра зі сферою. Спочатку будують *характерні точки: найвищу* і *найнижчу*, а також точки які визначають перехід видимої частини лінії перетину в невидиму. Вони розташовані на *абрисах поверхонь*.

Найвищу 1 і найнижчу 2 точки знаходять на перетині з поверхнею сфери твірних циліндра, які розташовані в горизонтально проєкціювальній площині Σ_1 , що проходить через вісь циліндра і центр сфери. Так як в наведеному прикладі задана половина сфери, то буде тільки верхня точка 1. Для побудови фронтальної проєкції точки I_2 використана горизонтально проєкціювальна площина Δ_1 , яка паралельна площині проєкцій P_2 .

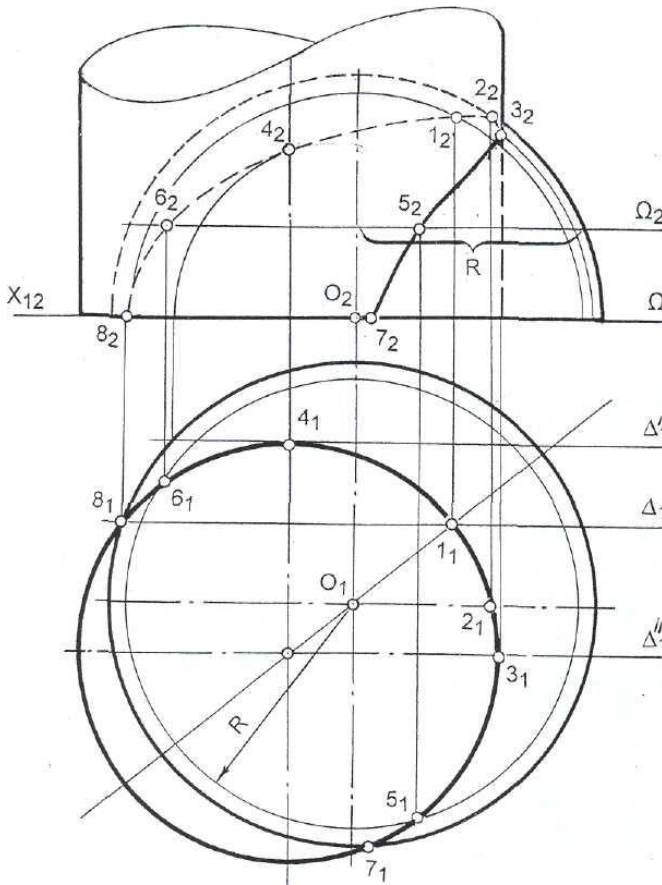


Рис. 1.44

При побудові лінії взаємного перетину двох поверхонь обертання використовують спосіб концентричних січних сфер. Для використання способу мають виконуватися дві умови: 1) вісі тіл обертання мають перетинатися; 2) вісі мають бути паралельні одній з площин проєкцій. На рис. 1.45 показано застосування способу концентричних сфер при визначенні лінії взаємного перетину циліндрів – вертикального та похилого. Найвищу точку 1_2 та найнижчу 2_2 визначають на фронтальній проєкції як перетин контурних твірних циліндрів. Точки 3_1 та 4_1 визначають на горизонтальній площині проєкцій як перетин контурних твірних і будують на фронтальній проєкції.

Точка 2 знаходиться на перетині головного меридіана сфери з твірною циліндра. Точка 3 – це точка поділу лінії перетину поверхонь на видимі і невидимі. Найдальша точка 4 від спостерігача визначена за допомогою січної площини Δ'_1 .

Проміжні точки (5, 6, 7, 8) лінії перетину визначають за допомогою допоміжних січних площин рівня Ω_2 та Ω'_2 .

Сполучивши, з урахуванням видимості, усі знайдені точки плавною кривою, визначимо шукану лінію

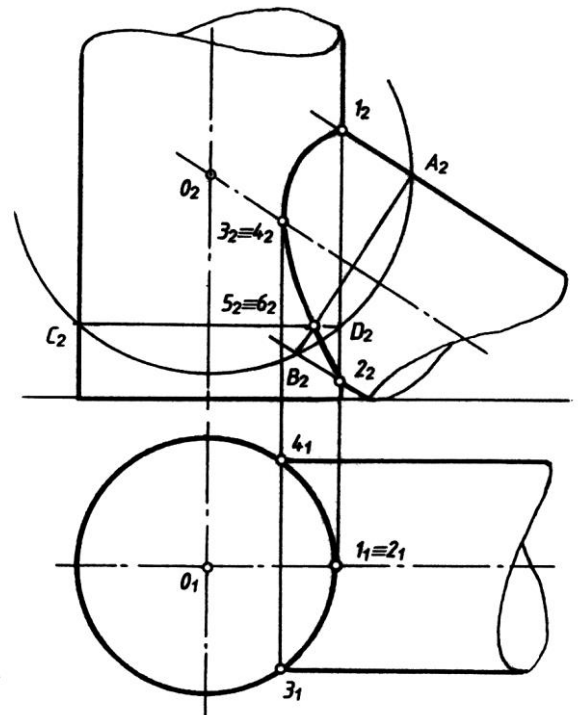


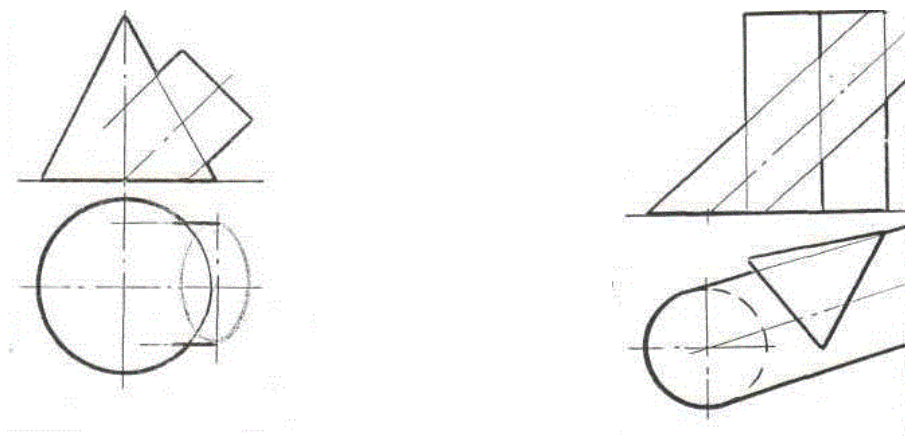
Рис. 1.45

Для визначення інших точок лінії взаємного перетину проводять допоміжні січні сфери. На рисунку проведена одна така сфера з центром O_2 (точки перетину осей циліндрів), яка перетинає циліндри по колам. Вони визначені лініями A_2B_2 та C_2D_2 . Перетин проєкцій цих кіл ($A_2B_2 \cap C_2D_2$) визначить точки 5_2 та 6_2 , які належать лінії взаємного перетину циліндрів. Виконавши переріз циліндрів січними сферами інших радіусів, отримаємо необхідну кількість точок взаємного перетину циліндрів. Отримані точки сполучають плавною лекальною кривою.

При взаємному перетині двох поверхонь, одна із яких тор, застосовують спосіб *ексцентричних сфер*. Для цього у відповідному перерізі тор замінюють на „миттєвий” циліндр, визначають його вісь і точку перетину осей та радіус сфери. Подальша побудова аналогічна побудові виконаній на рис. 1.41. Виконавши необхідну кількість перерізів тора площинами та визначивши центри ексцентричних сфер, отримують точки лінії взаємного перетину на фронтальній проєкції, які за належністю поверхням, будують на горизонтальній проєкції поверхонь. Отримані точки сполучають плавною лекальною кривою.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які можливі випадки взаємного перетину кривих поверхонь?
2. У чому полягає суть способів допоміжних січних площин і сфер?
3. Які точки лінії взаємного перетину є характерними?
4. Побудувати лінію взаємного перетину поверхонь.



Література:

[4] – с. 238 – 253, [10] – с.194 – 225, [15] – с.178 – 179.

Умова завдання 10

Побудувати лінію взаємного перетину двох кривих поверхонь. Показати видимість елементів на заданих проекціях.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.46.

Варіанти завдань наведені в табл. 1.11 збірника завдань. Умова завдання виконується не по координатах. Зображення варіанту фігури збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 10

Рішення завдання (рис. 1.46), з використанням методу допоміжних січних площин, показано на прикладі перетину прямого та похилого циліндрів.

1. Визначаємо граничні точки 1 і 5 взаємного перетину. Контурні твірні похилого циліндра на Π_1 перетинають коло основи прямого циліндра, в яке спроекціювалася його бічна поверхня, в точках 1_1 і 5_1 . Перетин ліній зв'язку з фронтальними проекціями контурних твірних похилого циліндра на Π_2 визначить шукані точки 1_2 і 5_2 .

2. Граничні точки A і B будуюмо з використанням допоміжної січної площини Σ ($\Sigma_1 \perp \Pi_1$).

3. Побудову проміжних точок розглянемо на прикладі точок 4 і 6 .

Основа похилого циліндра поділена на 8 рівних частин. Допоміжна фронтальна січна площина перетне бокову поверхню циліндрів по твірним, в тому числі похилий циліндр по твірним $\bar{4}_1$ і $\bar{6}_1$. Перетин фронтальних проекцій $\bar{4}_2$ і $\bar{6}_1$ з відповідними твірними прямого циліндра визначить шукані точки 4_2 і 6_2 .

4. З'єднаємо побудовані точки з урахуванням видимості лінії перетину.

Точки $5_1, 4_1 \equiv 6_1, 3_1 \equiv 7_1$ розташовані на видимій частині поверхонь циліндрів. Фронтальна проекція лінії перетину на ділянці $7_2 6_2 5_2 4_2 3_2$ проекціюється як видима.

Завдання 8. Взаємний перетин кривих поверхонь

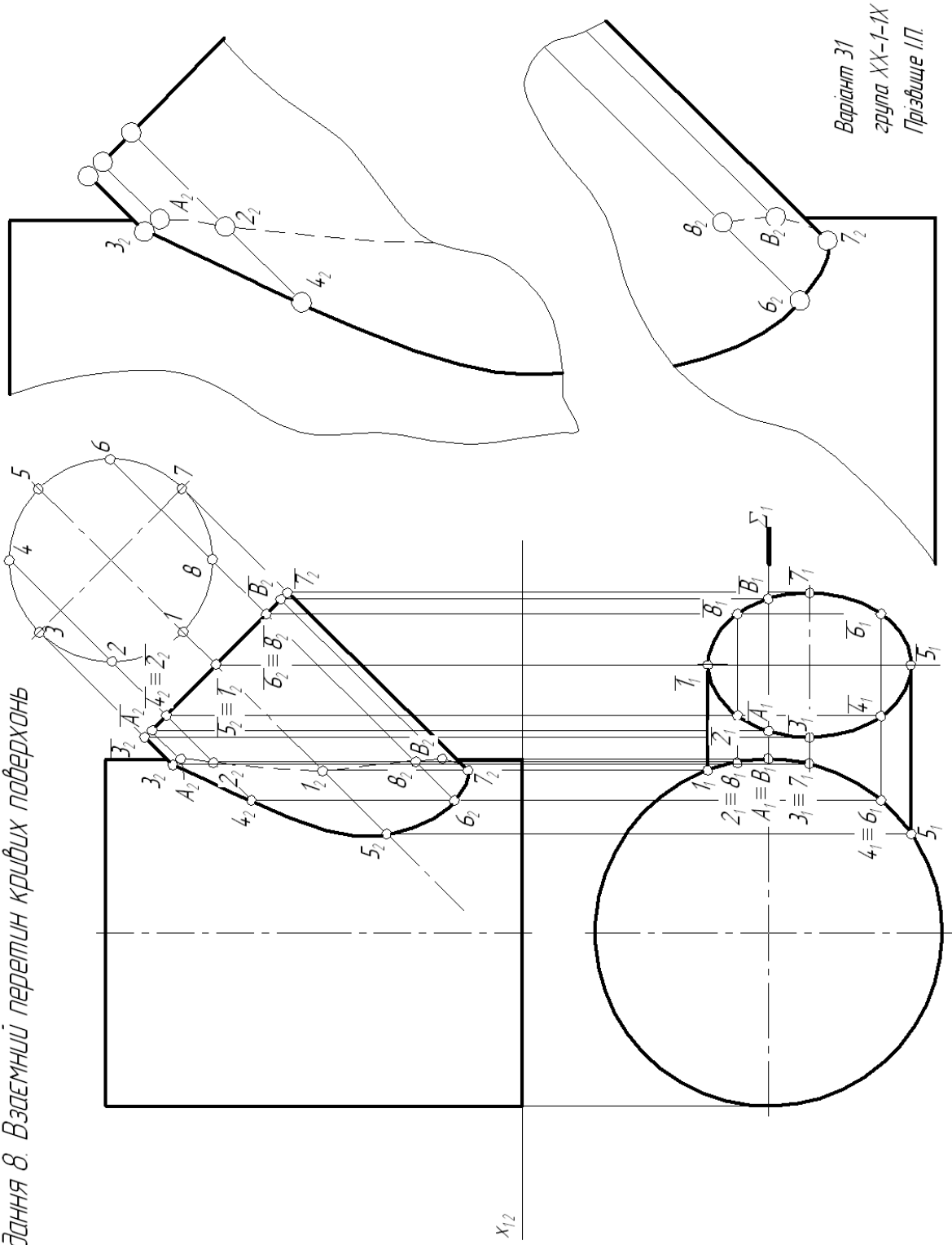
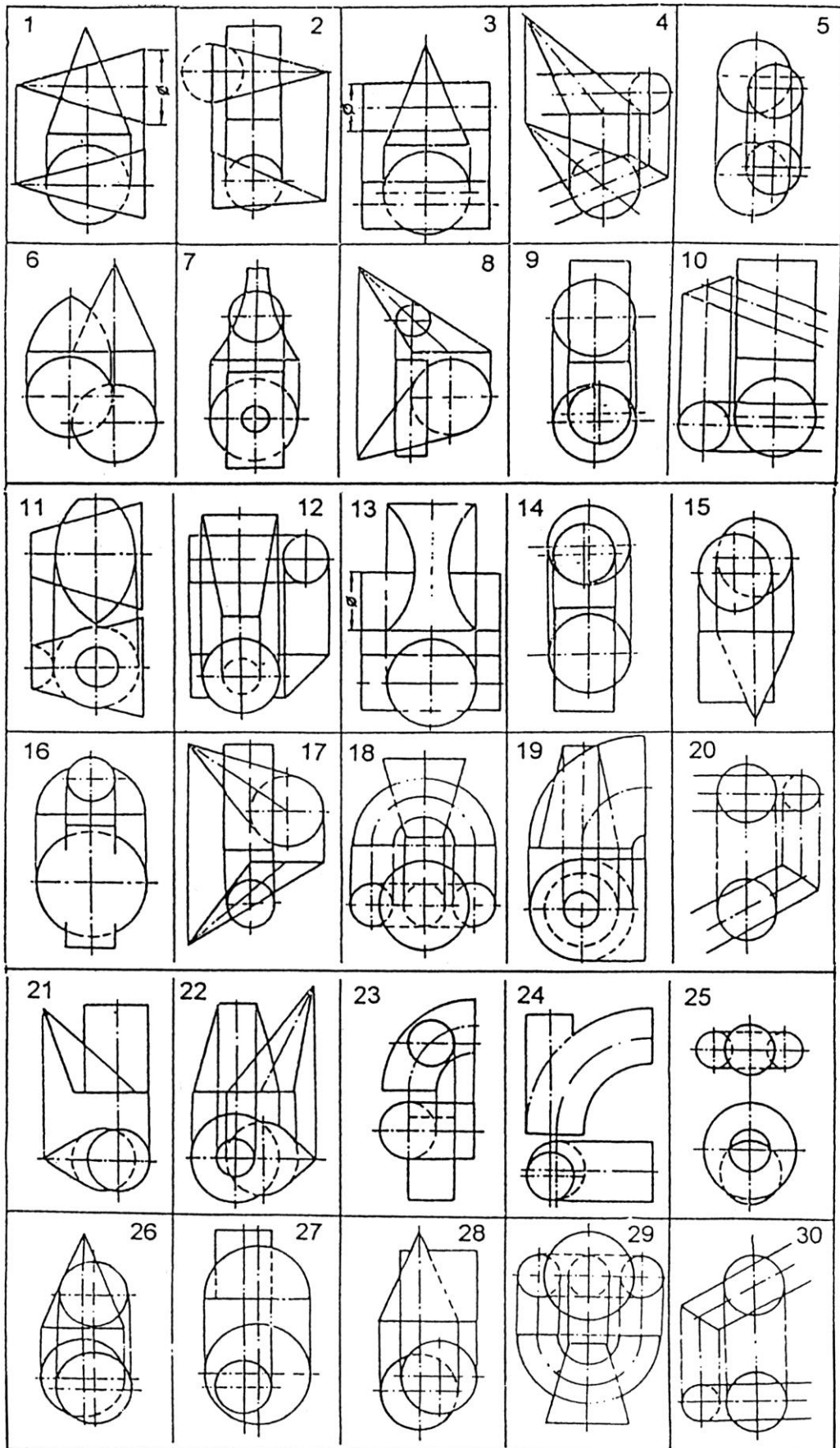


Рис. 1.46. Приклад виконання завдання 10

Варіанти до завдання 10

Таблиця 1.11. Проекції кривих поверхонь до завдання 10



«*» Завдання 11. Утворення і зображення кривих поверхонь

Загальні положення по темі завдання 11

Криві лінії використовують в різних галузях техніки і науки. Вони мають широке застосування в практиці моделювання, в розмітчій справі і тощо. Знання законів побудови та зображення кривих ліній і поверхонь має особливе значення в інженерній і конструкторській діяльності.

В нарисній геометрії криву лінію можна розглядати як геометричне місце послідовних положень безперервного переміщення точки в просторі або як результат перетину поверхонь.

Властивості плоских кривих.

1. Проекцією плоскої кривої, в загальному випадку, є *крива лінія* (рис. 1.47, а, б).
2. Проекцією плоскої кривої, яка знаходиться в проекціювальній площині, є *пряма*, яка збігається зі слідом площини (рис. 1.47, в).
3. Кожній точці на кривій відповідає точка на її проекції – точка *B* на рис. 1.47, а.
4. Якщо пряма є січною кривої лінії, то її проекція – січна на проекції кривої (рис. 1.47, а, б).
5. Якщо пряма дотична до кривої в деякій точці, то і проекція цієї прямої дотична до проекції кривої в тій же точці (рис. 1.47, а, б).

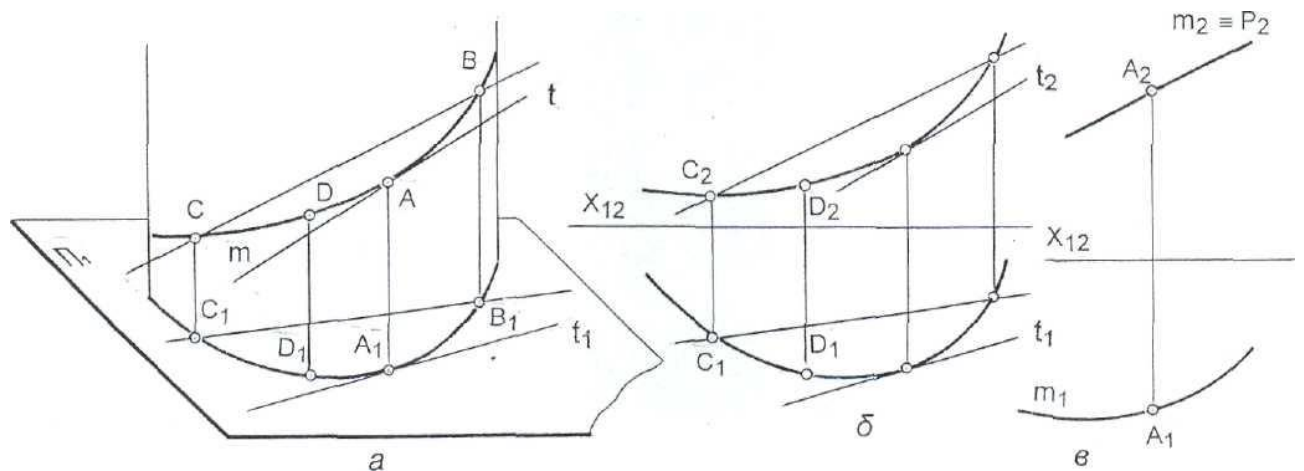


Рис 1.47

Евольвента – це плоска крива, яка є розгорткою іншої кривої, що називається *еволютою*.

Розглянемо розгортку кола (рис. 1.48). Тут пряма лінія *t* переміщується без ковзання по колу, а точка *A*, яка незмінно зв'язана з прямою, займає ряд положень $A_0, A_1, A_2, A_3...$

Геометричним місцем точок переміщення точки *A*, буде крива лінія, яку називають *евольвентою* або *розгорткою кола*. А саме коло буде *еволютою*.

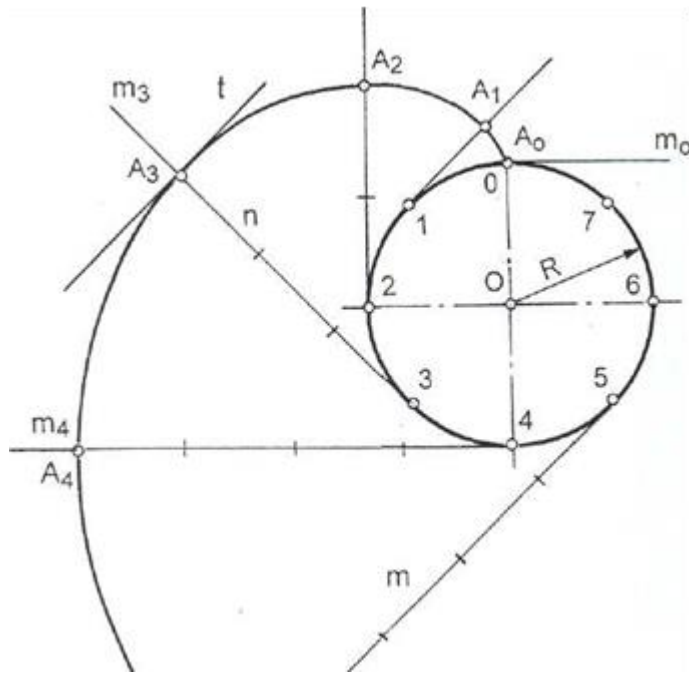


Рис 1.48

Кожне із положень прямої t є нормаллю евольвенти. Довжина відрізка A_3-3 дорівнює довжині дуги $0-1-2-3$ нерухомого кола. Таким чином, при побудові точок розгортки кола потрібно визначати довжини дуг кола і відкладати їх на дотичних у визначеній точці. Довжина евольвенти кола дорівнює $2\pi R$.

Просторові криві лінії. Циліндрична гвинтова лінія. Циліндричну гвинтову лінію (*гелісу*) – розглядають як траєкторію руху точки, яка рівномірно обертається навколо вісі і одночасно рівномірно переміщується в напрямку цієї вісі.

Величину h переміщення точки в напрямі вісі, яка відповідає повному оберту навколо вісі, називають *кроком гвинтової лінії*.

Властивості геліси використовують при побудові креслення *циліндричної гвинтової лінії*.

На рис. 1.49, *a* побудована циліндрична гвинтова лінія (геліса) заданого радіусу та кроку. Горизонтальна проекція геліси (коло) поділена на вісім рівних частин. На таке ж число рівних частин ділиться її крок. Через точки поділу кола проводять вертикальні прямі (лінії проєкціювального зв'язку). Через відповідні точки ділення кроку проводять горизонтальні лінії. Точки перетину цих прямих ліній визначають фронтальні проєкції точок циліндричної гвинтової лінії.

Побудова геліси має *правий хід* (напрявлення), який визначений стрілкою на горизонтальній проєкції. Прийнято рахувати, що точка піднімається по траєкторії від площини, яка перпендикулярна вісі. Якщо стрілка збігає з напрямком часової стрілки, то ця *циліндрична гвинтова лінія правого ходу*. Якщо стрілка вказує напрямком, зворотний ходу часової стрілки, то *циліндрична гвинтова лінія лівого ходу*.

На рис. 1.49, б показана розгортка циліндричної гвинтової лінії.

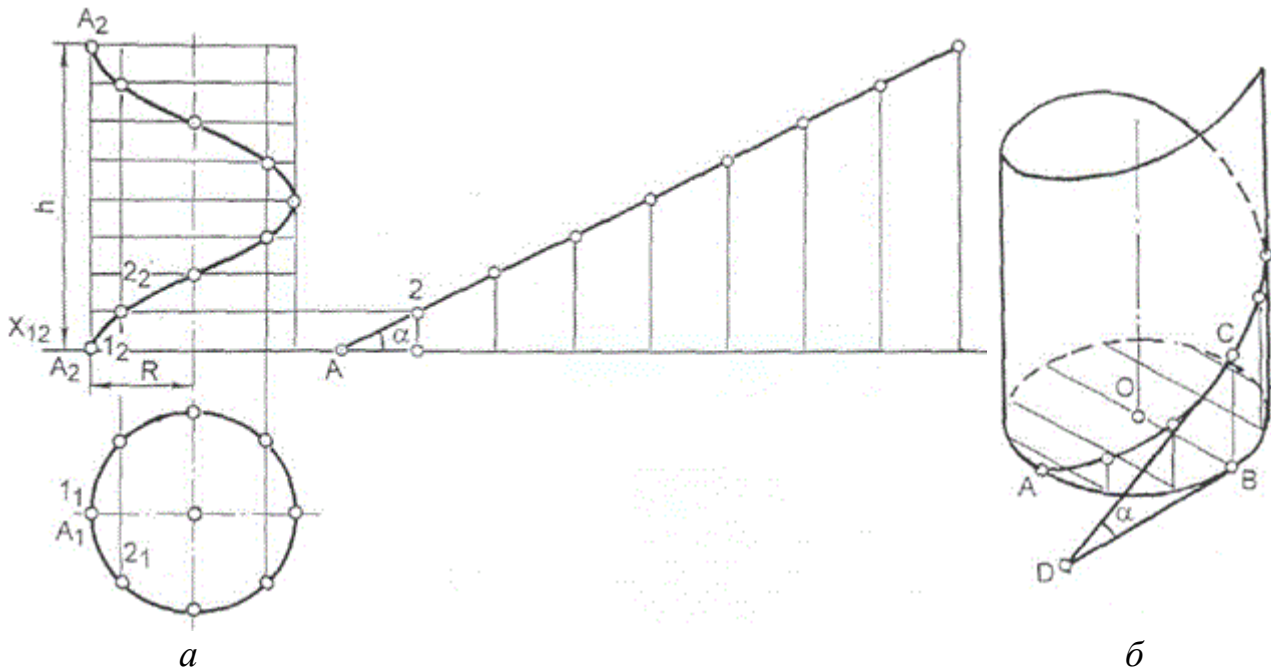


Рис 1.49

Основними способами задання поверхні є: *аналітичний, кінематичний, задання поверхні каркасом.*

Поверхня вважається заданою на кресленку, якщо відносно будь-якої точки, заданої на тому ж кресленку, можна однозначно визначити чи належить точка цій поверхні чи ні.

Поверхні, твірними яких є прямі лінії, називаються *лінійчатими.*

Поверхні, твірними яких є криві лінії, називаються *криві поверхні – нелінійчаті.*

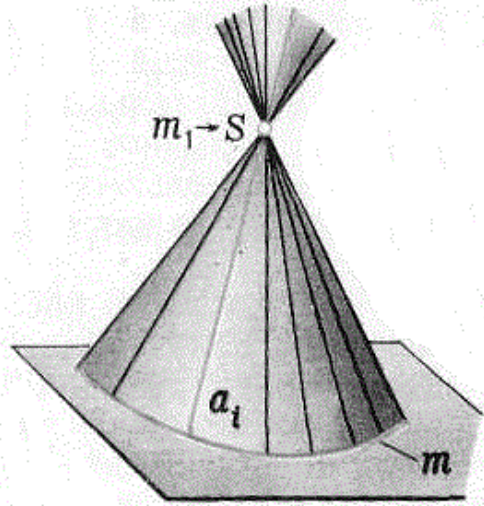
Усі поверхні можна поділити на *розгортні* та *нерозгортні*. До розгортних поверхонь належать ті поверхні, які можна сумістити з площиною без розривів та складок. На розгортці всі елементи поверхні зображуються в натуральну величину.

Нерозгортні поверхні – при виконанні розгорток їх не можна сумістити з площиною без деформацій.

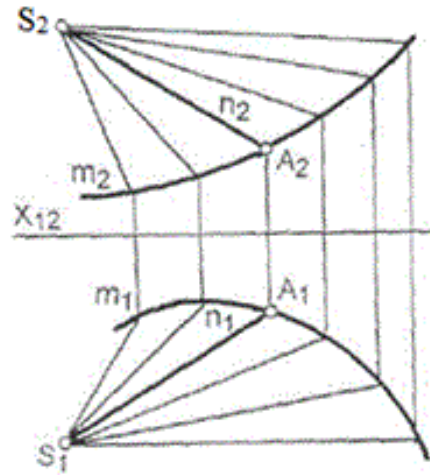
Розгортні поверхні. Якщо дві нескінченно близькі прямолінійні *твірні* перетинаються у власній чи невластній точці, то поверхня *розгортна*. Якщо не виконуються ці умови, то поверхня *нерозгортна*.

Залежно від характеру твірної, утворюються різні види розгортних поверхонь, до яких відносяться:

- *конічна поверхня* – утворюється прямою лінією (твірною) n , яка перетинає криву напрямну m і проходить через власну точку S – вершину поверхні (рис.1.50);



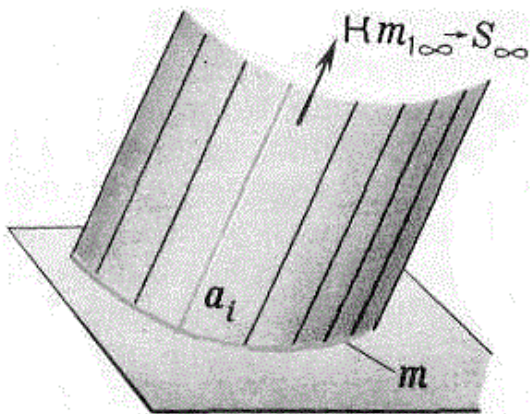
а



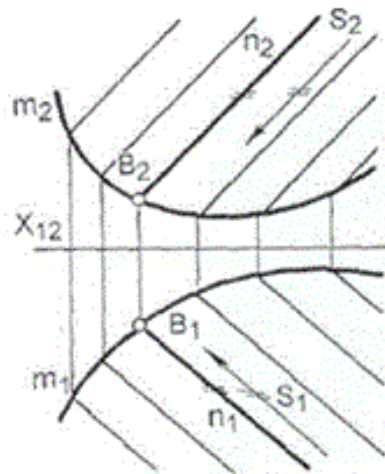
б

Рис 1.50

- *циліндрична поверхня* – утворюється прямою лінією n , яка перетинає напрямну m і проходить через невластну точку, задану напрямком S (S_1, S_2) (рис. 1.51);



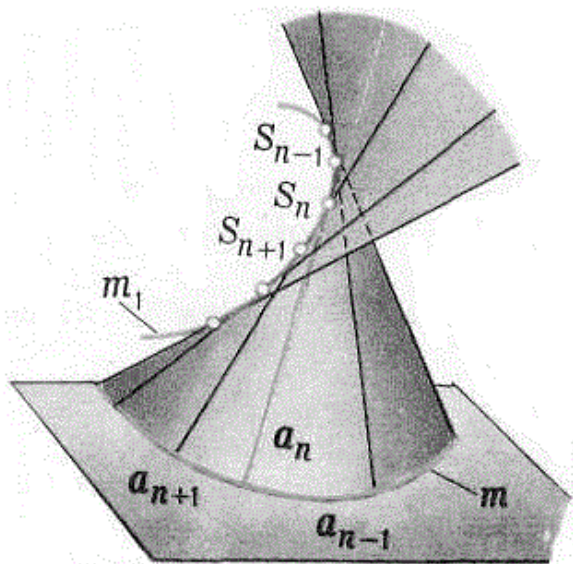
а



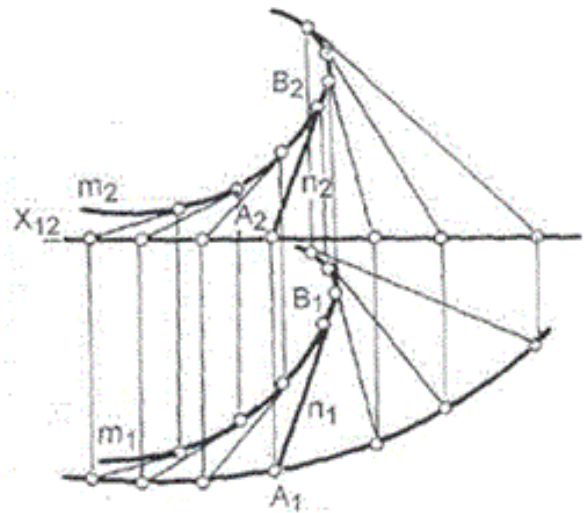
б

Рис 1.51

- *поверхня з ребром звороту (торс)* – утворюється неперервним рухом прямої n , яка дотична до деякої просторової кривої m , що називається *ребром звороту* (рис.1.52).



а



б

Рис 1.52

Поверхні з ребром звороту (*торсові поверхні*), можна сумістити всіма точками з площиною без складок і розривів, тобто така поверхня розгортна.

Поверхня сталого нахилу. Так називають поверхню в якій геометричним місцем прямих, нахилених під сталим кутом до деякої площини і які перетинаються по деякій кривій, яка є ребром звороту. Найпростішими поверхнями сталого нахилу є – *прямий круговий конус, розгортний гелікоїд.*

На рис. 1.53 показано особливий випадок утворення такої поверхні - переміщенням кругового конуса (рис. 1.53, а), вершина S якого ковзає по кривій на прямій m . Вісь конуса – вертикальна. Горизонтальна проекція вершини конуса знаходиться на горизонтальній проекції напрямної.

Конус, переміщуючись вершиною S_1 по напрямній m_1 на горизонтальній площині проєкцій, описує коло (слід) відповідного радіуса, який залежить від положення вершини конуса відносно площини проєкцій Π_1 .

Горизонтальним слідом поверхні сталого нахилу буде лінія, яка є обвідною ліній основ конусів – слідів конусів на горизонтальній площині проєкцій.

По куту нахилу будують декілька твірних конусів з вершинами на кривій лінії m (рис. 1.53, б). Лінія, дотична до основ твірних конусів визначає слід поверхні сталого нахилу. Сполучивши точку A_1 дотику сліду поверхні до основи конуса з вершиною конуса, визначають твірну SA поверхні сталого нахилу. Так будують решту твірних поверхонь. При подовженні твірних поверхні, суміжні твірні перетинаються і визначають лінію, яка буде ребром звороту поверхні сталого нахилу.

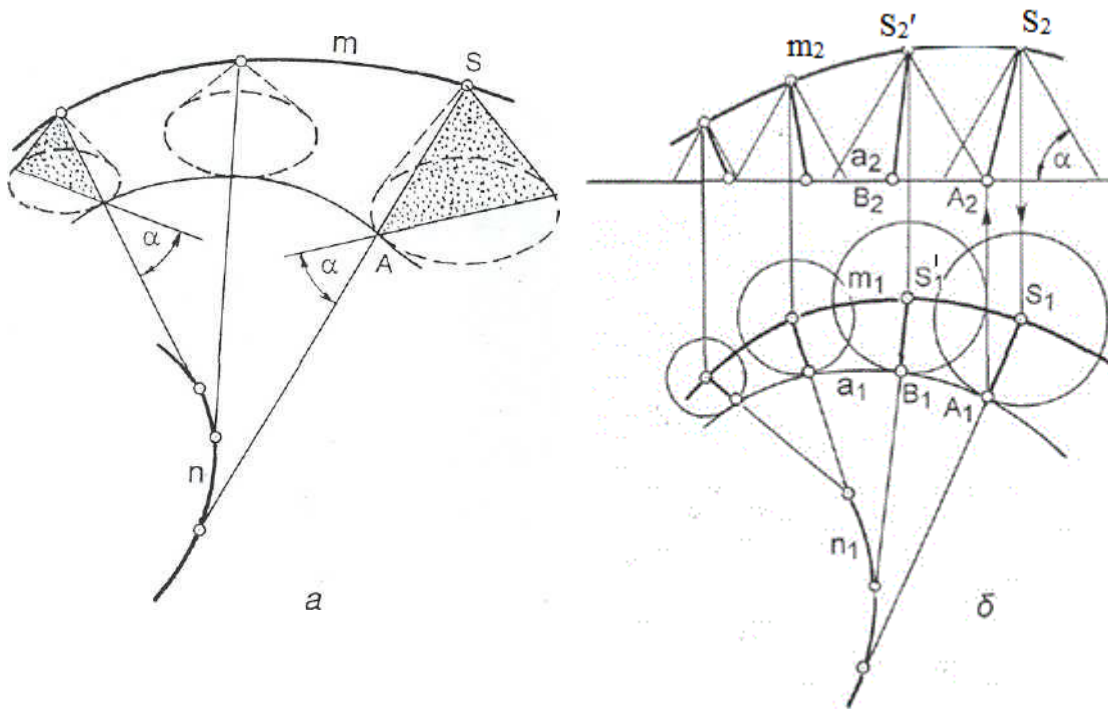


Рис 1.53

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Яка пряма називається січною?
2. Яка пряма є дотичною до кривої?
3. Назвіть особливі точки кривої.
4. Які параметри впливають на форму та розміри еліпса?
5. Яка лінія називається параболою?
6. Яка лінія називається гіперболою?
7. Як утворюються циліндрична та конічна гвинтові лінії?
8. Що таке крок гвинтові лінії – циліндричної та конічної?
9. Який вигляд мають проєкції циліндричної та конічної гвинтових ліній на площинах: а) паралельній вісі гвинтової лінії; б) перпендикулярній вісі гвинтової лінії?
10. Що таке „ліва гвинтова лінія”?
11. Що таке „права гвинтова лінія”?
12. В яку лінію розгортається кожний віток гвинтової лінії – циліндричної та конічної?
13. Яка поверхня називається лінійчатою?
14. Яка поверхня називається не лінійчатою?
15. Які є способи задання поверхні?
16. Як називають поверхні, які обмежують поверхню різьби?
- 17.

Література:

- [4] – с.129 – 204, [10] – с.125 – 170
 [15] – с.61 – 85, 94 - 108.

Умова завдання 11(1)

Побудувати проєкції кривої поверхні за заданими параметрами.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.55.

Опис кривої поверхні за варіантами завдання наведені в табл. 1.12, а варіанти твірних і напрямних, якими утворена поверхня, в табл. 1.13. Умова завдання виконується не по координатах, а в довільному масштабі. Зображення варіанту збільшується у 2-3 рази. Також треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 11(1)

В даному завданні передбачено побудову в основному лінійчатих (твірна – пряма лінія) поверхонь. Винятком є варіанти 18, 28 нелінійчатих поверхонь. У нелінійчатих поверхонь твірна – сталого або змінного виду. Поверхня, у якої твірна коло, називають *циклічною*.

Будь-яку лінійчату поверхню можна утворити рухом прямої лінії (рис. 1.54) по трьом напрямним лініям, у загальному випадку кривих.

Одна з напрямних може бути *невласною* (безмежно віддалена). Якщо це – пряма невласна напрямна, то вона замінюється *площиною паралелізму* (наприклад, варіанти завдання 6, 7, 8 та інші).

У випадку невласної кривої напрямної, вона замінюється *напрямним конусом* (варіанти завдання 20, 24, 30). Лінійчаті поверхні залежно від того, чи можна їх розгорнути на площину

без розривів і складок, поділяють на розгортні та нерозгортні. Характерною ознакою *нерозгортних лінійчатих поверхонь* є мимобіжність нескінченно близьких прямолінійних твірних.

Розгортними поверхнями вважають поверхні, у яких суміжні твірні перетинаються або паралельні.

У завданні передбачені нерозгортні лінійчаті поверхні. Винятком є варіанти 3, 4, 5, де треба побудувати розгортну поверхню однакового схилу за допомогою конусів змінної висоти, а також варіанти 1, 2, 11, 17, 22, 29 – поверхні з ребром звороту. У варіантах 18, 28 задано криволінійні поверхні.

У деяких варіантах треба перерізати лінійчату поверхню площиною. Криву перерізу будують за точками, що визначаються на окремих твірних.

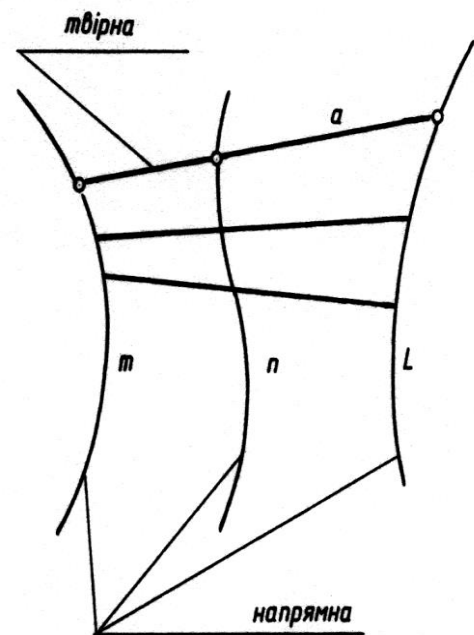


Рис.1.54

Виконання завдання (рис. 1.55) показано на прикладі побудови проекції однієї поли розгортного гелікоїда.

1. За заданими розмірами будуємо проекції циліндра, на якому утворена циліндрична гвинтова лінія.

Поділяємо циліндр на 8 рівних частин. Будуємо гвинтову лінію. Її горизонтальна проекція співпадає з колом основи циліндра.

2. Для побудови евольвенти, до кожної точки $2_1^1, 3_1^1, 4_1^1 \dots 7_1$ кола будуємо дотичні, на яких відкладаємо довжину відповідної дуги. З'єднавши точки $1_1, 2_1, 3_1, 4_1 \dots 7_1$ отримуємо проекцію евольвенти.

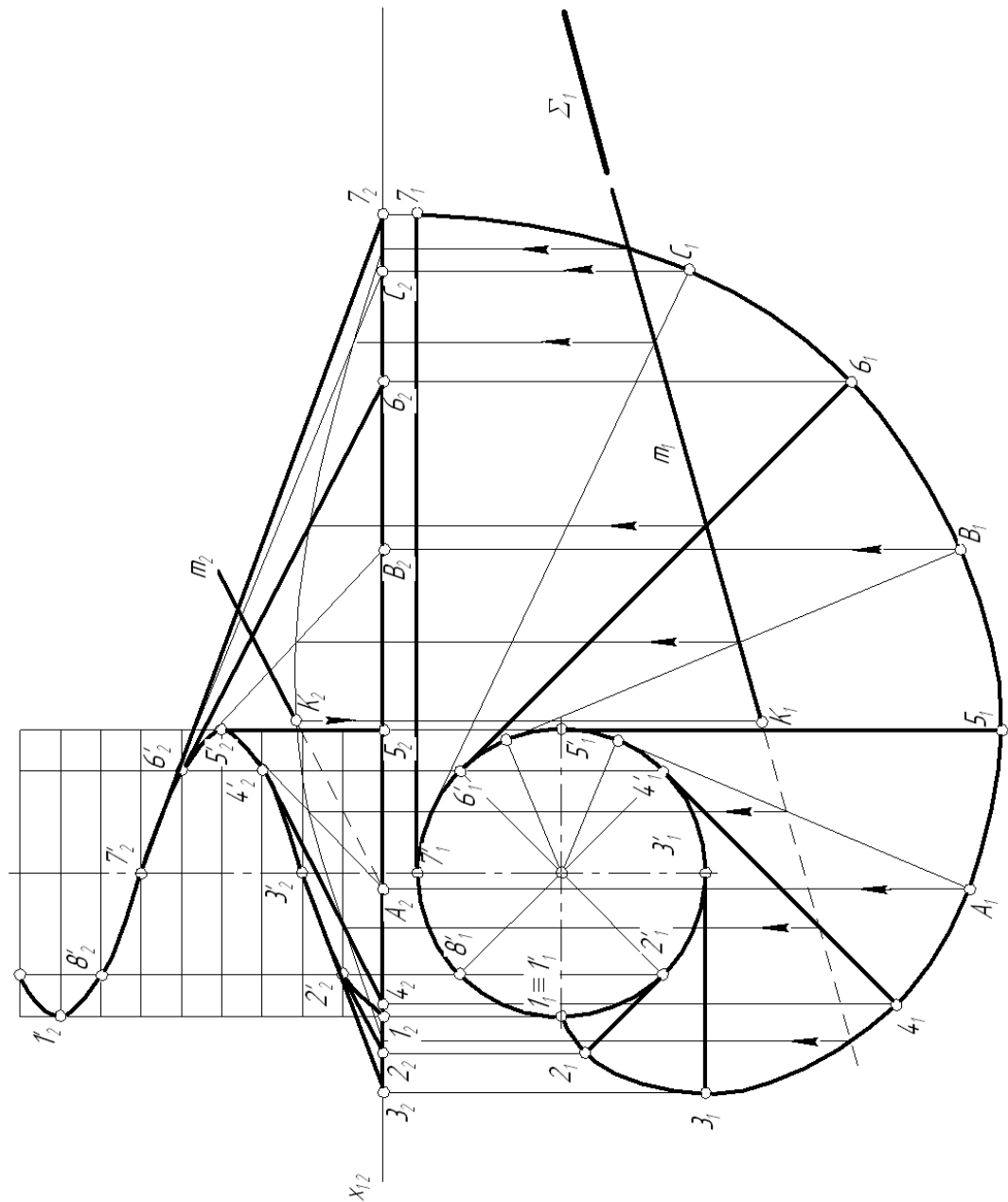
3. Задана поверхня утворюється рівномірним переміщенням прямолінійної твірної, за умовою, що один її кінець переміщується по евольвенті, а другий – по циліндричній гвинтовій лінії (гелісі).

На площині Π_1 проекціями твірних є дотичні до кола основи циліндра. Для побудови фронтальних проекцій твірних, з'єднуємо точки $2_2, 3_2, 4_2, \dots 7_2$ евольвенти з відповідними точками $2_2', 3_2', 4_2' \dots 7_2$ гвинтової лінії.

4. Для визначення точки перетину прямої m з кривою поверхнею, використовуємо допоміжну січну площину Σ ($\Sigma_1 \equiv m_1$).

Перетин m_2 з лінією перетину поверхні площиною Σ визначить шукану точку K_2 . Іншу проекцію точки K_1 визначаємо за належністю точки до прямої.

Завдання 9. Утворення і зображення кривих поверхонь



Варіант 31
група XX-1-IX
Прізвище І.П.

Рис. 1.55. Приклад виконання завдання 11(1)

Варіанти опису кривої поверхні в завданні 11(1)

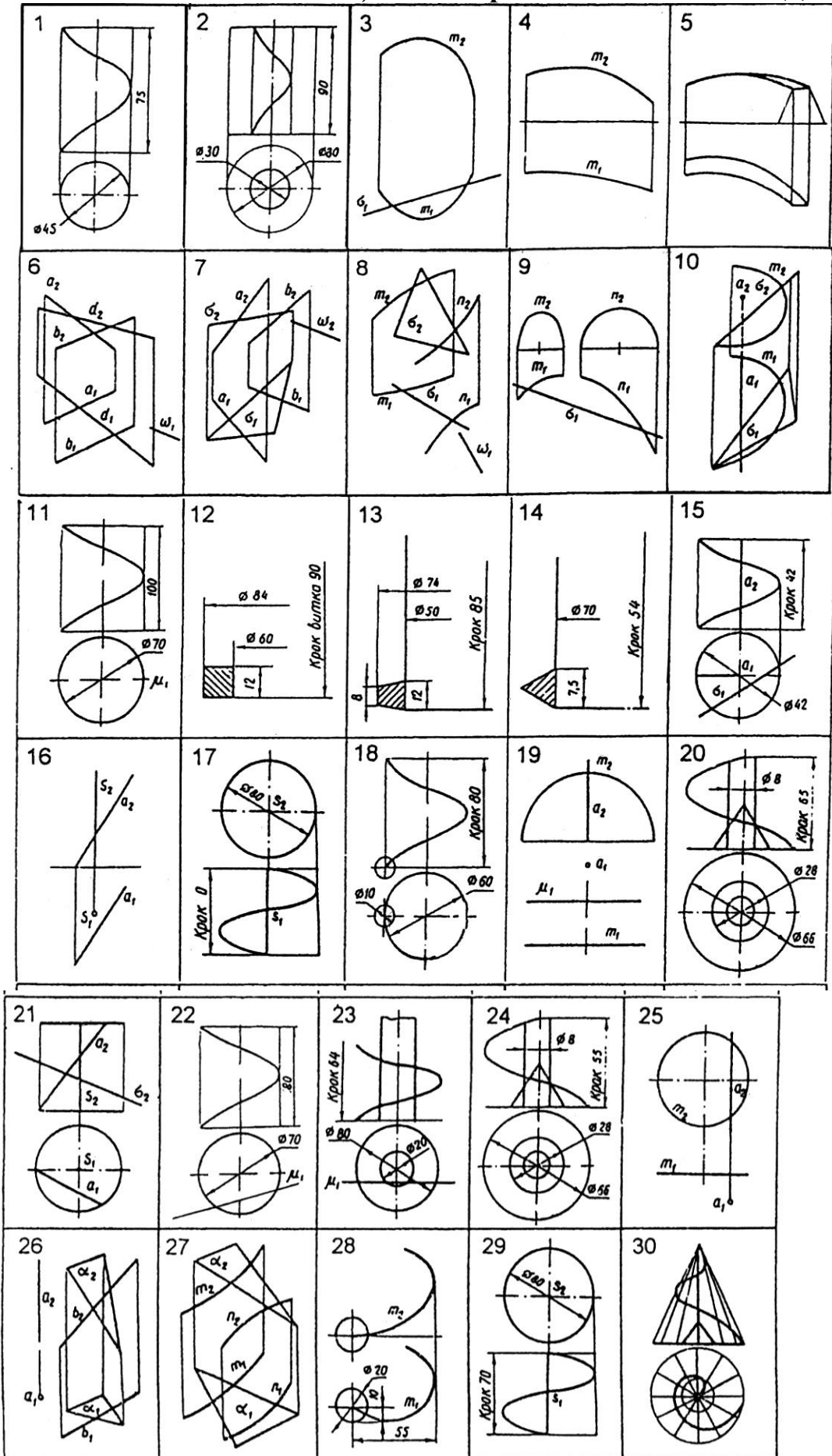
Таблиця 1.12. Опис кривої поверхні до завдання 11(1)

Варіант	Опис твірних та напрямних, які утворюють криву поверхню
1.	Побудувати проєкції однієї поли розгортного гелікоїда за заданою гвинтовою лінією (M1:1)
2.	Побудувати проєкції розгортного кільцевого гелікоїда за заданими: діаметром горизонтальної проєкції гвинтової лінії, діаметром основи січного співвісного циліндра і кроком (M1:1)
3.	Побудувати проєкції поверхні з ребром звороту за заданими проєкціями ребра звороту m та перерізати її вертикальною площиною σ
4.	Побудувати поверхню однакового схилу за заданим кутом схилу 60° і проєкціями лінії бровки. Знайти ребро звороту
5.	Побудувати проєкції схилів насипу ділянки полотна дороги з кутом схилу 45°
6.	Побудувати проєкції косої площини за напрямними a і b та площиною паралелізму твірних ω . Знайти точки зустрічі прямої d з косою площиною
7.	Побудувати косу площину за заданими напрямними a і b та фронтально проєкціювальною площиною паралелізму ω . Знайти переріз її трикутним фронтально проєкціювальним відсіком δ . Визначити видимість частин відсіку
8.	Побудувати проєкції циліндроїда за заданими кривими напрямними m і n та горизонтально проєкціювальною площиною паралелізму ω . Знайти лінію перерізу поверхні циліндроїда трикутним горизонтально проєкціювальним відсіком σ
9.	Побудувати проєкції циліндроїда, напрямними якого є криві m і n , а площина паралелізму – горизонтальна. Перерізати поверхню циліндроїда горизонтально проєкціювальною площиною
10.	За заданими напрямними – прямою a та кривою m , побудувати проєкції коноїда. Площина паралелізму фронтальна. Перерізати поверхню коноїда фронтально проєкціювальним відсіком σ
11.	Побудувати проєкції однієї поли розгортного гелікоїда, у якого напрямною є циліндрична гвинтова лінія з кроком 100 мм і діаметром горизонтальної проєкції гвинтової лінії 70 мм . Перерізати гелікоїд фронтально проєкціювальною площиною μ , яка проходить через вісь гвинтової лінії (M1:1)

12.	Побудувати проєкції витка пружини квадратного перерізу 12×12 мм. Крок витка 90 мм (M1:1)
13.	Побудувати проєкції витка трапецієподібної різьби. Крок витка 85 мм. Висота трапеції 12 мм. Паралельні сторони 8 і 12 мм (M1:1)
14.	Побудувати проєкції гвинтової трикутної різьби на циліндрі з діаметром основи 70 мм. Профіль різьби – рівносторонній трикутник, крок – 54 мм (M1:1)
15.	Побудувати проєкції гвинтового коноїда, твірна якого горизонтальна. Один кінець твірної ковзає по напрямній – циліндричній гвинтовій лінії, діаметр горизонтальної проєкції якої – 42 мм, крок – 42 мм. Другий кінець твірної переміщується по вертикальній прямій a . Перерізати поверхню гвинтового коноїда горизонтально проєкціовальною площиною
16.	Відрізок a обертається навколо вісі S . Побудувати проєкції однопорожнинного гіперболоїда обертання
17.	Побудувати проєкції розгортного гелікоїда з глибинною віссю S (M1:1)
18.	Побудувати проєкції гелікоїдального циліндра (гвинтової трубчатої поверхні), утвореного рухом кулі (діаметром 10 мм), центр якого послідовно переміщується по заданій гвинтовій лінії з кроком 80 мм і діаметром горизонтальної проєкції 60 мм (M1:1)
19.	Побудувати проєкції коноїда, напрямними якого є вертикальна пряма a і фронтальне півколо m . Твірні – горизонтальні. Перерізати коноїд фронтально проєкціовальною площиною μ
20.	Побудувати проєкції косоного кільцевого гелікоїда за напрямними: циліндричною лінією, конусом і співвісними з ними циліндрами діаметрами 56 і 28 мм
21.	Побудувати проєкції однопорожнинного гіперболоїда обертання за твірною a , віссю s , верхньою і нижньою основами. Перерізати поверхню гіперболоїда фронтально проєкціовальною площиною
22.	Побудувати проєкції однієї поли розгортного гелікоїда, у якого напрямною є циліндрична гвинтова лінія з кроком 80 мм та діаметром горизонтальної проєкції гвинтової лінії 50 мм (M1:1)
23.	Побудувати проєкції гвинтового циліндроїда за напрямними: гвинтовою лінією і циліндром (M1:1). Перерізати поверхню фронтально проєкціовальною площиною μ

24.	Побудувати проєкції косої кільцевої гелікоїди за напрямними: циліндричною гвинтовою лінією, конусом і співвісними з ними циліндрами діаметрами 56 і 28 мм
25.	Побудувати проєкції коноїди по заданим напрямним: вертикальною прямою a і фронтальним колом m . Площина паралелізму горизонтальна. Задати горизонтальну проєкцію точки, яка лежить на поверхні коноїди, та знайти її фронтальну проєкцію
26.	Побудувати проєкції косої площини за заданими напрямними a і b та горизонтальною площиною паралелізму. Знайти лінію перерізу косої площини трикутним відсіком α
27.	Побудувати проєкції циліндроїди за заданими напрямними m і n та фронтальною площиною паралелізму. Знайти лінію перерізу трикутним відсіком α
28.	Побудувати проєкції кривого циліндра (трубчатої поверхні), утвореного рухом кулі, центр якої переміщується по кривій m . Діаметр кулі – 20 мм
29.	Побудувати проєкції розгортного гелікоїди з глибинною віссю
30.	Побудувати проєкції косої циліндра з трьома напрямними: заданою гвинтовою лінією, її віссю та напрямним конусом обертання

Таблиця 1.13. Варіанти до завдання 11(1)



Умова завдання 11(2)

Побудувати прямий круговий конус, основа якого розміщена в площині, яка визначена точками A , B та C . Діаметр основи дорівнює 60 мм. Висота конуса – 50 мм.

Завдання виконати на аркуші формату А4. Приклад виконання завдання на рис. 1.56.

Координати точок наведені в табл.1.14. Треба передбачити напрям подальшої побудови.

Методичні настанови по виконанню завдання 11(2)

Виконання завдання починається з побудови горизонталі h (h_1 ; h_2) площині, яка задана трикутником ABC (рис. 1.56). Довільно вибираємо на горизонталі центр кола основи конуса O (O_1 ; O_2). Через цю точку проводимо фронталь f (f_1 ; f_2). На площини проєкцій Π_1 і Π_2 основа конуса проєкціюється у вигляді еліпса. На площині проєкцій Π_1 велика вісь еліпса E_1K_1 збігається з горизонтальною проєкцією горизонталі h_1 і дорівнює діаметру основи конуса ($O_1E_1=O_1K_1=R$). Відповідно на площині Π_2 велика вісь еліпса L_2M_2 збігається із фронтальною проєкцією фронталі f_2 ($O_2L_2 = O_2M_2 = R$). За відповідністю знаходимо проєкції E_2K_2 та L_1M_1 .

Запропоновану задачу можна вирішувати декількома способами.

Спосіб 1. Для побудови фронтальної проєкції еліпса, знайдемо його малу вісь, яка визначена великою віссю L_2M_2 і точкою E_2 . Для цього:

– проводимо коло з центром O_2 і радіусом R ;

– проводимо через точку E_2 пряму, перпендикулярну L_2M_2 , до перетину з колом у точці I_2 ;

– через точку E_2 проводимо пряму, паралельну f_2 , до перетину з лінією O_2I_2 . Отриману точку позначимо як I'_2 .

Відрізок прямої $O_2I'_2 = R_1$ – довжина малої напіввісі еліпса, напрям якої збігається з перпендикуляром до L_2M_2 .

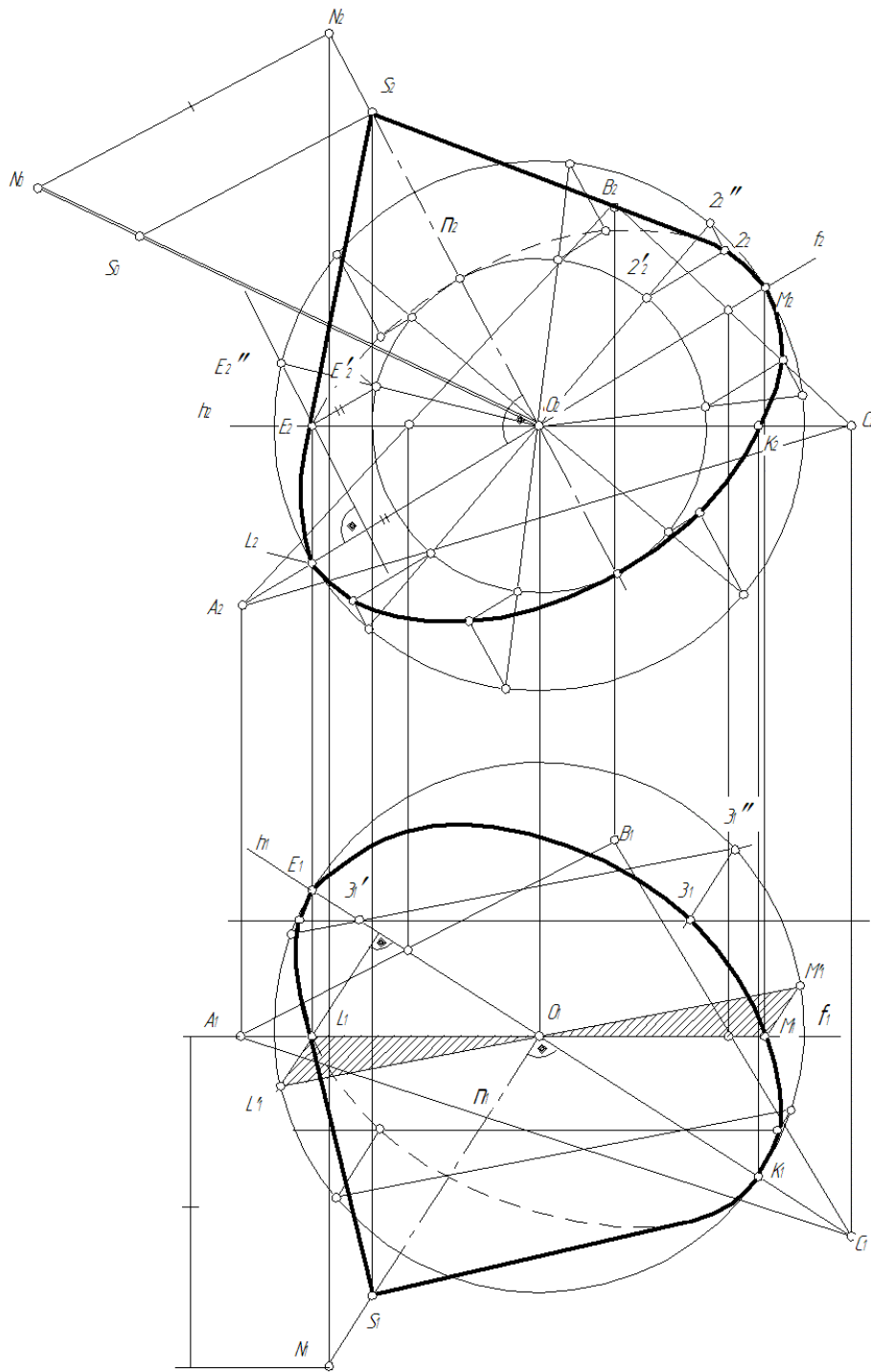
Для побудови дискретного ряду точок еліпса:

– через точку O_2 проводимо довільно вибрану пряму до перетину з малим (точка $2_2'$) і великим (точка $2_2''$) колами;

– через точку $2_2'$ проводимо пряму, паралельну f_2 , а через точку $2_2''$ – перпендикулярну f_2 пряму, і знаходимо шукану точку 2_2 .

Аналогічно будуємо ще декілька точок.

Завдання 11. Утворення та зображення кривих поверхонь



Варіант 31
група XX-1-10
Прізвище І.П.

Рис. 1.56. Приклад виконання завдання 11(2)

Спосіб 2. Побудуємо горизонтальну проекцію еліпса як лінію, споріднену колу. Вихідні дані – споріднені діаметри E_1K_1 і L_1M_1 . Проводимо через точки L_1 і M_1 лінії, перпендикулярні E_1K_1 до перетину з колом радіусом R і центром O_1 . Отримаємо точки L_1' і M_1' , що їх з'єднуємо прямою лінією $L_1'M_1'$.

Для побудови дискретного ряду точок еліпса:

– через довільно вибрану точку кола Z_1'' проводимо лінію, яка паралельна $L_1'M_1'$, до перетину з E_1K_1 в точці Z_1' та лінію, що перпендикулярна E_1K_1 ;

– через точку Z_1' проводимо горизонтальну лінію до перетину з перпендикуляром до E_1K_1 і отримуємо шукану точку Z_1 .

Аналогічно будуємо ще декілька точок.

Побудовані горизонтальні та фронтальні ряди точок з'єднуємо плавною кривою лінією та отримаємо еліпси.

Для побудови горизонтальної та фронтальної проекцій вершини прямого кругового конуса проводимо прямі $n_1 \perp E_1K_1$ і $n_2 \perp L_2M_2$ (проекції осі конуса) через точки O_1 і O_2 . На проекціях вісі конуса вибираємо довільно точку N (N_1 ; N_2) і способом прямокутного трикутника визначаємо натуральну величину відрізка ON (на рис. 1.56 – O_2N_0), на якій відкладаємо задану висоту конуса O_2S_0 і знаходимо точки S_2 і S_1 – проекції вершини конуса.

Через ці точки проводимо відповідні проекції дотичних до проекцій основи конуса та визначаємо видимість певних ділянок основи конуса.

Таблиця 1.14. Варіанти до завдання 11(2)

B.1	x	y	z	B.2	x	y	z	B.3	x	y	z	B.4	x	y	z	B.5	x	y	z
A	65	15	70	A	120	60	55	A	90	5	50	A	60	45	75	A	30	60	50
B	110	70	45	B	110	0	25	B	50	40	30	B	75	10	30	B	45	0	25
C	100	25	25	C	65	50	45	C	20	10	60	C	40	35	65	C	95	50	45
D	45	55	5	D	45	20	15	D	35	0	35	D	20	0	40	D	110	20	10
B.6	x	y	z	B.7	x	y	z	B.8	x	y	z	B.9	x	y	z	B.10	x	y	z
A	100	40	15	A	80	55	65	A	40	20	65	A	95	20	60	A	40	45	75
B	60	20	55	B	100	20	10	B	90	70	40	B	45	75	40	B	25	10	30
C	35	35	25	C	60	50	50	C	70	35	20	C	60	35	20	C	60	35	60
D	45	25	5	D	40	10	30	D	15	60	10	D	105	10	5	D	80	0	35
B.11	x	y	z	B.12	x	y	z	B.13	x	y	z	B.14	x	y	z	B.15	x	y	z
A	90	45	60	A	100	20	65	A	60	35	75	A	40	35	25	A	110	20	70
B	100	20	5	B	55	40	75	B	75	10	20	B	75	70	5	B	65	65	50
C	55	35	55	C	70	30	20	C	110	20	65	C	105	40	40	C	80	25	40
D	35	10	20	D	110	60	0	D	10	0	35	D	90	25	10	D	35	5	5
B.16	x	y	z	B.17	x	y	z	B.18	x	y	z	B.19	x	y	z	B.20	x	y	z
A	105	65	40	A	55	60	60	A	50	70	45	A	45	50	70	A	100	15	40
B	95	5	20	B	40	25	10	B	65	10	15	B	30	0	30	B	60	50	15
C	45	55	35	C	75	55	50	C	100	60	30	C	70	35	60	C	35	60	30
D	30	25	5	D	95	15	25	D	80	30	5	D	85	15	20	D	45	10	55
B.21	x	y	z	B.22	x	y	z	B.23	x	y	z	B.24	x	y	z	B.25	x	y	z
A	20	25	30	A	35	75	40	A	90	50	60	A	80	20	35	A	90	60	60
B	55	40	5	B	65	20	10	B	75	25	10	B	45	5	60	B	110	15	30
C	85	30	45	C	85	65	25	C	30	45	50	C	10	35	75	C	70	50	40
D	75	15	20	D	100	40	5	D	10	20	20	D	25	60	5	D	55	30	5
B.26	x	y	z	B.27	x	y	z	B.28	x	y	z	B.29	x	y	z	B.30	x	y	z
A	30	45	5	A	75	70	55	A	45	35	15	A	65	65	55	A	85	5	75
B	65	5	40	B	60	20	15	B	80	15	50	B	85	30	5	B	100	50	60
C	10	60	15	C	100	55	30	C	110	50	25	C	40	10	20	C	115	15	40
D	90	20	30	D	20	35	10	D	20	20	40	D	30	20	40	D	60	40	20

РОЗДІЛ II

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

Технічне креслення – одна із дисциплін, яка складає основу підготовки інженерів та інженерно-технічних спеціалістів. Метою вивчення предмету є набуття знань та навиків виконання і читання зображень предметів у відповідності до стандартів системи конструкторської документації (СКД).

В теперішній час на території України паралельно діють ідентичні стандарти: національний України „Система конструкторської документації” та міждержавний „Единая система конструкторской документации”. В тексті настанов буде посилення на стандарти обох систем.

МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ

Контрольні роботи з інженерної графіки являють собою епюри (кресленики), які виконують по мірі послідовного проходження курсу. Завдання на контрольні роботи індивідуальні, розроблені по варіантах. Номер варіанта студентам надає викладач.

Кожне завдання складається з розділів:

- Загальні положення по темі завдання;
- Запитання та завдання для самоконтролю;
- Умова завдання;
- Методичні настанови по виконанню завдання;
- Варіанти до завдання.

В „Загальних положеннях по темі завдання” наведені основні теоретичні положення, а також посилення на відповідні стандарти, які дозволять визначитися студенту з напрямом по вивченню основної літератури.

Вивчити основні положення державних стандартів та рекомендованої літератури по певній темі. Після опрацювання теми завдання за допомогою посібника та рекомендованої літератури, студенту пропонується відповісти на запитання та розв’язати графічні задачі, які представлені в розділі „ Запитання та завдання для самоконтролю”. Відповіді на запитання для самоконтролю записати в робочий зошит.

Маючи достатні теоретичні знання, які закріплені практичними задачами, студент переходить до виконання чергового завдання контрольної роботи, умова якої представлена в розділі „Умова завдання”.

Після ознайомлення з „Методичними настановами до виконання завдання” студент приступає до виконання графічної роботи у порядку, зазначеному в методичних рекомендаціях до завдання.

Відповідно до спеціальності, по якій навчається студент, пропонується виконати завдання по темам з нарисної геометрії, яка наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Тематика завдань відповідно спеціальностям

Профіль спеціальності, групи	Завдання									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Факультет МКТ: 131 Прикладна механіка; 133 Галузеве машинобудування	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ННШТ: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
Факультети Д та ІМ: 015 Професійна освіта (015.36 Технологія легкої промисловості); 182 Технології легкої промисловості	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+

Кресленики виконується на аркушах креслярського паперу форматом згідно ГОСТ 2.301-68 (ДСТУ ISO 128-24:2005). Формати креслярських аркушів вибирають залежно від габаритних розмірів креслеників. Розміри форматів визначаються розмірами зовнішньої рамки кресленика (рис. 2.1). Стандарт встановлює п'ять основних форматів (всі розміри в мм): А0 – 841x1189; А1 – 594x841; А2 – 420x594; А3 – 297x420; А4 – 210x297.

Поле кресленика обмежується рамкою, товщина лінії якої не менше ніж 0,7 мм, на відстані 20 мм від лівої межі аркуша (поле для підшивання) та на відстані 5 мм від інших сторін зовнішньої рамки (див. рис. 2.1).

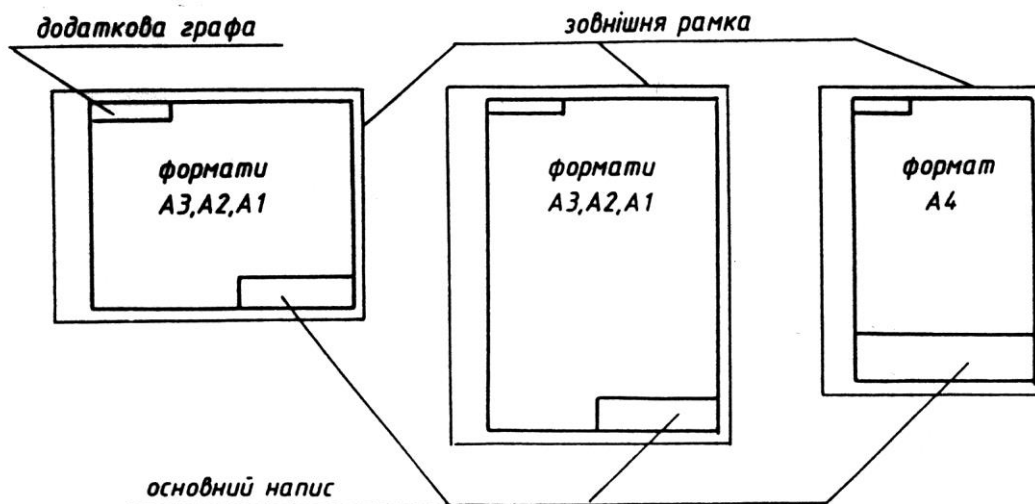


Рис. 2.1. Оформлення основних форматів

В правому нижньому куті формату виконують єдиний для всіх форматів основний напис кресленика. Форма і розміри основного напису в відповідності до ГОСТ 2.104-68 (ДСТУ ГОСТ 2.104:2006) наведена на рис. 2.2, а заповнення граф основного напису наведено на рис. 2.3. Основний напис для формату А4 розміщується тільки вздовж короткої сторони – 210 мм (рис. 2.1).

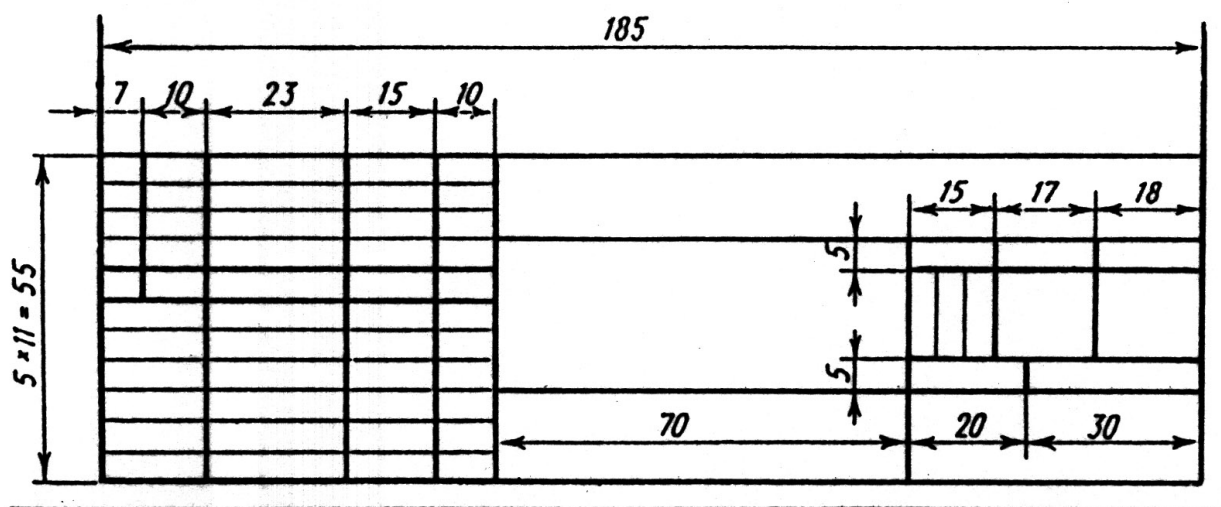


Рис. 2.2. Форма основного напису креслеників і схем

Приклад заповнення основного напису наведено на рис. 2.3.

					Шифр навчального закладу (КНУТД)			
					Номер графічної роботи			
					Номер варіанту			
					Номер листа			
					КНУТД 08.07.01			
					Корпус	Літера	Маса	Маштаб
Зм	Арк	№докум	Підпис	Дата		у		1:1
Розробив		Коваль						
Перевірів						Аркуш	Аркушів	
Т.контр.								
					Ст 3 кп ДСТУ 2651-94	гр. М1-12	Кафедра граф. та нар.геом.	
Н.контр.								
Затвердив								

Рис. 2.3. Приклад заповнення основного напису креслеників і схем

Крім того, на кресленику, у лівому верхньому куті, обов'язково має бути додаткова графа, розмір якої 70x14 мм (рис. 2.4). Цій графі записують, повернутим на 180⁰ відносно основного напису, позначення конструкторського документа.

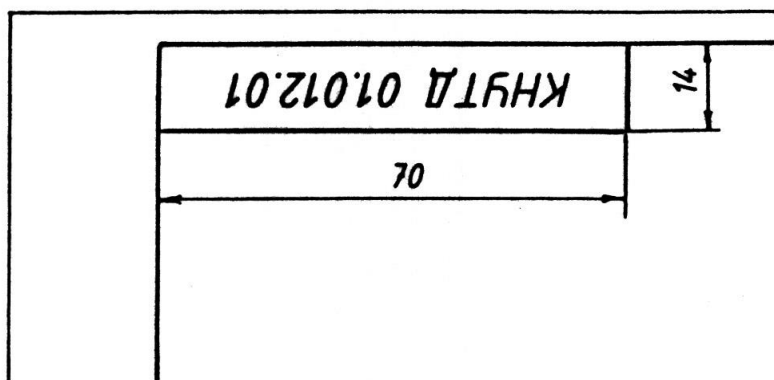


Рис. 2.4. Додаткова графа

Назва, товщина ліній і їх призначення встановлені ГОСТ 2.303-68 (ДСТУ ISO 128-24:2005). На рис. 2.5 наведено приклад використання ліній. Відповідно до стандарту, товщина ліній на кресленику повинна становити (мм): лінія суцільна товста основна (лінії видимого контуру) – 0,5...1,4; лінія штрихова (лінії невидимого контуру, лінії виносні, розмірні, осьові – 0,4...0,7.

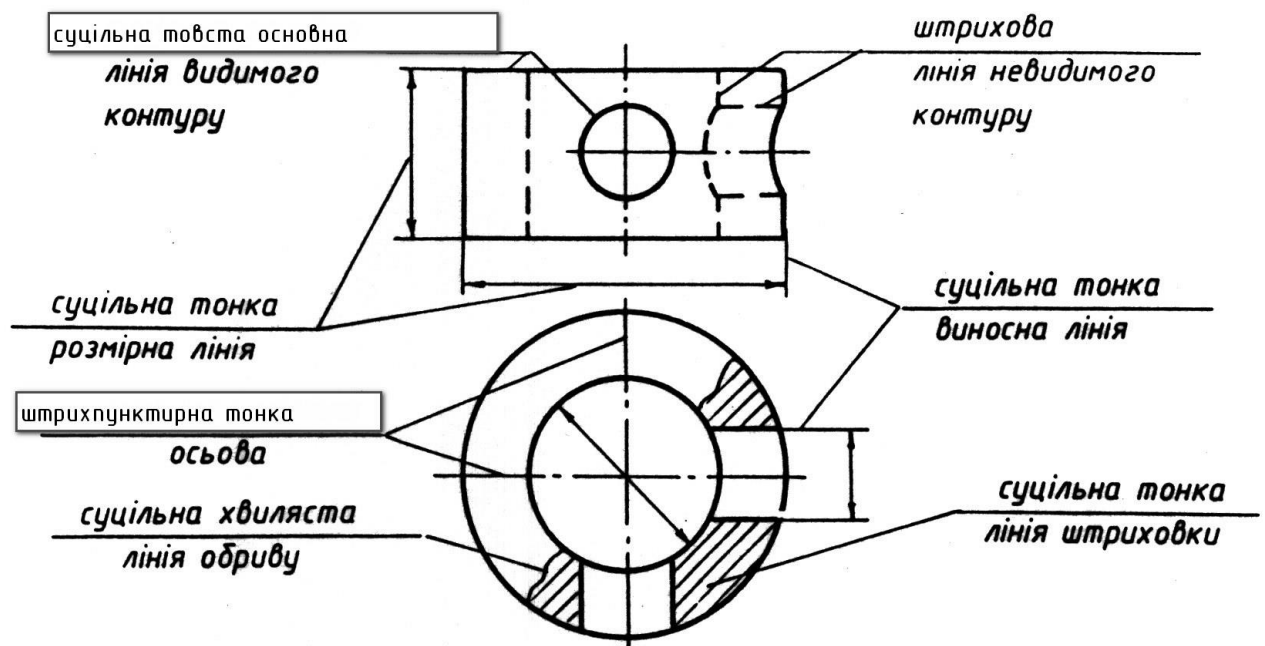


Рис.2. 5. Приклад виконання ліній на кресленниках

Усі написи на кресленниках та інших технічних документах виконуються креслярським шрифтом згідно ГОСТ 2.304-81 (ДСТУ ISO 3098-6:2007). Основні параметри шрифту залежать від *розміру шрифту* h – висоти великих літер в мм. Щоб зручніше було вивчати форми літер і цифр, шрифти виконують на допоміжній сітці. На рис. 2.6 наведені розміри шрифту, які використовуються при виконанні креслеників та написів, показана конструкція літер і цифр. Наведено приклад написання шрифту *Б* з нахилом, який рекомендується при виконанні завдань на кафедрі.

Завдання 12. Основні правила оформлення креслеників

Загальні положення по темі завдання 12

Тема передбачає закріплення знань і навичок з основних правил оформлення креслеників, які встановлені державними стандартами:

ГОСТ 2.301-68 (ДСТУ ISO 128-24:2005) – формати;

ГОСТ 2.104-68 (ДСТУ ГОСТ 2.104:2006) – основні написи;

ГОСТ 2.302-68 (ДСТУ ISO 5455:2005) – масштаби;

ГОСТ 2.303-68 (ДСТУ ISO 128-24:2005) – лінії;

ГОСТ 2.304-81 (ДСТУ ISO 3098-6:2007) – шрифти креслярські;

ГОСТ 2.306-68 – позначення графічні матеріалів та правила їх нанесення на креслениках;

ГОСТ 2.307-68 – нанесення розмірів і граничних відхилень.

Завдання слід починати з вивчення державних стандартів, які встановлюють основні правила саме по оформленню графічних документів.

Далі наведені деякі витяги з вказаних нормативних документів.

Формати. Основні написи

Формати аркушів визначаються розмірами зовнішньої рамки конструкторського документу (кресленика, текстового документу тощо), яка виконана тонкою лінією. Оригінал кресленика потрібно виконувати на найменшому за розміром аркуші, якого достатньо, щоб забезпечити чіткість та розуміння кресленика. Основні формати встановлені ГОСТ 2.301-68 (ДСТУ ISO 128-24:2005) та наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Основні формати утворені послідовним поділом більших форматів навпіл, лінією паралельною меншій стороні, починаючи з формату А0.

Крім основних форматів даним стандартом передбачено використання додаткових (подовжених) форматів, які утворені збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, що кратна їх розмірам. Додаткові формати мають певне позначення.

Оформлюються креслярські аркуші внутрішньою рамкою, яку проводять суцільною товстою лінією на відстані 20 мм вздовж лівої сторони (поле для брошурування) та по 5 мм з трьох інших сторін формату.

Позначення формату	Розміри, мм
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

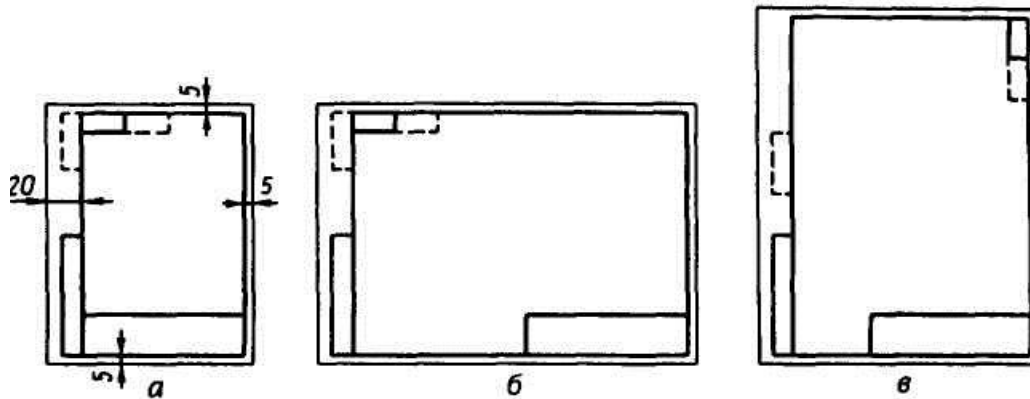


Рис. 2.7

Основні написи на креслениках і текстових документах виконують за ГОСТ 2.104-2006 і розміщують в правому нижньому куті формату (рис. 2.7). На аркушах формату А4 основний напис розміщують **тільки** вздовж його короткої сторони (див. рис 2.8).

В графах основних написів і в додаткових графах (рис. 2.8) зазначають:

- у графі 1 – назву виробу (ГОСТ 2.109-73);
- у 2-й – позначення документу (ГОСТ 2.201-80);
- у 3-й – позначення матеріалу (графу заповнюють на креслениках деталей);
- у 4-й – літеру, яку присвоєно цьому документу;
- у 5-й – масу виробу (ГОСТ 2.109-73);
- у 6-й – масштаб (ГОСТ 2.302-68, ГОСТ 1.109-73);
- у 7-й – порядковий номер аркушу (якщо аркуш один, графу не заповнюють);
- у 8-й – кількість аркушів документу (заповнюють на першому аркуші);
- у 9-й – назву організації, яка випустила документ;
- у 10-й – характер роботи осіб, які підписують документ;
- у 11-й – прізвища осіб, які підписують документ;
- у 12-й – підписи осіб, прізвища яких зазначені в графі 11;
- у 13-й – дату підписання документу;
- у графах 14...18 – зміни, які вносяться (ГОСТ 2.503-74);
- графи 19 – 32 вводяться в разі потреби.

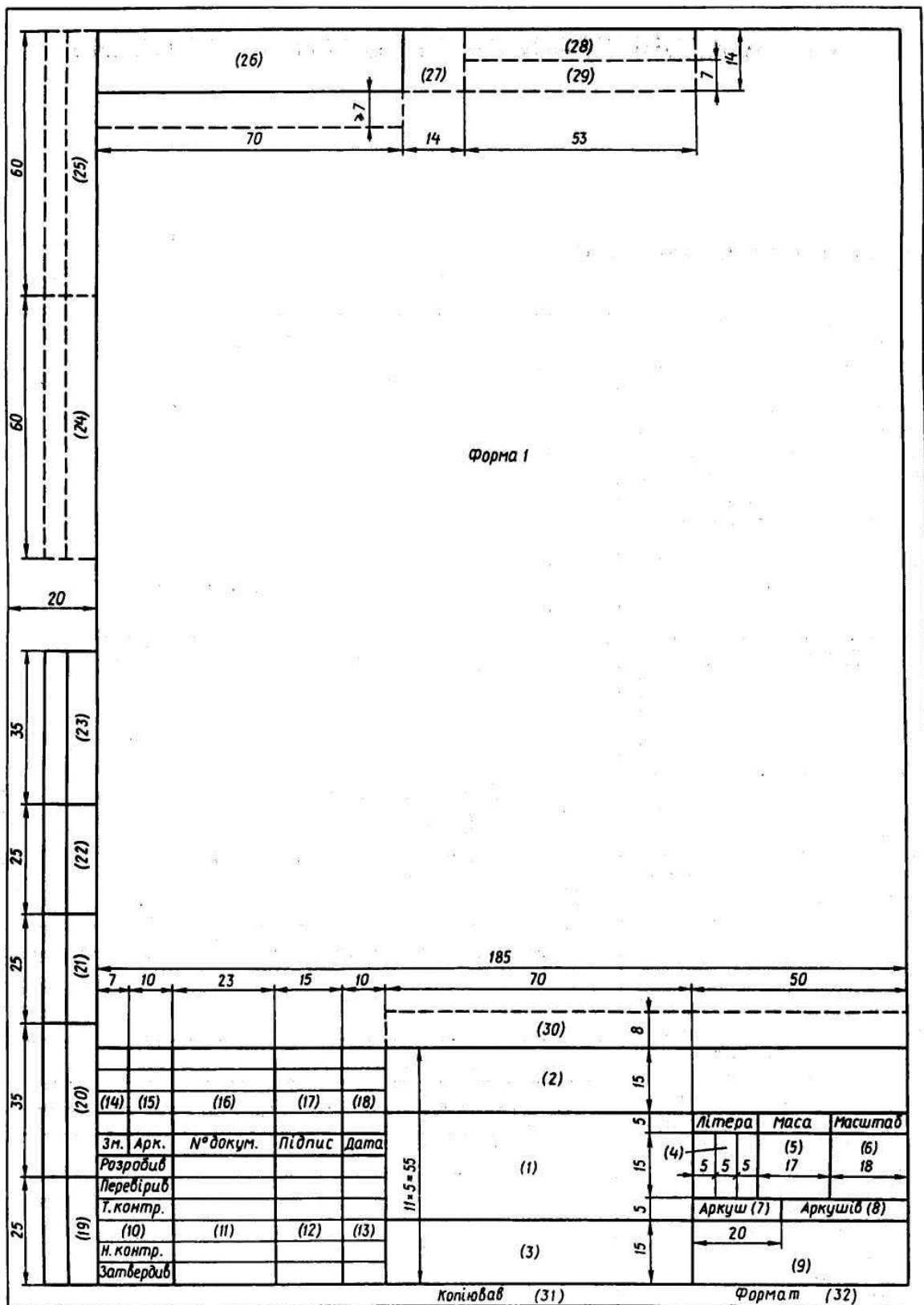


Рис. 2.8. Основний напис та додаткові графи

При згортанні креслярських аркушів слід дотримуватись наступного:

- аркуші складають зображенням назовні так, щоб основний напис кресленника був на лицьовій стороні внизу складеного аркушу;
- кресленики усіх форматів складають „гармошкою” до розмірів формату А4.

Порядок складання креслеників різних розмірів показано на рис. 2.9.

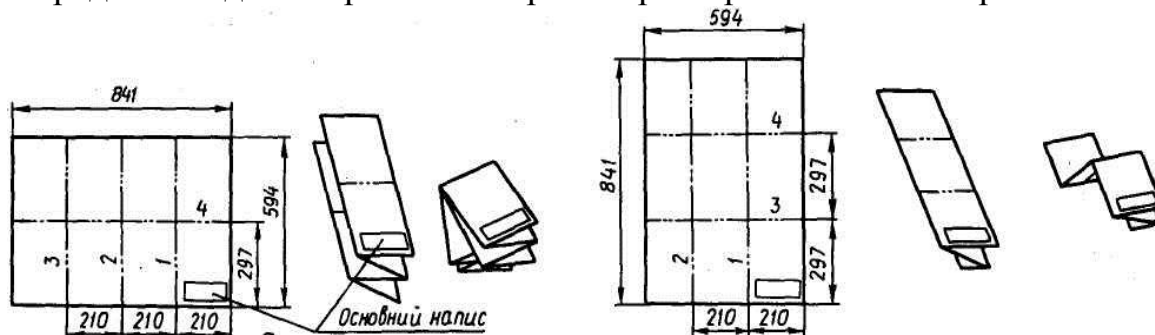


Рис. 2.9

Масштаби

Масштаб це відношення лінійного розміру елемента предмета (об’єкта), зображуваного на оригіналі кресленника, до реального лінійного розміру цього самого елемента того самого предмету.

Згідно ГОСТ 2.302–68 встановлено такі масштаби:

- масштаб натуральної величини – 1:1;
- масштаби збільшення – 2:1, 2.5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, ...;
- масштаби зменшення – 1:2, 1:2.5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, ...;

Згідно ДСТУ ISO 5455:2005 встановлено такі масштаби:

- масштаб натуральної величини – 1:1;
- масштаб збільшування – 2:1, 5:1, 10:1, 20:1, ...;
- масштаб зменшування – 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, ...

Лінії

Загальні правила і основні положення щодо застосування типів ліній на кресленниках усіх галузей промисловості та будівництва наведені в ГОСТ 2.303–68, а на машинобудівельних кресленниках – ДСТУ ISO 128-24:2005.

Найменування, написання, товщина ліній по відношенню до товщини основної лінії та основні призначення ліній повинні відповідати вказаним в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Лінії, що використовують при побудові креслеників

№ пор.	Назва лінії	Накреслення	Товщина ліній порівняно з товщиною основної лінії	Призначення
1	Суцільна основна		s	Лінії видимого контуру; лінії переходу видимі; лінії контуру перерізу (винесеного і такого, що входить до складу розрізу)
2	Суцільна тонка		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії контуру накладеного перерізу; лінії розмірні та виносні; лінії штрихування; лінії-виноски та їх полички; лінії для підкреслювання фізичних написів та позначення розміщених поруч деталей; лінії обмеження виносних елементів на виглядах, розрізах і перерізах; лінії переходу уявні; лінії для позначення слідів площин; лінії побудови характерних точок у спеціальних побудовах
3	Суцільна хвиляста		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії обриву; лінії розмежування вигляду та розрізу
4	Штрихова		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії невидимого контуру; лінії переходу невидимі
5	Штрихпунктирна тонка		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії осьові та центрові; лінії перерізів, що є осями симетрії для накладених чи винесених перерізів; лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом
6	Штрихпунктирна потовщена		Від $s/2$ до $2/3 s$	Лінії, що позначають поверхні, які потребують термообробки або на які наноситиметься покриття; лінії для зображення елементів, розміщених перед січною площиною ("накладена проекція")
7	Розімкнута		Від s до $1,5s$	Лінії перерізів
8	Суцільна тонка зі зламами		Від $s/2$ до $s/3$	Довгі лінії обриву
9	Штрихпунктирна з двома крапками		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії згину на розгортках; лінії для зображення частини виробу в крайніх чи проміжних положеннях; лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом

Товщину суцільної основної лінії s вибирають в межах 0,5...1,4 мм залежно від розмірів, складності зображень та формату кресленика. Товщина певної лінії має бути однаковою для всіх зображень на кресленику. У прикладах використання ліній (рис. 2.10) їх номери відповідають номерам табл. 2.3.

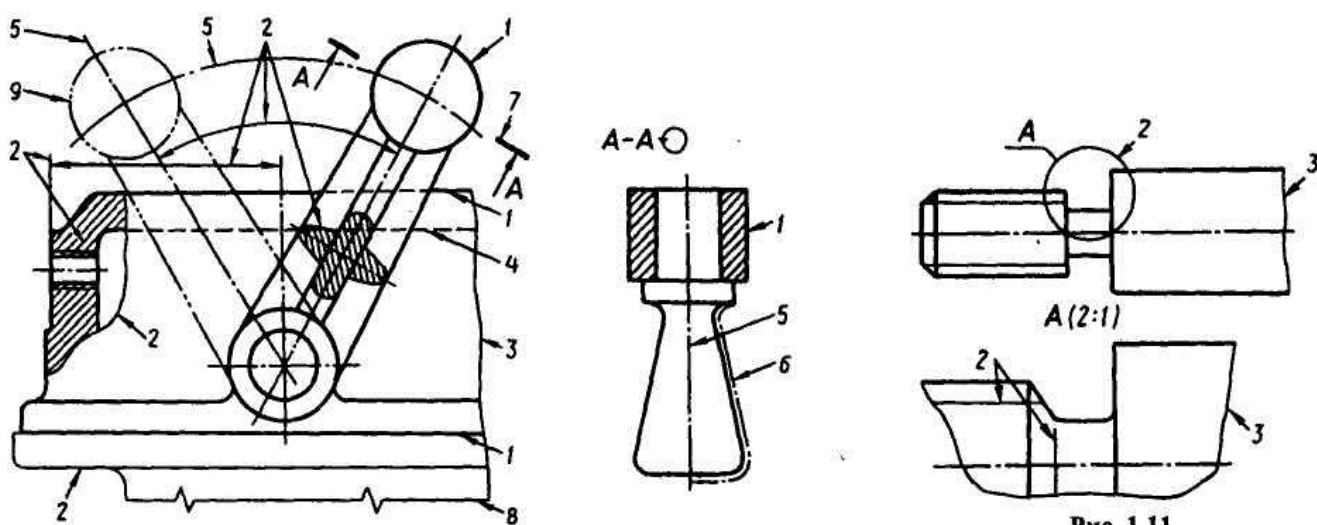


Рис. 10

Шрифти креслярські

Усі написи на креслениках та інших технічних документах слід виконувати шрифтом креслярським за ГОСТ 2.304-81(Шрифты чертежные) або ДСТУ ISO 3098-0:1997 (ШРИФТИ. Частина 0. Загальні вимоги), ДСТУ ISO 3098-4:2000 (ШРИФТИ. Частина 4. Діакритичні і окремі знаки латинської абетки) та ДСТУ ISO 3098-6:2007 (ШРИФТИ. Частина 6. Кирилична абетка).

Основні параметри шрифту за ГОСТ 2.304-81 (рис. 2.11):

- розмір шрифту h – висота великих літер, мм;
- висота малих літер c ;
- ширина літери g ;
- товщина літер шрифту d .

Стандартом встановлено шрифти по типу *A* ($d=1/14h$) і типу *B* ($d=1/10h$), як з нахилом літер і цифр під кутом 75° так і без нахилу (табл. 2.4).

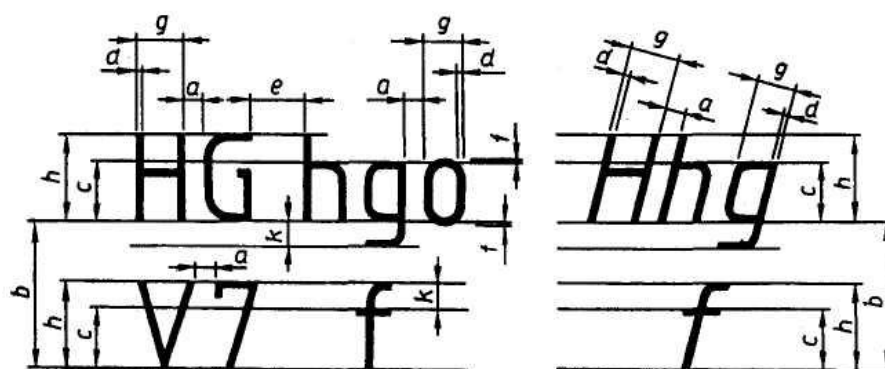


Рис. 2.11

Таблиця 2.4. Основні параметри та розмірів шрифтів

Параметри	Співвідношення	Значення параметрів креслярських шрифтів (тип А), мм						
		2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Розмір шрифту h (висота великих літер)	$14\sqrt{14}h$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Висота малих літер c	$10\sqrt{14}h$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами, знаками a	$2\sqrt{14}h$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Мінімальний крок рядків b	$22\sqrt{14}h$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Мінімальна відстань між словами e	$6\sqrt{14}h$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Товщина ліній d	$1\sqrt{14}h$	0,18	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4
Параметри	Співвідношення	Значення параметрів креслярських шрифтів (тип Б), мм						
Розмір шрифту h (висота великих літер)	$10\sqrt{10}h$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Висота малих літер c	$7\sqrt{10}h$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами, знаками a	$2\sqrt{10}h$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок рядків b	$17\sqrt{10}h$	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами e	$6\sqrt{10}h$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Товщина ліній d	$1\sqrt{10}h$	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4	2,0

Форми літер українського та цифр наведено відповідно на рис. 2.12 та 2.13 (шрифт типу А – з нахилом).



Рис. 2.12

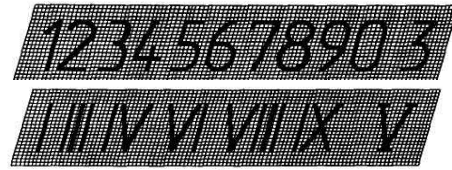
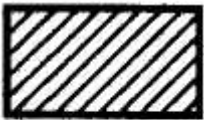


Рис. 2.13

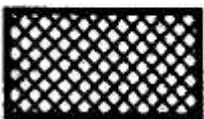
Штриховка в розрізах та перерізах

Графічні позначення матеріалів у розрізах, перерізах та на фасадах, а також правила нанесення їх на креслениках усіх галузей промисловості та будівництва, встановлені ГОСТ 2.306-68. Для умовного графічного зображення матеріалів використовують різноманітні штриховки.

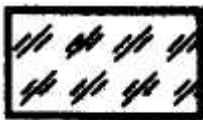
Стандартне графічне зображення матеріалів у розрізах та перерізах (рис. 2.14):



– метали, тверді сплави, а також загальне графічне позначення будь-якого матеріалу;



– неметалеві матеріали, в тому числі волокнисті та плитні (пресовані) за винятком зазначених нижче;



– скло та світло прозорі матеріали;



кераміка та силікатні матеріали для мурування;

Рис. 2.14

Паралельні прямі у штриховках проводять суцільними тонкими лініями ($S/2 \dots S/3$) під кутом 45° до лінії контуру зображення (рис. 2.15, *a*), чи до його вісі (рис. 2.15, *б*) або до лінії рамки кресленика (рис. 2.16, *в*). Відстань між лініями штриховки має бути від 1 до 10 мм в залежності від формату кресленика та величини перерізу. Нахил ліній штриховки і відстань між ними для певної деталі на всіх зображеннях мають бути однаковими на усьому полі кресленика.

Якщо нахил лінії контуру зображення збігаються з нахилом ліній штриховки, то штрихувати слід під кутом 30° або 60° (рис. 2.16).

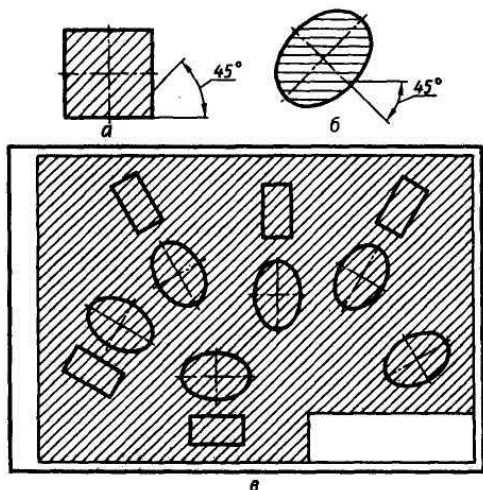


Рис. 2.15

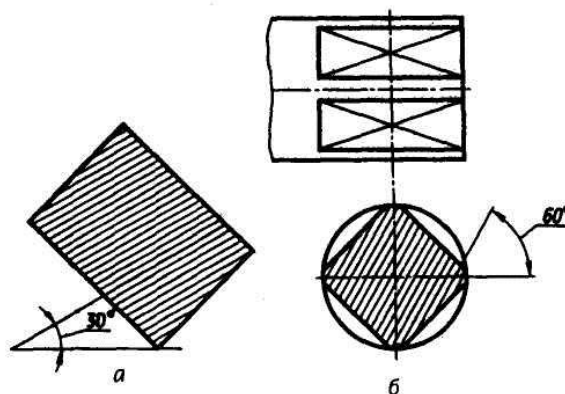
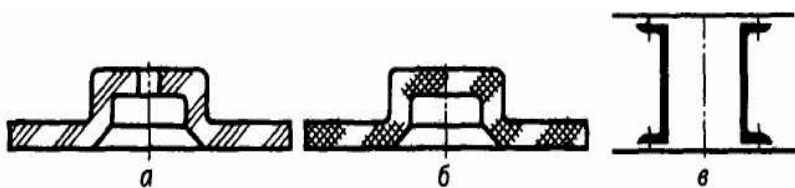


Рис. 2.16

Вузькі та довгі площі перерізів, ширина яких на кресленку становить 2...4 мм, рекомендується штрихувати лише на кінцях і по контуру (рис. 2.17, *a*), а решту площі перерізу – невеликими ділянками в декількох місцях (рис. 2.17, *б*). Перерізи, ширина яких на кресленку менше 2 мм, допускається



зачерняти, але між суміжними перерізами слід залишати просвіт не менше 0,8 мм (рис. 2.17, *в*).

Рис. 2.17

Для суміжних перерізів двох деталей використовують різні напрямки штриховки та відстань між штрихами (рис. 2.18).

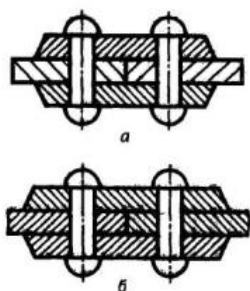


Рис. 2.18

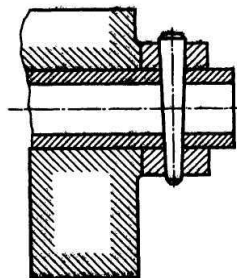


Рис. 2.19

Якщо площа перерізу завелика, штриховку виконують біля його контурів смужкою сталої ширини (рис. 2.19).

Нанесення розмірів

Правила нанесення розмірів та граничних відхилень на креслениках та інших технічних документах на виробі усіх галузей промисловості та будівництва наведені в ГОСТ 2.307-68.

Розміри на креслениках зазначають розмірними числами дійсних розмірів, незважаючи на масштаб, точність побудови та інші особливості виконаних зображень. Лінійні розміри вказують в міліметрах. Кількість розмірів має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю виробу.

Розміри, які не передбачають виконання і наносять для більшої зручності користування креслеником, називають довідковими. Їх позначають зірочкою (*), а в технічних вимогах записують: «*Розміри для довідок» (рис. 2.20). Якщо всі розміри на кресленику довідкові, то знак (*) не позначають.

Розмірні лінії, які показують межі вимірювання, закінчуються стрілками, форма і розміри яких зазначені на рис. 2.21.

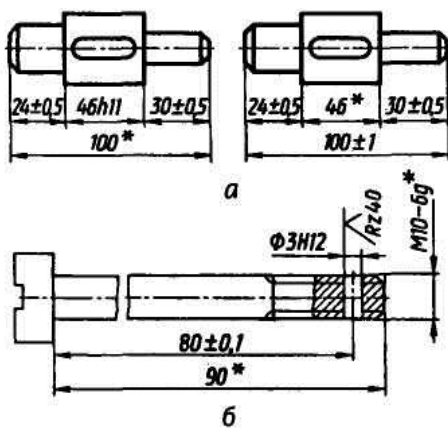


Рис. 2.20

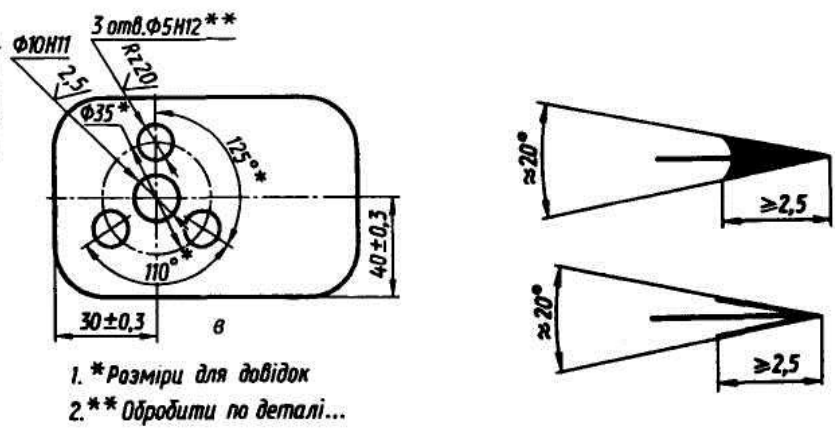


Рис. 2.21

Виносні лінії зазначають межі вимірювання і їх слід продовжувати за стрілки на 1..3 мм. Розмірні і виносні лінії виконують суцільними тонкими лініями (товщина – $S/2 \dots S/3$). Розмірні числа слід проставляти над розмірними лініями паралельно їм ближче до середини. Мінімальна відстань між розмірною лінією і контуром зображення має бути 10 мм, а між розмірними теж 10 мм.

Якщо на кресленику мало місця, то контурні лінії переривають (рис. 2.22). Приклади нанесення розмірів кутів наведені на рис. 2.23.

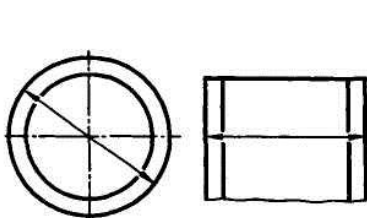


Рис. 2.22

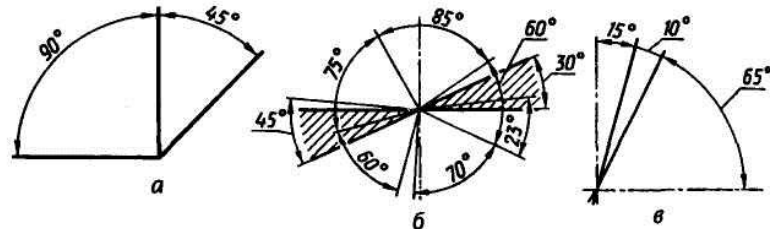


Рис. 2.23

Довжину дуги позначають як на рис. 2.24.

Розмірні і виносні лінії не повинні перетинатись (рис. 2.25).

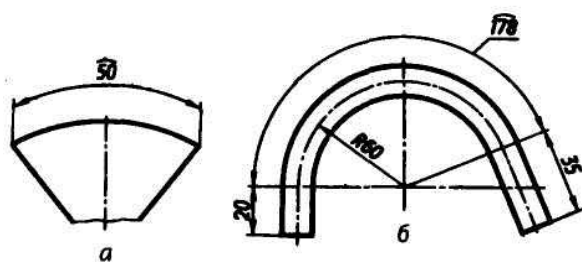


Рис. 2.24

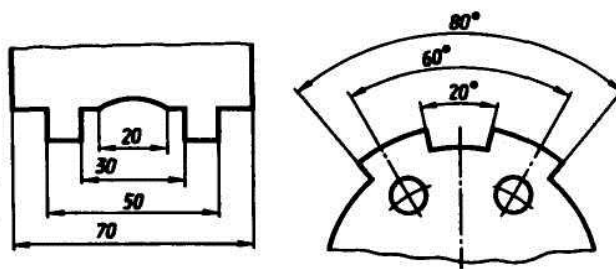


Рис. 2.25

Розмірну лінію діаметра кола допускається проводити з обривом за вісь симетрії (рис.2.26).

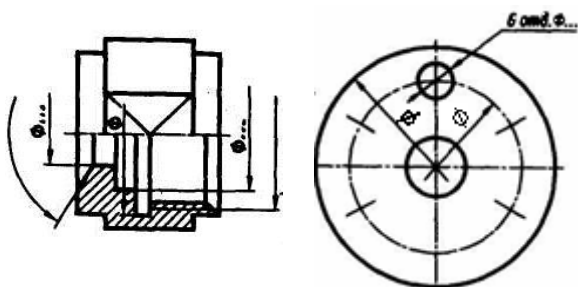


Рис. 2.26

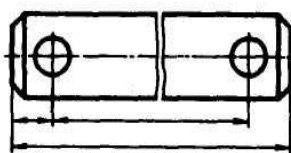


Рис. 2.27

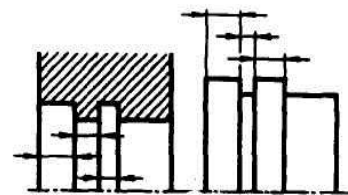


Рис. 2.28

Приклади нанесення лінійних розмірів в деяких випадках представлені на рис. 2.27-2.29.

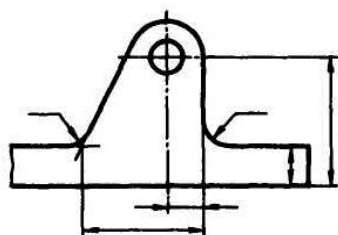


Рис. 2.29

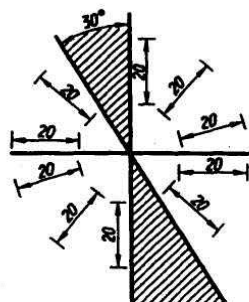


Рис. 2.30

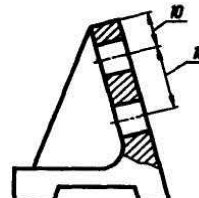


Рис. 2.31

Для розмірних ліній або кутів, розміщені в заштрихованій зоні (див. рис. 2.30), а також для розмірних ліній під кутом (рис. 2.31), розмірні числа рекомендується виносити на полицьку.

Для позначення діаметра кола використовують знак „ \varnothing ”. Приклади нанесення розмірів діаметрів наведені на рис. 2.32.

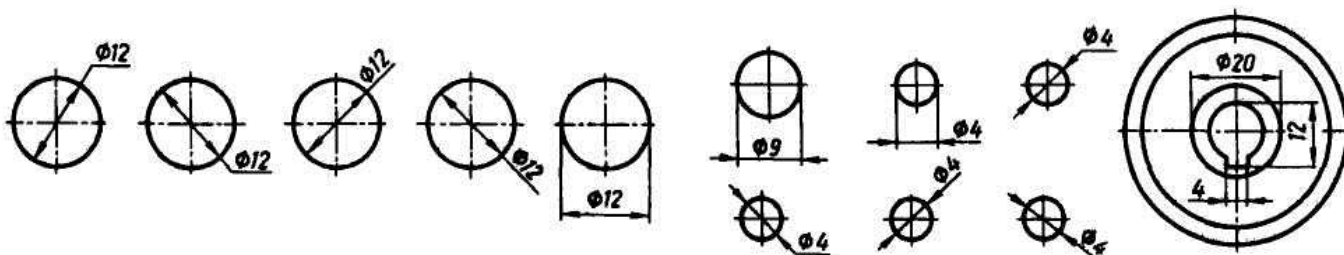


Рис. 2.32

Для позначення радіуса дуги кола використовують літеру R . Приклади нанесення розмірів радіусів наведені на рис. 34. Розмірне число радіуса (діаметра) сфери супроводжується літерою R (\emptyset) без напису “Сфера” (рис.2.33, ж).

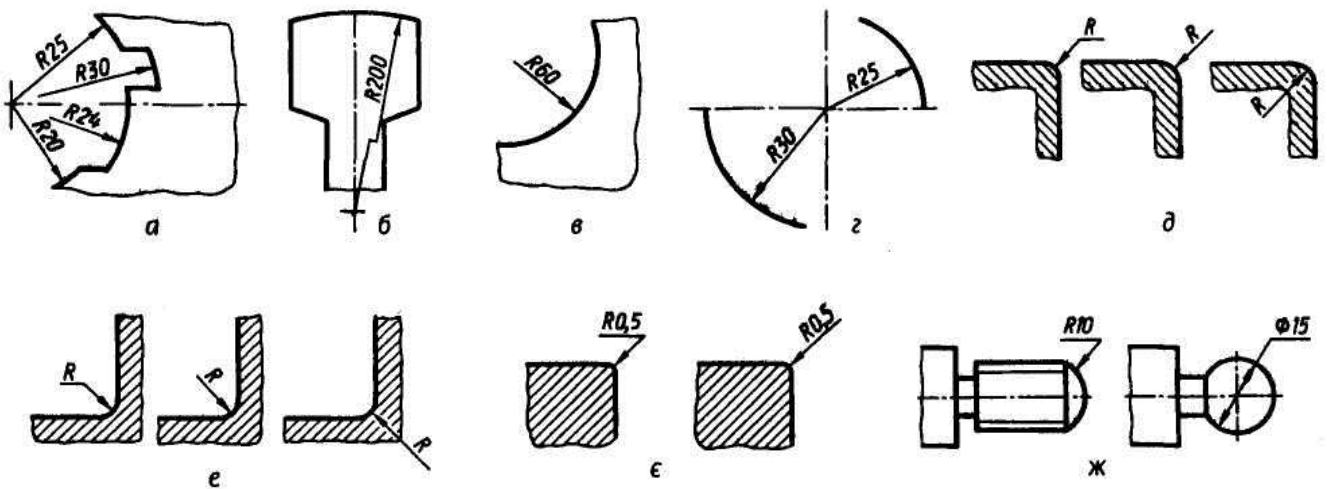


Рис. 2.33

Розмір сторони квадрата чи квадратного отвору позначають знаком „□” (рис. 2.34). Висота знака „□” повинна дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленку.

Перед розмірним числом, що визначає конусність, ставлять знак ∇ вершина якого звернена в бік вершини конуса (рис. 2.35). Конусність вимірюється відношенням різниці діаметрів основ до висоти зрізаного конуса і визначається одиничним дробом (наприклад, 1:5), у відсотках (20%) або в градусах (11°).

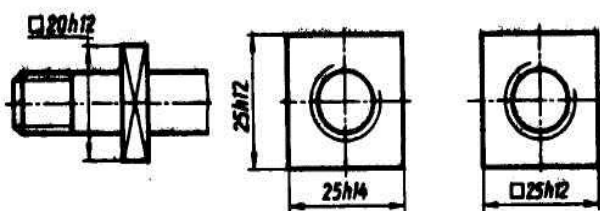


Рис. 2.34

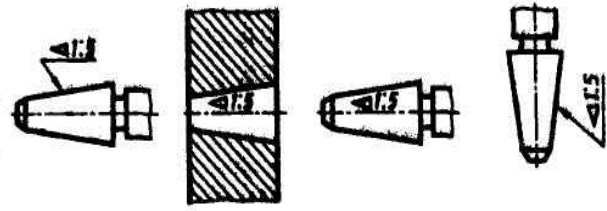


Рис. 2.35

Поширеним елементом деталей є фаска – скошена частина гострого ребра або кромки. Розміри фасок під кутом 45° проставляють як на рис. 2.36. Розміри фасок під іншими кутами позначають як на рис. 2.37.

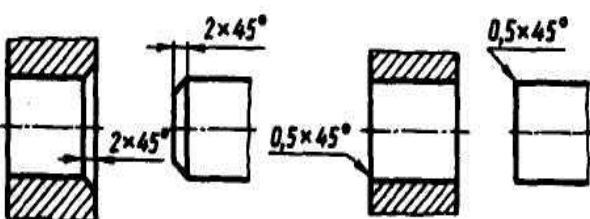


Рис. 2.36

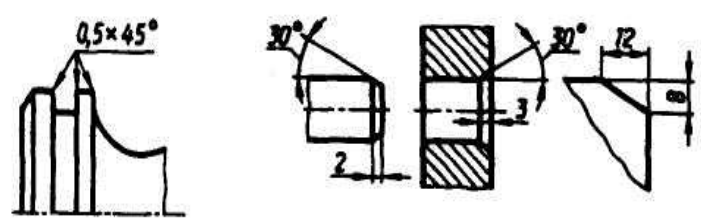


Рис. 2.37

Розміри між рівномірно розміщеними елементами показують як на рис. 2.38.

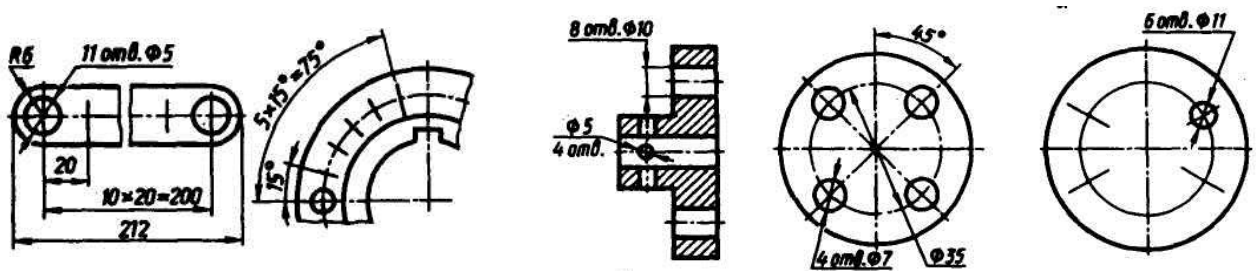


Рис. 2.38

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Скільки аркушів формату А4 вміщує аркуш формату А1?
2. Як утворюються додаткові формати креслеників?
3. Чим визначається розмір шрифту?
4. Чому дорівнює висота малих літер порівняно з великими?
5. Чи можливе використання в креслениках прямого шрифту?
6. Виконайте напис шрифтом креслярськи тип В з нахилом „Інженерна графіка”.
7. Від чого залежить товщина суцільної товстої основної лінії?
8. Якими лініями і якої товщини треба креслити лінії основні, центрові, виносні, розмірні, лінії невидимого контуру?
9. Як проводити центрові лінії кола діаметром менше 12 мм?
10. У яких одиницях проставляють розміри на креслениках?
11. На якій мінімальній відстані проводять розмірну лінію від контуру? Від паралельної розмірної лінії?
12. Як виконують розмірні лінії та наносять розмірні числа, якщо не вистачає місця для стрілок та чисел?

Література:

[9] – с. 9-23, [15] – с. 111-125.

Умова завдання 12

Накреслити:

- а) зверху, в лівій частині аркуша – приклади основних ліній по ГОСТ 2.303-68 з зазначенням їх назви та розмірів елементів, які утворюють лінію;
- б) знизу, в лівій частині аркуша – зображення деталі, виготовленої з листового матеріалу. Проставити необхідні розміри;
- в) з правої сторони аркуша – деякі типи ліній: суцільні товсті основні, штрихові та штрихпунктирні лінії: горизонтальні, вертикальні, по колу та центрові. Виконати приклад графічного зображення матеріалу в розрізі.

Графічну роботу виконати на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 2.40. Варіанти завдання наведені в табл. 2.5.

Методичні настанови по виконанню завдання 12

Побудови на всіх графічних роботах слід виконувати з використанням інструментів для креслення: лінійка або рейшина, циркуль та олівцями: з твердим грифелем (*ТМ* або *НВ*) для проведення тонких ліній та наведення креслення, з м'яким грифелем (*М-2М* або *2В*) для виконання написів.

Умовно формат поділяють вертикальною лінією на дві рівні частини. Ліву частину формату ще ділять горизонтальною лінією на дві частини. На верхній частині креслять типи лінії по ГОСТ 2.303-68, з зазначенням їх назви та розмірів. У нижній частині розміщують кресленик деталі, яка виготовлена з листового матеріалу. Варіанти завдання наведені в табл. 2.2.

Креслення виконують в масштабі 1:1. Довжина деталі 100 мм.

Величина зображення деталі вибирається так, щоб поле кресленика було використано раціонально. При кресленні виносних та розмірних ліній, постановці розмірів необхідно враховувати вимоги ГОСТ 2.307-68. Приклади деякі з них наведені на рис. 2.7.

На правій частині формату креслять деякі типи ліній: суцільні товсті основні, штрихові та штрихпунктирні лінії: горизонтальні, вертикальні, по колу та центрі. Виконують приклад графічного зображення матеріалу в розрізі, а саме виконання штриховки деталей з металу та неметалу, виконання штриховки двох суміжних деталей.

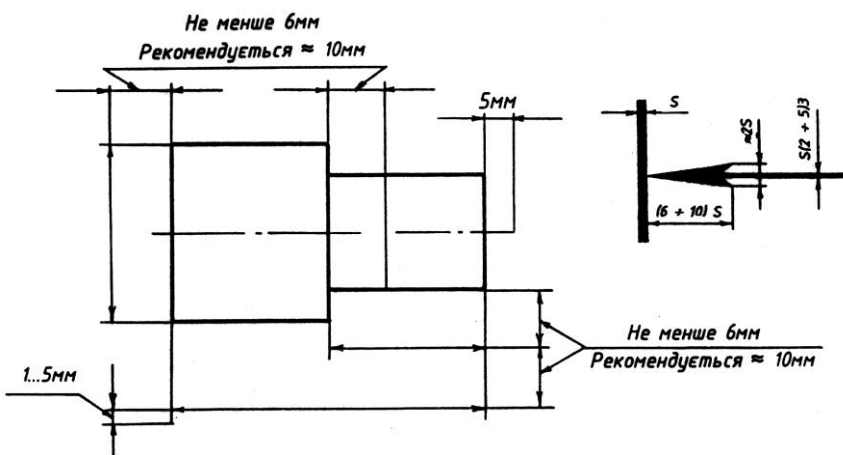


Рис. 2.39. Нанесення виносних та розмірних ліній

Варіанти до завдання 12

Таблиця 2.5. Варіанти до завдання 12

1, 10, 19		4, 13, 22		7, 16, 25, 30	
2, 11, 20		5, 14, 23, 28		8, 17, 26	
3, 12, 21		6, 15, 24, 29		9, 18, 27	

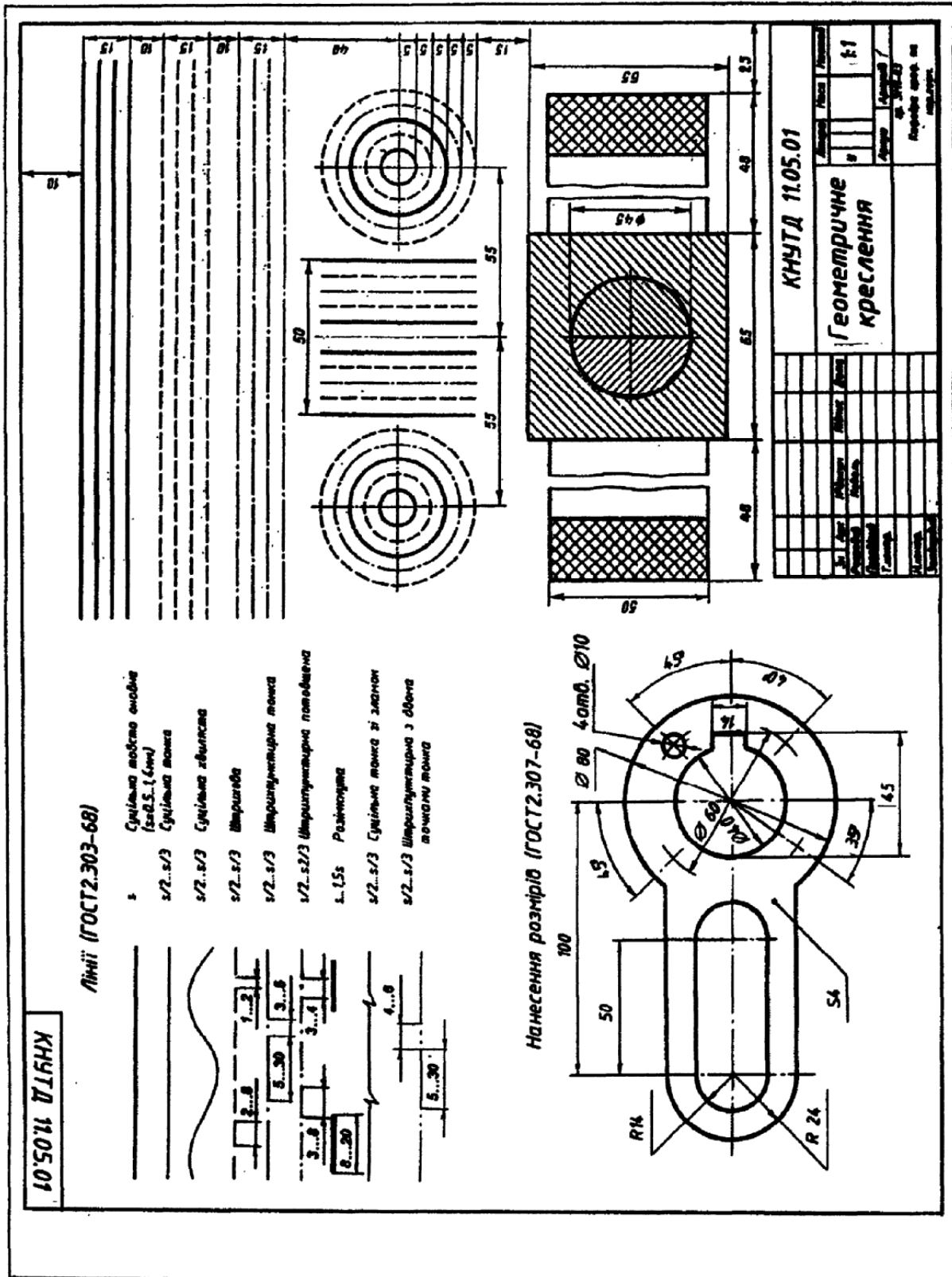


Рис. 2.40. Приклад виконання завдання 12

Завдання 13. Побудова профілю кулачка

Загальні положення по темі завдання 13

Побудову профілю кулачка в кожному варіанті потрібно починати з нанесення осей координат Ox та Oy . Потім будують лекальні криві по їх заданим параметрам та виділяють їх ділянки, які входять в профіль кулачка. Після цього можна будувати плавні переходи – *спряження* між лекальними кривими. Позначення Rx зазначає, що величина радіуса визначається побудовою. На кресленні слід проставити певний розмір зі значком “*”, наприклад $R20^*$.

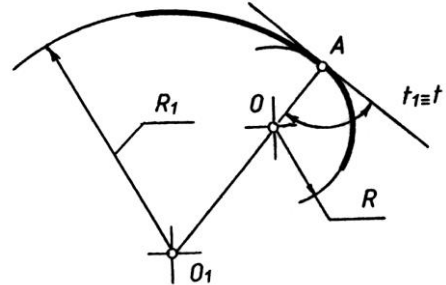


Рис. 2.41

Спряження – це плавний перехід від однієї лінії (прямої або кривої) до іншої (кривої або прямої). Перехід буде плавним тільки в тому випадку, коли в спільній точці, яка називається

точкою дотику, дотичні обох ліній збігаються в одну пряму. Побудувати спряження – це означає знайти *центри дуг спряження* та *точки спряження*.

Побудова спряження базується на відомих положеннях геометрії: *Пряма, яка сполучає центри дотичних дуг, проходить через точку дотику* (точка A рис. 2.41), *а дотичні цих дуг в точці A співпадають ($t_1 \equiv t$)*. *Пряма, дотична до кола, утворює прямий кут з радіусом, проведеним в точку дотику*.

В контурах технічних деталей використовуються плавні переходи від прямої до дуги кола та від дуги одного радіуса до дуги іншого радіуса. В останньому випадку виникає поняття *внутрішнього та зовнішнього спряження*, коли центри заданих кіл розміщені, відповідно, всередині або зовні повного кола спряження, побудованого з центру спряження радіусом спряження.

Спряження прямої з дугою кола має місце, якщо пряма є дотичною до дуги і точка спряження розміщена на радіусі дуги спряження, який перпендикулярний до прямої (рис. 2.42).

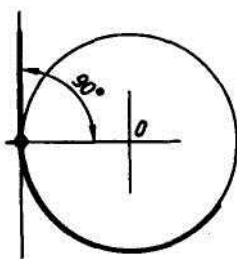
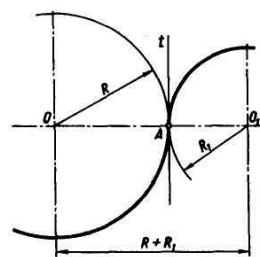
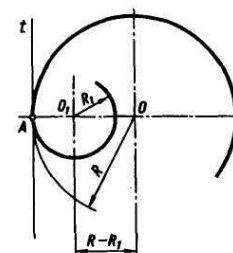


Рис. 2.42



а



б

Рис. 2.43

При спряженні двох кіл, обидва кола мають спільну дотичну і точка спряження розміщена на прямій, яка сполучає центри обох кіл. Дотик називається *зовнішнім*, якщо центри кіл розміщені по різні боки дотичної (див. рис. 2.43, *а*), і *внутрішнім* – коли центри кіл розміщені з одного боку від дотичної (див. рис. 2.43, *б*).

Спряження двох прямих дугою заданого радіуса. Центр O_s дуги спряження радіуса R_s (рис. 2.44) має бути віддаленим на відстань R_s , як від прямої a , так і від прямої b , тобто розміщуватись у точці перетину прямих c і d , які, відповідно, паралельні прямим a і b . Для визначення точок спряження (дотику) A і B слід з точки O_s опустити перпендикуляри на прямі a і b .

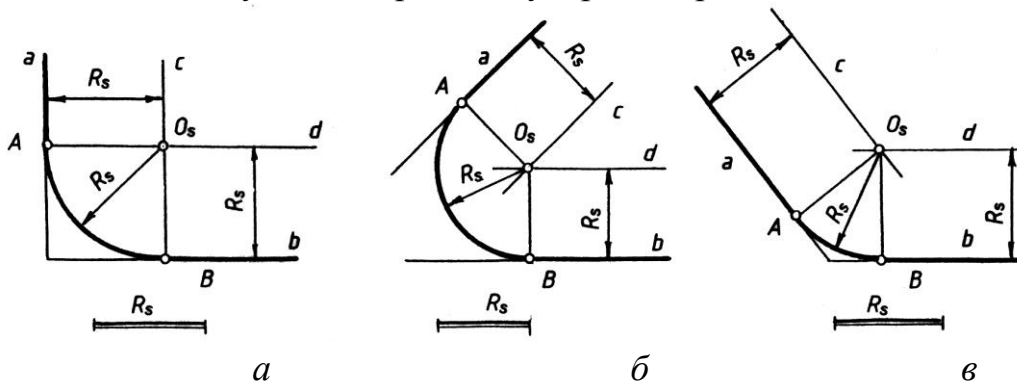


Рис. 2.44

Спряження кола з прямою дугою заданого радіуса. Можливе зовнішнє (рис. 2.45) та внутрішнє (рис. 2.46) спряження.

Центр O_s дуги спряження радіуса R_s має бути віддаленим на відстань R_s від прямої b та кола радіуса R , тобто знаходитись в точці перетину прямої d , яка паралельна до заданої прямої і віддалена від неї на відстань R_s та кола певного радіуса, який дорівнює $R + R_s$ у випадку зовнішнього спряження (рис. 2.45) або $R_s - R$ у випадку внутрішнього спряження (рис. 2.46). Для визначення точок спряження A та B слід з точки O_s слід опустити перпендикуляр на пряму b та сполучити центр спряження O_s та центр кола O .

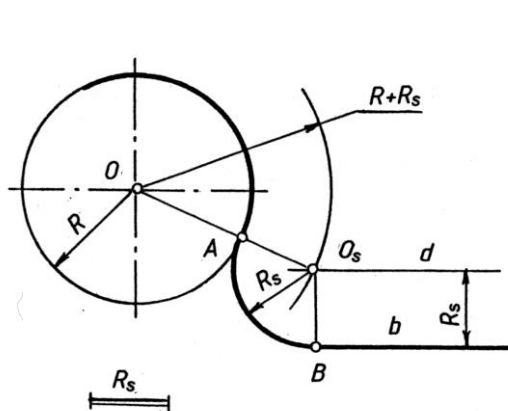


Рис. 2.45

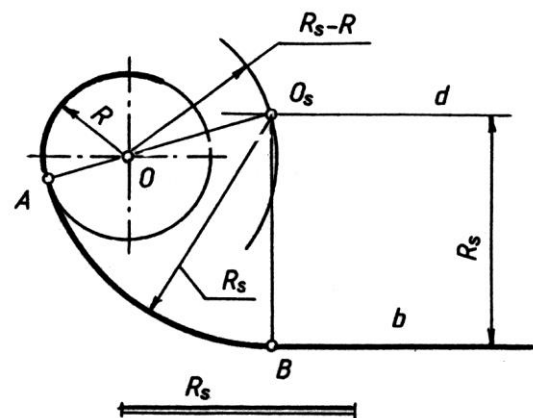


Рис. 2.46

Спряження двох кіл дугою заданого радіусу. Розглянемо три випадки спряження двох кіл.

Зовнішнє спряження. Центр O_s дуги спряження радіуса R_s (рис. 2.46) має бути віддаленим на відстань R_s від кіл радіусів R та R_1 і розміщуватись у перетині двох дуг радіусів $R + R_s$ та $R_1 + R_s$. Точки спряження A та B знаходяться на лініях центрів O_sO та O_1O_s .

Внутрішнє спряження. Центр O_s дуги спряження радіусу R_s (рис. 2.47) знаходиться в перетині двох дуг радіусів $R_s - R$ та $R_s + R_1$. Точки спряження A та

B знаходяться на продовженнях ліній центрів $O_s O$ та $O_1 O_s$.

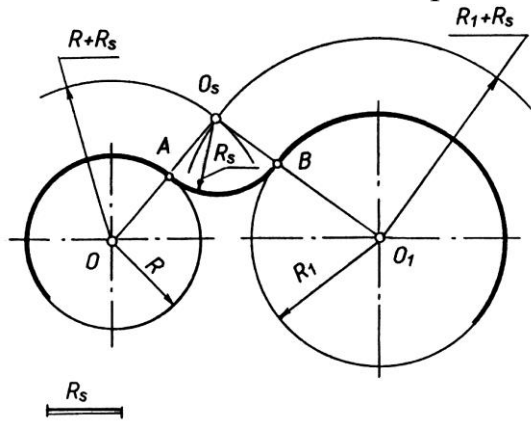


Рис. 2.46

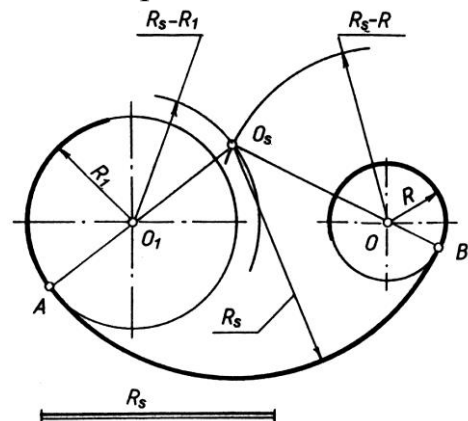


Рис. 2.47

Внутрішній та зовнішній дотик (спряження). Центр O_s дуги спряження радіуса R_s (рис. 2.48) знаходиться у перетині двох дуг з центрами O_s радіусу $R_s + R$ та O_1 радіусу $R_s - R_1$. Точки спряження A та B розміщуються на лініях $O_s O$ та $O_s O_1$.

Профіль кулачка складається з відрізків прямих, дуг кіл та лекальних кривих, спряжених між собою. Для побудови спряження прямої або дуги кола з лекальною кривою слід вміти будувати дотичну до лекальної кривої в заданій точці на ній. Розглянемо побудову дотичної до деяких лекальних кривих.

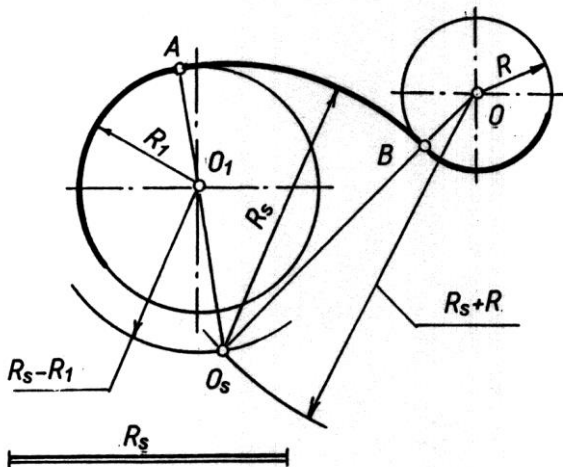


Рис. 2.48

Еліпс. Для побудови дотичних до еліпса використовують *фокуси* еліпса. Еліпс є кривою другого порядку і визначається рівнянням другого ступеню: $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$, де a і b , відповідно, величини великої і малої півосей (рис. 2.50). Відстань від центру до фокуса можна визначити $c^2 = a^2 - b^2$. На креслениках фокуси еліпса будуються графічно при заданих величинах великої та малої висей (рис. 2.49).

Для побудови фокусів еліпса з точки D , граничної точки малої осі, радіусом, що дорівнює половині великої осі, будують дугу до перетину з нею. Точки перетину F_1 та F_2 – фокуси еліпса. Дотична t до еліпса буде перпендикулярна до нормалі n в заданій точці.

Нормаль еліпса (рис. 2.50) – це бісектриса кута, визначеного довільною точкою на еліпсі і його фокусами. З'єднуємо точку E з фокусами F_1 та F_2 . Бісектриса кута $F_1 E F_2$, є нормаллю n в точці E еліпса. Побудувавши через точку E пряму, перпендикулярну до нормалі n , визначимо дотичну t до еліпса в точці E .

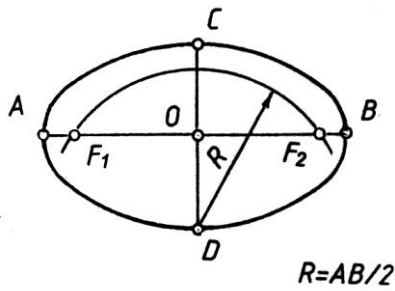


Рис. 2.49

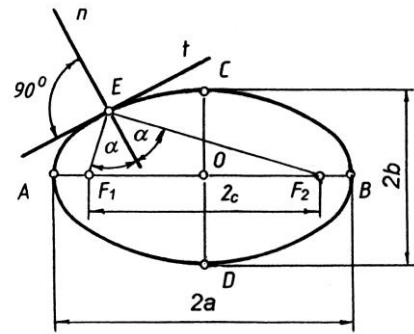


Рис. 2.50

Парабола. Із заданої точки E будуюмо перпендикуляр до директриси параболі і визначаємо точку B . Дотичною t до параболі (рис. 2.51) в точці E є бісектриса кута між прямими FE та BE , а також перпендикуляр до відрізка BF , побудований з точки E . Нормаль n у цій точці перпендикулярна до дотичної t .

Гіпербола. Дотичною t до гіперболи в точці E (рис. 2.52) є бісектриса кута між прямими F_1E та F_2E , а нормаль n у цій точці перпендикулярна до дотичної t .

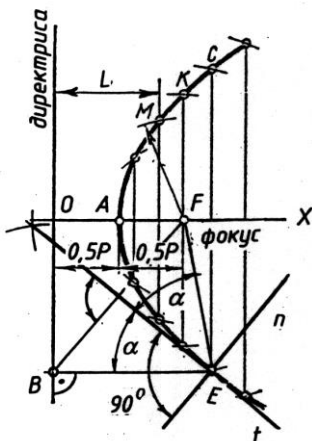


Рис. 2.51

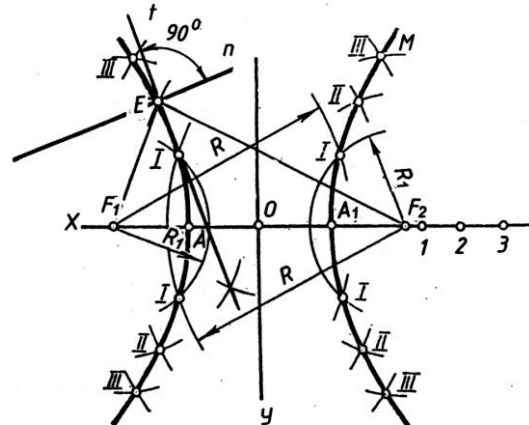


Рис. 2.52

Циклоїда. Для побудови дотичної до циклоїди в заданій точці E

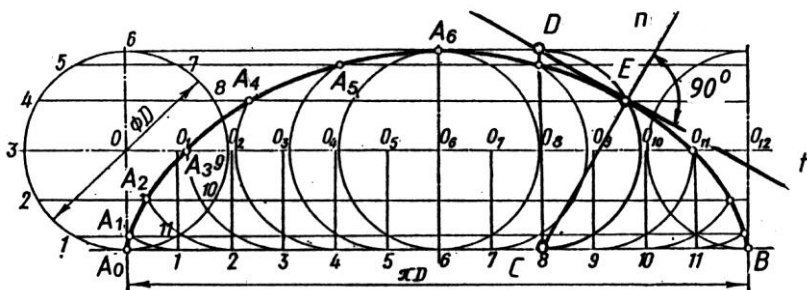
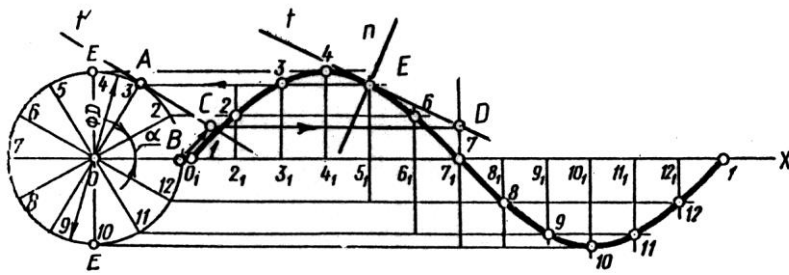


Рис. 2.53

визначають положення центру рухомої центроїди (точка 8, рис. 2.53) заданої точки. Через центр O_8 утворюючого кола будують діаметр CD , перпендикулярний до напрямної. Пряма CE визначає нормаль циклоїди в точці E , а пряма DE – дотичну.

Синусоїда. Для побудови дотичної до синусоїди (рис. 2.54) у заданій точці E проводять через цю точку пряму, паралельну вісі Ox до перетину з колом

(точка A). Через точку A будують дотичну до кола і відкладають на ній відрізок AC , який дорівнює довжині дуги AB . Через точку C проводять пряму, паралельну вісі Ox до перетину з перпендикуляром до цієї вісі, побудованим з



точки перетину синусоїди з віссю Ox , і визначають точку D . Пряма DE визначає дотичну t , а нормаль n у цій точці, перпендикулярна до дотичної.

Рис. 2.54

Евольвента. Нормалю n евольвенти кола в заданій точці E є дотична t' до кола, побудована з цієї точки. Дотична t до евольвенти в точці E перпендикулярна нормалі (рис. 2.55).

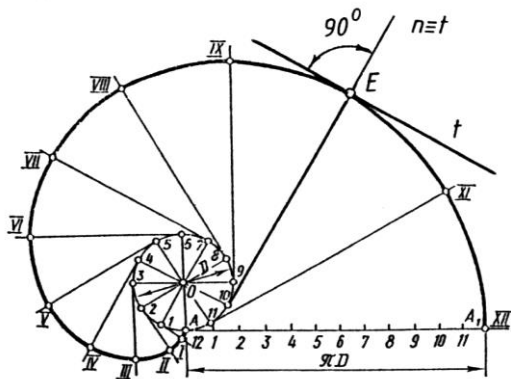


Рис. 2.55

Розглянуті приклади побудови дотичних до лекальних кривих дають можливість будувати спряження прямих, дуг кіл з лекальними кривими, а також спряження лекальних кривих між собою.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Яка пряма є дотичною до кривої?
2. Що називається спряженням? Перерахуйте елементи спряження. На яких двох твердженнях геометрії ґрунтується побудова спряжень?
3. Яка точка є точкою спряження?
4. Що є радіусом спряження?
5. Як розділити коло на 3, 5, 6, 8, 9 рівних частин?
6. Які спряження називаються зовнішніми, внутрішніми, змішаними?
7. Яка крива називається коробою?
8. Яка крива називається кривою другого порядку?

Література:

[9] – с.32-61, [15] – с.125-137.

Умова завдання 13

Побудувати профіль кулачка та дотичні до двох лекальних кривих, які не використані в завданні.

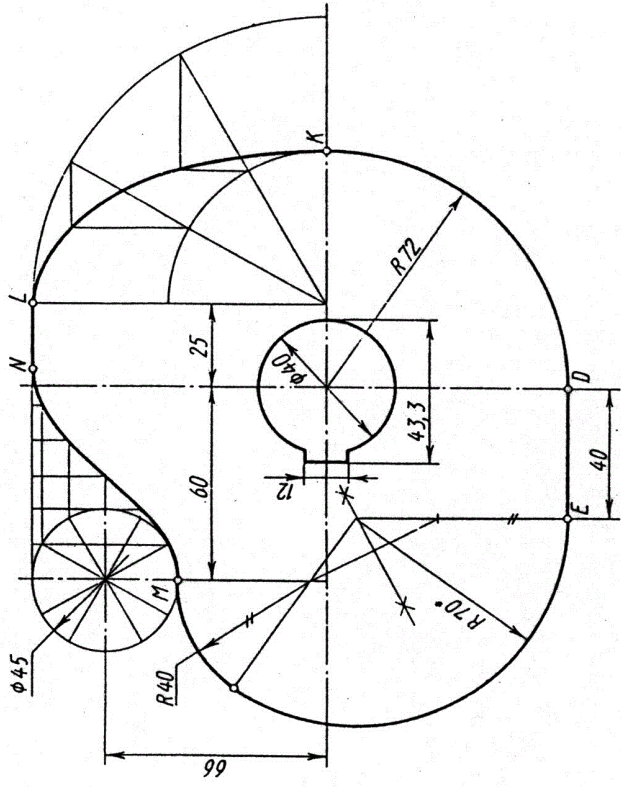
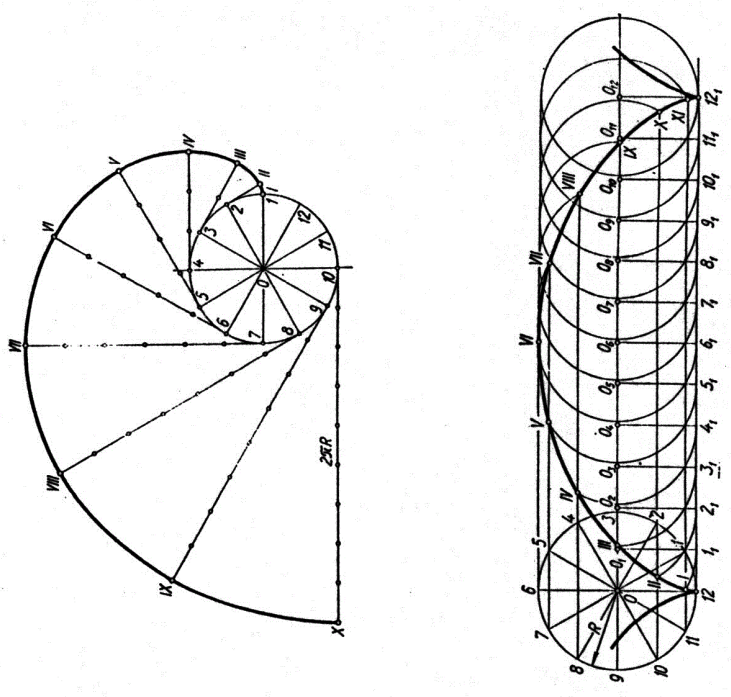
Графічну роботу виконують на аркуші формату А3 (297х420). Приклад виконання на рис. 2.56. Варіанти завдань наведені в табл. 2.6.

Методичні настанови по виконанню завдання 13

Побудову профілю кулачка в кожному варіанті потрібно починати з нанесення вісей координат Ox та Oy . Потім за заданим параметрам будують кола та лекальні криві, виділяють їх ділянки, які входять в профіль кулачка. Після цього можна будувати плавні переходи – спряження між лекальними кривими.

Позначення R_x зазначає, що величина радіуса визначається побудовою. На кресленнику слід проставити певний розмір зі значком “*”, наприклад $R20^*$.

КНУТД 12.05.01

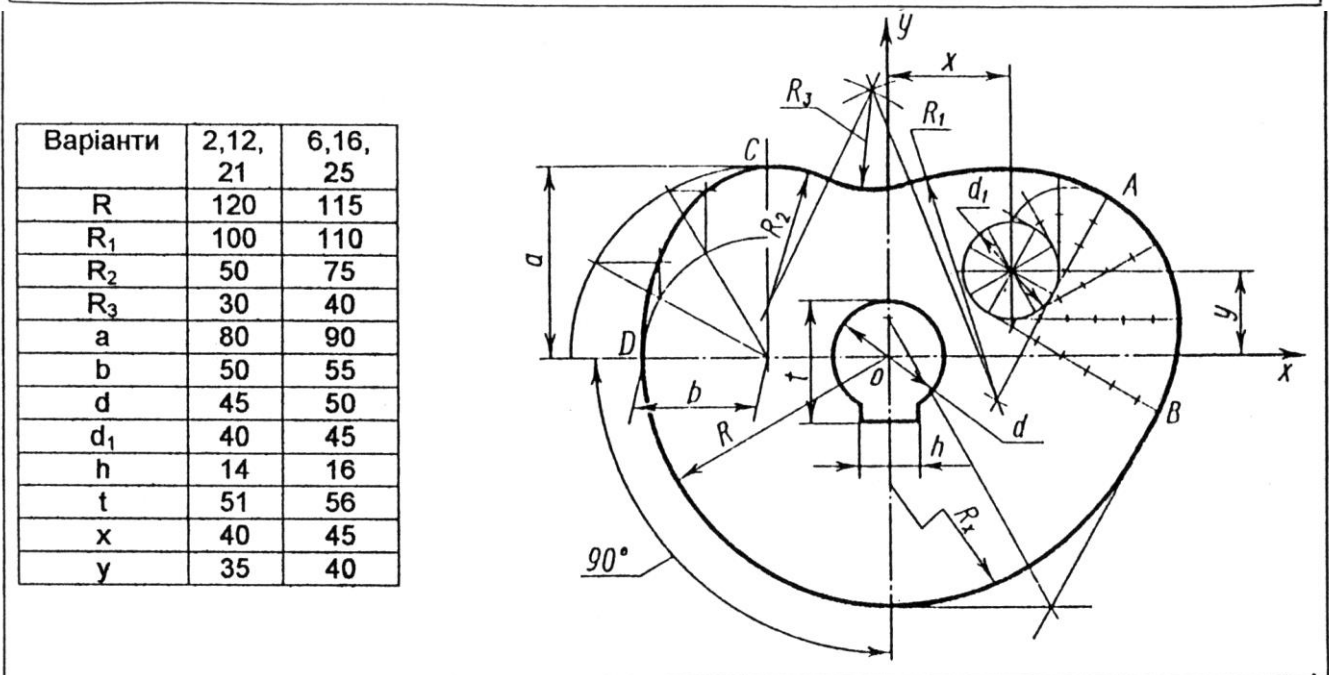
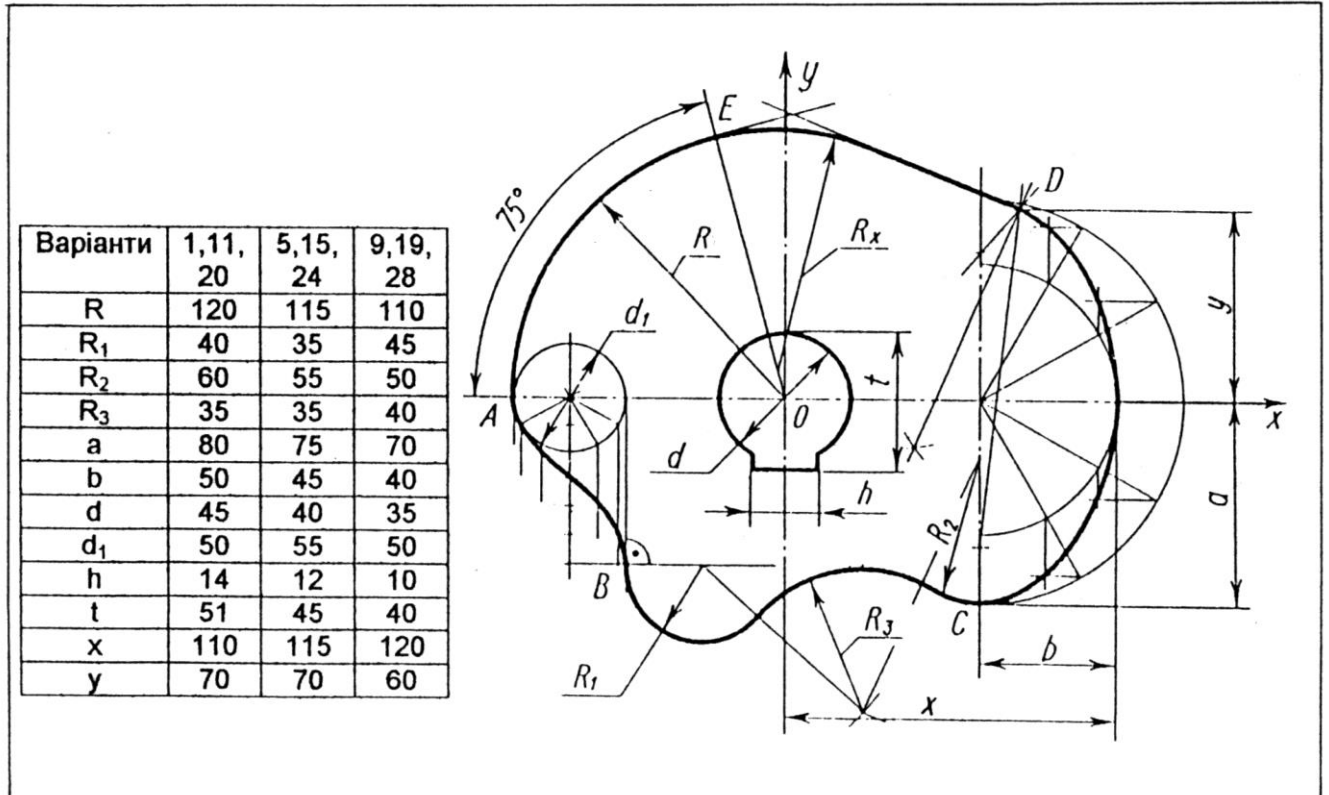


КНУТД 12.05.01		Літера	Нома	Маштаб
		у		1:1
Геометричне креслення		Архив	Архив	I
		Гр. XXX-XX Кафедра ПММ		
Эп	Арк	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Коваль		
Перевірив				
Т. контр.				
Н. контр.				
Затвердив				

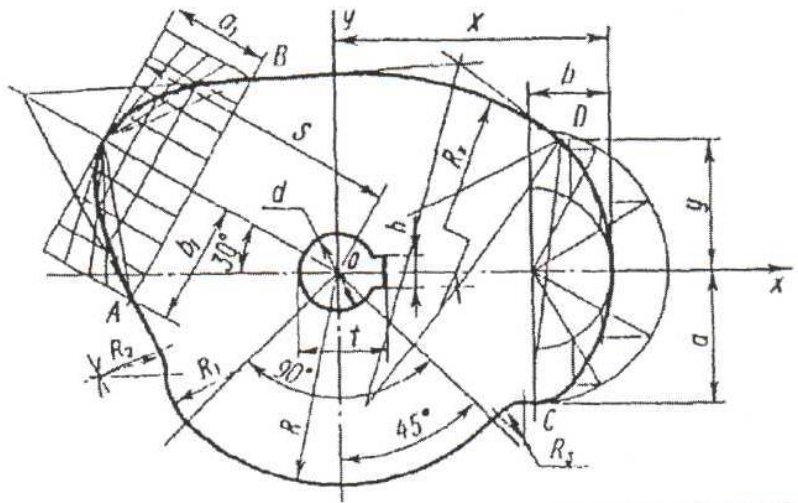
Рис. 2.56. Приклад виконання завдання 13

Варіанти до завдання 13

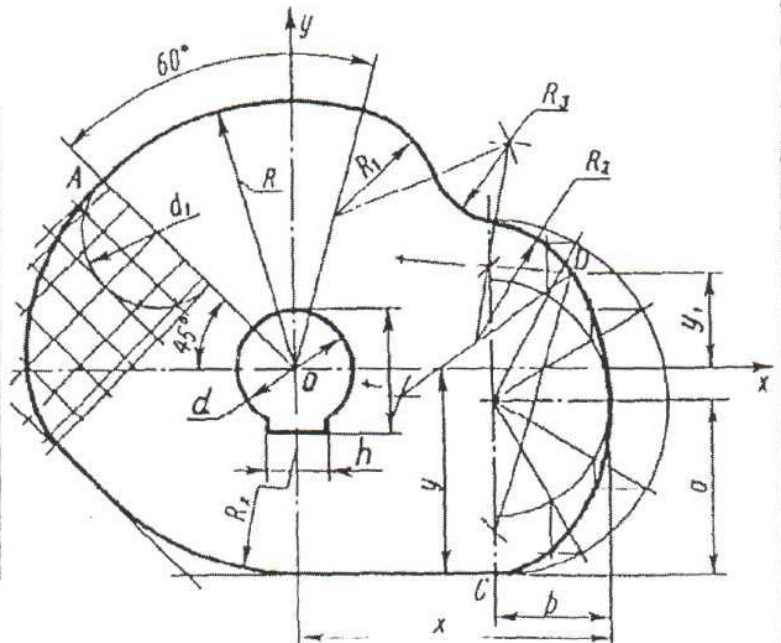
Таблиця 2.6. Варіанти до завдання 13



Варіанти	3,13, 22	7,17, 26
R	100	95
R ₁	35	50
R ₂	30	40
R ₃	20	18
S	115	120
a	60	55
a ₁	45	40
b	40	35
b ₁	50	52
d	45	50
h	14	16
t	56	56
x	135	130
y	54	45



Варіанти	4,14, 23	8,18, 27	10,29, 30
R	90	100	90
R ₁	35	55	40
R ₂	35	55	40
R ₃	25	30	25
a	70	85	75
b	50	55	45
d	40	45	40
d ₁	60	65	60
h	12	14	12
t	45	51	45
x	100	120	100
y	85	95	90
y ₁	40	45	35



Завдання 14. Побудова трьох видів за наочним зображенням предмета

Загальні положення по темі завдання 14

Проекційне креслення. Зображення. Проекціювання геометричних тіл та технічних деталей

Зображення – графічне відображення предмета у визначеному масштабі, яке виконується встановленим способом проекціювання (центральне, паралельне). Воно визначає геометричну форму предмета та взаємозв'язок його складових частин.

Зображення предметів, на графічних документах, виконуються методом *прямокутного (ортогонального)* проекціювання, коли напрям проекціювання перпендикулярний до площини проєкцій.

Умовно вважається, що предмет розташований між спостерігачем та відповідною площиною проєкцій (рис. 2.57). В якості основних площин проєкцій приймають шість граней куба. Грані суміщаються з фронтальною площиною проєкцій, таким чином утворюється плоский комплексний рисунок. Зображення на фронтальній площині проєкцій (вигляд спереду) – вважається *головним*. Класифікація зображень та правила їх виконання на креслениках вказані в ГОСТ 2.305–2008 (ДСТУ ISO 5456-1:2006 та ДСТУ ISO 5456-2:2005).

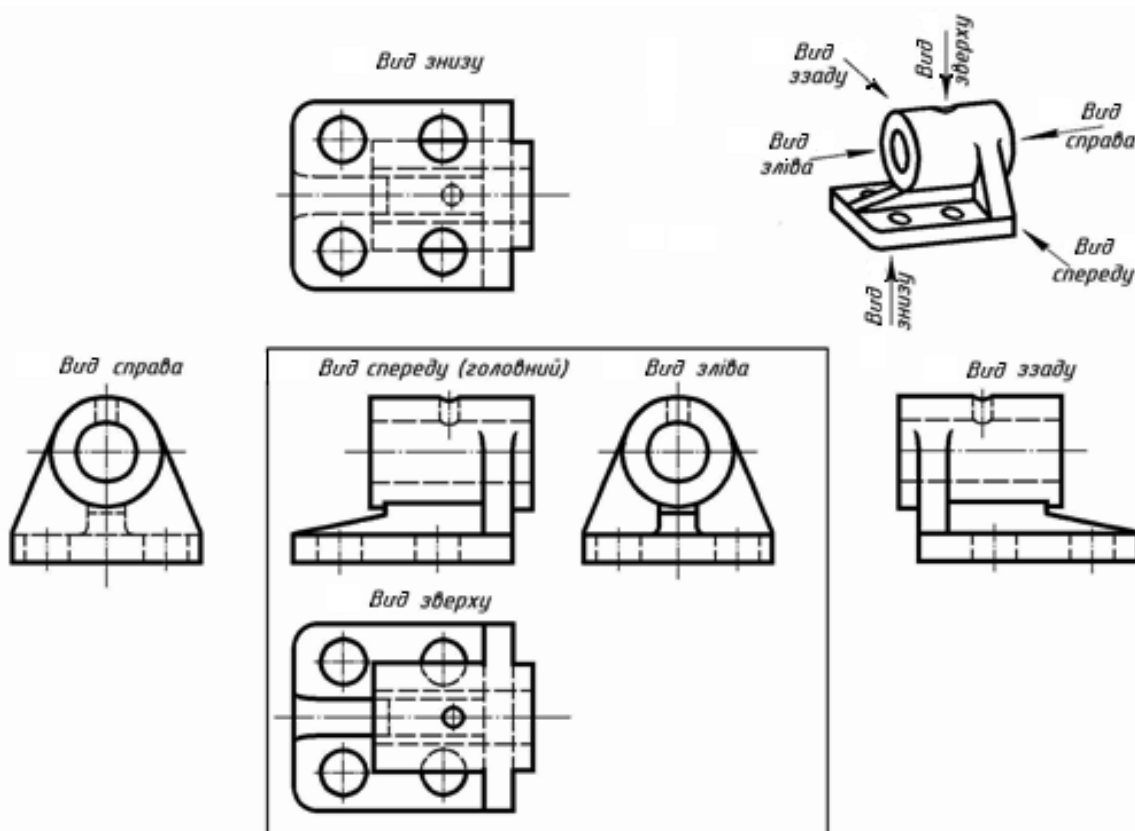


Рис. 2.57

Зображення на кресленику, в залежності від змісту, розподіляють на *види (види), розрізи та перерізи*. Кількість зображень видів, розрізів, перерізів має бути мінімальною, проте достатньою для однозначного та повного відображення предмету. Для зменшення кількості зображень, стандартом дозволяється вказувати на видах невидимі частини предмета за допомогою штрихових ліній.

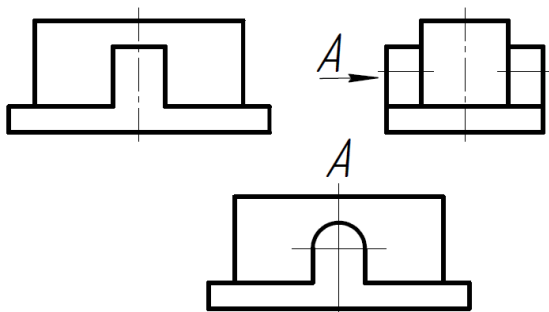
На головному вигляді, предмет розташовують таким чином, щоб зображення найбільш змістовно відображувало його форму та розміри. Предмети (деталі), що складаються з декількох частин зображують у функціональному положенні або положенні зручному для їх виготовлення. Деталі обертання розташовують так, щоб вісі симетрії були *горизонтальними*.

Зображення можна спрощувати в межах правил передбачених державними стандартами.

Види та їх розташування на креслениках

Видом називають зображення, яке повернуто до глядача видимою частиною поверхні предмета.

Згідно ГОСТ 2.305–68 встановлено такі види (див. рис. 2.58): вид спереду (*головний*), вид зверху, вид зліва, вид справа, вид знизу та вид ззаду. Якщо зображувані на кресленику види розташовані в проекційному зв'язку, то їхні



назви не вказують. У випадку, коли проективний зв'язок порушено відносно головного зображення, то їх позначають великою літерою українського алфавіту (зразок «А» на рис. 2.58). Напрямок погляду вказують стрілкою, яка позначена відповідною прописною літерою.

Рис. 2.58

Якщо будь-яку частину предмета не можливо відобразити на жодному з вищевказаних видах без спотворення її форми та розмірів, то використовують *додаткові види*.

На кресленику додатковий вигляд позначають великою літерою (наприклад, *А*), а пов'язане з додатковим видом зображення, позначається стрілкою, що вказує напрям погляду, з відповідною літерою.

Зображення окремої, обмеженої ділянки на поверхні зображуваного предмету називають *місцевим видом*. Місцевий вид на кресленику позначають аналогічно додатковому. Якщо проективний зв'язок не порушено, напрям погляду та позначення місцевого вигляду можна не наносити (рис. 2.59).

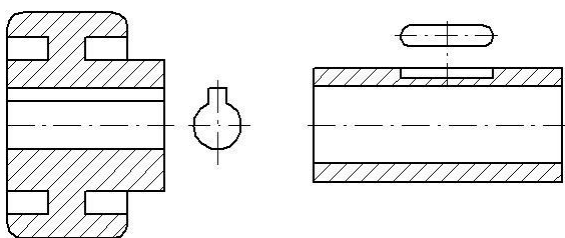


Рис. 2.59

Розрізи, перерізи, виносні елементи, написи та позначення

Розріз (ГОСТ 2.305–68) – це зображення предмета, умовно розрізаного однією або декількома площинами. На розрізі показують те, що утворюється в січній площині, а також те, що розташоване за нею (рис. 2.60). Допускається зображувати не все, що розташовано за січною площиною, якщо це не потребує роз'яснення конструкції виробу.

Для того, щоб отримати на кресленіку розрізи будь-якого предмета, необхідно:

- в потрібному місці предмета умовно провести січну площину;
- умовно видалити частину предмета, яка розташована між спостерігачем та січною площиною;
- спроеціювати ту частину, що залишилася, на відповідну площину проєкцій та зобразити її на місці одного з виглядів (сумістити з ним) або на вільному місці кресленіка;
- на отриманому розрізі наносять штриховку, а над зображенням відповідні написи.

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій, розрізи поділяються на (рис. 2.60): а) *горизонтальні* – січна площина паралельна до горизонтальної площини проєкцій (розріз А-А); б) *вертикальні* – січна площина перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій (розріз на головному виді). Вертикальний розріз називається *фронтальним*, якщо січна площина паралельна до фронтальної площини проєкцій та *профільним*, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій (розріз Б-Б); в) *похилі* – січна площина нахилена до горизонтальної площини проєкцій під довільним непрямым кутом.

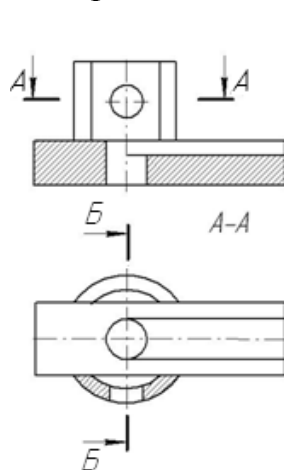


Рис. 2.60

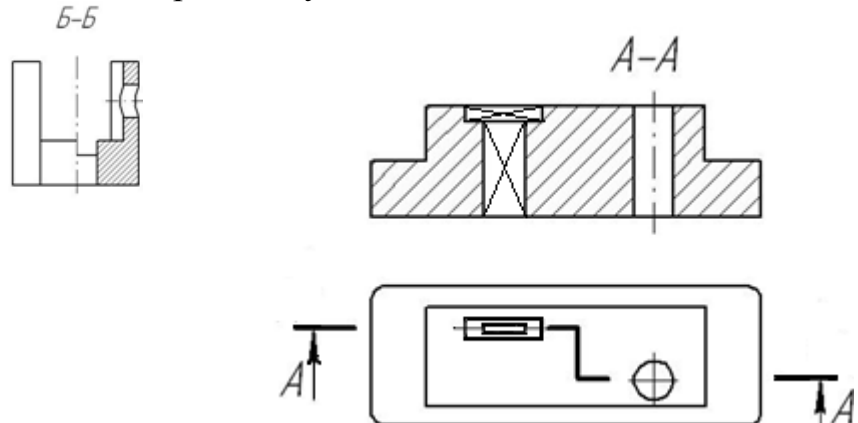


Рис. 2.61

За кількістю січних площин розрізи розподіляють на: *прості* – одна січна площина (див. рис. 2.60) та *складні* – з двома і більше січними площинами. Складні розрізи називають *ступінчастими*, якщо січні площини паралельні (див. рис. 2.61) та *ламаними*, якщо січні площини перетинаються (рис. 2.63).

Частину виду та частину відповідного розрізу допускається поєднувати, відокремивши їх *суцільною хвилястою лінією* (рис. 2.63), *суцільною тонкою лінією зі зломом* або *штрихпунктирною* (див. рис. 2.60, 2.64).

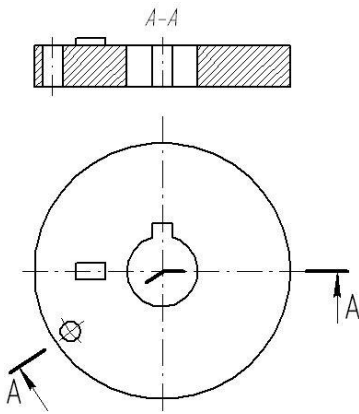


Рис. 2.62

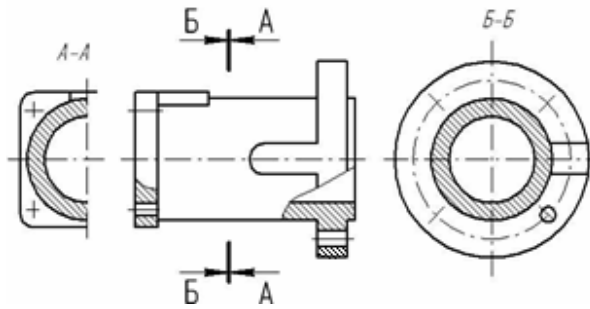


Рис. 2.63

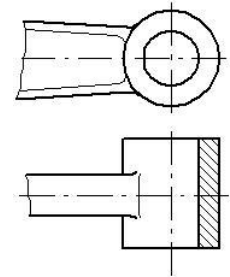


Рис. 2.64

Розрізи називаються *повздожжніми*, якщо січні площини направлені вздовж предмета, та *поперечними* (див. рис. 2.63), якщо січні площини направлені упоперек предмета.

Для позначення положення січної площини застосовують *лінію розімкнену*. При складних розрізах штрихи також проводять у місцях перетину січних площин між собою. На початковому і кінцевому штрихах ставлять стрілки (вони не повинні перетинати контур зображення), які вказують напрямок погляду (див. рис. 2.60–2.63). Стрілки наносять на відстані 2–3 мм від *зовнішнього* кінця штриха. Лінії розрізу позначають однаковими великими літерами українського алфавіту типу «А–А».

Переріз (ГОСТ 2.305–68) – зображення фігури, умовно розрізаної однією або декількома площинами. На перерізі показують тільки те, що безпосередньо отримується в січній площині.

Перерізи поділяють на *винесені* та *накладені* (рис. 2.65, а, б).

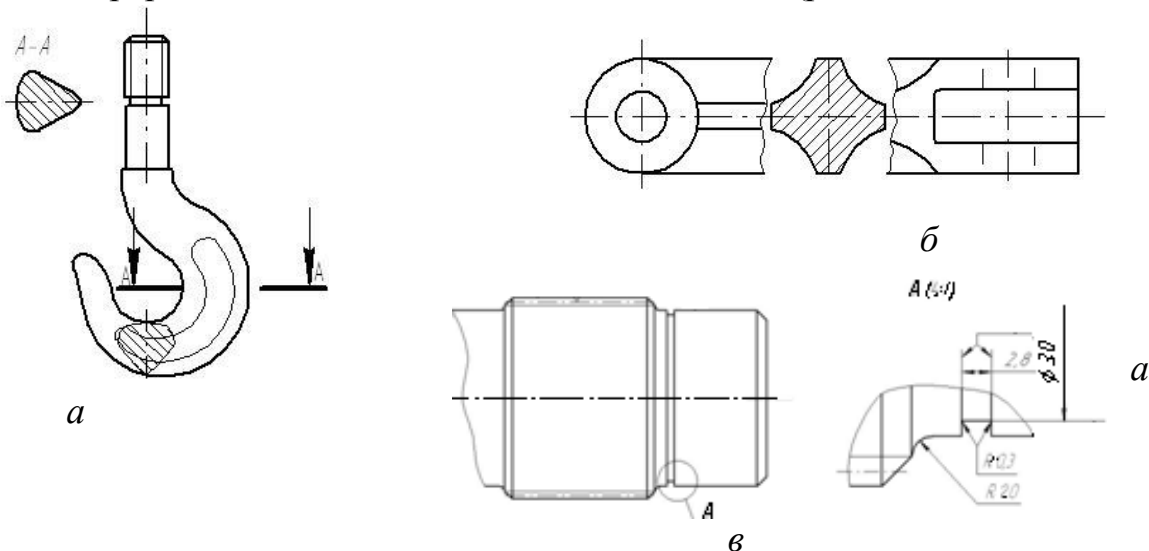


Рис. 2.65

Виносні елементи (ГОСТ 2.305–68) – додаткове зображення (зазвичай збільшене) будь-якої частини предмета, що потребує графічного пояснення у відношенні форми, розмірів тощо (рис. 2.65, в).

АксонOMETричних проєкцій

В практиці машинобудівного креслення застосовуються в основному три види аксонOMETричних проєкцій: прямокутні ізометричні та диметричні, і косокутні диметричні.

При виконанні аксонOMETричних креслень виникає необхідність в побудові координатних осей під певними кутами, а також у визначенні параметрів для побудови еліпсів або овалів, що їх заміняють, в які проєктуються кола.

Нижче приводяться графічні прийоми різних побудов при виконанні аксонOMETричних креслень, які можуть здійснюватися за допомогою простих креслярських інструментів (циркуля, кутників).

Побудова аксонOMETричних координатних вісей

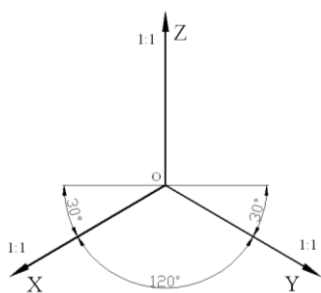
Розташовуємо вісь OZ вертикально, інші координатні аксонOMETричні осі (OX і OY) будуть зорієнтовані для вказаних вище аксонOMETричних проєкцій, як показано на рис. 2.66.

На вісях вказані теоретичні і практичні коефіцієнти спотворення.

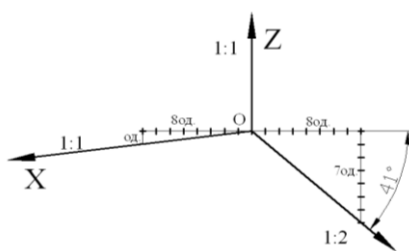
Побудова аксонOMETричних вісей для прямокутних ізометричних проєкцій може бути виконана за допомогою кутника з кутами 30° і 60° .

АксонOMETричні вісі для прямокутної диметричної проєкції легко побудувати по величинам тангенсів кутів нахилу їх до лінії горизонту ($7^\circ 10'$ і $41^\circ 25'$), $\text{tg}7^\circ 10' = 1/8$ та $\text{tg}41^\circ 25' = 7/8$. Для цього відкладають від початку координат вліво по горизонтальній прямій 8 одиниць в довільному масштабі і вниз від цієї лінії 1 одиницю і тому ж масштабі. Через отриману точку проводять вісь OX. Для побудови осі OY відкладають відповідно вправо 8 одиниць і вниз від лінії горизонту 7 одиниць.

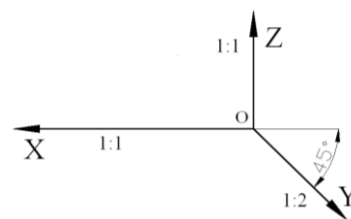
АксонOMETричні вісі кабінетного кресленника (косокутної диметрії) будують за допомогою кутника з кутами 45° .



Прямокутна ізометрія



Прямокутна диметрія



Косокутна диметрія

Рис. 2.66

Побудова овалів, що заміняють еліпси, для різних аксонометричних проєкцій

Більшість геометричних тіл та машинобудівних деталей обмежені зовнішніми або внутрішніми циліндричними, конічними або шаровими поверхнями. При побудові аксонометричних проєкцій останніх, доводиться викреслювати еліпси, в які проєктуються кола, що по різному зорієнтовані по відношенню до координатних вісей.

На практиці, з достатньою точністю, такі еліпси можуть бути замінені 4-х центровими овалами. Нижче приводяться графічні методи побудови цих овалів і визначення параметрів для них (величин великої і малої осей по заданому діаметру кола).

а) для прямокутної ізометричної проєкції.

Кола, що розташовані в координатних площинах і площинах їм паралельних, проєктуються в даному випадку у вигляді еліпсів.

Наочно це ілюструється побудовою проєкції куба з вписаними в його грані колами (рис. 2.67).

Велика вісь кожного з цих еліпсів розташовується перпендикулярно до тієї з аксонометричних осей, яка не лежить в площині даного еліпса, а мала вісь, будучи перпендикулярною до великої, відповідно по напрямку цієї аксонометричної осі або паралельно до неї.

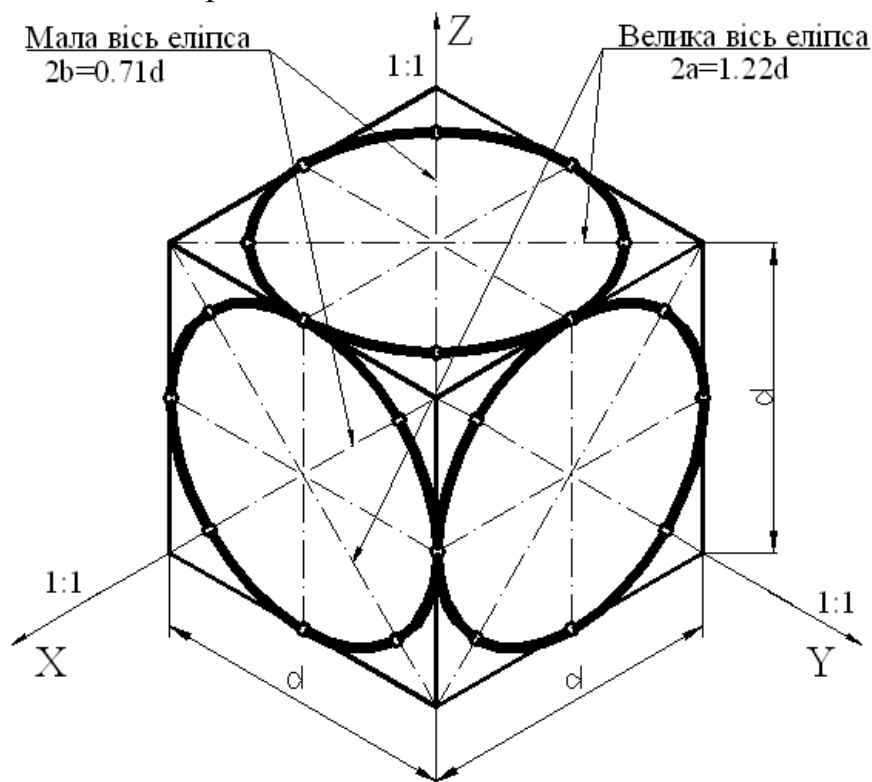


Рис. 2.67

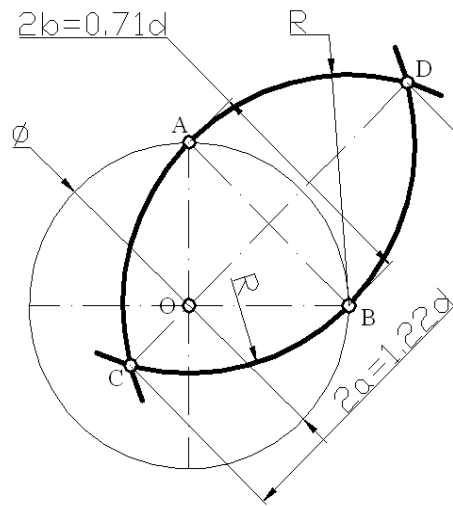
Так, велика вісь еліпса, в який проєктуються кола, що розташоване в площині XOY опиняється перпендикулярною до вісі OZ, а мала – по напрямку цієї осі. Відповідно, велика вісь еліпса в площині XOZ буде перпендикулярною до осі OY і велика вісь еліпса, розташованого в площині XOZ – перпендикулярною на аксонометричному кресленні до вісі OX.

Аналогічно буде для любого еліпса, в який проектується коло, що розташоване в площині, паралельній будь-якій з координатних вісей.

Величини великих осей вказаних еліпсів при теоретичних коефіцієнтах спотворення (0,82) дорівнюють діаметру проектуемого кола (d), а малих осей – $0,58d$. При практичних коефіцієнтах спотворення (1:1) відповідно $1,22d$ і $0,7d$.

Ці величини можуть бути визначені графічно за допомогою циркуля і кутника з побудови, що наведена на рис. 2.68.

CD – велика
вісь еліпса
AB – мала
вісь еліпса



$AB=2b=0,7d$
 $CD=2a=1,22d$
 $R=AB=2b$

Точка А і В
отримані на взаємно
перпендикулярних
діаметрах
окружності d

Рис. 2.68

Побудова ця базується на колі діаметра, що дорівнює діаметру проектуемого кола (d). Методика його зрозуміла з самого креслення.

По двом осям еліпс може бути побудований відомим графічним способом, наведеним на рис. 2.69.

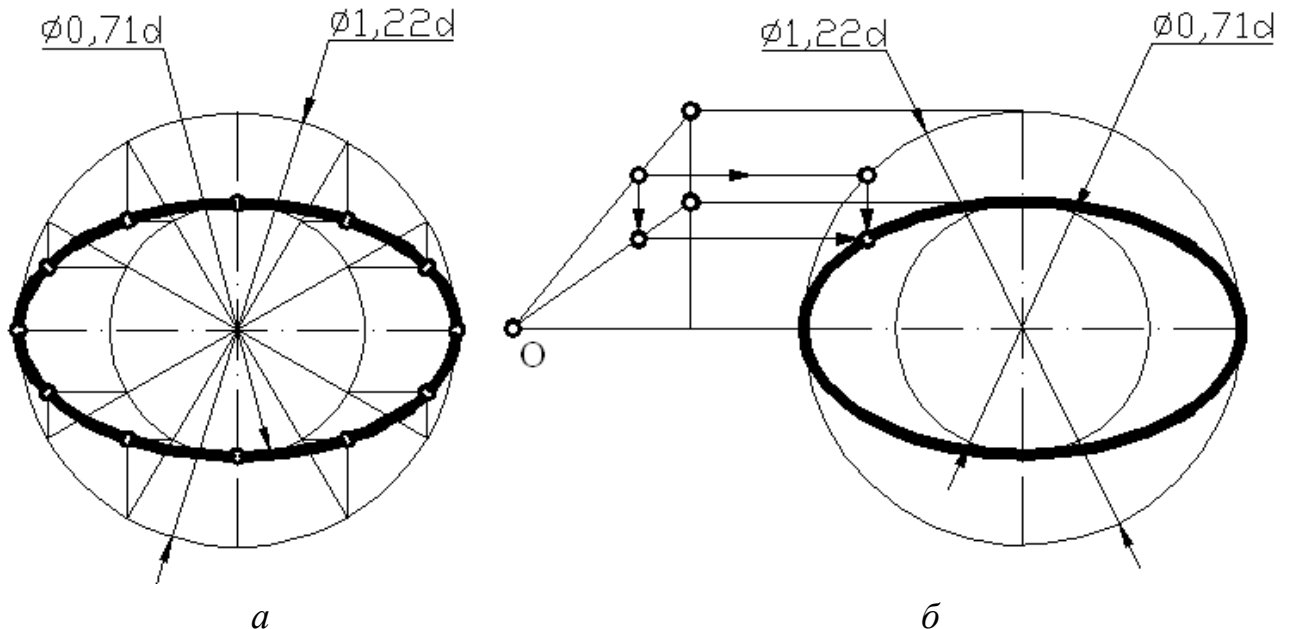


Рис. 2.69

В першу чергу будуються два концентричних кола, діаметри яких дорівнюють відповідно великій і малій вісям еліпсів, а потім із загального центру проводяться радіальні промені, що перетинають обидва ці кола. З точок

перетину з ними проводять прямі, паралельні напрямкам великої і малої вісей еліпса. Точки перетину цих прямих і будуть точками даного еліпса. Там же наведено визначення точок еліпса за допомогою графічного ключа. З точки O на подовженні великої вісі будують 2 прямокутних трикутника з катетами, які дорівнюють великій напівосі (a) і малій напівосі еліпса (b), потім з якої точки на колі діаметра $\emptyset (1,22d)$ проводять пряму, паралельну великій вісі еліпса, до перетину з гіпотенузою великого трикутника. Подальша побудова відбувається в напрямку стрілок, що вказані на кресленні.

Як було вказано вище, при побудові аксонометричних креслень, еліпси, як правило, замінюють овалами або будують наближено по точкам за допомогою лекала. Нижче наведені способи таких побудов.

На рис. 2.70 зображено побудову 4-х центрового овалу, що замінює еліпс в прямокутній ізометрії. Велика та мала вісі його беруться рівними відповідно $1,22d$ та $0,7d$.

Спочатку тонкими лініями проводяться кола діаметрів, що дорівнюють великій і малій вісям еліпса. Потім, з центрів C_1 і C_2 описують дуги радіуса R_1 , а з центрів C_3 і C_4 завершується побудова дугами радіуса R_2 .

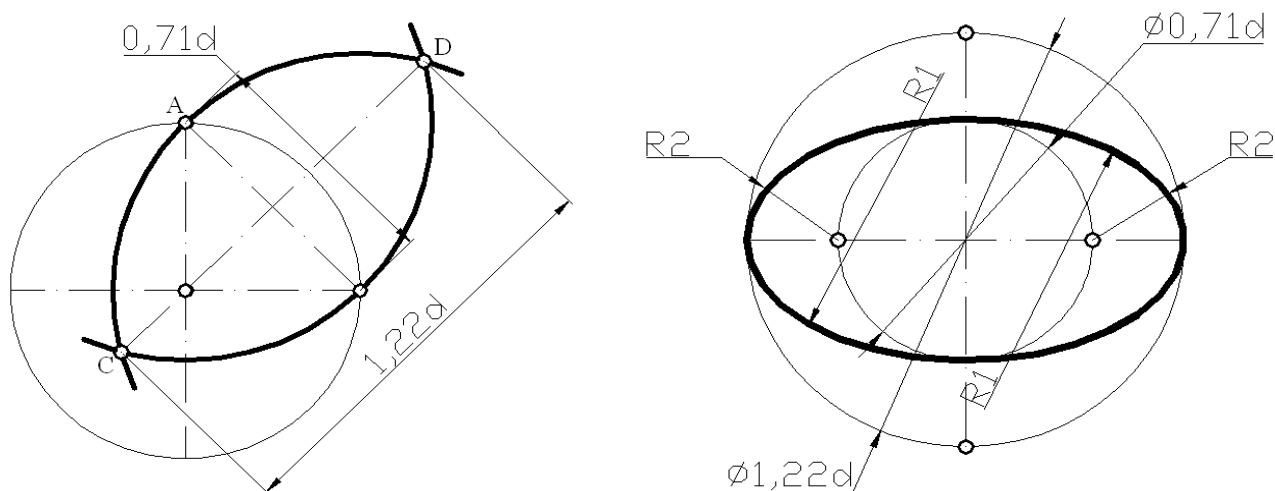


Рис. 2.70

На рис. 2.71 представлена наближена побудова еліпса, вписаного в паралелограм, сторони якого дорівнюють діаметру проектуемого кола.

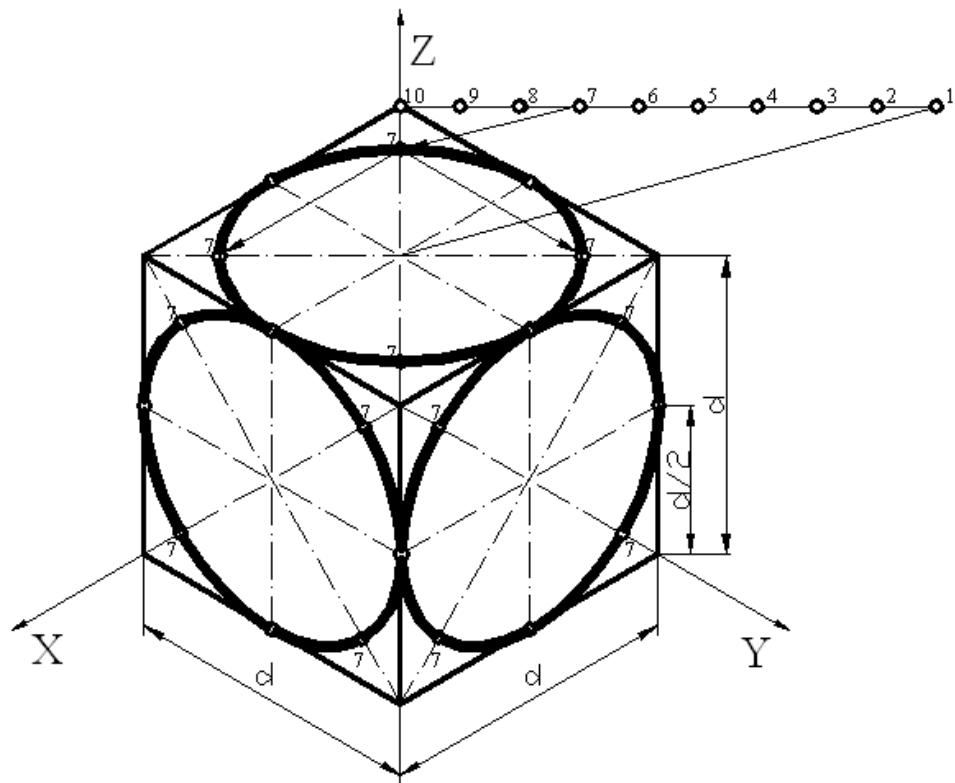


Рис. 2.71

Кожна з напівдіагоналей даного паралелограма ділиться на 10 частин, при цьому еліпс пройде через точки 7 і буде торкатись сторін паралелограма в середніх точках кожної з них. Практично достатньо за допомогою відомого графічного прийому розділити одну з напівдіагоналей на 10 частин і визначити на ній точку 7. Такі ж точки на інших напівдіагоналях визначають проведенням допоміжних прямих за принципом пропорційного поділу відрізків і засічками симетричних точок. Отримані 8 точок для кожного з еліпсів з'єднують за допомогою лекала.

Нарешті, еліпси в ізометрії можуть бути замінені овалами, побудованими по схемі, наведеній на рис. 2.72.

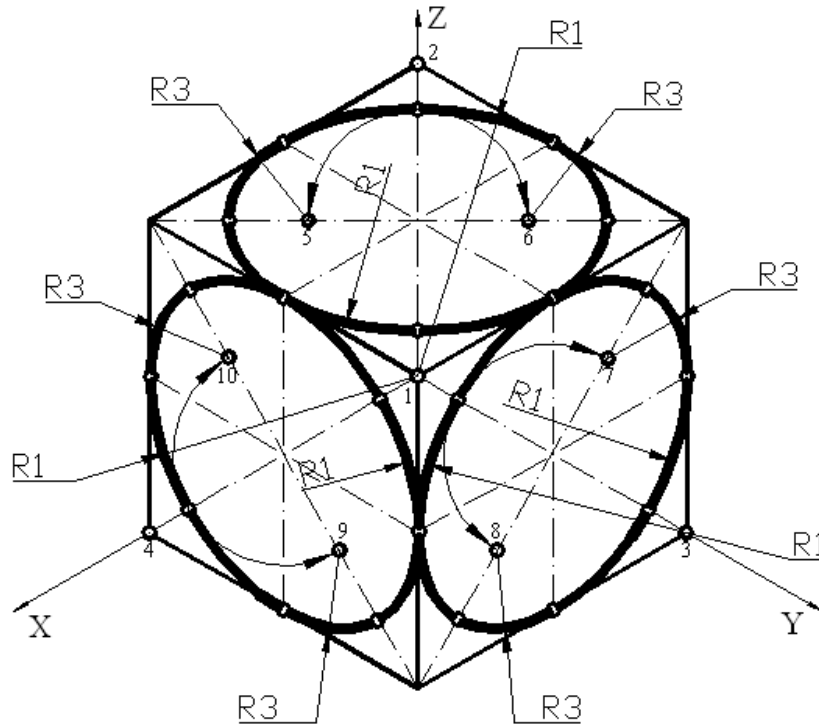


Рис. 2.72

Радіус R_1 визначає відстань від точки 1 до точки К – середини ребра куба. Дуги радіуса R_1 проводяться з точок 1, 2, 3, 4. Радіус R_3 визначається засічкою радіуса R_2 з центра любого з овалів на великій його осі (діагоналі паралелограма). Отримані точки 5, 6, 7, 8, 9 і 10 будуть центрами для дуг радіуса R_3 , який дорівнює відстані від такої точки до середини ребра куба (напр. т. К).

б) для прямокутної диметрії.

Кола, що розташовані в координатних площинах, як і в площинах їм паралельних, в даному випадку також проєктуються у вигляді еліпсів, причому величини їх осей відрізняються від тих, які були в прямокутній ізометрії. Розташування цих осей еліпсів буде аналогічно тому, як це мало місце в прямокутній ізометрії, тобто великі осі еліпсів орієнтуються перпендикулярно до тієї координатної осі, яка не лежить в площині проєктуемого кола. Це наочно представлено на рис. 2.73, де зображена прямокутна диметрія куба з вписаними в його грані колами.

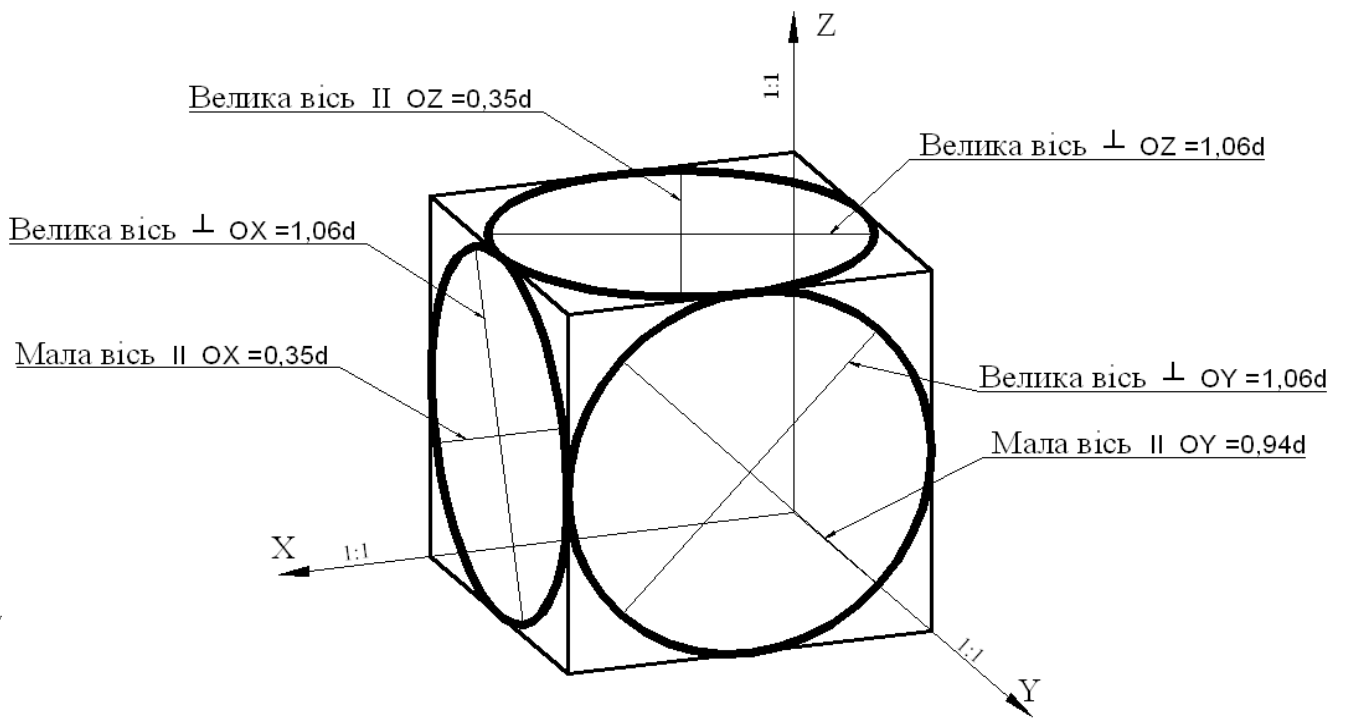


Рис. 2.73

Якщо розташувати аксонометричні координатні осі так, як це показано на рис. 2.73, то при практичних коефіцієнтах спотворення, вказаних на цих осях, кола, що розташовані в координатних площинах (або їм паралельних) проектуються в еліпси 2-х видів, які відрізняються тільки величинами малих вісей. Так, в площинах XOY і YOZ малі вісі еліпсів будуть дорівнювати $2b = 0,35d$ (діаметра проектуемого кола), а в площині XOZ – $2b = 0,94d$.

Як і в попередньому випадку, всі ці еліпси можуть бути замінені овалами або побудовані наближено по точкам за допомогою лекал.

Побудова овалів, що заміняють еліпси, в які проектуються кола, що розташовані в площинах XOY і YOZ або їм паралельних, наведено на рис. 2.74.

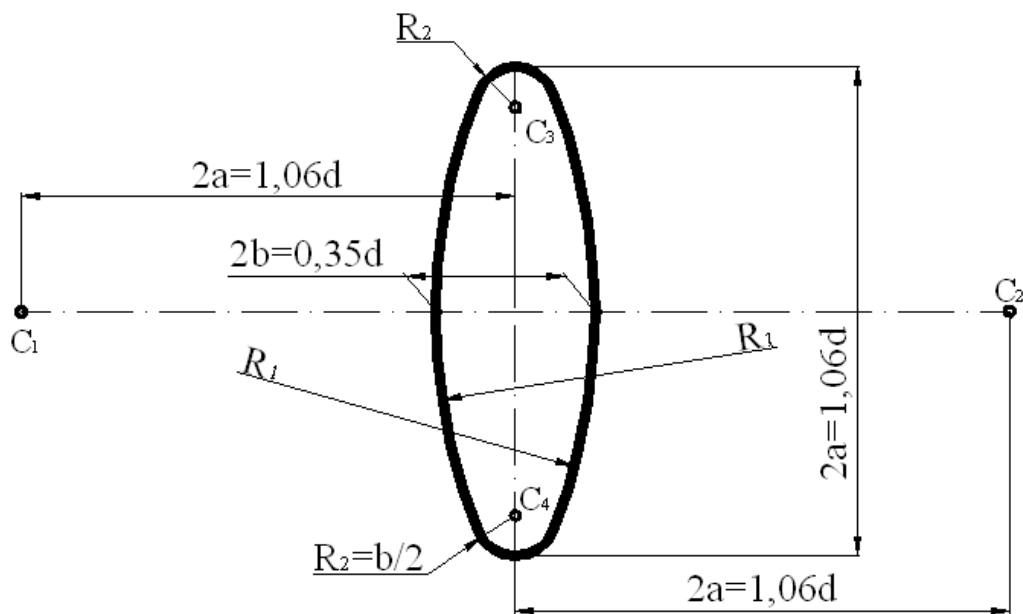


Рис. 2.74

Центри C_1 і C_2 розташовані на подовженні малої вісі еліпса, на відстанях від великої осі, по обидві сторони від неї, рівних величині цієї великої вісі, тобто $2a = 1,06d$. З цих центрів проводять дуги радіуса R_1 , через точки 1 і 2 – вершини еліпса (овалу) вздовж малої вісі. Потім від точок 3, 4 – вершин еліпса (овалу) вздовж великої осі в напрямку центра його відкладаються відрізки, які дорівнюють $1/4$ малої осі, тобто $0,35d/4$ і отримуємо центри C_3 та C_4 , з яких циркулем радіуса $R_2=0,35d/4$ проводять дуги, що завершують побудову овалу.

Еліпс в площині XOZ замінюється 4-х центровими овалом, побудова якого представлена на рис. 2.75.

В першу чергу проводять взаємно-перпендикулярні велику і малу осі, які по величині дорівнюють $2a = 1,06d$ та $2b = 0,94d$ (відповідно зорієнтовані по відношенню до координатних осей), потім на подовженні малої вісі роблять засічку з центру «О» циркулем радіуса, який дорівнює великій напівосі і отримують точку 5. З'єднують дві вершини майбутнього овалу, розташованого на великій і малій осях (напр. точки 1 та 4) і на цьому відрізку з точки 4 роблять засічку радіуса 4-5 (R_3) і отримують точку 6. Відрізок 1-6 ділять навпіл і з середньої його точки проводять до нього перпендикуляр до перетину з великою і малою осями в точках C_1 і C_3 . Вони будуть центрами дуг радіусів R_1 і R_2 , якими і описують овал. Центри C_2 і C_4 відповідно симетричні центрам C_1 і C_3 відносно точки «О».

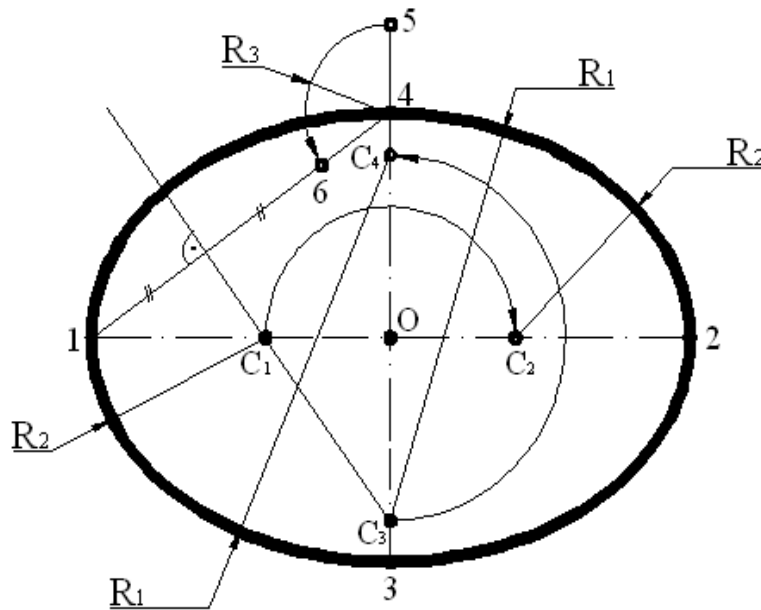


Рис. 2.75

в) для косокутної диметрії.

Кола, що розташовані в координатних площинах XOY і YOZ або площинах їм паралельних, в даному випадку проектується у вигляді еліпсів, подібних по параметрам еліпсам в прямокутній диметрії, але відрізняються від них розташуванням вісей, а кола в площині XOZ або їй паралельній проектується без спотворення, тобто у вигляді такого ж кола.

На рис. 2.76 зображено креслення куба з вписаними в його грані колами. Як видно, осі еліпсів повернуті відносно аксонометричних осей на кут $-7^{\circ} 10'$.

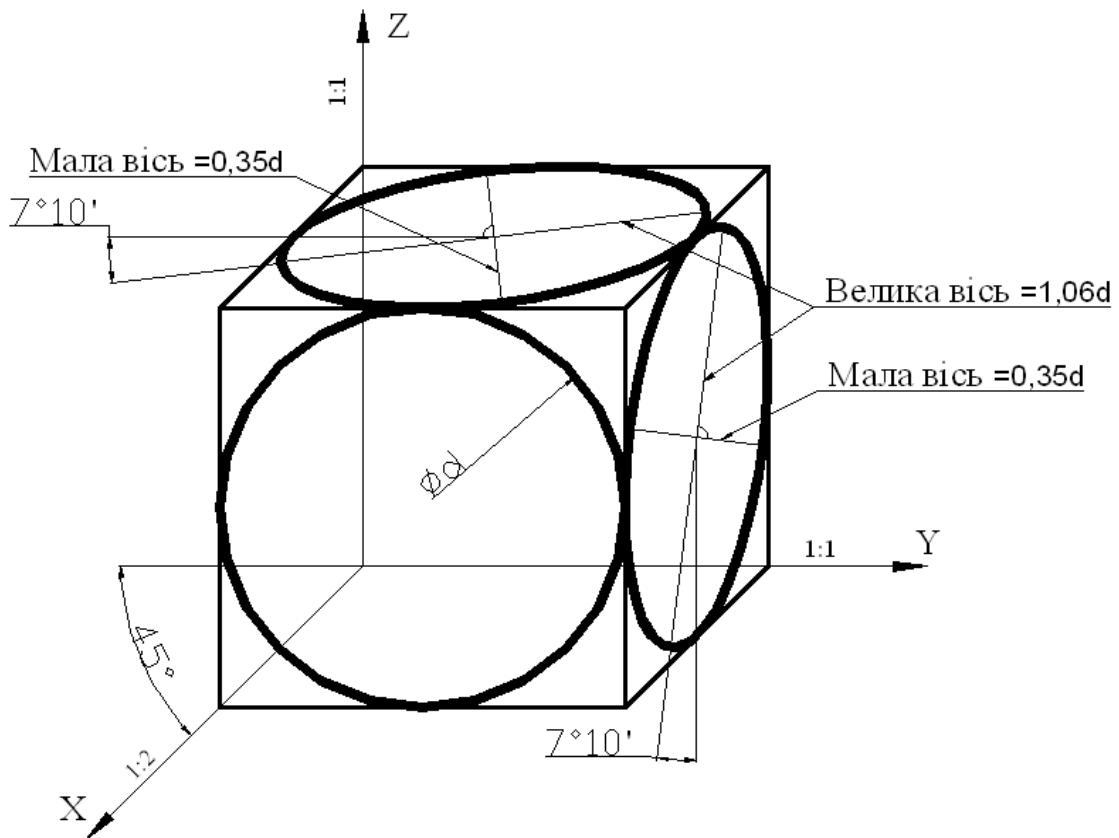


Рис. 2.76

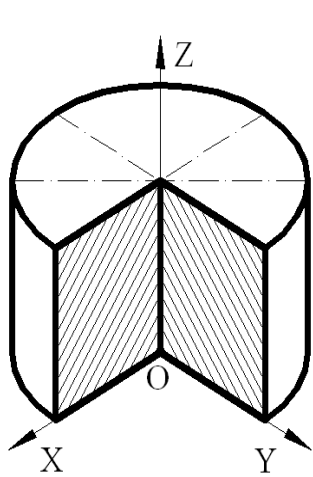
Практичне застосування описаних побудов.

В практиці проекційного і машинобудівного креслення досить часто доводиться будувати аксонометричні проєкції кіл, що по різному розташовані відносно координатних осей.

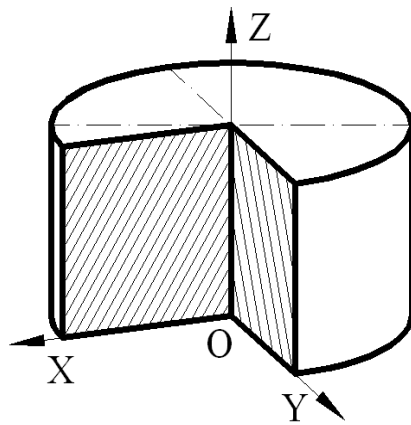
Нижче наводяться приклади побудов аксонометричних проєкцій простих геометричних тіл кругових (циліндра, конуса і сфери) а також деяких машинобудівних деталей, при викреслюванні яких доводиться будувати овали, що замінюють еліпси, в які проєктуються кола, що розташовані в координатних площинах їм паралельних.

Аксонометричні проєкції циліндрів з різним розташуванням осей.

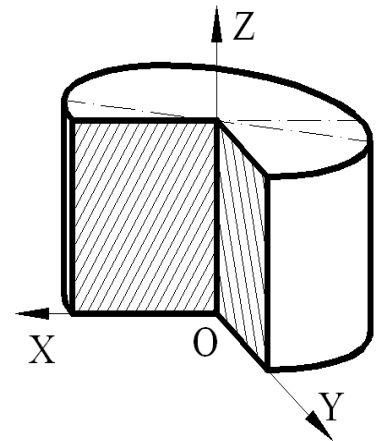
На рис. 2.77 представлено різні аксонометричні проєкції циліндра, вісь якого розташована вздовж осі OZ.



Прямокутна
ізометрія



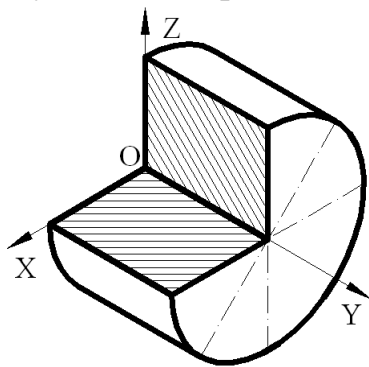
Прямокутна
діметрія



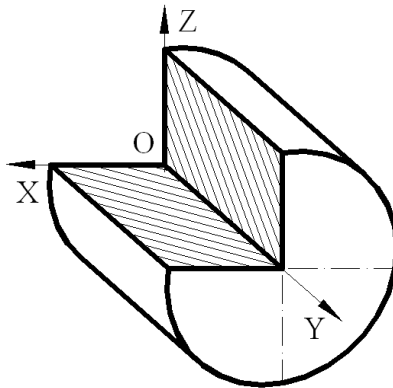
Косокутна
діметрія

Рис. 2.77

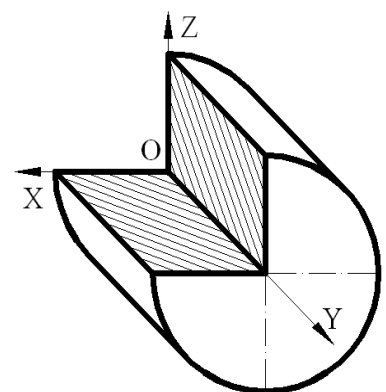
На рис. 2.78 представлено аксонометричні проєкції циліндра, вісь якого розташована вздовж осі OY . Для наочності циліндр зображено з четвертю вирізу двома координатними площинами XOY і YOZ .



Прямокутна
ізометрія



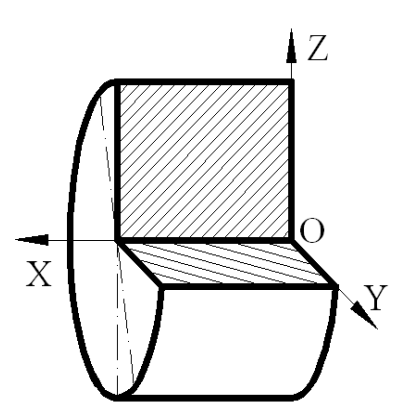
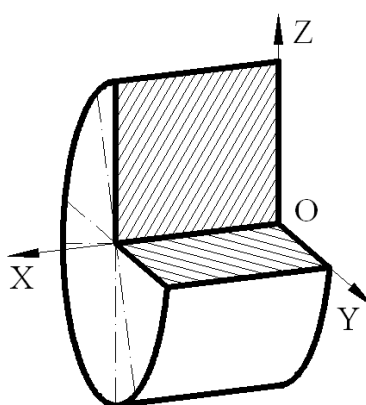
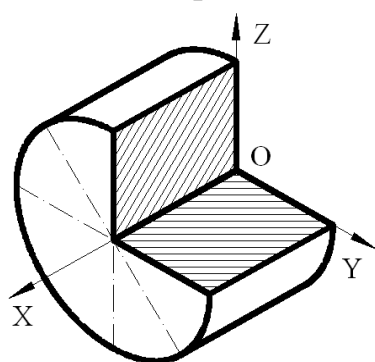
Прямокутна
діметрія



Косокутна
діметрія

Рис. 2.78

На рис. 2.79 представлено аксонометричні проєкції циліндра, вісь якого співпадає з напрямком осі OX .



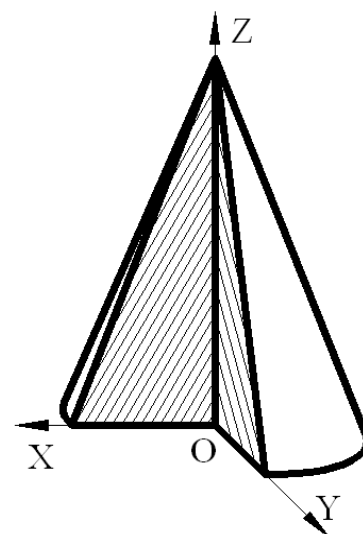
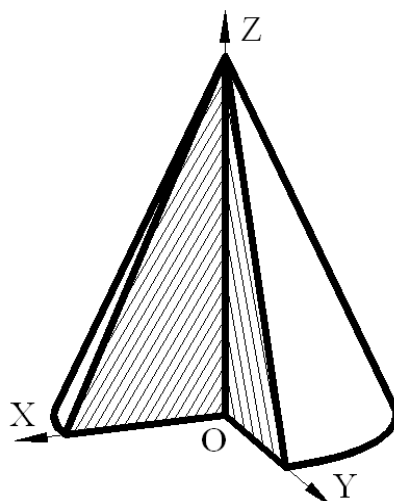
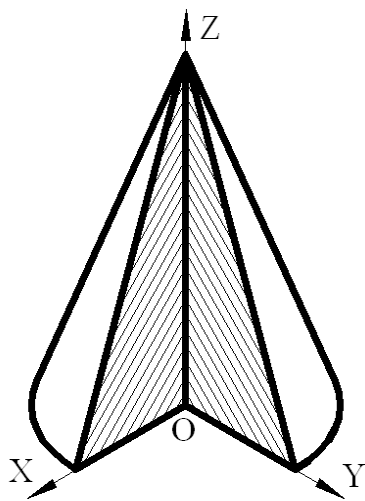
Прямокутна
ізометрія

Прямокутна
діметрія

Косокутна
діметрія

Рис. 2.79

На рис. 2.80 зображені аксонометричні проєкції конуса, вісь якого співпадає з віссю OZ.



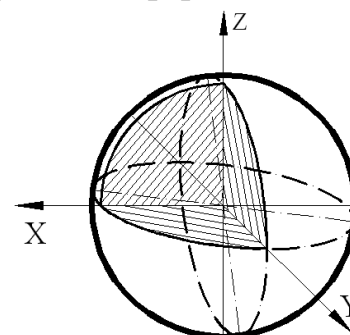
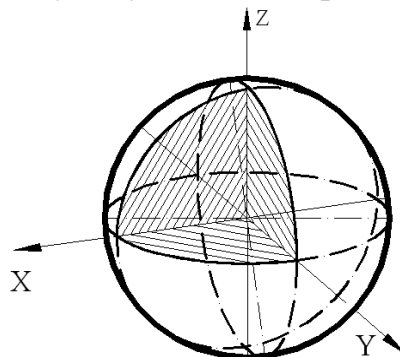
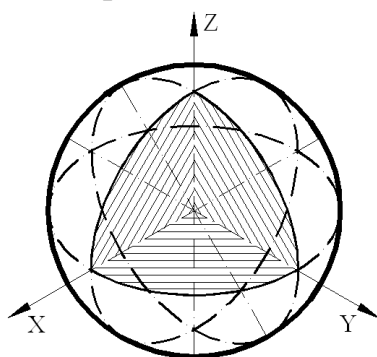
Прямокутна
ізометрія

Прямокутна
діметрія

Косокутна
діметрія

Рис. 2.80

На рис. 2.81 наведено побудову аксонометричних проєкцій сфери.



Прямокутна
ізометрія

Прямокутна
діметрія

Косокутна
діметрія

Рис. 2.81

При побудові аксонометричних проєкцій машинобудівних деталей (або вузлів) доцільно в першу чергу нанести вісьовий «скелет» даного предмета і побудувати проєкції кіл (еліпсів, що замінюються овалами), як це показано на рис. 2.82 штрих пунктирними лініями.

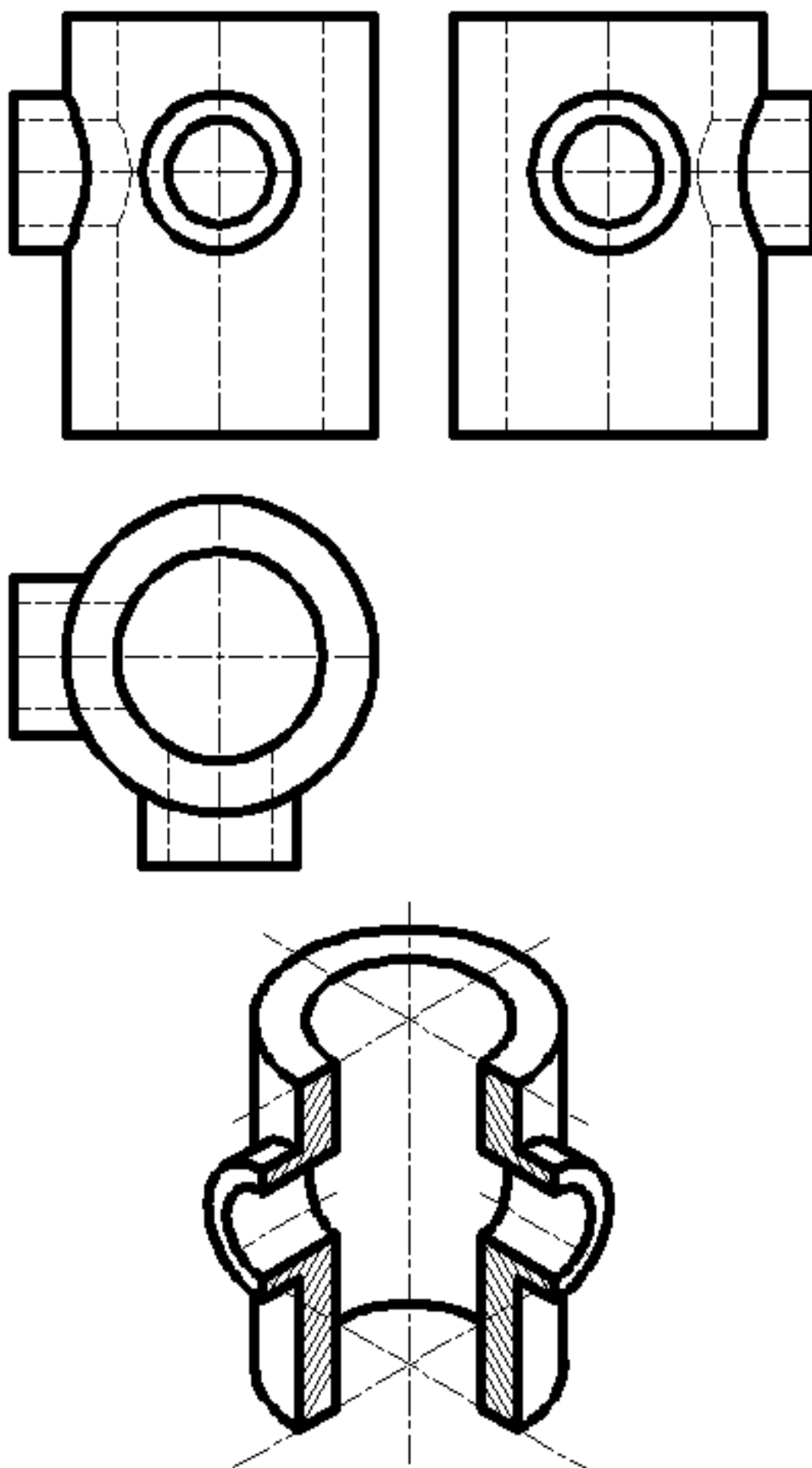


Рис. 2.82

На прикладах приведено побудову аксонометричних проєкцій двох деталей – траверси в ізометрії (рис. 2.83) і кронштейна в прямокутній диметрії (рис. 2.84).

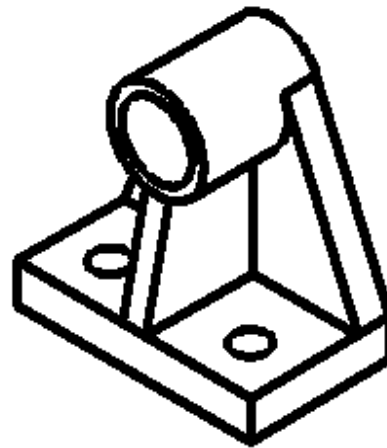
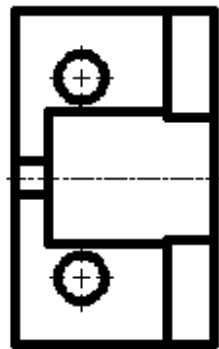
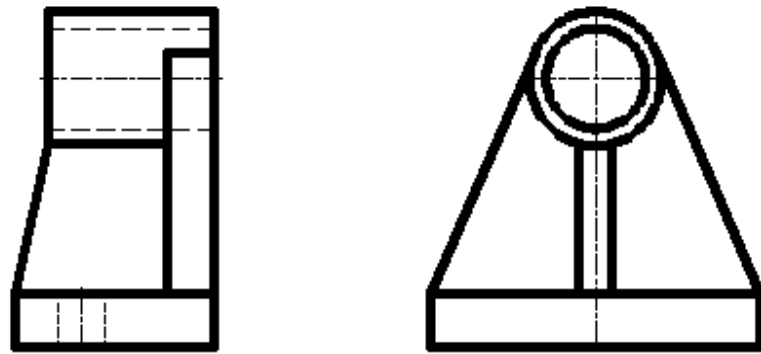


Рис. 2.83

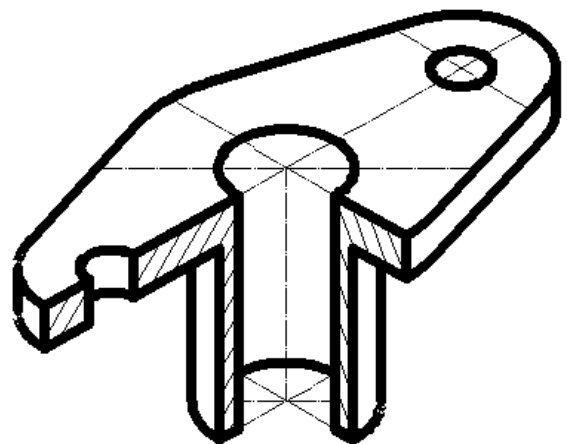
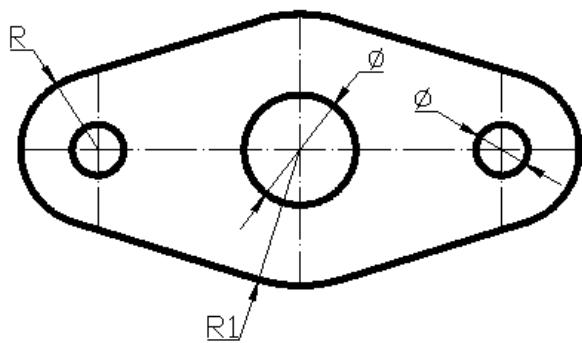
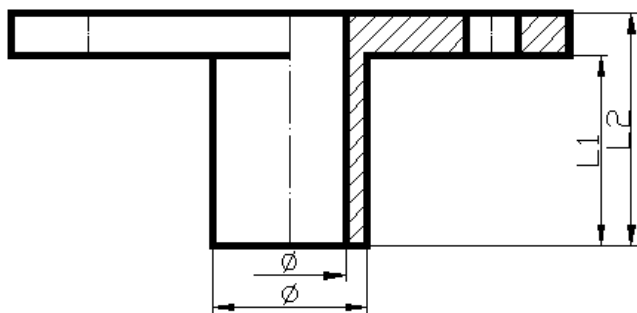


Рис. 2.84

Побудова аксонометричних проєкцій складних геометричних тіл і деталей

Люба просторова форма утворюється поєднанням різних поверхонь, що перетинаються між собою по лініям – прямим або кривим.

Виконання ортогонального або аксонометричного кресленика зводиться практично до побудови проєкцій обрису даної форми і ліній переходу.

Любу лінію переходу можна розглядати, як сукупність точок, що розташовані певним чином в просторі. Якщо частина лінії переходу на кресленику є прямолінійною, то для побудови його проєкцій на кресленику достатньо зафіксувати дві його крайні точки. Для побудови проєкцій лекальної кривої таких точок повинно бути значно більше.

На рис. 2.85 представлена схема побудови аксонометричних проєкцій точок по ортогональному кресленику для прямокутних ізометрії і диметрії.

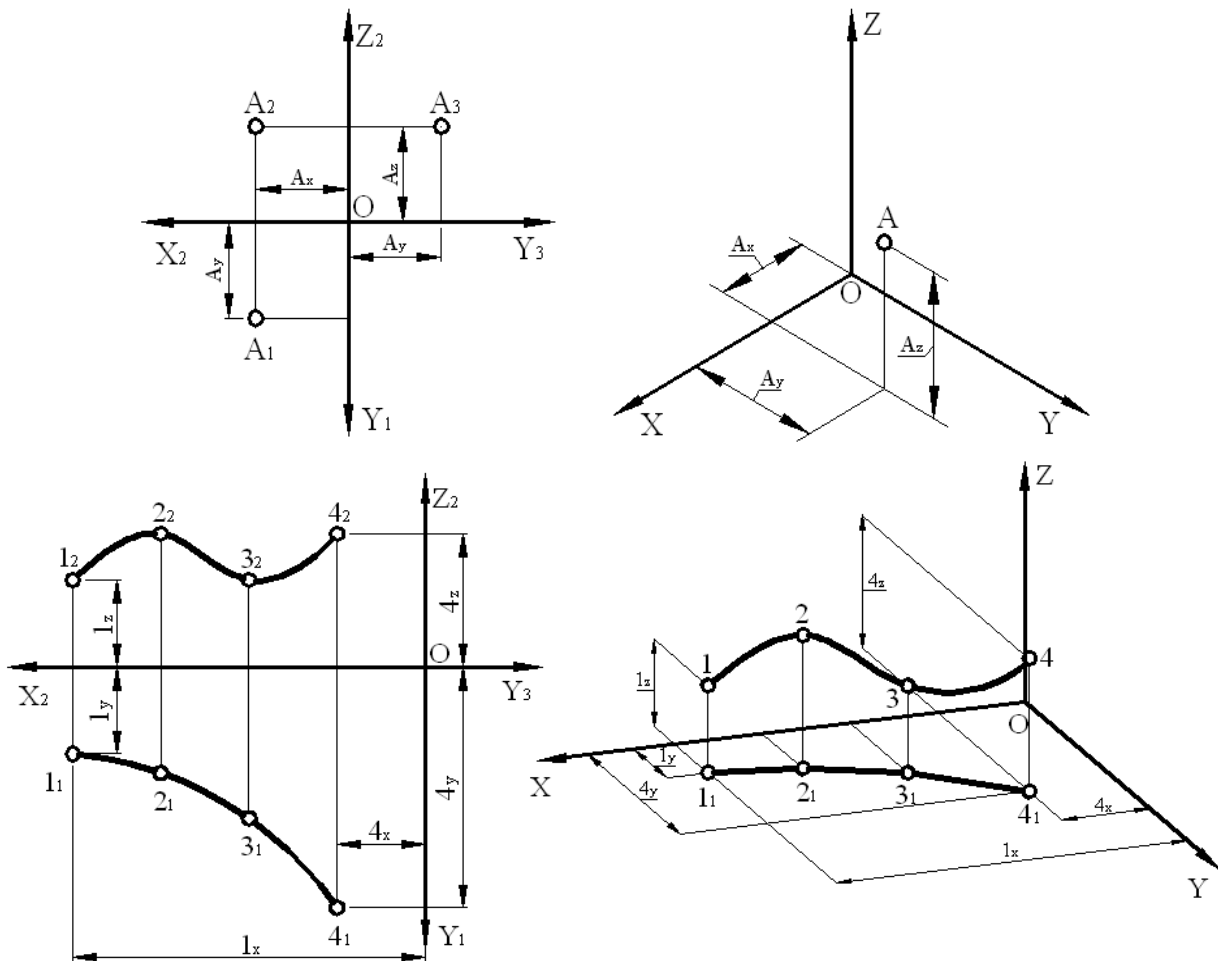


Рис. 2.85

Побудова аксонометричних проєкцій точок відбувається універсальним методом, а саме по відомим координатам (x, y, z) , які визначаються на ортогональному кресленику з нанесеною на нього системою координатних осей. Але при побудові ліній перетину поверхонь в аксонометричній проєкції таким способом являється досить громіздким.

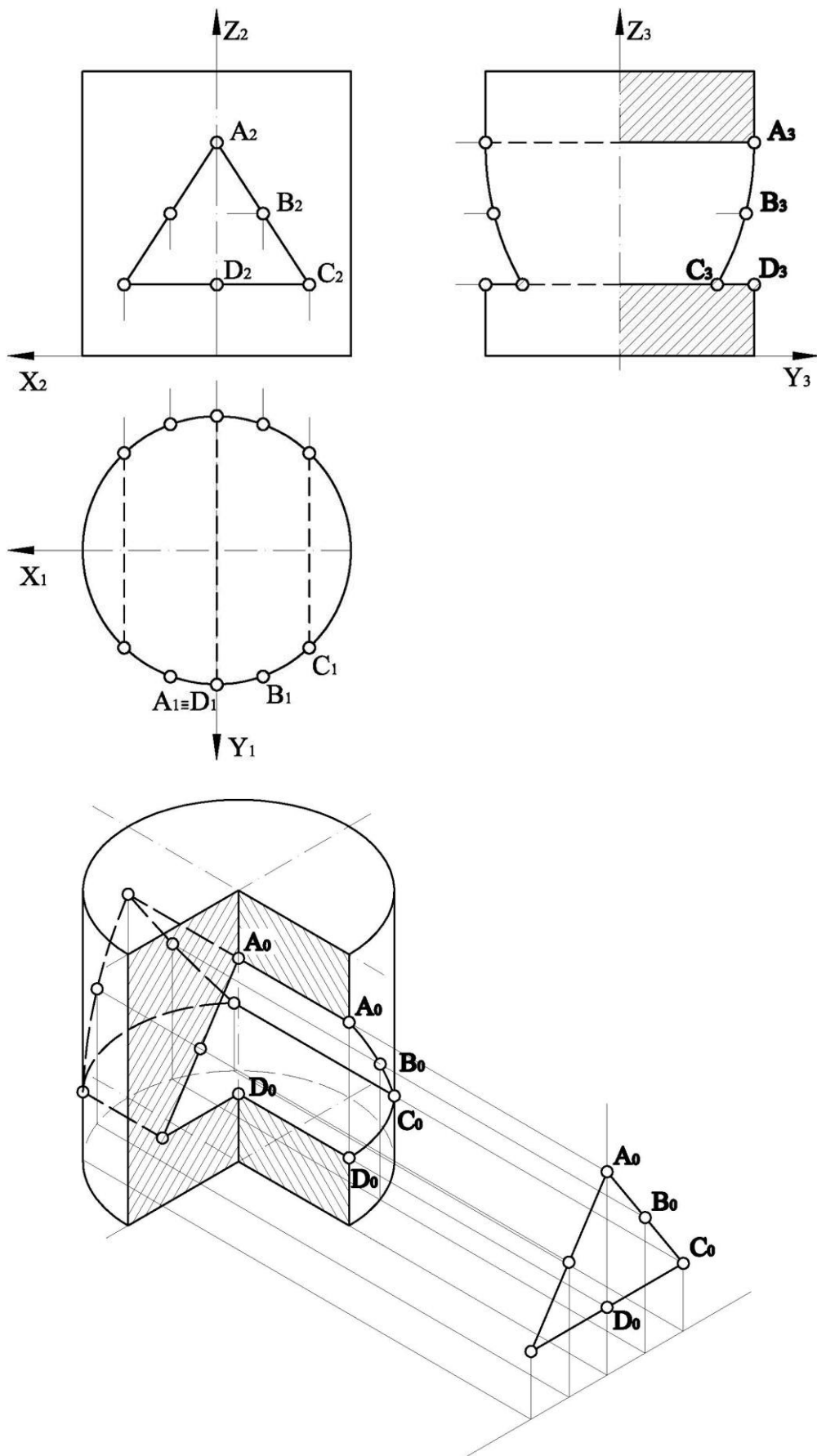


Рис. 2.86

Відповідну побудову можна виконати значно простішим способом, а саме, спочатку будують аксонометричну проекцію заданої поверхні, наприклад

циліндра в прямокутній ізометрії. Потім на деякій відстані від основної системи координатних аксонометричних осей будують допоміжну систему таких же осей, віддалив її від основної в напрямку координатної вісі, паралельної осі бічного отвору (в даному прикладі це призматичний отвір, рис. 2.86). В цій допоміжній системі координат будується аксонометрична проекція контуру нормального перерізу поверхні бічного отвору.

Виконав ці побудови, проводимо ряд допоміжних площин. Для циліндричних і призматичних поверхонь допоміжні площини будуть паралельні між собою, а для конічних і пірамідальних – площини, що перетинаються і проходять через вершину. Твірні поверхонь, що перетинаються, знаходяться в кожній з допоміжних площин, перетинаючись між собою, дають точки, що належать лініям перетину заданих поверхонь.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Назвіть шість основних видів і покажіть як їх розміщують на креслениках.
2. Який вид називають головним?
3. За яких умов основні види на креслениках позначають?
4. Який вид називають місцевим?
5. Що таке розріз? Що таке переріз?
6. Які бувають розрізи? Які бувають перерізи?
7. Що таке місцевий розріз?
8. Який розріз є горизонтальним, вертикальним, похилим?
9. Які бувають вертикальні розрізи?
10. За яких умов можна об'єднати половину виду з половиною розрізу?
11. Як слід виявити зовнішнє або внутрішнє ребро, що збігається з віссю симетрії, при поєднанні половини виду з половиною розрізу?
12. Які співвідношення розмірів стрілки, що визначає напрям погляду при розрізі або перерізі?

Література:

[9] – с.93-144, [15]– с.100-107.

Умова завдання 14

За наочним зображенням побудувати три види предмета: спереду, зверху та зліва. Половину видів спереду та зліва поєднати з фронтальним та профільним розрізами. Проставити необхідні розміри.

Побудувати прямокутну ізометрію з вирізом 1/4 частини зображення, яка найближча до спостерігача.

Роботу виконують на аркуші формату А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 2.87. Варіанти завдань наведені в табл. 2.7.

Методичні настанови по виконанню завдання 14

Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Спочатку треба ознайомитись зі змістом ГОСТ 2.305-2008 (ДСТУ ISO 5456-2:2005) та рекомендованою літературою.

2. Далі уважно роздивитись предмет свого варіанту і визначити основні геометричні тіла, з яких він складається. І тільки після цього, за уявою, можна будувати три види предмета.

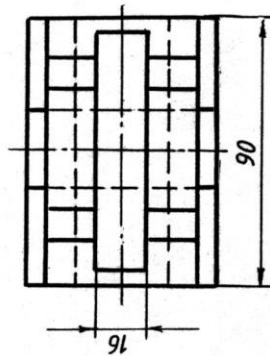
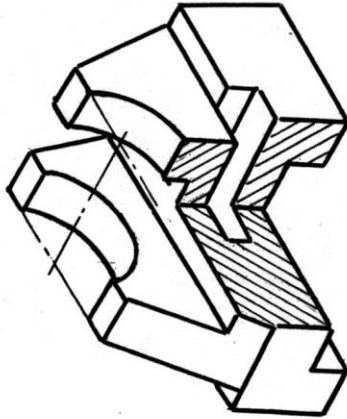
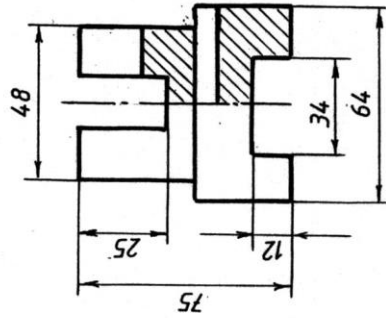
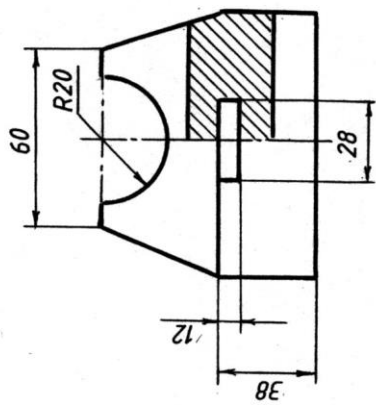
3. Вибрати головний вид. Зображення на фронтальній площині проєкції вважають *головним*. Він має давати найбільш повну інформацію про форму і розміри предмету. В проєкційному зв'язку з ним розміщують всі інші зображення (види).

4. Відповідно до ГОСТ 2.307-68, нанести розміри, за якими виконувалась побудова.

5. Виконати штриховку в розрізах дотримуючись однакової відстані між штрихами.

6. Побудувати прямокутну ізометрію деталі. При виконанні зображення слід користуватися ГОСТ 2.317-68 (ДСТУ ISO 5465-3:2006).

КНУТД 13.07.01



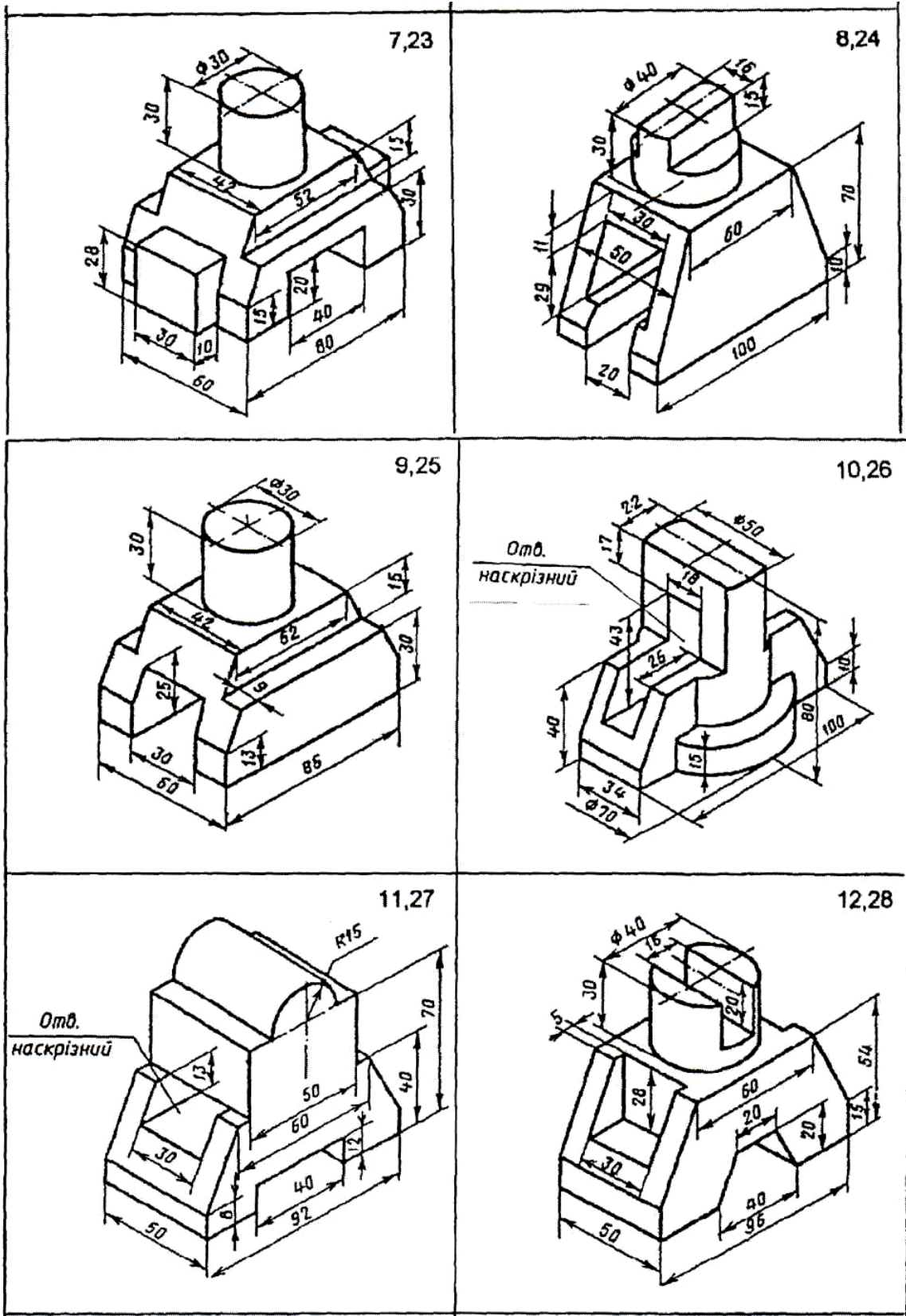
КНУТД 13.07.01		Литера	Назва	Маштаб
Проекційне креслення		у		1:1
		Аркуш	Аркушів	
		Фр. ЗШ-03		
		Кафедра графіки та нарисної геометрії		
Зн. Арк	№ докум	Підпис	Дата	
Розробив	Кодаль			
Перевірив				
Г. комп.				
Н. комп.				
Затвердив				

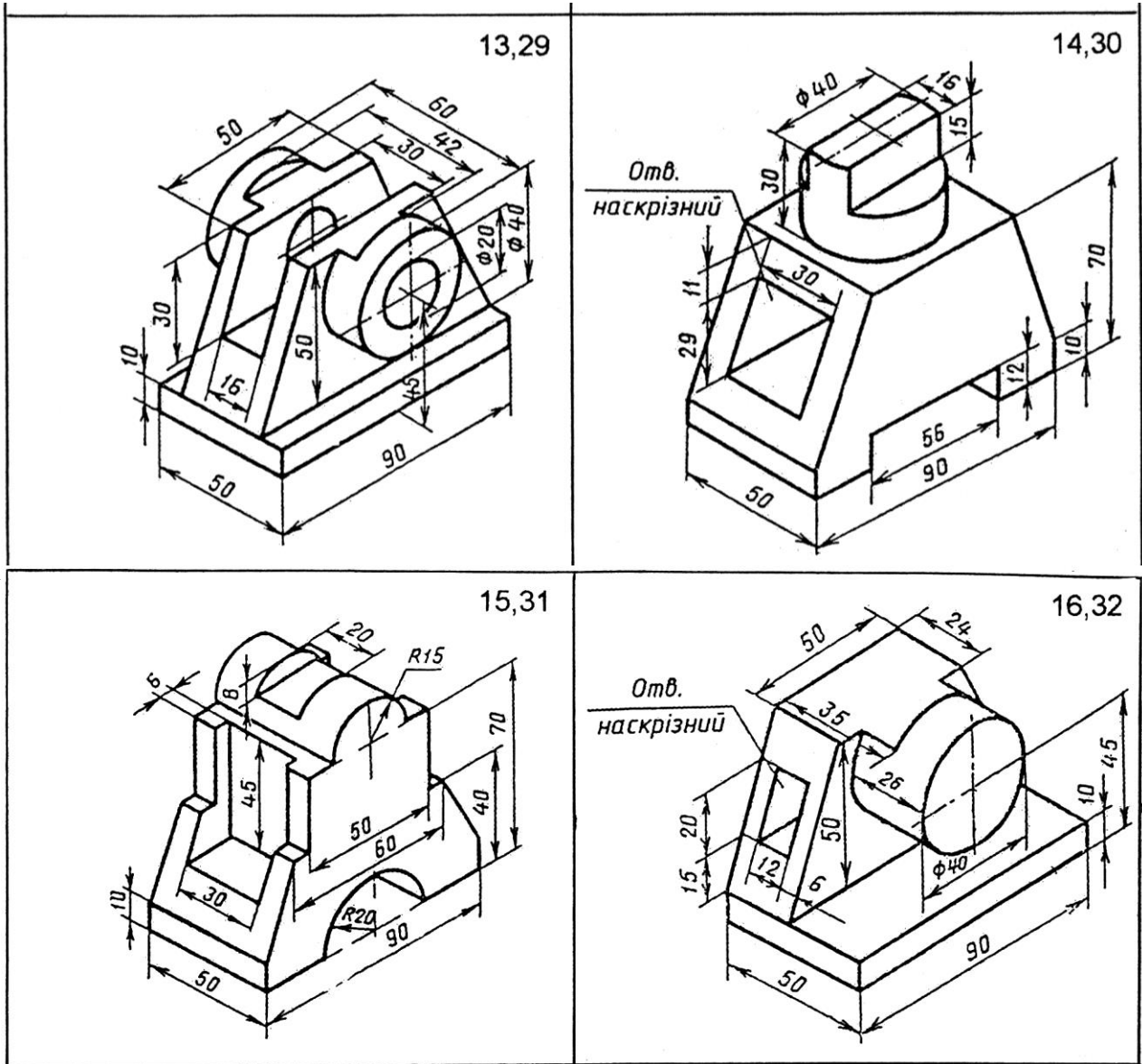
Рис. 2.87. Приклад виконання завдання 14

Варіанти до завдання 14

Таблиця 2.7. Варіанти до завдання 14

<p>1,17</p> <p>Отв. Наскрізний</p>	<p>2,18</p> <p>Отв. наскрізний</p>
<p>3,19</p> <p>Отв. наскрізний</p>	<p>4,20</p> <p>Отв. наскрізні</p>
<p>5,21</p> <p>Отв. наскрізні</p>	<p>6,22</p> <p>Отв. наскрізний</p>





Завдання 15. Побудова третього виду предмета за двома заданими

Загальні положення по темі завдання 15

Необхідну теоретичну інформацію треба взяти з попереднього завдання 14.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які аксонометричні проекції краще використовувати для тіл обертання?
2. Побудуйте проекцію кола довільного діаметра на фронтальну площину в прямокутній ізометрії.

Література:

[9] – с.93-144, [15]– с.100-107.

Умова завдання 15

Виконати:

- а) вид зліва деталі за двома заданими. Вид зліва сумістити з розрізом;*
- б) побудувати вказаний переріз фронтально проекціювальною площиною („косий переріз”);*
- в) визначити інші проекції вказаних точок за умовою, що вони розташовані на видимій частині поверхні;*
- г) побудувати прямокутну ізометрію з вирізом 1/4 частини зображення, яка найближча до спостерігача.*

Роботу виконують на аркуші формату А3 (297х420). Приклад виконання завдання на рис. 2.88.

Вихідні данні для побудови взяти з: розміри – табл. 2.8., а варіанти завдань – табл. 2.9.

Методичні настанови по виконанню завдання 15

Завдання виконати в наступній послідовності.

1. По розмірам побудувати тонкими лініями задані зображення, скомпонувавши їх таким чином, щоб поле кресленика було заповнене рівномірно.
2. Побудуйте третє зображення, яке має бути в проективному зв'язку з попередніми.
3. Виконайте профільний розріз, якій сумістити з виглядом зліва. Нанести штриховку. Відстань між штрихами має бути однаковою, приблизно 2..3 мм.
4. Побудову „косого” перерізу слід виконувати в такій послідовності:
 - позначте характерні точки перетину січної площини елементів деталі;
 - визначте їх горизонтальні проекції;
 - в довільному місці, паралельно положенню січної площини, проведіть лінію штрихпунктирну. Вона буде віссю симетрії перерізу;

– побудуйте проекції характерних точок перерізу: по довжині брати розміри з фронтальної проекції (вигляду з переду), а по ширині – з горизонтальної проекції (вигляду зверху);

- з’єднайте побудовані точки;
- нанесіть штриховку;
- над зображення проставте відповідні літери.

5. Визначить інші проекції вказаних точок за умовою, що вони розташовані на видимій частині поверхні. При побудові використовуйте умову належності точки до поверхні.

6. Побудуйте прямокутну ізометрію з в такій послідовності:

- на ортогональних проекціях визначте положення аксонометричних вісей;
- побудуйте аксонометричні вісі прямокутної ізометрії;
- перенесіть розміри відповідних елементів з ортогональних проекцій на аксонометрію;
- побудуйте виріз 1/4 частини зображення, яка найближча до спостерігача.

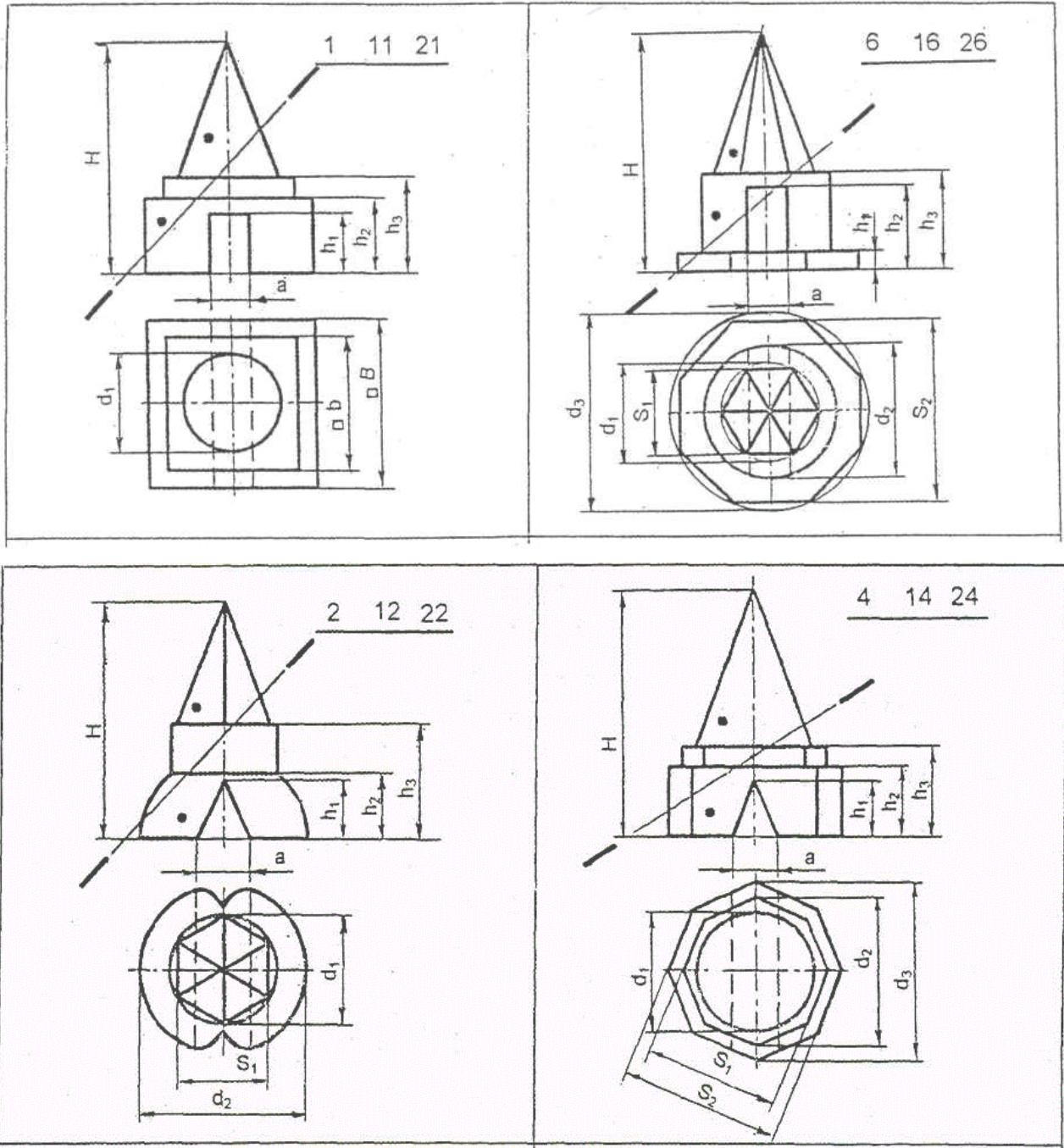
1. прямокутну ізометрію.

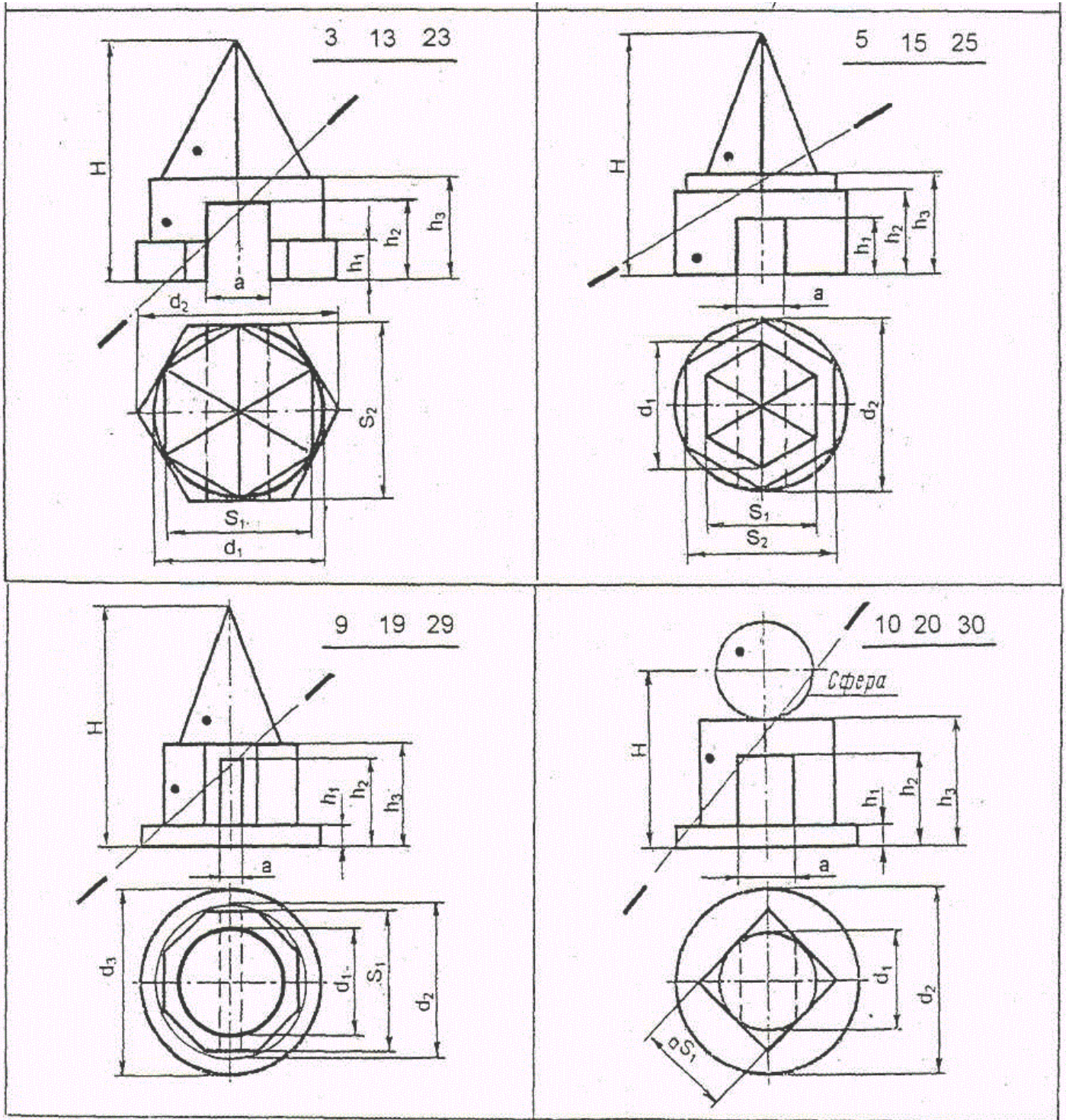
Варіанти до завдання 15

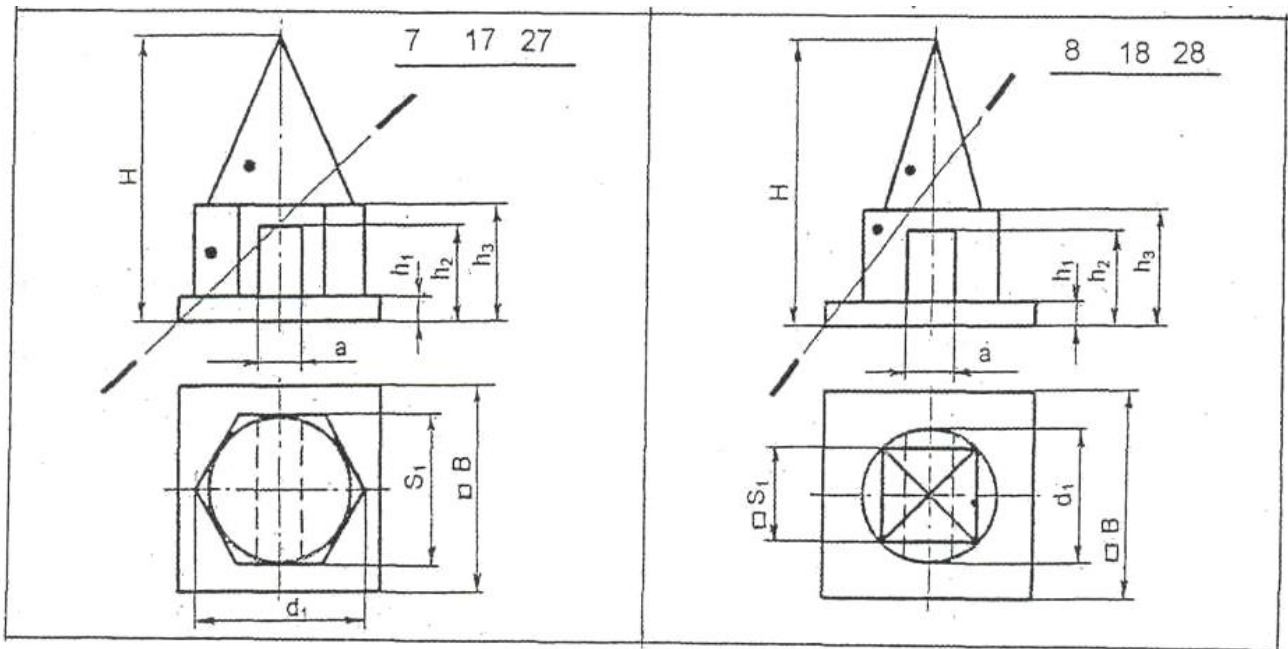
Таблиця 2.8. Вихідні данні для побудови

Варіанти	a	B	e	H	h_1	h_2	h_3	S_1	S_2	d_1	d_2	d_3
1, 11, 21	15	80	70	100	25	35	40	–	–	–	–	–
2, 12, 22	15	–	–	100	25	33	50	≈39	–	45	80	–
3, 13, 33	15	–	–	100	15	25	45	60	≈69	≈69	80	–
4, 14, 24	15	–	–	100	25	30	40	≈52	≈69	48	60	80
5, 15, 25	20	–	–	100	25	30	40	≈43	≈69	50	80	–
6, 16, 26	15	–	–	100	8	30	40	≈36	≈74	42	55	80
7, 17, 27	15	80	–	100	10	35	40	≈52	–	60	–	–
8, 18, 28	15	80	–	100	10	35	40	≈32	–	45	–	–
9, 19, 29	10	–	–	100	10	35	40	≈57	–	45	62	80
10, 20, 30	20	–	–	100	10	40	55	40	–	40	80	–

Таблиця 2.9. Варіанти до завдання 15







**Завдання 16. Побудова трьох зображень
за двома заданими. Побудова розрізів та перерізів**

Загальні положення по темі завдання 16

Необхідну теоретичну інформацію та теоретичні положення треба взяти з попередніх завдань 14 та 15.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які Ви знаєте аксонометричні проекції?
2. Які аксонометричні проекції краще використовувати для тіл обертання?
3. Побудуйте проекцію кола довільного діаметра на фронтальну площину в прямокутній ізометрії.

Література:

[9] – с.93-144, [15]– с.100-107.

Умова завдання 16

Побудувати:

а) вигляд зліва деталі за двома заданими;

б) зазначені розрізи у суміщенні їх з відповідними виглядами. При відсутності зазначеного в умові профільного розрізу, виконати його самостійно;

в) похилий переріз заданою площиною.

Методичні настанови по виконанню завдання 16

Завдання виконують на аркуші формату А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 2.89. Варіанти завдань наведені в табл. 2.10.

Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Побудувати тонкими лініями задані зображення, побудувати третє зображення.

2. Виконати розрізи з нанесенням штриховки. Фронтальний розріз сумістити з видом спереду.

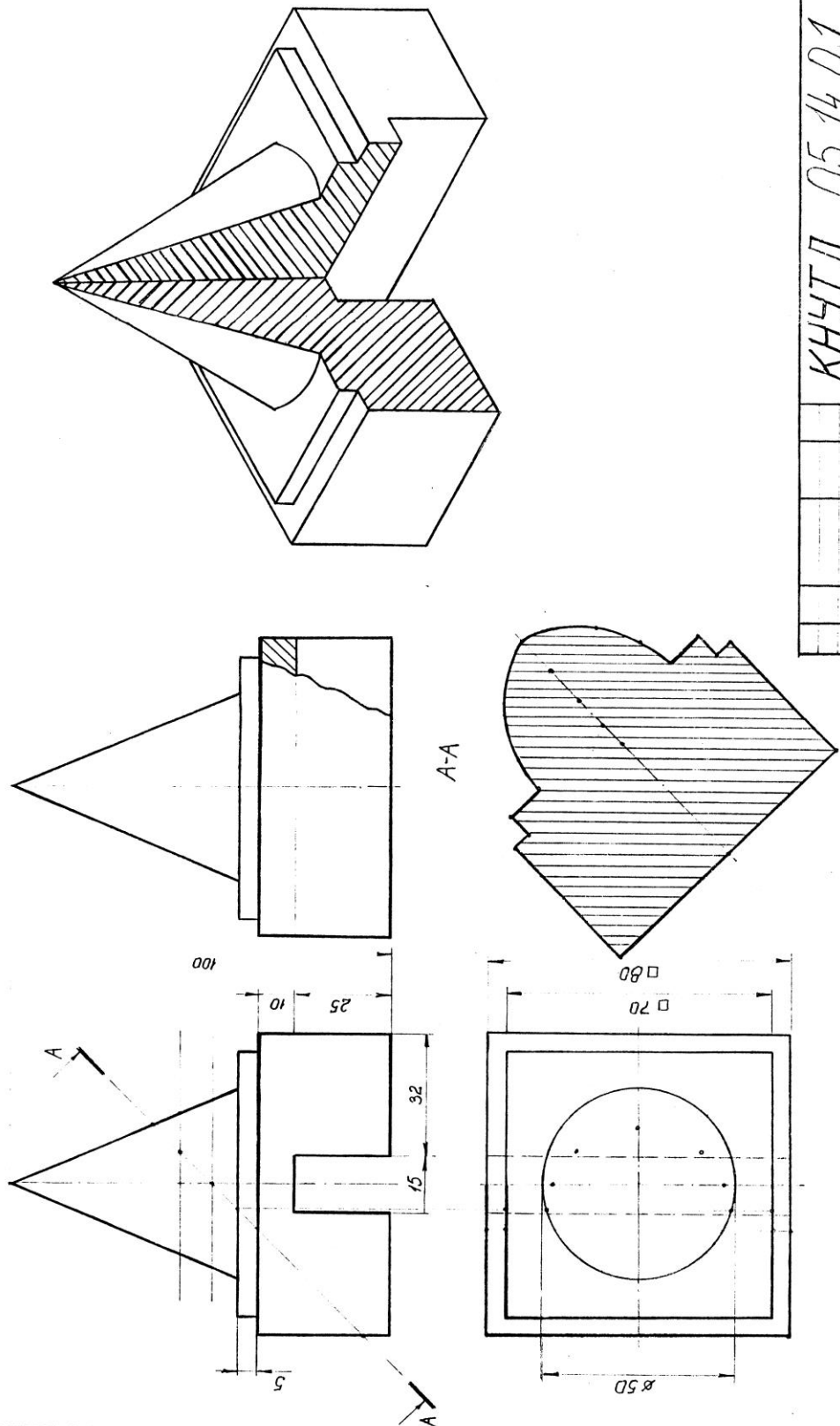
3. Якщо позначений профільний розріз, треба його сумістити з видом зліва. Якщо профільного розрізу нема, на виді зліва сумістити вид (зліва) з розрізом (справа).

4. Тому ж масштабі побудувати переріз зазначеною фронтально проекціовальною площиною („косий переріз”).

5. На другому аркуші виконати прямокутну ізометрію деталі з вирізом 1/4 частини зображення, яке найближче до спостерігача.

6. Проставити необхідні розміри згідно ГОСТ 2.307-68 пам'ятаючи, що розміри елемента деталі проставляють на тому вигляді, який дає найбільш повну уяву про форму та розміри цього елемента.

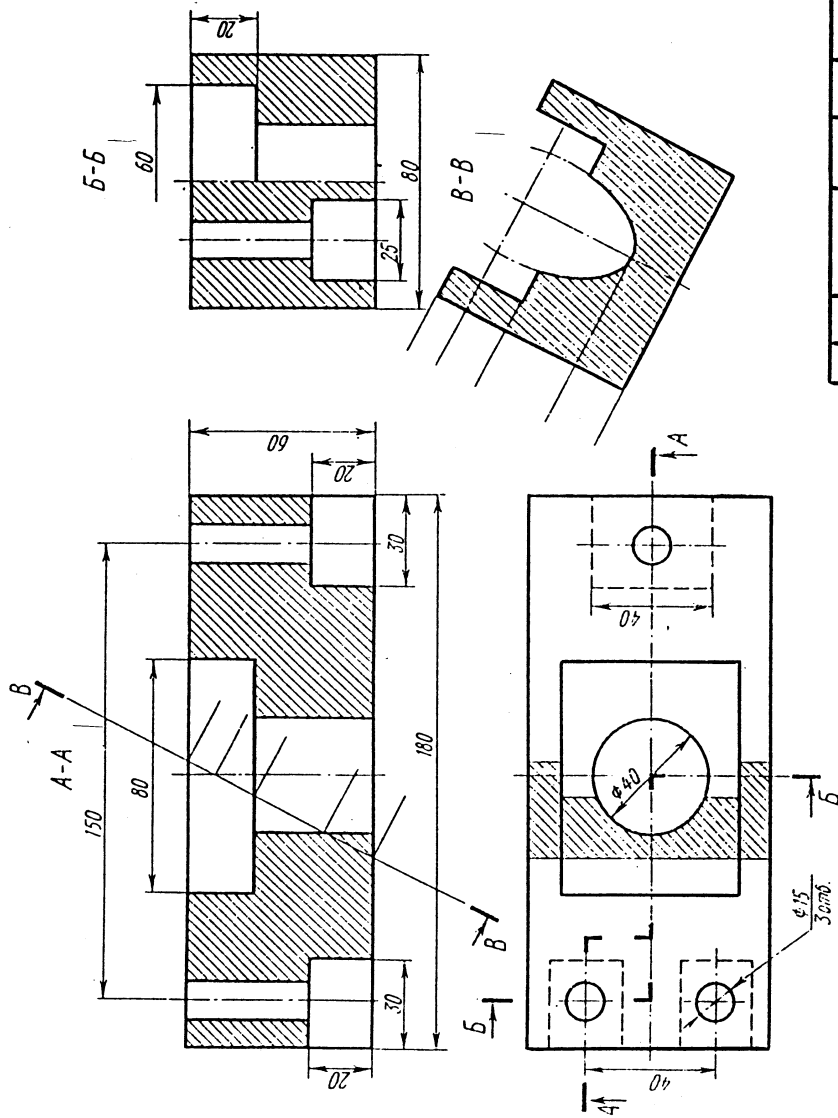
КНУТД 05.14.01



Эт.	Арх.	Нр.докум.	Підпис.	Дата.	КНУТД 05.14.01	Литера	Маса	Масштаб
		Розробив	Віденко О. В.			Проекційне креслення		1:1
		Перевірив					Архив	Архив
		Т.контр.						ст. зр. БМІ-10
		Зам.безд.						Катедра граф. та нар. есбн.
						Формат А3		

Рис. 2.88. Приклад виконання завдання 15

КНУТД 15.02.01



КНУТД 15.02.01		Літера	Маса	Т. Машина
Проекційне креслення		у		1:1
Эн	Арк	Місце	Дата	
Разробив	Кодоль			
Перевірив				
Т. контр.				
Н.кр.пр.				
Затвердив				
		Архив	Архив	
		Фр. ЗМІ-02 Кафедра граф та картеж		

Рис. 2.89. Приклад виконання завдання 16

Варіанти до завдання 16

Таблиця 2.10. Варіанти до завдання 16

Варіанти 1,13,22	Варіанти 3,17,26
Варіанти 2,15,24	Варіанти 4,19,27
Варіанти 5,18,25	Варіанти 6,16,23

Варіанти 8,12,29	Варіанти 7,14,30
Варіанти 10,11,21	Варіанти 9,20,28

Завдання 17. Побудова ліній „зрізу”

Загальні положення по темі завдання 17

Деталі різних машин і механізмів (станіни, головки шатунів, важелі, вилки, рукоятки та інші) бувають усічені однією або кількома площинами різного положення, як правило паралельними вісі поверхні обертання. Крива лінія, яка утворена перерізом тіла обертання площиною, має назву *лінії „зрізу”*. Лінії зрізу зазвичай будують по точках, які отримані за допомогою січних площин рівня: горизонтальних, фронтальних або профільних.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Як позначають перерізи на креслених?
2. Як оформлюється виносний елемент на креслениках?
3. Які загальні правила побудови проєкцій геометричних тіл?

Література:

[10] – с.185-188

Умова завдання 17

Побудувати три проєкції деталі з зображенням проєкцій ліній „зрізу”, які утворені перетином поверхонь обертання площинами, паралельними вісі обертання (горизонтально проєкціювальними).

Роботу виконують на аркуші формату А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 2.90. Варіанти завдань наведені в табл. 2.11.

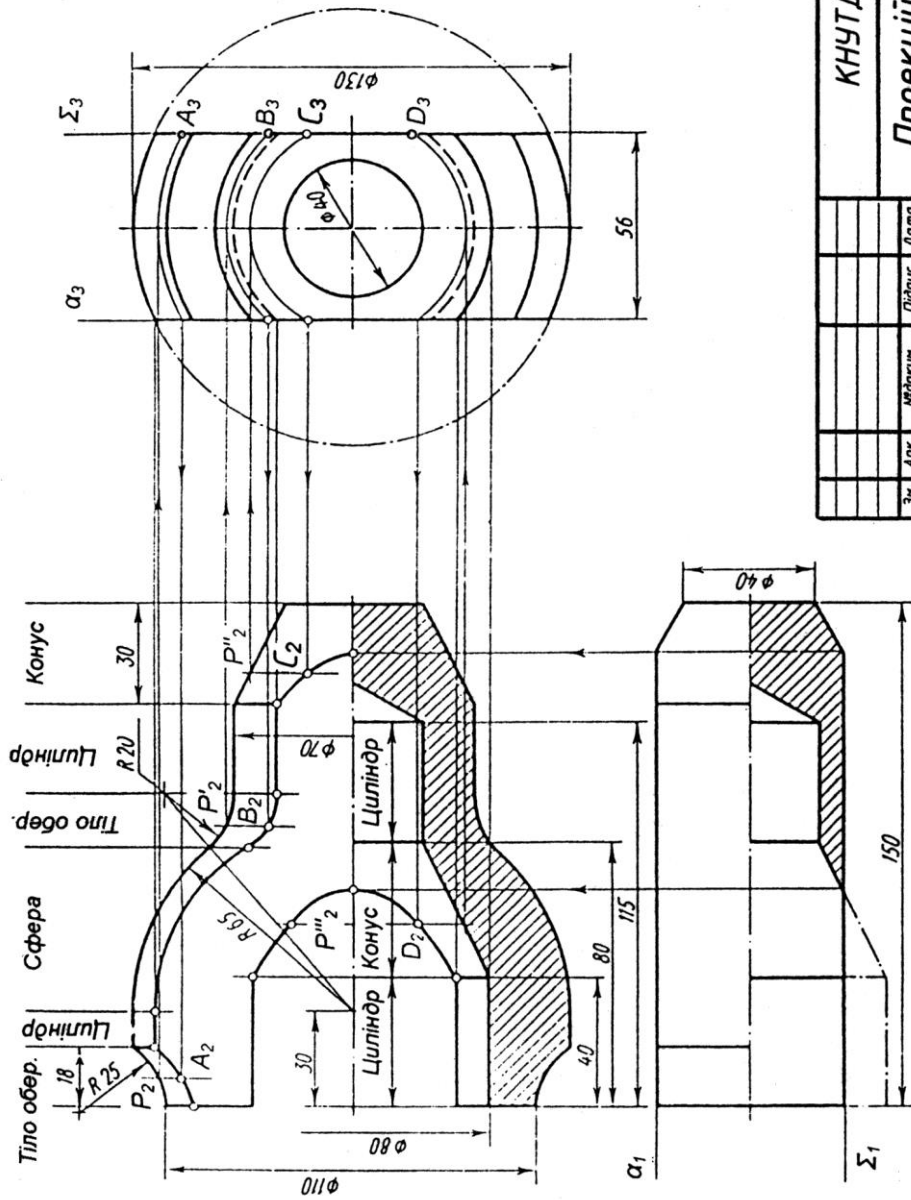
Методичні настанови по виконанню завдання 17

Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Накреслити тонкими лініями всі три зображення деталі.
2. Визначити основні геометричні тіла обертання, які входять до складу деталі та відмітити їх межі. Треба враховувати, що площина, яка паралельна до вісі тіла обертання, перетинає циліндр по твірним, прямий круговий конус – по гіперболі, сферу – по колу, тор – по так званій *кривій Персея*.
3. Виділити вершини та особливі точки лінії зрізу, які лежать на межі суміжних поверхонь.
4. Побудувати проміжні точки лінії зрізу.
5. Проставити розміри. Обвести лінії видимого контуру лінією суцільною товстою основною.
6. Виконати штриховку.

Примітка. Назва фігур, які утворюють деталь наведені для довідки. На контрольній роботі ці написи виконувати не треба.

КНУТД 16.13.01



КНУТД 16.13.01

Проекційне
креслення

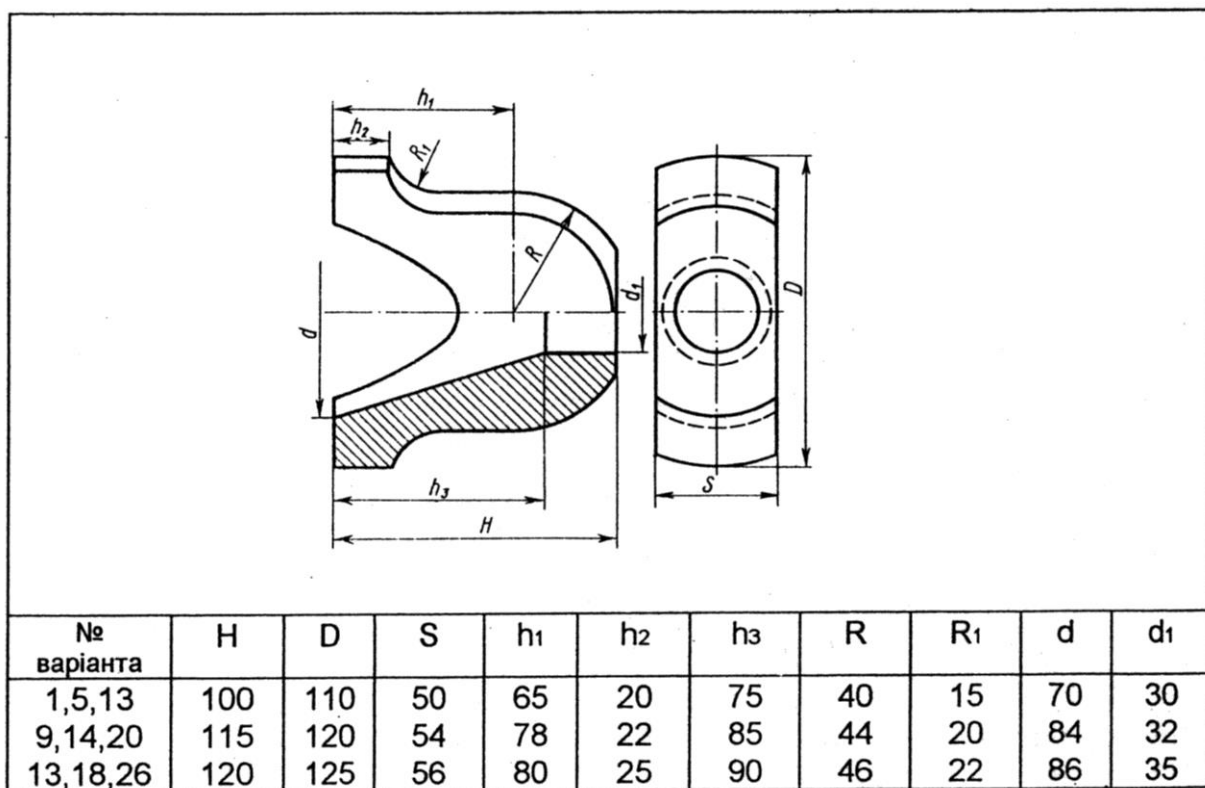
Літера	Маса	Маштаб
у		1:1
Архив	Архив	
Катедра граф. та нар.геом.		

Зн. Арк.	Архив	Літок	Дата
Розроб	Каваль		
Перевір			
Г.контр.			
Н.контр.			
Затверд.			

Рис. 2.90. Приклад виконання завдання 17

Варіанти до завдання 17

Таблиця 2.11. Проекції деталей до завдання 17



№ варіанта	H	D	S	h	h ₁	h ₂	R	R ₁	R ₂	d	d ₁
2,7,21	120	125	52	78	100	12	48	18	30	75	60
11,16,27	105	120	50	68	92	10	45	15	28	70	56
№ варіанта	H	D	S	h	h ₁	h ₂	R	R ₁	R ₂	d	d ₁
4,8,22	100	110	48	50	15	45	50	30	25	40	30
12,19,29	105	120	50	55	18	48	45	32	20	45	25
17,24,30	115	125	52	60	20	50	48	35	22	46	28
№ варіанта	H	D	S	h ₁	h ₂	h ₃	R	R ₁	R ₂	R ₃	d
3,6,25	100	110	45	15	46	70	40	8	18	30	50
10,15,28	110	130	52	20	60	90	45	10	22	35	60

Завдання 18. Зображення та позначення різьби, кріпильних деталей, різьбових з'єднань

Загальні положення по темі завдання 18

З'єднання є основою функціонування будь якої машини та взаємодії деталей, що входять до її складу.

З'єднання поділяють на *рознімні* та *нерознімні*.

Рознімними називаються з'єднання, для яких операції складання та розбирання можливі без руйнування їхніх складових частин. З'єднання, які не можна розібрати без руйнування їхніх складових частин, називаються *нерознімними*.

До рознімних з'єднань відносять: *різьбові, шпонкові, шлицьові*. А до нерознімних – *зварні, заклепкові, паяні, клейові* та інші з'єднання.

Різьбові з'єднання

Є найбільш поширеними в техніці. Геометричною основою цих з'єднань є гвинтові поверхні, які утворені переміщенням по гвинтовій лінії (циліндричній або конічній) якоїсь фігури, яка в свою чергу утворює профіль різьби.

Класифікація та параметри різьби

Різьбові з'єднання є найбільш поширеними в техніці. Геометричною основою цих з'єднань є гвинтові поверхні, які утворені переміщенням по гвинтовій лінії (циліндричній або конічній) якоїсь фігури, яка в свою чергу утворює профіль різьби.

Різьбою називають один або кілька рівномірно розміщених гвинтових виступів сталого перерізу, утворених на боковій поверхні прямого кругового циліндра або конуса.

Зовнішні різьби виконують нарізанням *стержнів*, *внутрішні* – нарізанням різьби в *отворах*.

При нарізанні різьби утворюються ділянки неповного профілюю , так званий *збіг різьби*.

Коли інструмент не може дійти до кінця, натикаючись на перешкоду, то з'являється так званий *недовод різьби*.

Збіг різьби плюс недовод називають *недорізом різьби*.

Якщо треба виконати різьби повного профілю на всій довжині, то для виведення різьби нарізного інструменту виконують *проточку*.

Для полегшення нарізання різьби виконують *фаску*.

Довжина різьби це довжина ділянки деталі, де нарізана різьба, включаючи збіг і фаску (рис. 2.91).

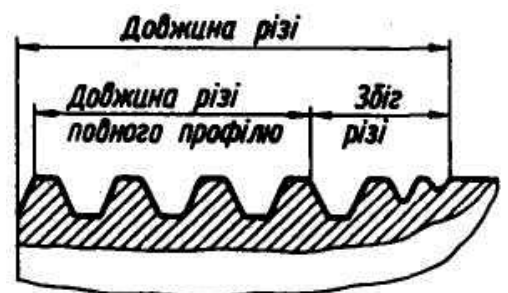


Рис. 2.91

Залежно від напрямку гвинтової лінії, різьбу поділяють на *праву* та *ліву*.

За числом ходів, тобто за кількістю напрямних гвинтових ліній, різьби бувають *одно-* та *багатоходовими*.

Залежно від виду профілю розрізняють такі різьби: трикутна – *метрична* з кут при вершині 60° або *дюймову* з кутом вершині 55° , *трапецеїдальну*, зокрема, *упорну*, *круглу*, *прямокутну* та ін.

За призначенням різьби поділяють на *кріпильні*, *ходові* та *спеціальні*.

Параметри, які характеризують циліндричну різьбу:

1. *Зовнішній діаметр* – діаметр умовного циліндра (зовнішня різьба) або впадини внутрішньої різьби.

2. *Крок різьби* (p) – це виміряна паралельно осі різьби відстань між відповідними точками двох сусідніх витків (p).

3. *Хід різьби* (t) дорівнює відстані переміщення гайки за повний оберт.

Для одноходової різьби $t = p$ (крок).

Для багатоходової $t = np$ (n – число заходів).

Метричну різьбу застосовують як кріпильну і поділяють на різьбу з *великим* та *дрібним* кроком.

Метрична різьба характеризується кутом профілю, що дорівнює 60° (рис. 2.92). В умовне позначення метричної різьби входять: літера „*M*”, номінальний діаметр, величина кроку (тільки для метричної різьби з малим кроком, на відміну від метричної різьби з великим кроком, величина якого не проставляється), поле допуску та квалітет, літера „*LH*” для позначення лівої різьби.

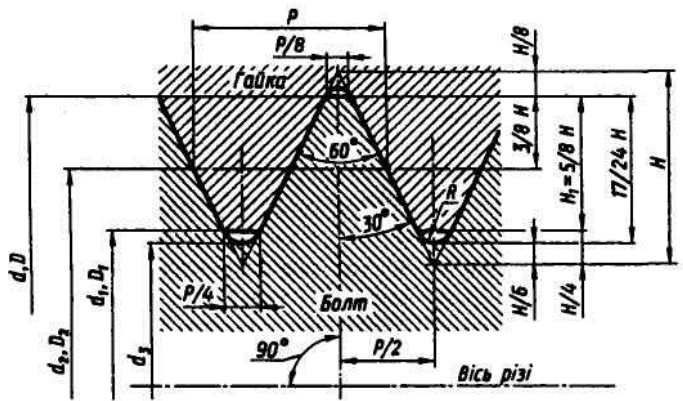


Рис. 2.92

Наприклад:

метрична різьба номінального діаметру 24 мм з великим кроком позначається

для валу: $M24 - 6g$

для отвору: $M24 - 7H$

де $6g$ та $7H$ – поля допусків для робочих поверхонь.

різьбу з номінального діаметру 48 мм з дрібним кроком, який дорівнює 2 мм позначають

$M48 \times 2 - 7H$

різьбу ліва номінального діаметру 20 мм позначають

$M20LH - 6g$

Трубна циліндрична різьба застосовується для з'єднання труб, арматури, трубопроводів і інших тонкостінних деталей. Умовне позначення складається з

літери „G” та числа, яке наближено дорівнюється внутрішньому діаметру труби:

$$G \frac{1}{2} A \text{ або } B$$

де A та B – клас точності різьби.

Трубна конічна різьба має конусність 1:16. Умовне позначення різьби складається з літери „R” та позначення розміру:

$$R 1\frac{1}{4}$$

Трапецеїдальна різьба є ходовою різьбою і призначена для перетворення руху в ходових гвинтах верстатів, супортів і ін., у прямому і зворотному напрямках та передачі сили уздовж осі.

Умовне позначення складається з літер „Tr”, номінального діаметру, кроку різьби та позначення поля допуску середнього діаметру (цифри, яка означає ступінь точності, і літери, що означає основне відхилення).

Наприклад, трапецеїдальна різьба діаметром 40 мм і кроком 6 мм

$$Tr40 \times 6 - 8e$$

для триходової різьби:

$$Tr40 \times 6 (p3) - 6H$$

де 6 – хід різьби, а $p3$ – крок різьби.

Упорна різьба використовується в механізмах з великим зусиллям в один бік, направленим уздовж осі (в гвинтових пресах, стяжках, лещатах тощо). Умовне позначення складається з літери „S”, номінального діаметру і значення кроку. Наприклад:

$$S80 \times 20 (p5) - 7H$$

де 20 – хід різьби, а $p5$ – крок різьби.

Різьба *трапецеїдальна* – є ходовою та застосовується. Позначення містить: позначення Tr , номінальний діаметр, крок, поле допуску:

Різьбу *прямокутну* застосовують у з’єднаннях, де повинно бути забезпечене само загвинчування. Профіль її не стандартизований, тому на кресленні наводяться всі данні.

Для з’єднань, що вимагають підвищеної герметичності або працюють під великим тиском, застосовують *конічну* різьбу. Її розмір належить до перерізу в основній площині.

Вона буває:

– конічна *дюймова*. Для з’єднання трубопроводів під невеликим тиском:

$$K \frac{3}{4} \text{ ГОСТ } 6111-52$$

– різьба конічна *метрична*. Використовується у з’єднаннях, які працюють під великим тиском:

$$MK20 \times 1,5$$

Зображення різьби на креслениках

Різьбу зображують умовно відповідно до *ГОСТ 2.311-68*. Умовність полягає в проведенні суцільної основної лінії замість виступів різьби (рис. 2.93, *а*) і суцільної тонкої лінії замість западин (рис. 2.93, *б*).



Рис. 2.93

Розмір і позначення різьби на певних поверхнях показують на розмірі зовнішнього діаметру різьби (рис. 2.94), за винятком трубної різьби – конічної та циліндричної (рис. 2.95).

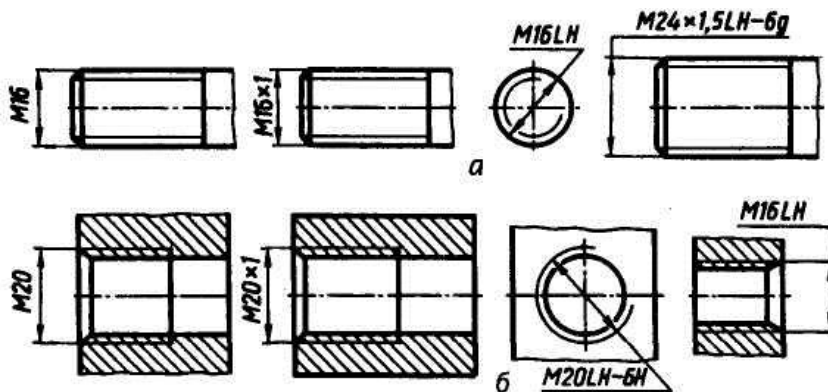


Рис. 2.94

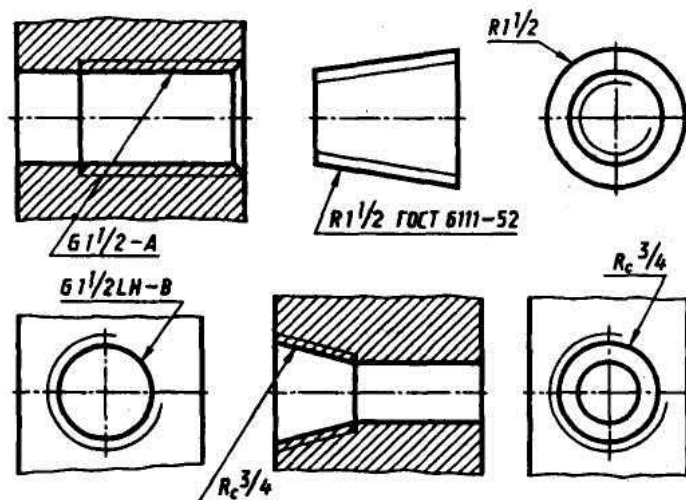


Рис. 2.95

Кріпильні деталі

Стандарт на відповідну деталь встановлює геометричну форму, розміри кріпильної деталі, її основні фізико-хімічні та механічні властивості, захисні та декоративні покриття, кроки та класи точності різьби. На рис. 2.96 приведена коротка класифікація основних видів різьбових з'єднань.

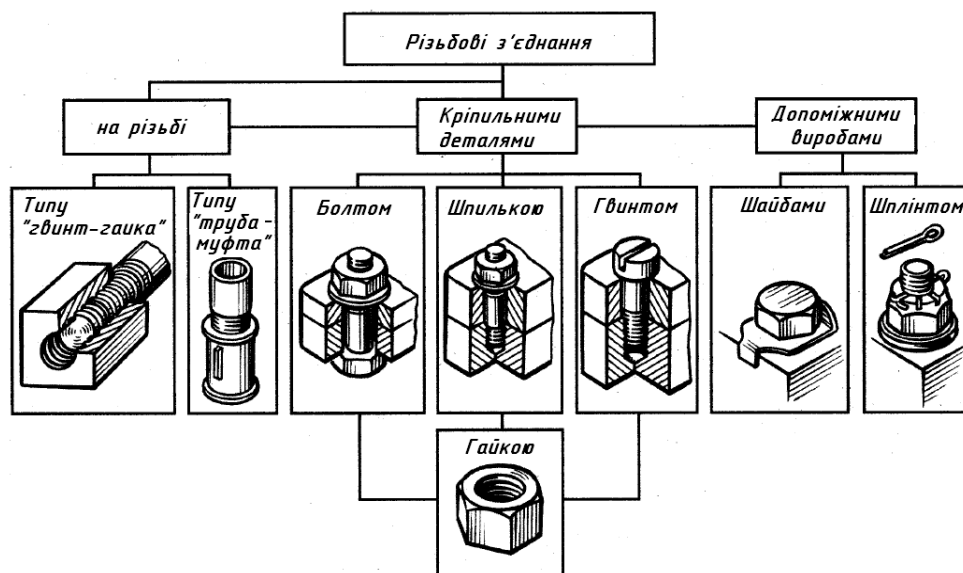


Рис. 2.96

Кріпильні деталі використовують в складальних операціях в процесі виготовлення виробів. Це такі деталі як: болти, гвинти, шпильки, гайки, штифти, шпінти тощо. Поділяються на деталі загального призначення та спеціальні. Болти, гвинти, шпильки, гайки виготовляють зі сталі та кольорових металів.

Для болтів, гвинтів, шпильок встановлено дванадцять класів міцності, а для гайок – сім класів міцності.

Залежно від умов експлуатації призначається захисне покриття.

Болт являє собою циліндричний стержень, який має різьбу з одного кінця і головку з другого. На нарізну частину болта нагвинчується гайка. Болти мають головку: шестигранну, конічну, напівкруглу та ін., а також різні виконання.

Умовне позначення болта:

Болт АЗМ16 × 2 – 6 q × 80. 109. 4 X. 01. 6 ГОСТ 7798-70

де А – клас точності;

З – тип виконання;

80 – довжина болта;

109 – клас міцності;

40X – матеріал;

01 – вид покриття;

6 – товщина покриття;

ГОСТ 7798-70 – номер стандарту на конструкцію та розміри деталі.

Гайка являю собою виріб, який має отвір з різьбою. Гайки бувають: шестигранні, прорізні, корончаті, а також виготовляються по висоті: нормальної, високі, низькі та ін. Умовне позначення:

Гайка 2М10 × 1 – 6 Н. 12. 45Х. 01. 4 ГОСТ 5915-70

Гвинт має таку ж конструкцію, як і болт. В залежності від призначення гвинти мають головки: циліндричну, напівкруглу, потайну, напівпотайну, або під гайковий ключ. Нарізна частина гвинта загвинчується в одну із з'єднувальних деталей. Гвинти поділяються на *кріпильні* та *встановлювальні*. Умовне позначення гвинта з циліндричною головкою:

Гвинт А2. М6 × 1 – 6 q × 50. 48 ГОСТ 1491-80

де *A* – клас точності;

2 – виконання.

Шайбу встановлюють під гайку чи під головку болта для запобігання пошкодження та змінання поверхні деталі при затягування гайки та уникнення самовікручування. *Шайби* розрізняють на: *круглі* та *пружинні* чотирьох типів: легкі (Л), нормальні (Н), важкі (Т), особливо важкі (ОТ).

Умовне позначення шайби круглої:

Шайба 2.10.01. 08кп. 01.6 ГОСТ 11371-68

де : *2* – виконання;

10 – діаметр різьби кріпильної деталі;

01 – група матеріалу;

08кп марка сталі.

Умовне позначення шайби важкого типу:

Шайба 10Т65Г ГОСТ 6402-70

Крім того, є *шайби стопорні, сферичні, квадратні* та ін.

Діаметр отвору шайби завжди більший від діаметра різьби, але позначаємо діаметр різьби.

Штифт являє собою циліндричний, конічний або фасонний стержень круглого перерізу, який використовують для нерухомого з'єднання і точної фіксації деталей в визначеному положенні.

Умовне позначення штифта циліндричного:

Штифт 10Г × 60 ГОСТ 3128-70

Шплінт являє собою складений удвоє сталевий дріт, який пропускають крізь радіальний отвір гайки, болта, вала тощо і кінці розводять для взаємної фіксації. Позначення шплінта умовним діаметром 8 мм, довжиною 32 мм, з низьковуглецевої сталі, без покриття:

Умовне позначення шплінта:

Шплінт 8x32 ГОСТ397-79.

Зображення кріпильних деталей і з'єднань

Болтові з'єднання складаються з болта, гайки, шайби і скріплювальних деталей. На креслениках різьбові деталі завжди показують у розрізі. На рис. 2.97, а, б, в, г показано відповідно: конструктивне, спрощене, умовні зображення болтового з'єднання в розрізі та на вигляді. Розміри деталей різьбового з'єднання на спрощеному зображенні визначають за розмірами, які залежать від номінального діаметра різьби (рис. 76, д, е, є). На спрощеному зображенні (на відміну від конструктивного) різьбу на стержні болта показують по всій довжині, на головці болта, на гайці та шайбі не показують фаски, між стержнем болта і отворами скріплювальних деталей не показують зазор.

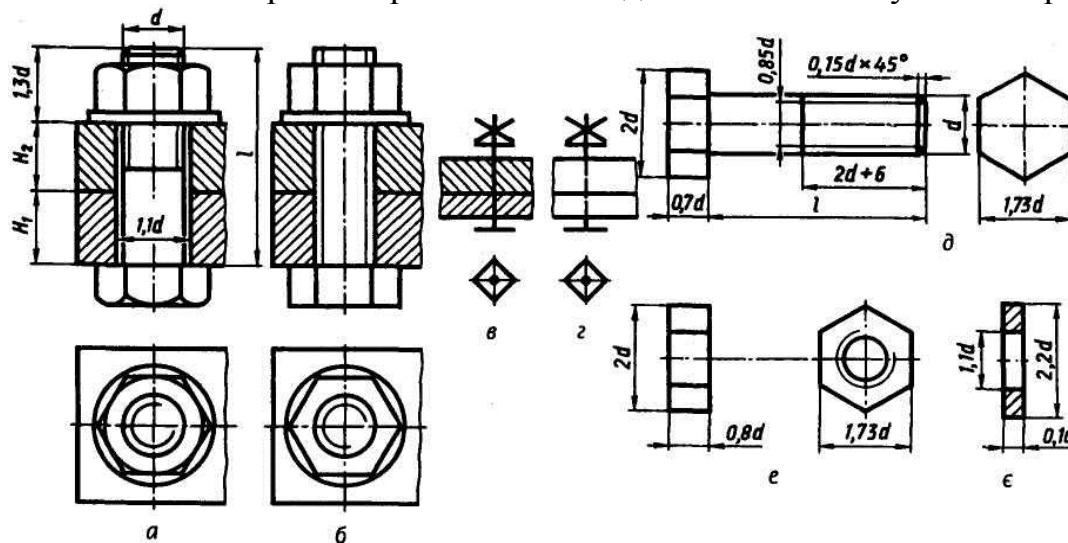


Рис. 2.97

Шпилькові з'єднання складаються з шпильки, яку закручують в глухий отвір, гайки, шайби і скріплювальних деталей. На рис. 2.98, а, б, в, г показано відповідно: конструктивне, спрощене та умовне зображення шпилькового з'єднання в розрізі та на виді. Розміри деталей шпилькового з'єднання на спрощеному зображенні визначають за розмірами, які залежать від номінального діаметра різьби (для шпильки – див. рис. 2.98, д, для гайки – див. рис. 2.97, е).

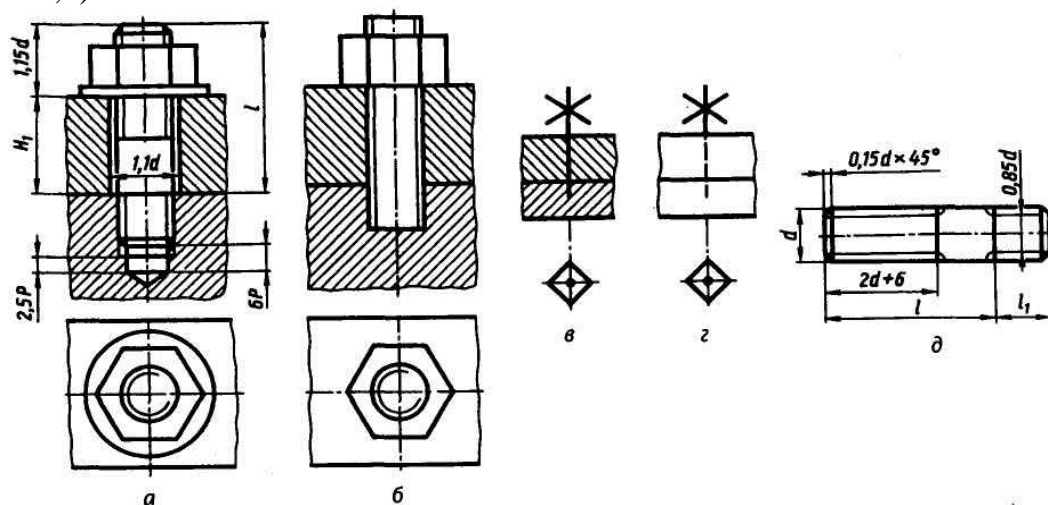


Рис. 2.98

Умовне позначення шпильки:

Шпилька 2М 16 × 1,5 – 6 q × 100. 109. 40Х.01.5 ГОСТ 22032-76

В зображеннях гвинтових з'єднань гвинти, як і інші кріпильні деталі, креслять за розмірами залежно від діаметра різьби. З'єднання гвинтом з циліндричною головкою показано на рис. 2.99, а з потайною – на рис. 2.100.

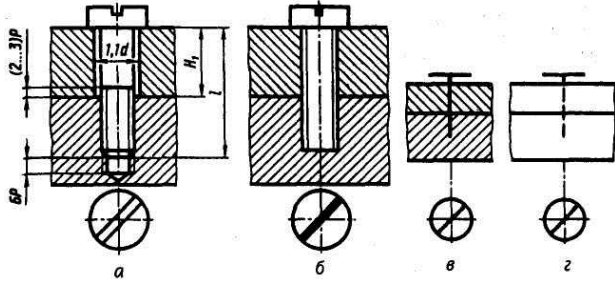


Рис. 2.99

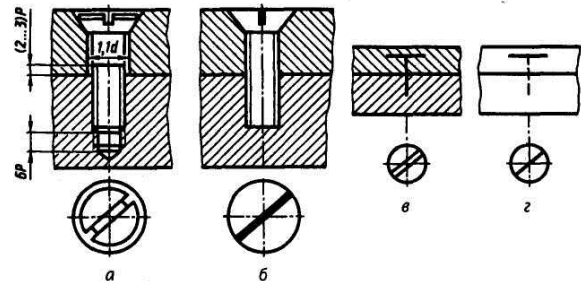


Рис. 2.100

Трубні з'єднання. Для труб різного діаметра за допомогою муфт, кутників, трійників тощо.

Шпонкові з'єднання. Елементами шпонкового з'єднання є вал, шпонка, колесо. Шпонка призначена для передачі крутного моменту і осевого зусилля від вала до колеса або навпаки.

Розрізняють призматичні, клинові та сегментні шпонки. Умовне позначення шпонки призматичної:

Шпонка 2 - 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78

де: 2 – виконання;

18 × 11 – переріз;

100 – довжина.

Шліцьові з'єднання. (ГОСТ 1139-58). Називають багато шпонкові – зубці (шліци) виконані разом з валом і розміщені паралельно осі.

Нерознімні з'єднання

Ці з'єднання не можна розібрати без зруйнування їх складових елементів. До них відносять зварні, клепані, паяні, клеєні, з'єднання зшиванням та інші.

Зварні з'єднання. Є найбільш поширеними з нерознімних з'єднань. Вони утворюються при розплавленні металу в зоні стику – дуговим, газовим та контактним зварюванням. Метал, що затвердів після розплавлення, називають *зварним швом*.

Даний тип з'єднань класифікують за такими ознаками:

а) за способом взаємного розміщення (рис. 2.101): стикові (а), внапуск (б), кутові (в) і таврові (г). Їх позначають відповідно літерами С, Н, К, Т.

б) за формою підготовки кромки;

в) за характером виконання: суцільні, переривчасті з ланцюговим чи шаховим розташуванням зварювальних ділянок (рис. 2.102, з), точкові, однобічні (рис. 2.102, а) й двобічні (рис. 2.102, б, в).

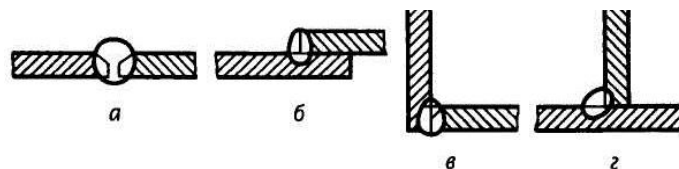


Рис. 2.101

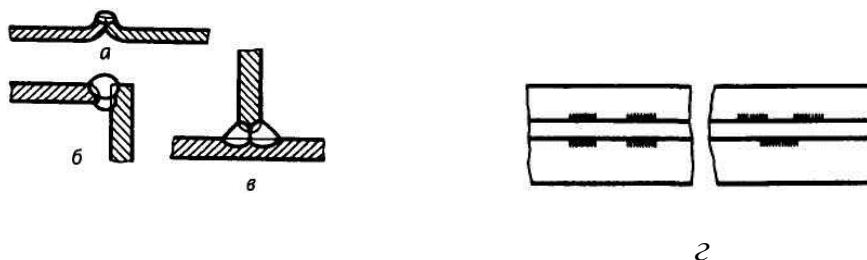


Рис. 2.102

Незалежно від способу зварювання видимі шви зварних з'єднань умовно зображають суцільною основною лінією, невидимі – штриховою. Видиму одиночну зварну точку позначають знаком «+», а невидимі одиночні точки зварювання не позначають (рис. 2.103).

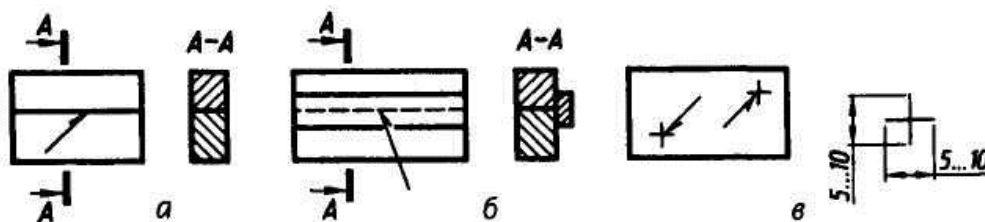


Рис. 2.103

Умовне позначення швів зварних з'єднань виконують за ГОСТ 2.312-72. Лінію-виноску з однією стрілкою краще проводити від видимого шва (див. рис. 2.103).

Для *видимого* шва записують необхідні параметри позначення над поличкою, а для *невидимого* під нею. Умовне позначення зварного шву:

- номер стандарту на тип шва;
- літерно-цифрове позначення шва;
- спосіб виконання зварювання;
- знак і розмір катета шва;
- знак і параметри переривчастих швів.

$$ГОСТ\ 5964-80-T3-P_H3 - \Delta\ 6 - 50\ Z\ 100\ O^{2,5}\sqrt{}$$

де: $50\ Z\ 100$ – параметри переривчастого шва: довжина і крок;
 O – підсилення шва.

Шви нерознімних з'єднань, які одержують клепанням, паянням, склеюванням, зшиванням та за допомогою металевих скоб, зображають і позначають на кресленнях відповідно до ГОСТ 2.313-82.

Заклепкові з'єднання. Виконують за допомогою заклепок. Шви бувають: *однорядні, дворядні, багаторядні*. А у рядах поділяються на *паралельні та шахові*.

Зображують з'єднання у двох проєкціях: головне зображення (простий або ступінчатий розріз) та вигляд зверху.

Заклепкові з'єднання використовують, якщо з'єднувальні деталі не можна зварювати або склеювати, а також з метою декоративного оздоблення в виробах широкого ужитку (одяг, взуття, головні убори, шкіргалантерея тощо). Приклади умовного зображення заклепкових з'єднань наведено в табл. 4.

Таблиця 2.12. Умовне зображення заклепкових з'єднань

Вид з'єднання	Конструктивне зображення	Умовне зображення	
		в перерізі	на вигляді
Заклепкою з напівкруглою, плоскою чи скругленою головкою та з напівкруглою, плоскою чи скругленою замикальною головкою			
Заклепкою з потайною головкою та з напівкруглою, плоскою чи скругленою замикальною головкою			
Заклепкою з потайною головкою та з потайною замикальною головкою			

Місця *паяних і клеєних з'єднань* показують суцільною лінією завтовшки $2s$, де s – розмір шрифту. Для позначення паяних і клеєних з'єднань (рис. 2.104, *а, б*) умовні знаки наносять на лінії-виносці суцільною основною лінією. На лінії-виносці, що починається від шва двосторонньою стрілкою, розміщують умовний знак *С (К)*, який виконують суцільною основною лінією.

З'єднання зшиванням зображають суцільною тонкою лінією і позначають умовним знаком зшивання – *N*, який виконується суцільною основною лінією на лінії-виносці (рис. 2.105).

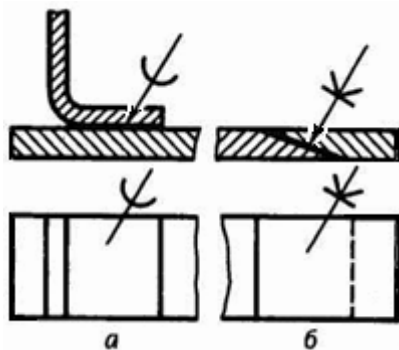


Рис. 2.104

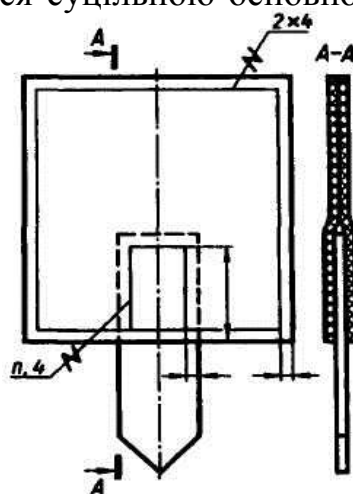


Рис. 2.105

Матеріал, який використовується при з'єднанні, записують в технічних вимогах.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. У чому різниця понять „хід різьби” та „крок різьби”
2. Як на зображенні і в натурі дізнатися де ліва різьба, а де права?
3. Що є недоріз різьби?
4. Поясніть ескізом правило: „різьба стержня закриває різьбу в отворі”?
5. В яких випадках позначається крок метричної різьби?
6. Накресліть зображення профілю різьби, яка позначається символом „S”.
7. У чому полягає особливість трубної різьби?
8. Поясніть всі складові елементи позначення кріпильної деталі:
Гвинт ВМ12х1,25-6gx50.109.40Х.01.9 ГОСТ 1491-80.

Література:

[10] – с.174 – 190.

Умова завдання 18

Накреслити по дійсним розмірам:

- 1) болт, гайку, шайбу;
- 2) спрощене зображення болтового з'єднання;
- 3) гніздо для різьби, гніздо з різьбою, шпильку та з'єднання за допомогою шпильки.

Примітка: Студенти груп факультету МКТ (ЗМ, ЗЕМ, ЗМС) виконують креслення пунктів 1, 2, 3 умови. Студенти груп інших факультетів виконують креслення пунктів 1, 2 умови, а також спрощене зображення з'єднань – паянням, склеюванням та зшиванням (див. ГОСТ 2.313-82).

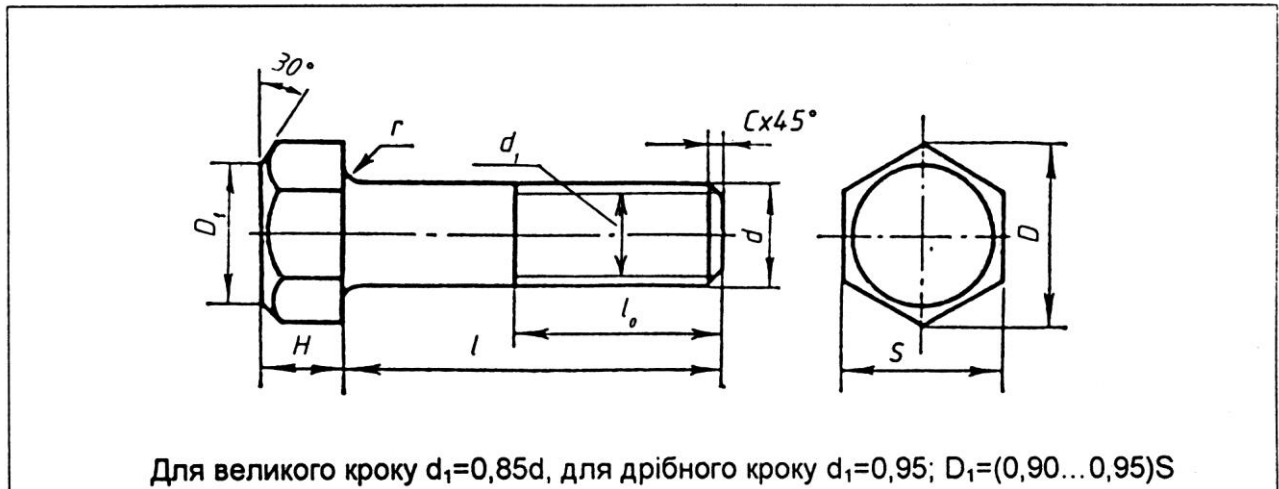
Завдання виконують на аркуші формату А3 (297х420). Приклад виконання завдання на рис. 2.109.

Методичні настанови по виконанню завдання 18

Для виконання креслень кріпильних деталей необхідні розміри для свого варіанту взяти з таблиць: для болта – табл. 2.13; гайки та шайби – табл. 2.14; шпильки – табл. 2.15. На зображеннях кріпильних деталей мають бути проставлені всі розміри, а на зображеннях болтового з'єднання та з'єднання шпилькою – тільки ті, які вказані на зразку виконання завдання згідно ГОСТ 2.315-68 (рис. 2.109).

Варіанти до завдання 18

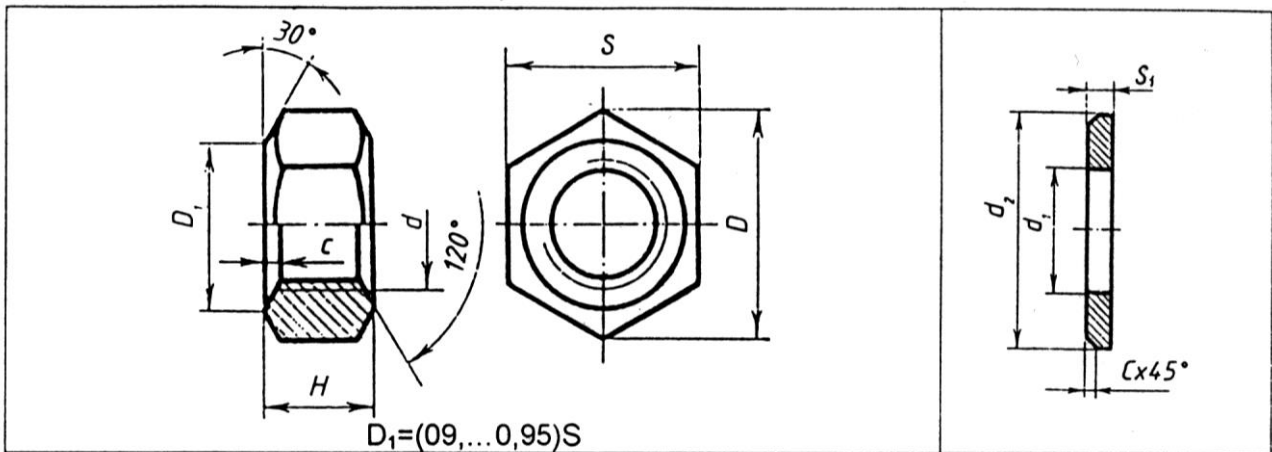
Таблиця 2.13. Болт з шестигранною головкою по ГОСТ 7798-70



Варіанти	d	l ₁	L	H	D	S	r(≈)	c	p
1, 13, 22	M16	38	70	10	26,5	24	1	1,8	2
3, 17, 26	M18	42	80	12	29,9	27	1	2	2,5
2, 15, 24	M20	46	90	13	33,3	30	1	2	2,5
4, 19, 27	M24	54	100	15	39,6	36	1,5	2	3
5, 18, 25	M30	66	110	19	50,9	46	1,5	2,5	3,5
6, 16, 23	M36	78	120	23	60,8	55	2	3	4
8, 12, 28	M20X1,5	46	100	13	33,3	30	1	2	1,5
7, 14, 29	M24X2	54	110	15	39,6	36	1	2	2
9, 11, 21	M30X2	66	120	19	50,9	46	1,5	2,5	2
10, 20, 30	M36X3	78	120	23	60,8	55	2	3	3

Примітка: p - крок різі

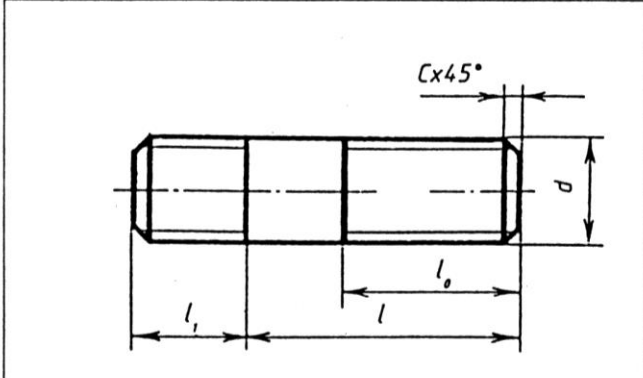
Таблиця 2.14. Гайка шестигрна по ГОСТ 5915-70, шайба по ГОСТ 11371-78



Розмір різі	Гайка						Шайба		
	d	Крок різі		D	S	H	d ₁	d ₂	S ₁
		великий	дрібний						
M16	16	2	1,5	26,5	24	13	17	30	3
M18	18	2,5	1,5	29,9	27	15	19	34	3
M20	20	2,5	1,5	33,3	30	16	21	37	3
M24	24	3	2	39,6	36	19	25	44	4
M30	30	3,5	2	50,9	46	24	31	56	4
M36	36	4	3	60,8	55	29	37	66	5

Для виконання креслення гнізда під шпильку необхідно керуватися ГОСТ 19257-73 або величинами, наведеними на рис. 2.106.

Таблиця 2.15. Шпилька по ГОСТ 2032-76



Варіант	d	l ₁	l ₀	l	c	p
1, 13, 22	M16	16	38	50	1,8	2
3, 17, 26	M18	18	42	55	2	2,5
2, 15, 24	M20	20	46	60	2	2,5
4, 19, 27	M24	24	54	70	2	3
5, 18, 25	M30	30	66	80	2,5	3,5
6, 16, 23	M16x1,5	16	38	55	1,8	1,5
8, 12, 28	M18x1,5	18	42	65	2	1,5
7, 14, 29	M20x1,5	20	46	75	2	1,5
9, 11, 21	M24x2	24	54	80	2	3
10, 20, 30	M30x2	30	66	90	2,5	3,5

Для великого кроку $d_1=0,85d$
 Для дрібного кроку $d_1=0,95d$

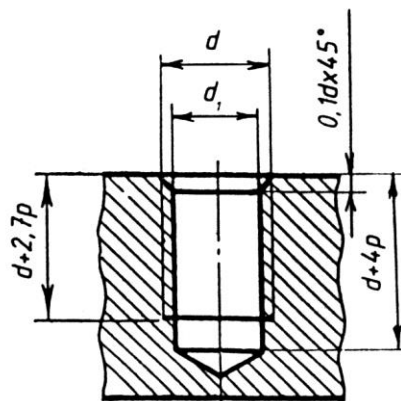


Рис. 2.106. Гніздо під різьбу

При виконанні спрощеного зображення болтового з'єднання слід керуватись рис. 2.107 (розміри болта), а величину d взяти по своєму варіанту з табл. 2.13. Для виконання креслення з'єднання шпилькою необхідні розміри деталей з'єднання взяти за своїм варіантом з табл. 2.14 та 2.15.

Над зображеннями написати умовні позначення або другі пояснення, як це зроблено на рис. 2.109.

Будуючи зображення гайки, треба уяснити, що дуги кривих на гранях гайки є дуги гіперболи, і що вони можуть бути побудовані за правилами нарисної геометрії (перетин шестигранника з конусом, вісі яких співпадають), що викладені в підручнику з нарисної геометрії. Їх, як правило, замінюють на зображеннях дугами кола. На рис. 2.108 наведено побудову фасок гайки за допомогою дуг кола.

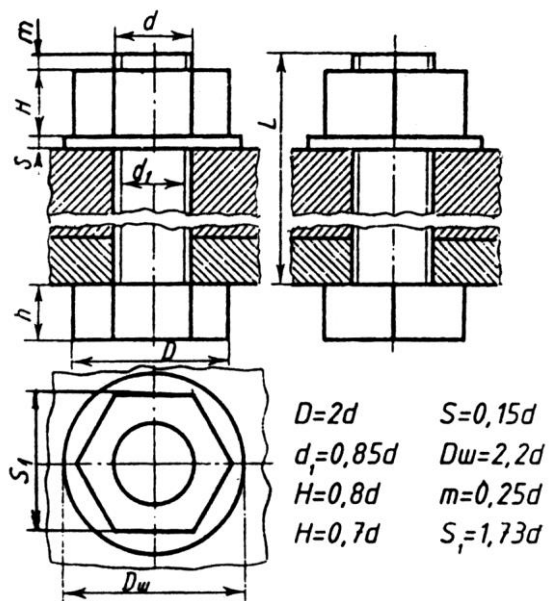


Рис. 2.107. Спрощене зображення болтового з'єднання

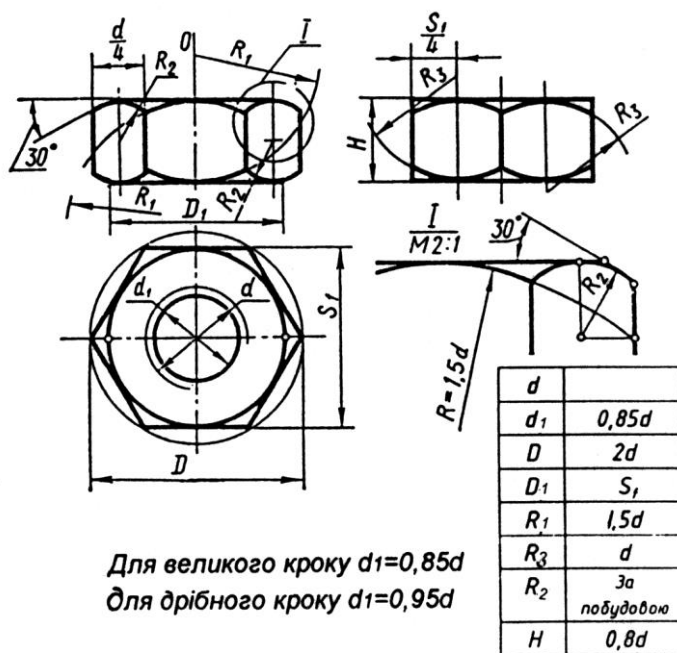


Рис. 2.108. Побудова лінії зрізу на гранях

Завдання 19. Виконання ескізів та робочих креслеників

Загальні положення по темі завдання 19

При виконанні РГР в цьому розділі, особливу увагу слід приділяти вивченню відповідних державних стандартів, а також користуватися технічними довідниками.

Поняття про виріб та його складові частини. Відповідно до ГОСТ 2.101-68, виробом зветься предмет або набір предметів виробництва, які підлягають виготовленню на виробництві.

Відрізняють вироби основного виробництва та допоміжного виробництва. До перших відносять вироби виробництва, які призначені для поста (реалізації), до других – вироби, які призначені для особистих потреб підприємства.

Встановлюються наступні види виробів: деталі, складальні одиниці, комплекси, комплекти. Виріб, залежно від наявності або відсутності складових частин, поділяють на: неспецифіковані (деталі), які не мають складових виробів, та специфіковані (складальні одиниці, комплекси тощо), які складаються з двох або більше складових частин.

Деталлю зветься виріб, який виготовлено з однорідного по найменуванню та марці матеріалу, без застосування складальних операцій.

Складальною одиницею зветься виріб, складальні частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві-виробнику складальним операціям.

Більш детальні відомості містяться в ГОСТ 2.101-68.

Види конструкторських документів. Конструкторські документи (КД) поділяють на графічні (кресленики, , графіки, схеми) та текстові (специфікації, технічні умови, розрахунки тощо).

Залежно від складу КД поділяються на:

- кресленики деталей, які містять в собі зображення деталі та інші дані, які потрібні для її виготовлення та контролю;
- кресленик складальний (шифр, який вказується в кінці позначення – *СК*);
- кресленик загального вигляду (шифр *ВО*);
- схеми, на яких показують у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу та зв'язок між ними;
- специфікації, які визначають склад складальних одиниць, комплексів тощо.

Більш детальні відомості містяться в ГОСТ 2.102-68.

Робочого креслення деталі. Робоче креслення кожної деталі деталі виконують на окремому аркуші стандартного формату відповідно до ГОСТ 2.301-68. Основні вимоги до креслеників наведені в ГОСТ 2.109-73. Кількість зображень, їх склад – у відповідності з ГОСТ 2.305-2008 (ДСТУ ISO 5456-1:2006 та ДСТУ ISO 5456-2:2005)., а нанесення розмірів – 2.307-68.

Ескіз. Це документ одноразового використання у виробництві, який має зображення виробу та інші дані для його виготовлення.

Ескізи використовують при проектуванні, а також в умовах не масового виробництва та при ремонті обладнання, коли замість деталі, яка вийшла з ладу, треба виготовити нову. Тоді ескіз виконують з натури.

Ескіз деталі повинен мати мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів), розміри, данні про шорсткість та термічну обробку поверхонь, а також інші відомості потрібні для виготовлення деталі.

До ескізу ставляться ті ж вимоги, що і до робочого кресленика. Різниця лише в тому, що ескіз виконується без використання креслярських інструментів, від руки, без дотримання масштабу, а лише пропорційності розмірів.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. З чого складається робоче креслення деталі?
2. Які вимоги ставлять до зображень деталі на робочому кресленнику?
3. В чому полягає загальне правило позначення матеріалів на креслениках? Навести деякі з них.
4. Чим відрізняється ескіз від робочого кресленика?

Умова завдання 19

а) Виконати ескізи нестандартних деталей виробу.

б) Виконати робочий кресленник деталі виробу.

Графічну роботу виконують на:

- ескізи – аркуші в клітинку або на міліметровку формату А4 (210x297);
- кресленики деталей – форматі А4 або А3 (297x420) залежно від складності деталі або відповідно до даних специфікації;
- складальний кресленник – форматі А4 або А3 залежно від складності вузла;
- специфікацію – бланку формату А4 у відповідності з ГОСТ 2.108-68 (ДСТУ ISO 7573:2006).

Масштаб кресленика вибирають такий, щоб поле кресленика рівномірно заповнювалось зображеннями.

Для виконання завдання виріб (складальну одиницю) і деталі видають на кафедрі відповідно до варіанту або вибирається самостійно.

Студенти групи ЗМ, ЗПМ виконують ескізи 3-тих деталей і робочі кресленики 1-ої деталі, валу та шестерні, студенти груп ЗЕМ, ЗМС, ЗМСТ, ЗВ, ЗТ, ЗШ, ЗВТ, ЗТТ – ескізи 2-ох деталей і робочі кресленики 1-ої деталі, валу та шестерні, студенти груп ЗХ, ЗІТ, ЗОПТ – 1-ої деталі і робочий кресленник деталі.

Методичні настанови по виконанню завдання 19

Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Ознайомитись з виробом, визначити призначення і принцип роботи, визначити складові частини і способи їх з'єднання між собою.

2. Визначити послідовність складання виробу.
3. Виконати ескізи всіх нестандартних деталей.
4. Виконати робочий кресленик деталі.
5. Виконати складальний кресленик.
6. Заповнити специфікацію.

Ескіз. Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Починати виконання ескізу з натури слід з уважного вивчення форми деталі зовні і зсередини, які геометричні тіла входять до її форми. Треба визначити назву деталі, її призначення, положення, яке вона займає в вузлі при роботі, або положення на головній операції при її обробці.

2. Визначити головний вид (вид спереду), який дає найбільш повну уяву про деталь в цілому. Так, вісь деталі, яка є тілом обертання, на виді спереду розміщується горизонтально, тому що в такому положенні виготовляється на токарному верстаті.

3. Визначають скільки і які зображення треба показати, а також як їх розмістити на полі ескізу. При необхідності використовують додаткові та місцеві види і розрізи.

4. Визначити головний вид та необхідну кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, додаткових зображень) ескізу і його масштаб, надаючи перевагу зображенню в натуральну величину.

5. Вибрати формат ескізу, виконати лінії зовнішньої та внутрішньої, рамки, а також контур основного напису.

6. Габаритними прямокутниками намітити на полі ескізу місця передбачуваних видів, розрізів, перерізів, виносних перерізів, місцевих видів, а також місце для технічних умов (за необхідності). В габаритних прямокутниках намітити вісі симетрії зображень.

7. Спочатку накреслити на всіх проекціях тонкими лініями контури зображень, починаючи з більших.

8. Проставити необхідні розміри. Цьому етапу треба приділити особливу увагу. Треба уявити процес технологічної обробки деталі, визначити бази (конструкторські, технологічні та вимірювальні).

Після цього провести виносні і розмірні лінії, обміряти деталь і нанести розмірні числа. Під час нанесення розмірів не слід забувати про вимоги ГОСТ 2.307-68. Виконати штрихову, слідкуючи, щоб штриховка певної деталі на всіх зображеннях була одного напрямку та однаковою частотою.

9. На ескізах і робочих креслениках деталей слід позначати *шорсткість* поверхонь.

Поверхні деталей відрізняються щодо *шорсткості* поверхонь, яка визначається 4-ма параметрами у відповідності до ГОСТ 2789-73. Докладна інформація про позначення шорсткості поверхонь наведена в підручниках і довідниках.

На цьому етапі навчання можна вважати достатнім нанесення одного параметра шорсткості, а саме висоти мікронерівностей.

Можна вважати, що більшість поверхонь деталі мають однакову шорсткість, а деякі відмінну. Тоді доцільно шорсткість саме тих поверхонь позначити на зображенні деталі, а однакову шорсткість решти поверхонь зазначити в правому верхньому куті ескізу або робочого кресленика у відповідності до вимог ГОСТ 2.309-73 (див. рис. 2.110, б, в).

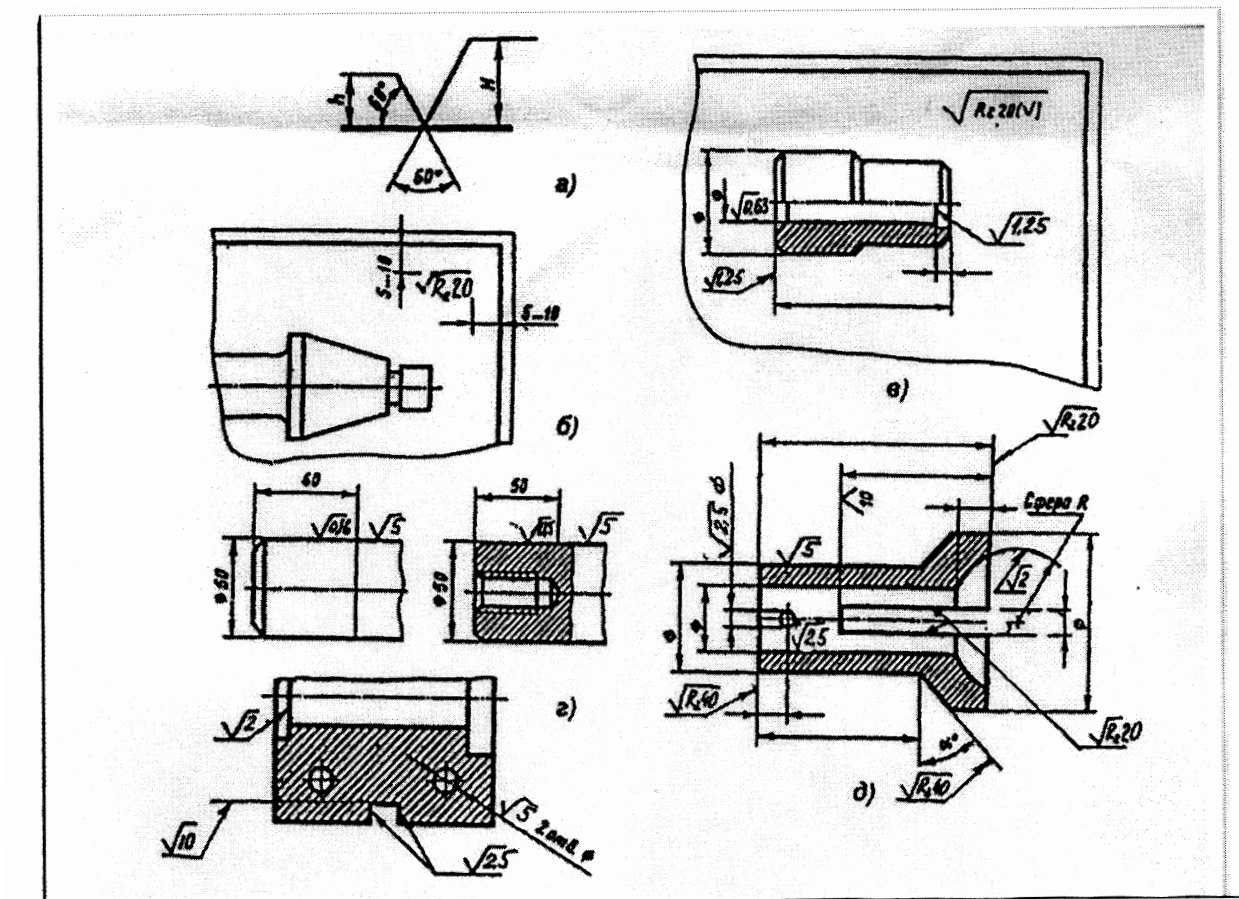


Рис. 2.110. Приклади позначення шорсткості поверхонь деталей на креслениках

Приведемо деякі приклади з цього стандарту. На рис. 2.110, а наведено один зі знаків, який використовується в позначенні шорсткості. Висота h повинна приблизно дорівнювати висоті цифр розмірних чисел, які використовуються на кресленику (5...7 мм), висота $H=(1,5...3)h$. Товщина ліній знака $S/2$. Позначення розміщують на лінях видимого контуру, виносних лінях, на яких проставлені розміри, або на полках ліній-виносок. Розміщення знаків шорсткості на креслениках деталей показано на рис. 2.110.

9. Записати технічні вимоги.
10. Оформити основний напис.
11. Навести лінії видимого контуру.

На рис. 2.111 наведена послідовність (етапи) виконання ескізу, а на рис. 2.112 – наведено приклад виконання ескізу.

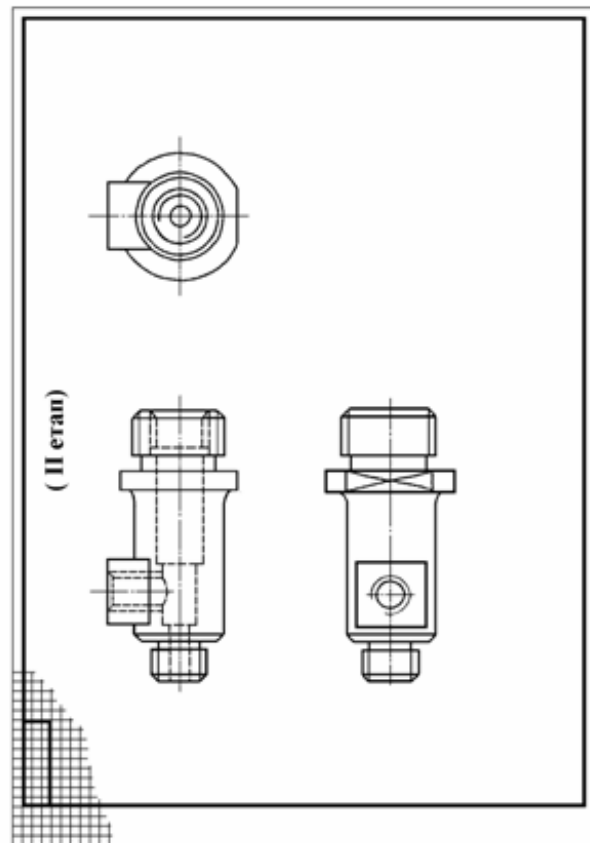
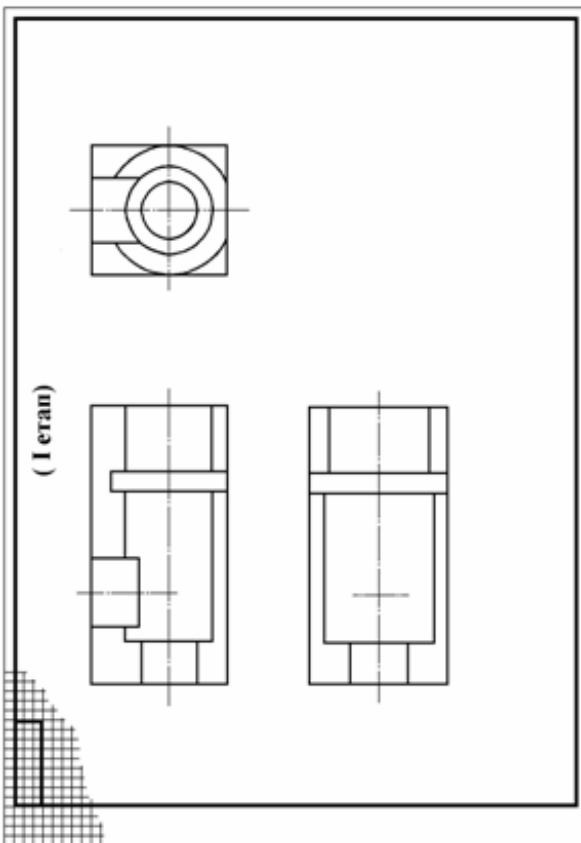
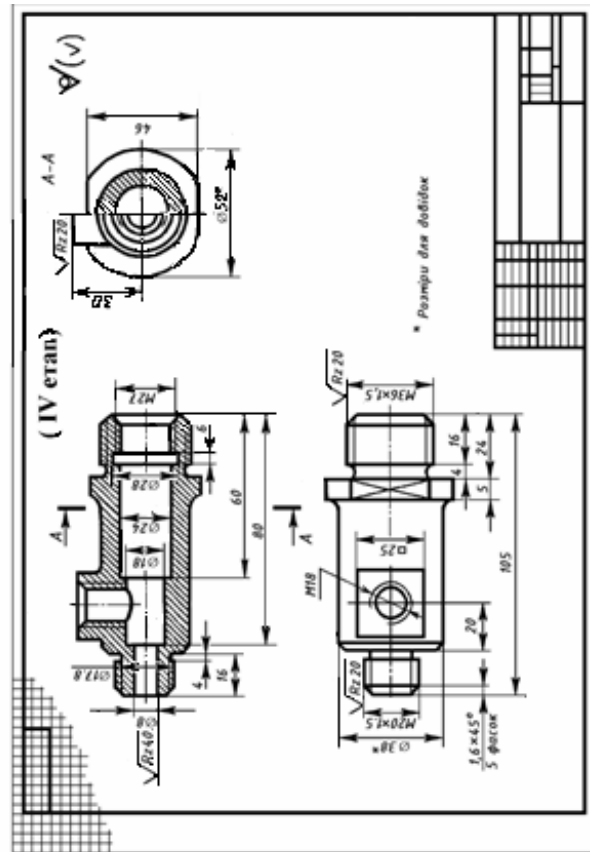
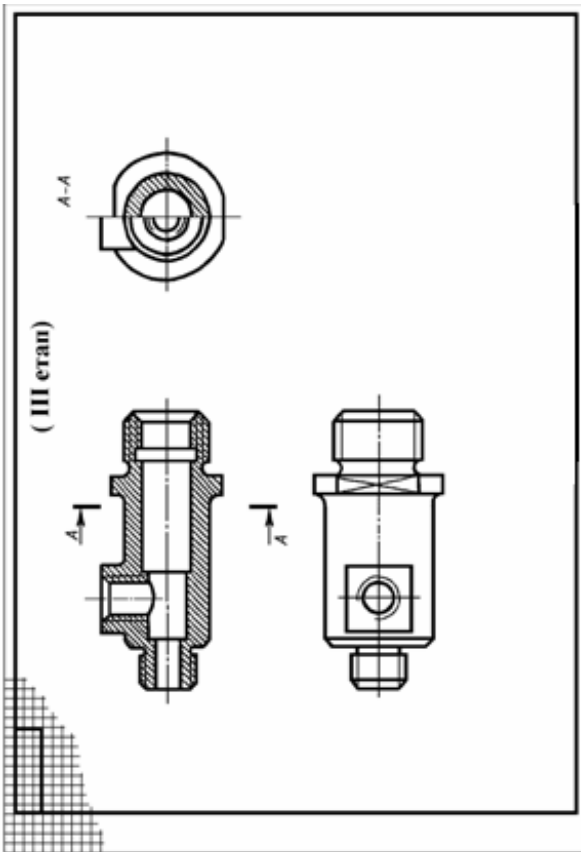
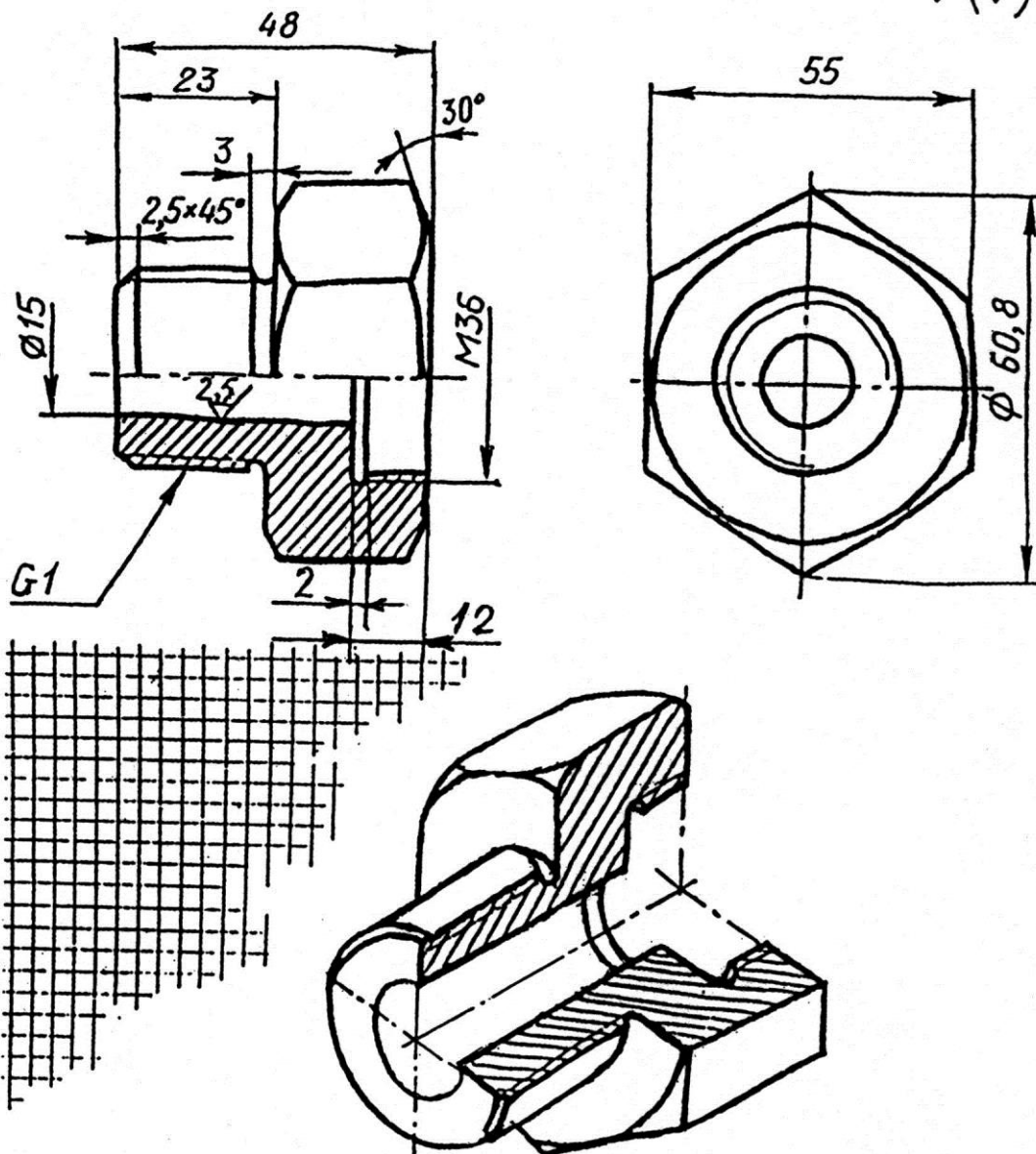


Рис. 2.111. Етапи виконання ескізу деталі

КНУТД 18.08.01

$\sqrt[6,3]{\checkmark}$



					КНУТД 18.08.01			
Зм	Арк	№докум	Підпис	Дата	Штуцер	Літера	Маса	Маштаб
Розробив		Коваль				у		—
Перевірив						Аркуш	Аркушів	1
Т.контр.								
Н.контр.					Ст 3 кн ДСТУ 2651-94		Гр. XXX-XX Кафедра ПММ	
Затвердив								

Рис. 2.112. Приклад виконання ескізу деталі для завдання 19

Кресленики деталі. Ці графічні документи відрізняється від ескізу тим, що виконується креслярськими інструментами на аркушах для кресленики стандартного формату, при суворому дотриманні масштабу.

На кресленні деталі, так само як і на ескізі, має бути вся інформація для виготовлення деталі, тобто розкрита форма деталі, зазначені розміри і їх відхилення, зазначена шорсткість всіх поверхонь, вказаний матеріал.

Послідовності виконання робочого кресленика така ж сама як і для ескізі.

Кресленик шестерні, відповідно до варіанту, виконують з деталі, яка видається викладачем.

При виконанні кресленика шестерні слід керуватися ГОСТ 2.403 „Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес” та ГОСТ 2.405 75 „Правила выполнения чертежей конических зубчатых колес”.

Приклад виконання наведено на рис. 2.113.

Кресленик вала виконують відповідно з варіантом зі збірника завдань.

Метою завдання є вивчення основних правил виконання робочих креслеників деталей у відповідності з ГОСТ 2.109-73, а саме валів. Завдання виконується в такій послідовності.

1. Відповідно до умови викреслити вигляди вала на форматі А3.

2. Для зручності складання в виробничих умовах на торцях деталі виконуються фаски під кутом 45° . На одному з торців позначити розмір фаски та їх кількість.

3. Для визначення внутрішньої будови, всюди де є пази та отвори, виконати місцеві розрізи та виносні перерізи.

4. Розміри шпонкового пазу слід вибрати по ГОСТ 23360-78 в залежності від діаметру вала. Для виявлення форми пазу використовувати відповідний місцевий вигляд та виносний переріз, розташувавши його та подовженні сліду січної площини на вільному місці кресленика.

5. Нанести розміри, які необхідні для виготовлення деталі.

6. В графі „Матеріал” основного напису вказати марку і ГОСТ матеріалу, з якого потрібно виготовити вал.

7. Вказати масштаб кресленика.

8. При потребі записати технічні вимоги.

9. При потребі записати технічні вимоги.

Приклад виконання кресленика вала наведено на рис. 2.114.

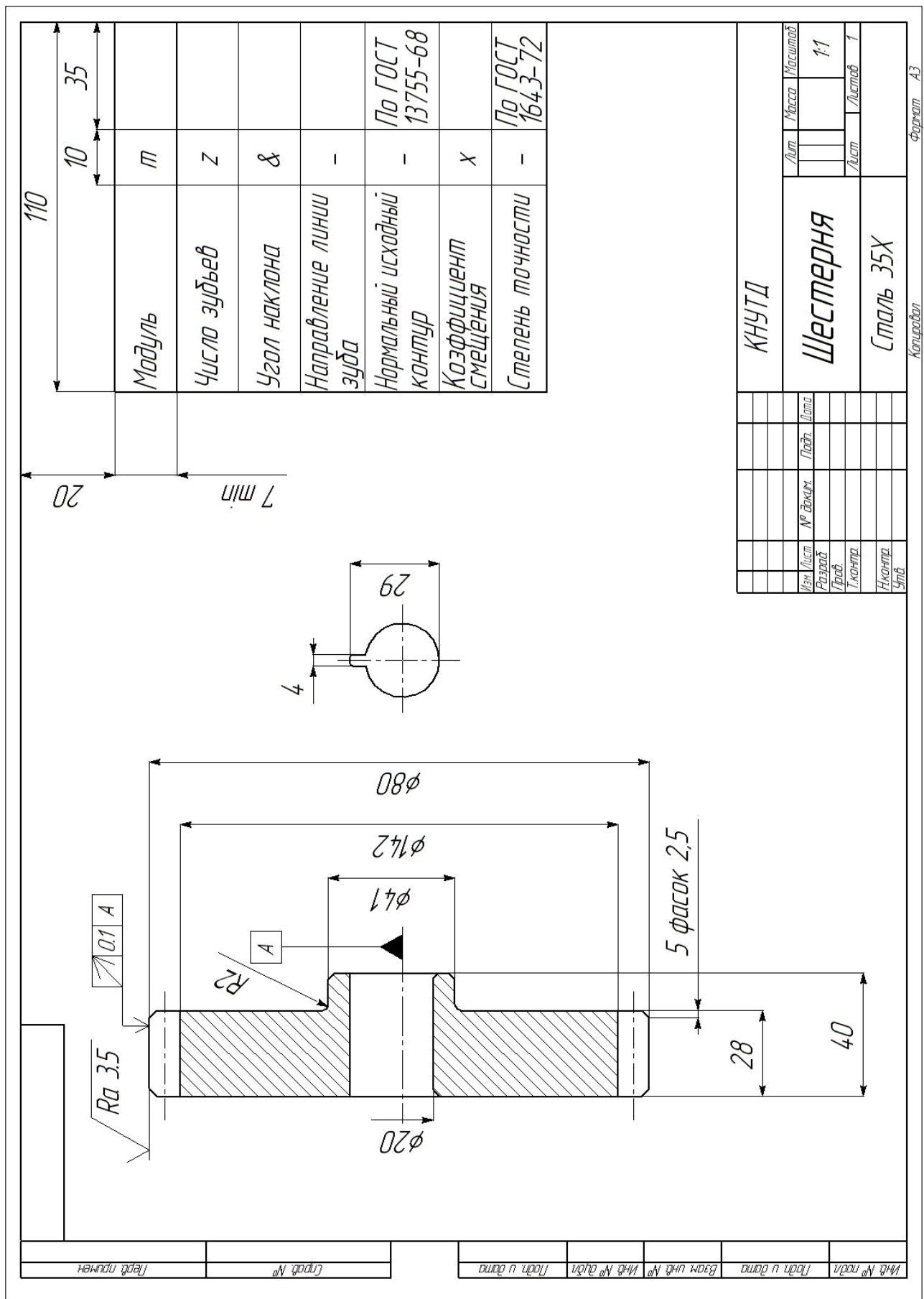
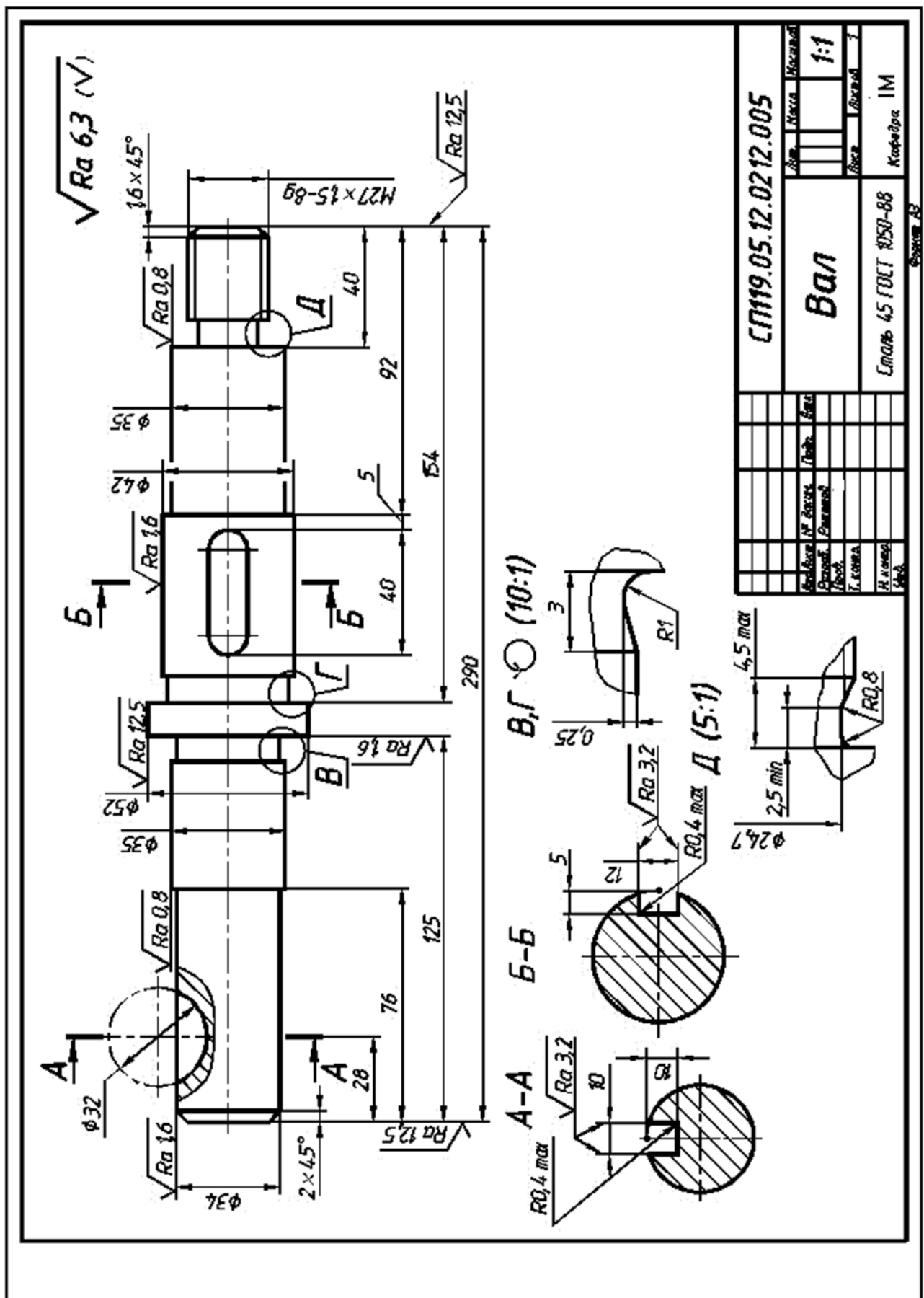


Рис. 2.113. Приклад виконання завдання 19. Кресленик шестерні



СП119.05.12.0212.005		Шахт. Класифікація	1:1
Вал		Матеріал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
		Кваліфікація	IM
№ замовлення	№ документації	Інженер	Проєктувальник
Г. розробки	Г. затвердження	Г. виконання	Г. випуску
Н. замовника	Н. проектувальника	Н. виконавця	Н. перевіряючого

Рис. 2.114. Приклад виконання завдання 19. Кресленник валу

Завдання 20. Виконання складального креслення машинобудівного виробу

Загальні положення по темі завдання 20

Загальні положення по темі завдання наведені в ГОСТ 2.109-73. Складальний кресельник (СК) розробляється на стадії розробки робочої документації. Він є доповненням до *специфікації*, яка в свою чергу є основним конструкторським документом до складальної одиниці.

Складальний кресельник містить такі дані:

1. Зображення складальної одиниці, яке дає повне уявлення про розміщення та взаємозв'язок її складових частин та забезпечує можливість складання та контролю виробу.

2. Розміри та граничні відхилення, які використовують і контролюють при складанні.

3. Номера позицій складових частин.

4. Технічну характеристику.

5. Технічні вимоги.

Вибираючи головний вид, бажано, щоб виріб мав таке положення, в якому він перебуває під час складальних операцій або знаходиться в робочому положенні.

Головне зображення дає найповніше уявлення про взаємодію складових частин виробу та виконання операції складання. Кількість зображень повинно бути мінімальним. Отже, виконуючи СК, доцільно використовувати додаткові та місцеві зображення.

При цьому не обов'язково виявляти форму кожної деталі, тому на СК може бути менше зображень ніж для окремої складової деталі.

Інші зображення несуть інформацію щодо посадочних місць виробу, вигляду його окремих деталей, види й кількості крипильних виробів.

Умовності та спрощення на складальному кресельнику. Розглянуті раніше умовності й спрощення за ГОСТ 2.305-68 у зображення предметів та їх елементів застосовують до зображення складальних одиниць, а саме:

1. Якщо зображення симетричне, то допускається креслити його половину.

2. Болти, гвинти, штифти, заклепки, спиці, тонкі стінки типу ребер жорсткості показують не розсіченими і не штрихують якщо розріз повздовжній.

3. Дрібні конструктивні елементи зображають збільшеними.

4. Частини вузлів і деталей, що надмірно виступають на кресленнях, зображають з розривами.

5. Однакові за формою частини зображують повністю один раз, а решту спрощено або умовно, або взагалі не показують.

6. Можна не показувати принципіально незначні зазори і конструктивні елементи (фаски, галтелі тощо).

7. На видах пластини завтовшки на кресленні до 2 мм зображають однією лінією.

3. Чим керуються, вибираючи кількість та зміст зображень на кресленнику *СБ*?

4. Назвіть основні умовності та спрощення на кресленнику *СК*?

Література:

[6] – с. 149-173.

Умова завдання 20

а) Накреслити складальний кресленник.

в) Заповнити специфікацію до складального кресленника.

Складальний кресленник виконують на форматі А4 або А3 залежно від складності виробу. Специфікацію виконують на форматі А4 відповідно до ГОСТ 2.108-68. Приклад виконання складального кресленника на рис. 2.116, а специфікації – рис. 2.117.

Методичні настанови по виконанню завдання 20

Складальний кресленник. Завдання виконати в наступній послідовності.

1. Виконати ескізи всіх нестандартних деталей.

2. Визначити головний вид та необхідну кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, додаткових зображень) складального рисунка і його масштаб, надаючи перевагу М1:1. Кількість зображень має бути мінімальною, але достатньою для виявлення будови складальної одиниці, принципу її дії. Головне зображення має давати найбільш повинно давати найбільш повну уяву про виріб, виявляти основні взаємозв'язки деталей. Як правило, головний вигляд є фронтальним розрізом, або поєднанням вигляду з розрізом. Треба пам'ятати – зліва зображення, з права розріз.

3. Вибрати формат кресленника, виконати лінії обрізки, рамку, основний напис. Він може бути розташований як вздовж короткої, так і вздовж довгої сторони.

4. Зображення деталей на складальному кресленнику будують на підставі виконаних ескізів.

5. Габаритними прямокутниками намітити на полі кресленника місця передбачуваних видів, розрізів, виносних перерізів, місцевих видів, а також місце для технічних умов (за необхідності), в габаритних прямокутниках намітити осі симетрії зображень.

6. Спочатку накреслити на всіх проекціях тонкими лініями контури деталей, починаючи з більших. Першою викреслюється основна, базова деталь, як правило корпус.

7. Проставити необхідні розміри. На складальному кресленнику треба показувати такі розміри:

– Довідкові (виконують, як правило, із „зірочкою” – „*”), а саме:

а) габаритні;

б) установлювальні та приєднувальні.

– *Розміри*, що виконують при складанні, наприклад: монтажні, розміри елементів деталей, які забезпечуються складальними операціями (сумісна обробка), граничні відхилення розмірів спряжених поверхонь.

8. Виконати штрихову, слідкуючи, щоб штриховка певної деталі на всіх зображеннях була одного напрямку та однаковою частотою. В суміжних перерізах штриховка має бути направлена в різні боку, або відрізнятись відстанню від штрихами.

9. Нанести лінії-виноска разом з полочками. Проставити номери позицій складових частин у відповідності до специфікації. При виконанні цієї частини завдання треба дотримуватись деяких вимог відповідно до ГОСТ 2.109-73 та 2.316-68.

На складальному кресленнику складові частини виробу нумеруються у відповідності до номерів позицій, які вказані в специфікації цього виробу. Номери позицій вказують на поличках ліній-виносок, які проводять від зображень складових частин.

Номери позицій вказують на тих зображеннях, на яких відповідні складові частини проєкціюються як видимі, як правило на основних виглядах та замінюваних розрізах. Внутрішні деталі позначають завжди на боці розрізу.

Одним кінцем лінія-виноска має заходити на зображення і закінчуватись точкою або стрілкою, іншим кінцем – сполучатись з поличкою.

Точку замінюють стрілкою, якщо лінія виноска виходить із затемненої або вузької смуги лінії видимого контуру.

Лінії-виноска не можуть бути вертикальними, горизонтальними або паралельними до ліній штриховки. Вони не мають перетинатись між собою та перетинати розмірні лінії. Лінії виносні перетинати можна.

Довжина полички становить 10...12 мм. Полички розміщують паралельно основному напису поза зображеннями і групують у рядки або у стовпці. Номери позицій записують шрифтом у 1.5...2 рази більшим ніж номер шрифту кресленника і, як правило, один раз. Допускається повторно вказувати номери позицій однакових складових частин. В цьому випадку всі номери позицій, які повторюються, позначають подвійною лінією.

10. Спільну лінію-виноску проводять для групи кріпильних та інших деталей, що мають виразний взаємозв'язок. Номери позицій при цьому розташовані вертикально.

11. При потребі записати технічні вимоги над основним написом. Правила нанесення на кресленниках технічних вимог і таблиць регламентує ГОСТ 2.316-68, за яким написи наводять тоді, коли відомості, що мають бути на кресленниках, неможливо або недоцільно виражати умовними позначеннями.

12. Текстова частина технічних вимог розташовується над основним написом в такій послідовності:

а) вимоги до матеріалу;

б) розміри, граничні відхилення розмірів, поверхонь

$$H14, h14, \pm IT14 \\ 2$$

в) якість поверхні, її покриття:

Хім. Окс. прм

13. Заповнити основний напис. Найменування складальної одиниці записують одним словом у називному відмінку. Якщо найменування складається з двох слів то на першому місті пишуть іменник, наприклад, *Кран запірний*, а не *Запірний кран*.

14. Після цього обвести все зображення на кресленнику.

Приклад виконання складального кресленника наведений на рис. 2.116.

Специфікація у відповідності з ГОСТ 2.108-68 (ДСТУ ISO 7573:2006) є основним документом, який визначає склад складальної одиниці.

Специфікація складається з розділів, які розміщують в такій послідовності: 1) документація; 2) комплекси; 3) складальні одиниці; 4) деталі; 5) стандартні вироби; 6) інші вироби; 7) матеріали; 8) комплекти. Наявність певних розділів визначається складом виробу. У розділі "*Стандартні вироби*" кріпильні деталі записують за абеткою.

Учбове позначення деталей (записуються в графі „Позначення” специфікації і у верхньому рядку основних написів) кафедра пропонує виконувати, як показано на рис. 2.115.

Форма, розміри та заповнення граф специфікації показані на рис.2. 117.

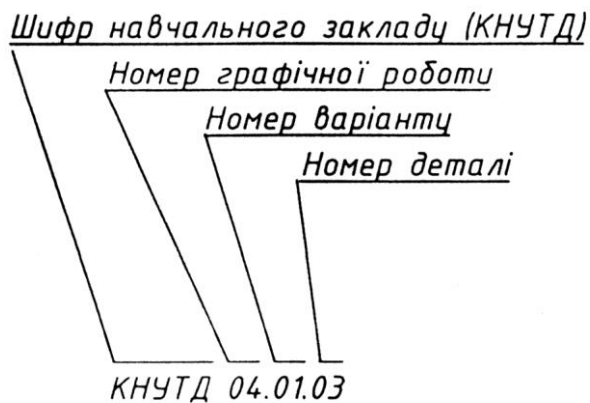


Рис. 2.115. Структура позначення деталей

Зона	Форм.	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A3			КНУТД.18.08.000СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	КНУТД.18.08.001	Корпус	1	
		2	КНУТД.18.08.002	Штуцер	1	
		3	КНУТД.18.08.003	Сідло	1	
		4	КНУТД.18.08.004	Голка	1	
		5	КНУТД.18.08.005	Клапан	1	
		6	КНУТД.18.08.006	Втулка	1	
		7	КНУТД.18.08.007	Кришка	1	
		8	КНУТД.18.08.008	Шайба	1	
		9	КНУТД.18.08.009	Шайба	1	
		10	КНУТД.18.08.011	Шайба	1	
		11	КНУТД.18.08.012	Шайба ущільнююча	1	
		12	КНУТД.18.08.013	Пружина	1	
		13	КНУТД.18.08.014	Маховичок	1	
		14	КНУТД.18.08.015	Кільце	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		15		Гайка М8.5 ГОСТ 5915-70	1	
КНУТД.18.08.000						
Зм.	Арк	№докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Коваль			Літера	Аркуш
Перевірив						Аркушів
Н.контр.					Гр.ЗМ1-02	
Затвердив					Кафедра графіки і нарисної геометрії	
				Вимикач подачі палива		1

Рис. 2.117. Специфікація складального креслення для завдання 20

Завдання 21. Деталювання складального креслення

Загальні положення по темі завдання 21

Вміння розробляти креслення деталей по складальним кресленням щільно пов'язане з вмінням „читати” складальні креслення. „Прочитати” складальний креслення – це уявити собі форму виробу і кожної його деталі, визначити на кресленні всі розміри, зрозуміти призначення, зміст і принцип дії виробу, роль, яку виконує кожна деталь, способи їх з'єднання між собою, взаємодію рухомих частин виробу.

Деталювання складального креслення полягає в побудові робочих креслень оригінальних деталей. Він виконується в такій послідовності:

1. Вивчення зображень деталі, її зовнішньої та внутрішньої форми.
2. Вибір головного зображення згідно вимог ГОСТ 2.305-68.
3. Вибір вигляду та розміщення інших зображень (вид, розріз тощо) деталі за умов повного зображення її форм та розмірів.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Наведіть приклади типів з'єднань деталей в наданому виробі.
2. Які розміри називаються довідковими? В якому разі вони використовуються?

Література:

[15] с.149-173, 215-225.

Умова завдання 21

Виконати робочі креслення деталей по заданому складальному кресленню.

Студенти груп ЗМ, ЗПМ виконують робочі креслення 3-тих деталей та аксонометричну проекцію для однієї деталі; студенти груп ЗЕМ, ЗМС, ЗМСТ, ЗВ, ЗТ, ЗШ, ЗВТ, ЗТТ – 2-ох деталей і аксонометричну проекцію для однієї деталі, студенти груп ЗХ, ЗІТ, ЗОПТ – 1-ої.

Для виконання завдання складальний креслення відповідно до варіанту взяти з МСОП в теці „Технічне креслення” – „Інженерна та комп'ютерна графіка. Технічне креслення. деталювання”.

Приклад виконання завдання на рис. 2.118.

Методичні настанови по виконанню завдання 21

Для надбання навичок в читанні складальних креслень слід додержуватись певного порядку.

- 1) Ознайомлення зі змістом креслення, призначенням і принципу дії виробу.

2) Ознайомлення із специфікацією і відповідним зображенням кожної деталі на всіх видах, розрізах, перерізах. Треба визначають назву, форму і контури деталей.

3) Визначають взаємодіють між собою як частини виробу під час роботи, характер з'єднання деталей між собою.

4) Визначають порядок розбирання і збирання складальної одиниці.

5) Визначають перелік деталей, на які слід розробити кресленики.

6) Намічають головний вид, необхідну кількість видів, розрізів, перерізів.

7) Визначають масштаб для зображення кожної деталі.

8) Вибираючи головний вид, слід знати, що він може не відповідати тому, який має місце на складальному кресленні. Те саме можна сказати і про кількість зображень.

Робочі кресленики деталей виконують на аркушах формату А4 або А3, в залежності від її складності, тобто від кількості необхідних зображень.

Вимоги до креслеників деталей ті самі, що і в попередніх завданнях. Тобто, слід дати повну інформацію для виготовлення деталі: розкрити форму деталі, проставити необхідні розміри, зазначити шорсткість всіх поверхонь.

Умовне позначення і назву деталі слід взяти із специфікації, а марку матеріалу з пояснень до складального кресленика.

Складальний кресленик для виконання завдання надається кафедрою кожному студенту індивідуально.

«*»Додаткові завдання з проєкційного креслення

Загальні положення по темі завдання

Для кращого засвоєння матеріалу та підвищення навичок в виконанні зображень в проєкційному кресленні пропонується завдання, яке складається з чотирьох креслеників, які оформлюють відповідно до вимог нормативних документів.

Завдання виконують на аркуші формату А4 (210x297) або А3 (297x420).

На першому кресленику за наочним зображенням побудувати три проєкції деталі в поєднанні половини виду з половиною розрізу з нанесенням усіх розмірів з урахуванням вимог ГОСТ 2.307-68 „Нанесение размеров и предельных отклонений”, так як розміри на зображеннях завдань проставлені з відхиленнями від ГОСТ для спрощення подачі інформації.

Варіанти наведені в табл. 2.16. Приклад виконання цього кресленика наведений на рис. 2.119.

На другому кресленику (виконується на форматі А4) побудувати профільну проєкцію деталі за розмірами.

Варіанти наведені в табл. 2.17. Приклад виконання цього кресленика наведений на рис. 2.120.

На третьому кресленику (виконується на формат А3) побудувати три проєкції деталі за розмірами.

Фронтальну та профільну проєкції зобразити в поєднанні половини виду з половиною розрізу. На горизонтальній проєкції зобразити половину виду в поєднанні з розрізом *А-А*.

Використовуючи побудовані проєкції побудувати переріз *Б-Б* та прямокутну ізометричну проєкцію деталі з вирізом $\frac{1}{4}$, яка наближена до спостерігача.

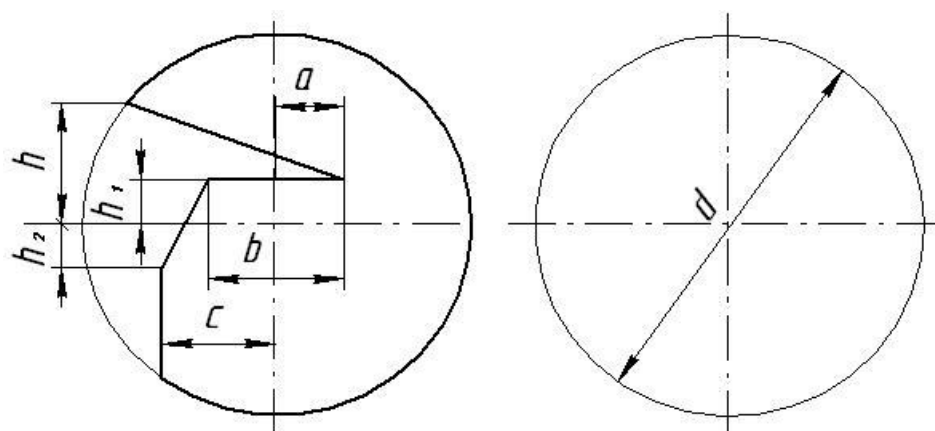
Варіанти наведені в табл. 2.18. Приклад виконання цього кресленика наведений на рис. 2.121.

На четвертому кресленику (виконується на формат А3) побудувати три проєкції деталі за розмірами.

В горизонтальній проєкції зобразити пів виду в поєднанні з розрізом *А-А*. Побудувати переріз *Б-Б*.

Варіанти наведені в табл. 2.19. Приклад виконання цього кресленика наведений на рис. 2.122.

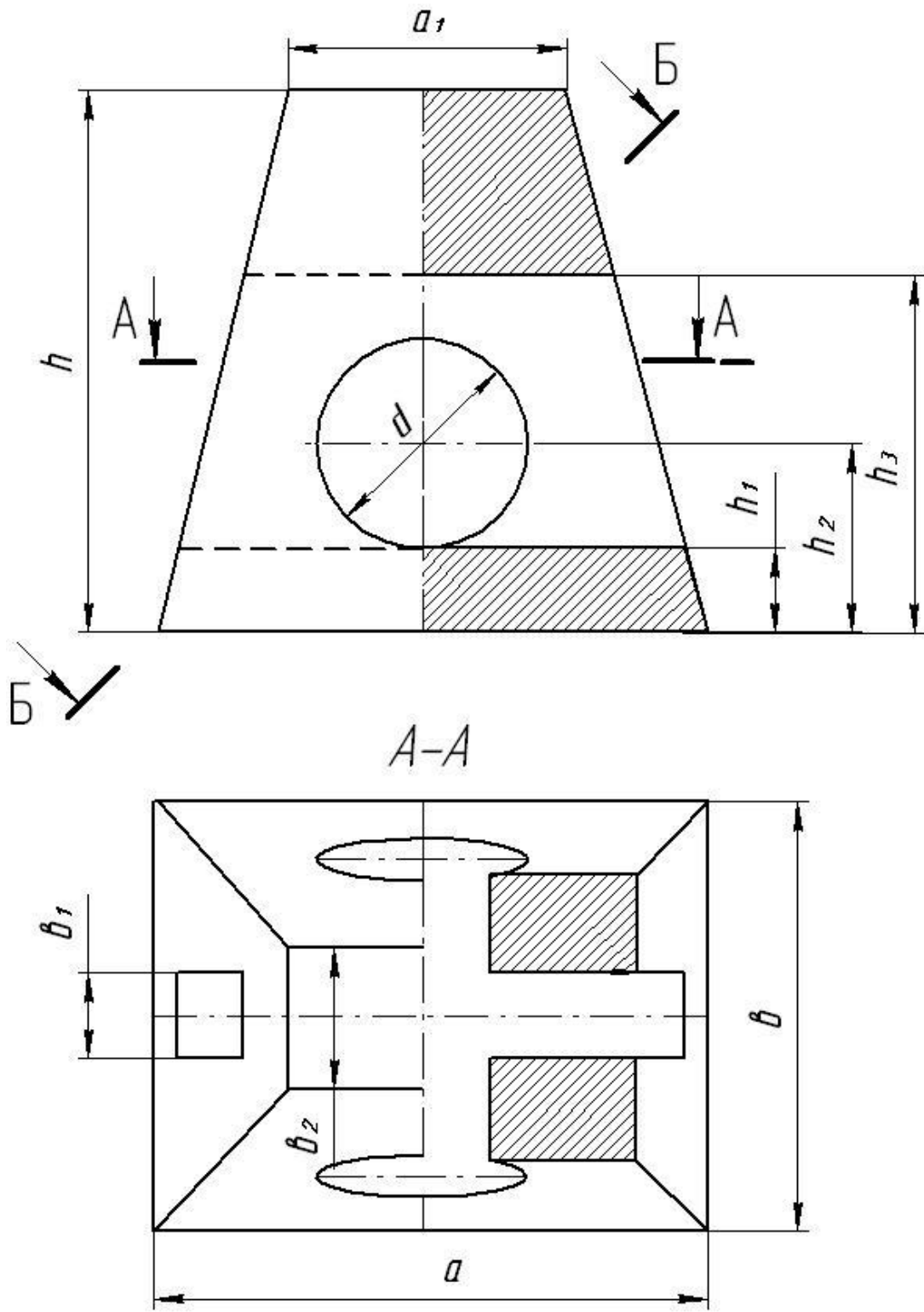
Умова до другого креслення



Таблиця 2.17. Варіанти до другого креслення

Поз- начення	Розмір (мм) для варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	80	82	84	80	80	78	82	80	82	86
a	15	16	0	18	30	0	14	20	18	30
b	30	28	15	30	30	32	28	40	18	40
c	30	28	32	28	0	10	10	32	0	30
h	30	32	34	28	30	26	35	28	30	32
h_1	15	14	10	16	0	12	15	20	15	14
h_2	10	8	14	12	10	4	6	12	10	6

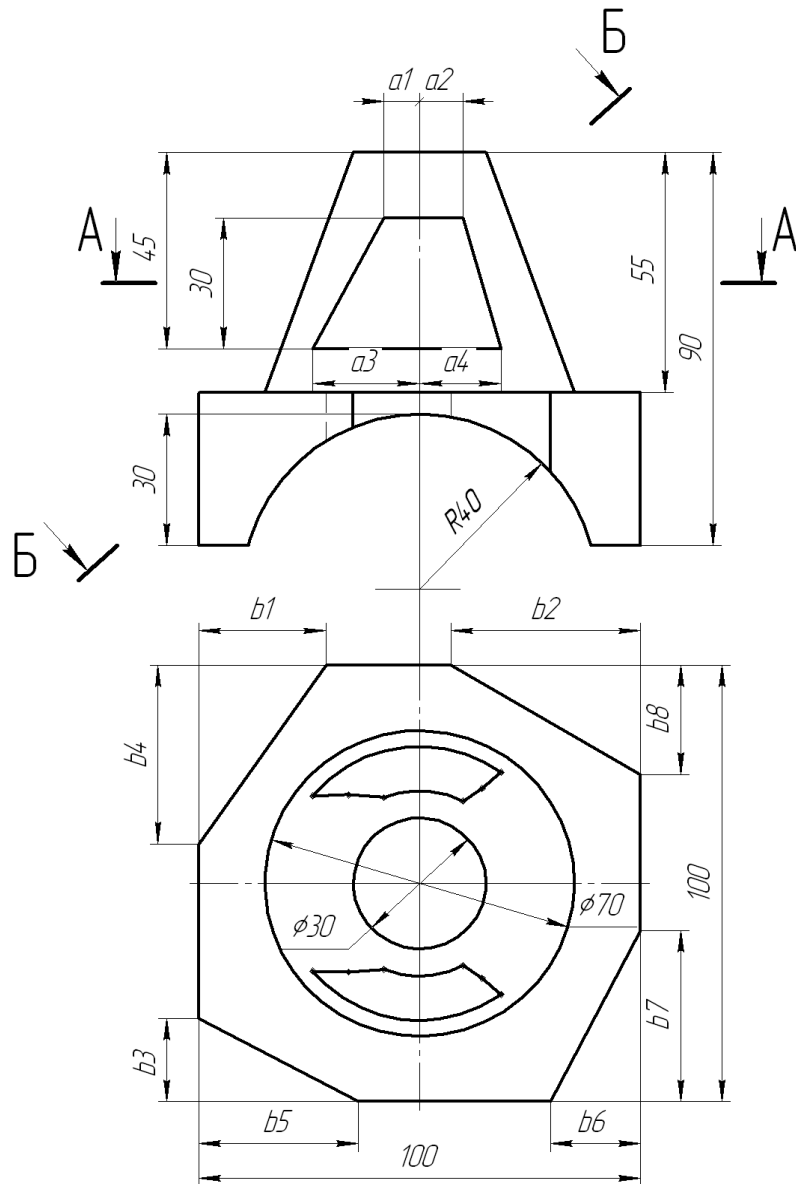
Умова до третього креслення



Таблиця 2.18. Варіанти до третього кресленика

Позначення	Розмір (мм) для варіантів									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	90	100	80	80	100	90	90	80	100	90
a_1	40	42	44	46	48	50	40	42	44	46
b	80	90	80	90	90	80	90	80	90	80
b_1	20	24	26	28	30	28	26	24	22	20
b_2	32	36	30	30	34	34	32	30	36	32
h	110	110	110	115	115	115	120	120	120	120
h_1	15	10	20	15	15	20	10	20	15	15
h_2	22	18	20	22	16	18	20	20	22	24
h_3	80	85	80	90	90	80	90	90	85	85
d	40	34	36	40	32	36	34	40	38	42

Умова до четвертого кресленика

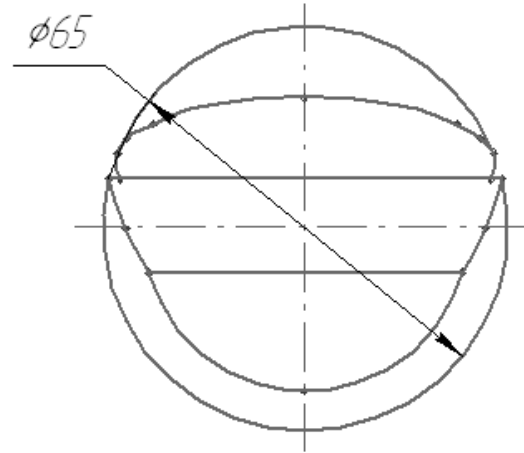
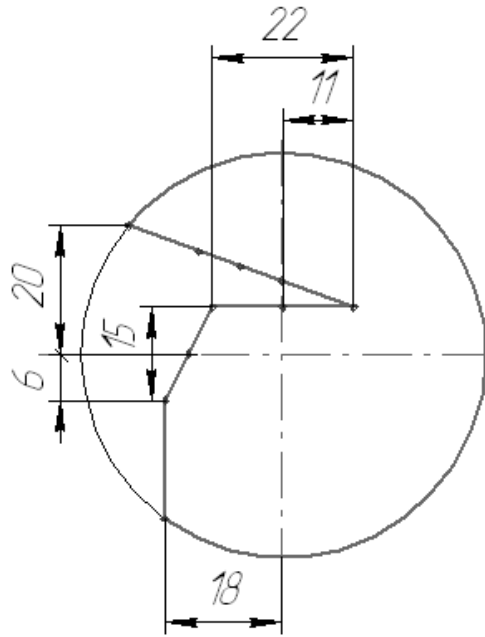


Таблиця 2.19. Варіанти до четвертого кресленика

№ вар	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	№ вар	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
1	0	10	15	25	50	50	50	50	50	50	30	40	16	10	5	25	15	20	50	50	25	30	25	70	30
2	15	0	0	25	20	80	50	50	20	80	25	25	17	15	15	0	0	35	35	35	35	35	35	35	35
3	15	0	15	25	35	65	40	35	60	40	35	35	18	0	0	40	20	50	20	50	20	50	5	35	35
4	0	10	25	10	50	50	50	50	50	50	30	30	19	0	15	25	0	80	20	25	25	80	20	50	50
5	10	10	20	25	35	35	50	50	35	30	50	50	20	5	5	5	30	40	30	50	40	40	20	20	40
6	10	0	10	25	30	30	20	80	50	50	20	80	21	5	15	15	25	35	65	40	35	60	40	40	40
7	15	0	25	10	50	50	25	15	85	15	50	25	22	0	30	10	10	50	50	40	40	30	30	40	40
8	15	10	0	10	50	50	50	50	30	15	85	15	23	5	15	25	15	60	40	40	40	60	40	50	50
9	5	15	30	0	25	45	35	35	45	35	65	25	24	15	0	40	20	20	80	50	50	20	80	30	30
10	15	15	25	20	30	30	80	20	30	25	20	80	25	10	25	0	25	50	50	80	20	30	30	80	20
11	15	15	30	0	50	50	50	25	50	45	50	50	26	5	10	15	15	70	30	30	20	70	30	40	40
12	0	15	25	10	40	50	20	55	35	40	50	30	27	15	15	25	15	30	70	80	20	30	70	40	40
13	15	15	0	25	50	50	35	35	50	50	0	0	28	30	0	10	10	30	70	40	40	30	70	40	40
14	5	10	25	25	20	20	20	40	50	25	60	20	29	15	0	0	25	15	85	20	80	15	85	30	30
15	0	0	25	10	50	50	35	35	50	50	35	35	30	0	15	25	5	25	75	35	35	25	75	35	35

НУТД 05.01.00

Справ. №



A4

Підп. і дата

Інв. № дцкл

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № подл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розраб.				
Перевір.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Затв.				

НУТД 05.01.00

Проекційне креслення

Лит.	Маса	Масштаб
		1:1
Аркцш	Аркцшів	1

Кафедра графіки та нрисної геометрії
Група БШ 1-08

Коплював

Формат А

Рис. 2.120. Приклад виконання кресленника другого

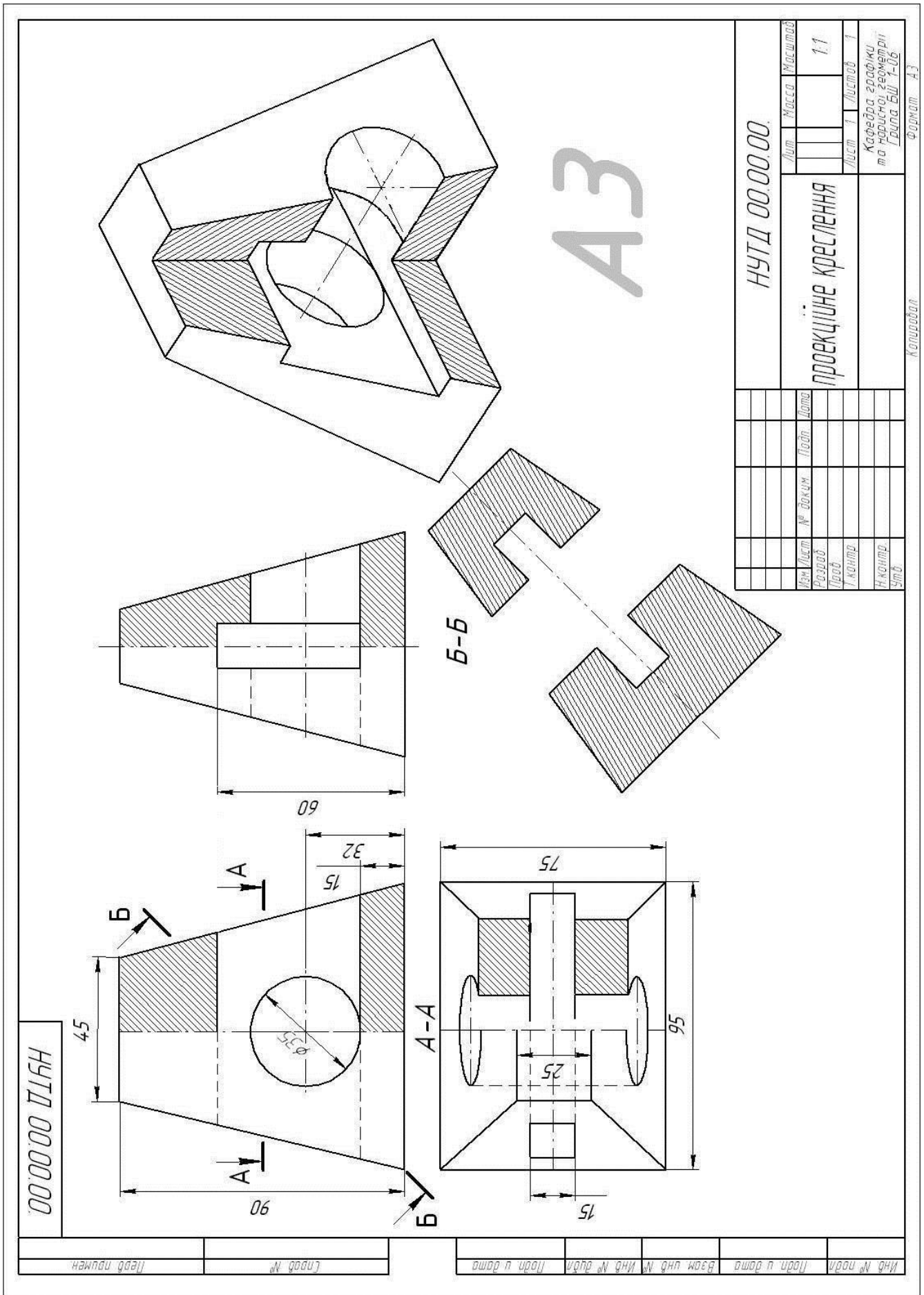


Рис. 2.121. Приклад виконання кресленника третього

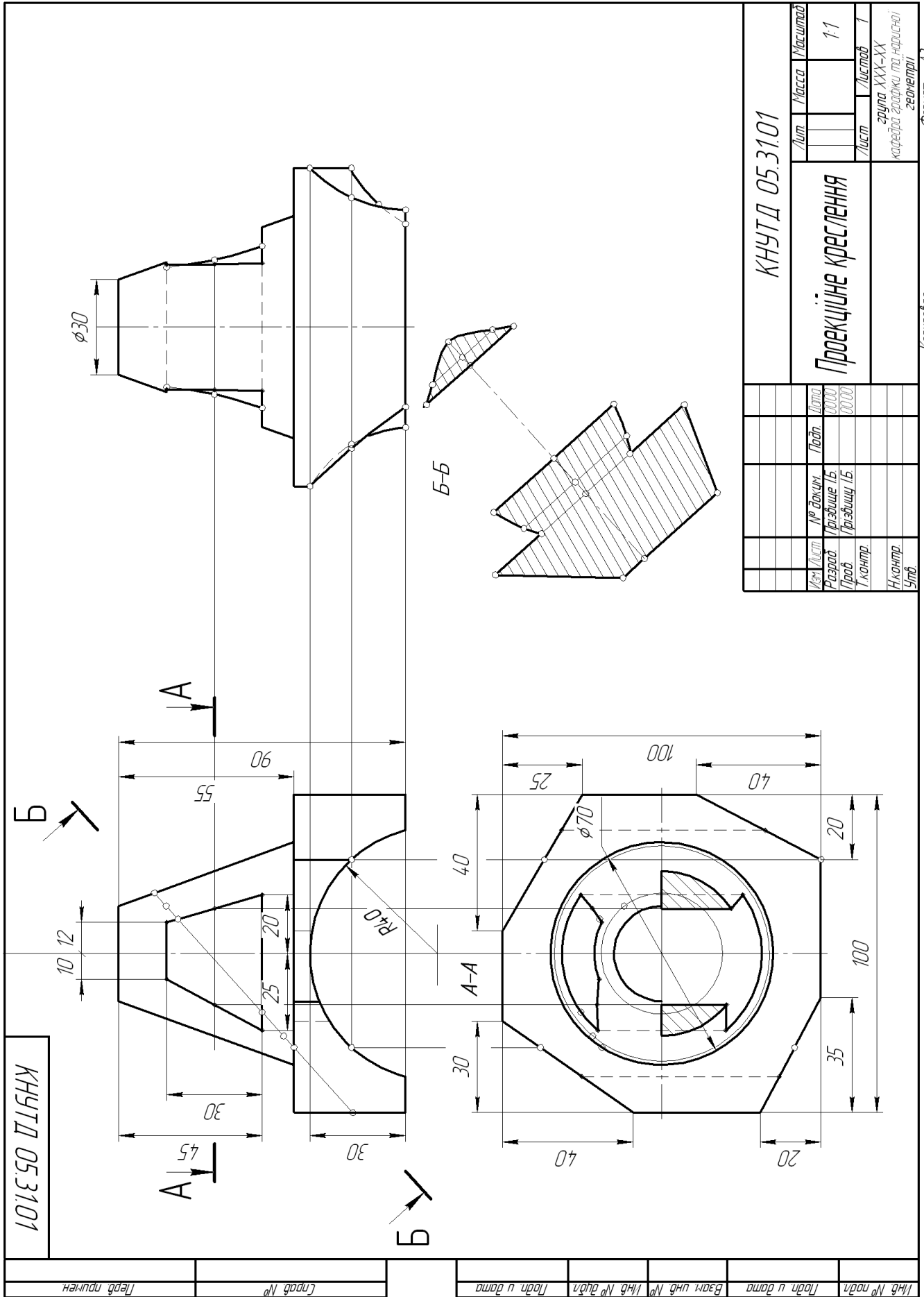


Рис. 2.122. Приклад виконання кресленика четвертого

Розділ III

КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Сьогодні не можливо собі уявити конструкторське бюро чи сучасне промислове підприємство без використання комп'ютерів та спеціальних програм, які призначені для розробки конструкторської документації або проектування різних виробів.

Використання автоматизованого проектування дає змогу істотно скоротити терміни розробки конструкторської та технологічної документації і відповідно прискорити виготовлення нових виробів. Одночасно підвищується якість конструкторських розробок та документації.

МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ

Відповідно до спеціальності, по якій навчається студент, пропонується виконати завдання по темам з нарисної геометрії, яка наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Тематика завдань відповідно спеціальностям

Спеціальність, групи	Завдання					
	22	23	24	25	26	27
Факультет МКТ: 131 Прикладна механіка; 133 Галузеве машинобудування	+	+	+	+	+	+
ННШТ: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	+	+	-	+	+	-
Факультети Д та ІМ: 015 Професійна освіта (015.36 Технологія легкої промисловості); 182 Технології легкої промисловості	+	+	-	+	+	-

Примітка. Студенти завдання з комп'ютерної графіки виконують з використанням одного з графічних редакторів (за своїм вибором): або за допомогою „КОМПАС-ГРАФІК” (завдання 22-24) або за допомогою графічного редактора „Autocad” (завдання 25-27).

СИСТЕМА „КОМПАС-ГРАФІК”

Загальні положення

Система „КОМПАС-ГРАФІК” призначена для виконання проектно-конструкторських робіт в різних галузях інженерної діяльності.

„КОМПАС” розроблено спеціально для операційного середовища MS DOS/ Windows та повною мірою використовує всі її можливості та переваги для надання користувачу максимальної зручності у роботі.

Програма містить достатній креслярський інструментарій для виконання креслень будь-якого рівня складності з повною відповідністю існуючим стандартам. Простий та зрозумілий інтерфейс програми вдало поєднується з гнучкістю професійної системи при побудові, виділенні, видаленні об’єктів кресленника, наборі тексту за ГОСТ, нанесенні розмірів всіх типів, допусків форми та розташування поверхонь, позицій баз тощо.

Вимоги до апаратних засобів

„КОМПАС” призначений для використання на персональних комп’ютерах типу IBM PC 486/Pentium, що працюють на основі російськомовної або коректно русифікованої версії операційних систем MS DOS/ Windows 95/98/NT/XP.

Мінімальна конфігурація комп’ютера для встановлення та запуску системи

- процесор 486DX2-66;
- оперативна пам'ять 16 Мб;
- графічний адаптер SVGA з відео-пам'яттю 52 Кб (не менше 800*600* 6 кольорів);
- кольоровий монітор SVGA;
- привід CD-ROM;
- вільне місце на жорсткому диску не менше 70 Мб;
- маніпулятор миша, сумісна з MS Mouse.

Характеристики комп'ютера, рекомендовані для ефективної роботи з „КОМПАС”

- ☑ процесор Pentium 133 і вище;
- ☑ оперативна пам'ять 32 Мб;
- ☑ графічний адаптер SVGA з відео-пам'яттю 1 Мб або більше;
- ☑ кольоровий монітор SVGA з діагоналлю екрану 17" та більше;
- ☑ для отримання паперових копій документів можна використовувати будь-які моделі принтерів або плотерів, для яких є драйвери відповідні встановленій на Вашому комп'ютері версії Windows.

Самостійна робота № 1. Ознайомлення з вікнами.

Запустіть програму „КОМПАС-ГРАФІК” відомим Вам способом, наприклад, двічі натиснувши *лівою кнопкою мишки* (ЛКМ) на ярличку системи (рис. 3.1).

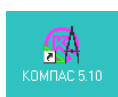


Рис. 3.1

Після запуску системи на екрані відкриється її головне вікно. Оскільки „Компас-Графік” – прикладна програма для Windows, її вікно має стандартні елементи управління (рис. 3.2).

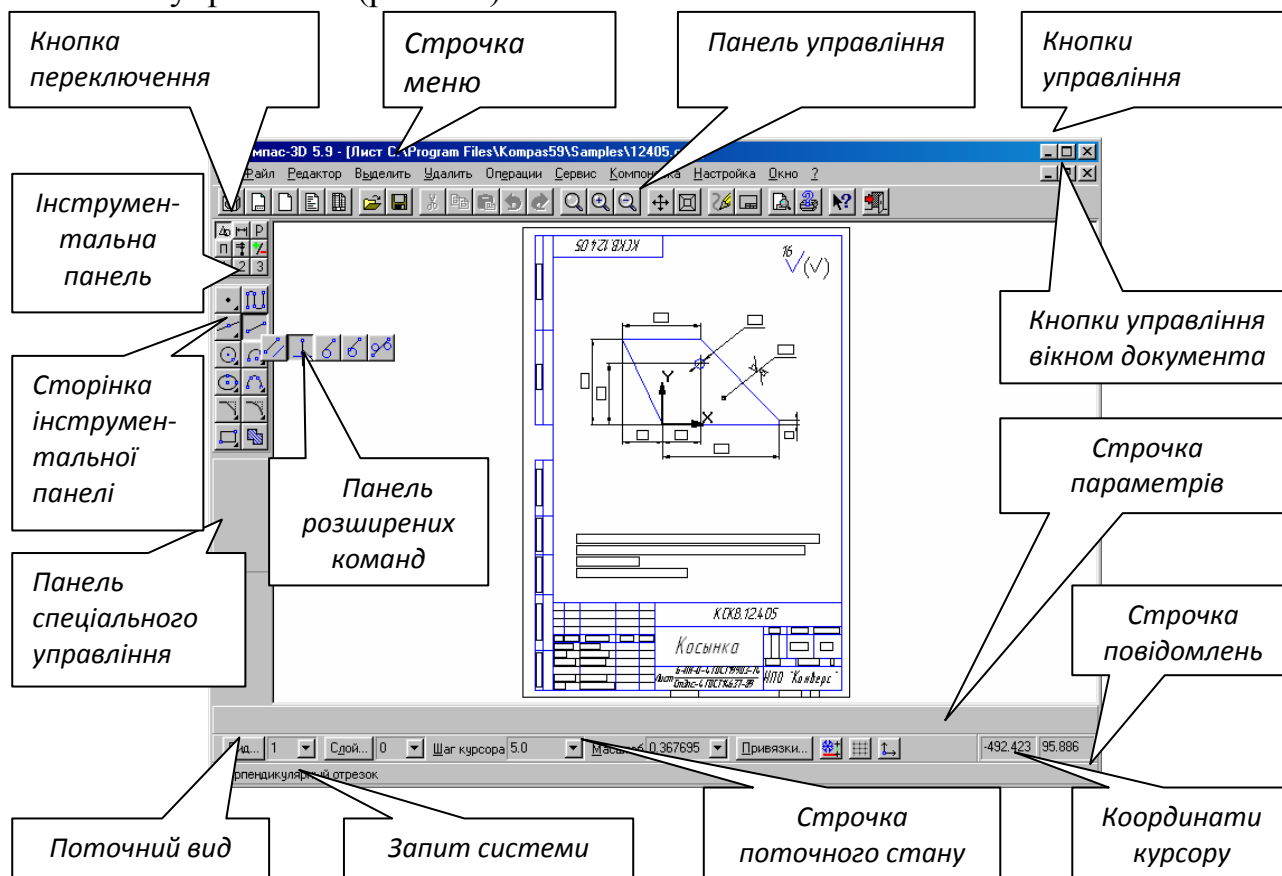



Рис. 3.2


Строчка меню розташована у верхній частині системного вікна під строчкою заголовка. В ній розміщені всі основні меню програми. В кожному з меню є пов'язані з ним команди.

Панель управління розміщена у верхній частині вікна програми під строчкою меню. В ній зібрані команди, які найчастіше використовуються під час роботи з системою.

Інструментальна панель знаходиться в лівій частині вікна системи та містить декілька окремих сторінок. Перші з них – системні (панель геометрії, панель розмірів та панель редагування). Три інші панелі формуються користувачем з доступних команд системи.

Відкрийте 4 демонстраційних файлів креслеників *Sample1.cdw*, *Sample2.cdw*, *Sample3.cdw*, *Sample4.cdw*, для цього потрібно:

1. Мишкою підвести курсор до кнопки  **Відкрити документ** і натиснути один раз ЛКМ – відкриється діалогове вікно **Виберіть файли для відкриття**. В списочному полі **Папка** даного вікна відкриється папка **Bin**.

2. Перейти в каталог *C:\PROGRAM FILES\KOMPAS5.X\SAMPLES*, натиснувши ЛКМ на кнопку **Перехід на один рівень вверх** на панелі інструментів діалогового вікна . Таким чином відкриється папка більш високого рівня *Компас 5.X*.

3. Відкрийте папку **Samples** подвійним клацанням ЛКМ на значку папки;

4. Відкрийте 4 демонстраційних файлів подвійним натисканням ЛКМ. Зверніть увагу на тип файлу – потрібно вибрати **Компас – Аркуші кресленика**, рис 3.3.

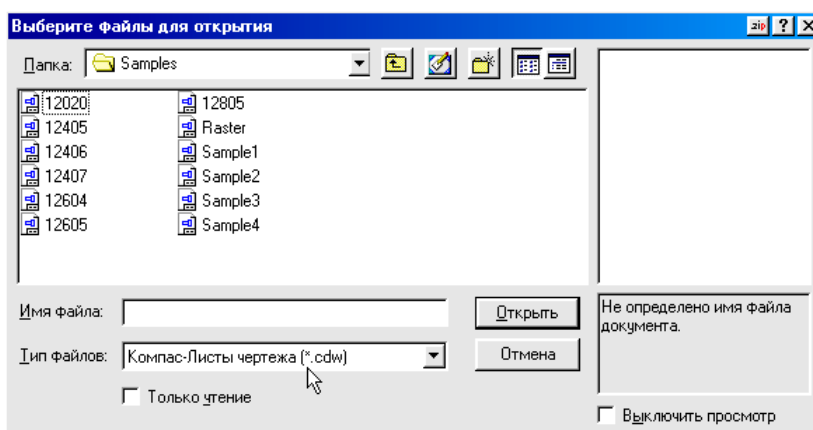


Рис. 3.3

5. Розташуйте всі 4 кресленики мозаїкою. Для цього в строчці меню натисніть кнопку **Вікно – Мозаїка – Всі вікна**, рис. 3.4.

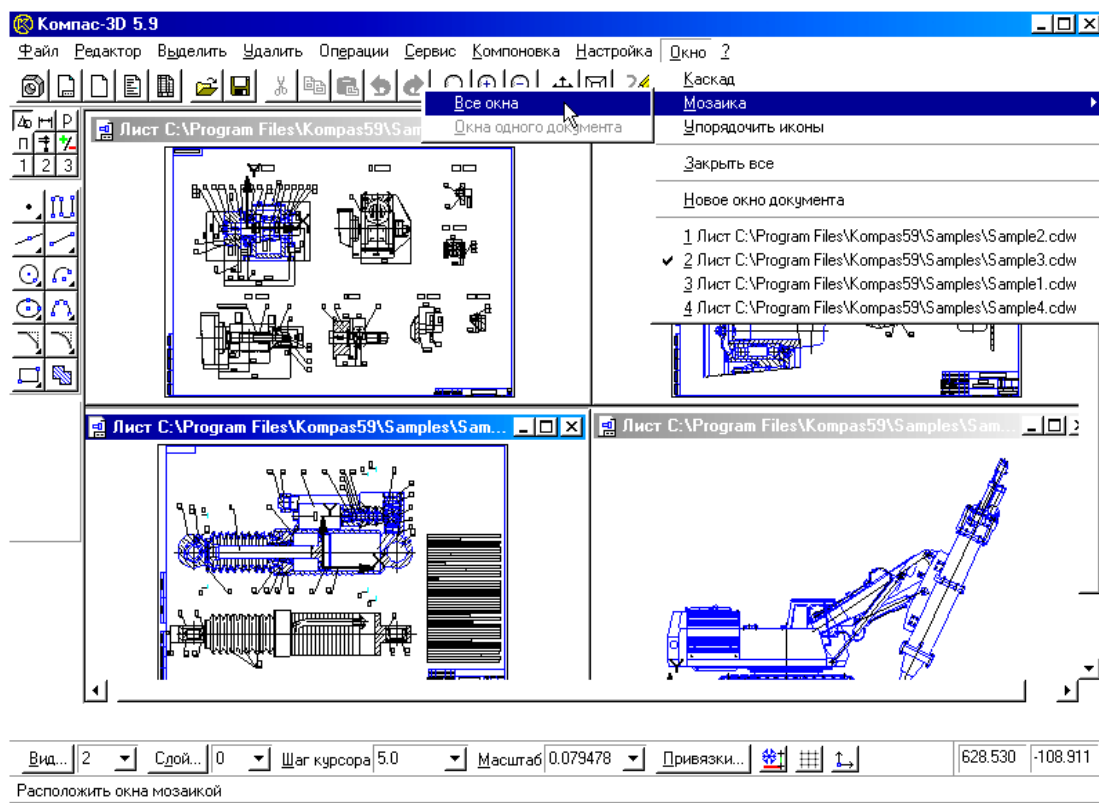


Рис. 3.4

6. Активізуєте вікно документа *Sample4*, натиснувши ЛКМ в будь-якому місці заголовка вікна (заголовок стане синього кольору) та натисніть на панелі управління кнопку **Показати все** (рис. 3.5).

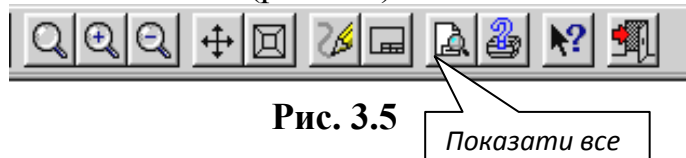


Рис. 3.5

7. Згорнути вікно документа *Sample4*, натиснувши кнопку **Згорнути**, показано на рис. 3.6 (кнопки управління стану вікна).

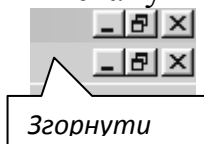


Рис. 3.6

8. Відновити вікно документа *Sample4*, натиснувши кнопку **Розгорнути** (рис. 3.7).

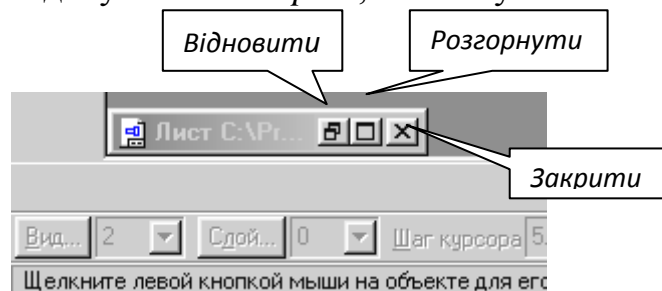


Рис. 3.7

9. Закрийте вікно документа *Sample4*, натиснувши кнопку *Закрити* (рис. 3.7).

10. Перемістіть вікно документа *Sample3* на місце документа *Sample1*. Для цього натисніть ЛКМ в будь-якому місці заголовка вікна, зробивши його активним і, утримуючи клавішу натиснутою, переміщуйте вікно документа *Sample3* на вільне місце.

11. Закрийте всі документи, натиснувши в строчці меню кнопку *Вікно – Закрити всі*.

Самостійна робота №2. Інструментальна панель та панель розширених команд

Створення фрагмента, команда введення відрізка, поточний стиль прямої та його зміна, видалення об'єкта, відміна операції.

1. Створити фрагмент кресленика. Натиснути ЛКМ на кнопку *Файл*, у вікні, що відкриється на кнопку *Створити*, далі *Фрагмент*.

Фрагмент кресленика, на відміну від кресленика *Аркуша*, представляє собою чистий електронний лист необмеженого формату та позбавлений елементів графічного оформлення. Як правило його використовують для створення креслеників тимчасового характеру.

2. Натисніть на кнопку *Введення відрізка* на сторінці *Геометричні побудови* – програма готова до побудови відрізка, рис. 3.8.

3. Переконайтесь чи включена кнопка *Автостворення об'єкта* на панелі спеціального управління, рис 3.9.

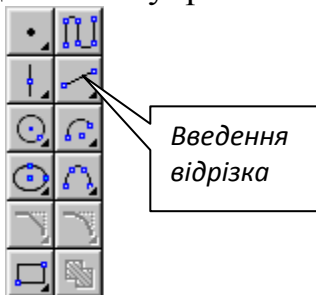


Рис. 3.8

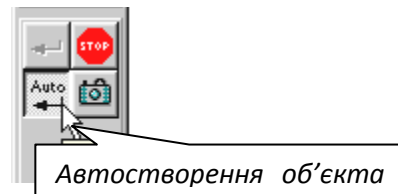


Рис. 3.9

4. Послідовно натисніть в точках $p1$ та $p2$ – буде побудовано відрізок через дві вказані точки.

5. Для побудови відрізка $p3 - p4$ перпендикулярно відрізку $p1 - p2$ використайте *Панель розширених команд*. Для цього знову натисніть на кнопку *Введення відрізка*, та утримуючи кнопку мишки (відкриється панель розширених команд), помістіть курсор на кнопку *Перпендикулярний відрізок* та відпустіть кнопку мишки (рис. 3.10).

6. Натисніть мишкою в будь-якій точці відрізка $p1 - p2$, потім натисніть в точках $p3$ та $p4$ – система створила відрізок $p3 - p4$, перпендикулярний відрізку $p1 - p2$. Натисніть мишкою на кнопку *Зупинити команду*, рис. 3.11.

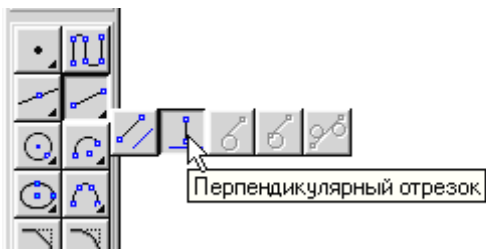


Рис. 3.10

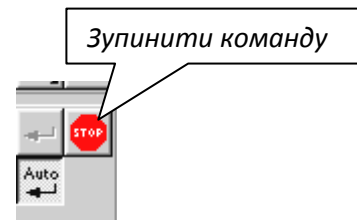


Рис. 3.11

7. Побудуйте відрізок $p1 - p3$ штриховою лінією. Для цього використайте **Панель розширених команд**. Поміняйте кнопку **Перпендикулярний відрізок**, що залишилась від попередньої побудови, вибравши кнопку **Введення відрізка** (рис. 3.12).

8. Натисніть мишкою вікно **Поточний стиль** в строчці параметрів (рис. 3.13).



Рис. 3.12



Рис. 3.13

9. Виберіть поточний стиль лінії – **Штрихова** (рис. 3.14). Послідовно натисніть в точках $p1$ та $p3$ – програма побудувала відрізок через дві вказані точки. Натисніть мишкою на кнопку **Зупинити команду** (див. рис. 3.11).

10. Поміняйте поточний стиль відрізка $p1 - p3$ на **Основний**, двічі натиснувши мишкою на відрізок $p1 - p3$, відрізок перейде в режим редагування. Натисніть мишкою на вікно **Поточний стиль** в строчці параметрів та оберіть стиль лінії **Основна**. Натисніть мишкою на кнопку **Створити об'єкт** (рис. 3.15) та натисніть мишкою на поле кресленика.

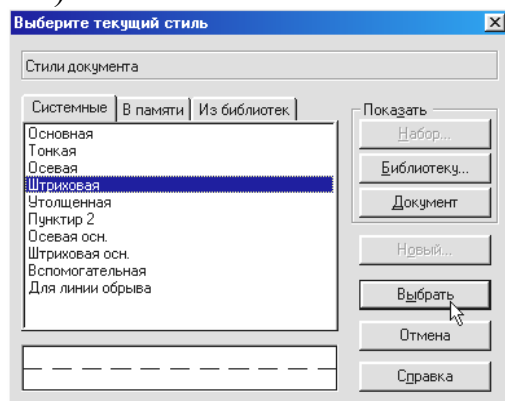


Рис. 3.14

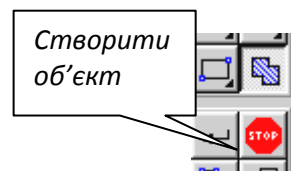


Рис. 3.15

11. Видаліть побудований відрізок $p1 - p3$, клацнувши мишкою на цьому відрізку, відрізок змінить колір, а потім натисніть клавішу [Delete]. Відновіть видалений відрізок, натиснувши кнопку **Відмінити** (рис. 3.16) на панелі управління.

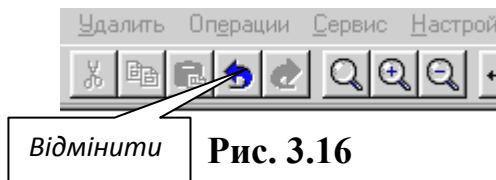


Рис. 3.16

12. Закрийте файл без його збереження.

Самостійна робота №3. Побудова ламаної лінії. Зміна довжини відрізка

Завдання: Побудуйте ламану лінію $p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8$, якщо відрізки $p1(0;0)$, $p2(10;15)$, $p3(30;-10)$, а відрізки $p3-p4$, $p4-p5$, $p5-p6$, $p6-p7$, $p7-p8$ – задано довжиною та кутом нахилу (рис.3.17, табл. 3.1).

Таблиця 3.2

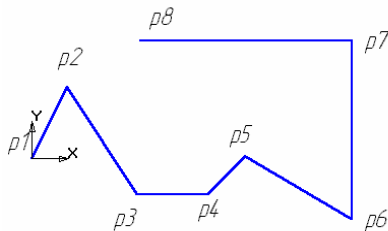



Рис.3.17

Відрізок	Довжина	Кут нахилу
p3-p4	20	0
p4-p5	10	45
p5-p6	35	-30
p6-p7	50	90
p7-p8	70	180

1. Натисніть кнопку **Новий фрагмент**  на **Панелі управління** і створіть новий документ – фрагмент.
2. Розгорніть вікно фрагмента кнопкою **Розгорнути** (див. рис. 3.7) та натисніть кнопку **Показати все** (див. рис. 3.5). Включіть на клавіатурі **Num Lock**.
3. Активуйте команду **Неперервний ввід об'єктів** (рис. 3.18).

Підчас побудови відрізка та редагування, його параметри відображаються в спеціальних полях **Строчки параметрів**: перші два поля – координати **X** та **Y** початкової $p1$ та кінцевої $p2$ точок відрізка, поле довжини відрізка (**ln**), поле кута нахилу (**an**) та поле стилю відрізка. За зовнішнім виглядом кнопки можна визначити стан поля (рис. 3.19).

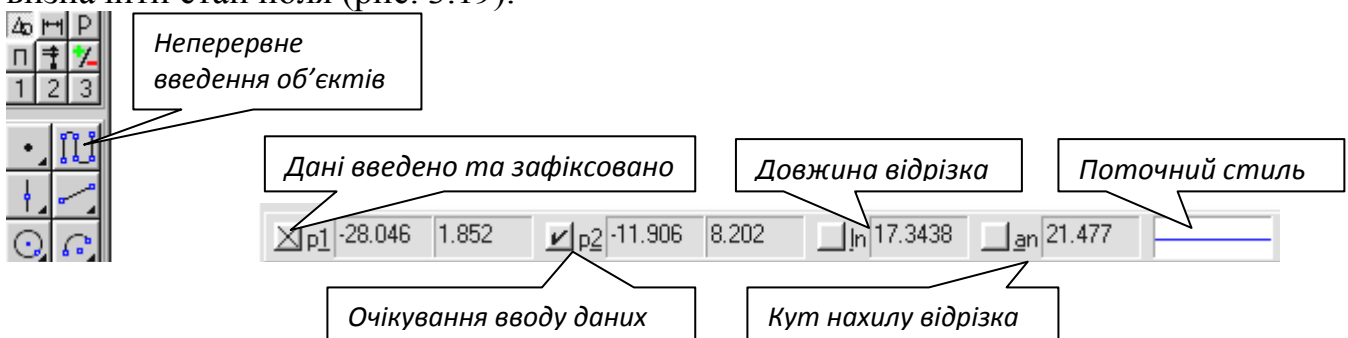


Рис. 3.18

Рис.3.19

4. Встановіть курсор в початок координат. Для цього слід натиснути [Ctrl]+[0] та [Enter] – точка $p1$ зафіксована. Точка $p2$ очікує на введення параметру. Натисніть [Alt]+[2], введіть значення 10 в полі координати X. Для введення значення координати Y натисніть [Tab] та введіть 15, після чого натисніть [Enter]. Відрізок $p1-p2$ побудовано.

5. Аналогічно побудуйте відрізок p_2-p_3 (Активувати поле координат можна подвійним натисканням ЛКМ).

6. Для побудови відрізка p_3-p_4 активуйте поле довжини відрізка l_n двічі натиснувши на ньому ЛКМ або клавіші [Alt]+[1], введіть значення довжини відрізка 20 та натисніть [Enter]. Аналогічно мишкою активуйте поле кута нахилу відрізка α_n або клавішею [Alt]+[a], введіть значення 0 та натисніть [Enter]. Відрізок p_3-p_4 – побудовано. Хід побудови решти відрізків аналогічний.

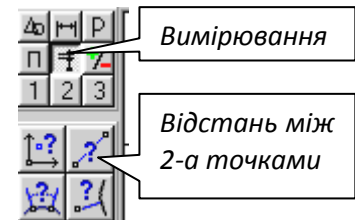


Рис. 3.20


7. Заміряйте довжину відрізка p_3-p_4 , натиснувши кнопку «Вимірювання», та кнопку «Відстань між двома точками» (рис. 3.20). вкажіть послідовно точки p_3 і p_4 – отримаєте довжину відрізка $p_3 - p_4$. Закрийте вікно «відстань між двома точками».

Самостійна робота №4. Побудова кривої лінії за точками (сплайн). Редагування координат точки

Завдання: Побудуйте графік за точками, які задані координатами в табл.3.2.

Таблиця 3.3

Точки	Координати	
	X	Y
P_1	0	0
P_2	5	10
P_3	10	15
P_4	20	25
P_5	40	30

1. Створіть новий документ, натиснувши кнопку «Новий фрагмент»  на **Панелі управління**.

2. Включіть **Num Lock** та активуйте команду введення відрізка (див. рис. 3.8), оберіть поточний стиль лінії **Тонка** та побудуйте через початок координат дві вісі: вертикальну – Y, горизонтальну – X.

3. Активуйте команду **Неперервне введення об'єктів**. В строчці параметрів об'єкта активуйте команду **Сплайн** (рис. 3.21) та поміняйте стиль лінії сплайну на **Основна**.

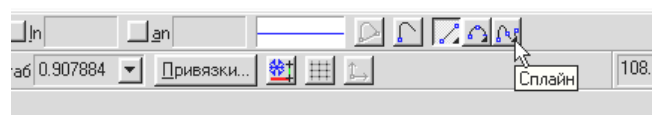


Рис. 3.21

4. Встановіть точку p_1 на початок координат, натиснувши [Ctrl+[0] та [Enter].

5. Побудуйте точку p2, активувавши поле координати X та введіть значення 5, а в полі координати Y – 10.

6. Аналогічно введіть решту точок. Після встановлення останньої точки натисніть мишкою на кнопку Створити об'єкт, а потім Перервати команду.

7. Відредагуйте координати точки p5, активувавши подвійним натисканням ЛКМ побудовану криву, після чого мишкою (одне натискання) переведіть точку p5 в стан редагування. Активуйте поле координат X та введіть значення 50, а в поле Y – 45. Натисніть [Enter] та мишкою на кнопку створити об'єкт і на вільному місці фрагмента.

В подальшому для побудови графіків слід використовувати бібліотеку побудови графіків FTD raw.

Самостійна робота №5. Використання глобальних прив'язок

Клавіатурні прив'язки – команди, які вводяться клавіатурою через натискання певних клавіш чи їхніх комбінацій. В табл.3.3 наведені всі клавіатурні прив'язки.

Підчас виконання геометричних побудов клавіатурні прив'язки виконують виключно у такій послідовності:

1. Швидко перемістіть курсор мишкою близько до потрібної точки, після чого обов'язково відпустіть мишку;

2. Виконайте точну прив'язку до точки за допомогою клавіатури (мишку не чіпати);

3. Виконайте фіксацію точки натиснувши кнопку [Enter] (мишку не чіпати);

4. Після фіксування можна продовжити роботу мишкою.

Таблиця 3.4

Клавіатурна команда	Дія програми
[.]	Переміщення курсору по нормалі в найближчу точку найближчого елемента
[5]	Переміщення курсору в найближчу характерну точку найближчого елемента
[Shift]+[5]	Переміщення курсору в середину найближчого до нього примітиву (для кола – стає в центр, для тексту – в середину поля для тексту)
[Alt]+[5]	Переміщення курсору в точку перетину двох найближчих до нього примітивів
[Ctrl][↑]	Переміщення курсору до найближчого елемента за напрямом вісі Y поточної системи координат
[Ctrl][↓]	Переміщення курсору до найближчого елемента проти напрямку вісі Y поточної системи координат
[Ctrl][→]	Переміщення курсору до найближчого елемента за напрямом вісі X поточної системи координат
[Ctrl][←]	Переміщення курсору до найближчого елемента проти напрямку вісі X поточної системи координат



Примітка: Глобальні та локальні прив'язки можна використовувати лише тоді, коли активована певна команда. Клавіатурні прив'язки можна застосовувати в будь-якому режимі редактора.

Завдання №22. Робочий кресленик пластини

Умова завдання 22

Виконати робочого кресленика пластини та її 3D (просторової) моделі. Варіанти завдання – в . табл.3.4. приклад виконання завдання на рис. 3.44.

Методичні настанови по виконанню завдання 22

1. Запускаємо програму КОМПАС.
2. Створюємо документ *Аркуш кресленика (Лист чертежа)* через команду **Файл – Створити – Аркуш** або кнопкою **Новий аркуш**  на панелі управління. Натисніть кнопку **Показати все** .
3. Будуємо прямокутник з осями будь-яким способом: за двома кутами, за центром та кутом, за довжиною та шириною. Вісі повинні знаходитись в центрі прямокутника.
4. Активувавши кнопку введення кола, будуємо коло відповідного радіуса (без осей) (рис. 3.22).

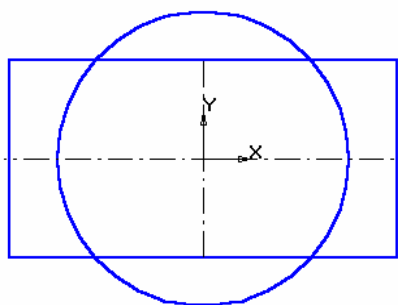


Рис. 3.22

5. Виконуємо закруглення за допомогою кнопки **Закруглення на кутах об'єкта**, використавши панель розширених команд (рис. 3.23) і встановивши необхідний радіус закруглення. Включаємо кнопку **Обробка кутів контуру** на всіх чотирьох кутах, рис. 3.24. Після встановлення параметрів закруглення натискаємо мишкою на будь-якій зі сторін прямокутника.

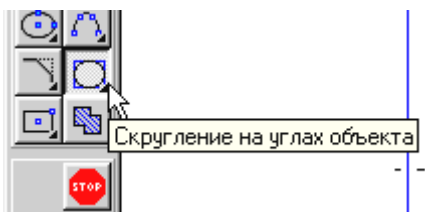


Рис. 3.23

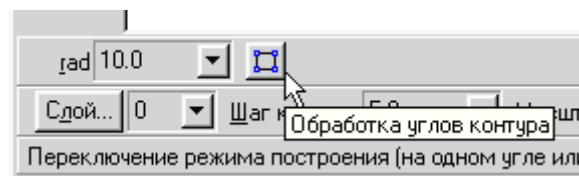


Рис.3.24

6. Отримавши кресленик у такому вигляді (рис. 3.25), видаляємо лишні лінії. Для цього активуємо сторінку *Редагувати* та кнопку *Усікти криву* (рис. 3.26).

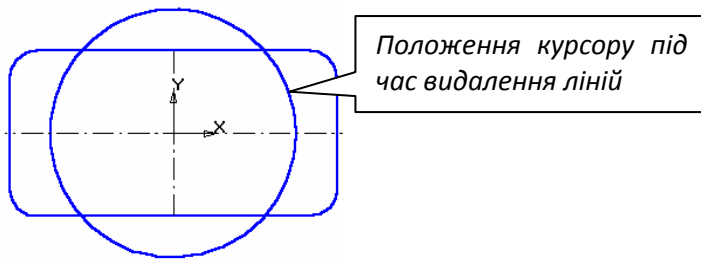


Рис. 3.25



Рис. 3.26

7. Допоміжні пази виконуємо за допомогою паралельних допоміжних прямих, визначивши ширину паза та положення центрів циліндричної поверхні пазів (рис. 3.27).

Командою *Введення відрізка* наводимо горизонтальні лінії паза (рис. 3.28).

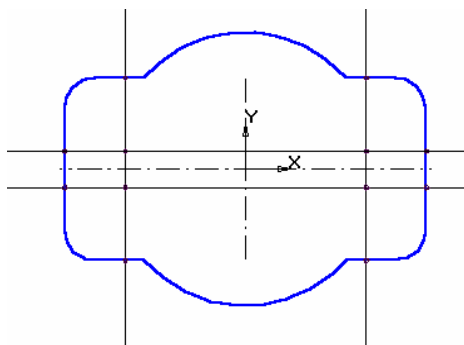


Рис. 3.27

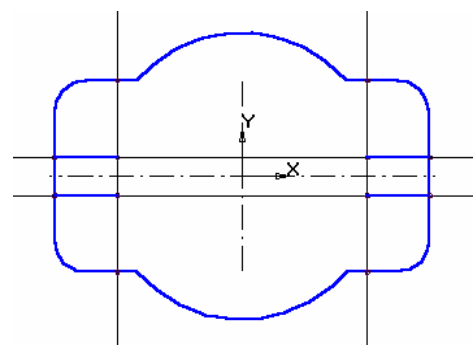



Рис. 3.28

8. Командою *Дуга за двома точками*, будуємо відповідні дуги. За необхідності міняємо напрям дуги (рис. 3.29).

9. Добудовуємо осьові лінії та видаляємо лишні.

10. Проставляємо необхідні розміри натиснувши кнопку .

Приклад виконання 3D моделі

Виконання просторової моделі (рис. 3.30) проводиться в системі КОМПАС-3D. Щоб увійти в дану систему необхідно натиснути кнопку *Нова деталь* на панелі управління (рис. 3.31).

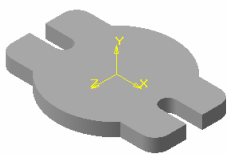


Рис. 3.30

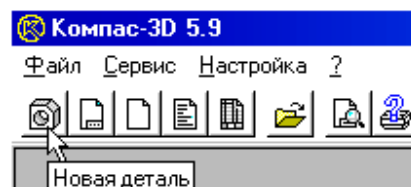


Рис. 3.31

На панелі управління з'являться кнопки для вибору типу відображення. В строчці стану знаходяться поля: **масштаб**, **поточна орієнтація**, а також **орієнтація** (рис. 3.32). Поле поточна орієнтація відображає назву орієнтації деталі (напря́м погляду спостерігача на деталь).

Інструментальна панель в режимі роботи КОМПАС-3D має дві сторінки: **панель просторових побудов** та **панель замірів** (рис. 3.33).

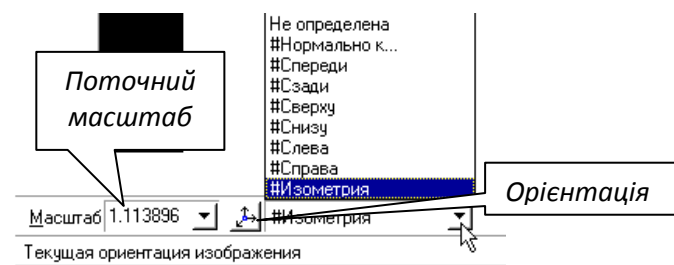


Рис. 3.32

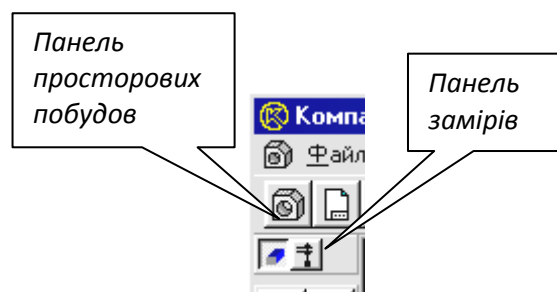


Рис. 3.33

В процесі роботи з будь-якою моделлю деталі в КОМПАС-3D, крім вікна де відображено власне модель, показано вікно **дерево побудов**.

Дерево побудов – це послідовність елементів побудови, що утворюють деталь в графічному вигляді. В дереві побудов відображаються такі елементи: початок координат, площини, вісі, ескізи та операції.

Ескіз, що використовується в певній операції, відображується в гілці дерева побудов, яка відповідна даній операції. Кожний елемент, що створюється під час побудови – автоматично виникає в дереві побудов. Будь-який елемент в дереві побудов можна перейменувати. Для цього необхідно мишкою виконати два одиночні послідовні натискання на вікні його назви і воно відкриється для редагування.

Ліворуч від назви кожного елемента в дереві побудов відображено піктограму, що ілюструє спосіб за допомогою якого цей елемент створений. Як правило піктограми відображені в дереві побудов синім кольором. Якщо об'єкт виділено, то його піктограма – зелена. Якщо об'єкт вказано для виконання певної операції, то його піктограма буде червона.

Для задавання форми об'ємних предметів в КОМПАС-3D виконується таке переміщення плоскої фігури в просторі, слід якого визначає форму предмета. В нашому випадку кресленик пластини є площиною, яку необхідно «витиснути» на певну відстань.

1. Натисніть кнопку **Нова деталь** на панелі управління. В дереві побудов відредагуйте назву моделі – замість слова «Деталь» напишіть «Пластина» та натисніть „мишкою” на полі кресленика (рис. 3. 34).

2. Оберіть орієнтацію деталі, активувавши *горизонтальну площину*, рис. 3.34 та встановіть *Вид зверху* або *Нормально до ...* (рис. 3.35).

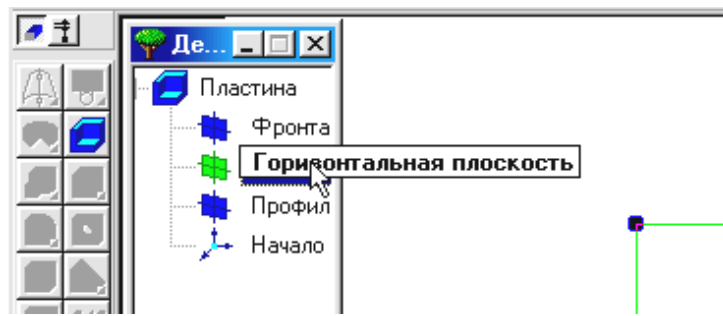


Рис. 3.34

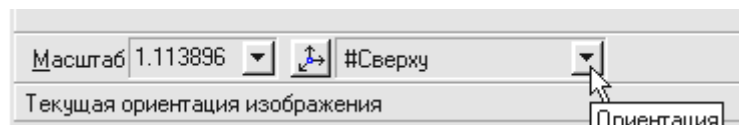


Рис. 3.35

3. Створіть ескіз у обраній площині. Для цього натисніть кнопку *Новий ескіз* на панелі управління (рис. 3.36). Система перейде в режим редагування ескізу.

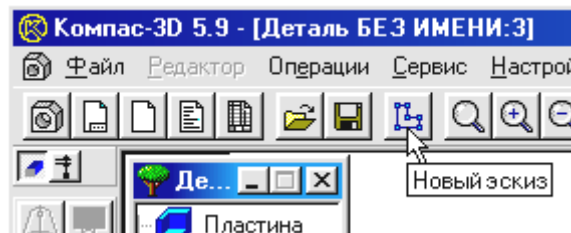


Рис. 3.36

Для виконання елемента витискування необхідно врахувати такі вимоги до ескізу:

- в ескізі деталі може бути один або декілька контурів;
- якщо контур один, то він може бути розімкнутим або замкнутим;
- якщо контурів декілька, всі вони мають бути замкнутими;
- якщо контурів декілька, один з них має бути зовнішнім, а інші, вкладеними в нього;
- допускається один рівень вкладення контурів.

4. Відкрийте свій (попередньо виконаний) варіант пластини та натисніть кнопку *Виділення* (рис.3.37), активувавши кнопку *Виділити все*.

5. Виконайте копію кресленника, натиснувши кнопку *Копіювати в буфер* на панелі управління (рис. 3.38). На запит системи *Вкажіть положення базової точки або введіть її координати* помістіть курсор в початок координат і натисніть ЛКМ, а потім на вільному місці кресленника. Згорніть кресленник або закрийте його. Переходимо до копіювання кресленника

безпосередньо в режимі редагування ескізу. Натисніть кнопку **Вставити з буфера** (рис. 3.38).

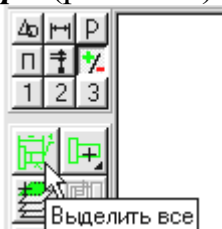


Рис. 3.37

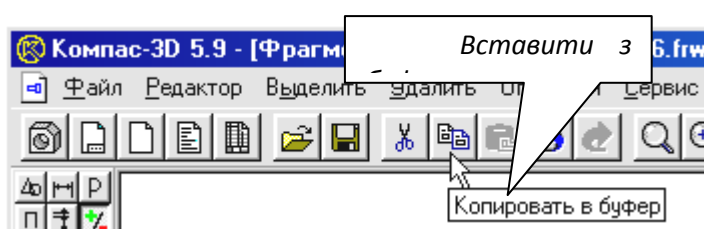


Рис.3.38

Помістіть базову точку в початок координат [Ctrl]+[0], клацніть ЛКМ та натисніть кнопку **Перервати команду**. За необхідності, зменшіть масштаб зображення за допомогою відповідних кнопок (рис. 3.39).

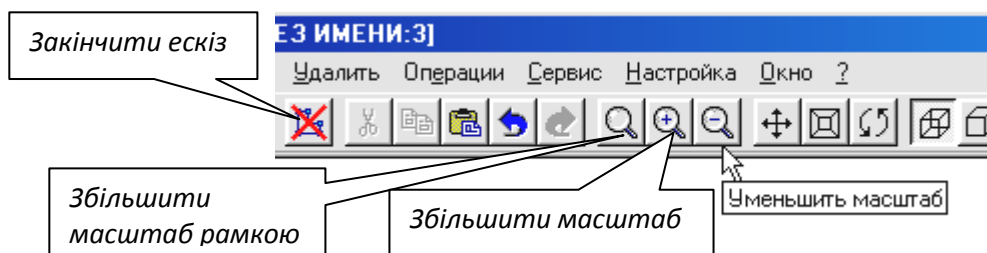


Рис. 3.39

6. Натисніть кнопку **Закінчити ескіз** (рис. 3.39) і система повернеться в режим тривимірних побудов. В дереві побудов з'явиться напис **Ескіз**, його піктограма – зеленого кольору.

7. Для створення елемента «**Витискання**» визвіть з меню **Операції** команду **Операція витискання** або натисніть кнопку **Операція витискання** на панелі управління (рис. 3.40, 3.41).

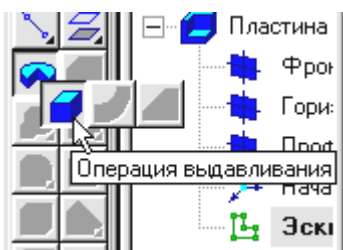


Рис. 3.40

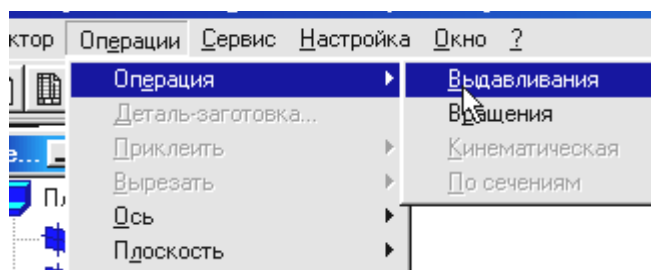


Рис. 3.41

8. Вкажіть параметри операції витискання, встановивши значення величини витискання за своїм варіантом (рис. 3.42).

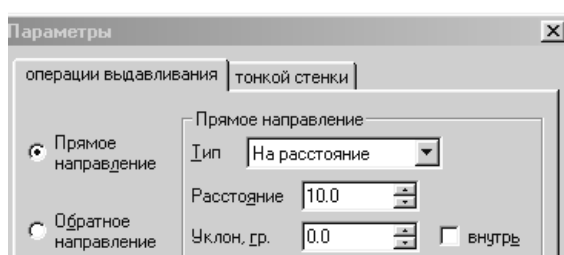


Рис. 3.42

9. Оберіть орієнтацію **Ізометрія** (див. рис. 3.35).

Для обертання деталі натисніть кнопку **Обертати деталь** на панелі управління (рис. 3.43). Натисніть ЛКМ у вікні деталі і, утримуючи її переміщуйте курсор – деталь буде обертатись навколо центральної точки габаритного паралелограма, напрям обертання залежить від напрямку переміщення курсору.

Якщо є потреба перемістити деталь на екрані, слід використовувати кнопку **Зсунути**. Натисніть ЛКМ, та утримуючи її перемістіть курсор на екрані.

Для плавної зміни масштабу відображення зручно використовувати кнопку **Наблизити/віддалити**. Помістіть курсор на зображення, натисніть ЛКМ, утримуючи її перемістіть курсор на екрані вгору – масштаб зображення збільшиться, вниз – зменшиться.

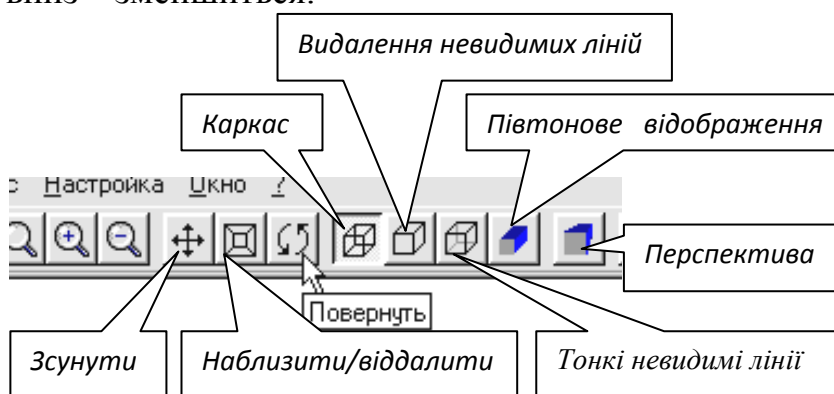


Рис. 3.43

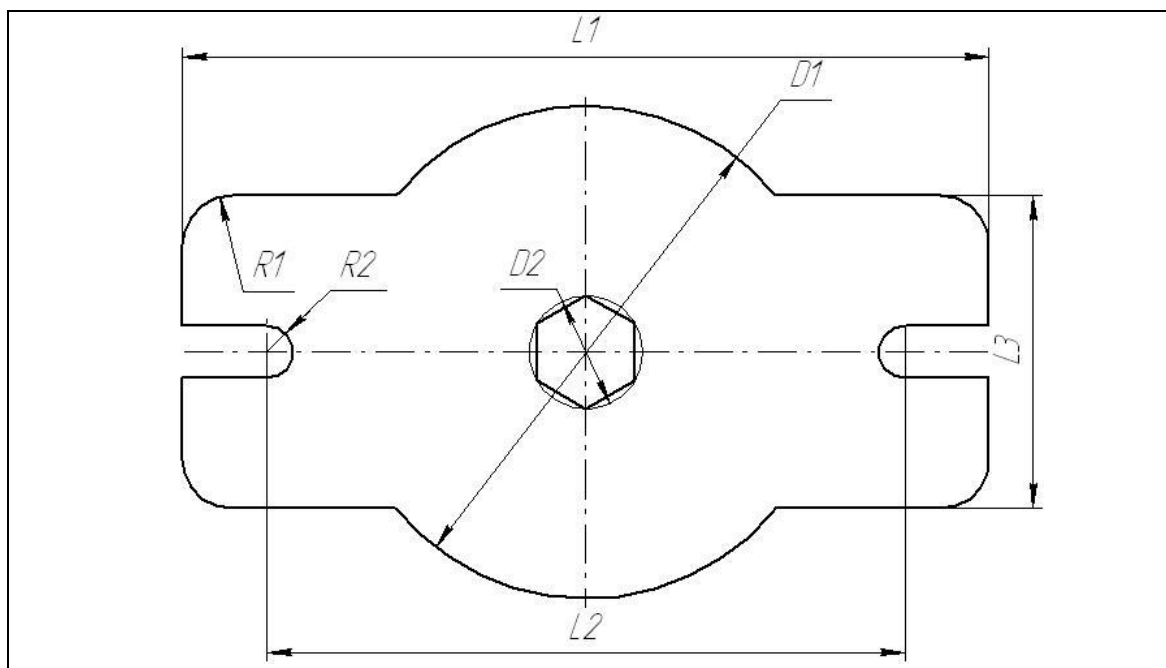
Примітка: для швидкого переходу до обертання деталі (без виклику спеціальної команди) використовують комбінації клавіш **[Ctrl]+[Shift]+[↑]** та **[Ctrl]+[Shift]+[↓]** – деталь обертається у вертикальній площині, перпендикулярній площині екрану. Використовуючи комбінації **[Ctrl]+[Shift]+[←]** та **[Ctrl]+[Shift]+[→]** – деталь обертається у горизонтальній площині екрану.

Якщо необхідно обернути деталь в площині екрану, використовують клавіатурні комбінації **[Alt]+[→]** та **[Alt]+[←]**. Для повороту деталі на 90°, використовують такі комбінації: **[Пробіл]+[↓]**, **[Пробіл]+[↑]**, **[Пробіл]+[←]**, **[Пробіл]+[→]**, **[Alt]+[↑]**.

10. Встановіть необхідний тип відображення деталі, використавши кнопки: **каркас**, **видалення невидимих ліній**, **невидимі лінії тонкі**, **півтонове відображення** та **перспектива** (див. рис. 3.43).

Варіанти до завдання 22

Таблиця 3.5. Варіанти до завдання 22



Варіант	D1	D2	L1	L2	L3	R1	R2
1	100	21	155	125	95	5	7,5
2	120	30	152	122	92	10	9
3	110	10.5	150	120	90	12	8
4	130	15	160	130	80	14	5
5	90	19	130	100	70	6	6
6	105	20	140	110	80	8	9
7	115	20.5	150	120	90	10	7
8	125	17	155	125	95	12	8
9	95	22	135	105	75	5	10
10	100	20	140	110	80	6	9
11	110	31	125	95	85	8	8
12	115	36	130	100	70	10	7
13	130	37	150	120	90	12	6
14	125	17	140	110	80	14	8
15	110	18	120	90	70	18	5
16	100	21	155	125	95	5	7,5
17	120	30	152	122	92	10	9
18	110	10.5	150	120	90	12	8
19	130	15	160	130	80	14	5
20	90	19	130	100	70	6	6
21	105	20	140	110	80	8	9
22	115	20.5	150	120	90	10	7
23	125	17	155	125	95	12	8
24	95	22	135	105	75	5	10
25	100	20	140	110	80	6	9
26	110	31	125	95	85	8	8
27	115	36	130	100	70	10	7
28	130	37	150	120	90	12	6
29	125	17	140	110	80	14	8
30	110	18	120	90	70	18	5

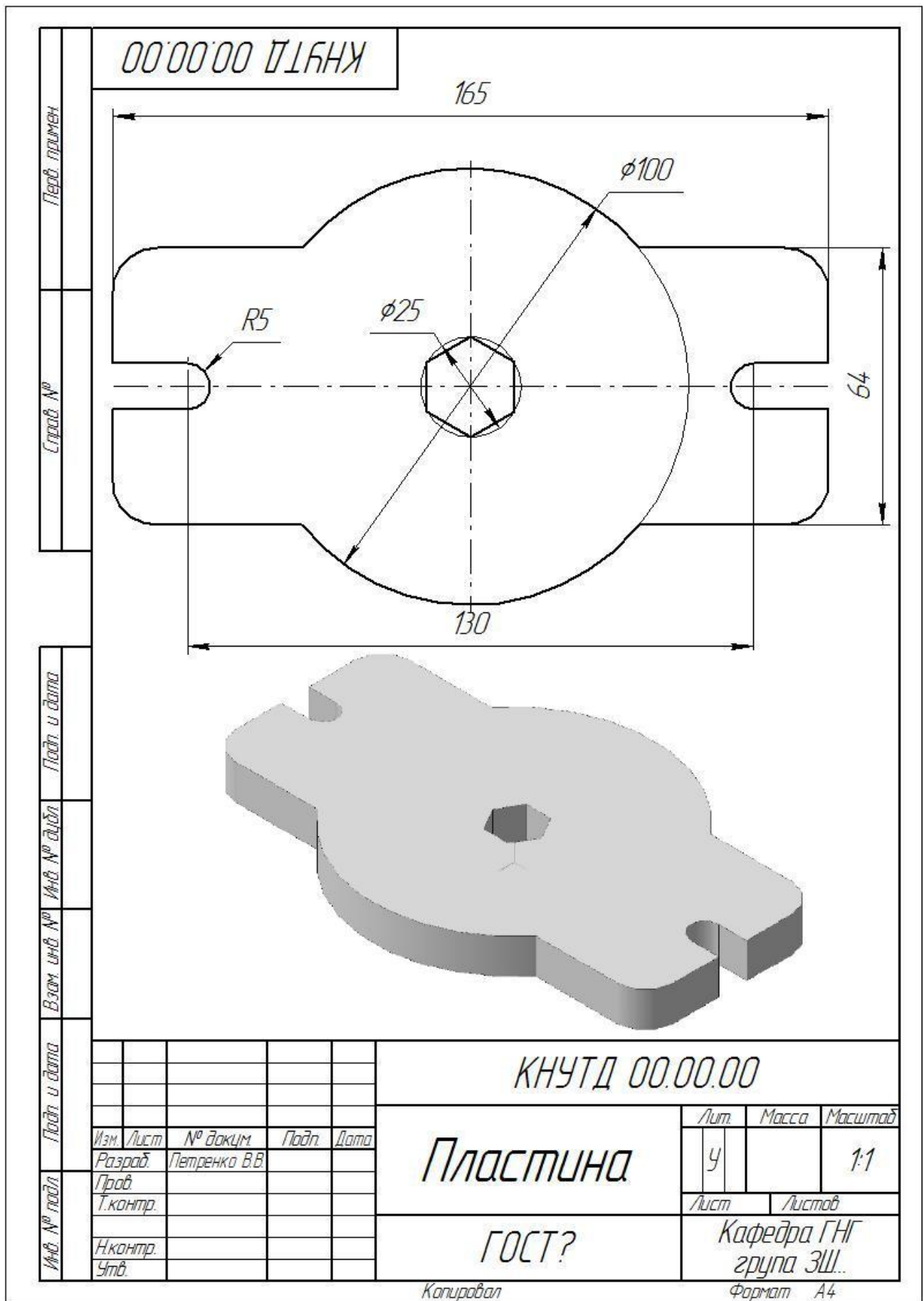


Рис. 3.44. Приклад виконання завдання 21

Завдання №23. Робочий кресленик деталі „Втулка”

Умова завдання 23

Виконати робочий кресленик деталі „Втулка” та її 3D (просторової) моделі.

Варіанти завдання – в табл.3.5. приклад виконання завдання на рис. 3.45, 3.78.

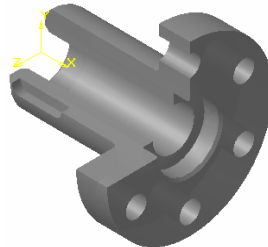


Рис. 3.45

Методичні настанови по виконанню завдання 23

1. Створіть новий документ типу *Аркуш кресленика* (Файл – Створити – Аркуш).

2. Встановіть формат документа (A3) за допомогою команди *Налаштування – Параметри поточного аркуша*.

3. Збережіть документ зі своєю назвою в папці своєї групи.

4. Кресленик деталі містить три зображення в масштабі 1:1 – головний вид, суміщений з фронтальним розрізом, розріз А–А та винесений переріз Б–Б. За допомогою команди *Компоновка – Створити вид*, встановіть необхідні параметри виду 1 (курсор набуде вигляду початку координат, а в строчці повідомлень з’явиться запит «Введіть координати точки прив’язки виду») Вкажіть початок координат виду 1 на форматі кресленика (за початок координат доцільно прийняти точку перетину осьової лінії з лівим торцем деталі).

5. Виконайте побудову виду та розрізу А – А без зображення шпоночного паза та глухого отвору відповідного діаметру (рис. 3.46).

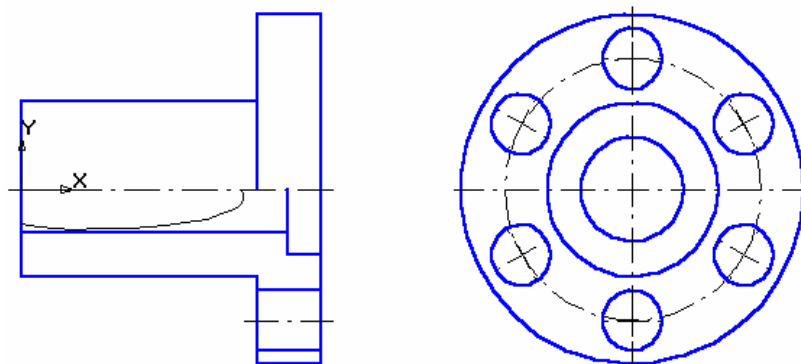


Рис. 3.46

6. Виконайте зображення шпоночного паза, використавши *Конструкторську бібліотеку*. Підключіть дану бібліотеку (*Сервіс – Підключити бібліотеку – Constr*). Виберіть розділ *Шпонки – Шпоночний паз ГОСТ 23360-78* (рис. 3.47).

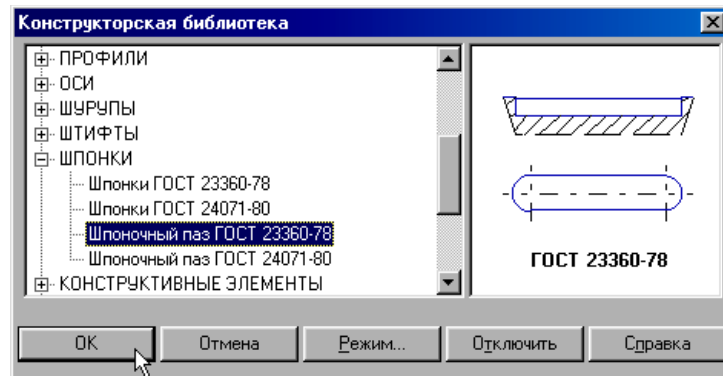


Рис. 3.47

Встановіть необхідні параметри: інтервал діаметрів вала – 38-44 мм, довжина – 30 мм, вид зверху. Помістіть зображення паза на головний вид, виконайте штриховку (рис. 3.48).

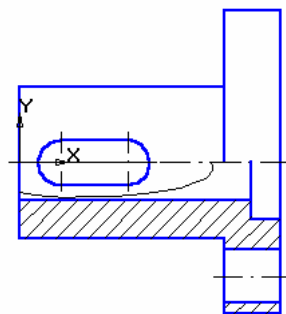


Рис. 3.48

7. Виконайте побудову глухого отвору відповідного діаметру. Оскільки вісь отвору розташована під кутом 60° до фронтальної площини, то на головному виді лінію перетину двох поверхонь умовно зобразити у вигляді еліпса, а на розрізі А–А отвір зображується без спотворення. Тому, побудову слід починати на розрізі А – А.

Для цього проведіть допоміжну пряму під кутом 30° . Відносно побудованої прямої проведіть дві допоміжні прямі на відстані, що дорівнює діаметру отвору (за варіантом). За допомогою команди допоміжних побудов

Перпендикулярна пряма або **Дотична пряма через точку кривої** побудуйте пряму *a*, а потім командою **Паралельна пряма** на необхідну відстань (глибина отвору за варіантом) від прямої *a* пряму *b* (рис. 3.49).

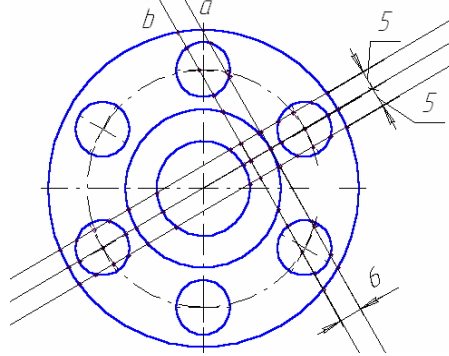


Рис. 3.49

Наведіть отвір, видаліть допоміжні прямі та виконайте штриховку з параметрами аналогічними фронтальному розрізу (рис. 3.50). Будемо отвір на головному виді. Проводимо допоміжну пряму *a*, яка визначить положення вісі отвору (на вісі *x* за варіантом), рис. 3.51.

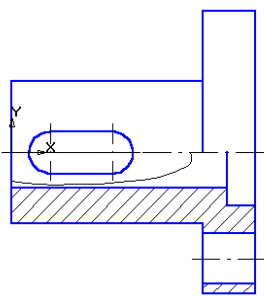


Рис. 3.50

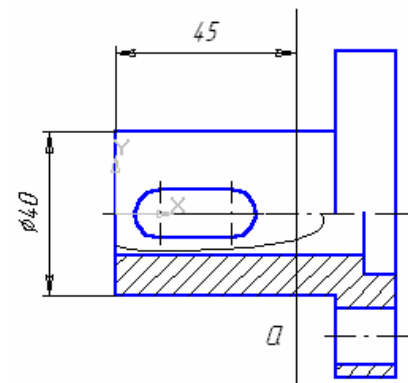
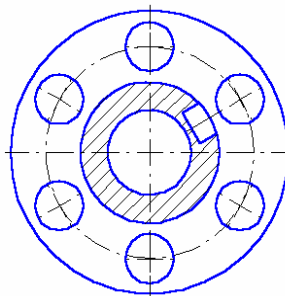


Рис. 3.51

Побудуйте допоміжні горизонтальні прямі через точки 1,2,3,4 (переріз А–А, рис. 3.52).

На головному виді точки 1 та 4 визначають положення центрів еліпсів. Велика вісь еліпсів дорівнює діаметру отвору. Командою **Еліпс** (рис. 3.53) будуємо два еліпса з центрами в точках 1 та 4 (рис. 3.54).

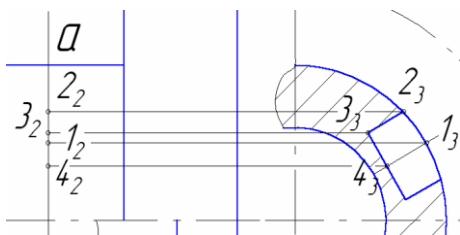


Рис. 3.52



Рис. 3.53

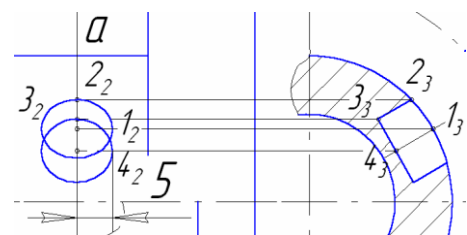


Рис.3.54

8. Видаляємо зайві лінії, проставте розміри та позначте розрізи (рис. 3.55).

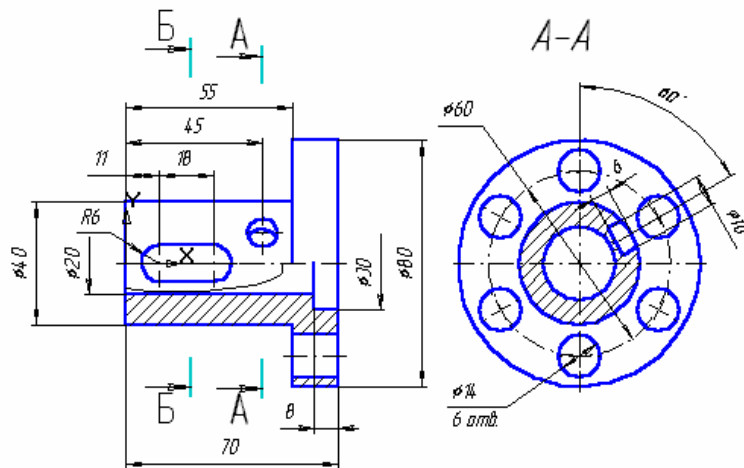


Рис. 3.55

9. Виконання винесеного перерізу Б–Б. Використаємо *прикладну бібліотеку Компас*. Виберіть *Геометричні фігури, Паз, Вид з боку* та натисніть *Ок* (рис. 3.56).

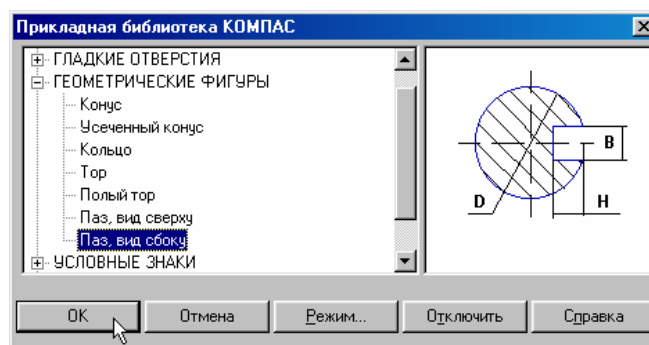


Рис. 3.56

В новому вікні (рис. 3.57) двічі натисніть на слові *Параметри*. Введіть потрібні дані та відключіть штриховку (рис. 3.58). Зафіксуйте зображення, що з'явилося на екрані. Побудуйте коло необхідного діаметру та виконайте штриховку.

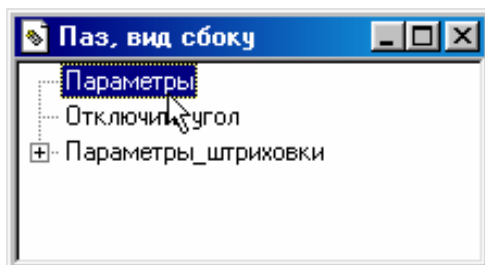


Рис. 3.57

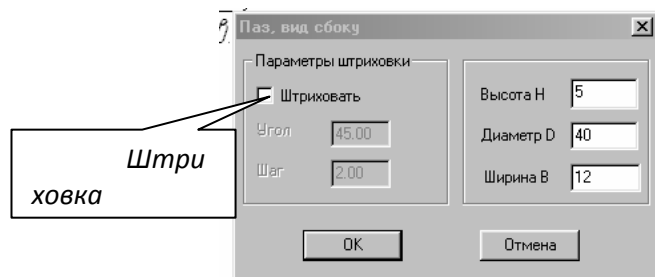


Рис. 3.58

Проставте розміри та виконайте напис Б–Б.
10. Заповніть основний напис.

Виконання просторової моделі.

1. Створити **Нову деталь** та зберегти під відповідним іменем. Відредагуйте слово «Деталь» в Дереві побудов, замінивши його словом «Втулка».

2. Для побудови основи – циліндричних поверхонь, активуйте фронтальну площину та встановіть орієнтацію «**Вид спереду**». Активуйте кнопку **Новий ескіз** на панелі управління.

3. Виконайте ескіз (рис. 3.59) та натисніть кнопку **Завершити ескіз**. Активуйте операцію **Обертання**. Встановіть параметри обертання – **Сферойд, два напрями по 180°, без тонкої стінки**. Встановіть орієнтацію **Ізометрія** (рис. 3.60).

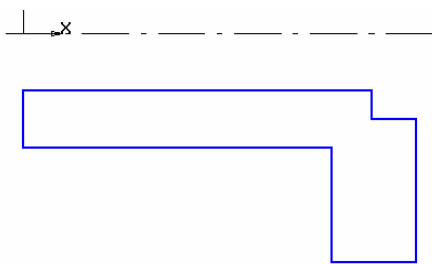


Рис. 3.59

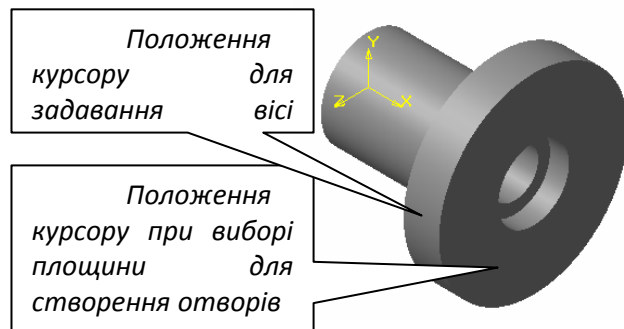


Рис. 3.60

4. Виконайте 6 отворів необхідного діаметру, розташованих рівномірно на основі циліндричної поверхні. Курсором вкажіть площину де будуть отвори (див. рис. 3.59). Коли курсор набуде характерного вигляду для вибору грані, натисніть ЛКМ та виберіть орієнтацію деталі **Нормально до....** Активуйте **Новий ескіз** та виконайте коло потрібного діаметру (рис. 3.61). Натисніть кнопку **Закінчити ескіз** та виконайте операцію **Вирізаня витисканням**, встановивши в параметрах **Через всю деталь** або задавши необхідну товщину вирізаня. Виберіть орієнтацію **Ізометрія**.

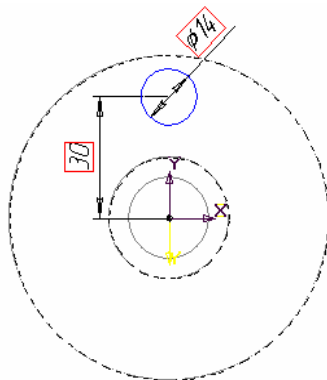


Рис. 3.61

5. Для копіювання отворів задайте **Вісь операції**, активувавши кнопку Вісь конічної поверхні (рис. 3.62).

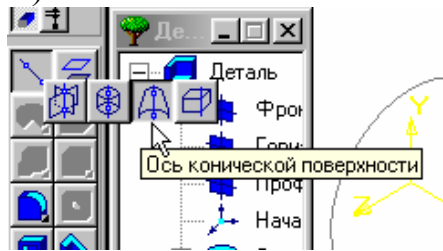


Рис. 3.62

Вкажіть курсором циліндричну поверхню (див. рис. 3.60). Коли курсор набуде характерного вигляду, натисніть ліву кнопку мишки. **Вісь операції** виконана і вона відобразиться в дереві побудов (рис. 3.63). Активуйте кнопку Копія по концентричній сітці (рис. 3. 64) та вкажіть параметри копіювання (рис. 3.65).

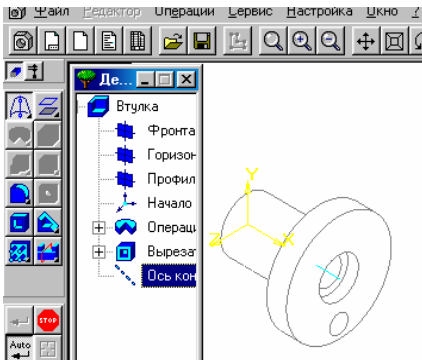


Рис. 3. 63

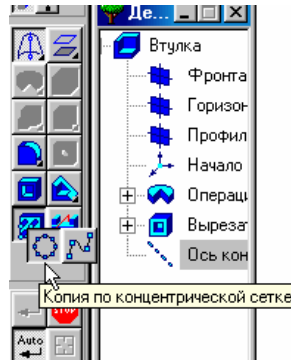


Рис. 3.64

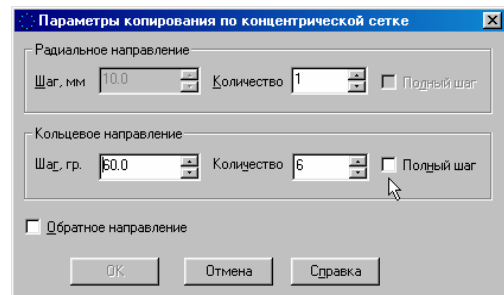


Рис. 3.65

На запит системи **Вкажіть вісь** або **ребро** або **джерело операції**, вкажіть курсором **Вісь операції** в дереві побудов та натисніть ЛКМ. Вісь набуде червоного кольору. На запит системи **Вкажіть операції – джерело**, помістіть курсор на піктограму операції **Вирізка витискуванням** в дереві побудов. Вона теж набуде червоного кольору. У вікні параметрів копіювання по концентричній сітці натисніть кнопку ОК. Отвори побудовані.

6. Побудуйте шпоночний паз. Для виконання ескізу шпоночного паза потрібно задати площину. Такою площиною буде **Зміщена площина**, яка віддалена від фронтальної площини на відстань радіуса циліндричної поверхні (можна побудувати також дотичну площину). Активуйте кнопку Зміщена площина (рис. 3.66).



Рис. 3.66

На запит системи **Вкажіть базову площину**, натисніть лівою кнопкою в дереві побудов на **Фронтальній площині**. В строчці параметрів (рис. 3.67а) вкажіть необхідну величину зміщення (dis) та натисніть кнопки **Створити об'єкт** та **Перервати команду**. Вкажіть курсором створену площину. Коли курсор набуде характерного вигляду (рис. 3.67б), натисніть ЛКМ. Виберіть орієнтацію **Вид спереду**.

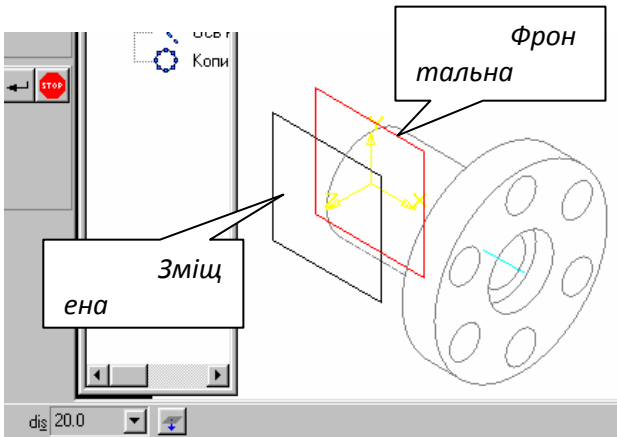


Рис. 3.67а

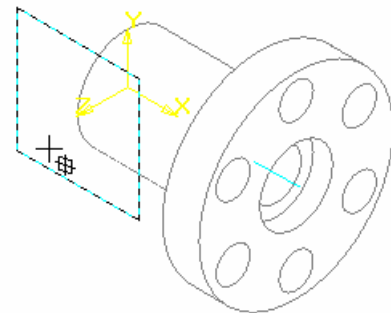


Рис. 3.67б

Активуйте в меню **Операції – Ескіз з бібліотеки**. Виберіть розділ **Пази та бобишки** і відкрийте Паз 1 (рис. 3.68), але не поспішайте натискати кнопку **Створити**, оскільки початок координат бібліотечного фрагмента суміститися з початком координат площини на якій виконаний ескіз. Тому потрібно розблокувати поле **p** в **Строчці параметрів об'єктів** та вказати початок координат ескізу мишкою або ввести координати в поле **p** (рис. 3.69), потім натиснути кнопку бібліотекаря ескізів «**Створити**» (рис. 3.68).

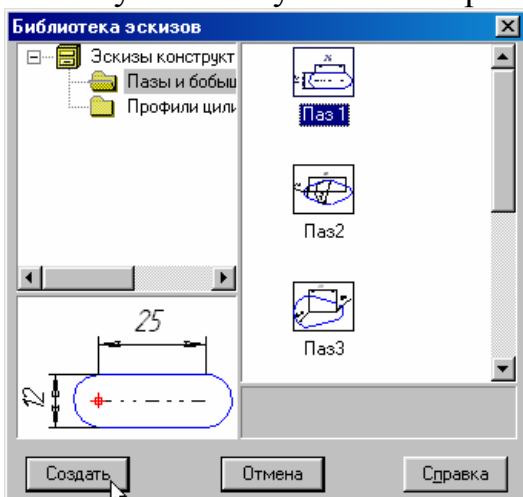


Рис. 3.68

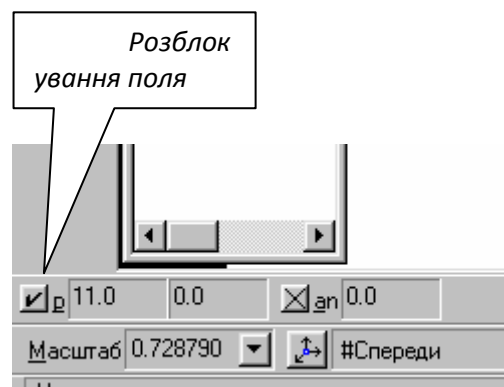


Рис. 3.69

Проставте розміри паза (рис. 3.70). Для цього потрібно відредагувати ескіз, активувавши його. Двічі натисніть на розмір довжини паза, встановіть потрібний розмір та натисніть на вільному полі кресленика. **Завершити ескіз**.

Виконайте паз за допомогою операції **Вирізати витисканням** на потрібну величину (рис. 3.71).

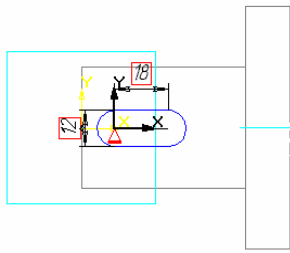


Рис. 3.70

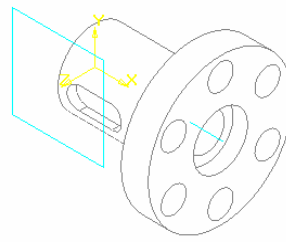

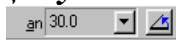


Рис. 3.71

8. Виконайте глухий отвір за заданим діаметром. Для цього необхідно побудувати площину дотичну до циліндричної поверхні та нахилену до горизонтальної площини під певним кутом (згідно варіанту). Щоб побудувати таку площину спочатку будуємо площину, що проходить через вісь обертання та нахилену до горизонтальної площини під потрібним кутом. Активуємо кнопку **Площина під кутом до іншої площини** . На запит системи **Вкажіть площину або ребро** активуйте горизонтальну площину в дереві побудов. На запит системи **Вкажіть ребро або призначте площину** вкажіть в дереві побудов **Вісь конічної поверхні**. Змініть знак кута  та натисніть **Створити об'єкт**.

Активуйте кнопку **Дотична площина** (рис. 3.72)

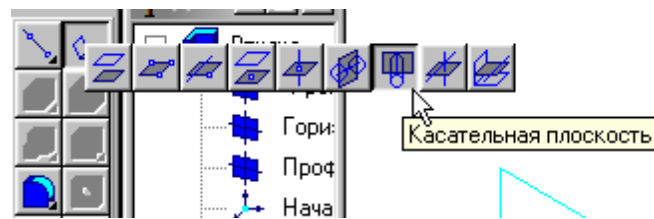


Рис. 3.72

На запит системи **Вкажіть циліндричну або конічну поверхню, до якої побудувати дотичну площину**, підведіть курсор до циліндричної поверхні та натисніть ЛКМ (рис. 3.73). На запит системи **Вкажіть плоску грань або конструктивну площину, що проходить через вісі поверхні**, підведіть курсор до похилої площини та натисніть ЛКМ (рис. 3.74).

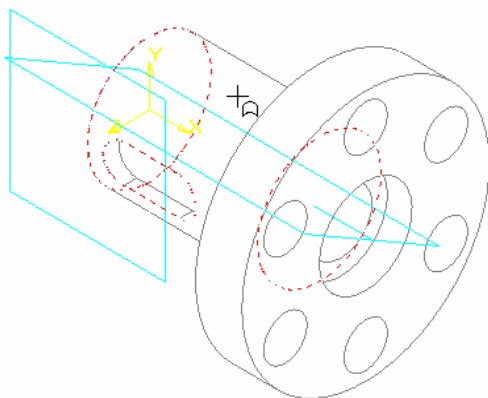


Рис. 3.73

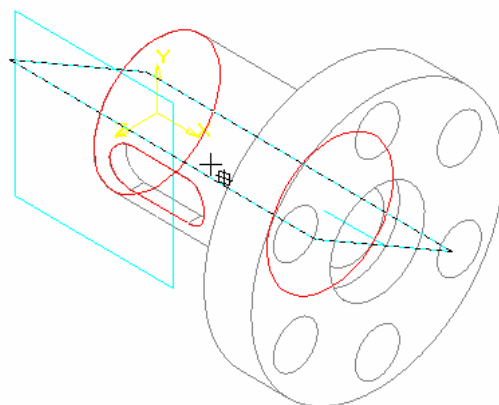



Рис. 3.74

Якщо необхідно, натисніть кнопку **Змінити положення** . Зафіксуйте вибрану дотичну площину (рис. 3.75) кнопкою **Створити об'єкт**. Активуйте побудовану дотичну площину та оберіть орієнтацію **Нормально до...** (рис. 3.76).

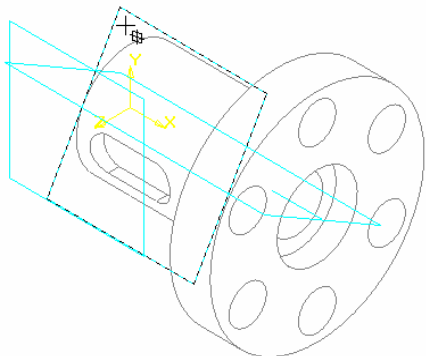


Рис. 3.75

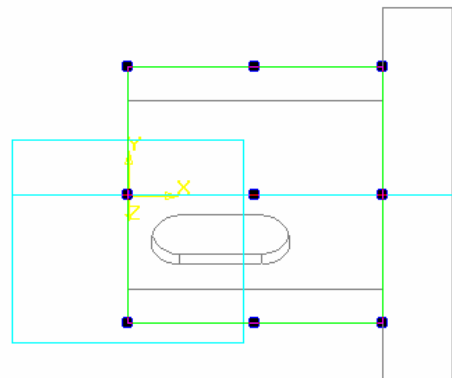


Рис. 3.76

Активуйте режим редагування ескізу, натиснувши кнопку **Новий ескіз** та побудуйте отвір потрібного діаметру з відповідними координатами його центру (рис. 3.77).

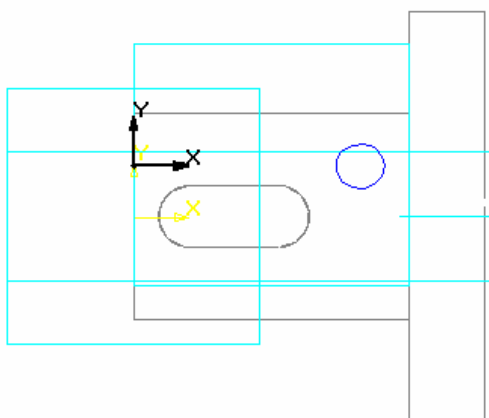


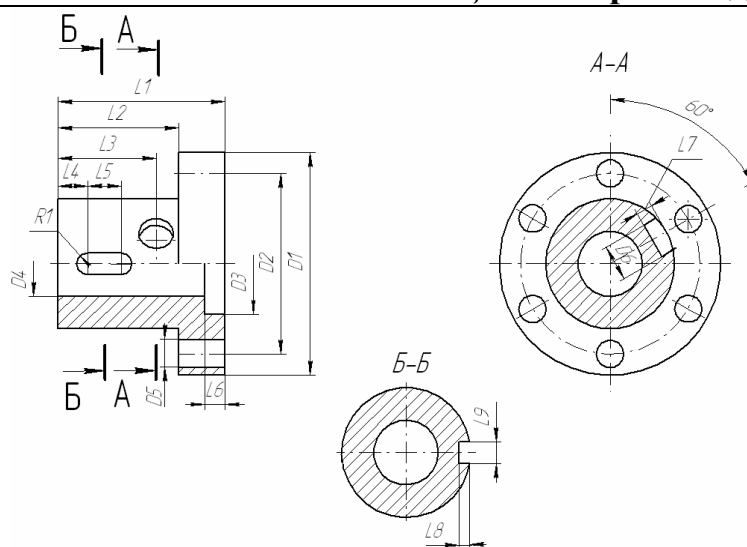
Рис. 3.77

Завершіть ескіз та виконайте операцію **Вирізання витисканням** на задану відстань.

Поконайте потрібний розріз, попередньо обравши орієнтацію **Вид зліва** та сховайте конструктивні площини та вісі, використавши меню **Сервіс**.

Варіанти до завдання 23

Таблиця 3.6 Варіанти до завдання 23



Варіант	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	D1	D2	D3	D4	D5	D6	R1
1	70	55	45	11	18	8	6	3	12	80	606	30	20	14	10	6
2	72	54	44	12	16	10	5	4	16	82	62	32	22	12	8	8
3	74	52	42	13	14	6	4	3	10	84	64	26	16	10	12	5
4	75	50	40	14	12	8	3	5	12	86	66	28	18	14	12	6
5	78	55	45	15	10	10	6	3	10	88	68	30	20	12	10	5
6	70	54	46	16	18	12	5	4	16	90	70	32	22	10	8	8
7	72	525	44	20	16	6	4	3	20	92	72	28	18	14	12	10
8	74	50	42	12	14	6	3	5	16	94	74	30	20	12	10	8
9	75	55	45	13	12	8	6	4	12	96	76	32	22	10	8	6
10	70	54	44	14	10	10	5	3	10	98	78	28	18	14	12	5
11	78	52	46	12	18	12	4	5	16	80	60	32	22	12	10	8
12	72	50	44	15	16	6	3	4	20	82	62	30	20	10	8	10
13	74	55	46	11	18	8	6	3	12	84	64	32	22	14	12	6
14	75	52	44	11	16	10	5	5	12	86	66	30	20	12	10	6
15	75	50	46	12	14	12	4	5	16	88	68	28	18	10	8	8
16	70	55	45	11	18	8	6	5	12	80	606	30	20	14	10	6
17	72	54	44	12	16	10	5	4	16	82	62	32	22	12	8	8
18	74	52	42	13	14	6	4	3	10	84	64	26	16	10	12	5
19	75	50	40	14	12	8	3	3	12	86	66	28	18	14	12	6
20	78	55	45	15	10	10	6	5	10	88	68	30	20	12	10	5
21	70	54	46	16	18	12	5	4	16	90	70	32	22	10	8	8
22	72	525	44	20	16	6	4	3	20	92	72	28	18	14	12	10
23	74	50	42	12	14	6	3	5	16	94	74	30	20	12	10	8
24	75	55	45	13	12	8	6	4	12	96	76	32	22	10	8	6
25	70	54	44	14	10	10	5	3	10	98	78	28	18	14	12	5
26	78	52	46	12	18	12	4	5	16	80	60	32	22	12	10	8
27	72	50	44	15	16	6	3	4	20	82	62	30	20	10	8	10
28	74	55	46	11	18	8	6	3	12	84	64	32	22	14	12	6
29	75	52	44	11	16	10	5	5	12	86	66	30	20	12	10	6
30	75	50	46	12	14	12	4	5	16	88	68	28	18	10	8	8

Завдання №24. Робочий кресленик деталі „Основа”

Умова завдання 24

Виконати робочий кресленик деталі «Основа»та її 3D (просторової) моделі.

Варіанти завдання – в . табл.3.6. приклад виконання завдання на рис. 3.79 та рис. 3.94.

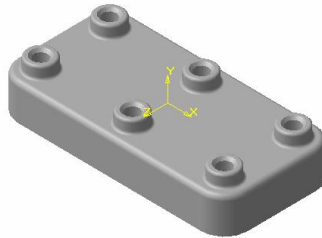


Рис. 3.79

Методичні настанови по виконанню завдання 24

1. Створіть новий документ типу *Аркуш кресленника* (Файл – Створити – Аркуш).

2. Виконайте кресленик деталі за розмірами згідно варіанту. На виді зверху виконайте основу за допомогою команди *Прямокутник по центру та вершині*, розташувавши початок координат в центрі прямокутника. Побудуйте кола, які визначають параметри «бобишки» та отвори в ній (рис. 3.80). Решта 5 «бобишок» з отворами виконайте за допомогою команди *Копія по сітці* (рис. 3.81), попередньо виділивши кола з осями.

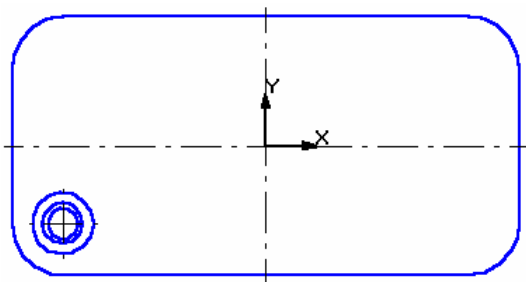


Рис. 3.80

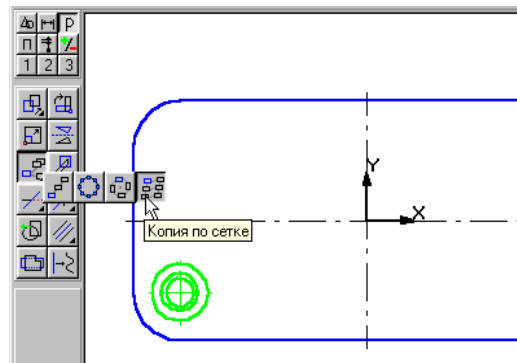


Рис. 3.81

Встановіть параметри сітки (рис. 3.82). На запит системи *Вкажіть базову точку виділених об'єктів або введіть її координати*, зафіксуйте центр виділених кіл.

Виконайте решту побудов та проставте розміри.

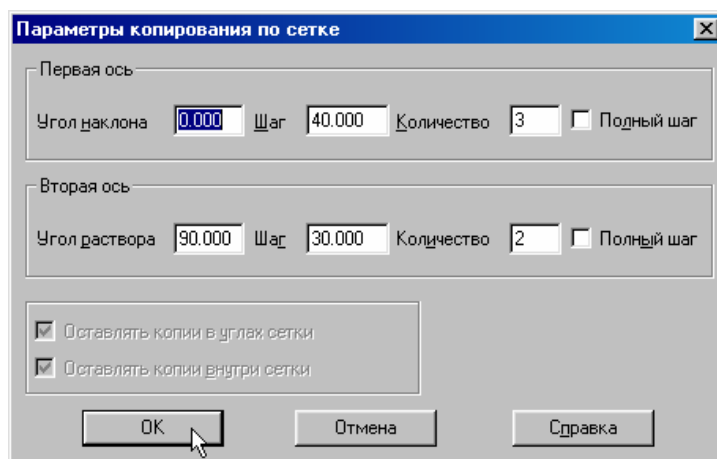


Рис. 3.82

2. Для побудови просторової моделі створіть документ *Нова деталь*. В дереві побудов відредагуйте назву деталі – «Онова» замість «Деталь».

Для побудови основи – прямокутного паралелепіпеда, активуйте *Горизонтальну площину* та встановіть орієнтацію деталі *Вид зверху*. Активуйте кнопку *Новий ескіз* на панелі управління. Виконайте прямокутник за потрібними розмірами та радіусом скруглення згідно варіанту. Натисніть кнопку *Закінчити ескіз*. Активуйте операцію *Витискання* та встановіть відповідні параметри. Оберіть орієнтацію деталі *Ізометрія* (рис. 3.83).

3. Для виконання «бобишків» вкажіть верхню площину основи та натисніть кнопку *Новий ескіз*. Побудуйте коло відповідного радіуса та координатами центра (рис. 3.84). Завершіть виконання ескізу та за допомогою команди *Приклеїти витисканням на відстань* створіть «бобишку» (рис. 3.85).

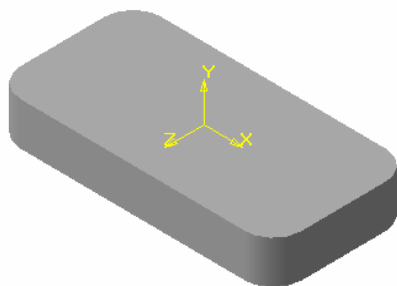


Рис. 3. 83

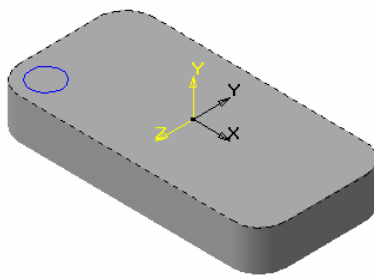


Рис. 3.84

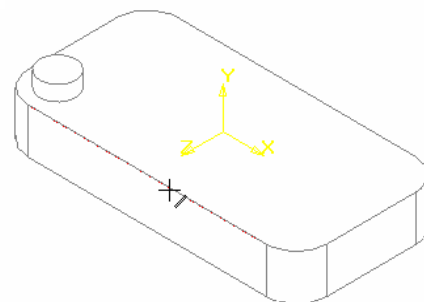


Рис. 3.85

4. Виконайте скруглення на основі, вказавши одне ребро (див. рис. 3.85) та натисніть кнопку *Фаска*. Вкажіть параметри радіуса скруглення та поставте «галочку» в строчку *Продовжити по дотичним ребрам* (рис. 3. 86). Виконайте решту скруглень.

5. Виконайте В «бобищі» отвір, вказавши верхню площину «бобишки» та використавши бібліотеку отворів (рис. 3.87).

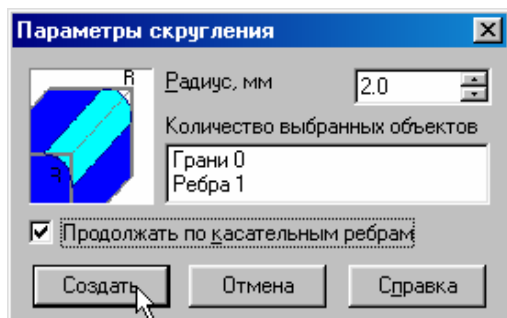


Рис. 3.86

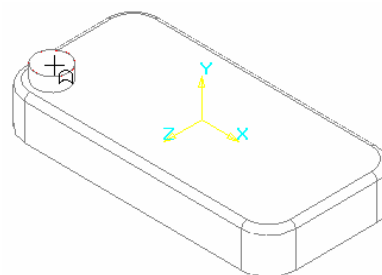


Рис. 3.87

Активуйте в меню *Операції – Отвір* (рис. 3.88). Виберіть потрібний отвір (рис. 3.89) та вкажіть спочатку d , а потім D , спосіб побудови *Через всю деталь*.

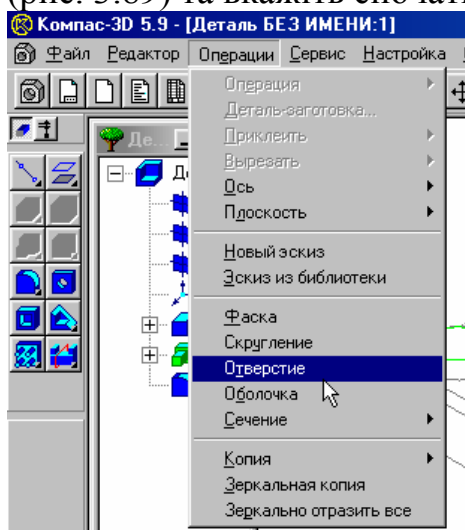


Рис. 3.88

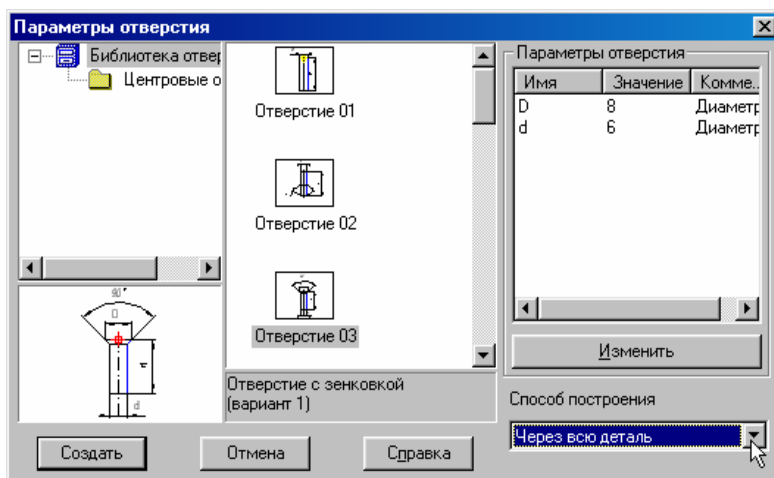


Рис. 3.89

Відключіть знак X на точці прив'язки та задайте координати центру отвору, після чого натисніть кнопку у вікні *Параметри отвору – Створити* (рис. 3.90).

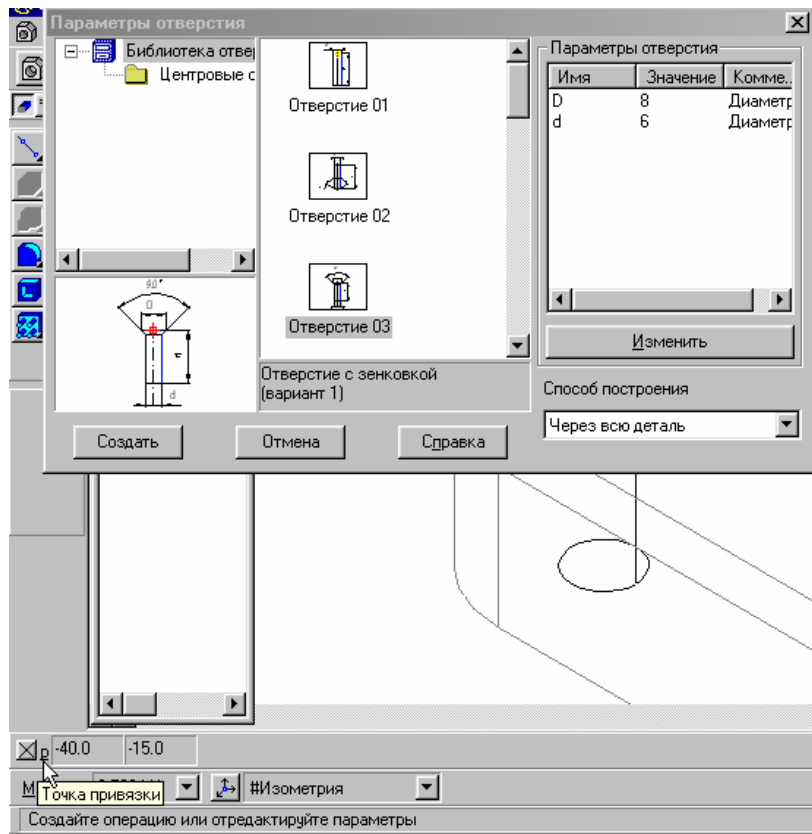


Рис. 3.90

6. Скопіюйте «бобишки» з отворами та округленнями за допомогою команди Копія по сітці, внесіть у віконця потрібні параметри (рис. 3.91). На запит системи **Вкажіть операції – джерела або відредагуйте параметри**, активуйте в дереві побудов операції: **Приклеїти**, **Округлення (для бобишків)**, **Отвір** (рис. 3.92), після чого натисніть кнопку ОК у вікні Параметри копіювання по сітці. Просторова модель деталі готова.

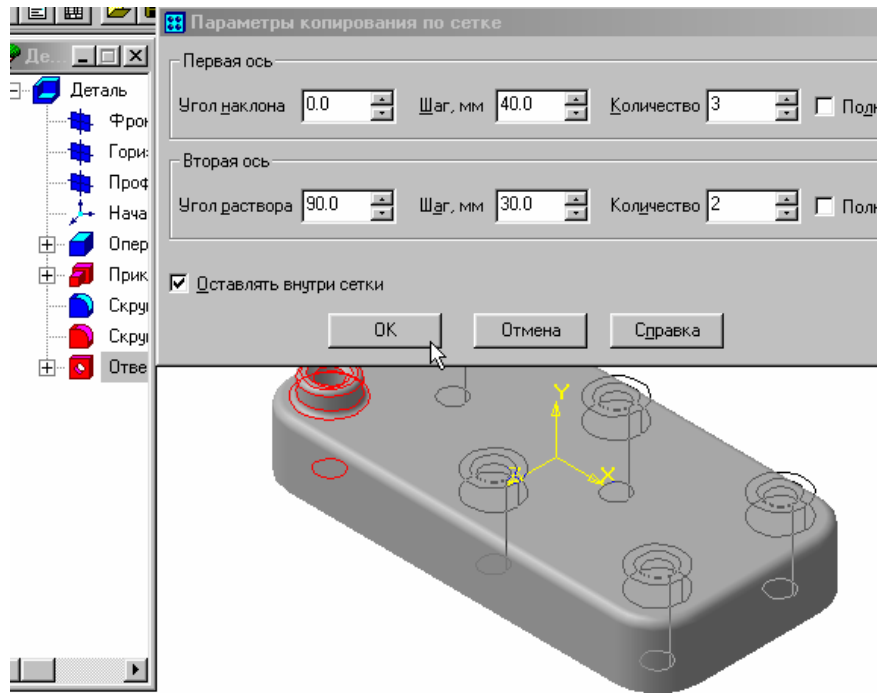
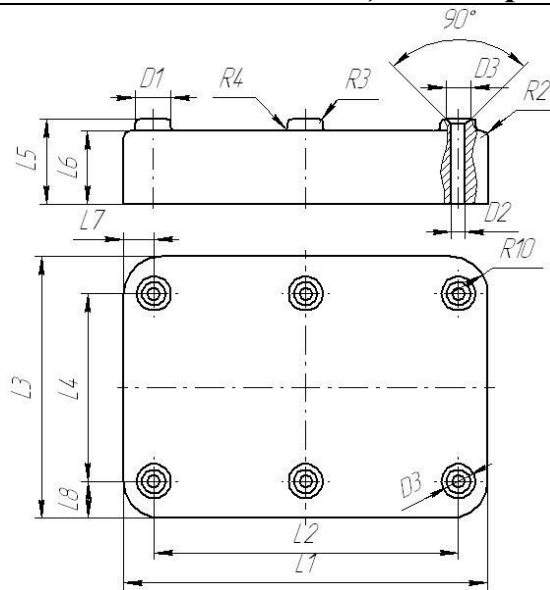


Рис. 3.93

Варіанти до завдання 24

Таблиця 3.6 Варіанти до завдання 24



Варіант	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	D1	D2	D3	R1	R2	R3	R4
1	100	80	50	30	20	15	10	10	12	6	8	10	2	1	1
2	110	90	55	40	25	15	10	7.5	10	5	7	8	1.5	1	1
3	120	100	60	50	30	20	10	5	14	6	8	6	2	1	1
4	130	110	65	50	35	25	10	7.5	14	5	8	12	1.5	1	1
5	140	120	70	50	40	30	10	10	12	5	8	10	2	1	1
6	100	80	50	30	20	15	10	10	10	6	8	8	1.5	1	1
7	110	90	55	40	25	15	10	7.5	14	5	7	6	2	1	1
8	120	100	60	50	30	20	10	5	12	6	8	12	1.5	1	1
9	130	110	65	50	35	25	10	7.5	10	5	8	10	2	1	1
10	140	120	70	40	40	30	10	15	14	6	8	8	1.5	1	1
11	100	80	50	30	20	15	10	10	12	5	7	6	2	1	1
12	110	90	55	40	25	15	10	7.5	10	6	8	12	1.5	1	1
13	120	100	60	50	30	20	10	10	14	5	8	10	2	1	1
14	130	110	65	50	35	25	10	7.5	12	6	8	8	1.5	1	1
15	140	120	70	50	40	30	10	10	10	5	7	6	2	1	1
16	100	80	50	30	20	15	10	10	12	6	8	10	2	1	1
17	110	90	55	40	25	15	10	7.5	10	5	7	8	1.5	1	1
18	120	100	60	40	30	20	10	10	14	6	8	6	2	1	1
19	130	110	65	50	35	25	10	7.5	14	5	8	12	1.5	1	1
20	140	120	70	50	40	30	10	10	12	5	8	10	2	1	1
21	100	80	50	30	20	15	10	10	10	6	8	8	1.5	1	1
22	110	90	55	40	25	15	10	7.5	14	5	7	6	2	1	1
23	120	100	60	40	30	20	10	10	12	6	8	12	1.5	1	1
24	130	110	65	50	35	25	10	7.5	10	5	8	10	2	1	1
25	140	120	70	40	40	30	10	15	14	6	8	8	1.5	1	1
26	100	80	50	30	20	15	10	10	12	5	7	6	2	1	1
27	110	90	55	40	25	15	10	7.5	10	6	8	12	1.5	1	1
28	120	100	60	40	30	20	10	10	14	5	8	10	2	1	1
29	130	110	65	50	35	25	10	7.5	12	6	8	8	1.5	1	1
30	140	120	70	50	40	30	10	10	10	5	7	6	2	1	1

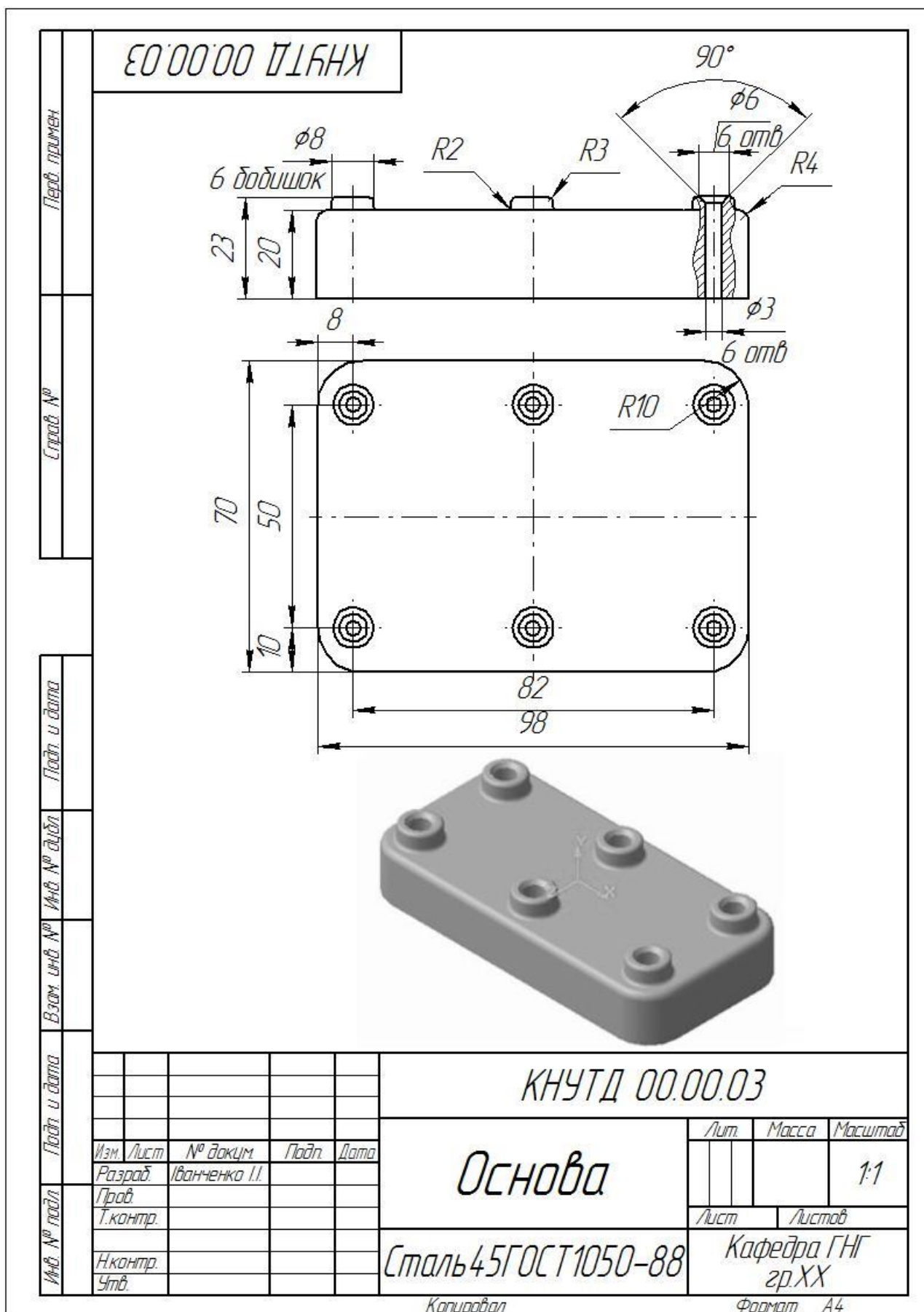


Рис. 3.94. Приклад виконання завдання 24

Система Autocad

Загальні положення по темі завдання

Метою вказівок до виконання контрольних робіт з комп'ютерної графіки (Autocad) є практичне засвоєння студентами технології розробки графічних конструкторських документів, реалізованої в середовищі універсальної графічної системи Autocad.

Система Autocad є не тільки прикладною системою автоматизації креслярсько-графічних робіт, але й потужним засобом моделювання складних каркасних, полігональних (поверхневих) і об'ємних (твердотілих) конструкцій.


При вивченні за основу взята версія Autocad 2007.

Основи роботи з графічним редактором Autocad

Мета роботи: освоєння інтерфейсу системи Autocad, налаштування графічного редактора, команд креслення графічних примітивів і виконання написів на кресленнях.

1. Оформлення креслення формату А3

1.1 Запуск системи Autocad і завершення роботи

Для запуску системи необхідно вибрати меню **\Пуск\Програми\ Autodesk\ Autocad** і запустити **Autocad** або вибрати курсором на робочому столі ярлик програми  двічі натиснувши ліву кнопку „миші”.

Після запуску головне вікно **Autocad** складається з наступних частин (рис. 3.95):

1. заголовка вікна з назвою креслення, що редагується (файлу);
2. системи падаючих меню;
3. стандартної панелі інструментів;
4. рядка властивостей об'єктів; тут зазначені основні параметри креслення – список шарів, колір об'єктів, тип лінії та ін.;
5. панелей інструментів; тут зосереджені кнопки команд креслення, редагування, нанесення розмірів, тощо (панелі можуть бути згруповані разом, а можуть розташовуватися, як показано на рис. 3.95);
6. курсору миші, що показує поточну позицію на кресленні;
7. графічного поля;
8. інформаційного поля, де наведений список виконаних команд в хронологічному порядку (інформаційне поле з'являється на екрані тільки після натискання клавіші **F2**);
9. командного рядка, де задаються клавіатурні команди й параметри;
10. рядка стану, в лівому куті якого показуються поточні координати курсору миші у відносних одиницях.

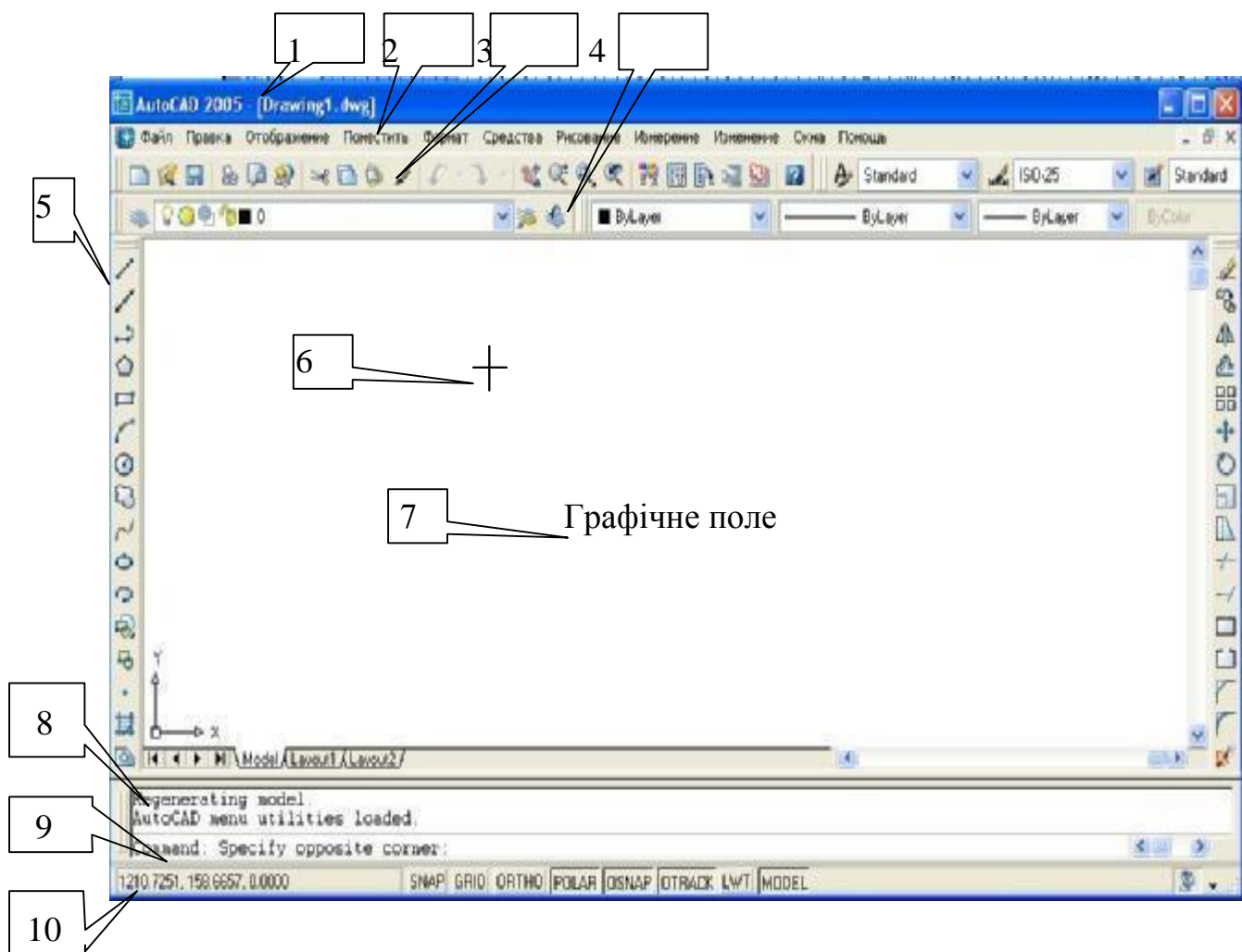



Рис.3.95. Головне вікно Autocad

Графічний екран знизу обрамляють кнопки вкладок: **Модель (Model)**, **Аркуш1 (Layout1)**, **Аркуш2 (Layout2)**. Ці вкладки використовуються під час перемикання між величинами моделі та аркуша. Трикутні кнопки ліворуч від вкладок дозволяють пересуватися по вкладках в обох напрямках. Праворуч від вкладок розташована горизонтальна лінійка прокрутки для графічного екрана. За замовчуванням активною є вкладка **Модель (Model)**.

Для завершення роботи вибрати меню **Файл\Вихід**, комбінацію клавіш Alt-F4 або натиснути на кнопці  **Закрити**.

1.2 Команди системи Autocad

Керування системою **Autocad** полягає в завданні команд для виконання. Існує три способи введення команд:

1. За допомогою падаючих меню;
2. За допомогою панелей інструментів;
3. Введення в командному рядку.

Необхідно знати, що це три різні способи запуску однієї команди.

Наприклад, команда виконання ліній може запускатися за допомогою меню **Креслення\Лінія**, за допомогою панелі інструментів **Креслення** та за допомогою команди **line** у командному рядку.

Після введення команди або її опцій на клавіатурі необхідно натиснути клавішу **<Enter>**.

Якщо у відповідь на запит **Команда: (Command:)** натиснути клавішу **<Enter>**, то **Autocad** повторить виклик попередньої команди.

Під час виконання команд використовується маніпулятор "миша".

Якщо на екрані відсутня будь-яка панель інструментів, то потрібно натиснути правою клавішею миші (ПКМ) на будь-якій панелі інструментів і в контекстному меню, що відкриється вже натисканням лівої клавіші миші (ЛКМ), вибрати потрібну панель інструментів.

1.3 Налаштування графічного редактора Autocad 2007

1.3.1 Drawing Units (Одиниці рисунка)

Autocad може працювати у двох лінійних одиницях виміру: в міліметрах і дюймах, а також різних кутових одиницях, причому одиниці в процесі роботи можуть змінюватися. Детальна установка одиниць здійснюється у вікні **Одиниці виміру**, якщо вибрати пункт меню **Формат (Format)** (рис. 3.96).

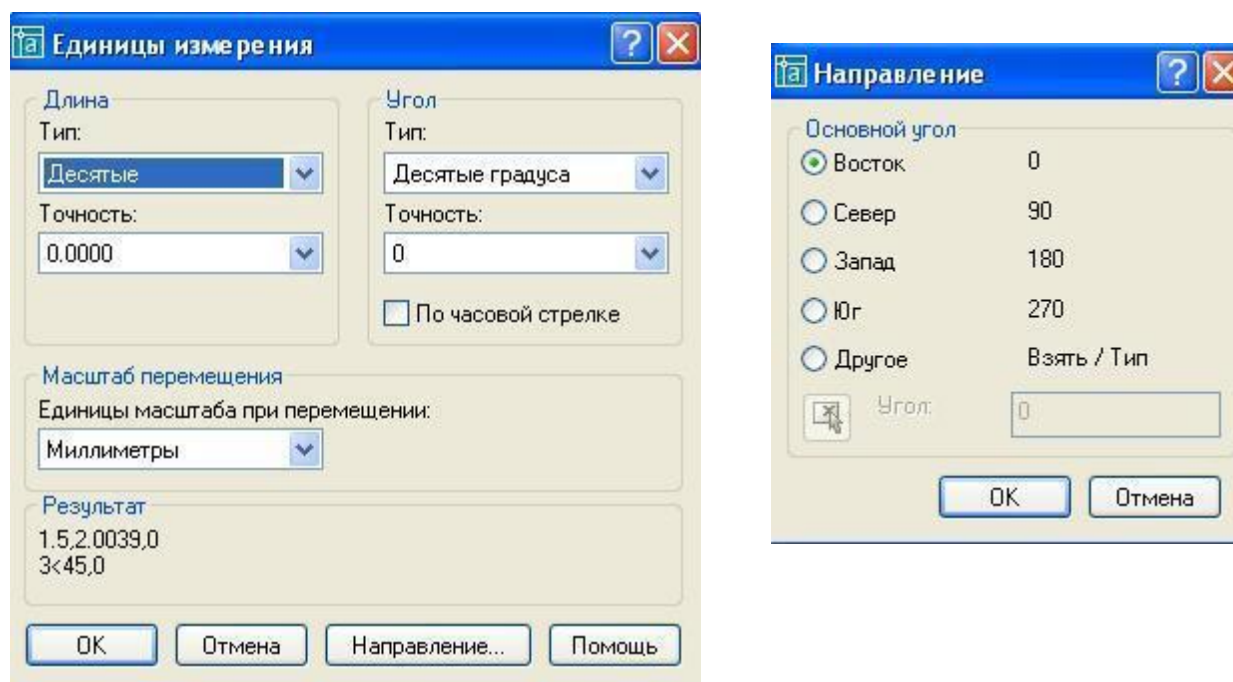


Рис. 3.96. *Діалогові вікна установки одиниць виміру*

Виберіть десяткові одиниці (включіть перемикач **Десяти (Decimals)**). Рисунок праворуч ілюструє ті одиниці, які ви вибрали. Потім за допомогою списку, що розкриється, **Точність (Precision)**: вкажіть точність, з якою ви будете оперувати з числами (натисніть ЛКМ, помістивши курсор на трикутнику списку, що розкривається), і відзначте необхідний для вас варіант. Потім

виберіть **Десяті градуса (Decimal Degrees)**. Встановіть точність виміру кутів (звичайно це округлення до цілого) та натисніть кнопку **Direction**. Потім потрібно натиснути на кнопці **Напрямок**. Коли відкриється діалогове вікно, потрібно вибрати напрямок, який буде відповідати нульовому куту (**Схід (East)**), і натиснути на кнопці ОК. Після цього в попередньому вікні потрібно також натиснути на кнопці ОК.

1.3.2 Drawing Limits (Ліміти рисунка)

За замовчуванням це формат А3 (420×297 мм), але користувач може вибрати інший формат, наприклад, А4. Для задавання меж рисунка необхідно:

1. вибрати пункт меню **Формат** і команду **Ліміти рисунка**.

2. клавіатурою ввести значення лівого нижнього кута рисунка 0,0 і натиснути Enter;

Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>:

3. ввести значення правого верхнього кута, наприклад, 210, 297 і натиснути Enter.

Specify upper right corner <210.0000,297.0000>:

4. натисканням ЛКМ вибрати пункт меню **View (Відображення)**, а потім **Zoom (Масштаб) \ All (Все)**.

1.3.3 Завантаження типів ліній

Для завантаження типів ліній необхідно виконати наступні дії:

1. вибрати пункт меню **Формат (Format)**;

2. вибрати команду **Тип лінії (Linetype)**;

3. у діалоговому вікні, що відкрилося, **Менеджера типу ліній (Line type Manager)** натиснути на кнопці **Завантаження** (рис. 3.97).

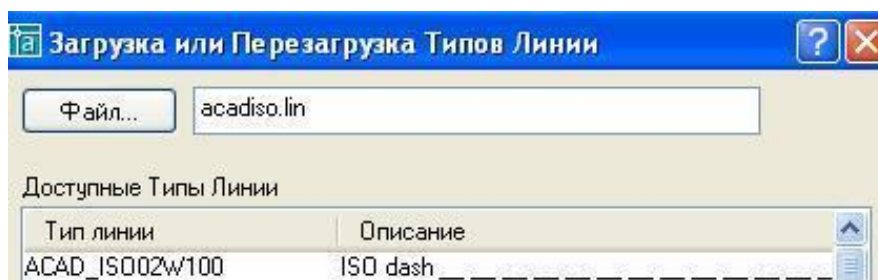


Рис. 3.97. Діалогове вікно Менеджера типів ліній

4. На екрані з'являється діалогове вікно **Завантаження або перезавантаження Типів ліній**, в якому рекомендується вибрати лінії **ISO dash (Штрихова)** і **Center (Осьова)** (рис. 3.98).

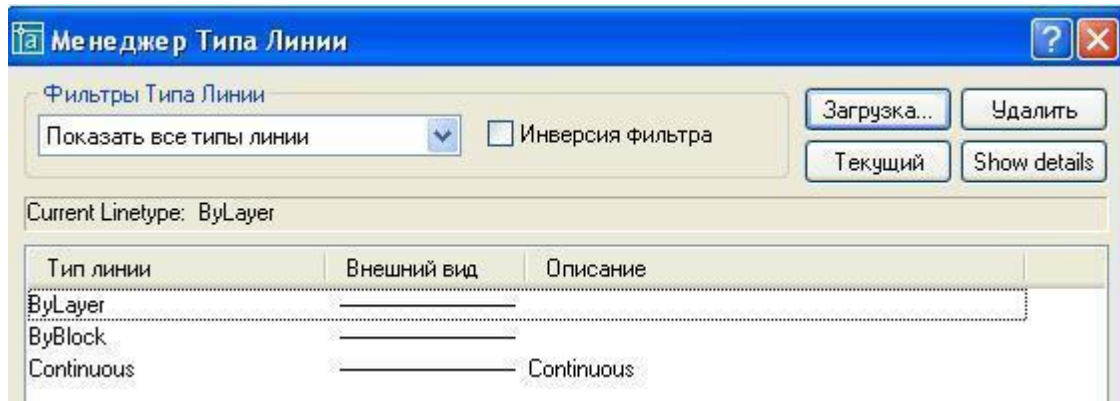


Рис. 3.98. *Діалогове вікно **Перезавантаження типів ліній***

5. Натиснути на кнопці **ОК** в діалоговому вікні **Менеджера типів ліній**.

1.3.4 Установка шарів

Кресленик, створюваний у системі AutoCAD, складається з набору шарів.

Шар рисунка можна порівняти з аркушем прозорої кальки, зображення на якій може мати свій тип ліній та колір. Для створення або налаштування системи шарів використовується команда меню **Format\Layer (Формат\Шар)** та діалогове вікно **Layer Properties Manager** (рис. 3.99).

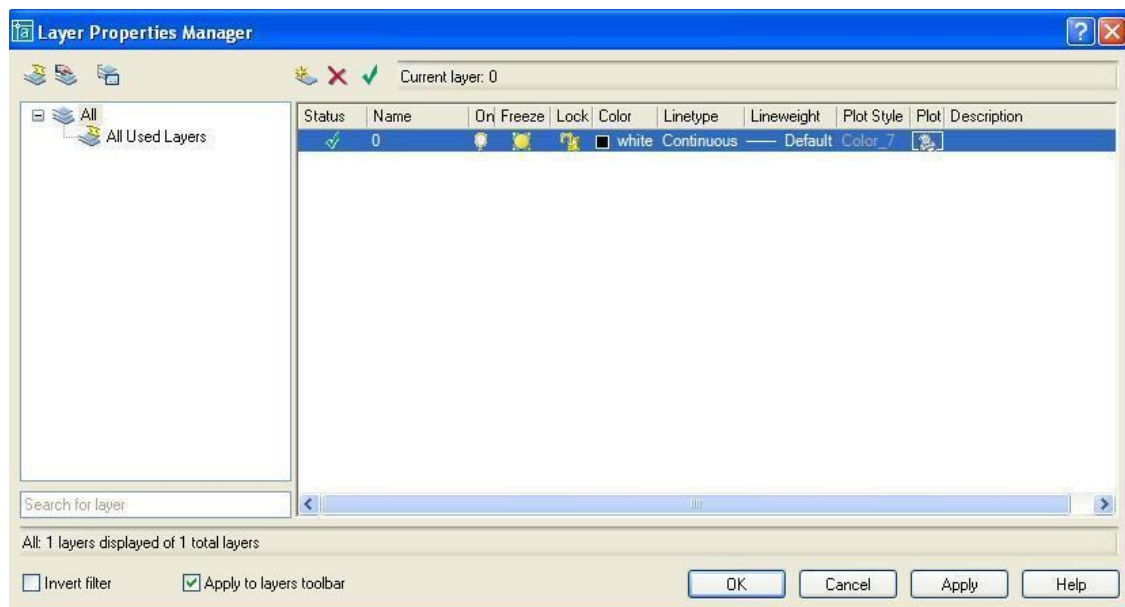


Рис. 3.99. *Діалогове вікно менеджера шарів*

Новий шар можна створити, якщо натиснути на піктограмі **New Layer**, або вибравши цю ж команду з контекстного меню.

При створенні нового шару необхідно вказати (рис. 3.100):

1. ім'я шару (**Name**);

2. поточний колір шару (**Color**);
3. поточний тип ліній шару (**Linetype**);
4. характеристики шару.

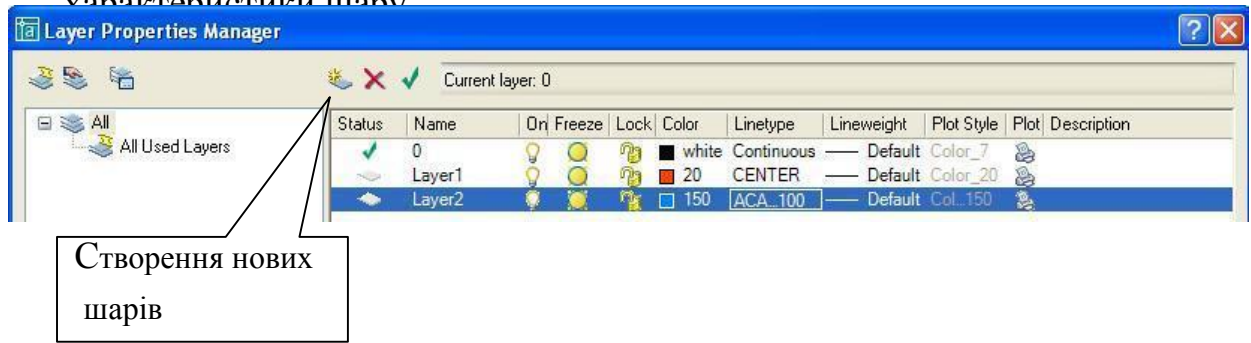


Рис. 3.100. Створення нових шарів

Вказуються наступні характеристики шару:

1. включений або виключений; виключений шар не бачимо;
2. заморожений (**Freeze in all viewports**); заморожений шар не бачимо і він не може редагуватися;
3. закритий (**Lock**); закритий шар бачимо, але не доступний для редагування.

Шари можуть включатися / вимикатися, редагуватися незалежно один від одного. У конкретний момент часу робота ведеться тільки з одним – поточним шаром.

1.3.5 Допоміжні режими креслення

До допоміжних режимів креслення відносяться:

- сітка, крок якої за замовчуванням дорівнює 10 мм (введення та виведення на екран послідовним натисканням функціональної клавіші F7 або клавіші **GRID**);
- ОРТО (Вмикання та вимикання послідовним натисканням функціональної клавіші F8 або клавіші **ORTHO** в рядку стану). При включеному режимі викреслюються тільки вертикальні й горизонтальні лінії;
- прив'язка (Вмикання й вимикання послідовним натисканням функціональної клавіші F9 або клавіші **SNAP**). Якщо режим включений, то курсор переміщується по вузлах сітки.

1.4 Графічні примітиви Autocad

Команди виконання графічних примітивів запускаються за допомогою меню **Малювання** або за допомогою панелі інструментів **Малювання** (рис. 3.101). Слід зазначити, що система оперативної допомоги **AUTOCAD** видає інформацію про призначення кнопки, якщо затримати на ній курсор на кілька секунд.



Рис. 3.101

Примітка. Якщо в даний момент панель інструментів відсутня на екрані, необхідно натиснути ПКМ на будь-якій відкритій панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно налаштування зі списком панелей інструментів; активні панелі в списку позначені. Панелі, які потрібно активувати, необхідно відзначити в рамці ліворуч від імені панелі.

1.4.1 Point (Точка):

Виклик команди: натиснути на піктограму  або з падаючого меню:

Малювання\Точка\Одиночна точка (для однієї точки);

Малювання\Точка\ Кілька точок (для безлічі точок).

Запит у командному рядку:

Command: Point

Команда: Точка

Вказуються координати точки (мишкою/ клавіатурою).

Примітка. Перед кресленням можна вибрати поточний тип і розміри точки командою **Формат\Стиль точки**.

1.4.2 Line (Лінія)

Виклик команди: натиснути на піктограму  Line (Малювання \ Лінія).

Запити в командному рядку:

Specify first point:

Перша точка

Вказуються координати початкової точки.

Specify next point or [Undo]:

Наступна точка або [Скасувати]

Вказуються координати кінцевої точки;

або з падаючого меню Draw \

Enter – завершення побудови ламаної; C – замикання ламаної.

Примітка. За допомогою команди **Line (Лінія)** виконуються послідовно з'єднані відрізки прямих ліній. Координати точок вказуються за допомогою миші або клавіатури.

1.4.3 Circle (Коло):

Виклик команди: натиснути на піктограму  або з падаючого меню **Draw \Circle (Малювання \ Коло)**.

1. Вибрати опцію (ключ) команди.

а) **Center, Radius (Центр, Радіус)** – по центру й радіусу;

1. Задати центр кола.

2.3 клавіатури ввести значення радіуса й натиснути Enter.

б) Center, Diameter (Центр, Діаметр) - по центру й діаметру.

1. Задати центр кола.

2. З клавіатури ввести **d** і натиснути **Enter**.

3. Із клавіатури ввести значення діаметра й натиснути Enter.

в) 2 P (2 точки) – за двома точками;

Запити в командному рядку:

First point on diameter

Перша точка діаметра

Вказуються координати першої точки.

Second point on diameter

Наступна точка діаметра

Вказуються координати другої точки.

г) 3 P - за трьома точкам; Запит у командному рядку:

First point on circle

Перша точка кола

Вказуються координати першої точки.

Second point on circle

Наступна точка кола

Вказуються координати другої точки.

Third point on circle

Третя точка кола

Вказуються координати третьої точки.

д) T, T, Radius (Дот., Дот., Радіус) – за двома дотичними (коло може дотикатися як до двох відрізків, так і двох кіл) і радіусу;

е) Tan, Tan, Tan (Дот., Дот., Дот.) – за трьома дотичними.

1.4.4. Arc (Дуга):

Виклик команди: натиснути на піктограм  або з падаючого меню

Draw\ Arc\ Малювання \ Дуга.

Потім вибрати опцію (ключ) команди.

а) 3Point (3 точки) – за трьома точками, що лежать на дузі (рис. 3.102)

Запит у командному рядку:

Start point

Вказуються координати першої точки.

Second point

Вказуються координати другої точки.

End point

Вказуються координати третьої точки.

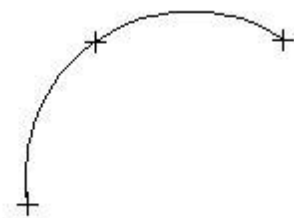


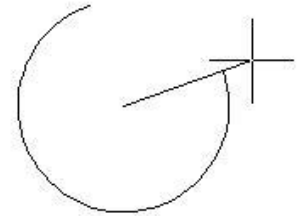
Рис. 3.102. Дуга по трьох точках

б) St,C,End (Початок, Центр, Кінець) – по початковій, центру й кінцевій точкам.

Запити в командному рядку:

Start point

Вказуються координати першої точки.



Center

Вказуються координати центру.

End point

Вказуються координати кінцевої точки (рис. 3.103).

Рис.3.103. Побудова дуги

в) **St, C, Ang** (Початок, Центр, Кут) – за початковою і центральною точками і куту.

г) **St, C, Len** (Початок, Центр, Довжина) – за початковою і центральною точками і довжині хорди;

д) **St, E, Ang** (Початок, Кінець, Кут) – за початковою, кінцевою точками і куту;

е) **St, E, Dir** (Початок, Кінець, Напрямок) – за початковою, кінцевою точками і напрямку (кут нахилу дотичної з початкової точки);


ж) **C, St, Ang** (Центр, Початок, Кут) – за центральною, початковою точкам і куту;

з) **C, St, Len** (Центр, Початок, Довжина) – за центральною, початковою точкам і довжині хорди.

Примітка. Дуга будується за напрямком проти годинникової стрілки.

1.4.5 Pline (Плінія).

Плінія – послідовність прямолінійних і дугових сегментів змінної ширини.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або **Draw \ Pline** (Малювання \ Ламана).

Запити в командному рядку:

Specify start point

Початкова точка

Вказуються координати першої точки.

Current line-width is 0.0000

Поточна ширина полілінії дорівнює 0.0000

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]:

Наступна точка або [Дуга\Півширина\Довжина\Скасувати\Ширина]

Із клавіатури ввести W і натиснути Enter.

Specify starting width <0.0000>:

Початкова ширина

Із клавіатури ввести 1 і натиснути Enter.

Specify ending width <1.0000>:

Кінцева ширина

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]

Задати координати наступної точки натисканням „миші” або з клавіатури.

1.4.6 Mline (Млінія)

Мультилінія – сукупність паралельних ламаних ліній.

Виклик команди: з падаючого меню **Draw\Mline \ Малювання \ Мультилінія**.

Запит у командному рядку:

Specify start point or [Justification/Scale/Style]:

Початкова точка або [Розташування \ Масштаб \ Стиль]


Вказуються координати першої точки, або J – установка режиму вирівнювання, або S – установка масштабу (ширини) мультилінії, або ST – вибір стилю мультилінії.

To point

Вказуються координати точок.

Примітка. Перед кресленням можна змінити поточний стиль мультилінії або створити новий командою **Формат \ Мультистрочный стиль**.

1.4.7. Rectang (Прямокутник)

Виклик команди: Натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Draw\ Rectang (Малювання \ Прямокутник)**.

Запити в командному рядку:

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]:

Вказати координати кутової точки прямокутника натисканням миші або з клавіатури.

Other corner Інший кут

Вказати координати протилежної вершини прямокутника.

Можна накреслити прямокутник за заданими розмірами.

1. Натиснути на піктограмі  **Прямокутник** або вибрати меню **Draw(Малювання)\ Rectang**.

2. Запити в командному рядку:

Command: _rectang

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]:/

Вказати координати кутової точки прямокутника натисканням миші або з клавіатури.

Specify other corner point or [Dimensions]:

Із клавіатури ввести d і натиснути клавішу **Enter**.

Specify length for rectangles <0.0000>:

Клавіатурою ввести значення довжини, наприклад, 60 і натиснути клавішу **Enter**.

Specify width for rectangles <0.0000>:

Із клавіатури ввести значення ширини, наприклад, 50 і натиснути клавішу **Enter**.

Примітка. **C** – креслення прямокутника з фасками; **F** – креслення прямокутника зі скругленням кутів; **W** – креслення прямокутника з заданою товщиною лінії.

1.4.8. Polygon (Полігон)

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати **Draw \ Polygon (Малювання \ Полігон)**.

Запити в командному рядку:

Enter number of sides <default>

Число сторін < за замовчуванням >

Вказати число сторін полігона, наприклад, 4.

Specify center of polygon or [Edge]

Укажіть центр багатокутника або <сторона>

Вказати центр багатокутника.

Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <I>


Здайте опцію розміщення [Уписаний в коло/ Описаний навколо кола]

У режимі малювання полігона по центру й радіусу вибирається: **I** – малювання полігона вписаного в коло; **C** – малювання полігона описаного навколо кола.

Specify radius of circle Радіус кола

Вказати радіус кола, в яке буде вписаний (описаний) полігон.

Багатокутник можна накреслити за стороною:

1. Натиснути на піктограмі  або вибрати **Малювання\ Полігон**.

Запити в командному рядку:

polygon Enter number of sides <4>:

Вказати число сторін полігона, наприклад, 4 і натиснути **Enter**.

Specify center of polygon or [Edge]:

Ввести **E** і натиснути **Enter**.

Specify first endpoint of edge:

Ввести початкову точку сторони.

Specify second endpoint of edge:

Ввести наступну точку сторони.

1.4.9. Ellipse (Еліпс)


Виклик команди: натиснути на піктограм  **Еліпс** або вибрати **Draw \ Ellipse (Малюй\ Еліпс)**:

а) Draw\Ellipse\C (Малювання\Еліпс\Центр) – за центром, радіусом і розміром другої осі;

б) Draw\Ellipse\Axis\End (Малювання\Еліпс\Вісь\Кінець) – за двома точками на головній осі та розміру другої осі;

в) Draw \ Ellipse\Arc (Малювання\Еліпс\Дуга) – побудова дуги еліпса.

1.4.10 Spline (Сплайни)

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати **Draw\Spline (Малювання\ Сплайн)**.

Потім вказуються координати точок, через які необхідно провести криву.

Для фіксування сплайна в останній точці необхідно тричі натиснути **Enter**.

1.4.11 Donut (Кільце)

Виклик команди: вибрати **Draw\Donut (Малювання\ Кільце)**.

Запити команди:

Specify inside diameter of donut <0.5000>:

Внутрішній діаметр кільця < за замовчуванням >

Ввести значення внутрішнього діаметра й натиснути **Enter**.

Specify outside diameter of donut <1.0000>:

Зовнішній діаметр кільця < за замовчуванням >

Ввести значення зовнішнього діаметра й натиснути **Enter**.

Specify center of donut or <exit>:

Центр кільця або <вихід>

Задати центр кільця.

Specify center of donut or <exit>:

Натиснути **Enter**.

1.5 Написи

1.5.1 Налаштування параметрів тексту

Перед введенням тексту необхідно виконати налаштування параметрів конкретного тексту. Комбінацію певних характеристик тексту (шрифт, конфігурація, висота, нахил і ін.) називають **стилем тексту**. Очевидно, що для різних цілей, наприклад, заповнення основного напису й заповнення специфікації, необхідні різні стилі тексту.

Налаштування стилю тексту проводиться за допомогою команди **Format (Формат)\Text Style (Стиль тексту)**. На екран виводиться панель діалогу налаштування (рис. 1.10).

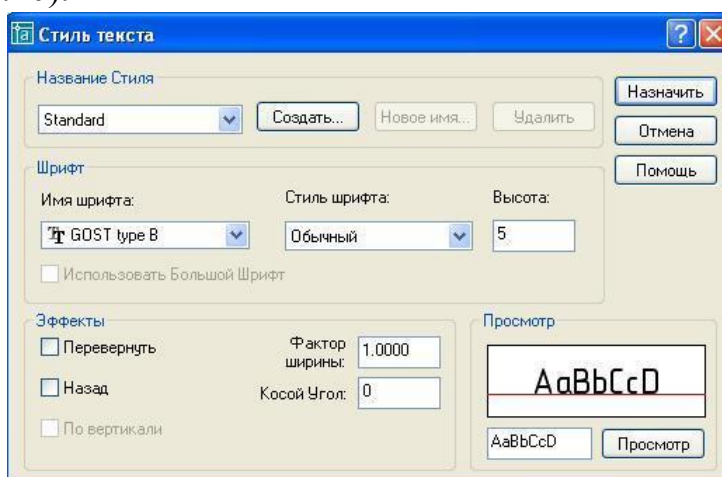


Рис. 3.104. Діалогове вікно *Стиль тексту*

1. Рекомендується вибрати ім'я шрифту **GOST type B**. При цьому

стандартній ширині відповідає значення коефіцієнта I (тобто не має ні розтягнення, ні стиску).

2. Задати висоту тексту 5.

3. Натиснути на кнопці **Призначити**, а потім натиснути кнопку **A**.

1.5.2 Створення написів

Написи можна створити за допомогою команди **ТЕКСТ (TEXT)** або **МТЕКСТ (MTEXT)**. У першому випадку створюється однорядковий текст, у другому – багаторядковий текст.

1. Команда **ТЕКСТ (TEXT)**, що створює прості написи, крім клавіатури, можна викликати натисканням на піктограмі **(Текст)\Single Line Text (Однорядковий)**. або, **Draw (Малювання)\Text**. Доцільніше використовувати другий варіант.

2. Після запуску команди видається повідомлення про поточний стиль, в якому пропонується написати текст:

Поточний текстовий стиль: "**Standard**" Висота тексту: 2.5000

Запити команди:

Specify start point of text or [Justify/Style]:

Початкова точка тексту або [Вирівнювання/стиль]

Вказати початкову точку тексту (це ліва точка базової лінії напису) або вибрати одну з опцій: **Justification (Вирівнювання)** або **Style (Стиль)**.

Specify height <5.0000>

Висота <5.0000>:

Потрібно ввести клавіатурою значення висоти (стосовно до заголовних літер) тексту. Для нанесення розмірів написів на кресленику рекомендується висота 5.

Specify rotation angle of text <0>:

Кут повороту тексту <0>:

Клавіатурою ввести число, що задає кут повороту нижньої основи напису щодо позитивного напрямку осі X (при горизонтальному положенні тексту це 0).

Enter text: Уведіть текст:

Клавіатурою ввести текст (наприклад, Робочий кресленик) і закінчити натисканням на клавішу **<Enter>**.

В результаті на екрані з'явиться напис і Autocad знову повторить запит **Введіть текст: (Enter text:)**. При цьому текстовий курсор переміститься на рядок нижче (відстань між рядками закладена в описі шрифту) і буде готовий до введення наступного напису. Можна ввести новий текст або, якщо потрібно закінчити команду **ТЕКСТ (TEXT)**, натиснути **<Enter>**.

1.6 Введення координат

Введення координат клавіатурою можливе у вигляді абсолютних і відносних координат.

Введення **абсолютних координат** можливе у наступних форматах:

– **прямокутних** (декартових) координат **X, Y** (координати відділяються

комою);

– **полярних координат** r (радіус-вектор) $\angle A$ (кут від попередньої точки, який вказується в градусах проти годинникової стрілки).

Відносні координати задають зсув від останньої введеної точки.

Запис відносних декартових координат $@x,y$. Приклад: $@10,10$.

Запис відносних полярних координат $@r\angle A$. Приклад: $@70\angle 30$ (довжина відрізка 70 мм, а кут нахилу відрізка до осі x дорівнює 300.)

Значення координат, незалежно від способу введення, завжди пов'язані з певною системою координат. За замовчуванням в Autocad використовується так звана світова система координат (**МСК**) (**World Coordinate System – WCS**), коли вісь X спрямована ліворуч праворуч, вісь Y – знизу нагору, а вісь Z – перпендикулярна екрану (рис. 3.105).

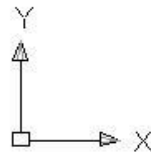


Рис. 3.105. Піктограма світової системи координат

1.7 Завантаження й збереження креслеників

Для збереження файлу на диску використовують пункт меню **File (Файл)\Save (Зберегти)** або **File (Файл)\Save As(Зберегти як)** (рис. 3.106).

За допомогою поля **Сохр в:** вибираються поточні диск і папка для розміщення файлу. В поле **Ім'я файлу** вводиться ім'я файлу, наприклад, формат А3, що містить кресленик, для збереження. Після чого натиснути кнопку **Зберегти**.

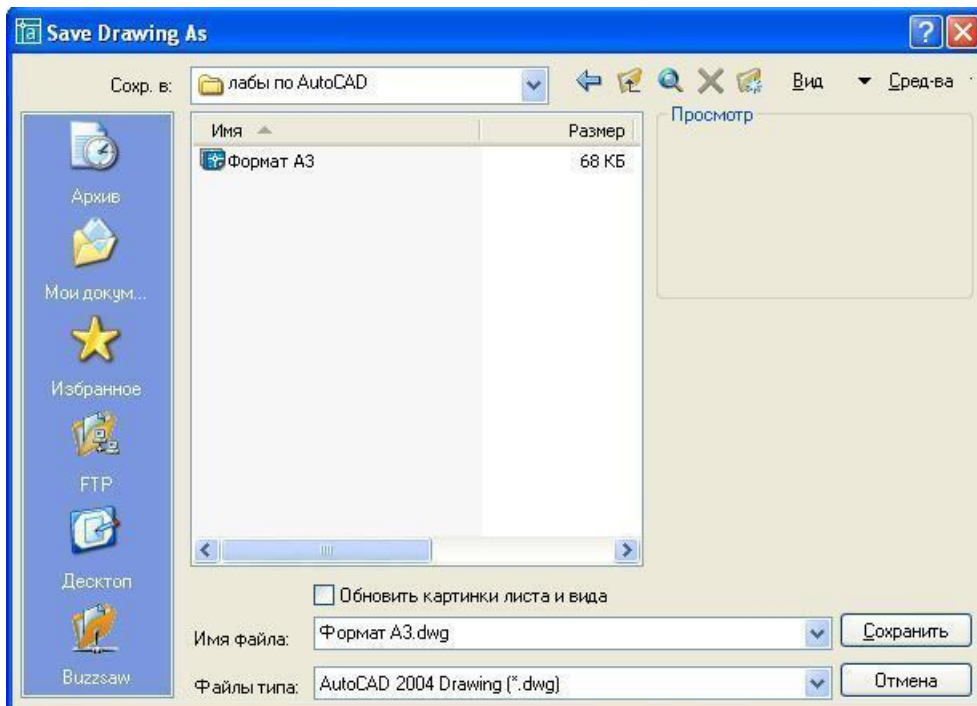


Рис. 3.106. Диалогове вікно збереження креслення

2. Команди редагування креслення

Команди редагування можна розділити на дві групи: відносно прості команди редагування (копіювання, поворот, переміщення і т.д.) і команди, призначені для складної модифікації об'єктів (спряження ліній, копіювання й інші). Команди редагування зібрані в меню **Modify (Змінити)** (рис. 3.107).



Рис. 3.107. Панель інструментів *Змінити*

Команди редагування передбачають виділення об'єкта редагування.

Виділяти об'єкти можна тоді, коли жодна інша команда не активна. Про те, чи перебуває **Autocad** у режимі виділення об'єктів, можна визначити за станом командного рядка: у ньому має відображатись лише запрошення до введення команди (**Command:**).


Для виділення необхідно натиснути на контурі об'єкта ЛКМ. Аналогічно виділяються й наступні об'єкти, при цьому виділення з попередніх об'єктів не знімається.

Інший спосіб виділення групи об'єктів – це виділення рамкою. Для цього необхідно в режимі виділення вказати мишею координати двох кутів прямокутника. Всі об'єкти, що повністю потрапили в рамку, будуть виділені.

Виділення з об'єктів знімається натисканням клавіші **ESC**.

Можна використовувати наступні команди редагування:

2.1 Erase (Видалення об'єктів)

 **Modify\Erase (Зміна\Вилучити)** Команда виконує видалення (стирання) об'єкта.


Запит у командному рядку:

Command: Select objects :

Вибери об'єкти:

Послідовно вибираються (позначаються мишею) об'єкти, які необхідно видалити; натискається клавіша **ENTER**.

2.2 Copy (Копіювання об'єктів)

 **Modify\Copy (Зміна\Копіювати)**. Команда призначена для копіювання об'єктів.

Запити в командному рядку:

Command: Select objects:

Вибери об'єкти:

Послідовно вибрати об'єкти, які необхідно скопіювати й натиснути ENTER.

Specify base point or displacement:

Базова точка або переміщення:


Вказати координати базової точки або величину переміщення.

Specify second point or displacement or <use first point as displacement> :

Друга точка переміщення або <вважати переміщенням першу точку>:

Задати точки, куди перемістити копії обраних об'єктів.

2.3. Mirror (Дзеркальне відображення)

Mod  \Mirror (Зміна\Відображення). Команда призначена для побудови симетричного відображення об'єктів.

Запити в командному рядку:

Command: Select objects: Послідовно вибрати об'єкти, дзеркальне відображення яких необхідно побудувати й натиснути клавішу ENTER.

Specify first point of mirror line:

Перша точка осі відображення: Вказати координати першої точки осі симетрії.


Specify second point of mirror line :


Друга точка осі відображення: Вказати координати другої точки лінії, щодо якої буде виконуватися дзеркальне відображення.

Delete source objects?[Yes/No] <N>:

Вилучити вихідні об'єкти? [Так/Ні]<Н>: Y – якщо необхідно вилучити вихідний об'єкт; N – якщо видаляти об'єкт не потрібно.

2.4. Offset (Створення подібного об'єкта)

Ком  да призначена для створення подібних об'єктів.

Виклик команди: Натискання на піктограмі  або з падаючого меню **Modify\Offset**.

Запити в командному рядку:

Command: Specify offset distance or [Through]<Through> :

Величина зсуву або [точка] <Точка>: Вказується величина зсуву для подібного об'єкта (зазвичай з клавіатури).

Select object to offset or <exit>:

Виберіть об'єкт для створення подібних або <вихід>: Вибирається об'єкт (тільки один) у якості оригіналу; якщо об'єкт не обраний, але натиснута клавіша **ENTER**, то виконання команди завершується.

Specify point on side to offset:

Вкажіть точку, що визначає сторону зсуву: Вказується мишкою напрямком відносно оригіналу, де повинна бути побудована подібна копія.

Select object to offset or <exit>:

Виберіть об'єкт для створення подібних або <вихід>: Натиснути Enter для завершення команди.

Примітка. Команда не працює з попередньо обраними об'єктами.

2.5. Array (Масив)

Команда призначена для тиражування об'єктів.

Виклик команди **Array**: натисканням на піктограму або з падаючого меню **Modify\Array (Зміна\Масив)**. При цьому відкривається діалогове вікно **Масив** (рис. 3.108), в якому можна налаштувати наступні параметри:

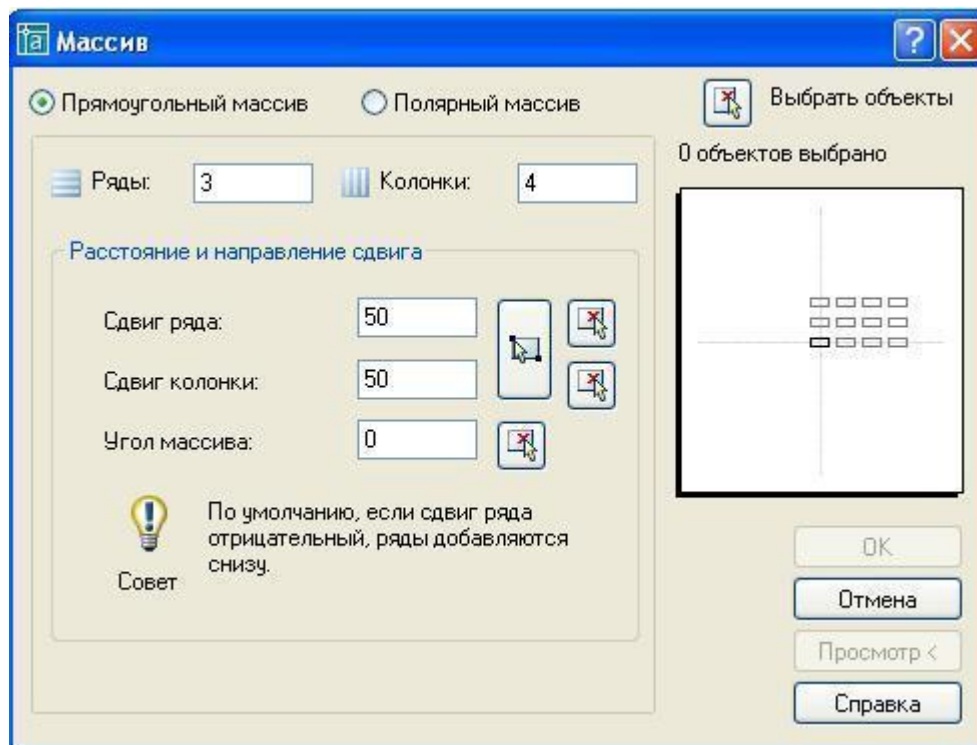


Рис. 3.108. Діалогове вікно *Масив*

- тип масиву: прямокутний (елементи розташовані в колонках і рядах) або полярний (елементи розташовані на колі або дузі кола);
- якщо обраний прямокутний масив, то вказати кількість рядів і колонок, відстані між рядами і колонками (на рис. 3.108 відстані дорівнюють 50 мм);
- якщо обраний полярний масив (рис. 3.109), то в рядку **Центр. точка**, в полях X і Y вказують координати центру масиву;
- для того, щоб ввести центр масиву за допомогою миші, слід натиснути на кнопку **Pick Center Point** (Встановити центр масиву), а потім у графічному вікні натисканням ЛКМ задати центр масиву;
- далі вибрати метод побудови масиву: загальне число елементів і кут для заповнення, загальне число елементів і кут між елементами, кут для заповнення та кут між елементами;
- залежно від обраного методу активізуються два поля в які потрібно ввести значення параметрів;

- поставити галочку **Обертати елементи як скопійовані**, що задає поворот елементів масиву вколо своєї осі;
- якщо натиснути на кнопки , то можна вказати у відповідних полях базову точку (рис. 3.110);
- для завершення необхідно натиснути на кнопки **Вибрати об'єкти**, потім у графічному вікні вибрати об'єкт і натиснути клавішу Enter, після чого в діалоговому вікні **Массив** натиснути ОК.

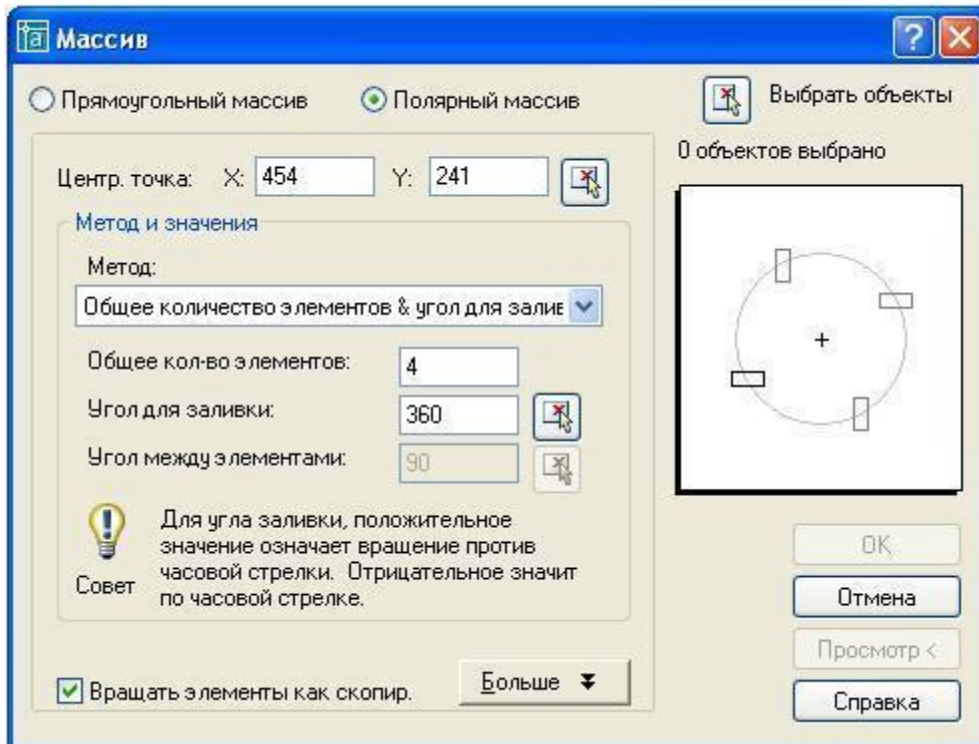


Рис. 3.109. Діалогове вікно для варіанта полярного масиву

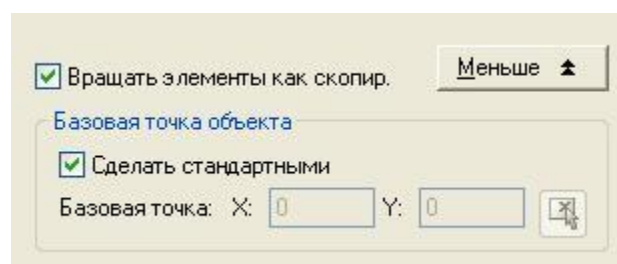


Рис. 3.110. Поля для введення координат базової точки об'єкта

2.6 Move (Переміщення об'єктів)

Команда призначена для переміщення об'єктів.

Виклик команди Move: натиснути на піктограмі або з падаючого меню **Modify\Move(Зміна\Рухати)**.

Запити в командному рядку:

Select objects:

Послідовно вибрати переміщувані об'єкти, натиснути Enter.

Specify base point or displacement:


Базова точка або переміщення: Вказати координати базової точки або величину зсуву й натиснути клавішу Enter.

Specify second point of displacement or <use first point as displacement>:

Друга точка переміщення або <вважати переміщенням першу точку>: Вказати координати нового положення базової точки.

Примітка. Виконується переміщення всіх виділених об'єктів, причому нове положення визначається зсувом щодо базової точки.

2.7 Rotate (Поворот об'єктів)

Команда призначена для повороту об'єктів. Виклик команди **Move**: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Rotate (Зміна\Обертати)**.

Запити в командному рядку:

Command: Select objects

Послідовно вибираються об'єкти, що повертаються; натиснути клавішу ENTER.

Specify base point :

Базова точка: Вказуються координати базової точки – центру повороту.

Specify rotation angle or [Reference]


Кут повороту або [Опорний кут]: Вказується кут повороту (в градусах); **R** – поворот з використанням посилання.

Примітка. Позитивним напрямком є поворот проти годинникової стрілки.

У випадку повороту за посиланням, необхідно вказати вихідне значення кута (в градусах), а потім його нове значення, реальний кут повороту буде дорівнювати різниці значень вихідного й нового кутів.

2.8 Scale (Зміна масштабу)

Команда призначена для масштабування об'єктів.

Виклик команди : натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Scale (Зміна\Масштаб)**.

Запити в командному рядку:

Command: Select objects.

Послідовно вибираються масштабовані об'єкти; натискається клавіша ENTER.

Specify base point


Вказується положення базової точки.

Specify scale factor or [Reference]

Масштаб або [Опорний відрізок]


Вказується коефіцієнт масштабу (1 відповідає 100%); **R** – непряме масштабування; натискається клавіша Enter.

Примітка. Виконується зміна розмірів обраних об'єктів відносно обраної

базової точки. У випадку непрямого масштабування необхідно задати вихідний розмір якого-небудь об'єкта і його бажаний розмір. 

2.9 STRETCH (Розтягання об'єктів)

Команда призначена для розтягування об'єктів, зберігаючи при цьому зв'язок з іншими частинами рисунка.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Stretch (Зміна\Розтягання)**.

Запити в командному рядку: **Command: Select objects:**

Послідовно вибираються масштабовані об'єкти; натискається клавіша ENTER.

Specify base point or displacement :


Вибрати базову точку або вказати величину переміщення.

Specify second point of displacement or <use first point as displacement>:

Вказати другу точку переміщення.

2.10 Trim (Обрізати) (рис. 2.5)

Команда призначена для відсікання частини об'єкта по заданій ріжучій кромці.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Trim (Зміна\Обрізати)**.

Запити в командному рядку:

Command: Select objects:

Необхідно вибрати "**ріжучий**" об'єкт, по кромці якого буде виконуватися відсікання; об'єктів може бути декілька, вибір закінчується натисканням ENTER.

Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]:


Виберіть об'єкт для обрізання або Shift- Що Подовжується або, [Проекція/Крайка/Скасувати]

Необхідно вибрати, об'єкт "**що розсікається**", частину якого буде видалено; об'єктів може бути декілька, вибір закінчується натисканням клавіші ENTER.

Команда завершується повторним натисканням ENTER.

2.11 Extend (Розширення)

Команда здійснює подовження об'єктів до граничної крайомки.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Extend (Зміна\Розширення)**.

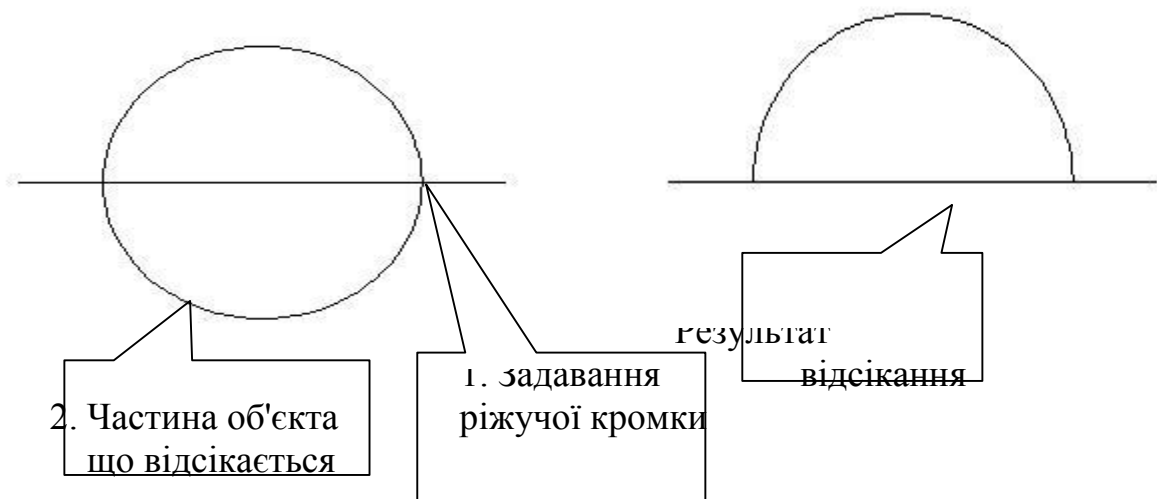


Рис. 3.111. Приклад обрізки об'єктів

Запити в командному рядку:

Command: `_extend`

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select boundary edges

Поточні установки: Проекція=ПСК Кромки= Без продовження

Виберіть ріжучі кромки

Select objects:

Вказати об'єкт, до якого потрібно розширити об'єкти – точка 1 (рис. 3.112);

Select objects:

Натиснути клавішу Enter.

Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]:

Виберіть, об'єкт що подовжується або Shift-, Що обрізається, або [Проекція/Крайка/Скасувати].

Вибрати об'єкт, що подовжується, – точка 2.

Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]:

Вибрати об'єкт, що подовжується, – точка 3.

Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]:

Вибрати об'єкт, що подовжується, – точка 4 і натиснути Enter.

Об'єкти, що подовжуються

Об'єкти після подовження

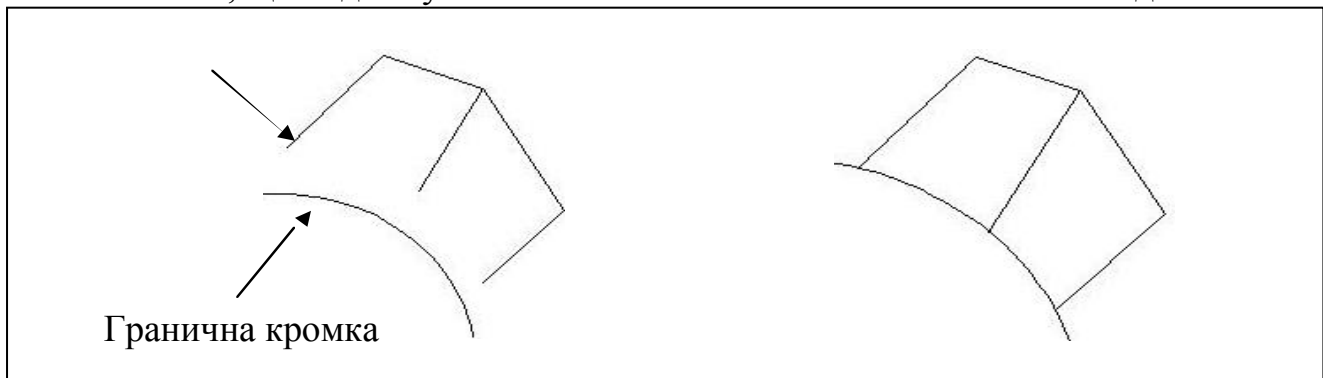


Рис. 3.112. Подовження об'єктів

Запити в командному рядку:

Select object: Вибрати об'єкт для розриву; точка, в якій об'єкт вибраний, вважається точкою розриву.

Specify second break point or [First point]:


Друга точка розриву або [перша точка]:

Ввести координати другої точки; якщо координати першої й другий точок не збігаються, частина об'єкта між точками віддаляється; **F** – повторити вибір першої точки розриву.

2.12 **Перервати в точці** (рекомендується для самостійного вивчення).


2.13 **Break (Перервати).**

Команда здійснює розрив об'єктів.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Break (Зміна\Перервати)**.

2.14 **Chamfer (Фаска)**

Призначення команди – зняття фаски (підрізання двох відрізків що перетинаються).

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Chamfer\ (Зміна\Фаска)**.

Запити в командному рядку:

Select first line or [Polyline\Distance\Angle\Trim\Method \multiple

Виберіть перший відрізок або [Полілінія, Довжина, Кут, Обрізка, Метод, Декілька].

Ввести з клавіатури **D** і натиснути Enter.

Specify first chamfer distance <0.0000>):

Перша довжина фаски за < замовчуванням >:

Задати довжину фаски по першій лінії, наприклад, 50;

Specify second chamfer distance <50.0000>:

Друга довжина фаски за < замовчуванням >:

Задається довжина фаски по другій лінії, наприклад, 40.

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/multiple]:

Виберіть перший відрізок або [Полілінія, Довжина, Кут, Обрізка, Метод, Декілька]

Вибрати перший відрізок (відрізок 1, рис. 3.113)

Select second line:

Виберіть наступну лінію: Вибрати другий відрізок (відрізок 2).

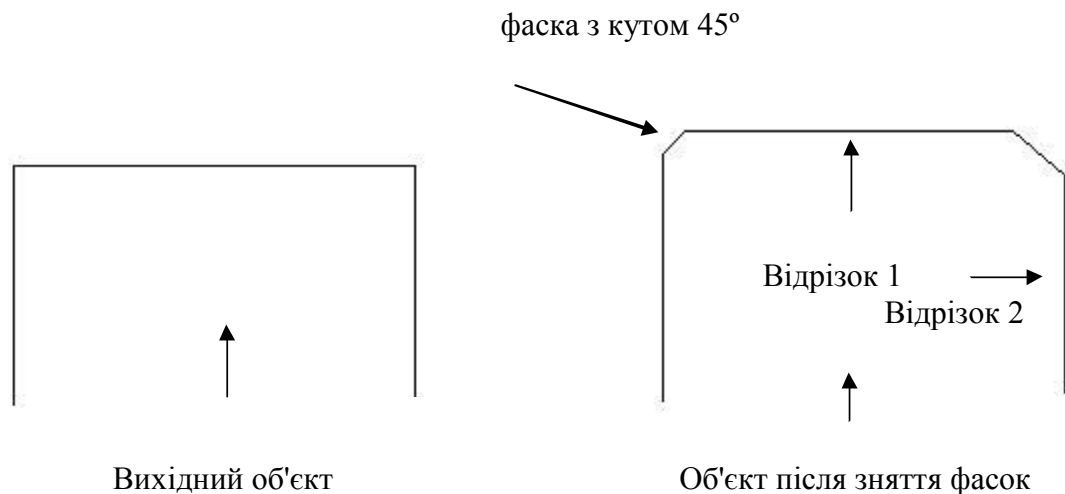



Рис. 3.113. Зняття фасок


2.15 Fillet (Спряження).

Призначення команди – виконання плавного переходу від одного об'єкта до іншого, за допомогою дуги кола.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Fillet (Зміна\Спряження*)**.

2.16 Explode (Підірвати)

Команда здійснює розчленування блоків на їхні складові примітиви.

Виклик команди: натиснути на піктограмі  або вибрати з падаючого меню **Modify\Explode\ (Зміна\Підірвати)**.

Запит у командному рядку:

Select objects :

Вибрати об'єкт, що підлягає розчленуванню й натиснути клавішу Enter.

Завдання 25. Робочий кресленник втулки

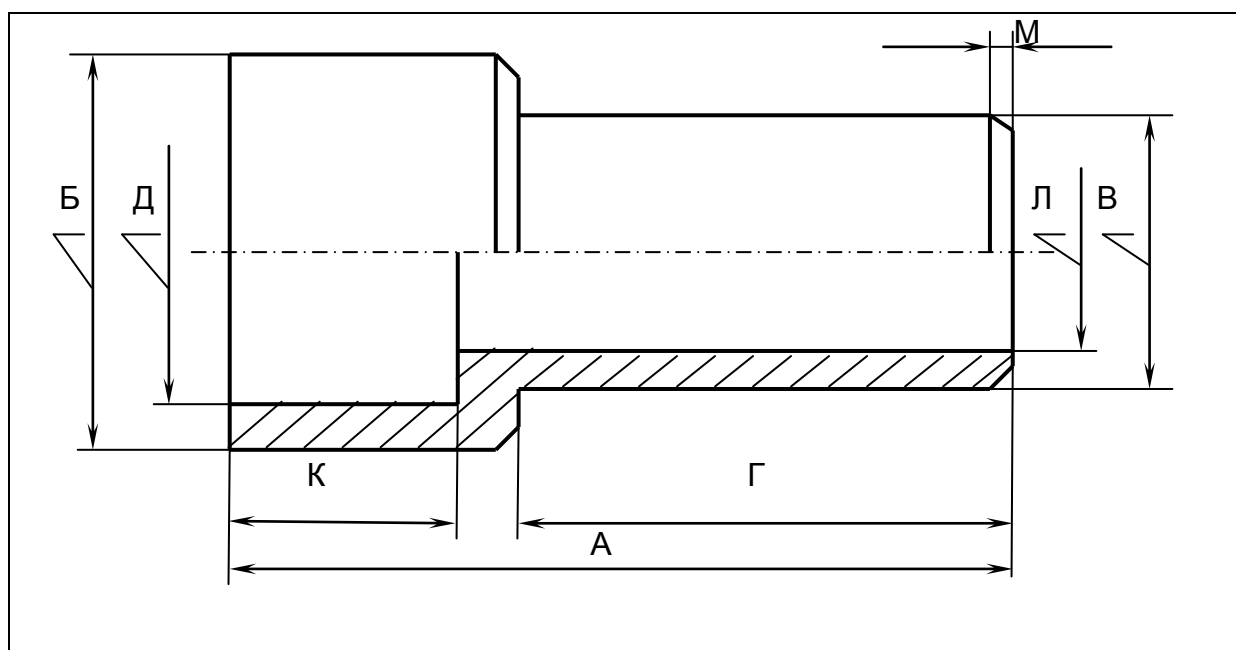
Умова завдання 25

Виконати робочий кресленник втулки.

Варіанти завдання до завдання в табл. 3.7, приклад – на рис 3.114.

Варіанти до завдання 25

Таблиця 3.7. Варіанти до завдання 25



Вар.	А	Б	В	Г	Д	К	Л	М
1	130	95	45	85	70	35	30	5x45°
2	135	90	50	85	70	35	30	5x45°
3	140	85	40	85	65	40	25	5x45°
4	145	90	45	90	70	45	30	5x45°
5	150	95	50	90	75	35	35	5x45°
6	150	90	45	90	70	50	30	5x45°
7	150	85	40	80	65	50	30	5x45°
8	145	90	50	80	70	55	35	5x45°
9	130	90	40	85	70	35	30	4x45°
10	140	90	45	85	70	35	30	4x45°
11	135	85	50	85	65	40	25	4x45°
12	150	90	40	90	70	45	30	4x45°
13	145	95	45	90	75	35	35	4x45°
14	150	90	50	85	70	50	30	4x45°
15	145	85	40	80	65	50	30	4x45°
16	150	90	45	90	70	55	35	4x45°
17	145	85	40	85	65	50	30	3x45°
18	150	90	45	80	70	45	35	3x45°
19	145	95	50	85	65	40	30	3x45°
20	150	90	45	90	70	35	35	3x45°
21	135	85	40	85	65	40	30	3x45°
22	140	90	45	80	70	45	35	3x45°
23	130	95	50	85	65	50	30	3x45°
24	145	90	45	80	70	50	35	3x45°
25	150	85	40	90	65	40	30	3x45°
26	150	90	45	90	70	55	35	5x45°
27	145	85	40	85	65	50	30	5x45°
28	150	90	45	80	70	45	35	5x45°
29	145	95	50	85	65	40	30	5x45°
30	150	90	45	90	70	35	35	5x45°

Завдання 26. Робочий кресленик пластини

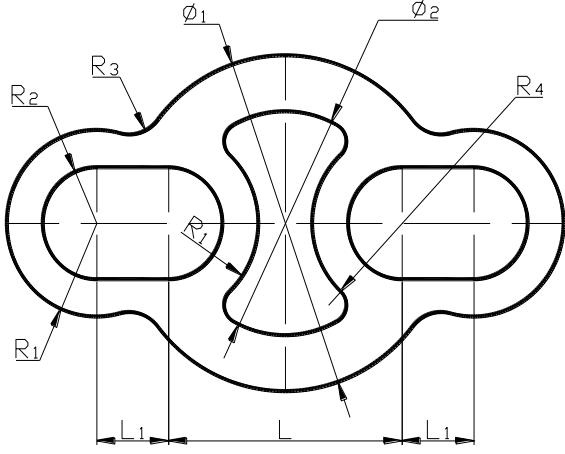
Умова завдання 26

Виконати робочий кресленик пластини.

Варіанти завдання до завдання в табл. 3.8-3.12, приклад – на рис 3.115.

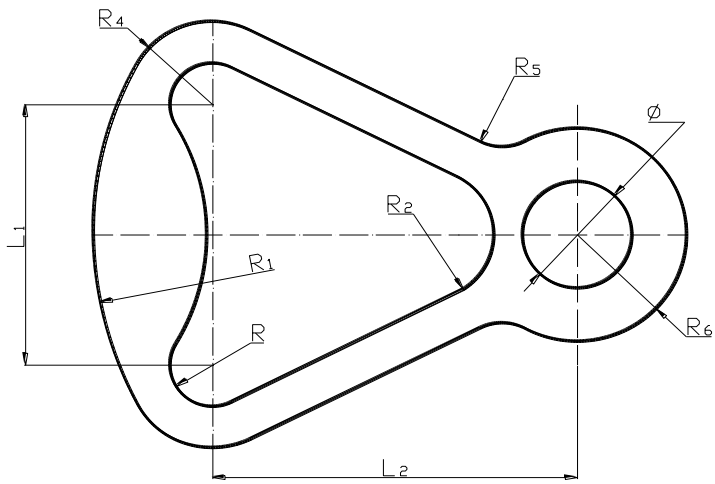
Варіанти до завдання 26

Таблиця 3.8. Варіанти до завдання 26



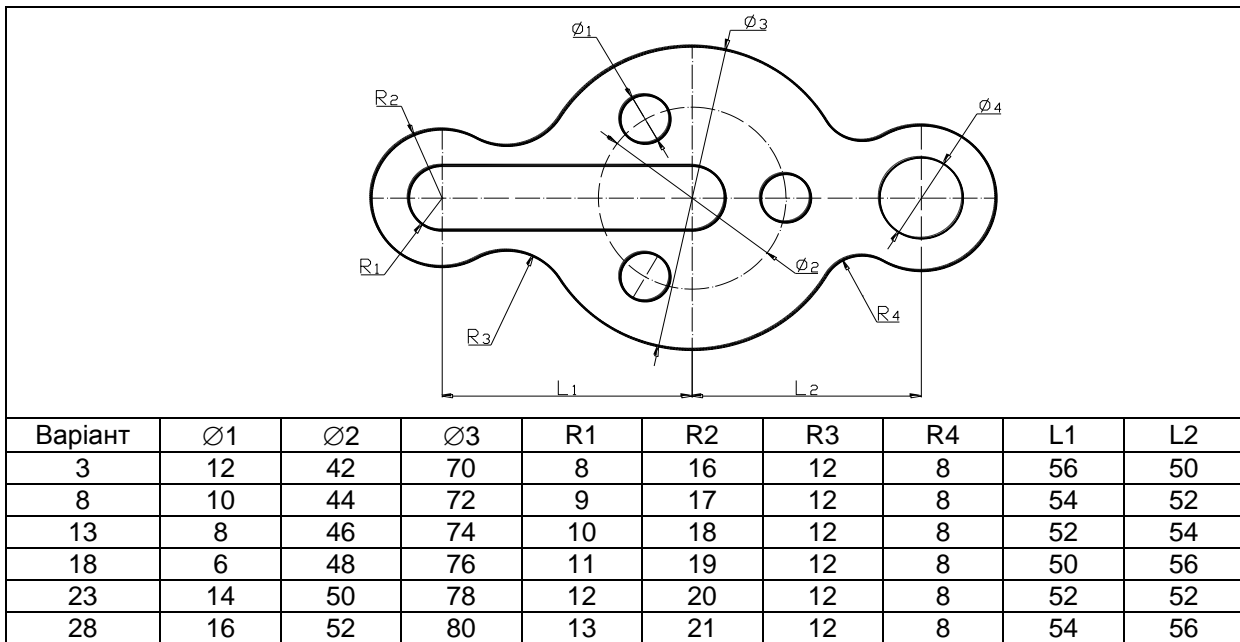
Варіант	Ø1	Ø2	R1	R2	R3	R4	L	L1
1	78	52	22	13	6	4	56	17
6	82	55	25	16	7	5	60	19
11	86	58	28	20	8	6	64	22
16	74	48	18	10	5	4	52	15
21	70	46	15	8	4	3	50	14
26	90	62	30	22	10	8	68	24

Таблиця 3.9. Варіанти до завдання 26

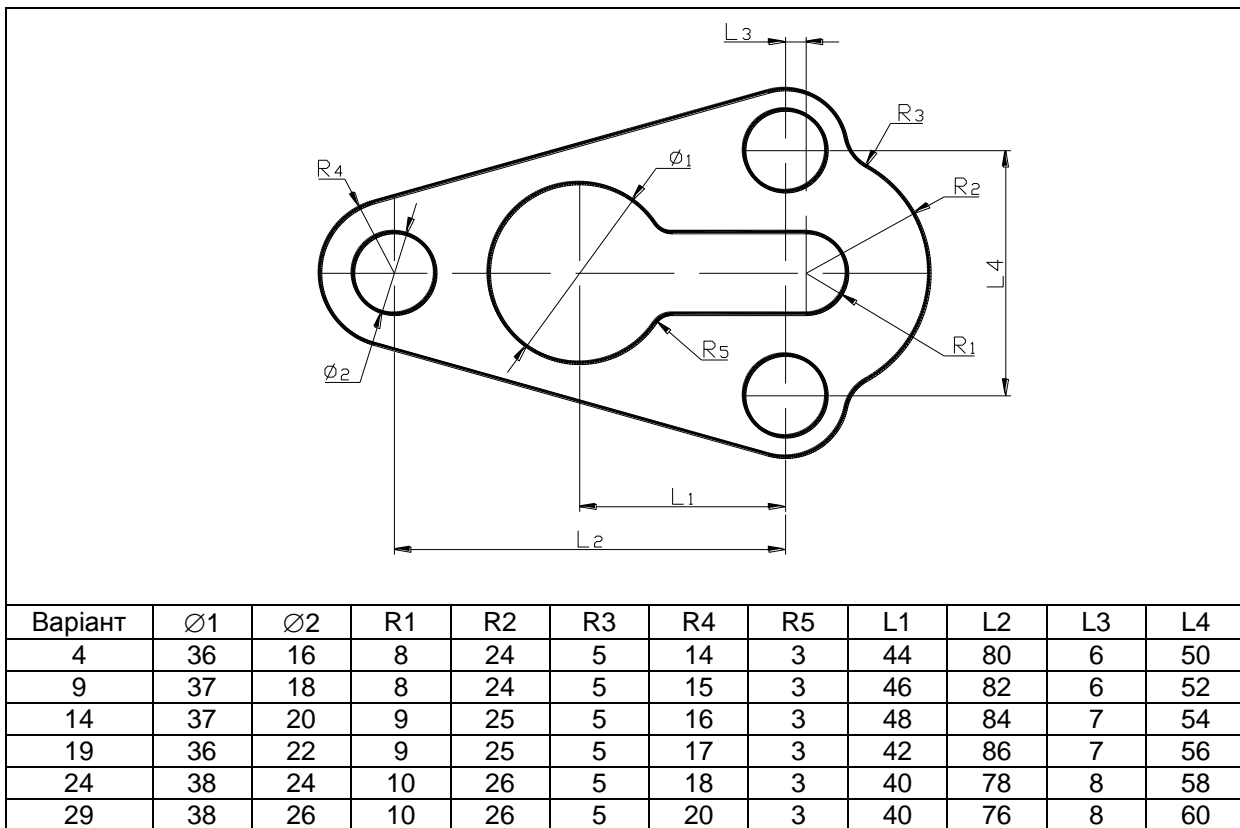


Варіант	Ø	R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	L1	L2
2	20	8	70	12	40	16	4	20	50	70
7	22	9	72	13	42	17	4	21	52	72
12	24	10	74	14	44	18	5	22	54	74
17	26	11	76	15	46	20	5	23	56	76
22	28	12	78	16	48	22	6	24	58	78
27	18	7	68	10	38	14	6	25	48	68

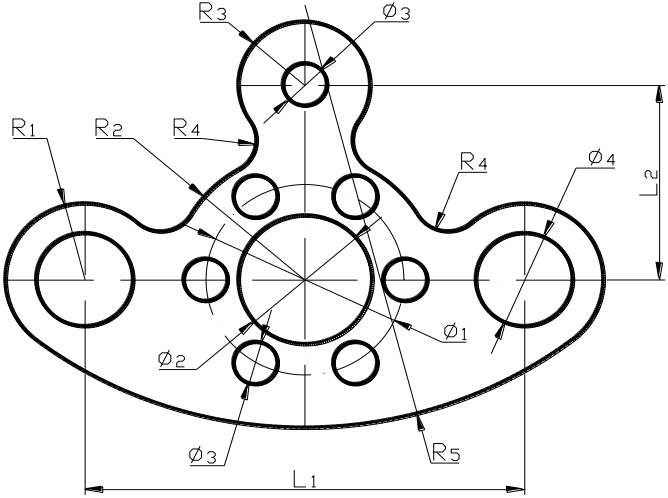
Таблиця 3.10. Варіанти до завдання 26



Таблиця 3.11. Варіанти до завдання 26



Таблиця 3.12. Варіанти до завдання 26



The technical drawing shows a symmetrical mechanical part with a central circular hole of diameter ϕ_1 . It features two side lobes with outer diameters ϕ_2 and ϕ_4 , and a top lobe with diameter ϕ_3 . Radii R_1 through R_5 define the curved boundaries. Overall dimensions L_1 and L_2 are indicated.

Варіант	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	R1	R2	R3	R4	R5	L1	L2
5	40	24	9	20	16	22	14	6	94	90	42
10	40	25	10	21	17	23	14	6	95	92	44
15	42	26	9	22	18	24	15	6	96	94	46
20	42	27	10	23	19	25	15	6	97	96	48
25	44	28	9	24	20	26	16	6	98	98	50
30	44	29	10	25	21	27	16	6	100	100	52

Завдання 27. Робочий кресленик корпусної деталі

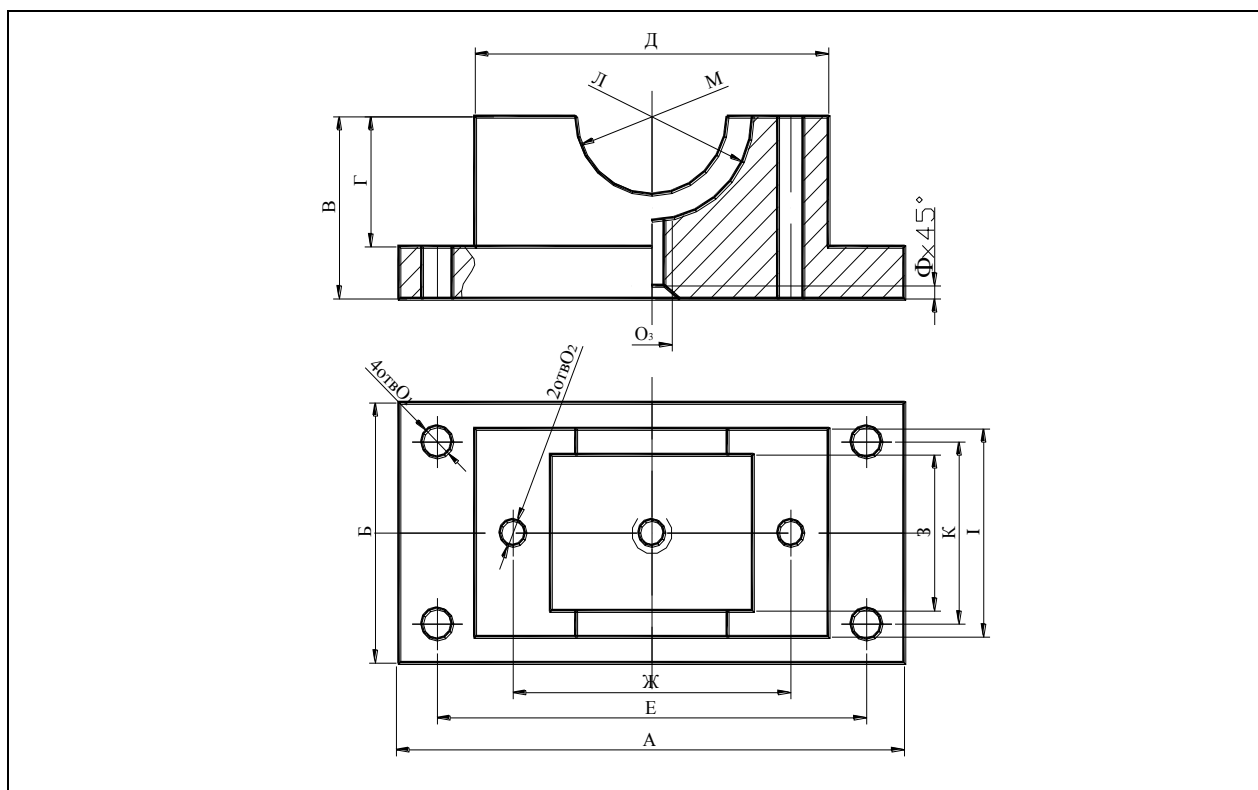
Умова завдання 27

Виконати робочий кресленик корпусної деталі.

Варіанти завдання до завдання в табл. 3.13, приклад – на рис 3.116.

Варіанти до завдання 27

Таблиця 3.13. Варіанти до завдання 27



Вар.	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	O ₁	O ₂	O ₃	Ф
1	102	46	32	20	76	87	62	34	36	30	15	10	5	6	8	2.5
2	104	48	33	21	75	88	60	33	38	34	16	12	6	8	8	2.5
3	106	50	34	22	74	90	60	32	40	36	16	12	8	10	8	2.5
4	108	52	35	23	73	92	58	30	42	38	17	12	6	8	10	3
5	110	54	36	24	72	94	58	28	44	36	17	12	5	6	10	3
6	102	56	35	25	70	86	56	26	46	42	20	15	8	6	6	2
7	104	58	34	26	72	88	58	28	48	44	22	16	6	8	6	2
8	106	60	33	27	73	90	58	26	50	46	22	16	5	6	6	2
9	108	46	32	28	74	92	56	30	36	30	23	18	8	10	6	2
10	110	48	35	30	75	94	60	32	38	34	25	20	6	8	6	2
11	102	46	32	20	76	87	62	34	36	30	15	10	5	6	8	2.5
12	104	48	33	21	75	88	60	33	38	34	16	12	6	8	8	2.5
13	106	50	34	22	74	90	60	32	40	36	16	12	8	10	8	2.5
14	108	52	35	23	73	92	58	30	42	38	17	12	6	8	10	3
15	110	54	36	24	72	94	58	28	44	36	17	12	5	6	10	3
16	102	56	35	25	70	86	56	26	46	42	20	15	8	6	6	2
17	104	58	34	26	72	88	58	28	48	44	22	16	6	8	6	2
18	106	60	33	27	73	90	58	26	50	46	22	16	5	6	6	2
19	108	46	32	28	74	92	56	30	36	30	23	18	8	10	6	2
20	110	48	35	30	75	94	60	32	38	34	25	20	6	8	6	2
21	102	46	32	20	76	87	62	34	36	30	15	10	5	6	8	2.5
22	104	48	33	21	75	88	60	33	38	34	16	12	6	8	8	2.5
23	106	50	34	22	74	90	60	32	40	36	16	12	8	10	8	2.5
24	108	52	35	23	73	92	58	30	42	38	17	12	6	8	10	3
25	110	54	36	24	72	94	58	28	44	36	17	12	5	6	10	3
26	102	56	35	25	70	86	56	26	46	42	20	15	8	6	6	2
27	104	58	34	26	72	88	58	28	48	44	22	16	6	8	6	2
28	106	60	33	27	73	90	58	26	50	46	22	16	5	6	6	2
29	108	46	32	28	74	92	56	30	36	30	23	18	8	10	6	2
30	110	48	35	30	75	94	60	32	38	34	25	20	6	8	6	2

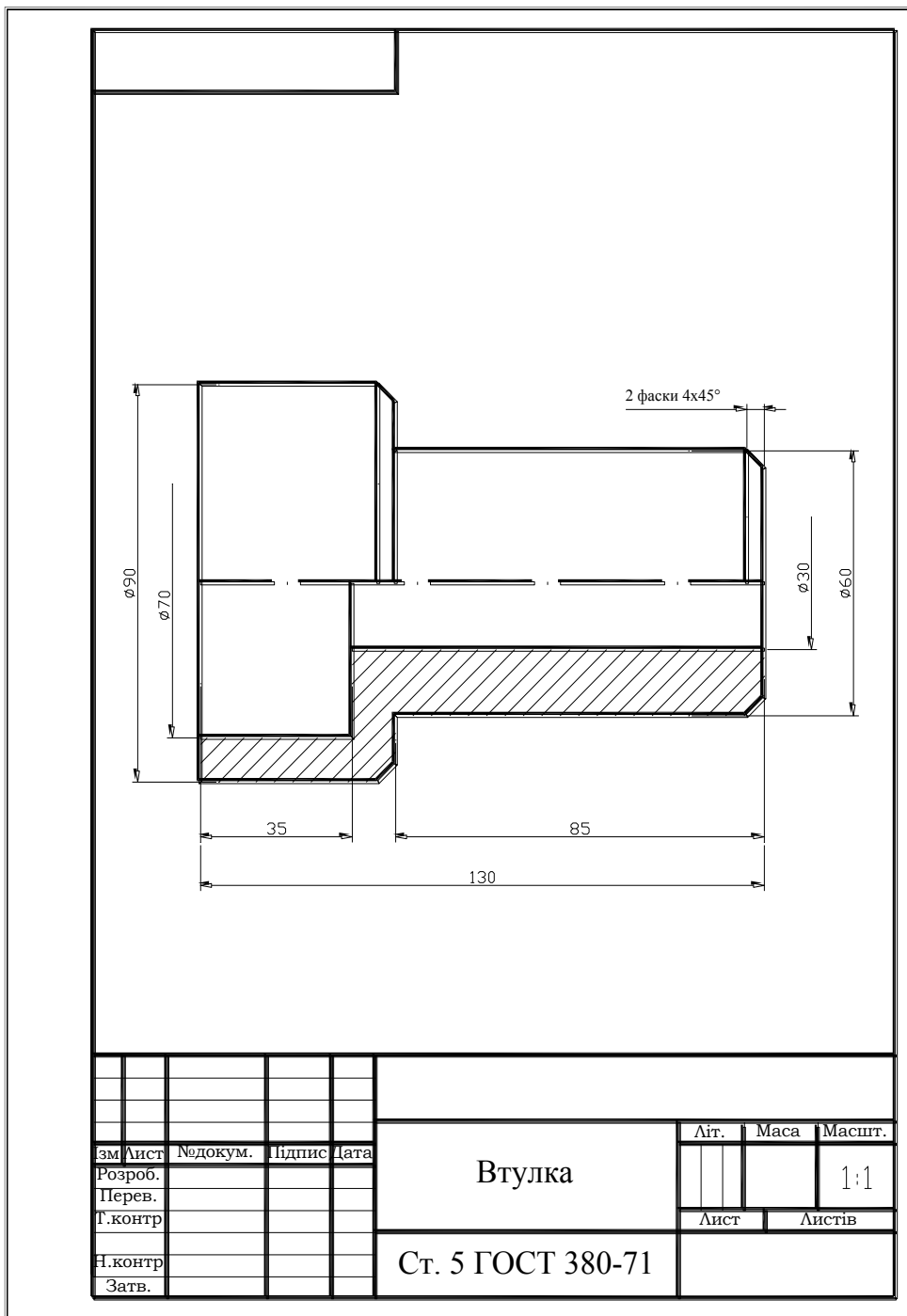


Рис. 3.114. Приклад виконання завдання 25

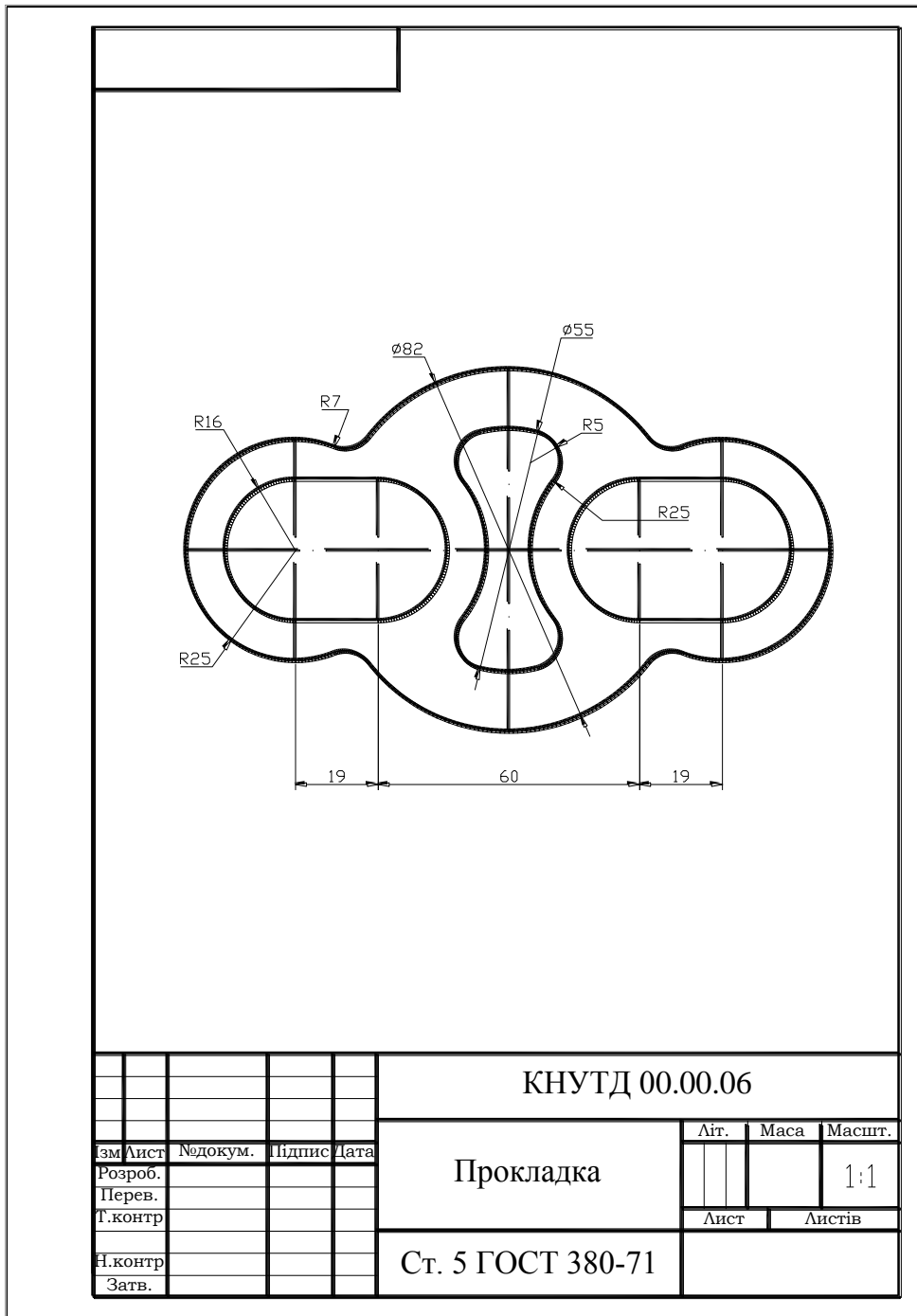


Рис. 3.115. Приклад виконання завдання 26

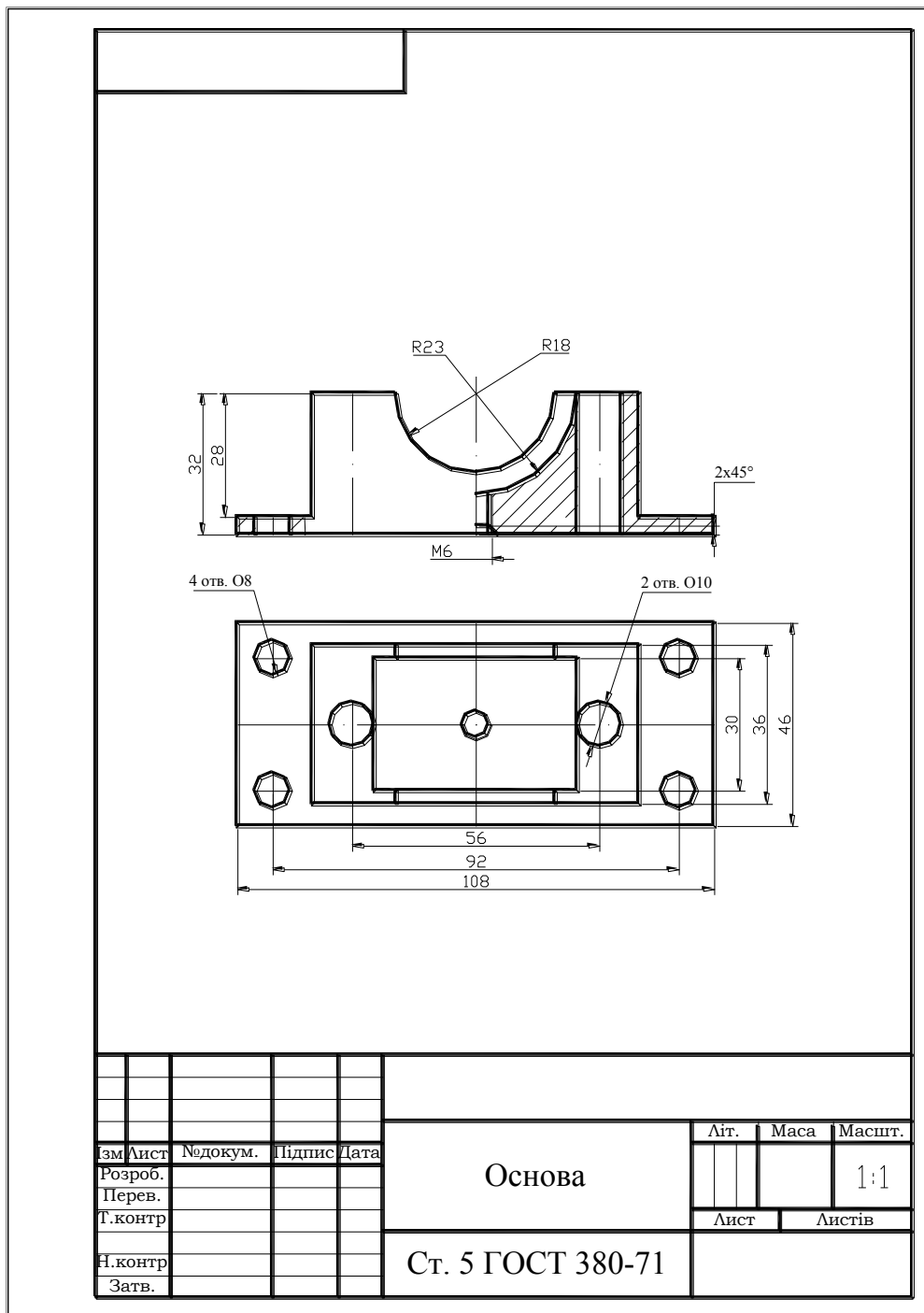


Рис. 3.116. Приклад виконання завдання 27

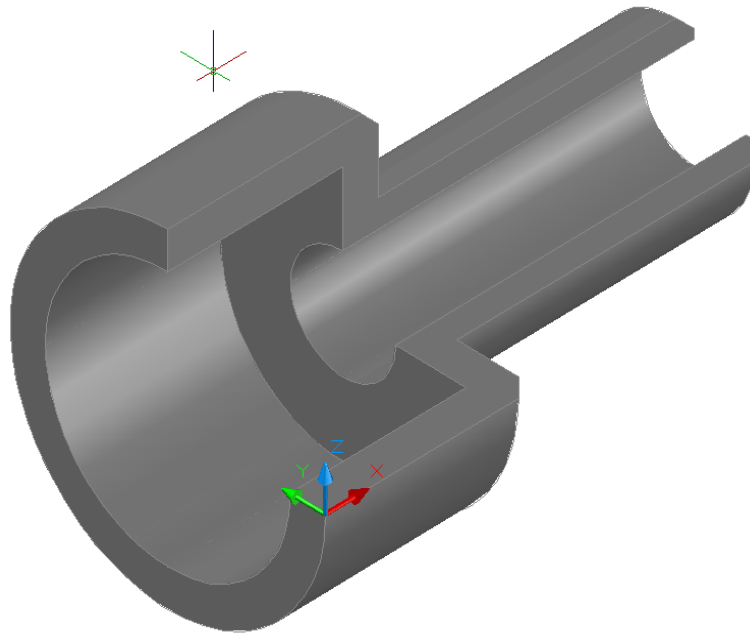


Рис. 3.117. Приклад виконання наочного зображення завдання 25

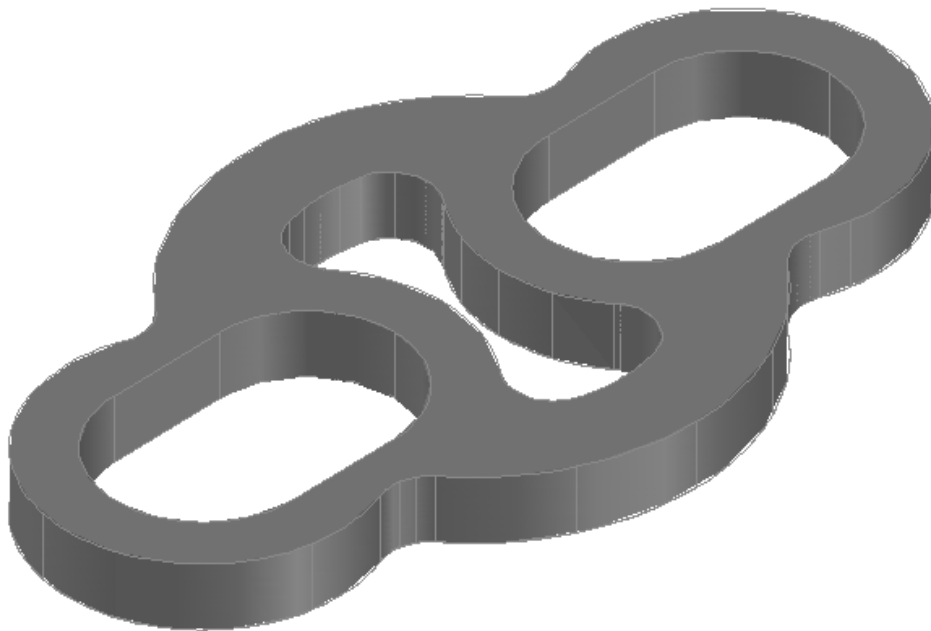


Рис. 3.118. Приклад виконання завдання 26

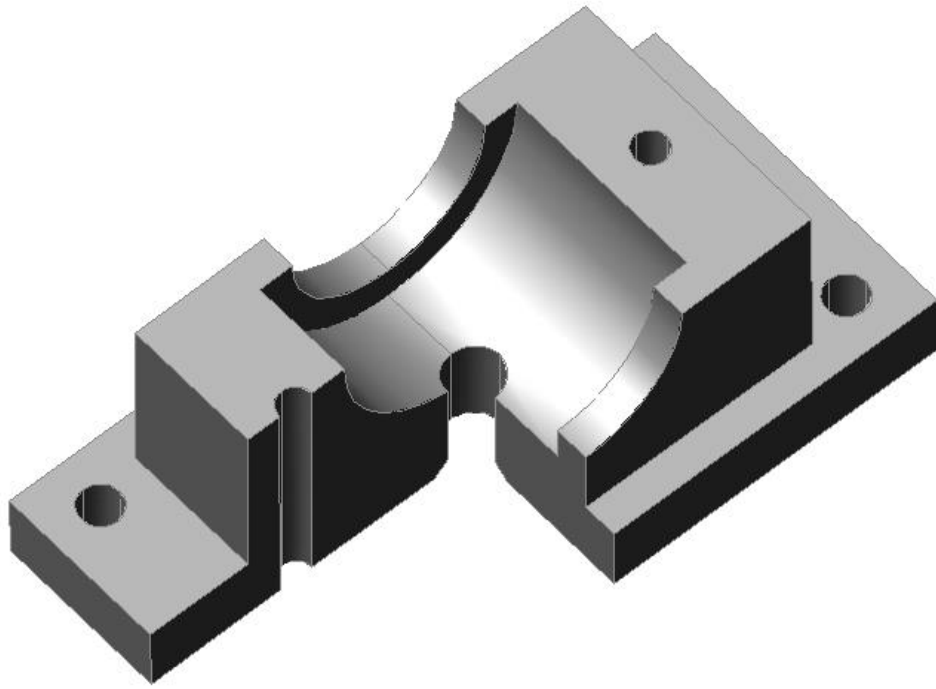


Рис. 3.119. *Приклад виконання завдання 27*

Розділ ІУ

ПЕРСПЕКТИВА

Теорія побудови перспективи має свої поняття, позначення, правила, прийоми та методи, які допомагають в кожному окремому випадку успішніше розв'язувати поставлене завдання. Систематичне і глибоке вивчення цього курсу сприяє розвитку просторового мислення.

Одним із найбільш розповсюджених методів побудови перспективи, завдяки простоті та виразності, є метод *архітектора*. Це метод побудови перспективи об'єкта за точками збігу його основних ліній і картинними слідами прямих.

Предмет завжди зображують освітленим. Коли є світло, то є й тінь, тому в перспективному рисунку (кресленнику) повинні бути побудовані тіні.

По суті побудова тіні в перспективі є такою ж, як і в ортогональних проекціях, але тут вона чітко залежить від реальних умов положення об'єкта в просторі, розташування джерела світла й естетичних міркувань.

Курс „Перспектива” згідно з навчальним планом дизайнерів належить до циклу професійно орієнтованих дисциплін. Але знання законів перспективи для фахівців інших технічних спеціальностей (механіки, технології тощо) дозволить значно підняти їх рівень компетентностей.

По завершенні курсу студент повинен:

– *знати* основні положення лінійної перспективи, її апарат, деякі способи побудови перспективи за заданими ортогональними проекціями об'єкту, побудову падаючих і власних тіней у перспективі;

– *уміти* за ортогональними проекціями визначати найбільш доцільну композицію перспективи (вибір точки зору, куту зору, лінії горизонту тощо) будувати фронтальну та кутову перспективу будь-яким способом, власні і падаючі тіні на перспективних зображеннях, аналізувати перспективні зображення існуючих художніх творів.

При виконанні завдання з кожної теми студенти мають працювати, а саме: повторити теоретичний матеріал за конспектом лекції та підручником і розв'язати задачі з даної теми в робочому зошиті.

Закріплюються знання з кожної теми шляхом самостійного виконання індивідуальних розрахунково-графічних робіт. Ці роботи виконують за варіантами, які призначає викладач. Якщо в збірнику завдань варіанти не вказані, умову студент вибирає довільно.

МЕТОДИЧНІ НАСТАНОВИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РОЗДІЛУ

Відповідно до спеціальності, по якій навчається студент, пропонується виконати завдання по темам з перспективи, яка наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Тематика завдань відповідно спеціальностям

Профіль спеціальності, групи	Завдання						
	28	29	30	31	32	33	34
Факультет МКТ: 131 Прикладна механіка (БЗПМ, БЗПМТ), 133 Галузеве машинобудування (БЗМБ, БЗМБТ)	+	+	+	+	+	+	+
Факультет МКТ: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (БЗЕМ), 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка (БЗМС, БЗМСТ)	+	+	+	-	+	-	+
Факультет ІМ: 182 Технології легкої промисловості (БЗВ, БЗВТ, БЗПрЕ, БЗПрЕТ, БЗТ, БЗТТ, БЗШ, БЗШТ, БЗШМК, БЗШМКТ)	+	+	+	+	+	+	+

Примітка: Теми з позначкою «*» призначені для поглибленого вивчення курсу.

Прийняті умовні позначення

P_1, P_2, P_3 – головні площини проекцій: горизонтальна, фронтальна і профільна

P_4, P_5, \dots – додаткові площини проекцій

K – бісекторна площина четвертої та другої чвертей (квадрантів) простору

P' – площина проекцій при побудові аксонометричних зображень

x, y, z – координати вісі: абсцис, ординат, аплікат

x_{12} – вісь проекцій – перетин горизонтальної та фронтальної площин проекцій

z_{23} – вісь проекцій – перетин фронтальної та профільної площин проекцій

y_1 – вісь проекцій, яка належить горизонтальній площині проекцій

x', y', z' – аксонометричні вісі

x_{14} – нова вісь проекцій при перетворенні кресленника – заміна площини проекцій P_2 на площину P_4

O – початок ортогональних координат

O' – початок аксонометричних координат

A, B, C, D, \dots – позначення точок в просторі – великі літери латинської

абетки

1, 2, 3, ... – арабські цифри

I, II, III, IV, ... – римські цифри

a, b, c, d, \dots – лінії в просторі (малі літери латинської абетки)

h – горизонтальна пряма

f – фронтальна пряма

p – профільна пряма

α, β, γ – кути

$\Gamma, \Delta, \Theta, I, \Lambda, \Xi, \Sigma$ – площини, поверхні – великі літери грецької абетки

H – горизонтальний слід прямої

F – фронтальний слід прямої

h^o – горизонтальний слід площини

f^o – фронтальний слід площини

**Проекції геометричних образів позначаються тими ж літерами
(або цифрами) з показом індексу:**

A_1, B_1, C_1, \dots – горизонтальні проекції точок

A_2, B_2, C_2, \dots – фронтальні проекції точок

A_3, B_3, C_3, \dots – профільні проекції точок

$A_4, A_5, B_4, B_5, \dots$ – проекції точок на додаткових площинах проекцій

a_1, b_1, c_1, \dots – горизонтальні проекції ліній

a_2, b_2, c_2, \dots – фронтальні проекції ліній

Σ_1, Δ_1 – горизонтальні проекції площин, поверхонь

$\Sigma_2, \Delta_2, \dots$ – фронтальні проекції площин, поверхонь

$A'_1, A'_2, \dots, a'_1, a'_2, \dots$ – вторинні проекції об'єктів проєкціювання

$\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ – проекції точок після перетворення кресленика обертанням або суміщенням

Σ_1, Σ_2 – горизонтальний або фронтальний сліди площини

Позначення головних операцій

// – знак паралельності

– знак не паралельності

\perp – знак перпендикулярності

\cap – знак перетину

\equiv – знак збігання двох геометричних образів або їх проекцій

\in – знак належності. Наприклад: $A \in \Theta$ – точка A належить площині Θ .

$A \in l$ – точка A належить лінії l

\sphericalangle – плоскі або двогранні кути. Прямий кут позначають дугою з точкою в середині цього сектора – \sphericalangle .

Завдання 28. Побудова перспективи плоскої фігури

Загальні положення по темі завдання 28

Побудова перспективних зображень точки та прямої.

Точка зору

Загальні положення про теорію перспективи

У багатьох сферах науки та техніки, в образотворчому мистецтві знаходять втілення різні прийоми виконання креслень, схем, рисунків, фотографій тощо. Призначення їх різноманітне.

Невід'ємним елементом творчого процесу є уміння відтворювати предмети на кресленнику чи рисунку, побудові такого зображення, що сприймалося б натуральним, щоб в ході творчого процесу можна було б перевірити задуману композицію, пропорції тощо.

Найбільш наочним способом зображення предметів є *перспектива*. Перспективні зображення лише незначно відрізняються від зображень, які отримуються в наслідок зорового сприйняття. *Перспектива дає можливість природно (в порівнянні з ортогональними проєкціями) зобразити на площині просторові об'ємні форми, їх пластику, глибину розміщення.*

Перспектива пояснює закони, за якими оточуючі нас предмети можуть отримувати самі різноманітні обриси і форми в залежності від того, на якій відстані і в якому положенні вони знаходяться відносно очей глядача. В той же час вона дає графічні прийоми, за допомогою яких на двомірній площині картини можна дуже точно відтворити всі три виміри будь-якого предмета з усіма змінами, обумовленими відстанню, віддалення цього предмета від глядача та його положення в просторі.

Перспективне зображення, в залежності від призначення, може бути побудовано на *довільній проєкційній поверхні*. Тому перспектива поділяється на декілька видів.

Лінійна перспектива – це зображення, побудоване на площині. Назву лінійної вона отримала тому, що за допомогою ліній в ній можна передати всі прямі та криві, площини, обриси предметів, форму тіней і дзеркальне відображення цих предметів.

В залежності від призначення перспективних зображень площина може бути розміщена *вертикально, похило, горизонтально*.

Вертикальна площина на якій будується зображення за допомогою лінійної перспективи, використовується в архітектурній практиці побудови перспективи об'єктів забудови, при творенні картин (станковий живопис, настінні панно).

Побудова перспективних зображень на *похилих площинах* використовується в монументальному живописі – розписи на похилих фрезах, всередині приміщень палаців та соборів.

Побудову перспективних зображень на *горизонтальній площині* використовують при розписі стель, плафонів.

Панорамна перспектива – це зображення, що будується на внутрішньої циліндричної (іноді кульової) поверхні. Слово „панорама” означає „все бачу”, в буквальному перекладі це перспективне зображення на картині всього того, що глядач бачить навколо себе. При малюванні точку зору мають у своєму розпорядженні на осі циліндра (або в центрі кулі), а лінію горизонту - на колі, що знаходиться на висоті очей глядача. Тому при розгляданні панорам глядач повинен знаходитися в центрі круглого приміщення, де, як правило, мають у своєму розпорядженні оглядовий майданчик. Перспективні зображення на панорамі об'єднують з переднім предметним планом, тобто з розташованими перед нею реальними предметами.

Частина панорами з реальними предметами, що лежать між циліндричною поверхнею і глядачем, називають *діорамою*. Як правило, діорама займає окреме приміщення, в якому передню стіну замінюють циліндричною поверхнею, і на ній зображують пейзаж або панораму міста. У діорамах часто застосовують підсвічування для створення ефекту освітлення.

Купольна перспектива – це зображення, побудоване на внутрішній поверхні сфери або еліпсоїда. Її використовують при розписах на куполах в храмах, соборах, круглих залах метро.

Сферичні спотворення можна спостерігати на сферичних дзеркальних поверхнях. При цьому очі глядача завжди знаходяться в центрі відображення на кулі. Це позиція головної точки, яка реально не прив'язана ні до рівня горизонту, ні до головної вертикалі. При зображенні предметів в сферичній перспективі всі лінії глибини матимуть точку сходу в головній точці і будуть залишатися строго прямими. Також строго прямими будуть головна вертикаль і лінія горизонту. Всі інші лінії будуть в міру віддалення від головної точки все більш і більш згинатися, трансформуючись в коло. Кожна лінія, що не проходить через центр, будучи продовженою, є напівеліпса.

Тональна перспектива – поняття техніки живопису. Тональна перспектива – це зміна в кольорі і тоні предмета, зміна його контрастних характеристик в сторону зменшення, приглушення при видаленні вглиб простору. Принципи тональної перспективи першим обґрунтував *Леонардо да Вінчі*.

Повітряна перспектива характеризується зникненням чіткості і ясності обрисів предметів у міру їхнього видалення від очей спостерігача. При цьому дальній план характеризується зменшенням насиченості кольору (колір втрачає свою яскравість, контрасти світлотіні пом'якшуються), таким чином – глибина здається темнішою, ніж передній план. Повітряна перспектива пов'язана зі зміною тонів, тому вона може називатися також і *тональної перспективою*.

Театральна перспектива – це зображення на декількох вертикальних площинах, розміщених на різній глибині. Її використовують при виконанні декорацій на сценах театрів.

В цьому курсі ми розглянемо тільки лінійну перспективу на вертикальну площину та загальні питання перспективи.

Перспективне зображення є особливим випадком *центральної проєкції* об'єкта, коли апарат проєкціювання обмежений умовами наочного, зорового сприймання людиною навколишнього середовища, відповідним кутом зору, положенням площини проєкцій та предмета, який зображується.

Можна собі уявити, що ми дивимось через скло на деякий предмет. Якщо зафіксувати на склі видимий контур предмета восковим олівцем, то одержимо його зображення в перспективі. В цьому разі промені світла, які відбиваються від предмета, сходяться в одній точці - в оці глядача. Відповідно, ми маємо справу з *центральними проєкціями*.

Суть цього методу полягає в наступному. Якщо з центру проєкціювання – точки O , провести проєкціювальний промінь через точку A , так, щоб він перетинув задану площину проєкцій K , то точка їх перетину A' буде її проєкцією (рис. 4.1, а).

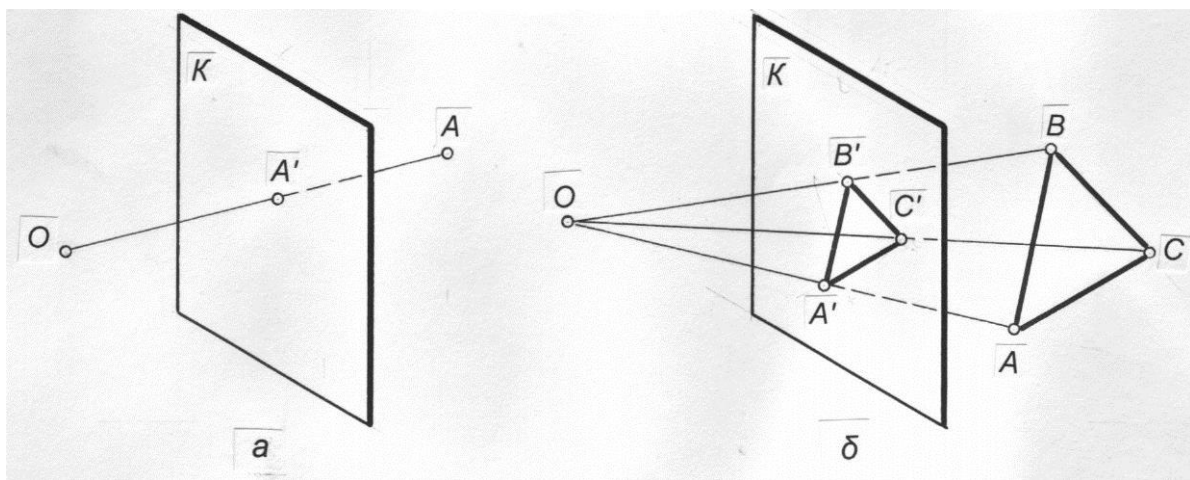


Рис. 4.1

Провівши проєкціювальні промені через центр проєкціювання точку O і точки A , B , C будь якої фігури, на площині маємо отримати центральну проєкцію фігури $A'B'C'$ (рис. 4.1, б).

Апарат перспективного проєкціювання

Зображення предметів на проєкційних поверхнях побудоване за методом центрального проєкціювання називають *центральною проєкцією предмета*, або *перспективним зображенням*, коротко – *перспективою*.

Для побудови перспективного зображення користуються апаратом проєкціювання – *системою площин, ліній і точок* (див. рис. 4.2).

Основними елементами проєкціювання є:

- *предметна площина Π_1* , на якій розташований зображувальний предмет;
- *картинна площина (картина) K* – вертикальна площина основних проєкцій, що міститься між глядачем і об'єктом зображення та перпендикулярно до предметної площини Π_1 ,

- нейтральна площина N (площина глядача), яка проходить через точку O паралельно картинній площині;
- площина горизонту H – площина, яка проведена через точку зору O паралельно предметній площині.

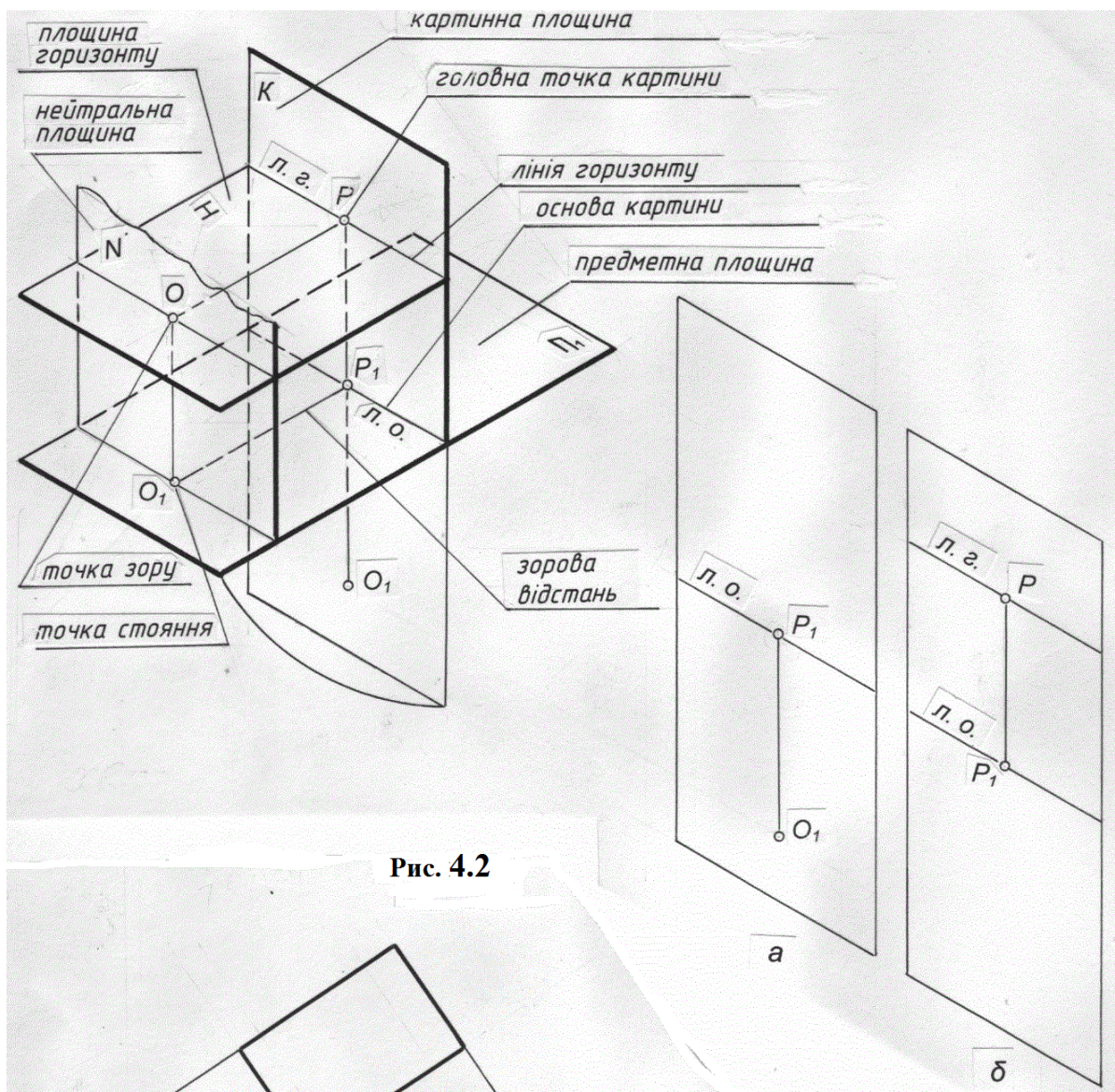


Рис. 4.2

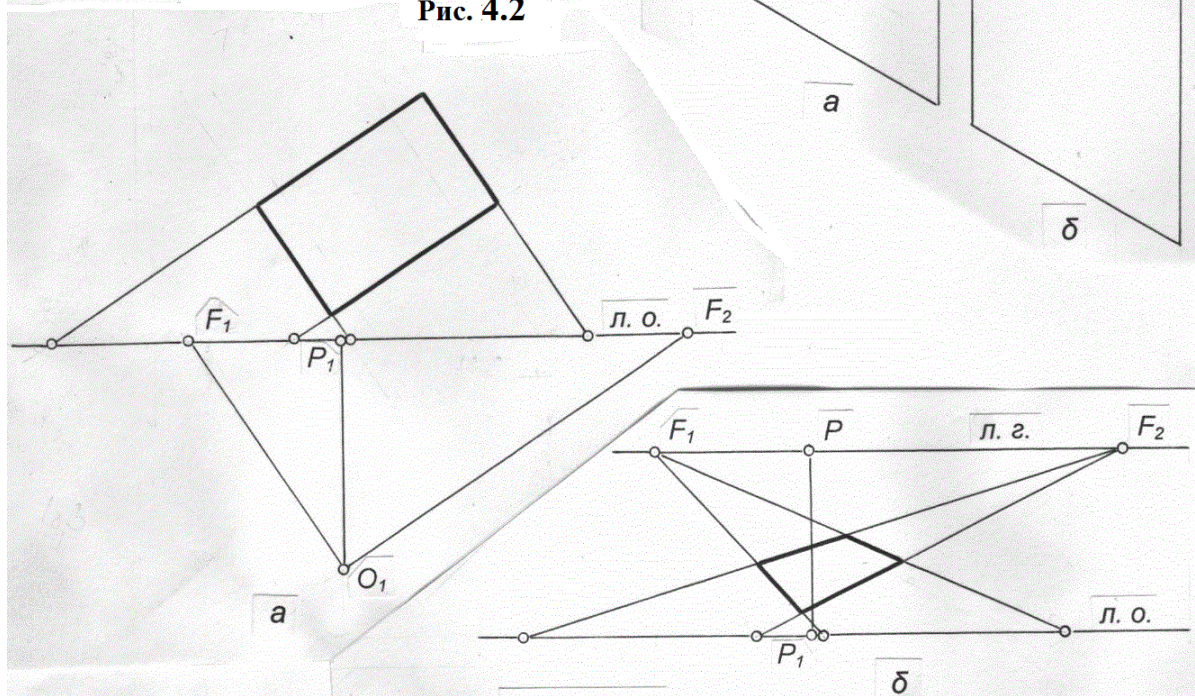


Рис. 4.3

Назвемо також характерні точки та лінії апарата проєкціювання:

- точка O , яка визначає положення ока глядача відносно картини і предметної площини. Називається *точкою зору*;
- *точка стояння* O_1 (*основа точки зору*). Це основа перпендикуляра, який опущено з точки O на площину Π_1 , а довжина перпендикуляра OO_1 – *висота точки зору*;
- *головна (центральна) точка картини* P – прямокутна проєкція точки зору O на картину K ;
- *зорова відстань* – довжина перпендикуляра OP .;
- *основа картини (л. о.)* – лінія перетину площини Π_1 і K ;
- *лінія горизонту (л. г.)* – лінія перетину площини горизонту з картинною площиною. Вона проходить через точку P паралельно основі картини;
- *висота горизонту* – перевищення точки зору O над предметною площиною.

На рис. 4.2, *а* наведено наочну проєкційно-зображувальну систему перспективи. Щоб перейти від просторової (наочної) системи проєкцій до плоскої, потрібно предметну площину Π_1 обернути навколо *основи картини (лінія л. о.)* до суміщення її з *картинною площиною* (рис. 4.2, *б*). При такому суміщенні предметна площина співпадає з картинною площиною і відповідно зображення предметної площини накладається на перспективне зображення предмета на картинній площині.

Для спрощення побудови та наочності зображення перспективний апарат розділяють на два креслення. На одному (рис. 4.3, *а*) показують предметну площину з зображенням лінії основи картини (л. о.), проєкції точки зору O_1 , проєкції головної точки P_1 . На цьому кресленнику будують проєкцію зображуваного предмету. На другому (рис. 4.3, *б*) – лінію горизонту (*лінія л. г.*), основу картини (*лінія л. о.*), головну точку картини P та її проєкцію P_1 на лінії основи картини. Тут будується перспективне зображення.

Перспективне зображення точки

Перспективним зображенням довільно розташованої в просторі точки може бути тільки *точка*.

Перспективою точки є точка перетину з картинною площиною променя зору, спрямованого з заданої точки простору в точку зору. Однак ця проєкція не визначає положення точки у просторі, поза як усі точки, які лежать на зоровому промені, проєкціюються в одну точку. Для того, щоб визначити її положення в просторі ми зобов'язані також показати проєкцію A_1 заданої точки на предметній площині, тобто точку основи перпендикуляра опущеного з заданої точки на предметну площину (проєкцію точки на предметній площині).

На рис. 4.4 наведено приклад побудови перспективи точки A . Для побудови перспективи точки A , розміщеної в просторі, через неї проводять проєкціювальний промінь OA , який називають *променем зору*. Точка зору O , її основа O_1 та промінь зору OA визначають вертикальну площину, яку називають *променевою площиною*. Променева площина перетинає картинну площину по

Перспективне зображення прямих

Побудова перспективи прямих є основною задачею, так як перспектива точки будується за допомогою двох прямих; перспективи кривих будуються або за допомогою дотичних, або по точках.

У загальному випадку *перспективою будь-якої розташованої в просторі прямої може бути або пряма, або точка*.

Точкою вона буває тільки в тому випадку, коли пряма збігається з променем зору, позаяк усі точки прямої збігаються з променем зору (рис. 4.6, це пряма CD).

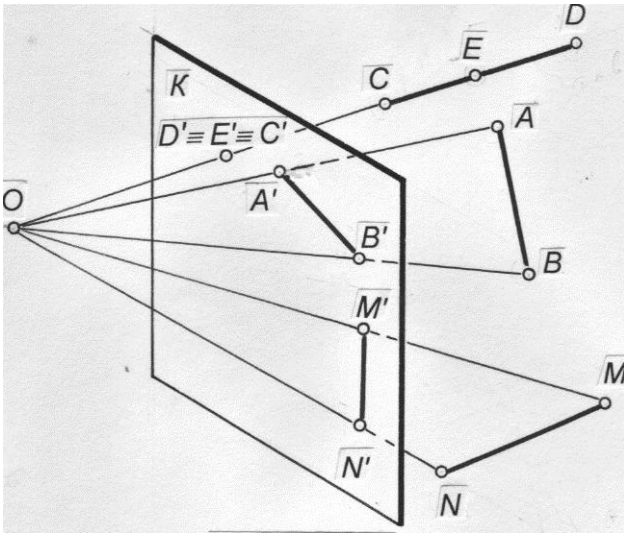


Рис. 4.6

В решті випадків перспективою прямої може бути лише пряма, тому що перетин будь яких двох площин проходить по прямій. На рис. 4.6 це прямі AB та MN .

Всі прямі простору, з точки зору їх перспективних зображень можна розділити на дві групи: прямі, які паралельні до картинної площини (прямі які розміщені в фронтальних площинах), їх називають *фронтальними* та прямі, які не паралельні картинній площині, та мають *точку збігу*.

По своєму положенню в просторі прямі, не паралельні картині можуть бути:

- *перпендикулярними* до картини (головні). Так як картина вертикальна, такі прямі в просторі *горизонтальні*;
- *горизонтальними*, але не паралельними і не перпендикулярними до картини – *горизонтальними загального положення*. Ці горизонтальні можуть знаходитися в просторі під довільним кутом до картини;
- *нахилені* прямі загального положення, які не розміщені в площині паралельній картині, на відміну від нахилених, які паралельні картині.

Перспективне зображення прямих, паралельних картинній площині (фронтальних)

Фронтальні прямі, які паралельні картинній площині, в свою чергу, можуть бути: *горизонтальними, вертикальними та нахиленими*.

Прямі, які паралельні картинній площині, не збігаються з променем зору, тому їх перспективне зображення буде прямою.

Прямі простору AB , BC , AC , які паралельні до картинної площини, визначають площину Θ , яка паралельна картинній площині (рис. 4.7).

Перспективним зображенням прямої AC буде пряма, яка паралельна прямій простору, тому що прямі перетину променевою площиною, яка проходить через пряму AC , двома взаємно паралельними площинами ($\Theta \parallel K$) повинні бути тільки паралельними ($A'C' \parallel AC$). Отже можна зробити висновок:

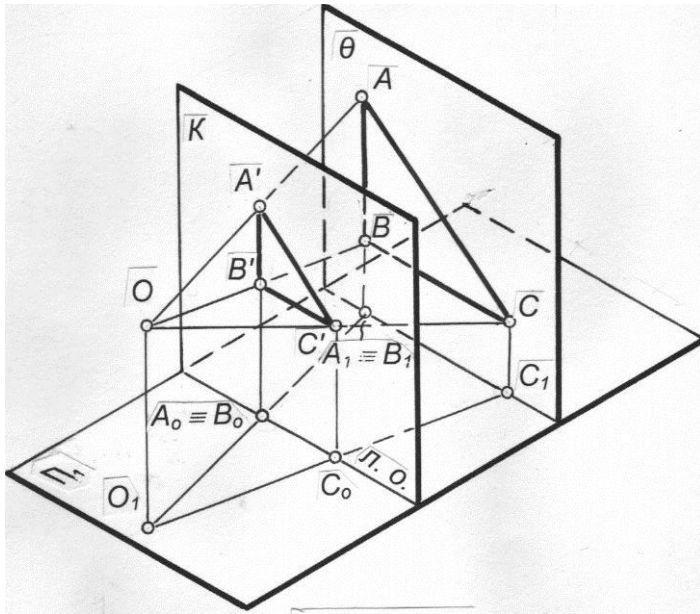


Рис. 4.7

— перспективне зображення на вертикальній картині усіх розташованих в просторі вертикальних прямих – *вертикалі* ($A'B' \parallel AB$);

— перспективне зображення усіх розташованих в просторі горизонтальних прямих паралельних картинній площині

– *горизонталі* ($B'C' \parallel BC$);

— перспективне зображення нахилених прямих, які паралельні картинній площині, мають той же нахил що і пряма простору ($A'C' \parallel AC$).

Наслідком паралелізму між прямими, розташованими в просторі паралельно картині, і їх перспективним зображенням є *подібність* та *паралельність* довільно розташованої в просторі фронтальної геометричної плоскої фігури з її перспективним зображенням на картинній площині. На рис. 4.7. це трикутник ABC).

Перспективне зображення прямих перпендикулярних до картини

На рис. 4.8 задана перпендикулярна до картини пряма t , яка розміщена в предметній площині. Промені зору, які послідовно сполучають точку зору O з кожною з точок A, B, C, \dots , прямої утворюють в просторі променевою площину. Перетин цієї площини з площиною картини, як це уже було відзначено (див. рис. 4.6 та 4.7), утворюють пряму, яка є перспективним зображенням горизонтальної та перпендикулярної до картини прямої.

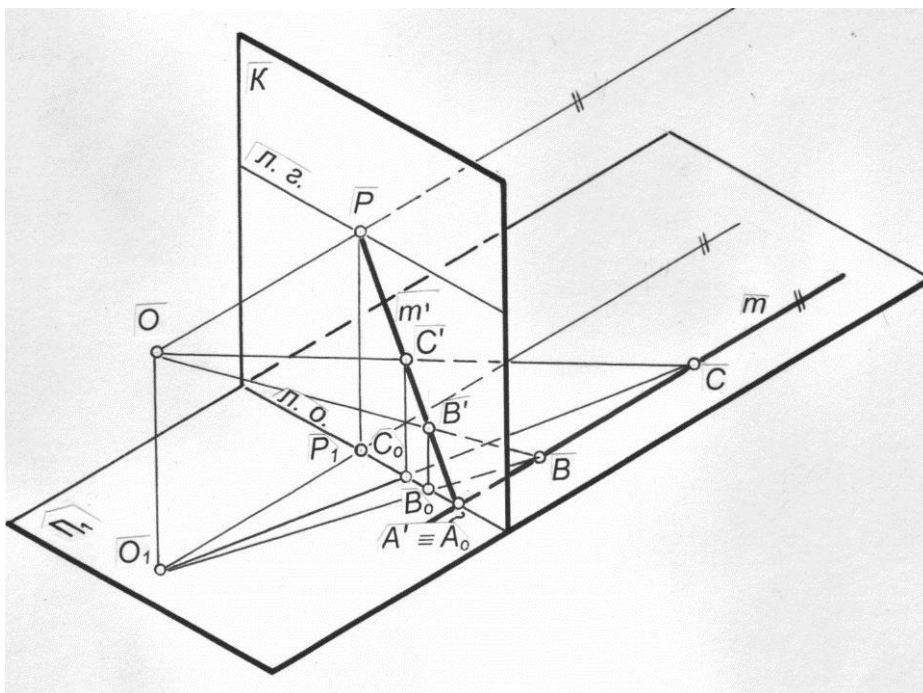


Рис. 4.8

Щоб визначити напрям на картині перспективного зображення прямої, розміщеної в просторі горизонтально і, відповідно, перпендикулярно до картини, розглянемо який напрям мають зорові промені, які, перетинаючись з картиною, утворюють перспективне зображення цієї

прямої. З побудови перспективного зображення точок прямої можна зробити висновок, що промені зору, які проходять через точку зору (точка O) і точки прямої що віддаляються від картини поступово піднімаються і намагаються наблизитися до напрямку прямої та перетворитись в горизонталі, перпендикулярні до картини. Напрямок останнього променя, який проходить через останню точку прямої, яка розміщена в нескінченості, співпадає з напрямком прямої, а сам промінь стає горизонтальним та перпендикулярним до картини. Зоровий промінь, який проходить через нескінченно віддалену точку прямої, буде паралельний до самої прямої, так як дві паралельні прямі мають спільну точку в нескінченості. Сам промінь зору збігається з головним променем зору і перетинає картинну площину в головній точці картини, точці P , де і буде знаходитись перспективне зображення нескінченно віддаленої точки заданої прямої, яка перпендикулярна до картини. Звідси слідує, що *перспективне зображення прямої перпендикулярної до картини являє собою лінію, яка іде в головну точку картини – точку P .*

Для визначення на картині перспективного зображення цієї прямої, досить двох точок. Одна з них — це точка, в якій задана пряма перетинає картинну площину, – *точка нульового віддалення* (наприклад точка A на рис. 4.8). Точку перетину прямої з площиною проєкцій називають *слідом прямої*. Звідси, точку A перетину прямої з картинною площиною, відповідно, називають *картинним слідом прямої* і позначають літерою A з індексом – A_0 .

Друга точка, на відміну від точки нульового віддалення, знаходиться на другому кінці прямої на нескінченно далекій відстані і являє собою нескінченно віддалену точку прямої, або *точку нескінченного віддалення* – перспективне зображення нескінченно віддаленої точки прямої на картині – точка P .

З цього можна зробити висновок, що напрямок перспективного зображення прямої, яка перпендикулярна до картини, визначають дві точки: картинний слід прямої (точка A_0) та точка P (головна точка картини) – перспективне зображення нескінченно віддаленої точки прямої.

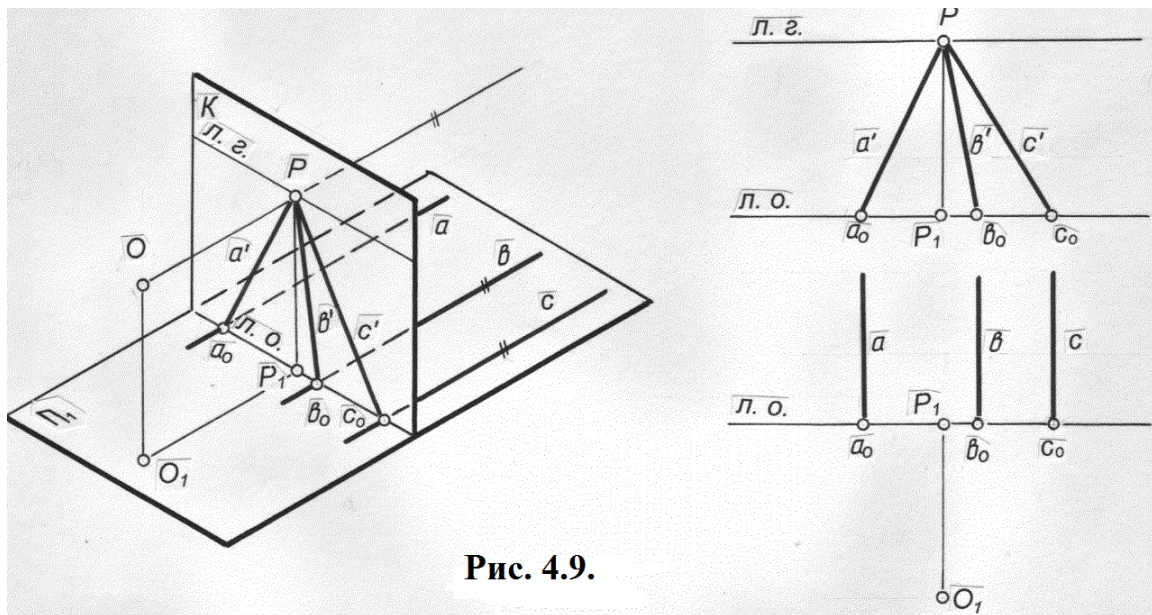


Рис. 4.9.

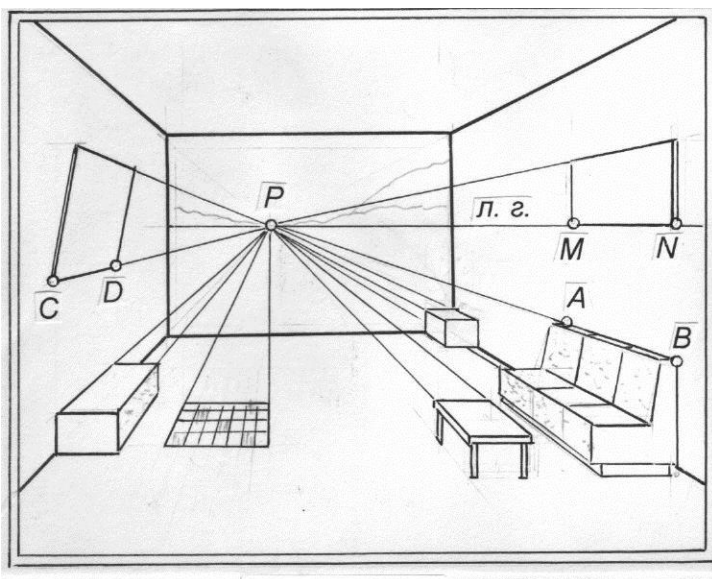


Рис. 4.10

Якщо розглянути побудову перспективного зображення декількох горизонтальних прямих, які перпендикулярні до картини, і відповідно, паралельних між собою (див. рис. 4.8), то впевнимися, що перспективне зображення нескінченно віддаленої точки кожної із прямих також знаходиться головній точці картини, в точці P (див. рис. 4.9).

Звідси можна зробити висновок: перспективне зображення перпендикулярних

до картини і паралельних в просторі між собою прямих на картині непаралельні і збігаються в одній загальній для них точці. Ця точка називається точкою збігу.

Точка збігу прямих перпендикулярних до картини знаходиться в головній точці P і такі прямі називають *головними*, а головна точка – *головною точкою збігу*.

З побудов виконаних на рис. 4.9 та міркувань, можна зробити висновок – перспективне зображення прямої перпендикулярної до картини можна

побудувати за картинним слідом прямої та точкою збігу паралельних між собою прямих перпендикулярних до картини.

Перспективне зображення прямих перпендикулярних до картинної площини, як правило нахилені і збігаються в головній точці P картини (на рис. 4.10 це прямі AB , CD та інші). Горизонтальними вони будуть за умови, що прямі перпендикулярні до картинної площини та розміщені в просторі на рівні точки зору, тобто проходять в *горизонтальній площині зору*. На рис. 4.10 це пряма MN).

Перспективне зображення горизонтальних прямих загального положення

При побудові перспективи на вертикальній картині, площину картини в більшості випадків розміщують під довільним кутом до горизонтальних прямих об'єкта.

Горизонтальні прямі, які розміщуються під гострим кутом до картини, називають *горизонтальними прямими загального положення*.

Розглянемо побудову перспективи горизонтальних прямих загального положення на прикладі прямої, яка міститься в предметній площині (див. рис. 4.11).

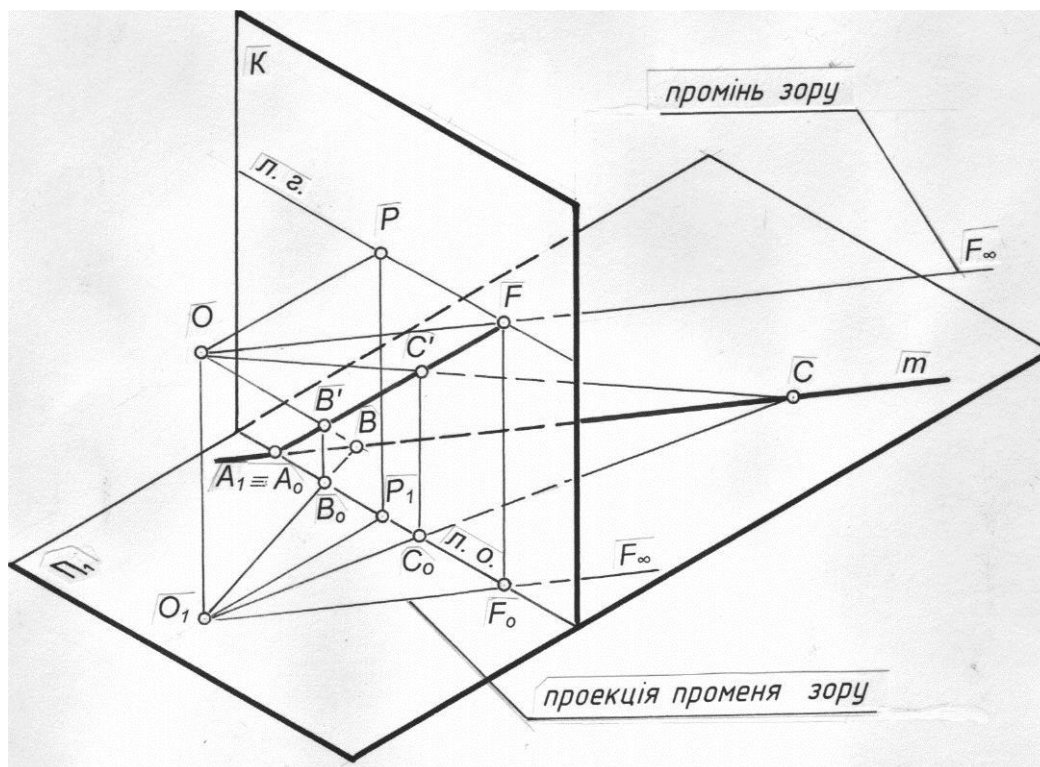


Рис. 4.11

Зорові промені, які послідовно сполучають точку зору з точками прямої утворюють променеву площину, перетин якої з картинною площиною визначить, як ми уже знаємо з рис. 4.6, 4.8, пряму, яка і буде перспективним зображенням заданої прямої.

Точка, в якій зоровий промінь перетинає картину, може бути тільки на рівні точки зору, тобто на лінії горизонту (точка F на рис. 4.11).

Якщо розглядати (див. рис. 4.12) побудову перспективи декількох ліній паралельних між собою, то побачимо, що перспективне зображення нескінченно віддалених точок усіх цих прямих сходиться в одній спільній для всіх їх точці, тобто в місці перетину з картиною зорового променя, паралельного цим прямим в просторі.

Ця точка і є точкою збігу перспективних зображень всіх паралельних в просторі прямих, розміщених під одним і тим же кутом до картинної площини, а визначаючий цей напрямок зоровий промінь називається *променем збігу*.

Поступаючи таким же способом з другими лініями (рис. 4.12), ми побачимо, що перспективні зображення цих ліній, паралельних в просторі, направляються в одну спільну для них точку збігу даного напрямку. Ця точка знаходиться на лінії горизонту в місці перетину з картиною променя зору, паралельного в просторі заданим прямим.

З сказаного можна зробити висновок:

- перспективне зображення всіх прямих простору, паралельних між собою, на картині не паралельні і збігаються в одній спільній точці збігу розміщеній на лінії горизонту (рис. 4.12);

- перспективне зображення довільної групи паралельних горизонтальних прямих загального положення, отримуватимуть для кожного з цих груп самостійну точку збігу (рис. 4.13);

- точка збігу перспективних зображень всіх розміщених в просторі довільних горизонтальних прямих загального положення знаходиться на лінії горизонту справа або зліва від головної точки в залежності від напрямку цих прямих;

- точка збігу довільних горизонтальних прямих загального положення, який би напрямок вони не мали, знаходиться на лінії горизонту, в точці перетину картини променем збігу, який проходить в просторі паралельно напрямку цих прямих;

- напрямок перспективного зображення горизонтальних прямих загального положення визначається картинним слідом кожної із них та спільною точкою збігу цих прямих (рис. 4.12).

В практиці визначення перспективного напрямку прямої насамперед будують картинний слід прямої подовженням прямої до перетину з основою картини (наприклад точка a_0 , рис. 21.12). Для побудови точки збігу прямої через проєкцію точки зору на предметній площині проводять проєкцію променя збігу паралельно напрямку прямої. Точка перетину проєкції променя збігу з основою картини визначає проєкцію F_0 точки збігу прямої, яка переноситься на лінію горизонту по лінії проєкціювального зв'язку. Точка F буде точкою збігу всіх паралельних між собою прямих визначеного напрямку.

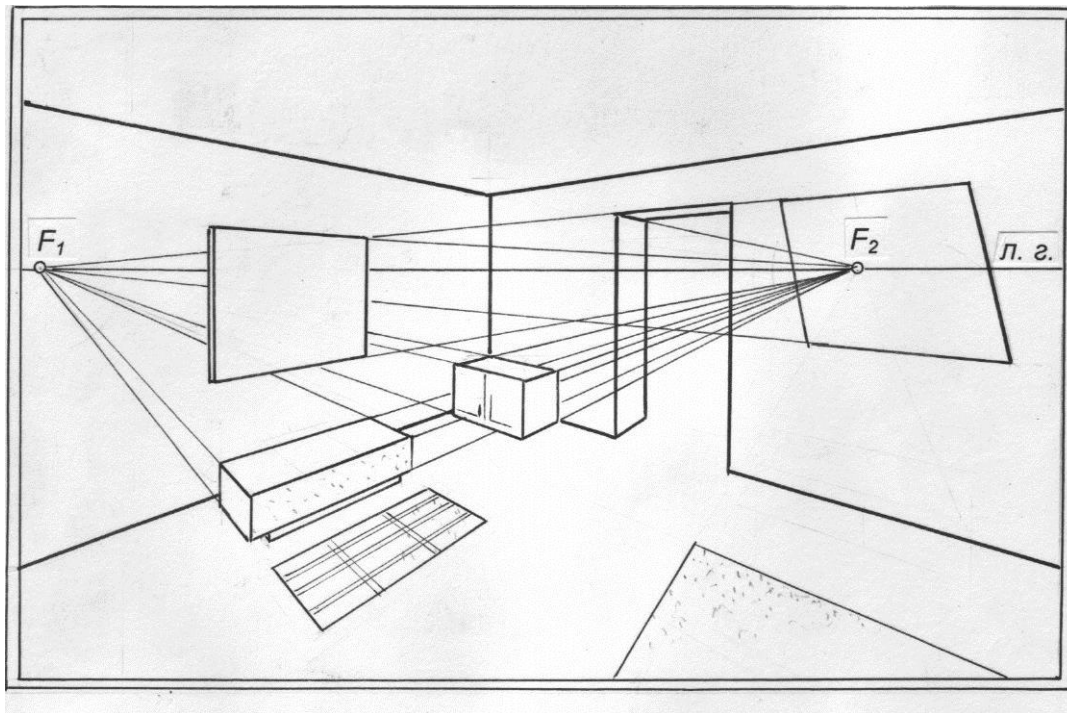


Рис. 4.13

На рис. 4.13 наведено приклад побудови перспективи прямих загального положення.

Перспективні зображення горизонтальних прямих, нахилених до картинної площини під кутом 45° , та прямих які ідуть в точку зору

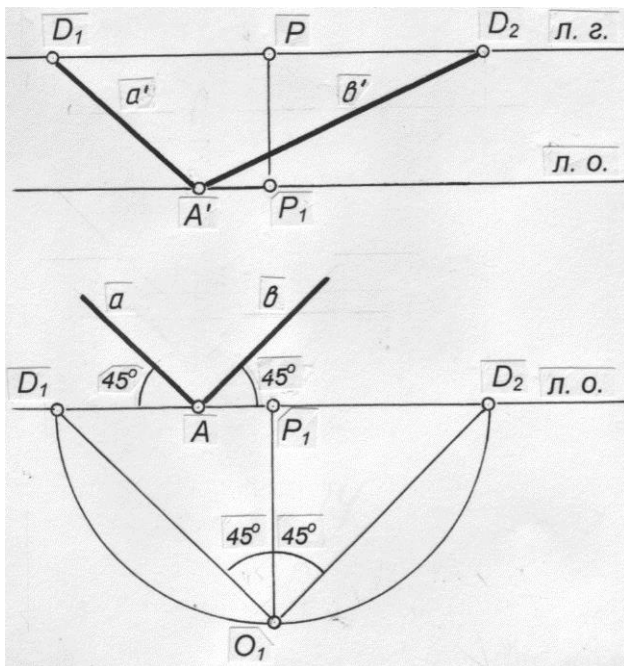


Рис. 4.14

квадратів розміщених фронтально

Якщо визначити зазначеним вище на рис. 4.12 графічним шляхом точку збігу перспективних зображень прямих, утворюючих з картинною площиною кут в 45° , то побачимо, що ця точка буде віддалена від головної точки P картини на відстані, яка дорівнює головній відстані віддалення глядача (див. рис. 4.14).

Точки D_1 , D_2 ще називають *дистанційними точками*.

Звідси ми заключаємо, що дистанційні точки (*точки віддалення*) є разом з тим і точками збігу перспективних зображень горизонталей розміщених в просторі під кутом в 45° . Цей кут визначає також напрямом діагоналі всіх

променя, який проведено через точку в нескінченності, тобто паралельно до напрямку прямої і буде на лінії горизонту. Це точка і буде точкою збігу заданої прямої. Перспективне зображення прямої буде вертикальна лінія на картині.

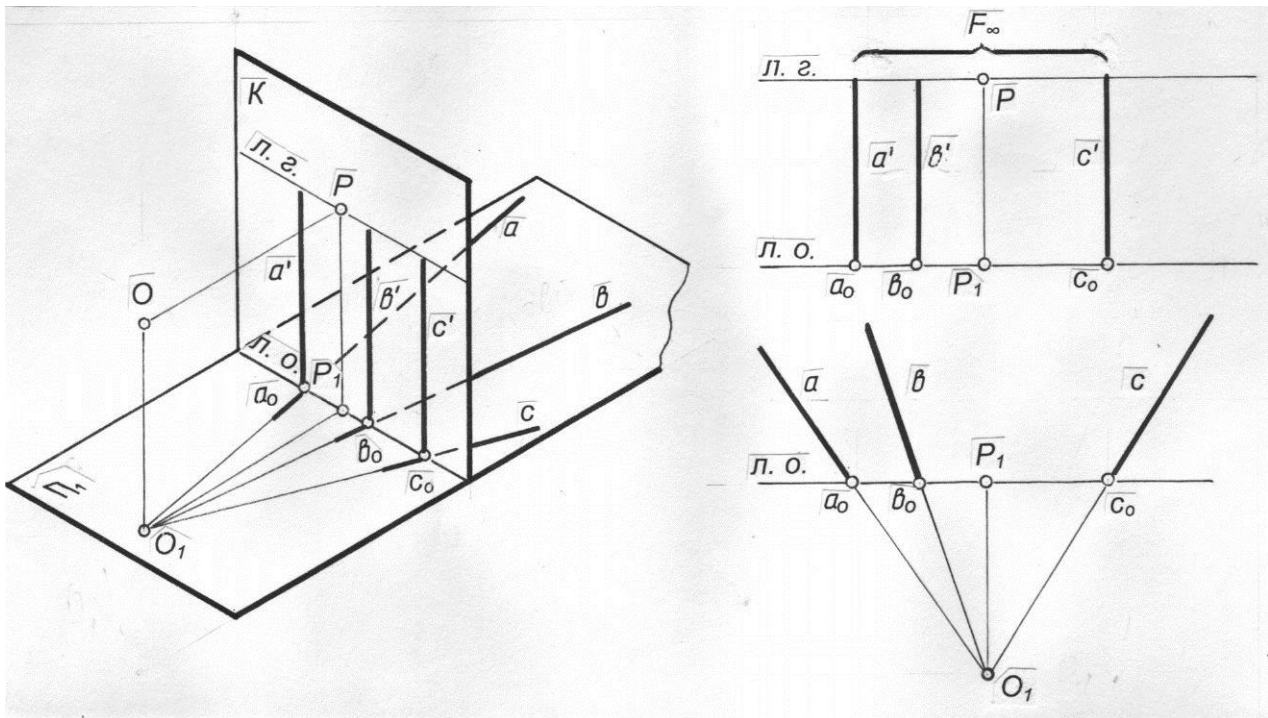


Рис. 4.17

На рис. 4.17 побудовано перспективне зображення декількох прямих. Перспективним зображенням цих прямих будуть вертикальні прямі, які проходять через картинні сліди прямих, і точки збігу кожної прямої.

Перспективне зображення нахилених прямих загального положення

Далеко не кожна вертикаль на картині є перспективним зображенням вертикальної прямої в просторі. Так вертикаль $A'B'$ на картині (рис. 21.18) може бути перспективним зображенням розташованої в просторі вертикалі, наприклад, вертикалі AB , але і в той час перспективним зображенням будь якої непаралельної картині горизонталі наприклад BC , або нахиленої прямої наприклад BD яка лежить в вертикальній непаралельній картині площині, яка будучи продовженою, проходить через точку зору (променева площина

З розглянутого робимо висновок, що довільна пряма простору, яка лежить в променевій площині на картині визначається вертикальною прямою.

Пряма AB (рис. 21.19) лежить в вертикальній променевій площині. Для визначення перспективного положення прямої на картині потрібно доповнити до її положення в просторі (як визначали в параграфі 21.3, рис. 21.4) проекцією прямої на предметній площині. Променева площина, яка визначена точкою зору та прямою AB , перетинає предметну площину по сліду променевої площини, який проходить через проекцію (A_1B_1) прямої та основу (O_1) точки зору. Промені зору, проведені в точки A та B прямої, в перетині з вертикальною

лінією перетину променевої та картинної площин, визначають перспективне зображення прямої загального положення.

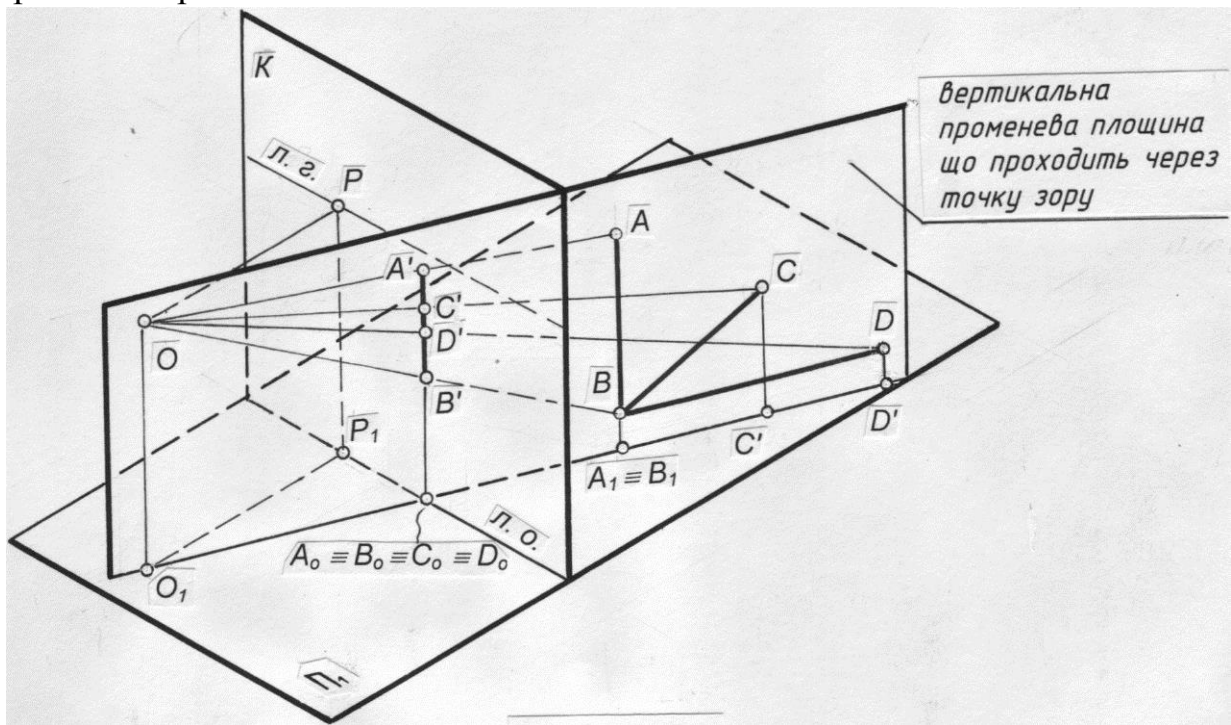


Рис. 4.18

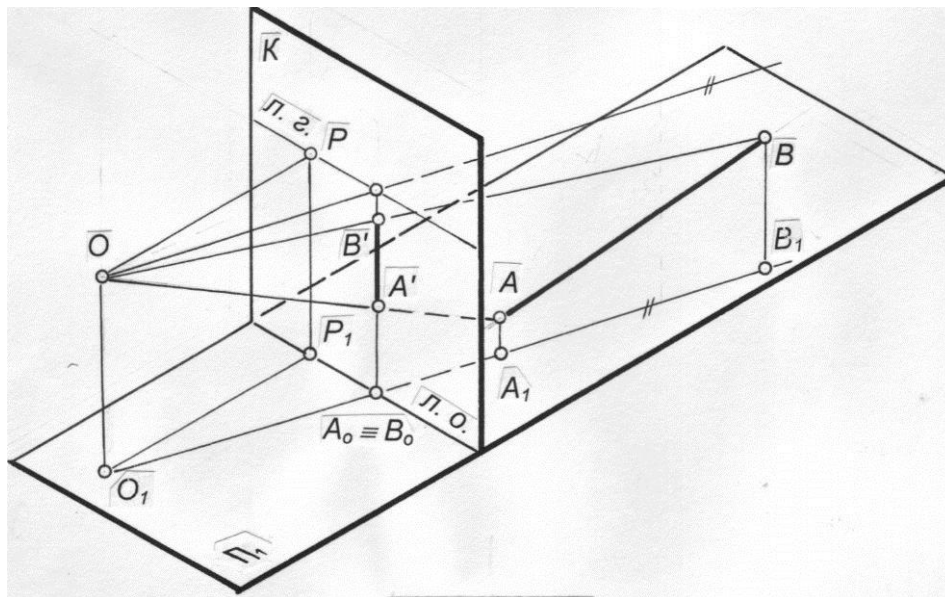


Рис. 4.19

Вибір точки зору

Перспективні зображення предметів найбільше близькі до зображень, які отримуємо в результаті зорового сприйняття. Для того, щоб перспективне зображення учиняло теж враження що буде учиняти об'єкт в натурі необхідно при виборі точки зору дотримуватись певних вимог, які відповідають умовам зорового сприйняття.

Точки зору необхідно вибирати на такій відстані від об'єкту, яка дозволяє легко охопити його одним поглядом і бачити його в цілому. Це положення глядача визначає поле зору.

Поле зору – це частина простору, яку ми можемо охопити поглядом, зберігаючи повну нерухомість голови. Поле зору нескінченно в глибину, але обмежене в ширину та висоту. Нормальне поле зору являє собою конус з нескінченною кількістю променів з вершиною в точці зору.

В середньому кут при вершині конуса найбільш виразного зору прийнято в межах $28^\circ \dots 37^\circ$.

Якщо залишати основу конуса в картині незмінною, а віддаляти або наближати вершину (точку зору) відносно картинної площини, то буде змінюватися кут зору.

При віддаленні вершини конуса від картини на, відстань в чотири рази більше величини радіуса основи конуса, то промені зору утворюють при вершині кут в 28° .

Якщо віддалити вершину конуса від картини на відстань трьох радіусів то конус поля зору буде мати при вершині кут в 37° .

Таким чином, розмістивши точку зору в межах цих двох відстаней, тобто в межах від *трьох* до *чотирьох* радіусів, глядач буде знаходитись в найбільш виразному полі зору.

Промінь зору, який виходить з точки зору і направлений в центр предмета, має особливо важливе значення, тому що він визначає загальний напрямок погляду і утворює вісь конуса, який обмежує поле зору. *Цей промінь називають головним променем зору.*

Точку перетину головного променя зору з картиною називають *головною точкою картини*. Головна точка картини знаходиться на *лінії горизонту*.

На рис. 4.20 наведені план та фасад деякого об'єкта, а також положення проєкцій декількох точок зору, розміщених на одній прямій.

На рис. 4.20 дані три перспективні зображення об'єкта, побудованого відповідно із точок зору O , O^1 , O^2 . Як видно з рисунку, по мірі віддалення точки зору від об'єкта в одному напрямку, перспективне зображення робиться більш „спокійним”, а ширина його поступово збільшується. Але при дальніх точках зору (O_1^2), точки збігу основних горизонтальних прямих об'єкту розміщуються на великій відстані від головної точки P , що ускладнює побудову перспективних зображень.

Слідуює відмітити, що величина кута зору залежить не тільки від віддалення точки зору від об'єкта, але і від положення точки зору відносно об'єкта.

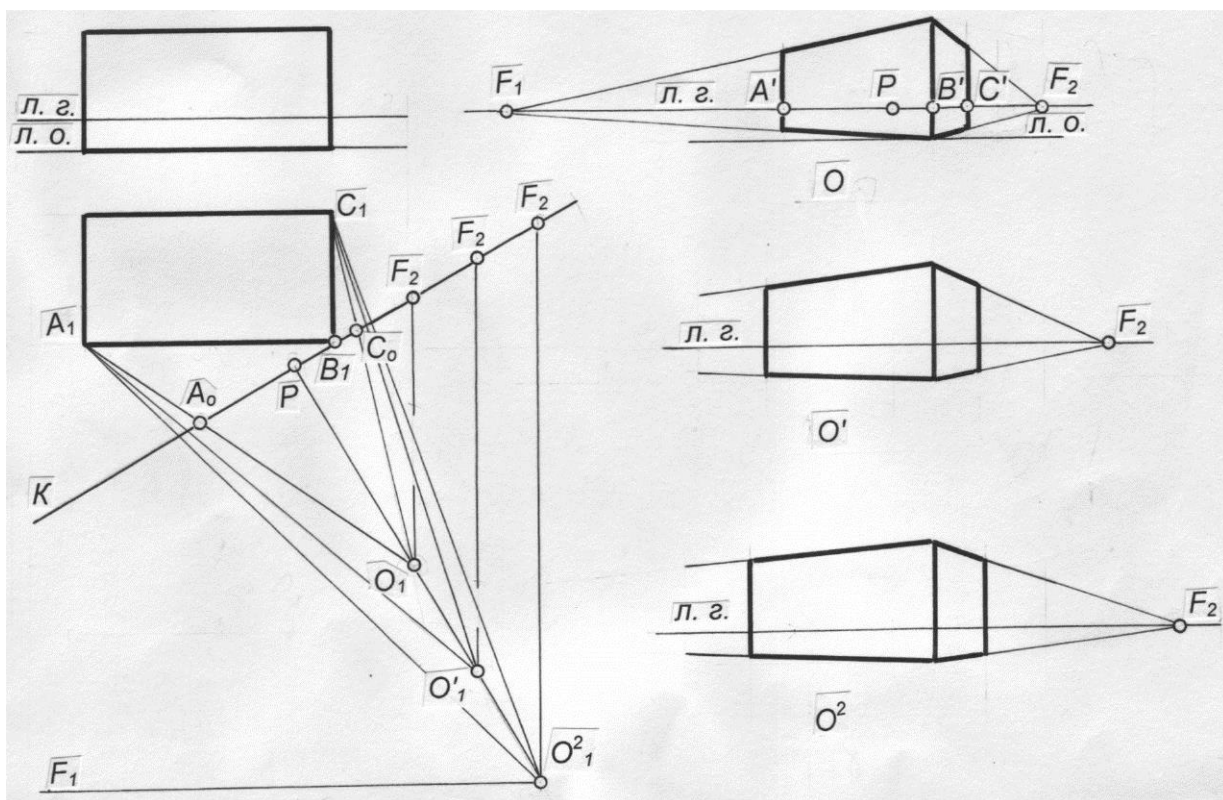


Рис. 4.20

На рис. 4.21 відстань від проекції точки зору O^3 до того ж об'єкта залишається таким же, як на рис. 4.20 у точки O^1 , але кут зору значно зменшився. В першому випадку ми мали кут в 40° , а в другому випадку 30° . На рис. 4,21, б дано перспективне зображення побудоване з точки O^3 . Кут зору на нього такий же, як і на перспективне зображення побудоване з точки O^2 (див. рис. 4.20). їх порівняння наочно показують вплив на перспективне зображення положення точки зору.

При виборі точки зору необхідно враховувати, як спроекціюється на картинну площину фасад об'єкта. Наприклад при точці зору O^1 ширина головного фасаду в перспективному зображенні дорівнює відрізку $A'B'$, а бокового – відрізку $B'C'$.

Перспективна ширина тих же фасадів різко зміниться якщо їх проєкціювати із точки зору O^3 .

Розглянемо зв'язок між положенням точки зору і положенням картинної площини по відношенню до об'єкту.

Для того щоб знайти положення горизонтальної проєкції картини для довільної точки зору (див. рис. 4.22), достатньо проєкцію кута між крайніми проєкціювальними променями розділити на три рівні частини і в межах середньої третини провести головний промінь зору, який визначить положення проєкцій картини, перпендикулярної до нього.

Головний промінь зору не повинен виходити за межі середньої третини кута визначеного крайніми проєкціювальними променями.

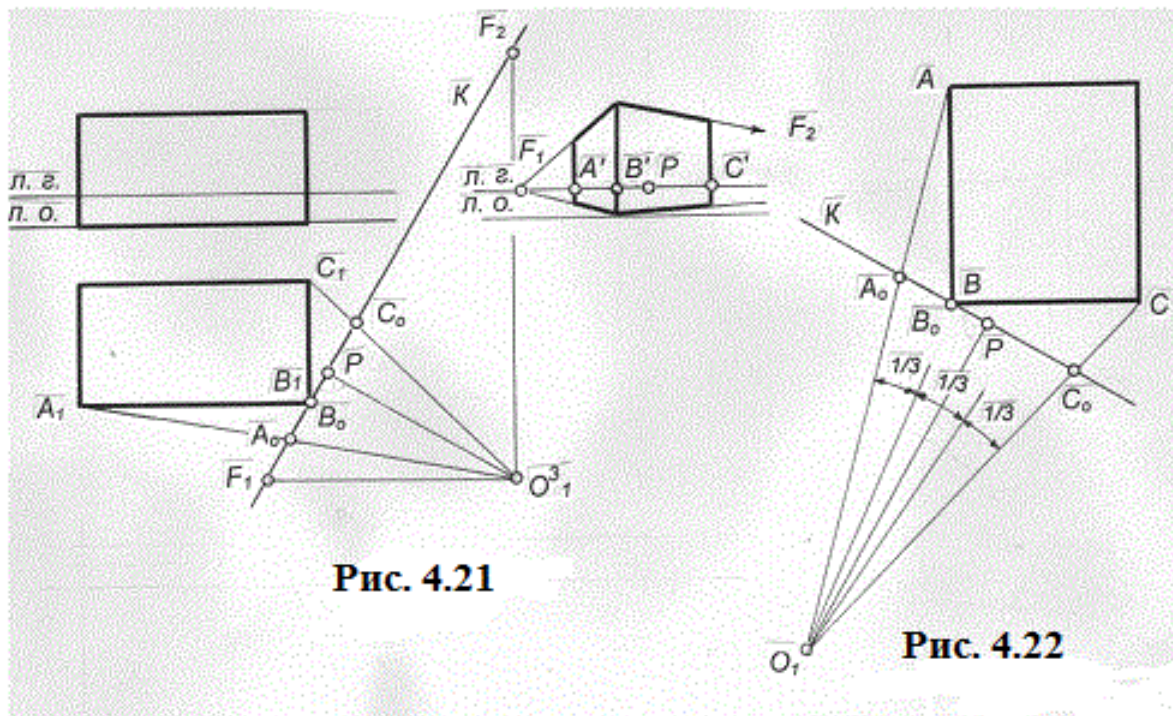


Рис. 4.21

Рис. 4.22

Любе відхилення від зазначеного положення головного променя зору призводять до значного спотворення перспективного зображення. На перспективне зображення впливає величина вертикального кута зору.

В тому випадку, коли споруда має вертикальні розміри більш горизонтальних, точку зору необхідно вибрати на відстані від об'єкта, яка дорівнює півтори або двом висотам споруди, для того щоб кут зору в вертикальній площині не перевищував допустимих меж ($30^\circ \dots 40^\circ$).

Вибір точки зору не обмежується перевіркою величин кутів зору на об'єкт. Безпосередній вплив має реальність точки зору. Вибираючи її, доцільно уявно прослідкувати, який буде мати вигляд об'єкт, який проектується, з різних точок зору, а ще краще виконати декілька перспективних ескізів і вибрати з них кращий.

Побудова перспективи плоскої фігури

Побудова перспективи плоскої фігури в загальному випадку зводиться до побудови перспективи геометричних елементів, які задають плоску фігуру. Наприклад, щоб побудувати перспективу площини, задану чотирикутником, треба побудувати перспективи його вершин (точок) або сторін (прямих) за відомим способом.

При побудові перспективи об'єкта бажано будувати перспективи точок як наслідок перетину перспектив прямих, які належать об'єкту. Але це не завжди можливо внаслідок того, що точки збігу для якої групи прямих об'єкта можуть знаходитись далеко за межами рисунка. При цьому перспективи точок об'єкта будують використовуючи допоміжні прямі.

Розглянемо побудову перспективи плоских фігур з використанням різних комбінацій допоміжних прямих.

На рис. 4,24 задано проекцію плоскої фігури, яка розміщена в предметній площині. З урахуванням вимог при побудові перспективних зображень, викладених вище, визначена проекція точки зору O_1 , проекцію головного променя зору O_1P_1 , основу (картинний слід) картинної площини K_1 (л. о.).

Для побудови перспективного зображення багатокутника на полі рисунка розміщують картинний слід площини. Визначають положення лінії горизонту на відстані h від основи (л.о.) картини. Величину h вибирають довільно, як це зроблено в даному випадку, якщо величина h не обумовлена (задана). Визначають положення головної точки P на лінії горизонту та будують її основу P_1 на картинному сліді.

Вершини багатокутника в перспективі будуть визначені як перетин перспективних зображень двох прямих ліній.

Для побудови перспективи вершин багатокутника використаємо напрямки ліній, які збігаються з напрямком сторін багатокутника $1_12_1, 3_14_1, 5_16_1$ в одному напрямку та $2_13_1, 5_14_1, 1_16_1$ в другому напрямку. Будують картинні сліди $1_2, 6_2, 4_2$ прямих одного напрямку та картинні сліди $6_1, 4_1, 3_1$ другого напрямку. Кожний із напрямків буде мати свої точки збігу в перспективі.

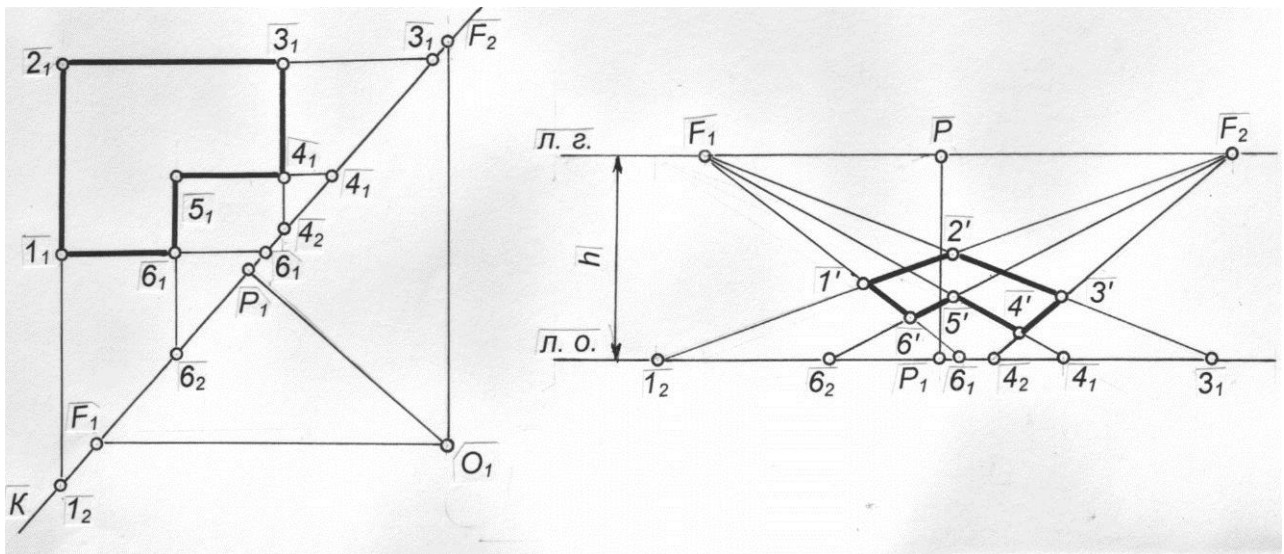


Рис. 4.23

Для побудови точок збігу прямих кожного із напрямків, через основу O_1 точки зору проводять промені збігу (див. рис. 4.11, 4.12) паралельно до напрямку відповідних прямих, які в перетині з картиною K визначають точки F_1, F_2 – точки збігу прямих цих напрямків. Точки F_1, F_2 переносять на лінію горизонту перспективного рисунка з збереження відстаней від проекції головної точки P_1 .

Для побудови перспективного зображення прямих картинні сліди $6_1, 4_1, 3_1$ переносять на картинний слід л. о. перспективного рисунка, при цьому зберігають відстані їх від точки P_1 отримані на плані, та сполучають їх точкою F_1 – точкою збігу прямих цього напрямку. Так визначено перспективу прямих одного напрямку.

Аналогічні побудови виконують для ліній другого напрямку. Картинні сліди $1_2, 6_2, 4_2$ переносять на картинний слід $л. о.$ перспективного рисунка та сполучають з точкою F_2 – точкою збігу прямих даного напрямку. Отримані перспективні зображення прямих при взаємному перетині визначають вершини i , отже, перспективне зображення сторін багатокутника. Описаний вище спосіб побудови перспективи називають *способом точок збігу перспектив домінуючих напрямків паралельних ліній* або *способом архітекторів*.

Побудувати перспективу можна з використанням інших ліній додаткового напрямку.

На рис. 4.25. розглянута побудова перспективи плоского багатокутника, який наведено на рис. 4.24. Одним із напрямків прямих використано прямі, які суміщаються з прямими $1_1 2_1, 5_1 6_1, 3_1 4_1$ з точкою збігу F_2 та картинними слідами $1_2, 6_2, 4_2$.

Другий напрям – це прямі, які проходять через вершини багатокутника та основу, точку зору O_1 , їх картинні сліди $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0, 6_0$. Перспективне зображення даних прямих визначається вертикальними прямими на перспективному рисунку (див. рис. 4.16, 4.17).

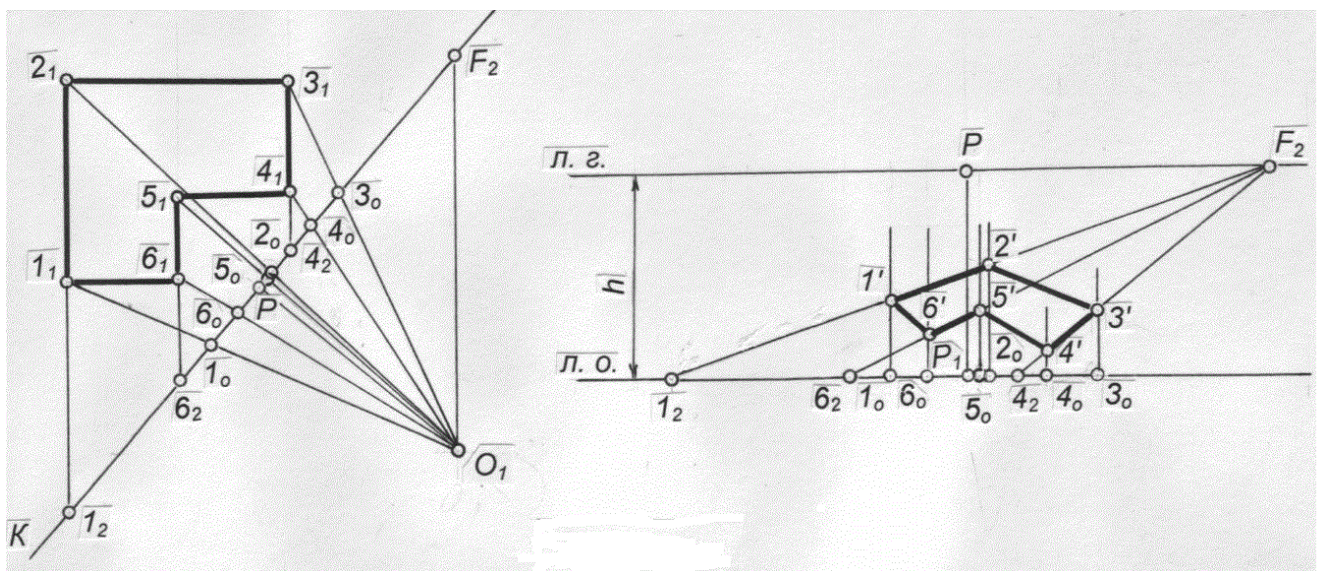


Рис. 4.24

Головну точку картини P , картинні сліди прямих обох напрямків, точку збігу F_2 переносять відповідно на лінію горизонту ($л. г.$), та лінію основи ($л. о.$) картини, які визначені на перспективному рисунку.

Сполучають картинні сліди прямих ліній з відповідними точками P, F_2 збігу прямих. Перетин відповідних перспективних зображень прямих визначають перспективи вершин багатокутника i , відповідно, перспективу сторін багатокутника.

На рис. 4.26 розглянута побудова перспективи плоского багатокутника з використанням додаткових ліній суміщених з прямими $1_1 6_1, 5_1 4_1, 2_1 3_1$ та їх точкою збігу F_1 . Другий напрям ліній визначений прямими проведеними через

вершини багатокутника перпендикулярно до картини. Визначені їх картинні сліди $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0, 6_0$.

Точкою збігу прямих перпендикулярних до картини буде головна точка P картини (див. рис. 4.8, 4.9).

Перетин відповідних визначених перспективних зображень прямих визначають вершини багатокутника i , як наслідок, перспективне зображення сторін багатокутника.

На рис. 4.26 для побудови плоскої фігури наведеної на рис. 4.23, де відсутні пучки паралельних прямих, використані прямі проведені через вершини трикутника перпендикулярні до картини з картинними слідами $1_3, 2_3, 3_3$.

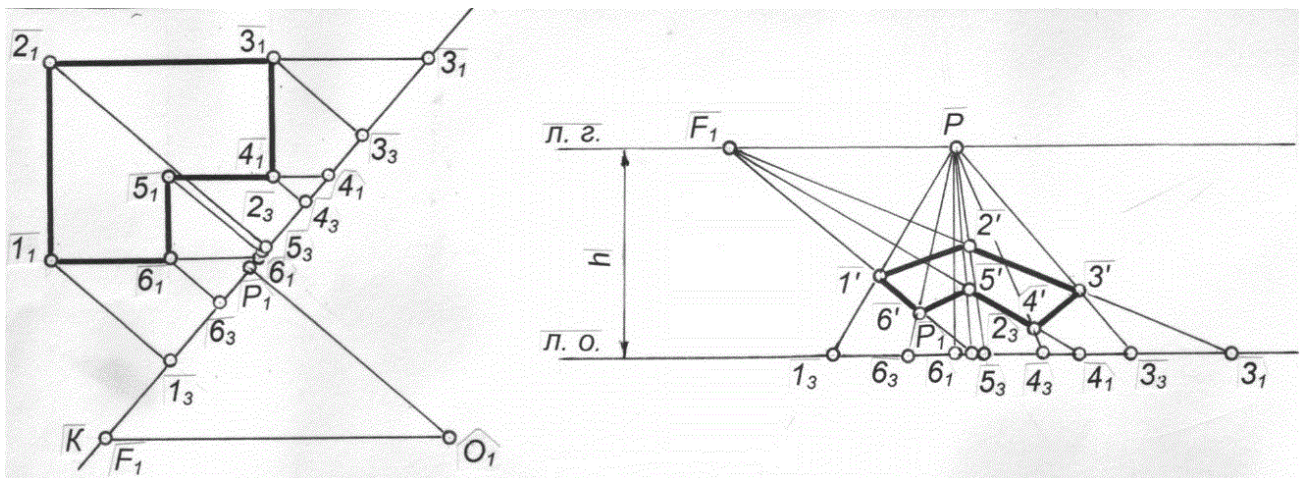


Рис. 4.25

Другий напрям додаткових прямих визначений прямими, які проведені через вершини трикутника та основу O_1 точки зору.

Точки збігу зазначених прямих розглянуті на рис. 4.24, 4.25. Побудова перспективного рисунка трикутника аналогічна вище розглянутим побудовам.

Точки перетину вертикальних прямих та прямих з напрямком в точку збігу P визначають вершини трикутника i , відповідно, перспективне зображення сторін трикутника.

На рис. 4.27. заданий відсік площини, який не має домінуючих напрямків прямих. Для побудови перспективи вершин трикутника вибирають два перетинні напрями прямих так, щоб точки збігу F_1 та F_2 були в межах аркуша креслення. Картинні сліди $1_1, 2_1, 3_1$ променів одного напрямку та картинні сліди $1_2, 2_2, 3_2$ променів другого напрямку переносять на картинний слід $л. о.$, а точки збігу F_1 та F_2 – на лінію горизонту ($л. г.$). Прямі, проведені через картинні сліди і точки збігу в перетині відповідної пари прямих, визначають перспективу вершин i , відповідно, перспективу сторін трикутника.

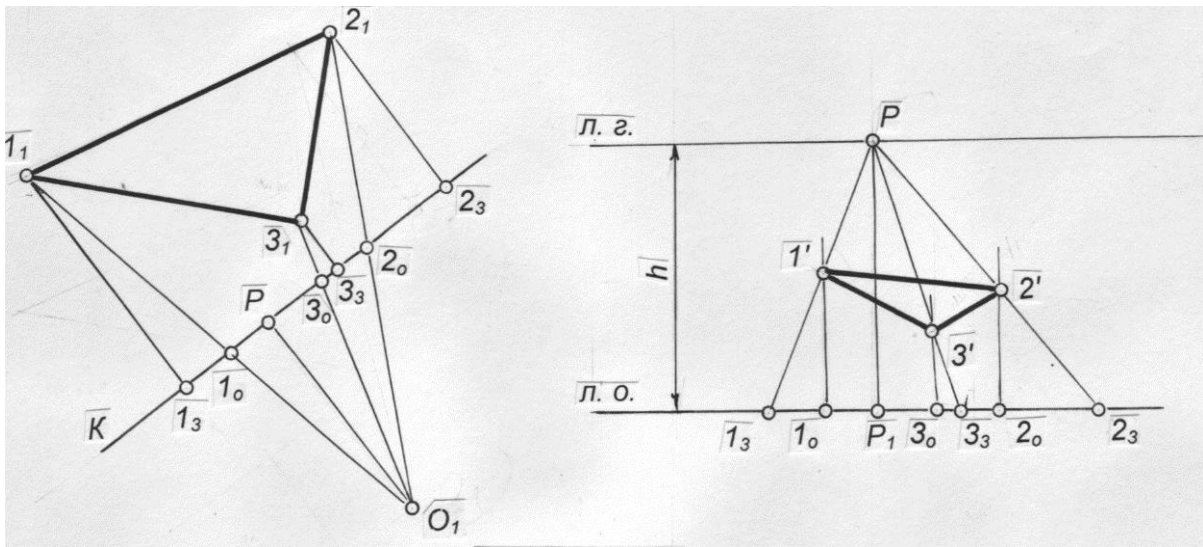


Рис. 4.26

Розглянутий спосіб побудови перспективних зображень об'єкта при довільному виборі напрямку двох в'язок паралельних прямих, що перетинаються, доцільно використовувати при криволінійних формах плану об'єкта, що буде в подальшому розгляді побудови перспективних зображень.

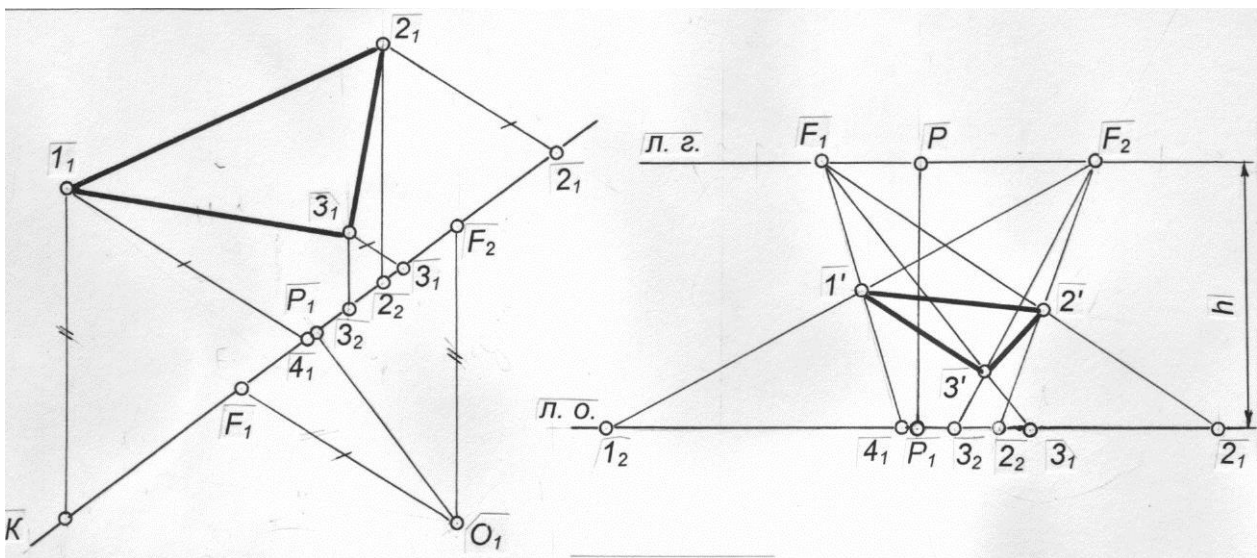


Рис. 4.27

Перспективне зображення фронтального квадрата в горизонтальній площині

Для побудови перспективи як окремих предметів, так і їх поєднань (наприклад, меблів у інтер'єрі кімнати) треба знати способи побудови перспективи *квадратів, кіл, кривих ліній*.

Перспективу квадрата, розміщеного в перпендикулярній до картини горизонтальній, вертикальній або нахиленій площині, легко будувати, якщо його дві сторони паралельні до картини, тобто, розміщені фронтально.

Якщо квадрат лежить в предметній площині (рис. 4.28) і дві його сторони паралельні основі картини, то перспективи вершин квадрата лежать на перс-

пективах сторін квадрата, перпендикулярних до основи картини, спрямованих у головну точку P картини точку збігу паралельних прямих перпендикулярних до картини (див. рис. 4.8, 4.9). Продовжимо сторони квадрата AB , EC до перетину з основою картини і визначимо картинні сліди A_3 , E_3 . Для в'язки паралельних прямих перпендикулярних до картини, точкою збігу буде головна точка картини P , незалежно від того, чи проходить вертикальна вісь квадрата через цю точку.

Відомим способом визначаємо точку віддалення (дистанційну точку) D . Переносимо на визначені лінію основи і лінію горизонту перспективного рисунка відповідно на л. о. картинні сліди, на л. з. дистанційну та головну точку картини.

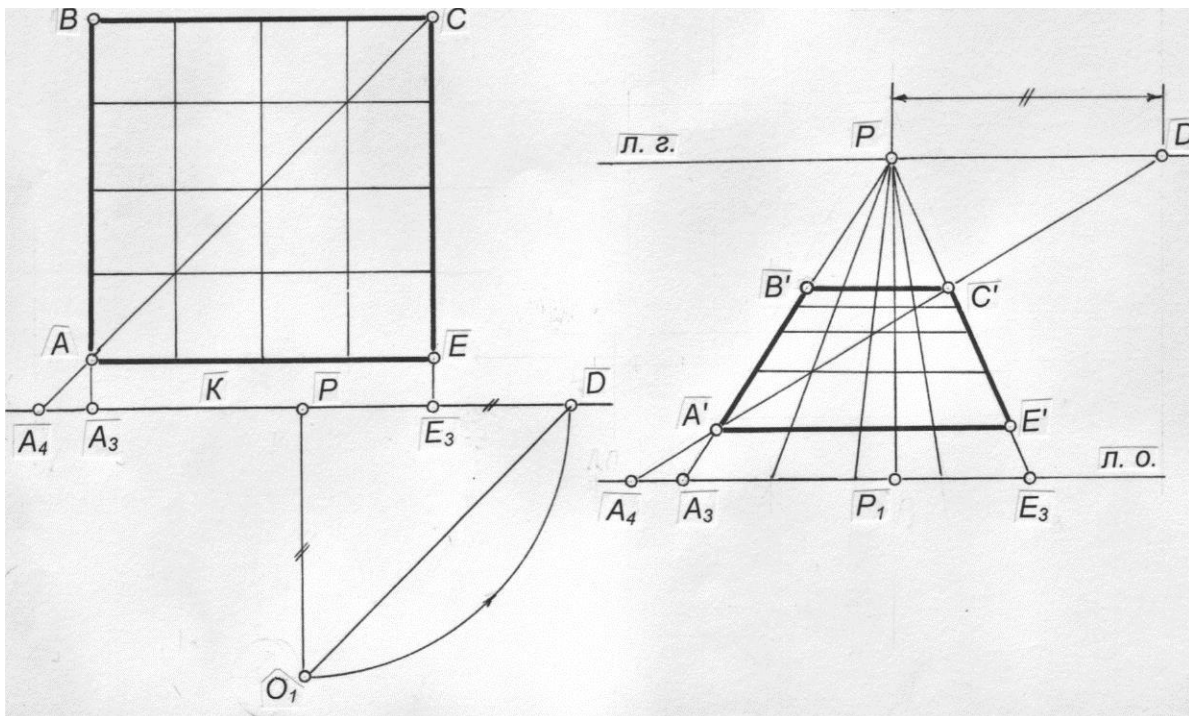


Рис. 4.28

Щоб визначити вершини квадрата скористаємося властивістю діагоналей квадрата, які розташовані під кутом 45° до картини (див. рис. 21.14). Тоді перспектива діагоналі $A'C$ пройде на картині з картинного сліду A_4 діагоналі у точку D і шукані точки A' , C' визначаться на перетині перспективи A_4D з перспективами сторін квадрата. Перспективи вершин B' та E' квадрата знайдемо на перетині ліній A_3P та E_3P з прямими проведеними з точок A' , C' паралельно основі картини, які будуть паралельні лінії горизонту (л. г.), тому що точка збігу цих прямих лежить у нескінченості.

Побудова перспективного зображення горизонтального квадрата, дві сторони якого фронтальні з використанням точок віддалення

Як відмічалось вище, точки віддалення D , D_1 (дистанційні точки) є точками, в які направляються перспективні зображення прямих, які утворюють

в просторі кут в 45° з картинною площиною, і, відповідно, з усіма горизонтальними прямими, які паралельні картині. Цей кут визначає також напрям діагоналі усіх квадратів, розміщених фронтально відносно горизонтальної площини поля зору глядача. Звідси слідує, що ми можемо користуватися точками віддалення (дистанційними) для побудови в будь-якій частині картини горизонтального квадрата на заданій горизонталі, яка паралельна картині, або на прямій, яка перпендикулярна до картини.

На рис. 4.29 показана побудова перспективи квадрата в тих випадках, коли задана паралельно до картини сторона квадрата $A'B'$ розміщена ближче до глядача, а сам квадрат уходить в глибину простору. На рис. 4.30 задана пряма $A'B'$, яка є більш дальшою стороною квадрата. Побудова аналогічна для обох положень сторони квадрата. Тому наші пояснення будуть відноситись до обох рисунків 4.29 та 4.30.

Побудови перспективного зображення квадрата будемо виконувати в такій послідовності:

1. На перспективному рисунку визначимо лінію горизонту з нанесенням на ній головної точки P картини та положення дистанційних точок (точок віддалення) D_1 та D_2 .

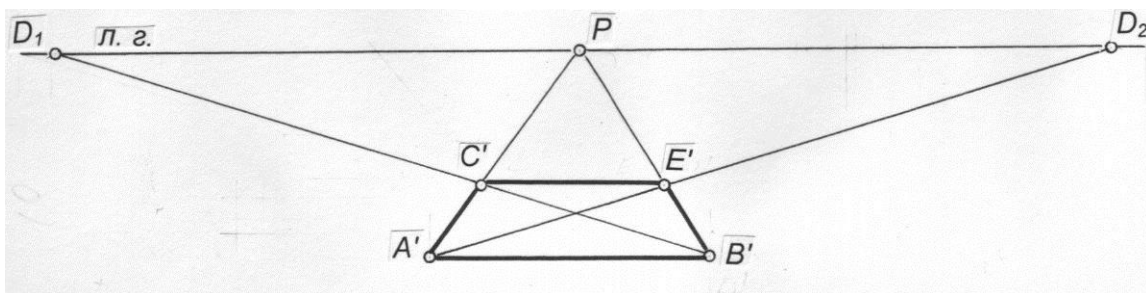


Рис. 4.29

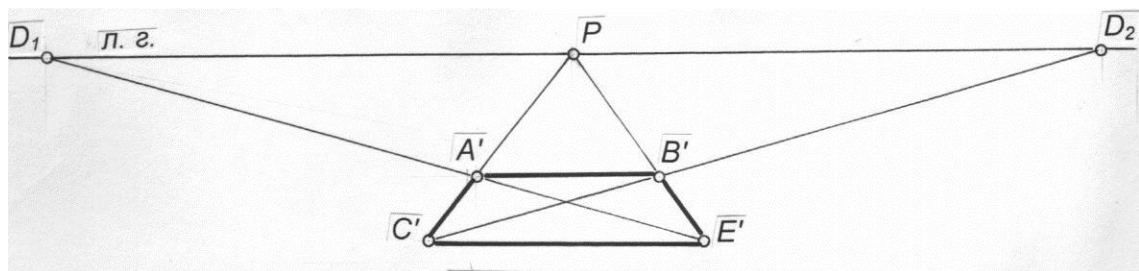


Рис. 4.30

2. Задамося перспективним зображенням $A'B'$ розміщеним в просторі паралельно до картини, горизонтальної прямої AB . На якій ми маємо побудувати перспективне зображення горизонтального квадрата.

3. Побудуємо перспективне зображення сторін квадрата перпендикулярних до картини, сполучивши точки A' та B' з головною точкою картини P (рис. 4.29) та продовживши прямі PA' та PB' в напрямі глядача.

4. Для того щоб визначити на цих лініях точки, які визначають довжину перпендикулярних сторін квадрата, рівну довжині заданої сторони $A'B'$, достатньо сполучити, на рис. 4.29, точку A' з точкою D_2 і точку B' з точкою D_1 , а

на рис. 4.30, точку A' з точкою D_1 і точку B' з точкою D_2 , та продовживши діагоналі $A'D_1$ і $B'D_2$ в напрямі глядача.

5. Провівши горизонталі $C'E'$ паралельно до картини, ми одержимо чотирикутники, які будуть перспективним зображенням квадрата.

Зрозуміло, що перспективне зображення фронтально розміщеного горизонтального квадрата, можна отримати, побудувавши одну із двох діагоналей.

На рис. 4.31 розглянуто побудову перспективного зображення квадрата, виходячи із перпендикулярної до картини прямої $A'C'$ – сторони квадрата.

Побудова перспективного зображення квадрата виконується в послідовності:

1. Задамося лінією горизонту (*л. г.*), а на ній головною точкою картини P та точками віддалення (дистанційними) D_1 та D_2 .

2. Задамося перспективним зображенням $A'C'$ розміщеної в просторі та перпендикулярної до картини прямої AC .

3. Перспективним зображенням сторін, перпендикулярних стороні $A'C'$, будуть горизонтальні прямі, проведені праворуч точок A' та C' .

4. Через точки A' і C' проводимо діагоналі квадрата D_1C' та D_2A' . Точки B' і E' – їх перетину з горизонтальними прямими обмежують на цих прямих відрізки, які дорівнюють заданій стороні $A'C'$.

5. Перпендикулярна до картини пряма $B'E'$ замикає квадрат і визначає перспективу квадрата.

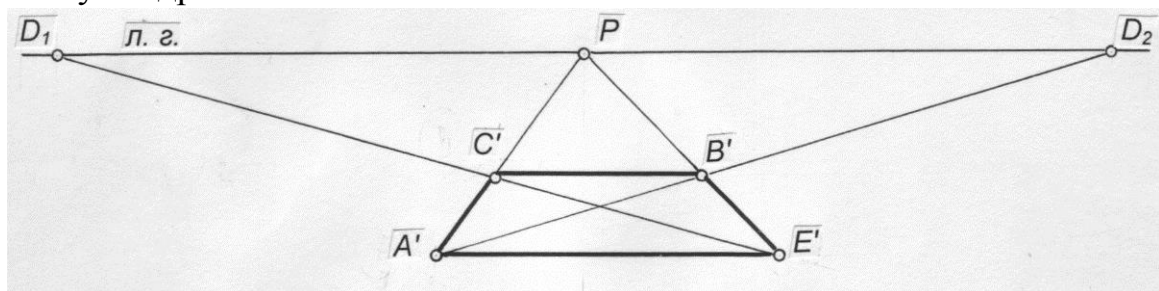


Рис. 4.31

Побудова перспективного зображення горизонтального
квадрата, сторони якого нахилені до картини

Можна уявити, що лінії $O_1 F_1$ та $O_1 F_2$ (рис. 4.32) є променями збігу прямих простору з кутом в 90° між ними. За умов, що лінії $A' B'$ та $A' C'$ направляються в точки збігу F_1 та F_2 , то вони зображують собою перспективу прямих простору, утворюючих між собою прямий кут.

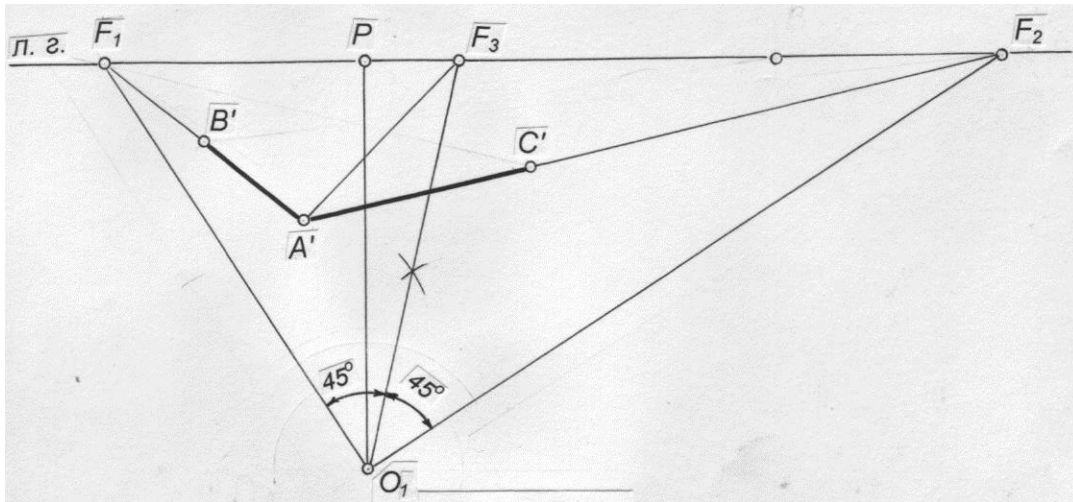


Рис. 4.32

Якщо побудувати бісектрису кута $F_1 O_1 F_2$ і продовжити її до перетину з лінією горизонту, то отримаємо точку збігу F_3 прямих, які з прямими $A' B'$ та $A' C'$ утворюють кут в 45° . Ця точка буде точкою збігу діагоналей квадратів, у яких точками збігу перпендикулярних сторін будуть точки F_1 та F_2 .

Користуючись точками збігу F_2 та F_3 , про які говорилось вище, ми можемо на заданій не паралельній картині горизонтальній прямій побудувати в довільному місці картини квадрат в площині, яка перпендикулярна до картини.

Для цього задамося перспективним зображенням довільної горизонтальної прямої загального положення $A' B'$ (див. рис. 4.33), на якому ми збираємося побудувати горизонтальний квадрат на визначеній лінії горизонту (л. з.), головній точці P і зоровій відстані $O_1 P$.

Подовживши лінію $A' B'$ до перетину з лінією горизонту, визначимо її точку збігу F_1 , а з'єднавши точки O_1 та F_1 отримаємо промінь збігу $O_1 F_1$ (кут α – це кут нахилу прямої AB до картинної площини).

Провіривши із точки O_1 промені $O_1 F_3$ та $O_1 F_2$, які утворюються з променем збігу $O_1 F_1$ два кути: перший кут в 45° , другий кут в 90° . Таким чином, ми одержимо точки збігу F_3 та F_2 – точки збігу прямих, які мають ті ж кути відповідно в 45° і 90° з заданою лінією $A' B'$.

Через кінцеві точки прямої проводимо промені $A' F_2$ та $B' F_2$, які будуть визначати дві перпендикулярні їй сторони. Таким чином ми отримаємо три сторони квадрата. Побудувавши діагональ $A' F_3$, ми визначимо на лінії $B' F_2$, в точці C' , відрізок $B' C'$, рівний по довжині $A' B'$, так як трикутник $A' B' C'$

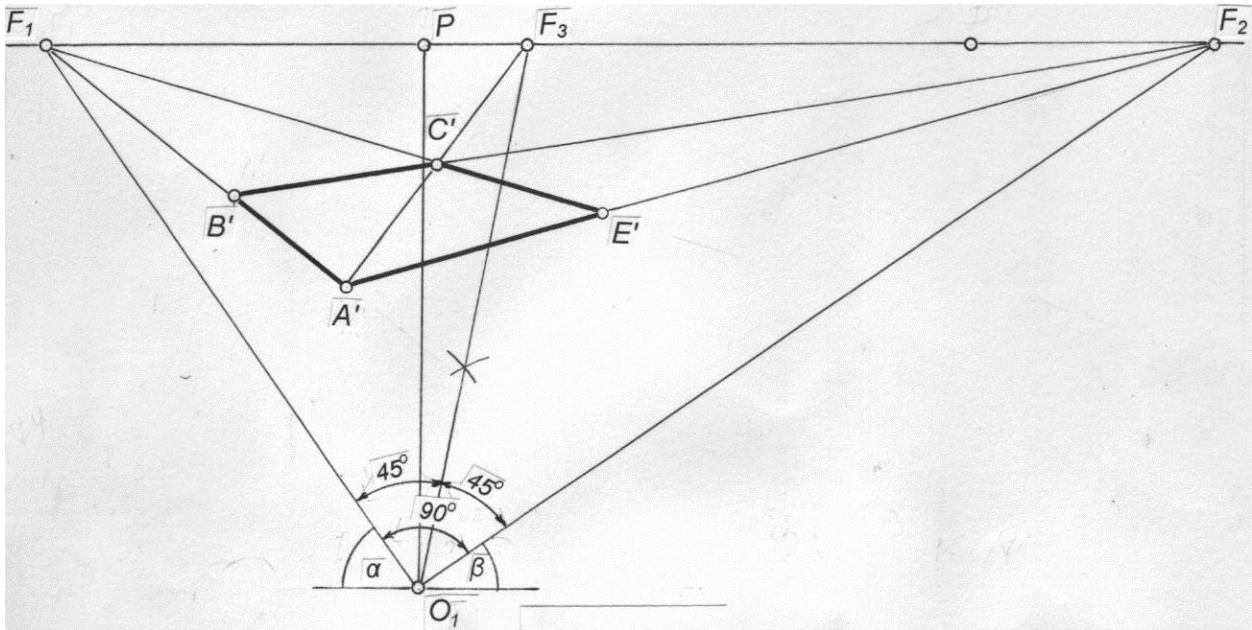


Рис. 4.33

прямокутний. Провівши через точку C лінію $C' F_1$, ми визначимо четверту сторону квадрата.

Перспективне зображення кривих ліній.

Перспектива кола

Побудова перспективи кола зустрічається при зображенні споруд з круглим планом, колон, арок, склепінь і т. і. Сукупність проєкціювальних променів, що сполучають точку зору і суміжні точки кола, утворюють *проєкціювальний нахилений конус*. Лінія перетину поверхні цього конуса з картиною буде перспективним зображенням цього кола. Таким чином, перспективами кола, при будь-якому положенні картинної площини і точки зору, будуть *конічні перерізи*: коло, еліпс, парабола або гіпербола (в залежності від положення кола відповідно картинної площини і точки зору). В особливому випадку при розміщенні точки зору в площині кола перспективою цього кола буде *пряма*.

Перспективою кола, площина якого паралельна картинній площині, буде коло. Перспектива довільного кола (як і довільної кривої) може бути побудована як перспектива окремих точок кола.

Найпростіша геометрична фігура, в яку можна вписати коло – це квадрат. Тому, як в наслідок того що ми вміємо будувати перспективи фронтального квадрата (рис. 4.28), який розміщено в перпендикулярній до картини горизонтальній, вертикальній або нахиленій площині, якщо це можливо, ми повинні будувати перспективу кола, вписуючи її в перспективу перпендикулярного до картини фронтального квадрата.

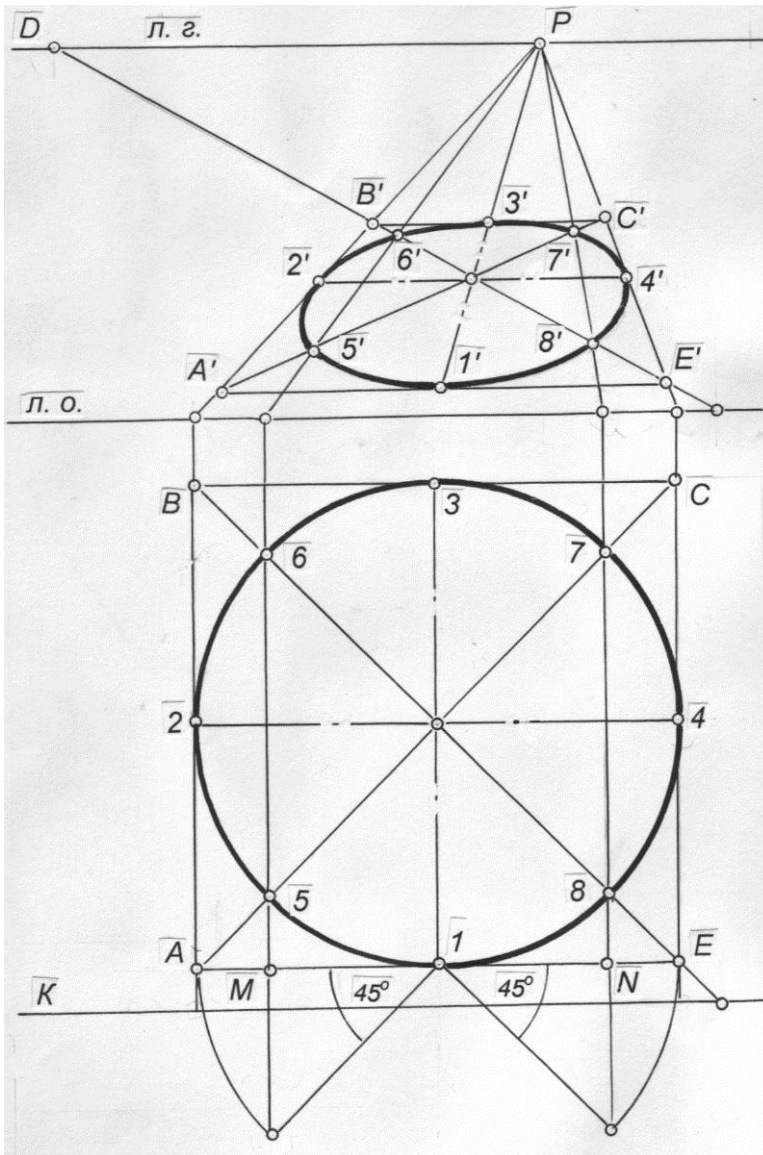


Рис. 4.34

З найбільш поширених і простих способів побудови перспективи кола є *спосіб описаного квадрата*, за допомогою якого будується вісім точок еліпса (рис. 4.34).

Відмічаємо на колі вісім характерних точок, чотири яких є точками дотику кола до сторін квадрата (точки 1, 2, 3, 4) і чотири - точки перетину кола з діагоналями квадрата (точки 5, 6, 7, 8).

На полі перспективного рисунка проводимо лінію горизонту (л. г.), картинний слід (л. о.), визначаємо точку P та D .

Точка зору O на плані не показана, але якщо на рисунку зафіксована дистанційна точка D , то відстань точки зору від обраної картини легко встановити ($OP = PD$).

Будуємо перспективу квадрата $ABCE$, міркуючи так само, як і в прикладі 22.6. Визначаємо на перспективі квадрата точки $1'$ $2'$ $3'$ і $4'$ –

середина сторін квадрата, які є точками еліпса. Для побудови ще чотирьох точок еліпса ($5'$, $6'$, $7'$, $8'$), проводимо дві допоміжні прямі через точки 5, 6 та 7, 8 перпендикулярно до основи картини і будуємо їх перспективу як прямих з точкою збігу P . На перетині цих прямих з діагоналями квадрата визначаємо шукані точки еліпса: $5'$, $6'$, $7'$, $8'$. Сполучивши отримані точки плавною кривою лінією визначимо перспективне зображення кола.

Для побудови перспективи перпендикулярного до картини горизонтального, вертикального або нахилоного кола, спочатку побудуємо перспективу $A' B' C' E'$ (рис. 4.35) перпендикулярного до картини горизонтального, вертикального або нахилоного квадрата з сторонами, розмір яких дорівнює діаметру заданого кола.

Щоб знайти точку O - центр кола, проведемо діагоналі $A'C'$ та $B'E'$ квадрата.

Проведемо через цей центр фронтальну пряму $2' 4'$ (горизонтальну, якщо квадрат горизонтальний, вертикальну, якщо квадрат вертикальний, або

нахилена, якщо квадрат нахилений) і перпендикулярну до картини пряму $1' 3'$. Ці паралельні і перпендикулярні до картини лінії уявляють собою перспективи паралельного і перпендикулярного до картини діаметрів кола, перспективу якого ми будемо.

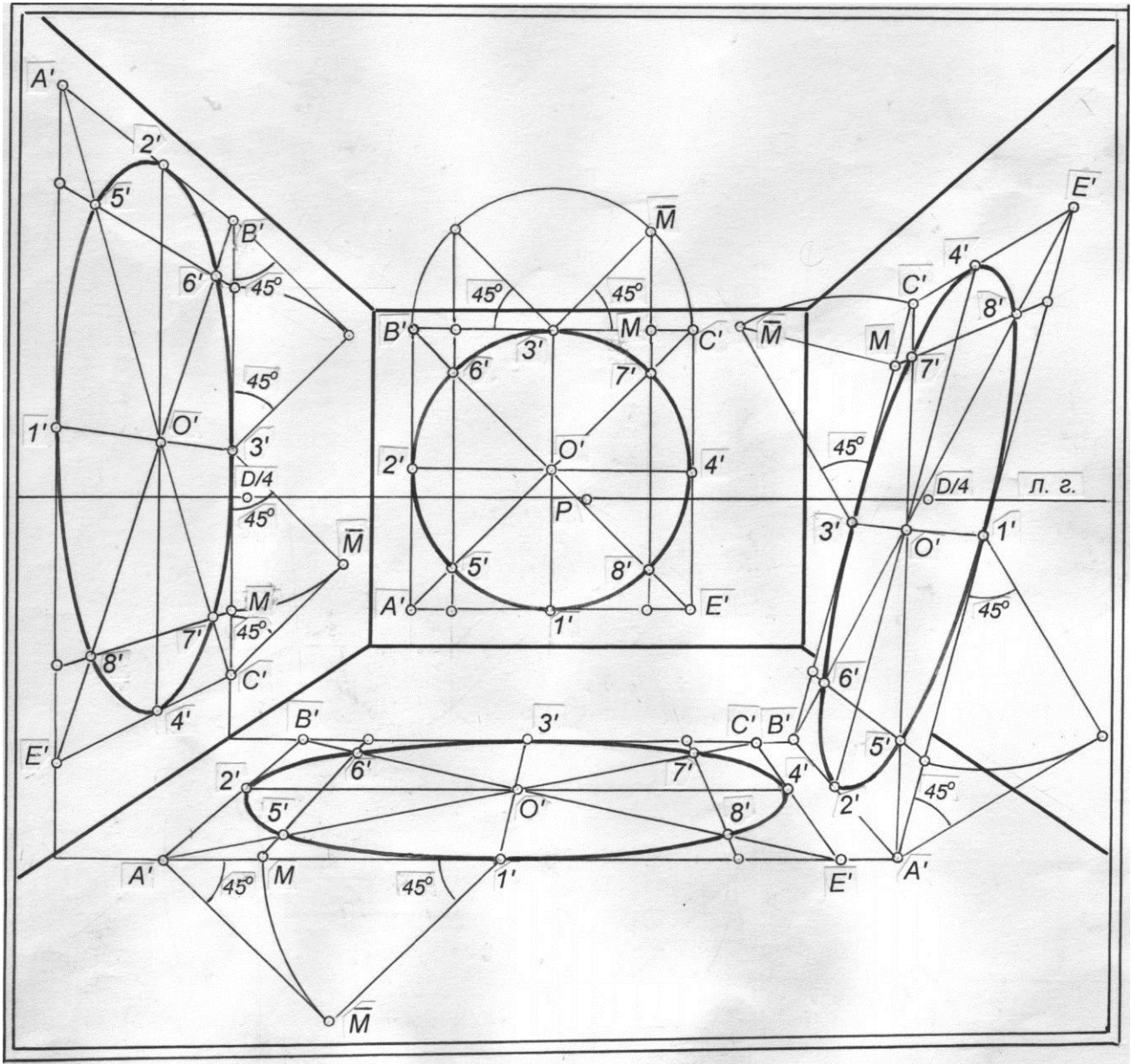


Рис. 4.35

Перетин діаметрів кола з сторонами квадрата визначають точки $1' 2' 3' 4'$ перспективного зображення кола. Окрім цих точок визначених перпендикулярного і паралельного до картини діаметрів, другі допоміжні точки – це чотири точки на діагоналях квадрата. Для побудови проведемо діагоналі $A'C'$ та $B'E'$ квадрата. Для того, щоб знайти точки на діагоналях квадрата, перетворимо планіметричну побудову, виконану на рисунку, на паралельній картині стіні в глибині приміщення в перспективне, так як нам вже відомо (див. рис. 4.7), що плоскі, фронтально побудовані фігури в перспективі зменшуються, але не спотворюються.

Точки на діагоналях знаходяться на лінях 56 та 78 (див. рис. 4.34). Пряму 56 в перспективі можна побудувати, якщо одержати точку M на стороні квадрата. Цю точку визначають двома геометричними побудовами.

Одна з них: проведемо на одній із паралельних картині сторін квадрата, наприклад $B' C'$, дугу кола з точки $3'$, яка поділяє цю сторону на дві рівні частки, радіусом $3' B'$ – рівним половині сторони квадрата. Провівши з точки $3'$ під кутом в 45° до сторони $B' C'$ пряму до перетину її з проведеною дугою, ми знайдемо точку M , а опустивши з неї перпендикуляр на стороні $B' C'$, ми отримаємо точку M .

Якщо ми проведемо пряму паралельно до сторони AB квадрата (на нахиленій площині сполучимо точку M з головною точкою), то ця пряма перетне діагоналі $A' C'$ та $B' E'$ в точках $5'$, $6'$ (на нахиленій площині в точках $7'$, $8'$), через які проходить перспектива кола.

Друга побудова: на половині сторони квадрата $A' I'$ будують прямокутний трикутник, у якого гіпотенуза збігається з лінією $A' I'$. З точки I' , за допомогою циркуля, відкладають відрізок, що дорівнює довжині отриманого катета.

Якщо ми сполучимо точку M з головною точкою, то перпендикулярна до картини лінія $M P$ перетне діагоналі $A' C'$ та $B' E'$ в точках $5'$, $6'$, через які проходить перспектива кола.

Для того, щоб накреслити за допомогою лекала перспективу кола, ми маємо тепер вісім точок. Якщо кресленик виконано старанно і коло не занадто велике, ми будемо мати цілком задовільний результат.

Аналогічно будується перспектива кола у вертикальній і нахиленій площинах.

Неважко помітити, що для побудови точок на діагоналях перспектив квадратів у вертикальній і нахиленій площинах, можна скористатись, проведенням відповідних прямих через точки $5'$, $6'$, $7'$, $8'$.

Якщо задана перспектива квадрата (див. рис. 4.36), сторони якого не паралельні картині, то для отримання точок еліпса на діагоналях, необхідно будь яку половину сторони „винести” на лінію паралельну картині і отримати на ній точку. Пряма $M F_2$ визначить точки $5'$ та $8'$ на половинах діагоналей. Прямі $5' F_1$ та $8' F_1$ в перетині з другими половинами діагоналей визначають точки $6'$, $7'$.

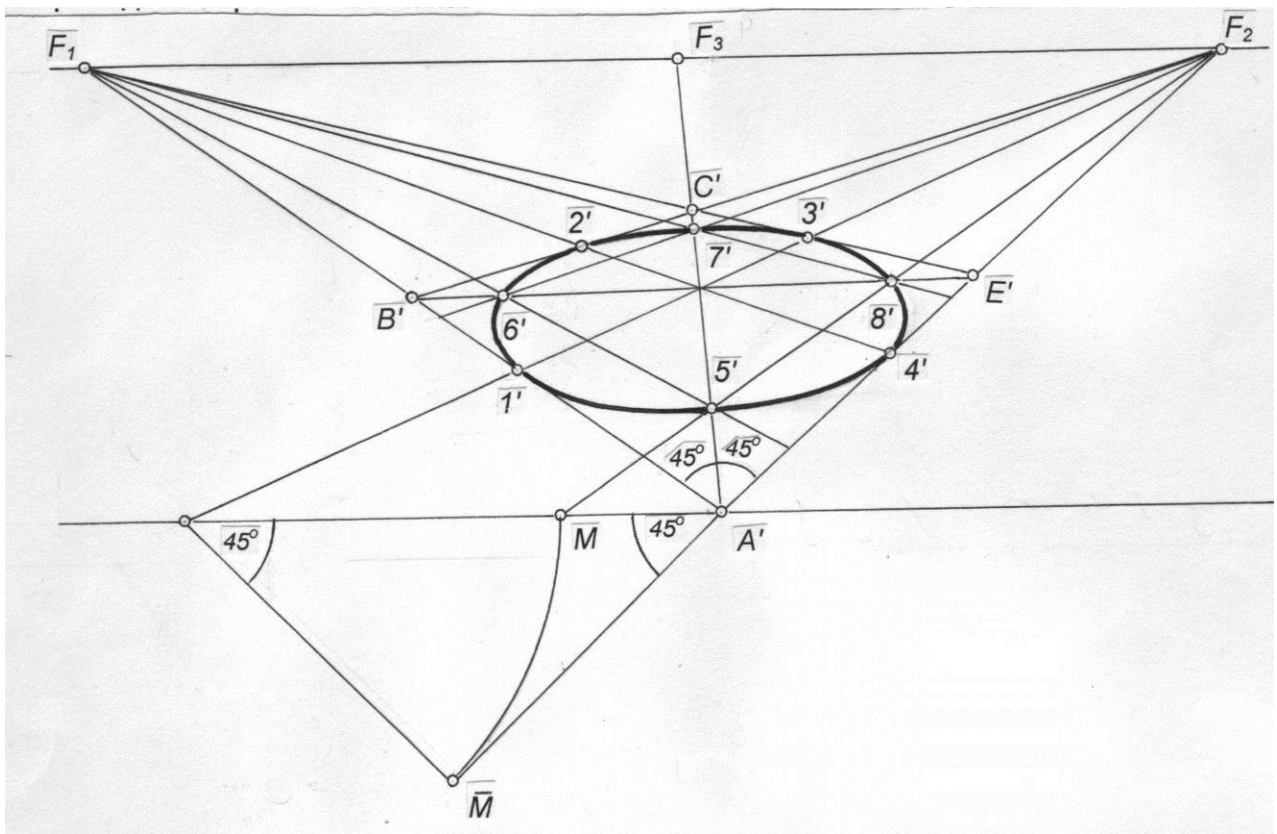


Рис. 4.36

На рис. 4.37 вже в задану перспективу половину квадрата $A' B' C' E'$, площина якого займає вертикальне положення під де яким кутом до картини (в просторі $A' E' = 2 A' B'$), треба вписати перспективу півкола. Точки на половинах діагоналей визначають двома графічними побудовами.

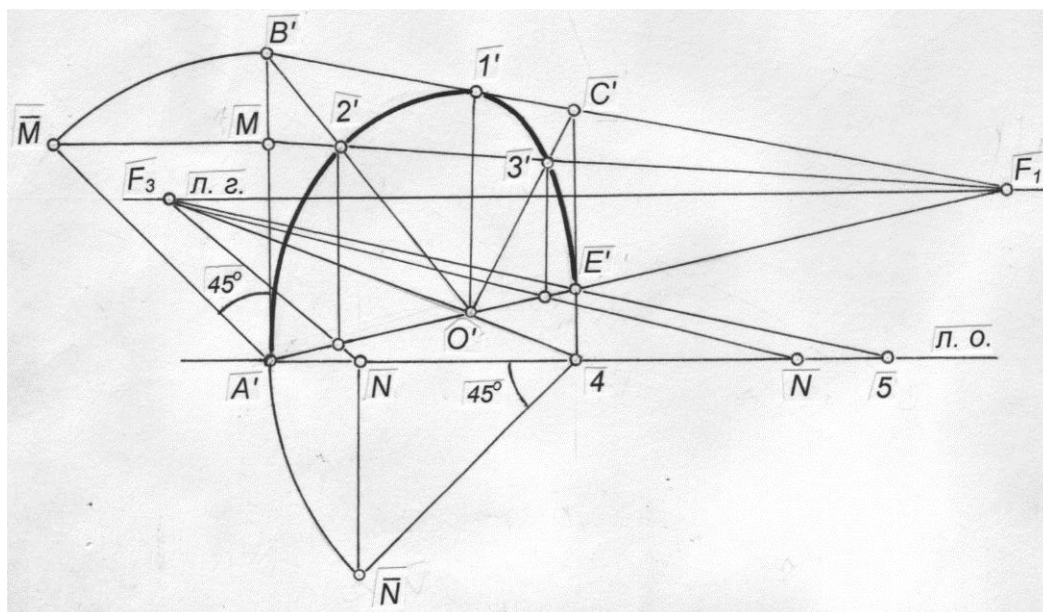


Рис. 4.37

1. На горизонтальній прямій проведеній через точку A' , відкладаємо два відрізки рівні двом радіусам кола – $A' 4 = 4 5 = A' B'$). Пряма $5 E'$ визначить точку збігу F_3 прямих паралельних до неї. На відрізку $A' 4$ відомим способом (див. рис. 22.14) побудована точка N і відповідно точки $2'$ та $3'$ на половині діагоналей квадрата. Побудова зрозуміла з рисунку.

2. На половині сторони квадрата $A' B'$ проведемо з точки A' дугу радіусом $A' B'$.

Пряма проведена з точки A' під кутом в 45° до сторони $A' B'$ в перетині з дугою визначить точку M , а опустивши перпендикуляр з неї на сторону $A' B'$, ми отримаємо точку M_0 . Якщо проведемо з точки M_0 лінію в F_1 , то в перетині з половинами діагоналей, визначимо точки $2', 3'$. Точки $A', 2', 1', 3', E'$ визначають перспективу півкола. Так можна побудувати одну четверту перспективи кола.

Перспектива кривої лінії

При побудові перспективи кривих ліній, використовують прямі двох напрямків, які проходять через точку кривої. При цьому можна задавати два напрями прямих, або задавати точки збігу двох напрямків прямих, які перетинаються (див. рис. 4.27).

На рис. 4.38 задана крива лінія. Для побудови перспективи точки I через останню проводять прямі двох напрямків, для яких будують точки збігу F_1 та F_2 .

Для точки I будують картинні сліди 1_1 та 1_2 на перспективному (на лінії основи) зображенні. Через картинні сліди проводять прямі у відповідні точки збігу. Точка перетину визначеної пари прямих буде перспектива $1'$ точки. Так будують необхідну кількість перспектив точок кривої. Крива проведена через побудовані перспективи точок є перспективою заданої кривої.

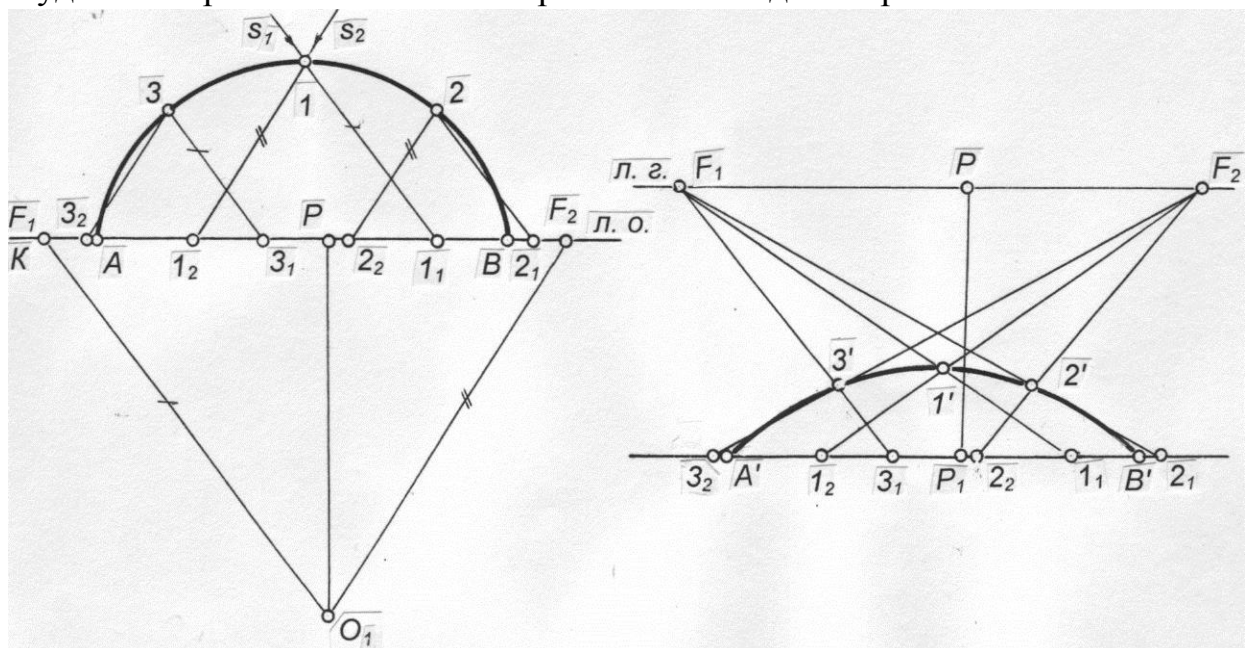


Рис. 4.38

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Що таке перспектива ? Які є види перспективи ?
2. Чому лінію горизонту можна вважати границею перспективи предметної площини, продовженої до нескінченності.?
3. Що таке точки збігу прямих ? їх визначення та використання при побудові перспективних зображень ?
4. Дистанційні точки, їх побудова та використання ?
5. Чому перспективою прямої є точка, пряма ?
6. Чому, будуючи перспективні зображення плоских фігур, особливу увагу потрібно звернути на побудову перспективи квадрата і кола ?
7. У якому випадку перспективою кола є коло, еліпс, прямолінійний відрізок ?
8. У чому суть побудови перспективи кола способом описаного квадрата ?

Література по темі лекції:

[13] – с. 233-285.

Умова завдання 28

Побудувати заданий варіант плоскої фігури (горизонтальний багатокутник). Назначити картину, точку зору, проекцію головного променя та побудувати перспективу (перспективне зображення) фігури.

Завдання виконати на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 4.39.

Методичні настанови по виконанню завдання 28

Побудова перспективи плоскої фігури в загальному випадку зводиться до побудови перспективи геометричних елементів, які задають плоску фігуру. Для побудови перспективи площини, що задана багатокутником, треба побудувати перспективи його вершин (точок) або сторін одним із способів побудови перспективного зображення.

При побудові перспективи об'єкта доцільно будувати перспективи точок як результат перетину перспектив прямих, які належать фігурі. При цьому треба враховувати, що іноді точки збігу домінуючих напрямів паралельних ліній знаходяться за межами рисунка. Тому необхідно використовувати допоміжні прямі, які пройдуть через потрібні точки.

Представлена плоска фігура (багатокутник) задана прямими лініями. При розв'язанні задачі використовуємо *спосіб збігу перспектив домінуючих напрямів паралельних ліній* або *спосіб архітекторів*. При побудові перспективи плоскої фігури можна використовувати інші методи.

Побудова зводиться до креслення перспективи геометричних елементів, які задають плоску фігуру.

Для зручності позначимо вершини фігури цифрами 1, 2, 3...12.

При виборі положення картинної площини (картини) треба враховувати можливість охоплення всіх елементів фігури одним поглядом. Для знаходження горизонтальної проекції картини K для довільної точки зору O достатньо проекцію кута між крайніми проекційними променями (з точок 1 і 4) розділити на три рівні частини і в межах середньої третини провести головний промінь зору, який визначить положення проекції картини, перпендикулярної до нього. Умовимось, що вершина 7 фігури буде належати картині K і збігатися з її центром. Крім того, картина K паралельна до сторони 2_13_1 .

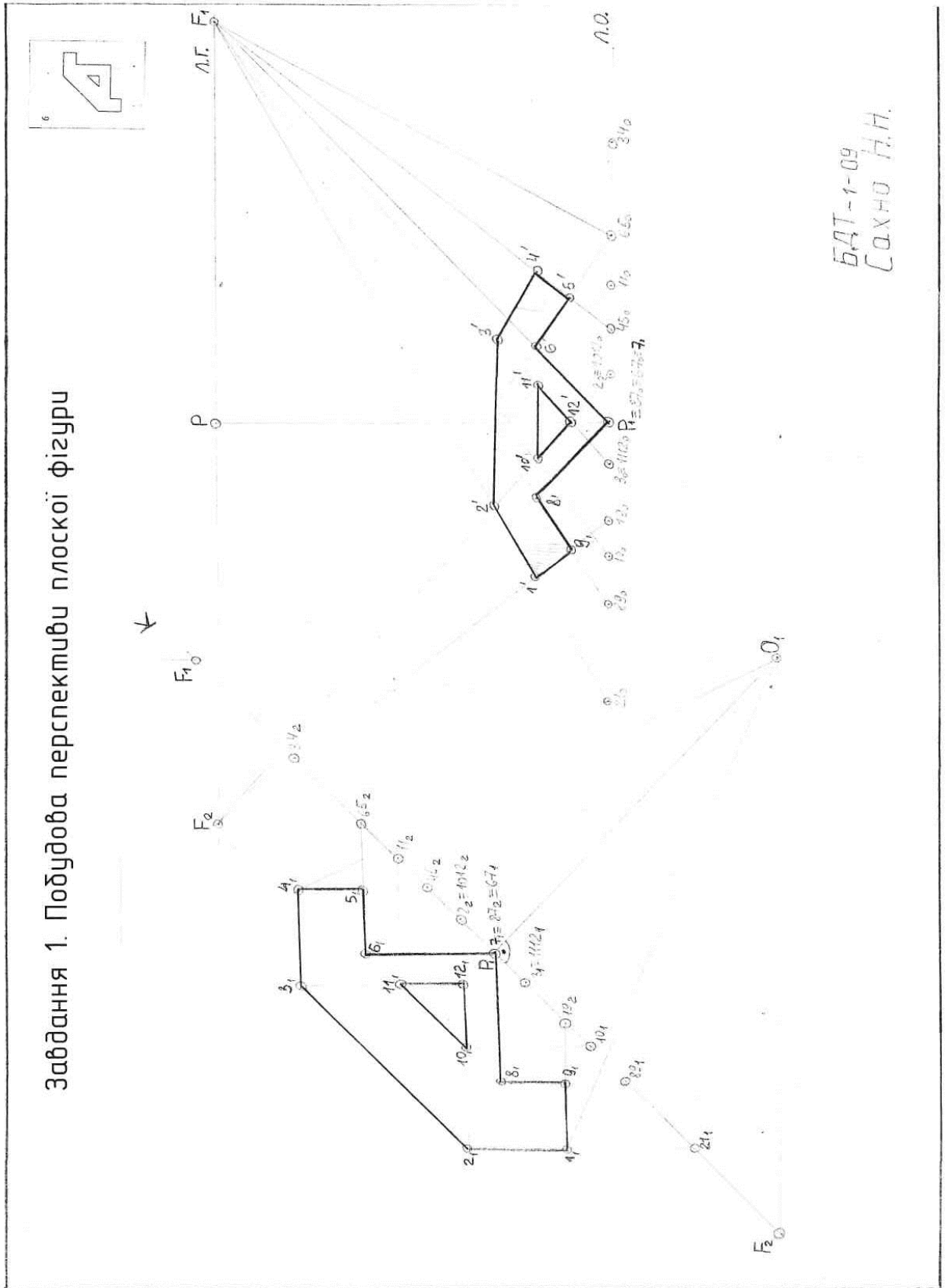
Вершини багатокутника, який визначає плоску фігуру, у перспективі будуть визначені як точки перетину перспективних зображень двох прямих ліній. Для цього застосуємо спосіб *точок збігу домінуючих напрямів паралельних ліній* або *спосіб архітекторів*.

Використовуємо напрям ліній, які збігаються з напрямом сторін багатокутника: лінії $1_12_1, 8_19_1, 11_112_1, 6_17_1, 4_15_1$ в одному напрямі та лінії $1_19_1, 8_17_1, 10_112_1, 6_15_1, 3_14_1$ в іншому напрямі. Будуємо картинні сліди для одного напрямку й іншого. Кожний із напрямів має свою точку збігу в перспективі. Для побудови точок збігу через основу точки зору O_1 проводять промені збігу паралельно до напрямів відповідних прямих (в'язки), які в перетині з картиною K визначають точки F_1 та F_2 . Наприклад, продовження лінії 1_12_1 перетинає картину K в точці 21_1 . Індекс у цьому випадку означає, що перспективний напрям прямої буде направлено в точку збігу (фокус) F_1 .

Усі точки, картинні сліди та точки збігу (фокуси) переносимо від-повідно на лінію основи картини (*л. о.*) та лінію горизонту (*л. г.*) перспективного рисунка. Якщо відстань від основи картини до лінії горизонту не обумовлена (задана), її вибирають в цьому завданні довільно.

Будуємо перспективні проекції вершин фігури як перетин перспективних напрямів її сторін. Наприклад, точка 1_1 є наслідком перетину перспектив сторони 1_12_1 зі стороною 1_19_1 . Сторона 1_12_1 має картинний слід 21_1 , а її перспектива направлена в F_1 . Сторона 1_19_1 має картинний слід 19_2 , а її перспектива направлена в F_2 . Побудова перспектив інших точок фігури зрозуміла з прикладу.

Треба враховувати, що точка $7'$ належить *л. о.*, а перспективи сторін $2'3'$ та $10'11'$ паралельні *л. о.* за умови паралельності прямих картині.

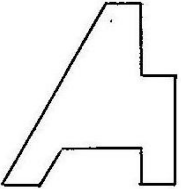
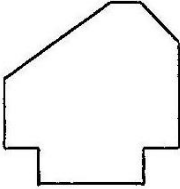
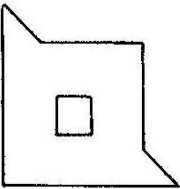
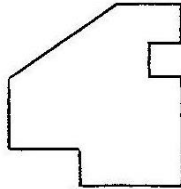
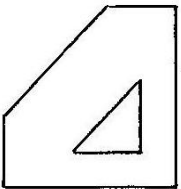
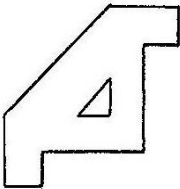
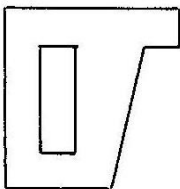
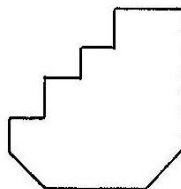
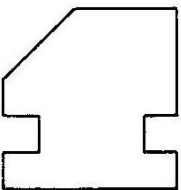
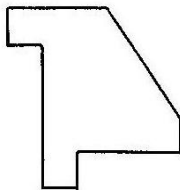
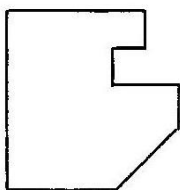
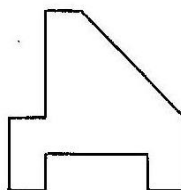
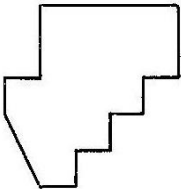
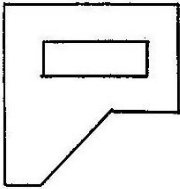
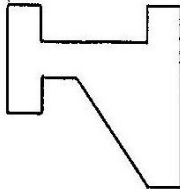
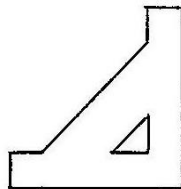


БДТ-1-09
Сахно Н.Н.

Рис. 4.39. Приклад виконання завдання 28

Варіанти до завдання 28

Таблиця 4.1. Варіанти до завдання 28

1 	2 	3 	4 
5 	6 	7 	8 
9 	10 	11 	12 
13 	14 	15 	16 

Завдання 29. Побудова перспективи плоскої фігури методом сітки

Умова завдання 29

Побудувати довільний варіант ортогональної проекції плоскої фігури, яка складається з різних типів ліній: орнамент, візерунок тощо. Позначити картину, точку зору, проекцію головного променя та побудувати перспективу фігури.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 4.40.

Методичні настанови по виконанню завдання 29

Для побудови перспективи як окремих предметів, так і їх композиції (приміщення з інтер'єром) потрібно знати побудову перспективи квадратів, кривих ліній і, як особливий випадок, – кіл.

Виконання завдання базується на знанні побудови перспективи квадрата. Для квадрата, розміщеного в горизонтальній площині, легко будувати перспективу, якщо його дві сторони паралельні до картини, тобто розташовані фронтально.

Отже, спочатку викреслюють квадрат. У квадрат вписують фігуру (візерунок, мереживо, елемент декору тощо), яку студенти вибирають самостійно.

Виконують сітку, за допомогою якої можна визначити характерні точки фігури. Крок сітки має бути таким, щоб вона накладалася на всі точки. Картина K , як варіант, збігається з нижньою стороною квадрата. Точку O_1 вибирають довільно. Визначають і позначають картинні сліди ліній сітки.

Для побудови перспективи діагоналі сітки будують дистанційну(ні) точку(ки) D , враховуючи, що $P_1O_1 = P_1D$. Дистанційна точка D є точкою збігу прямих, паралельних між собою і розташованих під кутом 45° до картини.

Усі точки – картинні сліди $A, F, N...E$, а також дистанційні точки D_1 та D_2 , переносимо відповідно на лінію основи картини (л. о.) і лінію горизонту (л. г.) перспективного рисунка. Відстань від основи картини до лінії горизонту вибирають довільно, якщо ця величина не обумовлена (задана).

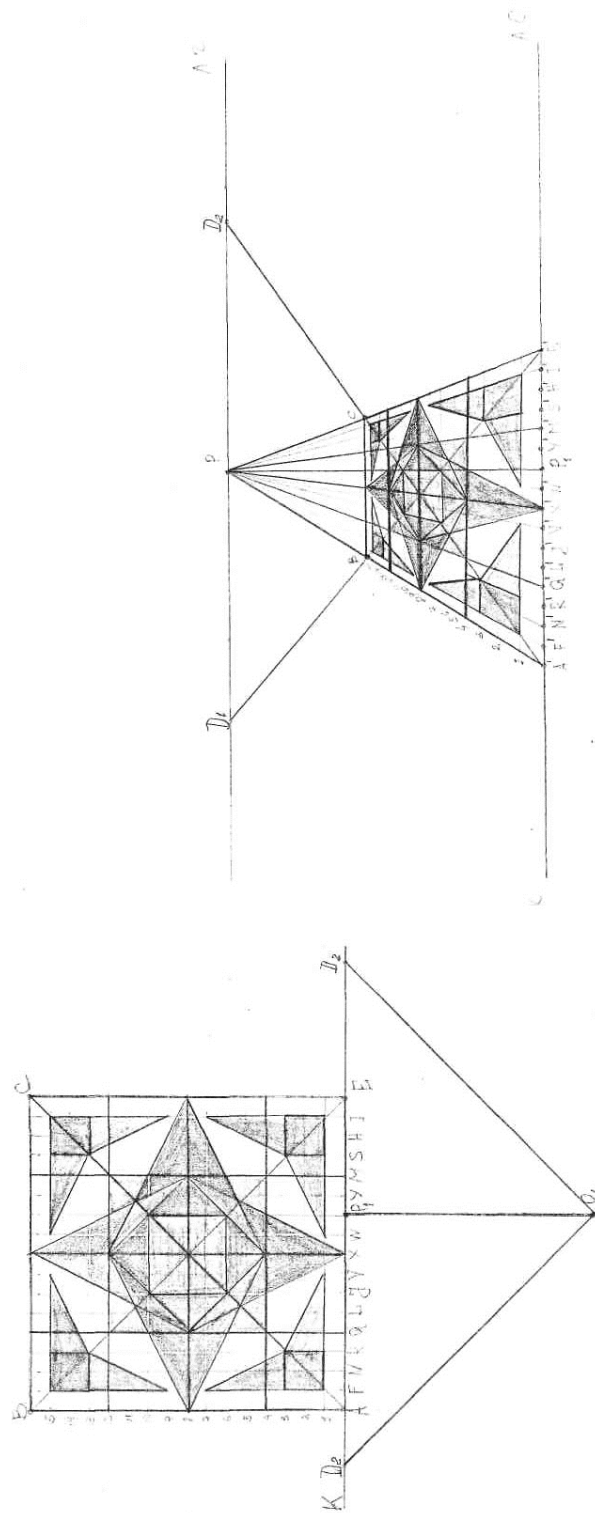
Сторони квадрата AB та CE перпендикулярні до картини K , тому на перспективі їх проекції будуть направлені зі слідів A' та E' в центр картини P .

Перспектива діагоналі AC має точки збігу D_2 . Перетин $A'D_2$ з $E'P$ визначить перспективу вершини C' .

Вертикальні лінії квадрата перпендикулярні до картини K , тому на перспективі їх проекції будуть направлені з відповідних слідів $F', N', R...$ у центр картини P .

Перспективу горизонтальних ліній сітки визначають як перетин перспектив вертикальних ліній сітки з перспективою діагоналі квадрата.

Завдання 2. Побудова перспективи плоскої фігури методом сітки



Г.Р. БІЛІНІ
ЛЮБОВКА С.Д.

Рис. 4.40. Приклад виконання завдання 29

собою (в перспективі вони сходяться в точці F_1). Відстань між ними вимірюється відрізком MN , який в перспективі зображається перпендикулярним основі картини K_1 . Відрізки $N_k 2_1$ та $M'N'$ в натурі рівні, тому що обидва визначаються відстанню між двома паралельними прямими ($N_k F_1$ та $2_1 F_1$).

Якщо необхідно в точці C (її перспектива C' вже задана), яка розміщена на площині Π_1 та віддалена від основи картини K_1 на ту ж відстань, що і точка M , то для побудови перспективи вертикального відрізка CD , що дорівнює відрізку MN , достатньо через точки M' та N' провести прямі, які паралельні основі картини, та з точки C' побудувати перпендикуляр до перетину з прямою $N'D'$. Побудова оснований на тому, що прямі ND та MC в натурі паралельні.

Для побудови перспективи відрізка AB , який дорівнює MN , якщо відома перспектива A' його верхньої точки A , розміщеної на тій самій висоті що і точка N , слід провести через точку A' пряму, яка паралельна основі картини K_1 до перетину з прямою $N_k F_1$ та з одержаної точки 3 опустити перпендикуляр на предметну площину до перетину з прямою $2_1 F_1$ в точці 4 . З точки 4 треба провести пряму, паралельну прямій $A' 3$, до перетину з перпендикуляром до предметної площини в точці B' , який проведено з точки A' .

Трикутник $N_k F_1 2_1$ називають *боковим масштабом*, який дозволяє будувати перспективи вертикальних відрізків довільної величини, якщо відома хоча б одна перспективна проекція точки відрізка. Побудуємо перспективу відрізка EL , коли відома перспектива L' точки L , яка розміщена в площині Π_1 , та величина відрізка m . На прямій $N_k 2_1$ від точки 2_1 відміряємо відрізок $2_1 5$ довжиною m та сполучаємо точки 5 та F_1 . Далі проводимо через точку L' пряму паралельну Π_1 до перетину з прямою $2_1 F_1$ в точці 6 . З точки 6 проведемо вертикальну пряму до перетину з прямою $5 F_1$ в точці 7 . Через цю точку побудуємо пряму паралельну основі картини K_1 і відмітимо точку E' – перетин з перпендикуляром побудованим з точки L' . Якби відрізок лежав в площині K , то в перспективі він спроекціювався б в натуральну величину.

Площину Δ , в якій розміщена пряма $2_1 5$ (лінія висот), називають *боковою стіною*, а спосіб побудови висот – *способом бокової стіни (стінки)*.

Поділ на рівні або на пропорційні частки перспективних прямих

Поділ перспективного відрізка паралельного картині

Задача поділу на рівні або на пропорційні частки паралельних картині прямих відносяться до розділів геометрії, а не перспективи, тому що ці прямі не схильні перспективним спотворенням. Їх поділ виконується за допомогою допоміжних прямих, або за допомогою діляльного масштабу. Такий поділ ґрунтується на положенні планіметрії, що сторони лінійного кута паралельними прямими поділяються на рівні або пропорційні частки.

Прямі лінії паралельні картинній площині не змінюються в перспективі пропорційно, тобто однакові відрізки на прямій в натурі будуть зображуватись

однаковими відрізками на тій же прямій в перспективі або відрізок прямої, розділений в певному відношенні в натурі, в перспективі буде розділений в тому ж відношенні

Розглянемо можливості використання ділильного масштабу на прикладах поділу відрізка прямої лінії.

Поділ відрізка на рівні частки. На картині (рис. 4.42 а), на якій задані лінія основи картини, лінія горизонту, відрізок $A'B'$ визначає перспективу як перпендикулярної до предметної площини, а так і паралельної до картини прямої. Треба розділити цю пряму на декілька рівних часток, наприклад на п'ять.

Проведемо з точки B' заданої прямої допоміжну пряму паралельно лінії горизонту і відкладемо від точки B' кількість рівних відрізків, на яке ми хочемо поділити задану пряму.

Сполучимо протилежний кінець A' тієї ж прямої з кінцем A_0 останнього відрізка на допоміжній прямій.

Щоб поділити задану пряму на рівні частки, ми повинні провести, так же як в геометрії, із всіх точок поділу на допоміжній прямій прямі, паралельні прямій $A'A_0$.

Для поділу вертикальної прямої на рівні частки можна використати допоміжну пряму проведену через один із кінців прямої під довільним кутом до неї. На рис. 4.42, а проведена пряма $A'B_0$. Побудова аналогічна розглянутій і зрозуміла з рисунка.

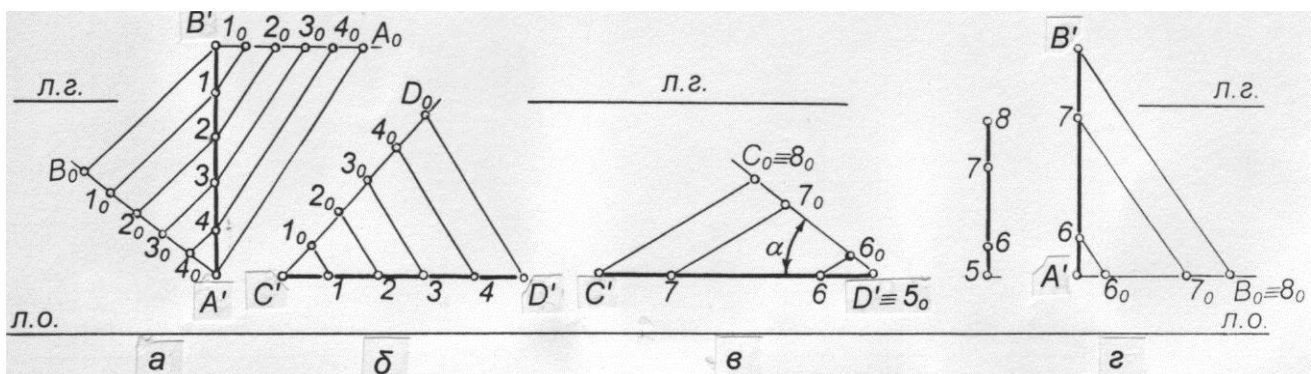


Рис. 4.42

Розділимо відрізок $C'D'$ (див. рис. 4.42, б), який паралельний до картини. Проведемо з точки C заданої прямої допоміжну пряму під довільним кутом до прямої $C'D'$ і відкладемо п'ять довільних однакових відрізків. Подальша побудова аналогічна розглянутій на рис. 22.20, а і зрозуміла з рисунка.

Поділ на пропорційні частки. Поділ прямої на пропорційні частки проводиться тим способом, що і поділ прямої на рівні частки, з тою лише різницею, що на допоміжній лінії відкладають не рівні, а відрізки згідно необхідній пропорції. На рис. 4.42, в, г виконано поділ вертикального відрізка $A'B'$ та паралельного до картини відрізка $C'D'$ в певному відношенні що

визначено точками 5, 6, 7, 8. Побудова точок поділу аналогічна виконаній в попередньому прикладі і зрозуміла з рисунка.

Поділ перспективного відрізка загального положення

Для поділу перспективних прямих, які мають точку збігу, також користуються допоміжними лініями, але ці лінії повинні йти паралельно лініям збігу площини, в якій розміщені задані прямі. Таким чином, для поділу горизонтальних прямих загального положення, допоміжні лінії повинні бути горизонтальними.

Проведемо із більш близького до нас (рис. 4.43) або більш віддаленого від нас (рис. 4.44) кінця заданої прямої допоміжну пряму паралельну, лінії горизонту і відкладемо на ній від точки A' число рівних або відрізки необхідної пропорції.

Сполучимо протилежний кінець B' тієї ж прямої з кінця B_0 останнього відрізка на допоміжній прямій. Щоб розділити перспективу прямої на задані частки, ми повинні провести, так же як в геометрії, із всіх точок поділу на допоміжній прямій, паралельні до прямої $B'B_0$. Щоб провести в перспективі паралельні до прямої $B'B_0$, ми повинні спочатку знайти їх точку збігу на лінії горизонту. Для цього подовжимо лінію $B'B_0$ до її перетину з лінією горизонту в точці F_3 , яка і буде їх точкою збігу. Прямі, проведені з кінців поділу, відкладені на допоміжній прямій, і які йдуть в точку F_3 поділяють задану пряму $A'B'$ в заданому відношенні.

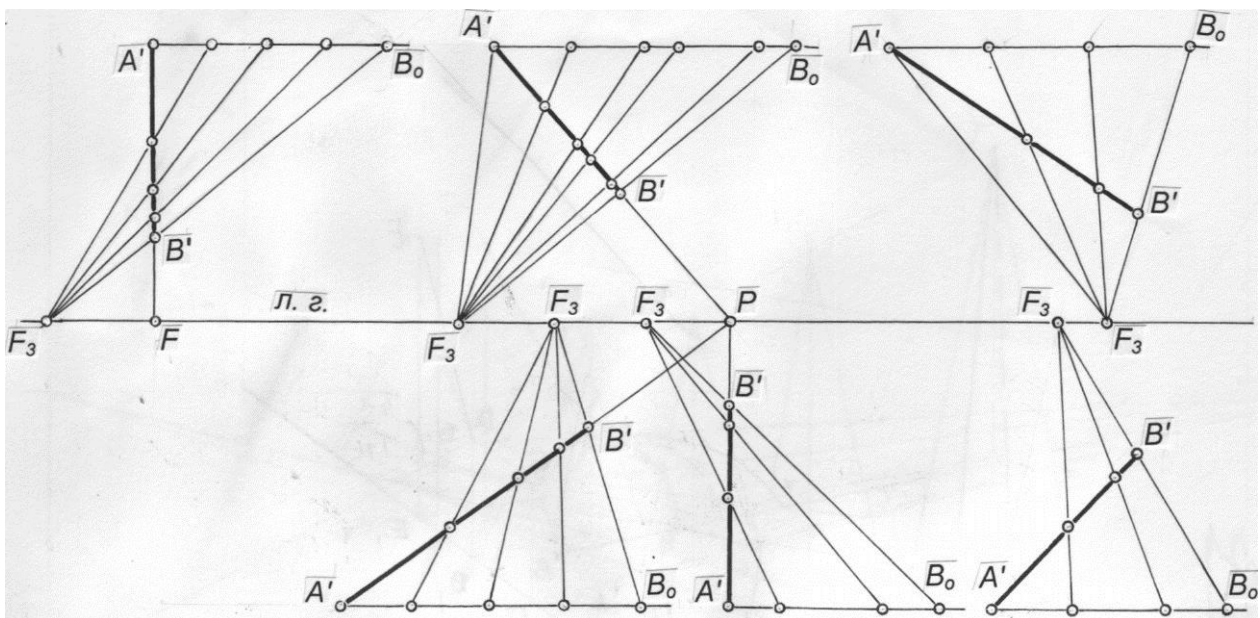


Рис. 4.43

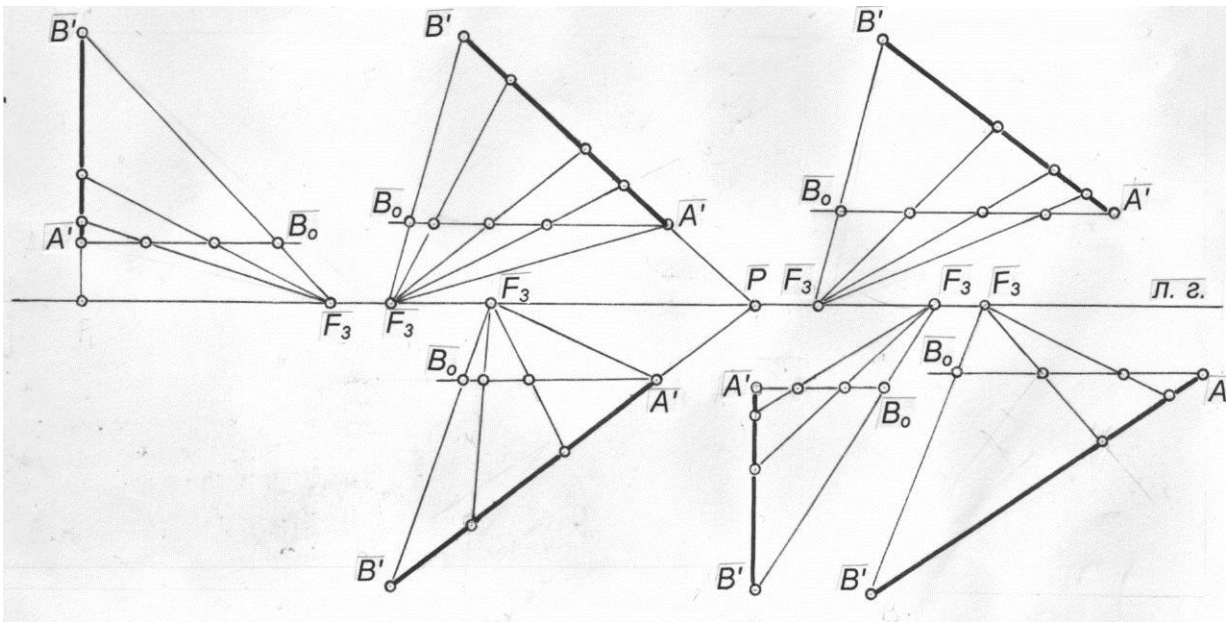


Рис. 4.44

Для попередження помилок при побудові точок поділу необхідно звернути увагу на:

а) допоміжну лінію *не поділяють* на частки (що привело би до нової геометричної задачі), а відкладають на ній необхідну кількість відрізків;

б) відрізки можуть бути довільної довжини. Їх довжину вибирають з розрахунку для отримання найбільш точного перетину;

в) довільно точку збігу *не можна брати* в довільному місці на лінії горизонту. Місце точки збігу знаходять в точці перетину подовженої прямої яка сполучає вільний кінець заданої прямої з кінцем останнього відрізка на допоміжній прямій з лінією горизонту.

На рис. 4.45 наведено приклад побудови поділу чотирикутника $ABCD$, розміщеного в предметній площині, сторони якого мають точки збігу, на прямокутники з сторонами пропорційними сторонам заданого прямокутника.

Для цього поділимо сторону $A'B'$ на 7, а сторону $B'C'$ - на 5 однакових часток. Сторона $A'B'$ розділена на рівні частки за умовою, що точка збігу F_1 розміщена в межах креслення. Подовжують лінію $B'C'$ до перетину з л.о. картини в точці B_0 , та поділяють відрізок $A'B_0$, як відрізок паралельний картині (дивись рис. 4.44), на 7 рівних часток. Далі точки $1_0, 2_0, 3_0$ і т. д. сполучаються прямими лініями з F_1 .

- використовується різновид бокової стіни – точки натуральних висот „виносяться” на картину по прямим, які паралельні предметній площині. Щоб висоти точок опинились на картині в натуральну величину на перспективах цих прямих будуть розміщені перспективи цих точок; напрям прямих треба вибирати таким, щоб точки збігу їх знаходились в межах креслення; практично, "винос" точки на картину виконується по прямим, паралельним одному з домінуючих напрямків ліній або по прямим перпендикулярним до картини з точкою збігу в головній точці;

- при побудові перспективи часто виникають задачі на поділ відрізків прямих на рівні або пропорційні частки; вони розв’язуються використанням ділильного масштабу (див. приклади рис. 4.44, 4.43, 4.44).

Розглянемо використання метода архітекторів на прикладі побудови перспективи споруди. Фасад та план її наведені на рис. 4.46, *а*. На фасаді проведемо *л.г.* Побудову перспективи почнемо з вибору точки зору на плані (O_1) з врахуванням кута зору.

Напрямом головного променя назначать в середині третини кута, утвореного крайніми горизонтальними променями зору. Картинну площину проводимо перпендикулярно головному променю через точку D (ближній кут об’єкта). З точки зору O_1 проводимо лінії паралельно сторонам плану B_1D_1 та D_1L_1 та знаходимо точки перетину цих ліній з картиною – F_1 та F_2 . Ці точки будуть точками збігу для двох в’язок паралельних прямих: F_1 – для в’язки прямих, паралельних напрямку D_1L_1 та F_2 – для в’язки прямих паралельних напрямку B_1D_1 . Перспектива може бути побудована в довільному масштабі відносно масштабу заданих проєкцій. В нашому прикладі зображення збільшено вдвічі ($M2:1$). Для побудови перспективи на предметній площині Π_1 (4.46, *б*) проведемо *л.о.* картини, лінію горизонту *л.г.* та призначимо головну

точку картини P . Опустивши з точки P перпендикуляр до перетину з *л.о.*, одержимо основу P_1 головної точки.

Для побудови точки збігу F_1 від P праворуч на лінії горизонту (*л.г.*) відміряємо $PF_1 = 2 P_1F_1$ та для побудови F_2 від P ліворуч відміряємо $PF_2 = 2 P_1F_2$. Так як ми провели картину через точку D , то ребро DC , яке перпендикулярне до предметної площини, буде лежати в картинній площині і може бути використане за масштаб висоти ребер AB і NL .

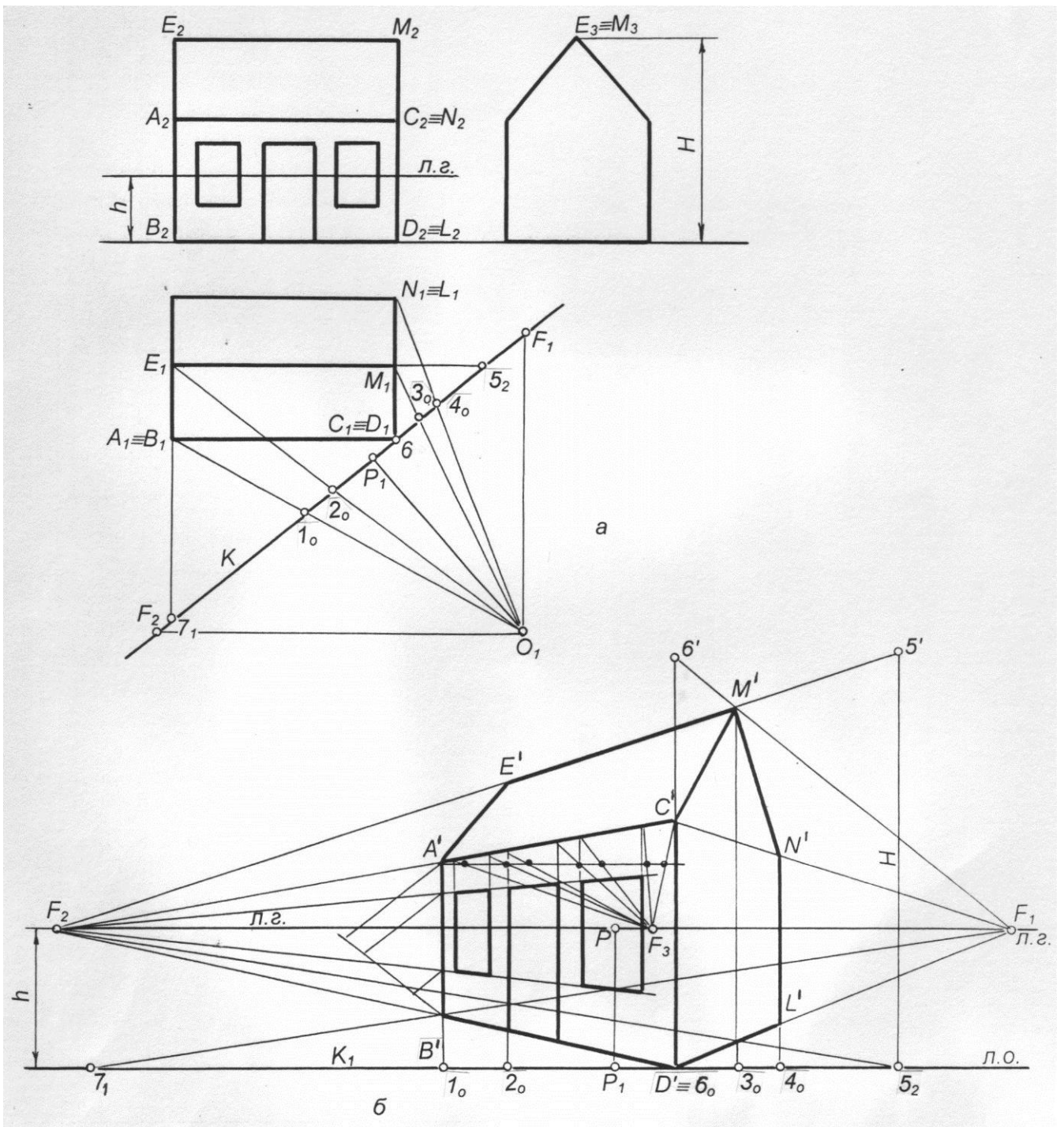


Рис. 4.46

Для побудови перспективи основи об'єкта (точки B , D , L) будемо картинні сліди двох напрямків прямих, які проходять через ці точки. Через точку B_1 проводимо вертикальну пряму і визначаємо її картинний слід 7_1 . Через точки B_1 та L_1 проводимо промені зору і помічаємо сліди 1_0 та 4_0 . На лінії основи картини на відстані від точки P_1 помічаємо сліди цих прямих в обраному масштабі по відношенню до ортогональних проекцій. В перетині перспектив відповідних пучків прямих одержимо перспективи точок $B' D'$ та L' . Через точки $B' D'$ та L' проведені вертикальні прямі, на яких буде розташована перспектива ребер фігури.

З точки $b = D'$ на вертикальній прямій відкладений відрізок $D'C'$ що дорівнює натуральній величині (в масштабі $M2:1$) відрізка D_2C_2 . З кінця відрізка, точки C' проведені прямі в точки F_1 та F_2 і в перетині з вертикальними прямими з точок B', L' одержані перспективи ребер $B'A'$ та $L'N'$.

Для побудови перспективи точок E та M побудуємо картинні сліди 2_0 і 3_0 прямих, які проходять через указані точки і точку зору O_1 та картинний слід 5_2 прямої E_1M_1 . Побудовані сліди переносимо на лінію основи картини у вибраному масштабі. З картинного сліду 5_2 проведена вертикальна пряма, на якій відміряємо величину $5_2 5' = 2H$ (висота точок E та M). В перетині променя $5'F_2$ з вертикальними прямими, проведеними через картинні сліди 2_0 та 3_0 , будуть визначені перспективи E' та M' зазначених точок. Сполучивши отримані перспективи вершин об'єкта прямими з урахуванням їх точок збігу F_1 та F_2 , одержимо перспективне зображення об'єкту.

Для побудови перспективи прорізів вікон та дверей використані перспективні ділильні масштаби, для вертикальної прямої AB та прямої AC паралельної до предметної площини використано прийоми перспективного поділу наведені на рис. 4.44, 4.43 та 4.44.

До переваг метода архітекторів можна залучити: простоту побудови, можливість вибору довільного положення картини відносно самого об'єкта, можливість використання плану та фасадів, накреслених в різних масштабах.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Що таке масштаб перспективи, для чого він потрібний ?
2. Що таке масштаб ширини, масштаб висоти і масштаб глибини ?
3. Які є способи побудови перспективних зображень і в чому їх суть ?
4. У чому полягає суть способу архітекторів ?

Література:

[9] – 258-270с.

Умова завдання

Побудувати заданий варіант ортогональної проекції об'ємної композиції. Позначити картину, точку зору, проекцію головного променя та побудувати перспективу об'єкта одним із способів.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання на рис. 4.47.

Методичні настанови по виконанню завдання 30

Перспективні зображення схильні до спотворення. Залежно від того, де знаходиться зображуваний предмет відносно глядача і картини, перспективне зображення буде мінятися. Відрізки прямих об'єкта, які паралельні картині:

– зображують *збільшеними*, якщо вони знаходяться *перед* картиною;

- зображують зменшеними, якщо знаходяться за картиною;
 - зображують у натуральну величину, якщо розміщені в площині картини.
- При побудові висот використовують спосіб бокової стіни.

Побудову перспективи об'ємної композиції можна виконувати різними методами: *архітекторів, опущеного або піднятого плану* тощо.

Метод архітекторів являє собою сумісне використання точок збігу, слідів прямих, масштабів висоти, пропорційного поділу та ліній перетину променевих площин з картинною площиною.

Використаємо цей метод для побудови перспективи заданої об'ємної композиції (рис. 4.47). Задані: вид спереду та зверху (фасад і план). На виді спереду (фасаді) проведена лінія горизонту (*л. г.*). Картинна площина проходить у цьому прикладі через одне з ребер (I_1).

Напрямок головного променя визначають у середині третини поля зору, утвореного крайніми горизонтальними променями (стор. 7). Картинну площину K проводимо перпендикулярно до головного променя O_1P_1 .

Фігура основи геометричної композиції належить предметній площині й утворена взаємно перпендикулярними прямими, які паралельні між собою та розміщені під кутом до картини. Тому, використовуючи метод архітекторів (стор. 4.46), будуємо точки збігу F_1 та F_2 для двох в'язок прямих: F_1 – точка збігу для прямих напрямку $1_12_1, 6_15_1, 3_14_1, 7_18_1, 12_1, 9_110_1$, F_2 – точка збігу для прямих напрямку $1_112_1, 11_1, 2_13_1, 9_18_1, 4_15_1, 7_16_1$.

Побудову перспективи об'ємної геометричної форми можна виконувати в більшому масштабі на відміну від ортогональної проекції, наприклад, 2:1, 2,5:1, 4:1.

Завдання слід виконувати у натупній послідовності.

1) на перспективі від лінії основи картини (*л. о.*) будуємо лінію горизонту (*л. г.*), яку відкладаємо з ортогональної проекції;

2) для побудови перспективи основи об'єкта будуємо картинні сліди двох напрямів прямих, які проходять через точки основи;

3) відкладаємо отримані сліди на лінію основи (*л. о.*) картини;

4) в перетині перспектив відповідних в'язок прямих одержимо перспективи точок $1', 2', 3' \dots 12'$;

5) оскільки картина проведена через ребро I , перпендикулярне до предметної площини, його можна використовувати за масштаб ребер 2, 3 та 4;

б) з точки $1'$ на вертикальній прямій відкладаємо відрізок, що до-рівнює натуральній величині h_1 . З верхнього кінця перспективи ребра I проведені прямі в точки F_1 і F_2 . У перетині з вертикальними прямими з точок $2', 3'$ та $12'$ одержані перспективи ребер 2, 3 та 12. За схожим алгоритмом будуються перспективи ребер 3 та 4;

7) з точки 9845_2 на вертикальній прямій відкладаємо відрізок $9845_2 A$, який дорівнює висоті h_2 . Кінець відрізка точку A з'єднуємо з F_2 , оскільки ребро основи $5'4'$ направлене в ту саму точку збігу. З точки $5'$ проводимо вертикальну пряму. У перетині з AF_2 отримуємо перспективу точки $5''$. Побудовану точку з'єднуємо з F_1 , так як ребро основи $5'6'$ направлене в ту ж саму точку збігу. З

точки b' проводимо вертикальну пряму. Її перетин з продовженням F_15'' визначить перспективу b'' . За схожим алгоритмом будують перспективи ребер 7 і 8;

8) з точки 11_1 проводимо вертикальну пряму, на якій відкладаємо висоту h_3 . Кінець відрізка точку B з'єднуємо з F_1 . З точок $11'$ та $8'$ проводимо вертикальні лінії. У точках перетину отримаємо перспективи точок зазначених ребер: у перетині вертикальної прямої $9'$ з прямою, яка з'єднує верхню точку ребра 8 з F_2 , одержуємо перспективу верхньої точки ребра 9. За схожим алгоритмом будують перспективи ребер 10 та 11.

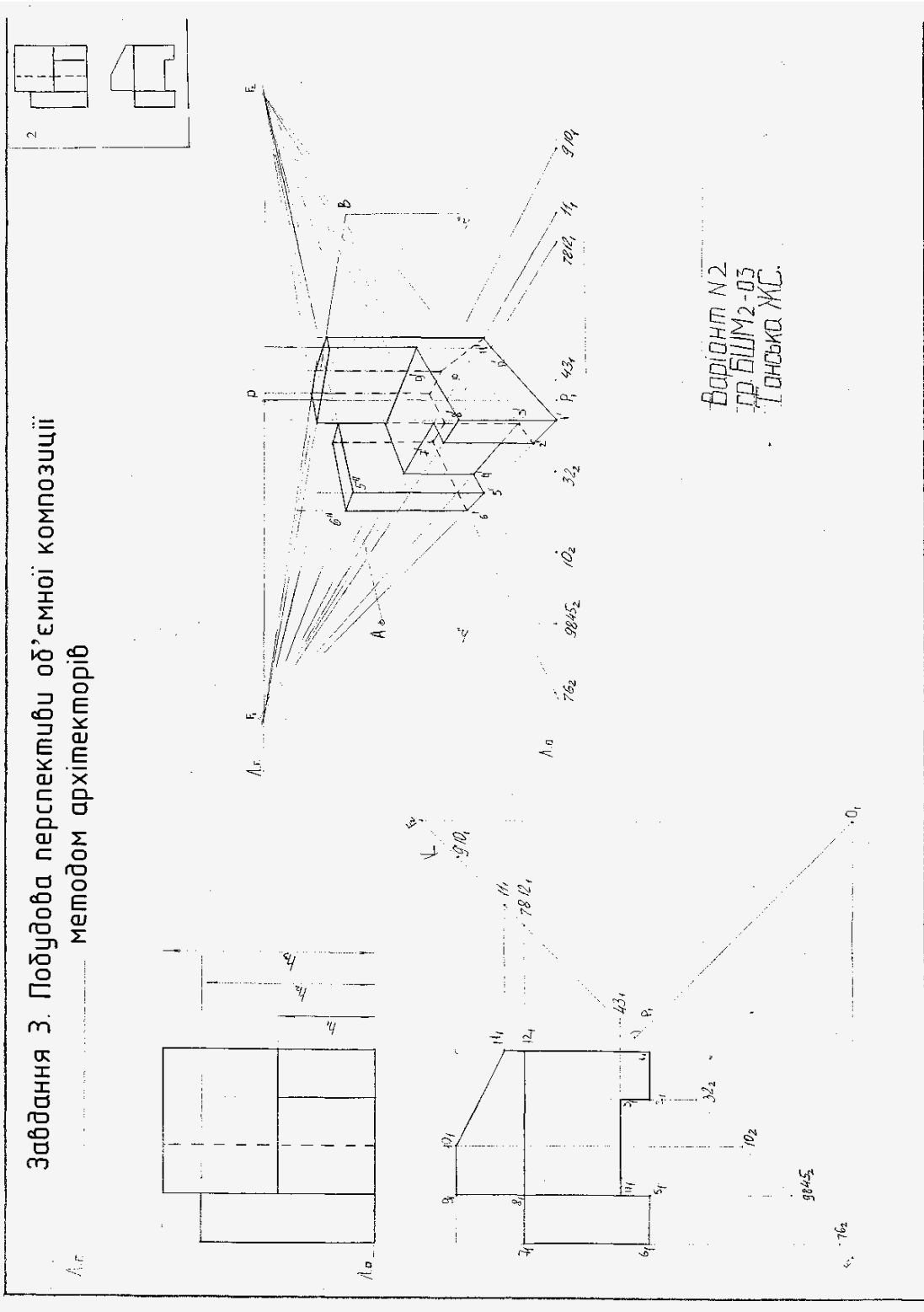
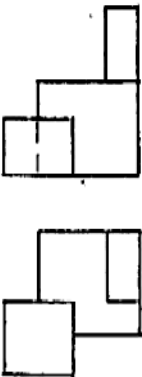
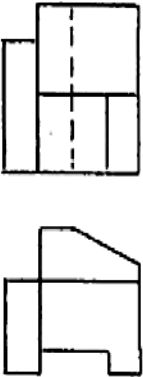
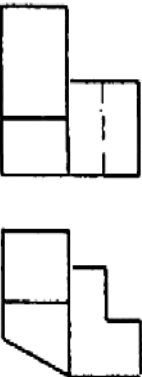

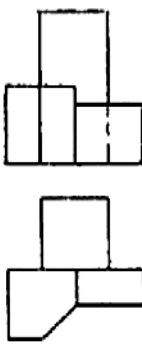
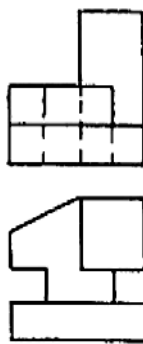
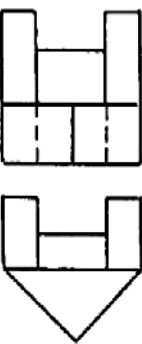


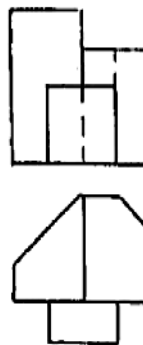

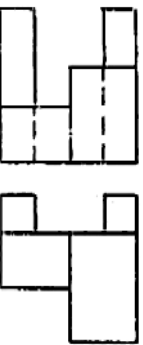


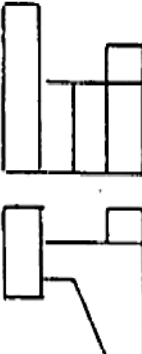



Рис. 4.47. Приклад виконання завдання 30

Варіанти до завдання 30

Таблиця 4.2. Варіанти до завдання 30

<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> 	<p>11</p> 	<p>12</p> 
<p>13</p> 	<p>14</p> 	<p>15</p> 	<p>16</p> 

Завдання 31. Побудова перспективи аркади

Загальні положення по темі завдання 31

Проекція точки

Побудова перспективи виконуємо способами в комбінації різних компонентів апарату проєкціювання. На рис. 4.48 представлена побудова перспективи аркади. Основний об'єм аркади (прямокутник $ABCD$) виконано способом архітекторів, а перспектива усіх точок вздовж аркади і по вертикалі – способами пропорційного поділу розглянутому на рис. 4.42, 4.43 і 4.44.

На горизонтальній прямій, проведеній через точку B' (див. рис. 4.48, б), позначені точки $1, 2, 3...11$, відстані між якими відповідають розмірам між відповідними точками $1_1, 2_1, 3_1, ...11_1$ на ортогональному плані об'єкта. Сполучивши кінцеву точку 11 з точкою C' , та продовживши (можна взяти відстані у пропорціях або збільшені або зменшені) її, на лінії горизонту визначимо точку збігу F_3 променів пропорційного поділу. Проведені промені з точки збігу F_3 в точки $1, 2, 3, ...11$ визначають на лінії $B'C'$ точки поділу лінії на вертикальні пропорційні частки. Пропорційний поділ вертикального ребра $A'B'$ виконано прийомом розглянутим на рис. 4.42, а.

Побудова перспективи півкіл аркади виконана способом викладеним в на рис. 22.37. Побудова зрозуміла з рисунка.

На рис. 4.48, б виконана побудова перспективи півкіл аркади на обох площинах які обмежують стіну. Зрозумілим є побудова перспективи півкола на площині $A'B'C'D'$.

Розглянемо побудову півкіл аркади на тильній площині стіни. Для побудови перспективи зазначених півкіл можна використати спосіб яким побудовані перспективи півкіл на площині $A'B'C'D'$. Другий спосіб полягає в використанні допоміжних горизонтально проєкціювальних променевих площин. Для наочності і більшого розуміння побудови перспективи півкола на другій площині стіни, побудова однієї арки винесена в окремий рисунок 4.48, в.

Припустимо, що перспектива півкола, лінія m , уже побудована. Необхідно побудувати перспективу півкола n . Для побудови точок півкола n використаємо вертикальні променеві площини, що визначаються точкою збігу F_1 і точками півкола m . Через точку $1'$ півкола m і точку F_1 проведемо горизонтально проєкціювальну променеву площину, яка в основі об'єкта визначить точки 1_1 та 2_1 . Точка $2'$ півкола n буде визначена в перетині променя $1'F_1$ і вертикальної прямої (лінія перетину променевої площини та площини аркади) проведеної з точки 2_1 . Побудову перспективи довільної точки півкола n розглянемо на прикладі побудови точки $4'$.

Через точку $3'$ і точку F_1 проведемо горизонтально проєкціювальну променеву площину, яка в перетині з площинами стін об'єкта визначить дві (уявні) вертикальні прямі і також точки 3_1 та $4'$ в основі об'єкта. Точка $4'$ буде визначена як точка перетину променя $3'F_1$ і вертикальної прямої проведеної через точку 4_1 . В такий спосіб побудована решта точок півкола n , через які

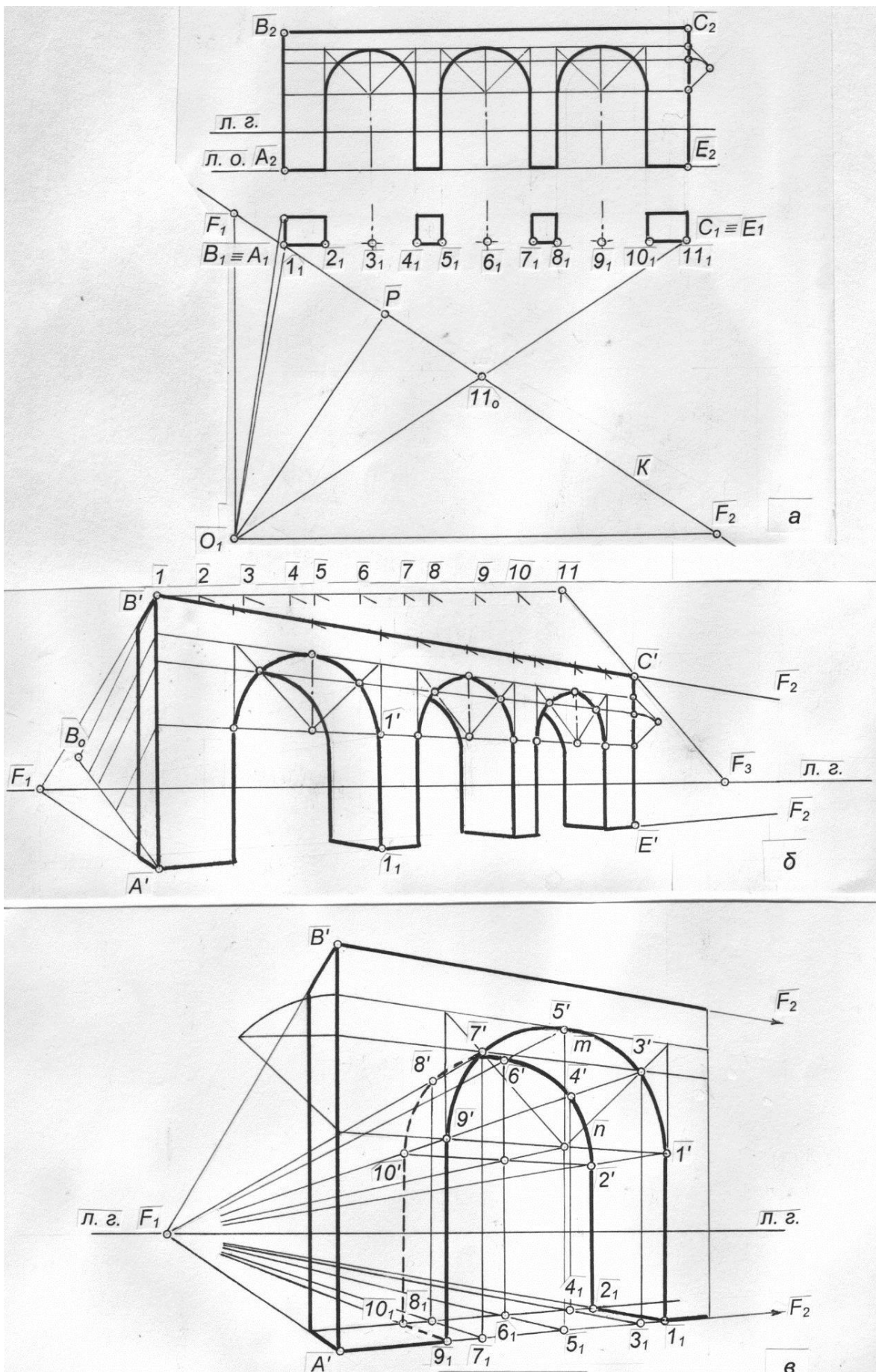


Рис. 4.48

проводять плавну криву – перспективу півкола n і тим самим перспективне зображення арки.

Умова завдання 31

Побудувати довільний варіант ортогональної проєкції аркади з трьохчотирьох циліндричних склепінь. Позначити картину, точку зору, проєкцію головного променя та побудувати перспективу аркади з використанням пропорційного поділу відрізків.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання – на рис. 4.49.

Методичні настанови по виконанню завдання 31

Побудову перспективи виконаємо в комбінації різних компонентів апарату проєкціювання.

Побудову перспективи основного об'єму аркади, прямокутник 1234 , виконуємо *способом архітекторів*, а перспективу всіх точок вздовж аркади і по вертикалі – *способами пропорційного поділу*.

Прямі лінії, паралельні картинній площині, не змінюються в перспективі пропорційно. Тобто однакові відрізки на прямій у натурі будуть зображатися однаковими відрізками на тій самій прямій у перспективі або відрізок прямої, розділений у певному відношенні в натурі, у перспективі буде розділений у тому ж відношенні.

Побудову перспективи основного об'єму виконано *способом архітекторів* у масштабі 2:1.

З точки $4''$ проводимо горизонтальну пряму, на якій відкладаємо точки: ліворуч $12, 9, 17, 8, 5, 1$, які відповідають точкам на ортогональному плані об'єкта $12_1, 9_1, 17_1, 8_1, 5_1, 1_1$, праворуч – $13, 18, 16, 3$, які відповідають точкам $13_1, 18_1, 16_1, 3_1$ ортогонального плану. Відстані від точки поділу, які беруть з оригіналу, допускається відкладати на лінії подільного масштабу збільшеними або зменшеними від заданих.

Сполучаємо кінцеву точку 3 із точкою $3''$ до перетину з лінією горизонту. Отримуємо точку збігу F_3 . Проведені промені з F_3 через точки $13, 18, 16$ визначають на лінії $3''4''$ точки поділу $13'', 18'', 16''$ на пропорційні частки по ширині.

Сполучаємо кінцеву точку 1 з точкою $1''$ до перетину з лінією горизонту. Отримуємо точку збігу F_4 . Проведені промені з F_4 через точки $12, 9, 17, 8, 5$ визначають на лінії $1''4''$ точки поділу $12'', 9'', 17'', 8'', 5''$ на пропорційні частки по довжині.

Ребро 4 знаходиться в картинній площині, тому висоти $h_1, h_2...h_5$ відкладаємо на його перспективній проєкції $4'4''$. Отримані точки сполучаємо з фокусами F_1 та F_2 . Це дозволить виконати побудову масштабу висот.

Перетин побудованих ліній з вертикальними, проведеними з $12'', 9'', 17'', 8'', 5''$ та з $13'', 18'', 16''$ (наприклад 19 і 21) визначить відповідні точки на арці. Для побудови проміжної точки (наприклад 20) з центра еліпса, у який спроектували арку, проводимо проєкцію діагоналі ромба.

Для побудови перспективи ніші арки в торці аркади з точки $15-14_2$ проводимо промінь в F_2 до перетину з лінією $15-16_1F_1$. З отриманої точки $15'$ проводимо лінію вертикально зв'язку до перетину з променем $21''F_2$ – точка $15''$. З точки $20'$ опускаємо лінію проекційного зв'язку до перетину з $15-14_2F_2$. Перетин з лінією $4F_2$ визначає точку $25'$, а перетин лінії $25'F_1$ з $4' F_2$ дає точку $26'$. Лінія вертикального проекційного зв'язку з побудованої точки з променем $20'F_1$ визначає точку $26''$. Подальша побудова зрозуміла з малюнка.

Завдання 32. Побудова фронтальної перспективи інтер'єру

Загальні положення по темі завдання 32

Фронтальна перспектива на вертикальній картині

Фронтальною перспективою називається така перспектива, в якій картина паралельна одній з площин об'єкта.

Це вид перспективи є найбільш простим за побудовою. Фронтальні перспективи можуть широко використовуватись для зображення внутрішніх дворів, інтер'єрів та споруд з круглим планом.

В залежності від положення точки зору відносно об'єкту, фронтальні перспективи поділяються на:

- центральну фронтальну перспективу, коли точка зору O міститься в площині симетрії об'єкта (див. рис. 4.50);
- бокову фронтальну перспективу, коли точка зору міститься праворуч або ліворуч площини симетрії об'єкта (див. рис. 4.51).

На фронтальну перспективу значно впливає відстань, на якій знаходиться глядач. Ця відстань визначає кути зору.

На рис. 4.50, *a* надано план та розріз циліндричного склепіння, положення картини. На осі об'єкта розміщені проекції двох точок зору: точка O_1 на відстані n від картини, точка O'_1 на відстані m .

При побудові фронтальної перспективи використовують одну точку збігу – головну точку картини P .

Розглянемо побудову перспективи циліндричного склепіння використовуючи спочатку точку зору O , а потім – O' . Лінія розрізу склепіння лежить в площині картини і тому збігається зі своєю перспективою. Збільшимо її вдвічі та проведемо лінію горизонту (4.50, *б*). Для побудови перспективи прямих, перпендикулярних картині, сполучаємо точки A', B', C', E' з головною точкою P . Для побудови дистанційної точки віддалення D відкладемо від точки P по лінії горизонту дистанцію $2n$. Враховуючи, що склепіння в плані квадратної форми, то пряма $B'D$, при перетині з прямою $A'P$, визначить перспективну глибину плану – точку M' . Для закінчення побудови перспективи плану досить провести через точку M' лінію паралельну лінії горизонту.

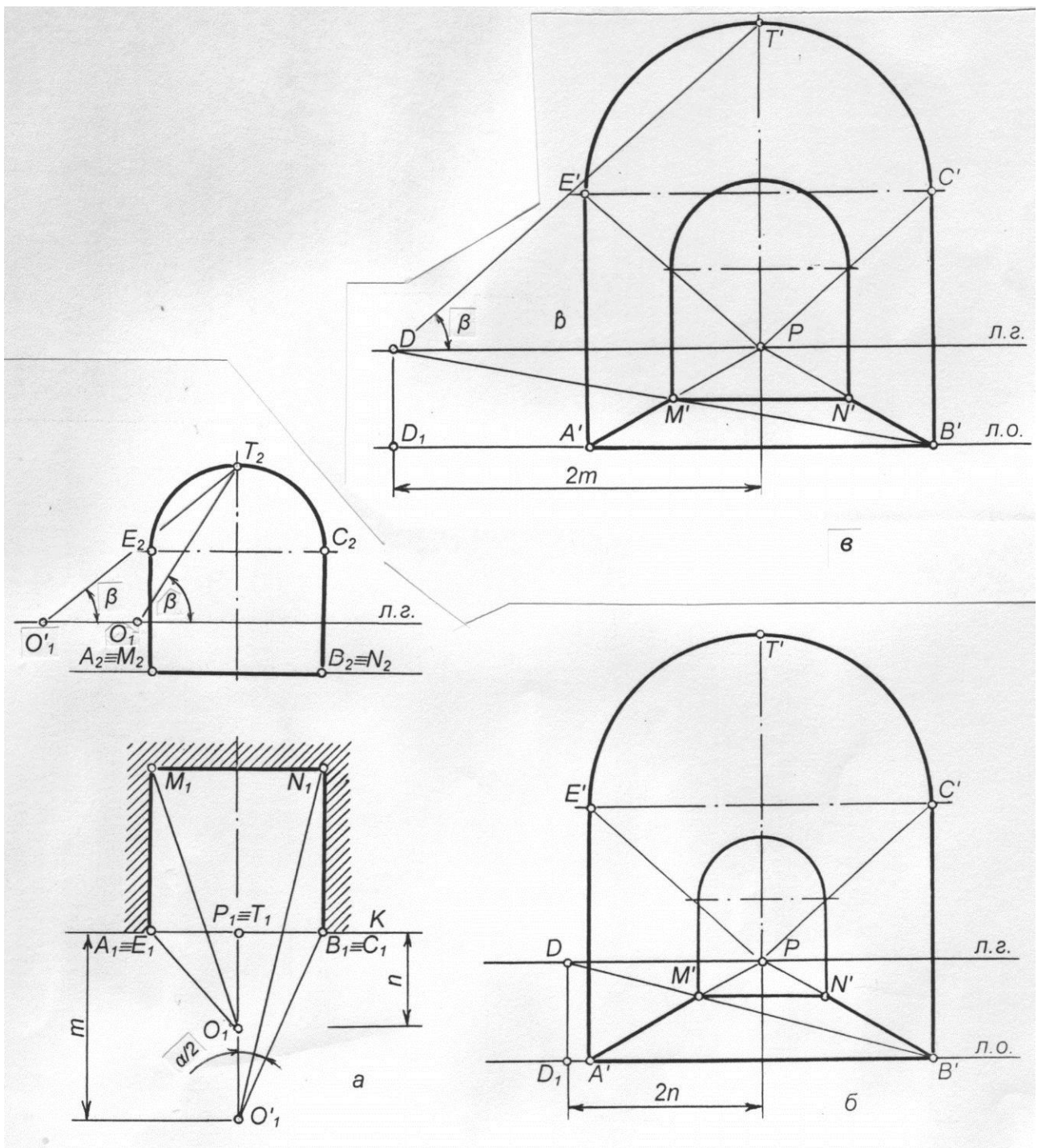


Рис. 4.50

Якщо кола розташовані в площинах паралельних картині, їх перспектива зображується також колами. З визначеного центра на задній площині склепіння радіусом $R = M'N' : 2$ провидимо коло.

Таким же чином побудована перспектива з другої точки зору O' (рис. 4.50, б). З розгляду цих перспектив можна зробити висновок, що чим ближче до об'єкту точка зору, тим глибше здається приміщення, зображене в перспективі, чим далі точка зору від об'єкту, тим менш глибоким здається приміщення.

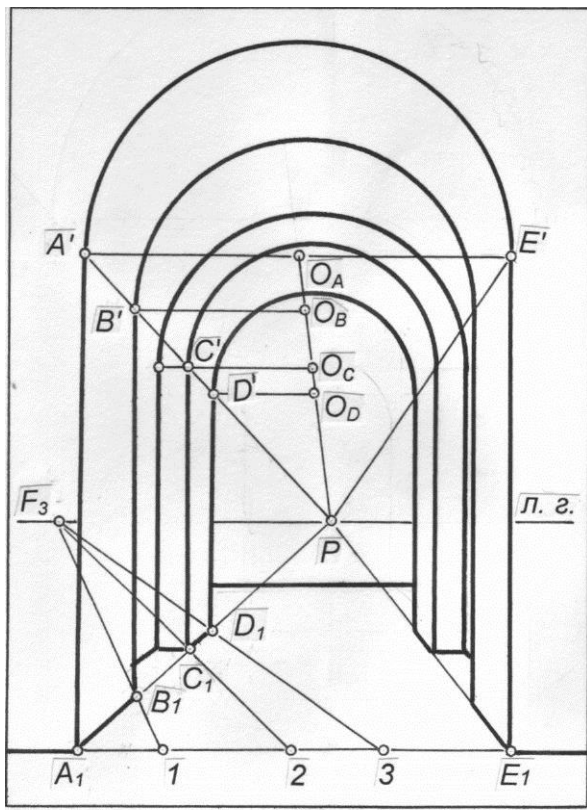


Рис. 4.51

На рис. 4.51 зображена перспектива циліндричного склепіння утвореного співвісними колами (центри розташовані на прямій перпендикулярній до картини). Головний промінь зміщений відносно осі симетрії вправо.

Одним із відомих способів побудована перспектива основи і висоти вертикальних прямих, відрізок $A'E'$ визначає перспективу діаметра кола на ньому. Визначають центр O_d кола і проводять півколо. Горизонтальні прямі проведені через точки A', B', C', D' на лінії $O_A P$ визначають центри і відповідно перспективи радіусів. З визначених центрів відповідними радіусами проводять півкола.

При виборі положення точки зору у фронтальній перспективі слід виходити з доцільних кутів зору ($\alpha < 50^\circ$).

В протилежному випадку на

перспективному зображенні виникають перспективні спотворення.

Однак обмеження кутів зору при побудові перспектив інтер'єра призводить до того, що в поле зору падає тільки невелика його частка. Як вихід, на практиці, використовують прийом умовного „відкидання” однієї із стін приміщення та побудови перспективи з точки що міститься за межами приміщення (рис. 4.52). Віддалення точки зору бажано проводити в межах $n \leq 1:3 m$.

Особливості побудов перспектив інтер'єра розглянемо на прикладі (рис. 4.53). Задані фронтальна та горизонтальна проекції прямокутного приміщення, де розташовані квадратна призма, яка спирається на горизонтальну площину, та нахилена картина на правій стіні.

На фронтальній стіні має місце віконний проріз. Вибрана точка зору O_1 та картинна площина K , яка паралельна фронтальній стіні. На перспективі назначена лінія горизонту (л.г.), зафіксована головна точка картини P , і, по різні боки від неї, відміряні, взяті з плану, відрізки 1_1P_1 та 2_1P_1 – останні збільшено вдвічі (в подальшому всі розміри заданих проекцій, які переносяться на перспективу, будуть збільшуватись, щоб перспектива була більш виразною).

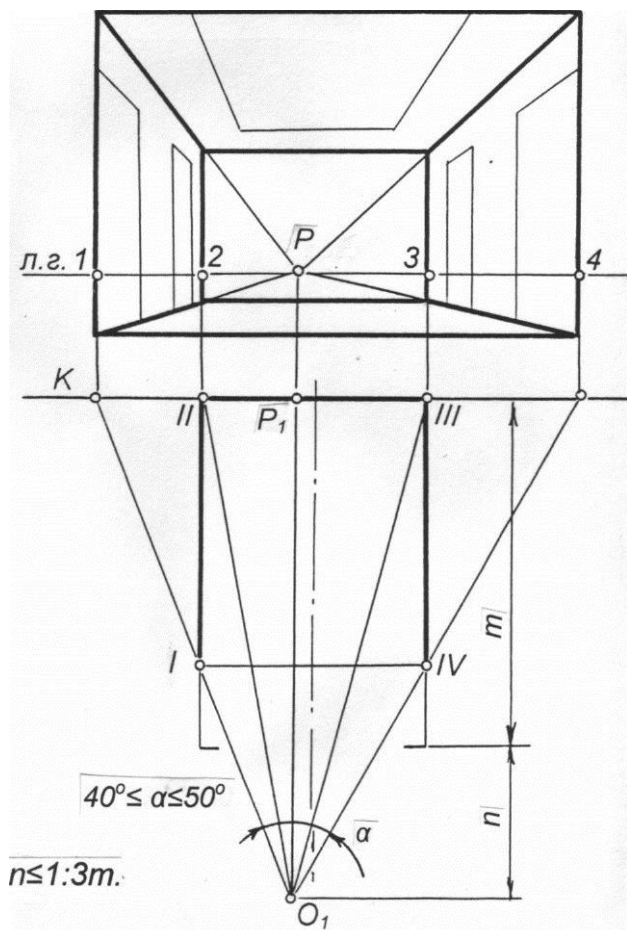


Рис. 4.52

Через одержані на лінії основи (л.о.) точки $1'_1$, $2'_1$ проведені вертикальні прямі, що дорівнюють по висоті відповідним прямим на фасаді. Одержаний прямокутник є перерізом заданої кімнати картинною площиною K і тому зображується без спотворень. Лінії перетину горизонтальних і вертикальних площин, які перпендикулярні картині, на перспективі направлені в їх точку збігу P , і обмежені за величиною променями зору, на плані картинними слідами 3_0 і 4_0 кутових ребер кімнати. Для побудови призми (стола), яка розміщена всередині приміщення, точки її основи спроекційовані на картинну площину двічі – перпендикулярно картині та в довільному горизонтальному напрямку, визначеному променем збігу $O_1 F_1$. Здобуті картинні сліди на основі картини (точки 7_3 , 8_3 та точки 5_1 , 6_1) перенесені на лінію основи

(л.о.) в перспективі, а потім сполучені відповідно з точками збігу P та F_1 напрямків прямих допоміжного проєкціювання.

Перетин отриманих прямих визначить перспективи точок. Таким чином побудована основа призми. Натуральна величина вертикальних ребер призми відміряна в картині в точці 7_3 - відрізок $7_3 A_0$, потім перенесена з допомогою прямої $A_0 P$, яка направлена в точку збігу P на перспективне зображення ребра, так визначена точка A' . Побудова решти точок перспективи ребер призми зрозуміла з рисунка.

Для побудови перспективи похилої картини на стіні будують на перспективі вторинну проєкцію її на предметній площині. Визначають картинні сліди точок похилої площини в двох раніш визначених напрямках – 9_3 , 10_1 , 11_1 , які відмічають на лінії основи перспективи. Проводять проєкції зорових променів з визначених слідів в відповідні точки збігу P та F_1 .

В картині через точку 9_3 проводять вертикальну пряму, на якій відмічають точку B_0 – натуральну величину висоти точки B в ортогональних проєкціях. В перетині променя $P B_0$ з вертикальною прямою, яка проведена з вторинної проєкції B_1 , визначають перспективу точки B – точку B' . На вертикалі в точці $2'$ відмічають відрізок висоти точки C в ортогональних проєкціях (C_0).

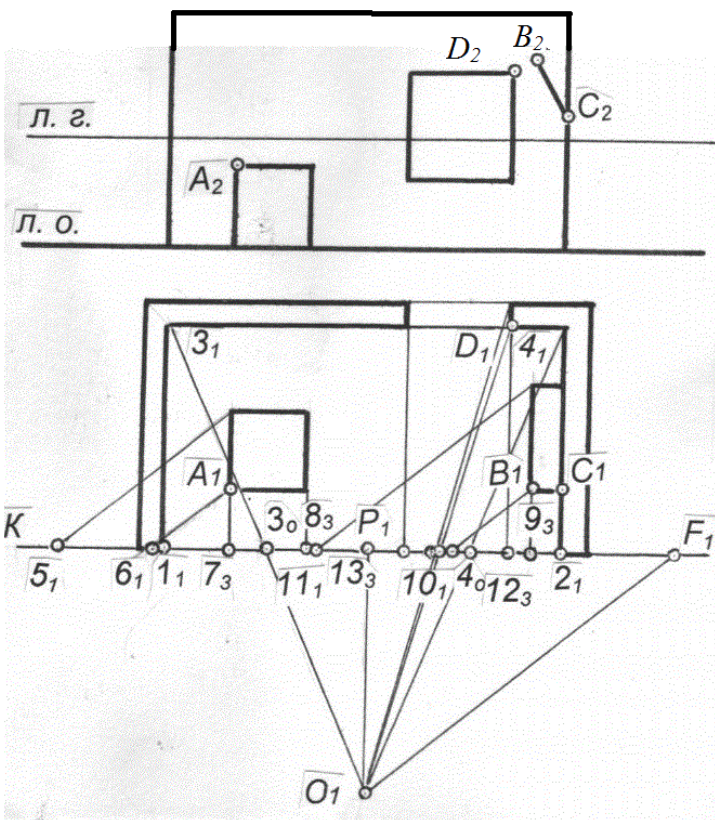
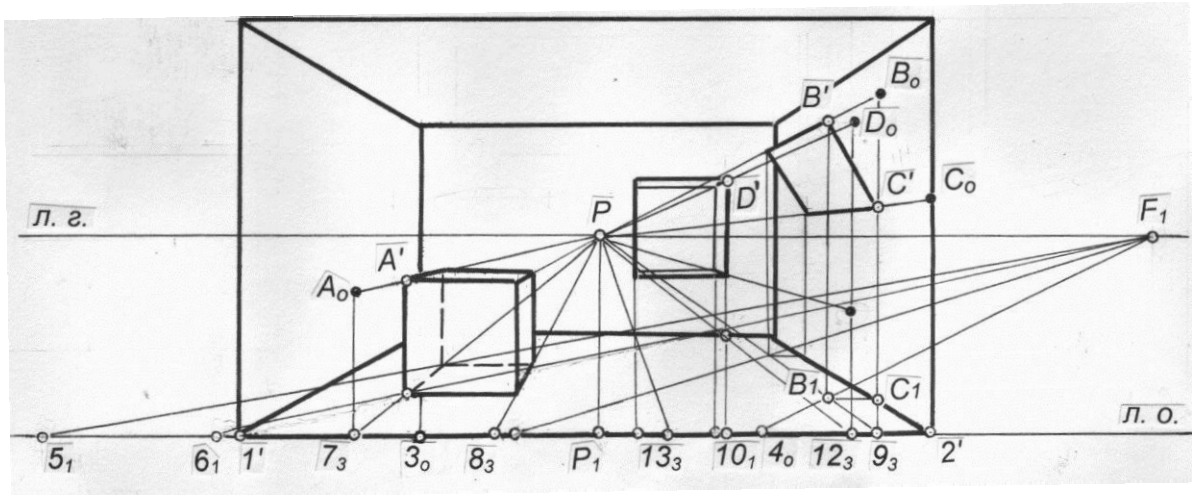


Рис. 4.53

Промінь $P C_0$ в перетині з вертикальною прямою, яка проведена з точки C_1 визначить перспективу C' . Решту точок похилої площини визначають в перетині променів $P B'$ та $P C'$ з лініями проєкціювального зв'язку, які проходять через відповідні вторинні проєкції точок. Побудова перспективної ширини віконного прорізу здійснена з використанням картинних слідів ($12_3, 13_3$) ліній ширини вікна. Перспективу висоти віконного прорізу визначено за допомогою масштабної прямої, яка проведена в картині з точки 12_3 , на якій нанесені натуральні величини

низу та верху (D_0) віконного прорізу.

Промінь $P D_0$, в перетині з лінією перспективної ширини прорізу проведеної з точки D_1 , визначить перспективу D' точки D . Побудова решти точок віконного прорізу виконується відомими способами і зрозуміла з рисунка.

На рис. 4.54 зображено побудову перспективи інтер'єра приміщення з криволінійними обрисами в плані. На заданому плані цього приміщення указаний віконний проріз і вертикальна призма. Назначена, як і раніш, точка зору, картинна площина, лінія горизонту визначена головна точка P картини.

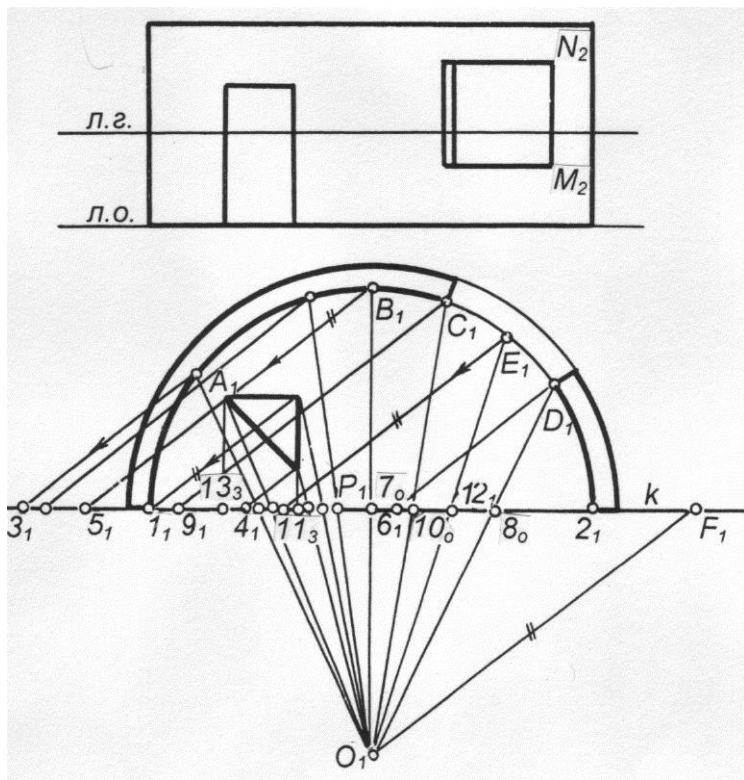
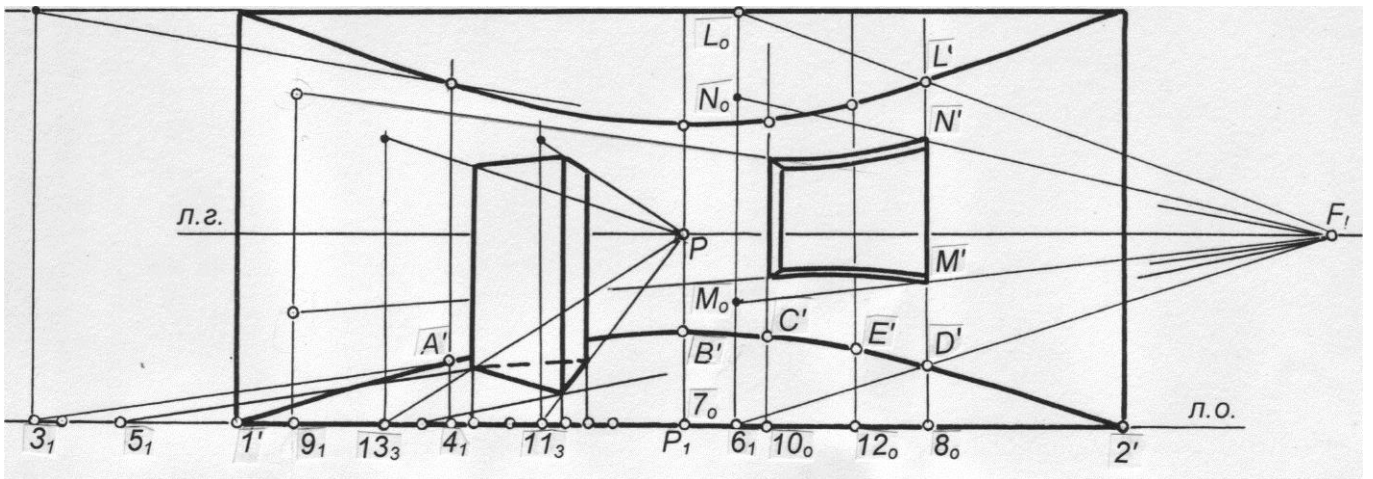


Рис. 4.54

На перспективному рисунку зображено збільшений вдвічі переріз приміщення картинною площиною, крайні точки якого позначені точками $1'$ та $2'$. Для побудови кривих перетину підлоги та стелі з циліндричною стіною на останніх, позначено декілька точок – A, B, C, D та E .

Для побудови перспективи визначених точок використані дві в'язки допоміжних променів з точками: O_1 та збігу F_1 (останню вибрано довільно, дивись рис. 4.38). Цей спосіб є раціональним при побудові перспективи кривих ліній. Вибрані точки і прямі визначені променевими площинами, які проходять через ці точки, – двічі проєкціюють на картину променями визначеними точками O_1 та F_1 .

Картинні сліди цих прямих переносять на перспективу, а вертикальні прямі (перетин променевих площин з циліндричною стіною) проведені через картинні сліди, зображують в картині натуральну величину висот. Останні використовують для побудови перспектив висот відповідних точок і прямих.

Як приклад, розглянемо побудову характерної, на наш погляд, перспективи точки D . На твірній, яка проходить через точку D , розміщені крайні точки віконного прорізу і висота приміщення.

Точка D_1 спроєкційована горизонтальними напрямку з точок O_1 та F_1 . Отримані відповідно картинні сліди 8_0 та 8_1 , а промені, які проходять через них

в зворотному проєкцію ванні, в перетині на перспективі визначають перспективу точки D . Так будують решту точок основи криволінійної лінії *стіни*.

Щоб побудувати перспективу вертикальної твірної циліндричної поверхні в точці D , через картинний слід b_1 проводять вертикальну пряму, на якій відмічають висоту приміщення – точку L_0 . Вертикальні межові точки віконного прорізу N_0 і M_0 . Зворотним проєкціонуванням висот в точку збігу F_1 , в перетині з твірною циліндричної поверхні в точці δ_0 , визначають перспективу L' висоти приміщення та перспективу M' та N' межових точок віконного прорізу. В цей спосіб визначають перспективи висот приміщення в точках A, B, C, E .

Перспективу межових точок висот лівої частини віконного прорізу визначено через допоміжну масштабну пряму в точці 9_1 .

Основу вертикальної призми будують з використанням променів, які мають точки збігу F_1 та P . Перспективу висоти ребер призми визначають через масштабні вертикальні прямі, які проходять через картинні сліди 11_3 та 13_3 . В такий спосіб побудована перспектива інтер'єра приміщення обмеженого криволінійним контуром.

На рис. 4.55 наведено кресленик фронтальної перспективи житлового приміщення, яку звільнено від ліній побудови.

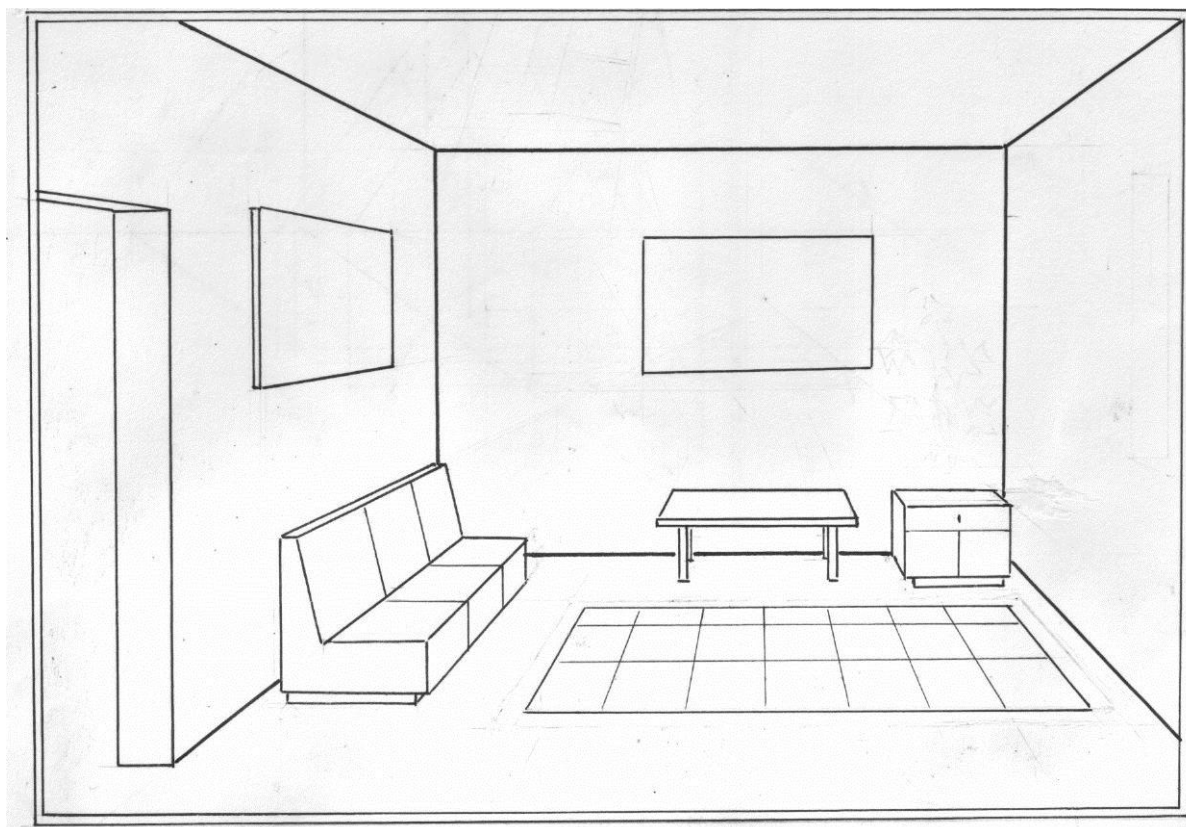


Рис. 4.55

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Яку перспективу називають фронтальною ?
2. Які бувають фронтальні перспективи ?
3. Як зображуються кола у фронтальній перспективі ?
4. Як визначається точка зору у фронтальній перспективі ?

Література:

[9] – с.283-287

Умова завдання 32

Побудувати заданий варіант ортогональної проекції інтер'єру. Позначити картину, точку зору, проекцію головного променя та побудувати перспективу інтер'єру.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Приклад виконання завдання наведено на двох рисунках: рис. 4.56 (ортогональна проекція приміщення) та рис. 4.57 (фронтальна перспектива інтер'єру).

Методичні настанови по виконанню завдання 32

Як було вказано вище, фронтальною перспективою називають перспективу, у якій картина паралельна одній з площин об'єкта.

При побудові фронтальної перспективи використовують одну точку збігу – головну точку картини P .

Використовують усі правила побудови перспективи різних елементів: властивість прямих, які паралельні або перпендикулярні до картини, спосіб сітки, пропорційний розподіл відрізів тощо.

Задані (див рис. 4.56): фронтальна і горизонтальна проекції прямокутного приміщення, в якому на підлозі розташовані килим, різні призматичні предмети, на фронтальній стіні вікна, у вигляді арок, зверху плафон, на стінах картини.

Вибрана точка зору O_1 та картинна площина K , яка паралельна фронтальній стіні. На перспективі відносно $л. о.$ картини зазначена $л. .z.$, на якій зафіксована головна точка картини P .

Для більшої виразності перспективи всі розміри заданих проекцій, які переносять на перспективу, будуть збільшуватися.

По різні боки від проекції головної точки P_1 відкладені взяті з плану та збільшені вдвічі відрізки 1_1P_1 та 4_1P_1 .

Через одержані на лінії основи точки $1'$ та $4'$ проведені вертикаль-ні прямі, що дорівнюють по висоті відповідним прямим на фасаді. Одержаний прямокутник є перерізом заданої кімнати картинною площиною K і тому зображається без спотворення.

Лінії перетину горизонтальних і вертикальних площин перпендикулярних картині (підлога, стеля, бокові стіни) на перспективі направлені в їх точку збігу P і обмежені за величиною променями зору – на плані променем 2_0O_1 .

Будуємо розташовану на підлозі призму. Бічні сторони його перпендикулярні до площини картини, тому сліди, визначені слідами 5_p і 6_p . Ще дві лінії направлені з точок 7 і 8 паралельно до променя збігу O_1D_1 , який визначає точки збігу прямих, розташованих під кутом 45° до картини: точки 5_1 та 7_1 .

Побудовані картинні сліди на основі картини (точки 5_p , 6_p і точки 5_1 , 7_1) перенесені на лінію основи (л. о.) перспективи. Точки 5_p і 6_p сполучені з точкою збігу P . З точок 5_1 і 7_1 проведені лінії в точку збігу D_1 . Перетин отриманих прямих визначить перспективи точок $5'$ і $7'$. Горизонтальні лінії з побудованих точок визначають відповідно точки $6'$ і $8'$.

Для побудови висоти призми в точці 5_p будуємо перпендикуляр, на якому відкладаємо висоту призми h_1 . З побудованої точки A проводимо промінь у центр картини P . Перетин перпендикуляра з точок $5'$ та $8'$ визначить перспективи точок $5''$ та $8''$. Побудова перспектив точок $6''$ і $7''$ зрозуміла з прикладу. Перспективу інших призм будують аналогічно.

При побудові фонтана використовуємо квадрат, описаний нав-коло нього. Точки переносимо на перспективу. Висоту фонтана будуємо аналогічно висоті призми, яка розташована на підлозі.

Для побудови вікна на боковій стіні використовуємо пропорційний поділ відрізка. Розглянемо це на прикладі правої стіни. На горизонтальній лінії від точки $4''$ відкладаємо точки $8, 9, 10, 11, 12, 13, 3$, що відповідають точкам $8_1, 9_1, 10_1, 11_1, 12_1, 13_1, 3_1$ на ортогональній проєкції. З точки 3 через точку 3_1 проводимо промінь до перетину з лінією горизонту (л. г.) Визначену точку F_1 сполучаємо з точками $8, 9, 10, 11, 12, 13$, таким чином виконуємо пропорційний поділ по довжині.

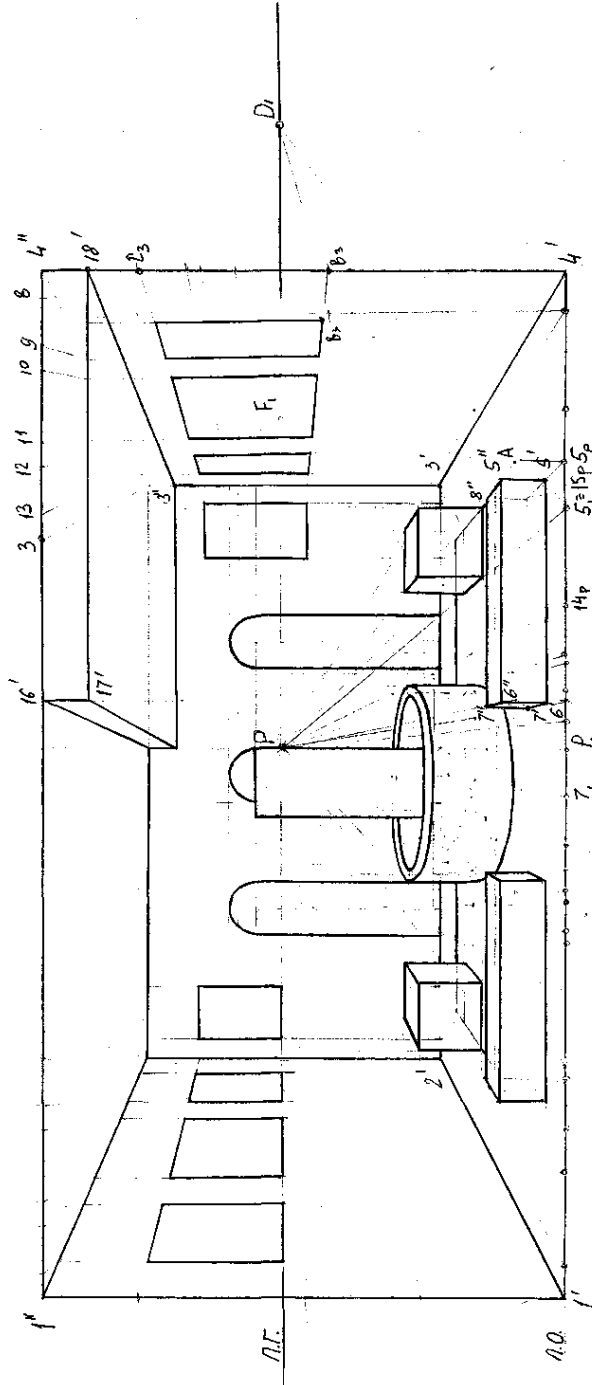
На лінії $4'4''$ відкладаємо дві висоти h_3 та h_7 , що визначають точки B_3 та C_3 . З побудованих точок B_3 та C_3 проводять промені в точку збігу P . Перетин з вертикальними лініями, які поділяють бокову стіну по довжині, визначить перспективу вікон.

Для побудови вікон у фронтальній стіні проводимо промені перпендикулярно до картини (наприклад, промінь з точки 14_1 визначає слід 14_p). Перетин променя зі слідів 14_p та 15_p на перспективі з лінією $2'3'$ визначить лінію вертикального зв'язку. Перетин з цими лініями ліній горизонтального зв'язку, які були отримані при перетині лінії $3'3''$ з лініями, направленими в центр картини P з точок на лінії $4'4''$. Ці точки визначають висоту вікон.

Для побудови призми (плафона), яка розташована на стелі, точки її основи проєкціюють перпендикулярно на площину картини. Здобуті картинні сліди на основі картини (точки $16, 17, 18, 19$) перенесені на лінії $1''4''$ та $4'4''$ перспективи, а потім точки $16', 17'$ і $18'$ сполучені з точкою збігу P .

Завдання 5. Побудова фронтальної перспективи інтер'єру

M 2:1

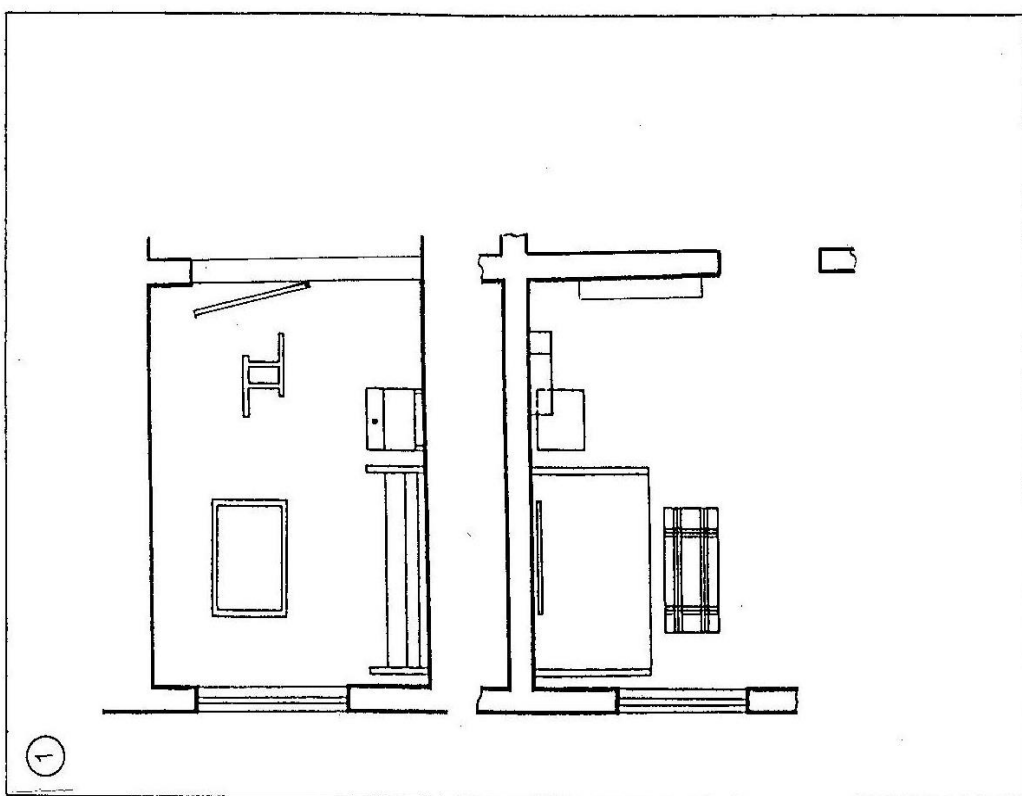
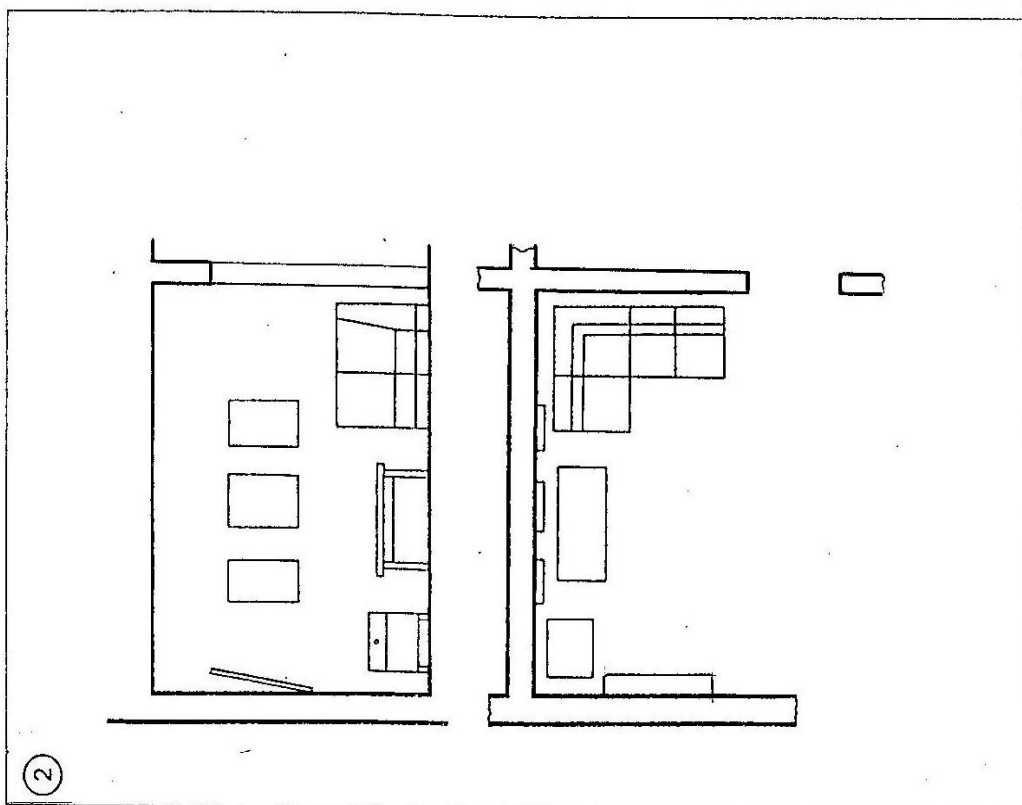


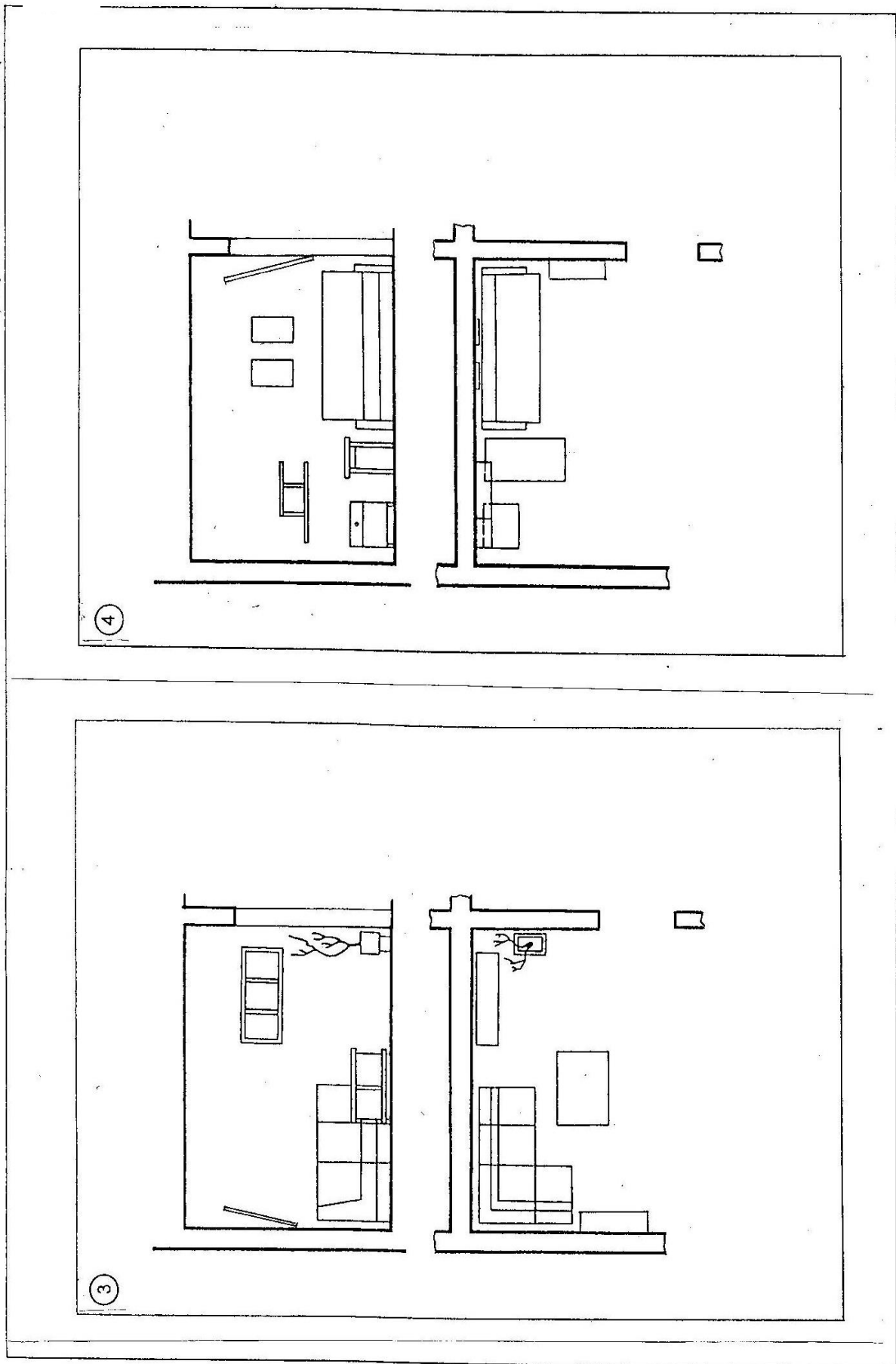
БАТ-1-09
СОХНО А.Н.

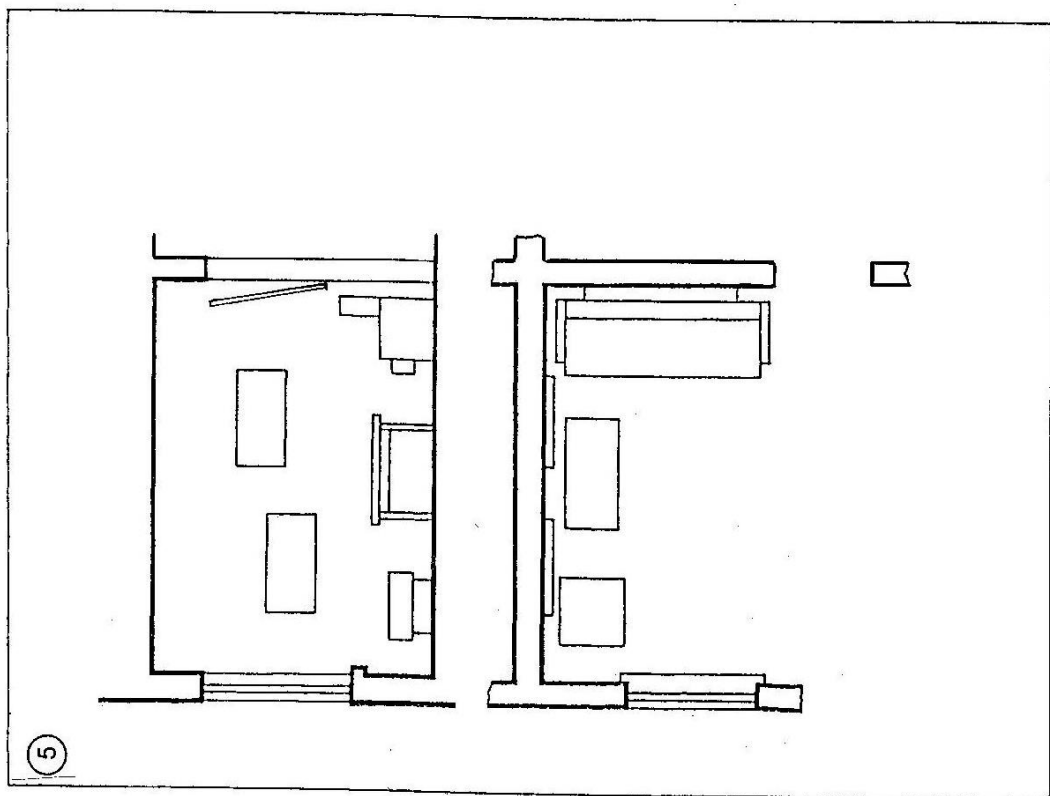
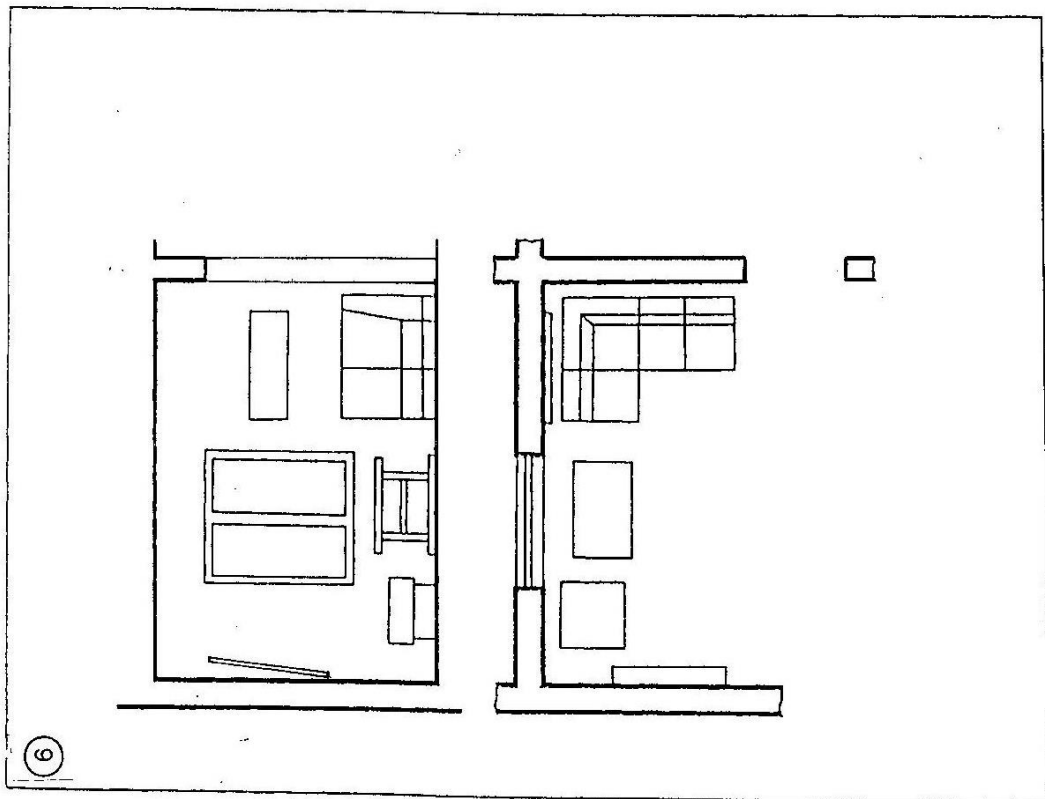
Рис. 4.57. Приклад виконання завдання 32
Фронтальна перспектива інтер'єру

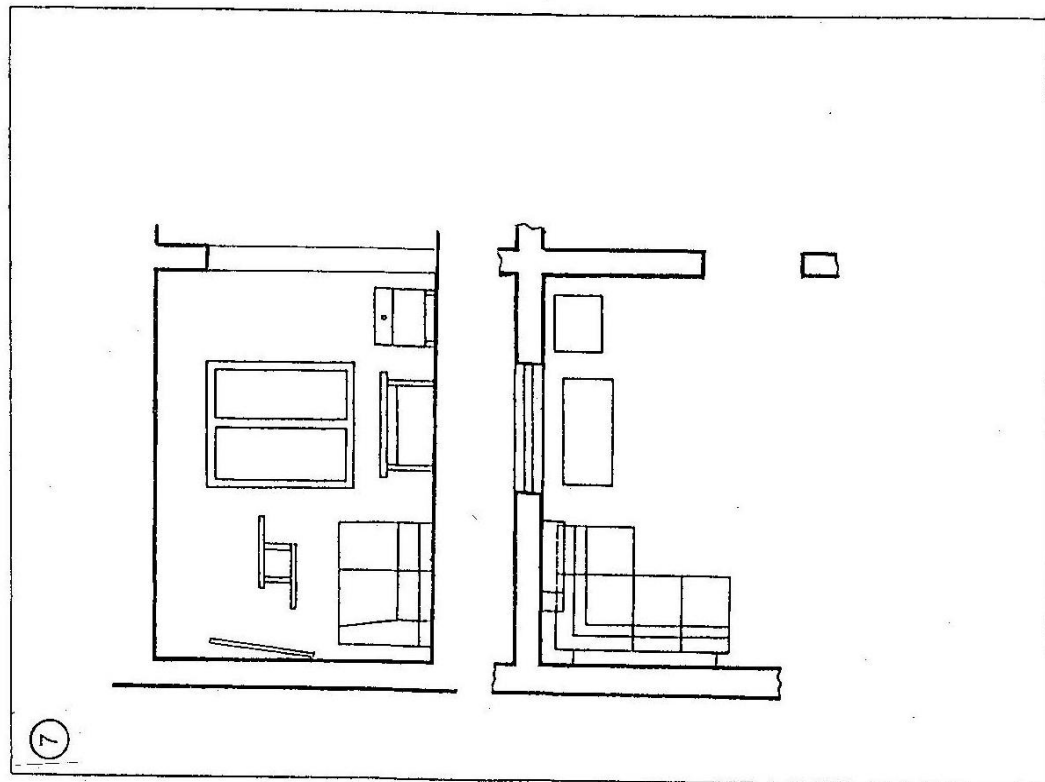
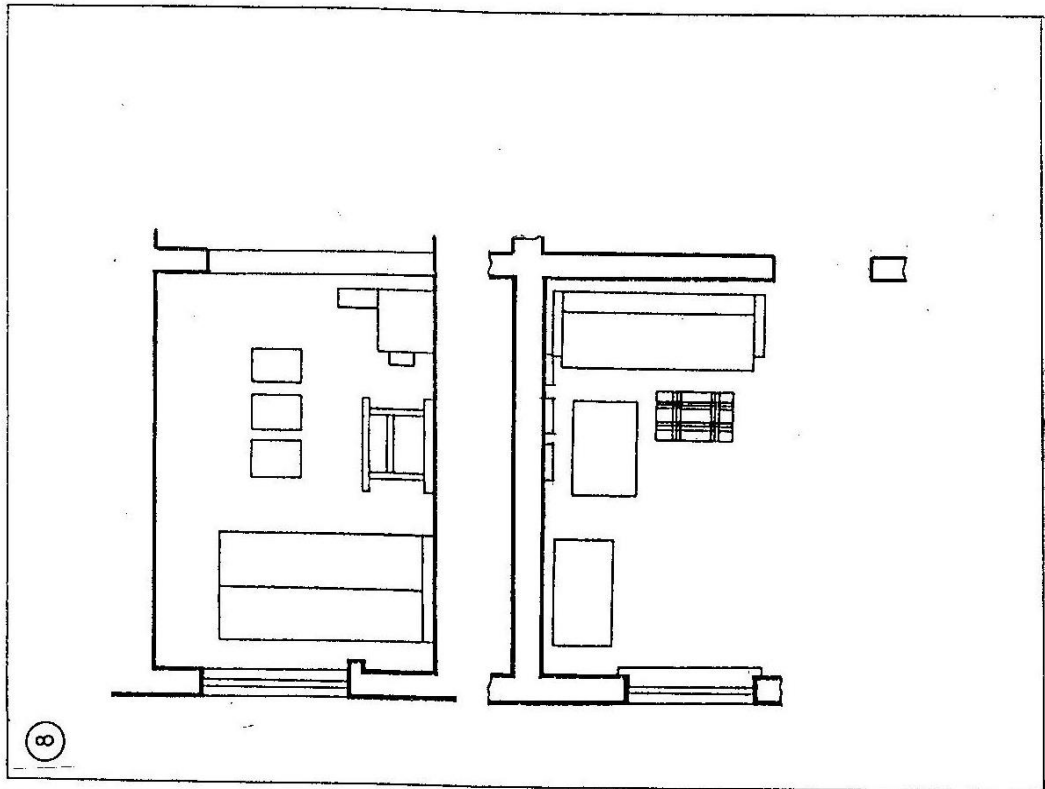
Варіанти до завдання 32

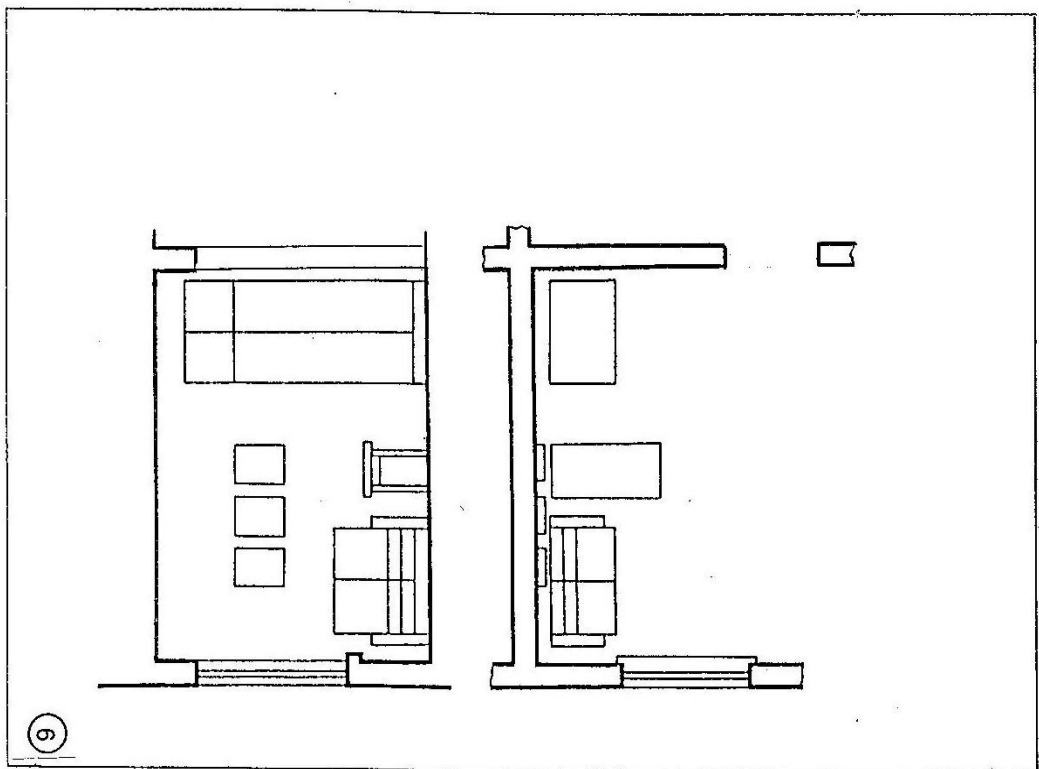
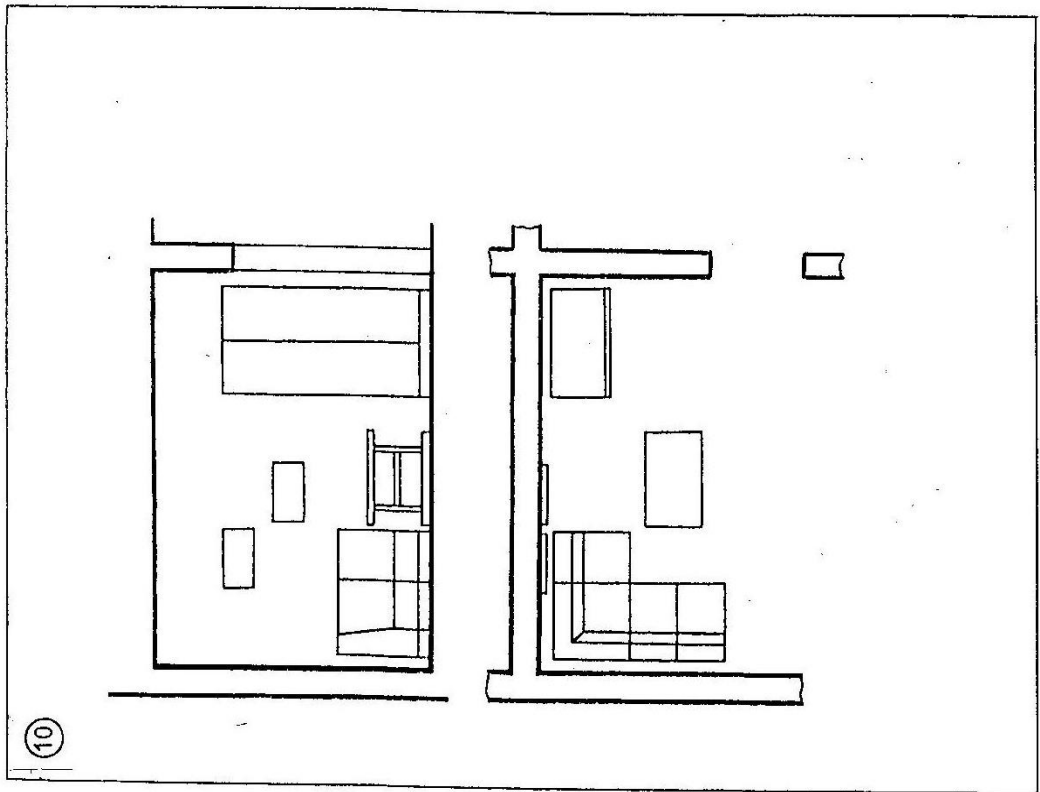
Таблиця 4.3. Варіанти до завдань 32 та 34

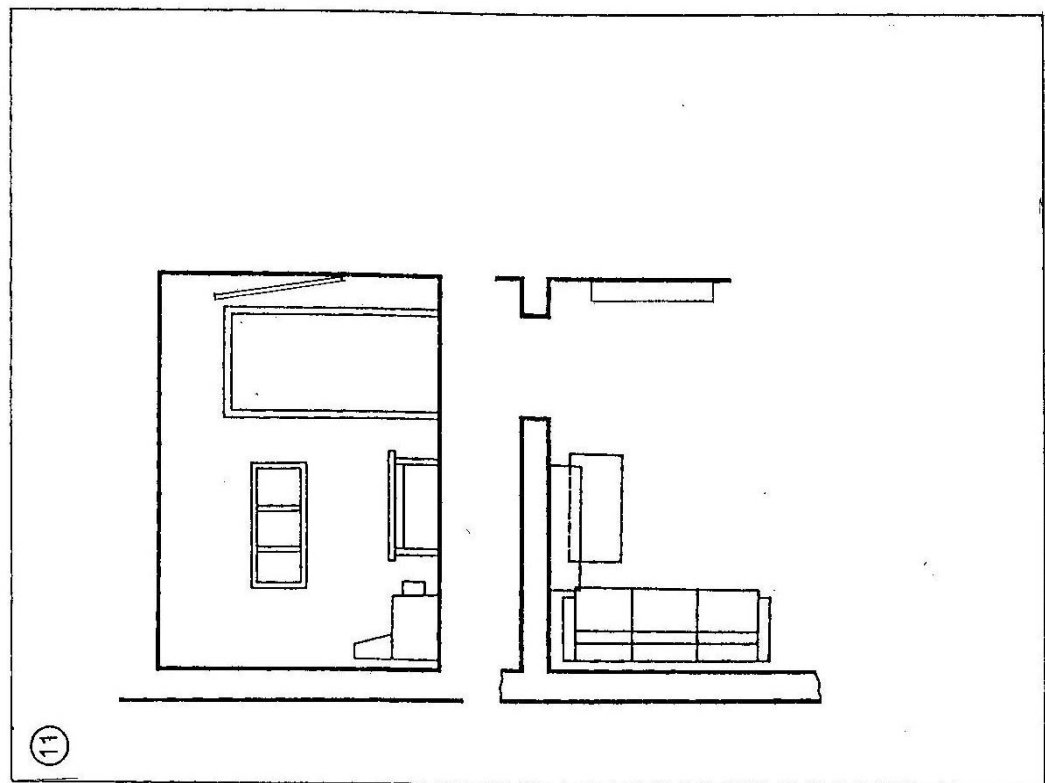
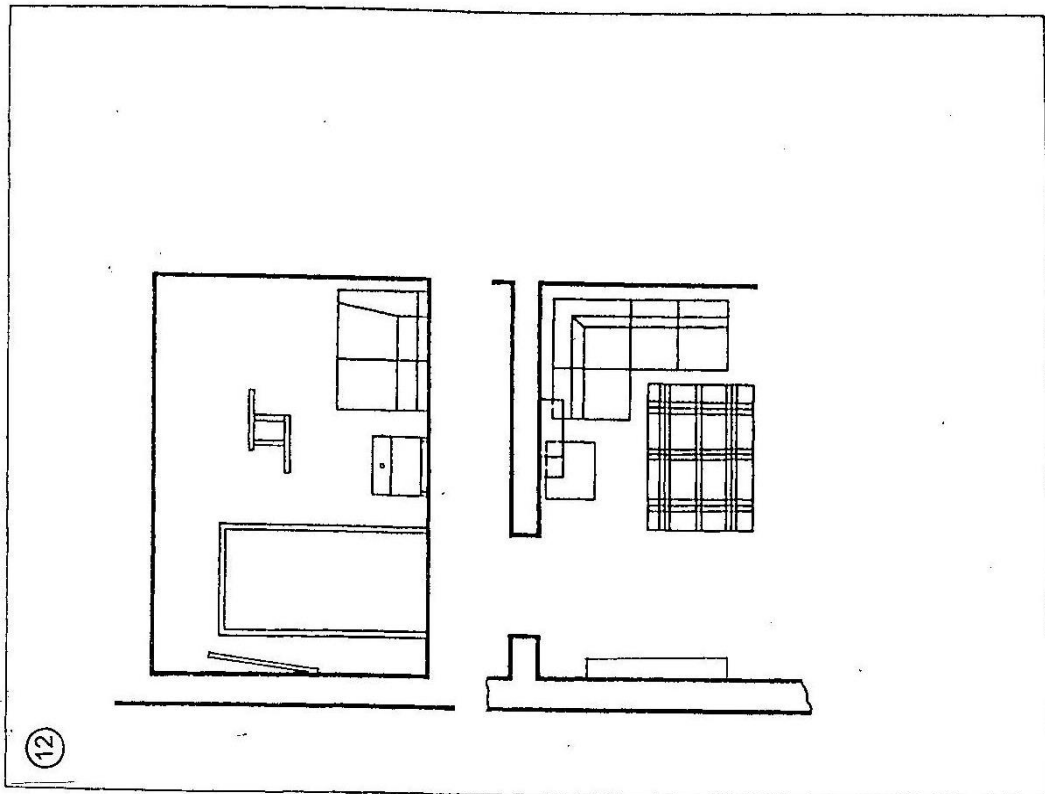


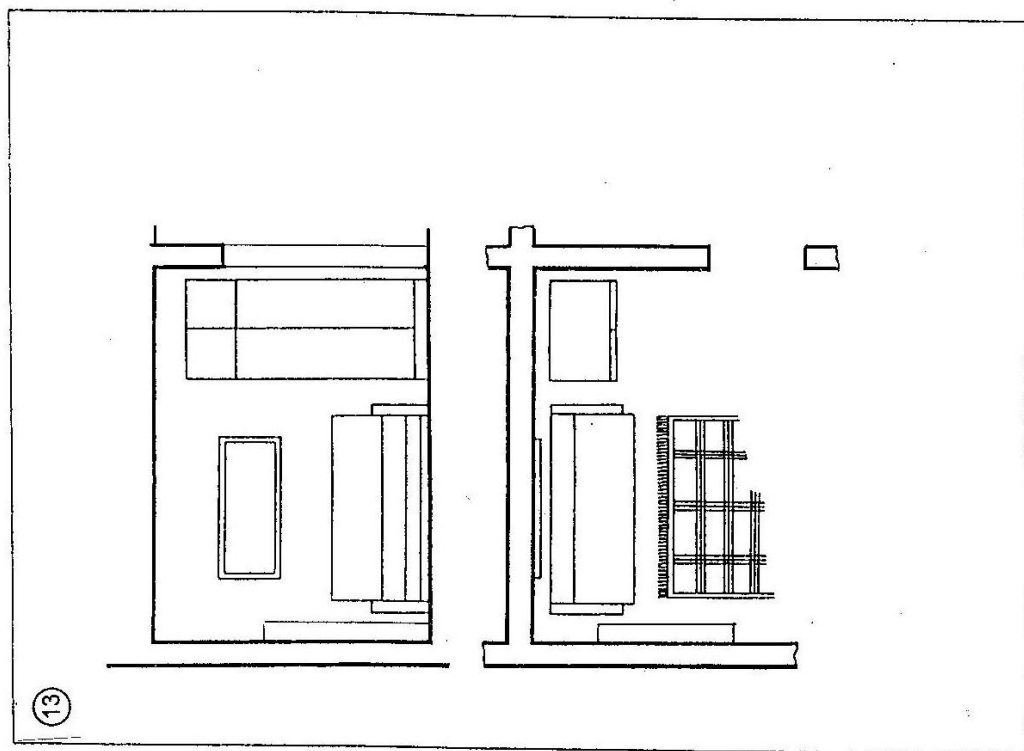
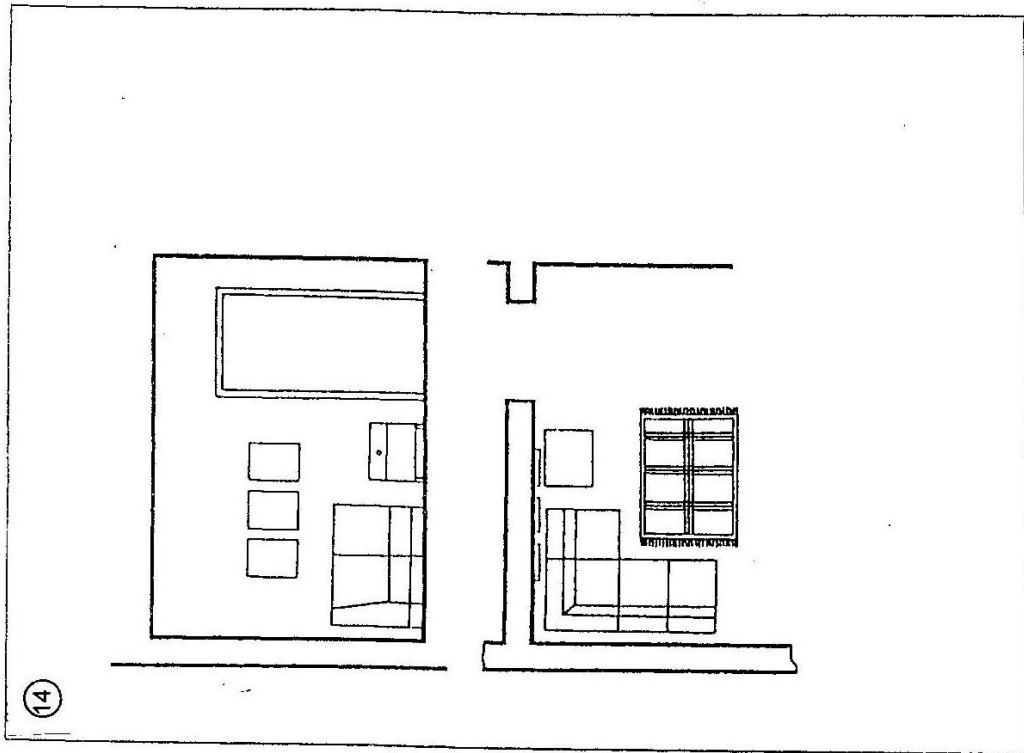


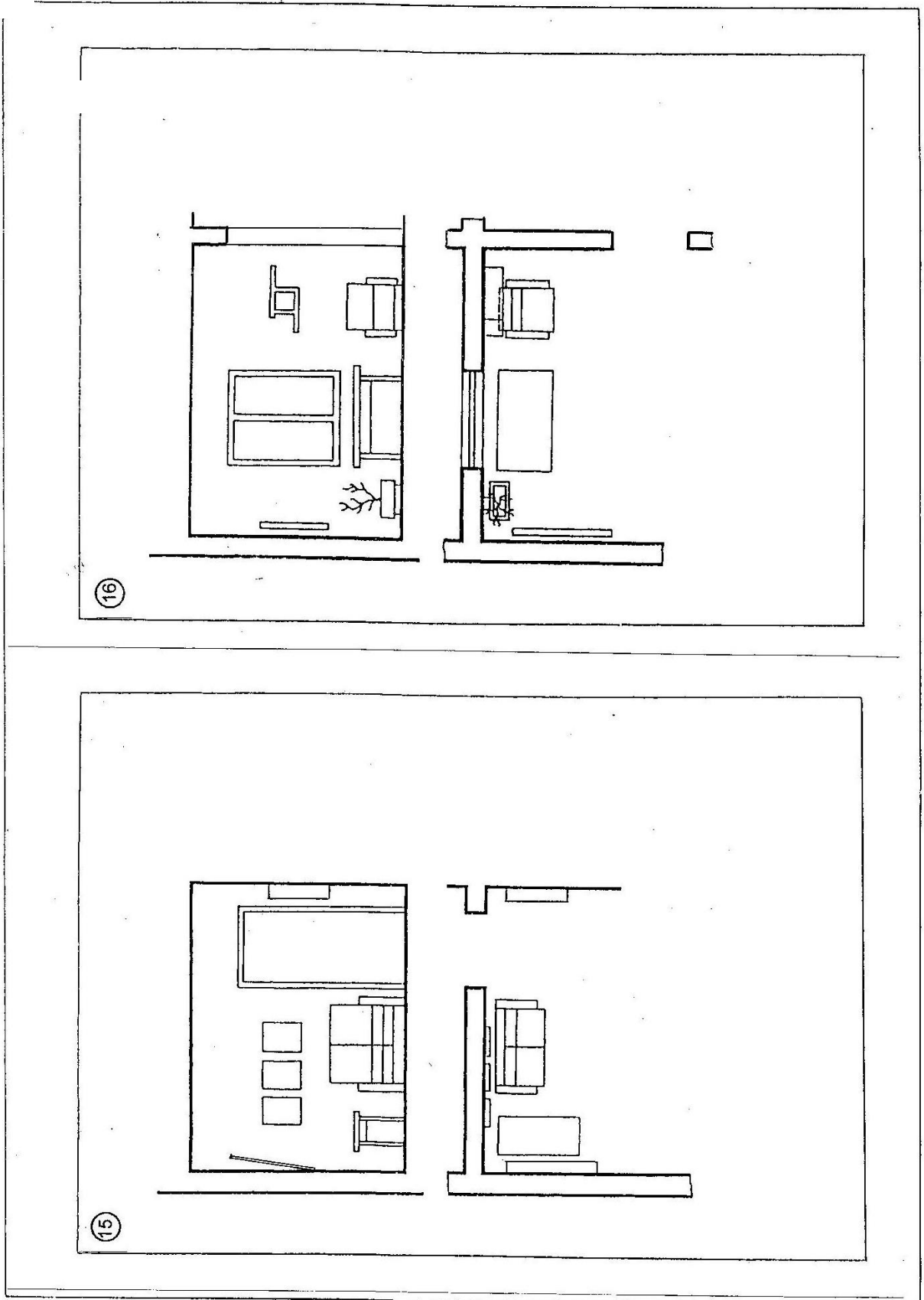












Завдання 33. Побудова тіні від геометричної фігури на складну поверхню

Загальні положення по темі завдання 33

Побудова тіней у перспективі

Правильно побудована перспектива добре передає простір і форму та дуже наочна. Ці якості ще сильніше виявляються після побудови тіней.

Тіні в перспективі будують здебільшого при паралельних променях світла, тобто при освітленні сонячними променями, які практично паралельні.

Об'єкт, перспектива якого побудована, може бути освітленим штучним джерелом, яке застосовується переважно в інтер'єрах. При цьому промені, що освітлюють об'єкт, перетинаються в одній точці. В цьому випадку промені не паралельні.

Побудова тіні при сонячному освітленні

Якщо джерело світла (сонце) віддалене на нескінченно велику відстань, то в перспективі воно визначається точкою збігу S та її прямокутною проекцією S_1 на горизонтальну площину проєкцій, яка має лінію збігу – лінію горизонту.

Точка збігу S_1 горизонтальних проєкцій променів світла лежить на лінії горизонту, як безмежно віддалена точка.

Точка S , точка збігу перспектив променів світла, знаходиться на одній вертикалі з точкою S_1 . Кожний промінь світла і його горизонтальна проєкція розміщуються у вертикальній світловій площині. (див рис. 4.57 - 4.61),

Тобто перспективи променів світла будуть завжди мати свою точку збігу за винятком того випадку, коли вони паралельні картині (рис. 4.62, 4.63, 4.67).

Відносно глядача джерело світла може бути розміщене по різному. Розглядають три основних положення сонця, а відповідно з цим можливі три основні напрями променів сонця:

1. *Джерело світла розміщене перед глядачем.* В цьому випадку точка збігу променів сонця S знаходиться над лінією горизонту в довільно вибраному або наперед заданому місці, а її проєкція S_1 – на лінії горизонту. Падаюча від предмета тінь направлена на глядача, а сам предмет звернений до нього тіньюватою стороною (див. рис. 4.58, 4.59, 4.66).

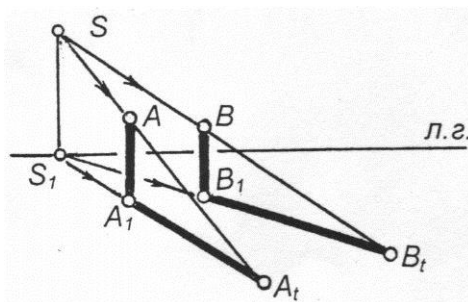


Рис. 4.58

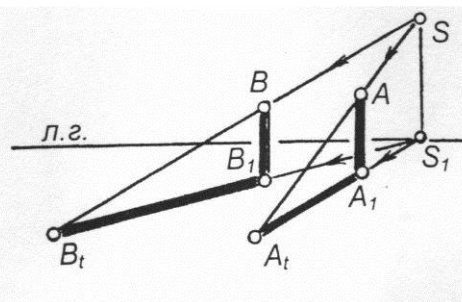


Рис. 4.59

2. Джерело світла розміщене за глядачем. В цьому випадку точка збігу променів сонця S знаходиться під лінією горизонту, в довільно вибраному або наперед заданому місці, а її проекція S_1 – на лінії горизонту. Падаюча від предмета тінь направлена від глядача, а сам предмет звернений до нього освітленою стороною (рис. 4.60, 4.61, 4.63).

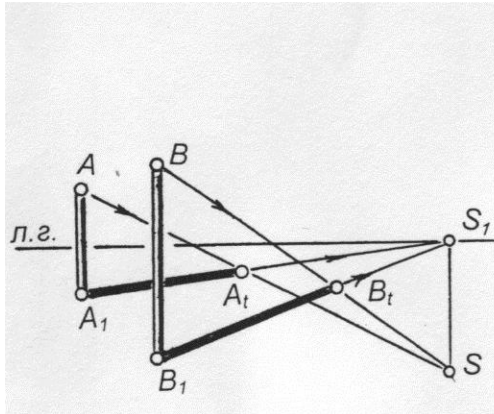


Рис. 4.60

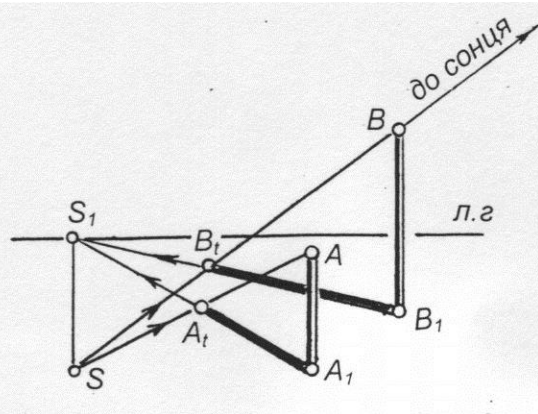


Рис. 4.61

3. Джерело світла розміщене збоку від глядача (ліворуч або праворуч). Глядач і джерело світла розміщені в площині паралельній до картини. В цьому випадку промені сонця паралельні площині картини і нахилені до предметної площини під довільним або заданим кутом, тобто вони фронтальні прямі. За законами перспективи вони не мають точок збігу і залишаються паралельними між собою, а їх проекції на предметну площину паралельні до основи картини (рис. 4.62, 4.63, 4.67).

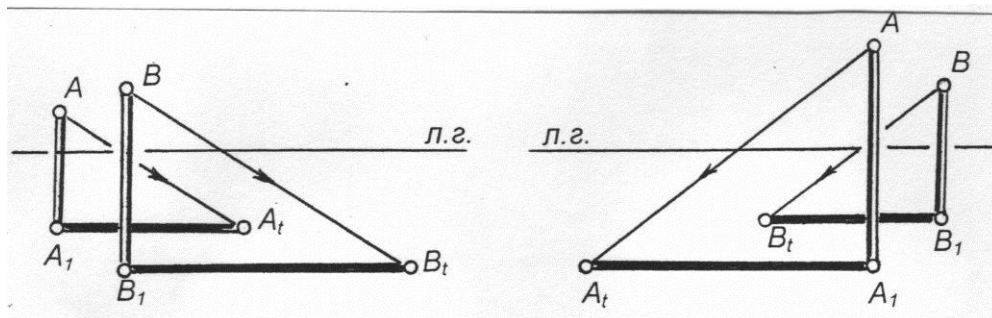


Рис. 4.62

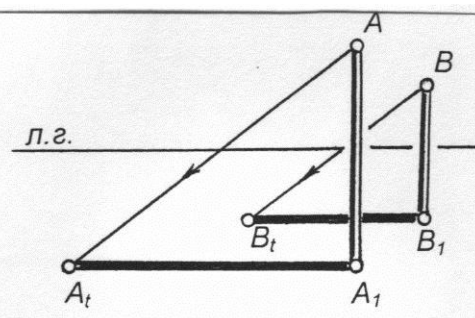


Рис. 4.63

Побудову тіні починають з вибору напрямку променів світла. Тінню від точки на площину є точка перетину світлового променя, що проходить через цю точку, з заданою площиною. На рис. 4.58 наведено побудову тіні точки на предметну площину за умовою, що джерело світла знаходиться спереду глядача з лівого боку. Для побудову тіні від вертикального відрізка AA_1 , BB_1 призначають точку збігу S світлових променів, та будують точку S_1 – точку збігу прямокутних проекцій світлових променів на будь яку горизонтальну площину. При цьому точка S_1 знаходиться на лінії горизонту, а лінія SS_1 – це лінія збігу вертикальних світлових площин. Для побудову тіні від точок A та B з

точки S проводяться промені світла через ці точки, потім проекції світлових променів через точки S_1, A_1, B_1 . Перетин прямих SA та S_1A_1 , SB та S_1B_1 буде шуканою точкою тіні – A_t . Якщо розглядати AA_1 як відрізок прямої, то лінія A_1A_t буде тінню від нього на предметну площину. На рис. 4.58 розглянуто побудову тіні за умовою, що джерело світла знаходиться перед глядачем ліворуч, на рис. 4.59 перед глядачем праворуч.

На рис. 4.61 наведено побудову тіні від точки A та B на предметну площину за умови, що сонце розміщене за глядачем та праворуч. Через те, що джерело світла розміщене в уявному просторі, то точка збігу світлових променів (точка S) має розміщуватись нижче лінії горизонту, а точка S_1 , як і в попередньому випадку, на лінії горизонту. Побудова тіні A_t та B_t від точок A та B зрозуміла з рисунка.

На рис. 4.62, 4.63 виконано побудову тіні точки A та B в тому випадку, коли промені світла паралельні картині. Для побудови тіні досить задати нахил променів до предметної площини. Через те, що точки збігу в цьому випадку віддалені у нескінченність, горизонтальні проекції променів світла мають зображуватись на картині лініями, паралельними лінії основи (або лінії горизонту), а напрям безпосередньо променів світла буде визначатись кутом їх нахилу. На рис. 4.62 джерело світла розміщене ліворуч глядача, на рис. 4.63 праворуч.

З рис. 4.58-4.61 зрозуміло, що тінь від вертикальної прямої завжди направлена в точку S_1 , *тобто тінь від відрізка прямої на перпендикулярну до неї площину співпадає з проекцією світлових променів на ту ж площину.*

На рис. 4.64-4.68 зображено побудову падаючих та власних тіней вертикальної призми за різних положень сонця відносно глядача та об'єкта.

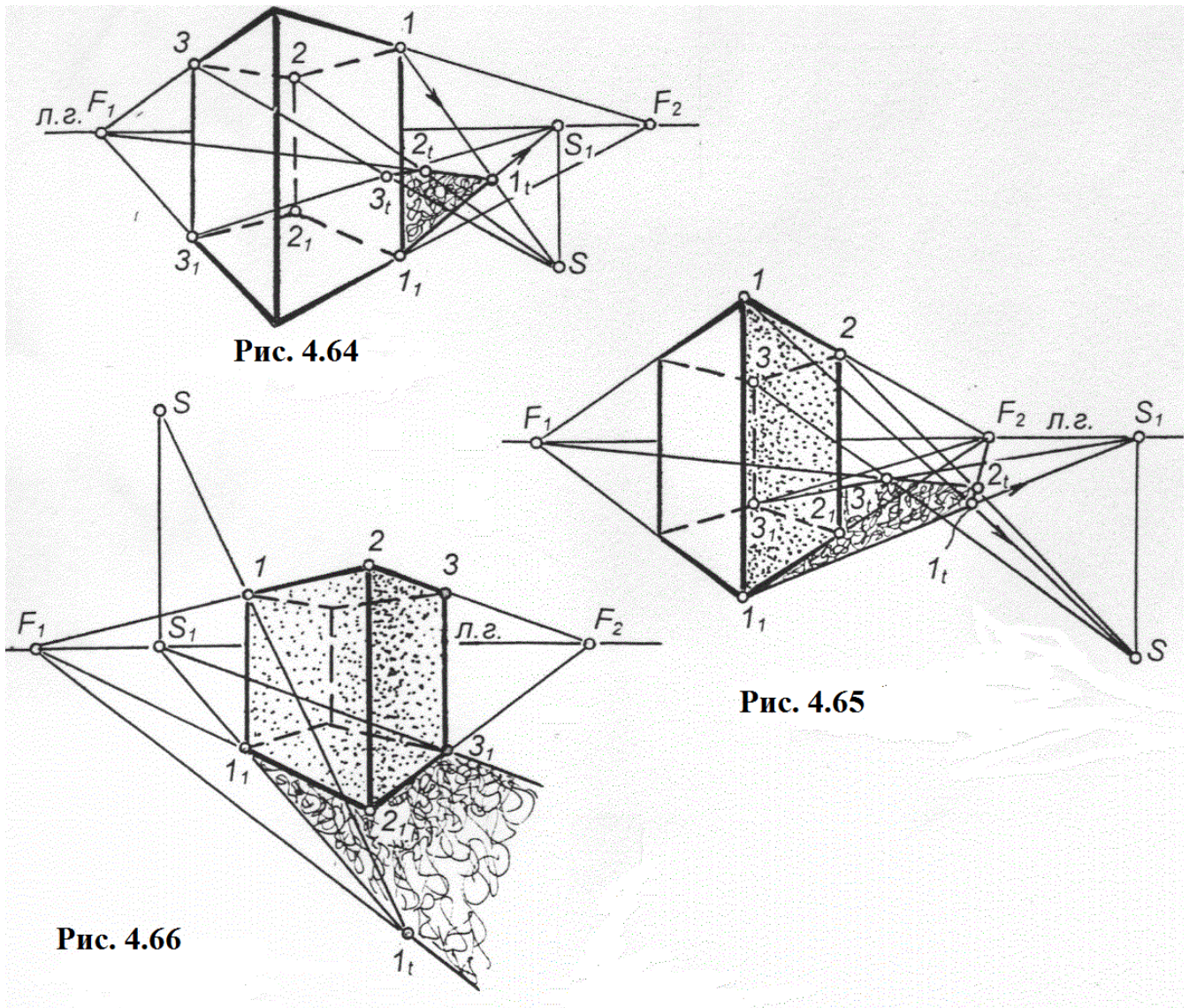


Рис. 4.64

Рис. 4.65

Рис. 4.66

Якщо потрібно, щоб були освітлені обидві видимі грані призми (сонце за глядачем), тоді точку збігу світлових променів потрібно назначати між лініями збігу (точками сходу F_1, F_2) цих граней та нижче лінії горизонту (рис. 4.64)

Щоб мати не дуже довгі тіні, точка S має бути розміщена досить далеко від лінії горизонту, через те, що відстань SS_1 пропорційна висоті знаходження сонця. Задачі на побудову тіні можна вирішувати з певними попередніми умовами, виходячи з необхідної величини чи напрямку тіні тощо. Можна задати падаючу тінь від будь-якої точки споруди чи відрізка на предметній площині, або на поверхні, а потім визначити положення джерела світла (сонця) в перспективі. Припустимо, що на рис. 4.61 ми бажаємо мати тінь від точки A в точці A_t на землі (площині). Продовживши пряму A, A_t до лінії горизонту, здобудемо точку S_1 – точку збігу горизонтальних проєкцій променів світла. Точкою збігу променів світла S буде точка перетину лінії AA_t з перпендикуляром до лінії горизонту проведеним через точку S_1 .

Розглянуті положення дають можливість виконувати побудову падаючих тіней від вертикальних та похилих прямих на вертикальні та похилі площини.

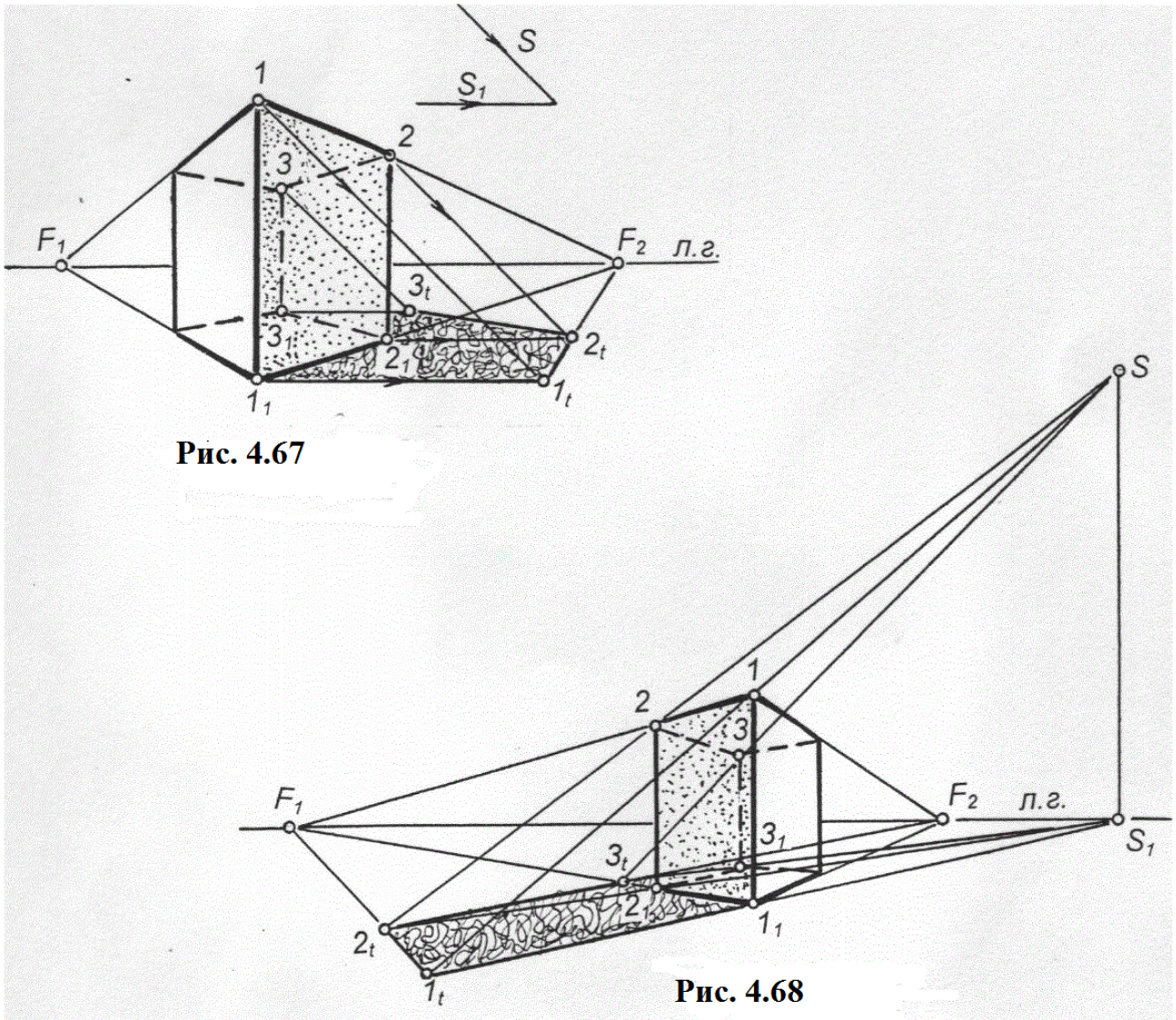


Рис. 4.67

Рис. 4.68

Падаючі тіні від прямої на площини

На рис. 4.69 побудована тінь, що падає від вертикальної прямої AA_1 та похилої прямої BA_1 на предметну площину та вертикальну площину.

Спочатку визначають тінь від вертикальної прямої AA_1 на предметну площину. Тінь від прямої направлена в точку S_1 та обмежується світловим променем AS , який проходить через точку A . В перетині ліній A_1S_1 та AS має місце тінь A' від точки A на предметну площину.

Вертикальна світлова площина, яка проходить через пряму AA_1 перетинає площину P по вертикальній лінії 35 , на якій, в перетині з променем AS , розміщена точка A_t . Таким чином, тінь від вертикальної прямої AA_1 на вертикальну площину P буде ламана лінія A_13A_t . Щоб побудувати тінь від похилої прямої BA_1 на предметну площину досить знайти тінь від точки B на предметну площину. Для цього необхідно мати вторинну проекцію точки B на предметній площині точку B_1 . Точка перетину світлового променя B_1S_1 з променем BS – точка B'_b , буде тінню від точки B на предметну площину.

Побудови на рис 4.71 аналогічні побудовам тіні від похилої прямої BA рис. 4.69.

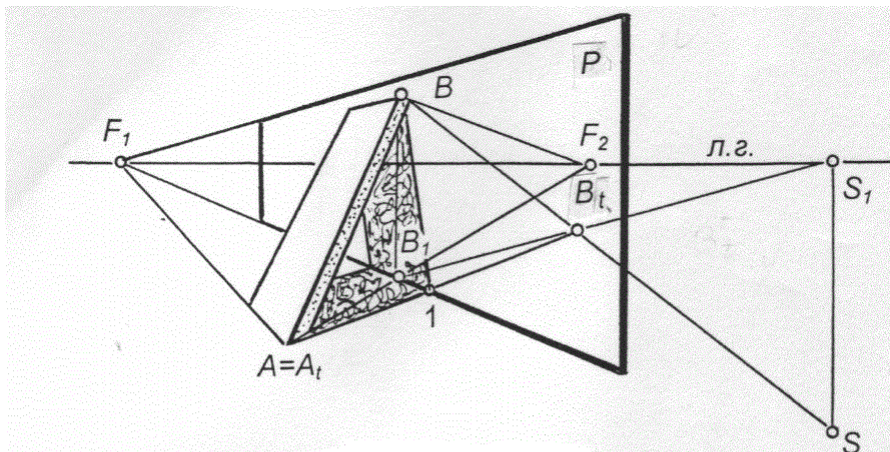


Рис. 4.71

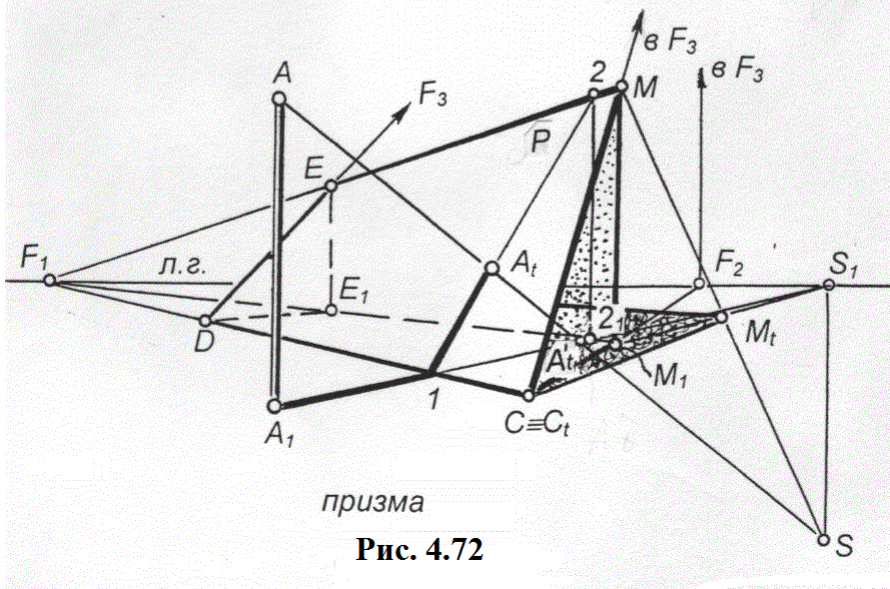


Рис. 4.72

На рис. 4.72 побудована також власна та падаюча тінь призми на предметну площину.

Тіні від багатогранників

Розглянемо побудову падаючої тіні на вертикальну площину P від прямокутного горизонтального виступу (балкона). Через точку B та її вторинну проекцію B_1 (див. рис. 4.63), проводять променеву площину, яка на предметній площині буде мати слід визначений лінією B_1S_1 . Її слід на площині P визначає вертикальна пряма проведена з точки I . Тінь від точки B буде визначена на перетині світлового променя BS з слідом променевої площини на вертикальній площині P (точка B_t). Тінь від точки A будують аналогічно побудові тіні точки B .

На рис. 4.72 побудована тінь від вертикальної прямої AA_1 на предметну площину та похилу площину $P - DEMC$. На предметну площину тінь від прямої AA_1 будується аналогічно тому, як це показано на рис. 4.69.

Для побудови падаючої тіні від прямої AA_1 на похилу площину, через неї проведена світлова площина, яка перетинає площину P по лінії $I2$. На цій лінії в перетині з променем AS знаходиться точка A_t . Таким чином тінь вертикальної прямої AA_1 матиме вид ламаної лінії A_1IA_t .

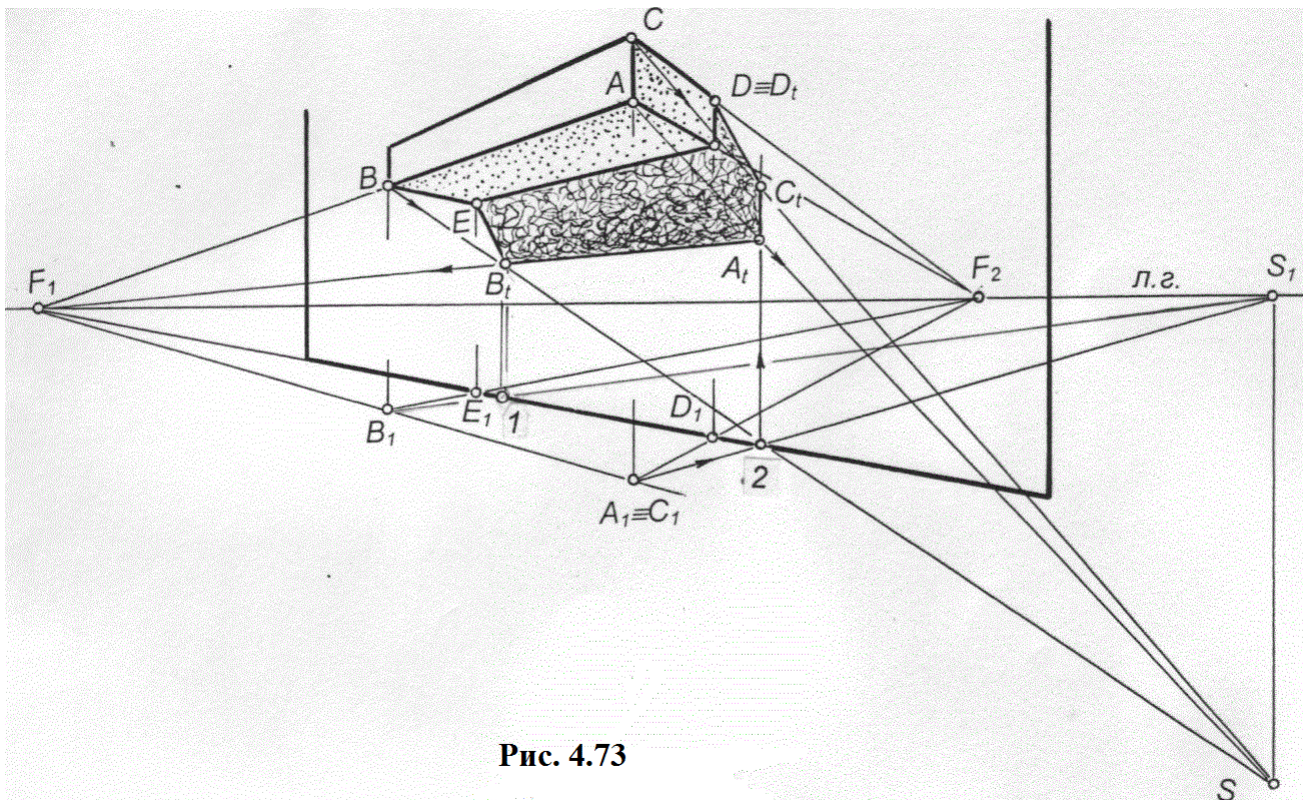


Рис. 4.73

Тінь B_t, A_t від ребра на стіну буде мати з ребром AB спільну точку збігу F_1 , так як в ортогональних проекціях тінь від відрізка паралельного до площини паралельна самому відрізку. Звідси тінь точки A буде на перетині світлового променя SA та лінії F_1B_t .

Тінь від вертикального ребра AC буде в перетині світлового променя, проведеного з точки C з вертикальною прямою яка проведена з точки A_t (див. рис. 4.69). Сполучивши точки B_t з E та C_t з D , отримаємо тінь від просторової ламаної лінії $EBACD$.

На рис. 4.64 розглянута побудова тіні від горизонтальної грані плити на предметну площину. Джерело світла вибрано так, що видимі грані плити будуть освітленими і тінь на предметну площину буде падати від просторової ламаної лінії 1234561 .

Тіні від точок ламаної лінії на предметну площину будуються з використанням вторинних проекцій точок, як це розглянуто на рис. 24.3, 24.7, 4.63. Тінь від точки 1 на предметну площину знайдено в точці перетину світлового променя проведеного через точку 7 в точку S та проекції світлового променя $1_t S_1$. Тіні від ребер 16 та 12 будуть мати ту саму точку збігу, що і ребра, відповідно F_1 та F_2 . Тінь від точки 2 буде знаходитись на перетині світлового променя, проведеного через точку 2 та лінії $1_t F_2$. Так само будується тінь від точки 6 . Тіні від вертикальних ребер 23 та 65 будуть знаходитись на прямих $2_t S_1$ та $6_t S_1$, а тіні від точок 3 та 5 – на перетині вказаних прямих зі світловими променями, проведеними через точки 3 та 5 в точку S .

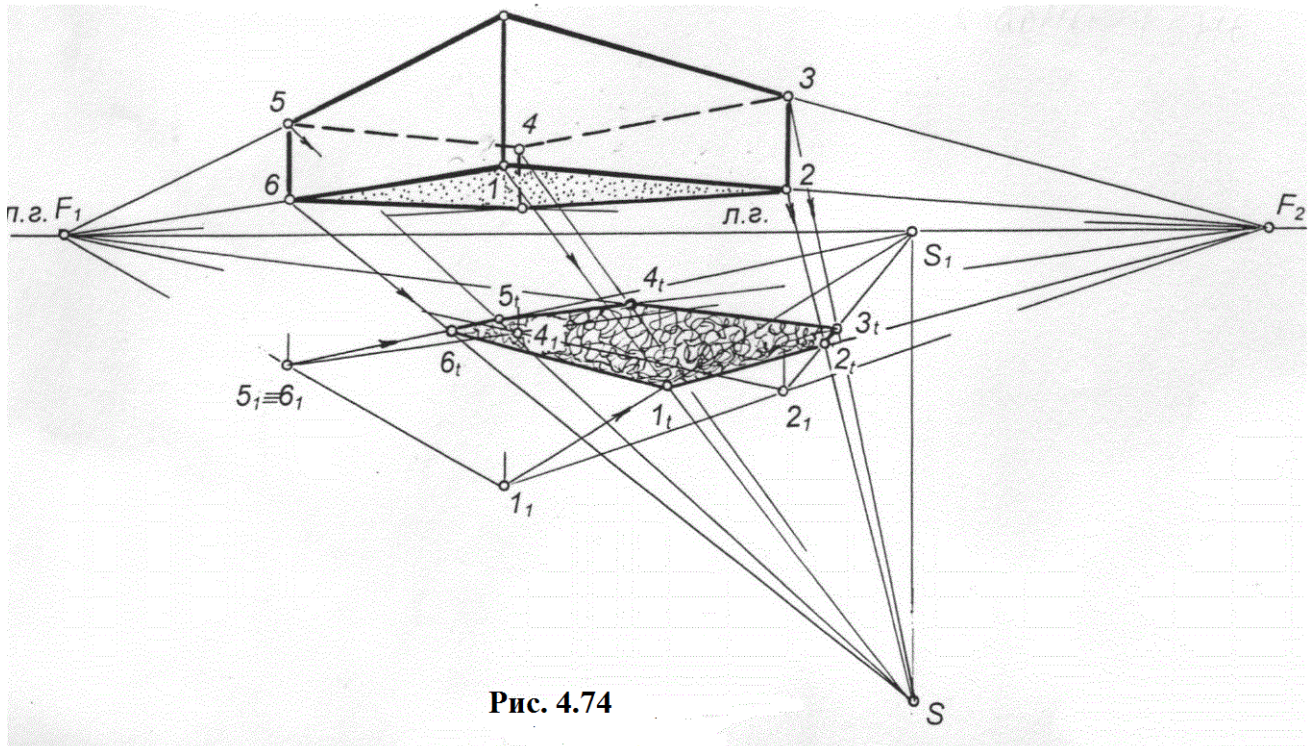


Рис. 4.74

Тіні від прямих 54 та 34 будуть мати напрям відповідно в точки збігу F_1 та F_2 , а тінь від точки 4 (точка 4_t) є результат перетину ліній $5_t F_2$ та $3_t F_1$. Сполучивши отримані точки, будемо мати тінь від прямокутної плити на предметну площину. Таким чином можна побудувати тінь від плити довільної форми на предметну площину.

На рис. 4.75 показано побудову власних та падаючих тіней від двох чотиригранних призм, одну з яких, більших розмірів, розміщено над другою. Точку збігу світлових променів S вибрано так, щоб видимі грані призм були освітлені. Побудову тіней виконано за допомогою допоміжного проєкціювання променів світла на горизонтальну площину нижньої основи верхньої призми при вертикальному напрямку проєкціювання. При цьому проєкцією точки збігу S променів світла також буде точка S_1 , яка належить лінії горизонту.

Для визначення тіні від точки 1 на грані нижньої призми, через останню проведена проєкція світлового променя IS_1 , яка перетинає ребро верхньої основи нижньої призми в точці $1'$. Потім з точки 1 проводять світловий промінь в точку S . Точка перетину світлового променя з вертикальною прямою, проведеною через точку $1'$ буде шукана точка 1_t . Лінію 11_t можна розглядати, як лінію перетину призм світловою площиною, яка проходить через точку 1 . На правій грані тінь від ребра 13 паралельна самому ребру та направлена з точки 1_t в точку збігу F_2 . Щоб побудувати тінь на ближнє ребро нижньої призми, проводять проєкцію світлового променя через точку $5'$ до перетину з ребром 12 в точці 5 . Точка 5 і буде кидати тінь на ребро нижньої призми. Точка 5_t визначається світловим променем $S5$.

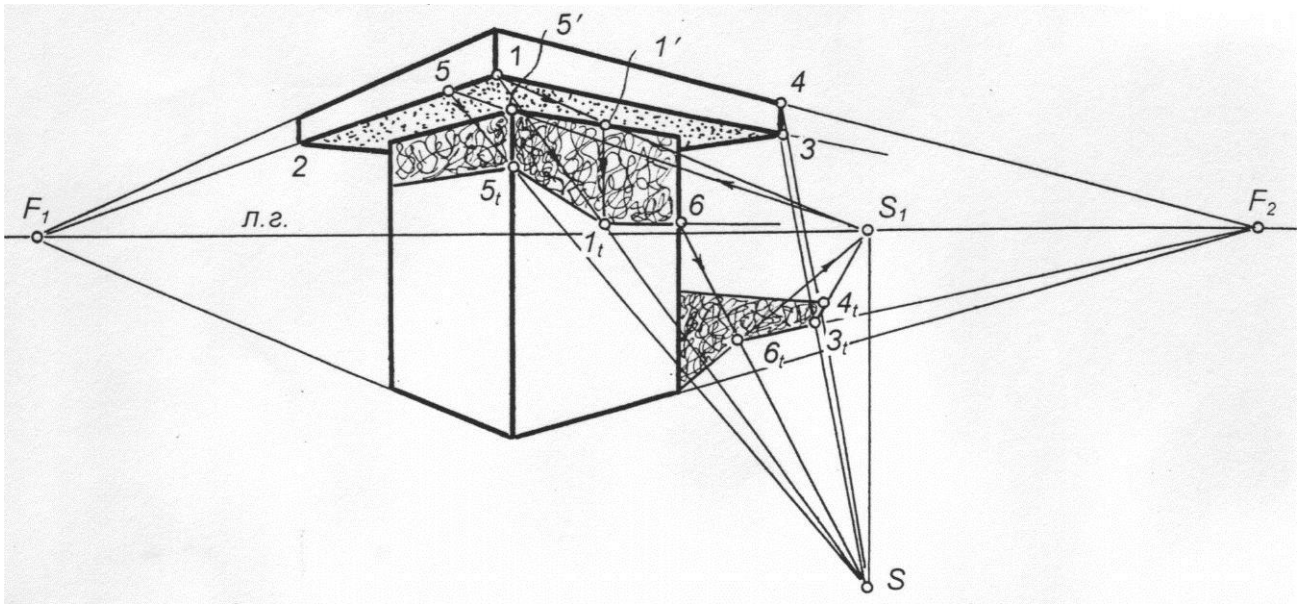


Рис. 4.75

На лівій грані тінь від ребра 12 паралельна самому ребру та направлена з точки 5_t в точку збігу F_1 . Сполучивши точки 5_t та 1_t , ми визначимо тінь відрізка прямої 15 , яка падає на праву грань нижньої призми. Падаючу тінь на горизонтальну площину будемо так, як це було показано на рис. 4.63 та рис. 4.74. При побудові падаючої тіні на горизонтальну площину від горизонтальних прямих доцільно пам'ятати, що прямі та відповідні їх тіні мають спільні точки збігу.

Тіні від кривих поверхонь

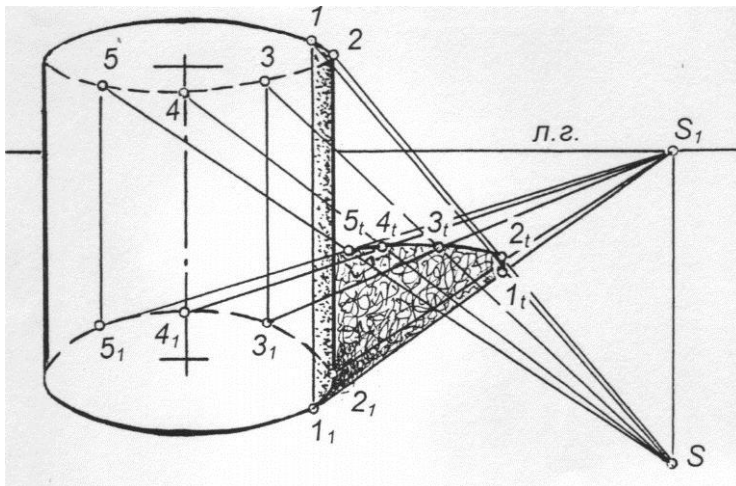


Рис. 4.76

проходять твірні 11_t та 55_t циліндра, які й визначають контур власної тіні циліндра. Падаючі тіні від цих твірних на предметну площину збігаються з горизонтальними проекціями світлових променів, проведених з точок дотику $(1_t, 5_t)$ в точку S_t .

Тінню від верхньої основи циліндра (кола) на предметну площину буде коло, яке спроекціюється в *еліпс*. Задавши точки на лінії верхньої основи, будують тінь від них на предметну площину. Побудова падаючої тіні від точок 1, 2, 3, 4, 5 верхньої основи зрозуміла з рисунку (також див. рис. 4.60 та рис. 4.65). Отримані тіні від точок сполучають плавною кривою лінією.

На рис. 4.77 представлено перспективне зображення конуса, лінію збігу площини його основи на лінії горизонту (*л.г.*) та положення точки S . Для побудови власної тіні конуса його вершину T проєкціюють в напрямі променів світла на площину основи. Точка T_t знаходиться в перетині променя світла ST та його проєкції S_1T_1 .

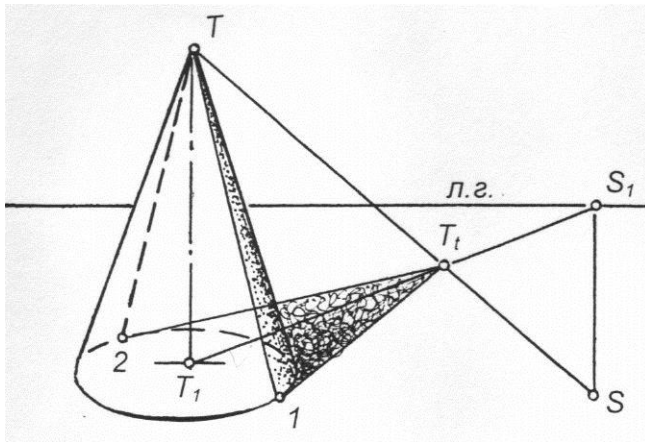


Рис. 4.77

Дотичні, проведені з точки T_t до нижньої основи, визначають точки шуканих твірних конуса, які і визначають контур власної тіні. Падаюча тінь від конуса визначається твірними конуса $T1$ та $T2$. Сполучивши точку T_t з точками 7 та 2, отримуємо тінь від конуса на предметну площину.

На рис. 4.78 дано перспективне зображення конуса, у якого вершина звернена до низу та знаходиться в предметній площині. Для побудови власної тіні конуса визначена уявна точка T' , як тінь вершини T на площину основи конуса (див. рис. 4.77) при проєкціюванні в зворотному напрямку. Ця точка визначається перетином променів S_1O та ST . Побудувавши з точки T' дотичні до основи конуса, отримуємо точки 7 та 5. Сполучивши точки 7 та 5 з вершиною T , отримуємо твірні конуса відокремлення власної тіні. Тінь від основи конуса, яка паралельна предметній площині, буде коло, що спроекціюється еліпсом. Для побудови цієї тіні використаємо довільно вибрані точки 2, 3, 4 та точки 7 та 5 та їх вторинні проєкції 1_1 2_1 3_1 4_1 5_1 на предметну площину. Побудова виконується так, як представлено на рис. 4.76 та зрозуміла з рисунку. Отримані точки тіні сполучають плавною кривою лінією.

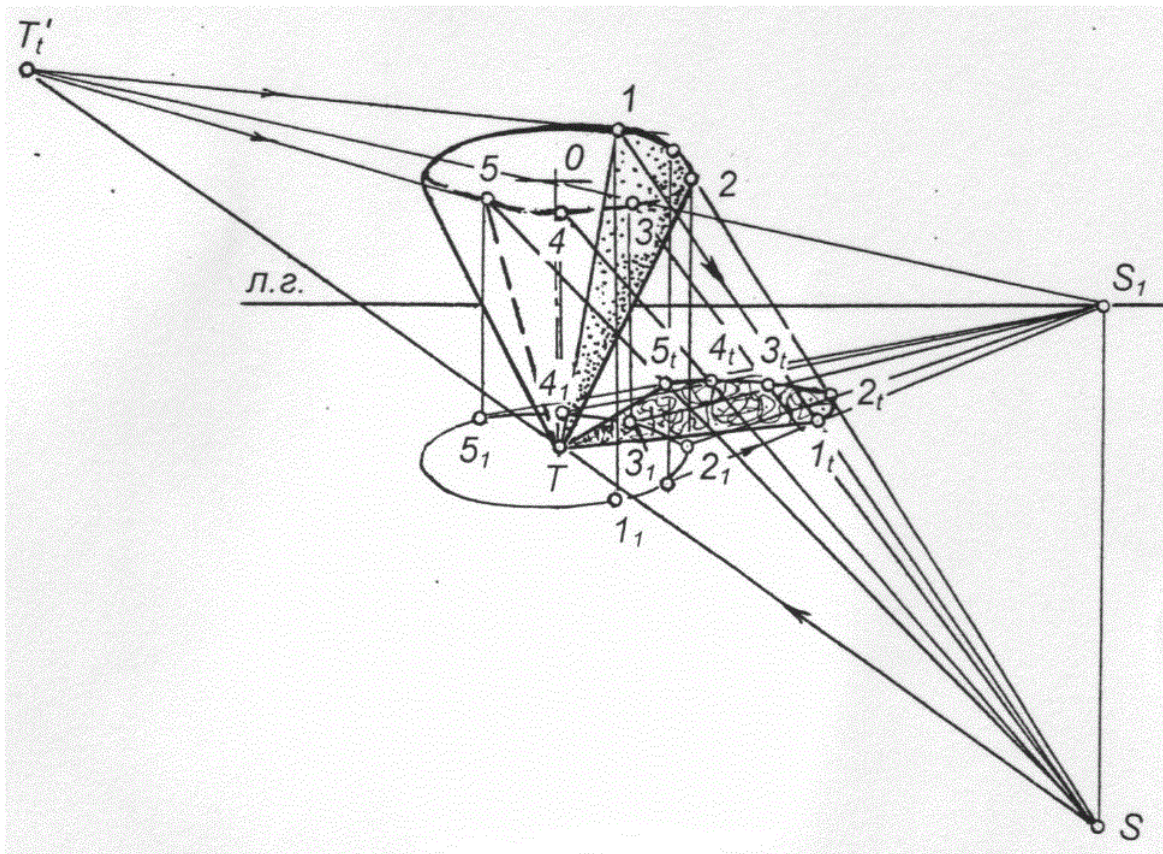


Рис. 4.78

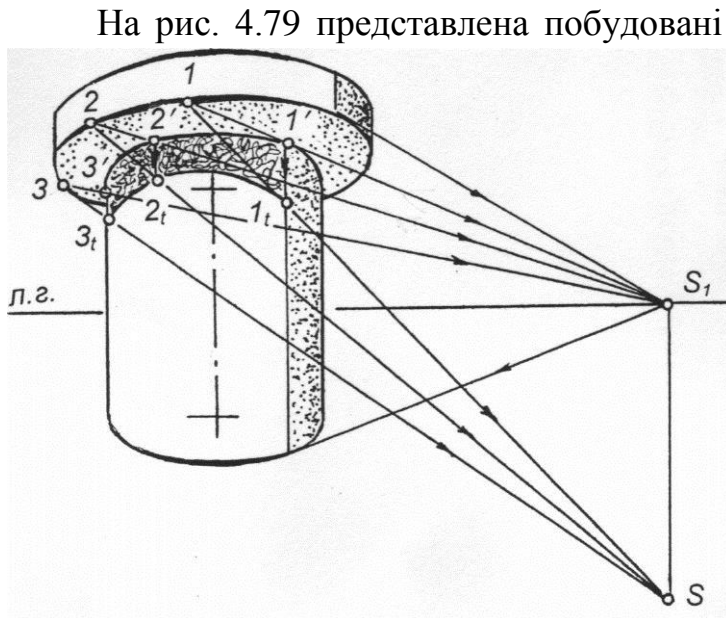


Рис. 4.79

На рис. 4.79 представлена побудовані власні тіні циліндрів та падаюча тінь від циліндричної плити, яка накриває циліндр. Для побудови власних тіней циліндра та циліндричної плити будують проєкції світлових променів, дотичні до їх основ, з точки збігу S_1 . Точки дотику визначають твірні, які будуть давати шуканий контур власних тіней. Для побудови тіні від плити на циліндричну поверхню використовують січні променеві площини. Так, для побудови тіні на твірну розділу власної тіні проведена проєкція променя S_1I' , яка визначить точку 7 , від якої буде тінь на

вказану твірну. Точка 7 з цією твірною знаходиться в одній світловій площині S_1IS .

Перетин світлового променя SI з твірною розділу власної тіні визначить точку I_b , точку тіні від точки I плити на поверхню циліндра. Для побудови

точки 2_t проведена проекція $S_1 2'$, яка визначить на нижній основі плити точку 2 . Точка 2 з твірною, яка проведена через точку $2'$, знаходиться в одній світловій площині. Для знаходження тіні від точки 2 на поверхню циліндра проведено світловий промінь $2S$, який в перетині з твірною циліндра, що проходить через точку $2'$, визначить шукану точку 2_t . Для визначення форми тіні від плити, таким же чином можна побудувати необхідну кількість точок, наприклад, точка 3_t , яка лежить на контурній твірній.

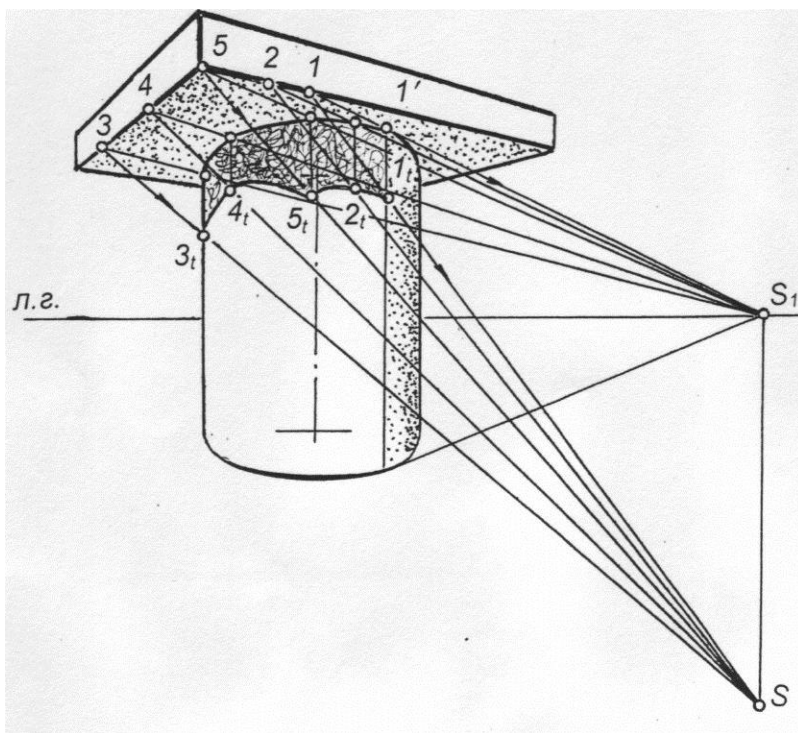


Рис. 4.80

4) і будують тінь від них на поверхню циліндра. Сполучивши точки тіней в плавну криву, отримаємо контур падаючої тіні.

Побудова зрозуміла з рисунку.

Для побудови тіні від вертикальної прямої (див. рис. 4.81) на криволінійну поверхню, використовують допоміжну горизонтально проекціювальну променевою площину, яка проведена через задану пряму AA_1 і перетинає криву поверхню. Визначена лінія перетину буде тінню прямої на поверхні. Для побудови лінії перетину визначають вторинні проекції твірних. Перетин сліду променевої площини з вторинними проекціями твірних визначає вторинні проекції точок лінії перетину поверхні променевою площиною. Точки $2_t, 3_t, 4_t$ піднімають по лініям зв'язку на відповідні твірні криволінійної поверхні. Лінія $1 2 3 4$ буде визначати тінь від вертикальної прямої. Тінь A_t буде в перетині світлового променя AS з лінією 14 перетину поверхні променевою площиною.

На рис. 4.80 представлена побудова тіні від призматичної плити на циліндричну поверхню. Побудова тіні від нижньої основи плити на поверхню циліндра виконується так само, як на рис. 4.79. Будуються тіні на характерних твірних: твірній розділу власної тіні точка 1_t , на контурній твірній точка 3_t та тінь від точки 5 , ближнього кута плити. Далі, для визначення форми падаючої тіні, на циліндрі, від призматичної плити, беруть декілька довільних точок (наприклад, точки 2 ,

Цю побудову можна розглянути, як побудову тіні від вертикальної прямої на ряд довільно визначених вертикальних січних площин криволінійної верхні, принцип якої розглянуто на рис. 4.69.

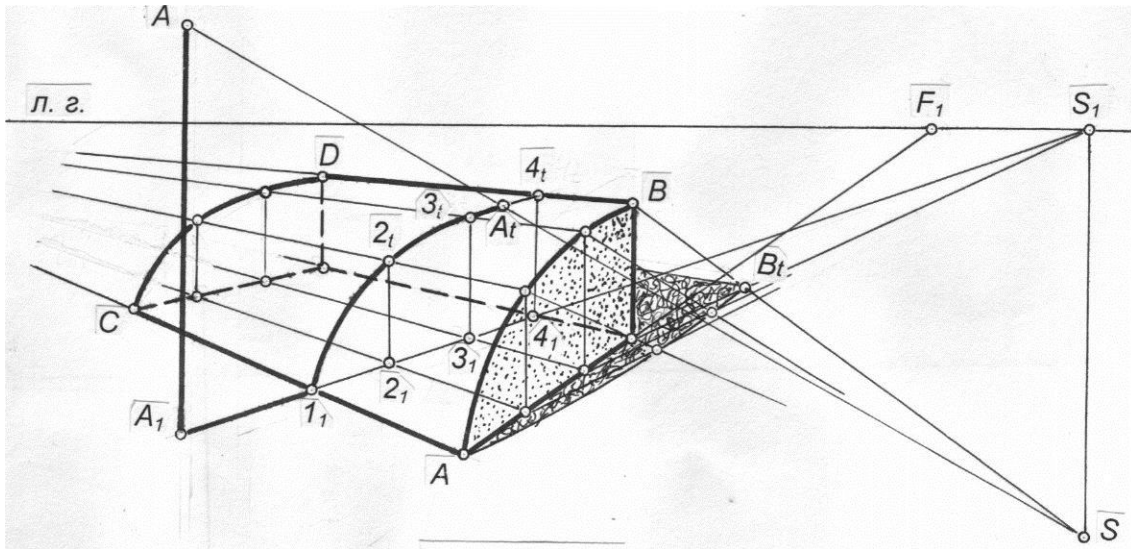


Рис. 4.81

На рис. 4.82 побудована тінь, яка падає від конуса з вертикальною віссю на горизонтальну архітектурну тягу, профіль якої може мати довільну форму. Шукана падаюча тінь буде від двох граничних твірних $T1$ та $T2$ власної тіні конуса. Для визначення твірних розділу власної тіні на конусі, будують на предметній площині (площині основи конуса) падаючу тінь вершини конуса.

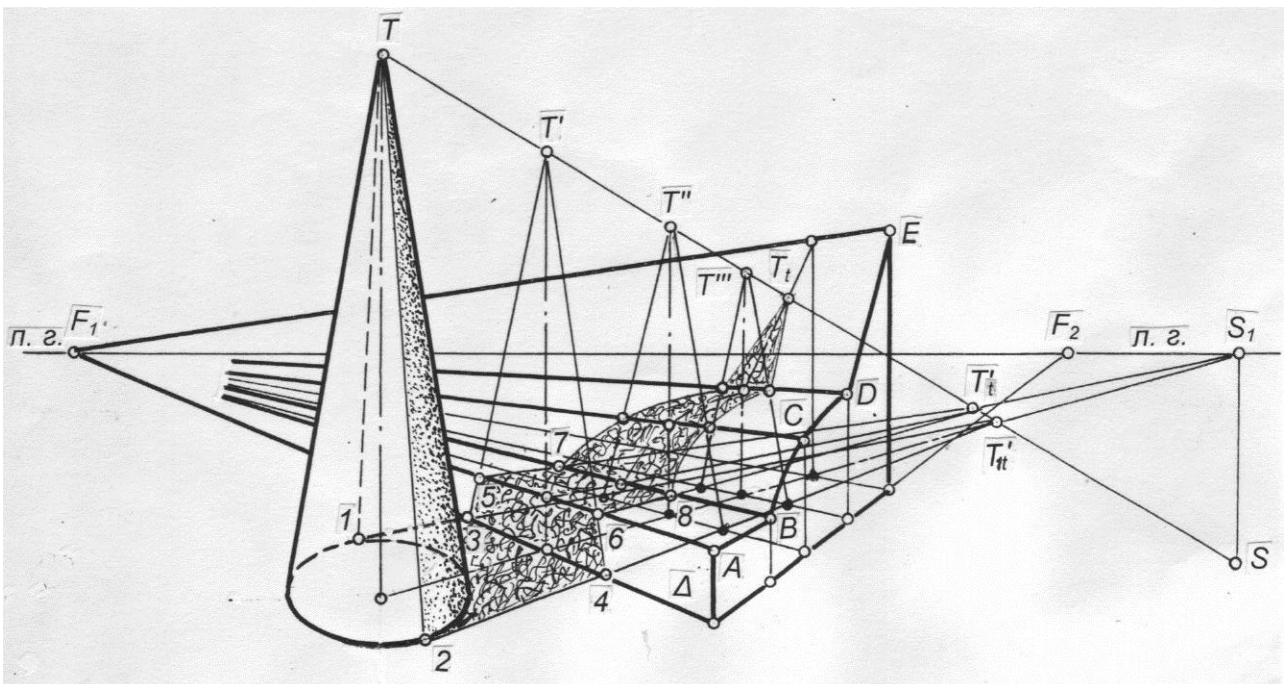


Рис. 4.82

На горизонтальну площину падаюча тінь від конуса визначається як це було показано на рис. 4.77, тобто треба знайти тінь від вершини T на площині основи конуса (точка T_{lt}), а потім провести дотичні до основи конуса. Знайдені точки 1 та 2 визначають твірні розмежування власної тіні конуса $T1$ та $T2$, а також падаючу тінь на площину основи конуса $T_{lt} 1$ та $T_{lt} 2$, яка обмежується точками 3 та 4 . Потім можна побудувати тінь на вертикальну площину Δ , використавши прийом показаний на рис. 24.12, 24.13, 24.24. Для цього будують уявну тінь від вершини конуса на зазначену площину (точка T'). Прямі $T'3$ та $T'4$ визначають тінь від твірних конуса на площину, і відповідно точки 5 та 6 на лінії F_1A . Тінь на горизонтальній площині AF_1B будують аналогічно побудові тіні на предметну площину від твірних $T1$ та $T2$. Будують тінь від вершини конуса на указану площину, яка буде визначена точкою T'_t . Промені $5T'_t$ та $6T'_t$ визначають напрям тіні і точки 7 та 8 . В цей спосіб побудовані точки на твірних поверхні в точках C та D .

Напрямок тіні від вісі конуса на нахилену площину будують аналогічно побудові виконаній на рис. 4.72. В перетині визначеного напрямку тіні від вісі з променем TS буде визначена тінь від вершини конуса. З'єднавши отримані точки відповідними (кривими або прямими) лініями, визначимо тінь від конуса на поверхні.

Тінь від циліндричної арки

На рис. 4.83 приведено перспективне зображення циліндричного склепіння. Розглянемо побудову тіні, що падає на внутрішню поверхню від ліній, які утворюють склепіння.

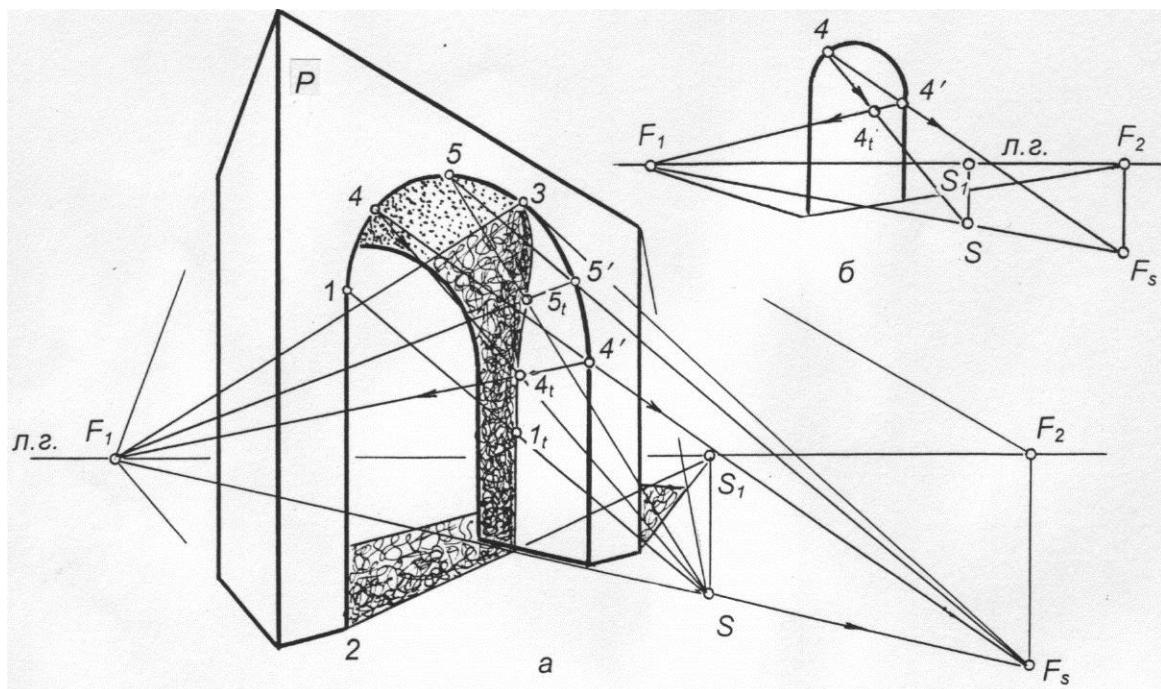


Рис. 4.83

Точка збігу світлових променів вибрана так, щоб видимі грані призми стіни були освітлені, а тінь падала на внутрішню поверхню склепіння. Сполучивши точку збігу F_1 з точкою збігу променів світла S , отримаємо лінію збігу світлової площини, перпендикулярної до стіни. Перетин цієї лінії з лінією збігу площини P стіни визначить точку F_s прямокутних проєкцій променів світла на площину P стіни. Для визначення власної тіні циліндричної поверхні з точки F_s проведена дотична до перспективи основи циліндра, яка визначить точку дотику 3 і відповідно $3 F_1$ – твірну поділу освітленої і власної тіні. Лінія 213 буде кидати тінь на внутрішню поверхню склепіння.

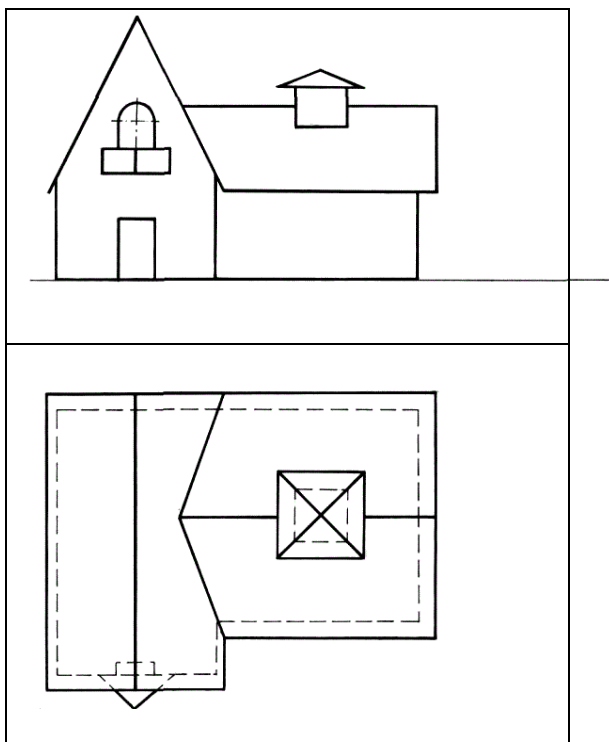
Тінь від вертикального ребра 12 буде пряма лінія, яка будується, як перетин світлової площини, що проходить через вертикальну пряму (див. рис. 4.69, 4.70). Точка 1_t визначена перетином світлового променя $S1$ з слідом визначеної світлової площини. Тінню від точки 1_t до точки 3 буде плавна крива лінія.

Розглянемо побудову тіні від довільно взятої точки 4 . Провівши проєкцію світлового променя через точку збігу F_s та точку 4 , в перетині з контуром склепіння отримаємо точку $4'$, через яку пройде твірна циліндричної поверхні, та на яку і буде падати тінь від точки 4 . Точка 4_t , точка перетину твірної $F_1 4'$ з променем світла $S4$ буде належати кривій падаючої тіні. (У правому куті, на рис. 4.83, б, винесено схему побудови точки 4_t). Таким чином можна визначити будь-яку кількість точок падаючої тіні на внутрішню поверхню склепіння.

На рисунку також побудована падаюча тінь від призми склепіння на предметну площину. Побудована зрозуміла з рисунку.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Що є природним джерелом світла? Що таке світна точка?



2. Які особливості природного і штучного джерел світла у побудові лінії?
3. Що таке власна і падаюча тіні?
4. Що таке контур падаючої тіні і від чого залежить її контур?
5. Чи існує залежність між контурами падаючої і власної тіней і чому?
6. Побудувати тіні для запропонованого об'єкта.

Умова завдання 33

Побудувати довільний варіант перспективи геометричного тіла та складної поверхні, яка утворена комбінацією різних площин і поверхонь. Позначити положення джерела світла та побудувати тіні на перспективі від геометричного тіла на поверхню та на предметну площину.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Варіанти завдань студенти вибирають самостійно. Приклад виконання завдання – на рис. 4.84.

Методичні настанови по виконанню завдання 33

Розглянемо побудову падаючої тіні на складну поверхню від призми. На горизонтальну площину падаюча тінь від піраміди визначається як тінь від вершини піраміди на площині основи піраміди (точка T_1), а потім потрібно провести дотичні до основи, точок 2 і 3. Перетин прямих $2T_1$ та $3T_1$ з прямою A_1F_1 (відповідно точки 4 та 6) визначить тінь від піраміди на горизонтальній площині.

Будуємо тінь на вертикальну площину Δ , яка задана лініями AA_1 . Для цього будуємо уявну тінь від вершини піраміди на зазначену площину (точка T_1'). Для побудови падаючої тіні від осі піраміди на вертикальну площину через вісь TT_1 проведена променева площина, яка перетинає площину по лінії $55'$. На цій лінії в перетині з променем TS знаходиться точка T_1' , яка є уявною тінню від вершини піраміди. Прямі $T_1'4$ та $T_1'6$ визначають тінь від ребер піраміди на площину Δ і відповідно точки 7 і 8 на лінії AF_1 .

Тінь на горизонтальній площині AF_1B будують аналогічно побудові тіні на предметну площину від ребер $T2$ та $T3$. Для побудови падаючої тіні від осі піраміди на горизонтальну площину через вісь TT_1 проведена променева площина, яка перетинає площину по лінії $5'S_1$. У перетині з променем TS знаходиться точка T_1'' , яка є уявною тінню від вершини піраміди на горизонтальній площині AF_1B .

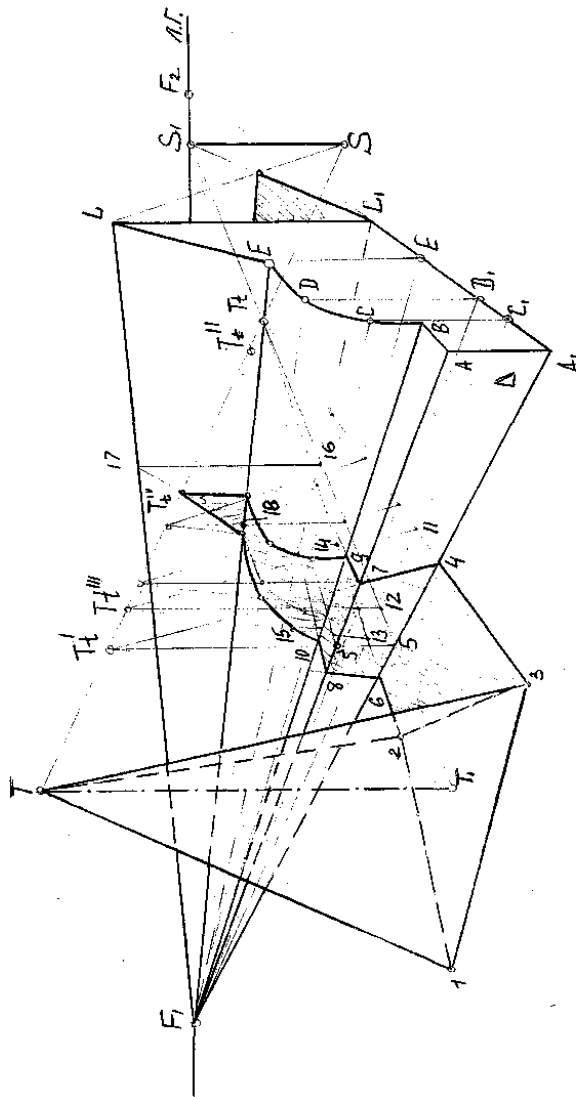
З'єднавши точки 7 і 8 з точкою T_1'' , визначимо тіні від піраміди на площину. Промені $7T_1''$ і $8T_1''$ визначають напрям тіні і точки на прямій BF_1 відповідно 9 і 10.

При побудові тіні на похилу площину використовуємо допоміжні вертикальні січні площини. У прикладі вони проведені через точки C і D .

Січні площини перетинають криву поверхню по перерізах C_1F_1C , D_1F_1D та E_1F_1E .

Будуємо тіні від піраміди на перерізі C_1F_1C . Для цього через вісь TT_1 проведена променева площина, яка перетинає лінію C_1F_1 перерізу в точці 12. У перетині променевої площини з променем TS знаходиться точка T_1''' . З'єднавши отримані точки, визначимо тінь від піраміди на переріз. Перетин ліній $T_1'''11$ та $T_1'''13$ з прямою CF_1 визначає проміжні точки тіні – 14 і 15. Побудова проміжних точок тіні на перерізах D_1F_1D та E_1F_1E виконують аналогічно.

Завдання 7. Побудова міні від геометричної фігури на складну поверхню



Б4Т-109
САХНО Н.Н.

Рис. 4.84. Приклад виконання завдання 33

Побудова падаючої тіні від вісі піраміди на похилу площину E_1F_1L . Для побудови падаючої тіні від вісі піраміди на похилу площину через вісь TT_1 проведена променева площина, яка перетинає площину L_1F_1L по лінії 16–17, а похилу площину – по лінії 17–18. У перетині з променем TS знаходиться точка T_i^{iy} , яка є тінню від вершини піраміди на похилу площину E_1F_1L . З'єднавши побудовані точки, визначимо тінь від піраміди на площину.

Завдання 34. Побудова тіні в інтер'єрі при штучному (точковому) освітленні

Загальні положення по темі завдання 34

Побудова тіні при штучному освітленні

Побудова падаючої тіні при штучному (точковому) освітленні базується на наступному. На картині (див. рис. 4.85) задано вертикальний відрізок AB та точка S , яка світиться, з основою S_1 на предметній площині. Тінь від точки знаходиться в точці A_t перетину світлового променя з предметною площиною. Її визначають в перетині світлового променя зі своєю проекцією. Так як, відрізок AB прямолінійний, то світлові промені утворюють світлову площину, яка в перетині з предметною площиною визначає пряму лінію, що і буде його тінню.

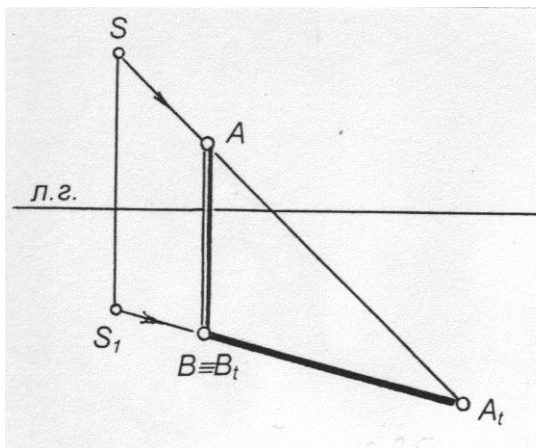


Рис. 4.85

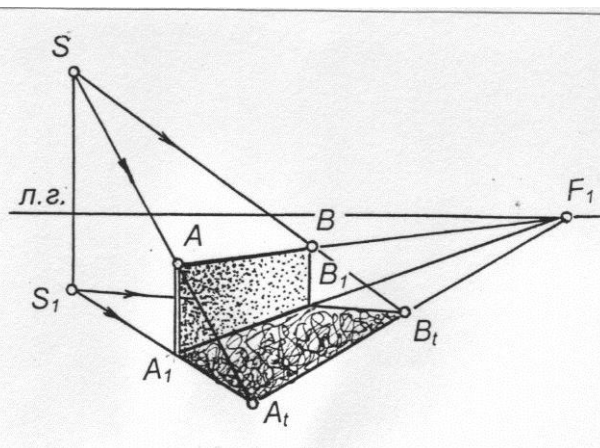


Рис. 4.86

Розглянемо декілька прикладів побудови падаючої тіні від предмета при точковому (штучному) освітленні. На рис. 4.86 представлена побудова перспективу пластини. Потрібно побудувати тінь від неї на предметну площину. Спочатку будують падаючі тіні від двох вертикальних ребер пластини. Сполучивши отримані точки, визначають контур падаючої тіні. Якщо верхня сторона AB пластини паралельна предметній площині, то падаюча тінь $A_t B_t$ від неї повинна бути паралельна цій стороні і тому в перспективі має з нею загальну точку збігу F_1 .

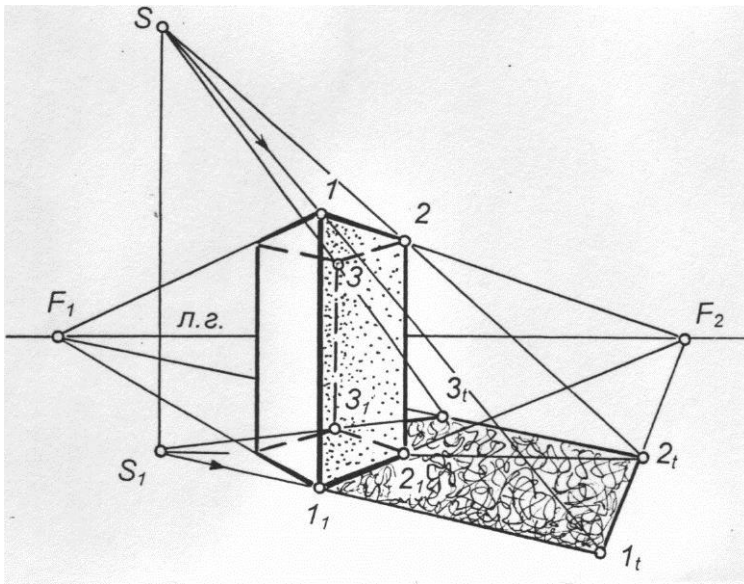


Рис. 4.87

На рис. 4.87 побудована тінь від призми на площину її основи, предметну площину, за штучного джерела освітлення. Побудова виконана центральним проєкціюванням ребер призми з точки S та з використанням проєкції S_1 на предметній площині. Спочатку будують тіні від вершин призми точок 1 , 2 та 3 . Потім, використавши властивості тіней від прямих паралельних та перпендикулярних до предметної площини, будують

тіні від ребер призми. Для вертикальних ребер тіні мають напрям в точку S_1 (див. рис. 4.85), а тіні від горизонтальних ребер мають ті самі точки збігу F_1 та F_2 (див. рис. 4.86).

На перспективі (див. рис. 4.88) задані вертикальна площина та відрізок AB , від якого потрібно побудувати тінь на вертикальну площину P .

Тінь від вертикального відрізка на вказану площину можна розглядати, як лінію перетину площин P з вертикальною світловою площиною, яка проходить через відрізок AB . Падаюча тінь від вертикального відрізка на предметній площині до точки 1 буде збігатися з напрямом проєкції світлового променя, який проходить через точку B . Точка A_t визначиться в перетині світлового променя SA з вертикальною прямою в точці 1 .

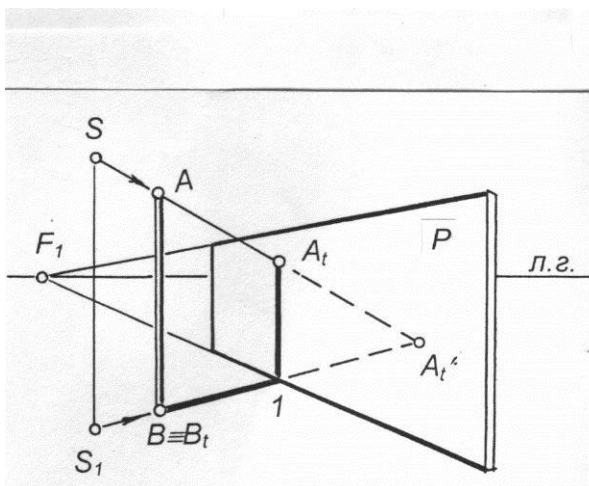


Рис. 4.88

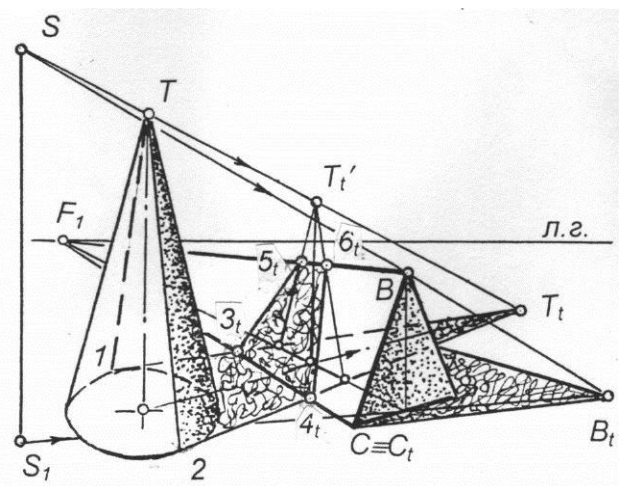


Рис. 4.89

Розглянемо побудову тіней від вертикального конуса на трикутну призму, одна з бокових граней якої збігається з предметною площиною (див. рис. 4.89).

Побудову тіней будемо виконувати при заданому точковому джерелі світла точці S та її проекції S_1 . При побудові падаючої тіні від призми, спочатку будують тінь від точки B (вершини призми) так як представлено на рис. 44.85. З'єднавши точку тіні B_t з точкою C , отримаємо тінь від ребра призми BC . Тінь від верхнього ребра, яке паралельне до предметної площині, буде паралельна йому і мати ту ж саму точку збігу F_1 . Так само будують тінь від конуса на предметну площину. Для цього визначають спочатку тінь T_t від вершини T на предметну площину та через неї проводять дві дотичні до еліпса основи конуса. Точки дотику 1 та 2 визначають твірні $T1$ і $T2$ конуса межі власної тіні, твірні які визначають падаючу тінь конуса ($1T_t$ та $2T_t$) на предметну площину.

Точки $3_t, 4_t$ – перетин нижнього ребра призми з тінню конуса, визначають точки перелому тіні конуса. Точки тіні на верхньому ребрі призми знаходять при побудові тіні від конуса на вертикальну площину, проведену через ребро (див. рис. 4.88). Побудований трикутник тіні в перетині з верхнім ребром призми визначить точки $5_t, 6_t$. Сполучивши точки 3_t та $5_t, 4_t$ та 6_t , матимемо тінь від конуса на призму.

Розглянемо побудову тіні на вертикальну площину P від відрізка, який перпендикулярний до неї, при штучному точковому джерелі освітлення. На рис. 4.90 надані перспектива площини та відрізка AB , перпендикулярного до неї.

Джерело світла знаходиться ліворуч за глядачем, яке задано точкою S та її проекцією S_1 .

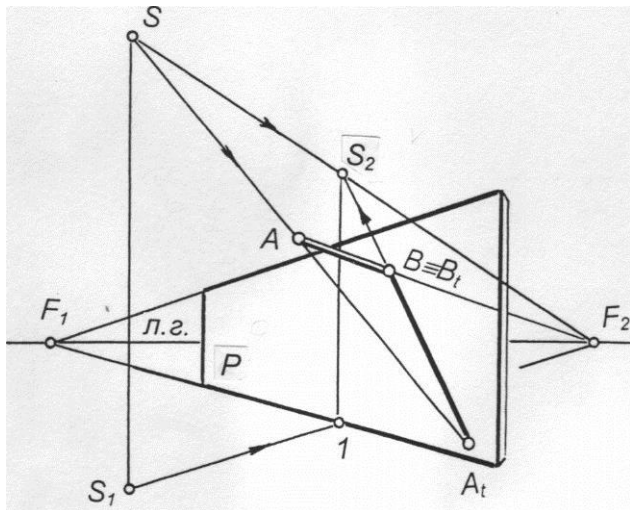


Рис. 4.90

Точка S_2 визначається як точка перетину світлового променя SF_2 та перпендикуляра до основи площини P в точці 1 . Тінь точки B збігається з нею, так як вона знаходиться в площині P . Тінь A_t від точки A на площину P визначається як точка перетину світлового променя SA та його проекції S_2B на площині P .

Сполучивши точку A_t з B_t , визначимо тінь відрізка AB на площину P .

Так як тінь відрізка AB падає на площину P , то потрібно побудувати проекцію S_2 точки S на цю площину. Для побудови проекції S_2 точки S на вертикальній площині, через точку S проводять горизонтально проекціюючу площину, яка перпендикулярна до площини P . На лінії перетину світлової площини з площиною P буде знаходитися проекція світлової точки S – точка S_2 . Так як точка F_2 є точкою збігу прямих, які перпендикулярні до площини P , то лінія перетину з предметною площиною буде мати напрям S_1F_2 .

На рис. 4.91 задана перспектива стіни та картини, яка знаходиться на ній. Треба побудувати падаючу тінь від картини на стіну при точковому джерелі світла, яке задано точкою S та її проекцією S_1 . Так як картина нахилена під кутом до площини стіни, то для побудови тіні від точки A , насамперед, потрібно побудувати її прямокутну проекцію на стіну точку A' . Через точку A проводять площину, яка перпендикулярна до стіни, та визначають її лінію A_1C_1C перетину зі стіною. Точка A' буде точкою перетину визначеної лінії з перпендикуляром AF_1 , який проведено з точки A до стіни. Точка F_1 – точка збігу прямих перпендикулярних площині P (стіни).

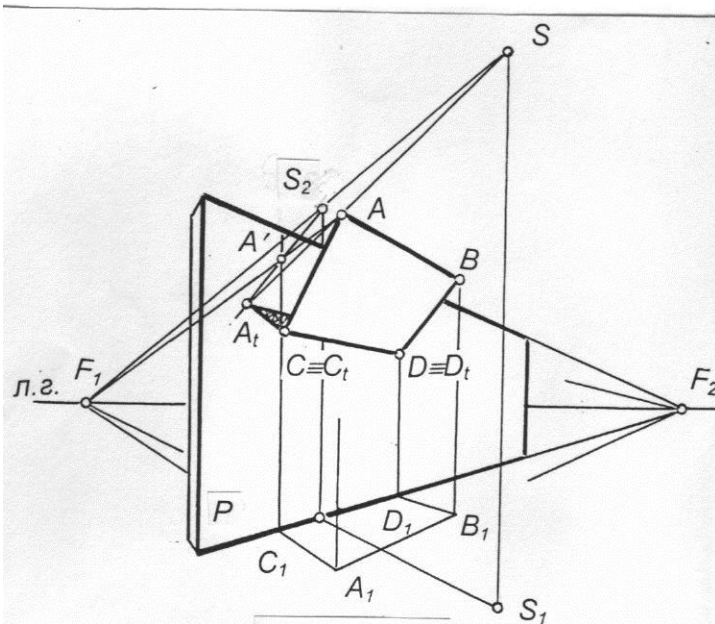


Рис. 24.91

Для побудови тіні від картини на стіну, будують спочатку тінь від точки A на стіну. Знаходять проекцію S_2 джерела світла в площині стіни (див. рис. 4.90). Подальша побудова тіні A_t аналогічна розглянутій на рис. 4.90. Перетин променів S_2A' та SA визначить тінь точки A на площині P . Побудувавши тінь A_t від точки A та сполучивши її з точкою C , знайдемо тінь від сторони AC картини. Верхня пряма картини AB паралельна стіні і, відповідно, тінь від неї паралельна самій прямій AB та має спільну точку збігу P_2 . Провівши пряму A_tF_2 , здобудемо тінь від картини на стіну.

Тіні в інтер'єрі при точковому джерелі світла

В інтер'єрі тіні будують, як правило, за умови, що джерелом світла є точка, яка розміщується на кінцевій відстані від предметів. Розглянемо деякі особистості побудови тіней в інтер'єрі відрізків прямих перпендикулярних на площини, що утворюють приміщення, від точкового джерела світла.

На рис. 4.85 розглянуто принцип побудови тіні на площину від відрізка прямої, який перпендикулярний до неї. На рис. 4.92 представлено побудову тіні у фронтальній перспективі інтер'єра від відрізка при точковому джерелі світла заданого точкою S . Під час побудови використовують точки збігу проекцій світлових променів на визначену площину.

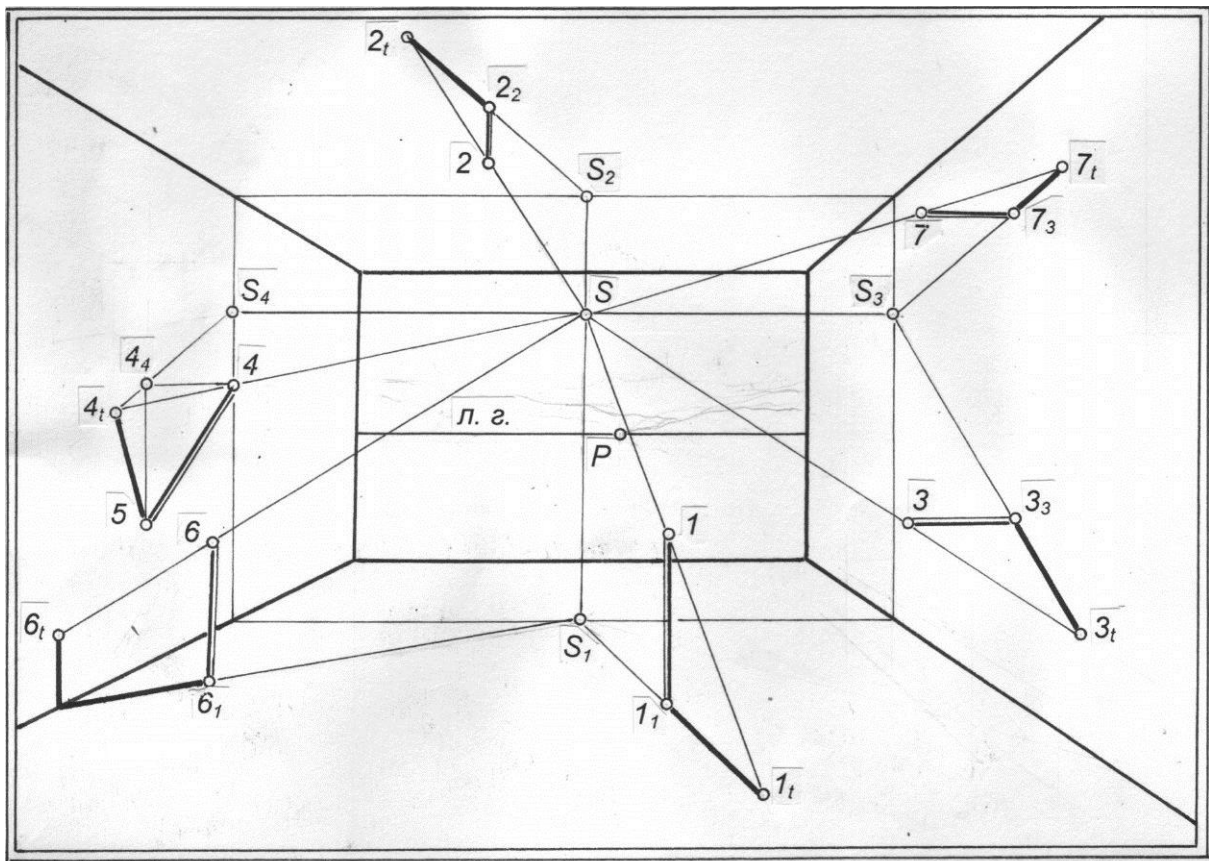


Рис. 4.92

Так для побудови тіні від відрізка прямої 11_1 визначають точку S_1 – точку збігу проєкцій світлових променів як проєкцію джерела світла на предметній площині. Побудова виконана аналогічно побудові рис. 4.85, враховуючи правило, що тінь відрізка прямої на перпендикулярну до нього площину збігається з прямокутною проєкцією променя світла на цю площину. В перетині променя світла $S1$ з його проєкцією S_1I_1 визначається тінь I_1 . Тінь від відрізка 22_2 прямої, яка перпендикулярна до стелі приміщення, будується за тим же правилом і направлена в S_2 . Тінь від відрізка 33_3 , який перпендикулярний до правої стіни приміщення, виконується аналогічно розглянутій побудові на рис. 4.89.

Тінь від відрізка 66_1 падає на дві площини і будується за розглянутим правилом і побудовою наведеною на рис. 4.88. Для побудови тіні від нахиленого до площини лівої стіни відрізка 45 , насамперед, будують прямокутні проєкції джерела світла S_4 і проєкцію точки 4 на ліву стіну. Через точку 4 проводять пряму паралельну картині P , а через точку 5 – вертикальну, які в перетині визначають проєкцію точки 4_4 . Через точку 4 проводять світловий промінь S_4 , а через точку 4_4 його проєкцію. В перетині зазначених променів визначають точку 4_t .

Сполучивши 4_t , тінь від точки 4 , з точкою 5 одержимо тінь відрізка 45 (побудову див. на рис. 4.91).

В перспективі тіні від прямих паралельних до площини мають ті ж самі точки збігу, що і прями, від яких будують тінь.

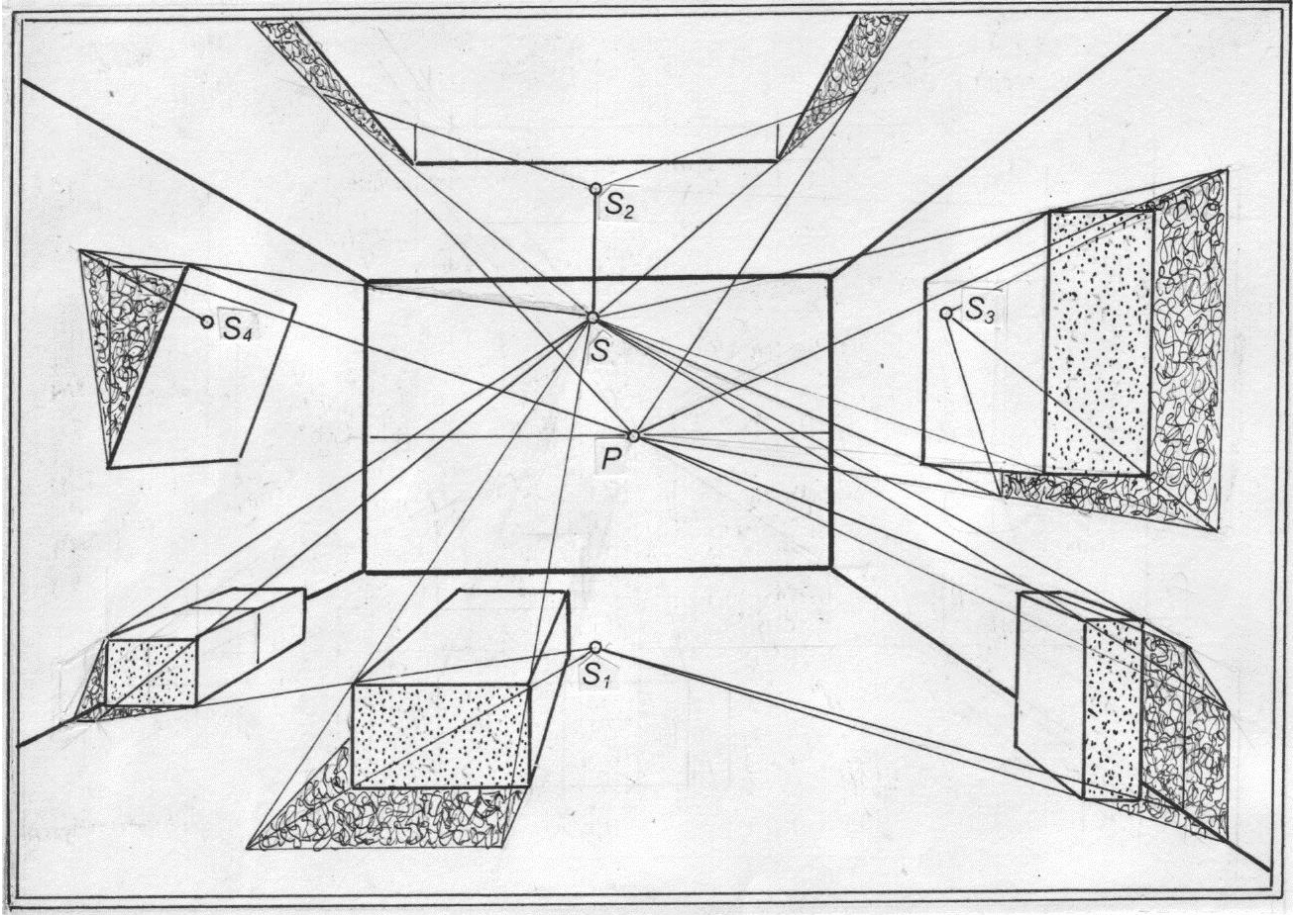
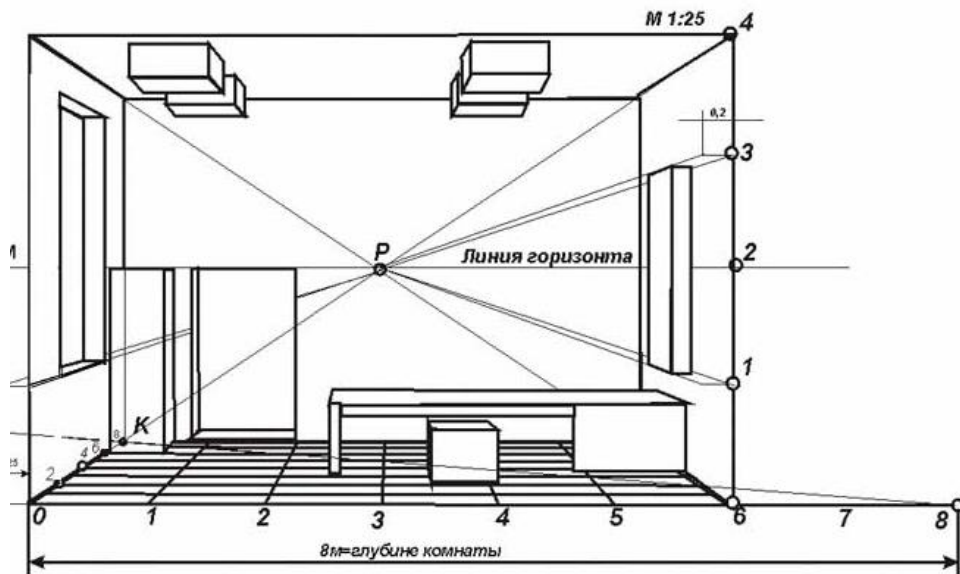


Рис. 4.93

На рис. 4.93 наведена побудова інтер'єра приміщення з побудовою тіні від предметів облаштування. Побудова тіні від просторових предметів розглядається як побудова характерних точок об'єкта і ліній, які сполучають ці точки. На рис. 4.91 і 4.93 розглянута побудова тіней у фронтальній перспективі.

Запитання та завдання для самоконтролю

Побудувати тіні в інтер'єрі при штучному освітленні. Положення джерела світла вибрати самостійно.



Література:

[13] – с. 301-326.

Умова завдання 34

Побудувати перспективу заданого варіанта ортогональної проєкції інтер'єру. Позначити на перспективі інтер'єру положення точкового джерела світла та побудувати власні та падаючі тіні.

Графічну роботу виконують на форматі А3 (297x420). Варіанти завдань наведені в табл. 4.3. Приклад виконання завдання – на рис. 4.94.

Методичні настанови по виконанню завдання 34

Побудова падаючої тіні при штучному освітленні здійснюється в такій послідовності. На перспективі задано вертикальний відрізок AB і джерело світла власною точкою S та її основою S_1 на предметній площині.

Тінь від точки A знаходиться в точці A_t , перетину світлового променя з предметною площиною. Її визначають у перетині світлового променя зі своєю проєкцією.

Таким чином, при штучному освітленні точка збігу світлових променів не належить лінії горизонту.

В інтер'єрі тіні будують за умови, що джерелом світла є точка, яка розміщена на певній відстані від предметів.

На прикладі виконання завдання (рис. 4.94) розглянута побудова тіні у фронтальній перспективі інтер'єру від предметів облаштування. Побудова тіней від просторових предметів розглядається як побудова характерних точок об'єкта і ліній, які сполучають ці точки.

Завдання 9. Побудова тіні в інтер'єрі при штучному
(точковому) освітленні

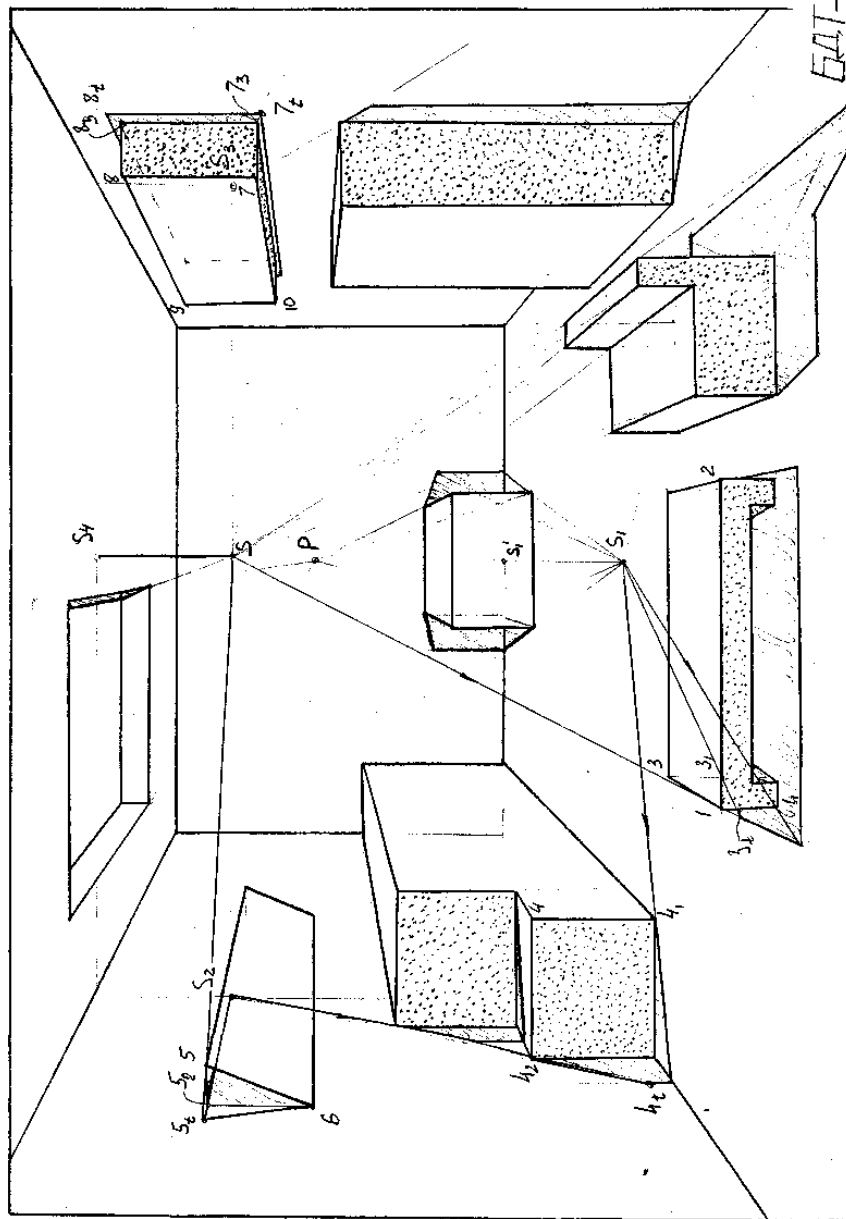


Рис. 4.94. Приклад виконання завдання 34

Точкове джерело світла вибирають довільно або його положення задане заздалегідь. У прикладі положення джерела світла вибране довільно.

Під час побудови використовують точки збігу проєкцій світлових променів на визначену площину: на предметну площину – точку S_1 , на ліву стіну – S_2 і т. д..

Будуючи тіні від призми, на предметній площині проводимо світ-ловий промінь з точки S через точку I до перетину з проєкцією променя на предметній площині – S_1I_1 . Тінь від ребра $I3$ направлена в ту саму точку збігу, що і ребро – центр картини P . Тінь від точки 3 побудована в перетині з проєкцією світлового променя S_13_1 . Ребро $I2$ паралельне картині, тому і тінь від ребра буде паралельна до лінії основи картини.

Подальша побудова тіні від призми та тіней від інших предметів на підлозі зрозуміла з прикладу.

Ліва стіна. Тінь від ребра 44_1 падає на дві площини. Для її побудови проводимо через нього світлову площину та визначаємо слід від тіні на предметній площині та на лівій стіні. Для цього проводимо її слід S_14_1 на предметній площині до перетину з основою стіни. З цієї точки проводимо лінію вертикальну до перетину зі світловим променем – S_24_2 . Точка 4_t є тінню від точки 4 на стіні.

Тінь від картини визначається тінню 5_t від точки 5 . Спочатку будуємо проєкцію точки 5_t на стіні як перетин лінії горизонтального зв'язку з точки 5 та лінії вертикального зв'язку з точки 6 . Перетин світлового променя $S5$ з його проєкцією $S5_2$ визначить шукану точку 5_t . Останню точку з'єднуємо з точкою 6 і центром картини P , у який направлене верхнє ребро картини.

Права стіна. Проводимо світловий промінь з точки S через точку 7 . Перетин з його проєкцією S_37_3 на правій стіні визначить точка 7_t , яка є тінню від точки 7 . Враховуючи, що ребро $7-8$ вертикальне, тінь його також буде вертикальною до перетину з лінією S_38_3 , яка, в свою чергу, є тінню від світлового променя $S8$.

Ребра $7-10$ та $8-9$ горизонтальні (мають точку збігу P), тому й тіні від них направлені в ту ж саму точку.

Побудова інших тіней зрозуміла з прикладу.

Варіанти до завдання 34

Для виконання завдання слід використовувати умови зі завдання 32.

Перелік використаної літератури

1. Антонович Е. А. Креслення : навч. посібник. Львів, 2006. 512 с.
2. Богданов В. М. та ін. Інженерна графіка : довідник. Заред. А. П. Верхоли. К. : Техніка, 2001. 268 с.
3. Браїловський В. В. та ін. Інженерна та комп'ютерна графіка. Чернівці : Рута, 2008. 320 с.
4. Большаков В. П., Бочков А. Л. Основы 3D-моделирования. СПб. : Питер., 2013. 304 с.
5. Бубенников А. В., Громов М. Я. Начертательная геометрия. 3-е изд. М. : Высшая школа, 1973. 416 с.
6. Верхола А. П. та ін. Інженерна графіка : креслення та комп'ютерна графіка: навч. посібник. За ред. А. П. Верхоли. К. : Каравела, 2005. 304 с.
7. Ганин Н. Б. Создаем чертежи на компьютере в КОМПАС-3D LT. М. : 2005. 184 с.
8. Годик Е. И., Лисянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. Техническое черчение. К. : Высшая школа, 1983. 440 с.
9. Гордон В. О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. М. : Наука, 1988. 272 с.
10. Иванов Г. С. Начертательная геометрия : учебник для вузов. М. : машиностроение, 1995. 224 с.
11. Кабацький О. В., Хорошайло В. В., Бабенко С. О. Нарисна геометрія та інженерна графіка : конспект лекцій. Краматорськ : ДДМА, 2013. 116 с.
12. Ковальов Ю. А., Макатьора Д. А. Інженерна та комп'ютерна графіка : навчально-методичний посібник. К. : КНУТД, 2016. 284 с.
13. Ковальов Ю. А., Макатьора Д. А. Графіка в техніці та основи перспективи : навчально-методичний посібник. К. : КНУТД, 2018. 394 с.
14. Ковальов Ю. А., Плешко С. А. Технічне креслення : навч. посібник. К. : КНУТД, 2016. 226 с.
15. Колотов С. М. и др. Курс начертательной геометрии. К. : Госстройиздат УССР, 1961. 264 с.
16. Куц М. В., Князев В. І. Нарисна геометрія в лекціях : навчальний посібник. К. : КНУТД, 2007. 112 с.
17. Куц М. В., Ковальов Ю. А., Князев В. І. та ін. Нарисна геометрія : навчальний посібник. К. : КНУТД, 2010. 259 с.
18. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник для студ. вищих навч. закладів. 5-те вид. К. : Каравела, 2010. 360 с.
19. Михайленко В. Е. і др. Інженерна та комп'ютерна графіка. К. : Вища школа, 2000. 342 с.
20. Четверухин Н. Ф. и др. Начертательная геометрия. М. : Высшая школа, 1963. 420 с.
21. Фролов О. А. Начертательная геометрии. М. : 1978. 345 с.

22. Хаскин А. М. Черчение. 3-е изд., перераб. и доп. К. : Вища школа, 1979. 440 с.
23. Хмеленко О. С. Нарисна геометрія : підручник. К. : Кондор, 2008. 440 с.
24. Четверухин Н. Ф. и др. Начертательная геометрии. М. : 1963. 276 с.
25. ГОСТ 2.301-68–2.317-68.ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей. М. : Стандартиформ, 2009.
26. ДСТУ 3321-96. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. К. : ДержстандартУкраїни, 1997.
27. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT).
28. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT).
29. ДСТУ ISO 128–20:2003. Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії (ISO 128-20:1996, IDT).
30. ДСТУ ISO 128-22:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 22. Основні положення та правила застосування ліній-виносок і полиць ліній-виносок (ISO 128-22:1999, IDT).
31. ДСТУ ISO 128-24:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних креслениках (ISO 128-24:1999, IDT).
32. ДСТУ ISO 128-40:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи (ISO 128-40:2001, IDT).
33. ДСТУ ISO 3098-0:2006. Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 0. Загальні вимоги (ISO 3098-0:1997, IDT).
34. ДСТУ ISO 3098-6:2007. Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 6. Кирилична абетка (ISO 3098-6:2000, IDT).
35. ДСТУ ISO 5455:2005. Кресленики технічні. Масштаби (ISO 5455:1979, IDT).
36. ДСТУ ISO 5456-1:2006. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 1. Загальні положення (ISO 5456-1:1996, IDT).
37. ДСТУ ISO 5456-2:2005. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 2. Ортогональні зображення (ISO 5456-2:1996, IDT).
38. ДСТУ ISO 5456-3:2006. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні зображення (ISO 5456-3:1996, IDT).
39. ДСТУ ISO 5457:2006. Документація технічна на виробі. Кресленики. Розміри та формати (ISO 5457:1999, IDT).
40. ДСТУ ISO 6433:2006. Кресленики технічні. Позичії (ISO 6433:1981, IDT).
41. ДСТУ ISO 7573:2006. Кресленики технічні. Специфікація (ISO 7573:1983, IDT).

Предметний покажчик

- Апроксимація, 79
- Багатогранник, 48
 - вершина*, 48
 - грань*, 48
 - лінія перетину*, 48
 - ребро*, 48
 - сітка*, 48
- Болт, 178
- Величина натуральна
 - відрізка*, 18
 - кута нахилу прямої*, 18
- вісь проєкцій, 16
- вигляд, 136
 - головний*, 136
 - додатковий*, 136
 - місцевий*, 136
- виріб , 189
- Гайка , 179
- гвинт , 179
 - встановлювальний* , 179
 - кріпильний* , 179
- гелікоїд розгортний, 97
- геліса, 94
- гіпербола, 62, 129
- Диметрія, 139
 - косокутна фронтальна*, 139
 - прямокутна*, 175
- Евольвента, 93, 130
- еволюта, 93
- елемент виносний, 138
- еліпс, 62, 128
 - нормаль*, 128
- епюр Монжа, 16
- ескіз, 189
- Зображення, 135
 - головне*, 135
- з'єднання, 174
 - болтове* , 180

заклепкове , 183
зварне, 181
зшиванням , 183
клейове , 183
нерознімне, 174
паяне , 183
різьбове, 174
рознімне, 174
трубне, 181
шліцьові, 181
шпилькове , 180
шпонкове, 181

Ізометрія, 139

прямокутна, 175
косокутна горизонтальна, 139
косокутна фронтальна, 139

Коло, 62

конус прямий круговий, 97

кресленик

вала, 195
комплексний, 16
деталі , 189
загального вигляду , 189
складальний , 189
оформлення, 198
деталювання, 205
шестерні, 195

кут

властивість прямого кута, 26
двогранний, 68, 83
натуральна величина нахилу прямої до площини проєкцій, 18
нахилу прямої до площини проєкцій, 17

Лінія

загальні правила і основні положення, 115
зрізу, 170
гвинтова, 94
конічна, 95
крива, 93
ліва, 94
права, 94
проєкціювального зв'язку, 16
просторова крива, 94
циліндрична, 94

лінії
 крок, 94
 розгортка циліндричної, 95
 хід, 94

Масштаб, 115
меню строчка, 210
метод
 монжа, 16
 апроксимації, 79

Напрямна, 99
 невласною, 99
напис основний, 112

Панель
 інструментальна, 210
 управління, 210

парабола, 129
переріз, 48, 138
 конічний, 62
 сферичний, 63
 циліндричний, 63

площина, 30
 допоміжна, 27, 83
 паралелізму, 99
 посередник, 27
 проекцій горизонтальна, 16
 проекцій фронтальна, 16
 проекціювальна, 26
 рівня горизонтальна, 26
 рівня профільна, 26
 рівня фронтальна, 26

площини
 горизонталь, 26
 лінії головні, 26
 взаємний перетин, 27
 взаємно перпендикулярні, 27
 фронталь, 26

площини додаткові, 37
поверхні
 абрис, 80, 87
 розгортка, 76
 шорсткість, 191

поверхня
 конічна, 96

лінійчата, 95
нелінійчата, 95
нерозгортна, 76, 95
розгортна, 76, 95
сталого нахилу, 97
торсова (з ребром звороту), 96
циклічна, 99
циліндрична, 96

проекціювальний промінь, 16

проекція
аксонометрична, 139
точки, 16

проекціювання
конічне, 77
косокутне, 77
паралельне, 13
центральне, 77

проточка, 174

пряма, 17
горизонтальна, 17
дотична до кола, 126
загального положення, 17
проекціювальна, 17
проекціювальна горизонтально, 17
проекціювальна фронтально, 17
проекціювальна профільно, 17
профільна, 17
слід, 19

прямі
мимобіжні (перехресні), 35
паралельні, 35

Ребро звороту, 96

розгортка
гвинтової лінії, 95
кола, 93
кривої, 93
поверхні, 76

розміри
довідкові, 120
нанесення, 120

розріз, 137
вертикальний, 137
горизонтальний, 137
ламаний, 137

- повздо́вжний* , 138
- поперечний* , 138
- простий*, 137
- профільний*, 137
- похилий*, 137
- складний*, 137
- ступінчатий*, 137
- фронтальний*, 137
- різьба, 174
 - багатоходова* , 174
 - внутрішня*, 174
 - дюймова* , 175
 - збіг*, 174
 - зображення* , 177
 - зовнішня*, 174
 - зовнішній діаметр* , 175
 - конічна*
 - дюймова* , 176
 - метрична* , 176
 - кріпильна* , 175
 - кругла* , 175
 - метрична* , 175
 - недовод*, 174
 - недоріз*, 174
 - одноходова* , 175
 - прямокутна* , 175
 - спеціальна* , 175
 - трапецеїдальна* , 175
 - трубна*
 - конічна* , 176
 - циліндрична* , 176
 - упорна* , 175
 - ходова* , 175
- Синусоїда, 129
- специфікація, 189
 - оформлення*, 199
- спосіб
 - допоміжних січних площин*, 70
 - допоміжного косокутного проєкціювання*, 37
 - задання поверхні аналітичний*, 95
 - задання поверхні каркасом*, 95
 - задання поверхні кінематичний*, 95
 - заміни площин проєкцій*, 36
 - спосіб концентричних січних сфер*, 88

ексцентричних сфер („миттєвих” циліндрів), 89
обертання навколо ліній рівня, 36
обертання навколо проєкціювальних вісей, 36
перетворення комплексного кресленника, 35
плоско-паралельного переміщення, 36
прямокутного трикутника, 18
„розкатки”, 76
спряження, 126
 зовнішнє, 126
 внутрішнє, 126
сфера концентрична, 88
схема , 189
Твірна
 крива, 117
 пряма, 62
точка
 верхня та нижня, 87
точки конкуруючі, 32
характерні, 87
 Фаска, 174
 Формат, 112
 Циклоїда, 129
 Шайба , 179
 квадратні , 179
 круглі , 179
 пружинні , 179
 стопорні , 179
 сферичні , 174
 Шплінт , 179
 шрифт
 креслярський, 117
 номер, 110
 штифт , 179
 штриховка, 118

Навчальне видання

*Ковальов Юрій Адиславович
Макадьора Дмитро Анатоліович*

ГРАФІЧНИЙ ІНЖИНІРИНГ ДИЗАЙНУ

Навчальний посібник

Відповідальний за поліграфічне виконання *А. Пугач*

Підп. до друку 24.03.2021 р. Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 24,17. Облік. вид. арк. 18,93. Наклад 20 пр. Зам. 1601.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовників
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 993 від 24.07.2002.